

Stanisław Lis

Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności dla podsystemu Energia a normy europejskie

Wraz z wprowadzeniem na początku lat 90. nowej polityki transportowej UE – między innymi aktywizowania kolei – pojawił się termin: interoperacyjność, przez który rozumiano „zdolność transeuropejskiego systemu kolejowego do umożliwienia bezpiecznego i niezakłóconego ruchu pociągów, przy zapewnieniu wymaganych wielkości osiągnięć (także przez granice państwowe)”. Wydano dwie dyrektywy – 96/48/EC z 23 lipca 1996 r. „O interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości” i 01/16/EC z 19 marca 2001 r. „O interoperacyjności transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych”. Na podstawie tych dyrektyw powstały już pierwsze Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności (TSI), które stanowią zbiór wymagań technicznych, koniecznych do spełnienia przez tzw. składniki interoperacyjności i dany podsystem. Wśród podsystemów wymienionych w obu dyrektywach, na które podzielono system kolejowy, jest również podsystem Energia.

Zgodnie z wymaganiami dyrektyw, TSI powinny zawierać: wprowadzenie z zakresem geograficznym i technicznym, definicję podsystemu, wraz z powiązaniem z innymi podsystemami, zgodność z tzw. wymaganiami zasadniczymi, charakterystykę i wymagania dla podsystemu, charakterystykę i wymagania dla składników interoperacyjności, ocenę zgodności dla składników i podsystemu, sposób wprowadzenia w krajach członkowskich, łącznie z tzw. „szczególnymi cechami” systemów kolejowych poszczególnych państw członkowskich, oraz załączniki, które precyzowały pewne wymagania i zagadnienia techniczne.

Do chwili obecnej wydano decyzją Komisji Europejskiej nr 2002/733/CE z 30 maja 2002 r. Techniczną Specyfikację dla Interoperacyjności podsystemu Energia transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości określonego w art. 6 ust. 1 dyrektywy 96/48/EC. Rozpoczęte w 2001 r. prace nad specyfikacją dla transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych nie zostały jeszcze ukończone.

Specyfikacje dla kolei dużych prędkości obowiązują dla linii o prędkościach maksymalnych 200 km/h i więcej oraz dla linii łącznikowych, a więc w Polsce mają ograniczony do linii CMK zasięg obowiązywania. Jednak podobieństwo systemów zasilania zarówno dla kolei dużych prędkości, jak dla kolei konwencjonalnych przyszłe wymagania dla kolei konwencjonalnych będą zbliżone, a w części zagadnień takie same, jak już istniejące dla kolei dużych prędkości. Także w nowych normach europejskich, w przywoływanych w specyfikacji dla kolei dużych prędkości, oba systemy są traktowane jednolicie.

Specyfikacja dla kolei dużych prędkości i jej nowelizacja

Ze względu na zgłoszone uwagi – przez państwa członkowskie i niezależną instytucję KEMA – Komisja Europejska postanowiła już pod koniec 2002 r., aby AEIF oraz grupy robocze powołane do opracowania specyfikacji dla kolei konwencjonalnych dokonały weryfikacji już wydanych – OJ L 245, 12.09.2002 – specyfikacji technicznych dla kolei dużych prędkości.

W trakcie podjętych prac w zakresie TSI HS dla podsystemu Energia dokonano:

- analizy przestanych uwag – również przez członków grupy – łącznie ponad 400, oraz wprowadzenie do tekstu specyfikacji TSI uwag zaakceptowanych;
- dostosowanie struktury specyfikacji TSI do przygotowanej przez AEIF struktury specyfikacji TSI dla kolei konwencjonalnych;
- zastąpienia załączników odwołaniami do opracowanych norm europejskich;
- z uwagi na stanowisko kierownictwa AEIF (wbrew opinii członków grupy roboczej) przekazano do TSI „Tabor” wymagania w stosunku do składników interoperacyjności: pantograf i nakładki stykowe;
- umieszczenie „szczególnych cech” dla Polski.

