

**TOM 1**

**Charles Platt**

# Encyklopedia elementów elektronicznych



**Rezystory, kondensatory, cewki indukcyjne,  
przełączniki, enkodery, przekaźniki i tranzystory**



**Make:**  
makezine.com

**Helion**

Tytuł oryginału: Encyclopedia of Electronic Components Volume 1: Resistors, Capacitors, Inductors, Switches, Encoders, Relays, Transistors

Tłumaczenie: Zbigniew Waśko

ISBN: 978-83-283-6944-3

© 2021 Helion SA

Authorized Polish translation of the English edition of *Encyclopedia of Electronic Components Volume 1*  
ISBN 9781449333898 © 2012 Helpful Corporation

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to sell the same.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from the Publisher.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Nieautoryzowane rozpowszechnianie całości lub fragmentu niniejszej publikacji w jakiegokolwiek postaci jest zabronione. Wykonywanie kopii metodą kserograficzną, fotograficzną, a także kopiowanie książki na nośniku filmowym, magnetycznym lub innym powoduje naruszenie praw autorskich niniejszej publikacji.

Wszystkie znaki występujące w tekście są zastrzeżonymi znakami firmowymi bądź towarowymi ich właścicieli.

Autor oraz Helion SA dołożyli wszelkich starań, by zawarte w tej książce informacje były kompletne i rzetelne. Nie biorą jednak żadnej odpowiedzialności ani za ich wykorzystanie, ani za związane z tym ewentualne naruszenie praw patentowych lub autorskich. Autor oraz Helion SA nie ponoszą również żadnej odpowiedzialności za ewentualne szkody wynikłe z wykorzystania informacji zawartych w książce.

Helion SA

ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice

tel. 32 231 22 19, 32 230 98 63

e-mail: [helion@helion.pl](mailto:helion@helion.pl)

WWW: <http://helion.pl> (księgarnia internetowa, katalog książek)

Drogi Czytelniku!

Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres

<http://helion.pl/user/opinie/enele1>

Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Printed in Poland.

- [Kup książkę](#)
- [Poleć książkę](#)
- [Oceń książkę](#)

- [Księgarnia internetowa](#)
- [Lubię to! » Nasza społeczność](#)

---

# Spis treści

---

**Wstęp .....xix**

**I. Kwestie organizacyjne .....1**

|  |   |
|--|---|
| Układ encyklopedyczny a podręcznikowy .....  | 1 |
| Teoria i praktyka .....                      | 1 |
| Struktura książki .....                      | 1 |
| Powiązania tematyczne .....                  | 2 |
| Co jest w encyklopedii i czego brakuje ..... | 2 |
| Konwencje typograficzne .....                | 3 |
| Zawartość poszczególnych tomów .....         | 3 |

**> ZASILANIE**

**>> ŹRÓDŁA**

**2. Bateria .....5**

|  |    |
|--|----|
| Funkcja .....  | 5  |
| Działanie .....  | 6  |
| Nazewnictwo elektrod .....   | 7  |
| Rodzaje .....  | 7  |
| Baterie jednorazowe .....  | 8  |
| Baterie wielokrotnego użytku (akumulatory) .....                             | 9  |
| Wartości .....   | 11 |
| Natężenie prądu .....  | 11 |
| Pojemność .....  | 11 |
| Napięcie .....   | 13 |
| Stosowanie .....   | 14 |
| Możliwe błędy .....  | 15 |
| Zwarcie — przegrzanie i pożar .....  | 15 |
| Pogorszenie sprawności baterii z powodu<br>jej niewłaściwego ładowania ..... | 15 |
| Całkowite rozładowanie akumulatora kwasowo-ołowiowego ...                    | 15 |
| Zbyt duże zapotrzebowanie prądowe .....                                      | 15 |
| Niewłaściwa polaryzacja .....  | 15 |
| Ładowanie odwrotne .....   | 15 |
| Zasiarczenie .....   | 16 |
| Zbyt duży prąd między bateriami połączonymi równolegle .....                 | 16 |

## >>POŁĄCZENIA

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3. Zworka</b> .....                           | <b>17</b> |
| Funkcja .....                                    | 17        |
| Działanie .....                                  | 17        |
| Rodzaje .....                                    | 18        |
| Wartości .....                                   | 18        |
| Stosowanie .....                                 | 18        |
| Możliwe błędy .....                              | 19        |
| <b>4. Bezpiecznik</b> .....                      | <b>21</b> |
| Funkcja .....                                    | 21        |
| Działanie .....                                  | 21        |
| Wartości .....                                   | 22        |
| Rodzaje .....                                    | 22        |
| Małe wkładki topikowe .....                      | 23        |
| Bezpieczniki samochodowe .....                   | 23        |
| Bezpieczniki taśmowe .....                       | 24        |
| Bezpieczniki do montażu przewlekanego .....      | 24        |
| Bezpieczniki resetowalne .....                   | 25        |
| Bezpieczniki montowane powierzchniowo .....      | 26        |
| Stosowanie .....                                 | 26        |
| Możliwe błędy .....                              | 27        |
| Źle dobrany bezpiecznik .....                    | 27        |
| Uszkodzenie bezpiecznika podczas lutowania ..... | 28        |
| Niewłaściwa lokalizacja bezpiecznika .....       | 28        |
| <b>5. Przycisk</b> .....                         | <b>29</b> |
| Funkcja .....                                    | 29        |
| Działanie .....                                  | 30        |
| Rodzaje .....                                    | 30        |
| Bieguny i terminale .....                        | 30        |
| Stany ON-OFF .....                               | 30        |
| Przycisk suwakowy (typu ISOSTAT) .....           | 31        |
| Wygląd .....                                     | 31        |
| Pokrycie końcówek i styków .....                 | 32        |
| Sposoby mocowania .....                          | 32        |
| Uszczelnienia i brak uszczelnień .....           | 33        |
| Blokowanie .....                                 | 33        |
| Przycisk nożny .....                             | 33        |
| Keypad .....                                     | 34        |
| Mikroprzycisk (tact switch) .....                | 34        |
| Panel membranowy .....                           | 35        |
| Przyciski zależne .....                          | 35        |
| Przełącznik migowy .....                         | 35        |
| Przycisk alarmowy .....                          | 35        |
| Wartości .....                                   | 35        |

|  |           |
|--|-----------|
| Stosowanie .....                         | 35        |
| Możliwe błędy .....                      | 36        |
| Brak nakładki .....                      | 36        |
| Niewłaściwy montaż .....                 | 36        |
| Problemy z podświetleniem LED-owym ..... | 36        |
| Inne problemy .....                      | 36        |
| <b>6. Przelącznik .....</b>              | <b>37</b> |
| Funkcja .....                            | 37        |
| Działanie .....                          | 38        |
| Rodzaje .....                            | 38        |
| Terminologia .....                       | 38        |
| Bieguny i terminale .....                | 38        |
| Stany ON-OFF .....                       | 39        |
| Działanie migowe .....                   | 39        |
| Przelącznik kołyskowy .....              | 40        |
| Przelącznik suwakowy .....               | 40        |
| Przelącznik dźwigniowy .....             | 41        |
| Przelącznik typu DIP .....               | 43        |
| Przelącznik typu SIP .....               | 44        |
| Przelącznik płetwowy .....               | 44        |
| Przelącznik wandaloodporny .....         | 45        |
| Mikroprzelącznik (tact switch) .....     | 45        |
| Sposoby mocowania .....                  | 45        |
| Wyprowadzenia .....                      | 45        |
| Pokrycie końcówek i styków .....         | 45        |
| Wartości .....                           | 45        |
| Stosowanie .....                         | 46        |
| Łączniki zasilania .....                 | 46        |
| Wyłączniki krańcowe .....                | 46        |
| Obwody logiczne .....                    | 47        |
| Rozwiązania alternatywne .....           | 47        |
| Możliwe błędy .....                      | 47        |
| Powstawanie łuku elektrycznego .....     | 47        |
| Zimne luty .....                         | 48        |
| Zwarcia .....                            | 48        |
| Zabrudzenie styków .....                 | 48        |
| Niewłaściwy rodzaj wyprowadzeń .....     | 48        |
| Drganie styków .....                     | 48        |
| Zużycie mechaniczne .....                | 48        |
| Niewłaściwy montaż .....                 | 49        |
| Zagmatwane schematy połączeń .....       | 49        |
| <b>7. Przelącznik obrotowy .....</b>     | <b>51</b> |
| Funkcja .....                            | 51        |
| Działanie .....                          | 52        |
| Rodzaje .....                            | 52        |

|   |           |
|---|-----------|
| Tradycyjne przełączniki obrotowe .....  | 52        |
| Przełączniki obrotowe typu DIP .....  | 53        |
| Kod Graya .....   | 54        |
| Miniaturowy przełącznik obrotowy .....  | 55        |
| Mechaniczny enkoder obrotowy .....  | 55        |
| Przełącznik tarczowy z przyciskami lub pokrętle   | 55        |
| Przełącznik kluczykowy .....  | 55        |
| Wartości .....  | 56        |
| Stosowanie .....  | 56        |
| Możliwe błędy .....   | 56        |
| Odsłonięte styki .....  | 56        |
| Przeciążenie styków .....   | 56        |
| Niedopasowanie oznaczeń .....   | 57        |
| Nierozpoznanie przełącznika o działaniu zwarciovym .....  | 57        |
| Nadużywanie siły przez użytkownika .....  | 57        |
| Niewłaściwa ośka, niedopasowana gałka, zagubione<br>nakrętki, zbyt duże gabaryty przełącznika ..... | 57        |
| <b>8. Enkoder obrotowy .....</b>  | <b>59</b> |
| Funkcja .....   | 59        |
| Działanie .....   | 59        |
| Rodzaje .....   | 60        |
| Impulsy a system zapadkowy .....  | 61        |
| Sposób montażu .....  | 61        |
| Wyjście .....   | 61        |
| Opory ruchu obrotowego .....  | 61        |
| Wartości .....  | 61        |
| Odbijanie się styków .....  | 61        |
| Zakłócenia poślizgowe .....   | 62        |
| Stosowanie .....  | 62        |
| Możliwe błędy .....   | 62        |
| Odbijanie się styków .....  | 62        |
| Wypalanie się styków .....  | 62        |
| <b>9. Przekaznik .....</b>  | <b>63</b> |
| Funkcja .....   | 63        |
| Działanie .....   | 64        |
| Rodzaje .....   | 65        |
| Zatrzaski .....   | 65        |
| Polaryzacja .....   | 65        |
| Wyprowadzenia .....   | 65        |
| Przekazniki kontaktronowe .....   | 66        |
| Przekazniki małosygnałowe .....   | 67        |
| Przekazniki samochodowe .....   | 67        |
| Przekazniki ogólnego przeznaczenia (przemysłowe) .....  | 67        |
| Przekazniki czasowe .....   | 68        |
| Styczniki .....   | 68        |

|   |    |
|---|----|
| Wartości .....                            | 68 |
| Stosowanie .....                          | 69 |
| Możliwe błędy .....                       | 70 |
| Nieprawidłowy układ wyprowadzeń .....     | 70 |
| Niewłaściwe ustawienie przy montażu ..... | 70 |
| Niewłaściwy typ .....                     | 70 |
| Nieprawidłowa polaryzacja .....           | 70 |
| Prąd stały i przemienny .....             | 70 |
| Stukanie .....                            | 70 |
| Przebiecia na cewce .....                 | 71 |
| Powstawanie łuku elektrycznego .....      | 71 |
| Pola magnetyczne .....                    | 71 |
| Czynniki środowiskowe .....               | 71 |

## >> WYGŁADZANIE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>IO. Rezystor .....</b>                   | <b>73</b> |
| Funkcja .....                               | 73        |
| Działanie .....                             | 74        |
| Rodzaje .....                               | 74        |
| Matryca rezystorowa .....                   | 75        |
| Wartości .....                              | 77        |
| Tolerancja .....                            | 77        |
| Kodowanie wartości .....                    | 77        |
| Stabilność .....                            | 80        |
| Materiały .....                             | 80        |
| Stosowanie .....                            | 82        |
| Ograniczanie prądu diody LED .....          | 82        |
| Ograniczanie prądów w tranzystorze .....    | 82        |
| Rezystory podciągające i ściągające .....   | 82        |
| Regulacja barwy dźwięku .....               | 82        |
| Układ RC .....                              | 83        |
| Dzielnik napięcia .....                     | 83        |
| Szeregowe połączenie rezystorów .....       | 84        |
| Równoległe połączenie rezystorów .....      | 84        |
| Możliwe błędy .....                         | 84        |
| Ciepło .....                                | 84        |
| Szum .....                                  | 85        |
| Indukcyjność .....                          | 85        |
| Niedokładność .....                         | 85        |
| Niewłaściwa wartość rezystora .....         | 85        |
| <b>II. Potencjometr .....</b>               | <b>87</b> |
| Funkcja .....                               | 87        |
| Działanie .....                             | 88        |
| Rodzaje .....                               | 88        |
| Potencjometry liniowe i logarytmiczne ..... | 88        |

|   |    |
|---|----|
| Potencjometr klasyczny .....            | 89 |
| Potencjometr wieloobrotowy .....        | 90 |
| Potencjometr wielosekcyjny .....        | 91 |
| Potencjometr z przełącznikiem .....     | 91 |
| Potencjometr suwakowy .....             | 91 |
| Potencjometr montażowy .....            | 91 |
| Stosowanie .....                        | 92 |
| Możliwe błędy .....                     | 93 |
| Zużycie .....                           | 93 |
| Niedopasowane gałki .....               | 93 |
| Zagubione nakrętki .....                | 93 |
| Zbyt krótka ośka .....                  | 94 |
| Suwaki bez uchwytu .....                | 94 |
| Niewłaściwe wymiary potencjometru ..... | 94 |
| Przegrzanie .....                       | 94 |
| Niewłaściwa charakterystyka .....       | 94 |

