

Stacjonarne urządzenia TBA-ST – do pomiaru dysponowanej pojemności akumulatorów siłowni telekomunikacyjnych – projekt SKOT

***Paweł Godlewski, Kazimierz Niechoda,
Krzysztof Olechowski, Barbara Regulska***

Pierwsze urządzenie do pomiaru pojemności baterii akumulatorów, przeznaczone do wbudowania w układ siłowni, Instytut Łączności zaprezentował już w 2004 roku, jednak dostępne wówczas rozwiązania techniczne okazały się zbyt kosztowne. Dopiero po 2011 roku wzrost cen akumulatorów ołowiowych i kosztów pracy oraz zaostreżenie wymagań niezawodnościowych dla siłowni przyniosły zainteresowanie takim rozwiązaniem, a uzyskanie rynkowego produktu o akceptowalnej cenie umożliwiły lepsze parametry elementów, doświadczenie nabyte przy opracowaniu i eksploatacji urządzeń przenośnych (TBA150-IL, TBA160-IL, TBA30-IL) oraz współpraca z producentem i dostawcą systemu zasilania. Dzięki uzyskaniu dofinansowania z NCBR realizacji projektu „System kontroli rezerwy energetycznej obiektów telekomunikacyjnych – SKOT” na lata 2014/15, będzie możliwa komercjalizacja tego rozwiązania. Artykuł przybliży szczegóły techniczne urządzenia TBA-ST opracowanego w Instytucie Łączności.

Badanie stanu baterii akumulatorów, zasilanie urządzeń łączności, zdalna kontrola

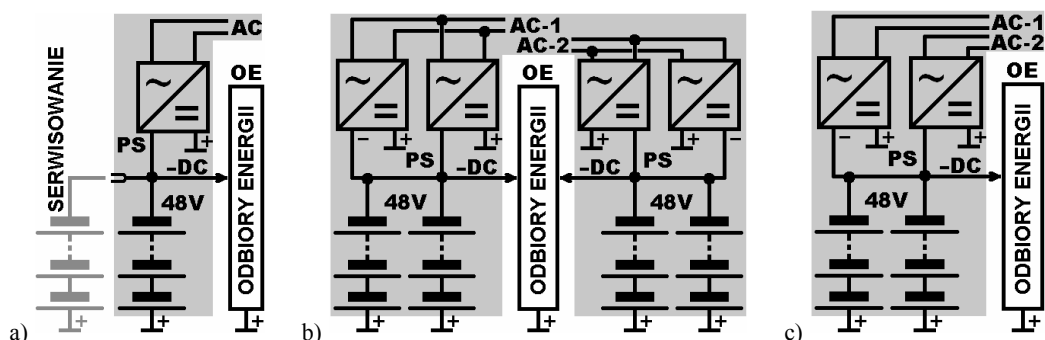
Wprowadzenie

Instytut Łączności ma bogate, wieloletnie doświadczenie w konstruowaniu urządzeń do badania baterii akumulatorów w obiektach telekomunikacyjnych, współpracując m.in. z firmą Electronic Power and Market Sp. z o.o. (EP&M) [1]. Konsorcjum Instytutu z tą firmą uzyskało dofinansowanie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju na projekt „System kontroli rezerwy energetycznej obiektów telekomunikacyjnych – SKOT”. Jego celem jest opracowanie oraz przeprowadzenie badań certyfikacyjnych i eksploatacyjnych, wyposażonego w funkcję scentralizowanego zarządzania pomiarami, systemu zdalnej kontroli dysponowanej pojemności baterii akumulatorów 48 V /50-600 Ah, stanowiących podstawową rezerwę energetyczną w obiektach telekomunikacyjnych.

W systemie przewiduje się zastosowanie rozwiązań Instytutu Łączności z zakresu pomiaru dysponowanej pojemności baterii akumulatorów, rozwiązań firmy EP&M z zakresu zdalnego nadzoru siłowni telekomunikacyjnych oraz siłowni prądu stałego firmy Benning.

Rezerwa energetyczna obiektów

Urządzenia techniczne systemów telekomunikacyjnych muszą funkcjonować także przy okresowym braku napięcia w sieci elektroenergetycznej AC (230/400 V), wobec czego ich rezerwowym źródłem energii są baterie akumulatorów. W stanie normalnej pracy siłowni napięcia stałego (rys. 1), jej prostowniki PS podają na urządzenia telekomunikacyjne (odbiorcy energii OE) i na baterie akumulatorów (48 V) napięcie stałe tzw. buforowania (około 54 V). Gdy zanika napięcie w sieci elektroenergetycznej, to zasilanie urządzeń przejmują baterie. Po powrocie tego napięcia zasilanie urządzeń ponownie zapewniają prostowniki, ładując także baterie akumulatorów. W najczęściej stosowanym rozwiązaniu (rys. 1c) występują co najmniej dwie baterie akumulatorów o napięciu 48 V (złożone z ogniw o napięciu znamionowym 2 V, albo z monobloków 4 V, 6 V, 8 V, 12 V lub 18 V).



