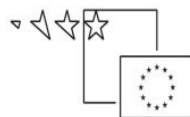




REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT



Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski socialni sklad

PREVOZNA SREDSTVA ŽELEZNIŠKEGA PROMETA

MIRAN SREBRNIČ

Višješolski strokovni program: Logistično inženirstvo
Učbenik: Prevozna sredstva železniškega prometa
Gradivo za 2. letnik

Avtor:

Mag. Miran Srebrnič
PROMETNA ŠOLA MARIBOR
Višja prometna šola



Strokovna recenzenta:

doc. dr. Anton Pepevnik, univ. dipl. inž. prom.
doc. dr. Boštjan Harl, univ. dipl. inž. stroj.

Lektorica:

Tanja Srebrnič, prof. slov.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

629.4(075.8)(0.034.2)

SREBRNIČ, Miran

Prevozna sredstva železniškega prometa [Elektronski vir] :
gradivo za 1. letnik / Miran Srebrnič. - El. knjiga. - Ljubljana :
Zavod IRC, 2009. - (Višješolski strokovni program Logistično
inženirstvo / Zavod IRC)

Način dostopa (URL): http://www.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Prevozna_sredstva_zelezniskega_prometa-Srebrnic.pdf. - Projekt Impletum

ISBN 978-961-6820-34-9
249242880

Izdajatelj: Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta IMPLETUM
Založnik: Zavod IRC, Ljubljana.
Ljubljana, 2009

Strokovni svet RS za poklicno in strokovno izobraževanje je na svoji 120. seji dne 10. 12. 2009 na podlagi 26. člena Zakona o organizaciji in financiranju vzgoje in izobraževanja (Ur. l. RS, št. 16/07-ZOFVI-UPB5, 36/08 in 58/09) sprejel sklep št. 01301-6/2009 / 11-3 o potrditvi tega učbenika za uporabo v višješolskem izobraževanju.

© Avtorske pravice ima Ministrstvo za šolstvo in šport Republike Slovenije.

Gradivo je sofinancirano iz sredstev projekta Impletum 'Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008-11'.

Projekt oz. operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007-2013, razvojne prioritete 'Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja' in prednostne usmeritve 'Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja'.

Vsebina tega dokumenta v nobenem primeru ne odraža mnenja Evropske unije. Odgovornost za vsebino dokumenta nosi avtor.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	3
2	ZGODOVINA, RAZVOJ IN ZNAČILNOSTI VLEČNIH TIRNIH VOZIL.....	4
2.1	PARNE LOKOMOTIVE	4
3	OSNOVA POGONA RAZLIČNIH VRST POGONA NA POSAMEZNIH VRSTAH LOKOMOTIV	8
3.1	RAZLIČNOST PRENOSA VLEČNE SILE NA OBOD POGONSKIH KOLES.....	8
3.1.1	Parna lokomotiva.....	9
3.2	NASTAJANJE IN PRENOS VLEČNE SILE PRI DIZELSKIH LOKOMOTIVAH Z MEHANIČNIM PRENOSOM SILE	10
3.2.1	Mehanski prenos moči dizelskega motorja	11
3.2.2	Nastajanje vlečne sile s pomočjo hidravličnega prenosa sile pri dizelskih lokomotivah.....	12
3.3	VLEČNA SILA ELEKTROMOTORJEV V DIZELELEKTRIČNIH LOKOMOTIVAH IN ELEKTRIČNIH LOKOMOTIVAH.....	15
3.3.1	Električni prenos moči z generatorjem izmeničnega toka – z alternatorjem.....	19
3.3.2	Prenos sile iz elektromotorja na obod kolesa	19
3.3.3	Odvisnost karakteristike vlečnega motorja od hitrosti lokomotive.....	20
3.3.4	Regulacija hitrosti s spremembo povezave elektromotorjev.....	21
3.3.5	Regulacija elektromotorjev s pomočjo vzporedne vezave uporov.....	22
3.4	ELEKTRIČNA VLEKA	23
3.5	TOKOKROG VOZNEGA OMREŽJA	24
3.5.1	Električna vlečna vozila s sistemom enosmernega toka.....	26
3.6	ELEKTRIČNA VOZILA ZA SISTEM ENOFAZNEGA TOKA	28
3.7	VLEČNI ELEKTROMOTORJI	28
3.7.1	Izračun vlečne sile elektromotorja.....	29
3.7.2	Sprememba smeri vrtenja vlečnega elektromotorja	30
3.7.3	Dovoljene obremenitve motorjev in njihovih sklopov.....	30
4	OSNOVNE ENAČBE GIBANJA VLAKA	33
4.1	SILE, KI DELUJEJO NA VLAK	33
4.2	ADHEZIJSKA SILA TIRNIH VOZIL.....	35
4.2.1	Odvisnost Ψ od zavoja	37
4.3	SILE, KI NASPROTUJEJO GIBANJU VLAKA	38
4.3.1	Osnovni upori gibanja	39
4.3.2	Upor kotaljenja	39
4.3.3	Upor gibanja v ležajih.....	40
4.3.4	Upori parazitskih premikov	41
4.3.5	Upor zraka	41
4.3.6	Skupni osnovni upor (W_0).....	43
4.3.7	Upori vagona	43
4.3.8	Osnovni upori lokomotiv.....	44

4.3.9	Upori gibanja pri visokih hitrostih	44
4.4	DODATNI UPOR PROGE	46
4.4.1	Upor nagiba proge	46
4.4.2	Upor zavoja	46
4.4.3	Upor gibanja v predorih	47
4.5	PREOSTALI DODATNI UPOR GIBANJA VLAKA	48
4.5.1	Upor gibanja pri pospeševanju vlaka	48
4.6	ZAVORNA SILA VLAKA	51
4.7	PROCES ZAVIRANJA VLAKA S POMOČJO ELEKTROMOTORJEV	54
4.8	PRIKAZ PREMIKOV VLAKOV	54
4.8.1	Sile, ki vplivajo na premikanje vlaka	55
4.8.2	Diagram in analiza sil gibanja	55
5	HITROST IN ČAS VOŽNJE VLAKA	60
5.1	DEJAVNIKI KI VPLIVAJO NA HITROST VLAKA	60
5.1.1	Približna metoda izračunov časa vožnje vlaka	61
5.1.2	Fiktivni nagib	62
5.1.3	Ekvivalentni nagib	63
5.1.4	Največji nagib in upor proge	63
5.1.5	Metoda računanja voznih časov z metodo enakomernih hitrosti	64
5.1.6	Izračun voznih časov s pomočjo enačbe premikanja vlakov	68
5.1.7	Določanje mase vlaka	71
5.1.8	Masa vlaka med premikom	72
5.1.9	Masa vlak v primeru vlečenja z več lokomotivami	73
5.2	ZAVIRANJE VLAKOV	74
5.2.1	Zaviranje – zavorne sile	75
5.2.2	Zavorna masa	78
5.2.3	Postopek zaviranja	78
5.2.4	Pot zaustavljanja	81
6	PORABA ENERGIJE PRI VLEKI VLAKOV	85
6.1	SPLOŠNO O PORABI NA ŽELEZNICI	85
6.1.1	Poraba energije na vlakih z dizelskimi motorji	86
6.1.2	Poraba električne energije	88
7	STANDARDI IN STANDARIZACIJA	93
7.1	POTNIŠKI VAGONI	93
7.1.1	Tehnična določila o potniških vagonih	93
7.2	NAPISI NA VAGONIH	94
7.2.1	Zunanji napisi	95
7.2.2	Notranji napisi	107
7.3	TOVORNI VAGONI	108
7.3.1	Raba in profil vagona	109
7.3.2	Napis na tovornih vagonih	109
7.3.3	Dovoljene obremenitve vagona	111

8	PRIMESTNI IN HITRI VLAKI	115
8.1.1	HITRI VLAKI	115
8.1.2	Elektromotorni vlak (SIEMENS) Desiro za primestno vožnjo	116
8.1.3	Notranja oprema	116
8.1.4	Hitri vlaki z nagibno tehniko	118
8.1.5	Princip delovanja vlakov z nagibno tehniko	118
8.1.6	Pogoji za doseganje velikih hitrosti	119
8.2	ELEKTROMAGNETNI VLAKI	120
8.2.1	Primerjalni kriteriji za ocenjevanje prednosti elektromagnetnih vlakov	123
9	PNEVMATSKE IN MEHANSKE NAPRAVE NA ŽELEZNIŠKIH VOZILIH ...	126
	Deli voznih podstavkov	128
9.1.1	Postopek naprešanja /spajanja koles na vagonosko os	129
9.2	PNEVMATSKE NAPRAVE	134
9.2.1	Zračna zavora	134
9.2.2	Koš železniškega potniškega vozila – okvir potniškega vagona	138
9.2.3	Kraljevi čep	139
9.2.4	Vstopna vrata	139
9.2.5	Notranja oprema	141
9.2.6	Odbojniki – vlečni kavlji	142
9.3	LOKOMOTIVSKI DELI	144
9.3.1	Dizelelektrična lokomotiva	144
9.4	ELEKTROMOTORNE LOKOMOTIVE	145
10	ELEKTRIČNE NAPRAVE NA VLAKIH, KI NISO DIREKTNO V POGONU VLAKA	148
10.1	NAPRAVE NIZKE NAPETOSTI NA ŽELEZNIŠKIH VOZILIH	149
10.1.1	Proizvodnja nizke napetosti na železniških vozilih	149
10.1.2	Alternatorji	149
10.1.3	Električni dinamo	149
10.1.4	Statični pretvornik	149
10.1.5	Akumulatorji	150
10.1.6	Razsvetljava na vagonih	151
10.1.7	Električna ventilacija	151
10.1.8	Krmilno nizkonapetostno vezje	152
10.1.9	Protidrsna naprava	152
10.1.10	Zaviranje zasilne zavore z odlogom	152
10.1.11	Elektropnevmatska zavora	153
10.1.12	Elektromagnetna zavora	153
10.1.13	Ozvočenje	153
10.1.14	12- ali 18-žilni kabel UIC (potniški vagon)	154
10.1.15	Visokonapetostni glavni kabel	154
10.2	DODATNE ELEKTRIČNE NAPRAVE NA LOKOMOTIVAH	154
10.2.1	Pomožni generator	154
10.2.2	Ventilatorji za hlajenje na lokomotivah	155

10.2.3	Ostalo o vlakovnih električnih napravah	155
11	VZDRŽEVANJE ŽELEZNIŠKIH VOZIL	157
11.1	KAKOVOSTNO VZDRŽEVANJE	157
11.2	OSNOVNI NAČINI VZDRŽEVANJA	159
11.3	STROŠKI VZDRŽEVANJA ŽELEZNIŠKIH VOZIL	160
12	MERSKE ENOTE	162
13	LITERATURA	164

1 UVOD

Predmet obravnava ključni del tehničnih železniških sistemov, to so sredstva, ki zagotavljajo silo, ki omogoča vožnjo železniških sredstev. Kakovost železniškega sistema je tolikšna, kolikšna je kakovost teh sredstev, saj vlečna in vlečena sredstva predstavljajo en člen v verigi tehničnih železniških sistemov. Za razumevanje delovanja in določanja kakovosti železniškega sistema moramo poznati in znati oceniti zmogljivosti teh sredstev, to pa je tudi glavni namen tega predmeta, torej znati oceniti zmogljivosti železniških voznih sredstev v povezavi z ostalo železniško infrastrukturo.

Spletni naslovi nekaterih izobraževalnih institucij za logistiko:

Višja prometna šola Maribor: <http://www.vpsmb.net/>

Fakulteta za logistiko Celje: <http://fl.uni-mb.si/>

Fakulteta za pomorstvo in promet Piran: <http://www.fpp.uni-lj.si/>

UM – Fakulteta za gradbeništvo (izvaja program promet): <http://kamen.uni-mb.si/>

2 ZGODOVINA, RAZVOJ IN ZNAČILNOSTI VLEČNIH TIRNIH VOZIL

V tem poglavju boste spoznali:

- Zgodovino razvoja železnice, ki je povzročila industrijski razvoj.

Ob koncu poglavja boste razumeli

- vpliv razvoja železnice na industrijski razvoj.

UVOD V POGLAVJE

Odkar obstaja človeštvo, ima človek potrebo po premikanju predmetov in željo po potovanju. Z razvojem tehnike in znanosti se te potrebe povečujejo. Človek je odkril, da so možnosti premikanja veliko večje po gladkih površinah. Tehnični razvoj je prinesel potrebo po vedno hitrejših, količinsko vedno večjih potrebah po gibanju materiala in ljudi. V začetkih industrijske revolucije so začeli uporabljati vozila, ki bi jih lahko poimenovali prva vozila na tirih.

Ta so bila v tistem času še lesena in po njih so prevažali rudo iz rudnikov. Ta vozila so premikali najprej ročno, kasneje pa s pomočjo vprežnih živali. S tem ko so postavili tirnice, so premik teh vozil bistveno olajšali, saj so se vozila premikala po gladkih tirnicah in ne več po mokrih, neravnih površinah v rudnikih. Razvoj teh vozil je sčasoma pripeljal do oblike kolesa, ki je postalo z notranje strani višje in s tem preprečevalo zdrs vozila s tira. Postopoma so postala ta sredstva premalo zmogljiva, vprežna živina in obstoječi tiri niso zadovoljili vseh potreb po premikanju rude iz rudnikov. Po izumu parnega stroja so kmalu poskušali sestaviti stroj, ki bi se pomikal po tiru in bi za sabo vlekel več vozičkov s tovorom. To pomeni, da je nastala ideja o izdelavi vlaka. V tistem času so bili na razpolago samo parni stroji, torej so uporabili parni stroj.

2.1 PARNE LOKOMOTIVE

Z izumom parnega stroja in z njegovo montažo na vozilo se je ukvarjal angleški raziskovalec Newton. Vendar prvi preizkus ni imel praktičnih vrednosti, saj je bila vlečna sila premajhna in vozilo ni imelo uporabne vrednosti.

Ta njegova ideja je ostala. Ideja narediti vozilo, ki bi se premikalo z lastnim pogonom, je ostala in je vzpodbudila veliko znanstvenikov 18. stoletja, kot so Cugnot, Read, Watt, Evans in mnogi drugi. Vendar se jim kljub velikim naporom zamisel ni posrečila.

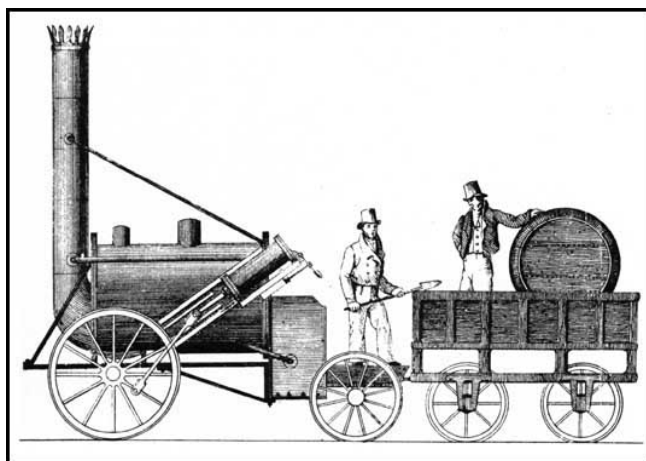
Eden izmed takšnih neuspešnih preizkusov je bil leta 1802, ko sta ga opravila v Londonu Trevithick in Vivan. Poskušala sta narediti vozilo na paro, ki je imelo ležeči kotel, parni valj in gladka kolesa. Blackkett in Hedley sta istočasno raziskovala zakone trenja med kolesi in

tirom. Leta 1813 sta dosegla zadovoljive uspehe s svojo lokomotivo na rudniški železnici. Uspeh je bil zadovoljiv, tako da je lokomotiva še desetletja služila svojemu namenu.

Prvi, ki je »naredil« železnico, je bil George Stephenson in ga še sedaj imenujemo očeta železnice. Prišel je na misel, da bi prevažali rudniške vozičke s pomočjo vozila na paro, a se ni veliko bolje obneslo kot vsa dotedanja. Premikalo se je s hitrostjo pešca in pri tem vleklo nekaj z rudo napolnjenih vozičkov. V času do leta 1823 je izvedel še veliko preizkusov in zgradil 16 lokomotiv za različne rudnike.

Leta 1821 so začeli v Angliji graditi progo pod vodstvom Stephensona; proga je bila zgrajena med Stocktonom in Darlingtonom. Začel je graditi prvo tovarno lokomotiv v Newcastleu, kjer je bila leta 1825 izdelana prva lokomotiva z imenom »LOCOMOTION«, ki je peljala prvi vlak. Vlekla je 90 ton in peljala s hitrostjo 12 km/h. Ta uspeh je navdušil vso Anglijo. Zgradili so dvotirno progo med Liverpoolom in Manchestrom. Leta 1829 je bila vključena v javni promet.

Za izbiro lokomotive so bile postavljene naslednje zahteve: na ravni progi naj vleče lastno težo in trikrat težji tovor s hitrostjo 16 km/h, višina ne sme presegati 4,5 m, teža med dvema osema naj bo manjša od 4,5 tone in pri treh oseh 6 ton. Javna preizkušnja je bila od 6. do 8. oktobra 1829, kjer je zmagala Stephensonova lokomotiva z imenom »ROCKET«.



Slika 1: Stephensonova lokomotiva ROCKET

Vir: Crnjac, 1996, 34.

Lokomotiva ROCKET je imela te tehnične podatke: ležeči kotel, zadaj za majhno pečjo so skozi kotel vodile cevi, ki so segrevale vodo in s tem proizvajale paro, potrebno za pogon, valj premera 203 mm in hoda 419 mm, premera koles 1434 mm s prednjo pogonsko osjo. Na preizkušnji je peljala lokomotiva 50 km/h, s pripetim potniškim vagonom pa 48 km/h. To so bile za takrat zelo visoke vrednosti. Lokomotiva je obratovala še veliko časa in se še sedaj nahaja v muzeju Kansinton v Londonu. Velik napredek je bil narejen z izboljšanjem lokomotivskega upravljanja, ki je omogočilo menjavo smeri vožnje in regulacijo dotoka pare v parne valje.

S tem je Stephenson postavil temelje železnice, ki se je začela zelo hitro razvijati in izboljševati. Deveta lokomotiva iz serije lokomotiv ROCKET z imenom PLANET je postala

tudi osnova za gradnjo lokomotiv kasneje in je ostala do današnjih časov osnova za gradnjo lokomotiv. V razvitih državah so parne lokomotive postale zgodovina, vidimo jih še v tehničnih muzejih ali kot turistične vlake, ki vozijo samo ob določenih priložnostih.

Kasneje so lokomotive delili v potniške in tovarne, posebej pri tovarnih je začelo naraščati število pogonskih osi. Že leta 1849 je pripeljal prvi vlak v Ljubljano, kar dokazuje, s kako hitrim razvojem se je začelo po vsej Evropi graditi železnice.

Gradnja gorskih železnic, kjer se ravninske lokomotive niso obnesle, se je začela leta 1852, ko je zgradil John Hasvell gorsko lokomotivo s štirimi pogonskimi osmi in z majhnimi kolesi. Povečevala se je razlika med potniškimi in tovarnimi lokomotivami. Predvsem so bile te razlike očitne po številu pogonskih osi; potniške so imele po dve pogonski osi, tovarne pa tudi po štiri. Razlikovale so se še po premeru koles, tako so bili pri potniških premeri do 2 m, pri tovarnih do 1,5 m.

Ob koncu 19. stoletja so konstruirali lokomotive na pregreto paro, s tem so prihranili do 20 % goriva, za 30 % povečali tlak pare, in sicer na 130 barov. Teža potniških hitrih vlakov se je povečala na 500 do 700 t, teža tovarnih pa na vrednost 2500 t.

Parne lokomotive so dolga desetletja kraljevale na železniških progah in so tako v tehničnem smislu postale v določenih segmentih tedanjega razvoja nosilec napredka oziroma zaostanka kraja ali države. Praviloma je železnica v krajih (mestih, naseljih) povzročila velike spremembe. V krajih, skozi katere je bila speljana, so začele nastajati tovarne, ki so bile povezane z železnico, ali pa tovarne, ki so lahko zelo povečale proizvodnjo, saj jim je železnica omogočila poceni in varen transport. Železnica je obdobju 19. in prve polovice 20. stoletja predstavljala enega izmed stebrov razvoja.

Slab izkoristek in velika teža glede na pogonsko moč sta pripeljala do razvoja lokomotiv z drugačnim pogonom. Izkoristek parnih lokomotiv je dosegel 8 % do 12 %. To je izkoristek od premoga, ki služi kot vir energije, do moči na pogonskih kolesih.

Izum elektromotorjev in njihov razvoj sta omogočila uresničitev ideje za uporabo električne energije za pogon lokomotive. To je prvi uresničil Werner Siemens; te lokomotive ne vozijo vira energije s seboj, temveč ga sproti jemljejo iz omrežja.

V nadaljnjem razvoju so izdelali lokomotive na motorje z notranjim izgorevanjem predvsem na pogon s pomočjo nafte. To so bile lokomotive z direktnim pogonom na dizelsko gorivo in direktnim prenosom moči na kolesa iz dizelskega motorja. Dizelski motor poganja generator za proizvodnjo električne energije, ta generator nato poganja elektromotorje, ki poganjajo kolesa in tako premikajo lokomotivo. Prednost elektromotorjev je velik zagonski navor in boljši izkoristek, kar je zelo pomembno za premik vlaka iz stanja mirovanja v stanje gibanja.

POVZETEK POGLAVJA

Lokomotiva ne glede na vir, s katerim se napaja, in način, kako ta vir energije pretvarja v gibalno silo, predstavlja srce vsakega vlaka. Potniški vlaki, ki imajo vgrajene motorje za njihov pogon, se uporabljajo za prevoz potnikov. Vgradnja teh motorjev je bila mogoča z razvojem elektromotorjev malih velikosti in velikih moči ter z razvojem motorjev z notranjim izgorevanjem na tekoča goriva, saj so njihove dimenzije veliko manjše na enoto moči kot pri pogonu na paro. Tudi pri teh obstajajo vozila s pogonom in vozila, ki nimajo svojega pogona.



Študijski primer in v razmislek:

Pojasnite, kateri je najpomembnejši vpliv razvoja železnice na industrijski razvoj.

Kaj železnica potrebuje za izgradnjo?

Pojasnite, kaj potrebuje, da deluje v gospodarskih panogah:

- gradbeništvo,
- jeklarstvo,
- pridobivanje goriv,
- promet.

Pojasnite vpliv železnice na razvoj teh panog in vpliv razvoja teh panog na železnico.

Dodatna literatura za študij

- 1) Crnjac, A., in Crnjac, P. Vleka in transportna sredstva: I. del, Univerza v Mariboru, 1996.
- 2) Srebrnič, M., in Srebrnič, M. Vlečna in transportna sredstva železniškega prometa, Višja prometna šola Maribor, 2002.

3 OSNOVA POGONA RAZLIČNIH VRST POGONA NA POSAMEZNIH VRSTAH LOKOMOTIV

V tem poglavju boste spoznali:

- Razvoj vlečnih sredstev (lokomotiv).
- Razlike v načinu pridobivanja energije.
- Prenos sekundarne energije na kolesa.
- Pretvarjanje te energije v gibanje vlaka.

Ob koncu poglavja boste razumeli:

- delovanje pogonov železniških sredstev,
- način prenosa te energije na kolesa,
- zakonitosti prenosov,
- prednosti in slabost posameznih pogonov železniških sredstev.

UVOD V POGLAVJE

- Primarna energija pri parnih lokomotivah je energija, ki jo sprošča gorivo (premog ali drva) s svojim izgorevanjem, segreva vodo in s tem ustvarja paro.
- Primarna energija električnih lokomotiv je električna energija v vodnikih nad progo, ki jo nato elektromotorji pretvarjajo v energijo, ta preko koles poganja lokomotivo in vleče vlak.
- Primarna energija lokomotiv z motorji na notranje izgorevanje je tekoče gorivo, izdelano največkrat na bazi nafte. To velja tudi v primeru v dizelelektromotornih lokomotiv, kjer na os koles dobimo energijo iz električnih generatorjev in nato elektromotorjev.

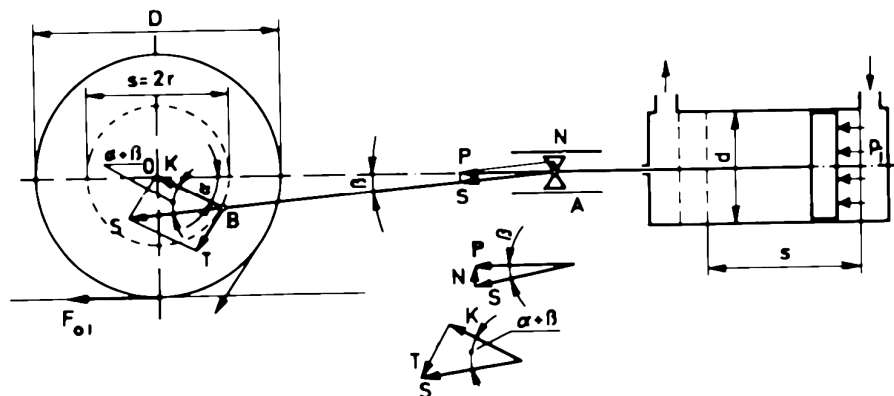
Vsak izmed teh pogonov ima glede na primarni vir energije svoje prednosti in pomanjkljivosti.

3.1 RAZLIČNOST PRENOSA VLEČNE SILE NA OBOD POGONSKIH KOLES

Prenos teh sil je različen glede na vrsto lokomotive. Torej je potrebno obravnavati vsak prenos posebej. V tem primeru ne bomo posebej obravnavali izkoristka za vsako vrsto pogona, temveč bo poudarek na načinu prenosa energije in s tem vlečne sile na kolesa.

3.1.1 Parna lokomotiva

Slika 2 prikazuje način, kako nastane sila v cilindru in kako se nato prenese na kolesa. V cilindru prihaja para pod pritiskom izmenično, iz ene ali druge smeri.



Slika 2: Ustvarjanje prenosa vlečne sile na kolo pri parnih lokomotivah

Vir: Šida, 1977, 197.

Pritisk v cilindru pomika os skozi cilindru v smeri iz cilindra in v njega izmenično, to gibanje nato s pomočjo ročičnega mehanizma spremenimo v krožno gibanje.

Sila, ki deluje na cilindru, je:

$$P = a \cdot \frac{d^2 \pi}{4} \cdot p_i$$

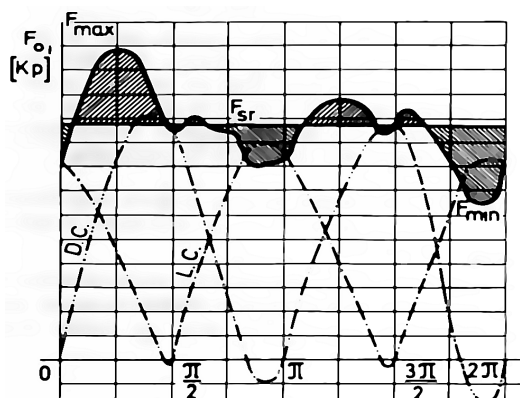
Pri tem velja:

a – zmanjšanje cilindrične površine zaradi ročice,

d – premer cilindra,

p_i – srednji indikatorski pritisk.

Slika 2 prikazuje potek sil na obodu kolesa v primeru pogona s parnim strojem, sila v enem obratu kolesa se spreminja od vrednosti 0 do največje vrednosti, ta nihanja zmanjšamo z vgradnjo dveh ali več cilindrov.



— potek sile dveh cilindrov parnega stroja

— · — potek sile enega cilindra parnega stroja

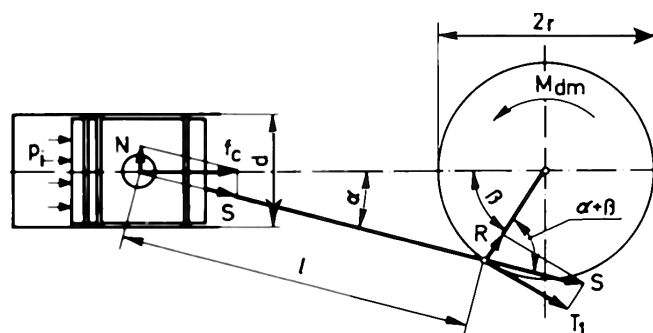
Diagram 1: Potek sile cilindrov pri parnih lokomotivah

Vir: Šida, 1977, 212.

Če pogledamo diagram, vidimo, da več kot je cilindrov, večja je enakomernost vlečne sile, pogoj je le ustrezen kotni zamik med postavitvijo premika cilindra.

3.2 NASTAJANJE IN PRENOS VLEČNE SILE PRI DIZELSKIH LOKOMOTIVAH Z MEHANIČNIM PRENOSOM SILE

Pri teh lokomotivah je pogonski motor dizelski.



Slika 3: Nastajanje mehanske sile v dizelskem motorju

Vir: Šida, 1977, 197.

Podobno kot pri parni lokomotivi tudi v tem primeru sila enega cilindra niha od največje vrednosti do vrednosti 0. Največja sila nastane takrat, ko nastane vžig v cilindru. Z večjim številom cilindrov povečamo enakomernost sile na obodu kolesa. Sila, ki nastane v cilindru, je odvisna od premera bata in pritiska, ki nastane ob vžigu goriva.

