

Charles Platt

Encyklopedia elementów elektronicznych



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



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

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

Wstępxix

I. Kwestie organizacyjne1

- Układ encyklopedyczny a podręcznikowy1
- Teoria i praktyka1
- Struktura książki1
- Powiązania tematyczne2
- Co jest w encyklopedii i czego brakuje2
- Konwencje typograficzne3
- Zawartość poszczególnych tomów3

> ZASILANIE
>> ŹRÓDŁA

2. Bateria5

- Funkcja5
- Działanie6
 - Nazewnictwo elektrod7
- Rodzaje7
 - Baterie jednorazowe8
 - Baterie wielokrotnego użytku (akumulatory)9
- Wartości11
 - Natężenie prądu11
 - Pojemność11
 - Napięcie13
- Stosowanie14
- Możliwe błędy15
 - Zwarcie — przegrzanie i pożar15
 - Pogorszenie sprawności baterii z powodu jej niewłaściwego ładowania15
 - Całkowite rozładowanie akumulatora kwasowo-ołowiowego ...15
 - Zbyt duże zapotrzebowanie prądowe15
 - Niewłaściwa polaryzacja15
 - Ładowanie odwrotne15
 - Zasiarczenie16
 - Zbyt duży prąd między bateriami połączonymi równolegle16

>>POŁĄCZENIA

3. Zworka	17
Funkcja	17
Działanie	17
Rodzaje	18
Wartości	18
Stosowanie	18
Możliwe błędy	19
4. Bezpiecznik	21
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
5. Przycisk	29
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
6. Przełącznik	37
Funkcja	37
Działanie	38
Rodzaje	38
Terminologia	38
Bieguny i terminale	38
Stany ON-OFF	39
Działanie migowe	39
Przełącznik kołyskowy	40
Przełącznik suwakowy	40
Przełącznik dźwigniowy	41
Przełącznik typu DIP	43
Przełącznik typu SIP	44
Przełącznik płetwowy	44
Przełącznik wandaloodporny	45
Mikroprzełącznik (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
Organie styków	48
Zużycie mechaniczne	48
Niewłaściwy montaż	49
Zagmatwane schematy połączeń	49
7. Przełącznik obrotowy	51
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	
nakrętki, zbyt duże gabaryty przełącznika	57
8. Enkoder obrotowy	59
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
9. Przekaznik	63
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
Przepięcia na cewce	71
Powstawanie łuku elektrycznego	71
Pola magnetyczne	71
Czynniki środowiskowe	71

>> WYGŁADZANIE

IO. Rezystor 73

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 ściągaające	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

II. Potencjometr 87

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

I2. 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
I3. Kondensator zmienny	111
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 lub powłoki zabezpieczającej	115
Brak ekranowania	115
I4. Cewka indukcyjna	117
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
Nasylenie	130
Problemy związane z częstotliwością radiową	131

>>PRZEKSZTAŁCANIE

15. Transformator133

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

16. Zasilacz141

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

17. Przetwornica DC-DC 147

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 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. Falownik155

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

20. Elektromagnes	167
Funkcja	167
Działanie	168
Rodzaje	168
Wartości	169
Stosowanie	169
Możliwe błędy	170

21. Solenoid (elektromagnes z ruchomym rdzeniem)	171
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

22. Silnik prądu stałego	177
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 kątowny	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 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
25. Silnik krokowy	207
Funkcja	207
Działanie	207
Reluktancyjne silniki krokowe	208
Silniki krokowe z magnesem trwałym	209
Bipolarne 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
Nasycenie magnetyczne	218
Rozmagnesowanie wirnika	218

> PÓŁPRZEWODNIKI DYSKRETNE

>> JEDNOZŁĄCZOWE

26. Dioda	219
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
29. Tranzystor polowy (FET)	251
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
Dodatek A. Symbole schematyczne	263
Skorowidz	267

