

Elektrotehnički fakultet u Beogradu

Seminarski rad iz predmeta Električna vozila



Transrapidov koncept vučnih pogona sa linearnim motorima



Dušan Horvat 02/502
Tanasković Đorđe 02/423

SADRŽAJ

1. MAGLEV vozovi.....	3
2. Transrapid	4
3. Tehnologija	5
3.1. Sistem levitacije	6
3.2. Pogon	7
3.3. Vozila	8
3.4. Trasa.....	9
3.5. Napajanje	10
4. Komercijalna primena.....	16
5. Budućnost	17
Literatura.....	18

1. MAGLEV vozovi

MAGLEV (skraćeno od *magnetska levitacija*) **vozovi** predstavljaju posebnu vrstu brzih vozova čiji je princip rada zasnovan na tzv. *magnetskoj levitaciji*. To u praksi znači da sam voz zahvaljujući dejstvu elektromagnetske sile lebdi (*levitira*) nad posebnom vrstom šina, što znači da ne postoji sila trenja između voza i šina. Na taj način je voz u svom kretanju suočen samo sa silom otpora vazduha koja je mnogo manja u odnosu na silu trenja između klasičnih vozova i šina, čime se kod **MAGLEV** vozova postiže drastično veća brzina. Ovaj sistem je za sada i dalje u fazi ispitivanja. Jedina za sada operativna **MAGLEV** železnica nalazi se u Šangaju (Slika 1.1) i povezuje grad sa aerodromom Pudong u dužini od 30 km na kojoj je najveća zabeležena brzina 501 km/h. Pored toga širom sveta postoji nekoliko eksperimentalnih trasa na kojima je najveća do sada zabeležena brzina 581 km/h, a naučnici pretpostavljaju da je teorijski moguće dostići brzine od oko 900 km/h. Jedna od najvećih mana ovog sistema je visoka cena izgradnje, zbog koje je gradnja **MAGLEV** železnica isplativa samo na deonicama na kojima se prevozi velika količina putnika i dobara, iako je cena samog održavanja (kako vozova, tako i pruge) nakon izgradnje izuzetno niska.



Slika 1.1 Transrapid-ov Transrapid09 u Šangaju

2. Transrapid

Transrapid International je nemačka kompanija za brze vozove koja koristi sistem magnetne levitacije. Bazirano na patentu iz 1934. godine, planiranje Transrapid-ovog sistema počelo je 1969. godine. Test objekat nalazi se u Emslandu, Nemačka. Godine 2004. prvi put je puštena u rad pruga za brz prevoz putnika u Šangaju, Kina. Transrapid se još ne koristi za prevoz putnika na velike daljine.

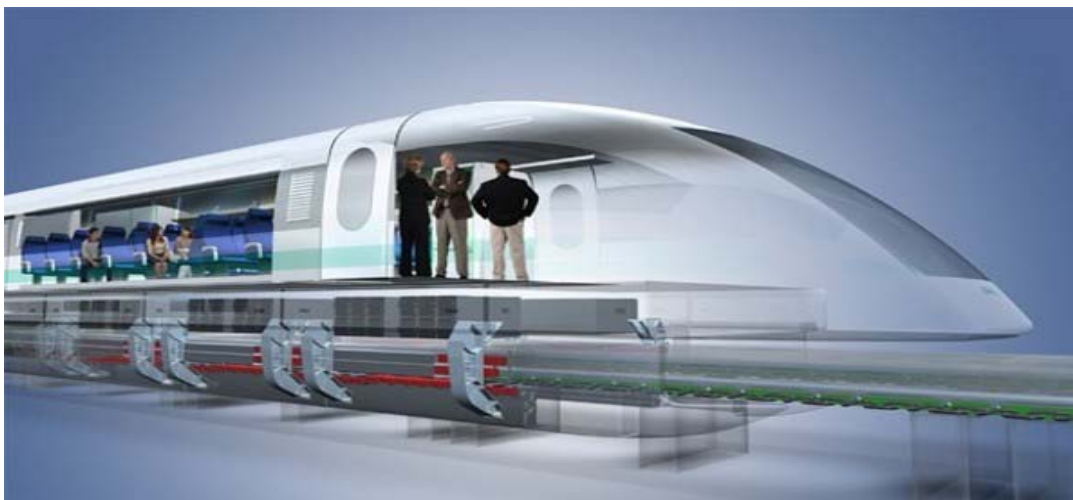
Ne postoji brže prevozno sredstvo u kopnenom saobraćaju od Transrapid-a. Novi železnički sistemi omogućavaju visok stepen sigurnosti i komfora putnika, zadovoljavaju ekološke standarde, ne zagađuju okolinu, tihi su. Bezkontaktna tehnologija Transrapid-a je takođe veoma ekonomična zato što nema habanja i trenja. Zahteva veoma malu količinu energije. Takođe, upravljački troškovi su manji od troškova kod tradicionalnih železničkih sistema. Dok su troškovi izgradnje skoro isti. Udobno putovanje Transrapid-om omogućava kraće vreme putovanja i nije preterano skupo.

