

УДК 621.355
UDC 621.355

BADANIA POJEMNOŚCI REZERWOWEJ AKUMULATORÓW ROZRUCHOWYCH
O RÓŻNYM OKRESIE EKSPLOATACJI

USTRZYCKI Adam, Dr inż., Politechnika rzeszowska, Rzeszów, Polska
KRZEMIŃSKI Artur, Mgr inż., Politechnika rzeszowska, Rzeszów, Polska
SITARZ Justyna, inż., Politechnika rzeszowska, Rzeszów, Polska

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗЕРВНОЇ ЄМНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ АКУМУЛЯТОРІВ
З РІЗНИМИ ПЕРІОДАМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

УСТШИЦКІ Адам, Доктор Інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
КШЕМІНЬСКИ Артур, Магістр Інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
СИТАЖ Юстина, Інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща

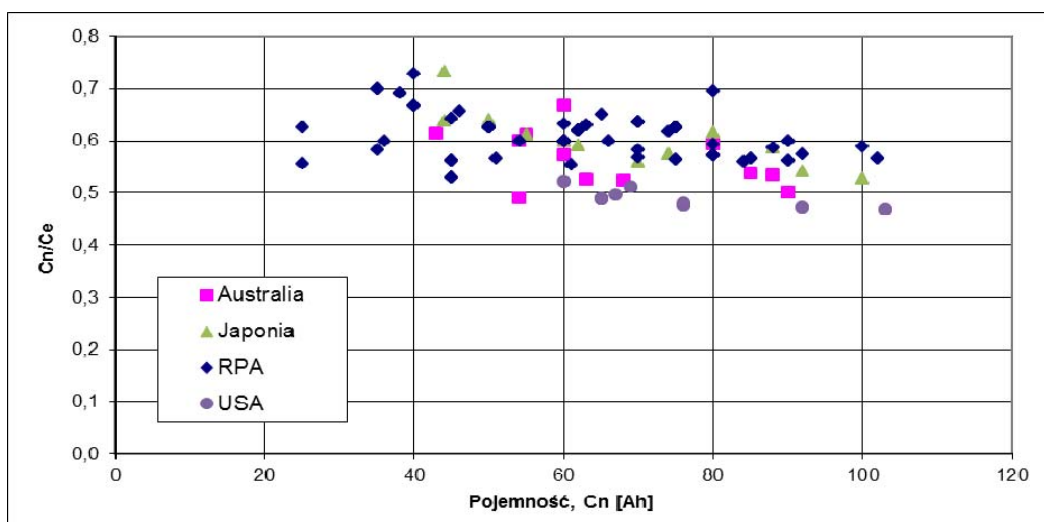
TEST OF RESERVE CAPACITY OF STARTER BATTERIES AFTER VARIOUS
EXPLOITATION PERIODS

USTRZYCKI Adam, Phd., Rzeszow University Of Technology, Rzeszow, Poland
KRZEMINSKI Arthur, Msc Eng., Rzeszow University Of Technology, Rzeszow, Poland
SITARZ Justyna, Eng., Rzeszow University Of Technology, Rzeszow, Poland