3.2.1 Mehanski prenos moči dizelskega motorja

Dizelski motor je preko različnih zobniških prenosov priključen na pogonska kolesa. Na sliki 4 je prikazan shematski prenos moči s pomočjo mehanskega prenosa.

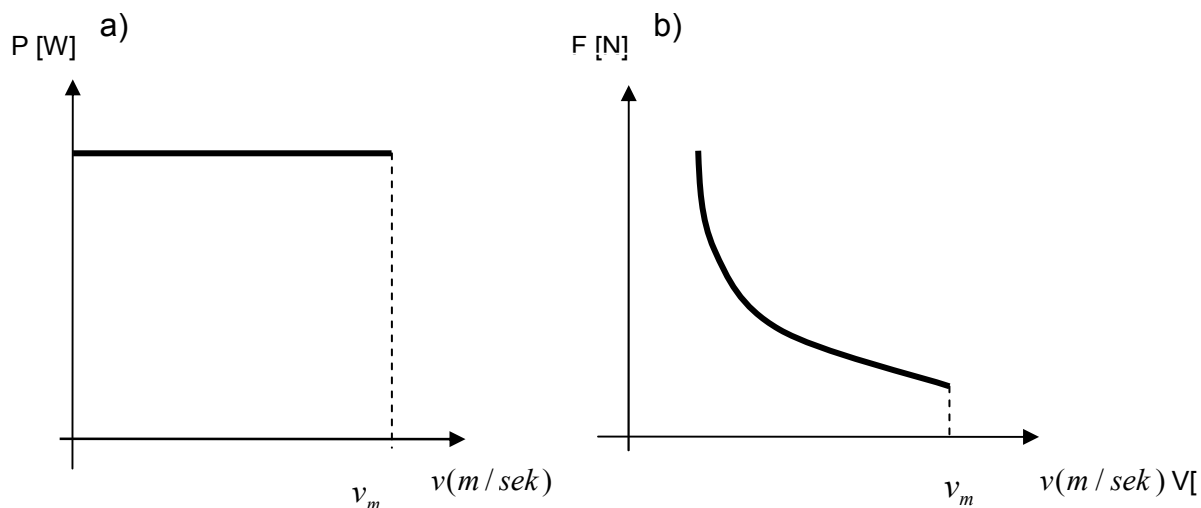
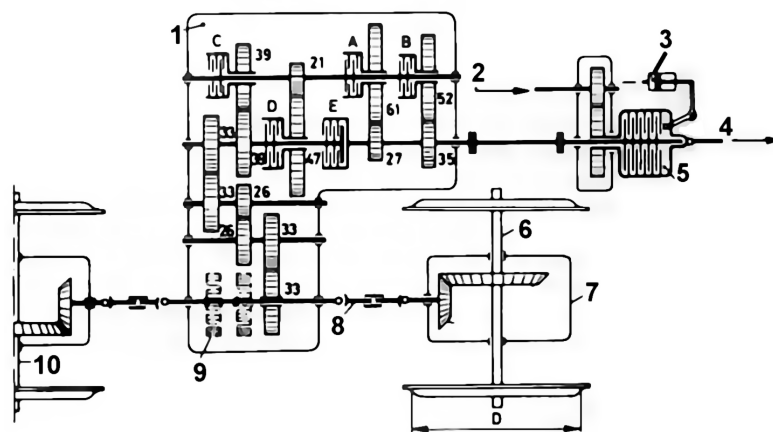


Diagram 2: Dobra regulacija sile

Vir: Lasten.

- ❖ Dobra regulacija sile na kolesu pomeni veliko silo pri mali hitrosti in manjšo silo pri veliki hitrosti, torej $P_k = v \cdot F = \text{konst}$



- 1 – menjalnik
- 2 – vhod moči iz dizelskega motorja
- 3 – zračni cilindar
- 4 – priključek za pomožne naprave
- 5 – glavna sklopka

- 6 – pogonska os
- 7 – osni prenosnik
- 8 – kardanska gred
- 9 – menjalnik smeri

Slika 4: Prenos moči s pomočjo mehničnega menjalnika

Če izhajamo iz sile, ki nastaja v cilindru dizelskega motorja, velja, da je sila na obodu koles:

$$F_k = \frac{2 \cdot i}{D} \cdot M_{dm}$$

F_k – sila na obodu kolesa,

i – prenosno razmerje menjalnika, ki je odvisno od velikosti in razmerja uporabljenih zobnikov,

D – premer kolesa,

M_{dm} – navor dizelskega motorja.

Sila na kolesu je neenakomerna, če je neenakomeren navor motorja.

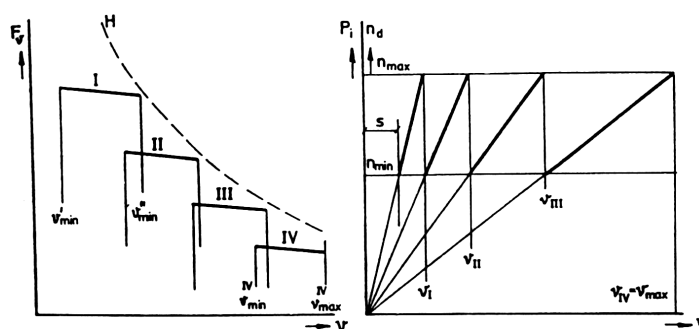


Diagram 3: Zobniški prenos ustvarja različne hitrosti ob različnih silah

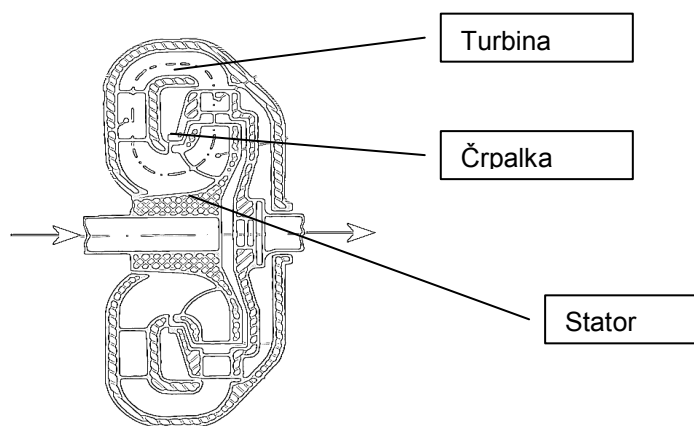
Vir: Lasten Vir: Crnjac, 1996, 253.

S spremembo razmerja med zobniki povzročimo koračno spremembo hitrosti, zvezno spremembo dobimo s spremembo doziranja goriva. Kombinacija obeh omogoča potrebno regulacijo sile (moči) na obodu kolesa.

3.2.2 Nastajanje vlečne sile s pomočjo hidravličnega prenosa sile pri dizelskih lokomotivah

Želimo se čim bolj približati zahtevam iz diagrama 2.
Zakaj?

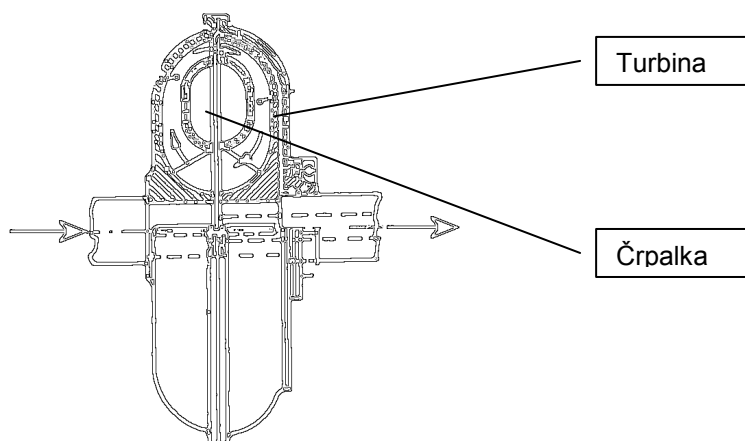
Deluje tako, da dizelski motor poganja hidravlično črpalko, ta pa nato poganja hidravlično turbino. To pomeni, da hidravlična turbina s pomočjo motorja proizvaja mehanično delo, potrebno za pogon kolesa in s tem lokomotive. Spoj teh hidravličnih elementov je narejen tako, da so največkrat v skupnem ohišju, ki je nameščeno za prvim zobniškim parom.



Slika 5: Hidravlični pretvornik navora

Vir: Šida, 1977, 238.

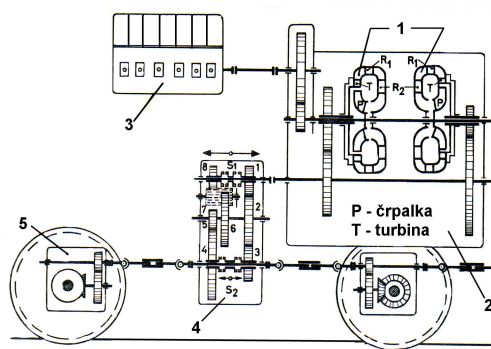
Te lokomotive so zelo podobne lokomotivam, ki imajo mehanski prenos, le da so uporabljeni dodatni hidravlični prenosniki sile.



Slika 6: Spoj hidravlične črpalke s turbino

Vir: Šida, 1977, 240.

Na naslednji sliki 7 je prikazan shematski prenos sil lokomotive s pomočjo hidravličnega prenosnika.



- | | |
|----------------------|-----------------|
| 1 – pretvornik | 4 – menjalnik |
| 2 – črpalka, turbina | 5 – osni prenos |
| 3 – dizelski motor | |

Slika 7: Prikaz povezave hidravlične spojnice na železniškem vozilu
Vir: Šida, 1977, 246.

Navor, ki izhaja iz hidravlične turbine, bo zmanjšán ali povečan po enačbi:

$$M_k = i \cdot M_t$$

$$F_k = \frac{2 \cdot M_o}{D} = \frac{2 \cdot i \cdot M_t}{2}$$

M_k – navor na pogonskem kolesu,

M_t – navor na izhodu turbine hidravličnega prenosa,

F_k – sila na obodu pogonskega kolesa,

D – premer kolesa,

i – prenosno razmerje med kolesom turbine do osi lokomotive, ki je odvisno od odnosov premerov vpetih zobnikov.

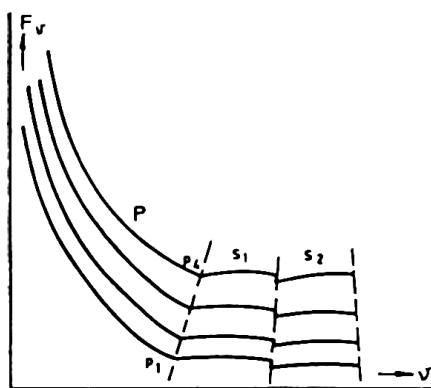


Diagram 4: Diagram moči pri tristopenjskem hidravličnem menjalniku

Vir: Crnjac, 1996, 260.

Na diagramu 4 je prikazan prenos sile na kolesa v odvisnosti od hitrosti pri različnih »polnitvah« dizelskih motorjev. Preskok sile pomeni novo menjalno razmerje menjalnika.



Študijski primer in v razmislek:

Pojasnite in primerjajte, kdaj je regulacija sile na kolesu boljša.

Pomagajte si z diagrami.

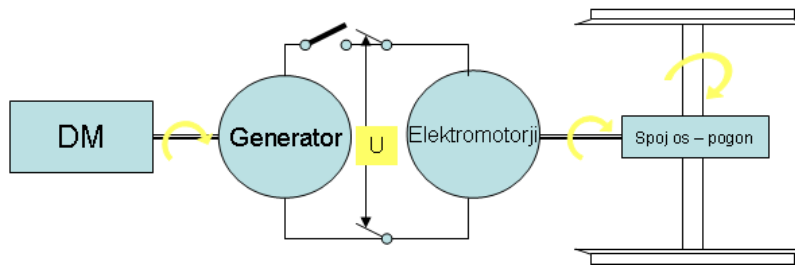
3.3 VLEČNA SILA ELEKTROMOTORJEV V DIZELELEKTRIČNIH LOKOMOTIVAH IN ELEKTRIČNIH LOKOMOTIVAH

Pomembni del pogona železniških lokomotiv predstavlja regulacija odnosa med F in v . V pogonu med dizelelektričnimi in električnimi lokomotivami obstaja podobnost v tem, da je v obeh primerih gonilo koles elektromotor. Ta predstavlja glavni vir primarne energije (sile), ki se prenaša na kolesa lokomotive. Uporabljamo različne vrste električnih motorjev za vleko vlakov.

Najenostavnejša regulacija obratov in vrtilnega navora je s pomočjo enosmernih motorjev kljub temu, da enosmerni motor ne predstavlja v vseh primerih optimalne rešitve. Izmenično napetost je namreč veliko lažje pretvoriti iz visoke v nizko in obratno s pomočjo transformatorjev. Z odkritjem polprevodniških elementov in z dvigom kakovosti teh elementov se je tudi ta regulacija poenostavila. Uporabljajo se polprevodniški elementi – tiristorji. Tiristorji z odpiranjem ali zapiranjem kota odprtja toka izmenične napetosti regulirajo moč in s tem vrtilni navor električnih motorjev.

Princip delovanja električnih motorjev na dizelelektričnih motornih lokomotivah (DEM) in električnih lokomotivah je enak, razlika je v tem, da imajo vozila DEM vgrajen generator, ki proizvaja električno energijo. Ta napaja električne motorje z električno energijo, na električnih motornih lokomotivah pa se napajajo preko električnih vodov nad progo. Za DEM velja, da je taka lokomotiva primernejša od DM, če je moč večja od 400 KW.

Shema dizelektrične lokomotive



Slika 8: Shema vezave DEM lokomotive

Vir: Lasten.

Prenosnik moči na vozilu DEM omogoči:

- izkoriščanje celotne moči DM v željeni ali največji hitrosti gibanja vlečnega vozila;
- najekonomičnejše delovanje DM pri različnih velikostih izhodne moči;
- največje izkoriščanje adhezijske vlečne moči pri vseh režimih vleke.

Osnova pogona je vezana na moč dizelskega motorja (v vozilih DEM). DM mora biti ustrezno dimenzioniran. Moč pogonskih motorjev je odvisna tudi od sposobnosti generatorja, od katerega dobivajo ti motorji električno energijo.

Vlečna sila se določi na osnovi moči elektromotorja.

Električna moč motorja znaša:

$$P_m = U_m \cdot I_m \cdot \eta_m = F_k \cdot v$$

Vlečna sila znaša:

$$F_k = \frac{U_m \cdot I_m}{v} \cdot \eta_m$$

Iz tega sledi – več elektromotorjev ima silo:

$$F_k = \frac{2M_m}{D_k} i_0 \eta_0$$

Tako velja za navor motorja:

$$M_{el} = k_m \Phi_m I_m$$

Pri vlečnih motorjih enosmerne napetosti velja, da je sila funkcija:

$$F(v) = f(U_m, \phi_m, 1/v)$$

Silo spreminjamo s pomočjo preduporov in vzporednih uporov. Z vklopom ali izklopom teh uporov spreminjamo magnetno polje (Φ_m); s tem spremenimo vrednost navora.

Izmenične električne motorje reguliramo s pomočjo tiristorjev in kotom odprtja amplitude izmenične napetosti. Moč motorja, reguliranega s pomočjo tiristorjev, je:

$$P_k = U_c I_m = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 (1 + \cos \theta) I_m$$

$M_{el} = f_1(I_m)$ – navor električnega motorja,

$n = f_2(I_m)$ – vrtljaji električnega motorja,

$\eta_m = f_3(I_m)$ – izkoristek električnega motorja,

$\eta_{DEM} = \eta_1 \eta_2 \dots \eta_n$ – skupni izkoristek DEM,

P_m – moč motorja,

U_m – napetost na sponkah motorja,

I_m – tok motorja,

F_k – sila na obodu kolesa – vlečna sila,

M_m – navor motorja,

Φ_m – pretok magnetnega polja med statorjem in rotorjem (vzbujalno navitje),

k_m – konstanta motorja, odvisna od konstrukcijske izvedbe,

v – hitrost vozila,

θ – kot deblokiranja tiristorja,

U_c – efektivna vrednost izmenične napetosti.

Pri konstantni napetosti se vlečna sila regulira s pomočjo vzbujanja in spreminjanja kota odprtja tiristorjev. Hitrost reguliramo s spremembo frekvence izmenične napetosti, za kakovostno regulacijo potrebujemo pravilno razmerje med napetostjo, tokom in frekvenco električne energije.

Pri določanju moči in odnosov med DM in vlečnimi motorji na DEM se uporabljajo razmerja med odnosom moči posameznih sklopov. V teh DEM so večinoma v uporabi enosmerni električni generatorji in motorji.

Generator enosmernega toka za dizelsko vleko je električni stroj z električnim vzbujanjem, ki ga ustvarja z zaporednimi, vzporednimi in neodvisnimi tujimi vzbujanji.

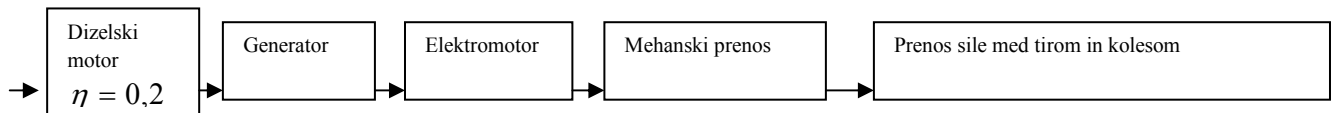
Negativne lastnosti DEM so:

- relativno nizek izkoristek dizelske generatorske verige,
- zahteva po malem številu obratov DM,
- velika teža in visoka nabavna cena,
- zahtevno in drago tekoče vzdrževanje (kolektor, ščetke),
- visoka cena zahtevnejših popravil (previjanje navitij).

PRIMER:

Vlak vozi s hitrostjo 60 km/h, za vzdrževanje hitrost potrebuje silo 60 KN. Kolikšno moč mora zagotoviti dizelsko gorivo (primarna moč)?

- *Upoštevajte posamezne izkoristke posameznih sklopov, udeleženih v pogonu (glejte skico):*



- *Moč, ki jo potrebujemo na kolesu, izračunamo po enačbi:*

$$P_k = F_k \cdot v = 60 \cdot \frac{60}{3,6} = 1000 \text{ KW}$$

- *Moč na vходу dizelskega motorja je skupni produkt vseh:*

$$\eta_{DEM} = 0,2 \times 0,95 \times 0,95 \times 0,98 \times 0,98 = 0,17$$

- *To pomeni, da za vleko vlaka potrebujemo:*

$$P_{vh} = \frac{P_k}{\eta_{DEM}} = \frac{1000}{0,17} = 5882 \text{ kW}$$

To je moč, ki jo mora zagotoviti dizelsko gorivo, na kolesu je $P_k = 1000 \text{ KW}$.



Študijski primer in v razmislek:

Pojasnite veliko razliko med P_{vh} in P_k .

Izračunajte, kolikšno pot bo prevozil vlak pod istimi pogoji vožnje kot v primeru,

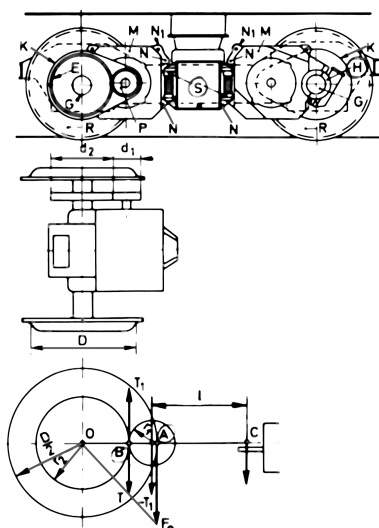
če je na razpolago $P_{vh} = 10.000$ kWh energije.

3.3.1 Električni prenos moči z generatorjem izmeničnega toka – z alternatorjem

Omejitve moči (problem velika teža na enoto moči) enosmernih generatorjev in motorjev so zahtevale nove rešitve. Ustrezno rešitev za lokomotive večjih moči predstavljajo generatorji izmeničnega toka, ki so lažji na enoto moči, to pa je bilo mogoče z razvojem dovolj močnih usmerniških polprevodniških elementov, potrebnih za regulacijo delovanja elektromotorja. Klasični enosmerni motor je pri ustvarjanju vlečne sile še vedno pogosta rešitev predvsem zaradi svoje ugodne regulacije vrtiljajev, ki so odvisni od električne napetosti. Pri gradnji močnih lokomotiv sta zelo pomembni mala masa in velikost lokomotive, kar je možno doseči s konstrukcijo izmeničnih virov napetosti in nato usmeriti to napetost v enosmerno, ali s pomočjo regulatorjev obratov izmeničnih elektromotorjev, kar omogočajo sodobna mikroračunalniška vezja v kombinaciji z močnostnimi polprevodniškimi elementi. Za asinhronske motorje velja, da je njihova hitrost vrtenja odvisna od frekvence napetosti.

3.3.2 Prenos sile iz elektromotorja na obod kolesa

Pri teh lokomotivah je pogonski motor elektromotor, ki je z enim zobniškim parom vezan na pogonsko os. Na sliki 9 je shematsko prikazan vlečni elektromotor, pritrjen na pogonsko os.



Slika 9: Shematski prikaz moči elektromotorja na obod kolesa

Vir: Šida, 1977, 280.

Osnovni izvor vlečne sile je elektromotor, iz katerega se opravi prenos sile na os preko zobnika. Elektromotorji so vgrajeni na vozne podstavke električnih ali dizelektričnih lokomotiv. To pomeni, da se opravi prenos od generatorja ali električnega omrežja s pomočjo električne napeljave. V elektromotorju se razvije na osnovi elektromagnetnega polja, ustvarjenega s pomočjo električnega toka, vrtilni moment (M_{el}). Ta se nato pretvori v tangencialno silo (T), ki predstavlja vlečno silo lokomotive.

$$i = \frac{r_2}{r_1} - \text{razmerje zobniškega prenosa moči}$$

r_1, r_2 – razmerje premerov zobnikov

Pri dizelskih motornih vozilih je zelo pomembno, da se karakteristike pogonskih motorjev ujemajo z električno karakteristiko generatorja.

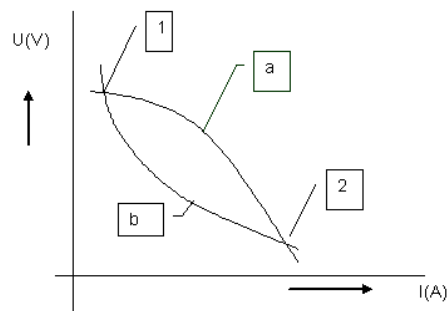


Diagram 5: Diagram poteka moči DM (b) in električnega generatorja ob $P = U \cdot I = \text{konstanta}$
Vir: Lasten.

a – krivulja generatorja,

b – krivulja moči dizelskega motorja.

Med krivuljama je področje, kjer je moč DM manjša od moči generatorja, torej je potrebno regulirati moč generatorja.

Moč generatorja reguliramo s pomočjo vzbujalnega toka.

Generator pretvori moč dizelskega motorja v električno moč, ki jo uporabimo na vlečnih motorjih, s tem da je moč $P_m = U_m \cdot I_m = \text{kons.}$

3.3.3 Odvisnost karakteristike vlečnega motorja od hitrosti lokomotive

Na osnovi $P_m = U_m \cdot I_m = \text{kons.}$ in spremembe hitrosti lokomotive dobimo sledeči grafični prikaz:

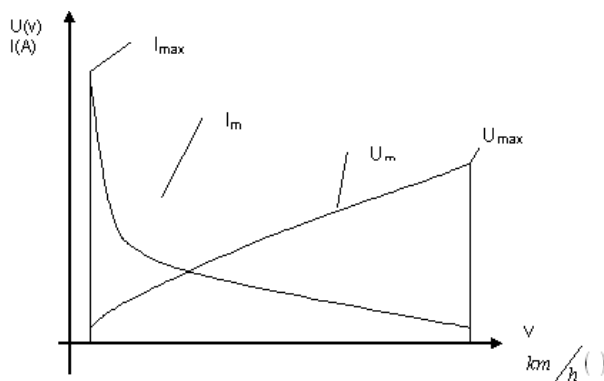


Diagram 6: Diagram spremembe hitrosti lokomotive (obratov električnega motorja) od napetosti na elektromotorju

Vir: Lasten.

Iz diagrama 6 vidimo, da se hitrost povečuje z višanjem napetosti.



Študijski primer in v razmislek:

Generator in pogonski motorji morajo biti usklajeni, torej mora generator v vsakem trenutku zagotavljati dovolj energije za pogon elektromotorjev. To pomeni odzivnost DM in generatorja za potrebe EM; energija mora biti usklajena z vlečno močjo lokomotive.

Opišite, kaj se zgodi, če napetost generatorja naraste.

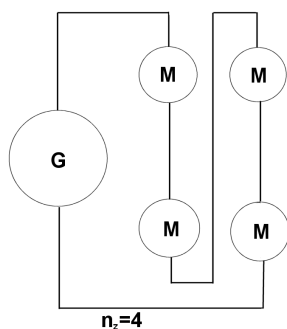
Utemeljite s pomočjo enačb in diagramov.

3.3.4 Regulacija hitrosti s spremembo povezave elektromotorjev

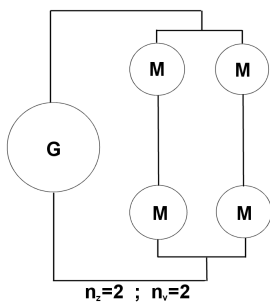
S spremembo vezav motorjev po naslednjih vezalnih shemah (zaporedno, zaporedno – vzporedno, vzporedno) dosežemo ustrezno spremembo hitrosti. Predvidevamo, da teče skozi zaporedno vezavo enak tok skozi vse motorje in enako velja za padce napetosti na vzporedno oziroma zaporedno vezanih motorjih. Motorji imajo enake tokovne in napetostne karakteristike. To pomeni, da je moč elektromotorjev konstantna.

$$P = U_{m1} \cdot I_{m1} = U_{m2} \cdot I_{m2} \dots U_{mn} \cdot I_{mn}$$

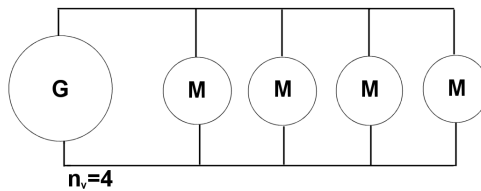
a) Zaporedna vezava



c) Vzpostredno-zaporedna vezava



b) Vzpostredna vezava



M – elektromotor

G – generator

Slika 10: Različne vezave elektromotorjev

Vir: Lasten.

a) vezava $U_m = \frac{U_g}{4}$,

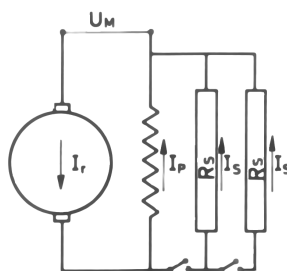
b) vezava $U_m = \frac{U_g}{2}$,

c) vezava $U_m = U_g$.

Če v diagramu opazujemo dogajanje v odvisnosti od vezave, vidimo, da ko so vsi vlečni motorji vezani zaporedno, se menja tok generatorja enako kot tok motorjev, napetost na motorjih je manjša tolikokrat, koliko imamo zaporedno vezanih motorjev. Ker je hitrost motorjev odvisna od napetosti, so obrati motorja najnižji pri zaporedni vezavi.

3.3.5 Regulacija elektromotorjev s pomočjo vzpostredne vezave uporov

Cilj te metode je povečevati hitrost lokomotive na večjo, kot jo lahko dosežemo z maksimalno napetostjo v vzpostredni vezavi. To dosežemo s pomočjo električne vezave po sliki 11:



Slika 11: Prikaz vezave vzpostrednih uporov

Vir: Lasten.

Vzpostredno k vzbujalnemu navitju vežemo upor in s tem dosežemo manjši tok skozi vzbujalno navitje, to pomeni nižjo gostoto magnetnega polja. Velja enačba:

$$n = \frac{U - R \cdot I}{k \cdot \Phi}$$

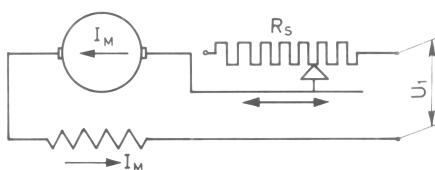
$$\Phi = f(I)$$

k – konstanta motorja,

Φ – pretok magnetnega polja.

Z vzporedno vezavo znižamo tok skozi vzbujalno navitje; s tem dosežemo, da se imenovalec v zgornji enačbi zniža, nižja vrednost v imenovalcu pomeni večje število obratov, s tem pa tudi večjo hitrost lokomotive.

Naslednjo regulacijo hitrosti in obratov lahko izvedemo s pomočjo vključevanja zaporednih uporov, kar ima za posledico znižano napetost na motorjih.



Slika 12: Zaporedno vezan električni upor k elektromotorju

Vir: Lasten.

Zaporedno vezan upor v tem primeru zniža tok (I_m) v vzbujalnem in glavnem navitju, kar ima za posledico večji upor, nižjo napetost na motorju, manjše število obratov in posledično nižjo hitrost lokomotive.



Študijski primer in v razmislek:

Pojasnite, pod katerimi pogoji se hitrost vrtenja enosmernih motorjev poveča.

