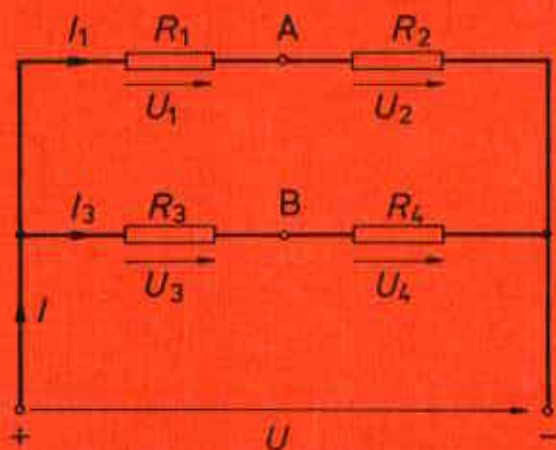


Handbuch der Fernmeldetechnik

Grundreihe



Band 4

Aufgabensammlung zu Band 3

Handbuch der Fernmeldetechnik

— Grundreihe —

13

**wichtige Lehr- und Lernwerke (mit Repetitoren)
für Auszubildende**

Band 1

— Allgemeine Berufskunde

Berufsbildungsgesetz — Berufsausbildungsvertrag — Ausbildungs- und Prüfungsordnung für Fernmeldehandwerker — Jugendarbeitsschutzgesetz — Dienstverhältnisse bei der Deutschen Bundespost — Staatsaufbau — Grundrechte und -pflichten des Staatsbürgers — Tarifverträge für Fernmeldelehrlinge und Arbeiter bei der DBP — Sozialeinrichtungen — Personalvertretungsgesetz — Aufbau und Aufgaben der DBP — Fernmelderecht — Verhalten gegenüber dem Kunden, Schadenshaftung — Arbeitsschutz und Unfallverhütung — Schriftformen von Meldungen, Gesuchen und Prüfungsarbeiten

● Repetitor zum Band 1

Band 2

— Grundkenntnisse der Mathematik und der Physik (mit Lösungsheft)

Rechnen mit bestimmten Zahlen — Buchstabenrechnung — Potenzrechnung — Radizieren — Die Lehre von den Gleichungen — Die grafische Darstellung von Funktionen — Proportion — Kreisfunktionen — Dreisatz- und Prozentrechnung — Zahlensysteme — Stabrechnen — Aufbau und Zustandsformen der Körper — Arbeit und Leistung — Einfache Maschinen — Wärmelehre — Akustik — Optik

● Repetitor zum Band 2

Band 3

— Grundlagen der Gleich- und Wechselstromlehre (2 Teile)

Grundlagen der Gleichstromlehre — Wirkungen des Stroms — Das elektrische Feld — Magnetismus — Wirkungen des Magnetismus — Grundlagen der Wechselstromlehre — Die Messung elektrischer Größen — Transformatoren — Fernmeldeübertrager

● Repetitor zum Band 3

Band 4

— Aufgabensammlung zu Band 3 (mit Lösungsheft)

— Weitere Lehrbücher siehe 3. und 4. Umschlagseite —

Handbuch der Fernmeldetechnik

Grundreihe

Herausgegeben mit Unterstützung
des Bundesministers
für das Post- und Fernmeldewesen

Band 4

(mit Lösungsheft)

Aufgabensammlung zu Band 3

2., verbesserte Auflage

Deutsche Postgewerkschaft - Hauptvorstand - Verlag - 6 Frankfurt 71 - Rhonestraße 2

Vorwort

Das insgesamt 13 Bände umfassende „Handbuch der Fernmeldetechnik – Grundreihe“ soll den Auszubildenden während der gesamten Ausbildungszeit ein ständiger Begleiter sein und ihnen in möglichst enger Anlehnung an das in der „VO über die Berufsausbildung zum FHandw“ festgelegte Berufsbild eine umfassende und gute Prüfungsvorbereitung ermöglichen. Damit dieses Ziel erreicht wird, gehen wir von dem in dem Ausbildungsrahmenplan stichwortartig angegebenen Grundlernstoff aus, der dann schwerpunktmäßig in dem notwendigen Ausmaß ergänzt wird. Die Frage nach dem Wie, Warum und Wozu steht hierbei immer im Mittelpunkt der Überlegungen.

Der vorliegende Band 4 „Aufgabensammlung zu Band 3 (mit Lösungsheft)“ ist als Ergänzung zum Band 3 „Grundlagen der Gleich- und Wechselstromlehre“ gedacht. Beide Bände bilden zusammen mit dem dazugehörigen Repetitor ein Ganzes und sind hinsichtlich der Gliederung eng miteinander verknüpft. Band 4 enthält etwa 350 Fachrechnungsaufgaben aus dem Bereich der gesamten Elektrotechnik. Alle Aufgaben sind praxisnah gestaltet und nach Lehrstoffbereichen und Schwierigkeitsgraden aufgeteilt. Auf die an den Auszubildenden zu stellenden Anforderungen nehmen sie besondere Rücksicht. Anhand des beigelegten Lösungsheftes kann der Lernende die von ihm gefertigten Lösungen schnell und zuverlässig auf ihre Richtigkeit hin überprüfen.

Die Verfasser erheben nicht den Anspruch, daß die Bände alle Vorschriften und technischen Einzelheiten sowie auch das in der Praxis selten Vorkommende enthalten. Ihnen ging es vielmehr darum, ein Lehrbuch zu schaffen, das der gestellten Aufgabe ohne unnötigen Ballast im Interesse der Leser gerecht wird.

Wir hoffen, daß sich dieser aus der Praxis für die Praxis geschriebene Band sowohl während der Ausbildungszeit als auch darüber hinaus als Lern- und Nachschlagewerk bewähren wird.

Die Herausgeber

Stand: Frühjahr 1973

Nachdruck, auch auszugsweise, nicht gestattet.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Allgemeine Rechenregeln	7
2. Grundlagen der Gleichstromlehre	
2.1. Elektrizitätsmenge	9
2.2. Leitwert	10
2.3. Das Ohmsche Gesetz	10
2.4. Widerstand und Temperatur	11
2.5. Leiterwiderstand	14
2.6. Stromdichte	16
2.7. Spannungsverlust	17
2.8. Reihenschaltung von Widerständen	19
2.9. Leerlaufspannung und Klemmenspannung	20
2.10. Parallelschaltung von Widerständen	22
2.11. Meßbereichserweiterung für Spannungsmesser	23
2.12. Meßbereichserweiterung für Strommesser	24
2.13. Parallelschaltung mit Vorwiderstand	25
2.14. Reihenschaltung mit Parallelwiderstand	26
2.15. Parallelschaltung von Reihenwiderständen	26
2.16. Reihenschaltung von Parallelwiderständen	28
2.17. Gemischte Schaltungen	29
2.18. Leitungs- und Isolationswiderstand	32
2.19. Spannungsteiler	33
2.20. Brückenschaltung	34
2.21. Schaltung mit mehreren Spannungsquellen	35
2.22. Reihenschaltung von Spannungsquellen	36
2.23. Parallelschaltung von Spannungsquellen	36
2.24. Gruppenschaltung von Spannungsquellen	37
2.25. Elektrische Leistung	38
2.26. Elektrische Arbeit	41
2.27. Elektrische/mechanische Leistung	41
2.28. Stromkosten	42
2.29. Wirkungsgrad	42
3. Wirkungen des Stroms	
3.1. Wärmewirkung des Stroms	44
3.2. Galvanisierung, elektrolytische Korrosion	44
3.3. Ursprung (Leerlaufspannung) galvanischer Elemente	46
3.4. Schaltung von galvanischen Elementen und Sammlern	48
3.5. Kapazität, Güteverhältnis und Wirkungsgrad galvanischer Spannungsquellen	51
3.6. Batterieladung und -entladung	54

	Seite
4. Das elektrische Feld	
4.1. Die elektrische Feldstärke	58
4.2. Kapazität	59
4.3. Kapazität und Elektrizitätsmenge	60
4.4. Das elektrische Potential	60
4.5. Reihenschaltung von Kapazitäten	61
4.6. Parallelschaltung von Kapazitäten	62
4.7. Gruppenschaltung von Kapazitäten	63
4.8. Zeitkonstante	63
5. Spannungserzeuger	65
6. Magnetismus und seine Größen	
6.1. Die elektrische Durchflutung	67
6.2. Die magnetische Feldstärke	67
6.2.1. Spule mit Lufthohlraum	67
6.2.2. Spule mit unterbrochenem Kern	68
6.2.3. Spule mit geschlossenem Kern	69
6.3. Die magnetische Flußdichte	70
6.3.1. Spule mit Lufthohlraum	70
6.3.2. Spule mit unterbrochenem Kern	71
6.3.3. Spule mit geschlossenem Kern	71
6.4. Permeabilitätszahl	72
6.5. Der magnetische Fluß	73
7. Die Wirkungen des Magnetismus	
7.1. Kraftwirkung im Magnetfeld	75
7.2. Generatorspannung	77
7.3. Transformationsspannung	80
7.4. Induktivität	81
7.4.1. Spule mit Lufthohlraum	81
7.4.2. Spule mit unterbrochenem Kern	81
7.4.3. Spule mit geschlossenem Kern	82
7.5. Zeitkonstante	82
7.6. Reihenschaltung von Induktivitäten	82
7.7. Parallelschaltung von Induktivitäten	83
7.8. Gruppenschaltung von Induktivitäten	83

	Seite
8. Grundlagen der Wechselstromlehre	
8.1. Wechselstromgrößen	84
8.1.1. Polpaarzahl und Frequenz	84
8.1.2. Kreisfrequenz	84
8.1.3. Periodendauer	85
8.1.4. Wellenlänge	85
8.1.5. Höchstwert und Augenblickswert	85
8.1.6. Effektivwert	86
8.2. Wechselstromwiderstände	87
8.2.1. Induktiver Blindwiderstand	87
8.2.2. Kapazitiver Blindwiderstand	90
9. Der zusammengesetzte Wechselstromkreis	
9.1. Reihenschaltung von X_L und X_C	93
9.2. Reihenschaltung von R und X_L	94
9.3. Reihenschaltung von R und X_C	97
9.4. Reihenschaltung von R , X_L und X_C	99
9.5. Reihenresonanzkreis	102
9.6. Wechselstromleistung	103
10. Messung elektrischer Größen	112
11. Transformatoren/Fernmeldeübertrager	115
12. Anwendungsbeispiele	
12.1. Relais und Relaisschaltungen	125
12.2. Fernmeldeleitungen	136
Anhänge	
1 Werkstoffeigenschaften – Leiter	140
2 Werkstoffeigenschaften – Isolierstoffe	141
3 Magnetisierungskurven	142
4 Tabelle der Sinus-, Kosinus- und Tangenswerte	143

1. Allgemeine Rechenregeln

Der Lösungsgang einer Rechenaufgabe soll folgerichtig, klar und übersichtlich niedergeschrieben werden; er muß also so gestaltet sein, daß er von dem Nachrechnenden ohne große Mühe gelesen und verstanden werden kann. Um dieses Ziel zu erreichen, sind nachstehend einige Rechenregeln aufgestellt worden. Zur Vermeidung von Denk-, Schreib- und Rechenfehlern wird empfohlen, diese Regeln bei allen Fachrechenaufgaben möglichst genau zu beachten.

1. Den Aufgabentext sorgfältig durchlesen, bevor mit der Lösung begonnen wird!
2. Den Lösungsgang stets mit folgender Unterteilung beginnen:
Gegeben: Gesucht: Lösung:
3. Für jeden Lösungsgang möglichst eine Zeichnung oder ein Schaltbild anfertigen!
4. Für den Lösungsgang den richtigen Ansatz aufstellen!
Müssen für Nebenrechnungen weitere Nebenansätze aufgestellt werden, so ist es oftmals zweckmäßig, die Größengleichungen für die Nebenansätze etwas (~ 1 cm) nach rechts einzurücken.
5. Für Zeichnungen, Schaltbilder, Bruchstriche, Wurzeldächer und Unterstreichungen stets ein Lineal benutzen!
6. Den Ansatz (Größengleichung) nach der gesuchten Größe umstellen!
Größengleichungen und Schaltbilder stehen stets auf der linken, Einheitengleichungen und Ausrechnungen auf der rechten Seite des Schreibblatts.
7. In die umgestellte Größengleichung Zahlenwerte und Einheiten einsetzen!
8. Einheiten stets so einsetzen bzw. umrechnen, daß gleichartige Einheiten gekürzt werden können!
Bei umfangreichen Größengleichungen die Einheitengleichungen aufstellen.
9. Für die Ausrechnung möglichst nur Zahlenwerte verwenden, die zwischen 1 und 1000 liegen; hiervon abweichende Zahlenwerte mit Zehnerpotenzen umrechnen.
10. Machen Sie vor jeder Ausrechnung zuerst eine Überschlagsrechnung!
11. Die Multiplikationen, Divisionen, Additionen, Subtraktionen und Quadratwurzeln der eingesetzten Zahlenwerte ausrechnen!

Die Ausrechnungen werden mit dem Rechenstab ausgeführt. Müssen die Zahlenrechnungen wegen der erforderlichen Genauigkeit schriftlich vorgenommen werden, dann schreibt man sie auf die rechte Seite des Schreibblatts.

12. Die Rechengenauigkeit ist bis auf wenige Ausnahmen ausreichend, wenn die Zahlenwerte für drei aufeinanderfolgende Ziffern genau bestimmt werden, wobei Nullen vor der ersten Ziffer unberücksichtigt bleiben. Dazu ist mit Hilfe der vierten Ziffer zu ermitteln, ob die dritte auf- oder abgerundet werden muß. Die Stellung des Kommas spielt dabei keinerlei Rolle.

Beispiele: aus 2 406 000 wird auf drei Ziffern gerundet: 2 410 000
 aus 0,000 240 6 wird auf drei Ziffern gerundet: 0,000 241
 aus 2,004 wird auf drei Ziffern gerundet: 2,00
 aus 30,06 wird auf drei Ziffern gerundet: 30,1

13. Machen Sie nach Möglichkeit die Rechenprobe!

14. Das Ergebnis der Ausrechnung auf der linken Seite des Schreibblatts niederschreiben!

Ergebnisse von Hauptrechnungen, d. h. von gesuchten Größen, werden doppelt, Ergebnisse von Nebenrechnungen, d. h. von Zwischenergebnissen, nach denen in der Aufgabe nicht besonders gefragt ist, einmal unterstrichen.

15. Die Ergebnisse von Hauptrechnungen in einem kurzen Satz erläutern!

2. Grundlagen der Gleichstromlehre

2.1. Elektrizitätsmenge

- Ein Akkumulator soll in drei Stunden mit einer Stromstärke von $I = 4 \text{ A}$ entladen werden. Welche Kapazität in Ah muß der Akkumulator haben?
- Ein Relais einer Feuermeldeanlage ist an eine Batterie für $Q = 60 \text{ Ah}$ 30 Tage lang geschaltet. Nach 30tägigem Anschluß des Relais ist die Batterie entladen. Welche durchschnittliche Stromstärke fließt während der 30 Tage durch das Relais?
- Berechnen Sie für die nachstehend angegebenen Strom- und Zeitwerte die jeweilige Elektrizitätsmenge.

$I \text{ mA}$	500	254	760	36	124
t	5 min	12 min	360 s	1 min 20 s	1 h 24 min
Q					

- Für eine Notbeleuchtung von $U = 110 \text{ V}$ wird eine elektrische Leistung von $P = 1,475 \text{ kW}$ gebraucht. Die Notbeleuchtung soll nachts $t = 7$ Stunden in Betrieb sein. Welche Kapazität muß die Notlichtbatterie mindestens haben?
- Für die Stromversorgungsanlage einer Wählvermittlungsstelle wird eine durchschnittliche Stromstärke von $I = 120 \text{ A}$ benötigt. Bei etwaigem Netzausfall soll die Vermittlungsstelle mindestens 6 Stunden aus der Batterie mit Strom versorgt werden können. Welche Kapazität muß die Batterie für die Vermittlungsstelle mindestens haben?
- Eine Batterie von $Q = 24 \text{ Ah}$ soll eine Notbeleuchtung mit Strom versorgen, deren durchschnittlicher Stromverbrauch $I = 300 \text{ mA}$ beträgt. In welchem Zeitabstand muß die Batterie mindestens wieder aufgeladen werden?
- Berechnen Sie von nachstehend aufgeführten Batteriewerten die Dauer der Entladezeiten.

$Q \text{ Ah}$	12	24	36	48	144	288
$I \text{ A}$	0,64	1,6	2,7	0,9	12	5,6
t						

8. Für die Sicherheitsbeleuchtung eines Fernmeldegebäudes soll die Kapazität der Notlichtbatterie bestimmt werden. Das Notlichtnetz besteht aus 15 Glühlampen von je 24 V / 12 W. Nach Netzausfall sollen sämtliche Glühlampen noch mindestens 3 Stunden, bei nur 80prozentiger Entladung der Batterie, in Betrieb bleiben. Wieviel Amperestunden muß die Batterie aufweisen?

2.2. Leitwert

- Der Widerstand eines Kupferdrahts beträgt $R = 30 \Omega$. Wie groß ist der Leitwert des Kupferdrahts?
- Der Leitwert eines Widerstands ist $G = 28,4 \text{ nS}$. Wie groß ist der Widerstandswert des Widerstands?
- In folgender Tabelle sind verschiedene Widerstandswerte aufgeführt. Berechnen Sie für jeden Widerstand den Leitwert.

R	500 Ω	1,2 k Ω	0,8 M Ω	870 m Ω	3,6 G Ω
G					

4. In folgender Tabelle sind verschiedene Leitwerte aufgeführt. Berechnen Sie die Widerstandswerte.

G	0,3 S	4,2 mS	36 μS	484 nS	800 pS
R					

- Ein Widerstand ist an eine Spannung von $U = 42 \text{ V}$ geschaltet. Die Stromstärke beträgt $I = 18 \text{ mA}$. Wie groß ist der Leitwert des Widerstands?
- Der Leitwert eines Widerstands beträgt $G = 6 \mu\text{S}$. Der Widerstand wird an eine Spannung von $U = 60 \text{ V}$ geschaltet. Wie groß ist die Stromstärke in dem Widerstand?

2.3. Das Ohmsche Gesetz

1. Berechnen Sie:

- $I = 2,84 \text{ kA} + 78 \text{ A} + 68400 \text{ mA} + 89400000 \mu\text{A}$ in A
- $I = 0,0052 \text{ A} + 72 \text{ mA} + 362 \mu\text{A}$ in mA
- $U = 1,25 \text{ V} + 3400 \text{ mV} + 679200 \mu\text{V}$ in V
- $U = 0,0048 \text{ kV} + 0,64 \text{ V} + 250 \text{ mV} + 840000 \mu\text{V}$ in mV
- $R = 1800 \Omega + 0,24 \text{ k}\Omega + 0,0048 \text{ M}\Omega$ in Ω
- $R = 26000 \Omega + 18 \text{ k}\Omega + 3,2 \text{ M}\Omega + 0,2 \text{ G}\Omega$ in k Ω
- $G = 4600000 \text{ nS} + 78000 \mu\text{S} + 2 \text{ mS} + 0,0018 \text{ S}$ in mS
- $G = 780000000 \text{ nS} + 1200000 \mu\text{S} + 2800 \text{ mS}$ in S

- Eine Glühlampe hat einen Widerstand von $R = 112 \Omega$. Die angeschaltete Spannung beträgt $U = 24 \text{ V}$. Von welcher Stromstärke wird die Glühlampe durchflossen?
- Ein Widerstand ist an eine Spannung von $U = 220 \text{ V}$ geschaltet. Die gemessene Stromstärke beträgt $I = 2,2 \text{ A}$. Wie groß ist der Widerstand?
- An eine Spannung von $U = 60 \text{ V}$ werden die in der Tabelle aufgeführten Widerstände geschaltet. Tragen Sie die dazugehörigen Stromwerte ein.

$R \Omega$	100	500	1000	2000	3000	4000
I						

5. Ein Widerstand von $R = 500 \Omega$ wird an die in der Tabelle aufgeführten Spannungswerte geschaltet.

a) Tragen Sie die dazugehörigen Stromwerte ein.

b) Zeichnen Sie in einem Spannungs-Strom-Diagramm die Widerstandsgerade.

$U \text{ V}$	5	10	15	20	25	30	35	40
$I \text{ mA}$								

6. Von unbekannten Widerständen werden die Spannungs- und Stromwerte gemessen. Die Meßergebnisse sind in folgender Tabelle aufgeführt.

a) Tragen Sie die Widerstandswerte in die Tabelle ein.

b) Zeichnen Sie für die Spannungs- und Stromwerte die jeweiligen Widerstandsgeraden.

$U \text{ V}$	6	12	18	24	30	36	42
$I \text{ mA}$	100	120	60	48	37,5	36	21
$R \Omega$							

2.4. Widerstand und Temperatur

- Die Wicklung einer Relaispule besteht aus lackisoliertem Kupferdraht. Der Durchmesser des blanken Kupferdrahts beträgt 0,7 mm, der Durchmesser des lackisolierten Kupferdrahts beträgt 0,765 mm.

Die Windungen der inneren Lage haben einen Durchmesser von $d_1 = 12 \text{ mm}$, die Windungen der äußeren Lage haben einen Durchmesser von $d_2 = 38 \text{ mm}$. Die Länge des Wickelraums beträgt $l = 66 \text{ mm}$ (Abb. 2.1).



Abb. 2.1 – Spule

- a) Wie groß ist der Widerstand bei $t_1 = 20 \text{ °C}$?
- b) Wie groß ist der Widerstand bei $t_2 = 65 \text{ °C}$?

2. Ein Fernsprechananschluß ist mit einer Freileitung an die Vermittlungsstelle angeschaltet. Die Entfernung Hauptanschluß – Vermittlungsstelle beträgt 3 km. Der Draht ist aus Bronze und hat einen Durchmesser von $d = 1,5 \text{ mm}$.
 - a) Wie groß ist der Leitungswiderstand bei 20 °C ?
 - b) Wie groß ist der Leitungswiderstand am Tage bei der Temperatur von 35 °C ?
 - c) Wie groß ist der Leitungswiderstand nachts bei der Temperatur 10 °C ?
3. Der Widerstand einer Kohlefadenlampe beträgt im ausgeschalteten Zustand bei $t_1 = 20 \text{ °C}$ $R_1 = 1400 \text{ }\Omega$. Wird die Lampe eingeschaltet, so steigt die Temperatur des Kohlefadens an auf $t_2 = 1200 \text{ °C}$. Wie groß ist der Widerstand der Kohlefadenlampe im eingeschalteten Zustand?
4. Der Wolframfaden einer Glühlampe hat während des Betriebszustands einen Widerstand von $R_2 = 1205 \text{ }\Omega$. Die Temperatur des Wolframfadens beträgt dann $t_2 = 2400 \text{ °C}$. Wird die Lampe ausgeschaltet, so vermindert sich die Temperatur des Wolframfadens auf $t_1 = 20 \text{ °C}$. Wie groß ist der Widerstand der Glühlampe in ausgeschaltetem Zustand?
5. Die Kupferwicklung eines Relais wird bei der Temperatur $t_1 = 20 \text{ °C}$ und nach längerem Betrieb gemessen. Bei der Temperatur $t_1 = 20 \text{ °C}$ beträgt der Widerstand der Kupferwicklung $R_1 = 450 \text{ }\Omega$. Nach längerem Betrieb beträgt der Widerstand der Kupferwicklung $R_2 = 463 \text{ }\Omega$. Auf welche Temperatur t_2 hat sich die Kupferwicklung des Relais während des Betriebs erwärmt?
6. Die Grenzerwärmung eines Transformators beträgt nach VDE 05032 70 °C . Die Unterspannungswicklung eines Transformators aus Kupfer hat nach einer Messung bei der Temperatur $t_1 = 20 \text{ °C}$ einen Wider-

standswert von $R_1 = 3,8 \text{ }\Omega$. Nach längerem Betrieb wird der Widerstand der Unterspannungswicklung erneut gemessen. Der Widerstandswert der Unterspannungswicklung beträgt nunmehr $R_2 = 4,9 \text{ }\Omega$. Genügt die Wicklung den VDE-Vorschriften für die Grenzerwärmung?

7. Ein Widerstandsdraht aus Stahl hat während des Stromdurchgangs eine Temperatur von $t_2 = 650 \text{ °C}$ und einen Widerstand von $R_2 = 37 \text{ }\Omega$. Wie groß ist der Widerstand des Stahldrahts bei $t_1 = 20 \text{ °C}$?
8. Eine eingeschaltete Kohlefadenlampe hat einen Widerstand von $R_2 = 1650 \text{ }\Omega$; die Temperatur des Kohlefadens beträgt dabei $t_2 = 900 \text{ °C}$. Wird die Lampe ausgeschaltet, so vermindert sich die Temperatur des Kohlefadens auf $t_1 = 20 \text{ °C}$. Wie groß ist der Widerstand der ausgeschalteten Kohlefadenlampe?
9. Die Kupferwicklung eines längere Zeit angezogenen Relais hat einen Widerstand von $R_2 = 1240 \text{ }\Omega$. Die Temperatur des Relais mit eingeschalteten Kontakten beträgt $t_2 = 55 \text{ °C}$. Nach Abfall des Relais fällt die Relais-Temperatur auf die Raumtemperatur von $t_1 = 20 \text{ °C}$ herab. Wie groß ist der Widerstand der Relaiswicklung bei der Raumtemperatur?
10. Eine Freileitung aus Bronze hat während der Sommerzeit bei $+30 \text{ °C}$ einen Widerstand von $65 \text{ }\Omega$. Wie groß ist der Widerstand der Freileitung
 - a) bei der Temperatur von $+20 \text{ °C}$ und
 - b) bei der Temperatur von -20 °C ?
11. Eine Relaisspule aus Kupfer ist an 42 V angeschaltet; die gemessene Stromstärke beträgt bei 20 °C 640 mA . Nach längerem Betrieb zeigt der Strommesser nur noch 608 mA an. Auf welche Temperatur hat sich die Wicklung erwärmt?
12. Bei einer in Betrieb befindlichen Relaisspule wurden Spannung und Strom gemessen: $U = 32 \text{ V}$, $I = 90 \text{ mA}$. Die Temperatur des Spulendrahts betrug dabei 55 °C .
 - a) Wie groß ist der Widerstand bei $+20 \text{ °C}$?
 - b) Wie groß ist der Einschaltstrom bei abgekühlter Wicklung?
 - c) Wie lang ist der Spulendraht bei einem Kupferdurchmesser von $0,3 \text{ mm}$?
13. Bei einer Kabelstörung wurde bei einem $0,6\text{-mm-Cu-Kabel}$ ein Schleifenwiderstand von $600 \text{ }\Omega$ gemessen. Die Temperatur des Erdreiches betrug dabei $+6 \text{ °C}$. Wie weit ist die Störung von der Meßstelle entfernt?

14. Auf ein Porzellanrohr von $d = 8$ mm ist eine Kohleschicht von 0,1 mm Stärke aufgetragen. Die Länge der Kohleschicht ist 60 mm. Bei der Einschaltung steigt die Temperatur des Kohlewiderstands von 20°C auf 200°C . Wie groß ist der Widerstandswert nach Erwärmung?
15. Eine Freileitung aus Bronze hat einen Kaltwiderstand von $350\ \Omega$ bei 20°C . Wie groß sind die Widerstandswerte bei nachstehenden Temperaturen?

$t_2\ ^\circ\text{C}$	-25	-10	0	+10	+30	+40
$R_2\ \Omega$						

16. Von einem Uranoxid-Heißleiter betragen der Kaltwiderstand bei $t_1 = 20^\circ\text{C}$ $R_1 = 5000\ \Omega$ und der Warmwiderstand bei $t_2 = 200^\circ\text{C}$ $R_2 = 50\ \Omega$. Wie groß ist der Temperaturbeiwert des Heißleiters?
17. Von mehreren Widerständen aus Nickel sind die Betriebswiderstandswerte sowie die Betriebstemperaturen nachstehend aufgeführt. Wie groß sind die jeweiligen Kaltwiderstände bei 20°C ?

$R_2\ \Omega$	750	300	126	84	44	21
$t_2\ ^\circ\text{C}$	550	400	220	190	260	360
$R_1\ \Omega$						

2.5. Leiterwiderstand

- Die Baulänge für eine Zuführungsleitung für einen Signalapparat beträgt 45 m; der Leitungswiderstand darf höchstens $1,5\ \Omega$ betragen. Welcher Drahtdurchmesser einer Kupferleitung ist zu wählen?
- Auf einer Kabeltrommel befinden sich 300 Windungen eines Kabels bei einem mittleren Windungsdurchmesser der Kabelwindungen von 80 cm. Der Durchmesser der Kupferader ist $d = 0,6$ mm. Wie groß ist der Leitungswiderstand für einen Fernsprechananschluß, für den die ganze Kabellänge verwendet wird?
- Der Widerstand eines Fernsprechapparats 611 wird auf $130\ \Omega$ geschätzt. Die Baulänge der Ortsanschlußleitung beträgt $l = 4000$ m. Der Widerstand von Ortsanschlußleitung und Fernsprechapparat darf zusammen $680\ \Omega$ nicht überschreiten. Welchen Drahtdurchmesser muß die Kupferader aufweisen?

- Ein Vorwiderstand aus Nickel soll bei einer Drahtlänge von $l = 200$ m einen Widerstand von $55\ \Omega$ aufweisen. Wie groß muß der Querschnitt des Nickelindrahts sein?
- Ein Aluminiummantelkabel hat einen Außendurchmesser von 32 mm; die Mantelstärke ist $s = 1,2$ mm. Wie groß ist der Widerstand des Kabelmantels je 100 m Kabellänge?
- Ein Bleimantelkabel ist $l = 600$ m lang; der Außendurchmesser ist 46 mm, der Innendurchmesser 40 mm. Wie groß ist der elektrische Widerstand des Kabelmantels?
- Eine Freileitung aus Bronze von $d = 2$ mm hat einen Widerstand von $R = 2,8\ \Omega$. Wie lang sind der Freileitungsdraht und die Baulänge der Freileitung?
- Wie groß ist der Widerstand nachstehender Ortsanschlußleitungen?

$l\ \text{m}$	500	420	540	600	750	820
0,4 Cu						
0,6 Cu						
0,8 Cu						

- Der höchstzulässige Leitungswiderstand für eine Fernsprechortsanschlußleitung beträgt etwa $900\ \Omega$. Welche größte Baulänge wird erreicht mit 0,4-, 0,6- und 0,8-Kupferadern?
- Wie groß ist der Widerstand eines Kohlestiftes von $d = 2,4$ mm und $l = 5,4$ cm?
- Ein Keramikrohr mit einem Außendurchmesser von $d = 6$ mm ist von einer 0,2 mm starken Kohleschicht überzogen. Die Kohleschicht ist $l = 4,8$ cm lang. Wie groß ist der Widerstandswert des Kohlewiderstands?
- Bei einer Kabelstörung wird von einem Meßbeamten ein Schleifenwiderstand von $340\ \Omega$ gemessen. Der Durchmesser der Kupferader ist $d = 0,8$ mm. Wie weit ist die Kabelstörung von der Meßstelle entfernt?
- In welchem Verhältnis müssen die Querschnitte einer Kupferleitung und einer Aluminiumleitung stehen, wenn die Leitungen einen gleich großen elektrischen Widerstand aufweisen sollen?
- In welchem Verhältnis müssen die Durchmesser einer Kupferleitung und einer Aluminiumleitung stehen, wenn die Leitungen einen gleich großen Widerstand aufweisen sollen?

15. Der mittlere Windungsdurchmesser einer Relaispule beträgt 24 mm; die Windungszahl ist $N = 800$. Der Durchmesser des Kupferdrahts ist $d = 0,15$ mm. Wie groß ist der Wicklungswiderstand?
16. Eine Relaispule hat einen Widerstand von $R = 680 \Omega$. Der mittlere Windungsdurchmesser ist $d = 28$ mm bei einem Kupferdurchmesser des Spulendrahts von 0,12 mm. Wie groß ist die Windungszahl der Relaispule?
17. Ein Bifilarwiderstand von 1680Ω aus Konstantan hat einen Drahtdurchmesser von 0,4 mm. Dieser Widerstand soll neu gewickelt werden, und zwar aus einem Wolframdraht von 0,3 mm. Welcher Längenunterschied der Widerstandsdrähte ergibt sich?
18. Auf einer Kabeltrommel befindet sich ein Ortsanschlußkabel 0,6 mm Cu von unbekannter Länge. An die beiden Enden einer Ader wird eine Spannung von 4,5 V geschaltet; dabei fließt ein Strom von 64 mA. Wie lang ist das Ortsanschlußkabel?
19. Der Widerstandswert eines Vorwiderstands beträgt $R = 104 \Omega$. Die Länge des Widerstandsdrahts ist $l = 125$ m und der Drahtquerschnitt ist $A = 0,5 \text{ mm}^2$. Wie groß ist der spezifische Widerstand des Drahts?
20. Ein Widerstand aus Nickeldraht hat einen Durchmesser von $d = 0,45$ mm. Der Widerstand soll aus Konstantandraht neu gewickelt werden, ohne daß sich dabei die Drahtlänge ändert. Wie groß muß der Drahtdurchmesser des Konstantandrahts sein?

2.6. Stromdichte

1. Eine Kupferleitung von $A = 16 \text{ mm}^2$ wird mit einer Stromstärke von $I = 80$ A belastet. Wie groß ist die Stromdichte in dem Leiter?
2. Der Glühfaden einer Glühlampe hat einen Wolframquerschnitt von $A = 0,000036 \text{ mm}^2$. Die Strombelastung während des Betriebs beträgt $I = 0,3$ A. Wie groß ist die Stromdichte im Wolframfaden?
3. Die Dauerstromstärke für ein Relais soll $I = 180$ mA betragen. Die Stromdichte in der Wicklung darf höchstens $S = 100$ mA pro mm^2 sein. Wie groß muß der Drahtdurchmesser gewählt werden?
4. Ein Heizwiderstand aus Nickel hat einen Querschnitt von $A_1 = 0,25 \text{ mm}^2$. Der Querschnitt der Zuleitung aus Kupfer beträgt $A_2 = 1,5 \text{ mm}^2$. In der Zuleitung wird eine Stromstärke von $I = 3$ A gemessen.

- a) Wie groß ist die Stromdichte in der Zuleitung?
- b) Wie groß ist die Stromdichte im Heizwiderstandsdraht?

5. Die Strombelastung einer Stromzuführungsleitung für eine Fernsprechvermittlungsstelle für die verschiedenen Tageszeiten ist nachstehend angegeben. Der Leitungsquerschnitt ist $4 \text{ mm} \cdot 40 \text{ mm}$. Wie groß sind die jeweiligen Werte der Stromdichte?

I A	24	42	60	110	145	186	250
S A/ mm^2							

6. Die Strombelastbarkeit einer zweiadrigen Kupferleitung von $2,5 \text{ mm}^2$ beträgt nach VDE 0255 40 A. Wie groß ist die zulässige Stromdichte?
7. Eine Freileitung aus Kupfer von $A = 10 \text{ mm}^2$ darf höchstens mit $I = 70$ A belastet werden. Die höchstzulässige Strombelastung einer Bronzeleitung gleichen Querschnitts darf nur 92 v.H. des Kupferquerschnitts betragen. Wie groß ist die höchstzulässige Stromdichte für Bronze?
8. Die Stromdichte in einer Relaiswicklung soll mit Rücksicht auf die zulässige Erwärmung $0,5 \text{ A/mm}^2$ nicht überschreiten. Die Strombelastung beträgt $I = 80$ mA. Welcher Mindestdurchmesser des Wicklungsdrahts ist zu wählen?

2.7. Spannungsverlust

1. Mit einer Kupferleitung von $l = 2 \times 35$ m soll eine Stromstärke von $I = 35$ A übertragen werden. Der Spannungsverlust auf der Leitung darf $U_v = 2$ V nicht übersteigen. Welcher Querschnitt ist zu verlegen?
2. Die Stromzuführungsleitung einer Wählvermittlungsstelle ist $l = 2 \times 65$ m lang. Die Strombelastung während der Hauptverkehrszeit beträgt $I = 240$ A. Der Spannungsverlust auf der Leitung darf $U_v = 2$ V nicht überschreiten.
 - a) Wie groß muß der Mindestquerschnitt der Stromzuführung sein?
 - b) Welcher Kupfer-Querschnitt (Flachkupfer) ist zu verlegen?
 - c) Wie groß ist der Spannungsverlust auf der Stromzuführungsleitung bei dem gewählten Querschnitt?
3. Eine Aluminium-Leitung soll mit $I = 26$ A bei einer Betriebsspannung von $U = 220$ V belastet werden. Die Länge der Leitung beträgt

$l = 2 \times 120$ m. Der Spannungsverlust darf höchstens 3% der Betriebsspannung betragen. Welcher Aluminium-Querschnitt ist zu verlegen?

4. Eine 2×70 m lange Kupferleitung soll mit einer Stromstärke von $I = 35$ A belastet werden. Bei einer Betriebsspannung von $U = 220$ V darf der Spannungsverlust 2% nicht überschreiten.

- Welcher Mindestquerschnitt ist erforderlich?
- Welcher Querschnitt ist zu wählen?
- Wie groß ist der Spannungsverlust in Prozenten bei dem gewählten Querschnitt?

5. Eine Ortsanschlußleitung aus Kupfer ist $l = 2 \times 55$ m lang und der Querschnitt beträgt $A = 16$ mm². Durch die Leitung fließt eine Stromstärke von $I = 85$ A. Am Ende der Leitung wird eine Verbraucherspannung von $U = 210$ V gemessen.

- Wie groß ist der Widerstand der Leitung?
- Wie groß ist die Netzspannung an der Anschlußstelle?
- Wie groß ist der Spannungsverlust auf der Leitung in Prozenten der Netzspannung?

6. Eine Aluminium-Leitung von $l = 535$ m Länge und $A = 95$ mm² Querschnitt soll anderweitig verwendet werden. Die Netzspannung für die Wiederverwendung der Leitung beträgt $U = 220$ V und der Spannungsverlust darf 3% nicht überschreiten. Mit welcher Stromstärke darf die Leitung mit Rücksicht auf den Spannungsverlust höchstens belastet werden?

7. An den Anschlußklemmen des Gleichrichters einer Stromversorgungsanlage wird eine Spannung von 62,4 V gemessen. Am Leitungsende der Stromzuführungsleitung beträgt die Spannung nur noch 60,2 V. Die Strombelastung ist $I = 180$ A. Die Stromzuführungsleitung besteht aus Flachkupfer 4 mm · 50 mm. Wie groß ist die Baulänge der Zuführungsleitung?

8. Von mehreren Fernsprechvermittlungsstellen sind die Strombelastungen während der Hauptverkehrszeit sowie die Baulängen der Zuführungsleitungen in nachstehender Tabelle angegeben. Der angegebene Prozentsatz für den zulässigen Spannungsverlust darf nicht überschritten werden. Die Betriebsspannung ist überall 60 V.

- Welcher Mindestkupferquerschnitt ergibt sich?
- Welcher genormter Kupferquerschnitt wird verlegt?

	I A	l m	p	Mindest- Querschnitt	genormter Querschnitt
a)	120	64	2,0		
b)	84	36	2,2		
c)	180	72	1,8		

9. Von einer Fernsprechortsanschlußleitung betragen der Widerstand des Speiserelais 1000 Ohm und der Apparatwiderstand 200 Ohm. Die an dem Fernsprechapparat liegende Spannung beträgt 6 V; die Gesamtspannung ist $U = 60$ V. Die Baulänge beträgt 3,6 km. Welcher Aderndurchmesser ist für die Ortsanschlußleitung zu wählen?
10. Für eine Fernsprechortsanschlußleitung stehen Cu-Doppeladern von 0,6 mm Durchmesser zur Verfügung. Der Speisegleichstrom soll mindestens 30 mA betragen; der Apparatwiderstand wird auf 150 Ohm geschätzt. Die Betriebsspannung beträgt $U = 60$ V; der Widerstand der Speiserelaiswicklungen beträgt 1000 Ohm. Wie lang darf die Baulänge der Ortsanschlußleitung höchstens sein?

