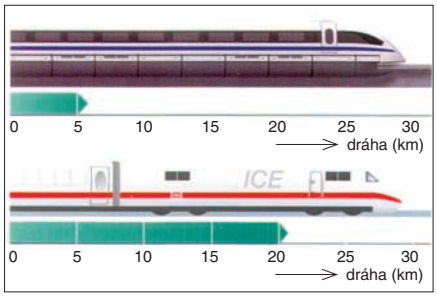
Pokroky ve stavbě magneticky levitovaných dopravních systémů
(2 – dokončení)

prof. Ing. Daniel Mayer, DrSc., Západočeská univerzita v Plzni

2.4 Transrapid versus klasická železnice

Porovnejme základní charakteristiky obou dopravních systémů [9], [26].

Rychlost přepravy Transrapidem je podstatně vyšší. Zatímco provozní rychlost klasické železnice je limitována adhezí kola na kolejnici a pohybuje se okolo 300 km·h^{-1}, provozní rychlost Transrapidu je 400 až 500 km·h^{-1}. Přepravní doba je u Transrapidu podstatně kratší také proto, že jeho akcelerace (a tedy doba rozjezdu a dojezdu) je výrazně vyšší; je omezena jen přípustným působením cestujících, což činí asi 0,15g (g je tíhové zrychlení, g = 9,81 m·s^{-1}; pro srovnání: akrobatický pilot je vystaven zátěži až 9g). Například Transrapid dosáhne z klidu rychlosti 300 km·h^{-1} za 100 s, a to



Obr. 7. Porovnání akcelerace u Transrapidu a rychlíku ICE

na dráze délky 5 km, kdežto moderní klasická železnice potřebuje dobu téměř trojnásobnou a délku dráhy 20 km (obr. 7). U vysokorychlostního koridoru se oproti klasické vysokorychlostní železnici zkrátí jízdní doba až asi o 30 %.

Spotřeba elektrické energie (při stejné rychlosti) je u Transrapidu asi o třetinu menší než u klasického rychlíku. U letecké dopravy je spotřeba energie asi pětkrát větší.

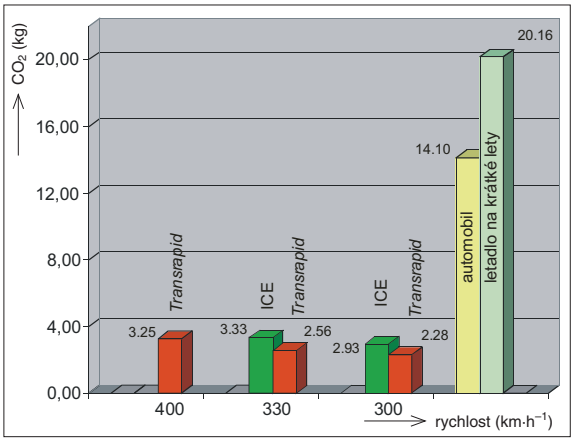
Šetrnost k životnímu prostředí je u Transrapidu vysoká: odpadají emise (obr. 8), v důsledku absence trakčního vedení se netvoří elektromagnetický smog, narušení ekologicky cenných lokalit je nepatrné. Zábor půdy na dráhu délky 1 m Transrapidu je u mostní konstrukce jen 2 m^2 (půdu pod drahou lze zemědělsky využívat), u pozemní konstrukce 12 m^2. U klasické rychlíkové tratě zábor činí 14 m^2 a u dálnice 30 m^2.

K větší užitečné zátěži Transrapidu přispívá skutečnost, že část jeho pohonu („stator“ LSM) je uložena v jízdní dráze, a tedy svou hmotností nezatěžuje vozidlo.

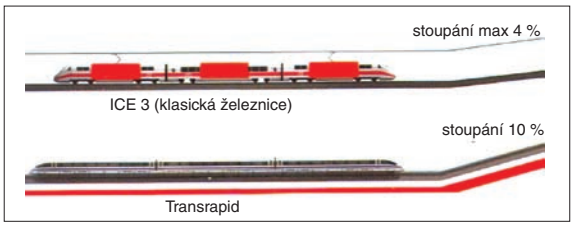
Stavba tratě Transrapidu v obtížných topografických podmínkách (např. v kopcovité krajině) je ekonomicky výhodnější, neboť vyžaduje menší úpravy terénu, menší počet tunelů apod. Sklon tratě totiž může být až 10 %, kdežto u klasické železnice pro osobní přepravu 4 % a pro smíšenou přepravu (tj. osob a zboží) jen 1,45 % (obr. 9).

Hlučnost Transrapidu je podstatně nižší než u železnice, díky bezkontaktní technice. Při rychlosti do 200 km je provoz téměř bezhlučný (to je důležité zejména v městském provozu), při vyšších rychlostech vzniká aerodynamický hluk. Při rychlosti 300 km·h^{-1} je však hluk nižší než u S-Bahnu při rychlosti 80 km·h^{-1} (obr. 10). Chod Transrapidu je klidný, nevznikají vibrace jako u klasické železnice, které působí destruktivně na blízké budovy a zmenšují cestovní komfort.