3.4 ELEKTRIČNA VLEKA

Osnovna razlika med električno lokomotivo in ostalimi vlečnimi sredstvi je v tem, da na električni lokomotivi ni izvora energije, temveč se izvor energije »črpa« iz električnega omrežja, ta energija se dovaja lokomotivi ves čas, ko se premika.

Proces pretvarjanja energije v premikanje lokomotive se opravlja na več mestih. Iz elektrarne se dovede električna energija do električnega vodnika nad progo, pred tem se električna energija pretvori v električno energijo ustrezne napetosti in se usmeri v enosmerno napetost. Odvzem električne energije iz visokonapetostnih vodov za železnico se transformira v transformatorjih, posebej namenjenih za železniško omrežje nad progo.

Vsi ti vodi, vključno z električnimi lokomotivami, predstavljajo sistem železniške vleke vlakov. Čeprav različne državne železnice uporabljajo različne napetosti in različne frekvence, velja za vse sisteme železniške vleke, da imajo:

- kontaktne vode visoke napetosti,
- električne vlečne podpostaje,
- električne lokomotive.



Slika 13: Električni vodi za električno napajanje lokomotiv in električnih vlakov
Vir: Lasten.

Priključni vodi spajajo posamezne električne napajalne postaje (ENP) med seboj, te pa napajajo vode, iz katerih dobijo energijo električne lokomotive.

Sistem enosmerne napetosti 3000 V je v uporabi v Sloveniji, vse magistralne proge v Sloveniji so elektrificirane s to napetostjo. Deloma je v uporabi tudi na Hrvaškem (progi Zagreb – Reka in Vitošev – Bakar). Naši sosedje Italijani imajo v uporabi enak sistem kot v Sloveniji, Avstrijci na njihovih železnicah uporabljajo napetost 15 KV in frekvence 16 2/3 Hz. Za napetost 3000 V so ENP na razdalji od 20 do 25 km. Višja je napetost, večja je razdalja med ENP. Za hitre vlake, na primer nemški IEC (tudi v Italiji, kjer je v uporabi napetost.

3000 V), se za te vlake uporablja napetost 25 KV/50Hz; razlog je velika moč na dolžinski km proge, ki jo lažje dosežemo z višjo napetostjo. Za doseganje velikih hitrosti potrebujejo vlaki veliko večjo moč.

Večja napetost, večja moč na enoto dolžine tira in manjše število ENP.

3.5 TOKOKROG VOZNEGA OMREŽJA

Glavna značilnost enosmerne napetosti $U = 3000\text{ V}$ je, da se električna energija izmeničnega toka visoke napetosti, ki prihaja iz omrežja elektrogospodarstva, transformira v ENP na 3000 V napetosti in se pretvori v enosmerno, potem pa se pošilja preko voznega omrežja v lokomotive, iz lokomotiv pa naprej v posamezne vagone (potniški vlak).

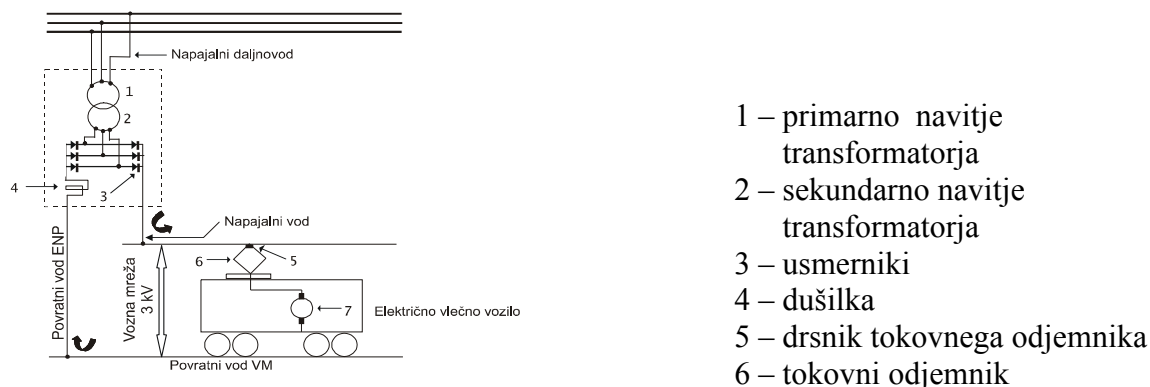
Pri sistemu 25 KV 50 Hz se – za razliko od predhodno opisanega sistema – transformira napetost 110 KV in več na napetost 25 KV. Ta napetost se preko voznih vodov dovaja v lokomotive, na katerih se transformira na nižjo napetost, 3000 V ali 1500 V.

Električne vlečne napajalne postaje (ENP) so priključene na vozno omrežje paralelno, kar pomeni, da jemlje električno vlečno vozilo, ko se nahaja med dvema ENP, električno energijo iz obeh. S tem je zagotovljeno dvostransko napajanje voznega omrežja, ki ga sestavljajo elementi, prikazani na sliki 14:

- vozni vod,
- nosilne konstrukcije, ki nosijo vozne in ostale vode,
- oprema za vpetje voznega, napajalnega in obhodnega voda,
- oprema za natezanje voznega, napajalnega in obhodnega voda,
- oprema za električno ločitev,
- napajalni vod,
- povratni vod,
- ozemljilni elementi voznega omrežja,
- varnostne naprave signalov za električno vleko.

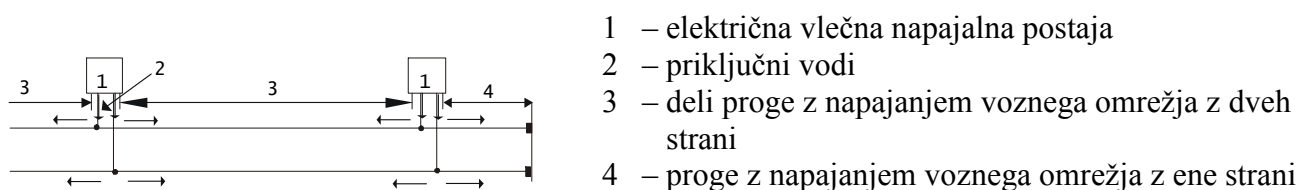
S povratnim vodom električne vlečne napajalne postaje, ki je najpogosteje v kablu, je dosežena električna zveza med usmerniki v ENP in povratnim vodom voznega omrežja. Povratni vod voznega omrežja tvorijo: ena ali obe tirnici vsakega elektrificiranega tira, obdajajoče zemljišče, tirnične vezice in prevezave, tirnične dušilke in iskrišča.

Ozemljeni tiri predstavljajo nasprotni potencial in torej tok »steče« preko njih v zemljo.



Slika 14: Električna vlečna napajalna postaja ENP z vlečnim vozilom

Vir: Lasten.



Slika 15: Napajanje električne mreže dvotirne proge

Vir: Lasten.

Zaradi opravljanja prometa z električno vleko in omogočanja del pri rednem vzdrževanju in odpravljanju okvar je vozno omrežje razdeljeno na odseke. Delitev je opravljena tako, da predstavlja en odsek voznega omrežja, vozno omrežje na eni postaji ali vozno omrežje med dvema postajama.

Največja prednost električne vleke pred parno in dizelsko je njen izkoristek, ki predstavlja

33 %, pri parni vleki je izkoristek 3 — 5 %, pri dizelskih motorjih znaša maksimalno 20 %. Ti izkoristki so izkoristki od vira proizvodnje do mehanične energije na pogonu koles. Odvisno je še od tega, kakšno vrsto goriva uporabljajo elektrarne: vodo, premog, dizelsko gorivo; vendar za elektrarne velja, da so postavljene v bližini izvora goriva, na primer termoelektrarna ob rudniku premoga ali vodna elektrarna ob reki. Veliko lažje je »pripeljati« električno energijo do vlaka kot katero koli drugo izmed naštetih energij.

Kakovostno energetska napajanje je osnova za kakovostno vleko vlakov. Čim manjša so nihanja napetosti zaradi velikih obremenitev, tem kakovostnejša je vleka.

3.5.1 Električna vlečna vozila s sistemom enosmernega toka

To je sistem, ki ga uporablja SŽ. Napetost mreže napajanja električnih lokomotiv znaša 3000 V.

Glavni deli električne lokomotive so:

- PANTOGRAF je naprava, ki odvzema električni tok iz omrežja, torej ustvari kontakt med mrežo in lokomotivo.
- GLAVNI KONTAKTOR ima nalogo, da omogoči izklop in vklop lokomotive iz omrežja.
- UPRAVLJALNA – REGULACIJSKA NAPRAVA omogoči upravljanje z lokomotivo; to so priklop lokomotive, izklop lokomotive, zaviranje, skratka upravlja se preko pulta z vsemi aparaturami, ki so potrebne za brezhibno delovanje.
- POMOŽNE NAPRAVE LOKOMOTIVE so naprave, ki so potrebne za normalno in varno delo lokomotive. V to skupino sodita:
 - kompresor za proizvodnjo zraka, ki služi za zaviranje lokomotive;
 - ventilator za hlajenje vlečnih motorjev.

V tem primeru ne potrebujemo generatorja, ki bi proizvedel električno energijo, saj to dobimo iz električnega omrežja.

Tudi v tem primeru uporabimo vse vrste regulacije kot na dizelski lokomotivi. Na vodih imamo nihanja napetosti, posebej kadar lokomotiva vleče težek vlak.

Moč lokomotive:

$$P_{lok} = U_{lok} \cdot I$$

Iz te enačbe dobimo:

$$I = \frac{P_{lok}}{U}$$

$$\Delta U = I \cdot R$$

R – električna ohmska upornost, ki je odvisna od $R = \frac{l \cdot \rho}{S}$.

Napetost, ki je na razdalji l na pantografu lokomotive, je:

$$U_{lok} = U_p - \Delta U$$

ρ – specifična ohmska upornost,

l – razdalja od lokomotive do električne napajalne podpostaje,

ΔU – padec napetosti do lokomotive,

I – električni tok, ki se s spremembo obremenitve poveča in je odvisen od trenutne moči, ki jo potrebuje lokomotiva na razdalji od napajalne postaje,

S – presek vodnika, po katerem napajamo lokomotivo,

U_{lok} – napetost na lokomotivi na razdalji l ob obremenitvi lokomotive P .

Ugotovili smo, da je hitrost enosmernih motorjev odvisna od napetosti, ki jo priklopimo na elektromotorje.

Največkrat imajo lokomotive 4 motorje ali več.

Tu velja:

$$U_m = U_1 - R_s \cdot I_m$$

Iz diagrama 7 vidimo odvisnost hitrosti lokomotive od spremembe vezav in spremembe zaporedno vezanega upora. Z razvojem elektronskih komponent je možno to napetost nastavljati s pomočjo električnih vezav polprevodniških elementov. S tem se zmanjša toplota na regulatorju napetosti, vendar ostaja bistvo zvezne regulacije sprememba napetosti na motorju. Razlika regulacije je samo v izvedbi.

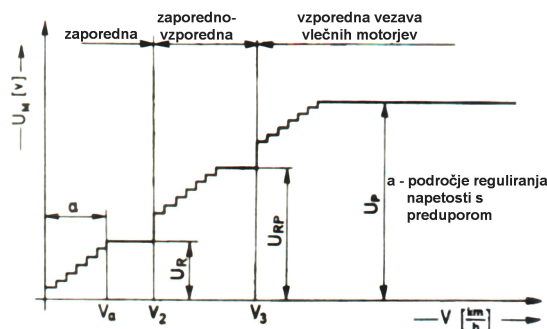


Diagram 7 : Odvisnost hitrosti od kombinacije vezave elektromotorjev in uporov
Vir: Šida, 1977, 305.

Diagram 7 prikazuje spremembo hitrosti enosmernih motorjev ob spremembi vezave in spremembi zaporedno vezanega upora ali spremembi napetosti na vlečnem motorju, ki jo dosežemo s spremembo napetosti na sponkah vlečnega motorja.

3.6 ELEKTRIČNA VOZILA ZA SISTEM ENOFAZNEGA TOKA

Za ta sistem je značilno, da ima v vodih nad progo izmenično napetost. Poznamo napajanje s frekvenco $16 \frac{2}{3}$ Hz ali frekvence 50 Hz. Napetosti za te vode v Evropi dosega do 25 KV. Kot smo že omenili, tako visoka napetost pomeni na isti razdalji manjše število električnih podpostaj ob enaki ali večji moči na odseku in tanjše vodnike. Izmenični tok pomeni tudi lažji način reguliranja napetosti s pomočjo transformatorja. Naslednja prednost je, da ni potrebno uporabljati motorja za vrednost napetosti samo do 1500 V.

3.7 VLEČNI ELEKTROMOTORJI

Vlečni motor predstavlja glavni $M = f_1(I)$ del lokomotive. Električne vlečne motorje uporabljamo na lokomotivah električne vleke in lokomotivah dizelelektrične motorne vleke, njihove karakteristike so skoraj identične, tudi načini regulacije obratov hitrosti so podobni, kar smo spoznali že v predhodnem poglavju.

Rotor električnega motorja se vrti zaradi medsebojnega vpliva elektromagnetnega polja statorja in rotorja. Če se skozi navitje rotorja in statorja spusti tok, nastaneta dve magnetni polji, ki se želita postaviti v ravnovesni položaj. To povzroča vrtenje rotorja v elektromotorju.

Stopnja izkoriščenosti elektromotorja je:

$$\eta_{el} = \frac{P_i}{P_1} = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1} = 1 - \frac{\Delta P}{P_1}$$

P_1 – moč motorja, ki jo dobi motor iz električne mreže,

P_i – moč motorja na izhodu motorja, to je mehanična moč,

ΔP – zguba električne moči v motorju.

Električne izgube v motorju nastanejo zaradi prehoda električnega toka skozi prevodnike in zaradi prehoda magnetnega pretoka skozi zračno režo med rotorjem in statorjem ter zaradi magnetenja vseh ostalih kovinskih delov.

3.7.1 Izračun vlečne sile elektromotorja

Najvažnejši podatek vlečne lokomotive predstavlja vlečna sila. Pri vsaki lokomotivi je odvisnost vlečne sile na obodu pogonskih koles v odvisnosti od spremembe hitrosti, to pomeni:

$$P_k = F_k \cdot v$$

Iz te enačbe razberemo, da je vrednost vlečne sile:

$$F_k = \frac{2 \cdot M_{el} \cdot i_z}{D} \cdot \eta_z \quad [N]$$

M_{el} – vrtilni navor vlečnega motorja,

n_{el} – vrtljaji rotorja motorja,

F_k – vlečna sila elektromotorja na kolesni dvojici pogonskega kolesa,

D – premer pogonskega kolesa.

Lokomotive imajo več vlečnih motorjev, to pomeni, da je vlečna sila, $F_{lok} = \sum F_k$

Vrednost vlečne sile lokomotive z večjim številom motorjev:

$$F_{klok} = \frac{2 \cdot M_{el} \cdot i_z}{D} \cdot \eta_z \cdot N$$

F_{klok} – vlečna sila lokomotive na obodu pogonske točke.

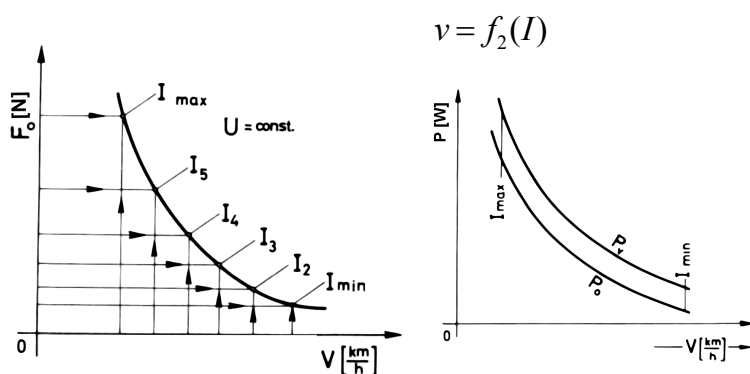


Diagram 8: Odnos med silo in močjo kot funkciji električnega toka
Vir: Šida, 1977, 315.

Moč na kolesu je:

$$P_k = F_k \cdot v$$

Moč, dobljena iz električnega omrežja, je:

$$P_{elek} = U \cdot I$$

U – napetost, dobljena iz mreže,

I – tok, dobljen iz mreže.

Razmerje med močjo, ki jo dobimo na kolesu, in močjo, ki jo črpamo iz omrežja, je izkoristek lokomotive:

$$\eta = \frac{P_k}{P_{elek}}$$

V tem izkoristku so upoštevane vse ostale mehanske izgube na posameznih zobnikih in ostalih delih prenosa moči.

Z upoštevanjem izgub na vsakem delu, ki je udeležen pri pogonu, posamezne izkoristke med sabo pomnožimo. To pomeni:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n$$

Tako izračunamo skupni izkoristek.

3.7.2 Sprememba smeri vrtenja vlečnega elektromotorja

Spremembo smeri vrtenja motorja dosežemo s spremembo preklopa na navitju rotorja ali statorja, s spremembo preklopa vzbujalnega navitja; s tem spremenimo smer magnetnega polja; posledica je sprememba smeri vrtenja.

3.7.3 Dovoljene obremenitve motorjev in njihovih sklopov

Za vse pogone in motorje, ki smo jih do sedaj obravnavali, velja, da so lahko obremenjeni toliko, kolikor zdrži najšibkejši člen v pogonski verigi.

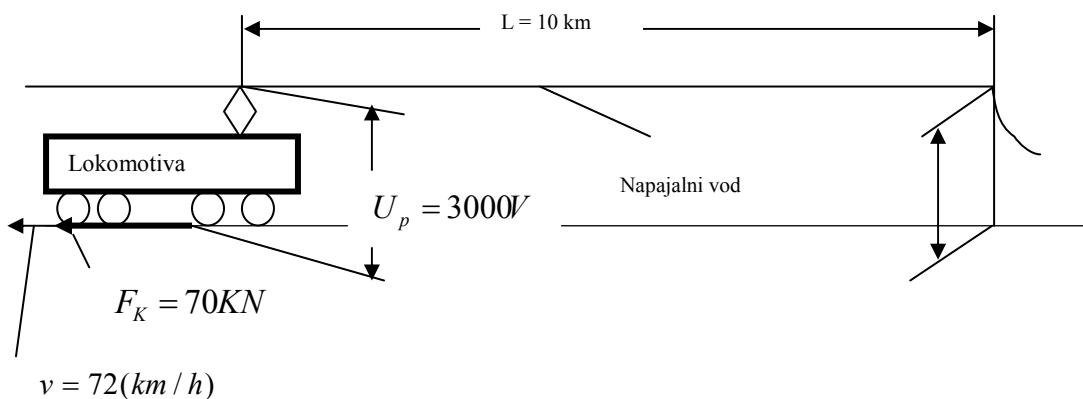
Če želimo, da je lokomotiva ali kateri koli stroj optimalen, morajo biti posamezni elementi po vzdržljivosti usklajeni; to velja za nekatere člene teh pogonov. Pomembnejša je mehanska vzdržljivost, za druge dele pogonov je pomembnejša toplotna vzdržljivost.

Omenili smo že, da je izkoristek električnih lokomotiv največji, vendar ne moremo pri električnih lokomotivah upoštevati samo izkoristka lokomotive, temveč jemljemo pogon za električno lokomotivo kot sistem, ki ima določene izgube tudi med prenosom in transformacijo električne energije. Če hočemo imeti vrednost izkoristka kompletnega sistema od elektrarne do koles lokomotive, je potrebno upoštevati še izgube električnega omrežja.

Z vpeljavo računalniške tehnologije nadziramo veliko parametrov lokomotive. Tako lahko s pomočjo računalniškega nadzora nad posameznimi karakteristikami, ki smo jih obravnavali, nadzorujemo in tudi krmilimo, vendar zakonitost pogonov, ki so opisani v tem poglavju, ostaja enaka. Računalniška nadzor in krmiljenje omogočata optimalnejšo uporabo pogonov lokomotiv. Toda kljub razvoju hardvera in softvera nimamo absolutnega sredstva, da bi lahko lokomotiva delovala popolnoma brez prisotnosti človeka.

PRIMER:

Električna lokomotiva vleče vlak s silo na kolesu $F_k = 70\text{KN}$ pri hitrosti $v = 72\text{km/h}$, izkoristek lokomotive do odvzemnega voda $\eta = 0,8$, napetost na pantografu lokomotive $U_p = 3000\text{V}$. Kolikšna mora biti napetost na izhodu iz električne napajalne post $U_n = ?$, če je razdalja med lokomotivo in napajalno postajo $l = 10\text{km}$, presek napajalnega voda $s = 300\text{mm}^2$ in specifična upornost bakrenega vodnika $\rho = 0,0174 \frac{\Omega\text{m}}{\text{mm}^2}$?



➤ moč lokomotive

$$P_k = F_k \cdot v = 70 \cdot 10^3 \cdot \frac{72}{3,6} = 1,4 \cdot 10^6 \text{ W}$$

➤ moč, ki jo lokomotiva potrebuje iz pantografa

$$P_n = \frac{P_k}{\eta} = \frac{1,4 \cdot 10^6}{0,8} = 1,75 \cdot 10^6 \text{ W}$$

➤ upornost vodnika od ENP do pantografa lokomotive

$$R_{od} = \frac{\rho \cdot L}{S} = \frac{0,0174 \cdot 10 \cdot 10^3}{300} = 0,58 \Omega$$

➤ tok skozi vodnik in lokomotivo

$$I = \frac{P_n}{U_n} = \frac{1,75 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^3} = 583 \text{ A}$$

➤ napetost na izhodu ENP

$$U_n = U_L + \Delta U = U_L + I \cdot R_{od} = 3000 + 583 \cdot 0,58 = 3338,4 \text{ V}$$

Na izhodu iz ENP je napetost $U_n = 3338,4\text{V}$.

Izračunamo še $\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 = \frac{338,4}{3338,4} \cdot 100 = 10,1\%$

To je eden izmed pomembnih kriterijev za ocenjevanje kakovosti električnega omrežja.



Študijski primer in v razmislek:

Kaj se zgodi, če povečamo vlečno silo za 30 %?

Primerjajte rezultata izračunov.

Vprašanja za razmislek in preverjanje znanja

1. *Pojasnite pomen različnosti prenosa vlečne sile na obod pogonskih koles.*
2. *Opišite načine prenosov pogonske sile na kolo vlečnega sredstva.*
3. *Pojasnite pomen regulacije sil iz pogonskih motorjev na kolo; kaj je najpomembnejše?*
4. *Naštete in primerjajte načine pogonov vlečnih sredstev.*
5. *Opišite načine regulacije sprememb hitrosti pri električnih pogonih.*
6. *Skicirajte in naštete bistvene dele vozne mreže.*
7. *Od česa je odvisna kakovost elektrovleke?*
8. *Primerjajte prednosti in slabosti elektrovleke z dizelsko in dizelektrično vleko.*

Dodatna literatura za študij

- 1) Crnjac, A., in Crnjac, P. Vleka in transportna sredstva: I. del, Univerza v Mariboru, 1996.
- 2) Čičak, M. Vleka vlakov: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, 2000.
- 3) Srebrnič, M., in Srebrnič, M. Vlečna in transportna sredstva železniškega prometa, Višja prometna šola Maribor, 2002.
- 4) Šida, S. Vuča vozova: Viša železniška škola – Beograd, 1977.
- 5) Širec, F. Dizelska električna lokomotiva: Slovenske železnice, 1992.

4 OSNOVNE ENAČBE GIBANJA VLAKA

V tem poglavju boste spoznali:

- Sile, ki nasprotujejo silam premikanja vlaka.
- Odnos med silo »pogona« in silami, ki temu nasprotujejo.
- Izračun sil, ki nasprotujejo gibanju vlaka.

Ob koncu poglavja boste razumeli:

- zakonitosti sil, ki nasprotujejo gibanju;
- na osnovi izračunov boste znali oceniti zmožnosti vlečnih sredstev, ki so odvisne od pogojev na tirih in od mase vlaka.

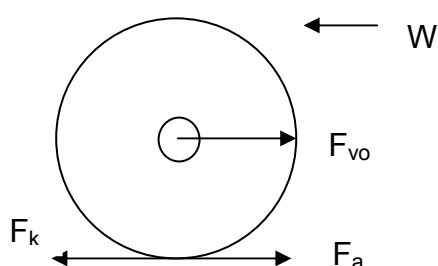
UVOD V POGLAVJE

Za razumevanje pogonov vleke moramo poznati odnose med silami, ki želijo povzročiti spremembo gibanja, in silami, ki temu nasprotujejo. Gibanje vlaka (lokomotive, vagonov) je pogojeno s tremi osnovnimi parametri: čas, pot, hitrost. Vlak potrebuje dovolj veliko silo, da se lahko začne gibati.

V prejšnjem poglavju smo spoznali nastanek in prenos sile na kolesa. V tem poglavju bomo opisali, kaj se dogaja s silo, ki preko koles želi odpeljati vlak, in katere sile nasprotujejo temu gibanju.

4.1 SILE, KI DELUJEJO NA VLAK

Sile, ki smo jih opazovali v prejšnjem poglavju, so pogonske sile, ki želijo premakniti vlak v želeni smeri. Sila, ki jo ustvari pogonski motor, deluje na obod kolesa. Sile, ki nasprotujejo gibanju vlaka, so prikazane v nasprotni smeri in so sestavljene iz več različnih sil.



Če želimo povzročiti premikanje vlaka, mora biti sila F_k večja od sil odpora gibanja W .

Slika 16: Delovanje sil na kolesu vlaka

Vir: Lasten.

Sile na kolesu morajo biti večje v smeri želenega gibanja, da vlak začne peljati ali pospeševati.

Pomembna so tri osnovna stanja teh sil:

- pospešeno gibanje; vlečna sila je večja od sil odpora (sila gibanja povečuje kinetično energijo vlaka), dobimo silo pospeška, ki je večja od sil nasprotovanja gibanju;
- enakomerno gibanje; koristimo kinetično energijo vlaka, dodamo samo toliko sile, da je ravnovesje sil;
- gibanje s pojemajočo hitrostjo, torej so sile zaviranja gibanja večje od sil gibanja, na primer zaviranje vlaka.

$$F_v = m_v \frac{dv}{dt} + W \quad [N]$$

m_v – masa vlaka,

$\frac{dv}{dt} = a$ – sprememba hitrosti – pospešek,

W – sile, ki nasprotujejo spremembi hitrosti (pospeševanju).

Torej mora biti sila večja za ustvarjanje pospeška, ki ga ustvarja sila pospeševanja (F_{va}):

$$F_{va} = m_v \cdot \frac{dv}{dt} \quad [N]$$

Iz enačb izračunamo:

$$F_{va} = F_v - W \quad [N]$$

$F_{va} > 0$ – je $F_v > W$ in $\frac{dv}{dt} > 0$ – pospešeno gibanje,

$F_{va} = 0$ – je $F_v = W$ in $\frac{dv}{dt} = 0$ – enakomerno gibanje,

$F_{va} < 0$ – je $F_v < W$ in $\frac{dv}{dt} < 0$ – pojemajoče gibanje.

Če se vlak giblje zaradi zaleta, velja vlečna sila $F_v = 0$.

Kot osnovo vzamemo sledeče diagrame :

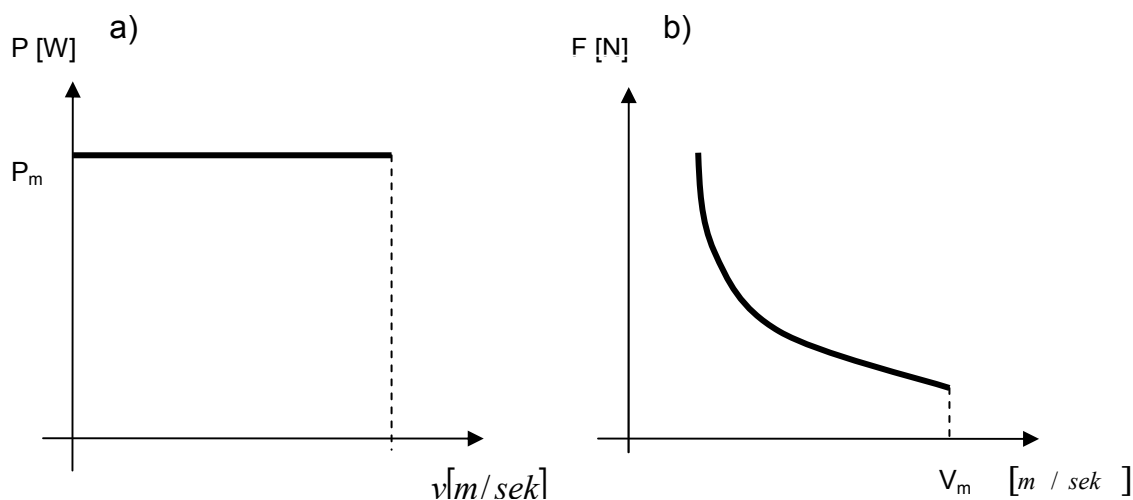


Diagram 9: a) Konstantna moč motorja; b) Idealna sprememba vlečne sile
Čičak: 2000, 3.

To pomeni, da je vgrajen motor s konstantno močjo in če raste hitrost, pada sila; drugače povedano: največja sila je pri mali hitrosti, torej ko začne vlak pospeševati od stanja mirovanja do stanja gibanja.