2.8. Reihenschaltung von Widerständen

- Vier Widerstände von $R_1 = 24$ Ω, $R_2 = 13$ Ω, $R_3 = 38$ Ω und $R_4 = 29$ Ω sind hintereinandergeschaltet. Die angeschaltete Spannung beträgt $U = 60$ V. Wie groß sind Gesamt-widerstand, Gesamtstrom und Teilspannungen des Stromkreises?
- Zwei Widerstände von $R_1 = 600$ Ω und $R_2 = 900$ Ω sind in Reihe geschaltet. Die angeschaltete Spannung beträgt $U = 60$ V. Durch Hinzuschalten eines dritten Reihewiderstands soll die Stromstärke des Stromkreises auf $I = 2,4$ mA eingestellt werden. Wie groß muß der zusätzliche Reihewiderstand sein und welche Spannungsaufteilungen ergeben sich mit und ohne zusätzlichen Widerstand?
- Die Spannung sowie die Widerstandswerte von drei in Reihe geschalteten Widerständen sind in nachstehender Tabelle angegeben. Berechnen Sie die jeweiligen Stromwerte und die Teilspannungen.

	U V	R_1 Ω	R_2 Ω	R_3 Ω	R	I	U_1	U_2	U_3
a)	60	400	600	800					
b)	4	200	1200	500					
c)	12	60	600	240					

4. Der Anzugsstrom eines Fernmelderelais beträgt $I = 35 \text{ mA}$, der Widerstandswert der Relaiswicklung ist $R = 1200 \Omega$. Das Relais soll in einen Stromkreis von $U = 60 \text{ V}$ geschaltet werden. Wie groß muß der Vorwiderstand für das Relais sein?
5. Zwei Glühlampen mit der Aufschrift $L_1 = 24 \text{ V} / 0,2 \text{ A}$ und $L_2 = 24 \text{ V} / 0,3 \text{ A}$ werden in Reihenschaltung an eine Spannung von $U = 48 \text{ V}$ geschaltet. Welcher Strom stellt sich tatsächlich ein und wie ist die Spannungsaufteilung an beiden Glühlampen (Widerstandsveränderungen infolge Temperaturschwankungen werden vernachlässigt)?
6. Die Gesamtspannung von $U = 60 \text{ V}$ soll mit Hilfe eines Spannungsteilers so aufgeteilt werden, daß eine Spannung von $U_2 = 9,5 \text{ V}$ zur Verfügung steht. Der Gesamtwiderstand des Spannungsteilers beträgt $R = 1600 \Omega$. Welcher Strom fließt bei unbelastetem Spannungsteiler und wie groß sind die Teilwiderstände bei der Spannungsaufteilung?
7. In nachstehender Tabelle sind die jeweilige Gesamtspannung und der Gesamtwiderstand eines Spannungsteilers aufgeführt. Die Spannung U_0 soll die Leerlaufspannung bei unbelastetem Spannungsteiler sein.
- Von welchen Stromstärken werden die unbelasteten Spannungsteiler durchflossen?
 - Welche Widerstandsaufteilung ergibt sich?

	$U \text{ V}$	$R \Omega$	$U_0 \text{ V}$	I	R_1	R_2	U_1
a)	60	2000	12				
b)	4	1800	2,2				
c)	9	420	3,6				

2.9. Leerlaufspannung und Klemmenspannung¹⁾

- Eine Batterie hat eine Leerlaufspannung von $U_0 = 100 \text{ V}$, der innere Widerstand der Batterie beträgt $R_i = 0,8 \Omega$. Die Batterie wird mit einer Stromstärke von $I = 10 \text{ A}$ belastet. Wie groß ist die Klemmenspannung U ?
- Eine Batterie hat eine Klemmenspannung von $U = 218 \text{ V}$. Die Strombelastung beträgt $I = 40 \text{ A}$ und der innere Widerstand der Batterie $R_i = 0,05 \Omega$. Wie groß ist die Leerlaufspannung der Batterie?

¹⁾ Für die Klemmenspannung ist auch das Formelzeichen U_{K1} gebräuchlich.

- Eine Batterie hat eine Leerlaufspannung von $U_0 = 64 \text{ V}$ und einen inneren Widerstand von $R_i = 0,09 \Omega$. Bei einer bestimmten Strombelastung beträgt die Klemmenspannung $U = 62 \text{ V}$. Mit welcher Stromstärke wird die Batterie belastet?
- Eine Batterie hat eine Leerlaufspannung von $U_0 = 24 \text{ V}$ und einen inneren Widerstand von $R_i = 0,8 \Omega$. Wie groß ist die Kurzschlußstromstärke der Batterie?
- Eine Batterie mit der Leerlaufspannung von $U_0 = 48 \text{ V}$ wird mit einer Stromstärke von $I = 4,5 \text{ A}$ belastet. Dabei beträgt die Klemmenspannung $U = 46,5 \text{ V}$. Wie groß ist der innere Widerstand der Batterie?
- Die Leerlaufspannung einer Batterie für eine Fernsprechvermittlungsstelle beträgt $U_0 = 62 \text{ V}$; der innere Widerstand ist $R_i = 24 \text{ m}\Omega$. Die verschiedenen Strombelastungen sind in nachstehender Tabelle eingetragen. Wie groß sind die jeweiligen Werte der Klemmenspannung?

$I \text{ A}$	18	36	62	80	100	120	185
$U \text{ V}$							

- Die Leerlaufspannung einer Batterie beträgt $U_0 = 60 \text{ V}$; der innere Widerstand ist $R_i = 100 \text{ m}\Omega$. Wie groß sind die jeweiligen Stromwerte und Klemmenspannungen bei verschiedenen Belastungswiderständen R_a ?

$R_a \Omega$	80	44	16	8,6	1,6	0,4
$I \text{ A}$						
$U \text{ V}$						

- Die Leerlaufspannung der Stromversorgung einer Nebenstellenanlage beträgt $U_0 = 24,6 \text{ V}$. Der innere Widerstand ist $R_i = 0,1 \text{ Ohm}$. Infolge der unterschiedlichen Widerstandsbelastung ergeben sich verschiedene Stromstärken und Klemmenspannungen. Wie groß sind die jeweiligen Stromwerte und Klemmenspannungen?

R_a	100	80	60	40	20	10
$I \text{ A}$						
$U \text{ V}$						

- Von einer Batterie werden die Klemmenspannung zu $U = 23,4 \text{ V}$ und die Strombelastung zu $I = 12,6 \text{ A}$ gemessen. Die Leerlaufspan-

nung wird auf $U_0 = 24 \text{ V}$ geschätzt. Wie groß ist nach dieser Schätzung der ungefähre Wert des inneren Widerstands der Batterie?

10. Für Fernsprechtschlußleitungen wird der innere Widerstand der Stromversorgungsanlage durch die Einschaltung des Speiserelais (A-Relais im I.G.W.) künstlich auf 1000 Ohm vergrößert. Von einer Ortsanschlußleitung beträgt der Leitungswiderstand $R_L = 450 \text{ Ohm}$; der Gleichstromwiderstand des Fernsprechapparats wird auf $R_A = 200 \text{ Ohm}$ geschätzt. Die Leerlaufspannung der Stromversorgungsanlage wird zu $U_0 = 60 \text{ V}$ angenommen; der innere Widerstand der Stromversorgungsanlage wird vernachlässigt.

- Welcher Speisestrom fließt in der Ortsanschlußleitung?
- Welcher Spannungswert liegt an der Ortsanschlußleitung am Hauptverteiler?
- Welcher Spannungswert liegt an der Ortsanschlußleitung in der Anschlußdose beim Fernsprechteilnehmer?

11. Nachstehend sind die Widerstandswerte für mehrere Fernsprechan-schlußleitungen angegeben. Der Widerstand des Fernsprechapparats beträgt für jeden Anschluß $R_{App} = 200 \text{ Ohm}$. Die Leerlaufspannung der Stromversorgungsanlage wird zu $U_0 = 62 \text{ V}$ angenommen; der innere Widerstand wird vernachlässigt. Wie groß sind für jede Anschlußleitung die Werte des Speisegleichstroms und welche Spannungswerte liegen am Hauptverteiler und in der Anschlußdose?

$R_L \text{ } \Omega$	100	200	300	500	800	1000
$I \text{ mA}$						
$U_{Hvt} \text{ V}$						
$U_{ADo} \text{ V}$						

2.10. Parallelschaltung von Widerständen

- Zwei Widerstände von $R_1 = 400 \text{ } \Omega$ und $R_2 = 600 \text{ } \Omega$ sind parallelgeschaltet. Wie groß ist der Gesamtwiderstand?
- Drei Widerstände von $R_1 = 240 \text{ } \Omega$, $R_2 = 360 \text{ } \Omega$ und $R_3 = 600 \text{ } \Omega$ sind an einer Gleichspannung von $U = 60 \text{ V}$ parallelgeschaltet. Wie groß sind der Gesamtwiderstand, Gesamtstrom und die Teilströme?
- Der Gesamtwiderstand einer Parallelschaltung von zwei Widerständen beträgt $R = 200 \text{ } \Omega$. Der Widerstandswert des einen Einzelwiderstands beträgt $R_1 = 800 \text{ } \Omega$. Wie groß ist der Einzelwiderstand R_2 ?

- Bei einem an einer Gleichspannung von $U = 60 \text{ V}$ liegenden Widerstand wird eine Stromstärke von $I_1 = 320 \text{ mA}$ gemessen. Durch Hinzuschalten eines zweiten Widerstands soll die Gesamtstromstärke des Stromkreises auf $I = 500 \text{ mA}$ eingestellt werden. Wie muß der Zusatzwiderstand geschaltet werden und welche Größe hat er?
- Zu dem Widerstand eines Gebührenzählers von $R_1 = 100 \text{ } \Omega$ ist ein zweiter Widerstand von $R_2 = 10 \text{ } \Omega$ parallelgeschaltet. Bei einem Zählstromstoß muß die Stromstärke im Gebührenzähler mindestens $I_1 = 46 \text{ mA}$ betragen. Wie groß muß die Gesamtstromstärke des Zählstromstoßes mindestens sein und welche Spannung liegt dann an der Parallelschaltung?
- Zwei Widerstände von $R_1 = 600 \text{ } \Omega$ und $R_2 = 1200 \text{ } \Omega$ sind parallelgeschaltet. Die angeschaltete Spannung beträgt $U = 60 \text{ V}$. Durch Hinzuschalten eines dritten Parallelwiderstands soll die Gesamtstromstärke auf $I = 350 \text{ mA}$ eingestellt werden. Wie groß muß der zusätzliche Parallelwiderstand sein und welche Stromaufteilung ergibt sich mit und ohne zusätzlichen Widerstand?
- Die Spannung sowie die Widerstandswerte von drei parallelgeschalteten Widerständen sind in nachstehender Tabelle angegeben. Berechnen Sie den jeweiligen Gesamtwiderstand, Gesamtstrom und die Teilströme.

	$U \text{ V}$	$R_1 \text{ } \Omega$	$R_2 \text{ } \Omega$	$R_3 \text{ } \Omega$	R	I	I_1	I_2	I_3
a)	60	400	600	800					
b)	4	1000	1200	2200					
c)	12	900	1100	300					

2.11. Meßbereichserweiterung für Spannungsmesser

- Ein Spannungsmesser für $0-6 \text{ V}$ hat einen inneren Widerstand von $R_i = 4 \text{ k}\Omega$. Mit diesem Meßgerät sollen Spannungen bis zu 60 V gemessen werden. Wie groß muß der Vorwiderstand sein und welcher Strom fließt bei $U = 60 \text{ V}$ durch das Meßgerät?
- Ein Spannungsmesser für $0-1,5 \text{ V}$ hat einen inneren Widerstand von $R_i = 1,2 \text{ k}\Omega$. Die Skala des Meßgeräts ist in 15 gleiche Teile von je $0,1 \text{ V}$ eingeteilt. Mit dem Spannungsmesser sollen Messungen bis zu 15 V durchgeführt werden.
 - Wie groß muß der Vorwiderstand sein und welcher Strom fließt bei $U = 15 \text{ V}$ durch das Meßgerät?
 - Welche Skaleneinteilung gilt für den Spannungsmesser mit Vorwiderstand?

3. Ein Spannungsmesser für 0–400 mV hat einen inneren Widerstand von $R_i = 1,8 \text{ k}\Omega$. Für dieses Meßgerät sollen Meßbereiche eingerichtet werden für Spannungsmessungen von 0–4 V, 0–8 V und 0–16 V.

a) Zeichnen Sie den Stromlaufplan.

b) Wie groß müssen die jeweiligen Vorwiderstände sein?

4. Für mehrere Spannungsmesser sind die Meßbereiche und die inneren Widerstände in nachstehender Tabelle angegeben. Die Meßbereiche sollen auf den Spannungswert U erweitert werden. Wie groß müssen die jeweiligen Vorwiderstände sein?

	$U_1 \text{ V}$	$R_i \text{ k}\Omega$	$U \text{ V}$	$R_v \text{ k}\Omega$
a)	0–2	2,4	20	
b)	0–60	36	120	
c)	0–25	18	75	

2.12. Meßbereichserweiterung für Strommesser

- Ein Strommesser für 0–6 A hat einen inneren Widerstand von $R_i = 240 \text{ m}\Omega$. Der Strommesser soll für Strommessungen bis zu $I = 60 \text{ A}$ verwendet werden. Wie groß muß der Parallelwiderstand sein und welche Spannung liegt bei $I = 60 \text{ A}$ an dem Meßgerät?
- Ein Strommesser für 0–1,5 A soll für Messungen bis zu $I = 7,5 \text{ A}$ verwendet werden. Der innere Widerstand des Meßgeräts beträgt $R_i = 120 \text{ m}\Omega$; die Skala ist in 15 gleiche Teile zu je 0,1 A eingeteilt.
 - Wie groß muß der Parallelwiderstand sein und welche Spannung liegt bei $I = 7,5 \text{ A}$ am Meßgerät?
 - Welche Skaleneinteilung gilt für den Strommesser mit Nebenwiderstand?
- Ein Strommesser für 0–60 mA hat einen inneren Widerstand von $84 \text{ m}\Omega$. Für dieses Meßgerät sollen Meßbereiche eingerichtet werden für Strommessungen 0–300 mA, 0–600 mA und 0–1,2 A.
 - Zeichnen Sie den Stromlaufplan.
 - Wie groß müssen die jeweiligen Nebenwiderstände sein?

4. Für mehrere Strommesser sind die Meßbereiche und die inneren Widerstände in nachstehender Tabelle angegeben. Die Meßbereiche sollen auf den Stromwert I erweitert werden. Wie groß müssen die jeweiligen Nebenwiderstände sein?

	$I_1 \text{ A}$	$R_i \text{ }\Omega$	$I \text{ A}$	$R_n \text{ m}\Omega$
a)	0–1,5	0,35	3	
b)	0–6	0,12	60	
c)	0–0,4	0,64	2,0	

2.13. Parallelschaltung mit Vorwiderstand

- Einer Parallelschaltung von $R_2 = 600 \text{ }\Omega$ und $R_3 = 800 \text{ }\Omega$ ist ein Widerstand von $R_1 = 400 \text{ }\Omega$ vorgeschaltet. Die angeschaltete Spannung beträgt $U = 60 \text{ V}$. Wie groß sind Gesamtstrom, Gesamtstrom sowie Teilströme und Teilspannungen?
- Eine Reihenschaltung von $R_1 = 500 \text{ }\Omega$ und $R_2 = 1200 \text{ }\Omega$ ist an $U = 60 \text{ V}$ geschaltet. Zu dem Widerstand R_2 soll ein Parallelwiderstand hinzugeschaltet werden, daß sich ein Gesamtstrom von 60 mA einstellt. Wie groß muß der Parallelwiderstand sein?
- Eine Parallelschaltung von $R_1 = 400 \text{ }\Omega$ und $R_2 = 750 \text{ }\Omega$ ist an $U = 60 \text{ V}$ geschaltet. Vor diese Parallelschaltung soll ein Vorwiderstand geschaltet werden, daß sich ein Gesamtstrom von 80 mA einstellt. Wie groß muß der Vorwiderstand sein?
- Von nachstehender Widerstandsgruppenschaltung (Abb. 2.2) be-
tragen:

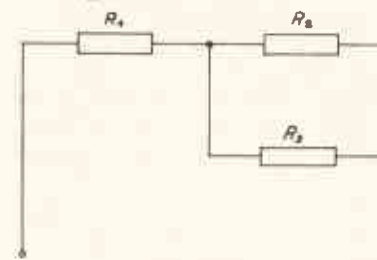


Abb. 2.2 – Schaltbild

	$R_1 \text{ }\Omega$	$R_2 \text{ }\Omega$	$R_3 \text{ }\Omega$	$U \text{ V}$
a)	300	600	1200	60
b)	1200	300	600	60
c)	600	1200	1200	60

Wie groß sind die jeweiligen Gesamtstrom, Gesamtstrom, Teilströme und -spannungen?

5. Von einer Parallelschaltung mit Vorwiderstand nach Abb. 2.2 sind sämtliche Einzelwiderstände gleich groß. Die angeschaltete Spannung ist 60 V, die gemessene Stromstärke beträgt 180 mA. Wie groß sind die Einzelwiderstände?

2.14. Reihenschaltung mit Parallelwiderstand

1. Einer Reihenschaltung von $R_1 = 400 \Omega$ und $R_2 = 1200 \Omega$ ist ein Widerstand von $R_3 = 1800 \Omega$ parallelgeschaltet. Die angeschaltete Spannung ist $U = 60 \text{ V}$. Wie groß sind Gesamtwiderstand, Gesamtstrom sowie Teilströme und -spannungen?
2. Eine Reihenschaltung von $R_1 = 300 \Omega$ und $R_2 = 400 \Omega$ ist an $U = 60 \text{ V}$ geschaltet. Zu dieser Reihenschaltung soll ein Widerstand parallelgeschaltet werden, daß sich eine Gesamtstromstärke von 240 mA einstellt. Wie groß muß der Parallelwiderstand sein?
3. Eine Parallelschaltung von $R_1 = 800 \Omega$ und $R_2 = 1500 \Omega$ ist an eine Spannung von $U = 60 \text{ V}$ geschaltet. Zu dem Widerstand R_1 soll ein Widerstand vorgeschaltet werden, daß sich eine Gesamtstromstärke von 95 mA einstellt. Wie groß muß der Reihenwiderstand sein?
4. Von nachstehender Widerstandsgruppenschaltung (Abb. 2.3) be-
tragen:

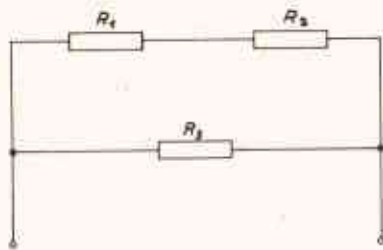


Abb. 2.3 – Schaltbild

	R_1 Ω	R_2 Ω	R_3 Ω	U V
a)	300	600	1200	60
b)	1200	300	600	60
c)	600	1200	300	60

Wie groß sind die jeweiligen Gesamtwiderstände, Gesamtströme, Teilströme und -spannungen?

5. Von der Reihenschaltung mit Parallelwiderstand nach Abb. 2.3 sind sämtliche Einzelwiderstände gleich groß. Die angeschaltete Spannung ist $U = 60 \text{ V}$, die gemessene Stromstärke 150 mA . Wie groß sind die Einzelwiderstände?

2.15. Parallelschaltung von Reihenwiderständen

1. Eine Reihenschaltung von $R_1 = 500 \Omega$ und $R_2 = 700 \Omega$ ist mit einer anderen Reihenschaltung von $R_3 = 600 \Omega$ und $R_4 = 200 \Omega$ parallelgeschaltet. Die angeschaltete Spannung ist $U = 60 \text{ V}$. Wie groß sind Gesamtwiderstand, Gesamtstrom sowie Teilströme und -spannungen?

2. Eine Reihenschaltung von $R_1 = 800 \Omega$ und $R_2 = 600 \Omega$ ist an eine Spannung von $U = 60 \text{ V}$ geschaltet. Zu dieser Reihenschaltung soll eine weitere Reihenschaltung parallelgeschaltet werden, von der eine Einzelwiderstand $R_3 = 300 \Omega$ beträgt. Hierbei soll sich eine Gesamtstromstärke von $I = 110 \text{ mA}$ einstellen. Wie groß muß der zweite Einzelwiderstand R_4 sein?
3. Von nachstehender Widerstandsgruppenschaltung (Abb. 2.4) be-
tragen:

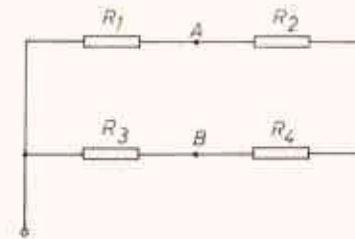


Abb. 2.4 – Schaltbild

	R_1 Ω	R_2 Ω	R_3 Ω	R_4 Ω	U V
a)	600	800	1000	1200	60
b)	800	1000	1200	600	60
c)	1000	1200	600	800	60
d)	1200	600	800	1000	60

Wie groß sind Gesamtwiderstand, Gesamtstrom, Teilströme und -spannung sowie die Spannung zwischen den Punkten A und B der jeweiligen Schaltung?

4. In der Widerstandsgruppenschaltung nach Abb. 2.4 soll die Spannung zwischen A und B Null betragen. Die Werte für R_1 , R_2 und R_3 sind nebenstehend angegeben. Die Spannung ist $U = 60 \text{ V}$.

	R_1 Ω	R_2 Ω	R_3 Ω	R_4 Ω
a)	600	1200	800	
b)	900	400	500	
c)	1000	2000	1500	
d)	700	500	300	

- a) Wie groß muß der jeweilige Widerstand R_4 sein?
 - b) Wie groß sind die jeweiligen Gesamtwiderstände, Gesamtströme, Teilströme und -spannungen?
5. In der Widerstandsgruppenschaltung nach Abb. 2.4 sind sämtliche Einzelwiderstände gleich groß. Die angeschaltete Spannung ist 60 V , die gemessene Stromstärke beträgt 120 mA . Wie groß sind die Einzelwiderstände der Schaltung?

2.16. Reihenschaltung von Parallelwiderständen

1. Zu einer Parallelschaltung von $R_1 = 400 \Omega$ und $R_3 = 1000 \Omega$ ist eine weitere Parallelschaltung von $R_2 = 600 \Omega$ und $R_4 = 500 \Omega$ hintereinandergeschaltet. Die angeschaltete Spannung ist $U = 60 \text{ V}$. Wie groß sind Gesamt Widerstand, Gesamtstrom, Teilströme und -spannungen?
2. Eine Parallelschaltung von $R_2 = 1200 \Omega$ und $R_4 = 800 \Omega$ ist an eine Spannung von $U = 60 \text{ V}$ geschaltet. Zu dieser Parallelschaltung soll eine weitere Parallelschaltung von zwei Widerständen vorgeschaltet werden, von der der eine Einzelwiderstand $R_3 = 600 \Omega$ beträgt. Hierbei soll sich eine Gesamtstromstärke von 95 mA einstellen. Wie groß muß der Einzelwiderstand R_1 sein?
3. Von nachstehender Widerstandsgruppenschaltung (Abb. 2.5) be-
tragen:

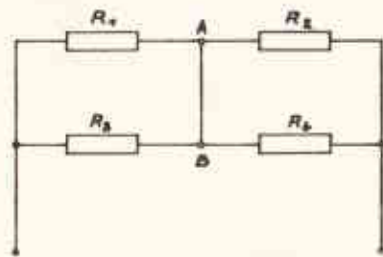


Abb. 2.5 – Schaltbild

	R_1 Ω	R_2 Ω	R_3 Ω	R_4 Ω	U V
a)	600	1000	800	400	60
b)	1000	800	400	600	60
c)	800	400	600	1000	60
d)	400	600	1000	800	60

Wie groß sind Gesamt Widerstand, Gesamtstrom, Teilströme und Teilspannungen sowie der Strom zwischen den Punkten A und B der jeweiligen Schaltung?

4. In der Widerstandsgruppenschaltung nach Abb. 2.5 soll der Strom zwischen den Punkten A und B Null sein. Die Werte für R_1 , R_2 und R_3 sind nebenstehend angegeben. Die angeschaltete Spannung ist $U = 60 \text{ V}$.
 - a) Wie groß muß der jeweilige Widerstand R_4 sein?
 - b) Wie groß sind die jeweiligen Gesamt Widerstände, Gesamtströme, Teilströme und -spannungen?
5. In der Widerstandsgruppenschaltung nach Abb. 2.5 sind sämtliche Widerstände gleich groß. Die angeschaltete Spannung ist $U = 60 \text{ V}$, die gemessene Stromstärke beträgt $I = 90 \text{ mA}$. Wie groß sind die Einzelwiderstände der Schaltung?

	R_1 Ω	R_2 Ω	R_3 Ω	R_4 Ω
a)	700	500	800	
b)	400	1200	900	
c)	1000	500	1500	
d)	300	150	400	

2.17. Gemischte Schaltungen

1. Von nachstehender Fernmeldeschaltung (Abb. 2.6) betragen:

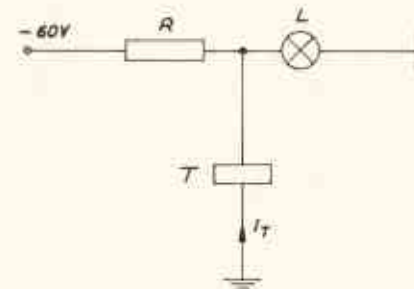


Abb. 2.6 – Stromlaufplan

	R Ω	L V/mA	T Ω	I_T mA	U V
a)	200	24/100	600	50	60
b)	600	24/80	400	80	60
c)	400	24/150	600	30	60
d)	100	18/100	600	40	60

Welche Widerstände müssen zusätzlich in die Schaltung eingefügt werden, damit die Verbraucher die richtigen Strom- und Spannungs-
werte erhalten?

2. Für die 16-kHz-Impulssteuerung wird nebenstehende Relais-
schaltung verwendet. Welcher Strom fließt durch die
Wicklung 1 – 2 des G-Relais
bei

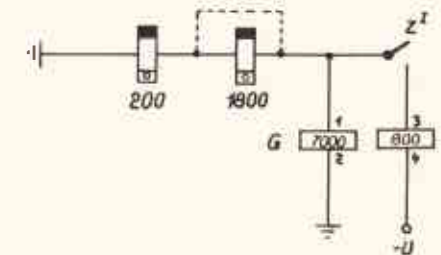


Abb. 2.7 – Stromlaufplan

- a) nicht überbrückter 1800-
Ohm-Wicklung des Gebüh-
renzählers und
- b) überbrückter 1800-Ohm-
Wicklung des Gebühren-
zählers?

Die Betriebsspannung ist
 $U = 60 \text{ V}$.

3. Nebenstehend ist die verein-
fachte Gleichstromschaltung
des Fernsprechapparats 611
dargestellt. Der Mikrofonwi-
derstand wird auf $R_M = 200 \Omega$
geschätzt; der an den An-
schlußklemmen a und b lie-
gende Spannungswert wird
gleichbleibend zu $U = 5,2 \text{ V}$
angenommen.

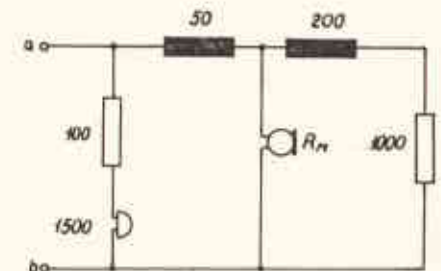


Abb. 2.8 – Stromlaufplan

- a) Wie groß sind Gesamtwiderstand, Gesamtstrom, Teilströme und -spannungen in dem Fernsprechapparat?
- b) Wie verändern sich die Widerstands-, Strom- und Spannungswerte, wenn der Mikrofonwiderstand auf $180\ \Omega$ bzw. $220\ \Omega$ verändert wird?
- c) Um welchen Wert schwankt der Mikrofonspeisestrom bei der Widerstandsveränderung des Mikrofons von $180\ \Omega$ auf $220\ \Omega$?
- d) Stellen Sie die errechneten Werte in einer Tabelle zusammen!
4. Für einen Fernsprechapparat nach Abb. 2.8 betragen der Leitungswiderstand $R_L = 800\ \Omega$ und der Gesamtwiderstand des in der Vermittlungsstelle befindlichen Speiserelais $R_A = 1000\ \Omega$. Der Widerstand des Kohlemikrofons wird auf $100\ \Omega$ geschätzt. Die angeschaltete Betriebsspannung beträgt $U = 60\ \text{V}$. Wie groß sind der Gesamtwiderstand des Sprechapparats, des Hauptanschlusses einschließlich der Ortsanschlußleitung und der Speiserelaiswicklungen sowie die Strom- und Spannungsaufteilung im gesamten Stromkreis?
5. Nachstehend ist ein Schaltungsauszug für den Zählvorgang des Wählsystems 50 vereinfacht dargestellt. Bei geöffnetem $z^{III/2}$ -Kontakt erhält der Gebührenzähler Z 100 Fehlstrom; bei geschlossenem $z^{III/2}$ -Kontakt wird der Gebührenzähler betätigt; $-U = 60\ \text{V}$ (Abb. 2.9). Wie groß sind Fehlstrom und Anzugsstrom des Gebührenzählers?

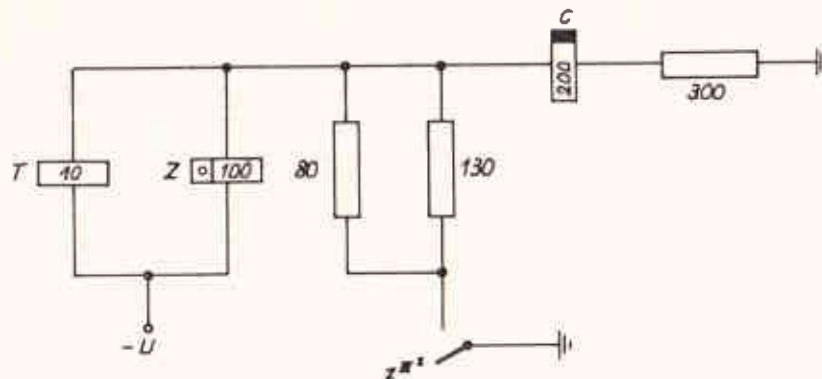


Abb. 2.9 – Stromlaufplan

6. Nachstehend ist ein vereinfachter Schaltungsauszug aus dem Wählsystem 50 dargestellt, wobei das P-Relais P_1 auf die bereits bestehende Fernsprechverbindung P 60 aufprüft; $-U = 60\ \text{V}$ (Abb. 2.10).

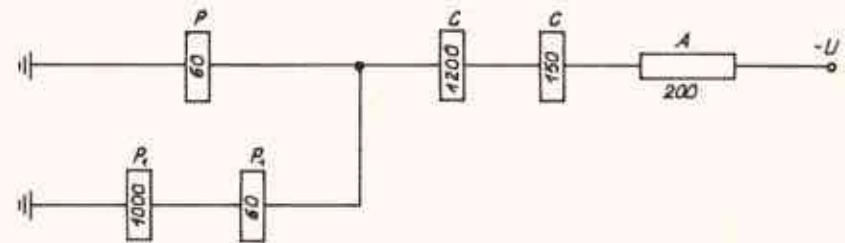


Abb. 2.10 – Stromlaufplan

- a) Wie groß ist die Haltestromstärke des P-60-Relais bei der bestehenden Verbindung?
- b) Wie groß ist der Fehlstrom für das P-1000- und P-60-Relais bei dem aufprüfenden Wähler?
- c) Wie groß sind sämtliche Teilströme und Teilspannungen beim Aufprüfen?
7. Zwei Glühlampen von $L_1 = 48\ \text{V} / 120\ \text{mA}$ und $L_2 = 36\ \text{V} / 200\ \text{mA}$ sollen so an die Spannung $60\ \text{V}$ geschaltet werden, daß sie die richtigen Strom- und Spannungswerte erhalten. Welche Widerstände müssen zusätzlich in die Schaltung eingefügt werden?
8. Zwei Glühlampen von $L_1 = 24\ \text{V} / 100\ \text{mA}$ und $L_2 = 24\ \text{V} / 180\ \text{mA}$ sollen so in Reihenschaltung an die Spannung von $48\ \text{V}$ geschaltet werden, daß sie die richtigen Strom- und Spannungswerte erhalten.
- a) Welcher Widerstand muß zusätzlich in die Schaltung eingefügt werden?
- b) Wie groß sind Gesamtwiderstand, Gesamtstrom, Teilströme und -spannungen?
9. Die nebenstehend angegebenen Glühlampen sollen jeweils so in den Stromkreis bei $U = 60\ \text{V}$ geschaltet werden, daß sie die richtigen Strom- und Spannungswerte erhalten. Welche Zusatzwiderstände müssen in die jeweilige Schaltung eingefügt werden, damit die Lampen die richtigen Strom- und Spannungswerte erhalten?

	L_1 V/mA	L_2 V/mA	L_3 V/mA
a)	24/100	24/80	24/160
b)	12/40	24/100	48/200
c)	36/90	48/150	24/120
d)	24/80	60/40	12/100

10. Von nachstehender Widerstandsgruppenschaltung (Abb. 2.11) be-
tragen:

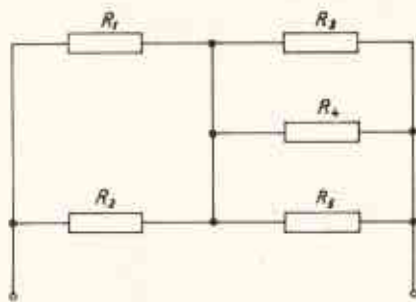


Abb. 2.11 – Schaltbild

	R_1 Ω	R_2 Ω	R_3 Ω	R_4 Ω	R_5 Ω
a)	500	1000	800	900	600
b)	1200	800	1200	2000	2400
c)	900	700	800	600	400
d)	1000	1200	2400	3600	1800

Spannung $U = 60 \text{ V}$

Wie groß sind Gesamtwiderstand, Gesamtstrom, Teilströme und -spannungen?

2.18. Leitungs- und Isolationswiderstand

- Die Baulänge einer Ortsanschlußleitung ist $l = 650 \text{ m}$. Die Leitungskennwerte sind $R' = 130 \Omega/\text{km}$ und $R_i' = 1,6 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$. Wie groß sind Leitungs- und Isolationswiderstand?
- Die Baulänge eines Ortsverbindungskabels ist $l = 1,24 \text{ km}$. Die Leitungskennwerte sind $R' = 130 \Omega/\text{km}$, $G' = 0,6 \mu\text{S}/\text{km}$. Wie groß sind Leitungs- und Isolationswiderstand?
- Wie groß sind Leitungs- und Isolationswiderstand eines Kabels von folgenden Baulängen, wenn die Leitungskennwerte $G' = 0,8 \mu\text{S}/\text{km}$ und $R' = 225 \Omega/\text{km}$ betragen?

$l \text{ m}$	150	240	320	400	450	700	1000
R_L							
R_{iso}							

- Die Linienlänge einer Fernsprechleitung ist $l = 2,14 \text{ km}$. Der Leitungswiderstand je Kilometer Doppelleitung beträgt $R' = 12,8 \Omega/\text{km}$, der Isolationswiderstand je Kilometer Doppelleitung ist $R_i' = 1,94 \text{ M}\Omega \cdot \text{km}$. Wie groß sind Leitungs- und Isolationswiderstand?
- Von einem Ortsanschlußkabel mit 0,4-mm-Doppeladern betragen der Widerstandskennwert $R' = 260 \Omega/\text{km}$ und der Ableitungskennwert $G' = 20 \text{ nS}/\text{km}$. Der Leitungswiderstand der Ortsanschlußleitung darf höchstens $R = 800 \Omega$ betragen.

- Wie groß ist die höchstzulässige Baulänge für dieses Kabel?
- Wie groß ist bei der höchstzulässigen Baulänge der Isolationswiderstand der Ortsanschlußleitung?

2.19. Spannungsteiler

- Ein Spannungsteilerwiderstand von $R_g = 2 \text{ k}\Omega$ liegt an einer Spannung von $U = 60 \text{ V}$. Bei unbelastetem Spannungsteiler soll die Leerlaufspannung $U_0 = 18 \text{ V}$ betragen. An diesen Spannungsteiler werden Lastwiderstände von folgenden Werten angeschaltet. Berechnen Sie die jeweiligen Betriebsspannungswerte U_1 .

$R_{\text{Last}} \Omega$	∞	100	200	300	400	500	600
$U_1 \text{ V}$							

- Ein Spannungsteilerwiderstand von $R_g = 1200 \Omega$ liegt an einer Spannung von $U = 60 \text{ V}$. An die Abgriffspunkte für die nachstehenden Leerlaufspannungswerte wird ein Belastungswiderstand von $R_1 = 300 \Omega$ geschaltet. Berechnen Sie für jeden Spannungsabgriff die Strom- und Spannungsaufteilung.

$U_0 \text{ V}$	10	20	30	40	50	60
$U_1 \text{ V}$						
$I \text{ mA}$						
$I_1 \text{ mA}$						
$I_2 \text{ mA}$						

- Eine Glühlampe für $36 \text{ V} / 150 \text{ mA}$ soll über einen Spannungsteiler an $U = 120 \text{ V}$ angeschaltet werden. Die Glühlampe soll die richtigen Strom- und Spannungswerte erhalten. Der Gesamtstrom des Stromkreises soll 300 mA betragen.

- Welcher Widerstand muß parallel zur Lampe liegen?
- Auf welchen Leerlaufspannungsabgriff muß der Schleifkontakt eingestellt werden?
- Berechnen Sie die Strom- und Spannungsaufteilung bei unbelastetem und belastetem Spannungsteiler.

2.20. Brückenschaltung

1. Der geeichte Widerstand der nebenstehenden Schleifdrahtmeßbrücke beträgt $R_2 = 2000 \Omega$. Bei abgeglicherer Meßbrücke (Brückenstrom = Null) betragen die Teillängen des Schleifdrahts $a = 36,4 \text{ cm}$ und $b = 63,6 \text{ cm}$ (Abb. 2.12). Wie groß ist der Widerstandswert R_x ?

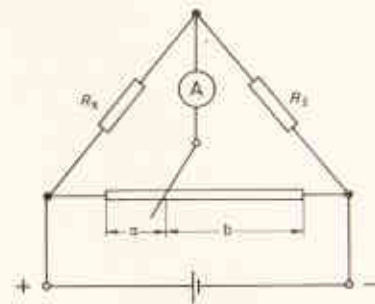


Abb. 2.12 – Brückenschaltung

2. Von nebenstehender Widerstandsgruppenschaltung (Abb. 2.13) betragen $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 400 \Omega$ und $R_3 = 200 \Omega$. Die Spannung zwischen den Punkten A und B beträgt Null. Wie groß ist der Widerstand R_4 ?

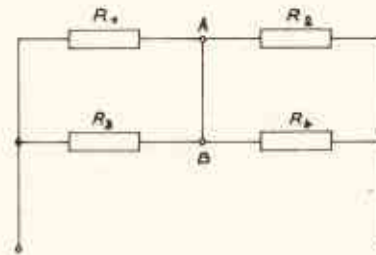


Abb. 2.13 – Schaltbild

3. Von der nebenstehenden Brückenschaltung betragen $R_1 = 400 \Omega$, $R_2 = 600 \Omega$ und $R_3 = 800 \Omega$. Die angeschaltete Wechselspannung beträgt $U = 1 \text{ V} / f = 800 \text{ Hz}$. Der Regelwiderstand R_4 wird so eingestellt, daß der Fernhörer tonlos ist. Auf welchen Wert muß der Widerstand R_4 eingestellt werden?

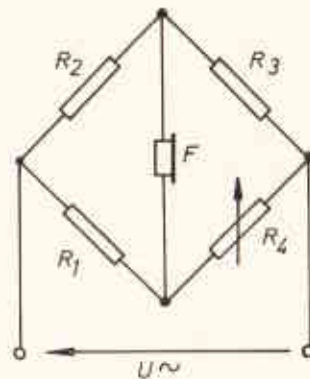


Abb. 2.14 – Brückenschaltung

2.21. Schaltung mit mehreren Spannungsquellen

1. Zwei Batterien von $U_{AC} = 30 \text{ V}$ und $U_{CB} = 10 \text{ V}$ sind wie nebenstehend dargestellt hintereinandergeschaltet. Wie groß ist die Spannung U_{AB} ?

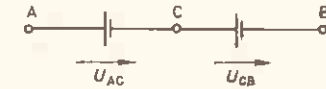


Abb. 2.15 – Batterieschaltung

2. Zwei Batterien von $U_{AC} = 30 \text{ V}$ und $U_{BC} = 10 \text{ V}$ sind wie nebenstehend dargestellt hintereinandergeschaltet. Wie groß ist die Spannung U_{AB} ?

