

SCIENTIFIC PAPERS  
OF THE UNIVERSITY OF PARDUBICE

Series B

The Jan Perner Transport Faculty

1 (1995)

MODERNIZAČNÍ PRVKY VÝKONNÝCH TRAKČNÍCH VOZIDEL

Jaroslav ČÁP

Katedra dopravních prostředků

Do kategorie výkonných lokomotiv můžeme zařadit takové, které v 4-nápravovém uspořádání s hmotností 80÷84 t vykazují minimálně:

- výkon 5000 kW trvale
- rychlost 200 km/h
- rozjezdová tažná síla 250 kN.

Uvedené hodnoty mohou splnit jen vozidla elektrické trakce a v evropských podmínkách je reprezentují výrobky hlavních koncernů *Siemens*, *ABB*, *AEG* a *GEC* - *Alstom*. Vozidla vesměs vznikla v souvislosti s modernizačními plány železničních správ - **DBAG**, **SBB-Bahn 2000**, **RENFE-AVE**, **ÖBB-Neue Bahn**.

Do skupiny těchto vozidel můžeme zejména zařadit: **DB-BR 120** resp. **121**, **SBB-Re 460**, **RENFE - S 252** a z této lokomotivy odvozené u **DB - BR 127 EuroSprinter**, novou lokomotivu **12X** u **DB** označenou **BR 128** a lokomotivu **BR - Class 91**. Pokud bychom požadavky zmírnili, patří sem i lokomotivy **FS - E 454/E 453** a **ÖBB - "Brenerska" E 1822** a tzv. "lehká" **E 1014**.

Přes velkou rozmanitost typů lze charakterizovat základní modernizační tendence. Spočívají jednak ve změnách v elektrické i elektronické části, jednak ve zlepšeních pojezdu.

Vývoj výkonové elektroniky byl umožněn *GTO tyristory* (Gate turn - off, tedy zhašených mřížkou). Vzestup parametrů tyristoru je obdivuhodný, kdy se mezi

60-tými a 90-tými lety spínací výkon zvýšil z 0,2 na 6 MVA a počet tyristorů pro 1 MVA snížil z 44 na 5. Současný tyristor má parametry 3000 A pro 4500 V. Výkonová technika na bázi GTO tyristorů dovoluje stavbu usměrňovačů - nejčastěji čtyřkvadrantních - pulzních měničů i střídačů, resp. měničů frekvence i napětí pro pohon asynchronních motorů. Relativně snadno se také řeší otázka vícesystémových vozidel.

Některá výše uvedená vozidla jsou již v základním provedení dvouproudá **S-252** (25 kV, 50 Hz; 3 kVss), **E 1014** (15 kV, 16 2/3 Hz; 25 kV, 50 Hz), **E 1822** (15 kV, 16 2/3; 3 kVss).

U lokomotivy **12X**, vybavené systémem 15 kV, 16 2/3 Hz, je přesnější označení **12 X.1**. Výrobce uvažuje i s typy **12 X.1** až **12 X.7** s variací tří hlavních systémů - 25 kV, 50 Hz; 15 kV, 16 2/3 Hz a 3 kVss. Systém 1,5 kVss již není zřejmě perspektivní.

Z hlediska pojezdu považujeme za hlavní modernizační prvek asynchronní trakční motor. Svoji jednoduchostí, menšími rozměry a hmotností dává vysoký trvalý výkon 1200-1600 kW, krátkodobě 1500-1800 kW. Motor umožňuje zmenšení rozvoru podvozku, ten se pohybuje od 2600 mm do 3000 mm. Tím se snižuje hmotnost podvozku i celé mechanické části. Tak jsou kompenzovány nutné změny v podílu hmotnosti mechanické a elektrické části vozidla. Před 20ti lety byl poměr 60:40, později se vyrovnal na 50:50 a dnes převažuje podíl elektrické části cca 40:60. Zároveň snížením momentu setrvačnosti se zlepšuje stabilita vozidla a zvyšuje kritická rychlost.

Důležitou roli hrají i řídicí systémy na bázi digitální techniky a světlovodných vodičů. Ty tvoří centrální nervový systém vozidel. Řídicí prvky jsou postaveny na mikropočítačích, které společně se sítí přenosu dat (tzv. Bussystémy) tvoří víceúrovňové hierarchie.

