

**Akumulatory**  
**Wydział SiMR, kierunek IPEiH**  
**III rok I stopnia studiów, semestr V**  
**dr hab. inż. Leszek Niedzicki**

## Akumulatory kwasowo-ołowiowe

### Akumulatory kwasowo-ołowiowe

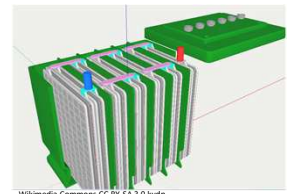
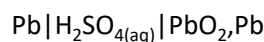
Opracowane przez Gastona Plantego, francuskiego fizyka, w 1859 roku. Do początków XX wieku nie istniało żadne inne przemysłowe rozwiązanie pozwalające na wielokrotne użycie ogniwa galwanicznego.

## Typy akumulatorów

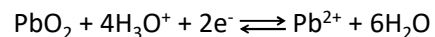
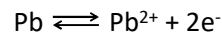
Do najpopularniejszych typów akumulatorów należą:

- Kwasowo-ołowiowe (Pb-acid)
- Niklowo-kadmowe (Ni-Cd)
- Niklowo-wodorkowe (NiMH)
- Litowo-jonowe (Li-ion)

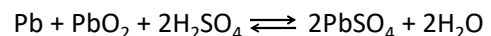
### Akumulatory kwasowo-ołowiowe



Reakcje na elektrodach:

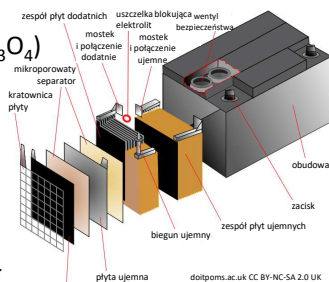


Sumarycznie:



### Kwasowo-ołowiowe: budowa

- płyta z tlenku ołowiu ( $\text{PbO}_2$ , nie  $\text{PbO}$  lub  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ )
- separator
- elektrolit ( $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{aq})}$ )
- płyta ołowiana



Obie płyty nie z czystych substancji tylko materiał w formie pasty z dodatkami naniesiony na kratę z ołowiu (zwykle ze stopu ołowiu z antymonem) i wysuszone

### Akumulatory kwasowo-ołowiowe

Ze względu na budowę i używane napięcia tradycyjny akumulator wymaga regularnego serwisowania. W czasie działania zmniejsza się ilość wody (odparowuje, ulega elektrolizie do wodoru) jak i zużywa się kwas siarkowy na reakcje (tam, gdzie są one nieodwracalne; zawsze takie choćby w małej ilości będą miały miejsce) a także drobiny z płyt obsypują się (zwykle siarczany się obsypują). W związku z tym wymagają dolewania wody i/lub wymiany kwasu siarkowego. Akumulator działa prawidłowo tylko dla wąskiego zakresu stężenia kwasu (zwykle podawane w formie jego gęstości ściśle zależnej od stężenia). Ze względu na zawory u góry i ciepłą zawartość nie wolno go przechylać ani odwracać.

## Kwasowo-ołowiowe: warianty

Akumulatory bezobsługowe (którym także nie się nie dzieje w przypadku przechylenia/odwrócenia):

- **MF** – Maintenance-Free – bezobsługowy;
- **VRLA (SLA)** – Valve-Regulated Lead-Acid (Sealed Lead-Acid) – z jednokierunkowymi zaworami bezpieczeństwa;
- **AGM** – Absorbed Glass Mat – z separatorem z maty szklanej (z włókna szklanego);
- **GEL** – z elektrolitem żelowym.

7

## Kwasowo-ołowiowe: warianty

Akumulatory bezobsługowe:

- **MF** – z dużym zapasem elektrolitu, aby nie trzeba było go uzupełniać przez czas życia akumulatora;
- **VRLA** – mocno uszczelniony i o obniżonym potencjale, by nie dopuścić do elektrolizy wody; dodatkowo używa się stopu ołów-wapń (zamiast ołów-antymon), zwiększający nadpotencjał tworzenia się wodoru;
- **AGM** – podobnie jak VRLA, dodatkowo separator z włókna szklanego, niestety dużo droższy od pozostałych (za to jeszcze cięższy o odparowanie lub tworzenie wodoru);
- **GEL** – z elektrolitem żelowym (trudniej o odparowanie)

8

## Kwasowo-ołowiowe: modyfikacje

- Warianty uwzględniające modyfikacje elektrolitu, separatora, kratki i konstrukcji.
- Modyfikacje elektrod:
  - zmieniające porowatość (poprawiające nasiąkliwość, powierzchnię reakcji -> gęstość prądu, zmniejszają wpływ pasywacji);
  - dodatki zmieniające nadpotencjały reakcji;
  - zmiany struktury pasty i/lub stosowanie dodatków wpływających na energię aktywacji reakcji tlenku z siarczanem i ułatwiające odbudowę tlenku o prawidłowej strukturze (najczęstszy kłopot to zanikanie pojemności w wyniku pojawiania się nieaktywnych drobin/kryształitów).