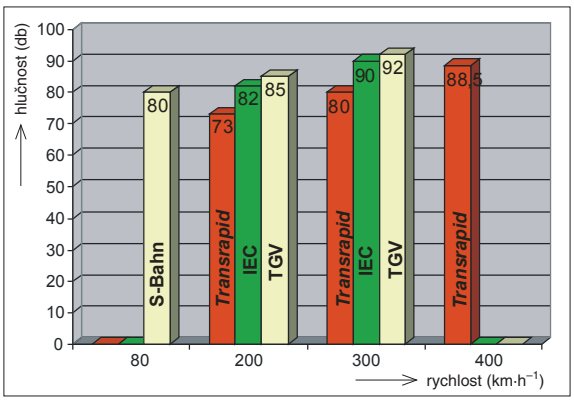
Provozní bezpečnost Transrapidu je vysoká. Na jízdní dráze nejsou přejezdy (časté místo nehod u klasické železnice), lineární motor umožňuje pohyb jen jedním směrem (nehrozí nebezpečí kolize s protijedoucím vozidlem), nadzemní drážní těleso nepřerušuje migrační cesty zvěře, díky čemuž není možný jejich střet s vozidlem. Podvozek Transrapidu obepíná drážní těleso (obr. 11), a tím se vylučuje možnost vykolejení. Ani výpadek napájecí sítě neohrozí bezpečnost: levitační a stabilizační elektromagnety se automaticky přepnou na bateriové napájení. Bezpečnost Transrapidu ovšem není absolutní. Dne 22. září 2006 došlo na zkušební lince u města Lathen k havárii: Transrapid, pohybující se rychlostí 200 km·h^{-1}, se střetl se stojícím údržbářským vozem. Zemřelo 25 osob.



Obr. 8. Porovnání exhalací CO_2 u různých dopravních prostředků



Obr. 9. Porovnání maximálního přípustného stoupání tratě Transrapidu a rychlíku ICE 3



Obr. 10. Porovnání hlučnosti (db) různých dopravních prostředků

Provozní spolehlivost Transrapidu je díky bezkontaktní technice vysoká i při extrémních povětrnostních podmínkách (mj. odpadají problémy s námrazou trolejového vedení u železnice).

Provozní náklady jsou pro Transrapid příznivé: klasická železnice má spotřebu elektrické energie (při stejné rychlosti 350 km·h^{-1}) asi o 35 % větší a náklady na údržbu drážního tělesa a vozidel jsou (vzhledem k bezkontaktní technice Transrapidu) až 4,5násobné. Naproti tomu pořizovací náklady na Transrapid jsou vysoké. Na drážní těleso délky 50 km se vynaloží investice u Transrapidu 3,1 mld. eur kdežto např. u železnice Škoda Ev1 jen 710 mil. eur. Vysoké náklady spolu

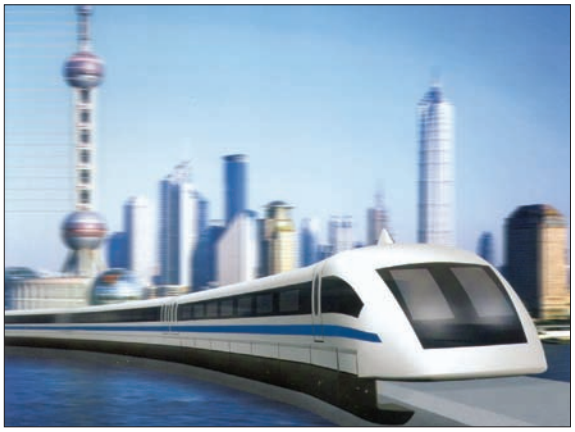
s dlouhou návratností (jízdné nemůže být výrazně vyšší než u konkurenčních dopravních systémů) jsou v současnosti vážnou překážkou rozšíření Transrapidu.

2.5 Počátek nové éry v pozemní dopravě: Šanghaj 2006

Šanghajský maglev – SML (*Shanghai Maglev Line*) je světovou premiérou komerční dopravy superexpresem Transrapid [15], [19], [31]. V létě 2000 rozhodla vláda Čínské lidové republiky o provozování magne-

Obr. 11. Uložení Transrapidu na drážním tělese

ticky levitované dopravy německou technikou Transrapid mezi obchodním centrem Šanghaje (Long Yang Road Station) a mezinárodním letištěm (Pudong International Airport) – obr. 12. Trasa je dvouproudá (obr. 13) a její délka je 31 km. Byl založen čínský podnik SMTDC (*Shanghai Maglev Transportation Development Company*, Šanghajská společnost pro rozvoj dopravy maglev), který za spolupráce německých odborníků postavil trať. Výstavba trvala překvapivě krátkou dobu 22 měsíců: od 1. března 2001 do 31. prosince 2002. Následný zkušební provoz, při němž SML projel trasu 88 000krát, a tudíž absolvoval vzdálenost 2,7 mil. km, a přepravil 7,2 mil. osob, plně potvrdil dokonalost této moderní dopravní techniky (tab. 2). Komerční provoz SML byl zahájen v dubnu 2006.



Obr. 12. Superexpres SML pro dopravu mezi Šanghají a Pudongem

V čínsko-německé spolupráci se od října 2005 projektuje prodloužení linky SML do turistického centra Hangzhou, jež je podle Marka Pola (*1254, †1324) nejkrásnějším městem světa. Délka celé trasy bude 197 km, SML ji bude projíždět provozní rychlostí 450 km·h^{-1} mimo město a 200 km·h^{-1} v městské zástavbě a projede ji za půl hodiny. Realizace projektu má být součástí světové výstavy Expo, konané v roce 2010 v Šanghaji. Předpokládané investiční náklady jsou 3 123 milionů eur s návratností v roce 2040 [19].

