



[www.powersys.pl](http://www.powersys.pl)  
e-mail: [powersys@powersys.pl](mailto:powersys@powersys.pl)  
(3)2006

## Zasady doboru prostowników do baterii trakcyjnych otwieranych (PzS) i zamkniętych, regulowanych zaworem (PzV)

[Na podstawie artykułu przygotowanego przez Working Group „Industrial Batteries” of the Product Division Batteries of the German Electrical and Electronic Manufacturers’ Association, april 2004]

Obecnie w urządzeniach trakcyjnych stosuje się dużą różnorodność baterii trakcyjnych. Wiele baterii trakcyjnych musi spełniać specyficzne wymagania dlatego wraz z prostownikiem często muszą stanowić nierozdzielny system.

W celu prawidłowego dopasowania prostownika do baterii należy zwrócić uwagę na tryb pracy, rodzaj i konstrukcję baterii oraz wymagany czas do naładowania baterii.

**Ze względu na cechy konstrukcyjne baterie można podzielić na:**

- baterie otwierane (z ciekłym elektrolitem)
- baterie otwierane z peryferiami (system uzupełniania wody, mieszanie elektrolitu powietrzem, chłodzenie)
- baterie zamknięte regulowane zaworem (z elektrolitem żelowym)

**Ze względu na tryb pracy można podzielić na:**

- do pracy jedno, dwu lub trzymianowej
- do niskich obciążeń: jedna zmiana, rozładowanie niższe niż 60% C5, Elektrolitu ok. 30°C
- do dużych obciążeń: jedna zmiana z rozładowaniem do 80% C5 oraz wysokim prądem rozładowania, możliwość ładowania podwyższającego pojemność, prace wielozmianowe z lub bez zmian baterii
- do okresowych doładowań

Okresowe doładowania są to typowe ładowania konserwujące pomiędzy ładowaniami w celu przedłużenia żywotności baterii.

### **Charakterystyki ładowania**

W normie DIN 41772 opisującej parametry półprzewodnikowych prostowników do ładowania baterii zdefiniowane są następujące podstawowe charakterystyki ładowania:

**W** charakterystyka stałomocowa (opadający prąd)  
**U** charakterystyka stałonapięciowa  
**I** charakterystyka stałoprądowa  
**0** (zero) automatyczne przełączenie charakterystyki  
**a** automatyczne wyłączenie

W urządzeniach do ładowania baterii stosuje się najczęściej następujące charakterystyki:

### **Charakterystyki typu W:**

W, Wa, W0Wa, WU, WUWa

### **Charakterystyki typu U:**

U

### **Charakterystyki typu I:**

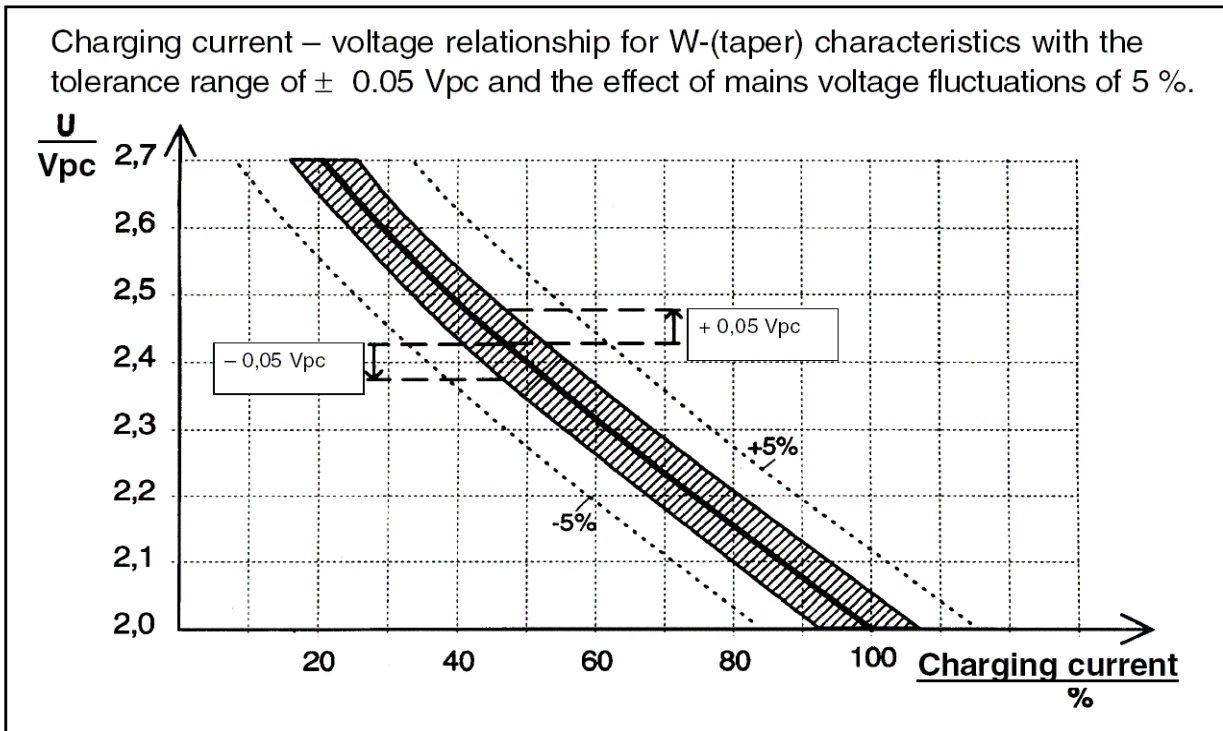
I, Ia, I0Ia, IU, IUW, IUa

Urządzenia do ładowania baterii muszą spełniać określone wymagania dotyczące tolerancji prądu i napięcia.

