

Diagnostyka akumulatorów w systemach zasilania rezerwowego

Streszczenie. Dotychczasowe systemy diagnostyczne stosowane w systemach zasilania rezerwowego są mało efektywne i często pomimo braku alarmu ze strony systemu monitorowania, rzeczywista pojemność akumulatorów wynosi znacząco poniżej wartości uznawanych za graniczną (<80% pojemności znamionowej). System taki nie daje więc wystarczających wskazań dotyczących rzeczywistego stopnia zużycia akumulatora. W artykule zaprezentowano nowe metody oceny stanu akumulatora ołowiowego stacjonarnego, które pozwolą na zwiększenie stopnia niezawodności systemów zasilania rezerwowego opartego o ogniwa tego typu. Przedstawione zostały założenia teoretyczne nowych metod diagnostyki akumulatora stacjonarnego, oraz założenia narzędzia informatycznego przydatnego w opracowywanej metodzie. Zaproponowany został modelowy system diagnostyczny wczesnego rozpoznawania utraty pojemności, który zawiera następujące elementy infrastrukturalne: System automatycznego nadzoru baterii akumulatorów, system pomiaru impedancji bloków, system automatycznego wyładowania/ladowania kontrolnego (pomiar pojemności) i centralny system agregacji i przetwarzania danych. Zastosowanie zaproponowanej metody diagnostyki akumulatorów stacjonarnych, pozwala na uzyskanie bardziej wiarygodnej odpowiedzi, w jakim stanie jest badany akumulator, jaki poziom bezpieczeństwa jako zasilanie rezerwowe on daje i czy konieczna jest jego wymiana lub kontrola pojemności dysponowanej.

Abstract. The foregoing diagnostic systems used in uninterruptible power supply devices are not effective enough. It often happens that the monitoring system does not warn when the real battery capacity drops far beyond its border value (which is <80% of the nominal capacity). The monitoring systems do not give sufficient signs of the real state of batteries. This paper presents new methods of assessment of lead-acid stationary batteries. The methods are orientated towards an increase in reliability of the UPS systems based on the given technology. Moreover, the paper covers theoretical assumptions about new diagnostic methods for stationary batteries as well as assumptions about an IT tool useful for the developed method. The paper comprehends also a proposition of a diagnostic system model for early recognition of the capacity loss. The model should incorporate the following infrastructural subsystems: automatic battery surveillance, measurement of battery block impedance, automatic control charge/discharge (capacity measurement) and central aggregation and data processing. The use of the proposed diagnosis method for stationary battery will help to obtain the information: what the battery state is, what its reliability in UPS systems is, if it is necessary to replace the battery or to control its available capacity. (**Battery diagnostics in uninterruptible power supply systems**).

Słowa kluczowe: system zasilania rezerwowego, stacjonarne akumulatory kwasowo ołowiowe, metody diagnostyczne, utrata pojemności.

Keywords: power supply systems, stationary lead acid batteries, diagnostic systems, capacity loss

Wstęp

Dotychczasowe systemy diagnostyczne stosowane w systemach zasilania rezerwowego są mało efektywne i często pomimo braku alarmu ze strony systemu monitorowania, rzeczywista pojemność akumulatorów wynosi znacząco poniżej wartości uznawanych za graniczną (<80% pojemności znamionowej). System taki nie daje więc wystarczających wskazań dotyczących rzeczywistego stopnia zużycia akumulatora.

Jednym z czynników mających istotny wpływ na powyższą sytuację jest zjawisko przedwczesnej nieoczekiwanej utraty pojemności akumulatorów VRLA. Zjawisko to zwane również efektem PCL dotyczy każdego typu akumulatora ołowiowego, ale częściej jest omawiane w odniesieniu do akumulatorów stacjonarnych (praca buforowa i cykliczna), co jest związane z ich długim okresem pracy m.in. w systemach zasilania awaryjnego (nawet >10 lat). Efekt PCL występujący w bateriach VRLA typu AGM jest stosunkowo powszechnym problemem [1-3]. Obecnie problem ten udało się ograniczyć, ale często poprzez mniejszą deklarowaną przez producenta żywotność produktu. Brakuje jednak danych literaturowych dotyczących wiarygodnych metod obejmujących diagnostykę i szacowanie stopnia zużycia akumulatora w obszarze możliwości wystąpienia zjawiska PCL.

