

**UNIVERZITET U NIŠU  
MAŠINSKI FAKULTET**

# **DIPLOMSKI RAD**

**MAGNETNO – LEBDEĆI VOZovi**

KANDIDAT  
MILOŠ RADOVANOVIĆ

MENTOR  
PROF. DR DUŠAN STAMENKOVIĆ

Niš, 2007.

**SADRŽAJ:**

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. UVOD .....</b>                                                     | <b>3</b>  |
| <b>2. OSNOVNE EKSPLOATACIONE KARAKTERISTIKE ŽELEZNIČKIH VOZILA .....</b> | <b>4</b>  |
| 2.1 Osnovne karakteristike železničkog saobraćaja .....                  | 4         |
| 2.2 Gradski i prigradski saobraćaj .....                                 | 5         |
| 2.3 Monorail linije u gradskom saobraćaju .....                          | 6         |
| 2.4 Daljinski saobraćaj .....                                            | 10        |
| 2.5 Uppedna analiza magnetno - lebdećih i konvencionalnih vozova.....    | 13        |
| 2.6 Brzine kretanja železničkih vozla .....                              | 18        |
| <b>3. FIZIČKI PRINCIP RADA MAGNETNO-LEBDEĆIH VOZOVA.....</b>             | <b>22</b> |
| 3.2 Principi magnetnog lebdenja .....                                    | 23        |
| 3.2.1 Princip lebdenja pomoću stalnih magneta.....                       | 24        |
| 3.2.2 Princip magnetodinamičkog lebdenja MDS .....                       | 24        |
| 3.2.3 Princip elektromagnetnog lebdenja EMS .....                        | 25        |
| 3.2.4 Princip elektrodinamičkog sistema lebdenja EDS .....               | 26        |
| 3.3 Princip pokretanja magnetno – lebdećih vozova .....                  | 29        |
| 3.3.1 Linearni električni motor .....                                    | 30        |
| 3.3.2 Princip lebdenja pomoću veze nultog fluksa .....                   | 31        |
| <b>4. LINIJE MAGNETNO-LEBDEĆIH VOZOVA .....</b>                          | <b>32</b> |
| 4.1 Komercijalne linije magnetno – lebdećih vozova .....                 | 32        |
| 4.2 Probne pruge magnetno – lebdećih vozova u Japanu .....               | 36        |
| 4.2.1 Probna pruga Mijazaki .....                                        | 36        |
| 4.2.2 Probna pruga Jamanaši .....                                        | 38        |
| 4.2.3 Probna pruga u Nagoji .....                                        | 41        |
| 4.3 Probne pruge magnetno – lebdećih vozova u Nemačkoj .....             | 42        |
| 4.4 Probna pruga u Americi .....                                         | 46        |
| 4.5 Probna pruga u Južnoj Koreji .....                                   | 46        |
| <b>5. TEHNIČKA REŠENJA MAGLEVA .....</b>                                 | <b>47</b> |
| 5.1 Japanski magnetno – lebdeći vozovi .....                             | 47        |
| 5.2 Nemački magnetno – lebdeći vozovi .....                              | 56        |
| 5.3 Američki magnetno – lebdeći voz .....                                | 61        |
| 5.4 Kineski magnetno – lebdeći voz .....                                 | 62        |
| 5.5 Južno Korejski magnetno – lebdeći voz .....                          | 63        |
| 5.6 Buduće linije magnetno – lebdećih vozova .....                       | 64        |
| 5.7 Transatlanski tunel .....                                            | 66        |
| 5.8 Perspektiva magnetno – lebdeće železnice .....                       | 67        |
| <b>6. ZAKLJUČAK .....</b>                                                | <b>68</b> |
| <b>7. LITERATURA .....</b>                                               | <b>69</b> |

## **1. UVOD**

Brzina kretanja je jedan od osnovnih pokazatelja tehnološkog nivoa transporta. Povećanje brzine kretanja je stalno prisutna težnja kod čoveka. Istorija razvoja saobraćaja se može posmatrati kroz povećanje brzine prevoznih sredstava. Naravno kod povećanja brzine mora se voditi računa o udobnosti i bezbednosti putnika. U okviru jednog nivoa tehnologije transporta brzina se može povećavati do određene granice, preko koje više nije preporučljivo kako iz ekonomskih tako i iz bezbednosnih razloga.

U železničkom saobraćaju sa sistemom vođenja kontaktom točak-šina, već su dostignute brzine za koje se smatra da predstavljaju gornju granicu. Zbog toga se početkom 20. veka radilo na ostvarivanju ideje magnetnog lebdenja. Ostvarenje ove ideje značilo bi prelazak na sistem vođenja bez kontakta točak-šina što bi izbacilo trenje koje se javljalo pri dodiru i samim tim bi se brzina prevoza u železničkom saobraćaju značajno povećala.

