

Marcin JARNUT, Jacek KANIEWSKI, Volodymyr PROTSIUK

Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Elektrycznej

System magazynowania energii do redukcji obciążeń szczytowych podstacji trakcyjnej

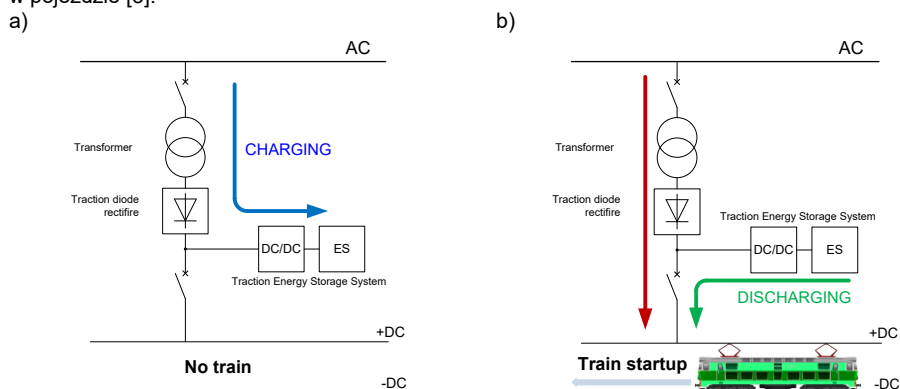
Streszczenie. W artykule przedstawiona zostanie metoda wymiarowania i doboru technologii systemu magazynowania energii do redukcji obciążeń szczytowych podstacji trakcyjnych. Implementacja zasobników energii w tego typu obiektach pozwolić może nie tylko na redukcję mocy umownej ale także na zmniejszenie wahań napięcia w sieci trakcyjnej oraz w sieci dystrybucyjnej zasilającej takie stacje.

Abstract. (Energy storage system to reduce peak power of traction substation) This paper introduces a method for sizing of energy storage system which allows to reduce a peak power of traction substation. Implementation of energy storage system in traction substations should allow reducing not only a required peak power, but also voltage variations in DC traction lines as well as in AC distribution grid supplying these substations.

Słowa kluczowe: podstacja trakcyjna, magazyn energii, redukcja obciążeń szczytowych.

Keywords: traction substation, energy storage, peak power reduction.

Podstacje trakcyjne, zasilające stałonapięciową sieć trakcyjną, charakteryzują się znaczną nierównomiernością obciążenia bezpośrednio wynikająca z harmonogramu ruchu pojazdów i składów kolejowych. Najgorsza pod tym względem sytuacja występuje w podstacjach zasilających sekcje sieci trakcyjnej usytuowane w pobliżu węzłów kolejowych. Rozruch ciężkich składów towarowych generuje tam znaczne wartości mocy szczytowych oraz nierównomierność obciążenia dochodząca do kilku MW. Prowadzi to do znacznych kosztów stałych związanych z mocą umowną, przy jednocześnie niskiej wartości czasu wykorzystania tej mocy, jak również powoduje wahania napięcia zarówno w sieci trakcyjnej jak i sieci dystrybucyjnej zasilającej takie podstacje. W trakcji elektrycznej coraz częściej zastosowanie znajdują zasobniki energii wykorzystywane do rekuperacji energii hamowania jak również do wspomaganie procesów rozruchowych pojazdów [1, 2]. Często zasobniki te instalowane są w pojeździe [3].



Rys.1. Zasada działania zasobnika energii w stacji trakcyjnej: a) przepływ energii podczas magazynowania; b) przepływ energii podczas rozruchu pojazdu trakcyjnego.

W artykule zaproponowano rozwiązanie polegające na implementacji w podstacji trakcyjnej stacjonarnego systemu magazynowania energii umożliwiającego obniżenie zapotrzebowania na moc szczytową oraz wyrównanie profilu mocy obciążenia podstacji, co pośrednio wpływa także na zmniejszenie wahań napięcia w sieci trakcyjnej i w sieci dystrybucyjnej.

