

G 23.6 Elektrische Leistung

Die elektrische Leistung ist gleich dem Produkt aus Spannung und Stromstärke. Fließt z. B. bei 1 V Spannung ein Strom von 1 A, so ist die Leistung 1 Watt.

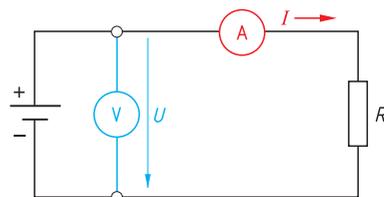
Weitere Einheiten:

Kilowatt (kW) 1 kW = 1000 W
 Megawatt (MW) 1 MW = 1000 kW

Elektrische Leistung = Spannung × Stromstärke

Weitere Gleichungen ergeben sich durch Umformen:

Aus $P = U \cdot I$ mit $I \cdot R$ für I wird $P = I^2 \cdot R$ und
 aus $P = U \cdot I$ mit U/R für I wird $P = U^2/R$.



$$P = U \cdot I$$

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

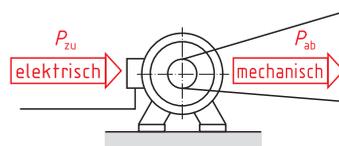
$$P = \frac{U^2}{R}$$

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

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} \qquad U = \sqrt{P \cdot R}$$

$$W = P \cdot t$$

$$W = U \cdot I \cdot t$$



$$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \qquad P_v = P_{zu} - P_{ab}$$

$$\eta = \frac{W_{ab}}{W_{zu}} \qquad W_v = W_{zu} - W_{ab}$$

- I Stromstärke in A
- P elektrische Leistung in W, kW
- P_{ab} abgegebene Leistung in W, kW
- P_{zu} zugeführte Leistung in W, kW
- P_v Verlustleistung in W, kW
- t Zeit, Einschaltdauer in s, h
- U Spannung in V
- W elektrische Arbeit in Wh, kWh
- W_{ab} abgegebene Arbeit in Wh, kWh
- W_{zu} zugeführte Arbeit in Wh, kWh
- W_v Verlustarbeit in Wh, kWh
- η Wirkungsgrad

G 23.7 Elektrische Arbeit

Die elektrische Arbeit ist gleich dem Produkt aus der elektrischen Leistung und der Zeit (Einschaltdauer). Eine Leistung von 1 W ergibt bei 1 Sekunde Einschaltdauer die elektrische Arbeit von 1 Wattsekunde (Ws).

Weitere Einheiten:

Wattstunde (Wh) 1 Wh = 3600 Ws
 Kilowattstunde (kWh) 1 kWh = 1000 Wh

Elektrische Arbeit = elektrische Leistung × Zeit

G 23.8 Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad ist das Verhältnis von abgegebener Leistung zu zugeführter Leistung. Dasselbe gilt auch für die elektrische Arbeit.

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{zugeführte Leistung}}$$

$$\text{Wirkungsgrad} = \frac{\text{abgegebene Arbeit}}{\text{zugeführte Arbeit}}$$

Die Differenz zwischen zugeführter und abgegebener Leistung (bzw. Arbeit) wird als Verlustleistung (bzw. Verlustarbeit) bezeichnet. Sie wird als Wärme abgegeben.

Verlustleistung = zugeführte – abgegebene Leistung

Verlustarbeit = zugeführte – abgegebene Arbeit

Beispiel

Geg.: Elektromotor: $U = 229 \text{ V}$, $I = 3,93 \text{ A}$, $P_{ab} = 750 \text{ W}$,
 Betriebszeit $t = 2,5$ Stunden

- Ges.: a) P_{zu} in kW,
 b) W_{zu} in kWh,
 c) $\eta = ?$

- Lös.: a) $P = U \cdot I = 229 \text{ V} \cdot 3,93 \text{ A} = 900 \text{ W} = \mathbf{0,9 \text{ kW}}$
 b) $W = P \cdot t = 0,9 \text{ kW} \cdot 2,5 \text{ h} = \mathbf{2,25 \text{ kWh}}$

c) $\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{750 \text{ W}}{900 \text{ W}} = \mathbf{0,833}$

