

Jerzy WOJCIECHOWSKI¹
Marcin CHRZAN²

SYSTEM ZASILANIA ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ DLA LINII KOLEJOWYCH DUŻYCH PRĘDKOŚCI

W artykule przedstawiono założenia budowy linii kolejowych dużych prędkości, a szczególnie systemu zasilania w energię elektryczną. Zaprezentowano europejskie rozwiązania oraz aktualną sytuację w krajowym systemie trakcyjnym. W publikacji przedstawiono wnioski po wprowadzeniu w Polsce podstacji z jednostopniową transformacją napięcia.

SYSTEM OF THE ELECTRIC SUPPLY FOR RAILWAY LINES OF HIGH SPEEDS

The article presents the assumptions built high-speed rail, particularly the system power supply. Presented European solutions and the current situation in the national system of traction. The publication presents findings in Poland after the introduction of the single-voltage transformation substation.

1. WSTĘP

W Polskim systemie transportu kolejowego istnieją wszystkie klasyczne przesłanki do budowy kolei dużych prędkości (KDP). Jako podstawowe i najważniejsze można wymienić niewystarczającą przepustowość istniejących linii kolejowych oraz niewystarczającą jakość oferty przewozowej. Pierwsze kroki w kierunku budowy linii kolejowych dużych prędkości w Polsce zostały wykonane w latach 70-tych ubiegłego wieku. Ich przejawem było określenie parametrów technicznych Centralnej Magistrali Kolejowej, na której planowano docelowo podróżę z prędkością 200-250 km/h. Linia ta jest nadal podstawową trasą w planach wprowadzania kolei dużych prędkości. Rozwój programowy dla całego obszaru kraju rozpoczął się jednak dopiero w połowie lat 90. Po pierwszych koncepcjach, które były krytykowane i nie weszły do realizacji powstała strategia, mająca szansę na wdrożenie praktyczne. Zakłada się w niej, że KDP będą składały się z odcinków: Warszawa - Łódź, Łódź - Kalisz, Kalisz - Wrocław, Kalisz - Poznań oraz linia CMK. W Polsce KDP zostały skategoryzowane [1] zgodnie z dyrektywami Unii Europejskiej według:

- 1) linie kolejowe dużych prędkości:

¹ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
Tel: + 48 48 361-77-00, e-mail: j.wojciechowski@pr.radom.pl

² Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
Tel: + 48 48 361-77-67, e-mail: m.chrzan@pr.radom.pl

- kategorii I - specjalnie zbudowane linie kolejowe dużych prędkości, dostosowane do rozwijania prędkości równej lub większej niż 250 km/h;
- kategorii II - linie zmodernizowane specjalnie do dużych prędkości, dostosowane do rozwijania prędkości około 200 km/h;
- kategorii III - linie zmodernizowane specjalnie do dużych prędkości, mające cechy szczególne, wynikające z ograniczeń topograficznych, rzeźby terenu lub ograniczeń urbanistycznych, na których prędkość musi być dostosowana do indywidualnych warunków;
 - 2) tabor kolejowy dużych prędkości:
- tabor klasy I - o maksymalnej prędkości wynoszącej co najmniej 250 km/h;
- tabor klasy II - o maksymalnej prędkości wynoszącej co najmniej 190 km/h, lecz mniej niż 250 km/h.

KDP można więc zrealizować poprzez budowę nowych linii kolejowych, modernizację linii już istniejących lub modernizację odcinków istniejących i dobudowę nowych. Konieczne jest także wyposażenie taboru w pojazdy trakcyjne o odpowiednim układzie zasilania (dwu lub wielosystemowe, o odpowiednich parametrach).

2. SYSTEMY ZASILANIA LINII DUŻYCH PRĘDKOŚCI

Miejszem krytycznym w ruchu międzynarodowym KDP są granice państw. Wynika to z różnic w przepisach granicznych i celnych oraz zależności technicznych. Wśród tych ostatnich należy wymienić: systemy srk, systemy łączności, systemy zasilania trakcji, tabor kolejowy, sieć transmisji danych.

Jednym z wymienionych czynników KDP jest system zasilania w energię elektryczną pojazdów trakcyjnych oraz infrastruktury kolejowej zapewniającej bezpieczne i poprawne działanie całego systemu. Odpowiednie wymagania muszą spełniać wszystkie elementy układu zasilania, tj. system energetyki zawodowej, podstacje trakcyjne, kabiny sekcyjne, system górnej sieci jezdnej i sieci powrotnej oraz pantografy. W systemie europejskim dla linii kolejowych dużych prędkości stosuje się napięcie przemienne 25 kV 50 Hz, dopuszczając stosowanie napięcia przemiennego 15 kV 16 2/3 Hz oraz napięcia stałego 3 kV w krajach eksploatujących już takie systemy. Ograniczając się do najważniejszych systemów zasilania można wymienić:

- DB AG - (AC) $U_n=15\text{ kV}$ $f=16\ 2/3\text{ Hz}$,
- CD - (DC) $U_n=3\text{ kV}$ oraz (AC) $U_n=25\text{ kV}$ $f=50\text{ Hz}$,
- OBB - (AC) $U_n=15\text{ kV}$ $f=16\ 2/3\text{ Hz}$.

W krajowym systemie zasilania trakcji przyjmuje się założenie, że musi być zapewniona możliwość jazdy pojazdów KDP zarówno na nowowytbudowanych liniach AC, jak i używanych już liniach DC. Dotyczy to również węzłów i stacji kolejowych, gdzie oczywista jest konieczność zachowania dotychczasowego systemu zasilania. Sąsiedztwo niemieckiego systemu zasilania, tj. 15kV 16 2/3 Hz zachęcałoby do zastosowania takiego rodzaju zasilania, jednak pomysł ten jest odrzucany ze względów technicznych. Brak jest bowiem takiego układu w polskiej energetyce zawodowej, a straty i koszty transformacji 50 Hz/16 2/3Hz negują użycie tego systemu.