## **12. Kondensator .....** **95**

|   |     |
|---|-----|
| Funkcja .....   | 95  |
| Działanie .....   | 95  |
| Rodzaje .....   | 97  |
| Kształt .....   | 97  |
| Rodzaje podstawowe .....                                  | 99  |
| Dielektryki .....   | 101 |
| Wartości .....  | 102 |
| Pojemność .....   | 102 |
| Wartości najczęściej stosowane .....                      | 102 |
| Stała dielektryczna .....                                 | 103 |
| Stała czasowa .....                                       | 103 |
| Łączenie kondensatorów .....                              | 104 |
| Prąd zmienny i reaktancja pojemnościowa .....             | 104 |
| Szeregowa rezystancja zastępcza (ESR) .....               | 104 |
| Stosowanie .....  | 105 |
| Kondensator bocznikujący .....                            | 105 |
| Kondensator sprzęgający .....                             | 105 |
| Filtr górnoprzepustowy .....                              | 105 |
| Filtr dolnoprzepustowy .....                              | 106 |
| Kondensator wygładzający .....                            | 106 |
| Tłumik .....  | 106 |
| Kondensator w roli akumulatora .....                      | 108 |
| Możliwe błędy .....                                       | 108 |
| Niewłaściwa biegunowość .....                             | 108 |
| Przeciążenie napięciowe .....                             | 108 |
| Upływność .....   | 108 |
| Absorpcja dielektryczna .....                             | 108 |
| Problemy typowe dla kondensatorów elektrolitycznych ..... | 108 |
| Ciepło .....  | 109 |



|   |            |
|---|------------|
| Wibracje .....  | 109        |
| Mylna nomenklatura .....  | 109        |
| <b>B. Kondensator zmienny .....</b>                                     | <b>111</b> |
| Funkcja .....   | 111        |
| Działanie .....   | 111        |
| Rodzaje .....   | 112        |
| Wartości .....  | 113        |
| Formaty .....   | 113        |
| Stosowanie .....  | 113        |
| Możliwe błędy .....   | 115        |
| Brak uziemienia trymera podczas jego regulacji .....                    | 115        |
| Nanoszenie materiału wierzchniego<br>lub powłoki zabezpieczającej ..... | 115        |
| Brak ekranowania .....  | 115        |
| <b>I4. Cewka indukcyjna .....</b>                                       | <b>117</b> |
| Funkcja .....   | 117        |
| Działanie .....   | 118        |
| Przepływ prądu stałego przez cewkę .....                                | 119        |
| Rdzeń magnetyczny .....   | 120        |
| Siły elektromotoryczna i przeciwelektromotoryczna .....                 | 120        |
| Biegunowości elektryczna i magnetyczna .....                            | 121        |
| Rodzaje .....   | 122        |
| Rdzeń magnetyczny .....   | 122        |
| Rdzeń niemagnetyczny .....  | 123        |
| Cewka regulowana .....  | 123        |
| Filtr (koralik) ferrytowy .....   | 124        |
| Rdzeń toroidalny .....  | 124        |
| Żyrator .....   | 125        |
| Wartości .....  | 126        |
| Obliczanie indukcyjności .....  | 126        |
| Obliczanie reaktancji .....   | 127        |
| Obliczanie reluktancji .....  | 127        |
| Terminologia używana w kartach produktu .....                           | 127        |
| Układy szeregowo i równoległe .....                                     | 127        |
| Stała czasowa .....   | 127        |
| Stosowanie .....  | 128        |
| Możliwe rdzenie .....   | 129        |
| Miniaturyzacja .....  | 130        |
| Możliwe błędy .....   | 130        |
| Usterki w rzeczywistych zastosowaniach .....                            | 130        |
| Nasycenie .....   | 130        |
| Problemy związane z częstotliwością radiową .....                       | 131        |

## >> PRZEKSZTAŁCANIE

|  |            |
|--|------------|
| <b>15. Transformator</b> .....                       | <b>133</b> |
| Funkcja .....  | 133        |
| Działanie .....                                      | 134        |
| Rdzeń .....  | 135        |
| Odczepy .....  | 135        |
| Rodzaje .....  | 136        |
| Kształt rdzenia .....                                | 136        |
| Transformator zasilający .....                       | 136        |
| Transformator wtykowy .....                          | 137        |
| Transformator separacyjny .....                      | 137        |
| Autotransformator .....                              | 138        |
| Transformator regulowany .....                       | 138        |
| Transformator audio .....                            | 138        |
| Transformator z dzielonym karkasem .....             | 139        |
| Transformator do montażu powierzchniowego .....      | 139        |
| Wartości .....                                       | 139        |
| Stosowanie .....                                     | 140        |
| Możliwe błędy .....                                  | 140        |
| Odwrocenie wejścia i wyjścia .....                   | 140        |
| Ryzyko porażenia z powodu wspólnej masy .....        | 140        |
| Przypadkowe doprowadzenie prądu stałego .....        | 140        |
| Przeciążenie .....                                   | 140        |
| Nieprawidłowa częstotliwość prądu przemiennego ..... | 140        |
| <b>16. Zasilacz</b> .....                            | <b>141</b> |
| Funkcja .....  | 141        |
| Rodzaje .....  | 141        |
| Zasilacz liniowy stabilizowany .....                 | 141        |
| Zasilacz impulsowy .....                             | 142        |
| Zasilacz niestabilizowany .....                      | 144        |
| Zasilacz nastawny .....                              | 144        |
| Powielacz napięcia .....                             | 144        |
| Forma zewnętrzna .....                               | 144        |
| Stosowanie .....                                     | 145        |
| Możliwe błędy .....                                  | 145        |
| Porażenie prądem o wysokim napięciu .....            | 145        |
| Usterka kondensatora .....                           | 145        |
| Zakłócenia .....                                     | 145        |
| Udar prądowy .....                                   | 145        |
| <b>17. Przetwornica DC-DC</b> .....                  | <b>147</b> |
| Funkcja .....  | 147        |
| Działanie .....                                      | 147        |
| Rodzaje .....  | 148        |
| Przetwornica obniżająca (typu buck) .....            | 148        |

|   |     |
|---|-----|
| Przetwornica podwyższająca (typu boost) .....                     | 149 |
| Przetwornica typu flyback z cewką indukcyjną .....                | 149 |
| Przetwornica typu flyback z transformatorem .....                 | 149 |
| Forma zewnętrzna .....  | 149 |
| Wartości .....  | 150 |
| Znamionowe napięcie wejściowe<br>i częstotliwość znamionowa ..... | 150 |
| Napięcie wyjściowe .....  | 151 |
| Prądy wejściowy i wyjściowy .....                                 | 151 |
| Obciążeniowy współczynnik stabilizacji .....                      | 151 |
| Sprawność .....   | 151 |
| Poziom tętnienia i szumu .....                                    | 152 |
| Wersja izolowana lub nieizolowana .....                           | 152 |
| Stosowanie .....  | 152 |
| Możliwe błędy .....   | 153 |
| Zakłócenia elektryczne na wyjściu .....                           | 153 |
| Zbyt wysoka temperatura przy braku obciążenia .....               | 153 |
| Niewłaściwe napięcie wyjściowe przy małym obciążeniu .....        | 153 |

## **18. Falownik .....** **155**

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Funkcja .....       | 155 |
| Działanie .....     | 155 |
| Rodzaje .....       | 156 |
| Wartości .....      | 156 |
| Stosowanie .....    | 157 |
| Możliwe błędy ..... | 157 |

### **>> REGULACJA**

## **19. Stabilizator napięcia .....** **159**

|   |     |
|---|-----|
| Funkcja .....                                   | 159 |
| Działanie .....                                 | 159 |
| Rodzaje .....                                   | 161 |
| Obudowy .....                                   | 161 |
| Popularne odmiany .....                         | 161 |
| Stabilizatory regulowane .....                  | 161 |
| Stabilizatory napięć dodatnich i ujemnych ..... | 162 |
| Stabilizatory liniowe LDO .....                 | 162 |
| Stabilizatory liniowe quasi-LDO .....           | 162 |
| Funkcje dodatkowego pinu .....                  | 163 |
| Wartości .....                                  | 163 |
| Stosowanie .....                                | 163 |
| Możliwe błędy .....                             | 164 |
| Niewystarczająca kontrola ciepła .....          | 164 |
| Odpowiedź przejściowa .....                     | 164 |
| Nieprawidłowa identyfikacja komponentu .....    | 164 |
| Niewłaściwe rozpoznanie wyprowadzeń .....       | 165 |

|   |     |
|---|-----|
| Spadek napięcia spowodowany rozładowaniem baterii ..... | 165 |
| Niedokładność dostarczanego napięcia .....              | 165 |

## >ELEKTROMAGNETYZM

### >>WYJŚCIE LINIOWE

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>20. Elektromagnes .....</b> | <b>167</b> |
| Funkcja .....                  | 167        |
| Działanie .....                | 168        |
| Rodzaje .....                  | 168        |
| Wartości .....                 | 169        |
| Stosowanie .....               | 169        |
| Możliwe błędy .....            | 170        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>21. Solenoid (elektromagnes z ruchomym rdzeniem) .....</b> | <b>171</b> |
| Funkcja .....   | 171        |
| Działanie .....   | 172        |
| Rodzaje .....   | 174        |
| Solenoid kompaktowy .....                                     | 174        |
| Solenoid zatrzaskowy .....                                    | 174        |
| Solenoid obrotowy .....                                       | 174        |
| Solenoid kłapkowy .....                                       | 174        |
| Wartości .....  | 174        |
| Rozmiar solenoidu a jego moc .....                            | 175        |
| Stosowanie .....  | 175        |
| Możliwe błędy .....   | 175        |
| Ciepło .....  | 175        |
| Udarowy prąd przemienny .....                                 | 175        |
| Niepożądana siła elektromotoryczna .....                      | 175        |
| Luźny trzpień .....   | 175        |

### >>WYJŚCIE OBROTOWE

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| <b>22. Silnik prądu stałego .....</b> | <b>177</b> |
| Funkcja .....                         | 177        |
| Działanie .....                       | 177        |
| Rodzaje .....                         | 179        |
| Konfiguracje uzwojeń wirnika .....    | 179        |
| Motoreduktor .....                    | 179        |
| Silnik bezszczotkowy .....            | 181        |
| Siłownik liniowy .....                | 182        |
| Wartości .....                        | 182        |
| Stosowanie .....                      | 183        |
| Regulacja prędkości obrotowej .....   | 184        |
| Sterowanie bezpośrednie .....         | 184        |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| Wyłączniki krańcowe .....           | 185 |
| Możliwe błędy .....                 | 185 |
| Szczotki i komutator .....          | 185 |
| Szum elektryczny .....              | 185 |
| Efekty cieplne .....                | 186 |
| Warunki zewnętrzne .....            | 186 |
| Źle dobrany wał silnika .....       | 186 |
| Niewłaściwe mocowanie silnika ..... | 186 |
| Luz kątowy .....                    | 186 |
| Łożyska .....                       | 186 |
| Nadmierny hałas .....               | 187 |

## **23. Silnik prądu przemiennego ..... 189**

|  |     |
|--|-----|
| Funkcja .....                                  | 189 |
| Działanie .....                                | 189 |
| Budowa stojana .....                           | 189 |
| Budowa wirnika .....                           | 190 |
| Rodzaje .....                                  | 193 |
| Jednofazowy silnik indukcyjny .....            | 193 |
| Trójfazowy silnik indukcyjny .....             | 194 |
| Silnik synchroniczny .....                     | 194 |
| Silnik reluktancyjny .....                     | 194 |
| Napęd o zmiennej częstotliwości .....          | 195 |
| Silnik indukcyjny pierścieniowy .....          | 196 |
| Silnik uniwersalny .....                       | 196 |
| „Pozorne” silniki prądu przemiennego .....     | 197 |
| Wartości .....                                 | 197 |
| Stosowanie .....                               | 197 |
| Możliwe błędy .....                            | 198 |
| Zbyt wczesne ponowne uruchomienie .....        | 198 |
| Częste wyłączanie i włączanie .....            | 198 |
| Zbyt niskie lub niezrównoważone napięcie ..... | 198 |
| Utykanie silnika .....                         | 198 |
| Przełączniki zabezpieczające .....             | 198 |
| Nadmierny moment obrotowy .....                | 198 |
| Uszkodzenia wewnętrzne .....                   | 198 |

## **24. Serwomechanizm ..... 199**

|   |     |
|---|-----|
| Funkcja .....   | 199 |
| Działanie .....   | 200 |
| Rodzaje .....   | 201 |
| Wartości .....  | 202 |
| Stosowanie .....  | 203 |
| Modyfikacje konieczne do uzyskania ciągłego<br>ruchu obrotowego ..... | 204 |
| Możliwe błędy .....   | 204 |
| Nieprawidłowe podłączenie przewodów .....                             | 204 |

|   |            |
|---|------------|
| Niedopasowanie orczyka i wałka .....                  | 205        |
| Zbyt szybko wysyłane polecenia .....                  | 205        |
| Wahania impulsów .....                                | 205        |
| Przeciążenie silnika .....                            | 205        |
| Nieprawidłowy cykl pracy .....                        | 205        |
| Zakłócenia elektryczne .....                          | 205        |
| <b>25. Silnik krokowy .....</b>                       | <b>207</b> |
| Funkcja .....   | 207        |
| Działanie .....                                       | 207        |
| Reluktancyjne silniki krokowe .....                   | 208        |
| Silniki krokowe z magnesem trwałym .....              | 209        |
| Bipolarnie silniki krokowe .....                      | 211        |
| Silniki unipolarne .....                              | 211        |
| Rodzaje .....   | 212        |
| Silnik o wielu fazach .....                           | 212        |
| Silnik hybrydowy .....                                | 214        |
| Silnik z cewkami bifilarnymi .....                    | 214        |
| Silnik o wielu fazach .....                           | 214        |
| Sterowanie mikrokrokowe .....                         | 215        |
| Detekcja położenia wirnika i sprzężenie zwrotne ..... | 215        |
| Sterowanie napięciowe .....                           | 215        |
| Wartości .....  | 215        |
| Stosowanie .....                                      | 216        |
| Diody zabezpieczające .....                           | 216        |
| Kontrola położenia .....                              | 217        |
| Możliwe błędy .....                                   | 217        |
| Niewłaściwe okablowanie .....                         | 217        |
| Gubienie kroków .....                                 | 217        |
| Nadmierny moment obrotowy .....                       | 217        |
| Histereza .....                                       | 218        |
| Rezonans .....  | 218        |
| Kołysanie .....                                       | 218        |
| Nasylenie magnetyczne .....                           | 218        |
| Rozmagnesowanie wirnika .....                         | 218        |