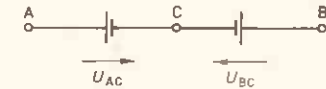


Abb. 2.16 – Batterieschaltung

3. Von nachstehender Fernmeldeschaltung (Abb. 2.17) betragen:

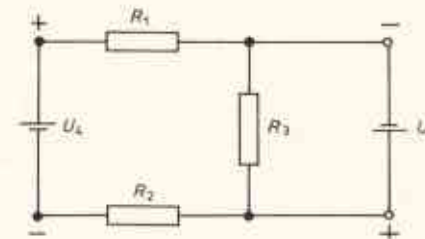


Abb. 2.17 – Schaltbild

	R_1 Ω	R_2 Ω	R_3 Ω	U_4 V	U_5 V
a)	400	300	600	20	10
b)	300	400	800	10	30
c)	800	200	500	15	45
d)	400	700	900	40	40

Wie ist die jeweilige Strom- und Spannungsaufteilung in dem Stromkreis?

4. Von nachstehender Fernmeldeschaltung (Abb. 2.18) betragen:

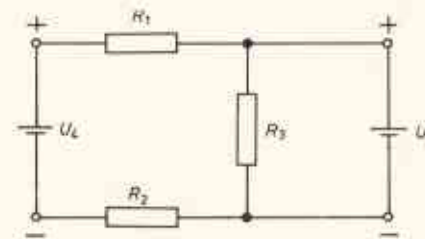


Abb. 2.18 – Schaltbild

	R_1 Ω	R_2 Ω	R_3 Ω	U_4 V	U_5 V
a)	400	600	500	20	10
b)	800	800	400	10	30
c)	500	900	700	20	25
d)	600	1200	1000	30	30

Wie ist die jeweilige Strom- und Spannungsaufteilung in dem Stromkreis?

2.22. Reihenschaltung von Spannungsquellen

1. Von einem Element betragen die Leerlaufspannung $U_0 = 1,5 \text{ V}$ und der innere Widerstand $R_1 = 0,4 \Omega$. Durch Hintereinanderschalten von 3 Elementen soll eine Batterie zusammengestellt werden. Wie groß sind GesamtLeerlaufspannung und Gesamtinnenwiderstand der Batterie?
2. Zwei Elemente von jeweils $U_0 = 2,0 \text{ V}$ und $R_1 = 0,6 \Omega$ sind hintereinandergeschaltet. Mit dieser Batterie soll ein Signalapparat mit Strom versorgt werden, dessen Widerstandswert $R = 42 \Omega$ beträgt. Der Leitungswiderstand wird vernachlässigt.
 - a) Welche Stromstärke fließt durch den Stromkreis?
 - b) Wie groß ist die Klemmenspannung?
 - c) Welche Kapazität muß jedes Element aufweisen, wenn der Signalapparat im Dauerstrombetrieb 4 Tage lang versorgt werden soll?
 - d) Wie groß ist die Gesamtkapazität?
3. Ein Ruhestromrelais soll mit $I = 240 \text{ mA}$ versorgt werden; der Widerstand der Relaiswicklung beträgt $R = 600 \Omega$. Der Leitungswiderstand wird vernachlässigt. Für den Aufbau der Batterie stehen Elemente zur Verfügung mit einer Leerlaufspannung von $U_0 = 2,0 \text{ V}$ und einem inneren Widerstand von $R_1 = 0,1 \Omega$. Die Elemente sollen nur in Reihe geschaltet werden.
 - a) Wieviel Elemente sind hintereinanderzuschalten?
 - b) Wie groß ist die Gesamtkapazität der Batterie und die eines einzelnen Elements, wenn das Relais mit einer Aufladung 2 Tage lang versorgt werden soll?

2.23. Parallelschaltung von Spannungsquellen

1. Von einem Element betragen die Leerlaufspannung $U_0 = 1,5 \text{ V}$ und der innere Widerstand $R_1 = 0,4 \Omega$. Durch Parallelschalten von zwei Elementen soll eine Batterie zusammengestellt werden. Wie groß sind GesamtLeerlaufspannung und Gesamtinnenwiderstand der Batterie?
2. Drei Elemente von jeweils $U_0 = 2,0 \text{ V}$ und $R_1 = 0,6 \Omega$ sind parallelgeschaltet. Mit dieser Batterie soll ein Signalapparat mit Strom versorgt werden, dessen Widerstandswert $R = 42 \Omega$ beträgt. Der Leitungswiderstand wird vernachlässigt.

- a) Welche Stromstärke fließt durch den Stromkreis?
 - b) Wie groß ist die Klemmenspannung?
 - c) Wie groß muß die Gesamtkapazität der Batterie sein, wenn der Signalapparat im Dauerstrombetrieb 4 Tage lang versorgt werden soll?
 - d) Wie groß muß die Kapazität des einzelnen Elements sein?
3. Ein Verbraucherwiderstand von $R = 10 \Omega$ soll durch eine Batterie mit einem Dauerstrom von 200 mA versorgt werden. Es stehen hierfür Elemente zur Verfügung mit einer Leerlaufspannung von jeweils $U_0 = 2,0 \text{ V}$, $R_1 = 0,8 \Omega$ und einer höchstzulässigen Stromstärke von $I = 50 \text{ mA}$. Die Elemente sollen nur parallelgeschaltet werden. Der Leitungswiderstand wird vernachlässigt.
 - a) Wieviel Elemente sind parallelzuschalten?
 - b) Wie groß ist die Gesamtkapazität der Batterie und die eines Einzelements, wenn der Verbraucherwiderstand mit einer Aufladung 2 Tage lang versorgt werden soll?

2.24. Gruppenschaltung von Spannungsquellen

1. Von einem Element betragen die Leerlaufspannung $U_0 = 1,5 \text{ V}$ und der innere Widerstand $R_1 = 0,4 \Omega$. Vier dieser Elemente sollen hintereinandergeschaltet werden. Drei dieser Reihenschaltungen sind parallelzuschalten. Wie groß sind die GesamtLeerlaufspannung und der Gesamtinnenwiderstand der Batterie?
2. Von einem Element betragen $U_0 = 2,0 \text{ V}$ und $R_1 = 0,6 \Omega$. Von diesen Elementen werden drei in Reihe und zwei Reihenschaltungen parallelgeschaltet. Mit dieser Batterie soll ein Signalapparat mit Strom versorgt werden, dessen Widerstandswert $R = 42 \Omega$ beträgt. Der Leitungswiderstand wird vernachlässigt.
 - a) Welche Stromstärke fließt durch den Stromkreis?
 - b) Wie groß ist die Klemmenspannung?
 - c) Wie groß muß die Gesamtkapazität der Batterie sein, wenn der Signalapparat im Dauerstrombetrieb 4 Tage lang versorgt werden soll?
 - d) Wie groß muß die Kapazität des einzelnen Elements sein?
3. Ein Verbraucherwiderstand von $R = 10 \Omega$ soll durch eine Batterie mit einer Dauerstromstärke von mindestens $I = 0,4 \text{ A}$ versorgt werden. Es stehen hierfür Elemente zur Verfügung mit einer Leerlauf-

spannung von $U_0 = 2,1 \text{ V}$, $R_1 = 0,8 \Omega$ und einer höchstzulässigen Stromstärke von $I = 0,1 \text{ A}$. Der Leitungswiderstand wird vernachlässigt.

- Wieviel Elemente sind hintereinanderschalten?
- Wieviel Elemente sind parallelzuschalten?
- Wie groß ist die Gesamtkapazität der Batterie und die eines Einzelements, wenn der Verbraucherwiderstand 2 Tage lang versorgt werden soll?

2.25. Elektrische Leistung

1. Berechnen Sie:

- $P = 3000 \text{ W} + 12 \text{ mW} + 0,0042 \text{ W} + 0,000064 \text{ W}$ in mW,
- $P = 426000 \text{ W} + 260 \text{ mW} + 1,25 \text{ W} + 0,0691 \text{ W}$ in W.

2. Eine Kohlenfadenlampe nimmt bei der Spannung von $U = 220 \text{ V}$ eine elektrische Leistung von $P = 75 \text{ W}$ auf. Welche Stromstärke fließt während des Betriebs durch die Glühlampe?

3. Ein Widerstand von $R = 184 \Omega$ nimmt eine elektrische Leistung von $P = 15 \text{ W}$ auf. Wie groß ist die angeschaltete Spannung?

4. Eine Relaispule hat einen Widerstand von $R = 600 \Omega$. Die angeschaltete Spannung beträgt $U = 60 \text{ V}$. Welche elektrische Leistung nimmt die Relaispule auf?

5. Ein Tauchsieder für $P = 500 \text{ W}$ nimmt eine Stromstärke von $I = 2,27 \text{ A}$ auf. Für welche Spannung ist der Tauchsieder vorgesehen?

6. Ein Heizgerät nimmt bei Anschluß an $U = 220 \text{ V}$ eine elektrische Leistung von $P_1 = 1800 \text{ W}$ auf. Durch Vorschalten eines Widerstands soll die aufgenommene Leistung auf $P_2 = 1200 \text{ W}$ verringert werden.

- Wie groß muß der Vorwiderstand sein?
- Welche elektrische Leistung nimmt der Vorwiderstand auf?
- Für welche Mindeststromstärke ist der Vorwiderstand vorzusehen?

7. Eine Glühlampe ist an $U = 220 \text{ V}$ angeschlossen. In ausgeschaltetem Zustand beträgt der Widerstand des Wolframfadens $R_1 = 112 \Omega$; während des Betriebs beträgt der Widerstand des Wolframfadens $R_2 = 1200 \Omega$.

- Wie groß ist die aufgenommene elektrische Leistung im Einschaltaugenblick?
- Wie groß ist die aufgenommene elektrische Leistung während des Betriebs?

8. Berechnen Sie für nachstehende Spannungs- und Stromwerte die aufgenommene Leistung.

$U \text{ V}$	$1 \cdot 10^{-3}$	0,707	1,0	4	24	60
$I \text{ mA}$	2	707	1,6	64	600	1200
$P \text{ W}$						

9. Berechnen Sie für die nachstehenden Strom- und Widerstandswerte die aufgenommene Leistung.

$I \text{ mA}$	40	120	800	1500	4000
$R \text{ } \Omega$	400	600	300	1200	60
$P \text{ W}$					

10. Berechnen Sie für die nachstehenden Spannungs- und Widerstandswerte die aufgenommene Leistung.

$U \text{ V}$	$1 \cdot 10^{-3}$	0,707	1,0	4	24	60
$R \text{ } \Omega$	1000	600	1000	300	144	54
$P \text{ W}$						

11. Zwei Glühlampen von $L_1 = 110 \text{ V} / 40 \text{ W}$ und $L_2 = 110 \text{ V} / 75 \text{ W}$ werden in Reihe an eine Betriebsspannung von 220 V geschaltet. Widerstandsveränderungen durch Temperatureinfluß werden vernachlässigt.

- Wie groß ist die tatsächliche Leistungsaufnahme beider Glühlampen und was geschieht nach der Einschaltung?
- Welcher Widerstand muß zusätzlich eingefügt werden, damit die Lampen die richtige Betriebsspannung erhalten?

12. Berechnen Sie von nebenstehenden Glühlampen die tatsächliche Leistungsaufnahme, wenn sie hintereinander an die Nennspannung geschaltet werden. Berechnen Sie auch die erforderlichen Zusatzwiderstände, damit die Verbraucher die richtigen Spannungswerte erhalten.

	L_1 V/W	L_2 V/W	U V
a)	24/4	24/2	60
b)	24/4	36/3	60
c)	24/4	24/2	48
d)	48/6	48/12	110

13. Von einer Glühlampe $220 \text{ V} / 40 \text{ W}$ soll durch einen Vorwiderstand die Leistungsaufnahme auf 10 W vermindert werden. Die Betriebs-

spannung ist 220 V. Widerstandsveränderungen durch Temperatureinfluß werden vernachlässigt. Wie groß muß der Vorwiderstand gewählt werden?

14. Nachstehend sind von mehreren Glühlampen die Nennspannungen und die dazugehörige Leistungsaufnahme angegeben. Durch Vorwiderstände soll die Leistungsaufnahme der Glühlampen auf die angegebenen Werte vermindert werden.

- a) Berechnen Sie die Vorwiderstände hinsichtlich ihres Ohmwertes und der Leistungsbelastung.
b) Machen Sie bei jeder Berechnung auch die Rechenprobe.

L V/W	110/40	24/6	220/100	48/10	60/6
U V	110	24	220	48	60
P_2 W	15	2,4	25	3,0	1,8
R_1 Ω					
P_1 W					

15. Von nachstehender Lampenschaltung (Abb. 2.19) betragen:

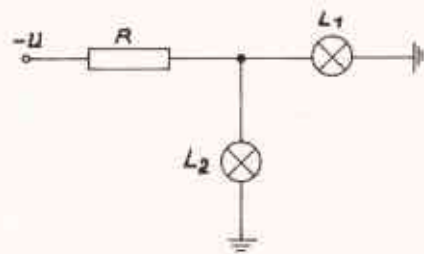


Abb. 2.19 – Stromlaufplan

	R Ω	L_1 V/W	L_2 V/W	$-U$ V
a)	200	24/6	12/4	60
b)	800	36/4	24/3	60
c)	100	24/4	36/6	60
d)	400	12/2,4	24/4,8	60

Welche zusätzlichen Widerstände sind in die jeweilige Schaltung einzufügen, damit die Glühlampen die richtigen Spannungs- und Stromwerte erhalten (Ohmwerte und Belastbarkeit in Watt)?

16. Von nachstehender Lampenschaltung (Abb. 2.20) betragen:

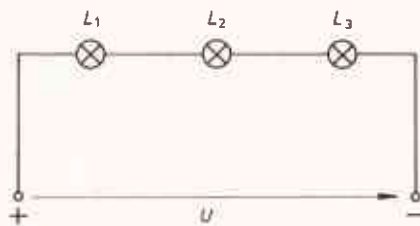


Abb. 2.20 – Lampenschaltung

	L_1 V/W	L_2 V/W	L_3 V/W	U V
a)	24/4	24/1,5	24/6	72
b)	12/2,4	36/6	12/3,2	60
c)	24/3	48/4	24/4	110
d)	36/3,5	36/2,5	36/4	120

Welche zusätzlichen Widerstände sind in die jeweilige Schaltung einzufügen, damit die Glühlampen die richtigen Spannungs- und Stromwerte erhalten (Ohmwerte und Belastbarkeit in Watt)?

2.26. Elektrische Arbeit

1. Berechnen Sie:

a) $W = 3600 \text{ Ws} + 0,64 \text{ Wh} + 0,00385 \text{ kWh}$ in Ws,

b) $W = 475000 \text{ Ws} + 3,92 \text{ Wh} + 1,63 \text{ kWh}$ in Wh.

2. Ein elektrisches Gerät ist $t = 2,5$ Stunden lang an eine Spannung von $U = 220 \text{ V}$ geschaltet. Die Stromstärke beträgt $I = 0,64 \text{ A}$. Wie groß ist die verbrauchte elektrische Arbeit?
3. Wie lange kann eine 60-Watt-Lampe eingeschaltet sein, bis eine elektrische Arbeit von $W = 1 \text{ kWh}$ verbraucht ist?
4. Durch einen Widerstand von $R = 0,8 \Omega$ fließen 25 Minuten lang 14 A hindurch. Wie groß ist die in dem Widerstand verbrauchte elektrische Arbeit?
5. Berechnen Sie für die nachstehend angegebenen Spannungs- und Stromwerte bei den dazugehörigen Betriebszeiten die jeweilig verbrauchte elektrische Arbeit.

U V	12	24	36	48	60	110	220
I A	0,8	0,6	1,0	1,8	6,4	2,3	5,1
t h	1,2	3,6	24	7,2	0,65	1,5	7,5
W Wh							

2.27. Elektrische/mechanische Leistung

1. Ein Elektromotor gibt eine mechanische Leistung von 3970 Nm/s an die Riemenscheibe ab. Welcher elektrischen Leistung entspricht diese Leistungsabgabe?
2. Ein Elektromotor gibt eine elektrische Leistung von 6,0 kW an die Riemenscheibe ab. Welcher mechanischen Leistung entspricht die Leistungsabgabe?
3. Eine Pumpe soll in 5 min 8000 Liter Wasser auf eine Höhe von $h = 2,5 \text{ m}$ hochpumpen. Wie groß muß die abgegebene elektrische Leistung der Pumpe sein?

2.28. Stromkosten

1. Eine Glühlampe von 220 V/60 W ist täglich 4 Stunden in Betrieb. Der Tarifpreis beträgt $k = 0,11$ DM/kWh. Wie hoch sind die monatlichen Stromkosten (1 Monat = 30 Tage)?
2. Die Rechnung für Stromkosten beträgt $K = 132,33$ DM; der Tarifpreis ist $k = 0,11$ DM/kWh. Wieviel elektrische Arbeit ist verbraucht worden?
3. Für den Verbrauch von $W = 968$ kWh sind Stromkosten in Höhe von $K = 77,44$ DM entrichtet worden. Wie hoch ist der Tarifpreis?
4. Der Antriebsmotor einer Bohrmaschine nimmt bei Anschluß an $U = 220$ V eine Stromstärke von $I = 2,4$ A auf. Die tägliche Betriebsdauer beträgt 5 Stunden. Die Bohrmaschine wird an 25 Tagen des Monats benutzt. Der Tarifpreis für die Stromkosten beträgt $k = 0,08$ DM/kWh.
 - a) Wie groß ist die aufgenommene elektrische Leistung?
 - b) Wie groß ist die monatlich verbrauchte elektrische Arbeit?
 - c) Wie hoch sind die monatlichen Stromkosten?

2.29. Wirkungsgrad

1. Ein Gleichstromgenerator gibt eine elektrische Leistung von $P_{ab} = 75$ kW ab. Die Spannung des Gleichstromgenerators beträgt $U = 460$ V. Der Wirkungsgrad ist $\eta = 0,9$.
 - a) Welche Stromstärke kann der Gleichstromgenerator abgeben?
 - b) Welche elektrische Leistung muß dem Generator zugeführt werden?
 - c) Welche mechanische Leistung muß dem Generator durch die Antriebsmaschine zugeführt werden?
2. Einem elektrischen Wasserehrhitzer werden $W_{zu} = 1,08$ kWh zugeführt, an das Wasser jedoch nur $W_{ab} = 0,613$ kWh abgegeben. Wie groß ist der Wirkungsgrad des Kochers?
3. In einem elektrischen Wasserkocher werden in 28 min 3 Liter von $t_1 = 15$ °C auf $t_2 = 95$ °C erhitzt. Der Wirkungsgrad des Kochers beträgt $\eta = 0,64$. Welche elektrische Leistung nimmt der Kocher auf?
4. Ein elektrisch betriebener Lötkolben mit einer Kupfermasse von $m = 0,8$ kg soll in 5 min von $t_1 = 20$ °C auf $t_2 = 340$ °C erhitzt werden. Der Wirkungsgrad ist $\eta = 0,71$. Für welche elektrische Leistung muß die Heizwicklung ausgelegt werden?

5. In einem Kochtopf werden 1,5 Liter Wasser von der Anfangstemperatur $t_1 = 15$ °C in $t = 13$ min zum Kochen gebracht. Die aufgenommene elektrische Leistung des Kochers beträgt $P_{zu} = 850$ W. Mit welchem Wirkungsgrad arbeitet der Kochtopf?
6. Die Batterie für eine Nebenstellenanlage wird mit einer durchschnittlichen Ladespannung von $U_L = 25,2$ V 13 h lang aufgeladen. Hierbei fließt ein durchschnittlicher Ladestrom von $I_L = 16,4$ A. Bei der Entladung betragen die Durchschnittswerte von Entladespannung und -strom $U_E = 23,8$ V und $I_E = 6,0$ A bei einer Betriebsdauer von $t_E = 24$ h. Wie groß sind der Amperestunden- und der Wattstundenwirkungsgrad der Batterie?

3. Wirkungen des Stroms

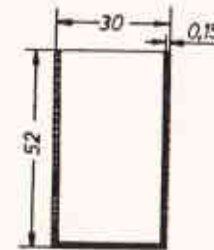
3.1. Wärmewirkung des Stroms

1. Der Widerstandsdraht eines Wasserkochers für $U = 220 \text{ V}$ wird 20 min lang von einem Strom von $I = 1,02 \text{ A}$ durchflossen. Welche Wärmemenge hat der Heizwiderstand an den Wasserkocher abgegeben?
2. In einem Heißwasserspeicher befinden sich 80 Liter Wasser von $t_1 = 20 \text{ °C}$. Dieser Wassermenge soll in 30 min eine Wärmemenge von $Q = 314 \text{ kJ}$ zugeführt werden. Welcher elektrischen Arbeit entspricht die zugeführte Wärmemenge?
3. In einem Durchlauferhitzer sollen 100 Liter Wasser von $t_1 = 10 \text{ °C}$ auf $t_2 = 80 \text{ °C}$ erhitzt werden. Wieviel elektrische Arbeit muß von dem Heizwiderstand an das Wasser abgegeben werden?

3.2. Galvanisierung, elektrolytische Korrosion

1. Wieviel g Kupfer werden aus einer Kupfersulfatlösung in 8 Stunden ausgeschieden, wenn die Stromstärke 10 A beträgt?
2. In welcher Zeit werden aus einer Kupfersulfatlösung bei einem Strom von 10 A 15 cm^3 Kupfer ausgeschieden?
3. Wieviel kg Chrom werden aus einem Chromsalzbad bei $I = 250 \text{ A}$ in 8 Stunden ausgeschieden?
4. Ein Kupferblech mit einer Oberfläche von 1 m^2 soll eine Nickelaufgabe von 0,2 mm erhalten.
 - a) Wie groß ist das erforderliche Nickelvolumen?
 - b) Welche Nickelmasse ergibt sich dafür?
 - c) Welche Zeit wird zur Galvanisierung benötigt, wenn im galvanischen Bad eine Stromstärke von 400 A herrscht?
5. Zur Versilberung von 24 Besteckteilen werden 90 g Silber aufgalvanisiert (90er Versilberung). Wie groß muß die Stromstärke im galv. Bad sein, wenn die Auflage in 3 Stunden vorhanden sein soll?
6. Ein Kupferdraht von 3 mm Durchmesser und 50 m Länge soll eine Silberaufgabe von 0,1 mm Dicke erhalten.
 - a) Wie groß ist die erforderliche Silbermasse?
 - b) In welcher Zeit ist die Silberaufgabe vorhanden, wenn das galv. Bad mit einer Stromstärke von 20 A betrieben wird?

7. Wieviel kg Aluminium werden in einem Elektrolyseofen in 8 Stunden aus Bauxit gewonnen, wenn die Stromstärke 10000 A beträgt?
8. Wieviel Amperestunden sind für die elektrolytische Gewinnung von 1 kg Aluminium erforderlich?
9. Wieviel g Zink werden in einem Zink-Kohle-Element zersetzt, das eine Kapazität von 500 Milliamperestunden hat?
10. Welche Elektrizitätsmenge kann ein Zink-Kohle-Element abgeben, wenn der Zinkbecher folgende Maße hat



Außendurchmesser = 30 mm

Höhe = 52 mm und

Wandstärke = 0,15 mm

Abb. 3.1 – Zink-Kohle-Element

und aus Sicherheitsgründen bis zur zulässigen Entladegrenze nur ein Fünftel der Zinkmasse verbraucht wird?

11. Die Bleisammleratterie eines Wählamts wird nach Erreichen des Gasungspunkts noch 8 Stunden mit 15 A weitergeladen.
 - a) Wie groß ist die in dieser Zeit durch Elektrolyse verbrauchte Wassermasse (Masse Wasserstoff und Masse Sauerstoff)?
 - b) Welches Knallgasvolumen wird dabei frei?
(Volumen Wasserstoff und Volumen Sauerstoff)
1 g Wasserstoff = $11,123 \text{ dm}^3$,
1 g Sauerstoff = $0,7 \text{ dm}^3$.
12. Der Isolationswiderstand einer Relaiswicklung ist durch Feuchtigkeit auf 1 Megohm gegen den Eisenkern gesunken. Zwischen Wicklung und Eisenkern liegt eine Spannung von 60 V (Annahme: + an der Wicklung und – am Eisenkern).

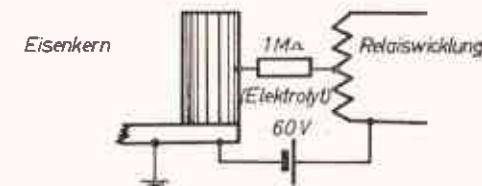


Abb. 3.2 – Korrosion

- a) Wie groß ist der Isolationsstrom?
 - b) Welche Masse Kupfer geht durch elektrolytische Zersetzung in einem Monat (= 30 Tage) bzw. in einem Jahr (= 12 Monate) verloren?
 - c) Wie groß ist der prozentuale Masseverlust an der Relaiswicklung in einem Jahr, wenn die gesamte Kupfermasse der Relaiswicklung 10 g beträgt?
 - d) Wie groß ist bei umgekehrter Polung der Amtsbatterie (+ Pol geerdet, — Pol an der Wicklung) der durch elektrolytische Zersetzung auftretende Masseverlust am Eisenkern des Relais in einem Monat und in einem Jahr?
13. Wie hoch ist der monatliche (1 M = 30 Tage) Korrosionsverlust am Bleimantel eines Kabels, das in der Nähe von Straßenbahnschienen verlegt worden ist, wenn der Bleimantel durchschnittlich 1,5 A Rückstrom führt?
14. Um das elektrochemische Grammäquivalent für Chrom zu bestimmen, wurde die Masse einer Kupferplatte vor und nach dem Galvanisieren bestimmt. Die Masse der Kupferplatte betrug vor der Galvanisierung 275 g. Nach 6stündigem Aufgalvanisieren von Chrom bei einer konstanten Stromstärke von 10 A betrug die Masse der verchromten Platte 311 g.
- a) Welches elektrochemische Grammäquivalent ergibt sich für Chrom?
 - b) Wie groß ist der prozentuale Fehler des gefundenen Werts gegenüber dem Tabellenwert? (Begründung!)

3.3. Urspannung (Leerlaufspannung) galvanischer Elemente

1. In den gebräuchlichen Trockenelementen bestehen die Elektroden aus Zink und Braunstein. Wie hoch ist die Leerlaufspannung? Welche Elektrode bildet den Plus-, welche den Minuspol?
2. Bei einem Versuch über die Wirkungsweise des Bleisammlers werden zwei Bleielektroden in ein Gefäß mit verdünnter Schwefelsäure gehängt. Wie hoch ist die Leerlaufspannung zwischen den Bleiplatten? (Begründung!)
3. Die Elektroden eines Luft-Sauerstoff-Elements bestehen aus Zink und Kohle. Wie groß ist die Leerlaufspannung?
4. Ein Kabel mit Bleimantel verläuft parallel zu einem Wasserleitungsrohr aus Eisen. Die feuchte Erde stellt einen Elektrolyten dar. Welche Spannung besteht zwischen Kabel und Rohr?

5. Bei den älteren alkalischen Gegenzellen nutzt man die Tatsache aus, daß sich beim Stromdurchgang durch den Elektrolyten die eine Elektrode mit Wasserstoff, die andere mit Sauerstoff überzieht. Wie hoch ist die dabei zwischen den Elektroden auftretende Spannung?
6. Fehlt in einem Zink-Kohle-Element ein Depolarisator, so setzt sich beim Stromdurchgang (Belastung des Elements) an der Kohlelektrode Wasserstoff ab. Wie hoch ist dann die Leerlaufspannung des Elements?
7. Korrosionserscheinungen an Schiffskörpern beruhen zum Teil auf der Entstehung von galvanischen Spannungen und einer dadurch verursachten Metallwanderung. Wie hoch ist die Ursprungsspannung zwischen einer Schiffsschraube aus Bronze und dem Schiffskörper aus Eisen?
8. Eine Kupferschiene wird mit verzinnnten Schrauben befestigt. Wie hoch ist die Ursprungsspannung, die sich an der Verbindungsstelle ergeben kann, wenn zwischen den Berührungsflächen infolge Feuchtigkeit ein Elektrolyt entsteht?
9. Bei der Kabeleinführung in ein VStW-Gebäude werden die Kabelmängel mit dem Amtserder aus Kupfer verbunden.
 - a) Wie hoch ist die Ursprungsspannung zwischen Kabel-Bleimantel und dem Erder aus Kupfer?
 - b) Wie groß ist der durch diese Ursprungsspannung verursachte Strom, wenn der Widerstand des feuchten Erdreichs zwischen Kabel und Erder 7,5 Ohm beträgt? (Die anderen Widerstände können vernachlässigt werden.)

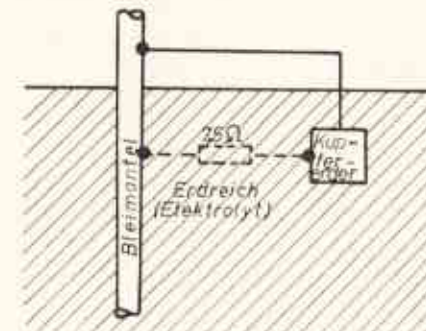


Abb. 3.3 – Korrosion

- c) Welcher Bleiverlust würde dadurch in einem Monat (= 30 Tage) infolge elektrolytischer Korrosion auftreten?

10. In der Nähe von Gleichstrombetriebenen Bahnen (Straßenbahn) werden die Bleimäntel der Kabel durch die zur Stromversorgung der Bahn zurückfließenden Streuströme elektrolytisch korrodiert. Zur Vermeidung werden sog. Elektro-Drainagen eingebaut. (Die Kabelmäntel werden mit dem Minuspol der Bahnstromversorgung leitend verbunden.) Dadurch entsteht aber gleichzeitig eine galvanische Spannung zwischen Schienen und Bleimantel.

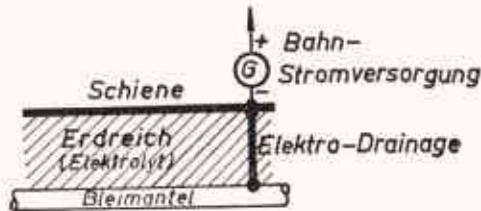


Abb. 3.4 – Korrosion

- Wie hoch ist die Ursprungsspannung zwischen Stahlschiene (Eisen) und Bleimantel?
- Welche Stromstärke herrscht im vorhandenen Stromkreis, wenn der Widerstand des Erdreichs zwischen Schiene und Kabelmantel $0,8 \text{ Ohm}$ beträgt?
- Wie groß ist der durch diesen Strom verursachte Materialverlust an den Schienen in einem Monat (= 30 Tage)?

3.4. Schaltung von galvanischen Elementen und Sammlern

- An einer Batterie, die aus 4 in Reihe geschalteten Elementen besteht, liegt ein Verbraucherwiderstand von 6 Ohm . Jedes Element hat eine Leerlaufspannung von $1,5 \text{ V}$ und einen inneren Widerstand von $0,15 \text{ Ohm}$. Wie groß sind I und U ?
- In den Stromkreis zu Aufgabe 1 wird ein Amperemeter mit $R_1 = 1 \text{ Ohm}$ geschaltet.
 - Wie groß sind jetzt der Strom und die Spannung am Verbraucherwiderstand von 6 Ohm ?
 - Welcher Strom-Meßfehler ergibt sich durch die Einschaltung des Amperemeters?
- Eine Anodenbatterie besteht aus 50 in Reihe geschalteten Trockenelementen mit einer Spannung von je $1,5 \text{ V}$ und einem inneren Widerstand von je $0,3 \text{ Ohm}$.

- Welchen Wert darf der Verbraucherwiderstand haben, wenn der zulässige Strom 150 mA betragen darf?
- Wie groß ist die Klemmenspannung der Batterie bei der zulässigen Belastung?

- Der Transistorverstärker einer Suchsonde für ein Kabelsuchgerät wird mit einer Stabbatterie aus zwei in Reihe geschalteten Zink-Kohle-Elementen gespeist. Die einzelnen Elemente haben eine Leerlaufspannung von $1,55 \text{ V}$ und einen inneren Widerstand von $0,45 \text{ Ohm}$. Die Stromaufnahme der Suchsonde beträgt $12,5 \text{ mA}$. Welche Klemmenspannung ist bei der gegebenen Belastung vorhanden? Für welche Betriebszeit reicht die Batterie, wenn die Kapazität der Batterie $0,4 \text{ Amperestunden}$ beträgt?
- Die Amtsbatterie einer VStW besteht aus 30 Zellen mit einer Leerlaufspannung von je $2,4 \text{ V}$ und einem inneren Widerstand von $0,002 \text{ Ohm}$. Der Widerstand der Entladeleitung von der Batterie bis zum Gestellrahmen beträgt $0,08 \text{ Ohm}$. Wie groß sind bei der höchsten Stromentnahme von 75 A
 - die Klemmenspannung der Batterie,
 - der Spannungsverlust auf der Entladeleitung,
 - die Spannung am Gestellrahmen?
- Wieviel Gegenzellen mit einer Gegenspannung von $0,5 \text{ V}$ müßten eingeschaltet werden, wenn die Spannung am Gestellrahmen höchstens 60 V betragen darf?
- Die Amtsbatterie für eine VStW hat eine Nennspannung von 60 V . Der innere Widerstand der gesamten Batterie und der Widerstand der Batterieleitung zum Gestellrahmen betragen zusammen $0,03 \text{ Ohm}$. Wie groß darf die Höchststromstärke sein, wenn aus betriebstechnischen Gründen am Gestellrahmen nicht weniger als $58,5 \text{ V}$ vorhanden sein dürfen?
- Für den Betrieb eines kleinen Abhörverstärkers mit Transistoren werden 8 V bei einem Strom von 25 mA benötigt. Als Spannungsquelle stehen sog. Knopfzellen zur Verfügung. Die Knopfzellen haben eine Leerlaufspannung von $1,2 \text{ V}$ und eine Kapazität von 1 Amperestunde .
 - Wieviel Knopfzellen müssen in Reihe geschaltet werden, um die erforderliche Spannung von 8 V zu erzielen?
 - Für wieviel Betriebsstunden reicht die Kapazität der Batterie?
- Um den inneren Widerstand einer Transistorbatterie mit 9 V Leerlaufspannung zu bestimmen, wird die Batterie mit einem Widerstand von 100 Ohm belastet. Dabei sinkt die Klemmenspannung auf $8,8 \text{ V}$.

- a) Wie groß ist der innere Widerstand der Batterie?
- b) Welchen Wert hat der innere Widerstand eines einzelnen Elements, wenn die Batterie aus einer Reihenschaltung von Zink-Kohle-Elementen mit einer Leerlaufspannung von je 1,5 V besteht?
9. An einer Trockenbatterie werden folgende Messungen durchgeführt: Spannungsmessung im unbelasteten Zustand ergibt 4,55 V. Spannungs- und Strommessung im belasteten Zustand ergeben $U = 4,4 \text{ V}$ und $I = 200 \text{ mA}$.
- a) Wie groß ist der innere Widerstand der Batterie?
- b) Mit welchem Widerstand wurde die Batterie belastet?
10. a) Wie groß ist der Ruhestrom im Mikrofonstromkreis eines Fernsprechapparats mit Ortsbatterie-Betrieb, wenn folgende Werte bekannt sind:
- | | |
|---|------------|
| U_0 der Ortsbatterie | = 1,5 V, |
| R_i der Ortsbatterie | = 0,5 Ohm, |
| Mikrofon-Widerstand | = 20 Ohm, |
| Widerstand der Induktionsspulenwicklung | = 3,5 Ohm. |
- b) Welche Spannung liegt dabei an der Wicklung der Induktionsspule?
11. An eine Batterie mit einer Leerlaufspannung von 20 V und einem inneren Widerstand von 10 Ohm werden nacheinander folgende Belastungswiderstände geschaltet: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 Ohm.
- a) Stellen Sie in einer Tabelle für die verschiedenen Belastungswiderstände die Werte für R_{ges} , I , U und die von den Belastungswiderständen aufgenommene Leistung P_a zusammen.
- b) Zeichnen Sie das Liniendiagramm für die Anpassung (abgegebene Leistung in Abhängigkeit vom Belastungswiderstand). (Maßstab: 1 cm = 10 Ohm, 1 cm = 1 Watt)
- c) In welchem Belastungsfall ist die abgegebene Leistung am größten?
12. Vier Bleisammlerzellen mit einer Leerlaufspannung von je 2 V und einem inneren Widerstand von je 0,02 Ohm werden einmal in Reihe und einmal parallelgeschaltet. Wie groß ist in jedem Fall U_0 und R_i der Batterie sowie bei Belastung mit $R_a = 7,5 \text{ Ohm}$ U und I ?
13. Für den Betrieb eines Summers wird eine Spannung von 1,5 V und ein Strom von 750 mA benötigt. Wieviel Trockenelemente (je 1,5 V) müssen parallelgeschaltet werden, wenn jedes nur mit höchstens 0,2 A belastet werden darf?

14. Zur Stromversorgung einer VStW sind zwei Bleisammlerbatterien parallelgeschaltet. Jede Batterie besteht aus 30 Zellen mit einer Leerlaufspannung von je 2,0 V und einem inneren Widerstand von je 0,0015 Ohm.
- a) Wie groß sind Gesamt-Leerlaufspannung und innerer Gesamtwiderstand der Gruppenschaltung?
- b) Welche Klemmenspannung ergibt sich bei einer Stromentnahme von 12 Ampere?
15. Eine Gruppenschaltung besteht aus drei parallelgeschalteten Zweigen. In jedem Zweig sind 16 Elemente mit einer Leerlaufspannung von je 1,5 V in Reihe geschaltet. Der innere Widerstand eines Elements beträgt 0,4 Ohm.
- a) Welche Leerlaufspannung hat die Gruppenschaltung?
- b) Wie groß ist ihr gesamter innerer Widerstand?
- c) Welche Klemmenspannung und welcher Strom ergeben sich bei einer Belastung mit 50 Ohm?
16. Für den Betrieb einer Versuchsanordnung mit Transistoren werden 9 Volt und 0,8 Ampere benötigt. Als Stromquelle stehen Taschenlampen-Flachbatterien in genügender Stückzahl zur Verfügung. Die Batterien haben eine Leerlaufspannung von 4,5 V, einen inneren Widerstand von 0,9 Ohm und dürfen mit höchstens 300 mA belastet werden.
- a) Wie müssen die Batterien zusammengeschaltet werden, damit die Leerlaufspannung von 9 V erreicht wird und die einzelnen Taschenlampen-Flachbatterien nicht mit mehr als 300 mA belastet werden?
- b) Wie groß ist die Klemmenspannung der gesamten Batterie bei der Belastung durch die Versuchsanordnung?

3.5. Kapazität, Güteverhältnis und Wirkungsgrad galvanischer Spannungsquellen

1. Die Bleisammlerbatterie einer VStW hat eine Kapazität von 1080 Ah.
- a) Für welche Betriebszeit reicht die Kapazität der Batterie aus, wenn der Entladestrom 48 A beträgt?
- b) Wie hoch darf der Entladestrom höchstens sein, damit die zulässige Entladezeit von 10 Stunden nicht unterschritten wird?
2. Eine Trockenbatterie hat eine Kapazität von 0,4 Ah. Wie lange kann ein Transistorverstärker mit der Batterie betrieben werden, wenn er eine Stromaufnahme von 12,5 mA hat?

3. Welche Stromstärke darf einem Sammler mit einer Kapazität von 144 Amperestunden bei 10stündiger Entladung entnommen werden?
4. Ein Bleisammler wird 12 Stunden mit einer Stromstärke von 6,25 A voll aufgeladen. Bei der Entladung bis zur zulässigen Grenze gibt der Sammler 30 Stunden lang 2,2 A ab. Wie groß sind
 - a) die Kapazität und
 - b) der Amperestunden-Wirkungsgrad (Güteverhältnis) des Sammlers?
5. Die Kapazität eines Stahlsammlers wird mit 35 Amperestunden angegeben. Wie groß ist der Amperestundenwirkungsgrad, wenn der entladene Sammler nach 12 Stunden Ladung mit 3,75 A wieder voll geladen ist?
6. Wie groß ist die Gesamtkapazität, wenn zwei Batterien mit einer Kapazität von je 108 Ah parallelgeschaltet werden?
7. Die Stromaufnahme einer VStW ändert sich im Verlauf eines Tages wie folgt:

0.00 Uhr bis 6.30 Uhr	= 10 A
6.30 Uhr bis 8.00 Uhr	= 50 A
8.00 Uhr bis 10.00 Uhr	= 100 A
10.00 Uhr bis 12.30 Uhr	= 250 A
12.30 Uhr bis 15.00 Uhr	= 120 A
15.00 Uhr bis 19.00 Uhr	= 200 A
19.00 Uhr bis 21.30 Uhr	= 80 A
21.30 Uhr bis 24.00 Uhr	= 40 A

 - a) Wie groß muß die Kapazität der Batterie bemessen werden, wenn sie – voll geladen – bei Netzausfall die Stromversorgung der VStW 24 Stunden lang sicherstellen soll?
 - b) Welche Kapazität wäre erforderlich, wenn die Batterie 6 Stunden lang den Spitzenstrom liefern muß?
8. Wie groß ist der tägliche Strombedarf in Amperestunden einer VStW mit 8500 geschalteten Anschlüssen, wenn je Gespräch 0,035 Ah verbraucht und durchschnittlich von jedem Anschluß je Tag 6 Gespräche geführt werden?
 - a) Wie hoch wird der Strombedarf, wenn die VStW mit 9999 Anschlüssen voll beschaltet ist?
 - b) Welche Kapazität müßte in den beiden vorstehenden Fällen die Sammlerbatterie haben, wenn sie jeweils den halben Tagesstromverbrauch sicherstellen soll?

