

Marcin JARNUT, Jacek KANIEWSKI

Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Elektrycznej

Stacja transformatorowa z wyjściowym obwodem LVDC do zasilania infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych

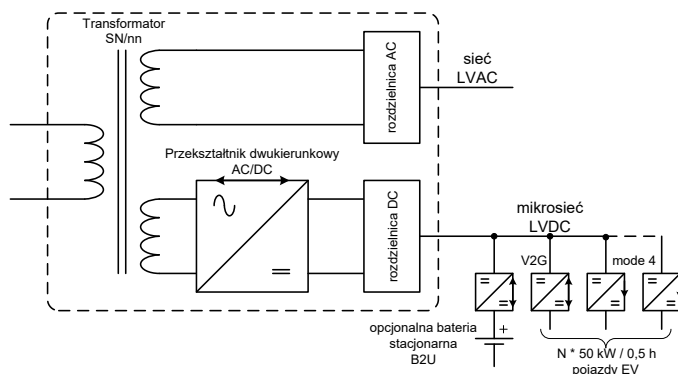
Streszczenie. W artykule przedstawiona zostanie koncepcja hybrydowej stacji transformatorowej, która oprócz tradycyjnych obwodów wyjściowych przemiennonapięciowych AC posiada także wyjście stałonapięciowe LVDC do przyłączania infrastruktury szybkiego ładowania pojazdów elektrycznych. Dzięki zastosowaniu w stacji dwukierunkowego przekształtnika AC/DC proponowane rozwiązanie umożliwi realizację usług systemowych polegających na poprawie profilu mocowego i napięciowego obwodów wyjściowych stacji.

Abstract. (A concept of transformer substation with LVDC output to supply of EV charging infrastructure). This paper introduces a concept of hybrid transformer substation. Proposed solution despite of AC voltage circuits has also implemented LVDC output to supply fast charging infrastructure of electric vehicles. According to implementation of bidirectional AC/DC converter there will be possible to provide additional ancillary services including power profile as well as voltage profile improvement.

Słowa kluczowe: systemy ładowania EV; hybrydowa stacja transformatorowa; mikrośieć DC.

Keywords: EV charging infrastructure; hybrid transformer substation; DC voltage microgrid.

Promowany przez rząd plan rozwoju elektromobilności w Polsce oraz projekt ustawy o elektromobilności [1, 2] stawiają przed operatorami systemów dystrybucyjnych nowe wyzwania związane z potencjalnym nałożeniem na nich odpowiedzialności za rozwój infrastruktury ładowania na obszarze objętym ich sieciami dystrybucyjnymi. Biorąc pod uwagę specyficzny profil mocy elementów tej infrastruktury, zwłaszcza stacji szybkiego ładowania, zadanie to w wielu przypadkach będzie wymagało wprowadzenia nowych rozwiązań w układach dystrybucji i rozdziału energii. W artykule przedstawiona zostanie koncepcja hybrydowej stacji transformatorowej, w której oprócz klasycznych, przemiennonapięciowych obwodów wyjściowych AC zaimplementowano także wyjście stałoprądowe DC do przyłączania lokalnej wieloobwodowej infrastruktury ładowania prądem stałym.



Rys.1. Uproszczony schemat stacji transformatorowej z wyjściem LVDC.

W wybranych lokalizacjach, gdzie rozwój infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych wydaje się najbardziej uzasadniony np. na placach parkingowych w centrach miast, przy centrach handlowych czy przy budynkach użyteczności publicznej wystąpić może potrzeba budowy infrastruktury umożliwiającej jednocześnie szybkie ładowanie (mode 4 wg normy [3]) kilku lub kilkunastu pojazdów. Ładowanie takie wymaga implementacji w tych lokalizacjach kilku stacji ładowania prądem stałym