Transrapid je najbitnija inovacija u železničkom saobraćaju još od konstrukcija prvih železnica. Super brzi maglev sistemi nemaju točkove. Transrapid koristi bezkontaktnu tehnologiju za levitaciju, upravljanje i vuču, nehabajuću elektroniku umesto mehaničkih sistema. Nema točkove, prenosne mehanizme, reduktore, zupčanike, osovine kao ni pantograf.

Glavne karakteristike Transrapid maglev sistema su:

- Lebdenje bez kontakta i bez trenja, tehnologija vođenja i pogona koja je nezavisna od trenja;
- Sinhroni uzdužni linearni motor integrisan u vođicu;
- Visok nivo sigurnosti i komfor pri svim brzinama putovanja;
- Visoka moć ubrzanja i kočenja;
- Fleksibilno podešavanje ruta vođice zahvaljujući malom prečniku zakrivljenosti i visokom stepenu sposobnosti penjanja (10%);
- Nizak nivo buke;
- Niski utrošci energije i mali operativni troškovi.

3. Tehnologija



Slika 3.1 Transrapid, presek voza

Transrapid je tiši, ekonomičniji i troši manje energije od bilo kog drugog železničkog sistema. Praktično, ne postoji mogućnost da voz ispadne iz šina, a udobnost je vrhunska pri svim brzinama. Vođica puta Transrapid-a zahteva manje prostora od standardnih pruga i može se fleksibilno podešavati kako bi se prilagodila postojećim prirodnim predelima i terenu.

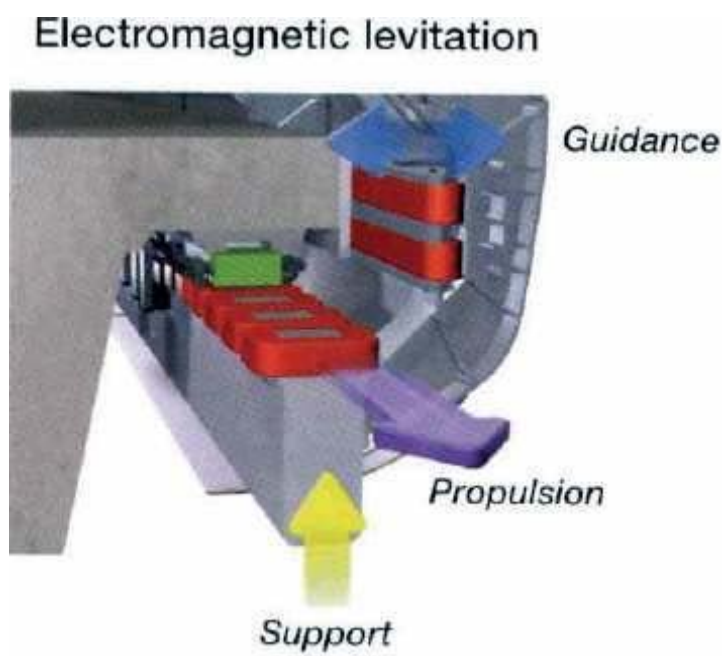
Transrapid za pogon koristi linearni motor. Sinhroni uzdužni linearni motor služi i kao sistem za vožnju i kao sistem za kočenje. Linearni motor radi na istom principu kao i motor sa obrtnim rotorom.