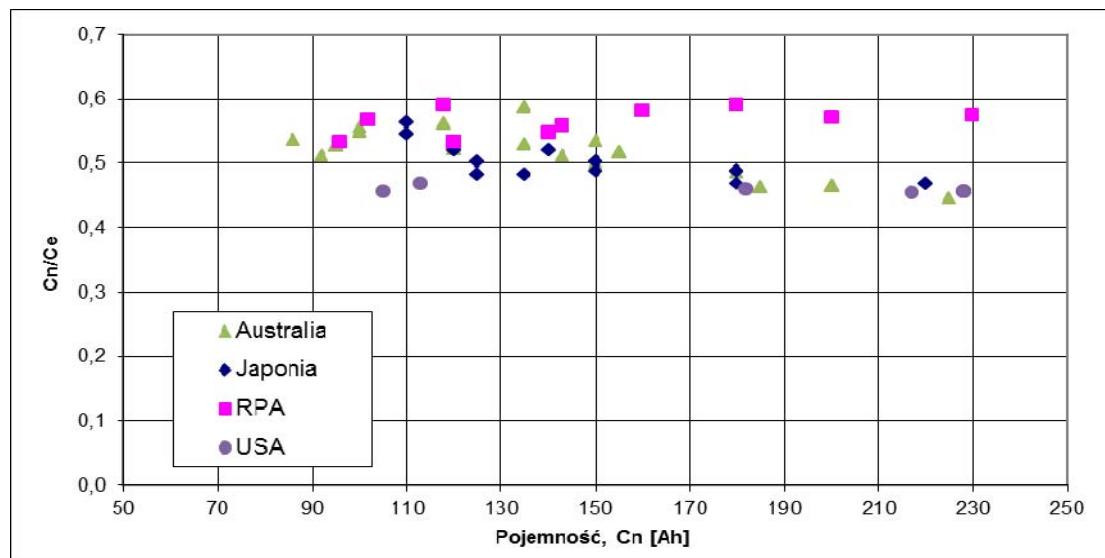
WPROWADZENIE

Akumulatory rozruchowe stosowane w pojazdach samochodowych pełnią istotną rolę nie tylko w czasie rozruchu silnika spalinowego, podczas którego są w typowym rozwiązaniu jedynym źródłem energii, lecz mogą zastąpić podstawowe źródło energii elektrycznej w pojeździe jakim jest alternator w sytuacji, gdy ulegnie on uszkodzeniu. W takiej sytuacji, czas w którym pojazd jest użytkowany zależy przede wszystkim od parametrów i stanu akumulatora rozruchowego, który staje się wówczas podstawowym źródłem energii elektrycznej zasilając w nią różnorodne urządzenia elektryczne pojazdu, jak również od zapotrzebowania tych urządzeń na energię elektryczną. Zapotrzebowanie to można oczywiście ograniczać wyłączając zbędne urządzenia elektryczne, natomiast możliwości akumulatora, jako źródła prądu w dużej mierze będą zależę od jego stanu technicznego.

Czas jazdy z uszkodzonym alternatorem określa w przybliżeniu pojemność rezerwowa, która jest wyrażana w minutach. Dla nowych akumulatorów znamionowe wartości tego parametru podaje producent, jednak na skutek użytkowania akumulatorów wyjściowe wartości tego parametru ulegają zazwyczaj pogorszeniu. Pojemność rezerwowa (C_r) daje jednocześnie pewien obraz stanu akumulatora w odniesieniu do jego rzeczywistej pojemności dwudziestogodzinnej, która jest jednym z podstawowych parametrów akumulatorów rozruchowych. W pracy [2] podano, że pojemność dwudziestogodzinna akumulatora rozruchowego wyrażona w Ah stanowi ok. $0,4 \cdot C_r$. Analiza obecnie produkowanych akumulatorów przez różnych producentów pozwala określić ten współczynnik na poziomie ok. 0,60 dla akumulatorów do samochodów osobowych i ok. 0,55 dla akumulatorów do samochodów użytkowych (rys. 1 i 2).



Rysunek 1 – Stosunek pojemności dwudziestogodzinnej do pojemności rezerwowej C_n/C_e w zależności od pojemności dwudziestogodzinnej C_n dla akumulatorów samochodów osobowych produkowanych w różnych regionach świata (opracowano na podstawie [4, 5, 6, 7])



Rysunek 2 – Stosunek pojemności dwudziestogodzinnej do pojemności rezerwowej C_n/C_e w zależności od pojemności dwudziestogodzinnej C_n dla akumulatorów samochodowych użytkowych produkowanych w różnych regionach świata (opracowano na podstawie [4, 5, 6, 7])

W niniejszym artykule podjęto próbę określenia, jak zmienia się wartość pojemności rezerwowej w okresie eksploatacji akumulatorów rozruchowych, celem ustalenia, w jakim stopniu parametr ten ulega degradacji podczas użytkowania akumulatorów w pojeździe samochodowym.