Rozpoznano 3 główne modele formowania wspomnianego zjawiska:

- PCL typu 1 – prawdopodobnie jest to najczęstszy przypadek PCL, a spowodowany jest przez tworzenie warstwy pasywacyjnej (warstwy o wysokiej odporności elektronowej) na granicy faz: kratka/materiał czynny przez powstanie ściśle uporządkowanej warstwy korozyjnej PbSO₄. Inną przyczyną mogą być niższe tlenki ołowiu, takie jak PbO_{1+n}, (których tworzenie może być związane z chwilowymi wahaniami pH środowiska w bezpośrednim sąsiedztwie kratki. Niekiedy literatura podaje możliwość wystąpienia obu efektów na granicy faz kratka/masa aktywna. Wg. takiego modelu warstwa granicy faz obejmuje

oprócz PbSO₄ także warstwę korozyjną (CL - corrosion layer), która składa się z dwóch podwarstw: zwartej (wewnętrznej) i porowatej (zewewnętrznej). Wewnętrzna warstwa składa się z PbO_{ok.1,2}, a warstwa zewnętrzna ma skład sumaryczny PbO_{ok.1,8}, czego skutkiem są różne przewodnictwa podwarstw. Skład i struktura warstw zależą od szybkości reakcji, które mają miejsce przy kratce i na powierzchni kratki. Dodatki stopowe mogą mieć wpływ na skład CL, a tym samym na przewodnictwo. Po pierwsze, mogą działać jako katalizatory lub inhibitory procesów elektrochemicznych w CL. Drugi mechanizm opiera się na badaniu wpływu dodatków stopowych, (poprzez tworzenie mieszanek tlenków typu M_xPb_yO_z), na właściwości półprzewodnikowe w CL,

- PCL typu 2 – spowodowane wzrostem oporności masy czynnej w płycie. Model ten ma miejsce, kiedy adhezja między kratką/PAM (masa aktywna dodatnia) jest słaba, a stężenie elektrolitu kwasu siarkowego na granicy faz kratka/PAM jest dużo wyższe (ze względu na rozkład przestrzenny zachodzących procesów elektrodowych), a warstwa korozyjna złożona jest głównie z β-PbO₂. Dochodzi wówczas do utraty pierwotnej struktury przestrzennej płyty i skutkuje to izolowaniem, pod względem elektrochemicznym, części masy aktywnej. Niemniej w tym momencie nie obserwuje się jeszcze opadu masy aktywnej,

- PCL typu 3- niekiedy wspomina się również o nieodwracalnej przemianie powierzchniowej części masy aktywnej (z reguły ujemnej) w duże kryształy siarczanu ołowiu podczas pracy cyklicznej jako 3 odmianie efektu PCL-u. Stopniowo powstają duże kryształy PbSO₄, które bardzo słabo przechodzą w Pb metaliczny [3-8].

Z prac prowadzonych przez D. Pavlova [7] wynika, że podstawowymi parametrami, które wywierają największy wpływ na efekt PCL-u są: dodatki stopowe do kratek (Sb, Sn, Ca); gęstość masy aktywnej (active mass density); ilość i stężenie kwasu siarkowego (H₂SO₄); sposoby ładowania i wyładowywania (modes of charge and discharge); wysoki współczynnik wykorzystania dodatniej

masy czynnej i głębokość wyładowania (high utilization coefficient of positive active mass and great depth-of-discharge) oraz poziom dociśnięcia maty szklanej i płyt w ogniwie. Ponadto wg A.F. Hollenkampa [4] konieczna jest również analiza parametrów konstrukcji akumulatora takich jak bilans materiałów czynnych oraz składu i właściwości materiałów w dodatniej masie aktywnej.

W ramach projektu „Diagnostyka wczesnego rozpoznania zjawiska PCL w akumulatorach ołowiowych w celu zwiększenia niezawodności systemów zasilania rezerwowego” podjęto próbę opracowania systemu diagnostycznego, który eliminowałby powyższe mankamenty jednocześnie nie podwyższając kosztów systemu.

Fazy metody diagnostycznej

Proponuje się, aby nowa metoda diagnostyczna oparta była o następujące fazy:

Analiza procesu eksploatacji baterii w oparciu o dane zbierane w systemach automatycznego nadzoru i monitoringu baterii. Podstawowym parametrem mierzonym w tej fazie jest częstość występowania pracy baterijnej akumulatora określona za okres sześciu miesięcy.

Pomiar impedancji bloków oraz kontrola szybkości zmian impedancji. Impedancja bloków baterii akumulatorów mierzona i rejestrowana raz na dobę w stanie pełnego naładowania baterii akumulatorów, przy stałej wartości prądu konserwującego (po dostatecznie długim buforowaniu). Jeżeli bateria oddawała wcześniej ładunek (praca baterijna) najbliższy pomiar impedancji będzie miał sens po pełnym naładowaniu baterii i ustabilizowaniu się prądu konserwującego.