Aufgaben

1. Glühlampen in Betrieb:

| Aufgabe | a | b | c | d | e |
|----------------|----|-------|----|----|------|
| Spannung in V | 12 | 12 | 12 | 24 | ? |
| Strom in A | 5 | 0,417 | ? | ? | 2,91 |
| Leistung in kW | ? | ? | 21 | 21 | 70 |

2. Mit wie viel kW kann ein 230 V-Steckdosenstromkreis höchsten belastet werden, wenn er mit 10 (16) A abgesichert ist (Abb. 1)?

3. Bei einem fahrenden Kfz sind die rechts aufgeführten Verbraucher in Betrieb bzw. eingeschaltet.

- Berechnen Sie die gesamte elektrische Leistung der Verbraucher.
- Mit welcher Stromstärke wird der Generator durch die Verbraucher belastet?

4. Der Glühstift für einen Dieselmotor (Abb. 2) hat eine Heizleistung von $P = 100$ (120) W. a) Wie groß ist die Stromaufnahme bei einer Spannung von $U = 10,5$ (22) V? b) Wie groß ist der Gesamtwiderstand von Regelwendel (R_R) + Heizwendel (R_H)?

5. Berechnen Sie für die Heckscheibenheizung mit $U = 12$ V und $P = 180$ (220) W den Betriebswiderstand der Heizdrähte.

6. Die Verbraucher a ... e sind in Betrieb. Berechnen Sie die fehlenden Werte:

| | a | b | c | d | e |
|-----|------------|--------|-------|----------|---------|
| P | 60 W | 2,5 kW | 40 W | 250 W | ? W |
| t | 8 h 30 min | 45 min | ? h | ? h, min | 24 h |
| W | ? Wh | ? kWh | 1 kWh | 5,6 kWh | 1,8 kWh |

7. Eine Bürocomputeranlage nimmt durchschnittlich 360 (520) W elektrische Leistung auf. Sie ist täglich 8,5 (9) Stunden in Betrieb. Wie groß sind: a) die monatlich in 20 (24) Arbeitstagen verbrauchte elektrische Arbeit in kWh, b) die monatlichen Arbeitskosten bei 0,20 (0,18) €/kWh?

8. Ein Starter im Kfz ist 12 (15) Sekunden lang betätigt. Die Spannung ist 10,5 (19,2) V, der Starterstrom 310 (625) A. Wie viel Ws, Wh, und kWh werden der Starterbatterie entnommen?

9. Der Elektromotor eines Fensterhebers mit $P_{ab} = 120$ (160) W nimmt bei 12 (24) V einen Strom von 14,5 (9,5) A auf. Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Elektromotors.

10. Startermotor (Abb. 3), Starterstrom 250 (500) A, Spannung 10,5 (10) V, Wirkungsgrad 0,32 (0,36).

- Wie viel kW gibt der Starter ab?
- Wie hoch ist die Verlustleistung?

11. Generator im Kfz (Abb. 4), $U = 14,4$ (28,5) V, $I = 70$ (88) A, $\eta = 0,60$ (0,55). Wie viel kW werden zum Antrieb benötigt?

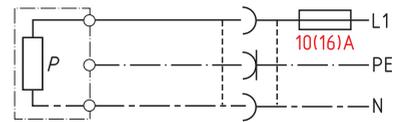


Abb. 1

| | |
|--|-------|
| Elektrokraftstoffpumpe | 60 W |
| Benzineinspritzung | 100 W |
| Zündung | 200 W |
| Gebläse | 80 W |
| Fahrlicht | 140 W |
| Instrumentenbeleuchtung | 30 W |
| Scheibenwischer | 100 W |
| Audioanlage | 200 W |
| sonstige Verbraucher (Steuergeräte, Sensoren, ...) | 150 W |