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*¹, 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-ołowiowe 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

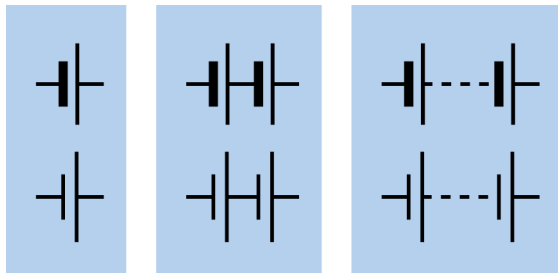
wyjściowym 480 V zainstalowany w korporacyjnym centrum obliczeniowym w celu uzupełnienia energii dostarczanej przez panele fotowoltaiczne i turbiny wiatrowe w okresach szczytowego poboru prądu albo gromadzenia jej, gdy zapotrzebowanie jest mniejsze. Każdy z tych akumulatorów ma wymiary 70 × 60 × 30 cm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

¹ 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.

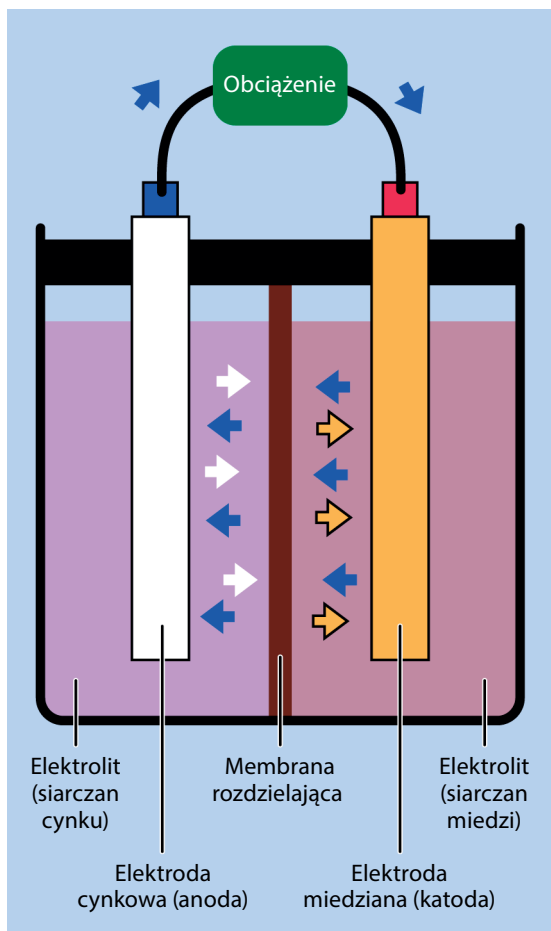


Rysunek 2.2. Symbole schematyczne baterii. Symbole zawarte w tym samym niebieskim prostokącie są równoważne

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 mieszanii się elektrolitów.



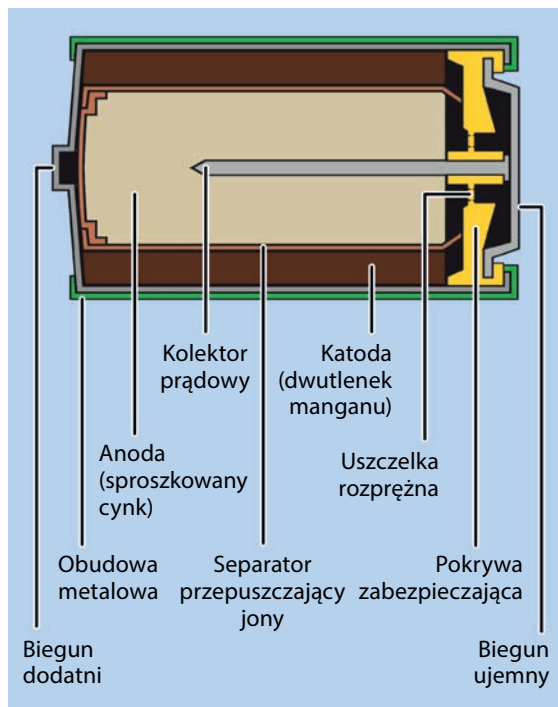
Rysunek 2.3. Klasyczny układ ogniwa galwanicznego; szczegółowe objaśnienia znajdują się w tekście

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**.