Próba wyładowania kontrolnego wraz z rejestracją napięcia poszczególnych bloków baterii, jako w zasadzie jedyna miarodajna metoda pomiaru ładunku dysponowanego baterii akumulatorów. Obecny stan techniki i dostępnych urządzeń pozwala zasadniczo na pełną automatyzację procesu wszystkich trzech faz wymaganych dla poprawy diagnostyki baterii akumulatorów stacjonarnych.

Założenia narzędzia informatycznego

Zakończenie badań i uzyskanie wyników końcowych pozwoliło na opracowanie założeń do narzędzia przydatnego w nowej metodzie diagnostyki PCL. Narzędzie informatyczne do analizy historii pracy baterii akumulatorów powinno dokonywać klasyfikacji baterii akumulatorów na trzy grupy:

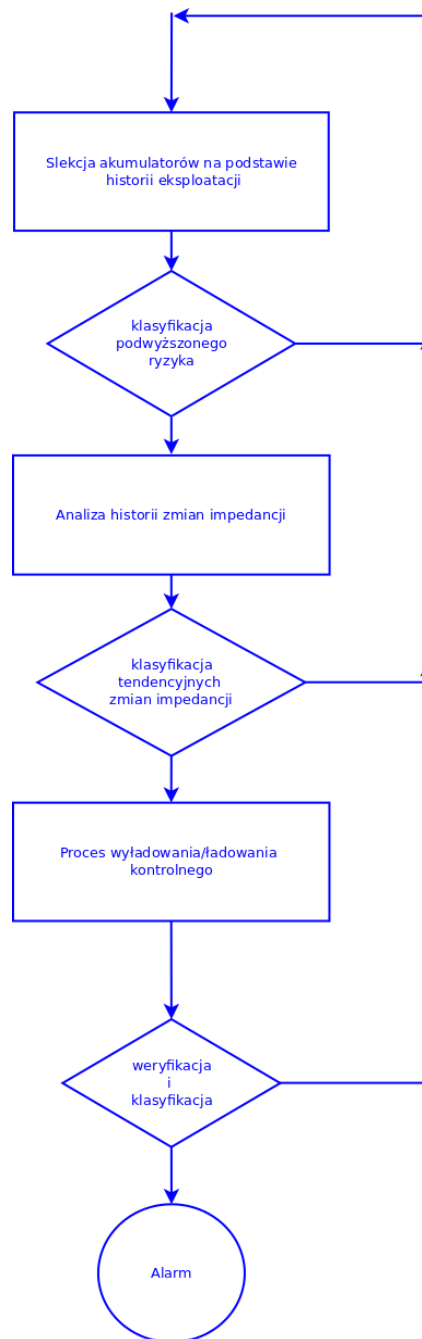
- mała częstotliwość płytkie wyładowania (poniżej jednego na miesiąc);
- średnia częstotliwość (od jednego do dwóch na miesiąc);
- duża częstotliwość (powyżej dwóch na miesiąc).

Jednocześnie konieczne jest uzyskanie wyników pomiarów dobowych impedancji bloków w stanie naładowanym baterii i ustalonej wartości prądu konserwującego. W wyniku zebranych danych określana będzie szybkość zmiany impedancji poszczególnych bloków w baterii. Kolejnym celem zbierania danych jest odczyt pojemności wszystkich bloków baterii wykonany metodą kontrolnego wyładowania/ładowania baterii.

Na podstawie kompletnych i przetworzonych danych realizowany będzie algorytm diagnostyczny (Rysunek 1).

Ze względu na fakt, iż akumulator ołowiowy jest urządzeniem, w którym dokonuje się konwersji energii chemicznej na elektryczną (rozładowanie) oraz elektrycznej na chemiczną (ładowanie) należy stwierdzić, że wzajemne

powiązanie czynników wpływających na parametry pracy akumulatora jest skomplikowane. Wskazanie konkretnych wartości, jakie musi spełnić akumulator by pozytywnie przejść cały proces weryfikacji jest zadaniem bardzo złożonym zależnym od wielu czynników takich jak temperatura w obiekcie, typ akumulatora, sposób eksploatacji, ilość ogniw lub monobloków w stringu. Niemniej pokusić się można o stwierdzenie, że czynnikiem podwyższonego ryzyka dotyczącym historii eksploatacji będą np. dotychczasowe rzadkie rozładowania.



