

*Koleje dużych prędkości, trakcja elektryczna, system zasilania,  
Infrastruktura, linia kolejowa „Y”, pociągi TGV*

Mieczysław KORNASZEWSKI<sup>1</sup>  
Zbigniew OLCZYKOWSKI<sup>2</sup>  
Tomasz CISZEWSKI<sup>3</sup>

## **PROBLEMY ZASILANIA KOLEI DUŻYCH PRĘDKOŚCI W POLSCE**

*Koleje dużych prędkości to ważny element nowoczesnego państwa. Argumentów przemawiających za budową linii dużych prędkości w Polsce jest wiele, chociaż wysokie standardy kosztują. Istotną rolę odegra sposób ich zasilania. Nie jest to proste i dlatego w artykule przedstawiona została analiza problemów dotyczących zasilania kolei dużych prędkości. Dla dostawy energii do prowadzenia pociągów o prędkościach 200÷250 km/h (linia CMK) wystarczający jest system zasilania 3 kV DC, istniejący już w Polsce. Jednak dla prędkości powyżej 300 km/h konieczne będzie przejście na system prądu przemiennego o napięciu 25 kV. Wymaga on jednak zupełnie innej infrastruktury. Połączenie obu tych systemów będzie trudne do zrealizowania.*

## **PROBLEMS OF SUPPLYING OF HIGH SPEED RAILWAYS IN POLAND**

*High speed railways are an important element of the modern state. There are many arguments for the construction of high speed railways in Poland, although high standards cost. A way of powering them will play the essential role. It is not easy and that is why in the article presented an analysis of problems relating to power high speed railways. For the delivery of the energy to leading trains with speeds 200 ÷ 250 km/h (CMK line) is sufficient power supply system 3 kV DC, which already exists in Poland. However for the speed above 300 km/h will be necessary to move to a system of alternating current with voltage 25 kV. However it requires the completely different infrastructure. The combination of these two systems will be difficult to achieve.*

### **1. WSTĘP**

System szybkich połączeń kolejowych ma pomóc osiągnąć Polsce jej kluczowe cele, jakimi są stworzenie wspólnego rynku europejskiego oraz wzmocnienie ekonomicznej i społecznej spójności, nie mówiąc już o korzyściach technologicznych.

<sup>1</sup> Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29, tel. + 48 48 361-77-84, e-mail: m.kornaszewski@pr.radom.pl

<sup>2</sup> Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29, tel. + 48 48 361-77-69, e-mail: z.olczykowski@pr.radom.pl

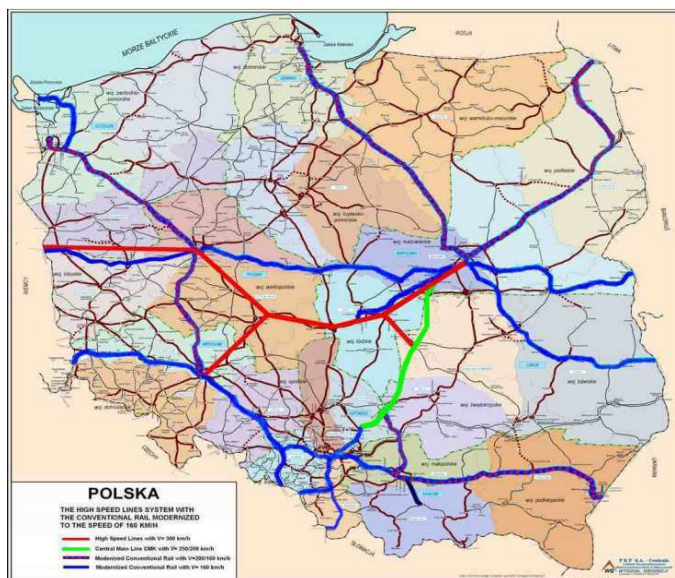
<sup>3</sup> Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29, tel. + 48 48 361-77-60, e-mail: t.ciszewski@pr.radom.pl

Aby pociągi mogły jeździć szybko, należy dostosować system zasilania do zwiększonego poboru prądu. Pociąg o składzie 10 wagonów przy prędkości 200km/godz. pobiera ok. 4÷5 MW, przy 250km/godz. 6÷8 MW, natomiast przy 300km/godz. blisko 12 MW. Polska kolejowa sieć energetyczna nie jest przystosowana do takich obciążeń i w związku z tym szybkie pociągi przy prędkościach powyżej 300 km/h będą musiały być zasilane napięciem przemiennym 25kV 50Hz.