Przy charakterystykach typu I wg DIN 41773:  $\pm 2\%$  wartości prądu,  $\pm 1\%$  wartości napięcia, przy charakterystykach typu W wg DIN 41774:  $\pm 0,05$  V/ogniwo.

Do ładowania baterii zaleca się stosować urządzenia ze stabilizacją prądu i napięcia ponieważ tylko takie potrafią skompensować niekorzystny wpływ wahań sieci zasilającej.

Jak widać na przedstawionej poniżej charakterystyce parametry urządzeń bez stabilizacji parametrów ładowania znacznie odbiegają od normatywnych już przy  $\pm 5\%$  fluktuacjach sieci zasilającej.

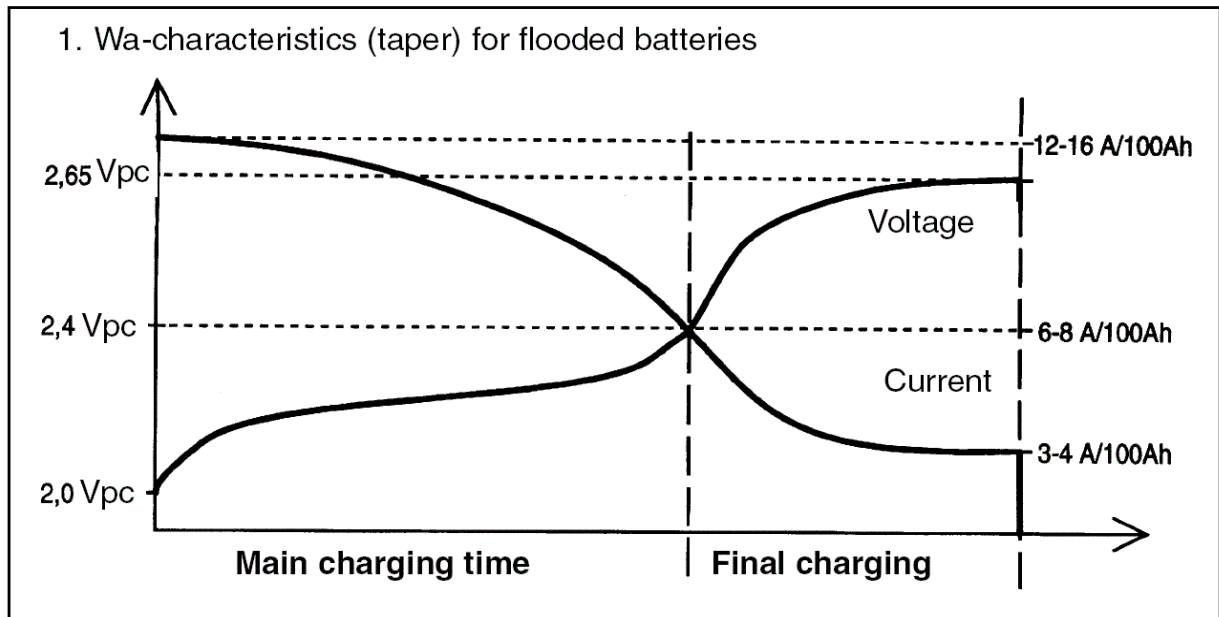


Przebieg charakterystyki W w polu tolerancji  $\pm 0,05$  V/ogniwo oraz przy fluktuacjach sieci zasilającej  $\pm 5\%$ .

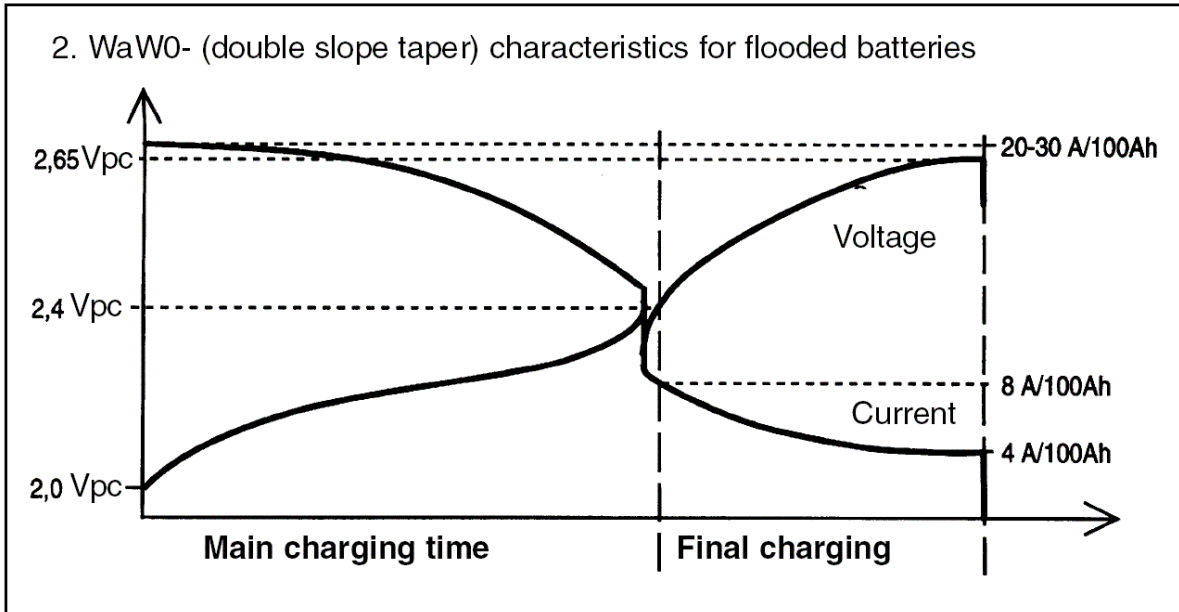
Następujące rysunki przedstawiają przykłady różnych relacji pomiędzy prądem I i napięciem U występujących podczas ładowania baterii. Wszystkie wartości są odniesione do nominalnej temperatury baterii  $30^{\circ}\text{C}$  oraz 80%