9

## Kwasowo-ołowiowe: wady i zalety

**Zalety:**

- dość wolne samorozładowanie;
- tanie;
- dobrze znoszą niepełne ładowania i rozładowania;
- dobrze znoszą rozładowania impulsowe (krótkie, ale duże C) (stąd są doskonałe do zapłonu silnika).

**Wady:**

- typowy 200-300 cykli, VRLA/AGM więcej, max 800;
- zawierają bardzo toksyczny ołów i kwas siarkowy;
- źle znoszą głębokie rozładowanie (nie można poniżej 2.1 V);
- niska gęstość energii (co wynika z dużej gęstości ołowiu i jego związków oraz niskiego napięcia pojedynczego ogniwa) 30 Wh/kg.

10

## Kwasowo-ołowiowe: warunki pracy

- optymalna praca w temperaturze 20-25°C, przebywanie lub praca w temperaturze wyższej o 8-10°C skraca czas życia ogniwa dwukrotnie (na każde 8-10°C);
- cyklowanie w zakresie od 2,1 V (nawet 2,2 V) do 2,4 V. Nie wolno rozładowywać do napięcia poniżej 2,1 V – grozi uszkodzeniem. Ładowanie powyżej 2,4 V powoduje przyspieszenie produkcji wodoru;
- ładowanie i rozładowanie od C/10 do C/20, aczkolwiek impulsowo wytrzyma do ok. 5C (zapłon zwykłego samochodu wymaga 100-200 A a akumulatory mają 30-60 Ah);
- muszą być przechowywane w stanie naładowanym.

11

## Kwasowo-ołowiowe: warunki pracy

Stopień rozładowania/naładowania oprócz oczywiście napięcia można badać poprzez pomiar gęstości elektrolitu. Elektrolit bierze udział w reakcjach na elektrodach, zmienia się jego stężenie, a więc i jego gęstość (w wyniku zmiany zawartości cięższego kwasu siarkowego w lżejszej wodzie). Naładowany akumulator zawiera kwas siarkowy o stężeniu ok. 40%<sub>wag.</sub>, co przelicza się na ok. 1,3 g/cm<sup>3</sup>. Rozładowany akumulator zawiera kwas siarkowy o stężeniu ok. 15%, co przelicza się na ok. 1,1 g/cm<sup>3</sup>.

12

## Kwasowo-ołowiowe: warunki pracy

Ze względu na łatwość i bezwzględny charakter pomiaru istnieją tabele i przyrządy do mierzenia gęstości kwasu siarkowego co pozwala na obliczenie jego stężenia. To umożliwia porównanie z wartością początkową (naładowanego akumulatora).

Naturalnie działa to jedynie w akumulatorach tradycyjnych, gdzie faktycznie znajduje się roztwór kwasu siarkowego w wodzie w formie płynnej i jest do nich dostęp (nie „bezobstługowych”, żelowych ani AGM).

13

## Kwasowo-ołowiowe: warunki pracy

Typowe powody usterek prowadzących do uszkodzenia lub przynajmniej dużego spadku pojemności ogniwa to:

- zasiarczenie elektrod i/lub obsypanie siarczanu;
- samorozładowanie (mikroogniwa, reakcje spontaniczne);
- zwarcia wynikające z tworzenia dendrytów;
- rozwarstwienie elektrolitu – gęstość i skład (różne reakcje i ich tempo w zależności od wysokości na płycie);
- pękanie elektrod;
- korozja kratek;
- zbyt duża ilość gazu (pękanie płyt od ciśnienia, pęcherzyki tworzące mikropęknięcia, itd.);

14

## Kwasowo-ołowiowe: zastosowania

- Akumulator w układach zapłonowych pojazdów spalinowych (a także do zasilania klimatyzacji, świateł, radia, itd.);
- Akumulator trakcyjny w wózkach widłowych, małych pojazdach typu wózek inwalidzki, wózek golfowy, rower elektryczny, skutery, itd.;
- UPSy, zasilanie awaryjne w budynkach, infrastrukturze krytycznej (energetyka, telekomunikacja, szpitale);
- Układy stabilizujące sieć elektroenergetyczną.

15