

BIULETYN TECHNIKI JACHTOWEJ



CREATOR OF BOAT SYSTEMS

NR 3/2022 (14) ISSN 2657-8328 WWW.VETUS.COM

Diagnostyka
i kontrola
akumulatorów
stosowanych
w jachtingu

Co jest łodzią,
jachtem, statkiem,
a co okrętem?

O nazewnictwie wszystkiego, co pływa

Dobre praktyki lakiernika:
przygotowanie powierzchni
do malowania

Relacja ze spotkania
dilerów VETUS Polska

Karaiby:
Saint-Barthélemy



Diagnostyka i kontrola akumulatorów stosowanych w jachtingu

Sporty wodne to niekwestionowane źródło zarówno unikalnych wrażeń, jak i wielu nowych wyzwań. Nietrudno jest więc przeoczyć, jak ciężkim i wyjątkowo zmiennym warunkom musi sprostać łódź.

Sprzęt dedykowany zastosowaniom wodnym powinien więc spełniać specyficzne wymagania, by długo i bez przeszkód służyć użytkownikowi. Sezonowa eksploatacja, nieregularne wstrząsy i wibracje, zmienne temperatury oraz wysoka wilgotność to tylko niektóre z cech charakteryzujących środowisko wodne i zarazem wpływających negatywnie na żywotność komponentów łodzi. Szczególnie narażone na przyspieszone zużycie, zwłaszcza przy nieodpowiednim montażu i konserwacji, są elementy elektryczne. Niewątpliwie więc, urządzeniem wymagającym zwiększonej uwagi, zarówno w chwili doboru, jak i w trakcie eksploatacji, jest akumulator.

Klasyfikacja akumulatorów

Jasne wskazówki dotyczące doboru odpowiednich akumulatorów można odnaleźć chociażby w instrukcji użytkowania silnika [1, 2], należy jednak uwzględnić, że dla różnych warunków pracy dedykowane są odmienne konstrukcje [3, 4]. Dla środowiska morskiego, które stanowi źródło wyraźnych drgań oraz silnego obijania w chwilach zderzeń dzioba z falami, budowa jest cięższa i solidniejsza [5].



Rys. 1. Elektryczny silnik zaburtowy ze zintegrowanym dedykowanym akumulatorem [4, 6]

Przedstawiona poniżej podstawowa klasyfikacja, otwierająca zagadnienia diagnostyki i serwisowania akumulatorów stosowanych w jachtingu, jest wprowadzeniem w przyszłe prace charakteryzujące te źródła energii. Klasyfikację można wykonać według:

- **lokalizacji akumulatora w układzie:**
 - wewnętrzne, które dedykowane są do konkretnego urządzenia i zabudowane w konstrukcji (rys. 1),
 - zewnętrzne (uniwersalne).



parametrów fizycznych:

- kształtu:
 - cylindryczne,
 - sześciennie,
- masy,
- rozmieszczenia (rys. 2), rodzaju (rys. 3) i rozmiaru biegunów podłączeniowych (pomimo iż w Polsce standardowym podłączeniem jest przedstawione podłączenie STD (AP), to należy uwzględnić, że wiele łodzi importowanych z innych regionów świata może posiadać inny standard podłączenia, co może skutkować koniecznością modernizacji okablowania).

nominalnego napięcia:

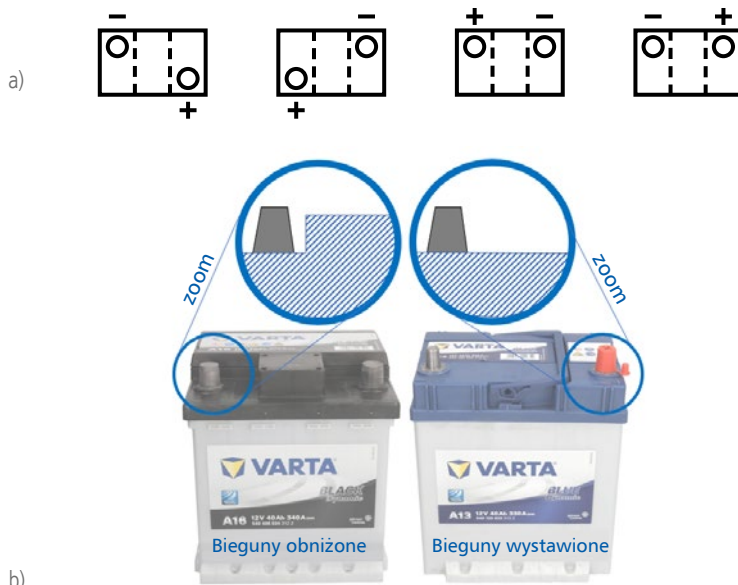
- 6 V,
- 12 V,
- 24 V,
- inne, których suma napięć wynika z połączenia akumulatorów niższych napięć (połączenie równoległe, szeregowe lub mieszane – rys. 4).

przeznaczenia:

- akumulatory rozruchowe,
- akumulatory głębokiego rozładowania,
- akumulatory podwójnego przeznaczenia.