Rys. 1. Uproszczony algorytm wczesnej diagnostyki zjawiska PCL akumulatorów stacjonarnych.

Rozładowanie takie winno odbywać się nie rzadziej niż raz do roku, a rozładowywać należy poszczególne monobloki/ogniwa do 100% pojemności. Brak rozładowania w czasie 1 roku skutkować będzie uruchomieniem alarmu.

Kolejny krok analizy historii zmian impedancji musi być rozpatrywany w odniesieniu do konkretnego typu

akumulatorów. Jednakże założyć można wywołanie alarmu jeżeli po wyładowaniu kontrolnym nastąpi zmiana impedancji o 5% w stosunku do impedancji zmierzonej podczas poprzedniego wyładowania, lub nastąpi rozrzut impedancji pomiędzy poszczególnymi monoblokami lub ogniwami o 5%. Oczywiście jak już wspomniano wcześniej pomiar taki musi być wykonywany w stanie pełnego naładowania baterii akumulatorów, przy stałej wartości prądu konserwującego (po dostatecznie długim buforowaniu). Jednocześnie pomiar impedancji monobloków/ogniw podczas ładowania buforowego powinien być wykonywany w trybie ciągłym (dobowym lub cotygodniowym), i być powiązany z alarmem w przypadku wzrostu impedancji o 3% w ujęciu miesięcznym.

Ostatni z kroków obejmuje proces wyładowania/ładowania kontrolnego. Punkt ten w głównej mierze obejmuje monitorowanie napięcia monobloków/ogniw po wyładowaniu, i powiązanie z alarmem w przypadku jego zmiany w stosunku do pomiarów podczas poprzedniego wyładowania o 5% oraz rozrzutu między monoblokami/ogniwami również o 5%. Równocześnie należy prowadzić pomiar napięcia monobloków/ogniw podczas ładowania buforowego w trybie ciągłym (dobowym lub cotygodniowym), powiązany z alarmem w przypadku spadku napięcia o 3% w ujęciu miesięcznym oraz rozrzutu między monoblokami/ogniwami o 5%.

Pomiary te winny być dokonywane z dokładnością napięcie 50mV dla monobloku 12V lub 10mV dla ogniwa 2V, a impedancji z dokładnością 0,05 mΩ.

Struktura systemu diagnostycznego

Modelowy system diagnostyczny wczesnego rozpoznawania zjawiska PCL powinien zawierać następujące elementy infrastrukturalne:

- System automatycznego nadzoru baterii akumulatorów,
- System pomiaru impedancji bloków,
- System automatycznego wyładowania/ładowania kontrolnego (pomiar pojemności).
- Centralny system agregacji i przetwarzania danych.

Uproszczony schemat struktury całego systemu przedstawiono na rysunku 2.

System automatycznego nadzoru baterii akumulatorów

Zadaniem tego systemu jest zbieranie danych o procesie eksploatacji baterii akumulatorów. Na podstawie zarejestrowanych wartości prądu, napięcia i temperatury pracy baterii określona zostanie częstość pracy baterijnej akumulatorów.

System automatycznego nadzoru baterii jest powszechnie stosowany w telekomunikacyjnych systemach zasilania prądu stałego 48V DC.

System pomiaru impedancji bloków

Zadaniem tego systemu jest pomiar impedancji bloków baterii akumulatorów. Uzupełnienie danych pomiarowych odnośnie procesu eksploatacji baterii o pomiar impedancji poszczególnych bloków pozwoli określić trend zmiany impedancji mogący świadczyć o wystąpieniu zjawiska PCL.

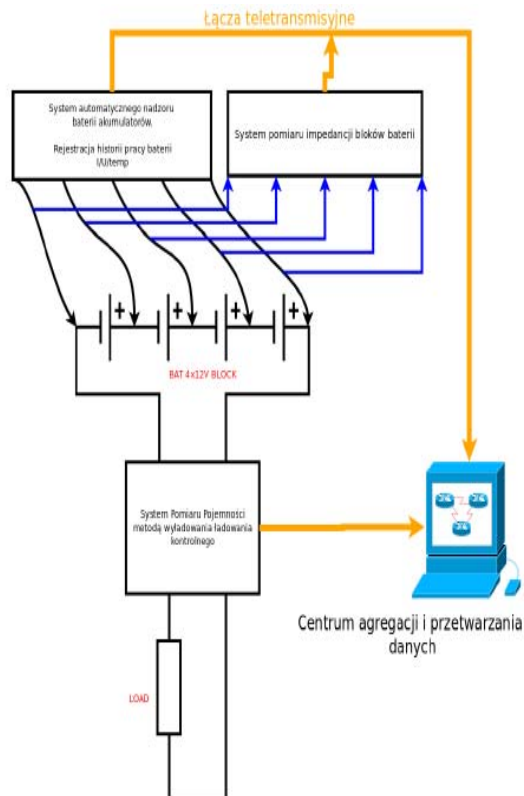
System automatycznego wyładowania/ładowania kontrolnego

