Karel Sellner, Jaroslav Čáp

# Elektrické jednotky pro modernizované a vysokorychlostní tratě

(část II. - pokračování z NŽT 2/96)

## Elektrické jednotky pro vysoké rychlosti

Ke značnému pokroku došlo i u vozidel pro provoz na vysokorychlostních železničních tratích. Pro nově budované tratě se zdálo být jednoznačně rozhodnuto, že vlaky budou vycházet z jednotné koncepce tvořené dvěma čelními hnacími vozidly a vloženými vozy pro cestující, vše v klasickém uložení skříní vozidel na dvounápravové podvozky. V tomto uspořádání je vyrobena převážná většina dosud provozovaných vlaků, elektrických jednotek, na vysokorychlostních tratích v Evropě. Do budoucna se však vážně zvažuje návrat k původním japonským koncepcím s hnacími podvozky i u vložených vozů (čelní vozy jsou naopak zpravidla nemotorové). Hlavní výhodou tohoto uspořádání je větší obsaditelnost tím, že i čelní vozidla jsou určena pro cestující, a nižší nápravová hmotnost vycházející z toho, že trakční výzbroj je rovnoměrně rozložena pod podlahami jednotlivých vozů. Důsledkem jsou i menší silové účinky na železniční trať. Nevýhodou je složitější konstrukce a vyšší náklady na údržbu, což však v budoucnosti při vysoce spolehlivých zařízeních s dlouhou životností bude mít menší význam.

## Hlavní charakteristiky současných elektrických jednotek

**složení**: pěti až dvacetivozové jednotky složené z motorových a nemotorových vozů obsaditelných cestujícími, případně z hnacích čelních vozidel a nemotorových nebo i motorových vozů obsaditelných cestujícími

**pojezd**: dva dvounápravové hnací podvozky pro čelní hnací vozidla, dvounápravové hnací nebo běžné podvozky pro motorové a nemotorové vozy po dvou na vůz, případně společné pro sousední vozy

**skříň**: celosvařovaná ocelová nebo hliníková s aerodynamicky řešenými neprůchozími vnějšími čely a průchozími vnitřními čely, jedno nebo dvoupodlažní bez naklápěcího zařízení

**výkon**: 4000 - 18000 kW

**rychlost**: 220 - 360 km/h

**hmotnost na nápravu**: 15 - 20 tun

**trakční výzbroj**: stejnosměrné, synchronní nebo asynchronní trakční motory, dynamická brzda

Ing. Karel Sellner, CSc., ředitel odboru drah a železniční dopravy Ministerstva dopravy ČR, nábř. L. Svobody 12, 110 15 Praha 1

Prof. ing. Jaroslav Čáp, DrSc., Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Studentská 84, 530 09 Pardubice

## Typičtí představitelé

Série 0, 11840 kW, 220 km/h, 14M+2N, 25 kV 60 Hz, Japonsko

Série 200, 12000 kW, 240 km/h, 10M+6N, 25 kV 60 Hz, Japonsko

TGV Sud-Est, 6 800 kW, 270 km/h, 2H+8N, 1500 V / 25 kV 50 Hz / 15 kV 16 2/3 Hz, Francie

