

Katarzyna BIERNAT
Konrad NITA
Stefan WÓJTOWICZ

ARCHITEKTURA MIKROSIECI DO INTELIGENTNEGO ŁADOWANIA POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH

STRESZCZENIE *Rozwój infrastruktury ładowania pojazdów z napędem elektrycznym jest jednym z podstawowych czynników umożliwiających wprowadzenie do sprzedaży oraz użytkowania samochodów elektrycznych. Instytut Elektrotechniki od kilku lat prowadzi badania w zakresie budowy tego typu infrastruktury. W artykule przedstawiono koncepcję mikrosieci inteligentnej, której podstawową funkcją jest zapewnienie ładowania pojazdów w energię elektryczną. Pokazano jedno z możliwych rozwiązań systemów ładowania pojazdów elektrycznych z zastosowaniem alternatywnych źródeł energii, przede wszystkim źródeł odnawialnych. Koniecznym elementem takich systemów są wewnętrzne zasobniki energii. Przedmiotem badań są Inteligentne Systemy Ładowania pojazdów, reagujące na bieżącą sytuację obciążenia stacji ładowania, porę doby, stany wewnętrzne, takie jak stopień naładowania wewnętrznych zasobników energii, stan sieci elektroenergetycznej. Opisano stacje standardowego i szybkiego ładowania o standardzie CHADEMO zbudowaną w Instytucie Elektrotechniki. Przedstawiono jej budowę oraz sposób komunikowania z pojazdem elektrycznym.*

Słowa kluczowe: *pojazdy elektryczne, odnawialne źródła energii, szybkie ładowanie, CHADEMO*

mgr Katarzyna BIERNAT
e-mail: k.biernat@iel.waw.pl

dr inż. Konrad NITA
e-mail: k.nita@iel.waw.pl

dr inż. Stefan WÓJTOWICZ
e-mail: s.wojtowicz@iel.waw.pl

Zakład Systemów Diagnostycznych i Pomiarowych
Instytut Elektrotechniki

1. WSTĘP

Przewidywany w najbliższych latach rozwój pojazdów elektrycznych będzie miał istotny wpływ na funkcjonowanie systemu wytwarzania i dystrybucji energii elektrycznej. Pojawi się na masową skalę nowa grupa odbiorców energii elektrycznej, co wymusi rozbudowę infrastruktury ładowania pojazdów oraz wpłynie na zmiany w sieci elektroenergetycznej. Jednocześnie ta nowa grupa odbiorców energii stwarza możliwości do rozwoju idei rozproszonego magazynowania energii elektrycznej, która może być wykorzystana do poprawy jakości zasilania i niezawodności dostaw energii elektrycznej. Ze względu na wymagania pakietu klimatycznego wskazane jest, by rozwój pojazdów elektrycznych pozostawał w związku z rozwojem odnawialnych źródeł energii. Wtedy zwiększenie zapotrzebowania na energię elektryczną nie pociągnie za sobą zwiększenia niekorzystnych emisji w tym gazów cieplarnianych.

W Instytucie Elektrotechniki prowadzone są prace nad rozwojem rynku samochodów elektrycznych. W ramach projektu „Budowa rynku pojazdów elektrycznych, infrastruktury ich ładowania – podstawą bezpieczeństwa energetycznego”, będącego częścią Programu Operacyjnego *Innowacyjna Gospodarka, Działanie 5.1: Dyfuzja Innowacji*, Instytut Elektrotechniki wytworzył i zamontował 200 terminali ładowania pojazdów elektrycznych. Poczynając od prostych terminali garażowych do użytku prywatnego, poprzez Publiczne Punkty Ładowania (PPL) o jedno i dwukierunkowym przesyle energii, aż po stacje szybkiego ładowania (50 kW). Zbudowane Publiczne Punkty Ładowania występują w wersjach jedno- i trzygniazdowych. Na podstawie zebranych doświadczeń oraz zgodnie z trendami dominującymi w elektroenergetyce zaproponowano rozwiązania mikrosieci ukierunkowane na obsługę pojazdów z napędem elektrycznym.