4.2 ADHEZIJSKA SILA TIRNIH VOZIL

To je sila, ki omogoča gibanje vozila. Gibanje vlaka je možno samo, če velja:

$$F_k \leq F_a = \psi_a \cdot G_a$$

F_k – vlečna sila,

F_a – sila adhezije ,

ψ_a – koeficient adhezije,

G_a – adhezijska teža ali vertikalna sila na kolo.

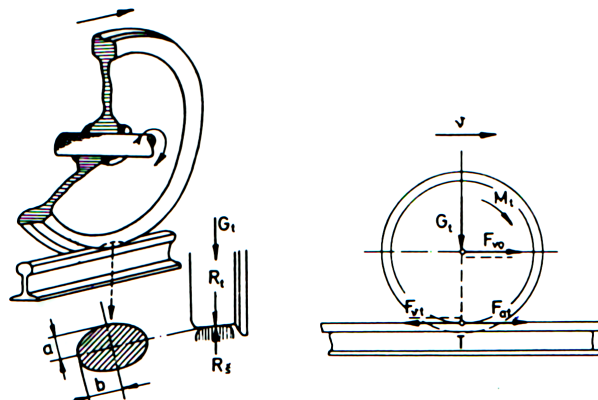
Iz enačbe je razvidno, da je možno povečati vlečno silo, če povečamo osni pritisk lokomotive. Izračunamo, da je koeficient adhezijske sile:

$$\psi_a = \frac{F_{v \max}}{G_{ao}}$$

$F_{k \max}$ – maksimalna sila, pri kateri še kolesa ne zdrsijo,

G_{ao} – dejanski osni pritisk.

Iz prejšnje enačbe vidimo, da je maksimalna sila pri določeni adhezijski teži vozila odvisna od koeficienta adhezije. Vertikalna sila deluje na tirnice preko koles; med kolesom in tirnico se pojavi elastična deformacija, ki je eliptične oblike:



Slika 17: Deformacije, ki jih povzroči adhezijska sile teže

Vir: Crnjac, 1996, 219.

Površina pod kolesom je odvisna od materiala tirnice, od kolesa in premera kolesa ter od modula elastičnosti. To pomeni, da je koeficient adhezije odvisen od materiala, iz katerega so tirnice in kolesa; ta materiala sta standardizirana. Za izračun vrednosti uporabimo enačbo:

$$\psi'_a = c + \frac{a}{b + v} \quad \text{To je empirični izraz za koeficient adhezije.}$$

v – hitrost sredstva v $[km/h]$

Konstante a, b in c dobimo iz tabele:

Avtor	C	a	b	
Curitius in	0,161	7,5	44	Suhe tračnice
Kniffer	0,13	7,5	44	Mokre tračnice

Tabela 1: Konstante za izračun Ψ'

Vir: Čičak, 2000, 6.

S pomočjo enačbe in vrednosti v tabeli izračunamo koeficient Ψ'_a , ki je odvisen od hitrosti ter konstant a, b in c , ki določajo stanje tira (moker ali suh). Obstaja še več podobnih enačb različnih avtorjev.

PRIMER

Z izračunom dokažite, ali lahko lokomotiva z maso $M = 80t$ pelje z močjo $P_k = 1,5MW$ pri hitrosti $v = 50km/h$, ne da zdrsijo pogonska kolesa (upoštevajte adhezijski upor Ψ):

- na mokrem tiru,
- na suhem tiru.

A) Mokri tir (vstavimo vrednosti iz tabele 1 za suhi tir):

$$\Psi'_a = c + \frac{a}{b+v} = 0,13 + \frac{7,5}{44+50} = 0,209$$

B) Suhi tir (vstavimo vrednosti iz tabele 1 za mokri tir):

$$\Psi'_a = c + \frac{a}{b+v} = 0,161 + \frac{7,5}{44+50} = 0,2407$$

➤ Nato izračunamo potrebno silo:

$$F_k = \frac{P_k}{v} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 3,6}{50} = 0,108 \cdot 10^6 N = 108 KN$$

➤ Izračunamo $\Psi = f(G, F_k)$

$$g = 9,81 \approx 10 m/sec^2$$

$$\Psi_a = \frac{F_k}{M_{lok} \cdot g} = \frac{108}{80 \cdot 10} = 0,135$$

SKLEP:

Pri obeh vrednostih (za suhi in mokri tir) $\Psi'_a > \Psi_a$ kolesa ne zdrsijo.



Študijski primer in v razmislek:

Izračunajte, pri kateri sili bi pri enaki hitrosti in teži lokomotive kolesa zdrsela:

- na mokrem tiru,
- na suhem tiru.

4.2.1 Odvisnost Ψ od zavoja

Pomembno je poudariti, da vrsta pogona vpliva na koeficient adhezije tudi do 14-krat. Kakovost regulacije pogona bistveno vpliva na koeficient adhezije. Zvezna, postopna in s tem kakovostna regulacija bistveno vpliva na vlečno silo.

Zvezno regulacijo najlažje dosežemo s pomočjo tiristorske regulacije pogona.

Naslednje povečanje adhezijske sile lahko dosežemo s peskanjem, to pomeni s sipanjem peska pred pogonska kolesa vlečnega vozila.

4.3 SILE, KI NASPROTUJEJO GIBANJU VLAKA

Sile, ki nasprotujejo sili gibanja, so:

$$W = W_0 + W_i + W_r + W_p + W_a \quad [N]$$

W_0 – upor gibanja na vodoravni površini,

W_i – upor nagiba, ki se občasno pojavi,

W_r – upor zavoja (radija),

W_p – upor predora,

W_a – vsi ostali upori premikanja (pospeševanja) in upor vetra.

Vlak je sestavljen iz vlečnega vozila in vagonov. Vsaka lokomotiva in vsak vagon imajo svoje upore gibanja. Tako dobimo vsoto uporov gibanja vlaka.

Skupni upor vlaka je:

$$W = w_0(M_L + Q) + w_i(M_L + Q) + w_r(M_L + Q) + w_p(M_L + Q) + w_a(M_L + Q) \text{ ali}$$

$$W = (w_0 + w_i + w_r + w_p + w_a) \cdot (M_L + Q)$$

Specifične upore izračunamo:

$$w_0 = \frac{W_0}{M_L + Q} - \text{osnovni upor,}$$

$$w_i = \frac{W_i}{M_L + Q} - \text{upor nagiba proge,}$$

$$w_r = \frac{W_r}{M_L + Q} - \text{specifični upor vlaka zaradi radija,}$$

$$w_t = \frac{W_t}{M_L + Q} - \text{specifični upor predora,}$$

$$w_a = \frac{W_a}{M_L + Q} - \text{specifični upor pospeševanja.}$$

Kot osnovni upor vlaka vzamemo vsoto:

$$W_0 = W_0' + W_0'' = w_0' M_L + w_0'' Q$$

Velja: specifični upor lokomotive $w'_0 = \frac{W'_0}{M_L}$; vagona $w''_0 = \frac{W''_0}{Q}$ (enot za w je $[daN/t]$)

V enačbah pomenijo:

M_L – masa vlečnega vozila $[t]$,

Q – masa vlaka $[t]$,

W'_0 – osnovni upor vlečenega vozila (vagoni),

W''_0 – osnovni upor vagona.

Skupni upor vlaka je:

$$W = w'_0 M_L + w''_0 Q + (w_i + w_r + w_p + w_a) \cdot (M_L + Q) \quad [daN]$$

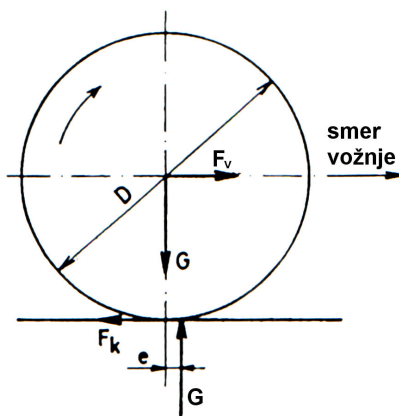
4.3.1 Osnovni upori gibanja

Osnovni upori gibanja vlaka so sestavljeni iz uporov, kotaljenja W_k , uporov v ležajih W_l , osnih sklopov W_{os} , parazitskih uporov gibanja W_{pa} in uporov zraka W_z .

4.3.2 Upor kotaljenja

Upori trenja nastajajo zaradi:

- elastične deformacije kolesa in tračnice,
- trenja med tračnico in kolesom,
- deformacije kolesa.



Slika 18: Smer sil in sile na kolo vozila

Vir: Čičak, 2000, 18.

Vrednost teh sil je, če zanemarimo deformacije kolesa, v odvisnosti od premera kolesa. Sile so vektorski seštevek sil, ki delujejo na kolo.

$$W_k \cdot \frac{D}{2} = G \cdot e$$

$$W_k = F_v = G \cdot \frac{2e}{D}$$

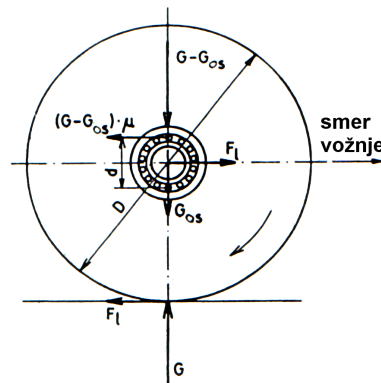
Iz prejšnjih enačb predvidevamo, da odpor kotaljenja ni odvisen od hitrosti, vendar to ni res, sile kotaljenja so odvisne od:

- vrste materiala kolesa in tira,
- hitrosti obračanja kolesa,
- velikosti površine dotika kolesa s tirom.

Praktični primer zgleda tako: material koles, material tirov, oblika koles in glava tira so deli, ki so standardizirani. Iz tega lahko sklepamo, da se upor spreminja samo s spremembo hitrosti. Predvidevamo, da je za nastanek deformacije na tirih potreben čas in daljši je čas, večja je deformacija.

4.3.3 Upor gibanja v ležajih

Gibanje vozila nastaja tako, da se os vrti v ležajih in se nato to gibanje prenaša na podlago. V ležajih prihaja do trenja, ki povzroča upor gibanju. Definicija tega upora se glasi: sila teže G pritiska na os, ki se giblje, in s tem nastane trenje.



Slika 19: Porazdelitve sil v ležaju

Vir: Čičak, 2000, 19.

Na središče ležaja deluje navor in velja naslednja enačba ravnovesja navorov:

$$F_l \cdot \frac{D}{2} = (G - G_{os}) \cdot \mu \cdot \frac{d}{2}$$

Iz tega izpeljemo silo upora gibanja:

$$W_l = F_l = (G - G_{os}) \cdot \mu \cdot \frac{d}{D}$$

G_{os} – obremenitev osnega sklopa,

G – obremenitev osi,

μ – koeficient trenja.

Koeficient trenja je odvisen od:

- materiala elementov ležaja,
- stanja obrabljenosti ležajev (površine) na stičnih mestih vrtenja,
- podmazanosti ležajev,
- vrste uporabljenega maziva,
- hitrosti na obodu osi.

Gibanje vozila nastaja tako, da se os vrti v ležajih in se nato to gibanje prenaša na podlago. V ležajih prihaja do trenja, ki povzroča upor gibanju. Definicija tega upora se glasi: sila teže G pritiska na os, ki se giblje, in s tem nastane trenje.

Specifični upor valjčnih ležajev se giblje med $w_l = 0,1 - 0,2(daN/t)$, za drsne ležaje pa znaša $w_l = 0,3 - 1,0[daN/t]$.

4.3.4 Upori parazitskih premikov

Ti upori nastanejo zaradi nihajočih premikov neravnosti proge. V tem primeru se vozilo izmenično giblje sem in tja in izmenično udarja na en in drugi tir, zaradi česar nastaja dodatno trenje med obodom kolesa in tiri in med grebenom bandaže kolesa in tirom. Ta upor se zaradi nihanj prikazuje v različnih oblikah, uporabimo konstanto $0,9[daN/t]$.

4.3.5 Upor zraka

Ob premiku vlaka prihaja do trenja med zrakom in vozilom. Zraven trenja vlak »vleče« s seboj večjo količino zraka, ki tudi nasprotuje gibanju vlaka. Ta količina zraka se nahaja pred, med in za vlakom. Ves ta upor zraka lahko ovrednotimo po enačbi:

$$W_z = \rho \cdot c_x A \frac{v_r^2}{2} \quad [N]$$

V enačbi pomenijo:

ρ – gostota zraka $\rho = 1,29[kg/m^3]$,

c_x – koeficient upora zraka (odvisen od oblike vlaka),

v_r – relativna hitrost vozila v odvisnosti od zraka $[m/sec]$, enaka je hitrosti vlaka, ko ni vetra, ni gibanja zraka,

A – največja površina preseka vlaka, pravokotno na smer gibanja vlaka $[m^2]$.

Iz enačbe je razvidno, od česa je odvisen upor zraka. Največji vpliv na upor zraka ima hitrost (v), saj vpliva na upornost zraka po drugi potenci. Ko govorimo o upor zraka, je zelo

pomembno, kakšno obliko ima vlak; če ima ugodno aerodinamično obliko, je koeficient upora (c_x) nižji. Drugo po velikosti upornosti zraka je vozilo na koncu vlaka. Za tem vagonom se pojavlja upor zraka, ki je posledica sesanja zraka pri prehodu vlaka skozi prostor.

Vrednost c_x je od 0,2 za zelo aerodinamične vlake, npr. (TGV, ICE..); c_x naraste do vrednosti 1 za vlake z veliko ostrimi robovi in slabo aerodinamično obliko. Izkušnje kažejo, da ima oblika vlaka velik vpliv pri višjih hitrostih, to je nad 100 km/h .

Upor zrak poveča veter, ki poveča odpor na bandažah zaradi dodatnih obremenitev. Ta upor se vzame kot dodatek k hitrosti gibanja vlaka $\Delta v = 10\text{--}15 \text{ km/h}$.

PRIMER:

Hitrost vlaka je $v = 100 \text{ km/h}$ koeficient upora $C_x = 0,4$ in površina $A = 6 \text{ m}^2$.

a) Kolikšno silo potrebuje vlak za premagovanje upora zraka?

➤ *silo upora zraka izračunajte po enačbi*

$$W_z = \rho \cdot c_x \cdot A \cdot \frac{v_r^2}{2} = 1,29 \cdot 0,4 \cdot 6 \cdot \frac{100^2}{2} = 15480 \text{ N} = 15,48 \text{ kN}$$

b) Kolikšno silo potrebuje vlak, če veter piha nasproti vožnje s hitrostjo $v = 50 \text{ km/h}$ in kotom na os vožnje vlaka s hitrostjo $\alpha = 30^\circ$?

$$\Delta v_{\text{vet}} = v_{\text{vet}} \cdot \cos 30^\circ = 50 \cdot 0,866 = 43,3 \text{ km/h}$$

➤ *torej silo izračunamo*

$$W_z' = 1,29 \cdot 0,4 \cdot 6 \cdot \frac{(100 + 43,3)^2}{2} = 31,788 \text{ kN}$$

Komentirajte rezultata.



Študijski primer in v razmislek:

Izračunajte sile pri različnih hitrostih vlaka (20 km/h, 40 km/h, 60 km/h in 80 km/h). Silo vetra zanemarite.

Narišite diagram $W_z = \text{funkcija}(v)$.

Pojasnite rezultate s pomočjo diagrama.

4.3.6 Skupni osnovni upor (W_0)

Skupni osnovni upori so vsota upora kotaljenja, upora v osnih ležajih, parazitskih uporov in upora zraka. Tako dobimo enačbo:

$$W_0 = W_k + W_l + W_p + W_z \dots \quad [daN]$$

Vsi osnovni upori se eksperimentalno določajo z raziskavami in meritvami. Za njihovo izračunavanje upoštevamo vrednosti posebej za vlečna (lokomotive) in vlečena (vagoni) sredstva.

W_0 – sila, ki nasprotuje spremembi; je sila, ki nastane na vodoravnem tiru.

4.3.7 Upori vagona

V različnih železniških podjetjih uporabljajo za izračun upora vlaka različne matematične enačbe z različnimi konstantami.

Na železnicah SŽ se uporablja sledeči izračun:

a) VAGONI Z DRSNIMI LEŽAJI

$$w_0'' = 2 + (k + 0,007) \frac{v^2}{100} \quad [daN/t]$$

b) VAGONI S KROGLIČNIMI OSNIMI LEŽAJI

$$w_0'' = 2,2 - \frac{80}{v + 3,8} + (k + 0,007) \frac{v^2}{100} \quad [daN/t]$$

v – hitrost vlaka $[km/h]$,

k – koeficient, ki je odvisen od vrste vagonov in se uporabi v vrednosti iz tabele 2:

k	OPIS VLAKE
0,107	Za tovarne vlake, sestavljene iz praznih vagonov
0,057	Za tovarne vlake različne sestave
0,032	Za zaprte garniture, težke tovarne vlake
0,033	Za potniške vlake, sestavljene iz dvoosnih vagonov
0,025	Za hitre potniške vlake, sestavljene iz štiriosnih vagonov

Tabela 2: Tabela prikazov konstante k za različne vlake

Vrednosti iz tabele uporabimo v enačbah in s pomočjo njih izračunamo specifične vrednosti uporov gibanja.

4.3.8 Osnovni upori lokomotiv

Za izračun osnovnih specifičnih uporov lokomotiv se uporabljajo sledeče enačbe:

- DIZELSKA LOKOMOTIVA Z VOZNIMI PODSTAVKI

$$w'_0 = 5 + 0,067 \frac{(v + 3,3)^2}{100} \quad [daN/t]$$

- DIZELSKA LOKOMOTIVA Z MEHANSKIM HIDRAVLICNIM IN MEHANIČNIM PRENOSOM SIL

$$w'_0 = 2,6 + 0,056 \frac{v^2}{100} \quad [daN/t]$$

- DIZELELEKTRIČNE IN ELEKTRIČNE LOKOMOTIVE

$$w'_0 = 0,65 + \frac{13n_{po}}{M_L} + 0,01v + \frac{0,03v^2}{M_L} \quad [daN/t]$$

v – hitrost premikanja $[km/h]$,

n_{po} – število pogonskih osi,

M_L – masa lokomotive $[t]$.

4.3.9 Upori gibanja pri visokih hitrostih

To so upori, ki se pojavljajo pri hitrostih več kot 200 km/h , v tem primeru so upori gibanja bolj odvisni od hitrosti vlaka kot upori gibanja pri nižjih hitrostih.

Tudi v tem primeru na različnih železniških podjetjih uporabljajo različne izraze.

Na nemški železnicah uporabljajo (ICE)

$$W'_0 = 15Q + (0,025Q + 0,3472Q_z)v + c(v + 15)^2 \quad [KN]$$

➤

$$W_0' = 5 + 0,02v + 0,000486(v + 15)^2 \quad [KN]$$

Francoške železnice :

- TGV – A (MV+10V+MV)

$$W_0' = 2,54 + 0,031v + 0,000572v^2 \quad [KN]$$

- TGV – PSE (MV+8V+MV)

$$W_0' = 2,5 + 0,03256v + 0,000573v^2 \quad [KN]$$

- Klasičen vlak z lokomotivo:

$$W_0' = 3,9 + 0,0407v + 0,000632v^2 \quad [KN]$$

Italijanske železnice

- ETR 450

$$W_0' = 3,77 + 0,0102v + 0,00084v^2 \quad [KN]$$

Japonske železnice

- za hitrosti do 286 km/h

$$W_0' = (12 + 0,22v)Q10^{-3} + (0,00013 + 0,00029 \cdot 10^{-2} L)v^2 \quad [KN]$$

- za Šinka-sen kompozicijo

$$W_0' = 1,65 + 0,0246v + 0,000158v^2 \quad [KN]$$

Pri tem pomenijo:

v – hitrost vlaka,

MV – motorni vagon,

V – vagon,

KL – klasična lokomotiva,

Q – masa vlaka,

Q_z –protitočni pretok zraka za hlajenje $[m^3 / s]$,

c – aerodinamični dejavnik, $[N / (km / h)^2]$,

L – dolžina vozila $[m]$.

4.4 DODATNI UPOR PROGE

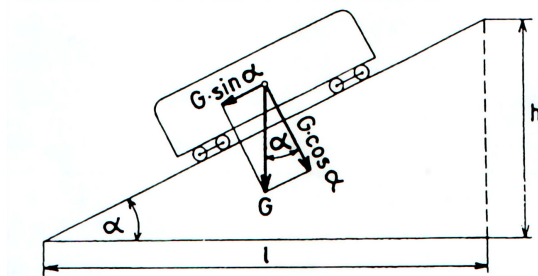
V to skupino sodijo sledeči upori:

- upor nagiba proge (W_i),
- upor zavoja proge (W_r),
- upor v predoru (W_p).

Dodatni upori proge so vsota zgoraj naštetih posameznih uporov proge.

4.4.1 Upor nagiba proge

Ta upor se pojavi, kadar imamo vzpon tirov. Nagib se določi v razmerju med razliko višine na dolžini proge 1 km. Enota za merjenje nagiba je 1 promila.



Slika 20: Vozilo na progi, ki se vzpenja
Vir: Lasten.

Na železniški progi, to je pri vrednostih do $<60\text{‰}$, kot $3,4^\circ$, lahko vzamemo, da je

$\sin \alpha \approx \tan \alpha$; iz te enačbe dobimo :

$$\tan \alpha = i = \frac{h}{l} \cdot 1000 = 1000 \cdot \frac{H_1 - H_0}{l} \quad [^\circ / \text{‰}]$$

$h = (H_1 - H_0)$ – to je razlika med zgornjo in spodnjo točko opazovanega odseka proge,

l – dolžina opazovanega dela proge.

Specifičen upor je enak $w_i = \pm i [daN/t]$ ali če pretvorimo v i je v (‰).

4.4.2 Upor zavoja

Na progi s krivino imajo kolesa ene kolesne dvojice enako obodno hitrost, vendar naredijo različne poti. Železniška vozila imajo namreč čvrsto navlečena kolesa na os in tako sta dve kolesi na nasprotnih tirih med seboj toga vpeti.

Ker ti kolesi ne opravita enake poti, prihaja do drsenja. To povzroči dodatni upor gibanju v smeri lokomotive, ki nastane zaradi:

- vzdolžnega drsenja koles kot posledica različnih dolžin poti,
- povprečnega drsenja med kolesi,
- povečanja drsenja koles na grebenih koles in tirov.

Ta upor je odvisen od več dejavnikov. Ti so:

- polmer zavoja, razmak tirov, razširitve tračnic v zavojih, zgornji zunanji premer tračnice, stanje tračnic, koeficient trenja med kolesi in tiri.
- Pomembni so še število osi, razmak med osmi, vzdolžna togost primarnega zamika, stanje bandaž.

V praksi je nemogoče priti do dejavnikov, ki bi dovolj točno prikazali, kaj se dogaja z upor gibanja v zavoju. Na večini železnic se uporabljajo Röcklove vrednosti:

$$w_r = \frac{650}{R-55} - \text{ za } R > 300m \quad [daN/t]$$

$$w_r = \frac{350}{R-35} - \text{ za } R = 300m \quad [daN/t]$$

$$w_r = \frac{500}{R-30} - \text{ za } R < 300m \quad [daN/t]$$

R – polmer, v metrih

4.4.3 Upor gibanja v predorih

Ta upor se pojavi kot posledica turbulence zraka v predorih. To pomeni, da se pred vlakom pojavi povečan pritisk, za vlakom pa znižan pritisk zraka. Upor v predorih je odvisen od širine predora in od hitrosti vlaka. Najpogosteje uporabljamo enačbo:

$$W_t = \frac{5L_t}{K-1} \cdot \frac{v^2}{100} \quad [daN]$$

Oziroma velja specifični upor predora

$$w_t = \frac{5L_t}{K-1} \cdot \frac{v^2}{100} \cdot \frac{1}{M_L + Q} \quad [daN/t]$$

L_t – dolžina predora,

K – razmerje med površino svetlega – odprtega predora (S_t) in čelne površine lokomotive

$$(S_L) \quad K = S_t/S_L, \quad K = \frac{S_t}{S_L},$$

S_t – je 28 do 30 m² za enotirne predore,

S_t – je 57 do 60 m² za dvotirne predore,

v – hitrost vlaka [km/h],

M_L – masa vlečnega vozila [t],

Q – masa vlaka (vagona) [t].

4.5 PREOSTALI DODATNI UPOR GIBANJA VLAKA

K tem uporom gibanja sodi upor vetra v primeru drsnih ležajev, ki ga povzroči izguba olja. Ta upor znaša tudi do 25 daN / t , posebej velik je, če uporabljamo drsne ležaje in je vlak veliko časa stal. Upor se zmanjša takoj po zasuku ležaja za dva ali tri obrate. Vendar takšnih ležajev ne uporabljamo več v sodobnih vlakih.

Dodatni upori nastanejo še zaradi poškodb koles in tirov med njihovim stikom. Pri težkih tovornih vlakih se izogibamo istočasnemu premiku vlaka s tem, da kavelj med vagoni postavimo tako, da je dolžina vpetih kavljev večja od dolžine med seboj dotikajočih se odbojnikov. Tako pri izpeljavi vlaka najprej premaknemo prvi vagon, nato pa po vrstnem redu še vse ostale.

K uporom premika se velikokrat prišteva še upor vetra. V primeru vetra se sorazmerno poveča komponenta hitrosti gibanja zraka zaradi vožnje vlaka. Ta komponenta je usmerjena proti smeri gibanja ali v smeri gibanja vlaka, temu primerno se prišteje ali odšteje od hitrosti vlaka pri izračunu upora zraka.

4.5.1 Upor gibanja pri pospeševanju vlaka

Ti upori se pojavljajo pri vsaki spremembi hitrosti. To pomeni: če želimo povečati hitrost vlaka, potrebujemo za to dodatno silo oziroma energijo, ki jo izračunamo po enačbi:

$$W_a = (M_L + Q) \cdot f_\gamma \cdot a \cdot 10^3 \quad [N]$$

$f_\gamma = 1 + \gamma$ – specifični koeficient mase,

γ – dodatni koeficient mase, ki upošteva inercijo rotirajočih mas,

a – pospešek.

Za vozna sredstva:	γ –
za električne lokomotive	0,118 do 0,265
za dizelske lokomotive	
➤ hitre	0,05 do 0,212
➤ počasnejše	0,06 do 0,415
lokomotive za manevriranje	0,082 do 0,379
lokomotive za potniške in tovarne vagone	0,02 do 0,06

Tabela 3: Koeficienti inercije

Vir: Čičak, 2000, 31.

Vrsta vozil – vlakov:	$a(m/s^2)$
za težke tovarne vlake	0,02 do 0,1
za povprečne tovarne vlake	0,1 do 0,2
za potniške vlake	0,3 do 0,4
za hitre vlake na daljših poteh	0,4 do 0,6
za hitro mestno železnico	0,8 do 1,2
za metro in tramvaj	1,0 do 1,3

Tabela 4: Pospeški vlakov

Vir: Čičak, 2000, 31.

Specifični upor pospeška je:

$$w_a = 10^2 \cdot f_\gamma \cdot a \quad [daN/t]$$

Pri tej spremembi gibanj je največji upor na začetku gibanja vlaka. To si lahko razložimo:

- če vlak dalj čas stoji, se mazivo stisne iz področja naleganja v ležajih, s tem dobimo večji upor;

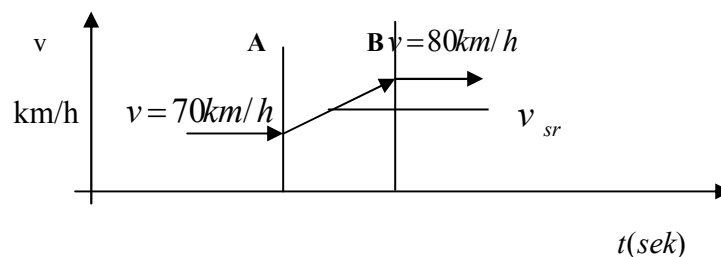
- pri daljšem stanju vlaka se temperatura ležajev izenači s temperaturo zraka, s tem se spremeni viskoznost mazila v osnih ležajih.
- ❖ Vse sile razen W_o so sile, ki določajo pogoje na progi ali način vožnje (pospeševanje, zaustavljanje).

PRIMER:

Hitri potniški vlak, sestavljen iz štiriosnih vagonov, pripelje do točke A s hitrostjo 70 km/h, nato pospešuje z enakomernim pospešenim gibanjem do hitrosti 80 km/h. To hitrost doseže v času 20 sekund. Ko se vlak giblje z enakomerno hitrostjo, obstajajo samo osnovni upori vlaka. Izračunajte, kolikšna sila je potrebna za premagovanje uporov.

Ostali podatki:

$n_l = 4$, $k = 0,025$ (potniški vlak), masa lokomotive $M_l = 80t$, masa vagonov $Q_v = 400t$, koeficient zaradi inercije $\gamma = 0,09$.



