

# Lekcja 25. Przekształtniki tyrystorowe

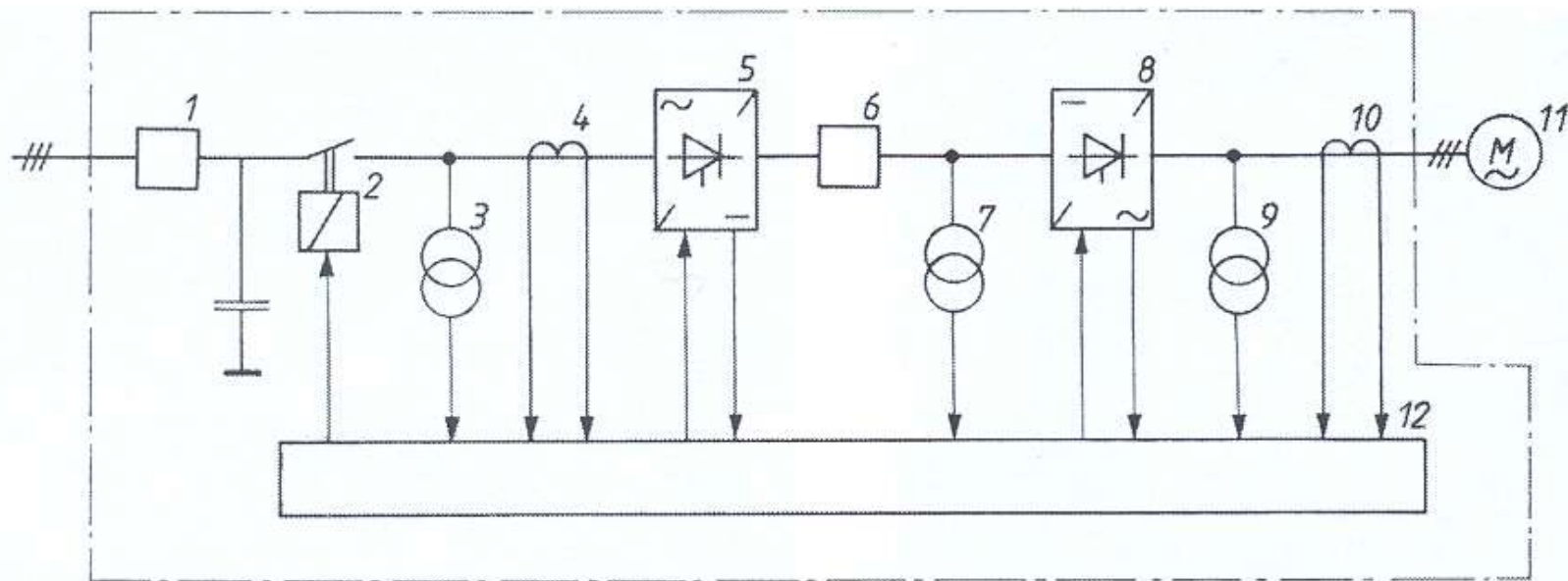
Wprowadzenie układów energoelektronicznych do urządzeń elektroenergetycznych pozwoliło na znaczne uproszczenie systemów przetwarzania i sterowania energią elektryczną. Pierwszeństwo w tym względzie należy do różnego rodzaju **przekształtników tyrystorowych** przenoszących moc z jednego systemu do drugiego oraz regulujących amplitudy przebiegów, częstotliwość i liczbę faz zgodnie z wymaganiami użytkownika.

## Przekształtniki prądu przemiennego

a) Przekształtnik częstotliwości sterowany elektronicznie

Jest to urzą-

dzenie przekształcające trójfazowe napięcie sieci na napięcie o regulowanej częstotliwości i wartości. Sterowanie prędkością obrotową silnika jest realizowane przez podanie na jego zaciski napięcia o określonej częstotliwości i wartości, przy zachowaniu stałego ich stosunku, zgodnie z zasadą regulacji przy stałym momencie obrotowym.