Rys. 1. Trzy układy pracy siłowni DC: a) o niskiej niezawodności, b) o maksymalnej niezawodności, c) najczęściej stosowany, optymalny; w układach b) i c) można odłączyć dowolny element bez zmiany funkcjonalności siłowni

Podstawowy parametr akumulatorów, pojemność znamionową (oznaczaną jako Q_{10} zn. lub C), określa się najczęściej dla rozładowania tzw. prądem 10-godzinnym (I10C lub 0,1CA), przy którym z nowego akumulatora, w ciągu 10 godzin, można pobrać 100% jego pojemności. Natomiast dostępna w danych warunkach pojemność, tzw. dysponowana (Q), zależy m.in. od pobieranego prądu, temperatury, lat eksploatacji i liczby już zrealizowanych cykli pracy.

W Polsce pracuje ponad 20 tysięcy obiektów telekomunikacyjnych wymagających gwarantowanego zasilania, zaprojektowanych na 10-25 lat pracy. W około 90% z nich rezerwą energetyczną są akumulatory typu VRLA o pojemności od 50 Ah do 600 Ah.

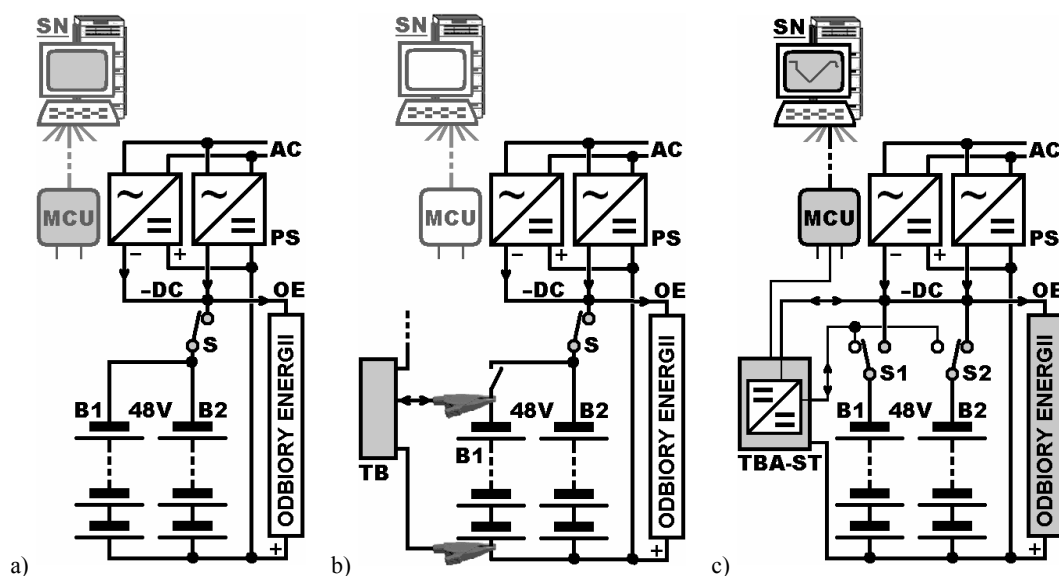
Stosowane w telekomunikacji akumulatory VRLA, w tym AGM (Absorbent Glas Mat), zależnie od typu, mają projektowaną żywotność 10-20 lat pracy z napięciem buforowania oraz 300–1800 cykli rozładowania–naładowania. Realną ich żywotność, rozumianą jako czas w którym utrzymują zdolność udostępnienia energii na poziomie co najmniej 80% pojemności znamionowej, obniżają: trwale utrzymująca się duża (ponad 20°C) temperatura pracy, zbyt mały lub zbyt duży prąd rozładowywania, odbiegający od zalecanego prądu ładowania i niedostosowane do temperatury napięcie buforowania [2].

Ze względu na występujące w trakcie normalnej eksploatacji różne od optymalnych warunki pracy, degradacja części baterii następuje nawet przed upływem połowy czasu żywotności [3], chociaż zdecydowana większość pozostaje sprawna do końca tego okresu. Dlatego, dla zagwarantowania wymaganej ciągłości rezerwy energetycznej, baterie akumulatorów należy albo wymieniać przed upływem połowy czasu projektowanej żywotności albo systematycznie badać i wymieniać tylko baterie (lub ich monobloki) wykazane podczas badania jako niesprawne. Wymiana baterii jest kosztowna, gdyż nawet niedroga bateria 48 V /150 Ah, o żywotności 10 lat / 300 cykli, kosztuje ok. 8 tys. zł. Stąd poszukiwania optymalnych rozwiązań do wiarygodnej oceny stanu baterii lub do prowadzenia systematycznych pomiarów ich dysponowanej pojemności.