TGV Atlantique, 8800 kW, 300 km/h, 2H+8N, 1500 V / 25 kV 50 Hz, Francie

Eurostar, 12 000 kW, 300 km/h, 2H+18N, 750 V / 3000 V / 25 kV 50 Hz, Francie

ICE 1, 9600 kW, 280 km/h, 2H+10V, 15 kV 16 2/3 Hz, SRN

TGV Duplex, 8800kW, 300 km/h, 2H+8V, 1500 V / 25 kV 50 Hz, Francie, dvoupodlažní

ETR 500, 8000 kW, 300 km/h, 2H+8N, 3000 V, Itálie

Série 400, 10050 kW, 240 km/h, 12M+4N, 20/25 kV 50 Hz, Japonsko

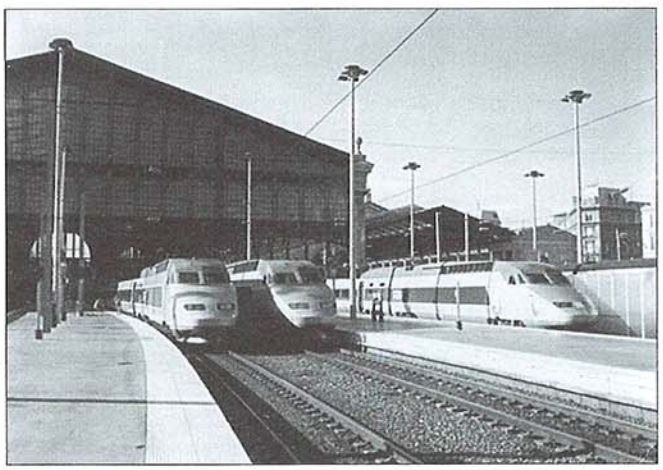
Série E1, 9840 kW, 240 km/h, 6M+6N, 25 kV 50 Hz, Japonsko, dvoupodlažní

Série E2, 7200kW, 275 km/h, 6M+2N, 25 kV 50/60 Hz, Japonsko

Série E3, 4800 kW, 275 km/h, 4M+1N, 25/25 kV 50 Hz, Japonsko

Série 500, 18240 kW, 320 km/h, 16M, 25 kV 60 Hz, Japonsko

V současné době se v Japonsku, Francii, Německu i Itálii vyvíjí několik nových typů vysokorychlostních elektrických jednotek. Všechny tyto jednotky jsou určeny pro rychlosti vyšší než 300 km/h.



Obr. 1 Elektrické jednotky TGV Atlantique na nádraží Paris Nord

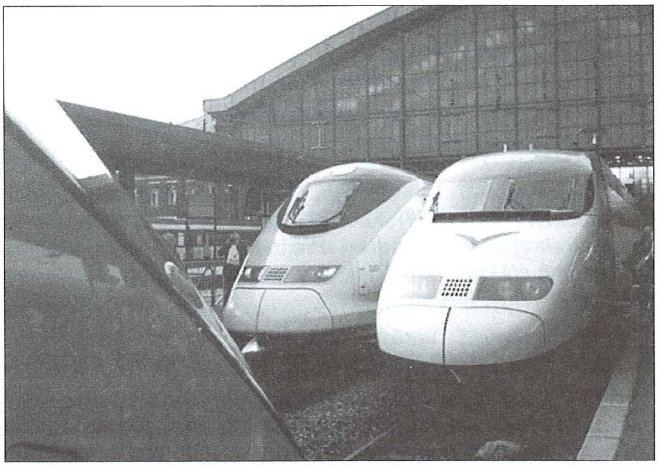
V Japonsku se vývoj po rozdělení jednotné železnice JR na oblastní společnosti (centrální CJRC, východní EJCR a západní WJCR) oddělil.

Centrální společnost CJRC, současný provozovatel trati Tokaido, hledá možnosti jak zvýšit kvalitu této trati. Snaží se ji nalézt v harmonické interakci vozidlo/trať. Paralelně probíhají zlepšení dopravní cesty i vývoj nového vozidla 300X. V tomto vozidle se hledají zlepšení v aerodynamice i ochraně prostředí, hlavně pak se vyvíjejí nové podvozky se zvětšeným rozvorem (z 2,5 na 3,0 m) pro vysoké rychlosti. Zvýšená rychlost na trati znamená snížení počtu vlaků a vyžaduje počítačové zázemí trati. Rychlost vozidla se zatím předpokládá $V_{max}$ = 270 km/h. V šestivozovém provedení při spojení dvou jednotek je celkový výkon 12 000 kW.

Východní společnost EJRC vyvinula model STAR 21. Opět se řešila aerodynamika i životní prostředí. Zkušební vlak je kombinací klasických a článkových (4 + 5) vagonů s trakcí rozmístěnou tak, že v první alternativě (952) jsou hnány pouze dva střední vozy a ve druhé variantě (953) je nehnaný první a poslední podvozek a nápravy mezipodvozků jsou hnané. Přitom se hledá vhodná varianta mezivozové vazby. V každé alternativě je vždy 8 hnaných náprav o výkonu 330 kW, s hmotností do 10 t na nápravu a uvažovanou $V_{max}$ = 350 km/h, eventuálně až 400 km/h.