Schemat przekształtnika częstotliwości serii EFAL

1 — filtr, 2 — stycznik obwodu głównego, 3 — układ pomiarowy napięcia sieci, 4 — układ pomiarowy prądu sieci, 5 — sterowany prostownik tyrystorowy, 6 — dławik obwodu pośredniego, 7 — układ pomiarowy napięcia obwodu pośredniego, 8 — tyrystorowy falownik, 9 — układ pomiarowy napięcia silnika, 10 — układ pomiarowy prądu silnika, 11 — silnik trójfazowy, 12 — elektroniczny układ sterujący

## b) Prostowniki

**Prostownikami** nazywa się układy energoelektroniczne, które służą do przekształcania napięć i prądów przemiennych na napięcia i prądy stałe. Są one podstawą wszystkich pozostałych układów energoelektronicznych. Najważniejszymi dziedzinami zastosowań prostowników są wszelkiego typu zasilacze prądu stałego. Wśród nich najpopularniejsze są prostowniki do ładowania baterii akumulatorów. Przykładem może być prostownik stabilizowany TS-200

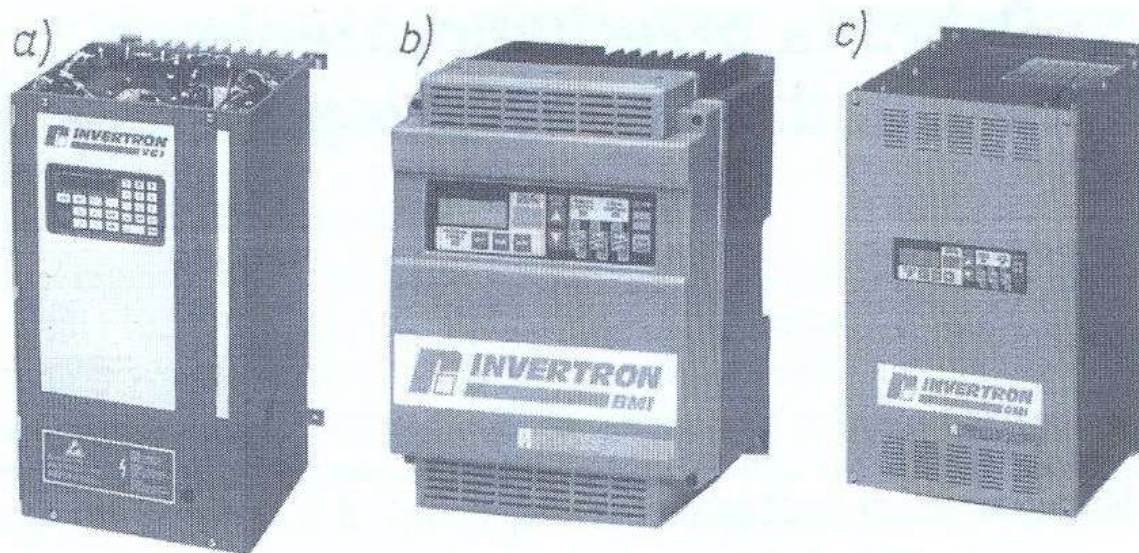


Rys. 10.7. Prostowniki stabilizowane serii TS

. Program automatycznego sterowania pracą prostownika umożliwia szybkie ładowanie baterii po rozładowaniu spowodowanym zanikiem napięcia sieci zasilającej. Ponadto prostowniki wykorzystuje się do zasilania wszelkich procesów elektrolitycznych i galwanicznych, pieców łukowych prądu stałego oraz do sprzęgania systemów elektroenergetycznych o różnych parametrach

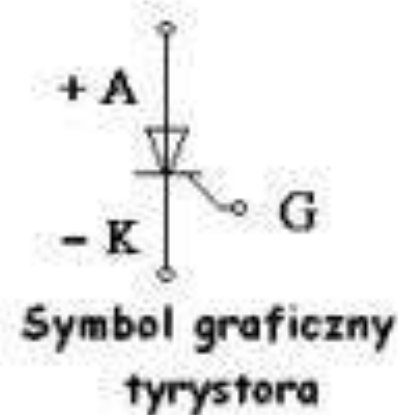
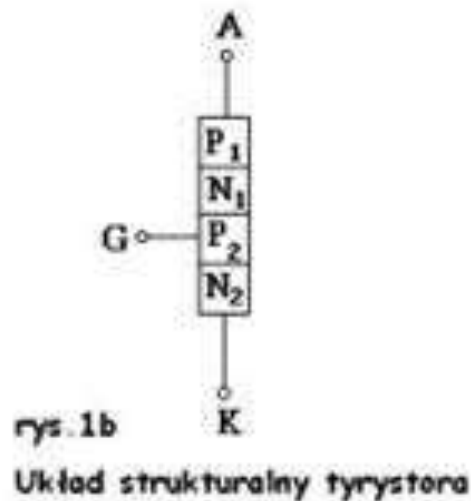
## c) Przekształtniki prądu stałego

**Przekształtniki prądu stałego** służą do sprzęgania systemów prądu stałego o różnych poziomach napięciowych lub do przetwarzania napięcia stałego z baterii akumulatorów na napięcie przemiennie sinusoidalne o żądanej częstotliwości (falowniki). Falownik może pracować jako człon wyjściowy przekształtnika prądu przemiennego lub jako źródło rezerwowe, przejmujące automatycznie zasilanie odbiorników.