Podstawową, w pełni miarodajną metodą pomiaru pojemności dysponowanej baterii akumulatorów, jest próba wyładowania/ładowania kontrolnego baterii akumulatorów. Zadaniem tego systemu jest pomiar pojemności bloków baterii akumulatorów.

Dostępność urządzeń tego typu na rynku ułatwia zastosowanie tej metody we wszystkich systemach 48V DC, nie tylko telekomunikacyjnych.

Centralny system agregacji i przetwarzania danych

Zadaniem tego systemu jest zbieranie danych pomiarowych z systemu automatycznego nadzoru baterii akumulatorów, systemu pomiaru impedancji bloków i systemu automatycznego wyładowania/ładowania kontrolnego (pomiaru pojemności). Na podstawie zebranych danych realizowany jest w tym systemie algorytm diagnostyczny przedstawiony na rysunku 1



Rys. 2. Uproszczony schemat struktury systemu wczesnej diagnostyki zjawiska PCL

Urządzenia diagnostyczne istniejące na rynku

Pomimo tego, że na rynku znajduje się duża ilość urządzeń do monitoringu akumulatorów to tych dedykowanych do systemów zasilania rezerwowego urządzeń telekomunikacyjnych jest niewiele. Poniżej opisano przykładowe systemy o zbliżonej funkcjonalności.

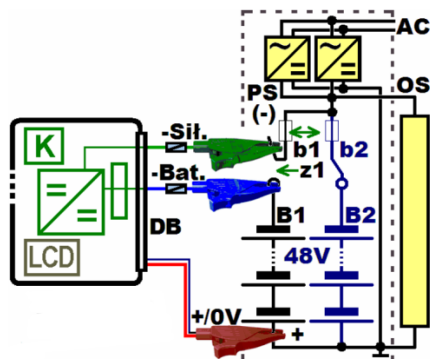
Urządzenie TBA30-IŁ

Poniżej przedstawiono opis urządzenia TBA30-IŁ, które zostało opracowane w ramach zadania nr 8 projektu AKUPCL. Opis ma charakter skrócony, a szczegółowe informacje dotyczące budowy i zasady działania zostały opisane w DTR TBA30-IŁ [9].

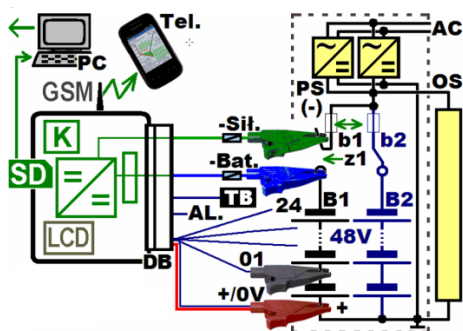
TBA30-IŁ jest przenośnym urządzeniem do pomiaru dysponowanej pojemności baterii akumulatorów metodą kontrolnego rozładowania. Umożliwia rozładowanie i ładowanie akumulatorów kwasowo-ołowiowych (zwłaszcza VRLA) o pojemności od 50 do 600Ah prądem do 30A. Ma zastosowanie w obiektach telekomunikacyjnych w systemach gwarantowanego zasilania z baterią o napięciu znamionowym 48V. Podczas pracy zasilane jest napięciem siłowni, a energię pobieraną z rozładowywanej baterii przekazują do odbiorów siłowni. Urządzenie dostępne jest w konfiguracji podstawowej i rozszerzonej. Konfiguracja podstawowa dostarczana jest z trzema przewodami prądowymi. Umożliwia pomiar napięcia baterii oraz wewnętrzny pomiar temperatury otoczenia. Wyniki

pomiarów prezentowane są na wyświetlaczu, a programowanie parametrów testu odbywa się za pomocą wbudowanej klawiatury.

a)



b)



Rys. 3. TBA30-IL – wersja podstawowa (a), TBA30-IL – wersja rozszerzona (b)