- srednja hitrost

$$v_{sr} = \frac{v_1 + v_2}{2} = 75 \text{ km/h}$$

- specifični upor vagonov s krogličnimi ležaji, tabela 2.

$$w_0'' = 2,2 - \frac{80}{v + 38} + (k + 0,007) \frac{v^2}{100} = 2,2 - \frac{80}{75 + 38} + (0,025 + 0,007) \frac{75^2}{100} = 3,29 (\text{daN/t})$$

- specifični upor električne lokomotive

$$w_0' = 0,65 + \frac{13n_l}{M_l} + 0,01v + \frac{0,03v^2}{M_l} = 0,65 + \frac{13 \cdot 4}{80} + 0,01 \cdot 75 + \frac{0,03 \cdot 75^2}{80} = 4,16 \text{ daN/t}$$

- pospešek izračunamo po enačbi

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(80 - 70)}{20 \cdot 3,6} = 0,138 \text{ m/s}^2$$

- izračun upora gibanja zaradi pospeševanja

$$W_a = (M_L + Q) \cdot f_\gamma \cdot a \cdot 10^3 = (80 + 400) \cdot (1 + 0,09) \cdot 0,138 \cdot 10^3 = 72201,6 \text{ N} = 77,2 \text{ KN}$$

Skupna sila je

$$W = W_a + w' \cdot M_l + w'' \cdot Q_v = 77,2 \cdot 10^2 + 4,16 \cdot 80 + 3,29 \cdot 400 = 9368,8 (daN) = 93,7 KN$$



Študijski primer in v razmislek:

Izračunajte povprečno silo; dodatni pogoji vožnje so:

- padec je 2 ‰,
- vzpon je 2 ‰,
- padec je 5 ‰.

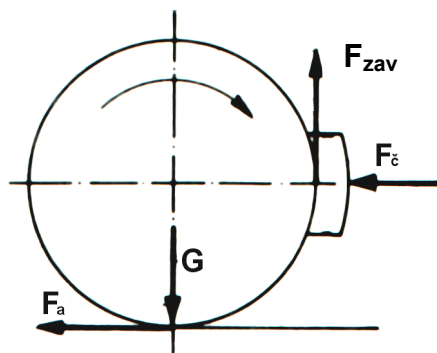
Primerjajte rezultate in jih pojasnite.

4.6 ZAVORNA SILA VLAKA

To je sila, ki pomaga skrajšati pot zaustavitve, ima enako smer kot sile uporov gibanja.

Med obratovanjem vlaka je potrebno vlak tudi ustaviti, torej je potrebno vlak iz stanja gibanja pripeljati v stanje mirovanja ali samo znižati hitrost gibanja vlaka. Da lahko to izpeljemo, moramo ustvariti silo, ki bo nasprotovala gibanju.

To silo ustvarimo s pomočjo zavor. Zavore delujejo največkrat na principu ustvarjanja upora na kotalecih se elementih.



Slika 21: Princip zaviranja na kolesu vagona

Vir: Čičak, 2000, 32.

To pomeni, da povečamo silo trenja in s tem povzročimo delovanje sile, ki nasprotuje gibanju. Zaviranje s čeljustmi na kolo se uporablja večinoma na tovornih vagonih.

$$F_{zav} = F_c \cdot \mu_{zav}$$

μ_{zav} – koeficient trenja med čeljustjo in kolesom,

F_c – sila čeljusti (odvisna od pritiska v zavornem cilindru in njegovega premera),

F_{zav} – sila zaviranja na obodu kolesa.

$$F_{zav} \leq F_a$$

F_a – sila med kolesom in tračnico (adhezijska sila).

$$F_{zav} \cdot \mu_{zav} \leq G \psi \frac{D}{2} \Rightarrow F_c = \frac{\psi}{\mu_{zav}} \cdot G$$

G – osni pritisk,

ψ – koeficient adhezije.

Koeficient trenja (μ_{zav}) je odvisen od:

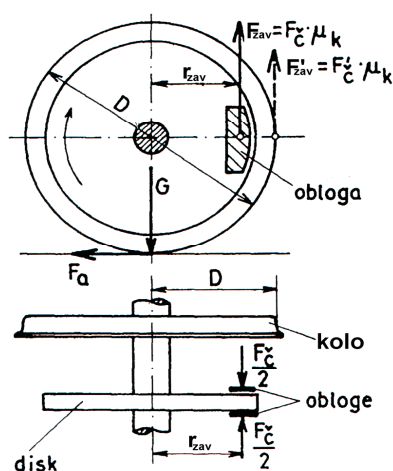
- vrste materiala,
- hitrosti vožnje,
- tlaka na površini dotika čeljusti in kolesa,
- temperature materiala,
- stanja površin stika med kolesi in čeljustjo.

Vrednost μ_{zav} je od 0,05 do 0,45 ; vrednost $\psi = 0,15$.

Ker vlak zavira z vsemi kolesi, se sile zaviranja med seboj seštevajo in tako dobimo celotno zavorno silo vlaka.

Danes se vedno bolj uveljavljajo zavore z diski (diskaste zavore).

Na teh zavorah ne deluje zavorna sila na obod kolesa, temveč deluje na stranice diskov, to silo moramo nato prenesti na kolesa.



Slika 22: Delovanja sil v diskasti zavori

Vir: Čičak, 2000, 34.

$$F_{zav} \cdot r_{zav} = F_{zav}' \cdot \frac{D}{2}$$

Nato dobimo:

$$F_{zav} \cdot \mu_{zav} \cdot r_{zav} = F_{\check{c}}' \cdot \mu_{zav} \cdot \frac{D}{2}$$

Izračunamo:

$$F_{\check{c}}' = F_{\check{c}} \cdot \frac{2r_{zav}}{D}$$

In dobimo, da je pri zavori z diski :

$$F_{zav} = F_{\check{c}} \cdot \mu \frac{2r_k}{D}$$

▪ NA CELOTNI VLAK DELUJEJO SILE

➤ čeljustne zavore:

$$F_{zav}^v = \sum F_{\check{c}} \cdot \mu_{zav}$$

➤ diskaste zavore:

$$F_{zav}^{vd} = \frac{2r_{zav}}{D} \sum F_{\check{c}} \cdot \mu_k$$

➤ elektromagnetne zavore:

$$F_{zav}^{vm} = \sum F_{mag} \cdot \mu_k$$

F_{mag} – je sila, ki nastane zaradi delovanja elektromagneta v magnetni zavori.

▪ IZ ENAČB DOBIMO

➤ specifične sile zaviranja za posamezne vrste zavore:

➤ čeljustna zavora na obod kolesa:

$$f_{zav}^v = \frac{F_{zav}^v}{M_L + Q} \quad [daN/t]$$

➤ diskasta zavora:

$$f_{zav}^{vd} = \frac{F_{zav}^{vd}}{M_L + Q} \quad [daN/t]$$



elektromagnetna zavora:

$$f_{zav}^{vm} = \frac{F_{zav}^{vm}}{M_l + Q} \quad [daN/t]$$

Na primer, za vozilo od 100 do 200 *KN* obremenitve na os se pri zaviranju do ustavitve porabi 2100 do 4200 *KJ* energije, to povzroči gretje zavore, saj se ta energija odvaja v obliki toplote. Toplota se porazdeli na zavornjak in kolo v razmerju 1: 5.

Povečanje temperature zavornjaka poveča trenje in s tem tudi velikost zavorne sile. Torej je zavorna sila odvisna od hitrosti.

Pojemanje hitrosti je odvisno tudi od stanja površin tirov, na primer če so suhi ali mokri.

4.7 PROCES ZAVIRANJA VLAKA S POMOČJO ELEKTROMOTORJEV

Zaviranje je proces, ki hitrost vlaka ustavi, to pomeni, da je končni rezultat $v = 0$. Pri hitrosti pred začetkom zaviranja ima vlak kinetično energijo. Ta energija se porabi v procesu zaviranja, poraba te energije se odraža kot toplota na zavornih oblogah, diskah in na kolesih. Zaviranje s pomočjo pretvorbe te energije v električno se imenuje inverzno zaviranje. To je proces, ko »spremenimo« karakteristiko električnih vlečnih motorjev, ki začnejo delovati kot generatorji. To pomeni, da začne električna energija potovati v obratni smeri pogona. To energijo potrošimo preko ustreznih električnih uporov ali jo vrnemo s pretvorbo nazaj v omrežje. S tem spremenimo kinetično energijo, ki povzroča vrtilni navor na motorju, v tem primeru generatorju, vzbujanje motorja (generatorja) ostaja, torej se rotor vrti v magnetnem polju, kar ima za posledico inducirane napetosti v glavnem navitju pogonskih motorjev. Ta električna napetost povzroči nastajanje električnega toka, ki ga porabimo na ustreznih uporih ali ga vrnemo v električno mrežo. Regulacijo porabe energije na uporih opravimo s pomočjo regulacije vzbujanja in s spreminjanjem električnih uporov. Torej je ta električni način zaviranja možen samo pri električnih dizelskih ali električnih lokomotivah.

4.8 PRIKAZ PREMIKOV VLAKOV

Krivulja gibanja vlaka je krivulja odvisnosti hitrosti gibanja vlaka na prevoženi poti in prevožene poti v času. Iz prejšnjih poglavij lahko ugotovimo, od česa je odvisna povprečna hitrost vlaka na poti od točke A do točke B. Na poti od točke A do točke B ni nujno, da so pogoji delovanja (prevoza) vlaka enaki, torej se na določenem odseku proge spreminjajo.

Ti dejavniki so vzponi ali padci tirov, stanje tirov. Obstajajo trije osnovni režimi:

- režim vleke, v tem primeru lokomotiva vlaku dodaja energijo, da vzdržuje enakomerno hitrost ali dodaja energijo zaradi pospeševanja hitrosti;
- režim vožnje zaradi vztrajnosti vlaka;
- režim zaviranja vlaka.

Za sestavljanje teh krivulj upoštevamo vlečne karakteristike, stanje vozil, vrsto lokomotive, vrsto vagonov in obtežitev vagonov. Poznati moramo stanje in vzpone proge. Na razpolago za določitev teh prikazov obstaja več različnih metod.

4.8.1 Sile, ki vplivajo na premikanje vlaka

a) V primeru dodajanja sile zaradi pospeševanja vlaka ali vzdrževanja konstantne hitrosti:

$F_v \leq W$ – vlak stoji ali se giblje vedno počasneje,

$F_v = W$ – vlak vzdržuje konstantno hitrost,

$F_v > W$ – vlak pospešuje.

F_v – sila lokomotive, ki vleče vlak,

W – sila, ki nasprotuje gibanju vlaka.

b) Primer premikanja vlaka zaradi vztrajnosti:

$$F_v = 0$$

Vlak izgublja hitrost zaradi sil, ki nasprotujejo gibanju; pot zaustavitve je dolga. Odvisna je od hitrosti, pri kateri smo nehali dodajati vlečno silo lokomotive. Če je to na področju padca proge, je gibanje lahko celo pospešeno. V tem primeru se padec proge odraža, kot da $F_v \neq 0$, temveč je več kot 0. Lahko bi rekli, da je sila $F_v > 0$.

c) Primer zaviranja vlaka, ko hitrost vlaka pada; v tem primeru velja:

$$F_v - W < 0$$

To pomeni, da se vlak ustavlja. Sile, ki nasprotujejo gibanju vlaka, in sila zaviranja povzročajo zaustavljanje vlaka.

4.8.2 Diagram in analiza sil gibanja

Najbolj so vidni odnosi med vsemi do sedaj opisanimi silami, ki delujejo na vlak, z diagrami, ki prikazujejo sile kot funkcijo hitrosti.

- Na diagramu prikazujemo odnos vlečnih sil in sil, ki nasprotujejo gibanju:

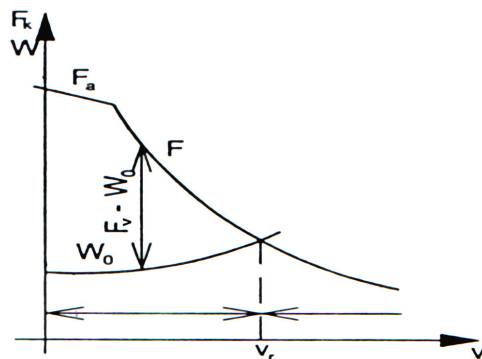


Diagram 10: Odnos med silo vleke in silo nasprotovanja vleki

Vir: Čičak, 2000, 37.

Velja:

- če je $F = F_v - W_0 > 0$ – vlak pospešuje;
- če je $F = F_v - W_0 = 0$ – vlak se giblje z enakomerno hitrostjo;
- če je $F = F_v - W_0 < 0$ – vlak se ustavlja.

- Krivulja na diagramu 11 predstavlja vrednosti $F = F_v - W_0$ kot funkcijo hitrosti.

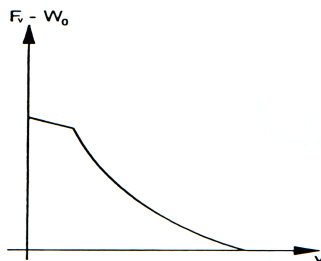


Diagram 11: Razlike vrednosti $F = F_v - W_0$

Vir: Čičak, 2000, 37.

- Diagram 12 predstavlja specifične sile gibanja z upoštevanjem sil, ki nasprotujejo gibanju vlaka.

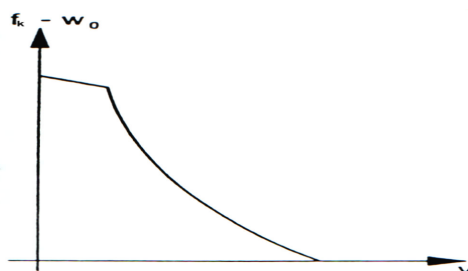


Diagram 12: Razlika specifične vlečne sile in sile osnovnega upora gibanja

Vir: Čičak, 2000, 37.

Za to krivuljo uporabimo enačbo:

$$f_v - w_0 = \frac{F_v - W_0}{M_L + Q} \quad [daN/t]$$

Diagram 12 predstavlja graf funkcije $f(v) = f_k - w_0$. Za dovolj točen izračun ali diagram moramo poznati stanje proge, za katero želimo izdelati izračune.

- Ta krivulja predstavlja krivuljo z upoštevanjem sile zaviranja. Dobimo končni »i – v« diagram, ki ga določajo sledeče enačbe:

$$f_v - w_0 = f_1(v) \Rightarrow f_v - w_0 = \frac{F_v - W_0}{M_L + Q} - \text{specifična vlečna sila,}$$

$$w_0 = f_2(v) \Rightarrow w_0 = \frac{W_0' + W_0''}{M_L + Q} - \text{specifična osnovna sila upora,}$$

$$f_{zav} = f_3(v) \Rightarrow f_{zav} = \frac{F_{zav}}{M_L + Q} - \text{specifična sila zaviranja.}$$

S temi enačbami ponazarjamo večino pogojev, ki vplivajo na gibanje vlaka.

Diagram »i – v« se izračuna za vsak primer posebej; izračuna se za določeno vrsto vlaka na poznani progi. Upoštevamo težo vlaka, vrsto pogona, adhezijsko silo in sile upora gibanja.

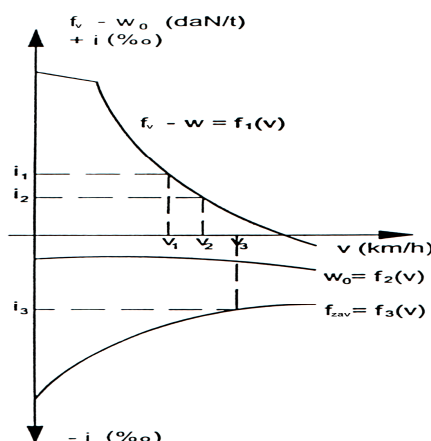


Diagram 13: Razlike specifične vrednosti za w_0 , f_v in f_{zav} .

Vir: Čičak, 2000, 39.

Razlika med njimi (i) pove, ali je vlak v področju zaustavljanja, v področju enakomernega ali pospešenega gibanja.

Vrednost:

$$\Rightarrow \sum i > 0 - \text{pospešeno gibanje,}$$

$$\Rightarrow \sum i = 0 - \text{enakomerno gibanje ali vlak stoji,}$$

$$\Rightarrow \sum i < 0 - \text{vlak stoji.}$$

To pomeni, da je narisana os v smeri x tista, ki ponazarja prehod med gibanjem in mirovanjem vlaka. Do rezultatov pridemo, če v horizontalni smeri v narisanih vrednostih seštejemo vrednosti, s tem dobimo podatek, kolikšne bodo sile pri ustrezni hitrosti. V področju diagrama, kjer je vrednost $i > 0$, so krivulje, ki vlak želijo premakniti v smeri vlečne sile. Pod osjo x so krivulje, ki željo vlak ustaviti, torej če želimo vlak premakniti v zeleni smeri, mora biti vlečna sila večja od sil upora.

POVZETEK POGLAVJA

Pospeševanje vlaka je proces, ki zahteva energijo, saj mora premagati silo pospeševanja in vse ostale sile, ki nasprotujejo povečevanju hitrosti. Enako, vendar v nasprotni smeri, je v primeru zaviranja – sile, ki nasprotujejo pospeševanju, pomagajo zaviranju. Ovrednotenje in določanje smeri delovanja sil sta najpomembnejša pri ocenjevanju moči vlečnih sredstev in zavornih sil zavore. Hitrost, pospeševanje, pogoji na progi, čas zaviranja in teža vlaka so v medsebojni odvisnosti. S pomočjo izračunov ocenimo kakovost vlečnih in vlečenih sredstev v odvisnosti od pogojev na progi.

Vprašanja za razmislek in preverjanje znanja

1. *Opišite upore gibanja; kaj je upor in kaj je specifični upor?*
2. *Naštejte, iz katerih uporov gibanja je sestavljen osnovni upor.*
3. *Naštejte upore gibanja, ki so odvisni od stanja proge.*
4. *Napišite osnovne enačbe za pospešeno in pojemajoče gibanje.*
5. *Napišite enačbe, ko vlak pospešuje, vozi enakomerno ali zavira.*
6. *Naštejte, katere sile pomagajo zavirati in katere pomagajo vlečni sili.*
7. *Skicirajte diagram, ki prikazuje odnos med adhezijsko silo in vlečno silo.*
8. *Narišite in pojasnite diagram »i – v«.*

**Študijski primer in v razmislek:**

Opišite sile, prikazane na diagramu 10.

Dodatna literatura za študij

- 1) Crnjac, A., in Crnjac, P. Vleka in transportna sredstva: I. del, Univerza v Mariboru, 1996.
- 2) Čičak, M. Vleka vlakov: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, 2000.
- 3) Pravilnik o zavorah, varnostnih napravah in opremi železniških vozil: 231 JŽ, 1988.
- 4) Srebrnič, M., in Srebrnič, M. Vlečna in transportna sredstva železniškega prometa, 2002.
- 5) Šida, S. Vuča vozova: Viša železniška škola – Beograd, 1977.
- 6) Širec, F. Dizelska električna lokomotiva: Slovenske železnice, 1992.

5 HITROST IN ČAS VOŽNJE VLAKA

V tem poglavju boste spoznali:

- Čas, ki je potreben za pospeševanje in zaviranje vlaka.
- Določitev opravljene poti.
- Določanje odnosa med zahtevami prevozov in stanjem proge.

Ob koncu poglavja boste razumeli:

- odvisnost časa pospeševanja od sil: med pospeševanjem, med zaviranjem in med vožnjo z enakomerno hitrostjo v odvisnosti od mase vozila,
- pojem zavorna masa.

UVOD V POGLAVJE

Pri prevozu potnikov in tovora je eden izmed najpomembnejših dejavnikov čas, v katerem pripeljemo vlak od točke 1 do točke 2; ta je odvisen od hitrosti vlaka. Hitrost vlaka je odvisna od lokomotive, mase vlaka, mase lokomotive, njene vlečne moči in od stanja tirov. Prav tako je odvisen od kakovosti zavor, saj tudi v času zaviranja opravimo pot in porabimo čas.

5.1 DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA HITROST VLAKA

Vsaka vožnja vlaka je odvisna od pogojev na progi, od lastnih zmogljivosti in od tovora. Ti dejavniki določajo njegovo hitrost, ta je odvisna od:

- sposobnosti vlečnih vozil – njihove zakonitosti smo spoznali v prejšnjih poglavjih,
- sposobnosti in pogojev na progi,
- načina varovanja,
- sposobnosti vagonov,
- sposobnosti zavor,
- sestavljenosti vlaka,
- mesta in položaja vlečnega vozila v vlaku.

Ti pogoji določajo vlaku maksimalno hitrost, hitrost pospeševanja, hitrost izpeljevanja, zavorno pot in čas zaviranja. Povprečna hitrost je redko tudi maksimalna hitrost, posebej če so daljši odseki z veliko vzponi in padci.

Za določanje časa prehoda vlaka od točke 1 do točke 2 se uporabljajo različne metode, ki jih razdelimo na točne in približne. Metode večje natančnosti so metode končnih elementov in se

izvajajo s pomočjo različnih integriranih enačb. Približne metode uporabljajo največkrat povprečne vrednosti odločujočih dejavnikov, ki vplivajo na čas prevoza opazovanega odseka proge. S tem poenostavimo način izračuna; izračunane vrednosti so kljub temu dovolj natančne.

5.1.1 Približna metoda izračunov časa vožnje vlaka

To metodo odlikuje hiter izračun rezultata, vendar se zaradi premajhne natančnosti ne uporablja za izračun voznih redov. Imenujemo jo metoda povprečnih enakomernih hitrosti. Enakomerna hitrost je samo takrat, ko je vsota vseh delujočih sil na vlak enaka 0:

$$\sum W + \sum F = 0$$

Osnova za izračun te poti je diagram » $i - v$ «:

$f - w_0 = i$. Iz te enačbe razberemo hitrost premikanja vlaka. Poznati moramo dolžino in stanje proge.

▪ POVPREČNI NAGIB

Progo razdelimo na » n « – delov med dvema skrajnima točkama; nagibi proge so različni, s seštevkem vseh odsekov dobimo skupno razdaljo.

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + \dots l_n = \sum l \quad [m]$$

Nato upoštevamo nagibe na posameznih delih proge in dobimo enačbo:

$$i_1.l_1 + i_2.l_2 + i_3.l_3 + \dots i_n.l_n = i_p.L$$

Iz te enačbe dobimo povprečni » i «:

$$i_p = \frac{\sum i_i.l_i}{L} \quad \left[\begin{array}{c} o \\ / \\ oo \end{array} \right]$$

Ta nagib lahko ponazorimo grafično :

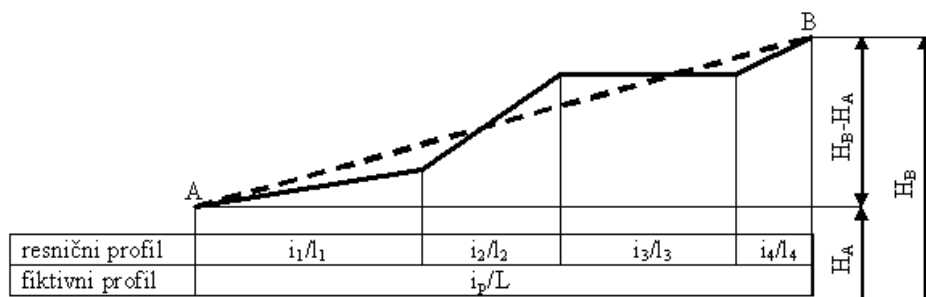


Diagram 14: Povprečni vzpon proge

Vir: Čičak, 2000, 38.

Diagram 14 prikazuje grafično metodo za določanje povprečnega i_p .

Po sliki je:
$$i_p = \frac{H_B - H_A}{L} \quad \left[\frac{o}{\text{oo}} \right]$$

Zaradi računanja s pomočjo povprečnega nagiba lahko pride do prevelike napake. Da se temu izognemo, računamo samo nagib z enakim predznakom. To pomeni ali samo vzpone ali samo spuste. Razlika med dejansko in povprečno vrednostjo Δi je:

$$\Delta i = i - i_p \leq \frac{2000}{L} - \frac{3000}{L}$$

Na železnici uporabljajo pravila za uporabo naslednjih poenostavitev vzdolžnega profila:

- na povprečni razdalji, če razlika nagiba ni večja od 1 ‰;
- na razdalji do 500 m, če razlika med največjim in najmanjšim nagibom ni večja od 2,5 ‰,
- na dolžini do 2500 m za dele, krajše od 300 m, ne glede na razliko profila.

Pri tem poenostavljanju se izključijo elementi resničnega profila, na katerih so postajna področja.

5.1.2 Fiktivni nagib

Pri krivini je potrebno upoštevati njen polmer. Vsaka krivina povzroči določen upor. Zaradi delovanja uporov gibanja dobimo enačbo:

$$w_{r1} \cdot l_{r1} + w_{r2} \cdot l_{r2} + \dots + w_{rm} \cdot l_{rm} = i_f \cdot L$$

Iz te enačbe dobimo fiktivni vzpon, ki je:

$$i_f = \frac{\sum w_{ri} l_{ri}}{L} \quad \left[\begin{array}{c} 0 \\ \text{‰} \end{array} \right]$$

w_n – specifični upor gibanja na določenem opazovanem delu proge,

l_n – razdalja opazovanja gibanja na opazovanem delu proge,

i_f – fiktivni i ,

L – opazovana proga.

5.1.3 Ekvivalentni nagib

To predstavlja vsoto povprečnih in fiktivnih nagibov:

$$i_e = i_p + i_r$$

Hitrost vlaka se računa z upoštevanjem ekvivalentnega nagiba.

5.1.4 Največji nagib in upor proge

Vzpon proge $i_{\max}$ (‰) predstavlja največji vzpon na opazovanem profilu proge, opazuje se na manjši razdalji vzpona $l_{\max} = 1000 \text{ m}$.

$$i_{\max} = i \frac{l_{un}}{1000}$$

l_{un} – največji nagib proge na opazovanem odseku

Nagib proge je potrebno ugotoviti zaradi določanja sile zaviranja in vlečne sile v primeru vzpona vlaka. Za določanje se upoštevajo: upornost padca ali vzpona, upornost radija in upornost predora.

$I_{\max}$ (maksimalna specifična upornost) je vsota uporov največjega vzpona, najmanjšega polmera in predora na njem. To pomeni:

$$i_{\max} = \sum i_n \quad \left[\begin{array}{c} 0 \\ \text{‰} \end{array} \right]$$

Torej je $i_{\max}$ vsota vseh » i « na opazovanem delu proge.

Če je največji vzpon proge na krajši razdalji od 1000 m, se kot osnova vzame srednji upor med skrajno najnižjo in skrajno najvišjo točko na tem (1000 m) delu.

5.1.5 Metoda računanja voznih časov z metodo enakomernih hitrosti

Ta metoda temelji na oceni, da se na posameznem, dovolj kratkem odseku, vlak giblje z enakomerno hitrostjo, upori gibanja so ves čas enakomerni. Enakomernost sile se utemelji s tem, da so tiri, kolesa in vsi ostali deli, ki so potrebni za vožnjo vlaka, konstantni in standardizirani, torej je to sklepanje dovolj utemeljeno.

Enakomerna hitrost je torej rezultat specifičnih sil:

$$f_v - w_n = f(v)$$

To pomeni, da je:

$$F_v = f(v)$$

Iz tega dobimo:

$$W_n = f_2(v)$$

Iz tega sledi:

$$F_v = W_n$$

To pomeni, da so sile v ravnovesju, torej se vlak giblje z enakomerno hitrostjo.

Če poznamo enakomerno hitrost za vsak odsek in če je ta manjša od maksimalne hitrosti ali je enaka, velja enačba:

$$t = 0,06 \frac{l}{v_{en}} \quad [\text{min}]$$

l – dolžina elementa vzdolžnega profila, v m,

v_{en} – enakomerna hitrost na odseku, km/h.

Če je enakomerna hitrost večja od maksimalne dovoljene hitrosti premikanja vlaka, potem vzamemo maksimalno dovoljeno hitrost (v_m).

Čas prevoza od točke A do točke B predstavlja vsoto časov na vseh opazovanih odsekih med točkama A in B. Če se je vlak nekje vmes ustavil, je potrebno dodati še čas ustavljanja τ_{zav} (na primer ustavitev vlaka na postaji). Kasneje dodamo še čas, ko vlak pospešuje τ_{po} . Ta dodatek časa za zaviranje je za potniške vagone $\tau_{zav} = 0,5$ min, za tovarne je $\tau_{zav} = 1$ min. Čas pospeševanja za potniške vagone je $\tau_{po} = 0,5$ do 1 min in za tovarne $\tau_{po} = 1$ do 2 min.

Časi pospeševanja in zaviranja se lahko izračunajo, če poznamo velikost pospeševanja ali zaustavljanja. V tabeli je prikazan primer takšnega izračuna. Pozorni moramo biti na preskok hitrosti, vendar se v praktičnih primerih to dogaja postopoma.

Ime postaje	Elementi vzdolžnega profila proge		Enakomerna hitrost v_{en} km/h	$t = 0,06 \frac{l}{v_{en}}$ (min)	Vozni čas med postajama pri enakomerni hitrosti (v_{en})	Dodatki k voznom času zaradi pospeševanja in zaviranja τ (min)	Skupni vozni čas $T = \sum t + \tau$ (min)
	dolžina l (m)	odpor C_K (‰)					
A	1100	+1	68,75	0,96	20,65	2	23,65
	750	+2,6	52,33	0,86			
	850	+7,0	28,49	1,79			
	3300	+10,8	20,48	9,67			
	1500	7,0	28,40	3,17			
	2800	4,5	40,00	4,2			
B	1300	0,0	80,00	0,98	7,02	2	10,02
	1500	-4,0	100,00	0,9			
	850	-1,4	100,00	0,51			
	1500	+0,6	75,00	1,20			
	2300	+2,2	54,55	2,53			
C	1200	0,0	80,00	0,9		1	

Tabela 5: Primer izračuna časa pri enakomerni hitrosti

Vir: Čičak, 2000, 54.