Akumulatory łączy się ze sobą równoległe w celu uzyskania wyższej pojemności. Łącząc równoległe dwa akumulatory otrzymuje się jeden akumulator o sumarycznej pojemności tych dwóch akumulatorów. Najlepsze rezultaty uzyskuje się, łącząc akumulatory o takich samych parametrach (pojemność, stopień zużycia, rezystancja wewnętrzna). Mimo to, pod względem powtarzalności parametrów poszczególnych akumulatorów połączonych równoległe, wymagania są znacznie niższe niż w przypadku łączenia szeregowego. Podstawowym wymogiem jest jednakowe napięcie znamionowe – taka sama liczba cel (ogni) łączonych monobloków. W przypadku łączenia równoległego możliwe jest łączenie akumulatorów o różnej pojemności, różnych producentów oraz znacznie różniących się stopniem zużycia.

Akumulatory łączy się ze sobą szeregowo w celu uzyskania wyższego napięcia. Łącząc w szereg dwa



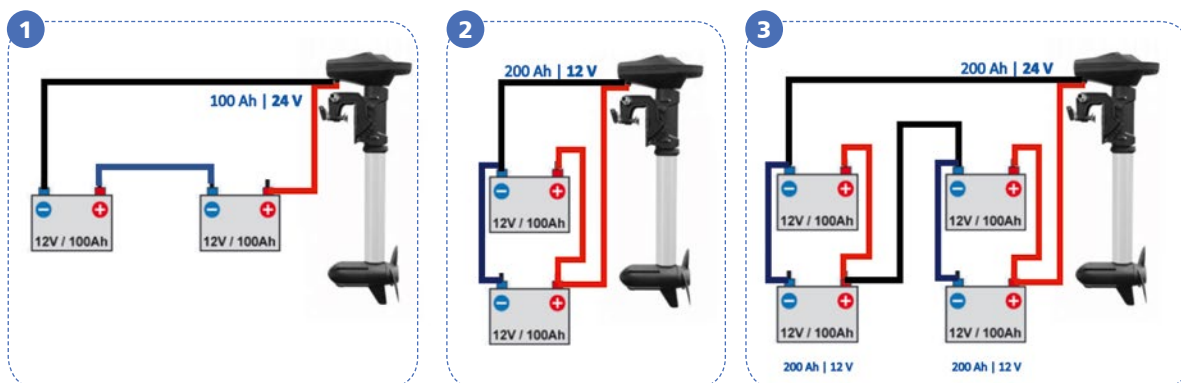
Rys. 2. Rozmieszczenie biegunów: a – względem konstrukcji, b – względem płyty górnej (wystawienie biegunów) [7]



Rys. 3. Wybrane rodzaje terminali podłączeniowych [8]

akumulatory 12 V otrzymuje się jeden akumulator 24 V, a 4 akumulatory 12 V lub 2 akumulatory 24 V – jeden akumulator 48 V. Łącząc akumulatory szeregowo pamiętajmy o wymaganiach co do poszczególnych modułów, powinny być one m.in.: takiej samej pojemności, zbliżonej rezystancji wewnętrznej, takiej samej marki i typu, z jednej serii produkcyjnej, o podobnym stopniu zużycia.

Połączenie akumulatorów może być również mieszane, co skutkuje integracją korzyści przedstawionych uprzednio podstawowych typów połączeń. Podczas połączeń akumulatorów należy zapewnić właściwą kolejność instalacji elektrycznej (rys. 4).



Rys. 4. Schematy podłączenia akumulatorów zapewniające kompensację oporności przewodów, równomierną pracę oraz wydłużoną żywotność: 1 – połączenie szeregowe, 2 – połączenie równoległe, 3 – połączenie mieszane [9, 10]

Akumulatory rozruchowe stosowane do uruchomienia silnika spalinowego stanowią obecnie największą grupę produkowanych na świecie akumulatorów kwasowo-ołowiowych. Akumulatory te charakteryzują się bardzo małą rezystancją wewnętrzną, co umożliwia pobór dużych prądów. Stosowane przede wszystkim do rozruchu silnika spalinowego, nie powinny pełnić funkcji jedyne go źródła energii dla urządzeń pokładowych. Trwałość takich akumulatorów szacowana jest na około 500 cykli.

Akumulator głębokiego rozładowania przygotowany jest do powolnego rozładowywania przez długi czas, co pozwala mu charakteryzować się żywotnością na poziomie 1200–1500 cykli ładowania i rozładowania. Wykorzystywane są głównie do długotrwałego zasilania: przyrządów pokładowych (na jachtach w czasie żeglowania) czy elektrycznych silników zaburtowych [4]. Ze względu na cykliczny charakter pracy, jego budowa opiera się na zastosowaniu grubszych i cięższych płyt.

Akumulator podwójnego przeznaczenia łączy w sobie charakterystykę pracy wyżej wymienionych źródeł energii. Jest szczególnie dobrym wyborem dla łodzi o małych rozmiarach, w których istotna jest oszczędność zajmowanej przestrzeni, cechuje się jednak mniejszą efektywnością, niż poszczególne rodzaje akumulatorów działające odrębnie.