Konfiguracja rozszerzona dostarczana jest z trzema przewodami prądowymi, przewodami do pomiaru napięć 24 ogniwi 2V lub 4 monobloków 12V lub 12 monobloków 4V oraz zewnętrznym czujnikiem temperatury baterii. Dostępne jest wyjście alarmowe. Dane z pomiarów rejestrowane są na karcie pamięci SD. Istnieje możliwość powiadamiania SMS. Do zestawu dołączane jest oprogramowanie TBA_Starter i TBA_Reporter umożliwiające analizę danych na komputerze z systemem operacyjnym MS Windows. Za pomocą oprogramowania można odczytywać dane sesji rozładowania i ładowania, przeglądać oraz uzupełniać dane sesji, tworzyć wykresy i raporty z przeprowadzonych testów.

Dodatkowo istnieje możliwość skorzystania z aplikacji na telefon z systemem Android do graficznej prezentacji wyników pomiarów pojemności na bazie SMS-ów przesyłanych przez TBA30-IL.

System Testowania Baterii – STB

STB przeznaczony jest do automatycznej i bezobsługowej diagnostyki baterii akumulatorów w trakcie eksploatacji systemu zasilania [10]. Jest opcjonalnym wyposażeniem wybranych siłowni telekomunikacyjnych produkcji Telzas ze sterownikiem PI1. Celem funkcji jest możliwość przeprowadzenia automatycznego kontrolnego rozładowania baterii bez udziału obsługi stacji. Do działania systemu STB wymagane są minimum dwa stringi baterii na obiekcie. Test wykonywany jest dla jednego obwodu baterijnego z wykorzystaniem odbiorów niekrytycznych i wydzielonych prostowników z ustawianym prądem rozładowania i ładowania baterii. Dopiero po zakończeniu cyklu rozładowania i pełnego naładowania jednego stringu baterii można rozpocząć test kolejnego obwodu baterijnego.

Po przeprowadzeniu testu dostępna jest informacja o rzeczywistej pojemności poszczególnych obwodów

baterijnych. Cały proces rozładowania i ładowania jest logowany w pamięci sterownika. W trakcie trwania testu monitorowane są następujące parametry:

- nr obwodu baterijnego i czas startu testu,
- prąd odbiorów krytycznych, niekrytycznych 1 i niekrytycznych 2,
- temperatura baterii,
- średnia temperatura baterii w trakcie testu,
- napięcie szyny separowanej,
- prąd rozładowania baterii,
- ustawiony prąd i czas rozładowania,
- zadeklarowana pojemność stringu,
- ładunek wpływający z baterii.

Albér MPM-100

Albér MPM-100 jest systemem monitoringu i diagnostyki baterii akumulatorów dedykowanym do wykorzystania w systemach zasilania dla telekomunikacji i przemysłu [11]. Dostarczane jest w obudowie 1U do instalacji w stojakach 19 lub 23". Jest opcjonalnym wyposażeniem systemów zasilania gwarantowanego produkcji Emerson Network Power.

Wykrywa potencjalne problemy związane z eksploatacją akumulatorów poprzez ciągły pomiar napięcia ogniwa, napięcia i prądu stringu oraz temperatury. Urządzenie umożliwia wykonywanie cyklicznego testu rezystancji wewnętrznej baterii w celu weryfikacji ciągłości struktur wewnętrznych baterii. Jeśli jakkolwiek z monitorowanych parametrów znajdzie się poza granicami tolerancji zostanie wygenerowany alarm. Jeśli rezystancja wewnętrzna przekroczy zdefiniowane progi użytkownik ma możliwość wymiany uszkodzonego akumulatora zanim wpłynie on negatywnie na inne lub doprowadzi do całkowitego uszkodzenia stringu. Dzięki śledzeniu rezystancji wewnętrznej system jest w stanie przewidzieć i zaraportować użytkownikowi możliwe uszkodzenia akumulatora przed wystąpieniem awarii baterii na obiekcie. MPM-100 ma również zaawansowany algorytm, który dzięki parametrom rozładowania i pomiarom rezystancji wewnętrznej szacuje prognozowany czas życia baterii. System przechowuje więcej niż 80 standardowych konfiguracji parametrów baterii i może być sparametryzowany do przechowywania niestandardowych konfiguracji.

Albér MPM-100 umożliwia przesyłanie danych pomiarowych do specjalnej aplikacji BMDM (*Battery Monitor Data Manager*), która umożliwia przegląd i analizę danych z więcej niż 1000 obiektów. Oprogramowanie jest standardowo dołączane do każdego zakupionego urządzenia.