Linearni elektromotor je poseban oblik elektromotora bez rotirajućih delova, odnosno rotora. Može se zamisliti da je klasični motor uzdužno prerezan sve do ose rotacije, te su se onda rotor i stator razvili. Između tako dobijene statorske i rotorske površine, umesto obrtnog momenta deluje linearna sila (po kojoj je nazvan), čijim dejstvom dolazi do linearnog kretanja i vršenja mehaničkog rada. Stator je razvučen preko cele dužine pruge. Naizmenična struja generiše magnetsko polje koje pokreće vozilo bez kontakta. Magneti koji se nalaze u vozilu imaju ulogu rotora. Magnetno obrtno polje se prostire samo u jednom smeru. Tako se praktično postiže nemogućnost sudara. Na jednoj sekciji nalazi se samo jedan voz koji se kreće u datom smeru.

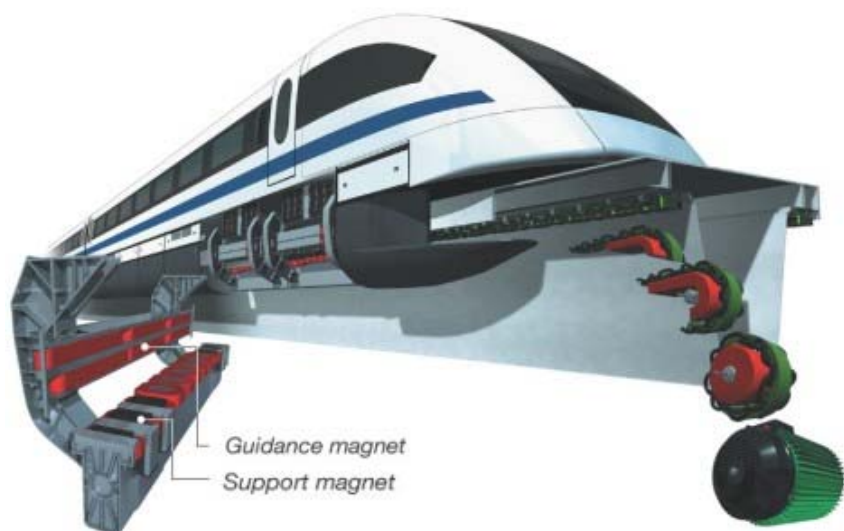
Transrapid zahteva malo energije, svi sistemi se napajaju iz energije harmoničnih oscilacija magnetskog polja statora linearnog motora koji se nalazi na pruži. U slučaju prekida napajanja vozovi su snabdeveni baterijama koji održavaju levitaciju određeno vreme. Voz se ne oslanja na šine već preko visoko pouzdanog, elektronskog sistema kontrole lebdi na prosečnom rastojanju od oko 10 mm od njegovih vođica. Rastojanje između vrha vođice i donje strane vozila tokom lebdenja je 150 mm, što za posledicu ima tu prednost da Transrapid pređe i preko nekih sitnijih objekata ili sloja snega.

3.1. Sistem levitacije

Transrapid funkcioniše po principu elektromagnetnog lebdenja. Koriste se sile privlačenja između individualnih, elektronski kontrolisanih elektromagneta u samom vozilu i feromagnetske reakcije šina koje su instalirane na donjoj strani vodica. Magneti oslonci podižu vozilo na gore sve do vodica, dok ga magneti za vođenje drže bočno na trakama (Slika 3.1.1). Magneti oslanjanja i vođenja su postavljeni sa obe strane duž cele dužine vozila (Slika 3.1.2). Sistem levitacije je napajan baterijama u vozilu koji je nezavisan od vučnog sistema. Vozilo može da lebdi do jednog časa bez eksternog napajanja. U toku vožnje baterije za levitaciju se dopunjuju.