METODYKA BADAŃ I CHARAKTERYSTYKA STANOWISKA POMIAROWEGO

Pojemność rezerwowa w odróżnieniu od pojemności tzw. dwudziestogodzinnej podawanej na obudowie akumulatora wyrażana jest czasem w minutach, w którym akumulator może być rozładowywany w określonych warunkach. Ponieważ na właściwości akumulatora mają wpływ m.in. takie parametry jego eksploatacji, jak prąd wyładowania czy temperatura elektrolitu, to parametry te podczas badania pojemności rezerwowej muszą być ściśle określone. Według normy warunki te są następujące [3]:

- prąd wyładowania I_w powinien wynosić $25 \text{ A} \pm 1\%$,
- temperatura akumulatora (elektrolitu) powinna wynosić $t_a = 25 \pm 3^\circ\text{C}$,
- napięcie końcowe, do którego należy rozładowywać akumulator podczas określania pojemności rezerwowej powinno wynosić $1,75 \text{ V/ogniwo}$, co oznacza, że dla akumulatora o napięciu znamionowym wynoszącym 12 V , składającego się z 6 ogniw, wartość ta powinna wynosić $U_k = 10,5 \pm 0,05 \text{ V}$.

W odróżnieniu od pojemności dwudziestogodzinnej akumulatora, która wyrażana jest w amperogodzinach, prąd wyładowania podczas badania pojemności rezerwowej dla typowego akumulatora samochodu osobowego jest kilkakrotnie większy i nie zależy od pojemności. Dla pojemności dwudziestogodzinnej prąd wyładowania wyrażony w amperach wynosi $I_n = C_n/20$, natomiast temperatura i napięcie końcowe są takie same jak w przypadku określania pojemności rezerwowej [3].

Przed badaniem pojemności rezerwowej akumulator powinien być naładowany. W zależności od typu akumulatora ładowanie należy przeprowadzić w określony sposób. Akumulatory otwarte ładuje się przez 24 h przy napięciu $16 \text{ V} \pm 0,10 \text{ V}$ maksymalnym prądem ograniczonym do $5 \cdot I_n$, gdzie I_n oznacza wartość prądu znamionowego (dwudziestogodzinnego). Temperatura powinna być utrzymywana w zakresie $25^\circ\text{C} \div 30^\circ\text{C}$. Jeżeli temperatura akumulatora przekroczy dopuszczalną wartość należy zastosować kąpiel wodną jako chłodziwo. Akumulatory z zaworem należy ładować przez 20 h przy stałym napięciu o wartości $14,4 \text{ V} \pm 0,01 \text{ V}$ maksymalnym prądem ograniczonym do $5 \cdot I_n$ a następnie prądem o wartości $0,5 \cdot I_n$ przez okres 4 h. Temperatura akumulatora powinna być utrzymywana podobnie jak dla akumulatorów otwartych w zakresie $25^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$.

Gdy upłynie 1 h - 5 h od momentu zakończenia ładowania, akumulator wyładowuje się prądem o wartości I_w , do czasu, aż napięcie na zaciskach akumulatora spadnie do $10,5 \text{ V} \pm 0,05 \text{ V}$. Podczas badania należy zmierzyć czas trwania wyładowania. Badana pojemność rezerwowa C_r równa jest wartości zmierzonego czasu wyładowania t w minutach.

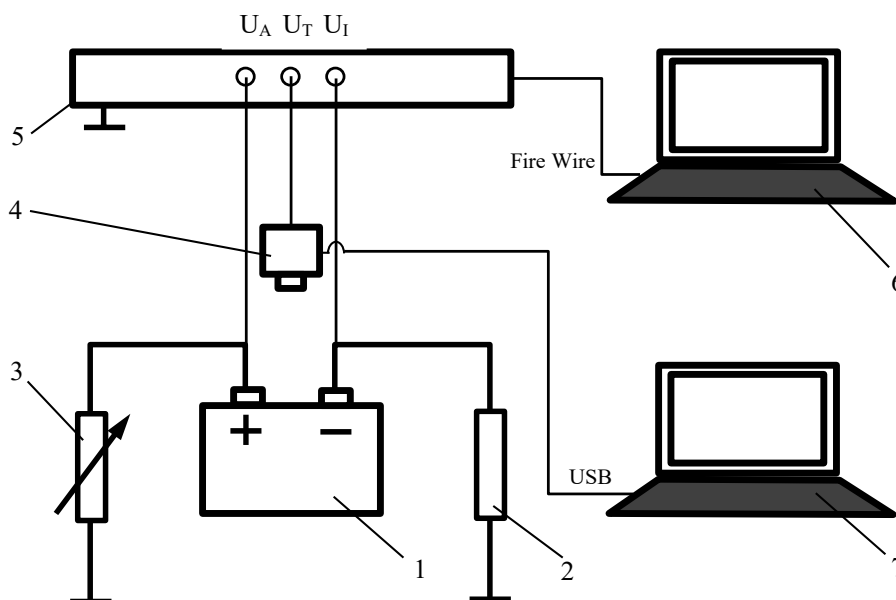
Podczas badania pojemności rezerwowej, powinno się umieścić badany akumulator w kąpielii wodnej, o temperaturze t_a . Jeżeli, badanych akumulatorów jest więcej, powinny one być od siebie oddalone o 25 mm, a ich górna płaszczyzna powinna znajdować się około 15 - 25 mm nad poziomem wody.