Dla powyżej wymienionych zastosowań obecnie wyróżnia się kilka rodzajów technologii akumulatorów, dostępnych na rynku dla zastosowań wodnych [11–13]:

- akumulatory kwasowo-ołowiowe,
- akumulatory żelowe,
- akumulatory AGM (ang. Absorbed Glass Mat) oraz Carbon Foam AGM,
- akumulatory litowo-żelazowo-fosforanowe.

Każdą z powyżej wymienionych technologii opisać można indywidualnym i odmiennym zbiorem cech, a zatem każda z nich będzie odpowiadała innym potrzebom i wymaganiom. Akumulatory typu AGM dobrze sprawdzą się w łodziach użytkowanych okazjonalnie, oferując wolne tempo samorozładowania oraz długi okres życia w porównaniu ze swoimi odpowiednikami. Akumulatory żelowe charakteryzują się zaś wysoką gęstością i wydajnością energii, niskim stopniem rozładowania, a także zdolnością do pracy w szerokim zakresie temperatur i położań. Tradycyjne akumulatory z płynnym elektrolitem najlżej nadwyrężą budżet, lecz będą wymagały regularnej konserwacji przy wciąż niewielkiej zdolności do utrzymywania poziomu naładowania. W tym miejscu warto zapoznać się z serią kwasowych akumulatorów bezobsługowych, bazujących na płytach ołowiowo-wapniowych, które nie wymagają już uzupełniania elektrolitu. Technologia litowo-żelazowo-fosforanowa, wciąż niedostępna dla większości użytkowników ze względu na wysoką cenę, wkracza na rynek jachtowy, oferując szereg korzystnych cech, między innymi niską masę własną przy dużej liczbie cykli pracy, możliwość głębokiego rozładowania czy wyjątkowo powolne samorozładowanie.

Bez względu na obraną technologię, powszechną zasadą jest stosowanie wyłącznie jednego rodzaju akumulatora w zestawie, najlepiej wyprodukowanego przez jednego producenta w przybliżonych danych.

Z uwagi na powszechność aktualnie obieranych rozwiązań, dalsza treść artykułu, obejmująca zagadnienia diagnostyki, będzie odnosiła się zwłaszcza do technologii kwasowo-ołowiowej oraz żelowej.

Akumulatory, ze względu na swoją różnorodność i omawianą w kolejnych rozdziałach eksploatację, wymagają specyficznej lokalizacji na jednostce pływającej. W zależności od rozmiarów przestrzeni ładunkowej, dostęp do akumulatora może być utrudniony. Jednakże ich lokalizacja na łodzi nie może być przypadkowa i powinna spełniać normy [14], określające między innymi:

- zabezpieczenie akumulatora przeciw przemieszczaniu, które to mogłoby skutkować uszkodzeniem terminali bądź obudowy, a w konsekwencji nawet rozlaniem się żrących płynów,
- zabezpieczenie od potencjalnych źródeł zapłonu (akumulatory powinny być zlokalizowane w znacznej odległości od źródeł ciepła czy zbiorników paliwa),
- w zamkniętych przestrzeniach należy zapobiegać gromadzeniu się łatwopalnych gazów, dlatego komory muszą być wentylowane,
- stosowanie izolowanych osłon na dodatnie i ujemne zaciski, aby zapobiec przypadkowemu powstawaniu iskier wskutek dotykania górnej części akumulatora przez metalowe przedmioty lub narzędzia, co mogłoby stanowić źródło zapłonu, powodując w skrajnych przypadkach pożar lub eksplozję.

Kilka przykładowych lokalizacji akumulatorów wraz z analizą połączenia wykonaną przez autorów artykułu znajduje się na rysunkach 5-8.

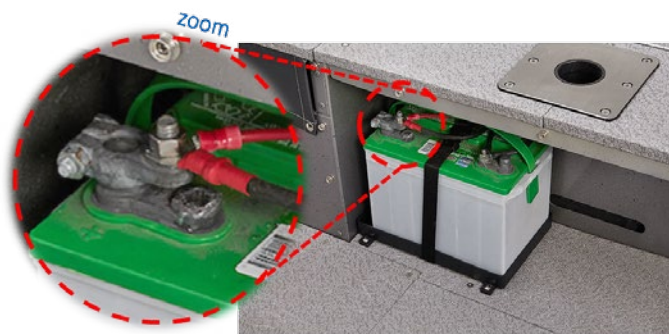
Bezpieczeństwo użytkowania

Właściwe użytkowanie i diagnostyka akumulatorów może przyczynić się do wydłużenia ich czasu eksploatacji. Obie czynności wymagają odpowiednich środków bezpieczeństwa. Każdorazowo przed przystąpieniem do użytkowania łodzi kapitan statku powinien sprawdzić:

- sprawność głównego wyłącznika prądowego,
- napięcie akumulatorów.