**Rys. 10.8.** Mikroprocesorowe przekształtniki częstotliwości do płynnej regulacji prędkości obrotowej silnika indukcyjnego: a) VCI o mocy  $7,5 \div 200$  kW; b) BMI o mocy  $0,75 \div 3,7$  kW; c) CMI o mocy  $1,5 \div 1,5$  kW

- Tyrystor jest nazywany również sterowaną diodą półprzewodnikową. Składa się on z czterech warstw półprzewodnika o odpowiednim profilu domieszkowania: p - n - p - n. Wyprowadzenia tyrystora są podłączone do trzech z czterech warstw półprzewodnika. Anoda jest podłączona do warstwy skrajnej P<sub>1</sub>, katoda jest podłączona do skrajnej warstwy N<sub>2</sub>, natomiast bramka podłączona jest do jednej z warstw wewnętrznych - P<sub>2</sub>. Symbol elektryczny oraz układ strukturalny tyrystora są przedstawione na rysunkach poniżej.



- Tyrystory stosowane są w obwodach, w których płyną prądy o dużych natężeniach oraz w których występują napięcia o znacznej wielkości. Wykorzystywane są powszechnie w elektroenergetyce, napędach elektrycznych, trakcjach elektrycznych, układach regulacji operujących na dużych mocach. Szczególnie duże znaczenie mają, przy zastosowaniach tego typu, graniczne wartości napięć, prądów oraz mocy, które nie mogą być przekraczane w czasie eksploatacji.

Kolejną z dziedzin przemysłu, gdzie tyrystory znalazły zastosowanie jest elektrotechnika samochodowa. Bardzo duże zastosowanie tyrystory znajdują w układach służących do ładowania akumulatorów, do przerywania kierunkowskazów oraz w układach regulujących częstotliwość pracy wycieraczek samochodowych. Tyrystory użyte w tych układach, w stosunku do zwyczajnych układów przekaźnikowych, pozwalają uzyskiwać większą niezawodność i trwałość. Biorąc pod uwagę duże możliwości obciążeń prądowych, możliwe jest ich wykorzystanie do ładowania dużej liczby akumulatorów. Stosunkowo niedawno opracowano wiele różnych typów układów zapłonowych wykorzystujących tyrystory.

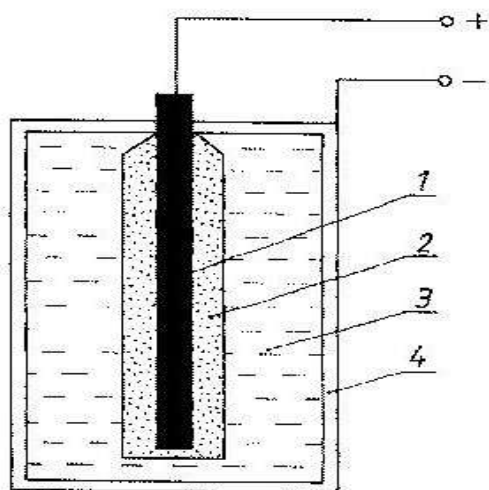


# Lekcja 26. Inne urządzenia niskiego napięcia

## • 1. Ogniwa galwaniczne

Ogniwa służą do bezpośredniej zamiany energii chemicznej w elektryczną w wyniku praktycznie nieodwracalnych reakcji chemicznych.

W powszechnym użyciu są **ogniwa Leclanchého** (rys. 9.1). Składają się one z dwóch elektrod (węglowej i cynkowej) zanurzonych w elektrolicie (wodny roztwór salmiaku). Elektroda węglowa jest umieszczona w tzw. depolaryzatorze, którego rolę odgrywa najczęściej dwutlenek manganu z domieszką grafitu.