Badane akumulatory były akumulatorami rozruchowymi z zaworem, po różnym okresie eksploatacji (tabela 1). Akumulatory badano pojedynczo. Akumulator nr 1 był akumulatorem nowym w tym sensie, że nie był eksploatowany, a jedynie okresowo doładowywany w sklepie. Ze względu na porównawczy charakter badań zrezygnowano z kąpieli wodnej podczas wyładowywania akumulatorów, a temperaturę akumulatorów utrzymywano na założonym poziomie za pomocą naturalnego chłodzenia przez otaczające powietrze. Każdy akumulator przed badaniem poddawano ładowaniu za pomocą urządzenia do ładowania akumulatorów typu MSW 12-25 firmy Semi Elektronik.

Tabela 1 – Podstawowe parametry badanych akumulatorów

Parametr	Akumulator 1	Akumulator 2	Akumulator 3	Akumulator 4
Czas eksploatacji	nowy	2 lata	3 lata	4 lata
Rodzaj	Akumulator rozruchowy z zaworem			
Napięcie	12 V			
Pojemność	62 Ah			
Prąd rozruchu	520 A			
Pojemność rezerwowa	100 min			
Wymiary	242 x 175 x 175 (dł. / szer. / wys.)			
Położenie biegunów	Prawy +			

Do obciążenia akumulatorów wykorzystano zestaw 3 żarówek typu H4 z połączonymi żarnikami oraz opornicę, za pomocą której regulowano wartość prądu wyładowania akumulatora utrzymując ją na założonym poziomie. Pomiar prądu wyładowania realizowany był poprzez pomiar spadku napięcia na oporniku wzorcowym. Pomiar temperatury elektrolitu akumulatora w środkowym ogniwie, ze względu na brak bezpośredniego dostępu do elektrolitu, realizowany był za pomocą kamery termowizyjnej typu OPTPI16023T900 współpracującej z oprogramowaniem PIconect firmy Optris. Kamera umożliwiała poza obrazowaniem rozkładu temperatur na ekranie monitora, także generowanie sygnału napięciowego proporcjonalnego do mierzonej temperatury w zakresie o 0 do 10 V.



Rysunek 3 – Schemat układu pomiarowego: 1 – akumulator, 2 – opornik wzorcowy do pomiaru natężenia prądu, 3 – układ obciążający z opornicą, 4 – kamera termowizyjna, 5 – system akwizycji danych, 6 – komputer rejestrujący dane, 7 – komputer sterujący pracą kamery termowizyjnej, U_A – napięcie na zaciskach akumulatora, U_T – sygnał napięciowy proporcjonalny do temperatury akumulatora, U_I – sygnał napięciowy proporcjonalny do prądu wyładowania akumulatora

Do rejestracji sygnałów zastosowano zestaw pomiarowy do akwizycji danych typu Indimodul 621 firmy AVL. Ze względu na ograniczony zakres napięcia wejściowego, który wynosi dla tego urządzenia 10 V, pomiar napięcia na akumulatorze realizowany była za pomocą dzielnika napięcia. Sygnały rejestrowane były z krokiem czasowym wynoszącym 1 s. Schemat stanowiska pomiarowego przedstawiono na rys. 3.