2.6 Další realizace Transrapidu: Mnichov

V současné době je ukončen projekt spojení Mnichov (hlavní nádraží)–letiště [3], [17], [18]. Na trase délky 37,4 km budou dvě stanice, tři tunely (o celkové délce 8,7 km) a 6,7 km povede po mostní konstrukci. V SRN byla z pěti vytipovaných lokalit zvolena tato trasa proto, že jde o jednu z nejvíce zatížených pozemních komunikací v Evropě. Mnichovské nádraží (přes 100 mil. cestujících za rok) spolu s letištěm (přes 27 mil. cestujících za rok) jsou druhými největšími v SRN. Poznamenejme, že tento projekt superexpresu Transrapid v SRN není první. Koncem osmdesátých let minulého století byla projektována trasa Essen–Düsseldorf (letiště)–Kolín a v roce 2000 trasa Berlín–Hamburk. Oba tyto projekty však nebyly schváleny.

Harmonogram prací na stavbě mnichovského Transrapidu je tento: od roku 2001 se datují první úvahy o výstavbě tratě, v roce 2005 začaly projektové práce, v roce 2007 schvalovací proces a v roce 2009 začne výroba a zkoušení. Koncem roku 2011 se plánuje předání tratě veřejnosti. Superexpres, který bude provozován na této trati, je na obr. 14. Jeho technické parametry jsou uvedeny v tab. 3.

Obr. 13. Dvouproudová jízdní dráha SML

Tab. 2. Parametry SML

Provozní rychlost	430 km·h^{-1}
Hluk v cestovním prostoru při 430 km·h^{-1}	81 db
Maximální dosažená rychlost	501 km·h^{-1}
Doba přepravy	8 min (auto/autobus asi1 h, metro 45 min)
Interval mezi jednotlivými vlaky	10 min
Dodržení jízdního řádu	99,8 %

Tab. 3. Parametry mnichovského Transrapidu

Provozní rychlost	350 km·h^{-1} mimo město 250 km·h^{-1} v zástavbě
Interval mezi vlaky	10 min (05:00 až 23:00) 20 min (04:00 až 05:00 a 23:00 až 24:00)
Doba přepravy	10 min (S-Bahn 45 min)
Počet vozů	5
Počet přepravovaných osob v jednom vlaku	320
Počet přepravených osob/rok (odhad)	8 mil.
Investiční náklady	1 600 mil. eur
Provozní náklady/rok	32 mil. eur (0,11 eur/km)
Předpokládaná cena jízdenky	13 eur (taxi asi 50 eur)

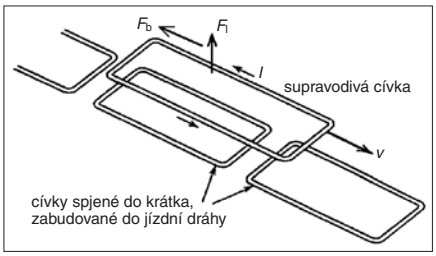
2.7 Superexpresy maglev v USA

V roce 1998 akceptoval Kongres projekt MDP (*Maglev Deployment Program*, vývojový program magnetické levitace), který je v současné době dokončován [4]. Předpokládá použití koncepce Transrapidu, realizuje jej společnost Transrapid International USA (TRI-USA), sídlící ve Washingtonu DC, a týká se výstavby linek uvedených v tab. 4. Tento projekt však ještě nebyl projednán na federální, státní ani místní úrovni.

2.8 Fyzikální princip EDS

Princip elektrodynamická levitace – EDS (*Electro-Dynamic Suspension*, elektrodynamické odpružení), jinak též levitace odpuzováním či repulzní levitace, je vyznačen na obr. 15. Nad soustavou pevných obdélníkových cívek spojených dokrátka a zabudovaných do jízdní dráhy se pohybuje plochá obdélníková cívka, jíž protéká stejnosměrný proud. Pohybující se cívka vytváří magnetické pole a při jejím pohybu se mění magnetický tok spřažený s pevnými cívkami a indukuje v nich proudy. Ty mají své magnetické pole, které je v interakci s magnetickým polem pohybující se cívky. Na pohybující se cívku působí síla, která má dvě složky: jedna složka ji odpuzuje od pevných cívek (tj. síla levitační, F_l), druhá složka působí proti směru jejího pohybu (tj. síla brzdící, F_b) a musí být překonávána zařízením, které s cívkou pohybuje, tj. jejím pohonem.