**Rys. 9.1.** Schemat ogniwa Leclanchého  
1 — elektroda węglowa, 2 — dwutlenek manganu z grafitem, 3 — roztwór salmiaku  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 4 — kubek cynkowy

dla zwiększenia konduktywności. Między elektrodami powstaje siła elektromotoryczna, a płynący przez ogniwo prąd (w czasie jego użytkowania) powoduje wydzielanie przy elektrodzie węglowej wodoru, który wchodzi w reakcję chemiczną z depolaryzátorem, tworząc wodę. Podczas pracy zużyciu ulega elektroda cynkowa (powstaje chlorek cynku) oraz depolaryzator.

Siła elektromotoryczna takiego ogniwa wynosi ok. 1,5 V przy rezystancji wewnętrznej  $1,1 \div 1 \Omega$ . Na skutek zużywania się depolaryzátora zmniejsza się *sem* ogniwa. Gdy jej wartość zmaleje do ok. 0,7 V, ogniwo uważa się za wyładowane.

W praktyce stosuje się dwa rodzaje ogniw: nalewne i suche. **Ogniwa mokre**, ze względu na uciążliwą konserwację, są bardzo rzadko używane.

**Ogniwa nalewne** mogą być przez dłuższy czas magazynowane, gdyż zawierają salmiak w stanie suchym. Do pracy nadają się dopiero po nalaniu do nich wody destylowanej.

**Ogniwa suche** zawierają masę higroskopijną fabrycznie nasyconą roztworem wodnym elektrolitu i dlatego nie nadają się do dłuższego przechowywania, ale są praktyczniejsze w użyciu. Ogniwami suchymi są również ogniwa pastylkowe stosowane do zasilania układów elektronicznych.

## 2. Akumulatory

Akumulatorem nazywa się elektrochemiczne źródło prądu; można w nim gromadzić i pobierać z niego energię elektryczną w sposób odwracalny.

Akumulator stanowi najczęściej zestaw ogniw połączonych ze sobą elektrycznie. Ogniwem akumulatorowym jest zestaw płyt zanurzonych w elektrolicie i umieszczonych w szczelnych celkach. W zależności od rodzaju elektrolitu akumulatory dzieli się na: **kwasowe** i **zasadowe**, a w zależności od przeznaczenia na:

- **stacyjne**, służące do zasilania odbiorników, które wymagają zasilania niezależnego od sieci elektroenergetycznej, np. układy sterowania łączników i automatyki sygnalizacyjnej w stacjach elektroenergetycznych, układy zasilania central telefonicznych i telegraficznych i inne;
- **trakcyjne**, służące do zasilania silników jazdy i podnoszenia w wózkach elektrycznych;
- **rozruchowe**, służące do uruchamiania silników spalinowych w pojazdach.

# Lekcja 27. Sprawdzian wiadomości- rozdzielnic niskiego napięcia

1. Co nazywamy falownikiem?
2. Jakie funkcje w układach elektroenergetycznych pełnią rozdzielnice?
3. Jak dzielimy rozdzielnice ze względu na ich konstrukcje?
4. Jakie typy tablic licznikowych występują w układach elektroenergetycznych?
5. Jakie są cechy charakterystyczne rozdzielnic INS?
6. Jak zbudowane jest i jaka jest zasada działania ogniwa Leclanche'go

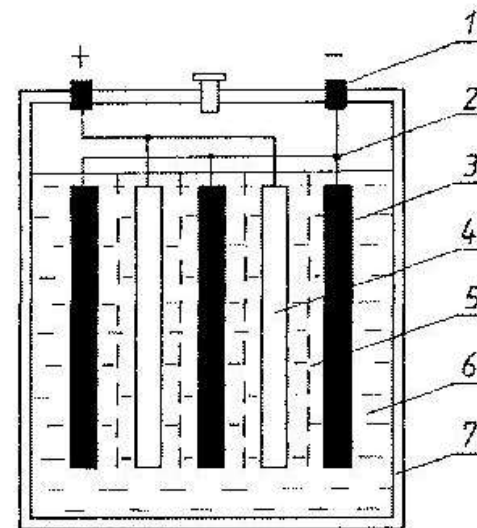
# Lekcja 28. Budowa i zastosowanie akumulatorów kwasowych i zasadowych

**Akumulatory kwasowe (ołowiowe)** składają się z dwóch zestawów płyt — dodatnich, wykonanych głównie z dwutlenku ołowiu  $PbO_2$  i ujemnych — wykonanych z gąbczastego ołowiu. **Elektrolitem** jest wodny roztwór kwasu siarkowego  $H_2SO_4$  o gęstości w stanie nienaładowanym  $1,18 \text{ g/cm}^3$ , w temperaturze  $20^\circ\text{C}$ . Całość jest umieszczona w celi z materiału izolacyjnego: szkła, ebonitu lub tworzywa syntetycznego (**rys. 9.2**).