o mocy do ok. 50 kW. Ładowanie w trybie „mode 4” umożliwia skrócenie czasów ładowania EV poniżej 0,5 h, oznacza jednak zwykle konieczność zapewnienia dużej mocy szczytowych stacji SN/nn, a w początkowym stadium rozwoju elektromobilności także niski stopień wykorzystania mocy zainstalowanej oraz krótkie czasy trwania obciążenia szczytowego stacji, co znacznie pogarsza wskaźniki ekonomiczne takiej inwestycji. Z tego względu, z punktu widzenia operatora systemu dystrybucyjnego pożądane jest wyposażenie stacji w funkcje dodatkowe pozwalające np. na świadczenie wewnętrznych usług sieciowych polegających na poprawę profilu napięciowego i mocowego sieci dystrybucyjnej.

Zaproponowane w artykule rozwiązanie ze zintegrowanym w stacji transformatorowej dwukierunkowym przekształtniku AC/DC [4, 5] pozwala na:

- budowę wielopunktowej infrastruktury ładowania w oparciu o mikrościeć prądu stałego typu low voltage DC (LVDC wg IEC 60038);
- integrację stacjonarnych zasobników energii w tym opartych na akumulatorach wtórnego użycia typu battery second use (B2U)
- regulację napięcia w sieci mocą bierną lub/i mocą czynną [6, 7] - w wersji ze stacjonarnym zasobnikiem energii lub układami typu vehicle to grid (V2G);
- redukcję obciążeń szczytowych sieci dystrybucyjnej;
- kompensację mocy biernej i mocy odkształcenia w wersji z transformatorem dwuuzwojeniowym.

Właściwości rozwiązania rozpatrzone będą w dwóch wersjach stacji: i) z transformatorem dwuuzwojeniowym (rys.1) oraz ii) z transformatorem trójuzwojeniowym. Prace wykonywane są w ramach grantu badawczego o akronimie „EnergyStore” w programie PBSE. Wybrane rozwiązania będą zaimplementowane we wdrożeniu pilotażowym obejmującym pięć stacjonarnych systemów magazynowania energii instalowanych w sieci dystrybucyjnej nn zarządzanej przez Enea Operator.

Literatura

1. Ministerstwo Energii, *Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych – projekt z dnia 26.04.2017 r.*
2. Ministerstwo Energii, *Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce „Energia do przyszłości”*, dokument z dnia 16 marca 2017 r.
3. *PN-EN 61851-1:2011: System przewodowego ładowania pojazdów elektrycznych -- Część 1: Wymagania ogólne*
4. T. Soeiro, T. Friedli, J. W. Kolar, *Three-Phase High Power Factor Mains Interface Concepts for Electric Vehicle Battery Charging Systems*, Proceedings of the 27th Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC 2012), Orlando Florida, USA, February 5-9, 2012.
5. Jia Ying Yonga Vigna K., Ramachandaramurthya Kang MiaoTana N., Mithulananthanb, *Bi-directional electric vehicle fast charging station with novel reactive power compensation for voltage regulation*, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, Volume 64, January 2015, Pages 300-310
6. Marra, F., Tarek Fawzy, Y., Bülo, T., Blaži, B., *Energy Storage Options for Voltage Support in Low-Voltage Grids with High Penetration of Photovoltaic*. In Proceedings of IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT), 2012, IEEE.
7. Miguel Juamperez, Guangya Yang, Søren Bækthøj Kjær, *Voltage regulation in LV grids by coordinated volt-var control strategies*, J. Mod. Power Syst. Clean Energy (2014) 2(4):319–328.

Autorzy: dr inż. Jacek Kaniewski; Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Elektrycznej, ul. prof. Z. Szafrana 2, 65-516 Zielona Góra, e-mail: j.kaniewski@iee.uz.zgora.pl.
dr hab. inż. Marcin Jarnut, Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Elektrycznej, ul. prof. Z. Szafrana 2, 65-516 Zielona Góra, e-mail: m.jarnut@iee.uz.zgora.pl.