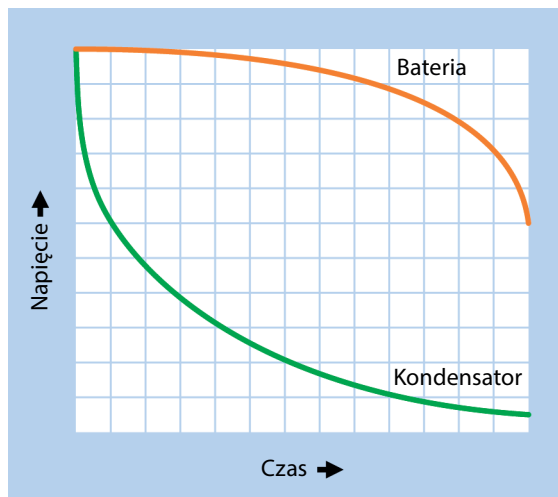
Żeby uniknąć nieporozumień, lepiej w przypadku baterii nie mówić o anodzie i katodzie, lecz po prostu o biegunach: ujemnym i dodatnim. W niniejszej *Encyklopedii* słowo „katoda” będzie odtąd oznaczało wyłącznie „bardziej ujemną” końcówkę diody.

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).



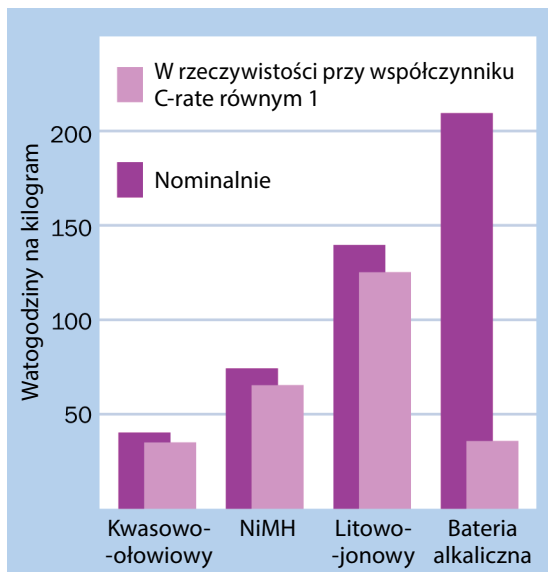
Rysunek 2.5. Szybki spadek napięcia rozładowującego się kondensatora wyklucza go jako zamiennik baterii w większości zastosowań. Niekiedy jednak możliwość szybkiego rozładowania się przy dużym natężeniu prądu może być wielką zaletą kondensatora

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 dostarczanie 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 „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 pożądaną 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 **kwas 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-ołowiowy 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.

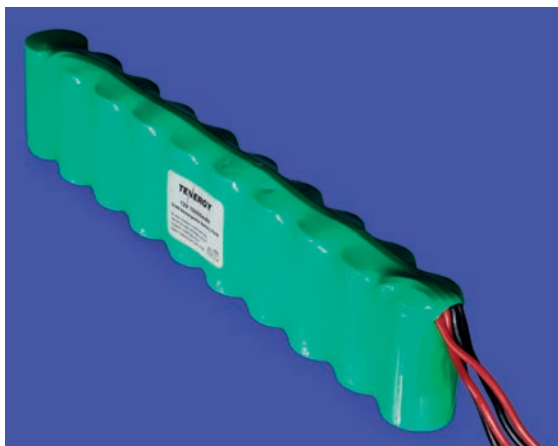
Kilka rodzajów małych akumulatorów jest pokazanych na rysunku 2.9. Zestaw ogniwi NiCd (w lewym górnym rogu) był stosowany w telefonach bezprzewodowych, ale obecnie nie jest już produkowany. Litowy akumulator 3V (w prawym górnym rogu) znalazł zastosowanie w cyfrowych aparatach fotograficznych. Pozostałe 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 ogniwi 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-ołowiowe. 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.