Pomiar dysponowanej pojemności akumulatorów w obiekcie telekomunikacyjnym

Układ klasycznej siłowni telekomunikacyjnej o dwu bateriach akumulatorów 48 V pokazano na rys. 2a. Zespoły prostownikowe PS podają napięcie stałe na odbiory energii OE oraz na baterie. Stycznik S w obwodzie baterii zapewnia ich ochronę przed nadmiernym rozładowaniem w razie długotrwałego zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej AC. Pracą zarządza sterownik MCU, a nadzór nad wieloma siłowniami sprawuje system nadzoru SN.

Ewidentnie uszkodzone baterie lub ich monobloki można zlokalizować w siłowniach poprzez okresowe pomiary miernikiem konduktancji lub poprzez, prowadzony z poziomu centrum systemu nadzoru SN, monitoring ich napięć, prądów i temperatur. Baterie o zaniżonej dysponowanej pojemności można obecnie lokalizować, mierząc ich pojemność za pomocą przenośnych testerów TB (opornic rozładowczych lub urządzeń TBA-IL). Istniejące, wbudowane w siłownie, rozwiązania do oceny pojemności baterii, albo bazują na częściowym (dla utrzymania rezerwy energetycznej) rozładowaniu wszystkich baterii w układzie pracy w siłowni, albo wymagają istnienia w siłowni odbiorów tzw. niekrytycznych (lub opornic), na które będą kolejno rozładowywane, odłączane do pomiaru, baterie.



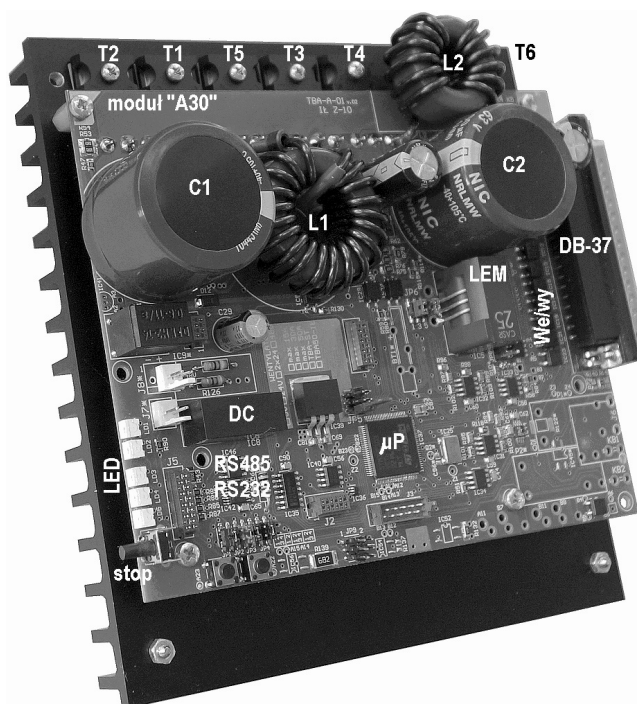
Rys. 2. Układ pracy telekomunikacyjnej siłowni DC: a) tradycyjnej, b) z dołączonym przenośnym testerem TB, c) z wbudowanym testerem TBA-ST

Ideę nowatorskiego, zintegrowanego z siłowniami, systemu pomiaru dysponowanej pojemności baterii akumulatorów, bazującego na urządzeniach TBA-ST, pokazano na rys. 2c. Rozwiązanie to wykorzystuje zmodyfikowany układ siłowni (zgłoszenie patentowe Instytutu Łączności), w którym zamiast (lub obok) odłącznika podnapięciowego S zastosowano w obwodzie każdej z baterii indywidualne styczniki S1, S2. Bateria wyznaczona przez centrum systemu nadzoru SN do badań jest odłączana od obwodu siłowni i dołączana do wejścia urządzenia TBA-ST, które rozładowuje i ładuje baterię, przy czym energię z rozładowywanej baterii przekazuje do odbiorów OE. Wyniki pomiarów, w tym dysponowana pojemność w Ah, przekazane do centrum systemu nadzoru SN, stanowią podstawę do obliczania czasu rezerwy energetycznej obiektów oraz do planowania zakupów i wymian baterii akumulatorów.

Dostępne obecnie elementy elektroniczne i rozwiązania techniczne umożliwiły wykonanie kompletnego urządzenia TBA-ST (o wydajności prądowej 50 A) w postaci jednopłytkowego modułu TBA-A o wymiarach ok. 16 x 15 cm.

Moduł TBA-A

Moduł TBA-A (rys. 3) wraz z odpowiednim oprogramowaniem tworzy kompletne stacjonarne urządzenie TBA-ST (rys. 4), a z dodatkowym modułem TBA-W oraz z innym programem działania – przenośne urządzenie TBA50-IL (rys. 5-6).