MPM-100 posiada własną jednostkę przetwarzającą i może komunikować się z systemem zdalnego nadzoru poprzez sieć Ethernet lub wbudowany modem i lokalnie z wykorzystaniem portu RS232 lub USB. Dzięki dostępnym otwartym protokołom komunikacyjnym tj. Modbus i SNMP może być zintegrowane z systemami zasilania innych producentów.

Urządzenie nie posiada możliwości przeprowadzenia testu kontrolnego rozładowania i ładowania w celu oszacowania dysponowanej pojemności baterii.

Ocena potencjalnych możliwości i przydatności systemu

W ramach realizacji projektu firma Telzas sp. z o.o. dokonała analizy potencjalnych możliwości i przydatności systemu TBA30-IL w odniesieniu do potrzeb klienta i charakterystyki poszczególnych typów obiektów telekomunikacyjnych.

Biorąc pod uwagę budowę i stosunkowo niewielkie wymiary TBA30-IL może być wykorzystany jako narzędzie

do pomiaru pojemności akumulatorów metodą kontrolnego wyładowania i ładowania. Po podłączeniu urządzenia pełny test baterii może być przeprowadzony bez udziału użytkownika. Jest to dużą zaletą systemu, ponieważ w trakcie TBA30-IŁ służby serwisowe operatora mają możliwość przeprowadzenia innych prac na obiekcie. Redukuje to koszty prac serwisowych na obiektach. Możliwość powiadamiania użytkownika za pomocą SMS pozwala kontrolowanie procesu rozładowania i ładowania baterii po opuszczeniu obiektu, na którym zainstalowane zostało urządzenie TBA-30IŁ.

Pozwala to na równoległe wykonywanie testów baterii na wielu obiektach z wykorzystaniem kilku urządzeń tego typu. Zaimplementowane algorytmy przeprowadzą proces kontrolnego rozładowania i ładowania baterii, a możliwość logowania danych w pamięci wewnętrznej pozwala na wykorzystanie pomiarów do sporządzenia protokołu kontrolnego rozładowania. Kolejną zaletą systemu jest możliwość rejestracji napięć poszczególnych ogniw lub monobloków baterii w trakcie rozładowania i ładowania baterii, co pozwala wychwycić ogniwa/monobloki, które mogą doprowadzić do uszkodzenia baterii i potencjalnego zaniku usług telekomunikacyjnych po zaniku sieci zasilającej. Urządzenie dedykowane jest do wykorzystania w systemach zasilania gwarantowanego dla telekomunikacji. Ze względu na dostępne zakresy pomiarowe napięć nie mogą być wykorzystane do monitorowania baterii w systemach UPS. Dostępne w standardzie przewody pomiarowe zostały opracowane w taki sposób, aby maksymalnie skrócić czas niezbędny na podłączenie do baterii i systemu zasilania. Z drugiej strony konstrukcja, złącza pomiarowe i sposób działania ograniczają możliwość wykorzystania TBA30-IŁ jako systemu stacjonarnego na stałe zintegrowanego z siłownią telekomunikacyjną.

Biorąc pod uwagę maksymalny dostępny prąd rozładowania i ładowania baterii urządzenie może być szczególnie przydatne dla służb serwisowych i utrzymaniowych do wykorzystania na mniejszych stacjach tj. obiekty klasy BTS i BSC. Może być również wykorzystane do prowadzenia okresowego sprawdzenia baterii w magazynach, w których przechowywane są używane akumulatory poddawane procesom rewitalizacji. Zjawisku PCL podlegają pojedyncze bloki. W momencie wykrycia występowania zjawiska wymianie podlega tylko jeden blok baterii. Wczesna diagnostyka może poprawić niezawodność zasilania przy pracy baterijnej oraz wydłużyć czas życia akumulatorów w systemie.

Wnioski

- Zastosowanie automatycznej metody ładowania/wyładowania kontrolnego za pomocą urządzenia TBA pozwala na precyzyjny i zdalny pomiar pojemności baterii na obiekcie,
- Aby zrealizować w pełni algorytm diagnostyczny konieczne jest opracowanie automatycznego systemu pomiaru impedancji bloków, umożliwiającego rejestrację pomiarów oraz akwizycję danych,
- Potwierdzone rezultaty z zastosowania urządzeń TBA w telekomunikacyjnych systemach zasilania gwarantowanego oraz uzupełnienie wyników pomiarów zbieranych w systemie automatycznego nadzoru baterii, o pomiar impedancji bloków baterii, pozwalają na realizację opisanej metody diagnostycznej na poziomie systemu agregacji i przetwarzania danych telekomunikacyjnych systemów zasilania gwarantowanego. Centrum to wymaga odpowiedniego dodatkowego oprogramowania, umożliwiającego realizację algorytmu diagnostycznego w oparciu o zbierane dane,