## > PÓŁPRZEWODNIKI DYSKRETNE

### >> JEDNOZŁĄCZOWE

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| <b>26. Dioda .....</b>   | <b>219</b> |
| Funkcja .....            | 219        |
| Działanie .....          | 221        |
| Rodzaje .....            | 222        |
| Obudowy .....            | 222        |
| Diody impulsowe .....    | 222        |
| Diody prostownicze ..... | 222        |
| Dioda Zenera .....       | 223        |

|   |     |
|---|-----|
| Transil (dioda TVS) .....                         | 223 |
| Dioda Schottky'ego .....                          | 223 |
| Dioda pojemnościowa .....                         | 224 |
| Dioda tunelowa, dioda Gunna, dioda PIN .....      | 224 |
| Matryca diodowa .....                             | 224 |
| Mostek prostowniczy .....                         | 224 |
| Wartości .....                                    | 224 |
| Stosowanie .....                                  | 225 |
| Prostowanie .....                                 | 225 |
| Tłumienie siły przeciwelektromotorycznej .....    | 227 |
| Wybór napięcia zasilającego .....                 | 227 |
| Obcinanie napięcia .....                          | 228 |
| Bramka logiczna .....                             | 228 |
| Stabilizacja napięcia DC i tłumienie szumów ..... | 228 |
| Sterowanie napięciem AC i obcinanie sygnału ..... | 229 |
| Wykrywanie zmian napięcia .....                   | 230 |
| Możliwe błędy .....                               | 231 |
| Przeciążenie .....                                | 231 |
| Odwrócona polaryzacja .....                       | 231 |
| Niewłaściwy rodzaj diody .....                    | 231 |

## **27. Tranzystor jednozłączowy ..... 233**

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| Funkcja .....                 | 233 |
| Działanie .....               | 234 |
| Rodzaje .....                 | 236 |
| Wartości .....                | 236 |
| Stosowanie .....              | 237 |
| Możliwe błędy .....           | 237 |
| Pomyłki terminologiczne ..... | 237 |
| Niewłaściwa polaryzacja ..... | 238 |
| Przeciążenie .....            | 238 |

## **>> WIELOZŁĄCZOWE**

## **28. Tranzystor bipolarny ..... 239**

|   |     |
|---|-----|
| Funkcja .....                             | 239 |
| Działanie .....                           | 239 |
| Wzmocnienie prądowe .....                 | 242 |
| Terminologia .....                        | 242 |
| Rodzaje .....                             | 243 |
| Obudowy .....                             | 244 |
| Rozkład wyprowadzeń .....                 | 244 |
| Wartości .....                            | 245 |
| Stosowanie .....                          | 246 |
| Układ Darlingtona .....                   | 246 |
| Wzmacniacze .....                         | 248 |
| Przełączniki (klucze tranzystorowe) ..... | 248 |

|  |            |
|--|------------|
| Możliwe błędy .....  | 248        |
| Niewłaściwe podłączenie tranzystora bipolarnego .....      | 248        |
| Niewłaściwe podłączenie chipu z układami Darlingtona ..... | 249        |
| Nieostrożne lutowanie .....                                | 250        |
| Zbyt wysokie napięcie lub za duży prąd .....               | 250        |
| Zbyt duży prąd upływu .....                                | 250        |
| <b>29. Tranzystor polowy (FET) .....</b>                   | <b>251</b> |
| Funkcja .....  | 251        |
| Działanie .....  | 251        |
| JFET .....   | 251        |
| Działanie tranzystora JFET .....                           | 253        |
| MOSFET-y .....   | 255        |
| Podłoże tranzystora MOSFET .....                           | 259        |
| Rodzaje .....  | 260        |
| MESFET-y .....   | 260        |
| VMOSFET-y .....  | 260        |
| MOSFET rowkowy (Trench MOSFET) .....                       | 260        |
| Wartości .....   | 260        |
| Stosowanie .....   | 260        |
| Wady kanału typu P .....                                   | 260        |
| Zamienność z tranzystorami bipolarnymi .....               | 261        |
| Przedwzmacniacz .....                                      | 261        |
| Rezystor sterowany napięciem .....                         | 261        |
| Kompatybilność z urządzeniami cyfrowymi .....              | 261        |
| Możliwe błędy .....  | 261        |
| Elektryczność statyczna .....                              | 261        |
| Ciepło .....   | 261        |
| Niewłaściwa polaryzacja .....                              | 262        |
| <b>Dodatek A. Symbole schematyczne .....</b>               | <b>263</b> |
| <b>Skorowidz .....</b>                                     | <b>267</b> |



# Bateria

To hasło obejmuje źródła energii elektrochemicznej. Wprawdzie prąd elektryczny jest w przeważającej mierze generowany przez urządzenia elektromagnetyczne, ale ich nie można zaliczyć do podzespołów elektronicznych, więc nie znalazły się w *Encyklopedii*. Z tego samego powodu wykluczyłem też źródła elektrostatyczne.

Zamiast baterii mówimy czasem *ogniwo* lub *ogniwo elektryczne*, ale w rzeczywistości najczęściej chodzi o kilka ogniw w jednej obudowie.

## INNE POWIĄZANE PODZESPOŁY:

- **kondensator** (rozdział 12.).

## Funkcja

Bateria zawiera jedno lub kilka *ogniw galwanicznych*, w których reakcje chemiczne wytwarzają różnicę potencjału między elektrodami zanurzonymi w elektrolicie. Różnica ta wywołuje przepływ *prądu* przez zewnętrzne *obciążenie*, co z kolei powoduje rozładowywanie baterii.

Ogniwa galwanicznego nie należy mylić z *ogniwem elektrolitycznym*<sup>1</sup>, które wymaga zasilania z zewnętrznego źródła prądu w celu przeprowadzenia *elektrolizy* polegającej na rozkładzie związków chemicznych. Ogniwo elektrolityczne zużywa energię elektryczną, a ogniwo galwaniczne ją wytwarza.

Baterie mogą przybierać formę od pojedynczego *ogniwa guzikowego (pastylkowego)* po duże akumulatory kwasowo-olowiowe stosowane do gromadzenia energii wygenerowanej przez panele fotowoltaiczne lub turbiny wiatrowe w miejscach odległych od sieci energetycznej. Zestawy dużych akumulatorów mogą służyć jako źródła zasilania awaryjnego w zakładach produkcyjnych lub nawet małych społecznościach położonych w miejscach, gdzie tradycyjna sieć energetyczna działa niepewnie. Na rysunku 2.1 widać zestaw akumulatorów o łącznej mocy 60 kW i stałym napięciu

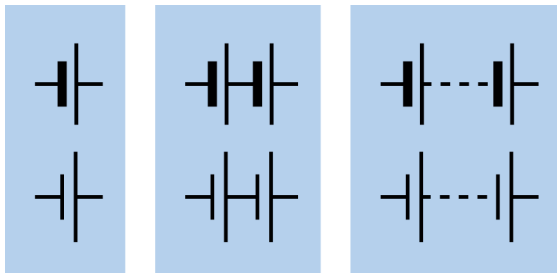
wyjściowym 480 V zainstalowany w korporacyjnym centrum obliczeniowym w celu uzupełnienia energii dostarczanej przez panele fotowoltaiczne i turbiny wiatrowe w okresach szczytowego poboru prądu albo gromadzenia jej, gdy zapotrzebowanie jest mniejsze. Każdy z tych akumulatorów ma wymiary 70 × 60 × 30 cm i waży około 450 kg.



**Rysunek 2.1.** Zestaw akumulatorów o łącznej mocy 60 kW i stałym napięciu wyjściowym 480 V zainstalowany w korporacyjnym centrum obliczeniowym jako uzupełniające źródło zasilania. (Zgodę na publikację zdjęcia wydała firma Hybridne Power Systems Canada Inc. będąca właścicielem praw autorskich. Dalsza reprodukcja wymaga dodatkowej zgody ze strony wymienionej firmy)

<sup>1</sup> Zwane też *komórką elektrolityczną* — przyp. red.

Symbole schematyczne baterii są pokazane na rysunku 2.2. W każdym przypadku dłuższa linia oznacza dodatni biegun baterii. Jednym ze sposobów zapamiętania tego faktu może być wyobrażenie sobie, że z dłuższej kreski — po podzieleniu jej na pół — da się ułożyć znak plus (+). Teoretycznie kilka połączonych symboli powinno oznaczać baterię złożoną z kilku ogniw, i tak symbol środkowy powinien oznaczać baterię o napięciu 3 V, a symbol po prawej stronie — baterię o napięciu większym niż 3 V, ale w praktyce wygląda to różnie. Nie ma jednej spójnej zasady.

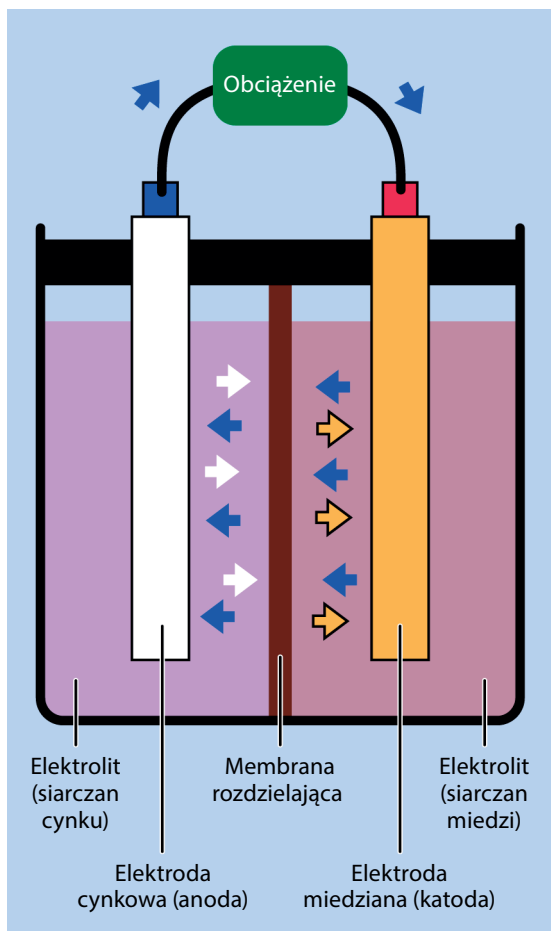


**Rysunek 2.2.** Symbole schematyczne baterii. Symbole zawarte w tym samym niebieskim prostokącie są równoważne

## Działanie

W najprostszej postaci, stosowanej w celach pokazowych, ogniwo składa się z dwóch *elektrod*, miedzianej i cynkowej, zanurzonych częściowo w *elektrolitach* będących siarczanami, odpowiednio, miedzi i cynku. Często cały taki układ bywa nazywany *ogniwem*, a poszczególne zestawy złożone z elektrody i elektrolitu — *półogniwami*.

Schemat takiego ogniwa jest pokazany na rysunku 2.3. Niebieskie strzałki nad obwodem zewnętrznym wskazują kierunek przepływu elektronów od elektrody cynkowej (*anoda*) poprzez obciążenie do elektrody miedzianej (*katoda*). *Membrana rozdzielająca* przepuszcza elektrony powracające do anody, ale zapobiega mieszanemu się elektrolitów.



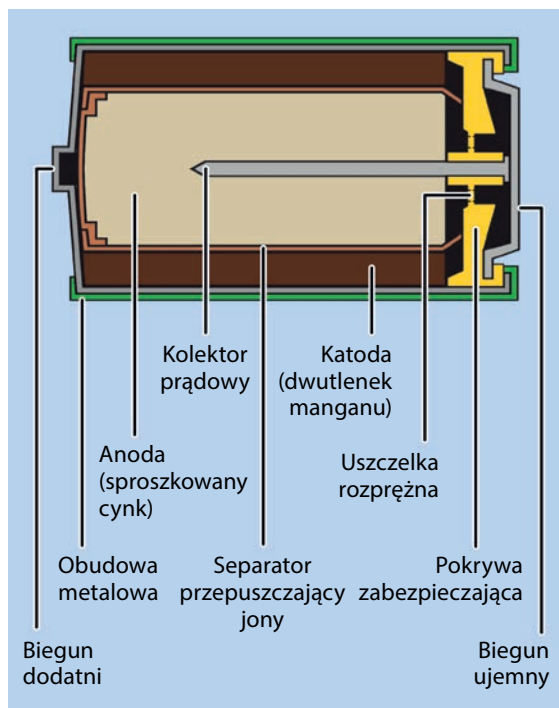
**Rysunek 2.3.** Klasyczny układ ogniwa galwanicznego; szczegółowe objaśnienia znajdują się w tekście

Strzałki pomarańczowe reprezentują dodatnie jony miedzi. Strzałki białe symbolizują dodatnie jony cynku. (Jon to atom pozbawiony jednego lub więcej elektronów). Jony cynku przechodzą z elektrody do elektrolitu, co powoduje stopniowe zmniejszanie się jej masy.

Elektrony docierające do elektrody miedzianej przyciągają dodatnie jony miedzi z elektrolitu (symbolizują to strzałki pomarańczowe). Jony te osadzają się na elektrodzie, co prowadzi do zwiększania się jej masy.

Cały ten proces wynika po części z tego, że cynk łatwiej uwalnia elektrony niż miedź.