2. KOSZTOWE KRYTERIUM OPTIMALIZACJI

Tworzenie infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych otwiera pewne nowe możliwości pozytywnego wpływania na sieć energetyczną. Możliwe będzie wykorzystanie pojazdowych zasobników (usługa V2G – Vehicle to Grid) w celu poprawy niezawodności systemu energetycznego. Rozproszenie źródeł energii i zwiększenie udziału lokalnych źródeł odnawialnych będzie miało wpływ na stabilność systemu [1]. Wprowadzanie przekształtników energoelektronicznych, towarzyszące rozwojowi sprzętowemu sieci energetycznych, umożliwi

aplikacje nowych strategii sterowania w celu stabilizacji częstotliwości, regulacji napięcia czy kompensacji mocy biernej [8].

Celem badań jest analiza możliwych rozwiązań systemów ładowania pojazdów elektrycznych z zastosowaniem alternatywnych źródeł energii, przede wszystkim źródeł odnawialnych. Koniecznym elementem takich systemów są wewnętrzne zasobniki energii. Przedmiotem badań są Inteligentne Systemy Ładowania pojazdów, reagujące na bieżącą sytuację obciążenia stacji ładowania, porę doby, stany wewnętrzne, takie jak stopień naładowania wewnętrznych zasobników energii, stan sieci elektroenergetycznej. Analizując wiedzę o stanie wewnętrznym, otoczeniu i historii, prognozowany jest rozwój wydarzeń. Podstawowym kryterium optymalizacji brany pod uwagę przy sterowaniu elementami wchodzącymi w skład mikrosieci jest koszt chwilowy energii [2] wyznaczany z zależności:

$$k_i = \frac{\sum_{n=1}^N k_{n,i} p_{n,i}}{\sum_{n=1}^N p_n} \quad (1)$$

gdzie:

- k_i – koszt energii w chwili i ;
- $k_{n,i}$ – koszt energii ze źródła n w chwili i ;
- $p_{n,i}$ – moc chwilowa źródła n w chwili i .

Musi być jednocześnie spełniony warunek:

$$\sum_{k=1}^K p_{k,i} = \sum_{n=1}^N p_{n,i} \quad (2)$$

gdzie

- $p_{k,i}$ – moc chwilowa odbiornika k w chwili i .