Systémy se obvykle dělí na trakční, a diagnostické s příslušnými podsystémy, které zajišťují řízení jízdy i brzděného režimu, kontrolu mezních skluzů (trakčních, brzdových), dělení trakčního výkonu na jednotlivé motory, kontrolní a bezpečnostní funkce, řízení pomocných pohonů. Podstatnou roli hrají systémy řízení trakčního a brzděného režimu, dovolující i možnost přelévání výkonu na motorech. Ty umožňují maximální využití adhezního mechanismu v limitních situacích.

Současně přitom řídicí systém individuálního pohonu umožňuje v souvislosti s kontrolou okamžitého zatížení nápravy regulovat moment motoru. Z méně zatížené nápravy je pak převáděn na nápravu zatíženější a to obvykle v jednom podvozku v rozmezí až 20%. Touto moderní technikou dnes ztrácí na významu

otázka vyrovnávání nápravových zatížení, s konstrukčními úpravami k dosažení tzv. mechanického optima.

Sledujme však další modernizační prvky v mechanické části pojezdu. Projevují se hlavně zaváděním rejdovných náprav, změnách v pohonech a přenosech podélných sil. Rejdovná dvojkolí, tedy schopnost stavět nápravy v oblouku radiálně, se požadují zejména u železničních správ, kde počet oblouků je vysoký a rekonstrukce neúměrně nákladná (SBB) nebo kde se požaduje přeprava vagonů s naklápěcími skříněmi, tedy zvýšenou rychlostí oproti jízdě s obvyklými vagony. Současně tu bývá kladen požadavek vyšších nevyrovnaných zrychlení na 0,8 až 1,0 m/s a při jízdě s aktivně naklápěcími skříněmi až na 1,8 m/s, při relativně příznivých účincích vozidla na trať.

Systémy rejdovných náprav jsou buď samočinné a to bez vzájemné vazby náprav, to např. u lehčích lokomotiv SLM, kde se natáčí celý komplex dvojkolí s pohonem. Další je samočinné rejdování náprav s vzájemnou vazbou ložiskových skříní - **Re 460**. U lokomotivy **DB 120 003** je pak zkoušen systém rejdovných náprav vzájemně spojených a řízených z natáčené skříně oproti podvozku. Celkový cíl je ve snížení řídících sil **P** resp. vodících sil **Y** a a snížení úhlu náběhu  $\alpha$ . Tím samozřejmě snížení součinitele opotřebení  $P \cdot \alpha$ . Systémy pro rejdovné nápravy ovšem vyžadují změnu v konstrukci vedení náprav a tím i její poddajnosti v podélném směru.

V pohonech dvojkolí, dnes vlastně jen již individuálních, k výrazným změnám nedošlo. Prakticky všechna nová vozidla používají známý systém dutého hřídele objímajícího nápravu, který na jedné straně přejímá moment od velkého ozubeného kola odpružené převodovky a na druhé straně jej předává jednomu kolu dvojkolí.

Základní princip byl odzkoušen u části 6-ti nápravových výkonných lokomotiv **BR 103**, kde byl nazván jako pohon kardanem odpružený pryží. Dutý hřídel objímající nápravu byl zde připojen ojnicemi na velké ozubené kolo a na druhé straně pomocí silentbloků ke kolu. V nynější verzi jsou buď ojničky na obou stranách (**BR 120**, **S 252**, **EuroSprinter**), nebo ojničky jsou nahrazeny šípovými silentbloky (**Re 460**) a nebo je vyvinut další ojnicový mechanismus (**GEALAIF - 12 X**). Hlavní změna je v tom, že mechanismus musí umožňovat nejen propnutí nápravy ale i natočení komplexu motoru s převodovkou vůči nápravě. Totiž u těchto nových vozidel není motor pevně fixován v rámu podvozku, ale je zavěšen na závěskách (**BR 120**, **EuroSprinter**), nebo na vzpěrách (**Re 460**). Motor je pak příčně vázán k rámu vozidla. Tím se dosahuje příznivá stabilita chodu vozidla i při vysoké rychlosti. Uvolněním motoru však vzrůstají nároky na pohon, protože ten musí zvládnout svislé a příčné pohyby při přenosu vysokého výkonu.