Fabrycznie nowe akumulatory są na ogół w stanie suchym (bez elektrolitu). Elektrolit można przygotować tylko ze stężonego kwasu siarkowego ( $1,84 \text{ g/cm}^3$ ), chemicznie czystego. Aby otrzymać właściwy roztwór, należy do wody destylowanej dodać w stosunku 4:1 stężony kwas siarkowy. Należy też zawsze pamiętać, aby **stężony kwas wlewać do wody, a nie na odwrót**, gdyż grozi to poparzeniem rozpryskującym się kwasem.

Po wlaniu elektrolitu w akumulatorze zachodzą reakcje chemiczne, w wyniku których powstaje rozpuszczalny w elektrolicie siarczan ołowiu  $PbSO_4$ . Akumulator jest gotowy do ładowania.

Sposób eksploatacji akumulatora zależy przede wszystkim od jego przeznaczenia i budowy.



**Rys. 9.2.** Schemat budowy akumulatora kwasowego

1 — zacisk z ołowiu, 2 — mostki z ołowiu, 3 — płyta ujemna z ołowiu, 4 — płyta dodatnia z dwutlenku ołowiu, 5 — przekładki między płytowe, 6 — elektrolit, 7 — naczynie

**Akumulatory rozruchowe** są budowane jako 3- lub 6-ogniowe, na napięcia 6 V i 12 V. Poszczególne ogniwa są połączone między sobą szeregowo za pomocą łączników międzyogniskowych, natomiast skrajne bieguny są zakończone znormalizowanymi stożkowymi końcówkami zaciskowymi (**rys. 9.3**).



**Rys. 9.3.** Akumulator rozruchowy, bezobsługowy typu 12 V, 40 Ah (fot. CENTRA S.A.)

Podstawowymi parametrami charakteryzującymi akumulatory rozruchowe są:

- **napięcie znamionowe**  $U_N$  (iloczyn napięcia znamionowego ogniwa i liczby ogniw);
- **pojemność znamionowa**  $Q_N$  równa tzw. pojemności 20-godzinnej  $Q_{20}$  (jest to ilość ładunku elektrycznego wyrażona w amperogodzinach Ah, jaką może oddać w pełni sprawny akumulator do osiągnięcia normalnego stanu wyładowania tj. 1,75 V/ogniwo w czasie 20 godzin, w temperaturze  $+20^{\circ}\text{C}$ );
- **prąd ładowania**  $i_l$  (wartość prądu przepływającego przez akumulator w czasie ładowania);
- **prąd znamionowy**  $I_N$  (wartość prądu, jaki można pobrać z naładowanego akumulatora w czasie 20 godzin do czasu normalnego wyładowania):

$$I_N = \frac{Q_N}{20} = 0,05Q_N \quad (9.1)$$

- **rezystancja wewnętrzna**  $R_w$ .

Przebieg **ładowania akumulatorów** jest zależny od rodzaju płyt użytych do jego montażu. Baterie zbudowane z płyt, które przeszły proces elektrotechniczny bez zachowania ładunku elektrycznego (akumulatory standardowe), po nasiąknięciu płyt elektrolitem (3 ÷ 4 godzin po zalaniu) ładuje się przez prostownik prądem  $i_t = 0,05Q_N$ . Czas ładowania wynosi ok. 70 godzin. Następnie po upływie 12 godzin należy rozładować akumulator przez rezystor prądem wyładowania. Po wyładowaniu akumulator ponownie się ładuje. Drugie ładowanie i każde następne można prowadzić dwiema metodami: jedno- lub dwustopniową. Metoda **jednostopniowa** polega na ładowaniu prądem  $i_t = 0,05Q_N$  przez 24 godziny lub  $i_t = 0,1Q_N$  przez 12 godzin, natomiast **dwustopniowa** polega na ładowaniu prądem  $i_t = 0,1Q_N$  do napięcia 2,4 V na ogniwo, a następnie prądem  $i_t = 0,05Q_N$  do chwili osiągnięcia cech **pełnego naładowania**. Pełne naładowanie charakteryzuje się:

- stałą, niewzrastającą wartością napięcia (ok. 2,7 V na ogniwo);
- stałą, niewzrastającą gęstością elektrolitu;
- silnym gazowaniem elektrolitu.

Całkowity czas ładowania metodą dwustopniową wynosi ok. 18 godzin.