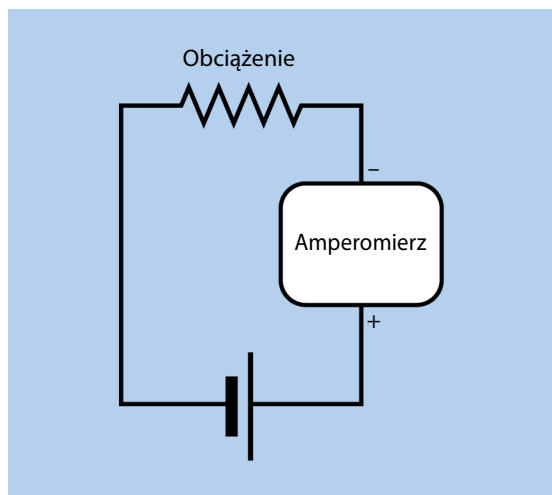
Rysunek 2.10. Ten zestaw połączonych szeregowo akumulatorów NiMH ma znamionową pojemność 10 Ah i napięcie wyjściowe 12 V

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* oznaczmy 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 oznaczmy 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.

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

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:

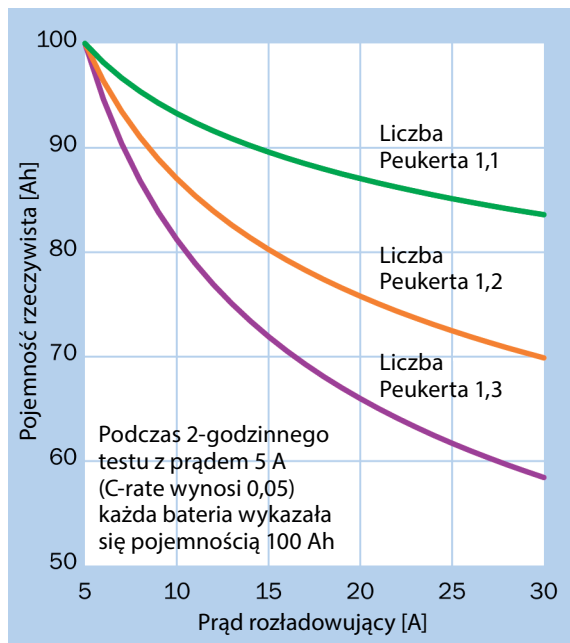
$$T = 20 * (4 / (5 * 20)^{1,2}) = w \text{ przybliżeniu } 20 * 0,021$$

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 bateryjnie, 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.

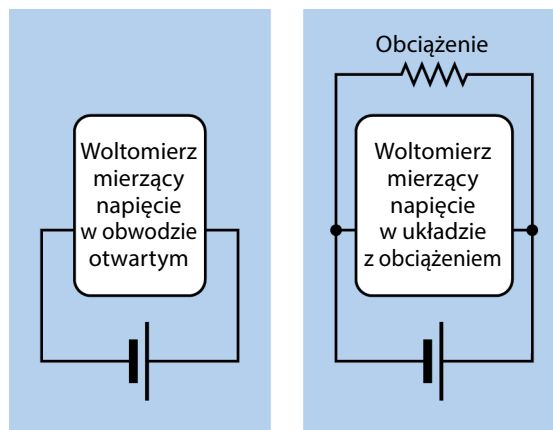
Napięcie

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 osiąganymi 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 [Ω]	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
9 V	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)