Rys. 3. Modelowy moduł TBA-A – podstawa urządzeń TBA-ST oraz TBA50-IL

Podstawowym układem modułu TBA-A jest dwukierunkowa przetwornica podwyższająco-obniżająca zbudowana z tranzystorów T1–T4, dławika L1 i kondensatorów C1, C2. Odpowiednio sterowane tranzystory (zawsze pracuje impulsowo, z częstotliwością 35 kHz, jeden z nich), poprzez podwyższanie lub obniżanie napięcia, umożliwiają przekazywanie energii przy zadanym prądzie pomiędzy badaną baterią (B1 lub B2), a systemem zasilania (prostowniki PS i odbiory OE). Dodatkowe tranzystory T5 i T6 w obwodach prądowych są załączane po naładowaniu (poprzez rezystory R) kondensatorów C1 i C2, a dławik L2 i kondensator C eliminują tętnienia wnoszone do obwodu siłowni. Pracą urządzenia zarządza mikroprocesor STM32F103VE, który steruje m. in. tranzystorami, odczytuje z przetwornika LEM wartości chwilowe prądu baterii, mierzy napięcie siłowni i baterii, obsługuje interfejsy szeregowy (RS232/485) oraz blok wejść/wyjść (We/wy) współpracujący z elementami siłowni. Moduł pracuje z bateriami o napięciu znamionowym 48 V, tzn. z zakresu 43–58 V (i z siłownią o napięciu buforowania 53–55 V), ale istnieje możliwość dostosowania rozwiązania do obsługi baterii o innym ustalonym napięciu znamionowym z zakresu 24–50 V.

Elastyczny i wygodny dla potencjalnego producenta moduł TBA-A nie powstał oczywiście od razu, ale w wyniku iteracji i weryfikacji kolejnych rozwiązań. Poprzez modyfikacje układu i programu działania powstawały kolejno: wielopłytkowe i następnie dwupłytkowe urządzenia stacjonarne dla prądu 20 A [4] i 25 A z procesorem firmy NEC, takim jak w urządzeniach TBA2-IL, TBA150-IL i TBA160-IL, jednopłytkowe urządzenie stacjonarne o prądzie 30 A z nowszym i tańszym procesorem STM32F103VE, dwumodułowe urządzenie przenośne TBA30-IL dla prądu 30 A i jego rozbudowana wersja dla prądu 50 A z przystawką do pomiaru napięć 24 ogniw baterii. Obecnie trwają prace związane z tanim, jednopłytkowym, stacjonarnym urządzeniem TBA-ST o dużej elastyczności wejść-wyjść i wydajności prądowej 50 A, z możliwością rozbudowy (drugim modułem) do taniej wersji przenośnej TBA50-IL.

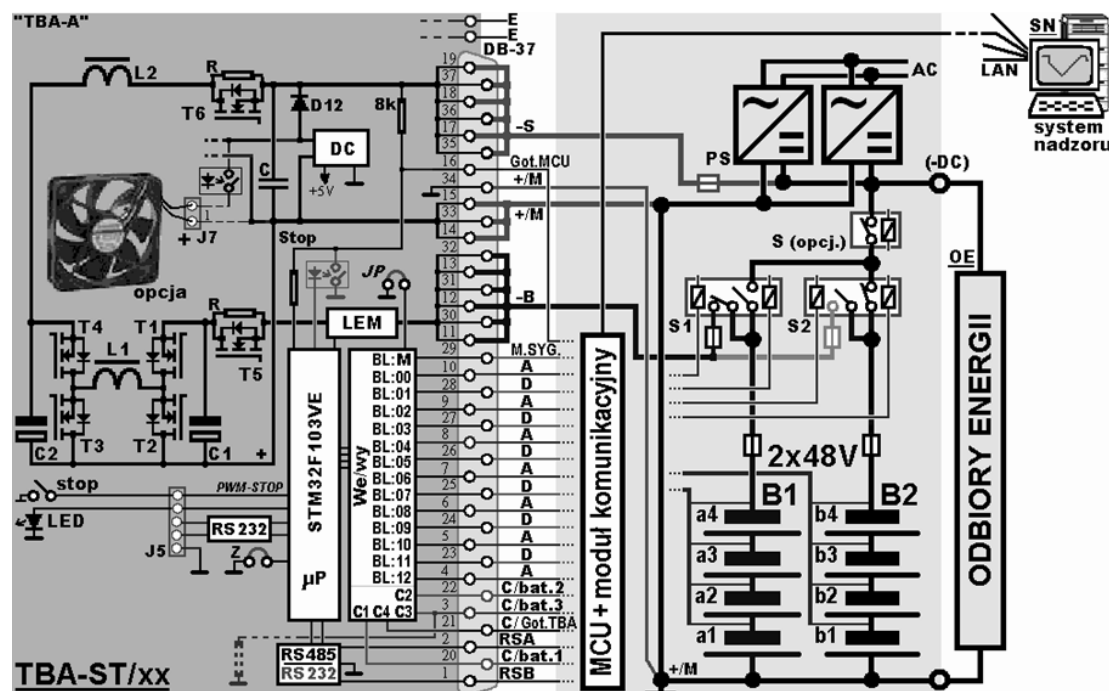
Moduł TBA-A, stanowiący z założenia podstawę urządzeń TBA-ST i TBA50-IŁ, wykorzystuje do komunikacji z otoczeniem jedno złącze typu DB-37. Dodatkowe styki prądowe E są potrzebne jedynie do pracy z prądem powyżej 30 A lub do dołączenia opornicy (dla pracy także poza siłownią). W złączu DB-37 można wyróżnić zrównoleżone styki prądowe -S (łączone z biegunem ujemnym siłowni), styki +/M (do masy siłowni) i styki -B (biegun ujemny badanej baterii) oraz szereg styków (wejść i wyjść) do komunikacji z elementami siłowni. Linia Stop sygnalizuje brak gotowości do współpracy siłowni lub urządzenia oraz wymusza natychmiastowe zaprzestanie pracy prądowej. Linie oznaczone literą A mogą być wejściami do pomiaru napięć bloków baterii lub wysokonapięciowymi wyjściami sterującymi typu 1 z 7 (aktywny stan niski, wydajność prądowa 100 mA). Sześć linii D może być wejściami do pomiaru napięć bloków baterii lub wejściami sygnałowymi (aktywny poziom niski). Cztery linie C to niezależne wyjścia (aktywny poziom niski, wydajność prądowa 100 mA). Linie RSA (RX) i RSB (TX) służą do transmisji danych po RS485 (lub RS232). W urządzeniu TBA50-IŁ linia C2 sygnalizuje trwanie stanu rozładowywania baterii.