Powyższe parametry umożliwiają natychmiastową weryfikację sprawności instalacji elektrycznej. Podczas wykonywania czynności serwisowych oraz pozostałych pomiarów kontrolnych akumulatorów należy zachować środki bezpieczeństwa w postaci:

- założenia środków ochrony osobistej:
 - odzież ochronna,
 - okulary ochronne,
 - rękawice,
- odłączenia odbiorników energii,
- sprawdzenia akumulatora pod kątem uszkodzeń i poluzowanych połączeń,
- sprawdzenia stanu biegunów i klem podłączeniowych,



Rys. 5. Lokalizacja akumulatora 12 V na pokładzie [15] (analiza podłączenia: akumulator zabezpieczony przeciw przemieszczaniu (płyta stabilizująca przytwierdzona do pokładu, akumulator przyczepiony pasem do płyty), dobra wentylacja, na powiększeniu widoczne uszkodzenie części M terminala DT (podwójna forma terminala umożliwia dalsze użytkowanie akumulatora przez wykorzystanie dodatkowej klemy mocowanej do bieguna dodatniego), brak osłon terminali/akumulatora)



Rys. 6. Lokalizacja akumulatorów 2x12 V pod pokładem [15] (analiza podłączenia: akumulatory zabezpieczone przeciw przemieszczaniu, dobra wentylacja, brak osłon terminali/akumulatorów)



Rys. 7. Lokalizacja akumulatora 12 V [16] (analiza podłączenia: dobra wentylacja, brak osłon terminali/akumulatora (akumulator narażony na działanie czynników zewnętrznych), akumulator niezabezpieczony przeciw przemieszczaniu, akumulator zlokalizowany blisko zbiornika paliwa)



Rys. 8. Lokalizacja zespołu akumulatorów pod pokładem [17] (analiza podłączenia: akumulatory zabezpieczone przeciw przemieszczaniu, dobra wentylacja zastosowanie osłon terminali, brak potencjalnych źródeł ciepła)

- sprawdzenia poziomu elektrolitu (dotyczy wyłącznie akumulatorów obsługowych).

Wymienione środki bezpieczeństwa mogą ulec zmianie w zależności od instalacji, jaka aktualnie jest diagnozowana (instalacja nisko- czy wysokonapięciowa), dlatego nie stanowią one pełnego zestawienia koniecznych czynności do wykonania przy każdej pokładowej instalacji elektrycznej. Konieczne do weryfikacji elementy powinny być opisane w instrukcji obsługi i konserwacji łodzi, napędu bądź instalacji elektrycznej.

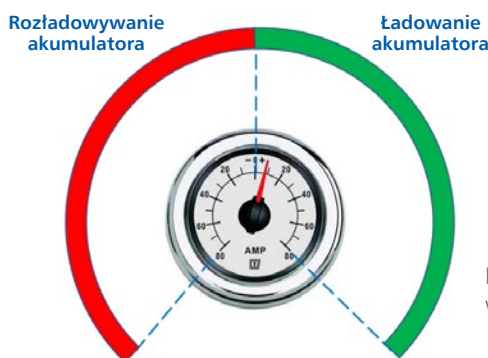
Diagnostyka akumulatora

Regularna diagnostyka akumulatora to integralna i istotna część jego eksploatacji. Profilaktyka oraz wczesne dostrzeżenie ostrzeżeń o niesprawności pozwala uniknąć wysokich kosztów oraz niedogodności związanych z awarią urządzenia. Proces diagnostyki akumulatorów można przeprowadzić w sposób **pośredni** oraz **bezpośredni**.

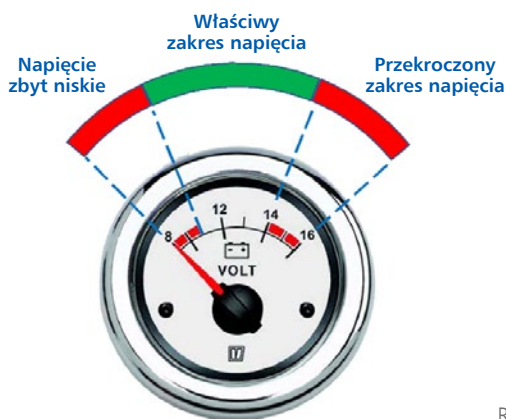
Diagnostyka pośrednia opiera się na wykorzystaniu aparatury pomiarowej o charakterystyce, która może powodować pewne niedokładności i uproszczenia pomiaru, jednak w codziennym użytkowaniu łodzi pozwala

na szybką kontrolę podstawowych parametrów pracy akumulatora. Na poniższych rysunkach przedstawiono aparaturę pomiarową dedykowaną poszczególnym parametrom pracy akumulatora wraz z jej prawidłowymi i niewłaściwymi wskazaniami.