Jeżeli płyty przeszły **proces elektrochemiczny**, zachowując ładunek (akumulatory suchoładowane), to akumulator nadaje się do eksploatacji już w 20 minut po zalaniu elektrolitem, bez doładowywania.



Akumulatory z **plyt surowych**, które nie przeszły żadnego procesu elektrochemicznego, 3 godziny po zalaniu ładuje się prądem  $i_t = 0,2Q_N$  tak długo, aż temperatura elektrolitu zmaleje do  $60^\circ\text{C}$ . Następnie rozpoczyna się właściwe ładowanie akumulatora. Polega ono na ładowaniu baterii przy stałym napięciu  $U = 2,5\text{ V}$  na ogniwo, przy czym prąd ładowania nie może być większy od wartości  $i_t = 0,2Q_N$ . Po upływie ok. 17 godzin należy zmniejszyć prąd ładowania do  $i_t = 0,1Q_N$ . Po zakończeniu ładowania (ok. 34 godzin, nie licząc czasu ładowania wstępnego) należy rozładować akumulator przez rezystor do napięcia  $1,75\text{ V}$  na ogniwo prądem  $i_t = 0,05Q_N$ . Następnie wyładowany akumulator ładuje się podobnie jak akumulatory standardowe.

Eksploatując akumulatory rozruchowe, należy pamiętać o dwóch podstawowych zasadach:

1. Nie wolno dopuszczać do wyładowania akumulatora poniżej dopuszczalnego napięcia końcowego wyładowania.
2. Nie wolno ładować baterii dużymi prądami (tzw. ładowanie przyspieszone).

Obydwa przypadki wadliwej eksploatacji prowadzą do **przedwczesnego zużycia akumulatora**.

**Akumulatory zasadowe** mają płyty wykonane z taśmy stalowej z kieszonkami na masę czynną, którą może być: dla elektrod dodatnich wodorotlenek niklu, a dla elektrod ujemnych tlenek kadmu (akumulatory niklowo-kadmowe, Ni-Cd) lub tlenek żelaza (akumulatory niklowo-żelazowe, Ni-Fe), do urządzeń specjalnych stosuje się też akumulatory srebrowo-cynkowe, Ag-Zn. W Polsce najpopularniejsze są akumulatory Ni-Cd. Elektrolit w akumulatorach zasadowych stanowi wodny roztwór wodorotlenku potasu (KOH) z dodatkiem wodorotlenku litu (LiOH) o gęstości  $1,17 \div 1,21 \text{ g/cm}^3$  w temperaturze  $20^\circ\text{C}$ . Napięcie znamionowe jednego ogniwa Ni-Cd wynosi  $1,2 \text{ V}$ , a końcowe napięcie wyładowania  $1,1 \div 0,5 \text{ V}$ .

Podstawowymi zaletami akumulatorów zasadowych są: długi czas dopuszczalnego przechowywania w stanie suchym (do 2 lat) oraz duża zdolność rozruchowa (prąd rozruchu  $i_t = 0,5Q_N$ ).

W ostatnich latach coraz powszechniej są stosowane tzw. **akumulatory bezobsługowe**. Wskutek ładowania w konwencjonalnych akumulatorach następuje rozpad wody na tlen i wodór, które ulatniają się na zewnątrz, powodując w efekcie ubytek wody z elektrolitu. Powoduje to z jednej strony konieczność uzupełniania wody, a z drugiej zagrożenie wybuchem ulatniającego się wodoru. W akumulatorach bezobsługowych zjawisko to jest w dużej mierze ograniczone.

Powstający na anodzie tlen jest transportowany przez specjalny absorber do katody, gdzie podlega kolejnym przemianom chemicznym za pomocą katalizatora. W efekcie tlen i wodór ponownie łączą się w wodę. System ten zwany **rekombinacją** zapewnia wielokrotnie dłuższe okresy bez konserwacji. Tworzy

się w ten sposób zamknięty obieg wody, co umożliwia szczelne wykonanie obudowy akumulatorów. Mają one jedynie nadciśnienie wyzawór bezpieczeństwa umożliwiające odpływ gazów w czasie przeładowania lub uszkodzenia.

Ponadto najnowsze akumulatory charakteryzują się bardzo małym samorozładowaniem (ok. 0,1% na dobę) oraz możliwością pełnego, stuprocentowego rozładowania. Niektóre firmy produkują akumulatory o stałym elektrolicie, co umożliwia ich pracę w dowolnej pozycji.