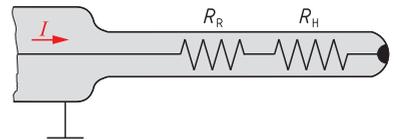


Abb. 2

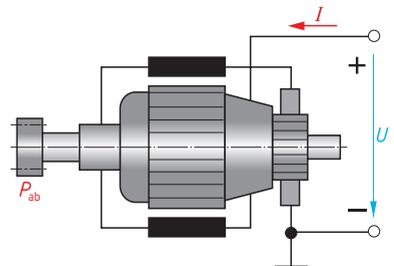


Abb. 3

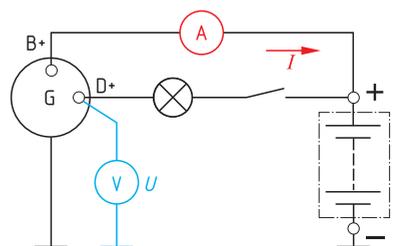


Abb. 4

Aufgaben

- In Abb. 1 ist die vereinfachte Schaltung zur Messung und Anzeige der Außentemperatur dargestellt. Die Spannung an R_1 ist dabei ein Maß für die gemessene Temperatur. Abb. 2 zeigt die Kennlinie des verwendeten NTC-Temperaturfühlers.
 - Wie sind R_1 und R_2 geschaltet?
 - Wie groß ist der Widerstand des Temperaturfühlers bei $20\text{ }^\circ\text{C}$?
 - Wie hoch ist dabei der Gesamtwiderstand der Schaltung?
 - Berechnen Sie den Strom I in mA.
 - Wie hoch ist dabei die Spannung an R_1 ?
 - Wie hoch ist die Temperatur, wenn die Spannung an R_1 bei $4,5\text{ V}$ liegt?

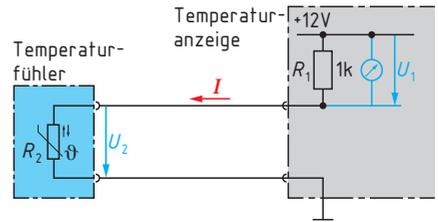


Abb. 1

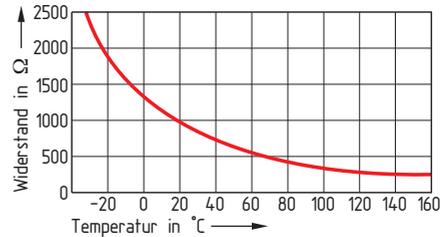


Abb. 2

- Bei Mehrstellenschaltern wird häufig das Prinzip der Spannungscodierung verwendet. Abb. 3 zeigt dies am Beispiel der Wischerfunktionen. Die Schalterstellungen werden dem Steuergerät über zugeordnete Spannungen mitgeteilt.
 - Wie sind die Widerstände bei den einzelnen Schalterstellungen geschaltet?
 - Der Widerstand im Steuergerät R_3 hat den Wert $1\text{ k}\Omega$. Wie groß müssen die Widerstände R_1 und R_2 sein, damit die zugeordneten Spannungen entstehen?

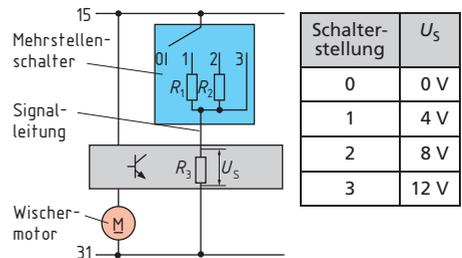


Abb. 3

- Jede Glühkerze eines Dieselmotors (Abb. 4) hat im kalten Zustand einen Widerstand von $800\text{ m}\Omega$. Zwei Sekunden nach Beginn des Glühvorgangs wird ein Gesamtstrom von 39 A gemessen. Berechnen Sie
 - den Gesamtwiderstand der Glühanlage kalt und heiß,
 - den Gesamtstrom bei Glühbeginn,
 - den Widerstand der heißen Glühkerze,
 - die Leistungsaufnahme der Glühanlage kalt und heiß.