głębokości rozładowania baterii. Końcowe napięcie ładowania  $2,65\text{V/ogniwo}$  ( $V_{pc}$ ) odpowiada wartości wg normy DIN. W praktyce stosuje się też wyższe lub niższe wartości w zależności od technologii baterii, temperatury i potrzeb.

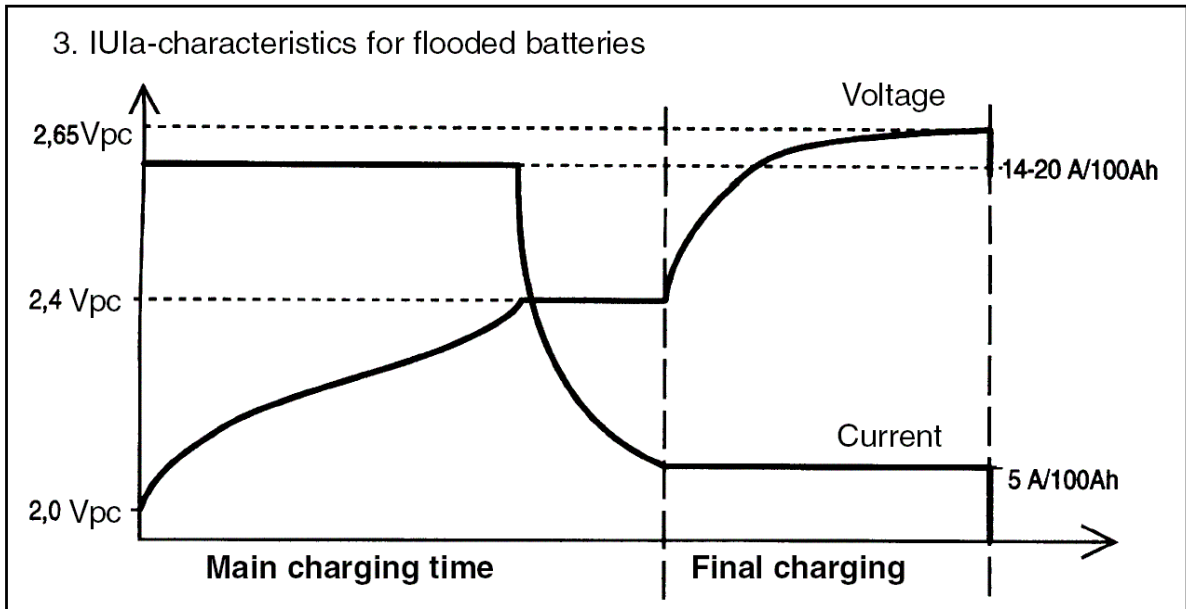
### 1. Przebieg charakterystyki $W_a$ dla baterii ciekłych



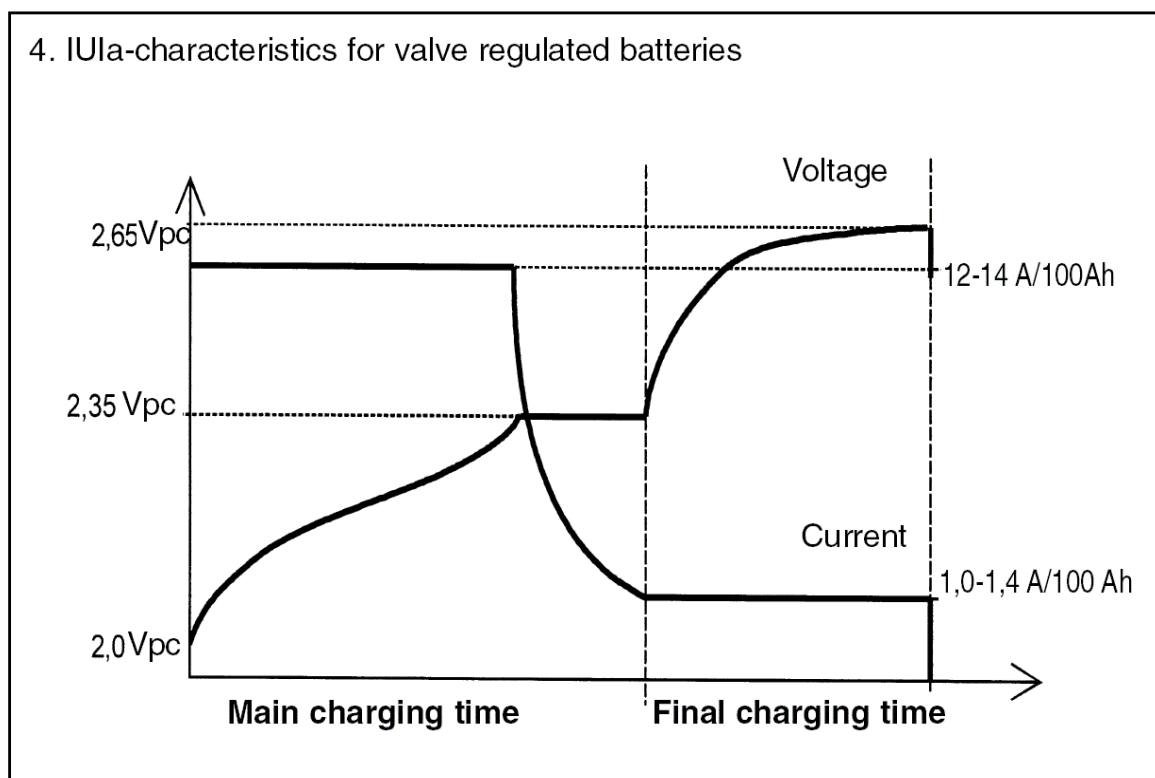
2. Przebieg charakterystyki W0Wa dla baterii cieklych