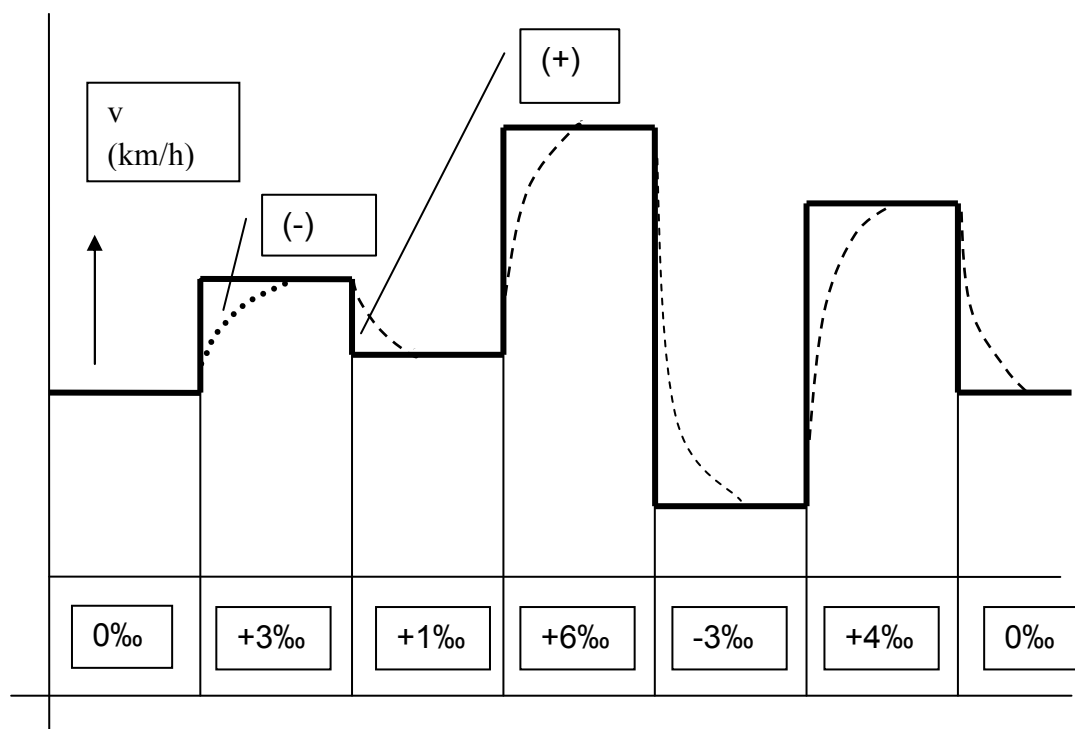


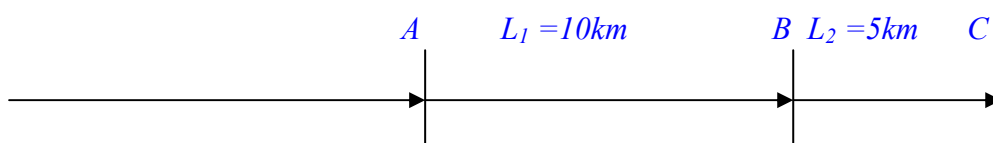
Diagram 15: Spremembe hitrosti s spremembo vrednosti i (‰)

Vir: Čičak, 2000, 55.

PRIMER:

Enakomerno gibanje vlaka

Vlak pripelje do točke A s hitrostjo 80 km/h , specifični upor proge do točke je razviden iz skice:



$$W_0 = 4,0 \text{ daN/t}$$

$$w_1 = 4,5$$

$$w_2 = 3,8 \text{ daN/t}$$

$$L_1 = 10 \text{ km}$$

$$L_2 = 5 \text{ km}$$

$$P_0 = 100 \text{ KW}$$

$$P_1 = ?$$

$$P_2 = ?$$

$$\Delta t = ?$$

$$\Delta t = ?$$

Hitrost vlaka se ne spreminja, $v = 80 \text{ km/h} = \text{konst.}$ $v = 80 \text{ km/h} = \text{konst.}$

Izračun poenostavimo s tem, da ne upoštevamo časa pospeševanja. Zanimata nas moč

P_1 in P_2 , časi Δt_1 , Δt_2 ter skupni čas prevoza vlaka od točke A do C.

$$F = \frac{dV}{dt} m + W_n = \text{konst}$$

Upoštevamo enačbo enakomerne gibanja $\frac{dV}{dt} = 0 \Rightarrow a = 0$; potem velja: $F_v = W_n$

$$v_0 = v_1 = v_2 \Rightarrow P_0 \neq P_1 \neq P_2 \Rightarrow F_1 \neq F_2 \neq F_3$$

$$P = F \cdot v$$

$$F_n = W_n \Rightarrow$$

$$P_0 = w_0 \cdot v$$

$$P_1 = w_1 \cdot v$$

$$P_2 = w_2 \cdot v$$

$$\frac{P_1}{P_0} = \frac{w_1}{w_0} \Rightarrow P_1 = P_0 \frac{w_1}{w_0} = 100 \cdot \frac{4,5}{4,0} = 112,5 \text{ KW}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{w_2}{w_1} \Rightarrow P_2 = P_1 \frac{w_2}{w_1} = 112,5 \cdot \frac{3,8}{4,5} = 95 \text{ KW}$$

$$\Delta t_1 = 0,06 \frac{L_1}{v} = 0,06 \frac{10000}{80} = 7,5 \text{ min}; \Delta t_2 = 0,06 \frac{L_2}{v} = 0,06 \frac{5000}{80} = 3,75 \text{ min} \Rightarrow t = 7,5 + 3,75 = 11,25 \text{ min}$$

➤ Pri električni vleki lokomotive je izkoristek do napajalne vrvi $\eta = 0,8$. Izračunajte tok pri nazivni napetosti $U = 3000 \text{ V}$ za posamezne moči.

$$I_1 = \frac{P_1(\text{KW})}{\eta \cdot U(\text{KV})} = \frac{112,5}{0,8 \cdot 3} = 46,875 \text{ A}; I_2 = \frac{P_2(\text{kW})}{\eta \cdot U(\text{kV})} = \frac{95}{0,8 \cdot 3} = 39,6 \text{ A}$$

Rezultati ne upoštevajo časa pospeševanja oziroma pojemanja hitrosti.



Študijski primer in v razmislek:

Izračunajte, če je $P = \text{konst}$, kolikšne so hitrosti.

Pojasnite rezultat.

5.1.6 Izračun voznih časov s pomočjo enačbe premikanja vlakov

Enačba premikanja se glasi:

$$\frac{dv}{dt} = \xi(f_k - W_n)$$

Sprememba hitrosti v časovni enoti je pospešek. Na desni strani je komplicirana oblika funkcij, mnoge vrednosti v tej enačbi so pogojene s trenutnimi vrednostmi. Uporabili bomo metodo, ki dovolj točno podaja rešitev, ki jo naredimo v dovolj kratkem času. Takšne metode uporabljajo za računalniške izračune.

Velja, da so hitrost, čas in pot medsebojno odvisne vrednosti, v vsaki enačbi je ena izmed njih neodvisna spremenljivka, drugi dve sta odvisni spremenljivki. Če vzamemo posamezne poti z določenim korakom, na primer za pot vzamemo korake $\Delta l = 100m$ pri pospeševanju in je hitrost neodvisna spremenljivka in nato vzamemo hitrost v korakih 1 km/h, sprememba časa je neodvisna spremenljivka (Δt).

Enačbe končnih elementov:

$$\frac{\Delta v}{\Delta t} = \xi(f_k - w_n) \Rightarrow \Delta t = t_2 - t_1 = \frac{v_2 - v_1}{\xi(f_k - w_n)} \quad [h]$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{60(v_2 - v_1)}{\xi(f_k - w_n)} \quad [\text{min}]$$

V tem času opravimo pot:

$$\Delta l = l_2 - l_1 = \frac{1}{\xi} \int_{v_1}^{v_2} \frac{v dv}{f_k - w_n} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2\xi(f_k - w_n)}$$

$$(f_k - w_n)$$

Te vrednosti so odvisne od proge, to so znani pogoji na progi, zato lahko to vrednost vzamemo kot konstanto in tako izpeljemo naslednjo enačbo:

$$\Delta l = \frac{1000(v_2^2 - v_1^2)}{2\xi(f_k - w_n)} = \frac{500 \cdot (v_2^2 - v_1^2)}{\xi(f_k - w_n)} \quad [km]$$

γ – dejavnik upora gibanja zaradi upora rotacijskih delov,

$$\xi^l = 127(km/h^2) - \text{translacijsko pospeševanje pri delovanju sile } 1 daN/t.$$

Če vzamemo $\gamma = 0,06$, kar predstavlja povprečno vrednost na železnici, dobimo vrednost

$$\xi = \frac{127}{1 + \gamma} = \frac{127}{1 + 0,06} \approx 120.$$

Če to vstavimo v enačbo, dobimo:

$$\Delta t = \frac{v_2 - v_1}{2(f_k - w_n)_s} \quad [\text{min}]$$

$$\Delta l = \frac{4,17 \cdot (v_2^2 - v_1^2)}{(f_k - w_n)_s} \quad [m]$$

Δl izračunamo:

$$\Delta t = \frac{0,06 \cdot \Delta l}{\frac{v_1 - v_2}{2}} = 0,12 \frac{\Delta l}{v_1 - v_2} \quad [\text{min}]$$

Pri nemških železnicah uporabljajo $\gamma = 0,09$, iz te vrednosti izračunana vrednost $\xi = 116,50$. In dobimo enačbo:

$$\Delta t = \frac{0,515(v_2 - v_1)}{(f_k - w_n)}; \text{ in } \Delta l = \frac{4,29(v_2^2 - v_1^2)}{(f_k - w_n)}$$

Ovisno od tega, na kakšnih intervalih računamo, se vzame časovna enota; lahko so ure, sekunde ali minute. Če želimo opazovati vlak na tej progi, mora biti nujno nek pospešek, torej mora obstajati sprememba hitrosti. To je metoda, ki je zelo uporabna v računalniških preračunavanjih. V kolikor se vlak premika samo zaradi vztrajnosti, se v imenovalcu ulomka vzame samo $(-w_n)$. Če vlak zavira, dobimo v imenovalcu izraz:

$$f_k - w_n \Rightarrow -w_n - f_{zav}$$

f_{zav} – specifična sila zaviranja vlaka,

f_k – specifična sila kolesa.

PRIMER:

V kolikem času in koliko poti opravi vlak, če mu izključimo vlečno silo in se ustavlja samo zaradi osnovnega upora gibanja W_0 ?

1. *Izračunajte za hitrost od 90 do 80 km/h.*
2. *Izračunajte za hitrost od 80 do 90 km/h.*

Ostali podatki so: $M_L = 80$ t; $Q_v = 400$ t; število osi lokomotive $n_{po} = 4$; hitri potniški vlak

$k = 0,025$; koeficient inercije $\gamma = 0,09$

Specifične upornosti

➤ *Lokomotiva*

$$w'_0 = 0,65 + \frac{13n_{p0}}{M_L} + 0,01v + \frac{0,03v^2}{M_L}$$

$$w'_0(90 \text{ km} / \text{ h}) = 5,24 \text{ daN} / \text{ t}$$

$$w'_0(80 \text{ km} / \text{ h}) = 4,5 \text{ daN} / \text{ t}$$

$$w'_0(70 \text{ km} / \text{ h}) = 3,84 \text{ daN} / \text{ t}$$

➤ *Vlak (vagoni)*

$$w'_0 = 2,2 - \frac{80}{v+38} + (k+0,007) \frac{v^2}{100}$$

$$w'_0(90 \text{ km} / \text{ h}) = 4,17 \text{ daN} / \text{ t}$$

$$w'_0(80 \text{ km} / \text{ h}) = 3,57 \text{ daN} / \text{ t}$$

$$w'_0(70 \text{ km} / \text{ h}) = 3,03 \text{ daN} / \text{ t}$$

➤ *Uporabili bomo povprečne vrednosti*

$$w'_{0 \text{ pov}}(90 \text{ do } 80 \text{ km} / \text{ h}) = \frac{w'_0(90) + w'_0(80)}{2} = \frac{5,24 + 4,5}{2} = 4,87 \text{ daN} / \text{ t}$$

$$w''_{0 \text{ pov}}(90 \text{ do } 80 \text{ km} / \text{ h}) = \frac{w''_0(90) + w''_0(80)}{2} = \frac{4,17 + 3,57}{2} = 3,87 \text{ daN} / \text{ t}$$

➤ *Zaradi poenostavitve upoštevamo, kot da vlak zavira v težišču vlaka, torej vzamemo povprečno vrednost uporov gibanja:*

$$w_0(90 \text{ do } 80 \text{ km} / \text{ h}) = \frac{w'_{0 \text{ pov}}(90 \text{ do } 80 \text{ km} / \text{ h}) \bullet M_l + w''_{0 \text{ pov}}(90 \text{ do } 80 \text{ km} / \text{ h}) \bullet Q_v}{M_L + Q_v}$$

$$= \frac{4,87 \bullet 80 + 400 \bullet 3,87}{80 + 400} = 4,03 \text{ daN} / \text{ t}$$

Uporabimo enačbo:

$$\Delta t(90 - 80) = \frac{0,515(v_1 - v_2)}{\sum f_{vl} - \sum w - \sum f_{zav}}$$

f_{vl} – *specifična vlečna sila*,

w – *specifična sila, ki nasprotuje gibanju*,

f_{zav} – *specifična sila zaviranja*.

$$\Delta t(90 - 80) = \frac{0,515(v_1 - v_2)}{(\sum f_{vl} = 0) - (\sum w = w_0) - (\sum f_{zav} = 0)} = \frac{0,515(v_1 - v_2)}{w_0}$$

$$\Delta t(90 - 80) = \frac{0,515(80 - 90)}{-4,03} = 1,28 \text{ min}$$

$$\Delta l = \frac{4,29(v_2^2 - v_1^2)}{\sum f_{vl} - \sum w - \sum f_{zav}} \Rightarrow \Delta l = \frac{4,29(80^2 - 90^2)}{-4,03} = 1809,7 \text{ m}$$



Študijski primer in v razmislek:

Izračunajte čas in pot:

- če vlak pelje po klancu navzgor $i = 10^\circ /_{oo}$;
- če vlak pelje po klancu navzdol $i = 10^\circ /_{oo}$ in $2^\circ /_{oo}$;
- če dodatno vključimo zavorno silo $f_{zav} = 28 \frac{daN}{t}$.

Primerjajte rezultate.

5.1.7 Določanje mase vlaka

Dovoljena masa vlaka je odvisna od vlečne sile, želene hitrosti in proge.

Masa in hitrost vlaka sta bistveni lastnosti vlaka na poti. Lokomotiva mora premakniti celoten vlak, s tovorom in z vagoni, to je bruto teža vlaka. Pri tovornih vlakih moramo upoštevati največjo maso in upor najtežjega odseka proge. Kritično hitrost določajo vlečne sile lokomotiv in je določena z minimalno trajno hitrostjo.

Pri dizelelektričnih in električnih lokomotivah je minimalna hitrost odvisna od trajne velikosti toka. Pri električnih lokomotivah je odvisna od trajne velikosti toka v zaporedni vezavi vlečnih motorjev pri polnem vzbujanju. Torej če želimo imeti kakovostno vlečno silo, morajo biti napetosti železniške mreže čim stabilnejše.

Postavimo pogoj: na odseku, kjer je največji vzpon » i_m « in vlak premikamo z enakomerno kritično hitrostjo, to pomeni maksimalni vzpon ob maksimalnih ostalih uporih, je to maksimalna hitrost, ki jo vlak s svojo zmožnostjo dosega na tem delu proge, če je ta hitrost v skladu z dovoljeno hitrostjo. Tudi tehnične lastnosti vlaka morajo ustrezati tej hitrosti.

Za potniške vagonse se vzame vlečna sila vlaka pri maksimalni hitrosti na ravni in horizontalni progi, vendar ne sme biti večja od vrednosti mase vlaka za kritično hitrost.

$$F_k = Q \cdot (w_o'' + i_m) + M_L \cdot (w_o' + i_m)$$

Iz te enačbe je vlečena masa vlaka enaka:

$$Q = \frac{F_k - W_o - i_m \cdot M_L}{w_o'' + i_m}$$

Q – bruto masa vlečenih sredstev [t],

M_L – masa lokomotive ali vlečnega sredstva [t],

W_o – skupni osnovni upor vlečnega sredstva [daN],

i_m – upor merodajnega odseka proge [daN/t],

w_o'' – specifična upornost gibanja vagonov [daN/t],

F_k – sila na kolesu pri mirovanju [daN].

5.1.8 Masa vlaka med premikom

Razlika med vlakom, ki stoji, in vlakom, ki se giblje, je v uporih gibanja, ki se zelo povečajo. Praviloma velja, da so železniške postaje na mestih, kjer je nagib blizu 0 ‰ in so večinoma ravne.

➤ Maso premikanja vlaka dobimo iz naslednje enačbe:

$$F_k = Q \cdot (w_o'' + w_{po}'' + i_p) + M_L \cdot (w_o' + w_{po}' + i_{po})$$

➤ Iz te enačbe izračunamo maso vlaka v gibanju:

$$Q = \frac{F_k - W_o' - M_L \cdot (w_{po}' + i_{po})}{w_o'' + w_{po}'' + i_p}$$

F_k – vlečna sila na obodu pogonskih koles vlaka v gibanju,

w_o'' – specifični upor vlaka (vagonov) pri premikanju,

w'_{po} – specifični upor vlečenega vozila med premikom,

i_{po} – upor proge, na katerem opazujemo premik,

W'_0 – skupni osnovni upor vlečnega vozila.

Pri vlakih, ki imajo veliko izpeljav, je potrebno upoštevati še upor pospeševanja, ki ga označimo z (w_a) in ga upoštevamo v enačbi:

$$Q = \frac{F_k - W'_0 - M_L (w'_{po} + i_{po} + w_a)}{w''_0 + w''_{po} + i_{po} + w_a}$$

V tem primeru je vlečna sila veliko večja od sile na kritičnih odsekih proge. Največkrat so sile izpeljevanja bistveno večje od ostalih sil.

5.1.9 Masa vlak v primeru vlečenja z več lokomotivami

Če ima vlak več lokomotiv, se masa vlaka določi po enačbi (lokomotive so lahko spredaj ali spredaj, zadaj ali spredaj in med vagoni):

$$Q = \frac{\sum F_k - \sum W'_0 - i_m \sum M_L}{w''_0 + i_m} \quad [t]$$

$\sum F_k$ – vsota vlečnih sil na obodu pogonskih koles vseh lokomotiv $[daN]$,

$\sum W'_0$ – vsota osnovnega upora lokomotiv $[daN]$,

$\sum M_L$ – masa vseh lokomotiv vlaka $[t]$.

Če med lokomotivami ni sinhronizirane povezave, brezžične ali z žico, se sila vleke zmanjša za 10 % pri vseh razen pri vozni lokomotivi.

Masa vlaka, ki jo dobimo na osnovi vlečne sile lokomotive, ki se istočasno nahaja na vlaku, ne more biti večja od mejne vlečne sile v dovoljenem času uporabe te sile. Tako s predolgo uporabo maksimalne sile ne poškodujemo vlečnih motorjev. Prav tako obstajajo omejitve na vlečnih kavljih, ki je 300 KN. Masa vlakov je še omejena s dovoljeno osno obremenitvijo tirov in z največjim dovoljenim številom osi in vrsto zavor ter s sposobnostjo zaviranja.

PRIMER:

Določite maso vlaka Q , podatki za vlak so:

$$F_k = 100\text{KN}; M_L = 80\text{t}; i_m = 2^\circ /_{oo}; w_o' = 6\text{daN}/\text{t}; w_o'' = 5\text{daN}/\text{t}$$

➤ Izračunamo s pomočjo enačbe:

$$Q = \frac{F_k - M_L(w_o' + i_m)}{w_o'' + i_m} = \frac{10000 - 80(6 + 2)}{5 + 2} = 1337,1\text{t}$$

Masa vlaka je $Q = 1337\text{t}$.



Študijski primer in v razmislek:

Pogoji proge so enaki; izračunajte silo vlaka F_k , če je masa vlaka

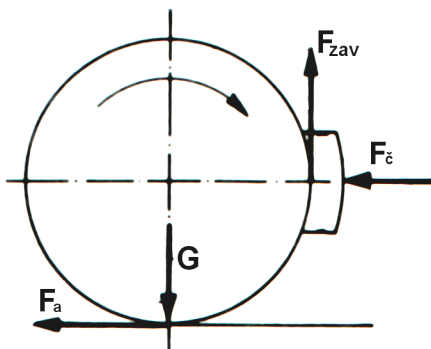
$$Q = 1800\text{ t}.$$

5.2 ZAVIRANJE VLAKOV

Pravilno zaviranje vlaka predstavlja enega izmed glavnih pogojev za njegovo nemoteno in varno vožnjo. Zaviranje mora potekati tako, da strojevodja lahko postopno ali v čim krajšem času vlak ustavi. Maksimalna hitrost in maksimalna dovoljena masa vlaka sta pogojeni z zmožnostjo zaviranja vlaka in z zavorno silo zavor. V normalnem procesu zaviranja strojevodja vlak zavira postopoma, s tem povečuje udobnost vožnje in varuje vlak. V primeru aktiviranja ročne zavore se mora vlak ustaviti čim prej. Začetek zaviranja zahteva določen čas od trenutka, ko je strojevodja pričel zavirati in ko je zavora začela v resnici delovati. Torej je proces zaviranja odvisen tudi od dolžine vlaka. Zakasnitveni čas je odvisen od vrste zavor; če so te elektropnevmatske, se čas zaviranja bistveno skrajša.

5.2.1 Zaviranje – zavorne sile

Že v enem izmed prejšnjih poglavij smo spoznali metodo izračuna zavorne sile vlaka in kako se ustvari zavorna sila na zavori:



Slika 23: Princip zaviranja na kolesu vagona

Vir: Čičak, 2000, 32.

To pomeni: če povečamo silo trenja, povzročimo delovanje sile, ki nasprotuje gibanju. Zaviranje s čeljustmi na kolo se uporablja večinoma na tovornih vagonih.

Zaviranje povzroči sila čeljusti F_{zav} in obtežba vlaka G . Tako dobimo:

$$k = \frac{F_{zav}}{G} \cdot 100 \quad [\%]$$

Sila zaviranja ne sme biti večja od adhezijske sile F_a .

$$F_{\check{c}} \cdot \mu_{zav} \frac{D}{2} \leq G \cdot \psi \frac{D}{2} \quad \Rightarrow \quad F_{\check{c}} \cdot \mu_{zav} \leq G \cdot \psi$$

Izračunamo:

$$\frac{F_{\check{c}}}{G} \leq \frac{\psi}{\mu_{zav}}$$

Če upoštevamo enačbo $k = \frac{F_{zav}}{G} \cdot 100$

in jo uporabimo v prejšnji enačbi, dobimo:

$$k \leq \frac{\psi}{\mu_{zav}} \cdot 100$$

D – premer kolesa,

μ_{zav} – koeficient trenja med čeljustjo in kolesom,

ψ – koeficient adhezije.

Iz zgoraj navedenega vidimo, da se kolo ne sme popolnoma zaustaviti. To bi se zgodilo, če bi bila zavorna sila večja od adhezijske.

Vrednost μ_{zav} je od 0,05 do 0,45; vrednost $\psi = 0,15$.

Če je koeficient adhezije $\psi = 0,15$ in koeficient trenja zaviranja $\mu_{zav} = 0,19$, je koeficient zaviranja:

$$k \leq \frac{\psi}{\mu_{zav}} \cdot 100 = \frac{0,14}{0,18} \cdot 100 = 77\%$$

To pomeni, da sila čeljusti na zavori ne sme biti večja, kot je 77 % sile obtežitve osi kolesa. Če bi bila ta zavorna sila večja, bi kolo blokiralo.

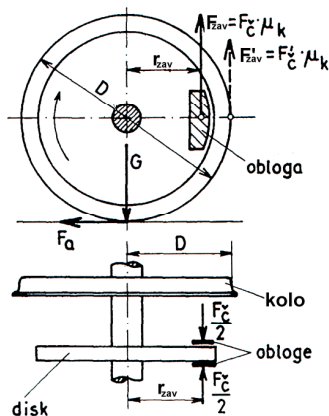
Za vozila veljajo povprečni koeficienti zaviranja v vrednostih:

- tovorna vozila 60 do 70 %,
- lokomotive.....40 do 50 %,
- potniški vagoni.....70 do 90 %.

Za vozila velikih hitrosti se vrednost tega koeficienta dvigne do 220 % pri hitrosti 160 km/h. Takšna vozila so opremljena še z dodatnimi napravami, ki jih bomo spoznali v naslednjih poglavjih. Bistvo teh naprav je, da regulirajo pritisk v zavornih cilindrih glede na hitrost vlaka. Enako velja: če se teža vagonov bistveno povečuje, se povečuje tudi pritisk zraka v zavornih cilindrih in s tem se poveča sila zaviranja.

Zavore z diski (diskaste zavore):

Na teh zavorah ne deluje zavorna sila na obod kolesa, temveč deluje na stranice diskov, to silo prenese na kolesa.



Slika 24: Prikaz delovanja sil v diskasti zavori

Vir: Čičak, 2000, 34.

Koeficient zaviranja:

$$k = \frac{F_{\check{c}}}{G} \cdot 100 \quad [\%]$$

Navor:

$$F_{zav} \cdot \mu_{zav} \cdot r_{zav} = F_{\check{c}}' \cdot \mu_{zav} \cdot \frac{D}{2}$$

Nato dobimo:

$$F_{\check{c}}' = F_{\check{c}} \cdot \frac{2r_{zav}}{D}$$

Nato uporabimo enačbo za k in dobimo:

$$k = \frac{2F_{\check{c}} \cdot \gamma_k}{GD_k} \cdot 100 \quad [\%]$$

γ_k – zavorni koeficient, ki se določa eksperimentalno za različne čeljusti in znaša od 1,088 do 0,756.

5.2.2 Zavorna masa

Na železnici poznajo pojem zavorna masa, ki določi učinek zaviranja. Na vozilih je veliko različnih prenosov sil na zavoro, torej obstajajo različni postopki doseganja sile na zavornjakih. Zavorna masa se izračuna ali izmeri za vsako vozilo posebej.

Za potniške vagonne velja pri hitro delujočih zavorah, da se »proizvede« sila zaviranja, ki traja 3 do 5 sekund. Nadzor se opravi z merjenjem poti zaustavitve vlaka, ki nastane pri hitrem zaviranju.

Iz poti, ki jo vlak naredi od začetka do konca zaviranja (l_z) na ravni in horizontalni progi, se določi kakovost zaviranja. Kako se ta preizkus izvede, predpisuje UIC-544. Na osnovi poti zaustavitve dobimo vrednost zaviranja, ki je:

$$\lambda = f(l_z, v)$$

Na osnovi merjenja določimo vrednost zaviranja (λ) iz ustreznega diagrama. Na osnovi tega se določi zavorna masa:

$$B = \frac{m \cdot \lambda}{100} \quad [t]$$

$m = Q$ – masa vlaka v celoti in masa lokomotive. Masa za en vagon je masa skupne mase celotnega vlaka deljeno s številom vagonov:

$m = q$ – če je opravljeno zaviranje z enim vagonom.

Za tovarne vlake traja zaviranje od 18 do 30 s. Zavore imajo počasno delovanje, zato vlaki ne smejo imeti večje hitrosti od 80 km/h. Za zavore izračunamo maso zaviranja po obrazcu, ki ga podaja UIC-544 in se glasi:

$$B = \frac{F_c}{9,81} n \frac{10}{7} \cdot \gamma$$

n – število zavornih čeljusti,

γ – zavorni koeficient, ki se določa eksperimentalno za različne čeljusti in znaša od 1,088 do 0,756 pri sili od 7850 N do 39350 N:

F_c – sila na eni čeljusti.

Sila F_c pri vrednosti $\gamma = 1,088 - 0,756$ je odvisna od časa polnjenja zavornega cilindra (od 20 do 60 sek).

5.2.3 Postopek zaviranja

Ta postopek je merilo učinka zaviranja vsakega vozila posebej:

$$\lambda = \frac{B}{q} 100 \quad [\%]$$

B – zavorna masa vozila $[t]$,

q – bruto masa vozila $[t]$.

Za celotni vlak velja:

$$\lambda = \frac{\sum B_i}{\sum q_i} = \frac{\sum B_i}{M_L + Q} \quad [\%]$$

$\sum B_i$ – seštevek vseh zavornih mas vlaka,

$\sum q_i = M_L + Q$ – seštevek vseh bruto mas vagonov.