Západní společnost WJCR zkouší vozidla WIN 350, opět s cílem dosáhnout rychlost nad 300 km/h. Půjde o vozidlo další generace s vyšším výkonem, méně hmotné a hlučné, se zlepšeným komfortem. Jednotka je šestivozová o celkovém výkonu 7 200 kW. Při zkouškách vozidlo dosáhlo rychlost 350 km/h. Zkoumá se i kompenzace příčného zrychlení pneumatickým vypružením nebo hydropneumatickým systémem. Zajímavostí japonských pokusů je snaha o snížení vlivu sběračů a jsou hledány vhodné formy spojlerů.

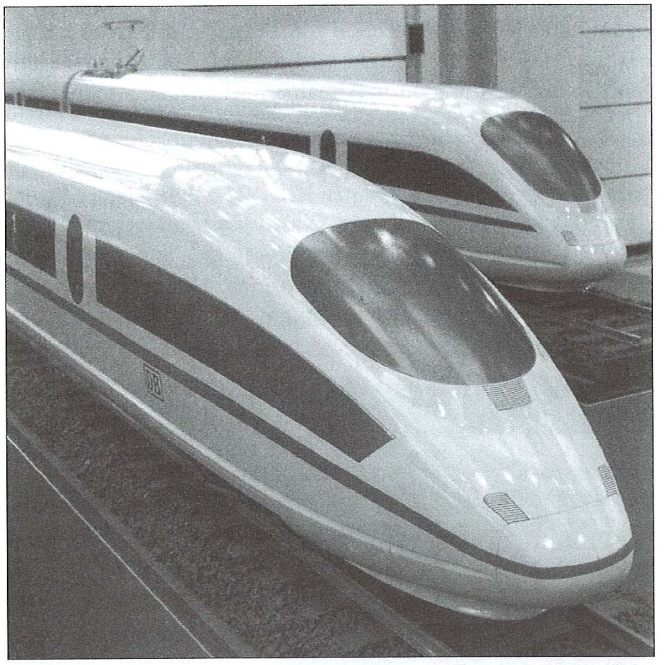
V budoucnu se uvažuje s širší aplikací dvoupodlažních souprav, ve stadiu výzkumu a konstrukce jsou vysokorychlostní jednotky s naklápěcí skříní. S vývojem vysokorychlostní



Obr. 2 Čela elektrických vysokorychlostních jednotek Eurostar a AVE

jednotky s naklápěcí skříní složené z motorových a nemotorových vozů uvažuje i švédská firma ABB pro vysokorychlostní tratě ve Skandinávii. Francouzská představa o nové generaci TGV vychází z kombinace čelních hnacích vozidel a vložených a řídicích jednopodlažních nebo dvoupodlažních vozů. Rychlosti se uvažují 300 až 360 km/h, pro jednotky s vyšší rychlostí nebo delší soupravou lze za hnací vozidlo zařadit vložený vůz s jedním podvozkem hnacím. Výkon takovýchto jednotek se dvěma hnacími a dvěma motorovými vozy bude 12 000 kW. Ostatní podvozky vložených vozů v soupravě jsou společné pro dva sousední vozy.