Kod magnetno-lebdećih vozova umesto mehaničkog kontakta preko točkova, koji je postojao između sanduka vozila i podloge (šine) u klasičnom sistemu vođenja, sada je između vozila i podloge elektromagnetno polje. Dakle, ulogu točka zamenila su elektomagnetna polja.

Zbog toga se pri ovakvim velikim brzinama moraju znatno poboljšati bezbednosni sistemi u odnosu na klasičnu železnicu. Jedna od osnovnih prednosti u pogledu upravljanja magnetno – lebdećim vozovima, je pogodnost za primenu centralnog upravljanja, odnosno da se regulisanje kretanja voza ne vrši iz kabine mašinovođe, pošto se pogonski uređaj ne nalazi na vozu već se nalazi duž pruge. Upotreba pružnih signala u prenosu podataka između voza i pruge nije ni moguća pri nižim brzinama kretanja voza (iznad 160 km/h), već se prenos podataka vrši pomoću kabinske signalizacije i teži se dispečerskoj centralizaciji. Pošto su brzine kretanja kod magnetno – lebdećih vozova veće od 500 km/h postavljaju se veliki zahtevi u pogledu automatizacije samog procesa sistema za upravljanje i vođenje vozova.

Cilj ovog rada je da se opišu tehnički principi magnetno – lebdećih vozova i trenutno stanje u razvoju sistema magnetnog lebdenja. Takođe, u radu se nastojalo da se ispita dokle se stiglo sa istraživanjima u zemljama koje se bave testiranjem magnetno – lebdećih vozova i da li ima izgleda da se magnetni vozovi u skorije vreme nađu komercijalnoj upotrebi.

Pored uvoda i zaključka rad sadrži pet poglavlja.

U drugom poglavlju su opisane tehničko-eksploatacione karakteristike železničkog saobraćaja, osvrćući se pritom na vidove saobraćaja. Pomenuti su gradski, prigradski i daljinski saobraćaj kao i njihova tehnička rešenja i upoređivanje karakteristika magnetnog voza sa električnim i dizelelektričnim vozom.

U trećem poglavlju je opisan fizički princip magnetnog lebdenja kroz istorijat i postojeće principe magnetnog lebdenja, kao i princip pokretanja magnetnih vozova.

U četvrtom poglavlju su dati podaci o komercijalnim linijama, i karakteristike probnih pruga u Nemačkoj i Japanu i novootvorenih pruga u Americi i Južnoj Koreji.

U petom poglavlju su data tehnička rešenja nemačkih, japanskih, kineskih, američkih i južno korejskih magnetnih vozova, a takođe su dati planovi za buduće linije magnetnih vozova. Jedna od najzanimljivijih je studija o Transatlanskom tunelu koji bi trebao da poveže Ameriku i Evropu sa zanimljivim idejama o izgradnji.

## **7. ZAKLJUČAK**

Današnji saobraćaj u razvijenim zemljama se karakteriše brzinom, tačnošću, komforom i bezbednošću. Savremena železnica mora da bude konkurentna u odnosu na ostale vidove saobraćaja. Brzina kretanja je najvažniji pokazatelj koliko se železnički saobraćaj približio avionskom saobraćaju.

Prednost magnetne železnice je ostvarenje brzine od preko 500 km/h bez narušavanja osnovnih zahteva o potrošnji energije i zagađenju okoline. Sa takvim karakteristikama, magnetni vozovi bi na daljinama do 1000 km trebali da preuzmu deo putnika avio saobraćaju, i veliki deo ostalim vidovima saobraćaja jer su po bezbednosti na prvom mestu.

Magnetni vozovi prednjače u odnosu na sve ostale vidove saobraćaja jer:

- 1- Nema štetnih izduvnih gasova
- 2- Buka je veoma mala i nastaje od otpora vazduha.
- 3- Visoka bezbednost pogotovo u odnosu na klasičnu železnicu, koja je jedno od najbezbednijih prevoznih sredstava.

Korišćenjem raznih bezbednosnih uređaja i automatskog upravljanja isključena je greška mašinovođe koja je u mnogim slučajevima bila uzrok saobraćajnih nesreća.

Magnetni voz se smatra intelektualnim vozom koji će ići po zadatim komandama bez nepotrebnih odstupanja.

Kada se izgrade magnetne železnice troškovi održavanja će biti smanjeni zbog jednostavnosti samog principa lebdjenja, ali je izgradnja veoma skupa jer se prelazi na jedan novi sistem gde se ne može koristiti postojeća pružna infrastruktura i to je najveći razlog zašto se magnetni vozovi još nisu našli u komercijalnoj upotrebi.

U Nemačkoj se razvoj magnetnih vozova približio komercijalnoj upotrebi, ali postoji određena nesigurnost kad je u pitanju realizacija ovog sistema najviše zbog potrošnje energije koja nije smanjena na planiranu.