Zavorni postopek mora biti v tem primeru večji od potrebnega ali enak predpisanemu postopku. Odstotek zaviranja je podan ob vsakem vlaku in se upošteva pri sestavi voznega reda. Določa se po delu proge, kjer je največji padec, in glede na del proge, kjer je največja dovoljena hitrost. Z dovolj veliko zavorno maso zagotavljamo kakovostno zaviranje. Potrebni odstotek zaviranja dobimo iz tabel, ki podajajo odvisnost zavorne poti od poti zaustavljanja na mestu največjega padca, odvisne od maksimalne hitrosti in od vrste zavor.

Tako imamo oznake:

RP – zračno zaviranje hitrega delovanja,

G – zračno zaviranje počasnega delovanja.

PZM (potrebna zavorna masa) se izračuna po enačbi:

$$PZM = \frac{(M_L + Q)}{100} \quad [t]$$

Tako imamo v praktičnih primerih največkrat primerjavo med potrebno zavorno maso (PZM) in resnično zavorno maso (RZM). Pri tem naj velja:

$$RZM \geq PZM$$

Ta pogoj pove, da je zavorna masa dovolj velika in da je vlak sposoben dovolj kakovostno zavreti.

PRIMER:

Pomen oznak: λ – vrednost zaviranja, q – masa enega vagona, M_L – masa lokomotive, Q_V – masa vseh vagonov, n – število zavornih čeljusti.

Izračunajte manjkajoče vrednosti in pojasnite izračunan rezultat.

Zaporedna številka	$\lambda = \frac{B}{q} \cdot 100\%$ (%) $Povp = \frac{RZM}{SM} \cdot 100\%$ $PZM = \frac{(M_L + Q) \cdot p}{100}$ <i>Potrebni zavorni odstotek (glej tabelo – Navodilo 233 S Ž):</i> <i>za hitrost $v = 80$ km/h,</i> <i>potrebna zavorna razdalja 700 m</i> <i>in predviden padec 10 ‰;</i> <i>potrebujemo $p = 61\%$ zavorno maso, to pomeni</i> $Povp = \frac{PZM}{RZM} \cdot 100$									
	Število vagonov n	Masa vagonov q(t)	Zavorni koeficient γ (odvisen od vagona)	Zavorna sila(KN) na posamezno čeljust (odvisna od vagona)	Število zavornih čeljusti po vagonu	Skupna masa (t)	Zavorna masa za posamezni vagon (t) $B = \frac{F_c}{981} \cdot n \cdot \frac{10}{7} \gamma$	Za št. posameznih vagonov $Bs = n \times E$ (RZM) Resnična zavorna masa		
		$\sum(M_L + Q)$					Za posamezni vagon	Resnična zavorna masa		Potrebna zavorna masa
1	5	25x5	0,78	24	8	125	21,81	109	87,2	76,25
2	4	20x4	0,8	31,2	4					
3	3	30x3	0,9	20,8	8					
4	2	32x2	1	22,1	8					
5	4	28x4	0,81	19,5	8					
lok	1	70x1	0,8	31,2	8					
Σ	$\Sigma = 19$	$\Sigma = 541$							Pop = %	Pop = %



Študijski primer in v razmislek:

Pojasnite, kaj pomeni $RZM > PZM$.

Pojasnite, kaj pomeni $PZM > RZM$.

5.2.4 Pot zaustavljanja

To je pot od trenutka zaviranja do zaustavitve.

$$l_z = l_{za} + l_{zz} \quad [m]$$

l_{za} – pot v času, ko je strojevodja zaznal, da mora zavirati, do začetka resničnega zaviranja (dotikanja zavornjakov na kolo),

l_{zz} – pot v času začetka naleganja zavornjakov na kolo do zaustavitve vlaka.

Na poti zaustavitve vlak porabi določen čas zaviranja:

$$t_z = t_{za} + t_{zz} \quad [s]$$

Čas t_{za} je sestavljen iz časa reagiranja strojevodje t_s in časa reagiranja zavore t_{rz} :

$$t_{za} = t_s + t_{rz} \quad [s]$$

V času t_{za} je zavora resnično začela zavirati. To je čas, ko je strojevodja zaznal znak »stop« in so zavore začele zavirati.

Čas reagiranja strojevodje je od 1 do 2 sekundi, odvisen je od individualnih sposobnosti strojevodje.

Čas reagiranja zavor je odvisen od vrste in kakovosti zavornih sistemov. Hitrost je odvisna od začetka zaviranja, upoštevamo vsoto vseh prej omenjenih časov, pri poti pa vsoto vseh prej omenjenih poti, do zaustavitve vlaka. Ta hitrost, s tem pa tudi opravljena pot, je odvisna od hitrosti prenosa zraka pod pritiskom do zavornih valjev. Hitrost »potovanja« zraka imenujemo prebojna hitrost in znaša:

- 100 do 150 m/s za običajne zračne zavore,
- 250 m/s za elektropnevmatske zavore.

Vrednost tega časa je:

$$t_{zk} = t_{dt} + t_{mp} \quad [s]$$

t_{zk} – čas začetka zaviranja zaradi prehoda zraka do zavornih cilindrov,

t_{dt} – čas dobivanja (naraščanja) tlaka,

t_{mt} – čas od doseganja maksimalnega tlaka in do zaustavitve vlaka.

Čas naraščanja tlaka (t_p) je odvisen od vrste zavor. Za potniške vlake je od 3 do 5 sekund, za tovarne vlake znaša od 18 do 30 sekund.

Čas zaustavljanja mora biti krajši od predpisanega, enako velja za dolžino zavorne poti.

PREDPISANE DOLŽINE ZAVIRANJA SO:

- **1000 m za glavne proge,**
- **700 m za ostale proge,**
- **400 m za vozila, ki vzdržujejo progo.**

Tudi na nekaterih glavnih progah pa železnica dovoljuje 1300 ali 1500 m zaustavitvene poti.

Če sedaj v te enačbe vstavimo enake vrednosti kot pri pospešenem gibanju, dobimo:

$$l_{zav} = \frac{4,29 \cdot v_1^2}{w_0 \pm w_i + f_{zav}} \quad [m] \text{ približna pot zaviranja}$$

Točnost izračuna povečamo s tem, da povečamo število odsekov. Kakovostno je možno to enačbo uporabiti s pomočjo računalnika.

$$\text{čas } \Delta t = \frac{0,515(v_2 - v_1)}{(f_k - w_n)_s} \quad [\text{min}]. \text{ To je enačba za čas, razlika med pospeševanjem in}$$

zaviranjem je v tem, da je $v_2 < v_1$.

Po priporočilih UIC za potniške vagoni s 60 osmi, ki uporabljajo zavore (P) ali ® (rapidne zavore) in zavirajo pri hitrosti 70 do 160 km/h, uporabimo enačbo:

$$l_{zav} = \frac{\varphi \cdot v^2}{0,0109375\lambda + 0,127 + 0,235(\pm i) \cdot \varphi} \quad [m]$$

v – hitrost pri začetku zaviranja,

λ – odstotek zaviranja vlaka, v %,

i – nagib proge (+ za vzpon, – za padec),

φ – koeficient, ki je odvisen od hitrosti:

- pri 70 km/h je $\varphi = 0,0611$,
- pri 160 km/h je $\varphi = 0,0756$.

Če želimo dobiti natančne rezultate, moramo upoštevati, katere zavore uporabljamo na opazovanem vlaku.

POVZETEK POGLAVJA

Kakovost tehničnih sredstev železniškega prometa je odvisna od vseh sredstev, ki so udeležena v prometu. To pomeni, da bo železnica optimalno delovala, če bodo na primernih tirih opravljala promet primerna vozna sredstva. Za propustnost prog so zavore enako pomembne kot vlečni motorji, s stališča varnosti pa so zavore pomembnejše.

PRIMER (približni izračun):

Vlak vozi s hitrostjo $v = 70 \text{ km/h}$, nagib proge je $i = \pm 10^\circ /_{oo}$, $\lambda = 55\%$

➤ uporabimo enačbo $i = +10^\circ /_{oo}$

$$l_{zav} = \frac{\varphi \cdot v^2}{0,0109375 \lambda + 0,127 + 0,235(\pm i) \cdot \varphi} = \frac{0,0611 \cdot 70^2}{0,0109375 \cdot 55 + 0,127 + 0,235 \cdot 10 \cdot 0,0611} = 343,279 \text{ m}$$

➤ uporabimo enačbo $i = -10^\circ /_{oo}$

$$l_{zav} = \frac{\varphi \cdot v^2}{0,0109375 \lambda + 0,127 + 0,235(\pm i) \cdot \varphi} = \frac{0,0611 \cdot 70^2}{0,0109375 \cdot 55 + 0,127 - 0,235 \cdot 10 \cdot 0,0611} = \frac{299,39}{0,585} = 511,77 \text{ m}$$

**Študijski primer in v razmislek:**

Izračunajte:

- če vlak pelje po klancu navzgor in $v = 40 \text{ km/h}$;
- če vlak pelje po klancu navzdol in $v = 40 \text{ km/h}$.

Primerjajte rezultate.

Vprašanja za razmislek in preverjanje znanja

1. Kaj vpliva na hitrost vlakov?
3. Skicirajte kolesno zavoro in s pomočjo skice napišite enačbe.
4. Skicirajte diskasto zavoro in s pomočjo skice napišite enačbe.
6. Pojasnite, kaj je zavorna masa.

Dodatna literatura za študij

- 1) Crnjac, A., in Crnjac, P. Vleka in transportna sredstva: I. del, Univerza v Mariboru, 1996.
- 2) Čičak, M. Vleka vlakov: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, 2000.
- 3) Navodilo 233: JŽ, Zaviranje vlakov, 1988.
- 4) Pravilnik o zavorah, varnostnih napravah in opremi železniških vozil: 231 JŽ, 1988.
- 5) Srebrnič, M., in Srebrnič, M. Vlečna in transportna sredstva železniškega prometa, 2002.
- 6) Šida, S. Vuča vozova: Viša železnička škola – Beograd, 1977.
- 7) Širec, F. Dizelska električna lokomotiva: Slovenske železnice, 1992.

6 PORABA ENERGIJE PRI VLEKI VLAKOV

V tem poglavju boste spoznali:

- Porabo energije električne vleke.
- Porabo energije dizelske vleke.

Ob koncu poglavja boste

- s pomočjo izračunov porabe energije električne in dizelske vleke poznali povezavo med vrsto vleke, med pogoji na progi ter med porabo energije.

UVOD V POGLAVJE

Premik predmeta iz točke A v točko B je omogočen samo s porabo energije.

Če želimo opraviti delo, potrebujemo energijo, ki jo s pomočjo ustrezne naprave spremenimo v delo. To pomeni: če želimo povzročiti vrtenje elektromotorja, potrebujemo električno energijo; ko se vrtil rotor, se ta energija porabi.

Energija ima svojo ceno, zato si ne moremo privoščiti neracionalnega ravnanja z njo, saj prevelika poraba povzroča prevelike stroške. Torej se moramo obnašati gospodarno.

6.1 SPLOŠNO O PORABI NA ŽELEZNICI

Poraba pogonske energije se določi po posameznih stopnjah glede na režim dela lokomotiv.

▪ VOŽNJA VLAKA

Med vožnjo se uporabljajo različni režimi vožnje:

- premikanje v sistemu vleke, ko potrebuje vlečno sredstvo največjo moč pri ustrezni hitrosti;
- premik v sistemu, ko lokomotiva uporablja omejeno moč, ne maksimalne;
- premik v sistemu izključitve vseh pogonskih moči, vlak se premika zaradi vztrajnosti ali zaradi nagiba proge;
- premik zaradi naklona proge in izključitve motorjev, uporabljajo se zavorni sistemi.

Ko lokomotiva vleče vlak, se porabi največ energije, vendar vlak ne potrebuje vedno maksimalne moči. V sistemu vleke so na progi padci in vzponi ter različne omejitve hitrosti na različnih delih proge. Torej je lahko na razdalji med točkama A in B različna poraba energije na posameznih odsekih.

6.1.1 Poraba energije na vlakih z dizelskimi motorji

Moč motorja, ki jo potrebuje vlak na posameznem odseku, se uravnava/regulira s pomočjo prestavnega razmerja med motorjem in kolesom ter z doziranjem goriva. Torej je poraba odvisna od režima vožnje v časovni enoti.

Tako velja:

$$\Delta G = g(r) \cdot \Delta t \quad [kg]$$

ΔG – poraba goriva na odseku vožnje,

$g(r)$ – poraba goriva pri določenem režimu vožnje na opazovanem odseku, pogojena je s položajem kontrolerja na tem delu proge.

Potrošnja goriva pri izpeljevanju vlaka je drugačna kot med vožnjo na ravnem odseku. Ker poznamo progo na opazovanem odseku, s tem pa tudi potrebno mehansko delo, lahko na osnovi tega izračunamo predvideno porabo energije:

$$PG = \frac{PE}{102180 \cdot p_k \cdot \eta_d \cdot 0.981} \quad [kg/10MJ]$$

Če vzamemo vrednost potrebne energije ($PE=10MJ$), dobimo porabo goriva na 1 MJ porabljene energije. Če vstavimo vrednost v prejšnjo enačbo, dobimo porabo goriva za delo 10 MJ:

$$PG = \frac{10^6}{102180 \cdot 42 \cdot 0,27 \cdot 0,981} \approx 0,85 \quad [kg/10MJ]$$

PE – potrebna poraba energije, v MJ,

PG – poraba goriva za dela po PE ,

102180 – ekvivalent enote toplotnega in mehničnega dela,

η_d – izkoristek dizelskega vlečnega vozila znaša od 0,25 do 0,28,

p_k – kalorična moč je približno 42 MJ/kg.

Če sedaj to pretvorimo v porabo mehanske energije na določenem odseku, dobimo:

$$\Delta PG = \frac{F_v^{povp} \cdot PG}{10^6} \cdot \Delta l \quad [kg]$$

F_v^{povp} – povprečna sila na opazovanem odseku.

Poraba goriva na celotnem odseku je vsota vseh posameznih porab goriva:

$PG_s = \sum PG$ – skupna poraba goriva na progi od točke A do točke B.

▪ SPECIFIČNA PORABA GORIVA »SP«

Iz specifične porabe goriva za posamezno vozilo dobimo:

$$\Delta PG = 278 \cdot 10^{-5} \frac{SP \cdot F_{vl}^{povp}}{10^6 \eta} \cdot \Delta l \cdot \gamma \quad [kg]$$

SP je specifična poraba goriva, iz te vrednosti izračunamo:

γ – koeficient dodatne potrošnje, na primer generator za napajanje potniških vagonov, ventilatorji (vrednostno povprečno okrog 1,06);

η – izkoristek od dizelskega motorja do koles (vrednostno okrog 0,78).

Če vstavimo te vrednosti v enačbo, dobimo:

$$\Delta PG = 378 \cdot 10^{11} SP \cdot F_v^{povp} \cdot \Delta l \quad [kg]$$

Ko je prosti tek motorja, upoštevamo minimalno potrošnjo goriva, torej velja:

$$\Delta PG = SP_{\min} \cdot \Delta t \quad [kg]$$

To je vožnja po hribu navzdol, ko samo zaviramo.

PRIMER:

DEM vleče s povprečno silo $F_v = 50kN$. Kolikšna bo poraba dizelskega goriva na razdalji 100km?

$$\Delta G = \frac{F_v \cdot PG}{10^6} = \frac{50 \cdot 10^2 \cdot 0,85}{10^6} \cdot 10^5 = 425kg$$



Študijski primer in v razmislek:

Vlak vozi s silami:

- a) $F_v = 40\text{KN}$ na razdalji 20 km,
- b) $F_v = 30\text{KN}$ na razdalji 40 km,
- c) $F_v = 50\text{KN}$ na razdalji 40 km.

Seštejte vrednosti porabe na posameznih odsekih in vsoto primerjajte z izračunom v primeru.

6.1.2 Poraba električne energije

Moč električne energije, ki jo privedemo do lokomotive, je:

$$P[W] = U[V] \cdot I[A]$$

V našem primeru je U napetost kontaktne mreže.

Porabljeno delo je:

$$A = P \cdot t \quad [Ws]$$

Pretvorba v $[KWh]$

$$A = \frac{U}{60 \cdot 1000} \sum_{t_1}^{t_2} I \cdot \Delta t \quad [KWh]$$

Tok ni ves čas konstanten, temveč se spreminja glede na potrebno vlečno silo na posameznem odseku, za napetost upoštevamo konstantno ($U = 3000V$) in vstavimo v enačbo:

$$A = \frac{3000}{60 \cdot 1000} \cdot \sum_{t_1}^{t_2} I \cdot \Delta t = 0,05 \sum_{t_1}^{t_2} I \cdot \Delta t \quad [KWh]$$

Pri kontaktni mreži enosmerne napetosti uporabimo nazivno napetost ($3000V$), tok izračunamo v odvisnosti od vlečne sile:

$$U \cdot I = \frac{F_v \cdot v}{0,36 \cdot \eta} \quad [W]$$

η – izkoristek pogonov v sistemu vleke, ki znaša približno 30 %,

v – hitrost v $[km/h]$,

F_v – vlečna sila $[daN]$,

Ker je nazivna napetost v Sloveniji 3000 V, lahko izračunamo:

$$I = \frac{F_v \cdot v}{0,36 \cdot U \cdot \eta} \quad [A]$$

$$I = \frac{F_v \cdot v}{0,36 \cdot 3000 \cdot 0,3} \approx \frac{F_v \cdot v}{1000} \quad [A]$$

Kadar zaviramo s pomočjo reverzibilnega delovanja vlečnih motorjev, se motor spremeni v generator, mehansko energijo pretvarja v električno ter s tem zavira vlak.

U_r – (3300V) je napetost, ki jo proizvede motor kot generator in znaša približno 3300V. Ta napetost je višja od pogonske zaradi možnosti vračanja v omrežje:

$$A_r = \frac{U_r}{60} \cdot 10^{-3} \sum I_r \cdot \Delta t \quad A_r = \frac{3300}{60 \cdot 1000} \cdot \sum I_r \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta A_r = 0,055 \cdot I_r \cdot \Delta t \quad [KWh]$$

Poraba energije, proizvedene v lokomotivi, na pantografu znaša:

$$A_r = \frac{1}{60} \sum P_r \cdot \Delta t \quad [KWh]$$

$$A_{kr} = \frac{A_r}{\eta_{mr} \cdot \eta_{mot}} \quad [KWh]$$

A_{kr} – energija zaviranja na kolesih lokomotive,

A_r – reverzibilna energija na sponkah motorja,

η_{mr} – izkoristek energije v reverzibilni mreži, ki znaša 0,92 do 0,94 pri enosmernem toku in 0,96 do 0,98 pri izmeničnem toku,

η_{mot} – izkoristek motorja v reverzibilnem delovanju, vrednost je od 0,9 do 0,92 pri enosmernem toku in od 0,85 do 0,86 pri izmeničnem toku,

η_{nap} – izkoristek napajalnih postaj je od 0,95 do 0,96.

Za 10 MJ energije mehanskega dela upoštevamo:

$$SP_r = \frac{2,778}{\eta_{vv} \cdot \eta_{mr} \cdot \eta_{pot}} = \frac{2,778}{0,90 \cdot 0,93 \cdot 0,94} = 3,65 KWh / 10 MJ - \text{enosmerna napetost}$$

SP_r – je specifična poraba energije v reverzibilnem delovanju, iz te vrednosti izračunamo:

2,788 – ekvivalent 10 MJ dela v KWh.

V isto enačbo vstavimo vrednosti za izmenično napetost:

$$SP_r = \frac{2,778}{\eta_{vv} \cdot \eta_{mr} \cdot \eta_{pot}} = \frac{2,778}{0,85 \cdot 0,97 \cdot 0,96} = 3,51 kWh / 10 MJ$$

Če to razvijamo naprej, lahko izračunamo porabo mehanske energije:

$$AM_r = \frac{(w_0 + i_e)(M_L + Q)}{100} \cdot \Delta l = \frac{F_v^{zr} \cdot \Delta l}{100} \quad [MJ]$$

$$\Delta A_r = \frac{F_v^{zr} \cdot \Delta l}{100} \cdot SP_r$$

AM_r – poraba mehanske energije,

w_0 – specifični upor premikanja vlaka $[daN/t]$,

i_e – ekvivalentni upor proge, ki zajema zraven nagiba še upor predora in upor polmera,

M_L – masa lokomotive $[t]$,

Q – masa vlaka $[t]$,

F_k^{zr} – vlečna reverzibilna sila $[daN]$, ki je enaka srednji hitrosti na poti $\Delta l [km]$,

SP_r – specifična poraba energije v reverzibilnem delovanju.

Skupno potrošnje energije izračunamo kot vsoto potrošnje energije za vleko in vsoto proizvodnje električne energije pri reverzibilnem delovanju.

$$A_v = \sum \Delta A$$

Če pelje vlak v režimu prostega teka lokomotive, je poraba električne energije samo na pomožnih napravah.

POVZETEK POGLAVJA

Kakovost tehničnih sredstev železniškega prometa se ocenjuje kot rezultat odnosa vseh sredstev, ki so udeležena v prometu. To pomeni, da bo železnica optimalno delovala, če bodo na primernih tirih opravljala promet primerna vozna sredstva. Za propustnost prog so enako pomembne zavore in vlečni motorji, s stališča varnosti pa so zavore pomembnejše.

PRIMER:

Vlak pelje s pomočjo električne lokomotive s povprečno silo $F_v = 50 \text{ kN}$ na poti dolžine $\Delta l = 100 \text{ km}$ s povprečno hitrostjo $v = 50 \text{ km/h}$. Izračun naredimo za enosmerno napetost $U = 3000 \text{ V}$.

a) Kolikšna je poraba električne energije?

➤ izračunamo vrednost električnega toka

$$I = \frac{F_v \cdot v}{1000} = \frac{5000 \cdot 50}{1000} = 250 \text{ A}$$

➤ izračunamo čas, v katerem bo vlak prevozil pot

$$\Delta t = \frac{\Delta l}{v} = \frac{100}{50} = 2 \text{ h}$$

➤ izračunamo porabo energije

$$\Delta A = U \cdot I \cdot t = 250 \cdot 3 \cdot 2 = 1500 \text{ kWh}$$

b) Na drugem delu tira zavira vlak s povprečno zavorno silo $F_v^{zr} = 30 \text{ kN}$ in je opravił zavorno pot $\Delta l = 700 \text{ m}$. Kolikšna je energija, ki jo je vlak povrnil v obliki reverzibilne energije?

➤ izračunamo po enačbi

$$\Delta A_r = \frac{F_k^{zr} \cdot \Delta l}{100} \cdot SP = \frac{3000 \cdot 0,7}{100} \cdot 3,51 = 73,71 \text{ kWh}$$

S pomočjo reverzibilne energije smo dobili 73,71 kWh električne energije.

**Študijski primer in v razmislek:**

- Primerjajte, koliko energije je lokomotiva oddala in koliko je je porabila.
- Vlak se je ustavil. Katere sile mora premagati, da doseže želeno hitrost, če izpeljuje na ravnem tiru?

Pojasnite, zakaj vlak porabi več energije, ko pospešuje, kot če zavira.

Vprašanja za razmislek in preverjanje znanja

- Nštejte, od česa je odvisna poraba dizelskega goriva.
- Kaj je reverzibilna energija pri električni vleki in kako jo proizvedemo?

Dodatna literatura za študij

- 1) Crnjac, A., in Crnjac, P. Vleka in transportna sredstva: I. del, Univerza v Mariboru, 1996.
- 2) Čičak, M. Vleka vlakov: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za pomorstvo in promet, 2000.
- 3) Navodilo 233: SŽ, Zaviranje vlakov, 1988.
- 4) Srebrnič, M., in Srebrnič, M. Vlečna in transportna sredstva železniškega prometa, 2002.
- 5) Šida, S. Vuča vozova: Viša železnička škola – Beograd, 1977.

7 STANDARDI IN STANDARIZACIJA

V tem poglavju boste spoznali

- Pomen tehniških standardov za železniška vozna sredstva.

Ob koncu poglavja:

- boste razumeli standarde,
- spoznali in razumeli boste način označevanja železniških tovornih in potniških sredstev.

UVOD V POGLAVJE

Kot za vsa tehnična sredstva velja tudi za železniška vozila, da morajo biti narejena in vzdrževana v skladu s standardi.

Za železniška vozila so osnova mednarodni standardi, ki jih je določila Mednarodna železniška zveza UIC s sedežem urada v Parizu. Standardi podrobno opisujejo tehnične lastnosti vozil.

Mednarodna železniška zveza UIC je sprejela standarde za mednarodno izmenjavo potniških in tovornih vagonov. Režim izmenjave potniških vagonov določa »RIC«, izmenjavo tovornih vagonov pa »RIV«.

7.1 POTNIŠKI VAGONI

Mednarodno izmenjavo potniških vagonov določa Sporazum o izmenjavi potniških vagonov v mednarodnem prometu RIC, ki velja od 1. januarja 2001. Sporazum zajema uvrščanje in izročanje vagonov, oskrbo vlakov, obravnavanje nepravilnosti, kompenzacije in obračun storitev vozil, tehnična določila o vagonih, napise na vagonih in sporočila z označevanjem rezerviranih mest ter oznako in poti vagona.

7.1.1 Tehnična določila o potniških vagonih

Vsa vozila, ki se uporabljajo v okviru »Sporazuma o izmenjavi in uporabi potniških vagonov v mednarodnem prometu«, so označena z oznako RIC. Ta pomeni tehnično ustreznost vagona glede na pogoje Mednarodne železniške zveze UIC. Vagoni med določenimi železniškimi prometnimi podjetji (ŽPP) pa se lahko izmenjujejo tudi, če vagon zahtevam zveze UIC ne ustreza, vendar se o njegovi uporabi ŽPP med seboj dogovorita (npr. HŽ in SŽ). ŽPP morajo v primeru uporabe novih vagonov oziroma uporabe novih sklopov na vagonih o tem obvestiti vse ŽPP, kjer bo vagon vozil, in po potrebi omogočiti ustrezno seznanitev vseh delavcev, ki s temi vagoni ravnaajo. Posebej je potrebno opozoriti na ravnanje z električnimi in s klimatskimi napravami.

Vagoni v prometu morajo biti v stanju, ki ustreza priznanim tehničnim standardom. Potniške vagone je potrebno redno vzdrževati. Za vzdrževanje je odgovoren lastnik vagona. Zagotavljati je potrebno, da lahko vagon stalno vozi z navedenimi hitrostmi, da je varen in da zagotavlja primerno udobje za potnike. Za vsak vagon pa se vodi »Dnevnik nepravilnosti na vagonu«, v katerega se vpisujejo vse nepravilnosti med vožnjo vagona. Vpisati je potrebno tudi pomanjkljivosti, ki jih je uporabnik ŽPP odpravil.

Predpisi UIC predpisujejo minimalno kakovost delov železniških sredstev; deli, na katere moramo biti posebej pozorni, so:

- **KOLESNE DVOJICE**

Pri kolesnih dvojicah je določen razmak med kolesoma pri praznem ali naloženem vagonu, določena je tudi debelina sledilnega venca kolesa. Na tekalni površini ne sme biti:

- vdolbin,
- ploskih mest, ki bi bila daljša od 60 mm,
- nobenih oblog, katerih dolžina bi presegala 60 mm ali debelino 1 mm,
- nobenih razpok na prehodu med tekalno in čelno površino.

Poškodbe na tekalni površini (drobljenje, luknje, luščenje, cepljenje) ne smejo presegati dolžine 60 mm. V primeru oblog in nanosov materiala je potrebno izločiti zračno zavoro in vagon ustrezno označiti. Posebej pomemben je nadzor: osnih ležajev, podstavnih vozičkov, vlečnih – odbojnih naprav, dovajanja stisnjenega zraka, kakovosti zavor, sprožilnikov zaviranja v sili, ročne zavore, zavorne opreme, zavornih spojnih cevi, vrat, oken, sklepnih signalov in električne opreme. Ta oprema se zaradi velikega pomena pri delovanju vagona redno periodično pregleduje (sprotni, mesečni pregledi...)