Obr. 14. Transrapid pro spojení Mnichov nádraží–Mezinárodní letiště Mnichov



Obr. 15. K levitačnímu principu

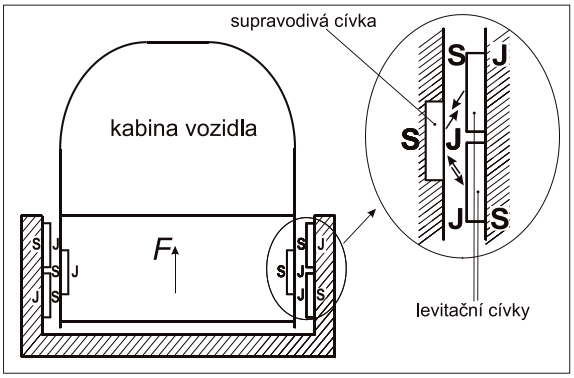
Obr. 16. Japonský superexpres MLX01; klínový tvar kapoty předního vozu výrazně snižuje aerodynamický odpor

Aby bylo možné využít popsaný fyzikální jev v dopravě, musí být levitační síla dostatečně velká, neboť levituje vozidlo i s pasažéry. Toho lze dosáhnout, je-li magnetické pole pohybující se cívky extrémně silné. To nastane, protéká-li jí extrémně velký budicí proud o velikosti řádově stovek kiloampérů. Toho se dosáhne tím, že pohyblivá cívka je ze supravodiče – SCM (*Superconducting Magnet*, supravodivý magnet). SCM je uložen v podvozku v kryostatu, kde je udržován na teplot, při níž nastává supravodivý stav. SCM se přivede do režimu elektromagnetu tím, že se v jeho okolí změní magnetické pole, např. přiblížením permanentního magnetu. Pak

$$\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} \neq 0$$

v SCM se indukuje napětí, a protože má v podstatě nulový odpor, bude jí protékat extrémně velký proud.

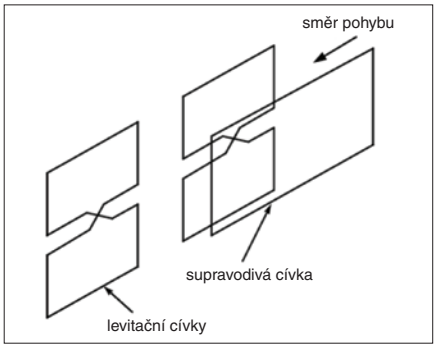
Z uvedeného je zřejmé, že když se SCM nepohybuje, je $F_l = 0$, pohybuje-li se SCM pomalu, je $F_l \neq 0$, ale ještě nestačí k levitaci. Teprve když se SCM pohybuje dostatečně rychle, vozidlo levituje. Vozidlo je tedy opatřeno koly, které používá při rozjezdu a dojezdu. Teoretické vyšetření levitační a brzdicí síly je v práci [5], [23].



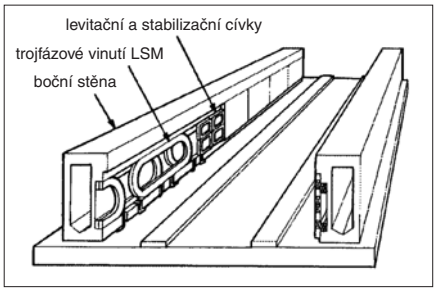
Obr. 17. Průřez jízdní dráhou japonského superexpresu; v bocích jsou uloženy cívky levitační a stabilizační i pohonné cívky LSM

2.9 Stručná historie využití principu EDS

- Emile Bachelet, Francouz žijící v USA, získal v roce 1912 patent na levitující vlak na principu, jenž je blízký EDS: cívky buzené střídavými proudy byly zabudovány v jízdní dráze a v podvozku vozidla indukovaly vířivé proudu, jejichž magnetické pole bylo v interakci s polem cívek, a nadnášely vozidlo. V tomtéž roce sestrojil malý model.
- 1963: J. R. Powell navrhl levitaci se dvěma odpuzujícími se supravodivými cívkami.
- 1969: J. R. Powell a G. D. Danby projektovali na základě EDS superexpres.
- 1972: společnost JNR (*Japan National Railways*, Japonské národní dráhy), sdružující firmy Mitsubishi, Toshiba a Hitachi, zahájila vývoj superexpresu s nízkoteplotními supravodivými magnety chlazenými kapalným heliem. Byl sestrojen první prototyp ML100 pro čtyři osoby.
- 1975–1980: JNR zhotovily prototyp ML500, který dosáhl rychlosti 517 km·h^{-1}. Drážní těleso má tvar písmene U, v jeho svislých stěnách jsou stabilizační a pohonné cívky a na dně jsou levitační cívky.
- 1977: vybudována zkušební trať délky 7 km u města Mijazaki (ostrov Kjúšú, Japonsko). Bylo vyvinuto pokusné vozidlo MLU-100 o třech sekcích, délky 29 m.
- 1990–2007: v prefektuře Yamanaši (Japonsko) byla vybudována zkušební trať YMTL (*Yamanashi Maglev Test Line*, Yamanashská zkušební trať maglevu) o délce 42,8 km a výstavní pavilon. Zkušební jízdy pro veřejnost byly bezplatné.
- 1997: byla vyrobena souprava MLX-01, která dosáhla rychlosti 552 km·h^{-1}.