Baterie stosowane w sprzęcie konsumenckim zazwyczaj mają elektrolit w formie pasty zamiast cieczy i dlatego nazywano je *ogniwami suchymi*, ale obecnie już się tej nazwy nie używa. Po zamontowaniu obu półogniw koncentrycznie w jednej walcowatej obudowie otrzymujemy typową baterię 1,5 V typu C (R14), D (R20), AA (R6) lub AAA (R03) (patrz rysunek 2.4).



**Rysunek 2.4.** Przekrój poprzeczny typowej baterii alkalicznej 1,5 V

Bateria o napięciu znamionowym 1,5 V składa się z jednego ogniwa, a baterie o napięciu 6 V lub 9 V zawierają po kilka ogniw połączonych szeregowo; przy takim połączeniu całkowite napięcie baterii jest sumą napięć wszystkich jej ogniw.

## Nazewnictwo elektrod

Elektrody ogniwa zwykle się nazywać *anodą* i *katodą*. Z jednoznacznością tych nazw jest pewien problem, ponieważ wewnątrz ogniwa elektrony wpływają do anody, a na zewnątrz wypływają z niej. W przypadku katody wszystko jest dokładnie na odwrót. A zatem, gdy patrzymy na ogniwo z zewnątrz, emitery elektronów jest anoda, a gdy patrzymy od środka, emitery jest katoda.

*Umowny kierunek prądu* jest odwrotny w stosunku do kierunku przepływu elektronów, a zatem w obwodzie zewnętrznym płynie on od katody do anody, a to z kolei oznacza, że katoda ma wyższy potencjał (jest „bardziej dodatnia”) niż anoda. Aby to zapamiętać, skojarz sobie literę *t* w słowie katoda ze znakiem plus (ka+oda). W dużych akumulatorach katoda jest często oznaczana kolorem czerwonym, a anoda — czarnym lub niebieskim.

Gdy akumulator (bateria wielokrotnego użytku) jest ładowany, elektrony przepływają w odwrotnym kierunku, a więc i anoda z katodą zamieniają się miejscami. Producenci akumulatorów zwykle nazywają anodą zacisk o wyższym potencjale. Całe to zamieszanie z nazewnictwem elektrod potęgują producenci części elektronicznych, którzy używają słowa „katoda” do oznaczania „bardziej ujemnej” (mającej niższy potencjał) końcówki **diody**.

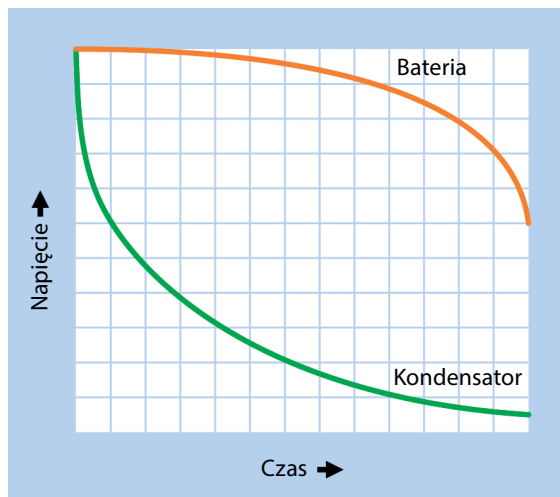
Żeby uniknąć nieporozumień, lepiej w przypadku baterii nie mówić o anodzie i katodzie, lecz po prostu o biegunach: ujemnym i dodatnim. W niniejszej *Encyklopedii* słowo „katoda” będzie odtąd oznaczało wyłącznie „bardziej ujemną” końcówkę diody.

## Rodzaje

Istnieją trzy rodzaje baterii:

1. *Baterie jednorazowe* zwane też (poprawnie, choć niezbyt często) *ogniwami pierwotnymi*. Ich ponowne naładowanie jest niemożliwe, ponieważ zachodzące w nich reakcje chemiczne są nieodwracalne.
2. *Baterie wielokrotnego użytku (akumulatory)* zwane też (poprawnie, choć niezbyt często) *ogniwami wtórnymi*. Ich ponowne naładowanie jest możliwe przez przyłożenie napięcia do biegunów z zewnętrznego źródła prądu zwanego *ładowarką*. Tempo stopniowej degradacji elektrod będącej skutkiem procesu ładowania zależy w dużej mierze od materiałów użytych przy produkcji baterii i sposobu jej użytkowania. Tak czy inaczej, liczba cykli ładowania i rozładowania jest ograniczona.
3. *Ogniwa paliwowe* do długotrwałej pracy wymagają ciągłego dopływu gazu reaktywnego, na przykład wodoru. Zastosowania i zasada działania takich ogniw wykraczają poza tematykę tej encyklopedii.

W pewnych zastosowaniach baterię można zastąpić **kondensatorem**, ale jego gęstość energii jest mniejsza, a koszty produkcji — przy porównywalnej pojemności energetycznej — są znacznie większe. Kondensator ładuje się i rozładowuje znacznie szybciej niż bateria, ponieważ nie są w to zaangażowane żadne reakcje chemiczne. Bateria ma jednak tę przewagę, że przez większą część cyklu rozładowywania utrzymuje napięcie wyjściowe na poziomie bliskim znamionowemu (patrz rysunek 2.5).



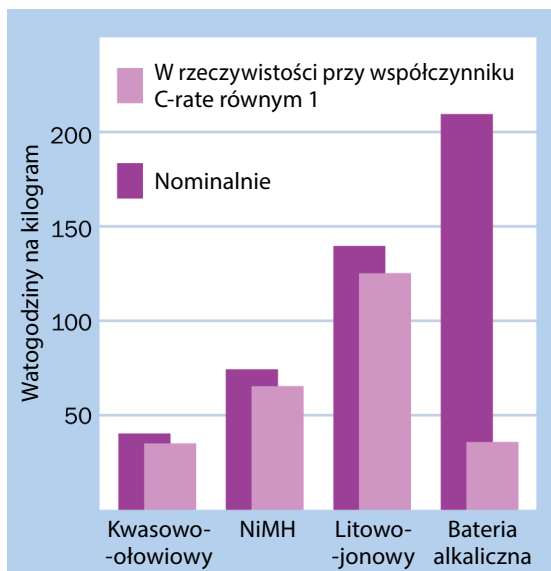
**Rysunek 2.5.** Szybki spadek napięcia rozładowującego się kondensatora wyklucza go jako zamiennik baterii w większości zastosowań. Niekiedy jednak możliwość szybkiego rozładowania się przy dużym natężeniu prądu może być wielką zaletą kondensatora

Kondensatory zdolne do gromadzenia bardzo dużych ilości energii są często nazywane *superkondensatorami*.

## Baterie jednorazowe

Gęstość energii dowolnej baterii jednorazowej jest większa niż jakiegokolwiek baterii wielokrotnego użytku. Baterie jednorazowe mają też dłuższy okres trwałości, ponieważ znacznie wolniej tracą ładunek podczas przechowywania (nazywamy to szybkością *samorozładowania*). Swoje właściwości zachowują przez pięć lat, a nawet dłużej, co czyni je szczególnie przydatnymi w takich zastosowaniach, jak czujniki dymu, piloty zdalnego sterowania czy światła ostrzegawcze.

Baterie jednorazowe nie są przystosowane do pracy z obciążeniem o rezystancji mniejszej niż  $75 \Omega$ . W takich sytuacjach lepiej spisują się akumulatory. Wykres słupkowy z rysunku 2.6 przedstawia znamionowe i rzeczywiste możliwości baterii alkalicznej na tle trzech najpopularniejszych rodzajów akumulatorów w warunkach obciążenia powodującego całkowite rozładowanie w ciągu jednej godziny.



**Rysunek 2.6.** Z powodu stosunkowo dużej rezystancji wewnętrznej baterie alkaliczne zupełnie nie nadają się do szybkiego rozładowywania, więc powinno się je stosować tam, gdzie jest potrzebne dostarczenie prądu o niewielkim natężeniu przez długi czas (wykres pochodzi ze strony <https://batteryuniversity.com>)

Podawana przez producenta liczba watogodzin jest zwykle ustalana na drodze testów polegających na obciążeniu baterii odbiornikiem o stosunkowo dużej rezystancji i pomiarze czasu jej powolnego rozładowywania. Wartość ta nie potwierdzi się w praktyce, jeśli bateria będzie rozładowywana zbyt szybko, na przykład w ciągu 1 godziny (ze współczynnikiem *C-rate* równym 1).

Popularnymi typami baterii są *cynkowo-węglowe* i *alkaliczne*. W ogniwie cynkowo-węglowym elektroda ujemna jest wykonana z cynku, a dodatnia — z węgla. Ograniczona pojemność tego typu baterii zmniejszyła ich popularność, ale jako że są tanie w produkcji, wciąż znajdują zastosowanie, szczególnie tam, gdzie firmy sprzedają swoje produkty z „dołączoną baterią”. Elektrolitem jest najczęściej chlorek amonu

lub chlorek cynku. Widoczna na rysunku 2.7 bateria 9 V jest taką właśnie baterią cynkowo-węglową, a ta mniejsza, 12 V alkaliczna, znalazła zastosowanie w systemach alarmowych. Już te dwa przykłady dowodzą, że na podstawie samego wyglądu nie da się za wiele powiedzieć o budowie i parametrach baterii.



**Rysunek 2.7.** Po lewej: tania bateria cynkowo-węglowa; po prawej: 12 V bateria alkaliczna stosowana w systemach alarmowych — więcej szczegółów znajdziesz w tekście

W ogniwie alkalicznym elektroda ujemna jest wykonana ze sproszkowanego cynku, a dodatnia — z wodorotlenku potasu. Tego typu bateria może mieć od 3 do 5 razy większą pojemność energetyczną niż tej samej wielkości bateria cynkowo-węglowa i dłużej utrzymuje użyteczną wartość napięcia podczas cyklu rozładowywania.

W niektórych zastosowaniach militarnych pożądany jest długi czas przydatności do użytku. Można to osiągnąć, stosując *baterie rezerwowe*, w których wewnętrzne składniki chemiczne są początkowo odseparowane od siebie, a ich połączenie następuje dopiero tuż przed użyciem baterii.

## Baterie wielokrotnego użytku (akumulatory)

Powszechnie stosowane są następujące typy akumulatorów: *kwasowo-ołowiowe*, *niklowo-kadmowe* (w skrócie *NiCd* lub *NiCad*), *niklowo-metalowo-wodorkowe* (w skrócie *NiMH*), *lito-wo-jonowe* (w skrócie *Li-ion*) i *litowo-polimerowe* (w skrócie *LiPo* lub *Li-Poly*).

Akumulatory kwasowo-ołowiowe istnieją od ponad wieku i są nadal powszechnie stosowane w samochodach, systemach alarmowych, oświetleniu awaryjnym i w układach

zasilania rezerwowego. W pierwszych konstrukcjach, zwanych często *akumulatorami mokrymi*, jako elektrolit wykorzystywany był kwas siarkowy (stąd dość popularne określenie *kwasy akumulatorowy*), którego stężenie musiało być utrzymywane na odpowiednim poziomie, co wymagało okresowego dolewania wody destylowanej. Konieczne było też zapewnienie wentylacji takiego akumulatora, z czym wiązało się ryzyko wylania kwasu przez otwór wentylacyjny przy mocniejszym przechyleniu urządzenia.

Później dużą popularność zyskały akumulatory *kwasowo-ołowiowe z zaworem regulacyjnym (VRLA)*, które są szczelne i nie wymagają dolewania wody destylowanej. Wbudowany zawór regulacyjny otwiera się przy wzroście wewnętrznego ciśnienia gazów, ale zapobiega wylewaniu się elektrolitu bez względu na usytuowanie akumulatora. Urządzenia tego typu są chętnie stosowane w *układach ciągłego zasilania* systemów przetwarzania danych, a także w samochodach i elektrycznych wózkach inwalidzkich, ponieważ ze względu na szczelność i bezobsługowość mają dość duży współczynnik bezpieczeństwa.

Akumulatory VRLA można podzielić na dwa rodzaje: AGM z matą szklaną jako absorbentem elektrolitu i elektrolity żelowe. W pierwszym elektrolit jest absorbowany przez porowatą matę z włókna szklanego, a w drugim jest mieszany z pyłem silikonowym, co nadaje mu formę nieruchomego żelu.

Pojęcie *głębokiego rozładowania* odnosi się do akumulatorów kwasowo-ołowiowych i wiąże się z ich odpornością na rozładowanie do niskiego poziomu, zazwyczaj 20% pojemności (choć niektórzy producenci podają jeszcze niższe wartości). Płytki typowego akumulatora kwasowo-ołowiowego są wykonywane z ołowiu *gąbczastego*, co zwiększa maksymalnie powierzchnię kontaktu z kwasem, ale przy głębokim rozładowaniu zwiększa ryzyko powstawania fizycznych ubytków. W akumulatorach przystosowanych do głębokich rozładowań płytki są pełne, a więc bardziej wytrzymałe pod względem fizycznym, ale za to ich wydajność prądowa jest mniejsza. Jeśli taki akumulator ma służyć do uruchamiania silnika spalinowego, powinien mieć większą pojemność elektryczną niż zwykłe urządzenia kwasowo-ołowiowe używane do tego celu.

Na rysunku 2.8 jest pokazany szczelny akumulator kwasowo-ołowiowy przeznaczony do zasilania oświetlenia zewnętrznego włączanego przez czujnik ruchu. Urządzenie waży kilka

kilogramów i jest w ciągu dnia doładowywane przez panel fotowoltaiczny o wymiarach 15 cm × 15 cm.



**Rysunek 2.8.** Akumulator kwasowo-olowiowy przeznaczony do zasilania zewnętrznego oświetlenia włączanego przez czujnik ruchu

Akumulatory niklowo-kadmowe (NiCd) mają dużą wydajność prądową, ale ich używanie zostało w Europie zakazane ze względu na toksyczność kadmu. Obecnie są zastępowane akumulatorami *niklowo-metalowo-wodorkowymi* (NiMH), które są mniej szkodliwe i nie wykazują *efektu pamięci* polegającego na tym, że ogniwo Ni-Cd pozostawione na kilka tygodni lub miesięcy w stanie częściowego rozładowania zmniejsza swoją pojemność.