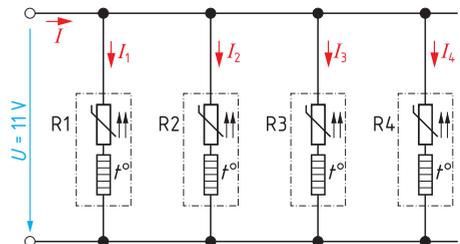


Abb. 4

- Bei manchen Fahrzeugen wird das Schlusslicht und das Bremslicht von einer gemeinsamen Ein-faden-Glühlampe erzeugt. Die Lampe wird dabei durch Pulsweitenmodulation (PWM) gestuft angesteuert (Abb. 5). Die Frequenz f des PWM-Signals liegt bei 330 Hz .
 - Berechnen Sie die Periodendauer T des PWM-Signals in ms.
 - Für die Schlusslichtfunktion wird die Glühlampe so angesteuert, dass die Leistungsaufnahme 5 W beträgt. Berechnen Sie die notwendige Einschaltdauer t_E in ms. Annahme: Bremslicht (21 W) $t_E \approx T$.
 - Wie groß ist das Tastverhältnis p in %?
 - Welche effektive Spannung U_{eff} liegt dabei an der Glühlampe an?

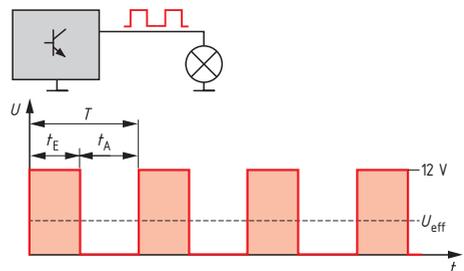


Abb. 5

Lösungen LF 4

- 4.1 1a) in Reihe 1b) $R_2 = 1000\ \Omega$ 1c) $R = 2000\ \Omega$ 1d) $I = 6\text{ mA}$ 1e) $U_1 = 6\text{ V}$ 1f) $\vartheta = -3\text{ }^\circ\text{C}$
 2a) in Reihe 2b) $R_1 = 2000\ \Omega$, $R_2 = 500\ \Omega$
 3a) $R_K = 0,2\ \Omega$, $R_W = 0,28\ \Omega$ 3b) $I = 55\text{ A}$ 3c) $R_1 = 1,13\ \Omega$ 3d) $P_K = 605\text{ W}$, $P_W = 429\text{ W}$
 4a) $T = 3\text{ ms}$ 4b) $t_E = 0,71\text{ ms}$ 4c) $p = 23,8\%$ 4d) $U_{\text{eff}} = 2,86\text{ V}$

Aufgabensatz 2

Von einem Sechszylinder-Ottomotor sind folgende technische Daten bekannt: Gesamthubraum $2,748 \text{ dm}^3$, Kolbenhub $78,9 \text{ mm}$, Verdichtungsraum 58 cm^3 , Motordrehzahl 5200 1/min , Steuerzeiten: Eö 24° v. OT , Es 60° n. UT , Aö 42° v. UT , As 16° n. OT , Schwungraddurchmesser 285 mm , Bearbeiten Sie mit diesen Daten die **Aufgaben 1 bis 4**.

Verdichtungsverhältnis/Verdichtungsänderung

Berechnen Sie:

1. das Verdichtungsverhältnis,
2. um wie viel mm die Zylinderkopfdichtung dicker oder dünner sein muss, wenn das Verdichtungsverhältnis auf $9,5 : 1$ verändert werden soll.

Ventilöffnungswinkel/Ventilöffnungszeit

Berechnen Sie:

3. den Öffnungswinkel des Einlassventils,
4. die Öffnungszeit des Auslassventils pro Arbeitsspiel in Sekunden.