Obr. 18. Zapojení levitačních a stabilizačních cívek japonského superexpresu



Obr. 19. Jízdní dráha japonského superexpresu

Tab. 4. Projektované trasy Transrapidu v USA

Trasa	Délka trasy (km)	Počet stanic	Doba přepravy (min)	Interval mezi vlaky (min)
Baltimore–Washington DC (letiště)	62,8	3	18,5	10,0
Pittsburgh (letiště)–Greensburg	86,9	5	35,0	8,5
Las Vegas (letiště)–Primm	56,0	2	11,0	20,0
Los Angeles–Ontario (letiště)	87,0	4	31,5	10,0
Hartsfield (letiště)–Atlanta–Tennessee (letiště)	50,0	4	23,0	–

Tab. 5. Parametry superexpresu MLX-01

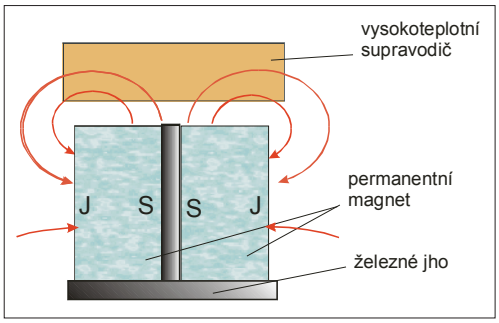
Rozměry vozidla	délka × šířka × výška (m); hmotnost plně zatíženého vozidla (t)
Čelní vozidlo	28,00 × 2,90 × 3,32; 33
Vozidlo vložené sekce	24,30 × 2,90 × 3,32; 23
Počet míst k sezení v sekci	68
Supravodivé cívky (SCM)	
Proud (kA)	700 až 750
Počet cívek ve vozidle	čtyři po každé straně vozidla
Levitace (vzduchová mezera) (mm)	110 (100 až 150)
Maximální rychlost (km·h^{-1})	581
Hmotnost vozu (t)	22 až 24
Napájecí zdroj	třífázový, 0 až 28 Hz, 5 800 V, 900 A

- V Japonsku probíhal vývoj superexpresů maglev ve dvou koncepcích: JAL projektovaly typ Transrapidu, JNR typ se supravodivými magnety. Od Transrapidu bylo upuštěno.
- 2000 až dosud: je projektován superexpres Čúó Šinkansen pro linku Tokio–Kofu–Nagoja–Nara–Ósaka, jehož délka tratě má být 350 km a přepravní doba přibližně jedna hodina.
- 2003: vlak MLX-01 dosáhl při zkušební jízdě rychlosti 581 km·h^{-1}, projel trať delší než 300 000 km a dopravil přes 50 000 cestujících.
- 2003 až dosud: vývoj nových konstrukcí a technologií pro snížení investičních nákladů.
- 2005: přechází se na vysokoteplotní supravodivé magnety; supravodivé systémy maglev byly prezentovány na Světové výstavě Expo´ 05 v Aiči.

2.10 Provedení a technické parametry superexpresu MLX-01

Čelní část superexpresu MLX-01-901 je patrná z obr. 16. Pohonem je LSM, stejně jako u Transrapidu. SCM vykonávají funkci levitace a zároveň fungují jako „rotor“ LSM [11]. Aby nastala levitace vozidla, je nutné jej uvést do pohybu. Rozjezd probíhá klasickým způsobem, vozidlo má na svém podvozku kola, jež se pohybují po kolejnicích. Zvyšuje-li se kmitočet proudu ve statorovém vinutí LSM, vozidlo se rozjíždí a při rychlosti větší nebo rovné 80 km·h^{-1} již levituje. Zdvih vozu činí 100 až 150 mm.

Levitační cívky jsou (podle Danbyho a Powellova patentu [5]) uloženy v bočních stěnách kolejiště (obr. 17). Základní jednotku tvoří dva páry dvojic cívek, tedy celkem osm cívek, které jsou zabudovány v bočních stěnách jízdní dráhy. Je-li vůz v klidu, spočívá na kolech a v levitačních cívkách se neindukují proudy. SCM jsou zabudovány v podvozku a vzhledem k levitačním cívkám jsou umístěny nesymetricky, o něco níže pod středem horní a dolní levitační cívky. Při rozjezdu se do dolních cívek indukují vyšší napětí než do horních. Cívky jsou spolu propojeny tak, že proud protékající horní cívkou protéká dolní cívkou v opačném smyslu (obr. 18).



Obr. 20. K Meissnerově levitačním jevu

Podvozek je tedy „horní“ cívkou přitahován a „dolní“ odpuzován. Při rychlosti vozu větší nebo rovné 80 km·h^{-1} dosáhnou proudy indukované v levitačních cívkách (a tedy i jejich magnetická pole) dostatečně vysokých hodnot a vozidlo levituje.

Levitační cívky v bočních stěnách jízdní dráhy zajišťují též boční stabilitu vozidla. Cívky na protilehlých stěnách jízdní dráhy jsou spolu (pod jízdní dráhou) propojeny tak, že dojde-li k bočnímu odchýlení vozidla, zesílí proudy na straně s menší boční vzduchovou mezerou, a naopak, zeslabí proudy u větší vzduchové mezery. Odpudivá síla v cívce u větší vzduchové mezery vzroste (a v cívce u menší vzduchové mezery klesne) a vozidlo je vtlačováno do střední polohy. Na obr. 19 je jízdní dráha s levitačními a stabilizujícími cívkami a se „statorovými“ cívkami LSM.

SCM jsou uloženy v kryostatu v podvozku. Jsou zhotoveny ze slitiny niob-titanu a kapalným heliem jsou chlazeny na teplotu –269 °C. Indukují magnetické pole o indukci $B = 5$ až 6 T. Od tohoto velmi silného magnetického pole je nutné odstínit prostor pro cestující. Ke stínění je využit feromagnetický plech o vysoké permeabilitě. Například při $\mu_r = 2\,000$ bylo dosaženo $B < 2$ mT, při hmotnosti stínění 360 kg. (Hmotnost celého podvozku je 14 t). V současné době dělají JNR pokusy [25] s vysokoteplotními supravodiči typu ytrium-barium-oxid mědi ($YBa_2Cu_3O_7$-δ), jež pracují při teplotě 77 K. Byly vyvinuty dvoukomorové kryostaty: vnitřní komora se supravodičem se chladí kapalným heliem, vnější kapalným dusíkem.