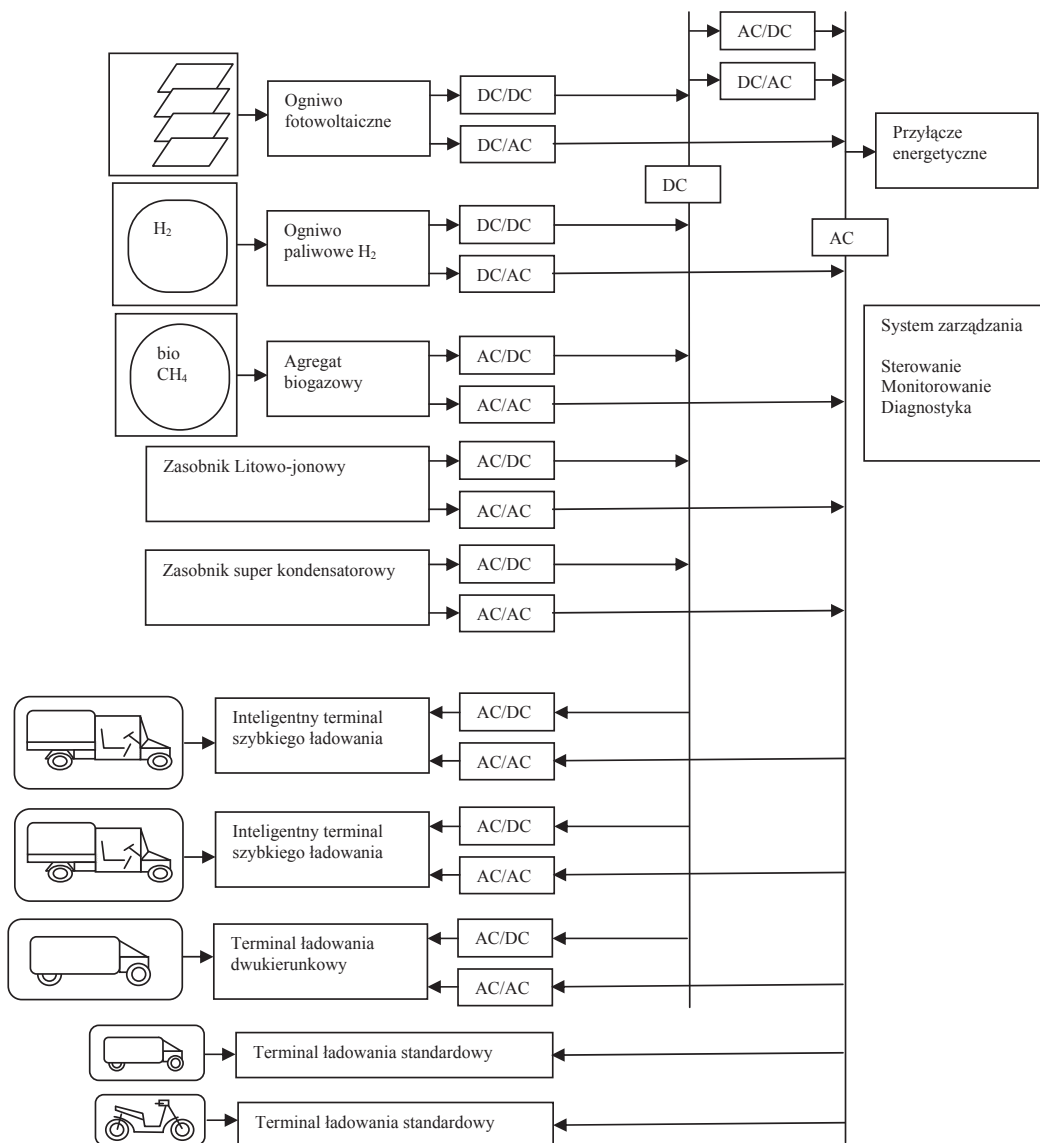
W mikrosieci są zainstalowane zasobniki energii, które mogą być zarówno odbiornikami energii, jak też źródłami. Dzięki magazynowaniu energii, koszt energii może być minimalizowany w dłuższym okresie czasu. Prowadzi to do bardziej interesującego kryterium, czyli do minimalizacja kosztów energii w dłuższym okresie, z uwzględnieniem prognozowania:

$$\int_0^T k_i dt = \int_0^T \frac{\sum_{n=1}^N k_{n,i} p_{n,i}}{\sum_{n=1}^N p_n} dt \quad (3)$$

Minimalizację kosztów energii, z punktu widzenia operatora mikrosieci, można uzyskać, wprowadzając zarządzanie przepływem energii w taki sposób, by w krótkim lub dłuższym okresie energia oddawana do pojazdów elektrycznych lub zwracana do sieci była pozyskiwana najmniejszym kosztem.

3. STRUKTURA FUNKCJONALNA MIKROSIECI

Schemat funkcjonalny (rys. 1) prezentuje podstawowe bloki sieci lokalnej przeznaczonej do obsługi wielostanowiskowej stacji ładowania pojazdów elektrycznych.



Rys. 1. Schemat funkcjonalny mikrosieci ładowania pojazdów elektrycznych

Mikrosieć jest systemem urządzeń funkcjonalnych (źródeł, magazynów i odbiorów energii elektrycznej), komunikujących się ze sobą przez magistralę informatyczną i połączonych liniami elektroenergetycznymi prądu zmiennego lub stałego [3]. Celem nadrzędnym działania sieci jest zapewnienie niezawodnego ładowania zasobników energii elektrycznej w podłączonych do stacji ładowania pojazdów. W skład systemu wchodzi następujące moduły:

- elektrownia fotowoltaiczna, której zadaniem jest wytwarzanie odnawialnej energii, wykorzystywanej na bieżąco do ładowania pojazdów, przy czym nadmiarowa energia jest magazynowana lub przekazywana do systemu elektroenergetycznego;
- elektrownia z ogniwem paliwowym i instalacją wodorową, która wytwarza energię elektryczną ze zmagazynowanego w instalacji wodorowej czystego wodoru; jest to źródło sterowalne;
- zespół agregatu prądotwórczego wraz z instalacją biogazową; zadaniem modułu jest alternatywne wytwarzanie energii elektrycznej ze zmagazynowanego w instalacji biogazu; jest to źródło sterowalne;
- moduł magazynowania energii elektrycznej składający się z baterii akumulatorów i zasobnika super kondensatorowego;
- moduł przyłącza energetycznego z zabezpieczeniami, zapewniający inteligentny pomiar energii z funkcjami pomiaru jakości energii oraz rozliczenie przepływów energii pomiędzy stacją ładowania a systemem elektroenergetycznym;
- terminale ładowania różnych typów: standardowe, szybkie, bezkontaktowe, z dwukierunkowym przepływem energii itp.; każdy terminal posiada graficzny interfejs użytkownika i ma za zadanie umożliwić użytkownikowi podłączenie pojazdu do systemu ładowania oraz dokonanie rozliczenia kosztów pobranej energii;
- moduł zarządzania odpowiedzialny za sterowanie, diagnostykę serwisową, etc.;
- przekształtnik AC-DC mający za zadanie ładowanie baterii akumulatorów z poziomu napięcia systemu elektroenergetycznego 3x230/400 VAC; zadaniem przekształtnika DC-AC jest zwrot energii elektrycznej zgromadzonej w akumulatorach do sieci prądu przemiennego.

Układ ładowania pojazdu elektrycznego przeprowadza prawidłowe ładowanie baterii akumulatorów pojazdu z określoną mocą oraz zapewnia możliwość przekazania zgromadzonej w baterii pojazdu energii do systemu 230/400 VAC. Integralną częścią badanego systemu są pojazdy elektryczne, które mogą być odbiornikami lub źródłami energii. Pojazdy mogą być podłączone do systemu lub pozostawać w stanie odłączenia. Pracą całego systemu steruje system zarządzania wykonując funkcje monitorowania, sterowania i diagnostyki. Każdy moduł jest połączony z magistralą CAN systemu.

4. TERMINALE ŁADOWANIA POJAZDÓW

W ramach projektu testowego Zakład Systemów Pomiarowo-Diagnostycznych Instytutu Elektrotechniki wykonał i zainstalował Publiczne Punkty ładowania jako samodzielne terminale podłączone do istniejących sieci niskiego napięcia.



Rys. 2. Publiczny Punkt Ładowania samochodów elektrycznych zainstalowany w Warszawie przy Instytucie Elektrotechniki



Rys. 3. Terminale garażowe w trakcie testowania

Publiczne Punkty Ładowania [4], w zależności od lokalizacji, instalowano na terenie prywatnym – podłączenie przez podlicznik z istniejącej rozdzielni

w budynku udostępniającego teren, lub w miejscach publicznych – budowa przyłącza energetycznego na podstawie podpisanej umowy z lokalnym dystrybutorem energii. Terminale zapewniały możliwość ładowania standardowego dla pojazdów posiadających dostęp przy pomocy karty zbliżeniowej.

5. STANDARD CHADEMO

Akumulatory ołowiowe pojazdów elektrycznych umożliwiały ładowanie prądem 10 lub 16 amperów. Zastosowanie akumulatorów litowo-żelazowych, które są znacznie lżejsze od ołowiowych przy tej samej mocy, pozwoliło na znacznie szybsze ładowanie. Na świecie prowadzone są badania nad rozwojem szybkiego ładowania akumulatorów. Jednym z rozwiązań jest stacja szybkiego ładowania typu CHADEMO, która udostępnia prąd stały o natężeniu do 125 A i napięciu do 500 V.

Typowa moc takiej stacji to 50 kW. Istnieją jeszcze innego rodzaju standardy szybkiego ładowania, udostępniające napięcie trójfazowe 230/400 V i natężenie prądu do 32 A. Jednak najbardziej rozpowszechnione są ładowarki CHADEMO. Przykładowe ładowarki tego typu zostały pokazane na rysunku 4. W kilkunastu krajach Europy i Azji, infrastruktura szybkiego ładowania została już bardzo rozwinięta, co pozwala na swobodne przemieszczanie się samochodem elektrycznym nawet na duże odległości. Poziom rozwoju infrastruktury szybkiego ładowania na świecie można obejrzeć na rysunku 5.