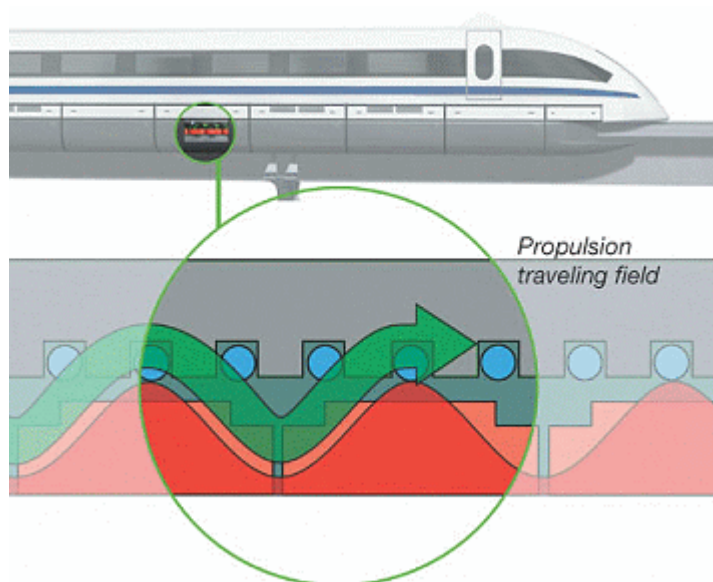
Slika 3.1.1 Položaj magneta



Slika 3.1.2 Presek voza sa položajem magneta za vođenje i potporu

3.2. Pogon

Linearni motor Transrapid-ovog maglev sistema se koristi kako za vuču tako i kočenje. Brzina može biti konstantno regulisana menjanjem frekvencije struje. Ako je pravac kretanja obrnut, motor postaje generator koji koči vozilo bez kontakta. Električna energija može biti rekuperirana.



Slika 3.2 Putujuće vučno polje

3.3. Vozila

Transrapid vozovi su fleksibilno napravljeni kako bi zadovoljili razne primene. Delovi voza (vagoni) su napravljeni od lake, modularne konstrukcije i mogu se kombinovati u vozove počevši od bar dve sekcije sa po prosečno 90 sedišta. Zavisno od zahteva saobraćaja moguće je sastaviti i do 10 sekcija (Slika 3.3). Pored putnika, Transrapid može da prevozi i visokovrednovani kargo teret u specijalno projektovanim kargo delovima vagona. Težina prenesenog tereta može biti do 15t. Ovi delovi se mogu koristiti za specijalne super-brze kargo vozove ili se mogu priključiti na putničke vozove i na taj način formirati kombinovani servis. Transrapid vozovi su konstruisani sa značajnim akcentom na aerodinamici. Zbog toga postoje vrlo male vazdušne turbulencije kada Transrapid prođe pored vas. Distribucija pritiska kroz samo vozilo i njegov uticaj na nadolazeće vozilo je sračunata na osnovu metoda razvijenih u aeronautičkoj industriji. Komfort putovanja nije narušen čak ni kada se dva vozila mimoilaze jer je unutrašnjost Transrapid-a zaptivena za spoljašnji pritisak.