Na pakiecie znajdują się także: złącze zasilające wentylatorów wymaganych przy pracy prądem ponad 15 A, diody sygnalizacyjne LED oraz, dla urządzenia stacjonarnego przycisk Stop. Do złącza J2/J5 (RS-232) można podłączyć zewnętrzne urządzenie – na przykład dołączany przez serwisanta programator parametrów badanej baterii (gdy moduł TBA-A pracuje w urządzeniu TBA-ST) lub zespół komunikacyjny TBA-W urządzenia przenośnego (gdy moduł TBA-A pracuje w urządzeniu TBA50-IŁ). Stosowany w urządzeniu przenośnym, umieszczony w pobliżu wentylatora czujnik temperatury LM35, mierzy temperaturę zbliżoną do temperatury otoczenia badanej baterii.

Stacjonarne urządzenie TBA-ST w układzie siłowni DC – projekt SKOT

Zgodnie z przyjętym założeniem projektu SKOT, stacjonarne urządzenia TBA-ST mają pracować w dostosowanych do nowej funkcji siłowniach firmy Benning, przy czym za komunikację urządzeń z systemem nadzoru SCS Win odpowiada moduł komunikacyjny tego systemu. Ogólny układ siłowni z dołączonym urządzeniem TBA-ST pokazano na rys. 4.

Praca urządzenia TBA-ST w siłowni przebiega następująco. Po odłączeniu baterii wyznaczonej do badania (B1 na rys. 4) od obwodów siłowni i dołączeniu do wejścia urządzenia TBA-ST za pomocą styczników (S1) oraz otrzymania polecenia badania, urządzenie TBA-ST najpierw przeprowadza ładowanie wyrównawcze baterii, pobierając potrzebną energię z prostowników PS poprzez szynę systemową DC. Po zadanym czasie ładowania następuje operacja rozładowania kontrolnego baterii, realizowana z reguły prądem 10-godzinnym. Podczas rozładowywania energia z baterii jest oddawana poprzez szynę systemową DC, ze sprawnością ok. 95%, do odbiorników energii OE, co odciąża prostowniki siłowni. Rozładowywanie kończy się albo po pobraniu określonego ładunku (np. 85% pojemności znamionowej), albo gdy napięcie baterii lub jej monobloku spadnie do poziomu 1,80 V/ogniwo (wówczas jeżeli pobrane amperogodziny są poniżej 80% pojemności znamionowej, to bateria jest uważana za niesprawną). Bezpośrednio po rozładowaniu następuje ładowanie powrotne skontrolowanej baterii, z reguły prądem 10-godzinnym, a potrzebna energia jest pobierana, ze sprawnością ok. 95%, z prostowników PS. Bateria jest ładowana do zadanego napięcia, wyższego od napięcia buforowania, a gdy płynący do niej prąd spadnie do wartości prądu konserwującego lub po zadanym czasie, urządzenie kończy badanie i przesyła jego wynik do centrum systemu nadzoru SN. Następnie zbadana bateria (B1) zostaje odłączona od wejścia urządzenia oraz dołączona (poprzez stycznik S1 na rys. 1) do prostowników PS i odbiorników energii OE.