V minulém roce byla dokončena stavba modernizovaných vozidel ICE 2 (Br 402), která mimo jiné obsahuje již řídicí systém SIBAS 32 a systém pro rychlé spojování jednotek. Zařízení s pneumatickým ovládáním řídí otvírání a zavírání krycích klapek a spřáhlo pro mechanické a elektrické spojení. Jde o řešení, kdy při nižší frekvenci cestujících jednotky jezdí samostatně a na úseku více frekventovaném se jednotky spojí. Základní koncepce je vlastně půlvlak z ICE (Br 401), s jízdním hlavovým trakčním vozidlem a sedmi vagony pro cestující, kdy



Obr. 3 Modely elektrických nově vyvíjených jednotek v Spolkové republice Německo ICE 2.2 a ICT

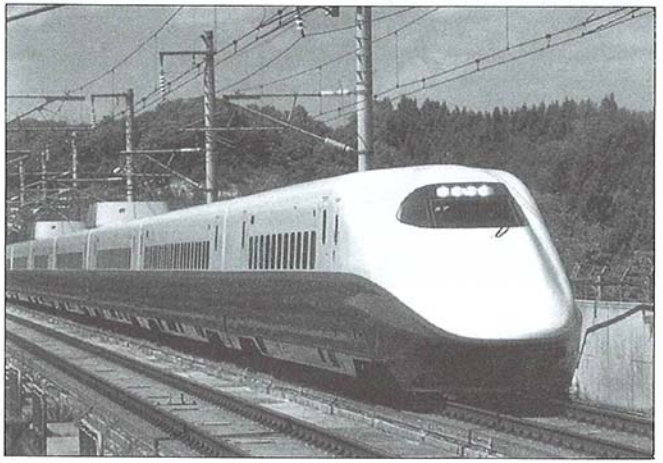
poslední vůz je zároveň řídicí vozidlo. Nejvyšší rychlost zůstává $V_{max}$ = 280 km/h a při spojení jednotek na rovině lze dosáhnout i 285 km/h. Další kostrukční úpravy spočívají ve snížení hmotnosti (cca 7 t/vůz), kdy celková hmotnost jednotky nepřesáhne 412 t. Dále byly nově vyvinuty sběrače, jednotná skříň vozů se zlepšeným využitím plochy a použity podvozky s pneumatickým vypružením (SGP 400). Brzdový systém byl upraven i pro tratě s $V_{max}$ = 160 km/h a zábrzdnou vzdáleností 900 m, proto tedy doplněn magnetickou brzdou, i když se nevylučuje i opětné využití elektrické vířivé brzdy. Novou koncepci představuje typ ICE 2.2, který znamená opuštění způsobu s hlavovým trakčním vozidlem. Problémem se stává hmotnost na nápravu. Ta se nyní ohraničuje na 17 t a tuto hodnotu, z hlediska instalace potřebného výkonu i adhezních potřeb, lze těžko u hlavových trakčních vozidel dodržet. Německé dráhy DB AG totiž předpokládají jednak využití vozidel do jiných zemí, zejména Holandska, Švýcarska, jednak na nové trasované trati Kolín - Frankfurt, v lehčí stavbě, určené jen pro osobní provoz, a proto se sklony až 40 ‰, pro rychlost nad 300 km/h.

Jednotka ICE 2.2 bude osmivozová s rozdělenou trakcí po celém vozidle. Polovinu jednotky představuje čelní hnací vůz, nehnaný transformátorový vůz, hnaný vůz se silovou technikou a nehnaný mezivůz. První tři vozy přitom tvoří ucelenou elektrickou skupinu. Z 16 podvozků je 8 podvozků hnaných. Výkon osmidílné jednotky je 8000 kW a dovoluje $V_{max}$ = 330 km/h, což při hmotnosti 400 t představuje možný výkon 20 kW/t. Elektrické trakční zařízení je modulární a obsahuje možnost zabudování všech čtyř hlavních systémů,

ovšem na stejnosměrných systémech (1,5 a 3,0 kVss) jednotka dosáhne $V_{max}$ = 220 km/h.

Prvních 37 jednotek je jednosystémových 15 kV, 16 2/3 Hz; 4 jednotky pro provoz s Holandskem jsou třísystémové (15 kV, 16 2/3 Hz; 1,5 kVss a 25 kV, 50 Hz) již s uvažovaným přechodem NS na střídavý systém 25 kV, 50 Hz; 9 jednotek bude čtyřsystémových, tedy i pro 3,0 kVss. K dispozici jsou nově vyvinuté trakční podvozky odvozené z podvozků SGP 500, resp. HLD-K umožňujících nižší výšku podlahy. Jednotka má nové aerodynamické řešení s kapotováním podvozků snižujících jízdní odpor a vhodně řešenou aeroakustiku, příznivou jak pro cestující, tak i okolí. Trakční výzbroj, ovládání i vybrané díly mechanické části budou maximálně unifikované s jednotkami ICT.