9. Welche Kapazität müßte die Amtsbatterie für eine VStW mit 800 Besetzungseinheiten (BE) haben, wenn sie den halben Tagesstrombedarf decken soll? Je BE werden täglich im Durchschnitt 5,5 Gespräche geführt und je Gespräch 0,035 Ah verbraucht.
10. Eine Taschenlampen-Flachbatterie 4,5 V ergibt bei einer Belastung mit 15 Ohm eine Betriebszeit von zwei Stunden und 30 Minuten.
 - a) Wie groß ist die Kapazität der Batterie?
 - b) Wie lange kann mit einer Batterie eine Glühlampe betrieben werden, deren Stromaufnahme 200 mA beträgt?
11. Eine Transistorbatterie liefert bei einer Belastung mit 60 Ohm 90 Stunden lang Strom. Die mittlere Entladespannung beträgt dabei 5,25 V.
 - a) Welche Kapazität hat die Batterie?
 - b) Wie groß ist die von ihr abgegebene elektrische Arbeit?
 - c) Was würde eine Batterie-Kilowattstunde kosten, wenn der Preis der Batterie 7,50 DM beträgt?
12. Ein Bleisammler hat eine Kapazität von 72 Ah und ein Güteverhältnis von 0,9. Mit welcher Stromstärke darf der Sammler höchstens geladen werden, wenn die Ladezeit von 10 Stunden nicht unterschritten werden darf?
13. Ein Sammler, dessen Amperestunden-Wirkungsgrad 0,89 beträgt, ist nach 35stündiger Ladung mit 20 A voll aufgeladen. Welche Kapazität hat der Sammler?
14. Das Güteverhältnis einer Sammlerbatterie beträgt 0,92. Die Batterie hat eine Kapazität von 216 Amperestunden. Wie lange muß die völlig entladene Batterie aufgeladen werden, wenn das Batterie-Ladegerät eine Stromstärke von 12 A abgibt?
15. Eine Stabbatterie 3 Volt für eine Taschenlampe liefert gemäß VDE-Prüfung 0807 bei einer Belastung mit 10 Ohm 1 Stunde und 20 Minuten lang elektrische Energie.
 - a) Wie lange kann eine Glühlampe mit 100 mA Stromaufnahme mit der Batterie betrieben werden?
 - b) Welche elektrische Arbeit kann die Batterie abgeben, wenn die mittlere Entladespannung 2,45 Volt beträgt?
 - c) Was würde eine Batterie-Kilowattstunde kosten, wenn der Preis für die Stabbatterie 0,60 DM beträgt?
16. Bei einer Sammlerbatterie mit einer Kapazität von 216 Amperestunden wird durch Messung festgestellt, daß sie bis auf $\frac{3}{4}$ ihrer Kapazität entladen ist. Der Entladestrom beträgt 12 Ampere. Für welche Zeit kann die Batterie noch Strom liefern?

3.6. Batterieladung und -entladung

1. Eine Sammlerbatterie besteht aus 12 in Reihe geschalteten Zellen, deren Leerlaufspannung je 2 Volt beträgt. Die Batterie soll aus einem 110-V-Gleichstromnetz eine Dauerladung mit 0,1 Ampere erhalten. Der innere Widerstand des 110-V-Netzes und der Batterie sollen unberücksichtigt bleiben.

- Wie groß muß der Vorwiderstand sein?
- Welcher Leistungsverlust tritt am Vorwiderstand auf?

2. Eine aus 30 in Reihe geschalteten Zellen bestehende Bleisammlerbatterie soll geladen werden. Bei der entladenen Batterie beträgt die Zellenspannung 1,8 V und der Gesamtinnenwiderstand 0,03 Ohm. Das Ladegerät hat einen Innenwiderstand von 0,05 Ohm. Die Zuleitungen haben 0,32 Ohm Widerstand. Die Leerlaufspannung des Ladegeräts beträgt 70 V.

- Wie groß ist die Ladestromstärke bei Beginn der Ladung?
- Auf welchen Wert sinkt die Ladestromstärke, wenn die Zellenspannung der Batterie auf 2,04 V gestiegen ist?
- Bis zu welcher Zellenspannung kann die Batterie maximal geladen werden?

3. In folgender Schaltung betragen die Werte für

R_1 des Netzgleichrichters	= 0,2 Ohm,
R der $\ominus$ -Leitung	= 0,15 Ohm,
R der $\oplus$ -Leitung	= 0,15 Ohm,
U_0 der Batterie	= 26 Volt
R_1 der Batterie	= 0,1 Ohm.

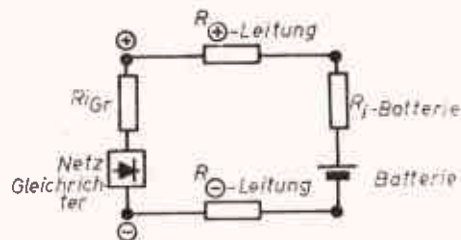


Abb. 3.5 – Batterieladung

Die Sammlerbatterie soll mit 12 Ampere geladen werden.

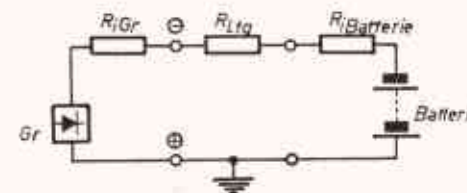
- Wie groß muß die Leerlaufspannung des Netzgleichrichters sein?

- Welche Leistung muß der Netzgleichrichter abgeben?
- Wie groß ist die Leistungsaufnahme des Netzgleichrichters, wenn sein Wirkungsgrad 70% beträgt?
- Welchen Gesamtwirkungsgrad hat die ganze Stromversorgungsanlage unter Berücksichtigung eines Wattstundenwirkungsgrads der Batterie von 78%?

4. Die Amtsbatterie einer VStW mit 30 Zellen hat einen inneren Widerstand von 0,01 Ohm und wird aus einem Netzgleichrichter geladen, dessen Leerlaufspannung 80 V und innerer Widerstand 0,25 Ohm beträgt. Die Ladeleitungen haben einen Widerstand von zusammen 0,38 Ohm.

- Wie groß ist die Ladestromstärke, wenn die Zellenspannung bei Beginn der Ladung 1,95 Volt beträgt?
- Auf welchen Wert sinkt die Ladestromstärke beim Erreichen des Gasungspunktes bei 2,4 V je Zelle?

5. In folgender Schaltung wird zur Ladung der Batterie bis zu einer Batteriespannung von 72 V ein Strom von mindestens 50 A benötigt.



$$\begin{aligned} U_{0Gr} &= 78 \text{ V} \\ R_{IGr} &= 0,045 \text{ } \Omega \\ R_{iB} &= 0,035 \text{ } \Omega \end{aligned}$$

Abb. 3.6 – Batterieladung

- Wie groß darf der Widerstand der Ladeleitung sein?
 - Wie groß müßten Querschnitt und Durchmesser der Batterieleitung aus Rundkupfer sein, wenn die Doppelleitung 28 m lang ist?
6. Die Bleisammlerbatterie einer Nebenstellenanlage besteht aus 12 Zellen mit einer Leerlaufspannung von je 2 Volt. Der innere Widerstand einer Zelle beträgt 0,015 Ohm.

- Wie groß ist die Leerlaufspannung der Batterie?
- Welchen inneren Widerstand hat die Batterie?
- Wie hoch müßte die Klemmenspannung des Netzgleichrichters sein, wenn die Batterie einen Widerstand von 0,2 Ohm hat und die Batterie mit 6 Ampere bis zu einer Zellenspannung von 2,4 Volt geladen werden soll?

7. Der Spannungsverlust auf einer 2×18 m langen Batterie-Entladeleitung darf bei einem Höchststrom von 80 Ampere 1,2 Volt betragen.
- Welchen Widerstand darf die Entladeleitung haben?
 - Welchen Querschnitt müssen die Leitungen haben, wenn sie aus Kupfer hergestellt werden sollen?
 - Wie groß muß der entsprechende Durchmesser bei rundem Leiterquerschnitt sein?
 - Welchen Durchmesser müssen die Leitungen haben, wenn sie aus Aluminium hergestellt werden sollen?
8. Wie groß müssen Querschnitt und Durchmesser einer Batterie-Leitung für eine Nebenstellenanlage bemessen werden, wenn der Spannungsabfall bei einem Höchststrom von 8 Ampere 0,6 Volt betragen darf und die Leitung eine Länge von 2×24 m hat? Die Leitung soll aus Kupfer hergestellt werden.
9. Eine VStW nimmt in der Hauptverkehrszeit 75 Ampere auf. Der Spannungsabfall auf der Batterie-Entladeleitung darf höchstens 1,2 Volt betragen.
- Welcher Querschnitt muß für die Leitung gewählt werden, wenn sie aus Kupfer hergestellt werden soll und 2×12 m lang ist?
 - Wieviele Selen-Gegenzellen mit 0,4 Volt Gegenspannung müssen eingeschaltet werden, wenn die Batterie eine Spannung von 67 Volt abgibt und am Ende der Batterie-Entladeleitung höchstens 62 Volt vorhanden sein dürfen?
10. Die Sammlerbatterie einer VStW besteht aus 30 Zellen, von denen jede eine Leerlaufspannung von 1,95 Volt und einen inneren Widerstand von 0,0001 Ohm hat. Die Verbindungen zwischen Batterie und Wählergestell sollen so ausgelegt werden, daß die Spannung am Wählergestell nicht unter 58 Volt sinken kann. Die höchste Stromaufnahme beträgt 45 Ampere.
- Wie groß sind Leerlaufspannung und innerer Widerstand der Batterie?
 - Welche Klemmenspannung ist bei der Stromentnahme von 45 Ampere noch an der Batterie vorhanden?
 - Welcher Spannungsverlust darf demnach an den Entladeleitungen auftreten?
 - Welchen Widerstand darf die gesamte Entladeleitung höchstens haben?
 - Wie groß muß der Leitungsquerschnitt aus Kupfer sein, damit der zulässige Widerstand nicht überschritten wird? Die Länge der Zuleitungen beträgt 2×12 m.

- Welchen Durchmesser müssen die Zuleitungen haben, wenn sie aus Rundkupferdraht hergestellt werden sollen?

11. Zwischen einer Sammlerbatterie (12 Zellen mit einer Leerlaufspannung von je 1,95 Volt und einem inneren Widerstand von je 0,0025 Ohm) und einer Nebenstellenanlage muß eine 15 m lange Doppelleitung verlegt werden. Bei einer höchsten Stromentnahme von 12,5 Ampere darf die Spannung auf der Batterieleitung um höchstens 0,5 Volt abfallen.
- Wie groß ist die Klemmenspannung der Batterie bei der höchsten Stromentnahme?
 - Welchen Widerstand darf die Batterieleitung haben?
 - Welchen Durchmesser muß die Batterieleitung aus Rundkupfer erhalten?

4. Das elektrische Feld

4.1. Die elektrische Feldstärke

1. Der Plattenabstand eines Kondensators beträgt $l = 0,3 \text{ mm}$. Der Kondensator ist an eine Gleichspannung von $U = 150 \text{ V}$ geschaltet. Wie groß ist die elektrische Feldstärke im Isolierstoff des Kondensators?
2. Die Oxidschicht eines Elektrolytkondensators beträgt $l = 10^{-4} \text{ mm}$, die angeschaltete Gleichspannung ist $U = 24 \text{ V}$. Wie groß ist die elektrische Feldstärke in der Oxidschicht des Elektrolytkondensators?
3. Die Durchschlagsfestigkeit für Luft beträgt $E = 15 \text{ kV/cm}$. Die Spannung zwischen zwei Schaltkontakten ist $U = 311 \text{ V}$ groß. Bei welcher Entfernung zwischen den Schaltkontakten springt der Schließungsfunkle über?
4. Berechnen Sie für nachstehend aufgeführte Kondensatoren die jeweiligen Werte der elektrischen Feldstärke.

$U \text{ V}$	120	60	550	400	311	750
$s \text{ mm}$	0,4	0,01	0,12	0,03	0,24	0,5
$E \text{ V/m}$						

5. Eine Sammelschiene für eine Spannung von $U = 15000 \text{ V}$ gegen Erde ist mit einem Isolator nach nebenstehender Zeichnung befestigt. Die Abmessungen betragen: $a = 90 \text{ mm}$, $h = 200 \text{ mm}$. Die Durchschlagsfestigkeiten sind für Luft $E_L = 1,5 \text{ kV/mm}$ und für Porzellan $E_P = 20 \text{ kV/mm}$ (Abb. 4.1).

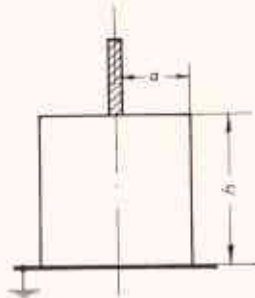


Abb. 4.1 – Isolator

- a) Wie groß ist die größte elektrische Feldstärke in der Luftstrecke zwischen der Sammelschiene und dem geerdeten Befestigungsseisen?
- b) Wie groß ist die größte elektrische Feldstärke im Porzellan-körper?
- c) Durch Blitzeinschlag erhöht sich die Spannung der Sammelschiene gegen Erde beträchtlich.

- (1) Bei welcher Spannung erfolgt ein Überschlag der Spannung zwischen der Sammelschiene und dem Befestigungsseisen durch die Luftstrecke?

- (2) Bei welcher Spannung der Sammelschiene wird der Isolator durch den Durchschlag der Spannung zwischen der Sammelschiene und dem geerdeten Befestigungsseisen zerstört?

4.2. Kapazität

1. Berechnen Sie:

- a) $C = 0,00046 \text{ F} + 200 \mu\text{F} + 34200 \text{ nF} + 6800000 \text{ pF}$ in μF ,
- b) $C = 0,0000096 \text{ F} + 12,6 \mu\text{F} + 3080 \text{ nF} + 72000 \text{ pF}$ in nF .

2. Ein Kondensator hat eine Plattenfläche von $A = 48 \text{ cm}^2$ bei einem Plattenabstand von $s = 0,65 \text{ mm}$; das Dielektrikum besteht aus Vulkanfaser. Wie groß ist die Kapazität des Kondensators?
3. Berechnen Sie von nachstehend aufgeführten Kondensatordaten die jeweiligen Kapazitätswerte.

$A \text{ cm}^2$	20	52	16	78
$s \text{ mm}$	0,6	0,08	0,2	0,12
Di- elektrikum	STEATIT	Papier	Glimmer	PVC
C				

4. Die wirksame Plattenoberfläche eines Elektrolytkondensators ist $A = 280 \text{ cm}^2$; die Metalloxidschicht des Dielektrikums ist $s = 10^{-3} \text{ mm}$.
 - a) Wie groß ist die Kapazität des Elektrolytkondensators?
 - b) Mit welcher Spannung kann der Kondensator höchstens belastet werden, wenn die Durchschlagsfestigkeit der Oxidschicht 50 kV/mm beträgt?
5. Ein Drehkondensator hat insgesamt 23 Platten mit seiner jeweils wirksamen Plattenfläche von $18,4 \text{ cm}^2$. Der Abstand zwischen den Platten ist $s = 0,6 \text{ mm}$. Wie groß ist die Kapazität des Kondensators bei voll eingedrehtem Kondensator?
6. Die Kapazität eines Wickelkondensators soll $C = 320 \text{ nF}$ betragen. Als Dielektrikum wird Papier von der Stärke $s = 0,06 \text{ mm}$ verwendet. Die Breite des Wickels beträgt $b = 4,5 \text{ cm}$. Wie lang müssen die Wickelbeläge sein?

4.3. Kapazität und Elektrizitätsmenge

- Ein Kondensator von $C = 25 \mu\text{F}$ wird an eine Gleichspannung von $U = 120 \text{ V}$ geschaltet. Wie groß ist die aufgenommene Elektrizitätsmenge?
- Berechnen Sie von nachstehend angegebenen Kapazitätswerten die jeweils aufgenommene Elektrizitätsmenge.

C	320 nF	480 pF	$12 \mu\text{F}$	800 nF
$U \text{ V}$	250	300	60	650
Q				

- Berechnen Sie von nachstehend angegebenen Spannungs- und Elektrizitätsmengen die dazugehörigen Kapazitäten.

$U \text{ V}$	220	100	60	300	9
Q	$8,8 \mu\text{As}$	1 mAs	18 nAs	24 nAs	$72 \mu\text{As}$
C					

- Ein Kondensator von $C = 4 \mu\text{F}$ nimmt bei Anschaltung an eine Gleichspannung eine Elektrizitätsmenge von $240 \mu\text{As}$ auf. Wie groß ist die Gleichspannung?

4.4. Das elektrische Potential

- Die elektrischen Potentiale des nebenstehenden Transistors betragen: $B = -0,8 \text{ V}$, $C = -6,5 \text{ V}$ und $E = 0 \text{ V}$ bezogen auf den Emitteranschluß E. Wie groß ist die elektrische Spannung zwischen den Punkten C und B?

Bei der Spannungsangabe wählen Sie die Buchstaben für den Index so, daß sie sich auf den Punkt B bezieht. Ferner soll die Spannungsangabe so vorgenommen werden, daß der Zahlenwert stets ein positives Vorzeichen erhält; das Vorzeichen für das Formelzeichen kann je nach Bedarf positiv oder negativ sein.

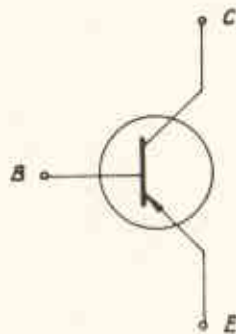


Abb. 4.2 – Transistorspannungen

- Von einer Transistorschaltung (Abb. 4.2) betragen die elektrischen Potentiale: $E = -2,1 \text{ V}$, $B = -3,04 \text{ V}$ und $C = -9,0 \text{ V}$ bezogen auf den Pluspol der Spannungsquelle, der mit dem Punkt E verbunden ist. Wie groß sind die Spannungen $-U_{CB}$ und $-U_{CE}$?
- Von mehreren Transistorschaltungen sind nachstehend die elektrischen Potentiale angegeben. Berechnen Sie die jeweiligen Spannungswerte $-U_{CB}$ und $-U_{CE}$.

E	V	0	-1,7	-2,06	-0,86	-1,24
B	V	-0,64	-2,84	-3,61	-1,99	-2,11
C	V	-7,5	-6,84	-8,9	-6,62	-9,0
$-U_{CB} \text{ V}$						
$-U_{CE} \text{ V}$						

4.5. Reihenschaltung von Kapazitäten

- Zwei Kondensatoren von $C_1 = 400 \text{ nF}$ und $C_2 = 600 \text{ nF}$ sind an eine Gleichspannung von $U = 60 \text{ V}$ hintereinandergeschaltet. Wie groß sind die Gesamtkapazität, Gesamtelektrizitätsmengen und Einzel-
elektrizitätsmengen?
- Mit Hilfe von zwei Kondensatoren soll eine Gleichspannung von $U = 60 \text{ V}$ in $U_1 = 24 \text{ V}$ und $U_2 = 36 \text{ V}$ aufgeteilt werden. Die Kapazität des einen Kondensators beträgt $C_1 = 800 \text{ nF}$. Wie groß muß der Kondensator C_2 gewählt werden?
- Drei Kondensatoren von $C_1 = 240 \text{ nF}$, $C_2 = 320 \text{ nF}$ und $C_3 = 600 \text{ nF}$ sind in Reihenschaltung an eine Spannung von $U = 60 \text{ V}$ geschaltet. Wie groß sind die Teilspannungen an den Kondensatoren?
- a) Berechnen Sie für die in nachstehender Tabelle angegebenen Reihenschaltungen die jeweiligen Werte der Gesamtelektrizitätsmenge und der Teilspannungen an den einzelnen Kondensatoren. Die angeschaltete Spannung ist für jeden Stromkreis $U = 60 \text{ V}$.
b) Machen Sie für jede Stromkreisberechnung die Rechenprobe, indem Sie die Werte der Teilspannungen zusammenzählen.

C_1	450 nF	380 pF	34 nF	16 μ F
C_2	120 nF	100 pF	16 nF	4 μ F
C_3	825 nF	290 pF	48 nF	24 μ F
Q				
U_1 V				
U_2 V				
U_3 V				

4.6. Parallelschaltung von Kapazitäten

1. Zwei Kondensatoren von $C_1 = 400$ nF und $C_2 = 600$ nF sind an eine Gleichspannung von $U = 60$ V parallelgeschaltet. Wie groß sind die Gesamtkapazität, Gesamtelektrizitätsmenge und Einzelelektrizitätsmengen?
2. Ein Kondensator von $C_1 = 240$ nF ist an eine Gleichspannung von $U = 60$ V geschaltet. Durch Hinzuschalten eines weiteren Kondensators soll die Gesamtelektrizitätsmenge auf $Q = 32$ μ As eingestellt werden. Wie muß der Zusatzkondensator hinzugeschaltet werden und welche Kapazität muß er aufweisen?
3. Drei Kondensatoren von $C_1 = 480$ nF, $C_2 = 300$ nF und $C_3 = 610$ nF sind in Parallelschaltung an eine Spannung von $U = 60$ V geschaltet. Wie groß sind die Gesamtkapazität, Gesamt- und die Einzelelektrizitätsmengen?
4. a) Berechnen Sie für die nachstehenden Parallelschaltungen die jeweiligen Werte der Gesamtelektrizitätsmenge und der Einzelelektrizitätsmengen. Die angeschaltete Spannung ist für jeden Stromkreis $U = 60$ V.
b) Machen Sie für jede Stromkreisberechnung die Rechenprobe, indem Sie die Werte der Einzelelektrizitätsmengen zusammenzählen.

C_1	350 nF	240 pF	14 nF	12 μ F
C_2	95 nF	80 pF	20 nF	4 μ F
C_3	650 nF	520 pF	12 nF	20 μ F
Q				
Q_1				
Q_2				
Q_3				

4.7. Gruppenschaltung von Kapazitäten

1. Von nebenstehender Kondensatorschaltung betragen: $C_1 = 500$ nF, $C_2 = 800$ nF und $C_3 = 280$ nF; die angeschaltete Spannung ist $U = 60$ V. Wie groß sind die einzelnen Teilspannungen der Schaltung?

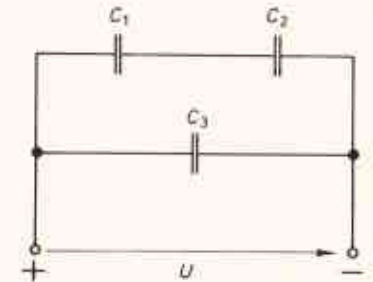


Abb. 4.3 – Kondensatorschaltung

2. Von nebenstehender Kondensatorschaltung betragen: $C_1 = 550$ nF, $C_2 = 900$ nF, $C_3 = 220$ nF, $C_4 = 640$ nF, $C_5 = 360$ nF, $C_6 = 120$ nF. Die Spannung ist $U = 60$ V.

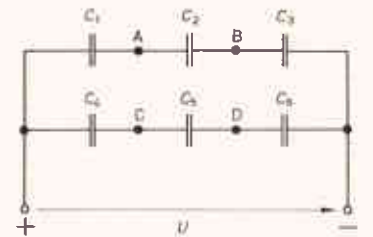


Abb. 4.4 – Kondensatorschaltung

- a) Wie groß sind die Gesamtkapazität, Gesamtelektrizitätsmenge sowie die Teilspannungen?
- b) Wie groß sind die Spannungswerte zwischen den Punkten A und C sowie B und D?

4.8. Zeitkonstante

1. Eine Kapazität von $C = 24$ μ F ist mit einem Wirkwiderstand von $R = 1200$ Ω hintereinandergeschaltet. Wie groß ist die Zeitkonstante?
2. Eine Kapazität von $C = 440$ nF ist mit einem Widerstand von $R = 2,4$ k Ω hintereinandergeschaltet. Die Reihenschaltung wird in einen Gleichstromkreis geschaltet. In welcher Zeit ist der Kondensator aufgeladen?
3. Die Reihenschaltung eines Widerstands von $R = 500$ Ω und einer Kapazität von $C = 32$ μ F wird an eine Gleichspannung von $U = 60$ V geschaltet.
 - a) Wie groß ist der Spitzenwert des Ladestroms?
 - b) In welcher Zeit ist der Ladestrom auf Null herabgesunken?

- c) Zeichnen Sie den Verlauf des Ladestroms und der Kondensatorspannung in einem Spannungs-Strom-Diagramm auf.
 $20 \text{ mA} \triangleq 1 \text{ cm}$ (blau) $10 \text{ V} \triangleq 1 \text{ cm}$ (rot)

4. Von der nebenstehenden Widerstands-Kondensator-Schaltung betragen $R = 5 \text{ k}\Omega$ und $C = 20 \mu\text{F}$. An den Eingang der Schaltung wird durch Betätigung des Wechslers ein rechteckig verlaufender Spannungsimpuls von $t = 500 \text{ ms}$ Dauer und $U = +10 \text{ V}$ angeschaltet. Berechnen und zeichnen Sie den Verlauf der Ausgangsspannung während des Spannungsimpulses.

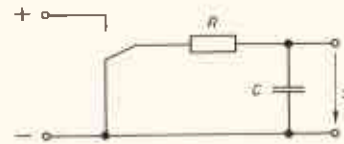


Abb. 4.5 - RC-Glied

5. Von der nebenstehenden Widerstands-Kondensator-Schaltung betragen $R = 5 \text{ k}\Omega$ und $C = 20 \mu\text{F}$. An den Eingang der Schaltung wird durch Betätigung des Wechslers ein rechteckig verlaufender Spannungsimpuls von $t = 500 \text{ ms}$ Dauer und $U = +10 \text{ V}$ geschaltet. Berechnen und zeichnen Sie den Verlauf der Ausgangsspannung während des Spannungsimpulses.

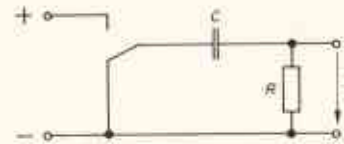


Abb. 4.6 - RC-Glied

6. Von nebenstehendem Funkenlöschkreis betragen $R = 100 \Omega$ und $C = 1 \mu\text{F}$. Die Betriebsspannung des Fernmeldenetzes ist $U = 60 \text{ V}$.

- a) Wie hoch ist die Entladestromspitze beim Einschalten des Kontakts?
 b) Wie kurz darf die Impulsschaltzeit des Kontakts höchstens sein, damit der Funkenlöschkreis noch einwandfrei arbeitet?

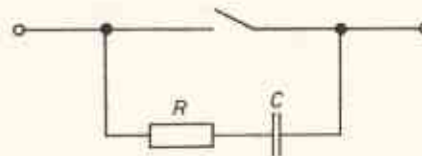


Abb. 4.7 - Funkenlöschkreis

5. Spannungserzeuger

- Wir reiben einen Hartgummistab mit einem Wolltuch. Hierdurch entsteht in dem Stab ein Elektronenüberschuß von 6,24 Millionen Elektronen gegenüber anderen elektrisch neutralen Körpern. Im Abstand von 1 cm von der Stabspitze entfernt befinden sich Papierschnitzel, auf die eine Kraft von 1 nN ausgeübt wird. Welche elektrische Spannung liegt zwischen dem Hartgummistab und den Papierschnitzeln, wenn der Elektronenüberschuß von $6,24 \cdot 10^{18}$ Elektronen einer negativen Ladung von 1 As entspricht?
- Zwischen den Belägen eines Kondensators befindet sich ein Ladungsunterschied von 240 nAs . Die Kraftwirkung, die hierdurch zwischen den Belägen verursacht wird, beträgt 48 mN bei einem Plattenabstand von $0,4 \text{ mm}$. Wie groß ist die zwischen den Belägen wirksame elektrische Spannung?
- Der von dem Nordpol eines Dauermagneten verursachte magnetische Fluß beträgt $600 \mu\text{Wb}$. Wir führen den Nordpol in den Spulenraum einer Spule derart ein, daß sich die Stärke des magnetischen Flusses im Spulenraum in $1,2 \text{ s}$ von Null auf $600 \mu\text{Wb}$ ändert. Wie groß ist die an den Spulenenden erzeugte elektrische Spannung, wenn die Spule 1800 Windungen aufweist?
- Eine Stromspule wird von einem Gleichstrom durchflossen, so daß die Stärke des magnetischen Flusses im Spulenraum $0,84 \text{ mWb}$ beträgt. Beim Öffnen des Stromkreises vermindert sich der magnetische Fluß in der Spule in $1 \mu\text{s}$ auf Null. Wie groß ist dabei die pro Windung wirksame Selbstinduktionsspannung?
- In ein mit einer stromleitenden Flüssigkeit angefülltes Gefäß tauchen wir zwei Kohlestäbe und messen zwischen den herausragenden Stabenden die elektrische Spannung. Welchen Wert zeigt der Spannungsmesser an?
- In einem Zinkgefäß befindet sich eine stromleitende Flüssigkeit. In die Flüssigkeit wird ein Kohlestab getaucht und die Spannung zwischen der Gefäßwandung und dem Kohlestab gemessen. Wie groß ist die Spannung zwischen dem Kohlestab und der Zinkwandung?
- Das Thermopaar eines Thermoelements besteht aus Kupfer und Konstantan. Wird die Verbindungsstelle des Elements auf 100°C erhitzt, dann betragen die elektrischen Potentiale an den offenen Drahtenden $U_{\text{Cu}} = +0,75 \text{ mV}$ und $U_{\text{Kon}} = -3,5 \text{ mV}$. Wie groß ist die im Thermoelement erzeugte elektrische Spannung?

8. Die bei einem Kupfer-Konstantan-Thermoelement erzeugte Spannung beträgt etwa $4,0 \text{ mV}/100^\circ\text{C}$. Mit diesem Element soll die Temperatur einer Flüssigkeit ferngemessen werden. Der angeschaltete Spannungsmesser zeigt einen Wert von $U = 8,6 \text{ mV}$ an. Wie hoch ist die Temperatur der Flüssigkeit?

6. Magnetismus und seine Größen

6.1. Die elektrische Durchflutung

1. Eine Spule von $N = 3500$ Windungen wird von einer Stromstärke von $I = 25 \text{ mA}$ durchflossen. Wie groß ist die elektrische Durchflutung?
2. Die elektrische Durchflutung beträgt $\Theta = 18 \text{ A}$. Die Windungszahl ist $N = 2000$. Von welcher Stromstärke wird die Stromspule durchflossen?
3. Berechnen Sie von nachstehenden Stromspulen die Stärke der elektrischen Durchflutung.

N	400	800	1200	900	1000	2000
$I \text{ mA}$	350	220	282	350	106	200
$\Theta \text{ A}$						

4. Berechnen Sie von nachstehenden Stromspulen die Stromstärke.

N	400	800	1200	900	1000	2000
$\Theta \text{ A}$	110	150	256	408	240	316
$I \text{ mA}$						

5. Berechnen Sie von nachstehenden Stromspulen die Windungszahl.

$\Theta \text{ A}$	110	150	256	408	240	316
$I \text{ mA}$	360	202	180	260	420	375
N						

6.2. Die magnetische Feldstärke

6.2.1. Spule mit Lufthohlraum

1. Eine Spule mit Lufthohlraum hat $N = 1200$ Windungen; die Spulenlänge ist $l = 8,4 \text{ cm}$. Die Spule wird von einer Stromstärke von $I = 40 \text{ mA}$ durchflossen. Wie groß ist die magnetische Feldstärke?

2. Die Länge der Spule eines Fernmelderelais beträgt $l = 6$ cm, die Windungszahl ist $N = 1200$. Die magnetische Durchflutung der Spule soll $\Theta = 6,6$ A betragen.

- Welchen Wert muß die Betriebsstromstärke haben?
- Wie groß ist die magnetische Feldstärke der Stromspule ohne Eisenkern?

3. Berechnen Sie von nachstehenden Stromspulen die Windungszahlen.

H A/m	1200	4800	3000	9800	6000	12000
l cm	10	6,5	8,4	4,2	6,0	9,0
I mA	24	48	120	20	200	800
N						

4. Berechnen Sie von nachstehenden Stromspulen die erforderlichen Stromstärken.

H A/m	12000	2400	3600	4800	6000	7200
l cm	6	6	6	6	6	6
N	400	800	600	1000	900	850
I mA						

6.2.2. Spule mit unterbrochenem Kern

- Von einem Fernmelderelais betragen die Windungszahl $N = 800$ und der Luftspalt zwischen dem Kern und dem Anker $s = 1,2$ mm. Die Erregerwicklung wird von einem Strom von $I = 540$ mA durchflossen. Wie groß ist die magnetische Feldstärke im Luftspalt?
- Für die Betätigung eines Fernmelderelais ist eine Luftspaltfeldstärke von $H = 240$ kA/m erforderlich. Die Windungszahl des Relais ist $N = 2000$ und die Luftspatlänge beträgt $s = 2,0$ mm. Auf welchen Wert muß der Erregerstrom eingestellt werden?
- Berechnen Sie für die nachstehenden Relaiswicklungen die magnetische Feldstärke im Luftspalt.

N	600	800	1000	1200	900	2000
s mm	1,3	1,8	1,2	1,4	2,1	1,2
I mA	400	400	300	250	350	80
H kA/m						

4. Die Trennblechstärke eines Fernmelderelais ist $s_1 = 0,65$ mm. Der Abstand zwischen dem Kern und dem Anker beträgt einschließlich der Trennblechstärke $s_2 = 2,1$ mm. Die Windungszahl der Spule ist $N = 800$. Die Erregerwicklung wird von $I = 440$ mA durchflossen.

- Wie groß ist die magnetische Feldstärke im Luftspalt bei abgefallenem Anker?
- Wie groß ist die magnetische Feldstärke im Trennblech bei angezogenem Anker?

6.2.3. Spule mit geschlossenem Kern

1. Ein Spulenkern hat folgende Abmessungen:

$a = 40$ mm, $b = 50$ mm, $s = 8$ mm. Wie groß ist die mittlere Feldlinienlänge des Kerns?

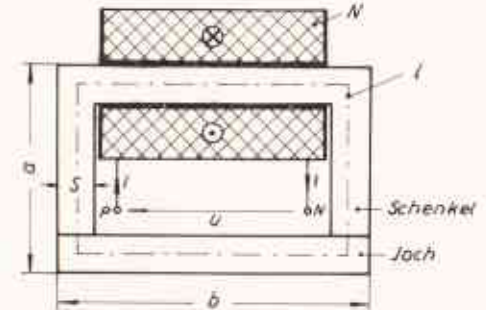


Abb. 6.1 – Spule mit geschlossenem Kern

2. Berechnen Sie von nachstehend aufgeführten Stromspulen mit geschlossenem Eisenkern die mittlere Feldlinienlänge und die magnetische Feldstärke.

a mm	60	30	45	80	24	50
b mm	40	20	25	60	24	30
s mm	10	6	8	12	5	7
N	1200	800	1000	2000	3500	600
I mA	40	120	33	12	8,6	240
l cm						
H A/m						

3. Die mittlere Feldlinienlänge eines Relais ohne Trennblech beträgt bei angezogenem Anker $l = 12,8$ cm. Die Windungszahl ist $N = 1200$. Die Wicklung wird von einem Strom von $I = 60$ mA durchflossen. Wie groß ist die magnetische Feldstärke im Eisenkern?

4. Die magnetische Feldstärke eines Fernmelderelais mit angezogenem Anker ohne Trennblech soll $H = 1,2 \text{ kA/m}$ betragen. Die Windungszahl ist $N = 900$ und die mittlere Feldlinienlänge im Anker und Kern beträgt $l = 11,4 \text{ cm}$. Auf welchen Wert muß die Haltestromstärke des Relais eingestellt werden?

6.3. Die magnetische Flußdichte

6.3.1. Spule mit Lufthohlraum

Berechnen Sie:

- $B = 5100 \text{ nT} + 3,2 \mu\text{T} + 0,76 \text{ mT} + 0,0069 \text{ T}$ in mT,
 - $B = 420 \text{ nT} + 2,03 \mu\text{T} + 0,0012 \text{ mT} + 0,0001056 \text{ T}$ in μT .
- Die magnetische Feldstärke einer Stromspule mit Lufthohlraum beträgt $H = 2,0 \text{ kA/m}$. Wie groß ist die magnetische Flußdichte?
- Eine Stromspule von $N = 800$ Windungen wird von einer Stromstärke von $I = 3,5 \text{ A}$ durchflossen. Die Spulenlänge beträgt $l = 8 \text{ cm}$.
 - Wie groß ist die magnetische Feldstärke der Stromspule ohne Eisenkern?
 - Wie groß ist die magnetische Flußdichte im Spulenraum der Stromspule ohne Eisenkern?
- Berechnen Sie von folgenden Stromspulen mit Lufthohlraum die magnetische Feldstärke und die magnetische Flußdichte.

N	400	600	800	1000	1200	1500
$I \text{ mA}$	300	250	180	95	105	64
$l \text{ cm}$	8	6	7	5,5	6,8	7,5
H						
$B \text{ mT}$						

5. Berechnen Sie von folgenden Stromspulen mit Lufthohlraum die erforderliche Stromstärke.

$B \text{ mT}$	5,0	2,6	3,1	4,2	1,8	2,3
N	400	800	1200	600	900	1000
$l \text{ cm}$	8	7	7,5	6	5,5	6,4
$I \text{ mA}$						

6.3.2. Spule mit unterbrochenem Kern

- Die magnetische Feldstärke einer Stromspule mit unterbrochenem Kern beträgt $H = 2,4 \text{ kA/m}$. Wie groß ist die magnetische Flußdichte?
- Die Luftspaltlänge einer Stromspule mit unterbrochenem Kern beträgt $s = 1,8 \text{ mm}$; die Windungszahl ist $N = 1500$ und die Stromstärke beträgt $I = 350 \text{ mA}$. Wie groß ist die magnetische Flußdichte der Spule?
- Die magnetische Flußdichte im Luftspalt einer Stromspule mit unterbrochenem Kern soll $B = 200 \text{ mT}$ betragen. Die Luftspaltlänge wird gemessen zu $s = 3,0 \text{ mm}$; die Windungszahl der Spule ist $N = 800$. Auf welchen Wert muß die Stromstärke eingestellt werden, wenn der magnetische Widerstand des Kerns vernachlässigt wird?
- Ein Flachrelais hat $N = 800$ Windungen. Bei abgefallenem Anker ist der Luftspalt $s = 1,1 \text{ mm}$ groß; hinzu kommt die Trennblechstärke von $0,8 \text{ mm}$. Die Erregerstromstärke ist $I = 240 \text{ mA}$. Wie groß sind die Werte der magnetischen Flußdichte bei angezogenem und abgefallenem Anker, wenn der Eisenweg vernachlässigt wird?

6.3.3. Spule mit geschlossenem Kern

- Die magnetische Feldstärke einer Stromspule mit geschlossenem Stahlgußkern beträgt $H = 0,7 \text{ kA/m}$. Wie groß ist die magnetische Flußdichte?
- Bestimmen Sie anhand der Magnetisierungskurven von folgenden Stromspulen die Werte der magnetischen Flußdichte.

Kern	Stahlguß	Dynamoblech	legiertes Blech	Grauguß
$H \text{ kA/m}$	0,8	1,2	0,2	1,4
B				

3. Bestimmen Sie anhand der Magnetisierungskurven von folgenden Stromspulen die Werte der erforderlichen magnetischen Feldstärken.

Kern	Stahlguß	Dynamoblech	legiertes Blech	Grauguß
$B \text{ T}$	0,6	1,2	1,4	0,5
H				

4. Eine Spule ist um einen geschlossenen Stahlgußkern gewickelt. Sie hat $N = 200$ Windungen; die Stromstärke in der Stromspule beträgt $I = 100 \text{ mA}$. Der rechteckige Kern hat folgende Außenmaße: Höhe 40 mm , Breite 30 mm , Schenkelstärke 10 mm . Wie groß ist die magnetische Flußdichte im Kern?