Two sections



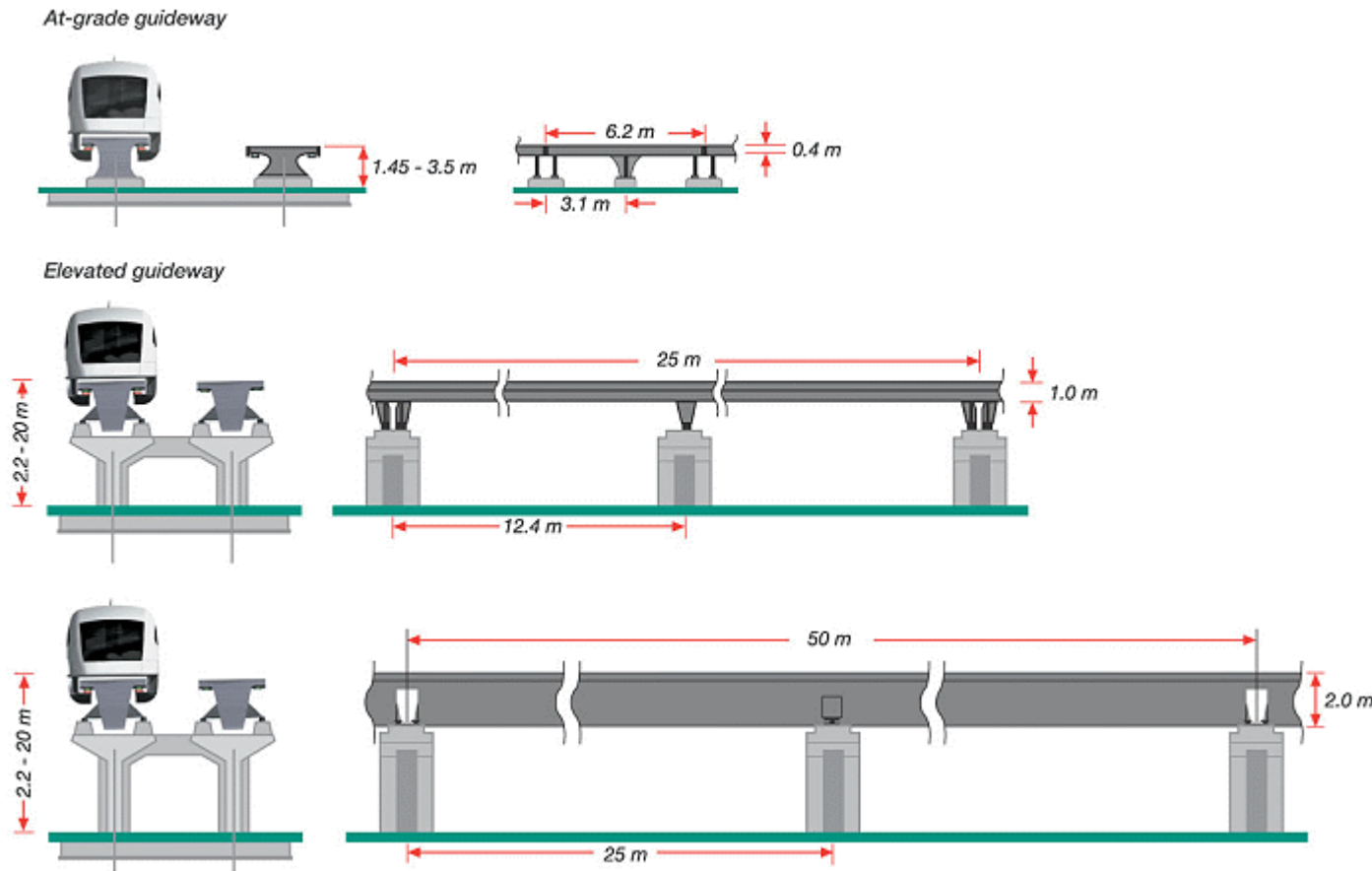
Three sections



Slika 3.3 Izgled sekcija

3.4. Trasa

Transrapid lebdi iznad zemlje. Tako da količina zemljanih radova koja je potrebna za temelje vođica zavisi od lokalnih uslova zemljišta. Stubovi trase mogu biti montirani ili na zemlji, ili pak na tankim čeličnim ili betonskim stubovima (Slika 3.4). U svim slučajevima, temelji leže otprilike 30 cm ispod površine. Sa svojim parametrima fleksibilnog postavljanja rute i putanje, Transrapid-ove vođice mogu se prilagoditi izgledu okolne sredine i pejzažu. Zbog toga su tuneli retko i potrebni, čak i na brdovitim terenima.



Slika 3.4 Dimenzije trase

3.5. Napajanje

Podstanice koje sadrže sve potrebne komponente za pogon, napajanje i operacioni sistem su važan deo Transrapid-ove tehnologije. Maksimalna razdaljina između dve podstanice na trasi je 50km. Ali stvarna razdaljina zavisi od izgleda i topologije trase.

1. Visokonaponsko razvodno postrojenje sa visokonaponskim transformatorom



Slika 3.5.1 Povezivanje na VN prenosnu mrežu

Transrapid-ov pogon je preko svog glavnog transformatora povezan na visokonaponsku prenosnu mrežu (Slika 2.6.1).

2. Ulazni razvodni uređaj



Slika 3.5.2 Ulazni razvodni uređaj

Povezuje transformatore pretvarača na sabirnice srednjeg napona i ima sopstvenu kontrolu (Slika 3.5.2).

3. Linijski ispravljači



Slika 3.5.3 Linijski ispravljači

Ispravljači kovertuju trofazni napon napajanja u jednosmerni napon (Slika 3.5.3). Oni su napravljeni tako da mogu preko samokontrolisanih poluprovodničkih elemenata po potrebi vraćati energiju u mrežu.

4. Sistem za hlađenje pretvarača



Slika 3.5.4 Oprema za hlađenje pretvarača

Pretvarači su hlađeni vodom kako bi se ostvarilo što efikasnije hlađenje. Sistem za hlađenje pretvarača disipira toplotu izgubljenu u poluprovodnicima (Slika 3.5.4).

5. Motorni inverter



Slika 3.5.5 Izgled invertora

U motornom invertoru (Slika 3.5.5) jednosmerni napon sa DC linka prevodi se u odgovarajući naizmenični, potrebne odnosno zahtevane frekvencije i napona. Kao takav se prosleđuje na trasu preko izlaznog transformatora.

Jednosmerni napon se konvertuje tako da se obezbedi varijabilan napon i frekvencija koji su kao takvi potrebni za napajanje motora. Takav se dovodi na trasu preko izlaznog transformatora.