Rys. 4. Przykładowe stacje szybkiego ładowania w standardzie CHADEMO



Rys. 5. Rozmieszczenie stacje szybkiego ładowania akumulatorów typu CHADEMO na świecie

Dużym problemem przy instalacjach stacji szybkiego ładowania jest miejsce instalacji. Nie wszędzie istnieje fizyczna możliwość zainstalowania terminala szybkiego ładowania. Wynika to z mocy znamionowej, jaką potrzebuje stacja składająca się z kilku terminali szybkiego ładowania. W wielu przypadkach przekracza to możliwości niektórych stacji transformatorowych, do których istnieje możliwość podłączenia się w danej okolicy.

Instalowanie stacji szybkiego ładowania zalecane jest w pobliżu fabryk, dużych biurów, gdzie są duże stacje transformatorowe rzędu megawatów, z dużym zapasem mocy. Tego rodzaju instalacje nie stanowią większego zagrożenia dla stabilności sieci elektroenergetycznej. Istnieje możliwość stawiania stacji szybkiego ładowania w pobliżu różnego rodzaju przedsiębiorstw oraz dużych osiedli mieszkaniowych, ale raczej jako pojedynczych stanowisk szybkiego ładowania, nieznacznie pogarszających stabilność sieci elektroenergetycznej. W przypadku małych stacji transformatorowych instalowanych w pobliżu zabudowy domów jednorodzinnych, odradza się instalacje terminali szybkiego ładowania, natomiast zalecane jest normalne ładowanie prądem 10-16 A w godzinach nocnych, co zmniejsza nocną nadprodukcję energii.

W ładowarkach CHADEMO jednostka sterująca pojazdu elektrycznego decyduje o szybkości ładowania akumulatorów na podstawie informacji otrzymanych z systemu zarządzania baterią (z ang. *Battery Management System* – BMS). Komunikaty pomiędzy samochodem elektrycznym a szybką ładowarką przesyłane są przy pomocy uniwersalnego interfejsu CAN. Dopiero po wymianie informacji odnośnie parametrów zainstalowanych akumulatorów w samochodzie, ustaleniu początkowego poziomu naładowania akumulatorów,

akceptacji zapotrzebowania na energię pojazd wysyła do ładowarki pozwolenie na rozpoczęcie ładowania.

Terminal szybkiego ładowania powinien składać się z odpowiednich zabezpieczeń, które pozwolą na bezpieczną pracę oraz nie dopuszczą do wprowadzenia do sieci elektroenergetycznej zakłóceń. Kolejne elementy składowe tego typu terminala to filtr AC, układ transformator izolujący, prostownik oraz filtr LC. Zadaniem filtru AC jest odfiltrowanie wyższych harmonicznnych, w celu „oczyszczenia” sygnału. Poprawa współczynnika mocy (PFC) polega na zwiększaniu współczynnika mocy ($\cos\varphi$) do wartości możliwie bliskiej 1, aby zminimalizować straty mocy w liniach przesyłowych. Transformator separujący zapewnia bezpieczeństwo poprzez separację źródła prądu trójfazowego od odbiornika. Kolejny element to prostownik oraz filtr LC, chroniący system akumulatorów i redukujący zakłócenia na wyjściu prostownika. Dodatkowo, cały terminal musi posiadać przycisk szybkiego wyłączenia, aby umożliwić natychmiastowe wyłączenie w przypadku zagrożenia. Całość urządzenia musi być obowiązkowo uziemiona, aby wyeliminować porażenie prądem użytkownika terminala. Typowe elementy składowe ładowarki CHADEMO zostały przedstawione na rysunku 7. Kolorem żółtym oznaczono bloki odpowiadające za bezpieczeństwo, natomiast na zielono bloki poprawiające wydajność urządzenia.

Do ładowania stosowana jest wtyczka kompatybilna ze standardem SAE J1772. Wtyczka ta wyposażona jest w dwie linie prądowe (+) oraz (-), linie komunikacyjne, oraz interfejs CAN.

Do komunikacji pojazdu z szybką ładowarką wykorzystywane są linie komunikacyjne oraz interfejs CAN. Inicjacje ładowania rozpoczyna użytkownik; po podłączeniu wtyczki do pojazdu naciska przycisk rozpoczynający ładowanie. Pojazd rozpoznaje sygnał do rozpoczęcia ładowania i wysyła do ładowarki informacje o akumulatorach, takie jak:

- maksymalne napięcie zainstalowanego akumulatora,
- napięcie ładowania,
- pojemność baterii, itp.