W artykule skoncentrowano się na kwestii zastąpienia załączników przez odwołania do norm europejskich, które powstały w związku z pracami nad TSI HS dla podsystemu Energia. Zostały one opracowane przez CENELEC (Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki), którego członkiem od 1 stycznia 2004 r. jest również Polska.

W tablicy 1 przedstawiono zestawienie załączników i zastępujących je odpowiednich norm.

Poza wymienionymi normami, w TSI HS ENE są przywoływane również istniejące normy – niestety w większości niedostępne w języku polskim:

- EN 50119: 2001 – Railway applications – Fixed installations – Electric traction overhead contact lines (jest obecnie w CENELEC prowadzona rewizja tej normy);
- EN 50149: 2001 – Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Copper and copper alloy grooved contact wires;
- EN 50206-1:1998 – Railway applications – Rolling stock – Pantographs: Characteristics and tests – Part 1: Pantographs for main line vehicles;
- EN 50122-1:1997 – w Polsce występuje jako norma PN-EN 50122-1:2002 – Zastosowania kolejowe – Urządzenia stacyjne – Część 1: Środki ochrony dotyczące bezpieczeństwa elektrycznego i uziemień;

Zestawienie załączników specyfikacji TSI Energia dla kolei dużych prędkości i zastępujących je odpowiednich norm

Załącznik	Normy EN
A Procedury oceny (moduły)	Załącznik pozostanie
B Ocena składników interoperacyjności	Załącznik pozostanie
C Ocena podsystemu Energia	Załącznik pozostanie
D Rejestr infrastruktury, informacja o podsystemie Energia	Załącznik pozostanie
E Koordynacja zabezpieczeń elektrycznych podstacji/jednostek trakcyjnych	50388: 2004
F Typ linii	Zostanie usunięty
G Współczynnik mocy pociągu	50388: 2004
H Wyposażenie górnej sieci jezdnej, geometria współpracy górnej sieci jezdnej i pantografu, systemy AC	50367: 2004
J Wyposażenie górnej sieci jezdnej, geometria współpracy górnej sieci jezdnej i pantografu, systemy DC	50367: 2004
K Hamowanie odzyskowe	50388: 2004
L Napięcie na pantografie (wskaźnik jakości zasilania)	50388: 2004
M Badania i weryfikacja nakładek stykowych	50405 (szkic), 50367: 2004
N Napięcie i częstotliwość systemów trakcyjnych	50163: 2003
O Ograniczenie maksymalnego poboru mocy	50388: 2004
P Charakterystyki harmoniczne i związane z nimi przepięcia w górnej sieci jezdnej	50388: 2004
Q Dynamiczne oddziaływanie pomiędzy pantografem i górną siecią jezdnią	50367: 2004, 50317: 2002, 50318: 2002

Uwaga: Tytuły załączników za polskim tłumaczeniem TSI HS ENE.

- EN 50121-2:1995 – Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world;

- EN 50124-1:2001 – Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment.

Wśród wymienionych w tablicy 1 norm dwie – również niedostępne w języku polskim – powtarzają się wielokrotnie:

- EN 50367:2004 – Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access);

- EN 50388:2004 – Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability.

Pomimo, że normy te powstały na podstawie TSI dla dużych prędkości, to ich zakres dotyczy również tzw. kolei konwencjonalnych – nie zastępują one TSI dla kolei konwencjonalnych, które zostaną opracowane w przyszłości, ale dają pogląd, jakich zapisów należy się w nich spodziewać.

Wymagania w stosunku do układu zasilania w energię trakcyjną

Wydajność układu zasilania ma ścisły związek z:

- maksymalną dozwoloną prędkością na danej linii,
- minimalnym odstępem między pociągami, wynikającym z przyjętego systemu sterowania i rozkładu jazdy,
- maksymalnym prądem pobieranym przez pociąg,
- tzw. średnim napięciem użytecznym na pantografie.

Pierwsze trzy wielkości powinny być podane przez zarządcę infrastruktury w tzw. rejestrze infrastruktury dla danego odcinka linii. Średnie napięcie użyteczne jest obliczane (na podstawie wzorów podanych w załączniku B normy EN 50388, jak również w karcie UIC 796) na podstawie symulacji komputerowych.