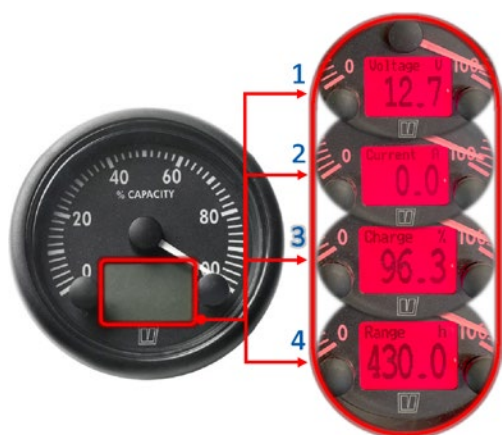
Podstawowymi parametrami, charakteryzującymi pracę akumulatora, są napięcie i natężenie. Wskazania amperomierza (rys. 9) przekazują dane o natężeniu, a zatem umożliwiają określenie, czy w danej chwili akumulator jest rozładowywany, czy ładowany. Informacja ta jest szczególnie ważna, gdy łódź wyposażona jest



Rys. 9. Amperomierz firmy VETUS 12-24 V [18]



Rys. 10. Woltomierz [18]



Rys. 11. Uniwersalny miernik BATMONB [18].
Możliwość wskazań:

- 1) napięcia [V]
- 2) natężenia [A]
- 3) stopnia naładowania [%]
- 4) czasu pływania [h]



Rys. 12. Veratron Flex 52 Universal Boat Gauge – wskaźnik parametrów pracy układu napędowego skonfigurowany przez telefon komunikujący się w systemie NMEA2000 [19]



Rys. 13. Zdalny monitor stanu akumulatora (połączenie Bluetooth®) [20]

w napęd elektryczny lub panele fotowoltaiczne, które często wykorzystywane są do jednoczesnego zasilania jednostki napędowej oraz ładowania akumulatora [20].

W celu wykonania pomiaru napięcia elektrycznego akumulatora konieczne jest użycie woltomierza, którego wskazania mogą być analogowe (rys. 10) lub cyfrowe (rys. 11). Wskaźniki analogowe mogą powodować pewne niedokładności odczytu ze względu na błąd paralaksy (wynikający z obserwacji wskazówki z różnej pozycji), jednak nie wymagają wiedzy dotyczącej właściwych zakresów mierzonych parametrów, ponieważ często wyposażone są w skalę kolorystyczną wartości poprawnych i błędnych. Wskaźniki cyfrowe przekazują precyzyjniejsze dane, jednak wymagają znajomości podstawowych zakresów pracy akumulatora w użytkowanym układzie w celu stwierdzenia możliwych usterek. W dobie cyfryzacji mierniki pośrednie dostępne są również w wersjach komunikacji NMEA2000 (rys. 11) czy V-CAN, które umożliwiają odczyt parametrów na monitorach uniwersalnych bądź wyposażone są w łączność Bluetooth (rys. 12) lub Wi-Fi – odczyt parametrów z wykorzystaniem smartfona. Pomiary te mogą być jednak ograniczone ze względu na częstotliwość transmisji danych.

Rozpoczynając diagnostykę bezpośrednią, naturalnie pierwszą z wykonywanych czynności jest ocena wzrokowa akumulatora, obejmująca kontrolę czystości, stanu zacisków, solidności mocowania oraz podłączenia przewodów. Obudowa powinna być wolna od kurzu i wilgoci, a przewody podłączone bez zbędnych luzów i nadmiernych napięć, a także bez oznak korozji.

Posiadając akumulatory obsługowe, sprawdzić należy poziom elektrolitu i uzupełnić go w razie potrzeby – powinien sięgać co najmniej 10 mm ponad górną krawędź płyty. Właściwą diagnostykę warto rozpocząć od sprawdzenia stanu jego naładowania. Wybrane modele akumulatorów wyposażone są w prosty wskaźnik (areometr – rys. 14), obrazujący przybliżoną kondycję akumulatora. Przez okienko wziernikowe wskaźnika dostrzec można jeden z trzech kolorów, odpowiadających założonym zakresom stopnia naładowania – uniwersalnym oznaczeniem jest kolor zielony dla prawidłowego poziomu elektrolitu oraz stopnia naładowania powyżej 65%, czarny – gdy poziom ten spadnie poniżej 65% oraz żółty (bądź brak koloru), gdy poziom elektrolitu osiągnie wartość niepokojąco niską. Zdecydowanie precyzyjniejsze wartości uzyskać można, korzystając z woltomierza, a także dokonując pomiaru gęstości elektrolitu za pomocą areometru lub refraktometru – rys. 15 (dla technologii kwasowych).

Na gęstość elektrolitu ma wpływ zarówno stopień naładowania akumulatora, jak i temperatura, w której wykonywany jest pomiar. Aby właściwie określić gęstość elektrolitu, używa się wzoru korekcyjnego skorygowanego w stosunku do poziomu i temperatury elektrolitu [23]. Zależność gęstości od temperatury przedstawia się w tabelach. Należy zaznaczyć, że chcąc zachować poprawność takiego pomiaru, powinno się go wykonywać w odstępie co najmniej 30 minut od zakończenia



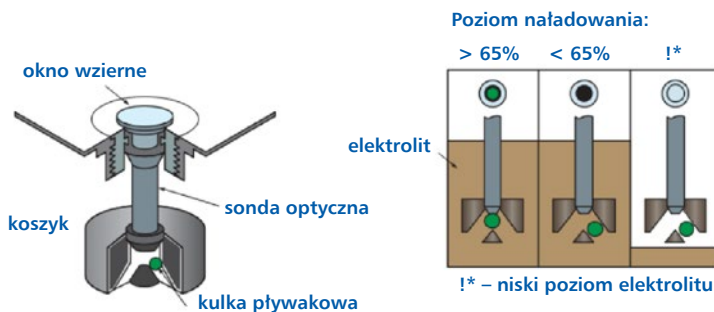
ładowania akumulatora lub po upłygnięciu doby od uzupełnienia elektrolitu [26].