Bremsanlage

Die hydraulische Bremsanlage eines Pkw mit Scheibenbremsen vorne und Trommelbremsen hinten hat folgende Daten:

Durchmesser des Hauptbremszylinders 23 mm , Durchmesser der Vorderachs-Bremszylinder 48 mm , Durchmesser der Hinterachs-Bremszylinder 24 mm , Kolbenstangenkraft auf den Bremskraftverstärker 656 N , Verstärkungsfaktor des Bremskraftverstärkers $3,5$.

Berechnen Sie:

5. die auf den Hauptzylinderkolben wirkende Druckstangenkraft in N,
6. die Spannkraft eines Vorderachs-Bremszylinders in N.

Volumenberechnung

Die prismatische Ölwanne eines Motors ist 310 mm lang und 250 mm breit. In ihr befinden sich maximal 5 Liter Öl. Die beiden Markierungen am Ölmesstab liegen 21 mm auseinander.

Berechnen Sie:

7. die Höhe des maximalen Ölstandes in mm,
8. das Nachfüllvolumen zwischen dem minimalen und dem maximalen Ölstand in Liter.

Elektrische Leistung, Wirkungsgrad

Ein Starter gibt bei einem Wirkungsgrad von 58% eine Leistung von $0,8 \text{ kW}$ ab. Die Batteriespannung beträgt während des Startvorgangs $11,4 \text{ V}$.

Berechnen Sie:

9. die Stromaufnahme des Startermotors in Ampere,
10. den Widerstand des Starters in Ohm.

Fahrwiderstände

Ein Pkw befährt auf 1000 m Höhe eine Asphaltstraße mit 5% Steigung. Die Geschwindigkeit des Fahrzeugs beträgt 126 km/h . Der Pkw wiegt 1080 kg , ist 1740 mm breit, 1560 mm hoch und hat einen c_w -Wert von $0,30$ (fehlende Werte sind dem Tabellenbuch zu entnehmen).

Berechnen Sie:

11. den Luftwiderstand in N,
12. den gesamten Fahrwiderstand in N.

Lösungen:

1. $8,9 : 1$
2. $-0,705 \text{ mm}$
3. 264°
4. $0,008 \text{ s}$
5. 2296 N
6. $10\,000 \text{ N}$
7. $64,5 \text{ mm}$
8. $1,63 \text{ l}$
9. 121 A
10. $0,094 \Omega$
11. $443,8 \text{ N}$
12. $1132,4 \text{ N}$

B 1.2 Lohnabrechnung

B 1.2.1 Steuerpflichtiger Arbeitslohn

Zum steuerpflichtigen Arbeitslohn zählen alle laufenden und einmaligen Einnahmen, die der Arbeitnehmer aus einem Dienstverhältnis erhält: Löhne, Gehälter, Provision, Prämie, Zuschlag für Mehrarbeit, Lohnfortzahlung bei Krankheit, Urlaubslohn, Urlaubsgeld, Lohn für bezahlte Feiertage sowie vermögenswirksame Leistungen (VL) des Arbeitgebers.

B 1.2.2 Steuerfreie Bezüge

Steuer- und sozialversicherungsfrei sind u. a. Kindergeld, Lohnzuschläge von bis zu 25 % bei Nachtarbeit (50 % bei Sonntagsarbeit), Kurzarbeitergeld, Reisekosten, Trinkgelder bis max. 1224 € und Mutterschaftsgeld.

B 1.2.3 Lohnsteuer

Die Lohnsteuer wird vom Arbeitgeber einbehalten. Die Grundlage für die Berechnung bilden die Steuertabellen und die Lohnsteuerkarte. Letztere enthält: Steuerklasse, Familienstand, Kinderfreibeträge, Religion und ggf. einen Freibetrag.

B 1.2.4 Kirchensteuer

Die Kirchensteuer wird von allen Arbeitnehmern erhoben, die einer kirchensteuerberechtigten Religionsgemeinschaft angehören. Sie beträgt abhängig vom Bundesland 8 bzw. 9 % der Lohnsteuerschuld.