Akumulator nr 1 był poddany badaniom dwukrotnie celem określenia powtarzalności pomiarów. Różnica w czasie rozładowywania tego akumulatora do napięcia końcowego wyniosła w tych dwóch próbach 98 s, co daje błąd rzędu 1,78 %. Biorąc pod uwagę dużą liczbę czynników mających w wpływ na wartość czasu rozładowania należy uznać tą wartość jako akceptowalną. Średnia wartość pojemności rezerwowej dla tego akumulatora wyniosła 92 min. Na podstawie tego badania uznano, że metodyka jest poprawna i badania pozostałych akumulatorów prowadzono w pojedynczych próbach, ze względu na stosunkowo długi czas pomiaru.

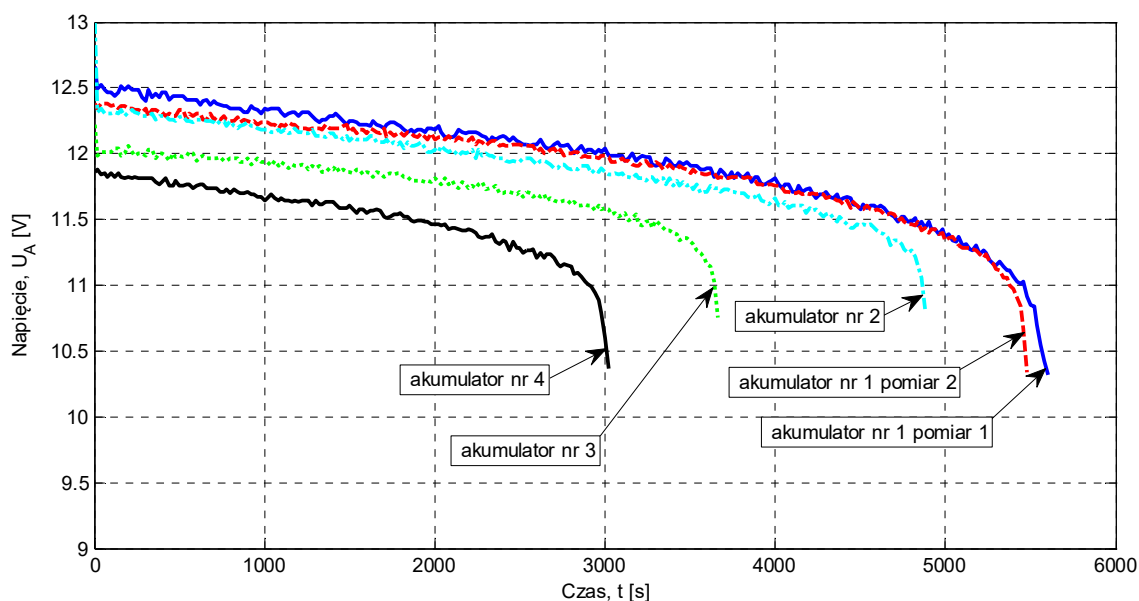
ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Na rys. 4 – 6 przedstawiono wyniki uzyskane podczas pomiarów. Rys. 4 przedstawia przebieg napięcia na zaciskach badanych akumulatorów. Na podstawie tych przebiegów określono czas rozładowania akumulatora i pojemność rezerwową (tabela 2).

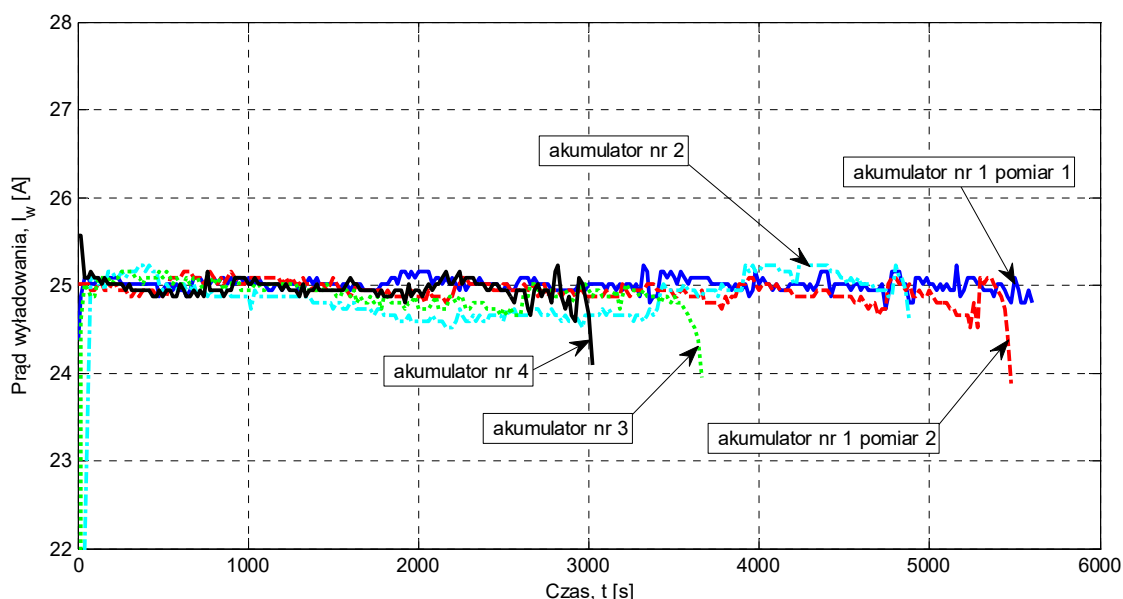
Tabela 2 – Wyniki przeprowadzonych badań pojemności rezerwowej akumulatorów rozruchowych