Ładowarka sprawdza kompatybilność swojej mocy i baterii zainstalowanej w samochodzie i wysyła parametry ładowania. Po otrzymaniu tych parametrów samochód wylicza maksymalny czas ładowania i zezwala ładowarce na rozpoczęcie ładowania. Ładowarka po otrzymaniu pozwolenia na ładowanie wysyła sygnał startu do samochodu, który zaczyna ładować baterie. W trakcie ładowania sprawdzane są parametry baterii, takie jak prąd ładowania oraz temperatura. Cały czas obliczany jest optymalny prąd ładowania i co 100 ms wysyłany do ładowarki, która sprawdza parametry obwodu ładującego i kontroluje prąd i czas ładowania. Po osiągnięciu przez baterię maksymalnego napięcia, pojazd wysyła sygnał przerwania ładowania, co jest sygnałem dla ładowarki do przerwania obwodu ładowania.

6. UWAGI KOŃCOWE

Mikrosieci ukierunkowane funkcjonalnie na ładowanie pojazdów elektrycznych mogą stać się podstawowym elementem infrastruktury ładowania. Najważniejszymi urządzeniami tej infrastruktury są terminale standardowe i umożliwiające szybkie ładowanie. Terminale już testowane zostały przedstawione w rozdziałach 4 i 5.

W oparciu o doświadczenia zdobyte przy budowie infrastruktury ładowania samochodów elektrycznych w Polsce, w Instytucie Elektrotechniki został zaprojektowany i zbudowany terminal szybkiego ładowania w standardzie CHADEMO [5, 6]. Zbudowane terminale szybkiego ładowania pokazano na rysunku 6. Stacja ta została zbudowana zgodnie ze standardem CHADEMO.

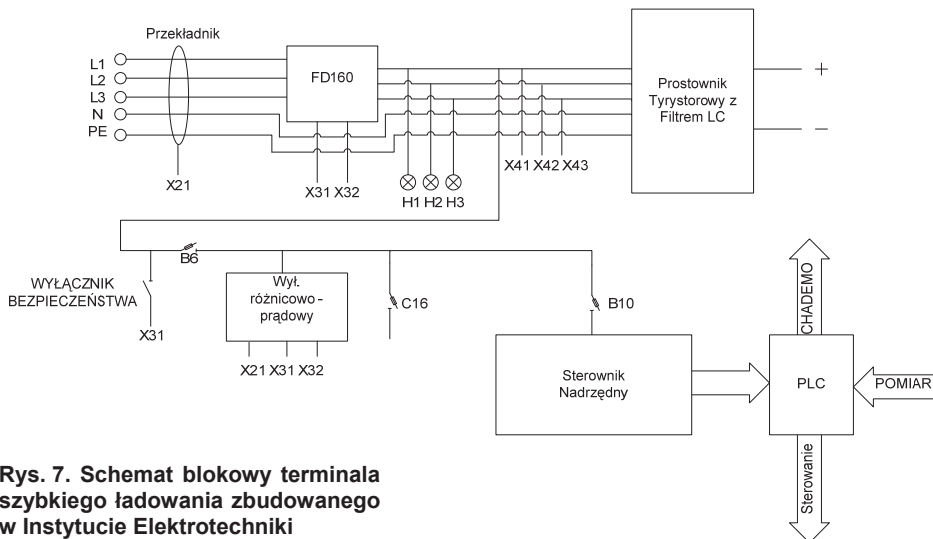


Rys. 6. Terminale szybkiego ładowania w trakcie testów zbudowane w Instytucie Elektrotechniki

Parametry jej ładowania to:

- max. prąd ładowania 125 A,
- max. napięcie ładowania 500 V,
- stopień ochrony IP 55.

Stacja szybkiego ładowania została wyposażona w szereg zabezpieczeń, chroniących zarówno pojazd elektryczny, ładowarkę oraz użytkowników przed przepięciami, porażeniem. Na rysunku 7 przedstawiono schemat blokowy zbudowanej szybkiej ładowarki.