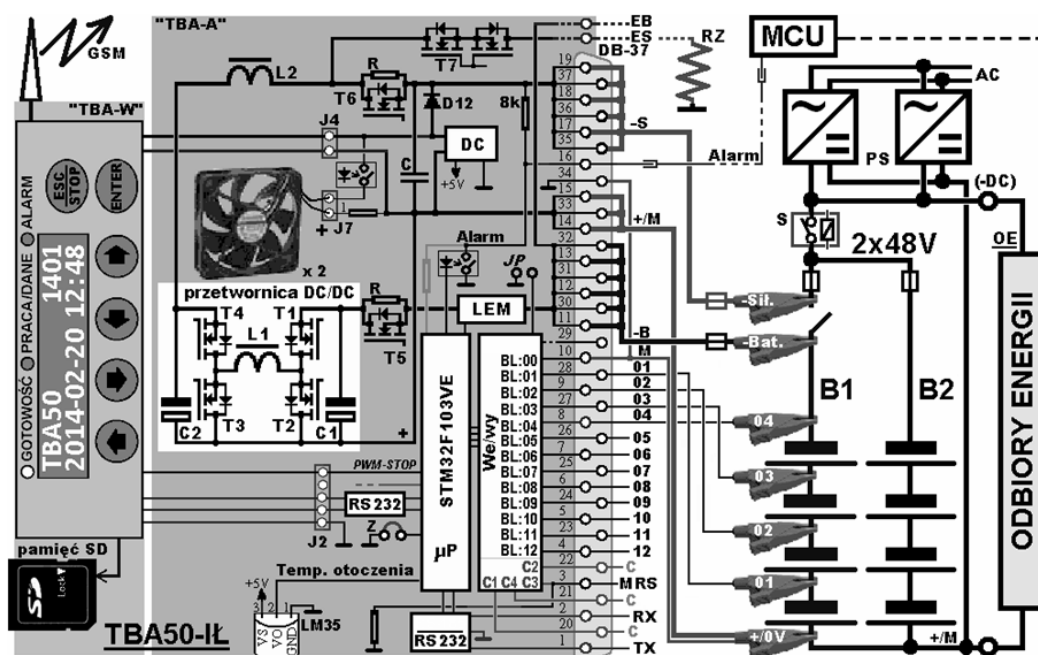


Rys. 4. Schemat blokowy stacjonarnego urządzenia TBA-ST w siłowni DC (xx w nazwie oznacza wersję prądową, ustawianą za pomocą zworek „z”)

Podczas badania baterii siłownia cały czas dysponuje rezerwą energetyczną drugiej lub pozostałych baterii. Gdy podczas kontrolnego rozładowywania baterii zaniknie napięcie w sieci elektroenergetycznej AC (230/400 V), to pobierana z niej energia, przekazywana na szynę systemową DC wspomaga przy zasilaniu odbiorów dołączone do systemu pozostałe baterie. Jeżeli zanik napięcia w sieci nastąpi podczas ładowania wyrównawczego lub powrotnego, to napięcie na szynie systemowej siłowni DC natychmiast spadnie poniżej 50 V i w odpowiedzi urządzenie TBA-ST przerwie ładowanie, aby nie obciążać pozostałych baterii. Przy dalszym spadku napięcia na tej szynie urządzenie przejdzie do rozładowywania i pozostała w baterii energia będzie wspomagać odbiory OE. Gdy napięcie na szynie systemowej (po powrocie zasilania z sieci elektroenergetycznej) zacznie rosnąć, to urządzenie przerwie wspomaganie odbiorów, a przy dalszym jego wzroście przystąpi do naładowania kontrolowanej baterii.

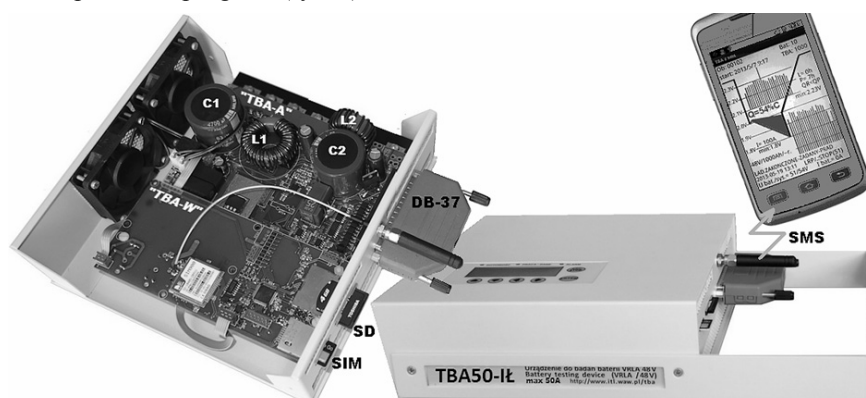
Urządzenie przenośne TBA50-IŁ z modułem urządzenia stacjonarnego

Przed przystąpieniem do realizacji projektu SKOT w Instytucie zostało opracowane urządzenie przenośne TBA50-IŁ wykorzystujące opisany moduł TBA-A, ale w wersji modelowej. Głównym powodem opracowania tego urządzenia była potrzeba szybkiego i gruntownego przetestowania nowej koncepcji. Założono, że praca urządzenia przenośnego pod obciążeniem dużym prądem, w różnych warunkach eksploatacyjnych, z bateriami w różnym stanie technicznym będzie realizowana 20–50 razy w roku. Uznano, że takie sprawdzenie modułu TBA-A pozwoli zweryfikować rozwiązanie, a także przekonać potencjalnych użytkowników urządzeń TBA-ST do ich właściwości oraz niezawodności pracy.