Badany akumulator	Akumulator nr 1	Akumulator nr 2	Akumulator nr 3	Akumulator nr 4
Czas rozładowania, t [s]	5568 5470	4896	3666	3010
Pojemność rezerwowa, Ce [min]	92	82	61	50

W trakcie badań, ponieważ wraz z upływem czasu zmniejszało się napięcie na zaciskach badanych akumulatorów, wartość prądu wyładowania I_w była doregulowywana za pomocą opornicy, celem utrzymania go na poziomie 25 A. Na rys. 5 przedstawiono zmiany prądu wyładowania podczas badania pojemności rezerwowej dla badanych akumulatorów. Jak widać w końcowej fazie pomiarów, ze względu na szybki spadek napięcia, możliwość utrzymania prądu na założonym poziomie była ograniczona, co szczególnie jest zauważalne dla akumulatorów już eksploatowanych.

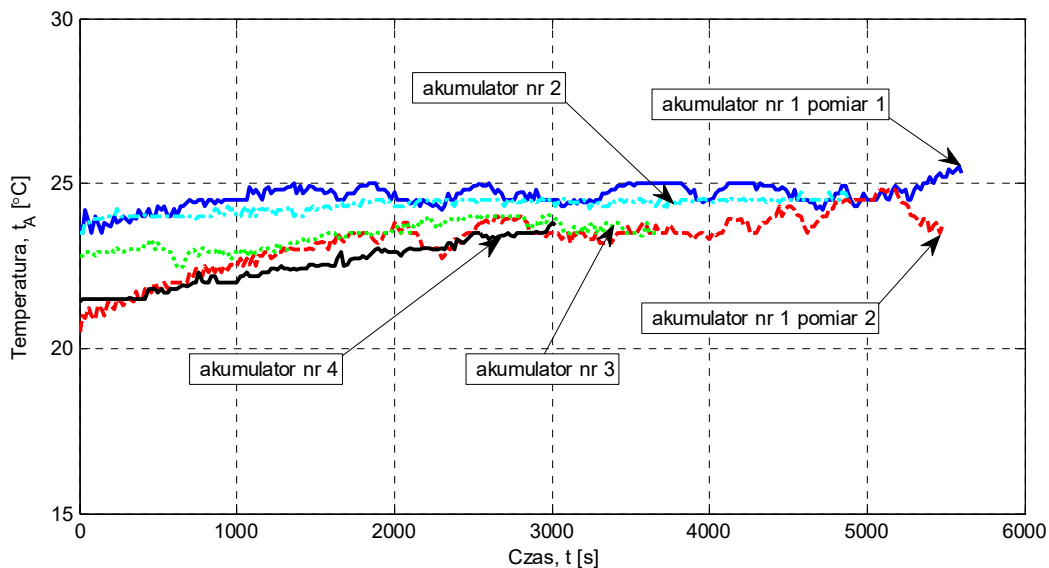


Rysunek 4 – Przebieg zmian napięcia na zaciskach akumulatora UA dla badanych akumulatorów podczas badania pojemności rezerwowej



Rysunek 5 – Przebieg zmian prądu wyładowania I_w dla badanych akumulatorów podczas badania pojemności rezerwowej

Należy tu zauważyć, że utrzymanie narzuconej przez normę tolerancji nie było możliwe przy wykorzystaniu regulacji ręcznej za pomocą opornicy, szczególnie w końcowej fazie badań, ze względu na szybki spadek napięcia na akumulatorze. Pomijając początkową fazę, w której regulowano prąd wyładowania i tą fazę końcową zakres zmian prądu wyładowania podczas całego cyklu badawczego nie przekraczał 0,5A. Zmiany temperatury akumulatorów w trakcie badań przedstawiono na rys. 6.