3. Przebieg charakterystyki IU1a dla baterii cieklych



#### 4. Przebieg charakterystyki IUla dla baterii zamkniętych



Do prawidłowego doboru prostownika do baterii powinny być brane pod uwagę następujące parametry:

- nominalne napięcie i nominalna pojemność baterii
- typ baterii ( np. otwarta, zamknięta żelowa)
- dodatkowe wyposażenie baterii ( przystosowanie baterii do automatycznego uzupełniania wody, mieszania elektrolitu powietrzem, chłodzenia.)
- przerwy lub czas odpoczynku baterii
- czas ładowania
- czas pomiędzy ładowaniami
- ładowanie wyrównawcze

Czynniki te określają:

- typ prostownika względnie sposób (profil) ładowania
- nominalne napięcie prostownika
- nominalny prąd prostownika
- dodatkowe wyposażenie prostownika

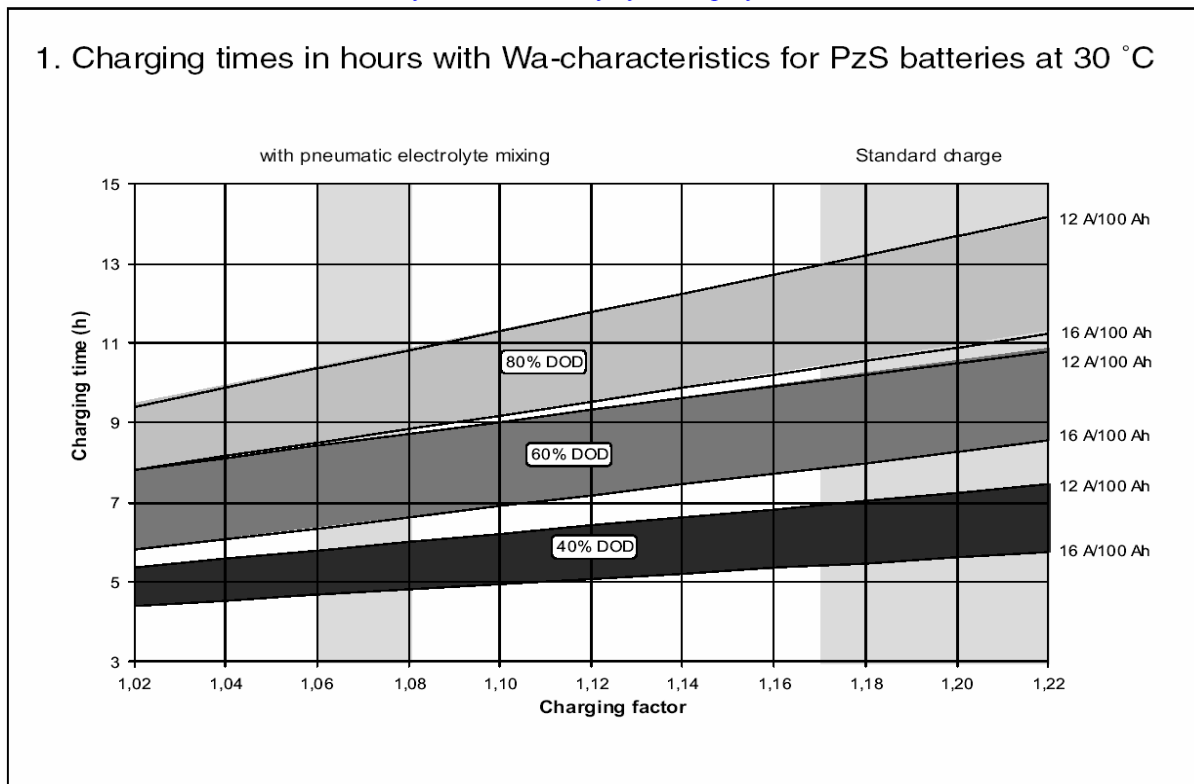
Przy doborze prostownika do baterii należy bezwzględnie kierować się wymaganiami producenta baterii. Nieodpowiedni dobór prądu i charakterystyki ładowania może prowadzić do następujących negatywnych skutków:

- zbyt wysokiej temperatury baterii
- zbyt intensywnego gazowania
- dużego zużycia wody
- odbiegających od normy czasów ładowania
- zaniku pozytywowej masy czynnej
- zwiększonej korozji
- nie doładowania
- przeładowania