U Japanu je testiranje produženo na još pet godina. Oni su dobro regulisali potrošnju energije, ali nisu još smanjili troškove same izgradnje i nisu smanjili zračenje usled magnetnog polja koje se javlja pri lebdjenju. Bez obzira na sve to najdalje su otišli kada je u pitanju komercijalna upotreba magnetnih vozova jer su svoje vozove testirali na prugama sa mostovima i tunelima koje su po karakteristikama slične električnim prugama po kojima se danas kreću vozovi velikih brzina.

Još se ne zna kada će početi realizacija magnetne železnice jer se još nije došlo do pravog rešenja po pitanju izbora vozila, lokacije i troškova same izgradnje. Jedno je sigurno, neće se odustati od daljeg usavršavanja i napredovanja ka planiranom cilju. Možda će se već kroz deset godina pojaviti neke prigradske linije magnetne železnice koje će dopunjavati klasičnu železnicu i biti kao prestiž za one koji imaju puno para i žele da zamene putovanja klasičnom železnicom i avionima magnetnom železnicom, ali potpuna zamena klasične železnice se sigurno neće realizovati u ovom veku.

## 8. LITERATURA:

1. Dr. Hans-Peter Friedrich: **Testing the Maglev system in Emsland**, WCRR 2001, Cologne Germany 2001.
2. S. Takao: **Results of vehicle-running test on yamanashi Maglev test line**, WCRR 2003, Edinburg Scotland 2003
3. H. Möller: **High train speed europe: Flexible modular train concept for optimising cost, reliability and LCC** Rad sa WCRR 2003, Edinburg Scotland 2003
4. **China Builds Magnetic Train with Own Technology**, Word doc, [http://english.peopledaily.com.cn/200108/14/eng20010814\\_77299.html](http://english.peopledaily.com.cn/200108/14/eng20010814_77299.html)
5. Railway Technical Research Institute, **Mag-Lev Trains, How Do They Work?**
6. Mamoru Taniguchi: **High speed rail in Japan A review and evaluation of magnetic levitation train**, University of California Berkley, April 1992
7. Federal railroad administration Transrapid Internacional-Usa, Inc Bombardier transportation, **Comparison Transrapid superspeed maglev and Bombardier JetTrain**, decembar 2002
8. Federal railroad administration Transrapid Internacional-Usa, **Comparison Transrapid superspeed maglev and ICE3**. 2003
9. prof.dr Slobodan Vukosavića, **Električna vuča** – predavanja, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, 2005
10. **Magnetno lebdeći vozovi**,.Diplomski rad na Saobraćajnom fakultetu u Beogradu 2001
11. Thomas Phenic, student, Ray Russell course instructor, **Magnetic levitation vehicles**, Electrical and computer engineering seminar, 11 novembar 1998
12. Central Japan Railway company, **JR central pavilion Superconducting Maglev Takes Off!**
13. U.S. Department of transportation, **Applicability of CHSST Maglev-Tehnology of U.S. urban transportation**, june 2003, report
14. Ronald J Kaye, prof. Eisuke Masada, **Comparasion of Linear Synchronus and Induction Motors**, Urban maglev tehnology development program Colorado maglev project, FTA project Report, 24 jun 2004
15. [www.science.howstuffworks.com/maglev-train](http://www.science.howstuffworks.com/maglev-train)
16. [www.gluckman.com/Maglev.html](http://www.gluckman.com/Maglev.html)
17. [www.home.wangjianshuo.com/archives](http://www.home.wangjianshuo.com/archives)
18. [www.en.wikipedia.org/wiki/Shanghai\\_Maglev\\_Train](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Shanghai_Maglev_Train)
19. [www.en.wikipedia.org/wiki/Maglev\\_train](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Maglev_train)
20. [www.en.wikipedia.org/wiki/Statistik\ Land speed record for railed vehicles](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Statistik_Land_speed_record_for_railed_vehicles)
21. [www.o-keating.com/hsr/maglev](http://www.o-keating.com/hsr/maglev)
22. [www.en.wikipedia.org/wiki/Transatlantic\\_tunnel](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Transatlantic_tunnel)
23. [www.en.wikipedia.org/wiki/JR\\_Magelv](http://www.en.wikipedia.org/wiki/JR_Magelv)
24. [www.en.wikipedia.org/wiki/linimo](http://www.en.wikipedia.org/wiki/linimo)
25. [www.en.wikipedia.org/wiki/Monorail](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Monorail)
26. [www.railway-technology.com](http://www.railway-technology.com)
27. [www.monorail.com](http://www.monorail.com)
28. [www.en.wikipedia.org/wiki/ Schwebebahn Wuppertal](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Schwebebahn_Wuppertal)
29. [www.monorail/technicalpage.com](http://www.monorail/technicalpage.com)
30. [www.americanmaglev.com](http://www.americanmaglev.com)
31. [www.magnetbahnforum.de](http://www.magnetbahnforum.de)
32. [www.spiegel.de/international/business](http://www.spiegel.de/international/business)
33. [www.orangeline.calmaglev.org](http://www.orangeline.calmaglev.org)
34. [www.en.wikipedia.org/wiki/Transrapid](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Transrapid) 09