Rysunek 6 – Przebieg zmian temperatury badanych akumulatorów t_A podczas badania pojemności rezerwowej

Analizując przedstawione wyniki badań pojemności rezerwowej można zauważyć, że nawet akumulator, który nie był eksploatowany nie posiadał znamionowej wartości pojemności rezerwowej. Średnia zmierzona wartość pojemności rezerwowej wyniosła 92 min, co prawdopodobnie pociąga za sobą także obniżenie pojemności dwudziestogodzinnej. Z analizy literatury wynika, że jest to typowe zjawisko w odniesieniu do pojemności dwudziestogodzinnej dla tego typu akumulatorów, gdyż akumulator uzyskuje parametry znamionowe dopiero po kilkunastu poprawnie przeprowadzonych cyklach ładowanie/rozładowanie [1]. Może to także wynikać z powodów opisanych wyżej, że w trakcie przechowywania akumulator jest już eksploatowany w wyniku samoczynnego rozładowania i związanego z tym okresowego ładowania wynikającego z faktu, że akumulatory kwasowo-ołowiowe powinny być przechowywane w stanie pełnego naładowania.

WNIOSKI

Przeprowadzone badania pojemności rezerwowej akumulatorów rozruchowych pozwalają stwierdzić, że parametr ten pogarsza się wraz z czasem eksploatacji akumulatorów. Ponadto, żaden z badanych akumulatorów nie uzyskał znamionowej wartości pojemności rezerwowej podawanej przez producenta. Nawet akumulator, który nie był eksploatowany w typowych warunkach pracy w pojeździe nie posiadał tej wartości, co może być związane z faktem, że akumulatory przechowywane w sklepie podlegają cykлом samoczynnego rozładowania i są okresowo ładowane. W efekcie tego mamy już do czynienia z pewnego typu okresem eksploatacji, przy czym zazwyczaj przeciętny nabywca akumulatora nie jest w stanie określić, ile taki okres przechowywania (eksploatacji) trwał do momentu kupna. W związku z tym oznaczenie daty produkcji byłoby przydatnym parametrem mogącym pomóc w ocenie nabywanego akumulatora.

Im dłuższy jest okres eksploatacji akumulatora, jak wykazały przeprowadzone badania, tym mniejsza jest wartość pojemności rezerwowej, która dla akumulatora eksploatowanego ponad cztery lata osiągnęła jedynie połowę wartości znamionowej. Należy pamiętać przy tym, że na stan akumulatora ma wpływ także sposób eksploatacji.

Biorąc pod uwagę, że pojemność rezerwowa akumulatora jest w pewnym stopniu odzwierciedleniem pojemności dwudziestogodzinnej, pomiar tego parametru może być metodą diagnostyczną oceny stanu technicznego akumulatora ze względu na stosunkowo krótki czas pomiaru w porównaniu z czasem pomiaru pojemności dwudziestogodzinnej.

W celu pełnego wykorzystania pomiaru pojemności rezerwowej do określania przybliżonej pojemności dwudziestogodzinnej akumulatorów rozruchowych należy przeprowadzić badania jak zmienia się wartość stosunku C_n/C_e , czyli pojemności dwudziestogodzinnej do pojemności rezerwowej wraz z okresem eksploatacji akumulatorów.

LITERATURA

1. Czerwiński A.: Akumulatory, baterie, ogniwa. WKiŁ, Warszawa 2012.
2. Fuchs E., Masoum M.: Power Conversion of Renewable Energy Systems. Springer, New York 2011.
3. PN-EN 50342-1: Akumulatory ołowiowe rozruchowe. Wymagania ogólne i metody badań. PKN, Warszawa 2007.
4. <http://www.battery.co.za/products/automotive>.
5. <http://www.centurybatteries.com.au>.
6. <http://kyotojap.com/productguide/batteries>.
7. <http://www.northstarbattery.com/technical-documents>.