Uwzględnienie wpływu temperatury jest również istotne, gdy do określenia stopnia naładowania akumulatora wybrana zostanie metoda pomiaru napięcia akumulatora pod obciążeniem. Zaleca się, aby pomiary wykonywać, gdy wynosi ona od 10°C do 30°C, natomiast jeśli jest ona inna, należy uwzględnić to podczas analizowania uzyskanych wyników – wyższa temperatura podnosi, a niższa obniża wartość zmierzonego napięcia. Metoda ta cechuje się wysoką rzetelnością, jako że pozwala na wykrycie wewnętrznych niesprawności, które uwidaczniają się dopiero przy poborze wysokich prądów. Według zaleceń obciążenie akumulatora prądem powinno wynosić trzykrotność pojemności znamionowej, np. dla akumulatora o pojemności 20 Ah, prądem 60 A. Pomiaru można dokonywać wyłącznie, gdy napięcie akumulatora przy wyłączonych odbiornikach jest równe lub większe od 12,5 V lub gęstość elektrolitu jest równa lub większa od 1,25 g/cm³.

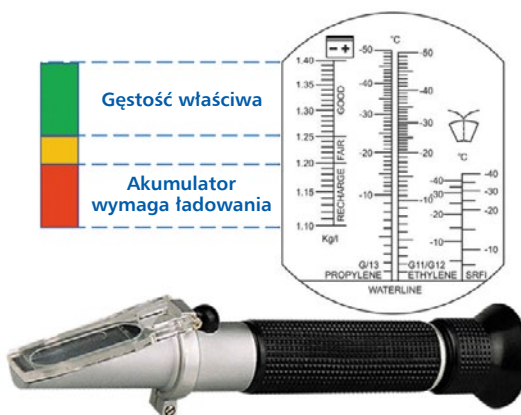
W chwili wprowadzenia do użytkowania akumulatorów nowej generacji, w których nie ma dostępu do pojedynczych ogniw, a więc brak jest możliwości pomiaru gęstości elektrolitu i oceny jego barwy, metody diagnozowania akumulatorów musiały ulec zmianie. Opracowano zatem nowe sposoby określania sprawności akumulatorów, wśród których wyróżnić można między innymi pomiar napięcia obwodu otwartego akumulatora. Przed przystąpieniem do pomiarów należy wyłączyć wszystkie odbiorniki i wyjąć kluczyki ze stacyjki. Na podstawie pomiaru napięcia obwodu otwartego akumulatora określa się poziom naładowania akumulatora (rys. 16), co pozwala określić, jakie ma aktualne możliwości magazynowania energii. Pomiar ten dokonywany jest na nieobciążonym akumulatorze i obarczony jest pewną niedokładnością, jako że nie daje porównania do możliwości akumulatora fabrycznie nowego. Związek pomiędzy napięciem obwodu otwartego dla dwóch typów akumulatorów a stopniem naładowania (SoC) przedstawiony został na rysunku 16.

Obecnie rutynowo ocenę stanu technicznego akumulatora przeprowadza się przy użyciu testera, który pozwala na pomiar parametrów stanu urządzenia, takich jak napięcie początkowe, prąd wyjściowy, sprawność czy średnie oraz minimalne napięcie rozruchowe i prąd rozruchowy. Profesjonalne testery pracują przy minimalnym poborze prądu, nie powodując rozładowania akumulatora. Często posiadają wbudowaną drukarkę, która po wykonaniu testu umożliwia wydruk protokołu diagnostycznego (rys. 17).

Oszacowanie względnej wartości prądu rozruchu jest stosunkowo nową metodą wykorzystującą pomiar konduktancji do oceny stanu energetycznego akumulatora. Metoda ta pozwala diagnozować nie w pełni naładowany akumulator, a także nie powoduje jego rozładowania. Na jej podstawie możliwe jest określenie sprawności akumulatora. Metoda ta wykorzystuje fakt, iż wraz ze zużywaniem się akumulatora i tym samym zachodzeniem zmian chemicznych w jego wnętrzu,



Rys. 14. Konstrukcja zintegrowanych areometrów w akumulatorach [21]



Rys. 15. Refraktometr lunetowy skalowany do pomiaru: gęstości elektrolitu, temperatury zamarzania płynu chłodzącego oraz płynu do spryskiwaczy [22]

| Stopień naładowania akumulatora (SoC) | Akumulatory kwasowo-ołowiowe (FLA) | Akumulatory AGM (SLA) |
|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| [%] | [V] | [V] |
| 100 | 12,7 | 13,0 |
| 90 | 12,5 | 12,75 |
| 80 | 12,42 | 12,5 |
| 70 | 12,32 | 12,3 |
| 60 | 12,2 | 12,15 |
| 50 | 12,06 | 12,05 |
| 40 | 11,9 | 11,95 |
| 30 | 11,75 | 11,81 |
| 20 | 11,58 | 11,66 |
| 10 | 11,31 | 11,51 |
| 0 | 10,5 | 10,5 |