Rys. 5. Schemat blokowy przenośnego urządzenia TBA50-IŁ z modulem „TBA-A” urządzeń stacjonarnych

Praca urządzenia TBA50-IŁ (rys. 5), przebiega w siłowni DC następująco. Pracownik obsługujący urządzenie odłącza baterię przeznaczoną do kontroli od obwodów siłowni, rozpoczynając od wyjęcia jej bezpiecznika, a następnie dołącza obwody prądowe (+/0 V, -S, -B) oraz przewody pomiarowe monobloków baterii 01, 02... . Po załączeniu bezpiecznika, korzystając z wbudowanej klawiatury-wyświetlacza modułu TBA-W, wprowadza parametry badanej baterii i inicjuje badanie, z reguły obejmujące ładowanie wyrównawcze, rozładowanie i naładowanie kontrolowanej baterii. Przebieg badania jest taki, jak w urządzeniu stacjonarnym, ale urządzenie kończąc badanie zapisuje wyniki w pamięci typu SD, co umożliwia ich wygodne przeglądanie, po wykonaniu wielu badań w obiektach, na komputerze PC [6]. Można także uaktywnić funkcję powiadamiania za pomocą SMS-ów, a otrzymane wyniki odczytywać tekstowo lub w postaci graficznej [5] – na telefonie-smartfonie wyposażonym w odpowiedni program (rys. 6).



Rys. 6. Model urządzenia TBA50-IŁ z funkcją powiadamiania za pomocą SMS-ów

Po zbadaniu bateria pozostaje w stanie naładowania i można ją dołączyć do obwodów siłowni, postępując w odwrotnej kolejności niż przy jej odłączeniu.

Istnieje możliwość modyfikacji rozwiązania, w tym przystosowania urządzeń TBA50-IL do pracy z obciążeniem rezystancyjnym (do pracy poza siłownią) lub do pracy równoległej (dla umożliwienia badań baterii o pojemnościach powyżej 1000 Ah).

Cel i zadania projektu SKOT

Celem projektu SKOT jest opracowanie oraz przeprowadzenie badań certyfikacyjnych i eksploatacyjnych, opisanego powyżej systemu zawierającego urządzenie TBA-ST. W ramach projektu przewiduje się realizację następujących zadań:

- opracowanie wymagań na współpracujące z urządzeniami TBA-ST siłownie oraz moduły programowe do zarządzania badaniami i do prezentacji wyników,
- opracowanie wymagań na stacjonarne urządzenia TBA-ST i ich współpracę z elementami systemu,
- zaprojektowanie i wykonanie rozwiązań sprzętowo-programowych stacjonarnych urządzeń TBA-ST oraz zbadanie ich modeli,
- opracowanie oraz implementację modułów programowych (dla systemu nadzoru SCS Win) do zarządzania badaniami w siłowniach oraz do prezentacji wyników takich badań,
- przygotowanie modeli siłowni dostosowanych do współpracy z urządzeniami TBA-ST,
- wykonanie prototypów siłowni dostosowanych do współpracy z urządzeniami TBA-ST oraz ich badania z systemem zarządzania SCS Win,
- wykonanie i uruchomienie serii prototypowej stacjonarnych urządzeń TBA-ST oraz opracowanie ich dokumentacji technicznej,
- testowanie oprogramowania i badania elementów systemu oraz ich współpracy,
- wykonanie instalacji doświadczalnych systemu w obiektach i przeprowadzenie badań eksploatacyjnych,
- weryfikacja systemu oraz współpracy jego elementów w warunkach rzeczywistych.

Celem ostatniego zadania, którego zakończenie zaplanowano na październik 2015 roku, będzie weryfikacja wszystkich rozwiązań, funkcjonalności poszczególnych elementów oraz ich współpracy, a także upowszechnienie wiedzy o nowym rozwiązaniu. Badania będą realizowane według programu badań opracowanego w konsultacji z przyszłymi użytkownikami siłowni. Weryfikacja prototypów oraz współdziałania elementów systemu i systemu jako całości, w warunkach rzeczywistych (u użytkownika siłowni) obejmować będzie podstawowe testy funkcjonalne siłowni w systemie (bez nowych funkcjonalności), testy nowych funkcjonalności pod nadzorem obsługi oraz długookresowe (4–6 miesięcy) testy funkcjonalne urządzeń i oprogramowania.