## 2. PROJEKT ROZWOJU KOLEI DUŻYCH PRĘDKOŚCI W POLSCE

Zaproponowana w 2005r. w Programie Operacyjnym „Infrastruktura i Środowisko” linia kolejowa dużych prędkości „Y” będzie stanowić nie tylko połączenie na długości 450 km pięciu większych aglomeracji liczących 6 mln ludzi (Wrocław, Poznań, Kalisz, Łódź, Warszawa), ale także stanie się podstawowym elementem sieci kolejowej w Polsce o znaczeniu międzynarodowym, wpisując się w sieć korytarzy paneuropejskich. Linia ta, wspólnie z Centralną Magistralą Kolejową (CMK), na której trwają prace modernizacyjne dopasowujące ją prędkości do 200÷250 km/h, utworzy „kręgosłup” polskiej sieci kolejowej, umożliwiając wykorzystanie szybkich połączeń do skomunikowania praktycznie wszystkich regionów i będzie służyła także usprawnieniu połączeń międzynarodowych. Linia ma być gotowa do 2020r. Koszt jej budowy wstępnie oszacowano na 26 mld zł. Ponadto modernizacje istniejących linii kolejowych: Warszawa – Gdańsk, Warszawa – Białystok, Warszawa – Lublin, Poznań – Szczecin oraz Kraków – Przemyśl, do warunków umożliwiających poruszanie się z prędkością 160 km/h, pozwolą na stworzenie w Polsce nowoczesnej sieci połączeń kolejowych.

Konieczna jest równowaga i synchronizacja terytorialna pomiędzy nakładami na wdrażanie szybkich połączeń, a nakładami na modernizację kolei tradycyjnej.



Rys. 1. Rozwój sieci dużych prędkości na tle modernizacji linii konwencjonalnych w Polsce (prognoza na 2030 rok)

### 3. POTRZEBA ZASILANIA LINII KOLEJOWYCH DUŻYCH PRĘDKOŚCI NAPIĘCIEM 25 KV AC

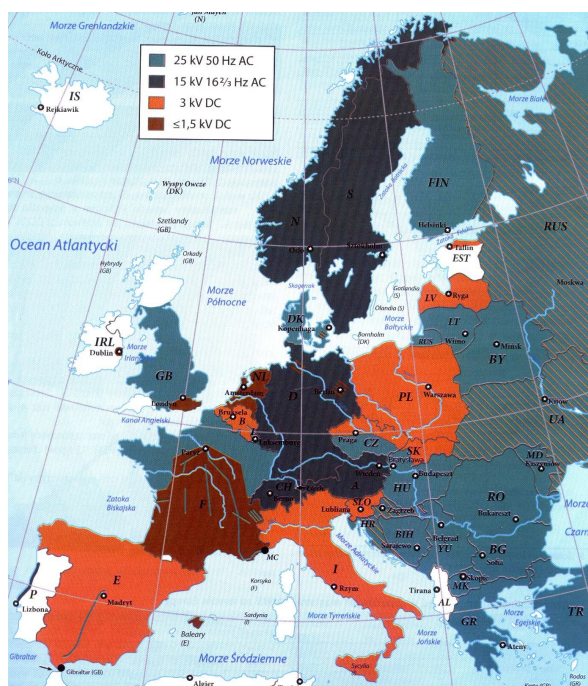
Przy doborze systemu zasilania trakcji elektrycznej podstawowym kryterium jest zagwarantowanie dostarczenia energii o odpowiedniej jakości, tzn. właściwej mocy, wartości napięcia użytecznego i dużej niezawodności.

Koleje konwencjonalne poruszające się z prędkościami do 160 km/h (a nawet do 220 km/h) nie wymagają znaczących mocy (powyżej 8 MW), dlatego też wystarczający jest stosowany dzisiaj w Polsce system trakcji 3 kV prądu stałego.

Obecnie w Europie istnieją 4 podstawowe systemy kolejowej trakcji elektrycznej:

- prąd stały 1,5 kV – południe Francji i część Holandii;
- prąd stały 3 kV – Polska, południowa część Czech i Słowacji, Belgia, Włochy, Hiszpania, część Anglii, Dania, Rosja (część europejska), Holandia, kraje byłego ZSRR i byłej Jugosławii;
- prąd przemienny jednofazowy 15kV 16 2/3 Hz – Niemcy, Austria, Szwajcaria, Szwecja i Norwegia;
- prąd przemienny jednofazowy 25 kV 50 Hz – pozostałe kraje: Portugalia, Francja (TGV), Węgry, Rumunia, Bułgaria, Finlandia, część Rosji, Czech i Słowacji, Anglii i byłej Jugosławii.

Spośród różnych systemów elektryfikacji napięciem przemiennym, obecnie najkorzystniejszy ekonomicznie dla sieci kolejowych jest system 25 kV AC 50 Hz. Stosuje się go na większości budowanych obecnie linii dużych prędkości.