Závěrem se zmiňme o tendencích v uložení skříně a přenosu podélných sil z podvozku na skříň.

V uložení skříně na podvozek dnes převládá způsob Flexicoil, tedy systém relativně vysokých průřezů namáhaných svisle i příčně. Tento způsob, opět u vysoce výkonných lokomotiv vyzkoušený na lokomotivě **BR 103**, dnes přejala prakticky všechna nová vozidla - **BR 120/121**, **Re 460**, **S 252**, **12 X**. Namáhání pružin v příčném směru se v řadě případů snižuje uložení pružin na silentblocích. Vlnivý pohyb podvozků je tlumen vysoce účinnými horizontálně orientovanými tlumiči, propojujícími střední část podvozku se skříní vozidla.

Určité změny v konstrukci pojezdů se projevují i v přenosech podélných sil - tedy nejen trakčních a brzdových ale i sil vznikajících při prudkém odrychlení vznikajícím při prudším nájezdu na stojící soupravu (uvažují se např. **3g**).

Snaha umístit přenos co nejnižší je zachována a užívá se lemniskátový mechanismus (přímovod - antiparalelogram) u **BR 120** i **S 252**, ale stále častěji se řeší přenos sil pomocí jednostranných táhel - **Re 460**, **12 X**.

Tento způsob šetří prostor ve střední části podvozku, snižuje rozvor a tím i hmotnost podvozku. Otázka, zda šikmá či vodorovná táhla, není dnes již rozhodující, díky schopnostem elektronických systémů řídicích pohon, které dovolují přelévání výkonu z motoru na motor.

Uvedené modernizační prvky naplňují základní hlediska dobrých adhezních, trakčních a jízdních vlastností a tak spolu s nízkými účinky na trať, vysokou spolehlivostí i životností dávají předpoklady výborných užitných vlastností výkonných trakčních vozidel.

*Lektoroval: Doc. Ing. Daniel Kalinčák, CSc.*

Předloženo v únoru 1995.

#### Literatura

- [1] firemní podklady Siemens, AEG, ABB, SLM.

## Resumé

### MODERNIZAČNÍ PRVKY VÝKONOVÝCH TRAKČNÍCH VOZIDEL

Jaroslav ČÁP

Nově stavěné výkonné elektrické lokomotivy splňují minimální hodnoty výkonu - 5000 kW, rychlosti - 200 km/h a rozjezdové tažné síly - 250 kN. To je umožněno vývojem moderních asynchronních motorů, výkonné GTO elektrotechniky a změnami v mechanické části pojezdu. Příspěvek upozorňuje právě na ty změny, které zlepšují užité vlastnosti vozidel z hlediska vyšších adhezních a trakčních schopností, lepších jízdních vlastností a nižších negativních účinků na jízdní cestu.

## Summary

### MODERN ELEMENTS USED IN EFFICIENT LOCOMOTIVES

Jaroslav ČÁP

The newly built efficient electric locomotives fulfil the minimum requirements of performance - 5000 kW, speed - 200 km/h and take off tractivepower of 250 kN. This has been made possible by the development of modern asynchronous motors, efficient GTO electronics, and changes in the mechanical part of travel. The paper stresses just the changes which improve the utility properties of vehicles from the viewpoint of adhesion and traction properties, better running qualities and lower negative effect of vehicles upon the track.

## Zusammenfassung

### DIE MODERNISIERUNGEN ELEMENTE LEISTUNGSFÄHIGEN TRIEBFAHRZEUGE

Jaroslav ČÁP

Die neu gebanten leistungsfähigen elektrischen Lokomotiven erfüllen minimale Leistungswerte von 5000 kW, die Geschwindigkeit von 200 km/h und eine Anfahrzugkraft von 250 kN. Dies wird durch die Entwicklung von modernen Asynchronmotoren, von leistungsfähiger GTO - Elektronik und durch die Änderung im mechanischen Teil des Fahrwerkes ermöglicht.

Der beitrage macht besonders auf diejenigen Veränderungen aufmerksam, die die Nutzeigenschaften der Fahrzeuge hinsichtlich der höheren Adhäsions - und Traktionsfähigkeiten, der besseren Fahreigenschaften und der niedrigeren negativen Auswirkungen der Fahrzeuge auf die Fahrwege verbessern.