STRESZCZENIE

Ustrzycki Adam. Badania pojemności rezerwowej akumulatorów rozruchowych o różnym okresie eksploatacji / Ustrzycki Adam, Krzemiński Artur, Sitarz Justyna // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. – K. : NTU, 2017. – № 39.

W artykule przedstawiono wyniki pomiarów pojemności rezerwowej kwasowych akumulatorów rozruchowych charakteryzujących się różnym okresem eksploatacyjnym. Pojemność rezerwowa pozwala oszacować czas jazdy samochodem w typowych warunkach, w przypadku uszkodzenia alternatora. Badania wykonano zgodnie z normą dotyczącą tego typu akumulatorów. Badaniom poddano akumulatory tego samego typu wyprodukowane przez tego samego producenta. Podczas badań mierzono prąd wyładowania, napięcie na zaciskach akumulatora oraz temperaturę akumulatora. W wyniku przeprowadzonych pomiarów określono pojemność rezerwową akumulatorów, która wyraża się czasem w minutach. Pojemność ta wynosiła 92 min dla akumulatora nowego i 50 min dla akumulatora o najdłuższym okresie eksploatacji wynoszącym 4 lata.

РЕФЕРАТ

Устшицкі Адам. Дослідження резервної ємності автомобільних акумуляторів з різними періодами життя / Устшицкі Адам, Кшемінські Артур, Сітаж Юстина // Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2017. – Вип. 3 (39).

У статті представлено результати вимірів резервної ємності кислотних пускових акумуляторів, що характеризуються різним експлуатаційним періодом. Резерв ємності дозволяє оцінити час їзди в нормальних умовах, у разі виходу з ладу генератора. Випробування проводилися відповідно до стандарту для даного типу акумулятора. Випробувувалися батареї одного і того ж типу, виготовлених

одним і тим же виробником. Під час дослідження вимірювалися струм розряду, напруга на клеммах акумулятора і температура батареї. В результаті вимірювань зазначених батарей, було обчислено резерв ємності. Для нової батареї ця ємність забезпечувала 92 хвилин роботи, а для батареї з найдовшим періодом експлуатації 4 роки – 50 хвилин.

ABSTRACT

Ustrzycki Adam. Test of reserve capacity of starter batteries after various exploitation periods / Ustrzycki Adam, Krzemiński Artur, Sitarz Justyna // Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2017. – Issue 3 (39).

The article presents the results of measurements of reserve capacity of acid starter batteries having various operating period. Reserve capacity allows estimating the time to drive in typical conditions, in case of failure of the alternator. The tests were performed according to the standard for this type of batteries. The testing batteries were of the same type and were produced by the same manufacturer. During the study discharge current, the voltage between the battery terminals and battery temperature were measured. As a result of the measurements the reserve capacity of battery expressed in minutes was calculated. This capacity was 92 minutes for the new battery, and 50 minutes for battery, which operating time was 4 years.

AUTORZY:

USTRZYCKI Adam, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Rzeszów, Polska

KRZEMIŃSKI Artur, mgr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Rzeszów, Polska

SITARZ Justyna, inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Rzeszów, Polska

АВТОРИ:

УСТШИЦЬКІ Адам, доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Жешув, Польща

КШЕМІНЬСЬКІ Артур, Магістр інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, тел.: +48 17 865 1531, 35-959, Жешув, Польща

СИТАЖ Юстина, Інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Жешув, Польща

AUTHORS:

USTRZYCKI Adam, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Rzeszow, Poland

KRZEMIŃSKI Artur, MSc Eng., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Rzeszow, Poland

SITARZ Justna, Eng., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1531, 35-959, Rzeszow, Poland

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Корпач А.О., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри двигунів та теплотехіки, Київ, Україна.

Бортницький П.І., кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Korpach A.O., Ph.D in Technical Science, National Transport University, Professor of Department of Engines and Heating Engineering, Kyiv, Ukraine.

Bortnytskyi P.I., PhD in Technical Science, National Transport University, Professor of the Technical operation of cars and car services department, Kyiv, Ukraine, Ukraine.