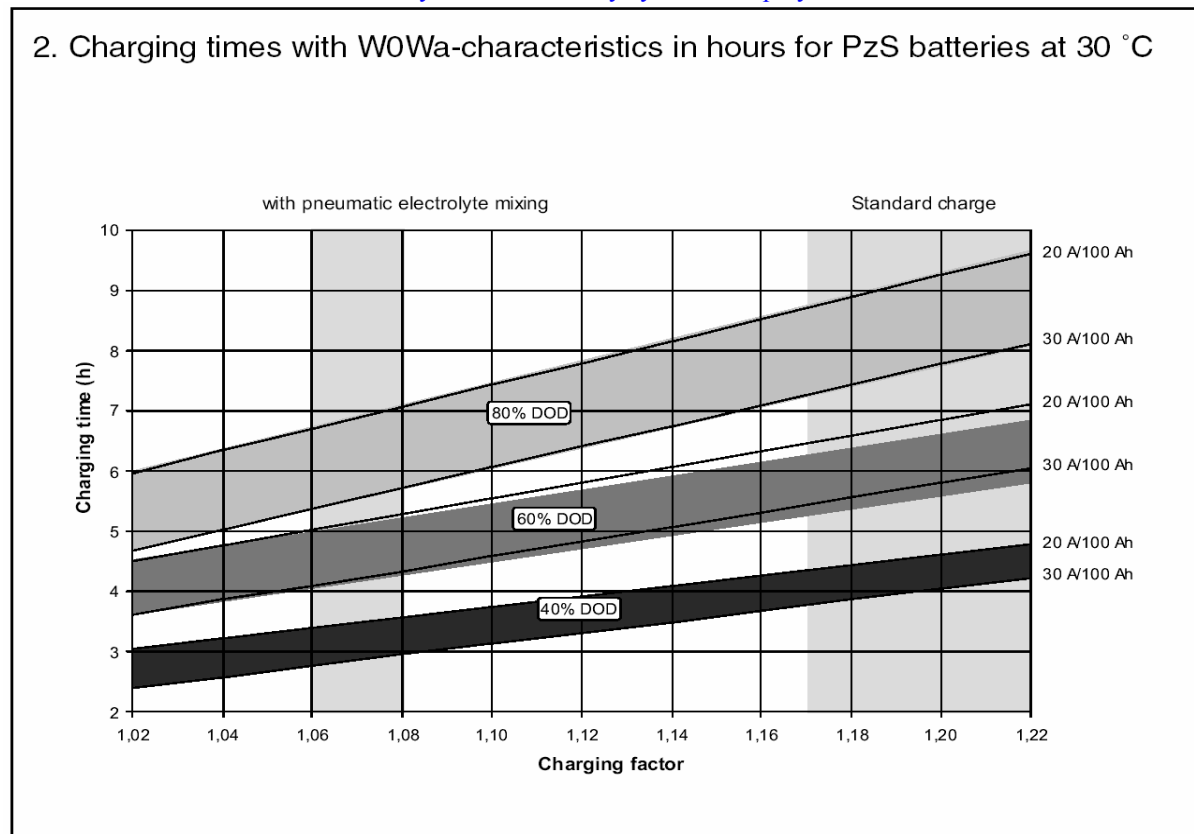
Wszystkie przedstawione powyżej negatywne skutki wpływają niekorzystnie na żywotność baterii trakcyjnych.

Poniżej przedstawione są zależności czasu ładowania od sposobu ładowania, współczynnika ładowania oraz typu baterii. Poszczególne parametry są funkcją głębokości rozładowania (depth of discharge DOD) oraz nominalnego prądu ładowania.