Rys. 2. Różne systemy zasilania trakcji elektrycznej w Europie

Istotnym wyzwaniem dla kolei dużych prędkości w Polsce jest problem zasilania trakcji. Optymalnym rozwiązaniem wydaje się system prądu przemiennego o napięciu  $2 \times 25$  kV (50 Hz). Wymaga on jednak zupełnie innej infrastruktury. Podstacje rozmieszczone są co  $40 \div 60$  km i zasilane napięciem 220 kV AC. W każdej podstacji występują 2 jednofazowe transformatory 220/55 kV o mocy  $40 \div 60$  MVA każdy, z układem automatycznej regulacji napięcia. Każdy transformator w normalnych warunkach zasila do 30 km linii. Podstacje trakcyjne zasilane są z wydzielonej jednotorowej linii 220 kV AC, przeznaczonej tylko do zasilania linii kolejowej. Oznacza to, że na odcinkach kilkudziesięciu (a może kilkuset) kilometrów trzeba będzie wybudować nową sieć energetyczną przeznaczoną wyłącznie na potrzeby kolei dużych prędkości.

W systemie 3 kV DC, aby dostarczyć potrzebnej mocy, podstacje trakcyjne musiałyby być rozmieszczone co kilka kilometrów, a średnica przewodów zasilających musiałyby być bardzo duża. Wpływałoby to na zwiększenie kosztów, straty energii oraz dużą awaryjność.

Trudnością może być połączenie obu systemów w sytuacji, gdy kolej konwencjonalna zasilana jest prądem stałym, a kolej dużych prędkości zmiennym. Na węzłach łączących oba systemy (np. okolice miast) tworzone są specjalne moduły filtrujące i synchronizujące działanie obu systemów zasilania.



Rys. 3. Miejsce styku systemu 25 kV AC z systemem 3kV DC na linii Liege-Bruksela

Na negatywne skutki łączenia różnych systemów zasilania szczególnie narażone są urządzenia sterowania ruchem kolejowym (srk), i to zarówno te, które znajdują się na torach kolejowych, jak i w kabinie maszynisty. Są one bardzo podatne na różnego rodzaju zakłócenia.

Dla uzyskania prędkości powyżej 300 km/h potrzebne będą nie tylko nowe wydzielone linie kolejowe z zasilaniem  $2 \times 25$  kV AC, ale również wyposażenie ich w nowoczesny system sterowania ERTMS/ETCS.

Na CMK pomiędzy stacjami Psary i Góra Włodowska powstaje tor doświadczalny sieci trakcyjnej dwusystemowej 3 kV/25 kV dla testowania składów jadących z prędkością do

300 km/h. Efektem tych prac będzie wypracowanie modelu sieci trakcyjnej, który pozwoli m.in. na dostarczenie pociągom energii o odpowiedniej mocy.

#### 4. ZASILANIE KOLEI DUŻYCH PRĘDKOŚCI W EUROPIE NA PRZYKŁADZIE ROZWIĄZAŃ STOSOWANYCH W TGV WE FRANCJI

TGV (*fr. Train à Grande Vitesse*) to rodzaj francuskich elektrycznych pociągów pasażerskich, osiągających w regularnej eksploatacji prędkości do 320km/h. TGV został opracowany i wdrożony przez firmę Alstom przy współpracy z francuskimi kolejami państwowymi SNCF.



Rys.4. Pociąg TGV produkcji Thalys

##### 4.1 Infrastruktura TGV

Wszystkie pociągi TGV mają prześwit 1435 mm, co umożliwia im poruszanie się po normalnotorowych liniach kolejowych wyposażonych w odpowiednią sieć trakcyjną.

Osiągane przez TGV prędkości zawierają się w przedziale 230÷320 km/h, jednak w większości odcinków jest to 300 km/h. Wszystkie istniejące obecnie linie tego typu we Francji przeznaczone są wyłącznie dla pociągów TGV, jednak niektóre projektowane linie dużych prędkości LGV (*fr. Ligne à Grande Vitesse*) będą mogły obsługiwać również ruch towarowy. Wyłączność na korzystanie z LGV dla pociągów TGV jest podyktowana z jednej strony parametrami tych linii (nachylenia poziome i przechyłka toru uniemożliwiające prowadzenie ciężkich składów pociągów), z drugiej strony natężeniem ruchu, które nie pozwala na trasowanie pociągów towarowych, poruszających się z reguły z dużo mniejszymi prędkościami. Możliwość korzystania z istniejącej infrastruktury kolejowej jest zaletą TGV, gdyż nie wymaga to budowy nowej.