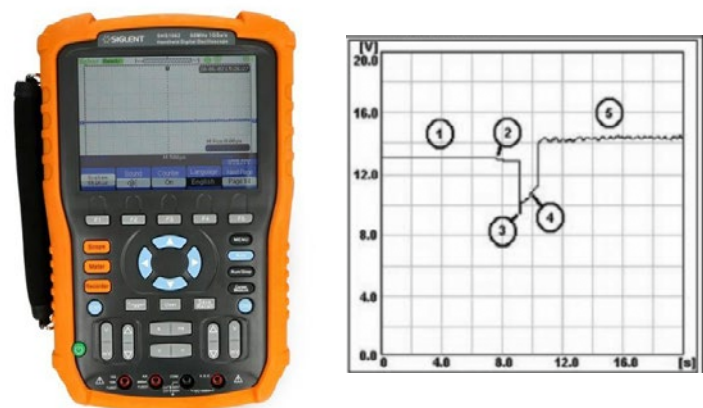
Rys. 16. Związek pomiędzy napięciem obwodu otwartego a stopniem naładowania akumulatora [23]



Rys. 17. Tester akumulatorów z możliwością wydruku protokołu [22]



Rys. 18. Multimetr cyfrowy z cęgami pomiarowymi [22]



Rys. 19. Oscyloskop (po lewej) oraz przebieg napięcia podczas rozruchu silnika (po prawej), 1 – napięcie nieobciążonego silnika, 2 – spadek napięcia akumulatora po włączeniu zapłonu, 3 – napięcie akumulatora w momencie włączenia rozrusznika, 4 – napięcie akumulatora podczas pracy rozrusznika, 5 – napięcie ładowania akumulatora przy pracującym silniku [22, 24]



Rys. 20. Tester akumulatorów pod obciążeniem [22]

zmniejsza się jego konduktancja, czyli zdolność do przewodzenia prądu elektrycznego.

Jednym ze stosowanych powszechnie sposobów jest pomiar konduktancji dynamicznej – akumulator wysyła zmienny sygnał napięciowy, a konduktancja określana jest na podstawie zmian natężenia prądu przepływającego przez akumulator i wywołanego tym sygnałem. Określając względną wartość prądu rozruchu, konieczne jest uprzednie wprowadzenie do testera wartości prądu zimnego rozruchu, zgodnie z odpowiednią z obowiązujących norm (odczytać ją można z tabliczki znamionowej akumulatora).

Gdy akumulator ulega nadmiernemu rozładowaniu, parametrem niosącym wartość diagnostyczną może okazać się natężenie spoczynkowe prądu upływu. Jest to wartość natężenia prądu, który pobierany jest z akumulatora w chwili, gdy nie zasila on współpracujących urządzeń. Do wykonania pomiaru wystarczy prosty multimetr (rys. 18). Jeśli po odłączeniu wszystkich odbiorników zaobserwowane zostanie wyższe natężenie spoczynkowego prądu upływu od spodziewanego, można przypuszczać, że nie wszystkie z nich zostały wyłączone przed przystąpieniem do pomiarów i pewne urządzenie pobiera prąd. Zlokalizować je można, wyciągając pojedynczo bezpieczniki i obserwując, kiedy natężenie prądu wskazywane przez amperomierz ulegnie zmniejszeniu.

Posłużenie się oscyloskopem daje sposobność analizy napięcia akumulatora podczas rozruchu silnika. Pomiar dokonywany jest przy obciążeniu koniecznym do zasilania rozrusznika, a ocena stanu technicznego akumulatora możliwa jest dzięki charakterystycznemu przebiegowi napięcia podczas rozruchu (rys. 19). Dane gromadzone są przez oscyloskop w czasie, co odróżnia tę metodę pomiarową od metod uprzednio wymienionych, przekazujących pożądaną informację jedynie w danej chwili. Ponadto, możliwa jest rejestracja wartości napięcia w dłuższym okresie, co pozwala oszacować ubytek prądu samoczynny lub wywołany zasilanymi przez akumulator urządzeniami pokładowymi, pozostającymi w trybie spoczynkowym.


Akumulator musi charakteryzować się ponadto sprawnością podczas jego obciążenia. Do pomiaru pod obciążeniem można użyć dedykowanego miernika lub wcześniej prezentowanego multimetru uniwersalnego. Tester (rys. 20) obciąża akumulator dużym prądem (do 100 A) i mierzy jego napięcie bez konieczności uruchamiania silnika. Słaby akumulator nie wytrzyma próby obciążenia podczas pomiaru, a jego zły stan techniczny zostanie w ten sposób rozpoznany. Cały proces przebiegu testu sterowany jest automatycznie, tzn. należy jedynie włączyć urządzenie, a tester wyświetli wynik pomiaru na cyfrowym wyświetlaczu po około 10 sekundach. Akumulator nie zostaje przeciążony zbyt długim trwaniem pomiaru. W celu wykonania dokładnej analizy istnieje możliwość ustawienia wartości prądu rozruchu na zimno, charakterystycznej dla danego akumulatora.