1. Czas ładowania baterii otwieranych dla charakterystyki Wa przy 30°C

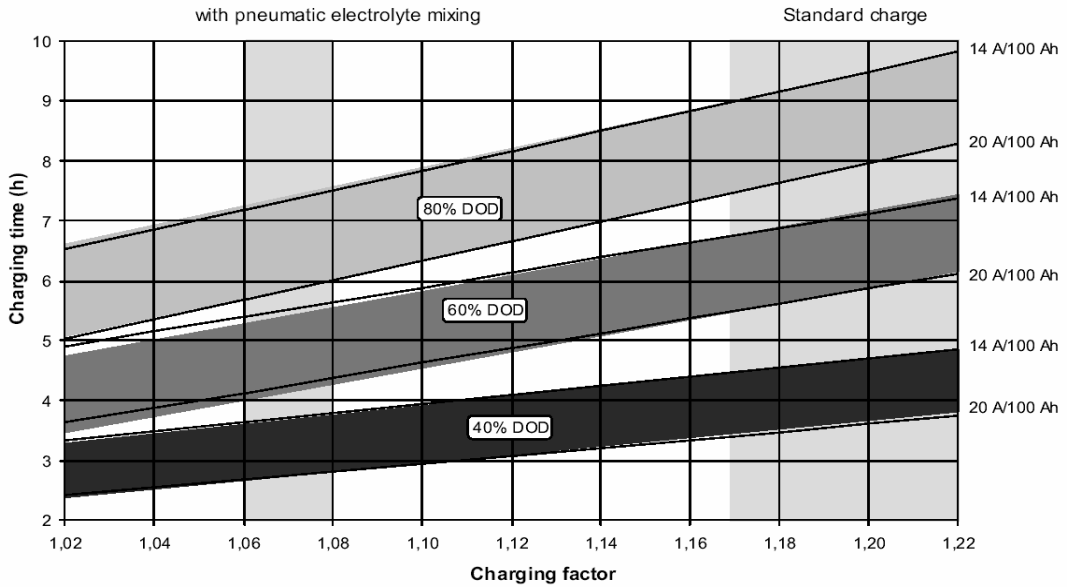


2. Czas ładowania baterii otwieranych dla charakterystyki W0Wa przy 30°C



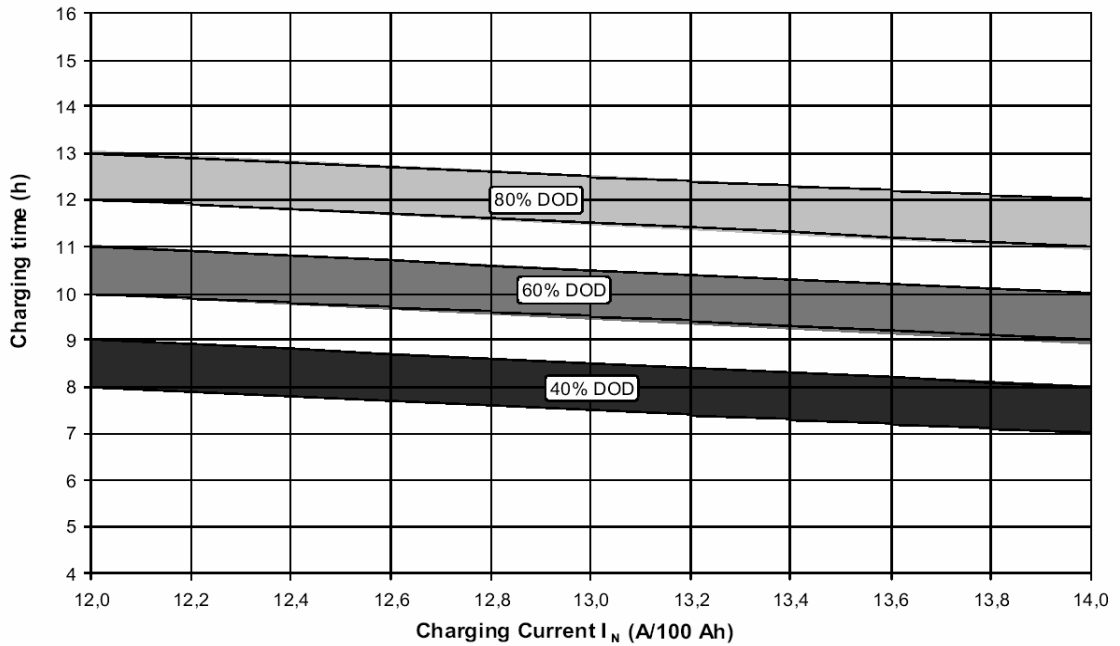
3. Czas ładowania baterii otwieranych dla charakterystyki IU1a przy 30°C

3. Charging times with IU1a-characteristics in hours for PzS batteries at 30 °C



4. Czas ładowania baterii zamkniętych dla charakterystyki IU1a przy 30°C

4. Charging times with IU1a-characteristics in hours for PzV batteries at 30 °C



## Dobór prostowników do baterii otwieranych.

W porównaniu do charakterystyki  $W_a$ , ładowanie w trybie  $W0W_a$  oraz  $IUI_a$  pozwala na zwiększenie nominalnego prądu ładowania aż do osiągnięcia napięcia gazowania  $2,4V_{pc}$  ( $30^\circ C$ ).

**Współczynnik ładowania** jest stosunkiem pomiędzy ładunkiem dostarczonym podczas ładowania a ładunkiem odprowadzonym podczas rozładowania baterii.

W przypadku standardowego ładowania współczynnik ładowania wynosi 1,2: 480Ah jest włączane w 80% rozładowaną baterię o pojemności 500Ah.

Obliczenie:  $80\% \text{ z } 500Ah = 400Ah$ ,  $400Ah \times 1,2 = 480Ah$ .

Baterie z pneumatycznym mieszanym elektrolitu posiadają współczynnik ładowania 1,07.

Prostowniki dobrej klasy automatycznie dostosowują ładunek do wybranego współczynnika ładowania a wynikający z tego czas ładowania jest automatycznie ustawiany w zależności od głębokości rozładowania baterii.

### Przykład obliczenia prądu ładowania:

Dla charakterystyki  $W_a$  i baterii otwieranej  $PzS$  bez pneumatycznego mieszania elektrolitu współczynnik ładowania wynosi 1,2. Nominalny prąd ładowania powinien być obliczony w następujący sposób:

Zakładamy, że czas potrzebny do naładowania baterii nie powinien przekraczać 12h. Bateria ma pojemność nominalną 800Ah i jest rozładowana w 80% (80% DOD). Z charakterystyki  $W_a$  (nr 1) powyżej odczytujemy nominalny prąd  $14A/100Ah$ . Jednakże nominalny prąd prostownika wynosi  $8 \times 14A = 112A$ .

## Dobór prostowników do baterii zamkniętych, żelowych.

Do ładowania baterii trakcyjnych zamkniętych z zaworami do regulacji ciśnienia, z elektrolitem w postaci żelu mogą być użyte tylko specjalistyczne, stabilizowane prostowniki z charakterystyką  $IUI_a$  pokazaną na rys 4.

Czas ostatniej fazy musi być ściśle dostosowany do czasu ładowania głównego.

Współczynnik ładowania w sterowaniu nie jest używany z powodu efektu rekombinacji. Do obliczeń poboru energii można przyjąć współczynnik ładowania ok. 1,1. Tego typu baterie najdłuższą żywotność osiągają przy rozładowaniu max 60%.