3. EKSPLOATOWANE ROZWIĄZANIA KRAJOWE

Za eksploatowane już rozwiązania krajowe zasilania trakcji dla KDP można uznać system z podstacjami trakcyjnymi o jednostopniowej transformacji napięcia 110kV/3kV (AC/DC). Nie jest to rozwiązanie docelowe, a należy je traktować jako wzmocnienie istniejącego systemu zasilania. Kilka lat eksploatacji tego typu obiektów pozwala na wyciągnięcie wniosków z ich użytkowania.



Rys. 1. Podstacja z jednostopniową transformacją napięcia - zasilanie linią WN 110kV.

Rozważając tylko porównanie wartości maksymalnego prądu pobieranego przez pociągi o podwyższonych parametrach prędkości jazdy (około 4000 A) z obciążalnością prądową eksploatowanej na CMK sieci trakcyjnej 2C120-2C (około 2500 A) widać, że konieczne było wprowadzenie rozwiązań nawet przejściowych. Spełnienie warunku stabilności poziomu napięcia zasilania w całym zakresie obciążenia wymagało zastosowania:

- wyższych napięć zasilających podstacje (co najmniej 110kV) i zapewnienie dużych mocy zwarciovych na szynach WN (powyżej 1000 MVA),
- jednostopniowej transformacji 110/3 kV/kV,
- możliwie najkrótszych linii zasilających podstację,
- zastosowania sieci 600 mm² z 2 przewodami jezdnyymi o przekroju 150 mm²,
- zmniejszenia odległości pomiędzy podstacjami (około 10 -12 km),
- montażu wyłączników szybkich zasilaczy (nastawienie do około 4000 A).

Zastosowanie podstacji z transformacją 110kV/3kV znacznie poprawiło sztywność charakterystyki napięcia na szynach 3kV DC. Było to efektem znacznego obniżenia wartości rezystancji zastępczej zarówno podstacji, jak i samego systemu zasilania energetyki zawodowej. Decydującą rolę miało tu wyeliminowanie linii zasilających podstacje (GPZ 15kV-podstacja). Zasilanie z sieci WN 110kV dało możliwość zarówno zmniejszenia spadków napięcia, jak i oddania do dyspozycji mocy o odpowiedniej

wartości. Pominięcie transformacji 110/15 kV w znaczny sposób zmniejszyło straty mocy w układzie zasilania. Ważnym elementem jest również niezawodność pracy linii WN, która to cecha rzutuje na podwyższenie niezawodności pracy układu zasilania trakcji. Zmniejszenie impedancji systemu zasilania pociągnęło za sobą wzrost mocy zwarciowej w porównaniu z systemem 15 kV (100-200 MVA - SN/1000-4500 MVA - WN). Przyniosło to jednak także negatywne skutki, w postaci wzrostu wartości prądów zwarciowych (do około 40 kA). Stało się więc konieczne zastosowanie aparatury odpowiadającej takim wymaganiom. Tak więc podstacje z jednostopniową transformacją napięć są bardziej wymagające podstacje zasilane z sieci SN. Niekorzystnym zjawiskiem w omawianych zespołach są także stosunkowo duże i długotrwałe przepięcia, powstające podczas gwałtownego przejścia z dużego obciążenia na pracę jałową.

Kolejnym problemem jest generacja przez zespoły prostownikowe prądów o charakterze odkształconym od sinusoidalnego [5]. Efektem tego zjawiska jest odkształcenie napięcia, które może zasilać innych odbiorców, zarówno trakcyjnych jak i pozatrakcyjnych. Przy wrażliwości odbiorników na ten typ zakłóceń może wystąpić niepoprawna praca tych urządzeń.

4. WNIOSKI

Koleje dużych prędkości, to nowoczesne rozwiązanie komunikacyjne, które znacznie usprawni transport krajowy i międzynarodowy. Potrzeba jego wprowadzenia jest oczywista i doceniana od kilkunastu lat. Ostatnie decyzje w sferze politycznej i społecznej mogą znacznie przyspieszyć wprowadzenie tego systemu w Polsce.

Jednym z warunków technicznych realizacji planów KDP jest właściwy system zasilania trakcji. Dotychczas eksploatowany system zostanie połączony z systemem AC. Doświadczenie służb energetyki kolejowej z podstacjami jednostopniowymi dają nadzieję, że ten element systemu KDP będzie działał poprawnie i bezawaryjnie.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Massel A., Raczyński J.: *Uwarunkowania społeczne i gospodarcze dla rozwoju kolei dużych prędkości w Polsce*. Technika Transportu Szynowego, 5-6/2005.
- [2] Kornaszewski M.: *Perspektywy rozwoju linii kolejowych dużych prędkości w Polsce*. Czasopismo Logistyka 3/2009, VI Konferencja Naukowo-Techniczna LOGITRANS, Szczyrk 2009.
- [3] Ciszewski T., Olczykowski Z.: *Jakość i bezpieczeństwo zasilania serwerów*. Prace Naukowe P.R. Elektryka, nr 1(9), Radom 2005.
- [4] Łukasik Z., Wojciechowski J.: *3KV DC traction system in european Supplying traction system*. International Conference "Globalization - Social and Economic Impacts '08", Rajecké Teplice - Slovenska Republika 2008
- [5] Norma PN-EN-50160 (EN 50160). *Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych*.