5. Ein Flachrelais hat $N = 1000$ Windungen. Bei abgefallenem Anker ist der Luftspalt $s = 1,5$ mm groß; das Trennblech fehlt. Kern und Anker bestehen aus Stahlguß; die mittlere Feldlinienlänge bei geschlossenem Relaiskern beträgt $l = 12$ cm. Bei offenem Relaiskern wird der Eisenweg vernachlässigt. Die Erregerstromstärke ist $I = 120$ mA. Wie groß sind die Werte der magnetischen Flußdichte bei angezogenem und abgefallenem Relaisanker?

6.4. Permeabilitätszahl

1. Bestimmen Sie anhand der Magnetisierungskurve für Stahlguß für die nachstehend aufgeführten Werte der magnetischen Flußdichte die Werte der dazugehörigen magnetischen Feldstärke und errechnen Sie daraus die entsprechenden Werte für die Permeabilitätszahlen.

B T	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
H A/m										
μ_r 1										

2. Eine Stromspule mit geschlossenem Eisenkern hat $N = 800$ Windungen; die Stromstärke beträgt $I = 95$ mA. Der rechteckige Stahlgußkern hat folgende Außenmaße: Höhe 45 mm, Breite 50 mm, Schenkelstärke 8 mm.

- a) Wie groß ist die magnetische Flußdichte im Kern?
b) Wie groß ist die Permeabilitätszahl des Kerns?

3. Bestimmen Sie von folgenden Stromspulen mit geschlossenen Stahlgußkernen die magnetische Feldstärke, Flußdichte und die Permeabilitätszahl.

N	400	600	800	1000	1200	1500
I mA	300	250	180	95	105	64
h mm	40	35	50	45	40	30
b mm	60	50	50	55	60	40
s mm	8	7	10	9	10	6
H A/m						
B T						
μ_r						

4. Von einer Stromspule mit geschlossenem Stahlgußkern betragen die Windungszahl $N = 800$ und die mittlere Feldlinienlänge $l = 18$ cm. Bestimmen Sie für die nachstehend angegebenen Stromstärken die magnetische Feldstärke, magnetische Flußdichte und die Permeabilitätszahl des Kerns.

I mA	50	100	150	250	300	350	400
H A/m							
B T							
μ_r 1							

5. In dem Eisenkern einer Stromspule beträgt die magnetische Flußdichte $B = 1,4$ T bei der magnetischen Feldstärke von $H = 11,5$ A/cm.
a) Wie groß ist die Permeabilitätszahl des Eisenkerns?
b) Aus welchem Material besteht der Eisenkern?
6. Bestimmen Sie aus der Magnetisierungskurve für Dynamoblech die Werte der magnetischen Flußdichte und der Permeabilitätszahl für nachfolgende magnetischen Feldstärken.

H A/m	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
B T										
μ_r 1										

Tragen Sie die Werte für die Permeabilitätszahl in ein Diagramm ein.
Waagerechte Achse: magnetische Feldstärke 400 A/m $\triangleq$ 3 cm.
Senkrechte Achse: Permeabilitätszahl 1000 $\triangleq$ 5 cm.

6.5. Der magnetische Fluß

1. Berechnen Sie:

- a) $\Phi = 4200 \text{ nWb} + 2,6 \mu\text{Wb} + 0,91 \text{ mWb} + 0,00248 \text{ Wb}$ in mWb,
b) $\Phi = 300 \text{ nWb} + 1,1 \mu\text{Wb} + 0,064 \text{ mWb} + 0,000089 \text{ Wb}$ in μWb .

2. Ein Spulenkern ist aus Dynamoblechen von 0,35 mm Stärke zusammengesetzt. Es liegen 24 Bleche voneinander isoliert übereinander. Die Außenmaße des Kernquerschnitts betragen 1,2 cm $\times$ 1,2 cm.
a) Wieviel Prozent des Kernquerschnitts bestehen aus ferromagnetischem Werkstoff?
b) Wie groß ist der Eisenfüllfaktor des Kerns?

- Der Kernquerschnitt eines Flachrelais beträgt $1,0 \text{ cm} \cdot 0,5 \text{ cm}$; die magnetische Flußdichte ist $B = 220 \text{ mT}$. Wie groß ist der magnetische Fluß?
- Der magnetische Fluß im Kern einer Stromspule beträgt $\Phi = 6,4 \mu\text{Wb}$. Der Kernquerschnitt ist $0,8 \cdot 0,8 \text{ cm}$. Wie groß ist die magnetische Flußdichte?
- Berechnen Sie von folgenden Stromspulen die Stärke des magnetischen Flusses.

$B \text{ mT}$	400	250	130	280	510	390	600
$A \text{ cm}^2$	1,0	0,81	0,64	0,72	1,1	0,8	1,3
$\Phi \mu\text{Wb}$							

- Berechnen Sie von folgenden Stromspulen die Stärke der magnetischen Flußdichte.

$\Phi \mu\text{Wb}$	50	60	100	35	80	110	210
$A \text{ cm}^2$	1,1	0,64	0,81	1,21	0,9	1,4	1,3
$B \text{ mT}$							

- Von nebenstehender Stromspule mit quadratischem Eisenkern aus Dynamoblech betragen $N = 3200$ Windungen und $I = 60 \text{ mA}$. Die Abmessungen des Eisenkerns sind:
 $a = 40 \text{ mm}$,
 $b = 60 \text{ mm}$ und
 $s = 8 \text{ mm}$, der Eisenfüllfaktor ist 0,90. Wie stark ist der magnetische Fluß im Eisenkern?

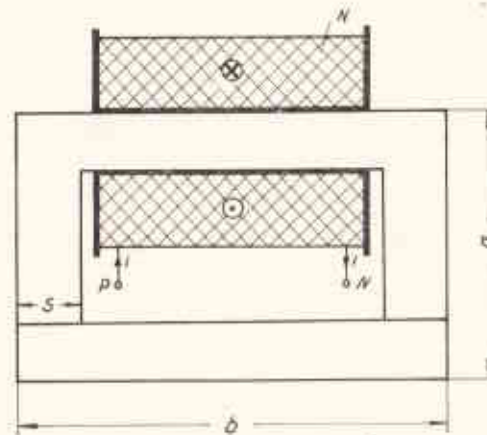


Abb. 6.2 – Spule mit geschlossenem Kern

7. Die Wirkungen des Magnetismus

7.1. Kraftwirkung im Magnetfeld

- Bei einem Fernmelderelais ohne Trennblech beträgt die magnetische Flußdichte $B = 230 \text{ mT}$; der Kernquerschnitt ist $A = 0,8 \text{ cm}^2$. Mit welcher Kraft wird der Relaisanker festgehalten?
- Ein Fernmelderelais hat einen Kernquerschnitt von $A = 1,15 \text{ cm}^2$. Der Anker wird von dem Eisenkern ohne Trennblech mit einer Kraft von $F = 1,96 \text{ N}$ festgehalten. Wie stark sind die magnetische Flußdichte und der magnetische Fluß im Relaiskern?
- Der magnetische Fluß eines Elektro-Hufeisenmagneten beträgt $\Phi = 2,8 \text{ mWb}$, die magnetische Induktion ist $B = 1,4 \text{ T}$. Die Streuverluste werden vernachlässigt. Mit welcher Kraft wird das Joch von den Schenkeln des Hufeisenmagneten festgehalten?
- Ein Fernmelderelais hat einen Kernquerschnitt von $A = 1,2 \text{ cm}^2$. Die Stärke des magnetischen Flusses beträgt $\Phi = 21 \mu\text{Wb}$. Die Streuverluste werden auf 20 % geschätzt. Mit welcher Kraft wird der Anker von dem Kern des Fernmelderelais ohne Trennblech festgehalten?
- Ein Hufeisenmagnet hat eine Anzugskraft von $F = 1,08 \text{ kN}$. Die magnetische Induktion im Eisenkern beträgt $B = 1,08 \text{ T}$. Die Streuverluste werden vernachlässigt. Wie groß ist die Kantenlänge des quadratischen Schenkelquerschnitts?
- Von mehreren Fernmelderelais sind nachstehend die Anzugskräfte, die Kernquerschnitte und die geschätzten Streuverlustfaktoren aufgeführt. Berechnen Sie die jeweilig erforderliche magnetische Flußdichte.

$F \text{ N}$	1,18	1,77	2,35	2,94	1,72	1,96
$A \text{ cm}^2$	0,8	0,9	1,0	0,8	0,64	1,1
p	0,8	0,75	0,82	0,8	0,78	0,7
$B \text{ mT}$						

- Von mehreren Flachrelais sind nachstehend die Windungszahlen, Kernquerschnitte, Luftspatllängen bei abgefallenem Anker und die Erregerstromstärken angegeben. Der magnetische Widerstand des Eisenkerns und die Streuverluste werden vernachlässigt. Berechnen Sie für jedes Flachrelais die magnetische Feldstärke, die magnetische Flußdichte, den magnetischen Fluß sowie die Anzugskraft, mit der der Anker angezogen wird.

N	800	1200	600	900	2000
A cm ²	0,81	0,9	1,1	0,75	1,0
s mm	1,2	1,7	1,3	1,1	1,8
I mA	600	400	750	380	180
H $\frac{\text{kA}}{\text{m}}$					
B mT					
Φ μWb					
F N					

8. Es ist ein Elektromagnet von nebenstehenden Abmessungen zu berechnen. Das Joch soll mit einer Kraft von $F = 196 \text{ N}$ festgehalten werden. Die Streuverluste werden auf 20 % geschätzt. Die Stromstärke in der Stromspule soll 100 mA nicht übersteigen. Der Außendurchmesser des lackisierten Kupferdrahtes beträgt $d = 0,8 \text{ mm}$.

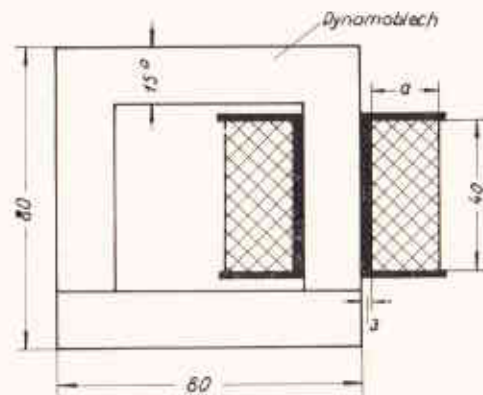


Abb. 7.1 – Elektromagnet

- Wie groß ist die magnetische Flußdichte im Eisenkern?
- Wie groß ist die magnetische Feldstärke der Stromspule mit geschlossenem Eisenkern?
- Welche Windungszahl muß die Spule aufweisen?
- Wieviel Windungen liegen senkrecht übereinander und wieviel Lagen liegen waagerecht übereinander?
- Wie groß ist der Querschnitt des benötigten Wickelraums?
- Wieviel m Kupferdraht werden für die Herstellung der Spule benötigt?

7.2. Generatorspannung

- Durch ein magnetisches Feld von $B = 0,8 \text{ T}$ wird ein Leiter mit einer Geschwindigkeit von $v = 6,5 \text{ m/s}$ rechtwinklig zur Feldlinienrichtung bewegt. Die für die Spannungserzeugung wirksame Leiterlänge beträgt $l = 64 \text{ cm}$. Wie groß ist die in dem Leiter erzeugte Leerlaufspannung?
- Nachstehend sind von mehreren Generatoren die Stärken der magnetischen Flußdichte, die wirksamen Leiterlängen und die Bewegungsgeschwindigkeiten angegeben. Wie groß ist die jeweilig erzeugte Leerlaufspannung?

B T	0,5	0,8	1,0	1,2	1,3
l cm	100	150	60	90	110
v m/s	12	36	84	54	300
U_0 V					

- Durch ein Magnetfeld von $B = 1,2 \text{ T}$ wird ein Leiter mit einer Geschwindigkeit von $v = 10 \text{ m/s}$ rechtwinklig zur Feldlinienrichtung bewegt. Die Länge des im Magnetfeld befindlichen Leiters beträgt $l = 25 \text{ cm}$, die Anzahl der Windungen ist $N = 200$. Wie groß ist die in der Spule erzeugte Leerlaufspannung?
- Ein Leiter von $l = 120 \text{ cm}$ wird mit einer Geschwindigkeit von $v = 9 \text{ m/s}$ durch ein Magnetfeld bewegt. Die dabei erzeugte Leerlaufspannung beträgt $U_0 = 15 \text{ V}$. Wie stark ist die magnetische Flußdichte des Magnetfeldes?
- Nachstehend sind von mehreren Generatoren die im Magnetfeld befindlichen Leiterlängen, die Windungszahlen, die Bewegungsgeschwindigkeiten und die erzeugten Leerlaufspannungen angegeben. Wie groß sind die jeweiligen Werte der magnetischen Flußdichte?

l cm	24	36	18	30	20
N	12	22	30	18	24
v m/s	8	12	15,7	12,6	9,4
U_0 V	24	120	60	48	57
B					

6. Der Anker eines Wechselstromgenerators hat $N = 20$ Windungen und einen mittleren Windungsdurchmesser von $d = 150$ mm. Die Polbreite der Magnetpole beträgt $b = 200$ mm. Die magnetische Flußdichte ist $B = 0,8$ T stark. Der Anker macht $n = 1500$ Umdrehungen pro Minute (Abb. 7.2). Wie groß ist der Höchstwert der erzeugten Wechselspannung?

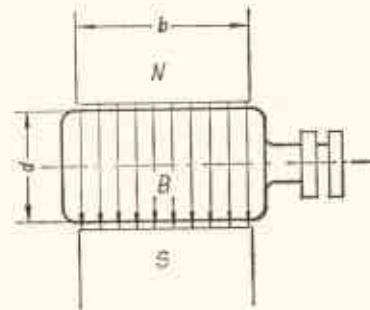


Abb. 7.2 – Wechselstromgenerator

7. Mit einem zweipoligen Wechselstromgenerator soll eine Wechselspannung mit der Frequenz von $f = 50$ Hz erzeugt werden. Die für die Spannungserzeugung wirksame Leiterlänge beträgt $l = 60$ cm. Der mittlere Windungsdurchmesser ist $d = 12$ cm groß und die Windungszahl beträgt $N = 60$. Die magnetische Flußdichte zwischen den Magnetpolen ist $B = 0,55$ T.
- Wie groß ist die Umfangsgeschwindigkeit der Leiterschleife?
 - Wie groß ist der Höchstwert der erzeugten Wechselspannung?
8. Mit einem vierpoligen Wechselstromgenerator soll eine Wechselspannung von der Frequenz $f = 50$ Hz erzeugt werden. Der Höchstwert der erzeugten Wechselspannung soll $U_{\text{max}} = 156$ V betragen. Die für die Spannungserzeugung wirksame Leiterlänge ist $l = 60$ cm, der mittlere Windungsdurchmesser ist $d = 18$ cm und die Windungszahl beträgt $N = 60$ Windungen.
- Wie groß ist die Umdrehungszahl des Wechselstromgenerators?
 - Wie groß ist die Umfangsgeschwindigkeit der Ankerspule?
 - Wie stark muß die magnetische Flußdichte zwischen den Magnetpolen sein?
9. Mit einer Leiterschleife soll eine Wechselspannung erzeugt werden. Der mittlere Windungsdurchmesser der Leiterschleife beträgt $d = 30$ cm bei einer Windungszahl von $N = 12$ Windungen. Die Breite der Magnetpole ist $b = 50$ cm, ihre Stärke ist $a = 25$ cm. Die Stärke der magnetischen Flußdichte zwischen den Magnetpolen ist $B = 1$ T.
- Zeichnen Sie den zweipoligen Wechselstromgenerator in Vorderansicht und Seitenansicht im Maßstab 1 : 10.
 - Wie groß muß die Umdrehungszahl der Leiterschleife pro Sekunde sein, damit eine Wechselspannung von $f = 50$ Hz erzeugt wird?

- Wie groß ist die Umfangsgeschwindigkeit der Leiterschleife in cm/s?
- Wie groß ist der Höchstwert der erzeugten Wechselspannung?
- Wie groß ist der Effektivwert der erzeugten Wechselspannung?
- Wie groß sind die Augenblickswerte der erzeugten Wechselspannung bei den Leiterschleifenstellungen von 30° , 45° und 60° ?
- Zeichnen Sie für die erzeugte sinusförmige Wechselspannung das Zeigerdiagramm und das Liniendiagramm.

Maßstab: Waagrecht: $a \quad 45^\circ \triangle 15$ mm und
 $l \quad 0,01$ s $\triangle 60$ mm.
 Senkrecht: $u \quad 20$ V $\triangle 1$ mm (rot).

10. Berechnen Sie nach den Abmessungen nachstehend aufgeführter Wechselstromgeneratoren die Größe der erzeugten Leerlaufspannung. p = Anzahl der Polpaare.

d_m cm	12	18	24	30	16	22
l cm	18	24	32	44	28	30
N	15	20	18	24	25	14
p	1	1	2	2	1	3
B T	0,6	0,8	1,0	0,48	1,2	0,96
f Hz	50	50	50	50	50	50
U_0 V						

11. Die wirksame Leiterlänge der Feldwicklung eines Kurbelinduktors ist pro Windung 12,4 cm lang; die Windungszahl ist $N = 10$ Windungen. Die magnetische Flußdichte zwischen den Magnetpolen ist $B = 480$ mT. Mit Hilfe der Kurbel wird die Ankerwicklung mit $v = 1,8$ m/s durch das Magnetfeld bewegt. Der mittlere Windungsdurchmesser der Ankerwicklung ist $d_m = 5,6$ cm.
- Wie groß ist die erzeugte Leerlaufspannung?
 - Wie groß ist die Frequenz der erzeugten Leerlaufspannung?
 - Wie groß ist die Umdrehungszahl der Handkurbel, wenn das Übersetzungsverhältnis der Umdrehungszahlen des Ankers zur Handkurbel 7 : 1 beträgt?

7.3. Transformationsspannung

- Der Höchstwert der magnetischen Flußdichte eines Transformators beträgt $B = 0,9 \text{ T}$; der Eisenquerschnitt ist $A = 1,2 \text{ cm} \times 1,2 \text{ cm}$. Auf der Sekundärseite befinden sich 400 Windungen. Die Netzfrequenz ist $f = 50 \text{ Hz}$. Wie groß ist die erzeugte Sekundärspannung?
- Ein Netztransformator hat auf der Primärseite $N_1 = 8000$ Windungen und auf der Sekundärseite $N_2 = 240$ Windungen. Der Eisenkern hat die Abmessungen $9 \text{ mm} \times 9 \text{ mm}$. Die magnetische Flußdichte im Kern soll höchstens $B = 1,2 \text{ T}$ betragen. Die Netzfrequenz ist $f = 50 \text{ Hz}$.
 - An welchen Spannungshöchstwert kann der Transformator primärseitig höchstens geschaltet werden?
 - Wie groß ist der Höchstwert der Sekundärspannung?
 - Wie groß sind die Effektivwerte von Primär- und Sekundärspannung?
 - Errechnen Sie von diesem Transformator das Spannungsverhältnis Primär- zur Sekundärseite sowie das entsprechende Windungszahlenverhältnis.
- Wie groß sind von den nachstehend aufgeführten Transformatoren die jeweiligen Werte der Primär- und Sekundärspannung?

$B_{\max} \text{ T}$	0,8	1,0	1,2	0,75	0,64	1,4
$A \text{ cm}^2$	1,21	1,44	0,95	0,64	0,9	1,56
$f \text{ Hz}$	50	50	50	50	50	50
N_1	2000	1500	2400	5600	6800	7500
N_2	500	120	800	450	300	250
$U_1 \text{ V}$						
$U_2 \text{ V}$						

- Von mehreren Transformatoren sind nachstehend die erforderlichen Primär- und Sekundärspannungen angegeben. Wie groß müssen die jeweiligen Primär- und Sekundärwindungszahlen bemessen werden?

$f \text{ Hz}$	50	50	50	50	25	25	25
$A \text{ cm}^2$	1,4	1,2	1,1	1,81	1,41	1,0	0,78
$B_{\max} \text{ T}$	0,8	1,1	0,9	1,2	0,86	1,0	1,25
$U_1 \text{ V}$	220	220	220	110	110	60	60
$U_2 \text{ V}$	24	12	6	12	6	6	4
N_1							
N_2							

7.4. Induktivität

7.4.1. Spule mit Lufthohlraum

- Eine Spule mit Lufthohlraum hat $N = 1200$ Windungen; die Spulenlänge ist $l = 4,5 \text{ cm}$. Der Querschnitt des Spulenraums ist $A = 0,64 \text{ cm}^2$. Wie groß ist die Induktivität der Spule?
- Berechnen Sie von nachstehenden Spulen mit Lufthohlraum die Induktivitäten.

N	800	1400	1800	900	1200
$l \text{ cm}$	5,2	8,0	6,4	5,6	6,0
$A \text{ cm}^2$	0,81	1,0	0,49	1,1	0,95
L					

7.4.2. Spule mit unterbrochenem Kern

- Die Windungszahl einer Spule mit unterbrochenem Kern hat $N = 1200$ Windungen. Die Länge des Luftspalts beträgt $s = 4,2 \text{ mm}$; der Eisenweg des Kerns wird vernachlässigt. Der Kernquerschnitt hat die Abmessungen $A = 1,0 \text{ cm} \cdot 1,2 \text{ cm}$. Wie groß ist die Induktivität der Spule?
- Berechnen Sie von nachstehenden Spulen mit unterbrochenem Kern die Induktivitäten.

N	800	1200	1600	2000	2400	3000
$s \text{ mm}$	0,8	1,2	1,0	0,6	2,0	1,1
$A \text{ cm}^2$	0,49	1,21	1,0	0,64	0,84	0,60
L						

7.4.3. Spule mit geschlossenem Kern

1. Eine Spule mit geschlossenem Kern hat $N = 1200$ Windungen, der wirksame Kernquerschnitt ist $A = 0,64 \text{ cm}^2$, die mittlere Feldlinienlänge im Kern ist $l = 8,6 \text{ cm}$. Bei der Belastung der Spule mit der Betriebsstromstärke wird die Permeabilitätszahl auf $\mu_r = 500$ geschätzt. Wie groß ist die Induktivität der Spule?
2. Eine Spule mit geschlossenem Eisenkern hat eine Induktivität von $L = 2,54 \text{ H}$. Die mittlere Feldlinienlänge ist $l = 28 \text{ cm}$; der Eisenquerschnitt ist $A = 1,69 \text{ cm}^2$. Die Windungszahl ist $N = 880$. Wie groß ist die Permeabilitätszahl des Kerns?

7.5. Zeitkonstante

1. Eine Spule hat einen Drahtwiderstand von $R = 12 \Omega$ und eine Induktivität von $L = 600 \text{ mH}$. Wie groß ist die Zeitkonstante der Spule?
2. Eine Spule hat einen Drahtwiderstand von $R = 48 \Omega$ und eine Induktivität von $L = 1,83 \text{ H}$. Die Spule wird in einem Gleichstromkreis eingeschaltet. In welcher Zeit hat der Strom seinen Höchstwert erreicht?
3. Eine Spule von $R = 120 \Omega$ und $L = 1,41 \text{ H}$ ist mit einem Widerstand von $R = 1,4 \text{ k}\Omega$ hintereinandergeschaltet. Die Reihenschaltung wird in einem Gleichstromkreis eingeschaltet. In welcher Zeit hat der Strom seinen Höchstwert erreicht?
4. Eine Spule mit einem Drahtwiderstand von $R = 100 \Omega$ und einer Induktivität von $L = 5,6 \text{ H}$ wird an einen Stromkreis von $U = 60 \text{ V}$ geschaltet.
 - a) Wie groß ist der Höchstwert der Stromstärke?
 - b) In welcher Zeit wird der Höchstwert erreicht?
 - c) Stellen Sie den Stromanstieg in einem Strom-Zeit-Diagramm dar; $100 \text{ mA} \triangleq 1 \text{ cm}$, $56 \text{ ms} \triangleq 1 \text{ cm}$.

7.6. Reihenschaltung von Induktivitäten

1. Zwei Induktivitäten von $L_1 = 1,25 \text{ H}$ und $L_2 = 0,87 \text{ H}$ sind hintereinandergeschaltet. Wie groß ist die Gesamtinduktivität?
2. Die Gesamtinduktivität von zwei hintereinandergeschalteten Induktivitäten beträgt $L = 0,96 \text{ H}$. Die eine Einzelinduktivität ist $L_1 = 520 \text{ mH}$ groß. Wie groß ist die Einzelinduktivität L_2 ?
3. Vier gleich große Induktivitäten von jeweils 44 mH sind hintereinandergeschaltet. Wie groß ist die Gesamtinduktivität?

7.7. Parallelschaltung von Induktivitäten

1. Drei Induktivitäten von $L_1 = 0,44 \text{ H}$, $L_2 = 156 \text{ mH}$ und $L_3 = 85 \text{ mH}$ sind parallelgeschaltet. Wie groß ist die Gesamtinduktivität?
2. Die Gesamtinduktivität einer Parallelschaltung von zwei Einzelinduktivitäten beträgt $L = 13 \text{ mH}$. Die eine Einzelinduktivität ist $L_1 = 64 \text{ mH}$ groß. Wie groß ist die Einzelinduktivität L_2 ?
3. Zu einer Induktivität von $1,2 \text{ H}$ soll eine zweite Induktivität derart hinzugeschaltet werden, daß sich eine Gesamtinduktivität von 840 mH ergibt. Wie ist die zusätzliche Induktivität zu schalten und welche Größe muß sie aufweisen?

7.8. Gruppenschaltung von Induktivitäten

1. Zwei Induktivitäten von $L_1 = 300 \text{ mH}$ und $L_2 = 600$ sind parallelgeschaltet. Zu dieser Parallelschaltung wird eine dritte Induktivität von $L_3 = 1,12 \text{ H}$ in Reihe geschaltet. Wie groß ist die Gesamtinduktivität?
2. Drei Induktivitäten von $L_1 = 40 \text{ mH}$, $L_2 = 80 \text{ mH}$ und $L_3 = 120 \text{ mH}$ sind parallelgeschaltet. Hierzu wird eine weitere Parallelschaltung von zwei Induktivitäten in Reihe geschaltet, deren Induktivitätswerte $L_4 = 56 \text{ mH}$ und $L_5 = 72 \text{ mH}$ betragen. Wie groß ist die Gesamtinduktivität?
3. Bei der Schaltung nach Abb. 7.3 betragen:

	L_1 mH	L_2 mH	L_3 mH
a)	300	800	600
b)	900	200	500
c)	800	300	600

Wie groß sind die jeweiligen Werte der Gesamtinduktivität?

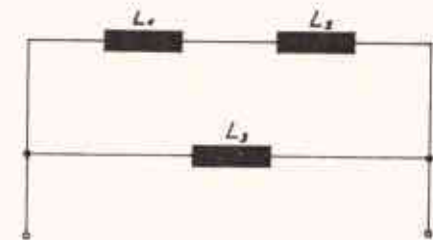


Abb. 7.3 – Spulenschaltung

8. Grundlagen der Wechselstromlehre

8.1. Wechselstromgrößen

8.1.1. Polpaarzahl und Frequenz

- Ein Wechselstromgenerator hat $p = 2$ Polpaare; die Umdrehungszahl ist $n = 1500$ pro Minute. Wie hoch ist die Frequenz der damit erzeugten Wechselspannung?
- Mit einem achtpoligen Wechselstromgenerator soll eine Wechselspannung von $f = 50$ Hz erzeugt werden. Welche Umdrehungszahl pro Minute muß der Wechselstromgenerator haben?
- Ein Wechselstromgenerator macht 750 Umdrehungen pro Minute. Mit dem Wechselstromgenerator soll eine Wechselspannung von $f = 50$ Hz erzeugt werden. Wieviel Pole und wieviel Polpaare muß der Wechselstromgenerator aufweisen?
- Berechnen Sie für die nachstehend angegebenen Wechselstromgeneratoren die Frequenz. $p =$ Polpaarzahl.

n 1/min	1500	1500	750	750	500	500
p	2	4	4	2	6	4
f Hz						

- Berechnen Sie für die nachstehend angegebenen Wechselstromgeneratoren die Umdrehungszahl pro Minute. $p =$ Polpaarzahl.

f Hz	50	50	25	25	$16\frac{2}{3}$
p	2	4	4	6	4
n 1/min					

8.1.2. Kreisfrequenz

- Wie groß ist die Kreisfrequenz für $f = 50$ Hz?
- Berechnen Sie für nachstehend angegebene Frequenzen die Werte der Kreisfrequenz.

f Hz	25	50	300	3400	800	1600
ω 1/s						

- Berechnen Sie für die nachstehenden Kreisfrequenzen die Werte der dazugehörigen Frequenz.

ω 1/s	314	157	2136	1885	5000	10000
f Hz						

8.1.3. Periodendauer

- Die Frequenz einer Wechselspannung beträgt $f = 2000$ Hz. Wie groß ist die Periodendauer der Wechselspannung?
- Die Periodendauer eines Wechselstroms beträgt $T = 1/800$ s. Wie hoch ist die Frequenz des Wechselstroms?
- Berechnen Sie für nachstehend angegebene Frequenzen die Periodendauer.

f Hz	25	50	300	3400	800	1600
T						

8.1.4. Wellenlänge

- Ein Rundfunksender strahlt sein Programm mit einer Trägerfrequenz von $f = 394$ kHz aus. Wie groß ist die Wellenlänge des Rundfunksenders?
- Die Wellenlänge eines Rundfunksenders beträgt $\lambda = 15$ cm. Mit welcher Trägerfrequenz arbeitet der Rundfunksender?
- Wie groß sind die Wellenlängen der nachstehenden Funkfrequenzen?

f kHz	120	200	280	320	400	600
λ						

8.1.5. Höchstwert und Augenblickswert

- Der Höchstwert einer Wechselspannung beträgt $U_{\max} = 500$ V. Wie groß ist der Augenblickswert der Wechselspannung bei der Leitchleifenstellung von $\alpha = 60^\circ$?
 - Zeichnerische Lösung (5 V $\triangleq$ 1 mm).
 - Rechnerische Lösung.
- Berechnen Sie für den Höchstwert einer Wechselspannung von $U_{\max} = 156$ V die jeweiligen Augenblickswerte.

α grd	0	15	30	45	60	75	90
u V							

3. Wie groß sind die jeweiligen Höchstwerte einer Wechselspannung bei den angegebenen Augenblickswerten und aufgeführten Umdrehungswinkeln laut nachstehender Tabelle?

n	V	12	18	180	120	220
α	grd	12	8	52	33	45
$U_{\max}$	V					

4. Ein zweipoliger Wechselstromgenerator erzeugt eine sinusförmige Wechselspannung von $U_{\max} = 311 \text{ V} / f = 50 \text{ Hz}$. Die Leiterschleife hat sich bereits für die Dauer von $1/600 \text{ s}$ aus ihrer Nullstellung herausgedreht. Wie groß ist der Augenblickswert der Wechselspannung, der nach $1/600 \text{ s}$ nach dem Nulldurchgang erzeugt wird?

8.1.6. Effektivwert

- Der Höchstwert einer Wechselspannung beträgt $U_{\max} = 535 \text{ V}$. Wie groß ist der Effektivwert der Wechselspannung?
- Ein an einer Wechselspannung befindlicher Spannungsmesser zeigt einen Wert von $U = 220 \text{ V}$ an. Wie groß ist der Höchstwert der Wechselspannung?
- Die Betriebsspannung eines Kondensators ist $U = 450 \text{ V}$. Wie groß ist der Effektivwert der Wechselspannung, die höchstens an den Kondensator geschaltet werden kann?
- Berechnen Sie für die nachstehend angegebenen Höchstwerte die Effektivwerte der Wechselspannung.

$U_{\max}$	V	2,74	5,63	84,5	156	311
U	V					

5. Berechnen Sie für die nachstehend angegebenen Effektivwerte die zugehörigen Höchstwerte.

U	V	4	1,0	60	110	220
$U_{\max}$	V					

8.2. Wechselstromwiderstände

8.2.1. Induktiver Blindwiderstand

- Wie groß ist der Wert des induktiven Blindwiderstands einer Induktivität von $L = 70,6 \text{ mH}$ bei einer Frequenz von 800 Hz ?
- Berechnen Sie von einer Induktivität von $L = 64 \text{ mH}$ die jeweiligen Werte des induktiven Blindwiderstands.

f	Hz	300	800	1200	2400	3400
X_L	Ω					

- Eine Induktivität von $L = 95 \text{ mH}$ ist an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ geschaltet. Wie groß sind die Stromwerte bei 300 Hz und 3400 Hz ?
- Eine Induktivität von $L = 0,128 \text{ H}$ ist an eine Wechselspannung von $U = 220 \text{ V}$ geschaltet. Die gemessene Stromstärke beträgt $I = 5 \text{ A}$. Wie hoch ist die Frequenz der Wechselspannung?
- Eine Induktivität von $L = 6 \text{ mH}$ ist an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ und der Frequenz von $f = 1000 \text{ Hz}$ geschaltet. Welche Stromstärke fließt in der Induktivität?
- Eine Induktivität ist in einem Wechselstromkreis von $U = 42 \text{ V}$ und $f = 800 \text{ Hz}$ geschaltet. Die Stromstärke in dem Stromkreis beträgt $I = 28 \text{ mA}$. Wie groß ist die Induktivität?
- Eine Induktivität von $L = 18 \text{ mH}$ ist in einem Wechselstromkreis von $f = 1500 \text{ Hz}$ geschaltet. Die gemessene Stromstärke beträgt $I = 4 \text{ mA}$. Wie hoch ist die angeschaltete Wechselspannung?
- Eine Induktivität von $L = 84 \text{ mH}$ ist an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ geschaltet. Wie groß sind die jeweiligen Werte des induktiven Blindwiderstands und des Stroms bei den nachstehenden Frequenzen?

f	Hz	300	800	1600	3400	16000
X_L	Ω					
I						

- Zwei Induktivitäten von $L_1 = 84 \text{ mH}$ und $L_2 = 116 \text{ mH}$ sind in Reihenschaltung an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V} / f = 800 \text{ Hz}$ geschaltet. Wie groß sind Gesamtstrom und Spannungsaufteilung?
- Zwei Induktivitäten von $L_1 = 120 \text{ mH}$ und $L_2 = 240 \text{ mH}$ sind in Reihenschaltung an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ geschaltet. Berechnen Sie für die nachstehenden Frequenzen die jeweiligen Werte des induktiven Blindwiderstands, des Stroms und der Teilspannungen.

f Hz	300	800	1600	3400	6000
X_L Ω					
I					
U_1 V					
U_2 V					

11. Zwei Induktivitäten von $L_1 = 180$ mH und $L_2 = 320$ mH sind in Parallelschaltung an eine Wechselspannung von $U = 4$ V / $f = 800$ Hz geschaltet. Wie groß sind Gesamtinduktivität, gesamter induktiver Blindwiderstand, Gesamtstrom und die Teilströme?
12. Eine Induktivität von $L = 36$ mH ist in einem Stromkreis von $U = 4$ V / $f = 800$ Hz geschaltet. In den Stromkreis soll eine Induktivität derart hinzugeschaltet werden, daß sich ein Gesamtstrom von $I = 82$ mA einstellt. Wie muß die zusätzliche Induktivität geschaltet werden und welchen Wert hat sie?
13. Zwei Induktivitäten von $L_1 = 0,184$ H und $L_2 = 0,216$ H sind in Parallelschaltung an eine Wechselspannung von $U = 220$ V bei einer Frequenz von $f = 50$ Hz geschaltet. Wie groß sind die Teilströme und der Gesamtstrom?
14. In einem Wechselstromkreis von $U = 24$ V und $f = 800$ Hz sind drei Induktivitäten parallelgeschaltet. Die gemessene Wechselstromstärke beträgt $I = 2,4$ A. Die Werte von zwei Einzelinduktivitäten sind $L_1 = 14$ mH und $L_2 = 38$ mH. Wie groß ist die Einzelinduktivität L_3 ?
15. Zwei Induktivitäten von $L_1 = 10$ mH und $L_2 = 12$ mH sind in Parallelschaltung an eine Wechselspannung von $U = 60$ V geschaltet. Die gemessene Wechselstromstärke beträgt $I = 1,0$ A.
 - a) Wie hoch ist die Frequenz der Wechselspannung?
 - b) Wie groß sind die Teilströme I_{L1} und I_{L2} ?
16. Zwei Induktivitäten von $L_1 = 84$ mH und $L_2 = 36$ mH sind an eine Wechselspannung von $U = 220$ V und $f = 50$ Hz hintereinandergeschaltet. Wie groß sind die Teilspannungen U_{L1} und U_{L2} ?
17. In einem Wechselstromkreis von $U = 42$ V und $f = 800$ Hz sind drei Induktivitäten hintereinandergeschaltet. Die Werte von zwei Einzelinduktivitäten betragen $L_1 = 30$ mH und $L_2 = 40$ mH. Die gemessene Stromstärke beträgt $I = 8,4$ mA.
 - a) Wie groß ist die Einzelinduktivität L_3 ?
 - b) Wie groß sind die Teilspannungen U_{L1} , U_{L2} und U_{L3} ?

18. Zwei Induktivitäten von $L_1 = 12,2$ mH und $L_2 = 22$ mH sind in Reihenschaltung an eine Wechselspannung von $U = 220$ V geschaltet. Die in dem Stromkreis gemessene Stromstärke beträgt $I = 4,1$ A.
 - a) Wie hoch ist die Frequenz der Wechselspannung?
 - b) Wie groß sind die Teilspannungen U_{L1} und U_{L2} ?
19. Eine Induktivität von $L = 56$ mH befindet sich in einem Stromkreis von $U = 4$ V / $f = 800$ Hz. Durch Hinzuschalten einer zweiten Induktivität soll die Stromstärke auf $I = 8,4$ mA eingestellt werden. Wie muß die Induktivität geschaltet werden und welchen Wert muß sie aufweisen?
20. Eine Spule mit Lufthohlraum hat folgende Abmessungen: Windungszahl $N = 1400$, Spulenlänge $l = 4,8$ cm, Querschnitt des Spulenraums $A = 0,8$ cm $\cdot$ 0,8 cm. Die Spule wird an eine Wechselspannung von $U = 0,707$ V / $f = 1600$ Hz geschaltet. Welche Stromstärke stellt sich ein, wenn der Drahtwiderstand des Spulendrahts vernachlässigt wird?
21. Der Stromwert eines Stromkreises von $U = 1,0$ V / $f = 1600$ Hz soll mit Hilfe einer Spule mit Lufthohlraum auf $I = 10$ mA eingestellt werden. Der Drahtwiderstand der Spule wird vernachlässigt. Die Länge der Spule ist $l = 4,2$ cm und der Spulenquerschnitt beträgt $A = 0,36$ cm². Wieviel Windungen muß die Spule erhalten?
22. Von einer Stromspule mit geschlossenem Eisenkern soll die Größe der Induktivität ermittelt werden. Bei angeschalteter Wechselspannung von $U = 4$ V / $f = 800$ Hz wird eine Stromstärke von $I = 1,06$ A gemessen. Der Drahtwiderstand der Spule wird vernachlässigt. Wie groß ist die Induktivität der Spule?
23. Eine Stromspule hat einen Kern mit einem Luftspalt von $s = 4$ mm. Wird sie an eine Wechselspannung von $U = 4$ V / $f = 800$ Hz geschaltet, dann stellt sich eine Stromstärke von $I = 40$ mA ein. Die Maße des Kerns sind $A = 0,6$ cm $\cdot$ 0,6 cm; der Eisenfüllfaktor wird auf $k_{Fe} = 0,8$ geschätzt. Der Drahtwiderstand und der magnetische Widerstand des Kerns werden vernachlässigt.
 - a) Welche Windungszahl hat die Spule?
 - b) Wie groß ist der Höchstwert des magnetischen Flusses im Kern?
24. Von einer Stromspule mit geschlossenem Eisenkern werden bei der Wechselspannung von $U = 4$ V die in nachstehender Tabelle angegebenen Stromwerte gemessen. Der Drahtwiderstand der Spule wird jedesmal vernachlässigt. Wie groß sind die jeweiligen Werte der Induktivität?

f Hz	100	200	300	400	500	600
I mA	240	102	48	18	6,4	4,6
L mH						

8.2.2. Kapazitiver Blindwiderstand

- Wie groß ist der kapazitive Blindwiderstand einer Kapazität von $C = 360 \text{ nF}$ bei einer Frequenz von $f = 800 \text{ Hz}$?
- Berechnen Sie von einer Kapazität von $C = 420 \text{ nF}$ die jeweiligen Werte des kapazitiven Blindwiderstands.

f Hz	300	800	1200	2400	3400
X_C					

- Eine Kapazität von $C = 3,6 \mu\text{F}$ ist an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ geschaltet. Wie groß sind die Stromwerte bei 300 Hz und 3400 Hz ?
- Ein Kondensator von $C = 40 \mu\text{F}$ ist an eine Wechselspannung von $U = 220 \text{ V}$ und $f = 50 \text{ Hz}$ geschaltet. Von welcher Stromstärke wird der Wechselstromkreis durchflossen?
- Eine Kapazität von $C = 23 \mu\text{F}$ ist an eine Wechselspannung von $U = 110 \text{ V}$ geschaltet. Die gemessene Stromstärke beträgt $I = 0,6 \text{ A}$. Wie hoch ist die Frequenz der Wechselspannung?
- Eine Kapazität ist in einen Wechselstromkreis von $U = 6 \text{ V}$ und $f = 800 \text{ Hz}$ geschaltet. Die Stromstärke im Wechselstromkreis beträgt $I = 80 \text{ mA}$. Wie groß ist die Kapazität?
- Ein Kondensator von $C = 300 \text{ nF}$ ist an eine Wechselspannung von $f = 1500 \text{ Hz}$ geschaltet. Die Stromstärke beträgt $I = 14 \text{ mA}$. Wie hoch ist die angeschaltete Wechselspannung?
- Eine Kapazität von $C = 850 \text{ nF}$ ist an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ geschaltet. Wie groß sind die jeweiligen Werte des kapazitiven Blindwiderstands und des Stroms bei den in nachstehender Tabelle angegebenen Frequenzen?

f Hz	300	800	1600	3400	16000
X_C					
I					

- Zwei Kapazitäten von $C_1 = 600 \text{ nF}$ und $C_2 = 450 \text{ nF}$ sind in Hintereinanderschaltung an eine Wechselspannung von

$U = 4 \text{ V}$ bei $f = 800 \text{ Hz}$ geschaltet. Wie groß sind Gesamtkapazität, gesamter kapazitiver Blindwiderstand, Strom und die Teilspannungen?