Maksymalny prąd pobierany przez pociąg

W tablicy 2 przedstawiono wartość prądu maksymalnego według TSI HS i normy EN 50388 dla poszczególnych kategorii linii dla systemu zasilania 3 kV prądu stałego.

Tablica 2

Maksymalny prąd pociągu w [A]

Kategorie linii	TSI HS (obowiązujące)	EN 50388 (dane dla Polski)	Uwagi
Linie dużej prędkości			
nowe	4000	4000	Dla porównania: maks. nastaw. WS w PT: 1500-2400 A (w nowych PT na E20 – 3600 A) obciążalność prądowa sieci trakcyjnej:
modernizowane	4000	3200	
łącznie	2500	2500	
Linie konwencjonalne i klasyczne	—	2500	C120-2C (100) – 1725 A 2C120-2C (100) – 2540 A

Biorąc pod uwagę obecnie eksploatowany w Polsce tabor – lokomotywy o stosunkowo małych mocach i rozruchu oporowym oraz przełączaniu grup silników w trakcie rozruchu – wydawać by się mogło, że podane wartości prądu są wielkościami dużymi. Jednakże dla nowoczesnych lokomotyw o rozruchu przekształtnikowym, stałym równoległym połączeniu silników i dużych mocach prąd ten jest stosunkowo łatwy do osiągnięcia – dla lokomotywy 4-osiowej po przeliczeniu na silnik daje 600–1000 [A]. Co jest szczególnie istotne, prąd ten jest możliwy do uzyskania już od momentu rozpoczęcia rozruchu pociągu. Stwarza to wyjątkowe wymagania dla całego układu zasilania i górnej sieci jezdnej – zwłaszcza, gdy połączymy to z wartością średniego napięcia użytecznego. Aby je spełnić, zachodzi konieczność zastosowania:

- wyższych napięć zasilających podstacje trakcyjne – co najmniej 110 kV – i zapewnienie dużych mocy zwarciovych na szynach WN podstacji trakcyjnych – powyżej 1000 MVA;
- jednostopniowej transformacji 110/3 kV;
- możliwie najkrótszych linii zasilających podstację w celu ograniczenia spadków napięcia na nich i ich wpływu na stabilność napięcia zasilania sieci trakcyjnej;

- zastosowanie górnej sieci jezdnej o przekrojach ok. 600 mm² z 2 przewodami jezdnyimi o przekroju 150 mm² – w celu zapobieżenia jej przegrzewania i poprawienia jakości odbioru prądu na styku pantograf/siec jezdna;
- zmniejszenie odległości między podstacjami – do ok. 10–12 km;
- zastosowanie wyłączników szybkich zasilaczy z możliwościami nastawiania do ok. 4000 A.

Średnie napięcie użyteczne

Średnie napięcie użyteczne w normie EN 50388 jest określane jako „wskaźnik jakości układu zasilania”. W obliczeniach bierze się pod uwagę:

- charakterystyki trakcyjne używanego taboru;
- okresy spiętrzenia ruchu pociągów, wynikające z przyjętego rozkładu jazdy i zamontowanego systemu sterowania i sygnalizacji.

Średnie napięcie użyteczne jest obliczane dla:

- „strefy geograficznej” – odcinka linii, dla szczytu komunikacyjnego, z uwzględnieniem wszystkich pociągów oraz faktu w jakim momencie charakterystyki się znajdują: rozruch, postój, wybieg, hamowanie odzyskowe;
- pociągu, który w trakcie rozruchu ma najbardziej niekorzystne warunki.

Wartości średniego napięcia użytecznego nie powinny być niższe od:

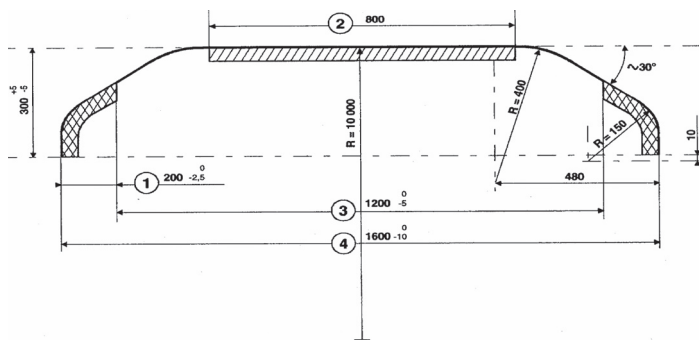
- 2800 V dla linii dużej prędkości,
- 2700 V dla linii konwencjonalnych i klasycznych.