Energie pro vlastní spotřebu vozidla se přenáší z jízdní dráhy bezkontaktně, na principu transformátoru bez železa [16].

Brzdný systém tvoří tři nezávislé části: rekuperační elektrodynamická brzda, třecí brzda a aerodynamická brzda (padák).

Obr. 21. Funkční model vozidla Supra Trans

2.11 Nové trendy v projektech japonských maglevů

Cílem současných projektů JNR je snížení investičních nákladů [27]. Výrazných úspor lze dosáhnout:

- konstrukčními úpravami bočních stěn drážního tělesa,
- novým typem cívek zabudovaných v drážním tělese [13]. Zatímco třífázové vinutí LSM bylo dosud dvouvrstvové na 22 kV (obr. 19), je nyní navrhováno jako jednovrstvové na 33 kV; je zhotoveno z kabelu

a spolu s levitačními a stabilizačními cívkami je integrováno do společného panelu. Výroba i montáž těchto prefabrikátů jsou jednodušší, mechanické namáhání vodičů je menší a jejich předpokládaná životnost se prodloužila z deseti na 35 let.

Napájení je nyní invertorem typu IEGT (*Injection Enhanced Gate Transistor*, hradlový tranzistor se zvýšenou vazbou), místo dosavadního invertoru GTO.

Pokusy na zkušební dráze YMTL ukázaly, že náklady na provoz spoří např. aerodynamicky řešená kapota čelního vozu ve tvaru klínu (obr. 16).

3. Nové principy vozidel maglev

Zatímco vozidla založená na principu EMS (Transrapid) a EDS (ML) byla postavena, podrobně proměřena a v současné době se již řeší jen „okrajové“ problémy, objevují se (v malé míře) návrhy na vozidla maglev postavená na jiných principech. K levitaci využívají výsledky dosažené ve vývoji extrémně silných permanentních magnetů [22].

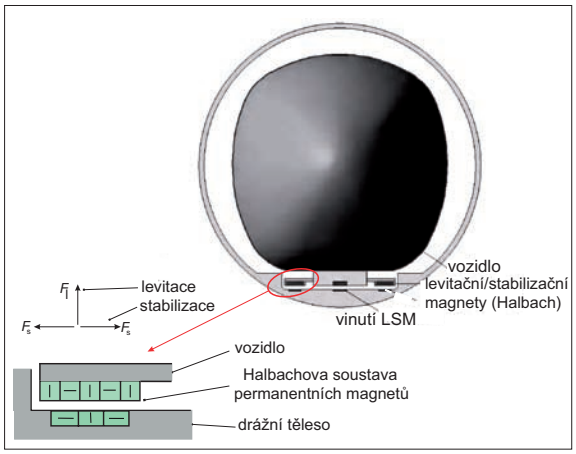
3.1 Supra Trans

Výzkumný ústav IFW v Drážďanech vyvinul funkční demonstrační model pomalého vozítka, u něhož se k levitaci a stabilizaci využívá Meissnerův jev: vloží-li se do magnetického pole (např. permanentního magnetu) supravodič, chová se jako ideální diamagnetikum a působí na něj odpudivá síla F_l (podrobněji např. v [21]); obr. 20. Tento jev se využívá také pro magneticky levitovaná ložiska.

U demonstračního modelu (obr. 21) [32] byl použit vysokoteplotní supravodič YBCO ve tvaru kvádříků o rozměrech 90 × 35 × 15 mm, chlazených kapalným dusíkem. Permanentní magnety NdFeB o rozměrech 50 × 50 × × 40 mm byly zabudovány do dvou řad v jízdní dráze. Magnetická indukce ve výšce 0,5 mm nad jízdní dráhou je $B > 1$ T, ve výšce 10 mm je $B \sim 0{,}5$ T. Pohon zajišťuje asynchronní lineární motor se statorem v jízdní dráze (50 Hz, 380 V, rychlost 13 km·h^{-1}). Levitační síla vozítka podle obr. 21 je 800 kg.

3.2 Magtube – vize budoucnosti, nebo sci fi?

Americká firma LaunchPoint Technologies, Inc. [10], navrhla superexpres, který se pohybuje ve válcovém tubusu. K levitaci využívá Halbachovu soustavu permanentních magnetů*, umístěnou jednak na podvozku, jednak v drážním tělese. Uspořádání magnetů podle obr. 22 zajišťuje levitaci vozidla i boční stabilitu vozidla. Šířka vzduchové mezery je asi 80 mm. Pohonem je LSM s třífázovým statorem zabudovaným do drážního tělesa (obr. 22). Z tubusu, který může být uložen na povrchu země nebo pod zemí, je vyčerpán vzduch. Navrhovatelé předpokládají, že při tlaku 0,3 až 1 MPa se bude vlak pohybovat rychlostí asi 800 km·h^{-1}. Ve srovnání s dosavadními superexpresy typu maglev se navrhovatelé domnívají, že jejich projekt má několik dalších výhod: výkon potřebný k levitaci je nulový, pořizovací i provozní náklady jsou poměrně nízké, chod je zcela bezhlučný atd. Jeví-li se některým čtenářům tento projekt jako nereálný, nechť uváží, že před několika desítkami let byla představa dnešních maglevů také nereálná.