Ovi invertori sadrže samokontrolisane poluprovodničke elemente - IGCT (Integrated Gate Commutated Thyristors) tiristore.

6. Izlazni transformator



Slika 3.5.6 Izlazni trafo

Izlazni transformator (Slika 3.5.6) dovodi napon invertora na trasu. Transformator je konstruisan da može da radi kako sa niskim, tako i sa visokim učestanostima.

7. Sistem kontrole pogona (PRC)



Slika 3.5.7 Orman sa opremom za PRC

Srce Transrapid-ovog pogonskog sistema (Slika 3.5.7) je tzv. Propulsion control system (PRC). Kao kontrolni sistem odgovoran je za korektno funkcionisanje pogonskog sistema. Bazične funkcije su mu kontrola vozila, kontrola napajanja preko transvektorskog principa i kontrola vođica.

8. Linijski prekidači



Slika 3.5.8 Linijski prekidači

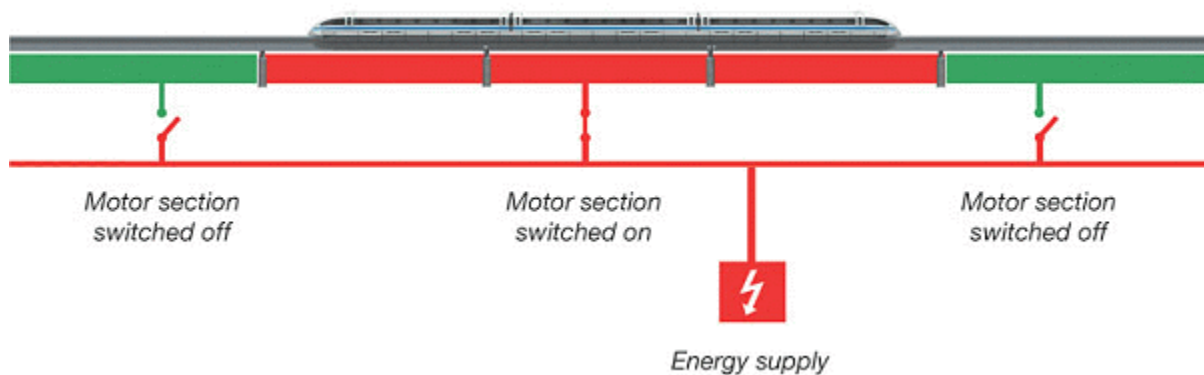
20kV vakuumski kontaktori su integrisani u linijske prekidače (Slika 3.5.8). Oni su specijalno razvijeni da zadovolje visoke zahteve u pogledu dielektrične čvrstoće, učestanosti prekidanja i jačine struje.