Ponadto układ zasilania powinien być tak zaprojektowany, aby w przyjętych warunkach nie występowały nagłe spadki napięcia poniżej wartości $U_{\min 1}$ według normy EN 50163 – dla systemu 3 kV DC – 2000 [V].

Wymagania w stosunku do górnej sieci jezdnej i pantografu

Interoperacyjność górnej sieci jezdnej jest związana zarówno z jej geometrią, jak i stosowanym przez pojazdy pantografem – zależnością tą oraz wymaganiami, jakie mają spełniać oba składniki zajmuje się norma EN 50367.

Najistotniejszą decyzją podjętą w czasie prac nad interoperacyjnością dla podsystemu Energia było przyjęcie jednego profilu pantografu dla nowo budowanych linii – pantografu o długości ślizgacza 1600 mm i minimalnej długości nakładek stykowych



Rys. 1. Profil ślizgacza europantografu

1 - nabieżnik wykonany z izolowanego materiału, 2 - nakładki stykowe – minimalna długość 800 mm, 3 - część przewodząca ślizgacza – 1200 mm, 4 - długość ślizgacza – 1600 mm

800 mm – określanego jako europantograf, którego profil przedstawiono na rysunku 1.

Dla linii istniejących oraz modernizowanych państwa członkowskie – w tym Polska – zachowały możliwość stosowania profili obecnie eksploatowanych. W naszym przypadku są to dla pantografu 1950 mm – profile B i C według dawnej normy BN-82/3086-15 o długości nakładek stykowych 1100 mm.

Zastosowanie europantografu wymusza odpowiednią geometrię górnej sieci jezdnej – przy jej projektowaniu przyjmuje się jako maksymalną wartość wychylenia pod wpływem bocznego wiatru – 400 mm. Wielkość ta, podobnie jak w przypadku wartości elektrycznych – średnie napięcie użyteczne, jest zależnością łączącą różne wielkości, jak: naciągi w przewodzie jezdnyim i linie nośnej, odsuw, siłę parcia wiatru, odległość między punktami podwieszenia – zmiana jednego parametru wpływa na pozostałe.

Z punktu widzenia interoperacyjności składniki: górna sieć jezdna i pantograf muszą charakteryzować się takimi cechami, aby pociągi mogły przemieszczać się między różnymi systemami zasilania. W tablicach 3–5 podano niektóre wymagania dla górnej sieci jezdnej, pantografu oraz ich wzajemnego oddziaływania dla systemu prądu stałego (wg normy EN 50367):

Na zakończenie należy wspomnieć o jeszcze jednym parametrze, istotnym z punktu widzenia oddziaływania między pantografem (a ściślej nakładkami stykowymi) a przewodem jezdnyim. Jest to maksymalny prąd pobierany przez pantograf na postoju – dla prądu stałego 3 kV wynosi on 200 [A]. W warunkach polskich parametr ten – ze względów cieplnych – może być trudny do spełnienia z uwagi na stosowany przekrój przewodu jezdnego, siły stykowe, użycie w przyszłości nakładek węglowych.

Przedstawiono niektóre wymagania dla podsystemu Energia i jego składników interoperacyjności: górnej sieci jezdnej i pantografu, ważnych z punktu widzenia interoperacyjności. Należy zwrócić uwagę na fakt, że o ile wymagania norm można traktować fakultatywnie, to normy cytowane w TSI stanowią element prawa unijnego i ich stosowanie jest obowiązkowe.