Akumulatory litowo-jonowe i litowo-polimerowe mają lepszy stosunek pojemności energetycznej do masy niż baterie NiMH i są szeroko stosowane w urządzeniach elektronicznych, takich jak laptopy, odtwarzacze multimedialne, cyfrowe aparaty fotograficzne i telefony komórkowe. Duże zestawy takich akumulatorów są również stosowane w niektórych samochodach o napędzie elektrycznym.

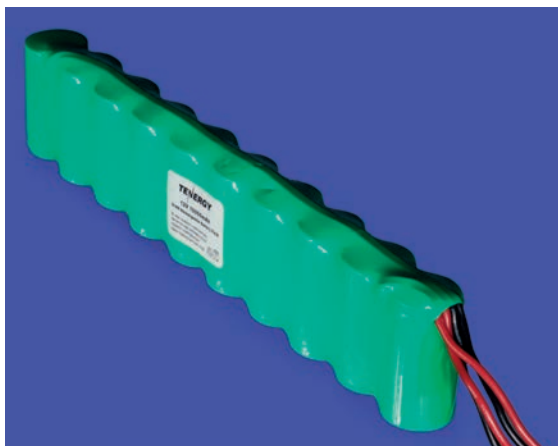
Kilka rodzajów małych akumulatorów jest pokazanych na rysunku 2.9. Zestaw ogniw NiCd (w lewym górnym rogu) był stosowany w telefonach bezprzewodowych, ale obecnie nie jest już produkowany. Litowy akumulator 3V (w prawym górnym rogu) znalazł zastosowanie w cyfrowych aparatach fotograficznych. Pozostałe trzy akumulatory są typu NiMH i pełnią funkcję zamienników baterii 6F22 (9 V), AA i AAA. Pojedyncze ogniwa NiMH mają napięcie wyjściowe 1,2 V, a nie 1,5 V, jak jest w przypadku alkalicznych baterii AA i AAA, ale producenci twierdzą, że to w niczym nie przeszkadza,

ponieważ akumulatory dłużej utrzymują napięcie na stałym poziomie, więc po pewnym czasie napięcia wyjściowe obu źródeł i tak się wyrównują.



**Rysunek 2.9.** U góry po lewej: zestaw ogniw NiCd stosowany w telefonach bezprzewodowych; u góry po prawej: akumulator litowy do aparatu fotograficznego; u dołu: trzy akumulatory NiMH będące zamiennikami popularnych baterii alkalicznych

Zestawy NiMH dostarczają stosunkowo duże ilości energii przy rozmiarach i masie mniejszych niż ich odpowiedniki kwasowo-olowiowe. Zestaw pokazany na rysunku 2.10 ma pojemność 10 Ah i składa się z 10 akumulatorów NiMH o rozmiarze D połączonych szeregowo, co w sumie daje napięcie wyjściowe 12 V. Takie zestawy znajdują zastosowanie w robotyce i innych gałęziach techniki, w których istotna jest mobilność zasilanego urządzenia.



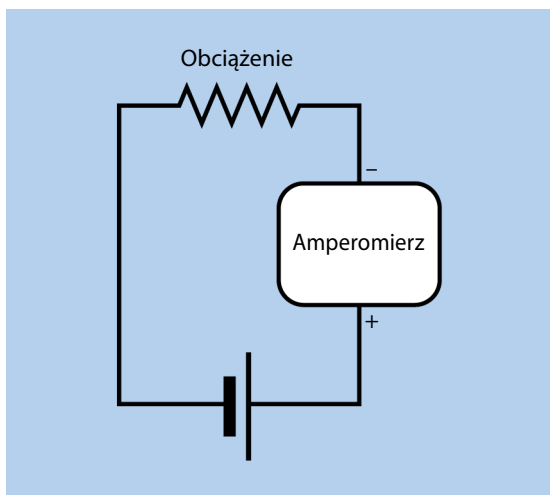
**Rysunek 2.10.** Ten zestaw połączonych szeregowo akumulatorów NiMH ma znamionową pojemność 10 Ah i napięcie wyjściowe 12 V

## Wartości

### Natężenie prądu

Natężenie prądu pobieranego z baterii jest w dużym stopniu zależne od rezystancji obciążenia podłączonego do zewnętrznych zacisków. Jednakże, aby obwód mógł być zamknięty (warunek przepływu prądu), wewnątrz baterii musi następować przepływ jonów, a więc prąd będzie ograniczany także przez *rezystancję wewnętrzną*. Rezystancję tę należy traktować na równi z innymi elementami obwodu.

Bateria dostarcza prąd tylko wtedy, gdy jest do niej podłączone obciążenie, i tylko wtedy można mierzyć natężenie tego prądu — obciążeniem nie może być sam amperomierz. Miernik podłączony bezpośrednio do zacisków baterii (również równolegle do obciążenia) natychmiast ulegnie przeciążeniu, co może się skończyć jego uszkodzeniem. Przy pomiarze natężenia prądu miernik należy zawsze włączać do obwodu szeregowo z obciążeniem, zachowując odpowiednią biegunowość (patrz rysunek 2.11).



**Rysunek 2.11.** Przy mierzeniu natężenia prądu za pomocą amperomierza (lub miernika uniwersalnego w trybie pomiaru natężenia prądu) miernik należy włączyć do obwodu szeregowo z baterią i jej obciążeniem; aby zapobiec uszkodzeniu miernika, nie należy go przyłączać bezpośrednio do zacisków baterii (równolegle z obciążeniem); konieczne jest również zachowanie właściwej biegunowości

### Pojemność

*Pojemność energetyczna* baterii jest wyrażana w *amperogodzinach* (w skrócie *Ah*). Jednostką tysiąc razy mniejszą jest *miliamperogodzina* (*mAh*). Jeśli przez *I* oznaczymy natężenie prądu pobieranego z baterii (w amperach), a przez *T* czas pobierania tego prądu (w godzinach), to pojemność energetyczną baterii możemy wyliczyć za pomocą następującego wzoru:

$$Ah = I \cdot T$$

Jeśli producent podał pojemność baterii, to po przekształceniu tego wzoru można łatwo obliczyć, przez jaki czas bateria będzie mogła dostarczać prąd o określonym natężeniu:

$$T = Ah / I$$

Teoretycznie pojemność energetyczna jest wartością stałą dla danej baterii, a zatem bateria o pojemności 4 Ah powinna dostarczać prąd o natężeniu 1 A przez 4 godziny albo 4 A przez 1 godzinę, albo 5 A przez 0,8 godziny (48 minut) itd.

W rzeczywistości taka liniowa zależność nie istnieje. Załamuje się dość szybko przy wzroście natężenia prądu, a dotyczy to szczególnie akumulatorów kwasowo-ołowiowych, które

nie sprawują się najlepiej, gdy mają dostarczać prąd o dużym natężeniu. Część energii jest w nich zamieniana na ciepło, a będące podstawą ich działania reakcje chemiczne po prostu nie są w stanie podołać większym zapotrzebowaniom.

Zastosowanie [prawa Peukerta](#) (odkrytego przez niemieckiego naukowca w 1897 roku) pozwala uzyskać realniejszy wynik dla dużych prądów. Jeśli przez  $n$  oznaczymy wartość współczynnika Peukerta (tzw. [liczba Peukerta](#)) dla danej baterii, to poprzedni wzór możemy zmodyfikować następująco:

$$T = Ah / I^n$$

Producenci baterii zazwyczaj (ale nie zawsze) podają wartość współczynnika Peukerta dla danego modelu, więc można ten czas wyliczyć. Załóżmy na przykład, że bateria o pojemności 4 Ah ma współczynnik Peukerta 1,2 i pobieramy z niej prąd o natężeniu 5 A. Obliczmy, przez jaki czas będziemy mogli to robić.

$$T = 4 / 5^{1,2} = \text{w przybliżeniu } 4 / 6,9$$

Czas ten wynosi 0,58 h, czyli 35 minut — znacznie mniej, niż wynikało to z poprzedniego wzoru.

Niestety obliczenia te są obciążone dość istotnym błędem. Otóż w czasach Peukerta producenci wyznaczali pojemność baterii, pobierając z niej prąd o stałym natężeniu 1 A i mierząc czas, w ciągu którego bateria była w stanie taki prąd dostarczać. Jeśli ten czas wynosił 4 godziny, przypisywano baterii pojemność 4 Ah.

Obecnie wszystko odbywa się na odwrót. Zamiast ustalać natężenie prądu pobieranego z baterii, producenci ustalają czas trwania testu i wyznaczają maksymalny prąd, jaki bateria może przez ten czas dostarczać. Na ogół taki test trwa 20 godzin, a więc jeśli bateria ma w ten sposób wyznaczoną pojemność 4 Ah, to znaczy, że przez 20 godzin może ona dostarczać prąd o natężeniu 0,2 A, a nie 1 A przez 4 godziny.

Różnica jest zasadnicza, ponieważ bateria mogąca dostarczać prąd 0,2 A przez 20 godzin nie będzie w stanie dostarczać prądu 1 A przez 4 godziny. Pojemności wyznaczone według starych i nowych zasad mają różne znaczenia i nie można ich używać zamiennie. Jeśli do starego wzoru Peukerta wstawimy pojemność wyznaczoną według nowych reguł (jak to zrobiłem przed chwilą), wynik będzie zbyt optymistyczny. Niestety mało kto zwraca na to uwagę. Wzór Peukerta jest nadal stosowany, a wydajność baterii jest obliczana w sposób nieprawidłowy.

Wzór został oczywiście poprawiony (wstępnie przez Chrisa Gibsona z firmy SmartGauge Electronics) w celu uwzględnienia nowej metody wyznaczania pojemności. Wprowadzono nowy współczynnik  $H$  oznaczający czas trwania testu;  $n$ , jak poprzednio, jest liczbą Peukerta i jest ustalana przez producenta baterii, a  $I$  — natężeniem prądu, który chcemy pobierać. Nowa wersja wzoru wygląda następująco:

$$T = H * (AhM / (I * H)^n)^2$$

Gdzie szukać wartości współczynnika  $H$ ? Większość producentów (nie wszyscy) podaje ją wśród danych technicznych baterii lub akumulatora. Niektórzy zamiast niej podają wartość współczynnika wydajnościowego [C-rate](#), który można określić jako odwrotność czasu trwania testu ( $1/H$ ). A zatem, jeśli znamy C-rate, możemy łatwo obliczyć  $H$ :

$$H = 1 / C\text{-rate}$$

Zastosujmy teraz zmodyfikowany wzór w naszych poprzednich obliczeniach. A zatem, jeśli bateria ma znamionową pojemność 4 Ah i wartość ta została wyznaczona nowoczesną metodą podczas testu trwającego 20 godzin (a więc przy C-rate wynoszącym 0,05), a współczynnik Peukerta nadal wynosi 1,2, to czas, przez jaki możemy pobierać prąd o natężeniu 5 A, obliczymy w sposób następujący:

$$T = 20 * (4 / (5 * 20)^{1,2}) = \text{w przybliżeniu } 20 * 0,021$$

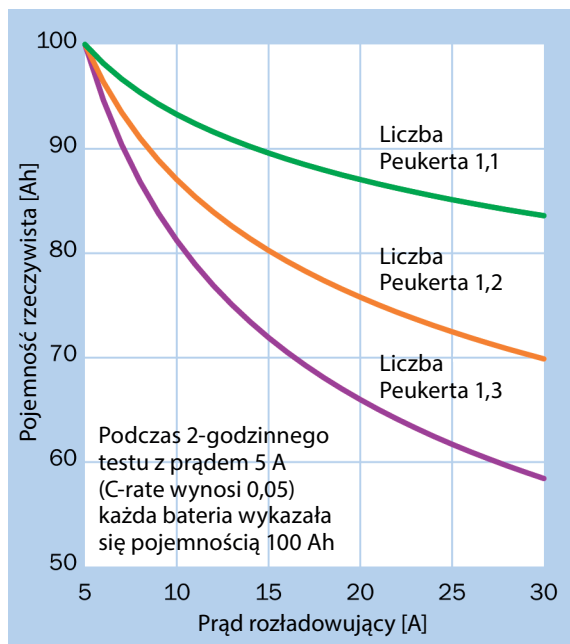
To daje 0,42 godziny, czyli około 25 minut, a zatem znacznie mniej niż przy zastosowaniu starego wzoru, kiedy to otrzymaliśmy wartość wynoszącą 35 minut. Widać więc wyraźnie, że nie można obliczać czasu rozładowania baterii według starego wzoru, jeśli pojemność baterii została wyznaczona zgodnie z nowymi standardami. Całe to zagadnienie może wydawać się zbyt wydumane, ale jest naprawdę bardzo ważne, gdy w grę wchodzi obliczanie sprawności urządzeń zasilanych baterijnie, na przykład samochodów z napędem elektrycznym.

Rysunek 2.12 przedstawia wykresy prognozowanych sprawności baterii z liczbami Peukerta wynoszącymi 1,1, 1,2 i 1,3. Krzywe zostały wykreślone na podstawie obliczeń przeprowadzonych przy użyciu zmodyfikowanego wzoru Peukerta. Pokazują one, jak zmniejsza się liczba amperogodzin każdej

- 2 AhM oznacza tu pojemność baterii wyznaczoną zgodnie z nowymi regułami (od angielskiego słowa *modern* — nowoczesny) — *przyp. tłum.*



z tych baterii wraz ze wzrostem pobieranego z niej prądu. Na przykład, jeśli z baterii o liczbie Peukerta wynoszącej 1,2 i pojemności (wyznaczonej w teście 20-godzinny) na poziomie 100 Ah będzie pobierany prąd o natężeniu 30 A, to jej rzeczywista pojemność wyniesie tylko 70 Ah.