9. Prekidačka stanica

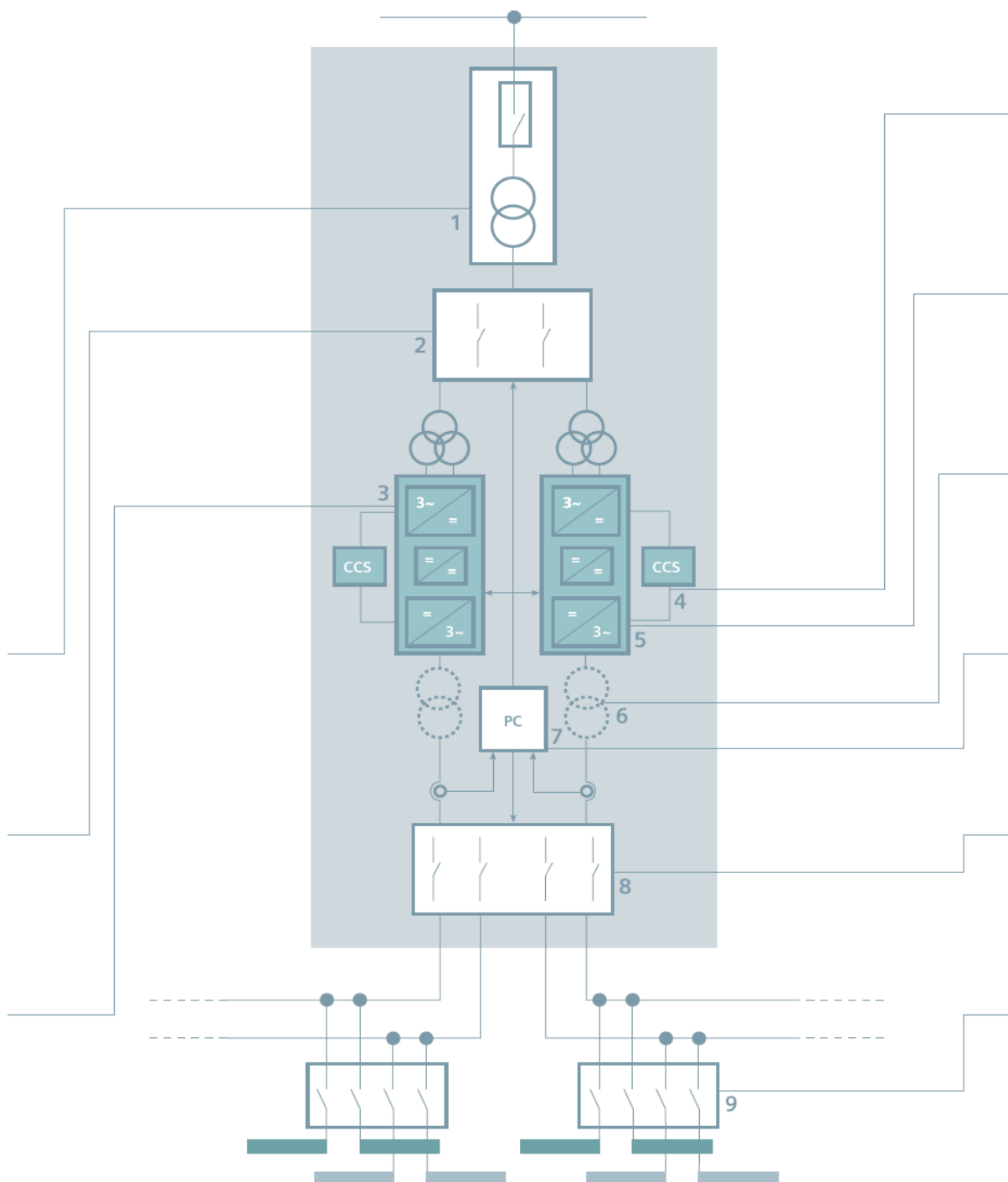
Prekidačke stanice (Slika 3.5.9) duž trase osiguravaju da je sekcija na koju vozilo nailazi, odnosno koju napušta, priključena odnosno isključena sa napajanja (Slika 3.5.10). Zaštitna oprema kablovskog sistema je takođe integrisana u toj stanici.



Slika 3.5.9 Izgled prekidačke stanice



Slika 3.5.10 Napajanje sekcija



Slika 3.5.11 Principalska šema napajanja trase Transrapid-a

4. Komercijalna primena

Prva komercijalna primena Transrapid-ovog sistema brze železnice puštena je u rad januara 2004. godine u Šangaju, Kina.

Trasa povezuje međunarodni Aerodrom Pudong sa već postojećom Metro stanicom Longjang u Šangaju (Slika 4.1).

Operaciona brzina transporta je 430 km/h na trasi koja je duga 30 km i sadrži dva koloseka. Vreme potrebno da putnici sa aerodroma stignu do grada ili u suprotnom smeru, traje nešto manje od 8 minuta. Tri Transrapid-ova vozila sa po pet sekcija saobraća na toj liniji.

Do sada je preko 2 miliona ljudi prevezeno Transrapid-om u Šangaju.

Naručilac projekta bio je Shanghai Maglev Transportation Development Co. Ltd. (SMTDC), koja je takođe bila odgovorna i za izgradnju stanica i trase.