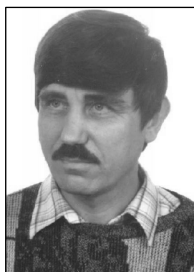
Zweryfikowana w warunkach eksploatacyjnych współpraca elementów systemu będzie podstawą do prowadzenia prac związanych z komercjalizacją tego rozwiązania.

Należy zwrócić uwagę, że każde urządzenie wykonane w Instytucie Łączności podlega badaniom na zgodność z opracowanymi wcześniej warunkami technicznymi, a następnie jest testowane w warunkach rzeczywistych. Na podstawie uwag eksploatacji następuje jego poprawienie, z reguły w zakresie oprogramowania i rozszerzeń o nowe funkcjonalności przydatne służbom technicznym.

Bibliografia

- [1] Materiały o urządzeniach „rodziny TBA” - <http://www.itl.waw.pl/tba>
- [2] Chojnacki B., Godlewski P., Kobus R.: *Ocena sprawności baterii akumulatorów*, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, SIGMA NOT, Warszawa, 2010, nr 8–9, s. 1098.
- [3] Godlewski P., Regulska B.: *Automatyzacja oraz zdalne badania baterii akumulatorów w obiekcie telekomunikacyjnym*, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, SIGMA NOT, 2012, nr 8–9, s. 1260 (na CD).
- [4] Godlewski P., Kunert T.: *Konwerter TBA20-IŁ do siłowni telekomunikacyjnej*. Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2004, nr 1–2, s. 87.
- [5] Godlewski P., Kowalczyk W., Kobus P., Wojciechowska K.: *Obrazowanie stanu akumulatorów w smartfonie na podstawie SMS-ów z urządzeń TBA-IŁ*, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2014, nr 1–2, s. 49.
- [6] Godlewski P., Parol B., Masternak M.: *Wizualizacja danych z urządzeń TBA160-IŁ*, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, 2011, nr 3–4, s. 52.
- [7] Godlewski P., Chojnacki B., Kobus R.: *Funkcjonowanie i budowa urządzeń TBA160-IŁ*, Biblioteka Infotela. Szerokie Pasma – Rozwiązania technologiczne i usługi, 2012, s. 38.

Paweł Godlewski



Inż. Paweł Godlewski – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1973) i długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1973). Jest autorem wielu prac konstrukcyjnych, współautorem systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ i urządzeń serii TBA-IŁ, autorem licznych publikacji naukowych a także współautorem wielu patentów. Jego zainteresowania naukowe to m.in.: systemy wizualizacji danych dla systemów telekomunikacyjnych, urządzenia kontrolno-pomiarowe sterowane programowo (procesorami) w telekomunikacji.

e-mail: P.Godlewski@itl.waw.pl

Kazimierz Niechoda



Mgr inż. Kazimierz Niechoda – absolwent Politechniki Warszawskiej, kierunek automatyka i metrologia, od 1979 roku pracownik Instytutu Łączności w Warszawie, obecnie pracuje na stanowisku głównego specjalisty inżynierjno-technicznego w Zakładzie Zastosowań i Zasilania Łączności Elektronicznej. Współautor wielu patentów oraz wdrożonych do eksploatacji, sterowanych programowo urządzeń i systemów przeznaczonych dla telekomunikacji (w tym ABA, ABUS, AST-IŁ, AWP-IŁ, TBA-IŁ).

e-mail: K.Niechoda@itl.waw.pl

Krzysztof Olechowski



Mgr inż. Krzysztof Olechowski (1954) – absolwent Politechniki Warszawskiej, kierunku elektronika jądrowa, od 1979 roku pracownik Instytutu Łączności w Warszawie, obecnie pracuje na stanowisku głównego specjalisty inżynieryjno-technicznego w Zakładzie Zastosowań i Zasilania Łączności Elektronicznej. Współautor wielu patentów oraz wdrożonych do eksploatacji, sterowanych programowo urządzeń i systemów przeznaczonych dla telekomunikacji (w tym ABA, ABUS, AST-IŁ, AWP-IŁ, TBA-IŁ).

e-mail: K.Olechowski@itl.waw.pl

Barbara Regulska



Mgr inż. Barbara Regulska – absolwentka Wydziału Mechaniczno-Technologicznego Politechniki Warszawskiej (1980); długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1984); współorganizator i współwykonawca wdrożeń w Instytucie Łączności (systemu preprocesingu AST-IŁ i systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ); współwykonawca projektów dotyczących systemów specjalnych łączności na potrzeby kierowania bezpieczeństwem narodowym i badań jakości usług telekomunikacyjnych; zainteresowania naukowe: systemy oceny jakości sieci telekomunikacyjnych i specjalne systemy łączności dla administracji publicznej.

e-mail: B.Regulska@itl.waw.pl