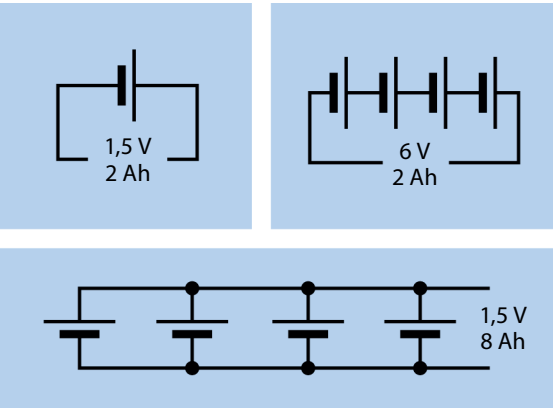
Jako ogólną zasadę oceniania przydatności baterii do konkretnego zastosowania należy przyjąć, że jej rzeczywista pojemność jest dwukrotnie mniejsza niż podana przez producenta wartość nominalna.

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 wytrzymywać 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. Nieprzestrzeganie 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.

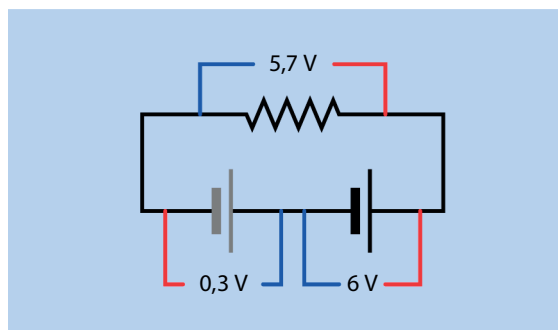
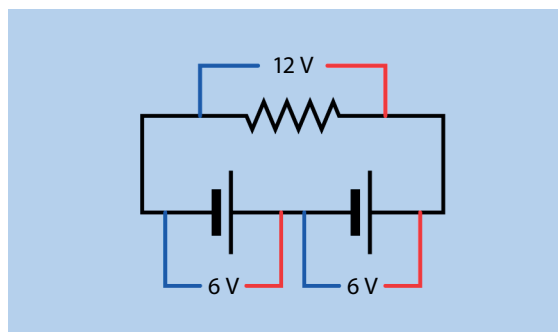
Niewłaściwa polaryzacja

Pomylenie biegunów przy podłączaniu akumulatora do ładowarki może zaowocować trwałym uszkodzeniem jednego z tych urządzeń. Odpowiednio dobrany **bezpiecznik** (*przerwywacz 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
 nasycenie, 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

L

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
 wieloobrotowy, 90
 wielosekcyjny, 91
 z przełącznikiem, 91
potencjometri
 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
 rozbuchowy, 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
 małosygnałowy, 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
- drutowy, 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 przekaźnika, 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
sprzężenie 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
 przekaźniki 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
 zatrzaskowy, 174
solenoidy
 działanie, 172
 moc, 175
 przegrzewanie, 175
 stosowanie, 175
 trzpienie, 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
- stojan, 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
 - przeciążenie, 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
 - nasycenia, 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
 - przeciążenie, 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
 - przegrzanie, 261
 - przekrój, 255
 - przepływ prądu, 258
 - przewodność elektryczna, 256
 - stan przebiccia, 254
 - stosowanie, 260
 - VMOSFET, 260
 - zakres
 - nasycenia, 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 komponencie:

▪ 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

INFORMATYKA W NAJLEPSZYM WYDANIU

Sprawdź nasze szkolenia!

SZKOLENIA



AKADEMIA IT & BUSINESS

HELIONSZKOLENIA.PL

KOD KORZYŚCI
Sięgnij po więcej! ▶



ISBN 978-83-283-6944-3



9 788328 369443

Make:
makezine.com

Cena: 69,00 zł