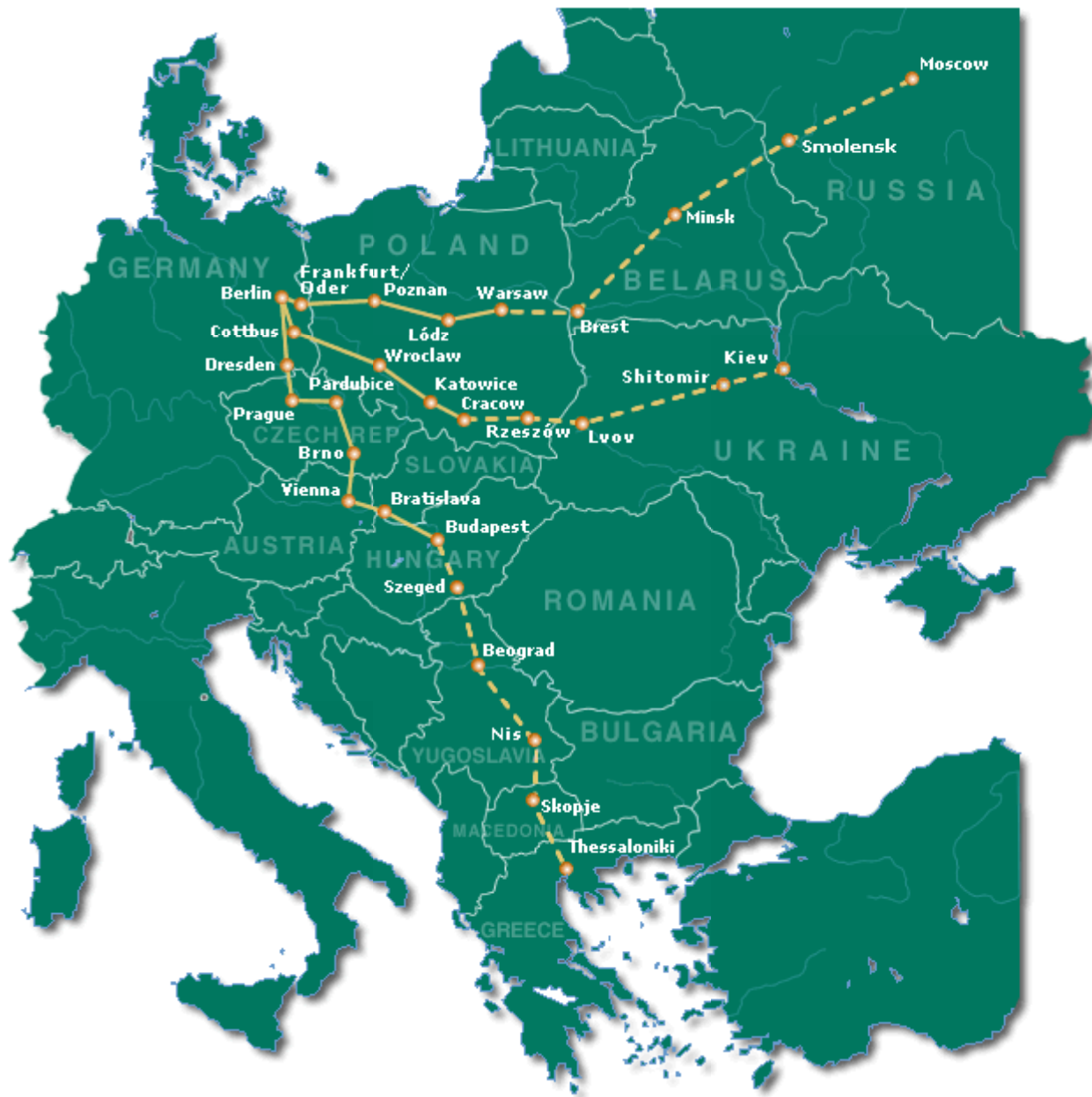
Nemački industrijski konzorcijum koji sačinjavaju Siemens, ThyssenKrupp i Transrapid International proizveo je i Šangaj snabdeo Transrapid-ovim sistemom koji u sebe uključuje vozila, pogonski sistem, napajanje, operacione kontrolne mehanizme kao i sve neophodne tehničke podsisteme.



Slika 4.1 Mapa rute Aerodrom-centar Šangaja

5. Budućnost

Između 1997. i 2000. godine Transrapid International istraživao je mogućnost implementiranja Transrapid maglev sistema kao sredstva za brz prevoz putnika u centralnoj i istočnoj Evropi (Slika 2.8). Studije je finansijski podržala Evropska Unija. Glavni rezultat ovih studija (koje su na odgovarajući način proučavale vreme putovanja, očekivani broj putnika, investicione troškove itd...) jeste mogućnost izvodljivosti datog projekta, tj. njegova tehnička i ekonomska opravdanost.



Slika 5.1 Planirane trase u centralnoj i istočnoj Evropi

Literatura

www.transrapid.de

www.siemens.com

wikipedia.org

www.thyssenkrupp-transrapid.de

www.maglev.de

Skripta Električna vozila prof. Slobodana N. Vukosavića