Kondycję akumulatora można ocenić również przy pomocy kamery termowizyjnej (rys. 21). Wizualizacja



rozkładu temperatury (rys. 22) umożliwia wykrycie przegrzania urządzenia, występującego przy niewłaściwym jego użytkowaniu czy wskazanie punktów, w których powstają zwarcia. Kamery termowizyjne w ostatnich latach przeszły znaczną miniaturyzację i są już dostępne jako akcesorium do każdego typu telefonu, umożliwiając tym samym szybką samodzielną diagnozę potencjalnych źródeł ciepła.

Podsumowanie

Akumulator, choć niepozorny, jest jednym z najważniejszych elementów znajdujących się na pokładzie łodzi. W znacznym stopniu decyduje o jej niezawodności, a także o bezpieczeństwie jej użytkowania podczas długich rejsów. **Ciągły nadzór oraz regularna diagnostyka akumulatora powinny być rutynową czynnością o wysokim priorytecie. Wczesne wykrywanie wszelkich niesprawności pozwala uniknąć nie tylko wysokich kosztów związanych z częstą wymianą akumulatorów, ale także nieprzyjemnych niespodzianek na otwartej wodzie.** Trafna ocena stanu technicznego akumulatora jest jednym z czynników wydłużających jego żywotność. Jest to niezwykle istotne zagadnienie w dobie, gdy udział urządzeń pokładowych, jak i napędowych zasilanych energią elektryczną rośnie. Dlatego też w kolejnych pracach na łamach Biuletynu Techniki Jachtowej pojawią się prace dotyczące metod właściwej konserwacji i użytkowania akumulatora w optymalnych warunkach pracy. 

**Autorzy: inż. Weronika Antczak
dr inż. Wojciech Cieślík**

*Politechnika Poznańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu
Instytut Silników Spalinowych i Napędów
Zakład Napędów Alternatywnych*

Bibliografia:

- [1] Silniki wewnętrzne VETUS <https://www.vetus-sklep.pl/548-silniki>
- [2] Instrukcje obsługi silników zaburtowych <https://outboardmanuals.net>
- [3] Cieślík W. Alternatywne napędy jednostek pływających – przegląd. Biuletyn Techniki Jachtowej. 2019, 3/2019.
- [4] Cieślík W. Napędy elektryczne w jachtingu rekreacyjnym. Biuletyn Techniki Jachtowej. 2022, 2/2022.
- [5] Marine batteries <https://www.interstatebatteries.com>
- [6] Mercury Avator <https://www.mercurymarine.com>
- [7] Baza akumulatorów <https://intercars.pl>
- [8] Terminale podłączeniowe akumulatorów żelowych <http://www.akumulatory.energoelektronika.pl>
- [9] Dobór i użytkowanie akumulatora do łodzi. <https://mc-sklep.pl>
- [10] Specjalistyczny blog branżowy polskiego rynku akumulatorów rozruchowych i zasilających. <https://akubiz.biz>
- [11] Marine battery types <https://www.fisheriessupply.com>
- [12] Green boating guide <https://www.sailorsforthesea.org>
- [13] What Are The Different Types Of Marine Batteries? <https://lithiumhub.com/what-are-the-different-types-of-marine-batteries>
- [14] Boat Safety Scheme Technical Manual – 2002 BSS Standards. <https://www.boatsafetyscheme.org>
- [15] Marine Batteries: Types, Charging, Wiring & Set Up <https://www.discoverboating.com/resources/marine-battery-basics>
- [16] My first boat <https://www.thehulltruth.com/boating-forum>
- [17] Battery Installation Best Practices. <https://www.passagemaker.com/technical>
- [18] Katalog producenta <https://vetus.com/pl>
- [19] Veratron Viewline Flex 52 NMEA 2000, <https://www.smg-europe.com>
- [20] Cieślík W. Nieograniczony zasięg pływania? Możliwości napędu solarnego w łodziach rekreacyjnych. Biuletyn Techniki Jachtowej. 2020, 2/2020, 10-15.
- [21] Automotive battery <https://electricala2z.com/tech>
- [22] Testery akumulatorów <https://www.conrad.pl>
- [23] Gęstość elektrolitu w zależności od temperatury <https://akubiz.biz>
- [24] Myszowski S. Diagnostyka i obsługa akumulatora – dodatek techniczny do Wiadomości Inter Cars S.A. nr 25/ grudzień 2007 (11-16).
- [25] Katalog produktów <https://www.flir.eu>
- [26] Vantuch, T.; Fulneček, J.; Holuša, M.; Mišák, S.; Vaculík, J. An Examination of Thermal Features' Relevance in the Task of Battery-Fault Detection. Appl. Sci. 2018, 8, 182. <https://doi.org/10.3390/app8020182>



Rys. 21. Kamera termowizyjna marki FLIR podłączana do telefonu [25]



Rys. 22. Wizualizacja rozkładu temperatury akumulatorów sprawnych (correct) i uszkodzonych (damaged) lub przeładowanych (overcharged) [26]