Rys. 7. Schemat blokowy terminala szybkiego ładowania zbudowanego w Instytucie Elektrotechniki

Oprócz specjalistycznych zabezpieczeń, terminal został wyposażony w linie pomiarowe, pozwalające na pełną kontrolę linii zasilającej terminala oraz napięcie i prąd wyjściowy. Opomiarowanie terminala i sterowanie prostownikiem, zostało wykonane przy pomocy sterownika PLC.

Urządzenia do ładowania pojazdów elektrycznych pośredniczą między pojazdem elektrycznym a siecią elektroenergetyczną. Proponowany system ładowania pozwala na włączenie odnawialnych źródeł energii oraz dodatkowego elektrochemicznego zasobnika energii elektrycznej bezpośrednio do stacji ładowania. Ponadto umożliwia ładowanie wewnętrznego zasobnika z sieci elektroenergetycznej w tzw. „dolinie nocnej”. Zastosowanie zasobnika energii elektrycznej [7] jest korzystne, bo umożliwia instalację takich obiektów przy niższej mocy przyłącza elektroenergetycznego, bez konieczności modernizacji sieci elektroenergetycznej w punkcie przyłączenia. Układ zasobnika niweluje dodatkowo negatywne skutki oddziaływania na sieć niesterowalnych, odnawialnych źródeł energii.

Przedstawiona mikrosieć ładowania pojazdów elektrycznych dużej mocy jest przeznaczona do ładowania we wszystkich wariantach wszelkich pojazdów elektrycznych (G2V – Grid to Vehicle) [9]. Jednocześnie pełni funkcje rozproszonego magazynu energii elektrycznej, który może być wykorzystywany na potrzeby energetyki. Dodatkowo pozwala na wykorzystanie energii elektrycznej zgromadzonej w akumulatorach pojazdów podłączonych do ładowania (Vehicle to Grid). Umożliwia także bezpośrednie podłączenie do stacji ładowania odnawialnych źródeł energii, baterii ogniwo fotowoltaicznych i/lub generatora z silnikiem wiatrowym. Elementem systemu jest także ogniwo paliwowe PEM z instalacją wodorową i/lub generator spalinowy z instalacją biogazową, pozwalające na generowanie energii elektrycznej ze zmagazynowanego wodoru, biogazu. W systemie mogą być implementowane rozbudowane funkcje, takie jak automatyczne rozpoznawanie rodzaju baterii, pełne zdalne monitorowanie procesu ładowania i rozliczenia zarówno energii pobranej, jak i oddanej do sieci, energii pobranej z alternatywnych źródeł energii po cenach dynamicznych.

Dalsze prace zmierzają do wdrożenia do produkcji modułów umożliwiających konfigurowanie dowolnych stacji ładowania, dostosowanych do lokalnych potrzeb.

LITERATURA

1. Benysek G.: Improvement in the Quality of Delivery of Electrical Energy Using Power Electronics Systems. Springer-Verlag, London, 2007.
2. Biczal P., Koniak M., Paska J.: Mikrosieci prądu stałego sposobem na integrację źródeł rozproszonych z systemem elektroenergetycznym. Napędy i sterowanie, nr 10, 2011, s. 56-59.

3. Biczel P.: Integracja rozproszonych źródeł energii w mikro sieci prądu stałego. Prace Naukowe Elektryka, z. 142., Politechnika Warszawska, Warszawa, 2012.
4. Biernat K., Nita K.: Stacje szybkiego ładowania pojazdów elektrycznych, Seminarium ENEX Kielce, 7.03.2012.
5. Biernat K., Nita K.: Problemy przy instalacjach Publicznych Punktów Ładowania, seminarium „Pojazdy elektryczne i systemy ładowania”, Lublin, listopad 2011.
6. Biernat K., Nita K., Wójtowicz S.: Publiczne Punkty Ładowania samochodów elektrycznych, w: Pojazdy elektryczne i sieci Smart Grid, 2011.
7. Samborski R.: Performance tests of SLPB polymer lithium batteries for energy storage system cooperating with photovoltaic source, KKE VIII, Darłowo, czerwiec 2009.
8. Strzelecki R., Benysek G.: Power Electronics In Smart Electrical Energy Networks. Springer-Verlag, London, 2008.
9. Wójtowicz S.: Systemy ładowania pojazdów elektrycznych. Seminarium „Sieci inteligentne i pojazdy elektryczne”, IIPhDW International Interdisciplinary PhD Workshop, Zielona Góra, 29-30.08.2011.