##### 4.2. Zasilanie pociągów TGV

Pociągi TGV są zasilane energią elektryczną pobieraną przez pantograf z górnej sieci trakcyjnej. Dodatkowo pociągi TGV Eurostar są wyposażone w urządzenia pozwalające na pobieranie prądu elektrycznego z trzeciej szyny, ponieważ w taki system zasilania wyposażone są linie kolejowe w południowej Anglii. Wszystkie pociągi TGV są co najmniej 2-systemowe, co oznacza, że mogą być zasilane dwoma różnymi napięciami. W

przypadku Francji są to napięcie przemiennie 25 kV 50Hz (na liniach na północy kraju i na liniach LGV) oraz napięcie stałe 1,5 kV (głównie na południu kraju i w okolicach Paryża). Ponadto pociągi kursujące na liniach zagranicznych w Niemczech, Szwajcarii, Belgii, Holandii, Włoszech oraz Wielkiej Brytanii muszą być przystosowane do napięcia używanego w tych krajach, co oznacza, że pewna ilość pociągów TGV jest 3-systemowa lub nawet 4-systemowa. Wszystkie pociągi są wyposażone w dwie pary pantografów, jedną dla współpracy z siecią prądu stałego i jedną dla sieci prądu przemiennego.



Rys. 5. Mapa linii, po których kursują pociągi TGV

## 5. WNIOSKI

Ogromne korzyści jakie państwo polskie może osiągnąć poprzez wprowadzenie kolei dużych prędkości muszą pokryć niemałe wydatki, które państwo poniesie na ich budowę i dalszy rozwój.

Realizacja linii „Y” wraz z modernizacją CMK stworzy system kolei dużych prędkości w centrum kraju i na liniach obciążonych największym strumieniem pasażerów. Jej pozytywne skutki rozciągną się także na pozostałe regiony Polski zapewniając im znaczne skrócenie czasu podróży w wielu relacjach pomiędzy miastami wojewódzkimi.

Dla dostawy energii do prowadzenia pociągów o prędkościach 200–250 km/h (linia CMK) wystarczający jest istniejący w Polsce system zasilania 3 kV DC. Jednak wydaje się konieczne przejście z dotychczas stosowanego zasilania 3 kV na system prądu przemiennego o napięciu 25 kV, ponieważ zasilanie prądem stałym jest za słabe, aby pociąg o masie rzędu kilkuset ton mógł utrzymać prędkość 300 km/h i większą. Dodatkowo istotną rolę będą odgrywały urządzenia sterowania ruchem kolejowym, które na liniach dużych prędkości winny być uzupełnione nowoczesnym europejskim systemem ERTMS/ETCS.

**6. BIBLIOGRAFIA**

- [1] Szelaż A., Mierzejewski L.: *Systemy zasilania linii kolejowych dużych prędkości jazdy*. Czasopismo „Technika Transportu Szynowego” (tts) nr 5-6/2005, Wydawnictwo EMIPRESS, Łódź 2005.
- [2] Raczyński J.: *Rządowy program budowy linii dużych prędkości w Polsce*. Czasopismo „Technika Transportu Szynowego” (tts) nr 9/2008, Wydawnictwo EMI-PRESS, Łódź 2008.
- [3] Raczyński J., Massel A.: *Uwarunkowania społeczne i gospodarcze rozwoju kolei dużych prędkości w Polsce*. Czasopismo „Technika Transportu Szynowego” (tts) nr 5-6/2005, Wydawnictwo EMI-PRESS, Łódź 2005.
- [4] Kornaszewski M.: *Perspektywy rozwoju linii kolejowych dużych prędkości w Polsce*. Czasopismo LOGISTYKA 3/2009 (Płyta CD), VI Konferencja Naukowo-Techniczna LOGITRANS, Szczyrk 2009.
- [5] Kornaszewski M.: *Zielone światło dla linii kolejowych dużych prędkości w Polsce*. DROGI lądowe, powietrzne, wodne 10/2009 (18). Wydawnictwo MEDIA-PRO, Będzin 2009.
- [6] Kornaszewski M.: *Sterowanie pociągami na liniach kolejowych dużych prędkości w Polsce*. Czasopismo LOGISTYKA 6/2009 (Płyta CD), XIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „TransComp – 2009”, Zakopane 2009.
- [7] Chrzan M.: *Systemy radiowe zapewniające komfort pasażerom oraz bezpieczeństwo sterowania ruchem kolejowych*. Transport Miejski i Regionalny Nr 12, Grudzień 2009.
- [8] <http://pl.wikipedia.org/>
- [9] Starczewska M.: *Stawiamy na prędkość! Szybkie Koleje – Analiza*. Kurier PKP nr 13/2008.
- [10] Wojciechowski J., Krzysztozek K.: *Rozwiązania układu zasilania z trakcyjnymi podstacjami jednostopniowymi*. Prace Naukowe Politechniki Radomskiej. Elektryka No 1, Radom 2007.