**Rysunek 2.12.** Rzeczywiste pojemności trzech baterii z liczbami Peukerta wynoszącymi 1,1, 1,2 i 1,3 przy rozładowywaniu ich prądem o natężeniu z zakresu od 5 A do 30 A; pojemność nominalna każdej baterii wynosi 100 Ah i została wyznaczona na podstawie testu 20-godzinnego (z C-rate równym 0,05)

Istnieje jeszcze jeden czynnik, który należy uwzględnić w tego typu obliczeniach, a mianowicie wiek baterii — wraz z pogarszaniem się właściwości chemicznych baterii rośnie jej liczba Peukerta.

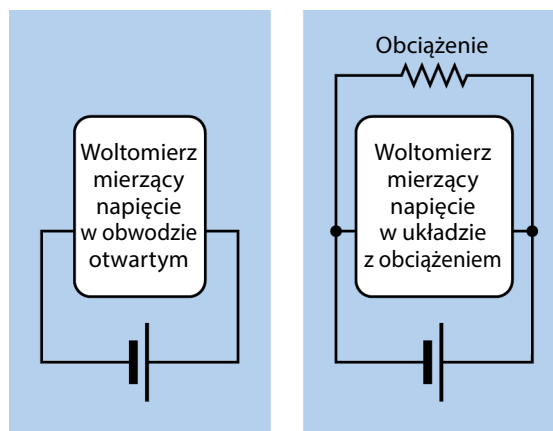
## Napięcie

Napięcie znamionowe baterii jest definiowane jako różnica potencjałów między biegunami przy pełnym naładowaniu i braku obciążenia — tzw. *siła elektromotoryczna* (oznaczana jako SEM lub z angielska *OCV* bądź  $V_{oc}$ ). Jako że rezystancja wewnętrzna woltomierza (lub miernika uniwersalnego przełączonego w tryb pomiaru napięcia stałego) jest bardzo duża, można przeprowadzić pomiar bezpośrednio

na zaciskach zewnętrznych baterii bez ryzyka uszkodzenia aparatu i bez wpływania na wartość mierzonego napięcia — wskazanie przyrządu będzie całkiem dobrze odzwierciedlać wartość rzeczywistą. W pełni naładowany akumulator samochodowy o napięciu nominalnym 12 V może mieć  $V_{oc}$  na poziomie 12,6 V, a nieużywana jeszcze bateria 9 V ma  $V_{oc}$  wynoszące około 9,5 V. Przy pomiarach tego napięcia za pomocą multimetru należy dokładnie sprawdzać, czy przyrząd ma włączony właściwy tryb — pomiar napięcia stałego. Czasami może się to wiązać z koniecznością przełożenia sondy pomiarowej do gniazda zarezerwowanego dla pomiarów napięcia, a nie natężenia prądu.

Napięcie generowane przez baterię mocno spada po podłączeniu obciążenia i potem nadal maleje w miarę rozładowywania się baterii. Dlatego w przypadku urządzeń wymagających stabilnego zasilania, takich jak cyfrowe układy scalone, konieczne jest zastosowanie **regulatora napięcia**.

W celu zmierzenia napięcia baterii należy podłączyć do niej woltomierz równolegle z obciążeniem, tak jak na rysunku 2.13. Taki pomiar umożliwia stwierdzenie, jakiej wielkości napięcie jest przyłożone do obciążenia, z tym większą dokładnością, im większa jest różnica między rezystancją wewnętrzną miernika a rezystancją obciążenia.



**Rysunek 2.13.** Przy mierzeniu napięcia za pomocą woltomierza (lub miernika uniwersalnego w trybie pomiaru napięcia) miernik można podłączyć bezpośrednio do zacisków baterii (miernik wskaże wtedy napięcie obwodu otwartego  $V_{oc}$ ) lub równolegle z jej obciążeniem (wtedy miernik wskaże rzeczywiste napięcie robocze); w przypadku użycia przyrządu uniwersalnego należy się upewnić, że ma on ustawiony tryb pomiaru napięcia

Na rysunku 2.14 pokazano tabelę z osiągnięciami pięciu popularnych baterii alkalicznych. Pojemność każdej z nich wyznaczono w typowych warunkach polegających na zastosowaniu obciążenia o stosunkowo dużej rezystancji przez długi czas (od 40 do 400 godzin w zależności od baterii). Test trwał za każdym razem do momentu, gdy napięcie rozładowywanej baterii osiągało poziom 0,8 V (w przypadku baterii 1,5 V) lub 4,8 V (w przypadku baterii 9 V). Wartości te uznano za akceptowalne w przypadku wyznaczania pojemności baterii przez jej producenta, ale w większości praktycznych zastosowań spadek napięcia zasilającego prawie o połowę jest nie do przyjęcia.

| Typ baterii | Pojemność [Ah] | Napięcie końcowe | Obciążenie [ $\Omega$ ] | Prąd [mA] |
|-------------|----------------|------------------|-------------------------|-----------|
| AAA         | 1,15           | 0,8              | 75                      | 20        |
| AA          | 2,87           | 0,8              | 75                      | 20        |
| C           | 7,8            | 0,8              | 39                      | 40        |
| D           | 17             | 0,8              | 39                      | 40        |
| 9V          | 0,57           | 4,8              | 620                     | 14        |

**Rysunek 2.14.** Napięcie generowane przez baterię może znacznie zmaleć, ale tylko podczas wyznaczania jej znamionowej pojemności; podane tu wartości natężenia prądu są rezultatem obliczeń uśredniających i należy je traktować jako przybliżone (zaprezentowane tu dane zostały zaczerpnięte z materiałów informacyjnych firmy Panasonic)

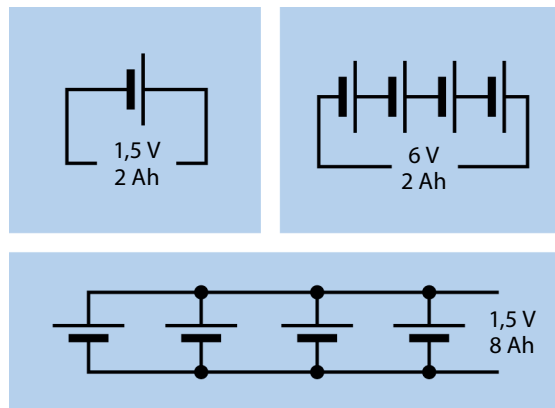
Jako ogólną zasadę oceniania przydatności baterii do konkretnego zastosowania należy przyjąć, że jej rzeczywista pojemność jest dwukrotnie mniejsza niż podana przez producenta wartość nominalna.

## Stosowanie

Przy wyborze baterii mającej zasilać konkretny obwód należy wziąć pod uwagę m.in. okres trwałości, typową i maksymalną wydajność prądową oraz masę. Pojemność energetyczną można traktować jedynie jako wartość przybliżoną i mającą charakter pomocniczy. W przypadku obwodów wymagających zasilania napięciem 5 V i pobierających prąd o natężeniu nieprzekraczającym 100 mA zazwyczaj stosuje się baterię 9 V lub sześć baterii 1,5 V połączonych szeregowo oraz **regulator napięcia**, na przykład LM7805. Trzeba przy

tym pamiętać, że działanie takiego regulatora wymaga energii, która częściowo zostanie rozproszona w formie ciepła. Minimalny spadek napięcia, jaki może zapewnić regulator, zależy od zastosowanego modelu.

Ogniwa, baterie i akumulatory można łączyć szeregowo lub równolegle. Przy połączeniu szeregowym napięcia się sumują, a pojemność energetyczna pozostaje na poziomie pojedynczego egzemplarza (przy założeniu, że wszystkie egzemplarze są jednakowe). Z kolei przy połączeniu równoległym napięcie wyjściowe pozostaje na poziomie pojedynczego egzemplarza (przy założeniu, że wszystkie egzemplarze są jednakowe), a pojemności energetyczne sumują się (patrz rysunek 2.15).



**Rysunek 2.15.** Teoretyczne wartości napięcia i pojemności czterech baterii (1,5 V i 2 Ah) połączonych szeregowo lub równolegle

Poza oczywistą mobilnością dużą zaletą baterii jest brak przepięć i szumów mogących zakłócać pracę zasilanych urządzeń. Konieczność wygładzania napięcia zasilającego może tu wynikać jedynie z nieregularnej pracy innych składników obwodu.

Silniki i inne elementy indukcyjne potrafią w fazie rozruchu pobrać prąd o natężeniu wielokrotnie większym niż ten, który pobierają podczas normalnej pracy. Bateria zasilająca obwód z takimi elementami powinna wytrzymać krótkotrwałe wzrosty obciążenia.

Niektóre linie lotnicze nie zezwalają na zabieranie do samolotu baterii litowo-jonowych o większych pojemnościach z powodu ich skłonności do samozapłonu. Jeśli pasażer musi

mieć przy sobie urządzenie bateryjne (na przykład przyrząd medyczny), powinien użyć raczej baterii NiMH.

## Możliwe błędy

### Zwarcie — przegrzanie i pożar

W stanie zwarcia bateria o dużej wydajności prądowej może ulec przegrzaniu, może się zapalić, a nawet wybuchnąć. Upuszczenie metalowego klucza na zaciski akumulatora samochodowego wywoła mocne iskrzenie, głośny trzask i nadtopienie metalu. Nawet alkaliczna bateria AA, jeśli połączy się jej bieguny, może się tak rozgrzać, że jej dotknięcie będzie niemożliwe. (Nigdy nie należy zwierać biegunów baterii wielokrotnego użytku, które ze względu na mniejszą rezystancję wewnętrzną umożliwiają przepływ prądu o większym natężeniu). Szczególnie niebezpieczne są baterie litowo-jonowe, które w stanie zwarcia mogą nawet wybuchnąć, i dlatego zawsze są wyposażone w ogranicznik prądu (pod żadnym pozorem nie należy tego ogranicznika demontować).

Jeśli akumulator jest używany jako proste źródło zasilania stołu warsztatowego, w obwodzie zasilającym powinien być zamontowany **bezpiecznik**. Zawsze w obwodzie zasilania urządzenia o stosunkowo dużym poborze prądu powinien być zamontowany bezpiecznik.

### Pogorszenie sprawności baterii z powodu jej niewłaściwego ładowania

Wiele typów baterii wielokrotnego użytku wymaga ściśle określonego napięcia ładowania i automatycznego zakończenia tego procesu we właściwym momencie. Nieprzebranie tych wymagań może prowadzić do nieodwracalnych zmian chemicznych skutkujących zmniejszeniem sprawności urządzenia. Ładowarka powinna być dostosowana do konkretnego typu baterii. Szczegółowe porównywanie baterii i ładowarek wykracza poza ramy tej *Encyklopedii*.

### Całkowite rozładowanie akumulatora kwasowo-ołowiowego

Całkowite lub prawie całkowite rozładowanie akumulatora kwasowo-ołowiowego znacząco skraca jego żywotność (chyba że jest do tego konstrukcyjnie przystosowany, ale

nawet wtedy nie zaleca się przekraczać progu 80% rozładowania).

### Zbyt duże zapotrzebowanie prądowe

Reakcje chemiczne w baterii zachodzą zdecydowanie wolniej w niskich temperaturach. Dlatego zimna bateria nie jest w stanie dostarczyć tak dużego prądu jak bateria ciepła. Akumulator samochodowy jest zimą mniej sprawny niż latem. Na domiar złego olej silnikowy w niskiej temperaturze zwiększa swoją lepkość i rozrusznik potrzebuje większego prądu, żeby pokonać zwiększone przez to opory ruchu smarowanych części silnika. Połączenie tych dwóch czynników sprawia, że po mroźnej nocy wiele aut ma problem z rozruchem silnika.

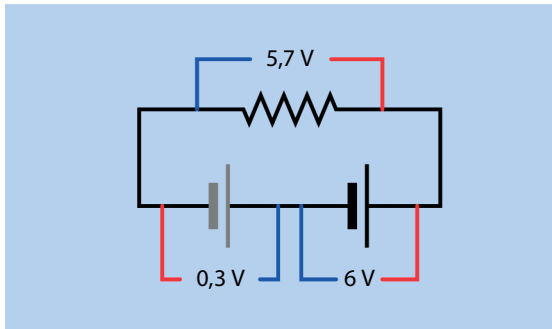
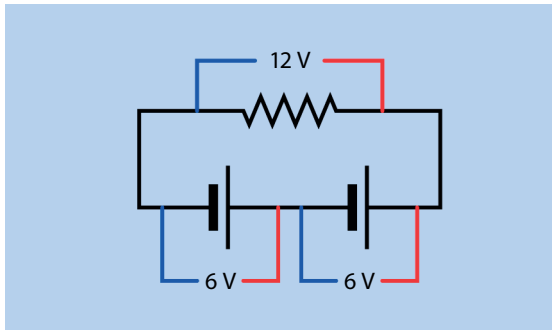
### Niewłaściwa polaryzacja

Pomylenie biegunów przy podłączaniu akumulatora do ładowarki może zaowocować trwałym uszkodzeniem jednego z tych urządzeń. Odpowiednio dobrany **bezpiecznik (przerывacz obwodu)** zainstalowany w ładowarce może uratować sytuację, ale nigdy nie ma stuprocentowej gwarancji.

Jeśli dwa akumulatory zostaną ze sobą połączone bez zachowania zgodności biegunów (co może się zdarzyć podczas nieostrożnej próby uruchomienia samochodu za pomocą kabli rozruchowych), może dojść do eksplozji. Podczas przyłączania kabli rozruchowych nie należy też przechylać akumulatora. Na wszelki wypadek warto na ten czas założyć okulary ochronne.

### Ładowanie odwrotne

Zjawisko *ładowania odwrotnego* może zaistnieć w obwodzie z kilkoma bateriami (właściwie połączonymi w szereg), z których jedna jest całkiem rozładowana, a pozostałe wciąż dostarczają prąd do obwodu. W górnym schemacie z rysunku 2.16 dwie naładowane baterie 6-woltowe zasilają obciążenie rezystancyjne. Bateria z lewej podnosi potencjał o 6 V, a bateria z prawej dodaje do tego kolejne 6 V i obie w sumie utrzymują na obciążeniu napięcie o wartości 12 V. Czerwone i niebieskie linie symbolizują sondy miernicze woltomierzy, a liczby odpowiadają wskazaniom tych przyrządów.