Rozładowania do 80% są możliwe w odniesieniu do zastosowań i wielkości baterii określonych przez producenta.

## Zmodyfikowana charakterystyka ładowania $W_{sa}$ dla baterii otwieranych

Dla pewnych typów baterii otwieranych m. in. baterii trakcyjnych stosuje się wyższe końcowe napięcie ładowania z uwagi na wyższą nominalną gęstość elektrolitu oraz niższą zawartość antymonu w kratce płyty. Konsekwencją tego są dłuższe czasy ładowania.

Takie baterie mogą być ładowane wyższymi prądami w obszarze gazowania tj. specjalną, tzw. stromą charakterystyką ładowania.

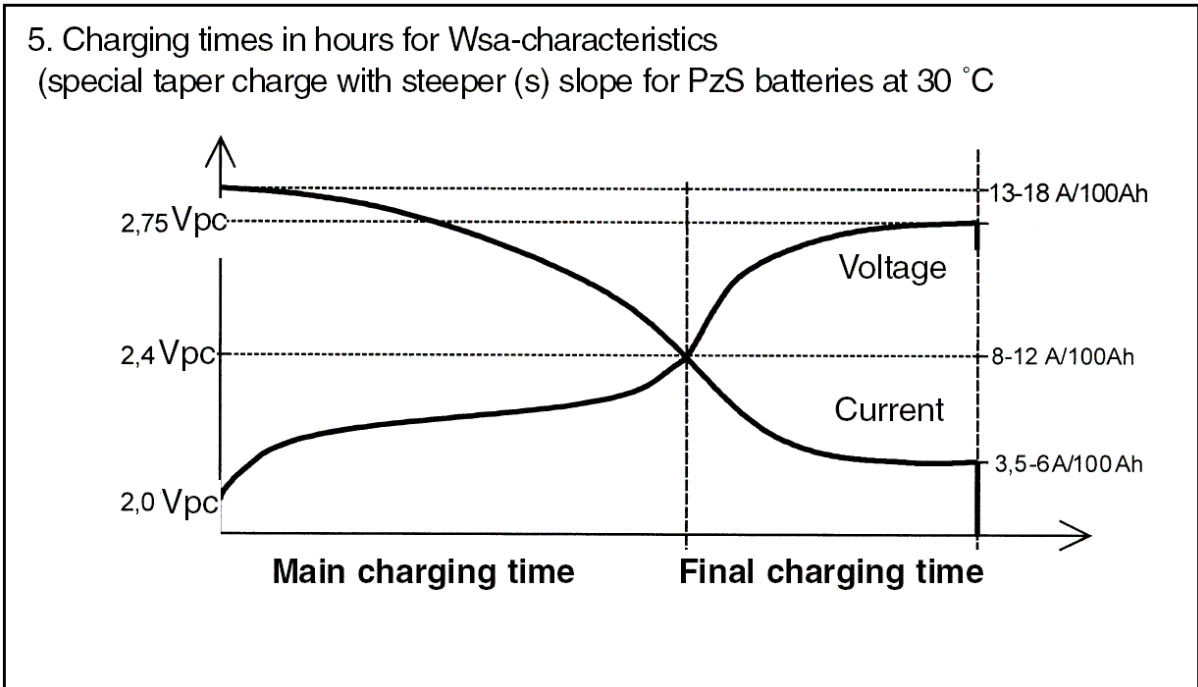
Charakterystyka jest stroma z powodu zwiększonego rozproszenia pola strumienia magnetycznego transformatora przez co prąd ładowania jest mniej zależny od zmian napięcia zasilania. Typowo zależność prądu ładowania od fluktuacji sieci zasilającej jest zredukowana o 20% przy  $2,4V/ogniwo$  a przy  $2,65V/ogniwo$  o 30%.

Dzięki zwiększonemu prądowi ładowania oraz stromej charakterystyce baterie te mogą być naładowane w czasie 8 – 14 godzin przy  $30^\circ C$  prądem wyznaczonym z  $0,8C5$  pojemności znamionowej.