Jednym z podstawowych wyzwań w projektowaniu systemów magazynowania energii jest właściwe zwymiarowanie ich parametrów jak również dobór technologii, w jakiej ma być on wykonany. Znaczna

wartość i dynamika wymaganych zmian mocy predysponuje do tego typu obiektów technologie gwarantujące dużą intensywność ładowania/rozładowania zasobnika definiowaną współczynnikiem C_{rate} . Są to litowe technologie bateryjne [4, 5] z ogniwami typu Lithium Iron Phosphate (LFP) oraz Lithium Titanate Oxide (LTO) jak również technologie superkondensatorowe typu Electric Double Layer Capacitor (EDLC) oraz Lithium Ion Capacitor (LIC) [6]. W artykule omówiona zostanie metoda doboru parametrów i technologii zasobnika oparta na kilku podstawowych krokach:

- pomiar zmienności mocy obciążenia podstawci;
- analiza statystyczna pomiarów;
- określenie wymaganej mocy i pojemności zasobnika z uwzględnieniem wymaganego progu redukcji i ewentualnych usług dodatkowych;
- wyznaczenie wymaganej wartości współczynnika intensywności ładowania/rozładowania C_{rate} ;
- iteracyjny dobór technologii magazynowania wg kryterium mocy lub kryterium pojemności, z uwzględnieniem ograniczeń masowych, objętościowych i środowiskowych [7];
- wyznaczenie parametrów nominalnych zasobnika;
- wyznaczenie wskaźników ekonomicznych CAPEX i OPEX;
- ostateczny wybór rozwiązania.

Przedstawiony zostanie także algorytm sterownia systemem magazynowania energii w zastosowaniu do redukcji mocy szczytowej oraz wyniki badań symulacyjnych układu, który będzie przedmiotem wdrożenia w jednej ze stacji trakcyjnych PKP Energetyka. Prace prowadzone są w ramach projektu o akronimie „DROPT” w programie PBSE.

Literatura

1. T. Ratniyomchai, S. Hillmansen, P. Tricoli, *Recent developments and applications of energy storage devices in electrified railways*, IET Electrical Systems in Transportation, 2014, Vol. 4, Iss. 1, pp. 9–20.
2. V. Calderaro, V. Galdi, G. Graber, A. Piccolo, A. Capasso, R. Lamedica, A. Ruvio, *Energy Management of Auxiliary Battery Substation Supporting High-Speed Train on 3 kV DC Systems*, In Proc. 4th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), Italy, Palermo, 22-25 Nov. 2015, pp. 1224 – 1229.
3. M. Steiner, J. Scholten, *Energy Storage on board of railway vehicles*, in Proc. European Conference on Power Electronics and Applications EPE 2005, Dresden, pp. P.1 – P.10.
4. M. Teshima, H. Takahashi, *Lithium ion battery application in traction power supply system*, The 2014 International Power Electronics Conference, 2014, pp. 1068 – 1072.
5. H. Hayashiya; T. Suzuki; M. Hino; D. Hara; M. Tojo; S. Shimada; K. Kudo; T. Kato; H. Takahashi, *Effect evaluation of Li-ion battery for regenerative energy utilization in traction power supply system*, in Proc. 17th European Conference on Power Electronics and Applications, EPE'15 ECCE-Europe, 2015 pp. 1 – 9.
6. F. Ciccarelli, A. Del Pizzo, D. Iannuzzi, *Improvement of Energy Efficiency in Light Railway Vehicles Based on Power Management Control of Wayside Lithium-Ion Capacitor Storage*, IEEE Trans on Power Electronics, Vol. 29, No. 1, January 2014.
7. DNV GL AS, *Recommended practice, DNVGL-RP-0043 – Edition December 2015*.

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.