B 1.2.5 Solidaritätszuschlag

Er beträgt 2012 5,5 % der Lohnsteuer und wird nur erhoben, wenn die Lohnsteuerschuld mehr als 1397,99 € für Ledige (St.kl. I) und 2642,99 € für Verheiratete (St.kl. III) beträgt.

B 1.2.6 Beiträge zur Sozialversicherung

Die Beiträge zur Kranken-, Renten-, Arbeitslosen- und Pflegeversicherung² werden mit Tabellen errechnet. 50 % des Gesamtanteils trägt der Arbeitgeber, 50 % der Arbeitnehmer. Der Arbeitgeber führt den Gesamtanteil an die Sozialversicherung ab.

Beispiel: Lohnabrechnung vom 1.06. bis 30.06.2012

| | |
|---|--------------|
| Zeitlohn 15,91 €/h · 156 h | = 2 481,96 € |
| + VL des Arbeitgebers | = 26,59 € |
| Steuerpflichtiger Arbeitslohn | = 2 508,55 € |
| Bruttoarbeitslohn | = 2 508,55 € |
| - Lohnsteuer, 22 Jahre, St.kl. I, kein Kind | = 343,00 € |
| - Kirchensteuer (8 %) | = 27,44 € |
| - Solidaritätszuschlag | = 18,87 € |
| - Krankenversicherung (AN-Anteil 7,3 % + 0,9 %) | = 205,70 € |
| - Rentenversicherung | = 245,84 € |
| - Arbeitslosenversicherung | = 37,63 € |
| - Pflegeversicherung | = 24,46 € |
| Nettoarbeitslohn | = 1 605,61 € |
| - VL | = 40,00 € |
| Auszahlungsbetrag | = 1 565,61 € |

| |
|----------------------------|
| Zeit- bzw. Leistungslohn |
| + Mehrarbeitszuschläge |
| + Urlaubslohn, Urlaubsgeld |
| + Feiertagslohn |
| + Prämie, Provision |
| + Lohnfortzahlung |
| + VL des Arbeitgebers |
| <hr/> |
| = Steuerpfl. Arbeitslohn |
| + steuerfreie Bezüge |
| <hr/> |
| = Bruttoarbeitslohn |

| |
|--|
| Bruttoarbeitslohn |
| - Lohnsteuer |
| - Kirchensteuer |
| - Solidaritätszuschlag |
| - Beitragsanteile für Sozialversicherung |
| <hr/> |
| = Nettoarbeitslohn |
| - VL |
| - Vorauszahlungen |
| <hr/> |
| = Auszahlungsbetrag |

Zu versteuernder Arbeitslohn
= steuerpflichtiger Arbeitslohn
- Freibetrag auf der LSt.-Karte

Steuerklassen

- I Ledige, Verwitwete, Geschiedene ohne Kind
- II -, mit Freibetrag
- III Verheiratete, Ehegatte kein Arbeitnehmer (AN)
- IV -, beide Ehegatten beziehen Arbeitslohn
- V -, Ehegatte auch Arbeitnehmer (AN) in St.kl. III
- VI Arbeitnehmer (AN) mit mehreren Arbeitsverhältnissen

In die **Lohnsteuertabelle** sind eingearbeitet:

- Grundfreibetrag
- Arbeitnehmer-Pauschbetrag für Werbungskosten
- Sonderausgabenpauschale
- Vorsorgepauschale

Beitragsätze für 2012 (100 %) (bezogen auf den Bruttoarbeitslohn)

| | |
|--------------------------|--------|
| Krankenvers. | 14,6 % |
| Rentenversicherung | 19,6 % |
| Arbeitslosenversicherung | 3,0 % |

| | |
|--------------------|--------|
| Pflegeversicherung | 1,95 % |
|--------------------|--------|

¹(+0,9 %, trägt AN selbst)
²(+0,25 % für Kinderlose zwischen 23 u. 65 Jahren, trägt AN selbst)