Ještě dále jdou koncepční úvahy o vysokorychlostní jednotce pro příští století ICE 21, kde jsou kromě dvoupodvozkového uspořádání zvažovány i varianty s krátkými lehkými vloženými vozy spočívajícími na společných jednonápravových Jakobiho podvozcích. Hnací podvozky na čelních a některých vložených vozech mají zůstat dvounápravové.



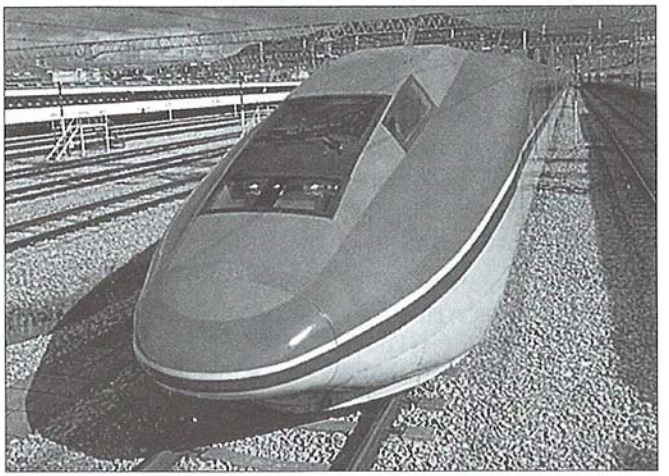
Obr. 4 Vysokorychlostní japonská elektrická jednotka Série E2

## Závěr

Úspěchy v konkurenci s ostatními druhy doprav a velmi dobré provozní i ekonomické výsledky v Evropě i ve světě prokázaly životnost a perspektivnost rychlé železniční dopravy. Při respektování zásad interoperabilty, jejichž splnění umožní provoz elektrických jednotek pro rychlou železniční dopravu na tratích s různými napájecími a zabezpečovacími systémy, leží před výrobci i provozovateli těchto špičkových dopravních prostředků další rozvoj.

Rychlost 400 km/h se však pro komerční provoz jeví u železničního systému jako limitní. Tam, kde ve vzdálenější budoucnosti bude účelné využívat v pozemní dopravě rychlosti 400 - 500 km/h, předpokládá se použití čtyř až pětivozových celků vozidel využívajících princip magnetické levitace a lineárního pohonu na speciální dráze. V Japonsku se plánuje spojení Tokia a Osaky, ve Spolkové republice Německo Hamburku a Berlína. Přestože studijní podklady prokazují efektivitu řešení a výrazné zkrácení cestovních časů, není zatím o realizaci těchto projektů definitivně rozhodnuto.

*Lektoroval: Doc. ing. Jiří Izer, CSc.*



Obr. 5 Experimentální elektrická vysokorychlostní jednotka WIN 350 v Japonsku

## *Elektrické jednotky pro modernizované a vysokorychlostní tratě*

*Ve druhé části svého příspěvku se autoři zabývají elektrickými jednotkami pro vysoké rychlosti. Uvádějí hlavní charakteristiky a typické představitele současných elektrických jednotek a směry budoucího vývoje.*

## *Elektrische Triebzüge für die Ausbau- und Hochgeschwindigkeitsstrecken*

*Den zweiten Teil ihres Beitrages widmen die Verfasser den elektrischen Triebzügen für hohe Geschwindigkeiten. Sie stellen die charakteristischen Daten und typischen Repräsentanten derzeitigen elektrischen Triebzügen sowie die Richtungen der zukünftigen Entwicklung vor.*

## *EMUs for Upgrade and High-speed Lines*

*In the second part of their article the authors present the electric motor units for high speed lines. They focus on main characteristics and typical representants of contemporary EMUs and on main directions of their future development.*