Obr. 22. Magtube – superexpres budoucnosti?

4. Prognóza rozvoje superexpresů maglev

Požadavky na počet přepravovaných osob a na rychlost přepravy neustále rostou. Tato situace je zatím řešena budováním dálnic a provozováním stále většího počtu automobilů, zaváděním vysokorychlostní železniční přepravy (např. TGV ve Francii, TAV-ETR v Itálii, ICE v Německu, AVE ve Španělsku) a provozováním velkokapacitních letadel. Jelikož technické parametry těchto dopravních prostředků nelze nadále zvyšovat a ekologické normy pro jejich provoz jsou stále náročnější, je jediným řešením integrace dosavadní dopravní sítě s novou dopravní technikou typu maglev. Hlavní překážkou v zavádění tohoto nového dopravního prostředku jsou vysoké pořizovací náklady. Proto se v současné době konstruktéři zaměřují zejména na vývoj funkčně a investičně optimalizovaných dopravních systémů maglev, tedy na projekty konstrukčně jednodušší, a tedy i lacinější [30].

Tato práce vznikla v rámci projektu č. 102/07/0147 GA ČR a Výzkumného záměru MSM 4977751310.

Prof. Ing. Daniel Mayer, DrSc., působí na Elektrotechnické fakultě Západočeské univerzity v Plzni jako profesor pro obor teoretická a experimentální elektrotechnika. Oblastmi jeho zájmů jsou makroskopická teorie elektromagnetického pole, teorie elektrických obvodů a historie elektrotechniky. Publikoval šest monografií a vysokoškolských učebnic a v českých i zahraničních časopisech uveřejnil více než dvě stě šedesát původních vědeckých článků. Je členem několika mezinárodních vědeckých společností, čestným členem Společnosti pro dějiny věd a techniky a několika redakčních rad mezinárodních časopisů.

Literatura:

[1] ANTLAUF, W. – SCHÖLL L. M.: *A new guideway for Transrapid – The Munich girder*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.

[2] BAUER, M. et al.: *Inductive Power Supply (IPS) for the Transrapid*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.

[3] BORCHARDT, H.: *Transrapid – Munich Main Station – Munich Airport Project*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.

[4] BURELL, R.: *Transrapid Maglev Projects in the U.S.A.* In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.

[5] DANBY, G. D. – POWELL, J. R.: *Levitation with Null Flux Coils*. U.S. Patent 3.470.828, October 1969.

[6] DIEKMANN, A. et al.: *The support magnet cladding with integrated IPS® pick-up coil of Transrapid vehicles*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.

[7] DIGNATH, F. et al.: *Dynamic behavior of gideway switch beams*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.

[8] ENGEL, M. et al.: *Optimization of the Transrapid Propulsion System*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.

[9] Firemní prospekty výrobců Transrapidu a ministerstva dopravy NSR.

[10] FISKE, O. J.: *The Magtube low cost maglev transport system*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.

[11] FUJI, J.: *An Advanced Arrangement of the Combined Propulsion, Levitation and Guidance System of Superconducting Maglev*. Trans. on Magn., Sept. 1999.

*) Halbachovu soustavu tvoří paket složený z kvádříků vysoce kvalitních permanentních magnetů, jistým způsobem magneticky orientovaných. Na jedné straně paketu se dosahuje poměrně vysoká magnetická indukce, $B > 1$ T. Podrobněji viz např. [22].

[12] HAUKE, U.: *Guideway Maintenance*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006
[13] ISHIHARA, H. et al.: *Development of ground coils for the Superconducting Maglev*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[14] JEDLIČKA, M.: První patenty magneticky levitovaných vlaků. Dějiny věd a techniky, 2005, 38, č. 3.
[15] JUANY, JING-YU – WANG, GUO-GIANG: *Research on Alignment Planning and Designing of High-speed Maglev Guideway*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[16] JUFER, M. – PEREY, R.: *Contact-less energy transmission for maglev*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[17] KEIL, J. et al.: *State of progress in the high-speed maglev line project between Munich´s central railway station and its airport*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[18] KELLNER, D.: *Bericht zum Projekt Műnchen*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[19] KÖHLER, R.: *Transportation Market Study Yangtze Delta*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[20] LÖSER, F. et al.: *Tribological Optimized CFC-Glinding Elements and Ceramic-Coatings on the Glinding Strip for the Transrapid System*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[21] MAYER, D.: *Magnetická levitace a její využití*. Elektro, 2003, č. 1.
[22] MAYER, D.: *Nové možnosti magnetické levitace v dopravě*. Elektro, 2003, č. 12. MAYER, D.: *Basic Theory of New Maglev System*. Acta Technica CSAV, 2003, 48.
[23] MAYER, D. – JEDLIČKA, M.: *Lift and Drag Force on Magnetically Suspended High-Speed Trains*. Acta Technica CSAV, 2004, 49.
[24] MEINS, J. et al.: *Contactless inductive power supply*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[25] NISHIKAWA, V. et al.: *Development of new-type superconducting magnets for the Superconducting Maglev*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[26] SCHACH, R. et al.: *Transrapid und Rad-Schiene-Hochgeschwindigteisenbahn – Ein gesamtheitlicher Systemvergleich*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 2006.
[27] SHIRAKUNI, N. et al.: *The status of development and running tests of Superconducting Maglev*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[28] SCHWINDT, G.: *The Guideway*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[29] *Transrapid. Eine Vision und Wirklichkeit*. Transrapid Int., Berlin, ISBN 3-00-017641-1.
[30] WANMING, LIU et al.: *Study of Optimal Design Speed od High-speed Maglev Project*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Drážďany, 2006.
[31] WU, X.: *Experience in operation and maitanence od Shanghai Maglev Demonstration Line and further application of maglev in China*. In: Proc. Intern. Conf. Maglev´ 2006 Germany, Dresden, 2006.
[32] HAAS, O. et al.: *Demonstrator für Magnetbahnsystem mit Supraleitern im Trag- und Führsystem*. Elektrische Bahnen, 2004, H.8-9.