Wnioski

1. Z uwagi na wagę problemu interoperacyjności dla kolei europejskich należy dążyć do jak najszybszego opublikowania norm EN 50367 i EN 50388 w języku polskim.
2. Ze względu na prowadzone aktualizacje istniejących norm powinniśmy intensywniej włączyć się w prace grup roboczych przy europejskich komitetach normalizacyjnych, jak CEN, CENELEC.
3. Z uwagi na występowanie dużych prądów obciążenia, istotnego znaczenia nabierają zjawiska termiczne, szczególnie występujące na styku pantograf – przewód jezdny.
4. Konieczne wydaje się opracowanie nowych typów górnych sieci jezdnych dla prędkości około 250 km/h, zdolnych do przewodzenia maksymalnych prądów pobieranych przez tabor.

Literatura:

- [1] EN 50367:2004 – Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access).
- [2] EN 50388:2004 – Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability.
- [3] Commission Decision of 30 May 2002 concerning the technical specification for interoperability relating to the energy subsystem of the trans-European high-speed rail system referred to in Article 6(1) of Directive 96/48/EC.
- [4] Siemiński T., Jarosz T.: *Odbieraki i ich współpraca z siecią jezdnią*. WKŁ, Warszawa 1993.

Górna sieć jezdna

Kategoria linii		$v \leq 160$	$160 < v \leq 220$	$220 < v \leq 250$	Polska (tab.B.2) linie istniejące i modernizowane
		[km/h]	[km/h]	[km/h]	
Nominalna wysokość zawieszenia przew. jezdni.	[m]	5,0÷5,6	5,0÷5,5	5,0÷5,3	5,6
Minimalna wysokość zawieszenia przew. jezdni.	[m]	4,9	4,9	4,9	4,9
Maksymalna wysokość zawieszenia przew. jezdni.	[m]	6,2	6,2	6,2	6,2
Dozwolone wychylenie wiatrowe	[m]	0,4	0,4	0,4	0,5

Tablica 4

Pantograf

Kategoria linii	Wszystkie kategorie	Polska (tabela B.4)
Profil ślizgacza	Profil europantografu	Profil B i C (wg normy BN)
Maksymalna szerokość ślizgacza	[m]	0,65
Minimalna długość nakładek stykowych	[m]	0,8
Urządzenie ADD	Wymagane	Wskazane

Tablica 5

Wzajemne oddziaływanie pantograf/sieć jezdna

Kategoria linii		$v \leq 160$ km/h	160 km/h < $v \leq 220$ km/h	220 km/h < $v \leq 250$ km/h	Polska (tab.B.6)
		Statyczna siła stykowa	[N]		
F_m	[N]	Zgodnie z wykresem funkcji $F_m = 97 \cdot 10^{-6} v^2 + 110$			170 dla $v \leq 250$ [km/h]
σ_{\max} dla v_{\max}	[N]		0,3 F_m		43
NQ	[%]	0,1	0,2	0,2	—
Minimalny czas trwania przerwy styk.	(ms)	5	5	5	—
Przeźródła dla uniesienia przew. jezdni.	[mm]	$2S_0$	$2S_0$	$2S_0$	$S_0 = 100$

Autor

mgr inż. Stanisław Lis
 „PKP Energetyka” spółka z o.o.
 ekspert w AEIF

VII Międzynarodowa Konferencja MET 2005

Nowoczesna Trakcja Elektryczna w zintegrowanej Europie XXI w.

Warszawa, 29 września – 1 października 2005 r.

Organizatorzy

- Centrum Doskonałości – Ekologiczne i Wysokosprawne Systemy Elektromechanicznego Przetwarzania Energii w ramach V Programu Ramowego UE przy Instytucie Maszyn Elektrycznych PW i Zakład Trakcji Elektrycznej Politechniki Warszawskiej
- Polska Akademia Nauk – Komitet Elektrotechniki Sekcja Trakcji Elektrycznej
- IEE – Sekcja Polska - Oddział Warszawski
- Instytut Elektrotechniki Warszawa

Adres sekretariatu MET '2005

Instytut Maszyn Elektrycznych, Zakład Trakcji Elektrycznej
 00-661 Warszawa, Plac Politechniki 1
 tel. (22) 660 77 09; 660 76 16; 660 75 51 fax (22) 660 75 51; 62 99 817
 e-mail: aszelag@nov.iem.pw.edu.pl
 http://ztu.ime.pw.edu.pl