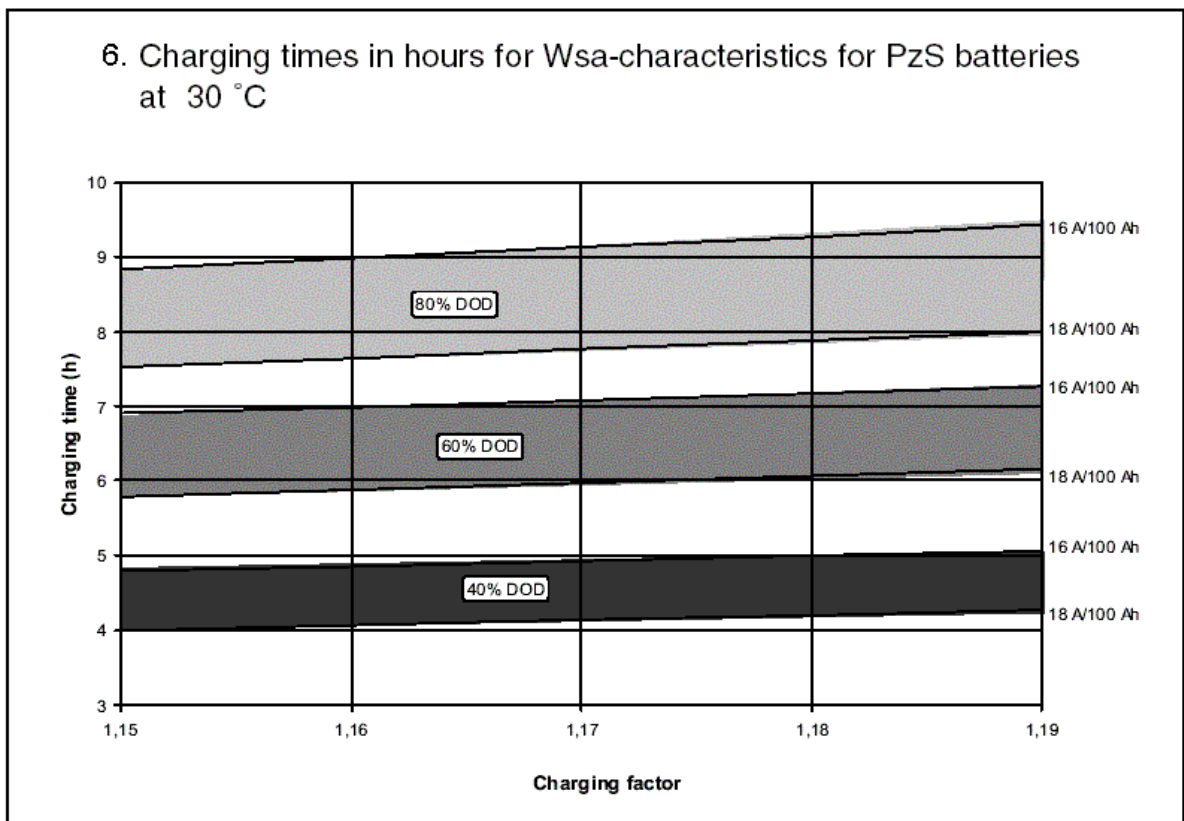
Dla charakterystyki  $W_{sa}$  współczynnik ładowania o wartości 1,17 powinien jednak posiadać wyższą tolerancję niż 0,02. To można osiągnąć stosując odpowiednie algorytmy kontrolne ładowania –Ah,  $dU/dt$  lub  $dI/dt$ . Ponadto zegar sterownika powinien posiadać funkcję bezpiecznego odłączenia w przypadku kiedy napięcie gazowania odniesione do  $30^\circ C$  nie jest osiągnięte w ciągu 8h przy prądzie nominalnym większym niż  $16A/100Ah$ .

W takich warunkach konieczne jest bezpieczne wyłączenie ładowania baterii.

5. Przebieg charakterystyki ładowania Wsa dla baterii otwieranych



6. Czas ładowania baterii otwieranych dla charakterystyki Wsa przy 30°C





Uwaga:

Ważne jest aby prostownik był dopasowany do baterii pod względem zastosowania z uwzględnieniem dopuszczalnych tolerancji:

- współczynnik ładowania  $\pm 0,02$
- wymagany czas ładowania  $\pm 0,5h$
- głębokość rozładowania  $\pm 5\%$

Poza innymi normami i przepisami urządzenia do ładowania muszą spełniać normy:  
EN 50272-3, EN 60146 -1, -2.

Dodatek:

Tabela poniżej pokazuje dobór pojemności baterii dla wybranych charakterystyk i czasów ładowania\*

	charging characteristics Wa		charging characteristics Wsa		charging characteristics W0Wa		charging characteristics IUa	
	charging time 11 h	charging time 14 h	charging time 8 h	charging time 9 h	charging time 8 h	charging time 9 h	charging time 8 h	charging time 9 h
	battery-capacity Ah (C5)	battery-capacity Ah (C5)	battery-capacity Ah (C5)	battery-capacity Ah (C5)	battery-capacity Ah (C5)	battery-capacity Ah (C5)	battery-capacity Ah (C5)	battery capacity Ah (C5)
charger nominal current amp.								
15	90	125	83	93	54	68	75	94
20	125	165	111	123	71	91	100	125
25	155	210	139	154	89	114	125	156
30	190	250	167	185	107	136	150	188
40	250	335	222	247	143	182	200	250
50	310	415	278	309	179	227	250	313
60	375	500	333	370	214	273	300	375
70	435	585	389	432	250	318	350	438
80	500	670	444	494	288	364	400	500
90	560	750	500	556	321	409	450	565
100	625	830	556	617	357	455	500	625
110	680	920	611	679	393	500	550	688
120	750	1.000	667	741	429	545	600	750
130	800	1.080	722	802	464	591	650	813
140	875	1.165	778	864	500	638	700	875
150	930	1.250	833	926	536	682	750	938
160	1.000	1.330	889	988	571	727	800	1.000
170			944	1.049	607	773	850	1.063
180			1.000	1.111	643	818	900	1.125
190			1.056	1.173	679	864	950	1.188
200			1.111	1.235	714	909	1.000	1.250
210			1.167	1.296	750	955	1.050	1.313
220			1.222	1.358	786	1.000	1.100	1.375
230			1.278	1.420	821	1.045	1.150	1.438
240			1.333	1.481	857	1.091	1.200	1.500

\*Czasy ładowania odnoszą się do współczynnika ładowania 1,2 (1,17 dla Wsa), temperatury baterii 30°C, głębokości rozładowania 80% i prawidłowego doboru prostownika do parametrów sieci zasilającej. Tolerancja  $\pm 5\%$ .

Czasy ładowania są uzależnione od wielkości i przebiegu prądu ładowania i napięcia jak również głębokości rozładowania.