názvy, pojmy, zkratky

BSW (*Bundesverband Solarindustrie*)	Spolkový svaz solárního hospodářství
DMFC (*Direct Methanol Fuel Cell*)	palivový článek s přímým metanolem
HIO (*Hybrid Integrated Circuit*)	hybridní integrovaný obvod
HKTDC (*Hong Kong Trade Development Council*)	Hongkongská rada pro rozvoj obchodu
IEGT (*Injection Enhanced Gate Transistor*)	výkonový spínací tranzistor řízený polem
IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)	Mezivládní výbor OSN pro změnu klimatu
IPTV (*Internet Protocol TV*)	internetový protokol TV – televizní vysílání šířené vysokorychlostní sítí na internetovém protokolu
LTCC (*Low Temperature Co-fired Ceramic*)	nízkoteplotně vypalovatelná keramika
MCC (*Motor Control Center*)	typový motorický rozváděč
MDP (*Maglev Deployment Program*)	vývojový program magnetické levitace
MFS (*Multi Frequency Sharing*)	vícenásobné sdílení frekvence
MLAR (*Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie*)	vzorová směrnice pro vedení
NTC (*Negative Temperature Coefficient*)	záporný teplotní součinitel
OPV (*Organic Photovoltaic*)	organická fotovoltaika
PCC (*Point of Common Coupling*)	společný napájecí bod
PWR (*Pressurized Water Reactor*)	tlakovodní reaktor; odpovídá ruskému označení VVER (Vodo-Vodjanoj Energetičeskij Reaktor)
SCM (*Superconducting Magnet*)	supravodivý magnet
SLA (*Service Level Agreement*)	smlouva o úrovni služeb
SMTDC (*Shanghai Maglev Transportation Development Company*)	Šanghajská společnost pro rozvoj dopravy maglev

Ing. Vladimír Schnurpfeil
vedoucí prodeje Murrelektronik CZ spol. s r. o.

V jakém znamení jste narozen. Myslíte, že nějakým způsobem ovlivnilo váš život?

Jsem narozen ve znamení býka. Je-li všeobecně psáno, že lidé narození v tomto znamení jsou vytrvalí, klidní a trpěliví a rádi si užívají svého pohodlí, tak to pasuje i na mou osobu. A jestli mně tohle ovlivnilo život? Určitě ano, a to jak v dobrém, tak i ve zlém.

Je vedle elektrotechniky ještě nějaký jiný obor nebo oblast zájmu, ke kterým máte bližší vztah?

Nejbližší vztah mám ke své rodině, ačkoliv to podle slov mé ženy prý není vždy možné poznat na první pohled. Mám vřelý vztah k práci s lidmi, přestože je to leckdy práce nelehká. Ale na druhé straně velmi inspirující.

Co konkrétně nebo jakou literaturu právě čtete?

Upřímně musím říct, že v současné době nemám rozečtenou žádnou knihu. Najde-li se ale chvilka na knížku, rád si sednu ke špionážnímu nebo historickému románu. Rád doporučím knihy Fredericka Forsytha Žoldáci, Boží pěst a Den pro Šakala. Nevyhnula se mi coby otci desetiletého syna ani poterrománie a z dob studií hltání dílů Pána prstenů. Bohužel v dnešní uspěchané době lze na knihu najít jen velmi málo času.

Hrajete na nějaký hudební nástroj?

Při základní škole jsem pět let hrál na klarinet. Občas si říkám, zdali bych to ještě zvládl. Mým snem a přáním bylo zahrát si na saxofon, ale zůstalo jen u přání a snů.

Ke kterému sportu máte nejbližší vztah?

V zimě je to sjezdové lyžování. V létě mám blízko k vodě a kolu. Vyzkoušel jsem potápění a musím říci, že mě nadchlo. Je to úplně jiný svět – svět ticha a souhry, ve kterém jsme jen na krátkou návštěvu.

Které lidské vlastnosti nejvíce oceňujete?

Upřímnost a poctivost – tato dvě slova jsou pro mě nejdůležitější. V lidských vztazích jak osobních, tak pracovních často chybějící. Nerad chodím kolem horké kaše. Je pravda, že se to občas nevyplatí, ale podstatně častěji to posunulo jednání pozitivním směrem.

Je nějaké motto, které pro vás má zvláštní význam?

Už nevím, kde jsem ho slyšel a kdo ho vyslovil, ale je v něm velký kus pravdy: *Když kritizuješ nebo trestáš, neukazuj na dotyčného prstem, protože dalšími třemi ukazuješ sám na sebe.*

(jk)