- Zwei Kapazitäten von $C_1 = 5,2 \mu\text{F}$ und $C_2 = 3,6 \mu\text{F}$ sind in Reihenschaltung an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ geschaltet. Berechnen Sie für die nachstehenden Frequenzen die jeweiligen Werte des kapazitiven Blindwiderstands, des Stroms und der Teilspannungen.

f Hz	300	800	1600	3400	6000
X_C					
I					
U_1 V					
U_2 V					

- Zwei Kondensatoren von $C_1 = 300 \text{ nF}$ und $C_2 = 500 \text{ nF}$ sind an einer Wechselspannung von $U = 110 \text{ V}$ und der Frequenz von $f = 800 \text{ Hz}$ hintereinandergeschaltet. Wie groß sind die Teilspannungen U_{C1} und U_{C2} ?
- Drei Kondensatoren von $C_1 = 20 \mu\text{F}$, $C_2 = 50 \mu\text{F}$ und $C_3 = 80 \mu\text{F}$ sind in Reihenschaltung an eine Wechselspannung von $U = 220 \text{ V}$ geschaltet. Die gemessene Wechselstromstärke beträgt $I = 1,38 \text{ A}$.
 - Wie hoch ist die Frequenz der Wechselspannung?
 - Wie groß sind die Teilspannungen U_{C1} , U_{C2} und U_{C3} ?
- Vier Kondensatoren von $C_1 = 4 \mu\text{F}$, $C_2 = 6 \mu\text{F}$, $C_3 = 12 \mu\text{F}$ und $C_4 = 8 \mu\text{F}$ sind hintereinandergeschaltet. Die gemessene Wechselstromstärke beträgt $I = 130 \text{ mA}$. Die Frequenz der angeschalteten Wechselspannung ist $f = 400 \text{ Hz}$.
 - Wie groß ist die angeschaltete Wechselspannung?
 - Wie groß sind die Teilspannungen U_{C1} , U_{C2} , U_{C3} und U_{C4} ?
- Zwei Kapazitäten von $C_1 = 300 \text{ nF}$ und $C_2 = 120 \text{ nF}$ sind in Parallelschaltung an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ bei $f = 800 \text{ Hz}$ geschaltet. Wie groß sind Gesamtkapazität, gesamter kapazitiver Blindwiderstand, Gesamtstrom und die Teilströme?
- Zwei Kapazitäten von $C_1 = 5,2 \mu\text{F}$ und $C_2 = 3,6 \mu\text{F}$ sind in Parallelschaltung an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ geschaltet. Berechnen Sie für die in nachstehender Tabelle angegebenen Frequenzen die jeweiligen Werte des kapazitiven Blindwiderstands, des Stroms und der Teilströme.

f Hz	300	800	1600	3400	6000
X_C					
I					
I_{C1}					
I_{C2}					

16. Zwei Kondensatoren von $C_1 = 33 \text{ nF}$ und $C_2 = 44 \text{ nF}$ sind an eine Wechselspannung von $U = 42 \text{ V}$ bei einer Frequenz von $f = 800 \text{ Hz}$ parallelgeschaltet. Wie groß sind die Teilströme und der Gesamtstrom?
17. Ein Kondensator von $C = 35 \text{ }\mu\text{F}$ ist an eine Wechselspannung von $U = 220 \text{ V}$ und $f = 50 \text{ Hz}$ geschaltet. Durch jeweiliges Hinzuschalten eines weiteren Kondensators soll die Wechselstromstärke jeweils auf a) $I = 3,5 \text{ A}$ und b) $I = 0,8 \text{ A}$ gebracht werden. Wie groß müssen die hinzuzuschaltenden Kondensatoren sein?
18. Drei Kondensatoren von $C_1 = 20 \text{ }\mu\text{F}$, $C_2 = 30 \text{ }\mu\text{F}$ und $C_3 = 40 \text{ }\mu\text{F}$ sind in Parallelschaltung an eine Wechselspannung von $U = 220 \text{ V}$ geschaltet. Die gemessene Gesamtstromstärke beträgt $I = 3,4 \text{ A}$.
a) Wie hoch ist die Frequenz der Wechselspannung?
b) Wie groß sind die Teilströme I_{C1} , I_{C2} und I_{C3} ?
19. Eine Kapazität von $C = 640 \text{ nF}$ befindet sich in einem Stromkreis von $U = 4 \text{ V}$ / $f = 800 \text{ Hz}$. Durch Hinzuschalten einer zweiten Kapazität soll die Gesamtstromstärke des Stromkreises auf $I = 16 \text{ mA}$ eingestellt werden. Wie muß die zusätzliche Kapazität geschaltet werden und welchen Wert muß sie haben?
20. Eine Kapazität von $C = 480 \text{ nF}$ ist in einem Stromkreis einer Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ / $f = 800 \text{ Hz}$ geschaltet. Durch Hinzuschalten einer weiteren Kapazität soll die Gesamtstromstärke auf $I = 4,0 \text{ mA}$ eingestellt werden. Wie ist die zusätzliche Kapazität zu schalten und welchen Wert hat sie?
21. Ein Kondensator ist an eine Wechselspannung von $U = 1 \text{ V}$ / $f = 16000 \text{ Hz}$ geschaltet. Die gemessene Stromstärke beträgt $I = 7,6 \text{ mA}$. Als Dielektrikum ist Papier von $s = 0,12 \text{ mm}$ verwendet worden. Wie groß ist die Fläche des Aluminiumbelags, wenn der Verlustwiderstand des Kondensators vernachlässigt wird?
22. Ein Drehkondensator soll bei voll eingedrehten Belägen an einer Wechselspannung von $0,707 \text{ V}$ / $f = 25 \text{ Hz}$ einen Strom von $I = 4 \text{ }\mu\text{A}$ hindurchlassen. Der Plattenabstand beträgt $s = 0,5 \text{ mm}$. Wieviel Platten muß der Kondensator je Belag und insgesamt aufweisen, wenn die wirksame Fläche eines Belages 5 cm^2 beträgt?

9. Der zusammengesetzte Wechselstromkreis

9.1. Reihenschaltung von X_L und X_C

1. Eine Induktivität von $L = 84 \text{ mH}$ ist mit einer Kapazität von $C = 520 \text{ nF}$ hintereinandergeschaltet. Die angeschaltete Wechselspannung beträgt $U = 4 \text{ V}$ / $f = 800 \text{ Hz}$. Wie groß sind der Blindwiderstand, die Stromstärke und die Teilspannungen?
2. Eine Induktivität von $L = 120 \text{ mH}$ ist mit einer Kapazität von $C = 360 \text{ nF}$ in Reihenschaltung an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ / $f = 800 \text{ Hz}$ geschaltet.
a) Wie groß sind der Blindwiderstand, die Stromstärke und die Teilspannungen?
b) Bei welcher Frequenz sind der induktive Blindwiderstand und der kapazitive Blindwiderstand gleich groß?
3. Bei einem Reihenschwingkreis wird an einer Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ / $f = 800 \text{ Hz}$ eine Wechselstromstärke von $I = 9,54 \text{ mA}$ gemessen. Die Induktivität der Spule beträgt $L = 90 \text{ mH}$; der Spulenwiderstand wird vernachlässigt. Wie groß ist die Kapazität?
4. Eine Induktivität von $L = 220 \text{ mH}$ ist mit einer Kapazität von $C = 640 \text{ nF}$ hintereinandergeschaltet. Die angeschaltete Wechselspannung beträgt $U = 4 \text{ V}$. Berechnen Sie für die nachstehenden Frequenzen den Blindwiderstand, die Stromstärke und die dazugehörigen Teilblindspannungen sowie die Resonanzfrequenz.

f Hz	0	200	400	800	1000
$X \text{ }\Omega$					
$I \text{ mA}$					
$U_L \text{ V}$					
$U_C \text{ V}$					
$U_b \text{ V}$					

5. Für einen Reihenschwingkreis steht eine Spule mit einer Induktivität von $L = 54 \text{ mH}$ zur Verfügung; der Drahtwiderstand der Spule wird vernachlässigt. Die Resonanzfrequenz des Schwingkreises soll 800 Hz betragen. Wie groß muß die Kapazität sein?

6. Für eine Resonanzfrequenz von $f_r = 16 \text{ kHz}$ soll ein Reihenresonanzkreis zusammengesetzt werden. Hierfür soll eine Kapazität von $C = 100 \text{ nF}$ verwendet werden. Welche Induktivität muß die dazugehörige Spule aufweisen?

7. Eine Induktivität von $L = 400 \text{ mH}$ ist mit einer Kapazität von $C = 400 \text{ nF}$ hintereinandergeschaltet.

a) Berechnen Sie die Werte der Kreisfrequenz, des induktiven und kapazitiven Blindwiderstands sowie des Blindwiderstands für nachstehende Frequenzen und tragen Sie die errechneten Werte in die Tabelle ein.

b) Stellen Sie den Widerstandsverlauf des induktiven und kapazitiven Blindwiderstands zeichnerisch in einem Frequenz-Widerstands-Diagramm dar.

Maßstab: Frequenz $100 \text{ Hz} \triangleq 10 \text{ mm}$
Widerstand $500 \Omega \triangleq 10 \text{ mm}$

f/Hz	0	200	400	600	800	1000	1200
$\omega/1/\text{s}$							
X_L/Ω							
X_C/Ω							
X/Ω							

9.2. Reihenschaltung von R und X_L

1. Eine Spule hat einen Wirkwiderstand von $R = 64 \Omega$ und eine Induktivität von $L = 60 \text{ mH}$. Die angeschaltete Wechselspannung ist $U = 4 \text{ V}$ bei $f = 800 \text{ Hz}$. Wie groß sind induktiver Blindwiderstand, Scheinwiderstand, Stromstärke, Wirkspannung, induktive Blindspannung und die Phasenverschiebung?

2. Eine Spule hat einen Wirkwiderstand von $R = 4 \Omega$ und eine Induktivität von $L = 24 \text{ mH}$. Die angeschaltete Wechselspannung beträgt $U = 14 \text{ V}$ mit einer Frequenz von $f = 250 \text{ Hz}$.

- Wie groß sind Wirkspannung und induktive Blindspannung der Spule?
- Wie groß ist die Phasenverschiebung zwischen Wechselspannung und Wechselstrom?
- Prüfen Sie die errechneten Werte mit Hilfe eines Zeigerdiagramms zeichnerisch nach.

3. Eine Spule hat einen Wirkwiderstand von $R = 100 \Omega$ und eine Induktivität von $L = 30 \text{ mH}$. Die angeschaltete Wechselspannung ist $U = 4 \text{ V}$. Berechnen Sie für die nachstehenden Frequenzen den Blindwiderstand, Scheinwiderstand, die Wechselstromstärke, die Wirkspannung, induktive Blindspannung sowie den Phasenwinkel.

$f \text{ Hz}$	0	200	400	600	800	1000
$X_L \Omega$						
$Z \Omega$						
$I \text{ mA}$						
$U_w \text{ V}$						
$U_L \text{ V}$						
$\varphi \text{ grd}$						

4. Eine Spule ist in einen Stromkreis geschaltet. Bei Anschluß der Spule an eine Gleichspannung von $U = 110 \text{ V}$ beträgt die gemessene Stromstärke $I_1 = 10,2 \text{ A}$. Bei Anschluß der Spule an Wechselspannung von $U = 110 \text{ V}$ und $f = 50 \text{ Hz}$ beträgt die gemessene Stromstärke $I_2 = 2,62 \text{ A}$.

- Wie groß ist der Wirkwiderstand der Spule?
- Wie groß ist der Scheinwiderstand der Spule?
- Wie groß ist der induktive Blindwiderstand der Spule?
- Wie groß ist die Induktivität der Spule?
- Wie groß sind Wirkspannung und induktive Blindspannung?
- Wie groß ist der Phasenwinkel φ ?
- Zeichnen Sie für den Wechselstromkreis das Zeigerdiagramm.

Maßstab: $I \quad 0,5 \text{ A} \triangleq 10 \text{ mm}$
 $U \quad 10 \text{ V} \triangleq 10 \text{ mm}$

5. Eine Spule von $R = 36 \Omega$ und $L = 290 \text{ mH}$ ist an eine Wechselspannung von $U = 60 \text{ V}$ geschaltet. Die gemessene Stromstärke beträgt $I = 85 \text{ mA}$. Wie hoch ist die Frequenz der Wechselspannung?

6. Von einer Drosselspule mit geschlossenem Eisenkern sollen Wirkwiderstand und Induktivität ermittelt werden. An einer Gleichspannung von $U = 24 \text{ V}$ wird eine Stromstärke von $I = 0,48 \text{ A}$ gemessen; an einer Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ bei $f = 450 \text{ Hz}$ werden 33 mA gemessen. Wie groß sind Wirkwiderstand und Induktivität der Spule?

7. Eine Spule hat einen Wirkwiderstand von $R = 210 \, \Omega$ und eine Induktivität von $L = 0,1 \, \text{H}$. Wird die Spule an eine Wechselspannung von $U = 7,3 \, \text{V}$ geschaltet, dann soll die Phasenverschiebung zwischen Wechselspannung und -strom $\varphi = 45^\circ$ betragen.

- Bei welcher Frequenz stellt sich die erforderliche Phasenverschiebung ein?
- Wie groß sind bei der errechneten Frequenz der Scheinwiderstand, Wechselstrom, die Wirkspannung und induktive Blindspannung?
- Zeichnen Sie für den Stromkreis das Zeigerdiagramm.

8. Eine Signallampe für $U = 24 \, \text{V}$ / $P = 6 \, \text{W}$ ist an eine Wechselspannung von $24 \, \text{V}$ / $f = 50 \, \text{Hz}$ geschaltet. Durch Hinzuschalten einer Induktivität soll die Leistungsaufnahme der Lampe auf $2,4 \, \text{W}$ vermindert werden. Drahtwiderstand der Spule sowie Widerstandsverminderung infolge Temperaturverminderung werden vernachlässigt. Wie groß muß die Reiheninduktivität sein?

9. Nachstehend sind für mehrere Signallampen die Spannungs- und Leistungswerte angegeben. Die Leistungsaufnahme dieser Lampen soll mit Hilfe einer Vorschaltinduktivität auf den jeweiligen Wert P_1 vermindert werden. Drahtwiderstände der Spulen und Widerstandsverminderungen infolge Temperatureinflusses werden vernachlässigt. Berechnen Sie die jeweiligen Vorschaltinduktivitäten.

Lampe	24 V/8 W	7,5 V/3,5 W	25 V/5 W	110 V/60 W
$f \, \text{Hz}$	50	100	100	50
$P_1 \, \text{W}$	4,0	2,0	3,2	25
L				

10. Von einer Spule betragen der Wirkwiderstand $R = 600 \, \Omega$ und die Induktivität $L = 400 \, \text{mH}$.

- Berechnen Sie die Werte der Kreisfrequenz, des induktiven Blindwiderstands und des Scheinwiderstands für nachstehende Frequenzen und tragen Sie die errechneten Werte in die Tabelle ein.
- Stellen Sie den Widerstandsverlauf des Wirkwiderstands, des induktiven Blindwiderstands und des Scheinwiderstands zeichnerisch in einem Frequenz-Widerstands-Diagramm dar.

Maßstab: Frequenz $100 \, \text{Hz} \triangleq 10 \, \text{mm}$
 Widerstand $500 \, \Omega \triangleq 10 \, \text{mm}$

f/Hz	0	200	400	600	800	1000	1200
$\omega l/\text{s}$							
R/Ω							
X_L/Ω							
Z/Ω							

9.3. Reihenschaltung von R und X_C

- Ein Wirkwiderstand von $R = 240 \, \Omega$ ist mit einer Kapazität von $C = 400 \, \text{nF}$ hintereinandergeschaltet. Die angeschaltete Wechselspannung beträgt $U = 4 \, \text{V}$ / $f = 800 \, \text{Hz}$. Wie groß sind kapazitiver Blindwiderstand, Scheinwiderstand, Stromstärke, Wirkspannung, induktive Blindspannung und die Phasenverschiebung?
- Ein Wirkwiderstand von $R = 40 \, \Omega$ ist mit einem Kondensator von $C = 80 \, \mu\text{F}$ hintereinandergeschaltet. Die angeschaltete Wechselspannung beträgt $U = 60 \, \text{V}$ mit einer Frequenz von $f = 400 \, \text{Hz}$.
 - Wie groß sind die Teilspannungen U_w und U_C ?
 - Wie groß ist die Phasenverschiebung zwischen Wechselspannung und Wechselstrom?
 - Prüfen Sie die errechneten Werte mit Hilfe eines Zeigerdiagramms zeichnerisch nach.
- Ein Wirkwiderstand und ein Kondensator sind in einem Wechselstromkreis bei $U = 110 \, \text{V}$ und einer Frequenz von $f = 50 \, \text{Hz}$ hintereinandergeschaltet. Bei einem einzelnen Anschluß des Wirkwiderstands an $110 \, \text{V}/50 \, \text{Hz}$ beträgt die gemessene Stromstärke $I_1 = 3,1 \, \text{A}$. Bei einzelem Anschluß des Kondensators an $110 \, \text{V}/50 \, \text{Hz}$ beträgt die gemessene Stromstärke $I_2 = 1,54 \, \text{A}$.
 - Wie groß ist der Wirkwiderstand?
 - Wie groß ist der kapazitive Blindwiderstand?
 - Wie groß ist der Scheinwiderstand der Hintereinanderschaltung von Wirkwiderstand und Kondensator?
 - Wie groß ist die Kapazität des Kondensators?
 - Wie groß sind Wirkspannung und kapazitive Blindspannung?
 - Wie groß ist die Phasenverschiebung zwischen Wechselspannung und Wechselstrom?
 - Zeichnen Sie für den Wechselstromkreis das Zeigerdiagramm. Maßstab: $U = 10 \, \text{V} \triangleq 10 \, \text{mm}$.

4. Ein Wirkwiderstand von $R = 250 \Omega$ ist mit einem Kondensator von $C = 500 \text{ nF}$ hintereinandergeschaltet. Die angeschaltete Wechselspannung beträgt $U = 42 \text{ V}$; die gemessene Wechselstromstärke $I = 34 \text{ mA}$. Wie hoch ist die Frequenz der angeschalteten Wechselspannung?
5. Ein Wirkwiderstand von $R = 400 \Omega$ ist mit einem Kondensator von $C = 300 \text{ nF}$ in Reihenschaltung an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V}$ geschaltet. Berechnen Sie für die nachstehenden Frequenzen den kapazitiven Blindwiderstand, die Wechselstromstärke, die Wirkspannung, kapazitive Blindspannung sowie den Phasenwinkel.

f / Hz	0	200	400	600	800	1000
X_C / Ω						
I / mA						
U_w / V						
U_C / V						
φ / grd						

6. Eine Kapazität von $C = 440 \text{ nF}$ ist mit einem Wirkwiderstand von $R = 260 \Omega$ hintereinandergeschaltet. Wird diese Reihenschaltung an eine Wechselspannung von $U = 7,3 \text{ V}$ geschaltet, dann soll die Phasenverschiebung zwischen Wechselspannung und -strom $\varphi = 45^\circ$ betragen.
- Bei welcher Frequenz stellt sich der erforderliche Phasenwinkel ein?
 - Wie groß sind bei der errechneten Frequenz der Scheinwiderstand, Wechselstrom, die Wirkspannung und die kapazitive Blindspannung?
 - Zeichnen Sie für den Scheinwiderstand und die Teilspannungen das Zeigerdiagramm.
7. Eine Signallampe für $U = 24 \text{ V} / P = 6 \text{ W}$ ist an eine Wechselspannung von $24 \text{ V} / f = 50 \text{ Hz}$ geschaltet. Durch Hinzuschalten einer Kapazität soll die Leistungsaufnahme der Lampe auf $2,4 \text{ W}$ vermindert werden. Verlustwiderstand des Kondensators sowie die Widerstandsverminderung infolge Temperatureinflusses werden vernachlässigt. Wie groß muß die Reihenskapazität sein?
8. Nachstehend sind für mehrere Signallampen die Spannungs- und Leistungswerte angegeben. Die Leistungsaufnahme dieser Lampen soll

mit Hilfe von Vorschaltkapazitäten auf den jeweiligen Wert P_1 vermindert werden. Verlustwiderstände und Widerstandsverminderung infolge Temperatureinflusses werden vernachlässigt. Berechnen Sie die jeweiligen Vorschaltkapazitäten.

Lampe	24 V/8 W	7,5 V/3,5 W	25 V/5 W	110 V/60 W
f / Hz	50	100	100	50
P_1 / W	4,0	2,0	3,2	25
C				

9. Ein Wirkwiderstand von $R = 600 \Omega$ ist mit einer Kapazität von $C = 400 \text{ nF}$ hintereinandergeschaltet.
- Berechnen Sie die Werte der Kreisfrequenz, des kapazitiven Blindwiderstands und des Scheinwiderstands für nachstehende Frequenzen und tragen Sie die errechneten Werte in die Tabelle ein.
 - Stellen Sie den Widerstandsverlauf des Wirkwiderstands, des kapazitiven Blindwiderstands und des Scheinwiderstands zeichnerisch in einem Frequenz-Widerstands-Diagramm dar.

Maßstab: Frequenz $100 \text{ Hz} \triangleq 10 \text{ mm}$
Widerstand $500 \Omega \triangleq 10 \text{ mm}$

f / Hz	0	200	400	600	800	1000	1200
$\omega / \text{V/s}$							
R / Ω							
X_C / Ω							
Z / Ω							

9.4. Reihenschaltung von R , X_L und X_C

1. Ein Wirkwiderstand von $R = 150 \Omega$, eine Induktivität von $L = 40 \text{ mH}$ und eine Kapazität von $C = 360 \text{ nF}$ sind in Hintereinanderschaltung an eine Wechselspannung von $U = 4 \text{ V} / f = 800 \text{ Hz}$ geschaltet. Wie groß sind der induktive Blindwiderstand, kapazitive Blindwiderstand, Blindwiderstand, Scheinwiderstand, Wechselstrom, die Wirkspannung, induktive Blindspannung, kapazitive Blindspannung, Blindspannung, der Phasenwinkel sowie die Resonanzfrequenz?

2. Ein Wirkwiderstand von $R = 200 \, \Omega$ ist mit einer Induktivität von $L = 200 \, \text{mH}$ und einer Kapazität von $C = 560 \, \text{nF}$ hintereinander an eine Wechselspannung von $U = 4 \, \text{V}$ geschaltet. Berechnen Sie laut nachstehender Tabelle die Kreisfrequenz, den induktiven und kapazitiven Blindwiderstand, Blindwiderstand, Scheinwiderstand, Wechselstrom, die Wirkspannung, induktive und kapazitive Blindspannung, Blindspannung, Kosinuswert des Phasenwinkels sowie den Phasenwinkel.

f / Hz	0	200	400	600	800	1000
ω / $1/\text{s}$						
X_L / Ω						
X_C / Ω						
X / Ω						
Z / Ω						
I / mA						
U_w / V						
U_L / V						
U_C / V						
U_B / V						
$\cos \varphi$ / 1						
φ / grd						

3. Eine Spule mit einem Wirkwiderstand von $R = 48 \, \Omega$ ist mit einer Induktivität von $L = 0,36 \, \text{H}$ und einem Kondensator von $C = 20 \, \mu\text{F}$ hintereinandergeschaltet. Die angeschaltete Wechselspannung beträgt $U = 120 \, \text{V}$ mit einer Frequenz von $f = 50 \, \text{Hz}$.
- Zeichnen Sie für den Wechselstromkreis das Schaltbild.
 - Wie groß ist der induktive Blindwiderstand?
 - Wie groß ist der kapazitive Blindwiderstand?
 - Wie groß ist der Blindwiderstand?
 - Wie groß ist der Scheinwiderstand?
 - Zeichnerische Lösung ($20 \, \Omega \triangleq 1 \, \text{cm}$).
 - Rechnerische Lösung.
 - Wie groß ist die Wechselstromstärke?
 - Wie groß sind Wirkspannung, induktive Blindspannung, kapazitive Blindspannung, Blindspannung und Scheinspannung?
 - Wie groß ist der Phasenwinkel φ ?

- i) Zeichnen Sie für den Wechselstromkreis das Zeigerdiagramm.
 Maßstab: $I \, 0,2 \, \text{A} \triangleq 1 \, \text{cm}$ (blau)
 $U \, 30 \, \text{V} \triangleq 1 \, \text{cm}$ (rot)

4. Eine Spule hat einen Wirkwiderstand von $R = 56 \, \Omega$ und eine Induktivität von $L = 96 \, \text{mH}$. Zu dieser Spule soll eine Kapazität derart hintereinandergeschaltet werden, daß zwischen der Wechselspannung und dem -strom bei $f = 800 \, \text{Hz}$ keine Phasenverschiebung entsteht. Wie groß muß der hinzuzuschaltende Kondensator sein?
5. Eine Spule mit einem Wirkwiderstand von $R = 400 \, \Omega$ hat eine Induktivität von $L = 100 \, \text{mH}$. Sie ist an eine Wechselspannung von $U = 4 \, \text{V}$ / $f = 800 \, \text{Hz}$ geschaltet. Zu dieser Spule soll eine Kapazität derart hintereinandergeschaltet werden, daß die Phasenverschiebung von $\varphi = 45^\circ$ entsteht.
- Wie groß muß die Kapazität sein, damit der Strom um 45° nacheilt?
 - Wie groß muß die Kapazität sein, damit der Strom um 45° voreilt?
 - Wie groß sind bei induktivem Phasenwinkel der Blindwiderstand, der Scheinwiderstand, der Wechselstrom, die Wirkspannung, die induktive und kapazitive Blindspannung?
 - Wie groß sind bei kapazitivem Phasenwinkel der Blindwiderstand, der Scheinwiderstand, der Wechselstrom, die Wirkspannung, die induktive und kapazitive Blindspannung?
6. Eine Spule mit einem Wirkwiderstand von $R = 600 \, \Omega$ und einer Induktivität von $L = 400 \, \text{mH}$ ist mit einer Kapazität von $C = 400 \, \text{nF}$ hintereinandergeschaltet.
- Berechnen Sie die Werte der Kreisfrequenz, des induktiven und kapazitiven Blindwiderstands, des Blindwiderstands und des Scheinwiderstands für nachstehende Frequenzen und tragen Sie die errechneten Werte in die Tabelle ein.
 - Stellen Sie den Widerstandsverlauf des Wirkwiderstands, des kapazitiven und induktiven Blindwiderstands sowie des Scheinwiderstands zeichnerisch in einem Frequenz-Widerstands-Diagramm dar.
- Maßstab: Frequenz $100 \, \text{Hz} \triangleq 10 \, \text{mm}$
 Widerstand $500 \, \Omega \triangleq 10 \, \text{mm}$

f/Hz	0	200	400	600	800	1000	1200
ω/s							
R/Ω							
X_L/Ω							
X_C/Ω							
X/Ω							
Z/Ω							

9.5. Reihenresonanzkreis

- Ein Reihenresonanzkreis ist aus einer Spule mit einem Wirkwiderstand von $R = 24 \Omega$ und der Induktivität von $L = 1,2 \text{ H}$ sowie einem Kondensator von $C = 1,0 \mu\text{F}$ zusammengesetzt. Wie groß ist die Resonanzfrequenz?
- Für die Schaltung eines Reihenresonanzkreises für $f = 3850 \text{ Hz}$ steht eine Spule von $R = 60 \Omega$ und $L = 0,1 \text{ H}$ zur Verfügung. Wie groß muß die Kapazität des hinzuschaltenden Kondensators sein?
- Eine Induktivität von $L = 14 \text{ mH}$ ist mit einem Kondensator von $C = 350 \text{ nF}$ hintereinandergeschaltet. Wie hoch ist die Resonanzfrequenz?
- Mit einer Spule von $L = 0,155 \text{ H}$ soll ein Reihenresonanzkreis hergestellt werden. Die Resonanzfrequenz soll $f_r = 80 \text{ Hz}$ betragen. Wie groß muß die Kapazität sein?
- Mit einem Kondensator von der Kapazität $C = 660 \text{ nF}$ soll ein Reihenresonanzkreis für 900 Hz zusammengesetzt werden. Welche Induktivität muß die hinzuschaltende Spule aufweisen?
- Berechnen Sie für die in nachstehender Tabelle angegebenen Induktivitäts- und Kapazitätswerte die jeweiligen Werte der Resonanzfrequenz.

L	40 mH	120 mH	450 mH	1,25 H	2,1 H
C	300 nF	660 nF	0,8 μF	3,2 μF	8,5 μF
f_r					

- Es soll ein Resonanzkreis für $f_r = 625 \text{ Hz}$ hergestellt werden. Bei der Resonanzfrequenz von $f_r = 625 \text{ Hz}$ soll die Wechselstromstärke 1 A betragen. Die angeschaltete Wechselspannung beträgt $U = 24 \text{ V}$. Für die Herstellung des Resonanzkreises steht ein Kondensator von $C = 12 \mu\text{F}$ zur Verfügung.
 - Wie groß müssen der Wirkwiderstand und die Induktivität der in Reihe zu schaltenden Spule sein?
 - Wie groß ist die Wechselstromstärke bei der Frequenz von $f = 100 \text{ Hz}$?
- Ein Reihenresonanzkreis ist an $U = 220 \text{ V}$ bei $f = 50 \text{ Hz}$ geschaltet. Die gemessene Stromstärke beträgt $I = 2,13 \text{ A}$. Wird nur die Spule, deren Wirkwiderstand hierbei vernachlässigt werden soll, an $220 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$ geschaltet, so beträgt die gemessene Stromstärke $1,5 \text{ A}$; bei Anschluß der Spule an eine Gleichspannung von $U = 60 \text{ V}$ beträgt die gemessene Stromstärke $1,6 \text{ A}$.
 - Wie groß ist der Wirkwiderstand der Spule?
 - Wie groß ist die Induktivität der Spule, wenn bei der Stromstärkenmessung an $220 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$ der Drahtwiderstand vernachlässigt wird?
 - Wie groß ist die Kapazität des Kondensators?
 - Wie hoch ist die Resonanzfrequenz der Reihenschaltung von Spule und Kondensator?

9.6. Wechselstromleistung

- Welche Wirkleistung nimmt ein elektrisches Bügeleisen mit dem Widerstand $R = 100 \text{ Ohm}$ an $220 \text{ Volt} / 50 \text{ Hz}$ auf?
- Wie groß wäre die Leistungsaufnahme des Bügeleisens (Aufgabe 1) beim Anschluß an $110 \text{ Volt} / 50 \text{ Hz}$?
- Ein elektrisches Heizgerät wird bei einer Netzspannung von $220 \text{ Volt} / 50 \text{ Hz}$ von einem Strom von $I = 0,91 \text{ Ampere}$ durchflossen.
 - Welche Leistungsaufnahme hat das Gerät?
 - Wie groß ist der Widerstand des Geräts?
- Ein elektrischer Lötkolben nimmt an 220 Volt 60 Watt auf.
 - Welchen Widerstand hat die Heizwicklung des Lötkolbens?
 - Auf welchen Wert sinkt die Leistungsaufnahme, wenn die Netzspannung nur noch 200 Volt beträgt?

5. Eine Nebenstellenanlage nimmt aus dem Netzspeisegerät bei 24 Volt einen Strom von 5 Ampere auf. Der Gleichrichter einschließlich Siebkette hat einen Wirkungsgrad von 92%. Wie groß ist die Wirkleistungsaufnahme des Transformators?
6. Eine Glühlampe 110 Volt / 40 Watt wird mit einer Glühlampe 110 Volt / 25 Watt in Reihe geschaltet und die Reihenschaltung an 220 Volt gelegt.
- Wie groß ist dabei die Leistungsaufnahme jeder Lampe?
 - Wie müßte ein Widerstand geschaltet werden, der die Leistungsaufnahme jeder der beiden Lampen auf den Sollwert begrenzt?
 - Wie groß müßte dieser Widerstand sein?
7. An einer Spannung von 220 Volt liegen 3 Widerstände $R_1 = 300 \text{ Ohm}$, $R_2 = 200 \text{ Ohm}$ und $R_3 = 600 \text{ Ohm}$ in Reihenschaltung. Welche Leistung nimmt jeder der drei Widerstände auf?
8. Damit eine Glühlampe 110 Volt / 60 Watt beim Anschluß an 220 Volt / 50 Hz nicht durchbrennt, muß sie mit einem Vorschaltwiderstand betrieben werden.
- Wie groß muß der Vorschaltwiderstand sein?
 - Welche Wirkleistung nimmt der Vorschaltwiderstand auf?
 - Wie groß ist die gesamte Wirkleistungsaufnahme der Reihenschaltung?
 - Im Wechselstromkreis kann die Leistungsaufnahme der Glühlampe auch durch einen Blindwiderstand begrenzt werden. Welche Kapazität müßte ein Vorschaltkondensator haben?
 - Wie groß ist die Leistungsaufnahme der Reihenschaltung Lampe – Kondensator in Schein-, Wirk- und Blindleistung?
 - Für welche Durchschlagsspannung müßte der Kondensator gebaut sein?
9. a) Welche Blindleistung nimmt ein Kondensator von 100 Mikrofarad an einer Wechselspannung von 220 Volt / 50 Hz auf?
- b) Würde die Absicherung des Stromkreises mit einer 6-Ampere-Sicherung ausreichen?
- c) Wie groß sind Schein-, Wirk- und Blindleistungsaufnahme des Kondensators, wenn sein Verlustwiderstand (als Reihenwiderstand) 2,5 Ohm beträgt?
10. Die Zählertafel einer Bauprupunterkunft ist mit 6 Ampere abgesichert.
- Welche Leistung darf dem 220-Volt-Wechselstromnetz höchstens entnommen werden?

- Darf ein Motor angeschlossen werden, der eine Wirkleistung von 1 Kilowatt bei einem $\cos \varphi$ von 0,725 aufnimmt?
11. a) Wie groß sind die aufgenommene Schein-, Wirk- und Blindleistung einer Reihenschaltung von $R = 100 \text{ Ohm}$ und $C = 20 \text{ Mikrofarad}$ an 220 Volt / 50 Hz?
- Welchen Wert hat der Leistungsfaktor der Reihenschaltung?
12. An einem Transformator mit einem Wirkwiderstand der Primärwicklung von $R = 75 \text{ Ohm}$ wird bei voller Belastung an einer Primärspannung von 220 Volt / 50 Hz ein $\cos \varphi$ von 0,8 gemessen. Wie groß sind Schein-, Blind- und Wirkleistung?
13. An einem Wechselstrommotor werden bei Vollast folgende Werte gemessen:
- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| 1. mit einem Voltmeter | $U = 220 \text{ Volt/50 Hz}$, |
| 2. mit einem Amperemeter | $I = 15 \text{ Ampere}$, |
| 3. mit einem Wattmeter | $P = 2700 \text{ Watt}$. |
- Die abgegebene mechanische Leistung beträgt 2,3 kW.
- Wie groß sind
- Scheinleistung,
 - Blindleistung,
 - der Leistungsfaktor $\cos \varphi$,
 - der Wirkungsgrad des Motors?
14. An einem 0,75-kW-Wechselstrommotor werden bei Vollast und Leerlauf folgende Messungen durchgeführt:
- | | Vollast | Leerlauf |
|------------------------|----------|------------|
| mit einem Voltmeter: | 220 Volt | 220 Volt |
| mit einem Amperemeter: | 5 Ampere | 1,5 Ampere |
| mit einem Wattmeter: | 900 Watt | 110 Watt |
- Welche Scheinleistung nimmt der Motor bei Vollast und Leerlauf auf?
 - Wie groß ist sein Leistungsfaktor bei Vollast und Leerlauf?
 - Welchen Wirkungsgrad besitzt der Motor?
15. Auf dem Motortypenschild eines Maschinenumformers ist die Betriebsspannung nicht zu entziffern. Die anderen Angaben betragen:
- | | |
|------------------------|-------------|
| Wirkleistungsaufnahme: | 600 Watt, |
| Stromaufnahme: | 3,5 Ampere, |
| $\cos \varphi$: | 0,78. |

An welche Spannung muß der Motor des Umformers angeschlossen werden?