Rękopis dostarczono dnia 06.11.2012 r.

AN ARCHITECTURE OF MICROGRID INTENDED FOR SYSTEMS OF ELECTRIC CART SMART CHARGING

Katarzyna BIERNAT

Konrad NITA

Stefan WÓJTOWICZ

ABSTRACT *The electric cart charging system development is a necessary condition to boost demand for electric vehicles. For several years the Electrotechnical Institute has performed research in the area of developing electric car infrastructure. The concept of smart microgrid that supports electric vehicle powering has been presented. One of the possible solutions has been shown; i.e. charging system incorporating renewable energy sources that requires internal energy storage circuit. The performed research aims at Smart Charging Systems adaptable to the changing conditions of terminal load that varies over time, state of charge and electrical grid load profile. The article describes conventional and CHADEMO quick charging stations, developed at Electrotechnical Institute. Their physical and functional structures have been shown.*

Keywords: *electric vehicles, sustainable energy sources, quick charging, CHADEMO*



Mgr Katarzyna BERNAT uzyskała tytuł magistra w 2005 r. na Politechnice Radomskiej na Wydziale Informatyki. Jest pracownikiem Instytutu Elektrotechniki. Od 2006 r. jest zastępcą kierownika Zakładu Systemów Pomiarowo-Diagnostycznych. W 2007 r. ukończyła studia podyplomowe: Zarządzenie w Jednostkach Badawczo-Rozwojowych. Jest autorką i współautorką kilkudziesięciu publikacji naukowych i popularyzatorskich o tematyce dotyczącej metrologii i systemów pomiarowych. Uczestniczyła w grantach i kilkunastu projektach MNiSW. Jest współorganizatorką konferencji i warsztatów.

Dr inż. Konrad NITA uzyskał tytuł magistra inżyniera w 2002 r., następnie w 2007 r. uzyskał tytuł doktora na Politechnice Warszawskiej na Wydziale Elektrycznym. Na przełomie stycznia i lutego 2007 r. odbył miesięczny staż naukowy związany z badaniem aktywności mózgu w Brain Science Institute RIKEN w Japonii. W 2007 r. ukończył studia podyplomowe: Zarządzenie w Jednostkach Badawczo-Rozwojowych. Od 2005 r. jest pracownikiem Instytutu Elektrotechniki, w Zakładzie Systemów Pomiarowo Diagnostycznych. Od 2008 r. jest kierownikiem Pracowni Tomografii Elektrycznej oraz sekretarzem naukowym Warsztatów Doktoranckich organizowanych przez Instytut Elektrotechniki. W 2008 r. w Genewie otrzymał srebrny medal za projekt innowacyjny „Nowa metoda monitorowania i diagnostyki wałów przeciwpowodziowych z zastosowaniem elektrycznej tomografii impedancyjnej”. Jest autorem licznych publikacji związanych z tomografią komputerową oraz infrastrukturą do ładowania pojazdów elektrycznych.



Dr Stefan S. WÓJTOWICZ ukończył Wydział Elektryczny Politechniki Szczecińskiej w 1973 r. Pracował w Instytucie Automatyki Przemysłowej Politechniki Szczecińskiej, jako asystent i adiunkt. Od 1978 r. zatrudniony jest w Instytucie Elektrotechniki w Warszawie. Jego zainteresowania naukowe związane były z systemami pomiarowymi i diagnostycznymi. Jest autorem i współautorem ponad 150 publikacji, w tym książek, monografii, artykułów i referatów naukowych i publicystycznych. Pełnił różne funkcje związane z zarządzaniem zespołami badawczymi, kierował Zakładem Naukowym Instytutu, pełnił funkcje Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych oraz Zastępcy Dyrektora ds. Wdrożeń i Transferu Technologii w Instytucie Elektrotechniki, był członkiem Rady Naukowej Instytutu Elektrotechniki, Redaktorem Naczelnym Czasopisma Naukowego „Prace Instytutu Elektrotechniki”, członkiem komitetu redakcyjnego miesięcznika „Nowa Elektrotechnika”, członkiem Sekcji Kształcenia i Rozwoju Kadry Naukowej Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej PAN oraz Sekcji Podstaw Metrologii Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej PAN.