**Rysunek 2.16.** Gdy jedna z tych dwóch baterii ulega całkowitemu rozładowaniu, staje się obciążeniem, a nie źródłem zasilania, i podlega procesowi ładowania odwrotnego prowadzącego do nieodwracalnych uszkodzeń

Drugi schemat przedstawia ten sam obwód, ale z wyczerpaną baterią po lewej stronie, co ma symbolizować jej szary kolor. Bateria po prawej nadal utrzymuje swoje napięcie wyjściowe na poziomie 6 V. Jeśli rezystancja wewnętrzna baterii wyczerpanej wynosi około  $1 \Omega$ , a obciążenie ma rezystancję  $20 \Omega$ , to napięcie na martwej baterii wyniesie 0,3 V i będzie skierowane odwrotnie niż wtedy, gdy bateria była naładowana. Dojdzie więc do ładowania odwrotnego tej baterii, co może skończyć się jej uszkodzeniem. Aby tego uniknąć, nie należy dopuszczać do całkowitego rozładowania którejkolwiek z połączonych w ten sposób baterii.

## Zasiarczenie

Akumulator kwasowo-ołowiowy pozostawiony na dłuższy czas w stanie kompletnego lub prawie kompletnego rozładowania ulega tzw. zasiarczeniu, które polega na pokrywaniu się elektrod kryształkami siarczanu ołowiu. Warstwa kryształków utrudnia zachodzenie reakcji chemicznych

odpowiedzialnych za ponowne naładowanie akumulatora. Dlatego nigdy nie należy przechowywać akumulatorów kwasowo-ołowiowych bez uprzedniego naładowania ich. Niektórzy twierdzą, że nawet niewielki prąd ładujący może zapobiec procesowi zasiarczenia, i dlatego zalecają stosowanie małych paneli fotowoltaicznych wszędzie tam, gdzie akumulatory są rzadko używane — na przykład na żagłówkach napędzanych silnikiem tylko wtedy, gdy wiatr jest zbyt słaby.

## Zbyt duży prąd między bateriami połączonymi równolegle

Jeśli dwie baterie są prawidłowo połączone równolegle, ale jedna z nich jest rozładowana, a druga nie, ta druga zaczyna pełnić funkcję ładowarki. Wielkość prądu ładującego jest ograniczana tylko rezystancjami wewnętrznymi obu baterii i łączących je przewodów. Przy zbyt dużym natężeniu tego prądu może dojść do przegrzania jednej lub obu baterii i w rezultacie do ich uszkodzenia. Ryzyko jest tym większe, im większą pojemność mają łączone baterie. W takich sytuacjach zawsze warto zastosować wysokoamperowy bezpiecznik.

## A

absorpcja dielektryczna, 108  
akumulator, 5, 7  
  kwasowo-ołowiowy, 10, 15, 16  
  litowo-jonowy, 9  
  litowo-polimerowy, 9  
  niklowo-kadmowy, 9  
  niklowo-metalowo-wodorkowy, 10  
  VRLA, 9  
autotransformator, 138

## B

bateria, 5  
  alkaliczna, 7–9  
  cynkowo-węglowa, 8, 9  
baterie  
  całkowite rozładowanie, 15  
  działanie, 6  
  jednorazowe, 7, 8  
  ładowanie odwrotne, 15  
   napięcie znamionowe, 13  
  natężenie prądu, 11  
  pojemność energetyczna, 11  
  polaryzacja, 15  
  połączenie równoległe, 16  
  sprawność, 15  
  stosowanie, 14  
  wielokrotnego użytku, 7, 9  
  zasiarczenie, 16  
  zwarcie, 15  
bezpiecznik, 21  
  do montażu przewlekanego, 24

  montowany powierzchniowo, 26  
  resetowalny, 21, 25, 26  
  samochodowy, 23  
  taśmowy, 24  
  wkręcany, 22  
bezpieczniki  
  dobór, 27  
  działanie, 21  
  lokalizacja, 28  
   napięcie znamionowe, 22  
  prąd znamionowy, 22  
  stosowanie, 26  
  uszkodzenie, 28  
  wkładki topikowe, 23  
  wyzwalanie, 25  
biegun przełącznika, 38  
biegunowość  
  elektryczna, 121  
  magnetyczna, 119, 121  
bramka logiczna, 228

## C

cewka  
  powietrzna, 129  
  regulowana, 123  
cewki indukcyjne, 117 *Patrz także*  
  solenoid, elektromagnes  
  biegunowość, 121  
  częstotliwości radiowe, 131  
  częstotliwość rezonansu  
    własnego, 127  
  działanie, 118  
  filtr ferrytowy, 124

  indukcyjność magnetyczna, 126  
  miniaturyzacja, 130  
  nasylenie, 130  
  prąd nasycenia, 127  
  przepływ prądu stałego, 119  
  rdzeń  
    magnetyczny, 120, 122  
    niemagnetyczny, 123  
    toroidalny, 124  
  reaktancja, 127  
  reluktancja, 127  
  stała czasowa, 127  
  stosowanie, 128  
  wskaźnik indukcyjności, 127  
  żyrator, 125  
częstotliwości radiowe, 131  
czujnik Halla, 182

## D

dielektryk, 101, 111  
dioda, *Patrz także* prostownik,  
   tranzystor jednozłączowy  
   elektroluminescencyjna,  
    LED, 219  
  Gunna, 219, 224  
  impulsowa, 222, 228  
  obcinająca, 227, 228  
  PIN, 219, 224  
  pojemnościowa, 219, 220, 224  
  prostownicza, 222, 225  
  Schottky'ego, 220, 223  
  tunelowa, 219, 220, 224  
  TVS, 223

zabezpieczająca, 227  
Zenera, 219, 223, 230

diody  
działanie, 221  
matryce diodowe, 224  
napięcie  
AC, 229  
DC, 228  
zasilające, 227

obcinanie  
napięcia, 228  
sygnału, 229

obudowy, 222

odwrócona polaryzacja, 231  
polaryzacja, 221  
przeciążenie, 231  
stosowanie, 225  
tłumienie szumów, 228

drabinka  
kondensatorowa, 99  
rezystorowa, 75, 76

dzielnik napięcia, 83, 160, 242

## E

elektroliza, 5  
elektromagnes, 167  
budowa, 168  
działanie, 168  
stosowanie, 169  
z ruchomym rdzeniem, *Patrz*  
solenoid, 171

enkoder obrotowy, 59,  
*Patrz także* przełącznik  
obrotowy  
działanie, 59  
impulsy, 61  
montaż, 61  
opory ruchu  
obrotowego, 61  
stosowanie, 62  
styki, 61, 62  
system zapadkowy, 61  
wyjście, 61  
zakłócenia poślizgowe, 62

## F

fala sinusoidalna napięcia, 156  
falownik, 155 *Patrz także* zasilacz,  
przetwornica DC-DC  
działanie, 155  
stosowanie, 157

FET, 251

filtr  
dolnoprzepustowy, 106  
ferrytowy, 124  
górnoprzepustowy, 105, 128  
pasmowoprzepustowy, 128

## G

głębokie rozładowanie, 9  
gniazda bezpiecznikowe, 27

## H

histereza, 218

## I

indukcja wzajemna, 134  
indukcyjność  
magnetyczna cewki, 126  
pasożytnicza, 85

## J

jednostka  
amperogodzina, Ah, 11  
AhM, 12  
farad, F, 102  
niutonometr, Nm, 183  
om, 77  
wołtoamper, VA, 139

JFET, 251

## K

keypad, 34  
kod Graya, 54  
komutacja elektroniczna, 182

kondensator, 95 *Patrz także* bateria  
bocznikujący, 105  
ceramiczny, 98, 101  
elektrolityczny bipolarny, 99, 100  
foliowy, 101  
montowany powierzchniowo, 98  
nastawny, 111  
płaski, 98  
stroikowy, 115  
sprzęgający, 105  
tantalowy, 100  
w roli akumulatora, 108  
wygładzający, 106  
zmienny, 111, 113

kondensatory  
absorpcja elektryczna, 108  
biegunowość, 108  
ciepło, 109  
działanie, 95, 111  
ekranowanie, 115  
łączenie, 104  
pojemność, 102  
prąd zmienny, 104  
przeciążenie  
napięciowe, 108  
reaktancja  
pojemnościowa, 104  
stała  
czasowa, 103  
dielektryczna, 103  
stosowanie, 105, 113  
szeregowa rezystancja  
zastępcza, 104  
upływność, 108  
wibracje, 109  
materiał wierzchni, 115

końcówki  
konektorowe, 45  
przewlekane, 45

## L

liczba Peukerta, 12  
liniowy stabilizator  
napięcia, 141

listwa kołkowa, 17  
luz kątowy, 186

## Ł

ładowanie odwrotne, 15  
ładowarka, 7  
łączniki zasilania, 46  
łuk elektryczny, 47, 71

## M

matryca  
  diodowa, 224  
  kondensatorów, 99  
  rezystorowa, 75  
mechaniczny enkoder  
  obrotowy, 55  
MESFET, 260  
mikroprzełącznik, 45  
mikroprzycisk, 34  
moc pozorna, 139  
modulacja szerokości  
  impulsów, 147, 184, 200  
montaż  
  panelowy, 45  
  powierzchniowy, 45  
  przewlekany, 45  
  zatraskowy, 45  
MOSFET, 255  
  rowkowy, 260  
mostek prostowniczy, 224, 226  
motoreduktor, 179

## N

napięcie  
  doliny, 235  
  spoczynkowe, 68  
  zadziałania, 68  
  znamionowe  
    baterii, 13  
    bezpiecznika, 22  
napięciowy współczynnik  
  rezystancji, 80  
natężenie prądu, 11

## O

obwód  
  LC, 114  
  RC, 96, 97  
odczep transformatora, 135  
ogniwo  
  elektrolityczne, 5  
  galwaniczne, 5, 6  
  guzikowe, 5  
  NiCd, 10  
  paliwowe, 7  
opornica, [Patrz](#) potencjometr  
orczyk, 204  
oświetlenie schodowe, 47

## P

panel membranowy, 35  
pojemność  
  elektryczna  
    kondensatora, 102  
  energetyczna baterii, 11  
pole magnetyczne, 118  
poliester, 101  
polipropylen, 102  
poliwęglan, 102  
potencjometr, 87 [Patrz także](#)  
  enkoder obrotowy,  
  rezystor  
  klasyczny, 89  
  liniowy, 88  
  logarytmiczny, 88  
  montażowy, 88, 91  
  suwakowy, 91  
  wielobrotowy, 90  
  wielosekcyjny, 91  
  z przełącznikiem, 91  
potencjometry  
  charakterystyka, 94  
  działanie, 88  
  przegrzanie, 94  
  stosowanie, 92  
  zużycie, 93  
powielacz napięcia, 144

półprzewodnik  
  typu N, 239  
  typu P, 239  
prawo Peukerta, 12  
prąd  
  podtrzymania, 25  
  przemienny, 141  
  przemienny udarowy, 175  
  rozruchowy, 157  
  stały, 141  
  upływu, 250  
  wyzwalania, 25  
  zatrzymania, 182  
prędkość obrotowa silnika, 184  
prostownik, 142  
  pełnookresowy, 225  
przebieg sinusoidalny napięcia AC,  
  226, 230  
przedwzmacniacz, 261  
przełącznik, 63, [Patrz także](#) przełącznik  
  AC, 65  
  czasowy, 68, 69  
  kontaktronowy, 66, 68  
  małosygnalowy, 67, 69  
  neutralny, 65  
  niezatraskowy, 65  
  ogólnego przeznaczenia, 67, 69  
  samochodowy, 67, 69  
  spolaryzowany, 65  
  ukierunkowany, 65  
  zatraskowy, 65  
przełączniki  
  cewka, 64  
  dobór typu, 70  
  działanie, 64  
  kotwica, 64  
  łuk elektryczny, 71  
  montaż, 70  
  pole magnetyczne, 71  
  polaryzacja, 70  
  prąd stały i przemienny, 70  
  przepięcia, 71  
  stosowanie, 69  
  stukanie, 70  
  styki, 64

- układ wyprowadzeń, 70
- układy pinów, 66
- przekładnia z kompensacją luzów, 112
- przełącznik, 37, 248 *Patrz także*
  - przycisk
  - ciśnieniowy, 38
  - dźwigniowy, 41, 42
  - Halla, 38
  - kluczykowy, 55
  - kołyskowy, 40, 41
  - migowy, 35, 39
  - MOSFET, 148
  - nożowy, 37
  - obrotowy, 51
    - działanie, 52
    - enkoder obrotowy, 55
    - kod Graya, 54
    - kodowanie komplementarne, 54
    - kodowanie proste, 54
    - miniaturowy, 55
    - niedopasowanie oznaczeń, 57
    - stosowanie, 56, 57
    - styki, 56
    - typu DIP, 53
  - płatwowy, 44
  - plywakowy, 38
  - rtęciowy, 38
  - suwakowy, 40, 41
  - tarczowy, 55
  - typu
    - DIP, 43
    - SIP, 44
  - wandaloodporny, 45
- przełączniki
  - biegun, 38
  - działanie, 38
  - łuk elektryczny, 47
  - mocowanie, 45
  - montaż, 49
  - obwody logiczne, 47
  - przepust, 38
  - rodzaj wyprowadzeń, 48
  - schematy połączeń, 49
  - stany ON-OFF, 39
  - stosowanie, 46
- styk, 45
  - drżenie, 48
  - wspólny, 38
- terminal, 38
- zimne luty, 48
- zużycie, 48
- przerywacz, 184
- przetwornica DC-DC, 147, *Patrz także* zasilacz, stabilizator, falownik
- działanie, 147
- napięcie wyjściowe, 151, 153
- obciążeniowy współczynnik stabilizacji, 151
- poziom tętnienia i szumu, 152
- prądy wejściowy i wyjściowy, 151
- sprawność, 151
- stosowanie, 152
- temperatura, 153
- typu
  - boost, 149
  - buck, 148
  - flyback, 149
- zakłócenia elektryczne, 153