- Kolejnym istotnym elementem wymagającym uzupełnienia jest układ pomiaru impedancji wszystkich bloków baterii, który obecnie nie jest dostępny rynkowo w satysfakcjonującej formie, dostosowanej do potrzeb opisanej diagnostyki i może być przedmiotem dalszego opracowania urządzenia do tego celu,
- Na tej podstawie opracować można komputerowy system zdalnego nadzoru elementów systemów zasilania oraz parametrów środowiskowych obiektu telekomunikacyjnego i akumulatorów.

Podsumowując: Opracowany w ramach projektu algorytm może być wykorzystany do wczesnej diagnostyki zjawiska PCL w stacjonarnych systemach zasilania współpracujących z bateriami akumulatorów. Jego pełna implementacja wymaga dodatkowych prac programistycznych oraz opracowania systemu pomiaru impedancji bloków baterijnych.

Wdrożenie opracowanej metody może mieć istotne znaczenie ekonomiczne i powinno wpłynąć na obniżenie kosztów eksploatacji oraz obsługi baterii VRLA oraz co najważniejsze, poprawić niezawodność pracy rezerwy baterijnej.

Praca wykonana w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Badan i Rozwoju PBS1/B4/3/2012 z dnia 18.12.2012r. - Diagnostyka wczesnego rozpoznawania zjawiska PCL w akumulatorach ołowiowych w celu zwiększenia niezawodności systemów zasilania rezerwowego.

Autorzy: dr inż. Włodzimierz Majchrzycki, Instytut Metali Nieżelaznych oddział w Poznaniu, ul. Forteczna 12, 61-362 Poznań, E-mail: wlozdzimierz.majchrzycki@claiopoznan.pl; dr inż. Ewa Jankowska, Instytut Metali Nieżelaznych oddział w Poznaniu, ul. Forteczna 12, 61-362 Poznań, E-mail: ewa.jankowska@claiopoznan.pl; dr inż. Robert Samborski Instytut Łączności, ul. Szachowa 1, 04-894 Warszawa, E-mail: R.Samborski@itl.waw.pl; Mariusz Garsztka, Telzas Sp. z o.o., ul. Bogno 3, 78-400 Szczecinek, Email: mariusz.garsztka@telzas.com.pl

LITERATURA

- [1] P.T. Moseley, J. Garche, C.D. Parker, D.A.J. Rand, *Valve-Regulated Lead-Acid Batteries*, Elsevier, 2004.
- [2] Łęgosz Z., Czy baterie VRLA mogą żyć 20 lat Przedwczesna utrata pojemności – fundamentalny problem baterii VRLA *Wiadomości Elektrotechniczne* 2001, R. LXIX, nr 3, 111-115,
- [3] Calábek M., Micka K., Bača P., Křivák P., Šmarda V., Resistance changes and premature capacity loss in lead battery plates, *J. Power Sources* 62 (1996), 161 – 166.
- [4] Hollenkamp A.F., Premature capacity loss in lead/acid batteries: a discussion of the antimony-free effect and related phenomena, *J. Power Sources* 36 (1991), 567-585
- [5] Kosai M., Yasukawa S., Osumi S., Tsubota M., Effect of antimony on premature capacity loss of lead/acid batteries, *J. Power Sources* 67 (1997), 43 – 48
- [6] Pavlov D., Effect of corrosion layer on phenomena that cause premature capacity loss in lead/acid batteries, *J. Power Sources* 48 (1994), 179-193;
- [7] Pavlov D., Peťkova G., Dimitrov M., Shiomi M., Tsubota M., Influence of fast charge on the life cycle of positive lead-acid battery plates, *J. Power Sources* 87 (2000), 39-56;
- [8] Shiomi M., Okada Y., Tsuboi Y., Osumi S., Tsubota M., Study of PCL mechanism. Influence of grid/PAM state on PCL, *J. Power Sources* 113 (2003), 271 – 276
- [9] TBA30-IŁ – Dokumentacja techniczno-ruchowa (DTR) i instrukcja obsługi – Instytut Łączności
- [10] System Testowania Baterii – opis techniczny – Telzas Sp.z.o.o
- [11] Alber MPM-100 – technical description – Emerson Network Power.