16. Wie verändert sich die Stromstärke im Versorgungskabel eines Fernmeldeamts, das bei 220 Volt Netzspannung eine Wirkleistung von 30 Kilowatt aufnimmt, wenn der Leistungsfaktor von 0,72 auf 0,96 verbessert wird?
17. Der Siebkondensator 100 Mikrofarad im Netzteil eines Verstärkers erhält aus der pulsierenden Gleichspannung einen überlagerten Wechselspannungsanteil von 60 Volt/100 Hz. Der Verlustwiderstand beträgt (als Serienwiderstand) 3 Ohm. Welche Wirkleistung nimmt der Siebkondensator auf?
18. Ein Industriebetrieb nimmt bei 220 Volt Netzspannung einen Strom von 250 Ampere auf. Der Leistungsfaktor beträgt 0,65. Wie groß sind aufgenommene Schein-, Wirk- und Blindleistung?
19. Das Versorgungskabel zwischen Transformator und Industriebetrieb (zu Aufgabe 18) hat einen Widerstand von 0,05 Ohm.
- Wie groß ist der Wirkleistungsverlust im Kabel bei dem gemessenen Leistungsfaktor von 0,65?
 - Wie groß wäre der Leistungsverlust im Versorgungskabel, wenn der Industriebetrieb nur die Wirkleistung aufnehmen würde (Leistungsfaktor also 1)?
 - Welcher zusätzliche Leistungsverlust wird demnach durch den schlechten Leistungsfaktor 0,65 verursacht?
20. Der 220-Volt-Netztransformator in der Stromversorgungsanlage einer VStW gibt bei reiner Wirklast 72 Volt und 30 Ampere ab. Der Wirkungsgrad des Transformators beträgt 90%. An der Primärseite des Transformators wird bei 220 Volt ein Strom von 14 Ampere gemessen.
- Welche Schein- und Wirkleistung nimmt der Transformator auf?
 - Wie groß ist der Leistungsfaktor $\cos \varphi$?
21. Die Leistungsaufnahme einer Glühlampe 220 Volt / 60 Watt soll durch Vorschalten eines Kondensators auf 40 Watt gedrosselt werden. Die Netzspannung beträgt 220 Volt / 50 Hz. Welche Kapazität muß der Kondensator haben?
22. Um die Überhitzung eines Lötkolbens 220 Volt/60 Watt im Dauerbetrieb zu vermeiden, wird seine Leistungsaufnahme in den Arbeitspausen durch Vorschalten eines Kondensators von $C = 8$ Mikrofarad gedrosselt (Gabelumschalter). Die Netzspannung beträgt 220 V/50 Hz.
- Welchen Wirkwiderstand besitzt der Lötkolben?
 - Auf welchen Wert sinkt die Wirkleistungsaufnahme des Lötkolbens durch das Vorschalten des Kondensators?
 - Wie groß ist der Leistungsfaktor der Reihenschaltung?
23. Die Leistungsaufnahme der Treppenhausbeleuchtung eines Hochhauses besteht aus 12 Lampen je 60 Watt und soll nachts durch Vorschalten eines Kondensators auf $\frac{2}{3}$ der Lampen-Nennleistung gedrosselt werden. Die Netzspannung beträgt 220 Volt/50 Hz.
- Wie groß ist der Gesamtwiderstand der 12 parallelgeschalteten Glühlampen?
 - Welche Kapazität müßte der Vorschaltkondensator haben?
 - Wie verändert sich die Wirkleistungsaufnahme der Beleuchtungsanlage mit vorgeschaltetem Kondensator, wenn 3 Glühlampen durchgebrannt sind?
24. In Reihe mit einer Leuchtstofflampe liegt eine Vorschaltdrossel von 1,35 Henry. Der Widerstand der Lampe beträgt 200 Ohm. Die Wicklung der Vorschaltdrossel hat einen Wirkwiderstand von 45 Ohm. Die Netzspannung beträgt 220 Volt/50 Hz. Wie groß sind:
- der Scheinwiderstand der Schaltung,
 - die Wirkleistungsaufnahme der Lampe,
 - die Wirkleistungsaufnahme der Drossel,
 - die aufgenommene Scheinleistung der Lampenschaltung,
 - der Leistungsfaktor der Lampenschaltung?
25. Eine Leuchtstofflampe nimmt 20 Watt, die Vorschaltdrossel 5 Watt Wirkleistung auf. Die Reihenschaltung Lampe – Drossel wird beim Anschluß an 220 Volt/50 Hz von 0,227 Ampere durchflossen.
- Wie groß ist die aufgenommene Scheinleistung?
 - Welchen Leistungsfaktor hat die Lampenschaltung?
 - Welche Induktivität besitzt die Vorschaltdrossel?
26. Wie hoch müßte der Stromkreis einer Beleuchtungsanlage mit 32 Leuchtstofflampen abgesichert sein, wenn jede Lampe einschließlich Vorschaltdrossel eine Wirkleistung von 78 Watt aufnimmt und der Leistungsfaktor der Lampenschaltung 0,5 beträgt. Die Netzspannung beträgt 220 Volt/50 Hz.
- Wie groß ist der Wirkwiderstand der Beleuchtungsanlage?
 - Welche Induktivität ergibt sich für die Beleuchtungsanlage?
 - Welche Kapazität muß der Phasenschieberkondensator haben, wenn er den Leistungsfaktor der Beleuchtungsanlage auf den Wert 1 verbessern soll?
27. Das Typenschild eines Wechselstrommotors enthält folgende Angaben:
- | | |
|------------------------------------|----------------------|
| $U: 220 \text{ V} / 50 \text{ Hz}$ | $I: 29,4 \text{ A}$ |
| $P_{\text{ab}}: 5 \text{ kW}$ | $\cos \varphi: 0,89$ |
| $\eta: 87\%$ | |
- Wie groß ist die Wirkleistungsaufnahme des Motors?

- b) Welche Scheinleistung nimmt der Motor auf?
 c) Welche Induktivität besitzt der Motor?
 d) Welche Kapazität müßte parallel zu den Motorklemmen geschaltet werden, um den Leistungsfaktor auf 1 zu verbessern?
28. An einem Hochspannungstransformator werden bei voller Belastung folgende Werte gemessen:
- $$U_1 = 20500 \text{ Volt,}$$
- $$I_1 = 2,08 \text{ Ampere,}$$
- $$\cos \varphi = 0,875.$$
- a) Wie groß ist die vom Transformator aufgenommene Schein-, Blind- und Wirkleistung?
 b) Welche Wirkleistung gibt der Transformator bei einem Wirkungsgrad von 94% ab?
 c) Welche Wirkleistung könnte der Transformator abgeben, wenn es gelänge, seinen Leistungsfaktor auf 1 zu verbessern?
29. Ein Industriebetrieb nimmt bei 220 Volt / 50 Hz einen Gesamtstrom von 227 Ampere auf. Der Leistungsfaktor wird mit 0,75 gemessen.
- a) Wie groß sind Schein-, Wirk- und Blindleistungsaufnahme des Betriebs?
 b) Welcher Blindwiderstand (induktiv) ergibt sich?
 c) Welche Kapazität müßte ein Phasenschieberkondensator haben, der den Leistungsfaktor auf 1 verbessern soll?
 d) Auf welche Stärke ginge der Gesamtstrom bei einem $\cos \varphi$ von 1 bei gleicher Wirkleistungsabnahme des Betriebs zurück?
30. Das Niederspannungskabel zwischen Transformatorstation und Verstärkeramt darf höchstens einen Spannungsverlust von 4% aufweisen. Der höchste Energiebedarf des Verstärkeramts beträgt 50 Kilowatt bei 220 V Spannung; dabei beträgt der Leistungsfaktor 0,9.
- a) Wie groß darf der Widerstand des Niederspannungskabels sein?
 b) Wie groß ist der Energieverlust im Kabel bei voller Lastabnahme des Verstärkeramts?
 c) Wie groß ist der Spannungsverlust im Kabel bei einer Lastabnahme von 35 Kilowatt (220 V) und einem Leistungsfaktor von 0,78?
31. Der Wechselstromwecker eines Fernsprechapparats besitzt einen Wicklungswiderstand von $R = 1500 \text{ Ohm}$ und eine Induktivität von 17 Henry. Er spricht gerade noch an, wenn er von einem Δ Strom $I = 6 \text{ Milliampere}$ durchflossen wird.
- a) Wie groß ist die Wirkleistung, die der Wecker benötigt?
 b) Auf welchen Wert steigt die Wirkleistung, wenn der Rufstrom auf 12 Milliampere erhöht wird?

32. Damit die Ruf- und Signalmaschine (RSM) bei einem evtl. Leitungskurzschluß nicht ausfällt, wird zwischen RSM und Verbraucher eine Glühlampe als Schutzwiderstand geschaltet. Die Ruf- und Signalmaschinen geben eine Leerlaufspannung von 75 Volt/25 Hz ab. Welche Daten (U und I) müßten die Glühlampen für RSM mit 5 VA, 15 VA bzw. 60 VA Nennleistung haben?
33. Für den Rufstromkreis einer Fernsprechverbindung ergeben sich folgende Daten:
- | | |
|---------------------------------|----------------|
| Schleifenwiderstand der Leitung | = 300 Ohm, |
| Wicklungswiderstand des Weckers | = 600 Ohm, |
| Induktivität des Weckers | = 4,8 Henry, |
| Vorschaltkondensator | = 1 Mikrofarad |
| Spannung der RSM | = 60 V/25 Hz. |
- a) Welche Scheinleistung nimmt ein Rufstromkreis auf?
 b) Wieviel Rufstromkreise dürfen höchstens gleichzeitig angeschlossen werden, wenn die RSM eine Nennleistung von 5 VA besitzt?
 c) Wieviel Rufstromkreise können betrieben werden, wenn man berücksichtigt, daß durch den 10-Sekunden-Schalter nur jeweils $\frac{1}{10}$ aller Rufstromkreise geschaltet werden?
34. In die neueren Fernsprechapparate wird der Wechselstromwecker 50 eingebaut.
- a) Wie groß ist die Scheinleistungsaufnahme einer Fernsprechverbindung mit den Werten:
- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| Schleifenwiderstand der Leitung | = 300 Ohm, |
| Wicklungswiderstand des Weckers | = 1500 Ohm, |
| Induktivität des Weckers | = 17 Henry, |
| Vorschaltkondensator | = 1 Mikrofarad, |
- wenn die RSM eine Spannung von 60 Volt/25 Hz abgibt?
- b) Welcher Rufstrom fließt dabei über den Wecker?
 c) Wieviel Rufstromkreise dürfen höchstens gleichzeitig angeschlossen werden, wenn die Nennleistung der RSM 5 VA beträgt?
 d) Welche Wirkleistung nimmt der Wecker auf?
35. Die Tauchspule eines dynamischen Lautsprechers hat einen Widerstand von 3 Ohm und bei 800 Hz einen Scheinwiderstand von 5 Ohm. An den Lautsprecher wird eine Spannung von 3 Volt / 800 Hz gelegt.
- a) Welcher Strom fließt durch die Lautsprecherwicklung?
 b) Welche Scheinleistung nimmt der Lautsprecher auf?
 c) Wie groß ist die vom Lautsprecher aufgenommene Wirkleistung?

36. Ein Lautsprecher mit dem Scheinwiderstand $Z_{800} = 6 \text{ Ohm}$ und einem Wirkwiderstand von 4 Ohm hat eine Nennleistungsaufnahme von 5 Watt .

- Wie groß ist die erforderliche Wechselspannung 800 Hz zur Vollaussteuerung des Lautsprechers?
- Welche Spannung wäre für eine Leistungsaufnahme von $0,5 \text{ Watt}$ (Zimmerlautstärke) erforderlich?
- Welches Widerstand-Übersetzungsverhältnis muß der Lautsprecherübertrager erhalten, wenn er primär an den Widerstand der Röhre von 7000 Ohm und sekundär an den Scheinwiderstand des Lautsprechers angepaßt sein soll?
- Wie hoch muß die Wechselspannung an der Primärwicklung des Lautsprecherübertragers sein, damit der Lautsprecher seine Nennleistung erhält?

37. Die Hörkapsel eines Fernsprechapparats benötigt zur Wiedergabe einer genügenden Lautstärke eine elektrische Leistung von $0,1 \text{ Milli-watt}$. Wie groß muß die zugeführte Wechselspannung sein, wenn die Hörkapsel einen Gleichstromwiderstand von 250 Ohm und einen Scheinwiderstand von 350 Ohm (800 Hz) besitzt?

38. Der in einer Wechselstrommeßbrücke als Nullinstrument verwendete Kopfhörer spricht noch bei einer Scheinleistungsaufnahme von $10^{-12} \text{ Voltampere}$ hörbar an. Sein Scheinwiderstand beträgt 600 Ohm .

- Welcher Strom bzw. welche Spannung wird durch den Kopfhörer noch „angezeigt“?
- Wievielmal empfindlicher ist der Kopfhörer gegenüber einem Meßinstrument mit einer Empfindlichkeit von 1 Mikroampere ?

39. An einer Verstärkerröhre liegt eine Anodenspannung von 200 Volt . Dabei fließt ein Ruhestrom von 45 Milliampere . Bei Steuerung der Röhre durch eine Wechselspannung wird im Belastungswiderstand der Röhre $R_a = 5000 \text{ Ohm}$ eine Stromänderung zwischen 45 und 5 Milliampere erzielt.

- Wie groß ist die Gleichstromverlustleistung, die die Röhre im ungesteuerten Zustand aufnimmt (Anodenverlustleistung)?
- Wie groß ist bei Steuerung der Röhre der Effektivwert des Wechselstroms im Belastungswiderstand?
- Welche Wechselstromleistung nimmt der Belastungswiderstand auf?

40. An den Eingang eines Transistorverstärkers wird eine Wechselspannung von 300 Millivolt gelegt. Dabei fließt ein Wechselstrom von

$0,25 \text{ Milliampere}$. Am Ausgang des Verstärkers liegt ein Verbraucherwiderstand von 200 Ohm . Der Wechselstrom im Verbraucherwiderstand hat eine Größe von 90 Milliampere .

- Welche Wechselstromleistung nimmt der Verstärker auf?
- Wie groß ist der Eingangswiderstand des Verstärkers?
- Wie groß ist die abgegebene Wechselstromleistung?
- Eine wievielfache Leistungsverstärkung ergibt sich?

41. An den Ausgang eines Verstärkers wird ein Lautsprecher mit $R = 2,2 \text{ Ohm}$ und $Z = 5 \text{ Ohm}$ (bezogen auf 1000 Hz) geschaltet. Zur Beschneidung der tiefen Frequenzen liegt in Reihe zum Lautsprecher ein Kondensator mit einer Kapazität von $C = 25 \mu\text{F}$. Der Verstärker liefert eine Ausgangswechselspannung von $7,5 \text{ V}$.

- Welche Schein- und Wirkleistung nimmt der Lautsprecher bei 1000 Hz auf?
- Wie groß ist die vom Lautsprecher abgegebene Schalleistung, wenn sein Wirkungsgrad 4% beträgt?
- Bei welcher Frequenz ergibt sich für den Lautsprecher die größte Leistungsaufnahme?
- Wie groß sind Schein- und Wirkleistungsaufnahme des Lautsprechers bei 50 Hz und bei 10000 Hz ?

10. Messung elektrischer Größen

1. Die Innenwiderstandskonstante eines Voltmeters mit einem Meßbereich von 30 V (Vollausschlag) ist mit $833 \Omega/\text{V}$ angegeben. Wie groß ist der Innenwiderstand des Voltmeters?
2. Ein Meßwerk, das bei $50 \mu\text{A}$ voll ausschlägt, besitzt einen Innenwiderstand von 600Ω . Welche Innenwiderstandskonstante gilt für das Meßwerk, wenn es für Spannungsmessungen verwendet werden soll?
3. Um die zu starke Belastung einer bestimmten Meßschaltung durch den Innenwiderstand eines Spannungsmessers zu vermeiden, muß der zu verwendende Spannungsmesser einen 60-Volt-Meßbereich mit einem Innenwiderstand von mindestens $50 \text{ k}\Omega$ besitzen. Welche Innenwiderstandskonstante muß das Instrument haben?
4. Für ein Vielfachinstrument ist die Innenwiderstandskonstante mit $333 \Omega/\text{V}$ angegeben. Welche Innenwiderstände ergeben sich für die Meßbereiche 1,5 V, 3 V, 15 V, 30 V, 60 V und 120 V?
5. Für den empfindlichsten Meßbereich eines Vielfachinstruments sind am Bereichsumschalter die Werte $50 \mu\text{A}/60 \text{ mV}$ angegeben. Dabei liegt das Meßwerk direkt an den Klemmen.
 - a) Wie groß ist der Widerstand in diesem Meßbereich?
 - b) Welche Innenwiderstandskonstante ergibt sich?
6. Mit einem Voltmeter der Klasse 2,5 wird im 300-V-Meßbereich eine Spannung von 120 V gemessen.
 - a) Um wieviel Volt kann der tatsächliche vom abgelesenen Spannungswert abweichen?
 - b) Zwischen welchen tatsächlichen Werten kann die gemessene Spannung liegen?
 - c) Wie groß ist demnach der mögliche prozentuale Fehler?
7. Ein Meßwerk mit 250Ω Widerstand zeigt Vollausschlag, wenn es von 1,2 mA durchflossen wird.
 - a) Welche Innenwiderstandskonstante in $\frac{\Omega}{\text{V}}$ ergibt sich?
 - b) Wie groß muß der Vorwiderstand sein, wenn Spannungen bis 1,5 V gemessen werden sollen?

8. Der Meßbereich eines Voltmeters soll von 6 V auf 30 V erweitert werden. Die Innenwiderstandskonstante beträgt $833 \Omega/\text{V}$. Wie groß muß der zur Meßbereichserweiterung benötigte Vorwiderstand sein?

9. Mit einem $100\text{-}\mu\text{A}$ -Meßwerk, dessen Innenwiderstand 250Ω beträgt, soll ein auf die Meßbereiche 5 V und 25 V umschaltbares Vielfachinstrument gebaut werden. Wie groß müssen die beiden Vorwiderstände sein?

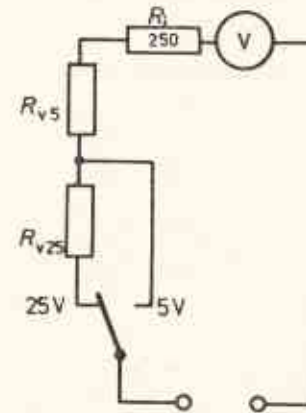


Abb. 10.1

10. Ein $50\text{-}\mu\text{A}$ -Meßwerk mit einem Innenwiderstand von 100Ω soll für einen Strommesser mit 10-mA-Meßbereich Verwendung finden. Wie groß muß der Nebenwiderstand sein?
11. Der Meßbereich eines Milliampereometers 30 mA mit $R_i = 50 \Omega$ soll für Messungen bis 600 mA erweitert werden. Wie groß muß der Nebenwiderstand sein?
12. In der Schaltung nach Abb. 10.2 soll die Spannung an R_2 mit Hilfe eines Vielfachinstruments $333 \Omega/\text{V}$ mit den Meßbereichen 3 V, 6 V, 30 V, 60 V, 300 V gemessen werden.

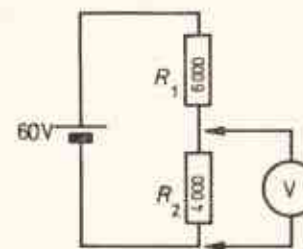


Abb. 10.2

- a) Welcher Meßbereich ist zu wählen?
- b) Wie groß ist der Innenwiderstand des Vielfachinstruments in dem gewählten Meßbereich?
- c) Welche Spannung liegt an R_2 , wenn kein Instrument angeschaltet ist?

- d) Auf welchen Wert stellt sich die Spannung an der Parallelschaltung R_2 -Voltmeter ein?
- e) Wie groß ist der durch das Zuschalten des Meßinstruments entstehende absolute und prozentuale Fehler?

13. Zur Messung der Stromstärke wird in die Relaischaltung ein Milliampereometer mit 100-mA-Meßbereich und einem Innenwiderstand von $12\ \Omega$ eingeschaltet.

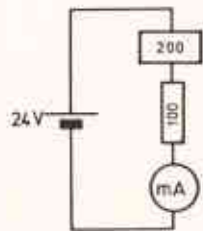


Abb. 10.3

- a) Wie groß müßte die Stromstärke ohne eingeschaltetes Milliampereometer sein?
- b) Um welchen Wert ändert sich die Stromstärke, wenn das Milliampereometer eingeschaltet wird?
- c) Wie groß ist der durch das Einschalten des Milliampereometers bedingte prozentuale Fehler?

14. In der Relaischaltung nach Abb. 10.4 soll die Stromstärke durch indirekte Messung am Widerstand R_v bestimmt werden. Am 150-Ohm-Widerstand wird eine Spannung von 4,8 V gemessen.

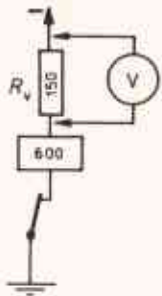


Abb. 10.4

- a) Wie groß ist die Stromstärke im Relaisstromkreis?
- b) Welche Gesamtspannung liegt an der Schaltung?

11. Transformatoren/ Fernmeldeübertrager

1. Welche Sekundärspannung gibt ein Netztransformator ab, wenn er eine Primärwindungszahl von $N_1 = 1300$, eine Sekundärwindungszahl von $N_2 = 250$ besitzt und an 220 Volt betrieben wird? Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis des Transformators?
2. Wie groß muß die Sekundärwindungszahl eines Kleintransformators sein, der 220 Volt auf 6 Volt umspannen soll und eine Primärwindungszahl von 4800 besitzt?
3. Welche Spannung liegt an der Primärwicklung eines Spannungswandlers, dessen Primärwindungszahl 12000 und Sekundärwindungszahl 30 beträgt, wenn ein angeschlossener Spannungsmesser an der Sekundärwicklung 50 Volt anzeigt?
4. Ein Transformator spannt 220 Volt in 48 Volt um. Seine Sekundärwindungszahl beträgt 250. Wie groß ist seine Primärwindungszahl?
5. Die Primärwicklung eines Transformators besteht aus 900 Windungen und wird beim Anschluß an 220 Volt von 125 Milliampere durchflossen. Die Sekundärwicklung besitzt 75 Windungen.
 - a) Welche Stromstärke gibt die Sekundärwicklung ab?
 - b) Wie groß ist die Sekundärspannung des Transformators?
 - c) Wie groß ist das Übersetzungsverhältnis des Transformators?
6. Ein Transformator mit einer Primärwindungszahl von 1050 und einer Sekundärwindungszahl von 60 soll beim Anschluß an 220 Volt an der Sekundärseite einen Strom von 3 Ampere abgeben.
 - a) Wie groß ist die Sekundärspannung?
 - b) Welches Übersetzungsverhältnis hat der Transformator?
 - c) Wie groß ist die Stromstärke in der Primärwicklung, wenn der Sekundärstrom 3 Ampere beträgt?
 - d) Wie groß ist die Nennleistung des Transformators?
7. Zur Messung von Stromstärken bis zu 750 Ampere soll ein Ampereometer mit einem Meßbereich von 15 Ampere verwendet werden. Wie groß muß die Sekundärwindungszahl des erforderlichen Stromwandlers sein, wenn die Primärwicklung nur 1 Windung aufweist?
8. Die Primärwindungszahl eines Transformators beträgt 600, die Sekundärwindungszahl 90. Bei Nennbelastung nimmt der Transformator an 220 Volt 1,5 Ampere auf.

- a) Welche Stromstärke gibt der Transformator ab?
 b) Wie groß ist die Sekundärspannung?
 c) Wie groß ist die abgegebene Leistung (Nennleistung)?
9. Ein Transformator besitzt folgende Windungszahlen:
 Primärwicklung 1375 Windungen,
 Sekundärwicklung 75 Windungen.
 Er soll an 220 Volt betrieben werden. Der Widerstand der Sekundärwicklung beträgt 0,2 Ohm.
- a) Welche Sekundärspannung gibt der Transformator im Leerlauf ab?
 b) Wie groß ist die Sekundärspannung, wenn dem Transformator ein Strom von 10 Ampere entnommen wird?
10. Damit je nach Bedarf verschiedene Sekundärspannungen abgegriffen werden können, enthält die Sekundärwicklung eines Klingeltransformators eine Anzapfung. Der Klingeltransformator soll an 220 Volt betrieben werden und sekundär die Spannungen 3, 5 und 8 Volt abgeben. Seine Primärwindungszahl beträgt 5500.

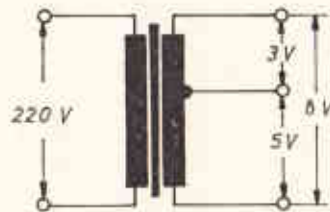


Abb. 11.1 – Klingeltransformator

- a) Wie groß muß die Sekundärwindungszahl für 8 Volt bemessen sein?
 b) Nach wieviel Windungen muß die Sekundärwicklung angezapft werden, damit auch die Teilspannungen 3 Volt und 5 Volt abgegriffen werden können?
11. Ein Transformator 220 V / 60 VA besitzt eine Primärwicklung mit 1200 Windungen.
- a) Wie groß müßte die Sekundärwindungszahl für 24 Volt sein?
 b) Für welche Stromstärke müßten die Primär- und Sekundärwicklung ausgelegt werden?
 c) Nach wieviel Windungen müßte die 24-Volt-Wicklung angezapft werden, wenn auch 18 Volt abgegriffen werden sollen?

12. Ein Schweißtransformator mit einer Nennleistung von 2750 VA wird an 220 Volt betrieben. Die Primärwicklung besteht aus 500 Windungen, die Sekundärwicklung aus 15 Windungen.
- a) Wie hoch ist die Spannung an der Sekundärwicklung?
 b) Welche Stromstärke kann der Schweißtransformator an der Sekundärseite abgeben?
13. Ein Hochspannungstransformator spannt 20 Kilovolt auf 380 Volt um. Seine Nennleistung beträgt 100 kVA, sein Wirkungsgrad 95%.
- a) Wie groß ist sein Übersetzungsverhältnis?
 b) Wie groß sind bei Nennlast die Ströme in Primär- und Sekundärwicklung?
14. In einem Kraftwerk wird die Generatorspannung von 6 Kilovolt durch einen Transformator zunächst auf 25 Kilovolt und in einem Freilufttransformator auf 110 Kilovolt umgespannt. Die Generatorleistung beträgt 50 Mega-VA. Der Wirkungsgrad jedes Transformators ist 96%.

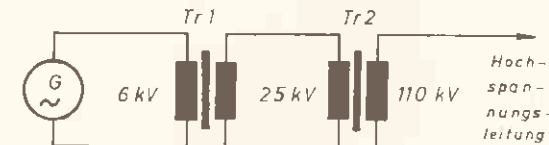


Abb. 11.2 – Umspanner in einem Kraftwerk

- a) Wie groß ist die an die Hochspannungsleitung abgegebene Leistung?
 b) Welche Ströme fließen in den einzelnen Stromkreisen?
 c) Wie groß sind die Übersetzungsverhältnisse der beiden Transformatoren?
 d) Wie groß ist der Leistungsverlust in jedem Transformator?
 e) Welchen Querschnitt müßten die Verbindungsleitungen in den einzelnen Stromkreisen haben, wenn für die Leiter eine Stromdichte von 3,5 A/mm² zugelassen wird?
15. Netztransformatoren für Nachrichtengeräte mit Röhren enthalten auf der Sekundärseite mehrere getrennte Wicklungen, weil
- a) damit eine galvanische Trennung der verschiedenen Sekundärstromkreise gewährleistet ist und

- b) der Strombedarf in den Sekundärstromkreisen meistens sehr verschieden ist und die Drahtstärke der Wicklungen dem jeweiligen Strombedarf angepaßt werden kann.

Der Netztransformator eines älteren Röhrenverstärkers besitzt eine Primärwicklung mit 1250 Windungen. Der Transformator soll beim Betrieb an 220 Volt folgende Sekundärspannungen und -ströme abgeben:

- 1.: 4 Volt/1,2 Ampere,
- 2.: 6,3 Volt/2,8 Ampere,
- 3.: 250 Volt/120 Milliampere.

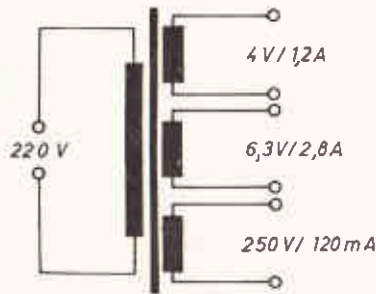


Abb. 11.3 – Netztransformator

- a) Wieviel Windungen muß jede der drei Sekundärwicklungen erhalten?
 - b) Wie groß ist die Nennleistung des Transformators?
 - c) Welche Leistung nimmt der Transformator mit voller Belastung bei einem Wirkungsgrad von 90% auf?
 - d) Wie groß ist dabei der Strom in der Primärwicklung?
16. Für einen Röhrenverstärker soll ein Netztransformator gewickelt werden. Zur Speisung des Verstärkers werden folgende Spannungen und Ströme benötigt:
- a) 6,3 Volt / 3 Ampere (Röhrenheizung),
 - b) 230 Volt / 175 Milliampere (Anodenstromversorgung).

Die Primärwicklung soll aus 1400 Windungen bestehen und ist für 220 Volt ausgelegt.

- a) Welche Windungszahlen müssen die beiden Sekundärwicklungen erhalten?
- b) Wie groß sind die Übersetzungsverhältnisse?
- c) Welche Nennleistung hat der Transformator?

- d) Wie groß ist bei Nennbelastung seine Leistungsaufnahme, wenn sein Wirkungsgrad mit 84% angenommen wird?
- e) Welche Größe hat der Primärstrom bei Nennbelastung des Transformators?
- f) Welchen Querschnitt und welchen Durchmesser müssen die Wicklungsdrähte der Primär- und der beiden Sekundärwicklungen haben, wenn eine Stromdichte von 1,5 A/mm² zugelassen wird?

17. Der Netztransformator eines Verstärkers ist durchgebrannt. Er soll neu gewickelt werden.

Für den Transformator gelten folgende Betriebsdaten:

Primärspannung	220 Volt,
1. Sekundärwicklung	6,3 Volt/3,5 Ampere,
2. Sekundärwicklung	250 Volt/200 Milliampere.

Am Transformator ist nur noch die Sekundärwicklung für 6,3 Volt erkennbar. Ihre Windungszahl wird mit 32 Windungen ermittelt.

- a) Wie groß müssen die Windungszahlen für die Primärwicklung 220 V und die Sekundärwicklung 250 V sein?
 - b) Welche Nennleistung muß der Transformator abgeben können?
 - c) Wie groß ist die Leistungsaufnahme bei einem Wirkungsgrad von 92% (Nennbelastung)?
 - d) Wie groß ist bei Nennbelastung die Stromstärke in der Primärwicklung?
 - e) Welchen Querschnitt und welchen Durchmesser müssen die Wicklungsdrähte für eine zugelassene Stromdichte von 1,8 A/mm² erhalten?
18. Auf einen Transformator, der beim Anschluß an 220 V eine Sekundärspannung von 4 Volt abgibt, soll eine Zusatzwicklung für 6,3 Volt gewickelt werden. Die Windungszahl der 4-Volt-Wicklung wurde zu 19 ermittelt.
- a) Wieviel Windungen müssen als 6,3-Volt-Wicklung zusätzlich aufgebracht werden?
 - b) Aus wie vielen Windungen besteht die Primärwicklung?
19. Den Angaben auf dem Typenschild entsprechend soll der Netztransformator für eine Nebenstellenanlage beim Anschluß an 220 Volt eine Sekundärspannung von 24 Volt abgeben. Bei der Prüfung des

Transformators an einer Netzspannung von 210 Volt wird eine Sekundärspannung von 29 Volt gemessen.

- In welcher Wicklung des Transformators liegt ein Windungskurzschluß vor?
- Wieviel Prozent der Windungen sind an der gestörten Wicklung kurzgeschlossen?

20. Vielfach werden die Primärwicklungen der Netztransformatoren mit Anzapfungen versehen, um die Geräte bei verschiedenen Netzspannungen verwenden zu können.

Der Netztransformator einer Nebenstellenanlage ist für die Netzspannungen 240 V, 220 V und 110 V umschaltbar. Bei voller Belastung gibt der Transformator 24 Volt / 5 Ampere ab. Sein Wirkungsgrad beträgt 80%. Die Sekundärwicklung enthält 110 Windungen.

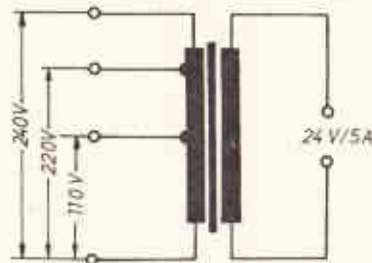


Abb. 11.4 – Netztransformator

- Wieviel Windungen muß die Primärwicklung für 240 Volt erhalten?
 - Nach wie vielen Windungen muß die Primärwicklung für 110 Volt und 220 Volt angezapft werden?
 - Wie groß ist die Leistungsaufnahme des Transformators?
 - Wie groß sind die Primärströme bei 240 Volt, 220 Volt und 110 Volt?
 - Welchen Wert müßten die Feinsicherungen für 240-Volt-, 220-Volt- und 110-Volt-Betrieb erhalten?
21. Ein Klingeltransformator nimmt im Leerlauf 0,5 Watt Verlustleistung auf.
- Wie groß ist der Energieverbrauch des Transformators in einem Jahr (365 Tage) für den Leerlaufbetrieb?
 - Wie hoch sind die dafür aufkommenden Stromkosten, wenn 1 Kilowattstunde 11 Pf kostet?

- Wie groß ist der Leistungsverlust in einem Transformator mit 120 Kilowatt Nennleistung und einem Wirkungsgrad von 96%?
 - Welcher Energieverlust wird durch den Transformator in einem Monat (30 Tage) verursacht?
23. Die Induktionsspule eines Fernsprechapparats besitzt auf der Primärseite zwei Wicklungen mit 800 und 1500 Windungen in Reihenschaltung und auf der Sekundärseite (Hörerstromkreis) 1100 Windungen.

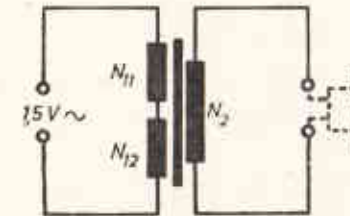


Abb. 11.5 – Induktionsspule

Wie groß ist die Spannung an der Sekundärseite, wenn an den beiden Primärwicklungen zusammen 1,5 Volt Wechselspannung liegen?

24. Die Induktionsspule eines OB-Apparats besitzt folgende Wicklungsdaten:

Primärwicklung	480 Windungen,	5 Ohm,
Sekundärwicklung	2400 Wicklungen,	123 Ohm.

Im Primärstromkreis liegt ein Trockenelement mit einer Leerlaufspannung von 1,5 Volt und einem inneren Widerstand von 0,4 Ohm sowie das OB-Mikrofon, dessen Widerstand sich bei Beschallung mit einem Sinuston (Meßton) zwischen 5 und 20 Ohm verändert.

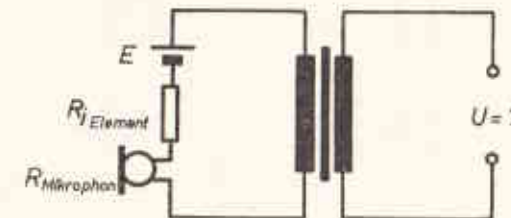


Abb. 11.6 – Induktionsspule

- Wie groß ist die Spannungsänderung an der Primärwicklung der Induktionsspule?

- b) Wie groß ist die entsprechende Spannungsänderung an der Sekundärseite der Induktionsspule?
- c) Wie groß ist der Effektivwert der Sekundärspannung? (Vorsicht vor Trugschlüssen!)
25. Eine Kabeldoppelleitung mit einem Wellenwiderstand von 800 Ohm soll durch einen Fernmeldeübertrager an eine Fernleitung angepaßt werden, deren Wellenwiderstand 1600 Ohm beträgt. Welches Übersetzungsverhältnis muß der Fernmeldeübertrager besitzen?
26. Welchen Sekundär-Wellenwiderstand hat ein Anpassungsübertrager mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 2,4, wenn sein Eingangs-Wellenwiderstand 670 Ohm beträgt?
27. Bestimmen Sie die Übersetzungsverhältnisse folgender Fernmeldeübertrager anhand ihrer Wellenwiderstände.
- $Z_1 = 800 \text{ Ohm}$, $Z_2 = 1600 \text{ Ohm}$,
 - $Z_1 = 1440 \text{ Ohm}$, $Z_2 = 600 \text{ Ohm}$,
 - $Z_1 = 1440 \text{ Ohm}$, $Z_2 = 300 \text{ Ohm}$,
 - $Z_1 = 800 \text{ Ohm}$, $Z_2 = 400 \text{ Ohm}$.
28. An einem Fernmeldeübertrager 1 : 2,4 liegt eine Tonfrequenz-Wechselspannung von 250 mV. Wie hoch ist die Ausgangsspannung?
29. Welches Übersetzungsverhältnis besitzt ein Fernmeldeübertrager, an dem beim Anlegen einer Primärspannung von 460 mV eine Sekundärspannung von 325 mV gemessen wird?
30. In einer Phantomschaltung ergeben sich folgende Wellenwiderstände:

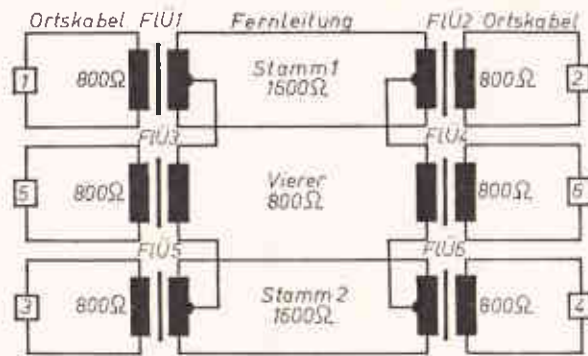


Abb. 11.7 – Viererschaltung

Welche Übertragungsverhältnisse müssen die sechs Fernleitungsübertrager haben?

31. Beim W-System 40 wird das Wählzeichen durch das A-Relais in der I. GW-Stufe induktiv übertragen.

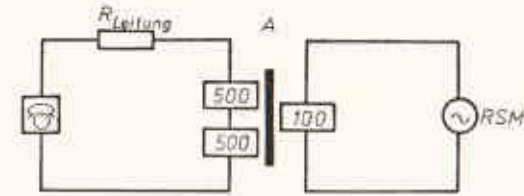


Abb. 11.8 – Übertrager

Das A-Relais hat folgende Windungszahlen:

- 100-Ohm-Wicklung ... 730 Windungen,
- 500-Ohm-Wicklung ... 6100 Windungen,
- 500-Ohm-Wicklung ... 6100 Windungen.

- Wie groß ist die Leerlaufspannung, die an den beiden 500-Ohm-Wicklungen erzeugt wird, wenn an der 100-Ohm-Wicklung eine Spannung von 4 Volt / 450 Hz liegt?
- Welche Spannung liegt am Fernsprechapparat, wenn sein Widerstand mit 150 Ohm, der Leitungswiderstand mit 400 Ohm und der Scheinwiderstand der 1000-Ohm-Wicklung des A-Relais mit 7000 Ohm berücksichtigt wird?

32. Zur Übertragung des Wählzeichens dient im W-System 50 der OIÜ in der I. GW-Stufe. Die Wicklungen des OIÜ haben folgende Daten:

- Wicklung 1-2 = 170 Windungen,
- Wicklung 4-5 = 170 Windungen,
- Wicklung 7-8 = 340 Windungen,
- Wicklung 7-8 = 18 Ohm Gleichstromwiderstand,
- Wicklung 7-8 = 1,24 Henry Induktivität.

In Reihe mit der Wicklung 7-8 ist ein Widerstand von 7 Kiloohm geschaltet.

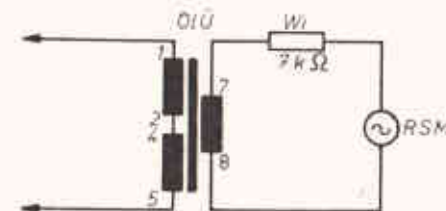


Abb. 11.9 – Übertrager

- a) Wie groß ist der Scheinwiderstand Z im Primärstromkreis (7–8) bei 450 Hz?
- b) Welcher Strom fließt im Primärstromkreis, wenn die RSM eine Spannung von 6 Volt / 450 Hz abgibt?
- c) Wie groß ist dabei der Spannungsabfall an der Wicklung 7–8 des OIÜ? (Der Gleichstromwiderstand der Wicklung kann vernachlässigt werden.)
- d) Welche Spannung wird dadurch in den Wicklungen 1–2 und 4–5 induziert?

12. Anwendungsbeispiele

12.1. Relais und Relaisschaltungen

Zur Berechnung der Grundwerte eines Relais, wie Wicklungswiderstand, erforderliche Stromstärke und Spannung, sind im allgemeinen die bekannten Formeln für den Gleichstromkreis heranzuziehen.

Für die überschlägliche Bestimmung der Anzugsbedingung eines Fernmelderelais kann die Kontaktbestückung herangezogen werden.

Dabei gilt:

für den 1. Kontakt	60 Amperewindungen,
für den 2. Kontakt	25 Amperewindungen,
für jeden weiteren Kontakt	10 Amperewindungen.

1. Ein Relais besitzt eine Wicklung mit 6000 Windungen Kupferdraht mit 0,1 mm Durchmesser. Der mittlere Windungsdurchmesser beträgt 1,2 cm. Welchen Widerstand hat die Relaiswicklung?
2. Die Wicklung eines Relais hat einen Widerstand von 350 Ohm. Sie wurde aus Kupferdraht mit 0,12 mm Durchmesser hergestellt. Der mittlere Windungsdurchmesser beträgt 1,2 cm. Wieviel Windungen enthält die Wicklung?
3. Die Kupferdrahtwicklung eines Relais hat bei 20 °C einen Widerstand von 750 Ohm. Während des Betriebs steigt die Temperatur auf 60 °C. Die Spannung beträgt $U = 60$ Volt.
 - a) Wie groß ist der Widerstand der Wicklung bei 60 °C?
 - b) Wie groß sind die Ströme, die das Relais im kalten und im betriebswarmen Zustand aufnimmt?
 - c) Welche elektrische Leistung nimmt die Wicklung in beiden Fällen auf?
4. An einem Relais werden folgende Werte gemessen:

bei 20 °C:	$U = 60$ Volt, $I = 75$ Milliampere,
nach längerem Betrieb:	$U = 60$ Volt, $I = 65$ Milliampere.

 Auf welche Temperatur hat sich die Relaiswicklung aus Kupferdraht im Betrieb erwärmt?
5. a) Wieviel Meter Chromnickeldraht mit 0,1 mm Durchmesser werden zur Herstellung einer Heizwendel für ein Thermorelais benötigt, wenn sie einen Widerstand von 300 Ohm erhalten soll?
 b) Welche elektrische Leistung nimmt die Heizwendel an 60 Volt auf?
6. Für ein Relais, das bei 24-Volt-Betrieb 80 Milliampere Anzugsstrom benötigt, soll ein Vorwiderstand für 60-Volt-Betrieb ermittelt werden.
 - a) Welchen Widerstandswert muß er besitzen?