- przycisk, 29, *Patrz także* przełącznik, przełącznik obrotowy
- alarmowy, 35
- kodowany matrycowo, 34
- nożny, 33
- suwakowy, 31
- typu
- 6PDT, 33
- SPST, 34
- zatrząskowy, 33
- przyciski
- bieguny, 30
- działanie, 30
- keypada numerycznego, 34
- mocowanie, 32
- montaż, 36
- stany ON-OFF, 30
- stosowanie, 35
- terminale, 30
- uszczelnienie, 33
- zależne, 35

## R

- raster, 18
- rdzeń
  - magnetyczny, 120, 122
  - niemagnetyczny, 123
  - toroidalny, 124
- reaktancja indukcyjna, 96, 127
- regulacja barwy dźwięku, 82
- reluktancja, 127, 194, 208
- reostat, 88
- rezystancja
  - dynamiczna, 221
  - dynamiczna ujemna, 235
  - wewnętrzna, 11
- rezystor, 73 *Patrz także* potencjometr
- drurowy, 74
- grubowarstwowy, 75
- mocy, 74
- montowany powierzchniowo, 75
- niepalny, 79
- ogólnego przeznaczenia, 74
- osiowy, 74
- podciągający, 82, 83
- precyzyjny, 74
- radialny, 74
- SMD, 79
- ściągający, 82, 83
- zmienny, 87

- rezystory
- ciepło, 84
- działanie, 74
- folia
- metalowa, 80
- węglowa, 80
- indukcyjność pasożytnicza, 85
- kod paskowy, 79
- kompozyt węglowy, 80
- ograniczanie prądów, 82
- połączenie
- równoległe, 84
- szeregowe, 82, 84
- stabilność, 80
- stosowanie, 82
- szum, 85



tolerancja, 77  
układ RC, 83  
wartości  
  nominalne, 78  
  rzeczywiste, 85  
  znamionowe, 85  
współczynnik rezystancji, 80  
zwoje drutowe, 80  
rotor, 111

## S

scalone pakiety RC, 77  
schemat  
  budowy przełącznika, 66  
  mostka prostowniczego, 226  
  połączeń przełącznika, 43, 44  
  przełączników suwakowych, 42  
  silnika AC, 189  
  stabilizatora LM7805, 164  
  układu sterowania silnikiem, 184  
  zasilania serwomotoru, 203  
serwomechanizm, 199  
  cykl pracy, 205  
  działanie, 200  
  podłączenie przewodów, 204  
  przekładnia nylonowa, 202  
  ruch ciągły, 204  
  sterowanie, 201  
  stosowanie, 203  
  wahania impulsów, 205  
  zakłócenia elektryczne, 205  
siatka rezystorowa, 75  
silnik krokowy, 207  
  bipolarny, 209, 211  
  budowa, 210  
  diody zabezpieczające, 216  
  działanie, 207  
  gubienie kroków, 217  
  histereza, 218  
  hybrydowy, 214  
  kołysanie, 218  
  kontrola położenia, 217  
  moment obrotowy, 217  
  nasycenie magnetyczne, 218  
  o wielu fazach, 212, 214  
  okablowanie, 217  
  reluktancyjny, 208, 209  
  rezonans, 218  
  sprężenie zwrotne, 215  
  sterowanie  
    mikrokrokowe, 215  
    napięciowe, 215  
  stosowanie, 216  
  unipolarny, 209, 211  
  wirnik, 208, 215, 218  
  z cewkami bifilarnymi, 214  
  z magnesem trwałym, 209  
silnik prądu przemiennego, 189 *Patrz także* serwomotor  
  działanie, 189  
  indukcyjny  
    jednofazowy, 193  
    pierścieniowy, 196  
    trójfazowy, 194  
  klatkowy, 190  
  komutator, 193  
  liniowy, 193  
  moment obrotowy, 198  
  pozorny, 197  
  przełączniki zabezpieczające, 198  
  reluktancyjny, 194, 197  
  stojan, 189  
  stosowanie, 197  
  synchroniczny, 194  
  udar prądowy, 198  
  uniwersalny, 196  
  uszkodzenia, 198  
  wirnik, 189–192  
silnik prądu stałego, 177  
  bezszcotkowy, 181  
  działanie, 177  
  efekty cieplne, 186  
  hałas, 187  
  komutator, 185  
  liniowy, 182  
  luz kątowy, 186  
  łożyska, 186  
  mocowanie, 186  
  moment obrotowy, 182  
  motoreduktor, 179  
  obciążenia, 183  
  przekładnia  
    planetarna, 181  
    zębata, 180, 181  
  regulacja prędkości obrotowej, 184  
  sterowanie bezpośrednie, 184  
  stojan, 177  
  stosowanie, 183  
  szczotki, 185  
  szum elektryczny, 185  
  układ cewek, 179  
  uzwojenia wirnika, 180  
  wał, 186  
  wirnik, 177, 178  
  wyłączniki krańcowe, 185  
siła  
  elektromotoryczna, 13, 107, 120  
  przeciwelektromotoryczna, 121, 227  
sinusoida modyfikowana, 156  
solenoid, 171 *Patrz także* cewka  
  indukcyjna, elektromagnes  
  klapkowy, 174  
  kompaktowy, 174  
  obrotowy, 174  
  zatraskowy, 174  
solenoidy  
  działanie, 172  
  moc, 175  
  przegrzewanie, 175  
  stosowanie, 175  
  trzęsienie, 175  
stabilizator napięcia, 159, *Patrz także*  
  zasilacz, przetwornica DC-DC  
  liniowy  
    LDO, 159, 162  
    quasi-LDO, 162  
  regulowany, 161  
  standardowy, 159  
stabilizatory napięcia  
  działanie, 159  
  identyfikacja komponentu, 164  
  kontrola ciepła, 164  
  obudowa, 160, 161  
  odpowiedź przejściowa, 164

- piny, 163
- rozpoznanie wyprowadzeń, 165
- stosowanie, 163
- stała
  - czasowa, 103, 127
  - dielektryczna, 103
- stator, 111
- stożan, 189, 190
- styczniki, 68
- styki wyłączników krańcowych, 46
- superkondensator, 8
- symbole
  - baterii, 6
  - diody, 219
  - potencjometru, 88
  - przełącznika, 63, 65
  - przełącznika, 37, 51
  - przycisku, 29, 31
  - rezystora, 73
  - schematyczne, 263
  - solenoidu, 173
  - tranzystora, 240
    - MOSFET, 257, 259, 260
    - polowego, 252
    - PUT, 234
    - UJT, 233
- szeregowa rezystancja zastępcza, 104
- szum elektryczny, 85

## Ś

- ślizgacz, 88

## T

- temperaturowy współczynnik rezystancji, 80
- tłumienie siły przeciwelektromotorycznej, 227
- tłumik, 106, 121
  - przebieg, 77
  - stanów nieustalonych, 227
- topik, 21
- transformator, 133 *Patrz także* zasilacz sieciowy, przetwornica, falownik

- audio, 138
  - do montażu powierzchniowego, 139
  - rdzeniowy, 136
  - regulowany, 138
  - separacyjny, 137
  - wtykowy, 137
  - z dzielonym karkasem, 139
  - zasilający, 136
- transformatory
  - częstotliwość prądu przemiennego, 140
  - działanie, 134
  - odczep, 135
  - odwrócenie wejścia i wyjścia, 140
  - przebieżenie, 140
  - rdzeń ferromagnetyczny, 135
  - stosowanie, 140
  - uzwojenie
    - pierwotne, 133
    - wtórne, 133
  - wspólna masa, 140
- transil, 223
- tranzystor bipolarny, 239
  - baza, 240
  - działanie, 239
  - emiter, 240
  - kolektor, 240
  - małosygnałowy, 243
  - mocy, 243
  - obudowy, 244
  - podłączenie, 248
  - prąd upływu, 250
  - przełączający o małej mocy, 243
  - przepływ prądu, 241
  - stan nasylenia, 242
  - odcięcia, 243
  - stosowanie, 246
  - symbole, 245
  - tryb aktywny, 243
  - wspólny emiter, 248
  - wyprowadzenia, 244

- wysokiej częstotliwości, 243
- wzmocnienie prądowe, 242
- tranzystor jednozłączowy, 233
  - Patrz także* dioda
  - budowa, 234
  - działanie, 234
  - obwód testowy, 235, 236
  - polaryzacja, 238
  - programowalny, 233
  - przebieżenie, 238
  - stosowanie, 237
- tranzystor polowy, FET, 251
  - działanie, 251
  - efekt polowy, 253
  - elektryczność statyczna, 261
  - JFET, 251
  - MOSFET, 255
  - MOSFET rowkowy, 260
  - podłoże, 259
  - polaryzacja, 262
  - przebieżenie, 261
  - przekrój, 255
  - przepływ prądu, 258
  - przewodność elektryczna, 256
  - stan przebiecia, 254
  - stosowanie, 260
  - VMOSFET, 260
  - zakres nasylenia, 254
  - omowy, 254
  - złączowy, 251
- trymer, 111–115

## U

- układ Darlingtona, 160, 246, 249
- ogniwa galwanicznego, 6
- RC, 83, 107
- upływność, 96, 221

## V

- VMOSFET, 260

## W

waraktor, 111  
wariak, 138  
wirnik, 190–192  
współczynnik  
  H, 12  
  rezystancji, 80  
  zawartości harmonicznych, 156  
wyłączniki  
  krańcowe, 46  
  nadprądowe, 21  
wyprowadzenia drutowe, 45  
wyzwalanie bezpiecznika, 25  
względna przenikalność  
  elektryczna, 103

wzmacniacz, 248  
  napięciowy, 251  
  prądowy, 241, 242, 251

## Z

zasiarczenie, 16  
zasilacz, 141 *Patrz także*  
  transformator, przetwornica  
  DC-DC, falownik  
  impulsowy, 141, 142  
  liniowy stabilizowany, 141  
  nastawny, 144  
  niestabilizowany, 144  
  otwarty, 144  
  zamknięty, 144

zasilacze  
  podzespoły, 143  
  stosowanie, 145  
  udar prądowy, 145  
  usterka  
    kondensatora, 145  
  zakłócenia, 145  
zimne luty, 48  
złącza śrubowe, 45  
zworka, 17  
  działanie, 17  
  stosowanie, 18

## Ż

żyrotor, 125, 130



# PROGRAM PARTNERSKI

— GRUPY HELION —

1. ZAREJESTRUJ SIĘ
2. PREZENTUJ KSIĄŻKI
3. ZBIERAJ PROWIZJĘ

Zmień swoją stronę WWW w działający bankomat!

**Dowiedz się więcej i dołącz już dzisiaj!**

<http://program-partnerski.helion.pl>

GRUPA  
**Helion** 

---

## Absolutny niezbędnik każdego elektronika: wiarygodny, kompletny, wyczerpujący!

Elektronicy nie mogą narzekać na niedostatek lub niedostępność informacji. Niestety, często są one nieuporządkowane, nierzetelne lub niewiarygodne. Aby z nich skorzystać, trzeba od ważnej i przydatnej wiedzy odsiać błędy, niepotwierdzone teorie, a nawet plagiaty czy zwykłe dziwactwa. Kosztuje to sporo czasu i nie gwarantuje efektów. Tymczasem w pracy elektronika szczegóły są bardzo ważne. Nie zawsze są udostępniane przez producentów w kartach produktów, a rzetelnych instrukcji i poradników brakuje. Okazuje się, że źródło informacji o poszczególnych komponentach, ich działaniu, zasadach stosowania czy najczęściej popełnianych błędach montażowych znakomicie usprawniłoby pracę i zawodowców, i amatorów.

To książka przeznaczona dla początkujących i zaawansowanych elektroników, zarówno inżynierów, jak i hobbystów. Zawiera starannie zebrane, skompletowane, uporządkowane, a co najważniejsze, sprawdzone i potwierdzone informacje o elementach elektronicznych. Pierwszy z trzech tomów obejmuje informacje o podstawowych elementach, wykorzystywanych chyba we wszystkich projektach. Materiał został uzupełniony licznymi fotografiami, schematami i wykresami. Dowiesz się stąd, do czego służy każdy z prezentowanych podzespołów, jak działa, dlaczego jest przydatny i w jakich odmianach występuje. Nawet jeśli masz duże doświadczenie w dziedzinie elektroniki, znajdziesz tu mnóstwo przydatnych szczegółów, o których nie miałeś pojęcia, a które z pewnością ułatwią Ci tworzenie wspaniałych projektów.

### Dokładne informacje o każdym komponentcie:

- funkcja
- działanie
- rodzaje
- wartości
- stosowanie
- możliwe błędy

---

### Charles Platt

jest redaktorem prowadzącym magazynu „Make:” i autorem lubianych książek technicznych. Przez wiele lat współpracował również z magazynem „Wired”, a wcześniej pisał książki science fiction. Pasjonat elektroniki od ponad czterdziestu lat, w wolnych chwilach projektuje i buduje prototypy urządzeń medycznych w swoim warsztacie położonym w odludnej części północnej Arizony.

---

**Helion**  
helion.pl  
HELION SA  
ul. Kościuszki 1c  
44-100 Gliwice  
tel. 32 230 98 63  
helion@helion.pl

Sprawdź nasze szkolenia!  
SZKOLENIA  
AKADEMIA IT & BUSINESS  
HELIONSZKOLENIA.PL

KOD KORZYŚCI  
Sięgnij po więcej! ▶  
ISBN 978-83-283-6944-3  
9 788328 369443  
Cena: 69,00 zł



**Make:**  
makezine.com