- b) Für welche Belastbarkeit in Watt muß der Vorwiderstand ausgelegt sein?
7. Um die Induktivität der Wicklung eines Wechselstromphasenrelais zu ermitteln, werden zwei Messungen durchgeführt:
1. Messung an Gleichspannung: $U = 60 \text{ Volt}$,
 $I = 86,6 \text{ mA}$,
 2. Messung an Wechselspannung: $U = 48 \text{ Volt}$,
 $I = 32 \text{ mA}$,
 $f = 50 \text{ Hz}$.

Welche Induktivität hat die Wicklung?

8. In folgender Schaltung ist ein abfallverzögertes Relais dargestellt.

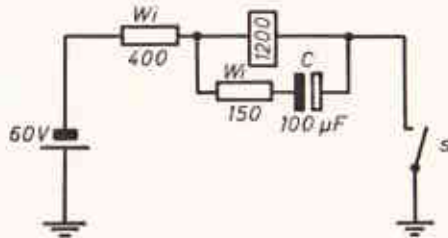


Abb. 12.1 – Relais mit Abfallverzögerung

- a) Wie groß ist der Relaisstrom bei geschlossenem s-Kontakt?
 - b) Welche Ladespannung erhält der Kondensator?
 - c) Wie groß ist der Relaisstrom unmittelbar nach dem Öffnen des s-Kontakts?
9. Ein Relais mit 5400 Windungen hat einen Wirkwiderstand von 400 Ohm. Unter Vorschaltung eines Schutzwiderstands von 1000 Ohm wird beim Anlegen an 220 Volt / 50 Hz ein Strom von 135 mA gemessen. Wie groß ist die Induktivität der Relaiswicklung?
10. Das Relais in folgender Schaltung zieht bei einem Strom von 50 mA an.

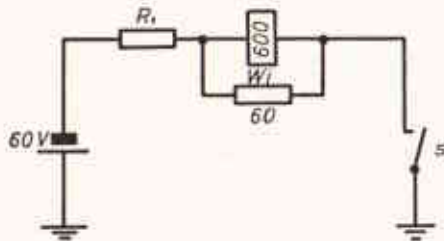


Abb. 12.2 – Relaisschaltung

Wie groß darf der Widerstand R_1 sein, damit das Relais gerade noch anziehen kann?

11. Ein Relais mit verkürzter Anzugszeit hat folgende Bedingungen:
- Anzugsstrom = 75 mA und
Haltestrom = 48 mA.

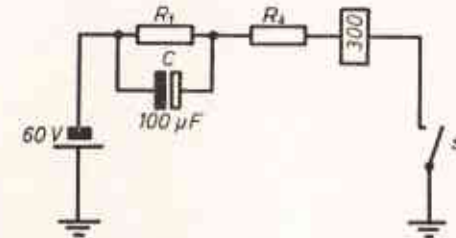


Abb. 12.3 – Relais mit verkürzter Anzugszeit

Wie groß müssen die Widerstände R_1 und R_2 sein, damit diese Bedingungen eingehalten werden?

(Was ist bei der Bemessung der Kondensatorkapazität zu beachten?)

12. Für einen Fernsprechkreis wird mit Rücksicht auf eine ausreichende Verständigung ein Speisestrom von 30 Milliampere gefordert.

Im Stromkreis liegen:

die Amtsbatterie mit $U = 60 \text{ Volt}$,
das Speisereis mit $R = 1000 \text{ Ohm}$ bei 12200 Windungen,
der Leitungswiderstand R_{Leitung} und
der Widerstand des Fernsprechapparats mit $R = 150 \text{ Ohm}$.

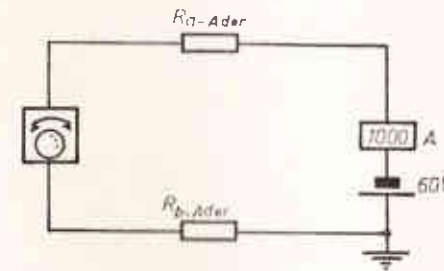


Abb. 12.4 – Speisereis

- a) Wie groß darf der zulässige Leitungswiderstand bei 30 Milliampere Speisestrom sein?

- b) Mit welcher Sicherheit zieht das Speiserelais an, wenn zum Anzug mindestens 125 Amperewindungen erforderlich sind?

13. In einem Stromkreis liegen nach folgender Schaltung zwei Relais in Reihe.

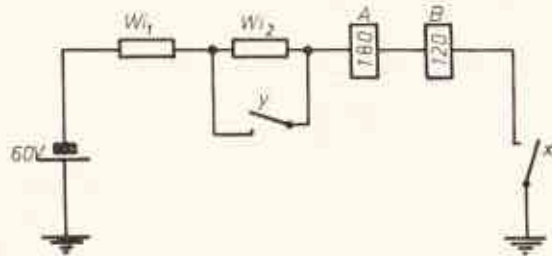


Abb. 12.5 - Relaischaltung

Das A-Relais enthält 4170 Windungen mit einem Widerstand von 180 Ohm, das B-Relais 2250 Windungen mit einem Widerstand von 120 Ohm. Zum Anzug benötigt das A-Relais mindestens 125 Amperewindungen, das B-Relais 180 Amperewindungen. Die Fehlstrombedingung für das B-Relais beträgt 65 Milliampere.

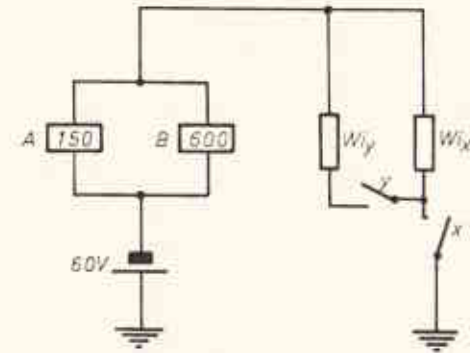
Für die Relaischaltung gilt folgende Funktion:

Durch das Schließen des x-Kontakts soll das A-Relais anziehen und das B-Relais Fehlstrom erhalten.

Beim Schließen des y-Kontakts soll auch das B-Relais anziehen.

- a) Wie groß müssen die Widerstände W_{i1} und W_{i2} bemessen werden?
- b) Prüfen Sie, ob die Fehlstrombedingung für das B-Relais beim Schließen des x-Kontakts eingehalten wird.
14. Jedes der beiden Relais A und B in der folgenden Schaltung benötigt zum Anzug 40 Milliampere.

- a) Wie groß müßte W_{ix} sein, damit beim Schließen des x-Kontakts nur das A-Relais anzieht?
- b) Welcher Strom fließt dabei durch das B-Relais?
- c) Welchen Widerstandswert müßte W_{iy} erhalten, damit auch das B-Relais anzieht, wenn die x- und y-Kontakte geschlossen werden?
- d) Wie groß ist der Strom im A-Relais bei geschlossenen x- und y-Kontakten?



A-Relais:
Anzugsbedingung 40mA
B-Relais:
Anzugsbedingung 40mA

Abb. 12.6 - Relaischaltung

15. In folgender Schaltung bestehen für das Relais die Bedingungen:

Fehlstrom bei 50 mA,
Anzug bei 80 mA.

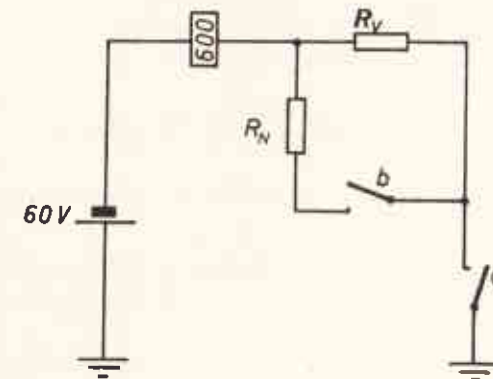


Abb. 12.7 - Relais mit Vormagnetisierung

- a) Wie groß muß R_v sein, damit das Relais beim Schließen des a-Kontakts gerade noch Fehlstrom erhält?
- b) Welchen Wert muß R_N haben, damit das Relais anzieht, wenn bei bereits geschlossenem a-Kontakt der b-Kontakt zusätzlich geschlossen wird?

16. Welchen Wert müssen die Widerstände R_1 und R_2 in folgender Schaltung für ein Relais mit verkürzter Anzugszeit erhalten, damit das Relais

- beim Schließen des x-Kontakts 100 Amperewindungen (Fehlstrombedingung),
- beim zusätzlichen Schließen des y-Kontakts 240 Amperewindungen (Anzugsbedingung) erhält?

Das Relais enthält eine Wicklung aus 3200 Windungen.

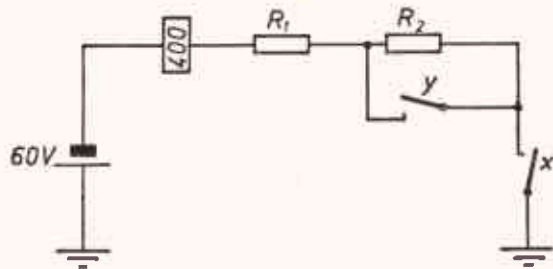


Abb. 12.8 – Relaisschaltung mit verkürzter Anzugszeit

17. Die Wicklung eines 50-Hz-Wechselstromrelais mit 3500 Windungen besitzt einen Gleichstromwiderstand von 450 Ohm und eine Induktivität von 0,9 H. Das Relais benötigt 300 AW, um sicher anzuziehen.

- Welche Stromstärke muß durch die Wicklung fließen, damit das Relais anzieht?
- Wie groß darf im äußersten Fall ein ohmscher Vorwiderstand bei 60-V-Betrieb (50 Hz) sein?

18. Die Wicklung eines Relais besteht aus 3700 Windungen Cu-Draht und besitzt einen Widerstand von 185 Ohm. Das Relais benötigt zum sicheren Anziehen 250 Amperewindungen.

- Welche Stromstärke muß durch das Relais fließen, damit es anzieht?
- Welche Spannung muß dazu mindestens am Relais liegen?
- Wie groß darf der Vorwiderstand bei 60-Volt-Speisung sein?

19. Das P-Relais eines LW besitzt folgende Kontaktbestückung:

4 Arbeitskontakte,
1 Ruhekontakt und
1 Umschaltkontakt.

Die Wicklung besteht aus 12000 Windungen mit einem Widerstand von 1500 Ohm.

- Welche AW-Zahl ist zum Anzug mindestens erforderlich?
- Wie groß muß der Anzugsstrom sein?
- Welche Spannung muß dabei am P-Relais liegen?
- Kann das Relais anziehen, wenn es eine Spannung von 5,6 Volt erhält?
- Wie groß müssen Strom und Spannung am P-Relais bei zweifacher Sicherheit sein?

20. Das A-Relais im I.GW 40 ist mit folgenden Kontakten bestückt:

2 Arbeitskontakte,
2 Ruhekontakte.

Es enthält eine Reihenschaltung aus zwei Wicklungen mit je 6100 Windungen mit einem Widerstand von je 500 Ohm.

- Wieviel Amperewindungen benötigt das Relais zum Anziehen?
- Wie groß muß der Anzugsstrom mindestens sein?
- Wie groß müßte der Anzugsstrom unter Berücksichtigung einer 2,5fachen Sicherheit sein?
- Welche Spannung muß nach c) am Relais liegen?
- Wie groß darf der Vorwiderstand zum Relais nach c) bei 60-Volt-Betrieb sein?

21. Das Differentialrelais in folgender Schaltung benötigt zum Anziehen 125 Amperewindungen. Die Relaiswicklung 1–2 und 3–4 enthalten je 5210 Windungen.

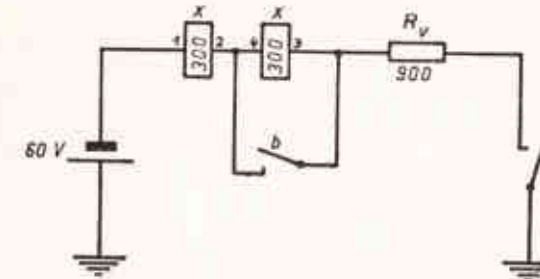


Abb. 12.9 – Differentialrelais

- Wie groß ist die wirksame Amperewindungszahl für das X-Relais bei geschlossenem a-Kontakt?

- b) Wie verändert sich die wirksame Amperezahl, wenn a- und b-Kontakt geschlossen sind?
- c) Wie groß ist die Anzugssicherheit für das X-Relais?
- d) Wie groß darf R_v werden, damit das X-Relais gerade noch anziehen kann?

22. Für die Gebührenerfassung ergibt sich in einer Fernsprechverbindung folgender Stromkreis:

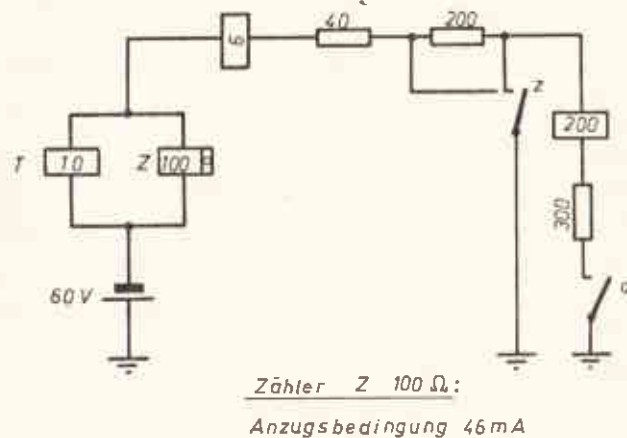


Abb. 12.10 – Gesprächszählung

- a) Wie groß ist der Strom im Zähler Z, nachdem der a-Kontakt geschlossen worden ist?
- b) Welche Größe erhält der Zählerstrom, wenn zusätzlich zum a-Kontakt auch die beiden z-Kontakte geschlossen sind?
- c) Durch welchen Kontakt wird also der eigentliche Zählvorgang ausgelöst?
23. Das Schaltkennzeichen der Sperrung für einen aufprüfenden Wähler in einem Wählamt ist: Die Steuerleitung führt stark verminderte oder keine Spannung. Dieser Zustand genügt nicht, um ein aufprüfendes Relais zu erregen.

Anhand des folgenden Schaltungsauszeuges kann der Aufprüfvorgang berechnet werden.

- a) Wie groß sind Spannung und Strom für das P_1 -Relais im Augenblick des Aufprüfens (c-Arm 1 durchgeschaltet)?

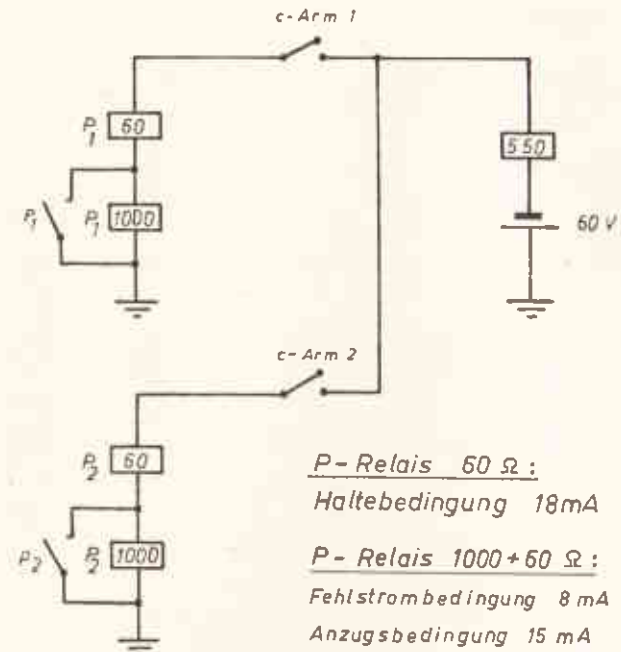


Abb. 12.11 – Aufprüfen

- b) Welcher Strom fließt nach dem Ansprechen des P_1 -Relais über die noch im Stromkreis liegende 60-Ohm-Wicklung?
- c) Wie groß ist die Spannung am P_1 -Relais?
- d) Durch den c-Arm 2 wird das P_2 -Relais aufgeschaltet. Wie groß ist der Strom, den das P_2 -Relais (60 + 1000 Ohm) erhält?
- e) Kann das P_2 -Relais anziehen?
24. Die Schaltung nach Abb. 12.12 stellt die Signalisierung eines Sicherungsausfalls (Abzweigsicherung) dar. Bedingungen für das HA-Relais: Anzug 25 mA, Halten 12,5 mA.
- a) Wie groß ist die Spannung am HA-Relais im normalen Betrieb?
- b) Was geschieht, wenn durch Kurzschluß eine Sicherung durchbrennt?
- c) Berechnen Sie Spannung und Strom am HA-Relais
1. für den Kurzschlußfall (eine Sicherung ausgefallen),
 2. für den Fall, daß der Kurzschluß zwar behoben, die Sicherung aber noch nicht ausgewechselt worden ist.
- d) Wie reagiert das HA-Relais auf die Betriebszustände c1 und c2?

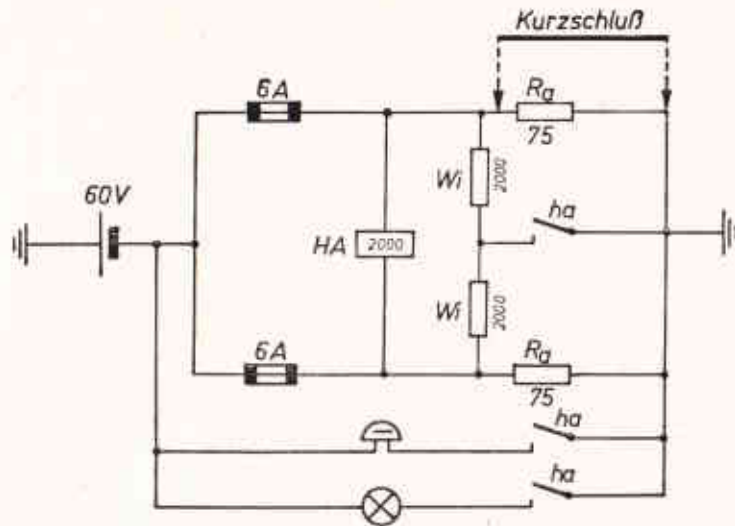


Abb. 12.12 - Sicherungsausfall

25. In Nebenstellenanlagen mit 24-Volt-Speisung kann von einer außenliegenden Nebenstelle mit langer, hochohmiger Anschlußleitung u. U. kein Amtsgespräch mehr geführt werden, weil beim Betätigen der Erdtaste das X-Relais nur noch Fehlstrom erhält. Das X-Relais in folgender Schaltung (W 1/1) benötigt zum Anziehen 115 Ampere-windungen. Seine Wicklung besteht aus 2900 Windungen Cu-Draht.

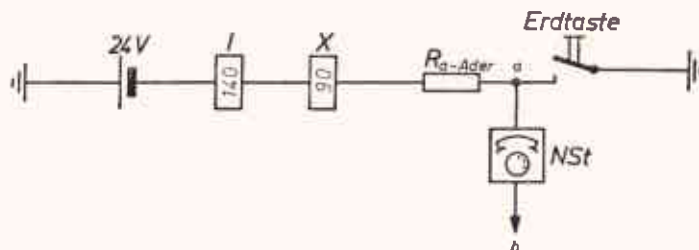


Abb. 12.13 - Außenliegende Nebenstelle

- Wie groß darf der Widerstand der a-Ader der Anschlußleitung sein, damit die Anzugsbedingung für das X-Relais noch gerade erfüllt wird?
- Auf welchen Wert ändert sich der zulässige Widerstand der a-Ader, wenn für das X-Relais mindestens 1,5fache Sicherheit verlangt wird?

- Wie groß ist demnach der zulässige Schleifenwiderstand der Anschlußleitung?
 - Wie lang darf die Kabeldoppelader, 0,6 mm Durchmesser, für eine außenliegende Nebenstelle sein?
 - Bei einem gegebenen Leitungswiderstand von 375 Ohm wird ein Zusatzspeisegerät 20 Volt eingesetzt. Wieviel AW erhält das X-Relais jetzt?
 - Wie groß ist die Sicherheit bei der nach Frage e) ermittelten AW-Zahl?
26. a) Wie groß sind die Ströme im Z-Relais des in Abb. 12.14 dargestellten Zählstromkreises (I. VW - I. GW 50) bei geöffnetem und geschlossenem z-Kontakt?
- b) Wie verändert sich der Gesamtstrom im Zählstromkreis, wenn die beiden z-Kontakte nacheinander betätigt werden?
- c) Berechnen Sie die Belastung folgender Widerstände in Watt:
- W_i 300 und W_i 200 bei geöffnetem z-Kontakt,
 W_i 130 und W_i 200 nach dem Schließen des ersten z-Kontakts,
 W_i 80 bei vollkommen geschlossenem z-Kontakt.

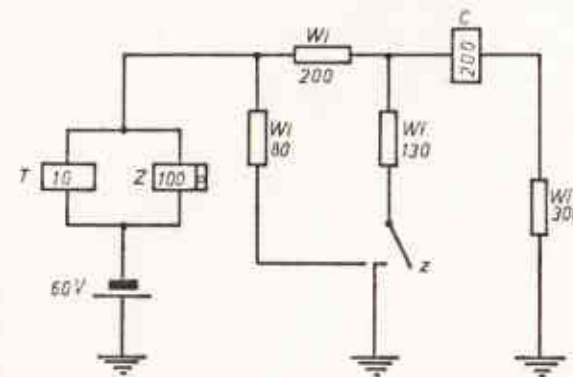
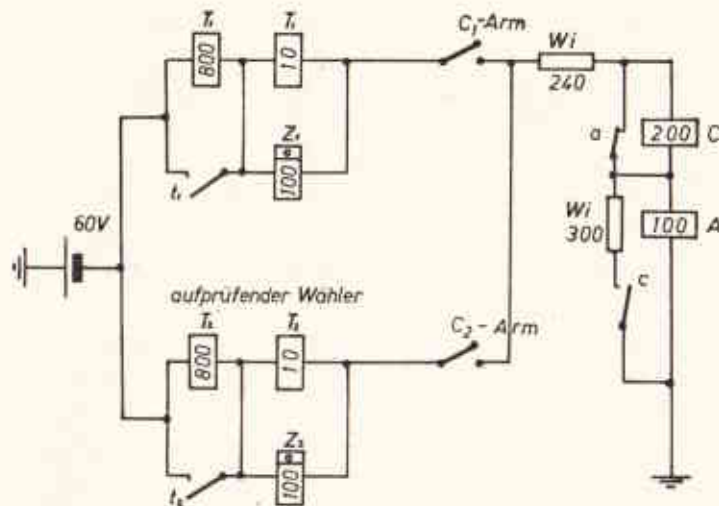


Abb. 12.14 - Gesprächszählung

27. Berechnen Sie für folgende Relaischaltung (Aufprüfvorgang):
- den Gesamtwiderstand im Prüfstromkreis bei geschlossenem c_1 -Arm,
 - den Strom, den das T-Relais (800) beim Schließen des c_1 -Arms erhält (wird die Anzugsbedingung erfüllt?),



Wicklung T 800 + T 10: Anzugsbedingung 42 mA
Wicklung T 10: Haltebedingung 52 mA

Abb. 12.15 – Aufprüfvorgang

- den Haltestrom des T-Relais (10), nachdem
 - das A-Relais seinen Ruhekontakt geöffnet,
 - das C-Relais seinen Arbeitskontakt geschlossen und
 - das T₁-Relais seinen Arbeitskontakt t₁ geschlossen hat (wird die Haltebedingung für das T₁-Relais (10) erfüllt?),
- den Gesamt-Widerstand des Prüfstromkreises, nachdem
 - die Schaltvorgänge unter c) beendet sind und
 - der c₂-Arm geschlossen wird,
- die Spannung an T₂ (800 + 10) des aufprüfenden Wählers,
- den Strom, der durch die T₂-800-Wicklung des aufprüfenden Wählers fließt (ist die Anzugsbedingung für T 800 gegeben?).

12.2. Fernmeldeleitungen

- Die Ortsanschlußleitung zu einer außenliegenden Nebenstelle hat folgende Führung:
 - NStAnl – KVz A 1 =
= 845 m Kabel mit 0,6 mm Aderndurchmesser,
 - KVz A 1 – KVz A 4 =
= 980 m Kabel mit 0,6 mm Aderndurchmesser,

- KVz A 4 – EVz A 4.18 =
= 1325 m Kabel mit 0,8 mm Aderndurchmesser.
Welchen Schleifenwiderstand hat die Nebenstellenleitung?

- Eine Privatfernmeldeleitung hat im Netz der Deutschen Bundespost folgende Führung:
 - ON A-Dorf
650 m Freileitung 1,5 mm Bronze,
1840 m Kabel mit 0,6 mm Aderndurchmesser,
 - Bezirkskabel
17380 m Kabel mit 0,9 mm Aderndurchmesser,
 - ON B-Dorf
1450 m Kabel mit 0,8 mm Aderndurchmesser,
3560 m Kabel mit 0,6 mm Aderndurchmesser.

Wie groß ist der Schleifenwiderstand der Privatfernmeldeleitung?

- Bei welcher Leitungslänge haben Kabeldoppeladern mit 0,4, 0,6 bzw. 0,8 mm Aderndurchmesser einen Schleifenwiderstand von 1000 Ohm?
- Wie lang darf die Leitung zu einer außenliegenden Nebenstelle in einem Kabel mit 0,6 mm Aderndurchmesser sein, wenn der Schleifenwiderstand höchstens 350 Ohm betragen darf?
- Zur Erzielung einer ausreichenden Verständigung soll für einen Fernsprechapparat der Speisestrom den Wert 30 Milliampere nicht unterschreiten.
 - Wie groß darf der Leitungswiderstand eines Hauptanschlusses bei einer VStW mit 60-Volt-Speisung sein, wenn außer der Leitung folgende Widerstände im Stromkreis liegen:
 - Speiserelais (A-Relais) mit 1000 Ohm und
 - Fernsprechapparat mit 150 Ohm?
 - Wie lang dürfte eine Kabel-Doppelader mit dem nach a) errechneten Schleifenwiderstand bei 0,4 bzw. 0,6 mm Aderndurchmesser sein?
 - Wie groß ist der Speisestrom, wenn bei einem gegebenen Leitungswiderstand von 975 Ohm ein Zusatzspeisegerät 20 Volt eingeschaltet wird?
- a) Wie groß ist der Widerstand einer Fernkabel-Doppelader (bei 20 °C) mit 1,2 mm Aderndurchmesser bei einer Länge von 125 km, wenn man einen Vervielfachungsfaktor von 1,02 und die Widerstände der Pupinspulen mit je 8 Ohm bei einem Spulenabstand von 1,7 km berücksichtigt?

- b) Um wieviel Ohm nimmt der Schleifenwiderstand ab, wenn das Kabel im Winter nur noch eine Temperatur von 0°C hat?
- c) Um wieviel Meter kann ein Kabelmeßbeamter demnach einen Kabelfehler falsch einmessen, wenn er die Temperatur nicht berücksichtigt?
7. Welchen Schleifenwiderstand hat eine 3,2 km lange Freileitung aus 1,5 mm Bronze bei 20°C ? Auf welchen Wert erhöht sich der Schleifenwiderstand, wenn die Temperatur der Leitungsdrähte durch Sonnenbestrahlung auf 42°C steigt?
8. In einem Ortsanschlußkabel mit 0,6 mm Aderndurchmesser ist eine 3,5 km lange Doppelader durch Adernberührung gestört. Der Prüfschrankbeamte mißt an der gestörten Doppelader einen Schleifenwiderstand von 275 Ohm.
- a) In welcher Entfernung vom Meßstandort (HVt) liegt der Fehler?
- b) Welchen Widerstand müßte die am Ende kurzgeschlossene Leitung im ungestörten Zustand haben?
9. Die Ortsanschlußleitung eines Hauptanschlusses ist vom Hauptverteiler aus über eine 2650 m lange Kabeldoppelader mit 0,6 mm Aderndurchmesser und eine 2350 m lange Kabeldoppelader mit 0,8 mm Aderndurchmesser geschaltet. An dieser durch Adernberührung gestörten Ortsanschlußleitung wird vom Prüfschrankbeamten ein Schleifenwiderstand von 385 Ohm gemessen. In welcher Entfernung vom Hauptverteiler liegt der Fehler?
10. Eine Ortsanschlußleitung mit folgender Führung:
 1750 m Doppelader mit 0,6 mm Aderndurchmesser,
 375 m Doppelader mit 0,8 mm Aderndurchmesser und
 1975 m Freileitung mit 1,5 mm Leitungsdurchmesser (Bronze)
 ist durch Berührung gestört. Beim Messen wird am Prüfschrank ein Schleifenwiderstand von 265 Ohm ermittelt.
- a) In welchem Leitungsabschnitt liegt der Fehler?
- b) Wie läßt sich der Fehlerort am einfachsten genauer eingrenzen?
11. Welchen Durchmesser müßten die Kabeladern aus Aluminium haben, wenn sie bei gleicher Länge den gleichen Widerstand wie Kupferadern mit 1,2 mm Aderndurchmesser haben sollen?
12. Wie groß ist der Isolationswiderstand einer 3,2 km langen oberirdischen Doppelleitung, wenn der kilometrische Isolationswiderstand 2,5 Megohm beträgt?
13. Die Isolatoren einer Freileitung haben einen mittleren Isolationswiderstand von 20 Megohm gegen Erde.

- a) Welcher Isolationswiderstand ergibt sich für 1 km Doppelleitung, wenn man einen Mastabstand von 50 m zugrunde legt?
- b) Wie groß ist der entsprechende Leitwert? (Ableitung)

14. Die Ableitung einer Freileitung soll höchstens $1\ \mu\text{S}/\text{km}$ betragen. Wie groß ist der zulässige niedrigste Isolationswiderstand einer 3,8 km langen Freileitung?
15. Der Isolationswiderstand eines Kabels soll mindestens 5000 Megohm je km betragen. An einem 14,5 km langen Bezirkskabel wird ein Isolationswiderstand von 350 Megohm gemessen. Ist dieser Wert noch ausreichend?

Anhang 1

Werkstoffeigenschaften – Leiter

Nr.	Werkstoff	Spezi- fischer Widerstand $\rho \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Dichte $\rho \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$	Spezi- fische Wärme- kapazität $c \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{grd}}$	Wider- stands- tempera- turelwert $\alpha \frac{1}{\text{grd}}$	Längen- ausdeh- nungszahl $\alpha \frac{1}{\text{grd}}$	Elektro- chemisches Gramm- äquivalent $c \frac{\text{mg}}{\text{As}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Aldrey	0,033	2,7	—	0,0036	—	—
2	Aluminium	0,0278	2,7	975	0,004	0,000024	0,093
3	Blei	0,22	11,3	130	0,0042	0,000029	1,072
4	Beton	—	2,1	880	—	0,000021	—
5	Bronze	0,028	8,6	377	0,004	0,000007	—
6	Chrom	0,15	6,92	—	—	—	0,183
7	Chrom-Nickel	1,1	—	—	0,001	—	—
8	Eisen u. Stahl	—	—	—	—	—	—
9	Gold	0,021	19,3	142	0,0036	0,000014	0,68
10	Graphit	20 . . 100	2,0	837	-0,0002	0,000001	—
11	Holz	—	0,53	—	—	—	—
12	Kohle u. Graphit	—	—	—	—	—	—
13	Konstantan	0,5	8,9	—	-0,00003	—	—
14	Kupfer	0,018	8,9	440	0,004	0,000019	0,329
15	Nickel	0,1	8,7	552	0,004	0,000013	0,304
16	Nickelin	0,43	8,8	552	0,00023	0,000013	—
17	Manganin	0,42	8,4	453	0,00001	—	—
18	Quecksilber	0,953	13,6	138	0,0009	0,000182	1,036
19	Sand	—	1,7	—	—	—	—
20	Sauerstoff	—	0,00143	—	—	—	0,083
21	Silber	0,016	10,5	260	0,0036	0,00002	1,118
22	Stahl	0,125	7,85	660	0,0048	0,000014	0,289
23	Wasser	—	1,0	4187	—	—	—
24	Wasserstoff	—	0,000089	—	—	—	0,0104
25	Wolfram	0,055	19,1	142	0,0041	—	—
26	Zink	0,06	7,2	400	0,004	0,000027	0,339
27	Zinn	0,1	7,28	234	0,0048	0,000023	0,61

Anhang 2

Werkstoffeigenschaften – Isolierstoffe

Nr.	Werkstoff	Spezifischer Widerstand $\Omega \cdot \text{cm}$	Dielektrizitäts- zahl	Durchschlags- festigkeit kV/mm
1	Luft	—	1,0	1,5
2	Papier	10^{12}	2,8	30
3	Porzellan	10^{13}	5,0	35
4	Glimmer	10^{16}	7,0	30
5	Hartglas	10^{14}	6,5	400
6	Steatit	10^{13}	4,5	30
7	Plexiglas	10^{13}	3,5	40
8	Keramik	10^{13}	5,2	—
9	Metalloxid	—	8,0	—
10	Vulkanfiber	10^9	4,5	30
11	Polyvinylchlorid	10^{13}	4,0	25

Anhang 3

Magnetisierungskurven



Tabelle der Sinus-, Kosinus- und Tangenswerte

Anhang 4

Grad	sin	cos	tg	Grad	sin	cos	tg
0	0,000	1,000	0,000	45	0,707	0,707	1,000
1	0,017	1,000	0,017	46	0,719	0,695	1,036
2	0,035	0,999	0,035	47	0,731	0,682	1,072
3	0,052	0,999	0,052	48	0,743	0,669	1,111
4	0,070	0,998	0,070	49	0,755	0,656	1,150
5	0,087	0,996	0,087	50	0,766	0,643	1,192
6	0,105	0,995	0,105	51	0,777	0,629	1,235
7	0,122	0,993	0,123	52	0,788	0,616	1,280
8	0,139	0,990	0,141	53	0,799	0,602	1,327
9	0,156	0,988	0,158	54	0,809	0,588	1,376
10	0,174	0,985	0,176	55	0,819	0,574	1,428
11	0,191	0,982	0,194	56	0,829	0,559	1,483
12	0,208	0,978	0,213	57	0,839	0,545	1,540
13	0,225	0,974	0,231	58	0,848	0,530	1,600
14	0,242	0,970	0,249	59	0,857	0,515	1,664
15	0,259	0,966	0,268	60	0,866	0,500	1,732
16	0,276	0,961	0,287	61	0,875	0,485	1,804
17	0,292	0,956	0,306	62	0,883	0,469	1,881
18	0,309	0,951	0,325	63	0,891	0,454	1,963
19	0,326	0,946	0,344	64	0,899	0,438	2,05
20	0,342	0,940	0,364	65	0,906	0,423	2,14
21	0,358	0,934	0,384	66	0,914	0,407	2,25
22	0,375	0,927	0,404	67	0,921	0,391	2,36
23	0,391	0,921	0,424	68	0,927	0,375	2,48
24	0,407	0,914	0,445	69	0,934	0,358	2,61
25	0,423	0,906	0,466	70	0,940	0,342	2,75
26	0,438	0,899	0,488	71	0,946	0,326	2,90
27	0,454	0,891	0,510	72	0,951	0,309	3,08
28	0,469	0,883	0,532	73	0,956	0,292	3,27
29	0,485	0,875	0,554	74	0,961	0,276	3,49
30	0,500	0,866	0,577	75	0,966	0,259	3,73
31	0,515	0,857	0,601	76	0,970	0,242	4,01
32	0,530	0,848	0,625	77	0,974	0,225	4,33
33	0,545	0,839	0,649	78	0,978	0,208	4,70
34	0,559	0,829	0,675	79	0,982	0,191	5,14
35	0,574	0,819	0,700	80	0,985	0,174	5,67 ¹⁾
36	0,588	0,809	0,727	81	0,988	0,156	6,31
37	0,602	0,799	0,754	82	0,990	0,139	7,12
38	0,616	0,788	0,781	83	0,993	0,122	8,14
39	0,629	0,777	0,810	84	0,995	0,105	9,51
40	0,643	0,766	0,839	85	0,996	0,087	11,4
41	0,656	0,755	0,869	86	0,998	0,070	14,3
42	0,669	0,743	0,900	87	0,999	0,052	19,1
43	0,682	0,731	0,933	88	0,999	0,035	28,6
44	0,695	0,719	0,966	89	1,000	0,017	57,3
45	0,707	0,707	1,000	90	1,000	0,000	∞

¹⁾ Die Werte für Tangens steigen mit zunehmendem Winkel immer unregelmäßiger an. Ab 80° werden sie sehr ungenau; für den hier beabsichtigten Zweck genügen sie jedoch vollauf.

Band 5**– Werkstoffbearbeitung**

Werk- und Hilfsstoffe – Werkstoffbearbeitung – Technisches Zeichnen
– Arbeitsschutz und Unfallverhütung – Umgang mit Tabellen- und Handbüchern

● **Repetitor zum Band 5****Band 6****– Fernsprechapparate – Fernsprechentstörung – Nebenstellenanlagen (mit Beiheft)**

Fernsprechapparate – Zusatzeinrichtungen – Fernsprechentstörung – VDE-Bestimmungen – Unfallverhütung – Allgemeines über Nebenstellenanlagen – Die Ausführung der Nebenstellenanlagen – Schaltungsaufbau – Aufbau und Bedienen des HVt

● **Repetitor zum Band 6****Band 7****– Linientechnik (2 Teile)**

Zweck und Aufbau der Bauteile im Ortsanschlußnetz – Kabelkanalanlage – Fernmeldekabel – Einziehen von Röhrenkabeln – Auslegen von Erdkabeln – Kabelmontagearbeiten – Druckluftüberwachung von Ortskabeln – Schutz gegen Korrosion – Linienunterlagen für Ortsnetze – Auskundung – Bau oberirdischer Ortsanschlußlinien – Bau oberirdischer Kabelanlagen – Unterhaltungsarbeiten an Holzmastlinien – Sprechstellenbau – Teilnehmereinrichtungen – Erdungsanlagen – Schutz gegen Überspannungen und Überströme

● **Repetitor zum Band 7****Band 8****– Grundlagen der Vermittlungstechnik (mit Beiheft)**

Aufbau und Wirkungsweise der Schrittschalt- und Motordrehwähler – Orts- und Fernvermittlungstechnik – Schaltkennzeichen – Einstellvorschriften – Signaleinrichtungen, Prüf- und Meßeinrichtungen – Stromversorgung – Aufteilung großer Ortsnetze – Netzgestaltung im Selbstwählferrdienst – Unterhalten und Bedienen von Orts- und Fernvermittlungsstellen – Gliederung des Unterhaltungsdienstes

● **Repetitor zum Band 8****Band 9****– Übertragungs- und Datentechnik**

Elektroakustik – Leitungstechnik – Trägerfrequenztechnik – Grundlagen der Fernschreib- und Datentechnik

● **Repetitor zum Band 9**

– Weitere Lehrbücher siehe 2. und 4. Umschlagsseite –

Band 10

— Grundlagen der Schaltungs- und Meßtechnik

Anschluß- und Verbindungstechniken — Bauelemente, Bauteile und Grundlagen der Schaltungstechnik — Niederspannungsnetz, Schutzmaßnahmen und Installationen, Gefährdung des Menschen durch den elektrischen Strom — Messen und Prüfen

● **Repetitor zum Band 10**

Die Bände werden noch durch den **Sonderband „Grundlagen der Elektronik (mit Repetitor)“** ergänzt, der beim Institut zur Entwicklung moderner Unterrichtsmedien e. V., 28 Bremen 1, Bahnhofstraße 10, bestellt werden kann. Der Band ist wie folgt gegliedert:

Sonderband — Grundlagen der Elektronik

Meßtechnik — Halbleiter — Halbleiterdioden — Transistor — Vierschicht-halbleiter-Bauelemente — Elektronenröhren — RC-Glieder — Kippstufen — Verknüpfungsglieder

● **Repetitor zum Band Grundlagen der Elektronik**

Allgemeines Prüfungswissen (2 Teile)

(für die Kräfte des BFW-, BfI- und BPt-Dienstes)

● **Repetitor zum Band Allgemeines Prüfungswissen**

Wichtig zur Vorbereitung auf Eignungsfeststellungen und Prüfungen

Deutschlehre
(mit Beiheft)

Rechtschreibung — Wortlehre — Satzlehre — Zeichensetzung — Stil- und Aufsatzkunde — Übungsaufgaben — Übungsdiktate — Lösungen

Rechenlehre

Rechnen — Raumlehre — Sortenverwandlung — Übungsaufgaben — Angewandte Aufgaben — Lösungsheft

Sämtliche Lehrwerke können bestellt werden bei:
Deutsche Postgewerkschaft — Hauptvorstand — Verlag

6 Frankfurt 71 — Rhonestraße 2