7.2 NAPISI NA VAGONIH

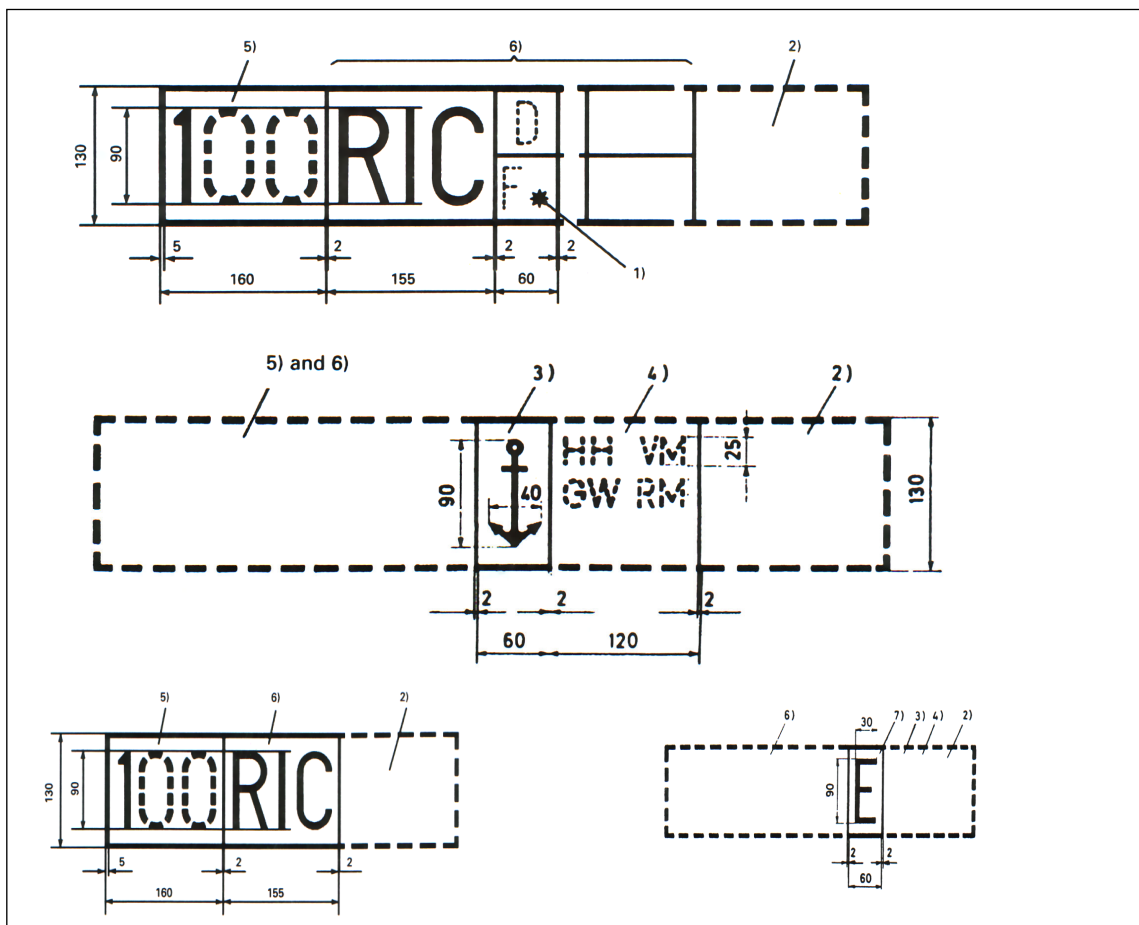
Napisi na vagonih zunaj ali znotraj podajajo najpomembnejše podatke o vagonu in nas opozarjajo na različne nevarnosti.

7.2.1 Zunanji napisi

Na vagonih morajo biti na obeh straneh dobro vidni napisi in znaki, ki morajo biti napisani v jeziku države lastnika, ŽPP, z latiničnimi črkami in arabskimi številkami. Napisi in znaki morajo biti vedno vidni.

Na vagonih morajo biti napisi in znaki, ki so navedeni v nadaljevanju:

- ⇒ ¹ Znak lastnika ŽPP, kateremu vagon pripada; zasebni potniški vagoni imajo ustrezne oznake svojega lastnika.
- ⇒ *Enotna 12-mestna razpoznavna številka v skladu z UIC, ki označuje:
 - način izmenjave, v katerem vagon vozi v mednarodnem prometu,
 - ŽPP, kateremu pripada vagon ali ki ga je registriral kot zasebni potniški vagon,
 - značilnosti obratovanja vagona,
 - zaporedna številka vagona v okviru serije,
 - kontrolna številka.
- ⇒ *Enega od naslednjih znakov RIC:



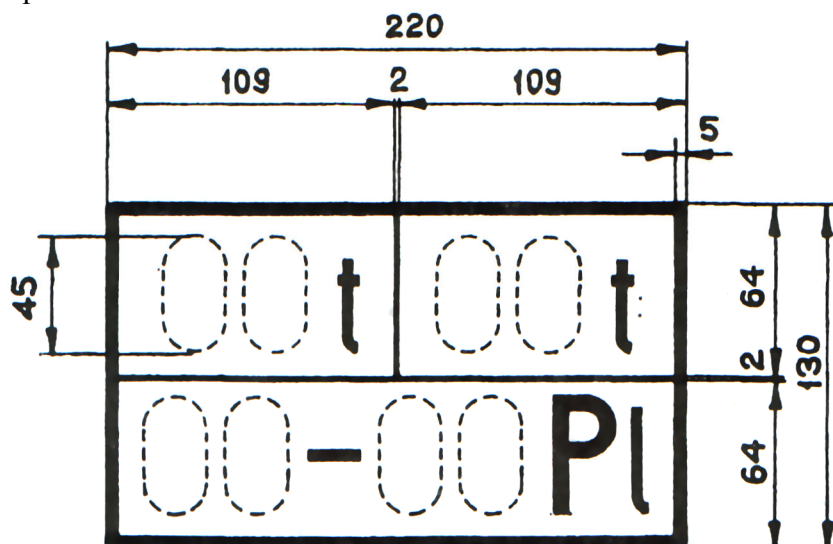
Slika 25: Napisi RIC

Vir: RIC, priloga V/2, točka 38, 2001.

¹ * Če te oznake ni, se vagon zavrne.

- 1) Znak * imajo vagoni, ki ne ustrezajo posebnim določilom ŽPP za posamezne proge,
- 2) napisi za oskrbo z energijo,
- 3) vagon ustreza splošnim pogojem za prehod na trajekt,
- 4) skrajšana oznaka za trajektno linije, za katere je vagon ustrezen,
- 5) največja hitrost v km/h, s katero lahko vagon vozi,
- 6) znak RIC,
- 7) dodaten znak za vagon, ki ustrezajo za prehod na RENFE (španske železnice) in CP (portugalske železnice).

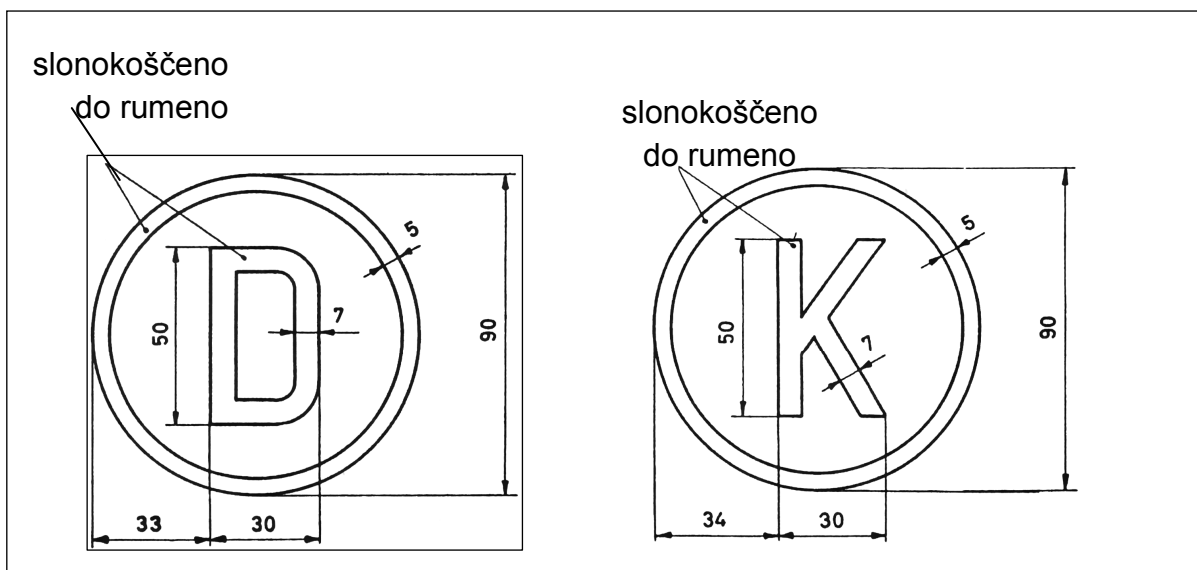
- ⇒ Znak RIC se lahko na vagon napiše ne glede na njegov sistem napajanja z energijo, če ustreza vsem drugim pogojem za napis tega znaka.
- ⇒ *Neto masa, vključno s 50% zalogo vode (levo zgoraj) kot tudi skupna masa (desno zgoraj) v tonah in število sedežev (spodaj) – leva številka označuje število sedežev v oddelkih A (če teh oddelkov ni, potem je samo ena številka); pri prtljažnih in poštnih vagonih je namesto števila sedežev navedena dopustna obremenitev v tonah; potniški vagoni, ki imajo še prtljažni del, imajo spodaj na levi napisano število sedežev, spodaj desno pa dopustno obremenitev v tonah.



Slika 26: Oznaka mase vagona in sedežev

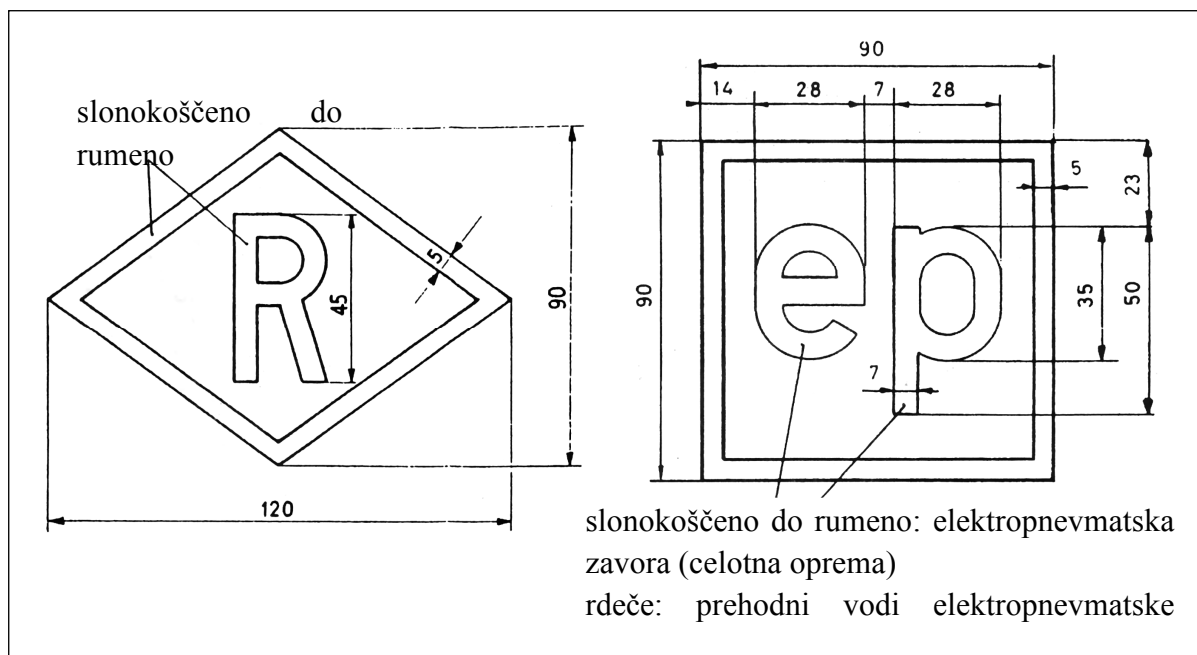
Vir: RIC, priloga V/3, točka 38, 2001.

*Za zračno zavoro je potreben napis glede na vrsto zavore.



Slika 27: Levo – oznaka za kolutni zavornjak; desno pa – kompozitni zavornjak.

Vir: RIC, priloga V/4, točka 38, 2001.

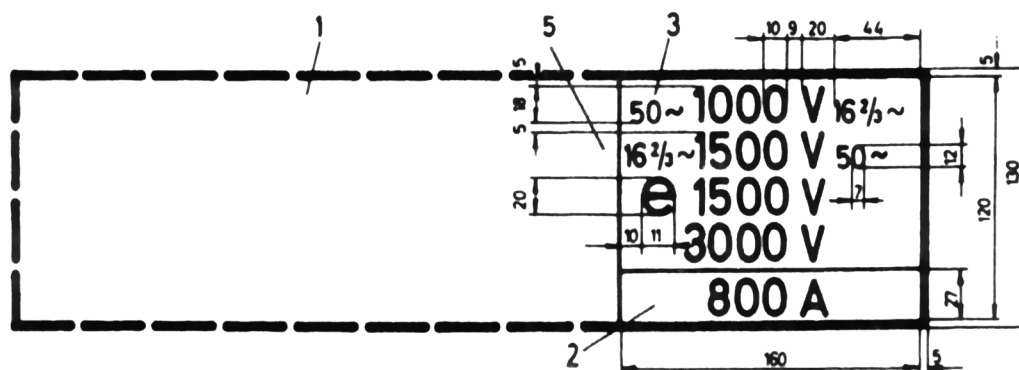


Slika 28: Levo – znak za zavoro velike moči (odstotek zavorne mase od 150 % do 170%); desno – elektropnevmatska zavora

Vir: RIC, priloga V/4, točka 38, 2001.

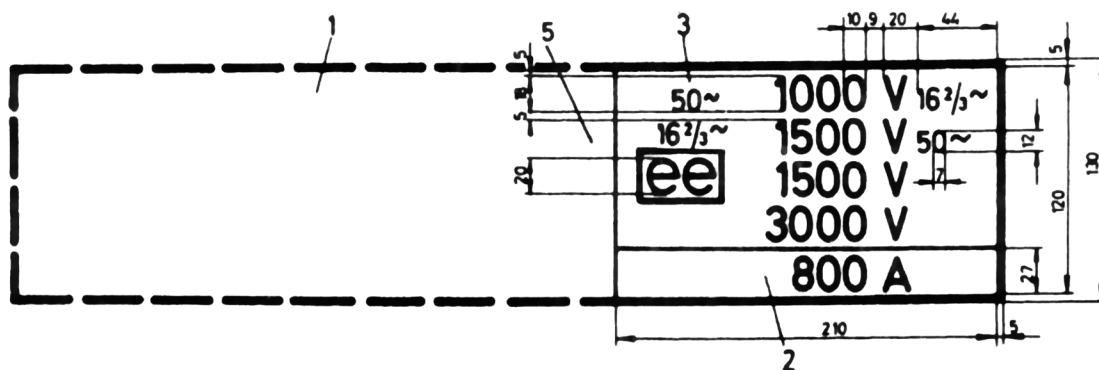
- ⇒ Pri vagonih s sedeži in z ležalniki se navede oznaka razreda, na stranskih stranicah neposredno pod streho vagona pa je potrebno narediti še približno 100 mm debelo rumeno črto (če je iz barve in oznake vagona razvidno, da gre za vagon 1. razreda, se rumeni pas lahko opusti).

- ⇒ *Pri vagonih za prevoz carinskega blaga z več medsebojno ločenimi oddelki morajo biti na vsakem izmed teh oddelkov črke (A, B), če vagon nima stranskega hodnika.
- ⇒ Za označevanje napajanja z energijo so potrebni napisi (polje, označeno z 1, vsebuje znake in napise RIC).



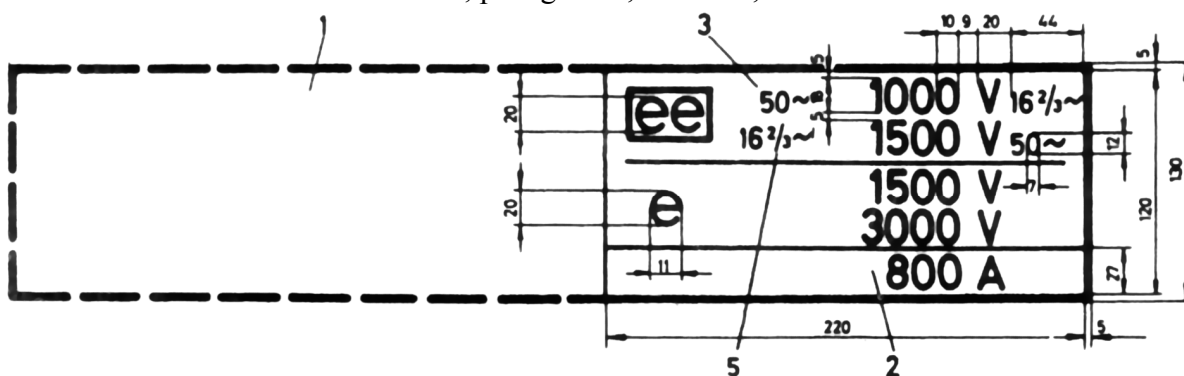
Slika 29: Vagoni, pri katerih se samo gretje oskrbuje iz glavnega električnega voda, baterije se polnijo z osnim generatorjem

Vir: RIC, priloga V/6, točka 38, 2001.



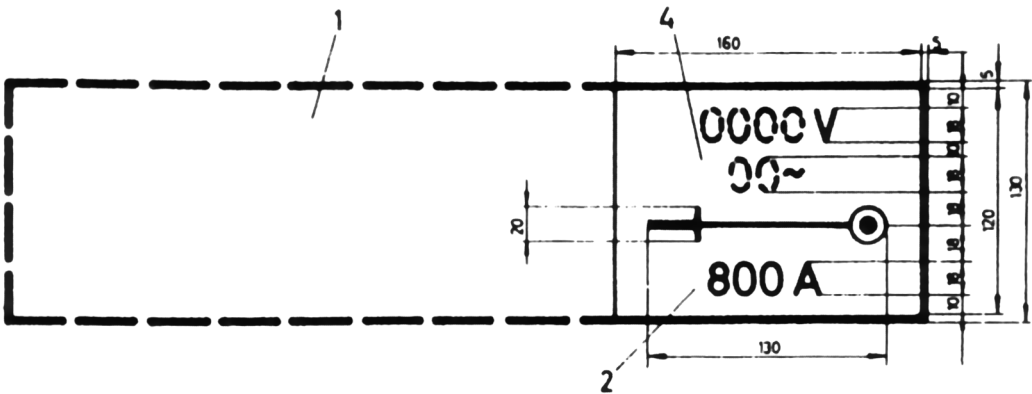
Slika 30: Vagoni s centralnim električnim napajanjem porabnikov iz glavnega električnega voda, še posebej to velja za polnjenje baterij

Vir: RIC, priloga V/6, točka 38, 2001.



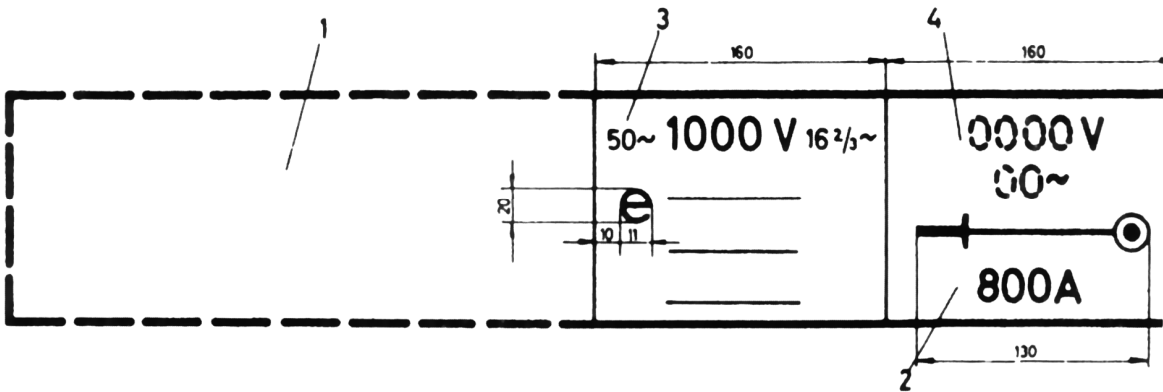
Slika 31: Vagoni, ki se lahko oskrbujejo z energijo, kot je prikazano na slikah 29 in 30

Vir: RIC, priloga V/6, točka 38, 2001.



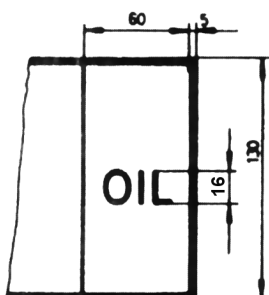
Slika 32: Vagoni, ki imajo samo prehodni glavni električni vod

Vir: RIC, priloga V/6, točka 38, 2001.



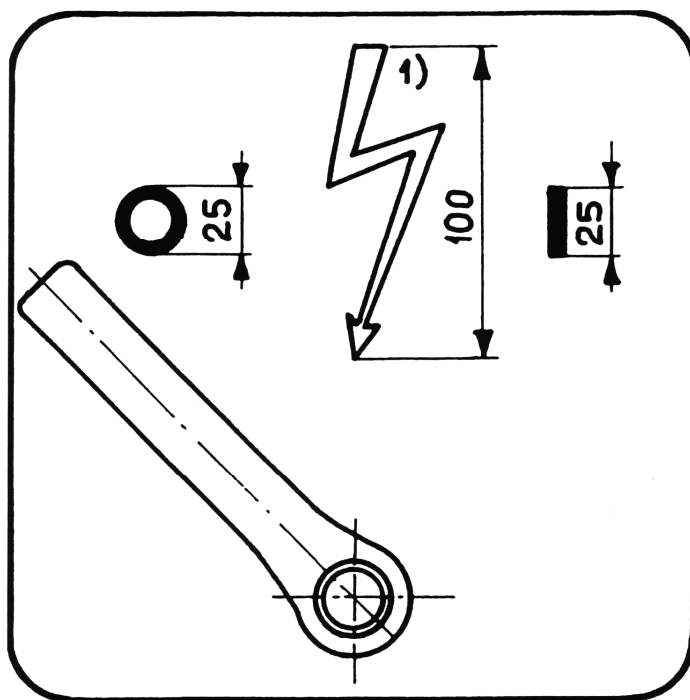
Slika 33: Vagoni, katerih glavni električni vod prenese višje napetosti kot potrošniki, ki so pred previsoko napetostjo samodejno zaščiteni z varovalno napravo

Vir: RIC, priloga V/6, točka 38, 2001.



Slika 34: Vagon, ki je ogrevan s tekočim gorivom

Vir: RIC, priloga V/6, točka 38, 2001.

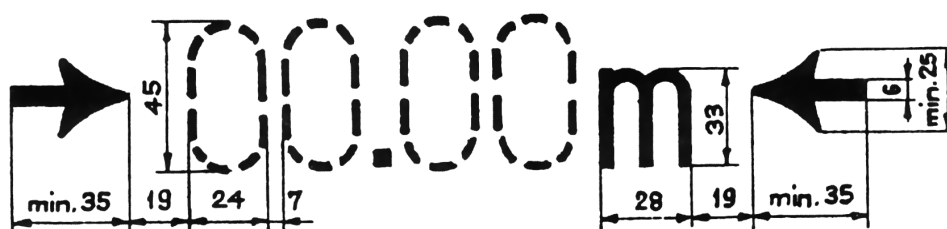


Slika 35: Označitev glavnega stikala visoke napetosti
Vir: RIC, priloga V/8, točka 38, 2001

⇒ Označevanje dolžine vagonov:

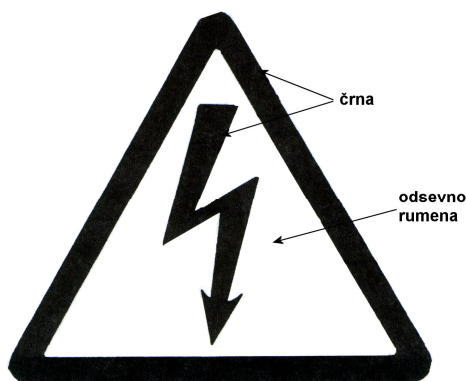


Slika 36: Znak za dolžino preko odbojnikov
Vir: RIC, priloga V/9, 2001, točka 38.



Slika 37: Znak za razmak med kraljevimi čepi in razmak kolesnih dvojic podstavnega vozička
Vir: RIC, priloga V/9, točka 38, 2001.

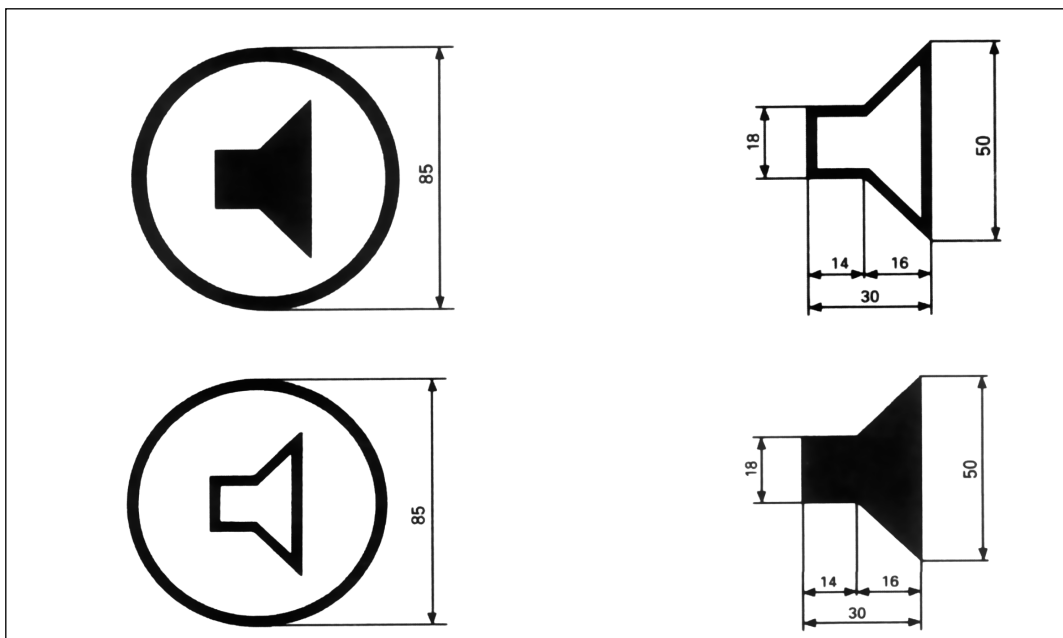
- ⇒ Na vseh vtičnicah in vtikačih za glavni električni vod ter pri vagonih, pri katerih stopnice ali lestve sežejo višje od 2000 mm nad gornjim robom tirnice, mora biti v neposredni bližini teh delov znak (na takšni višini, da ga je mogoče videti, še preden se pride do nevarnega območja; velikost znaka se prilagodi mestu, kjer je nameščen).



Slika 38: Znak za nevarnost visoke napetosti

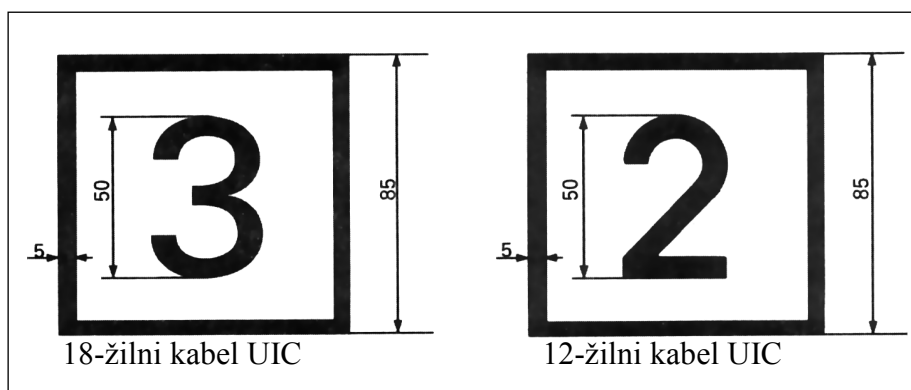
Vir: RIC, priloga V/7, točka 38, 2001.

- ⇒ Oznake naprav za ozvočenje, za kable UIC in daljinsko vodenje:



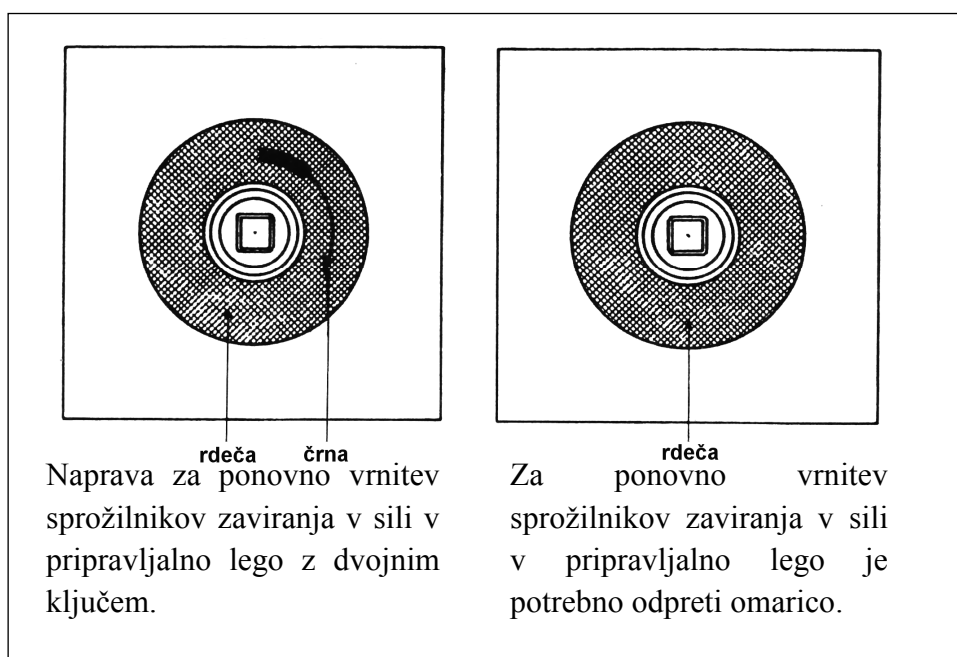
Slika 39: Oznake ozvočenja vagona

Vir: RIC, priloga V/10, točka 38, 2001.

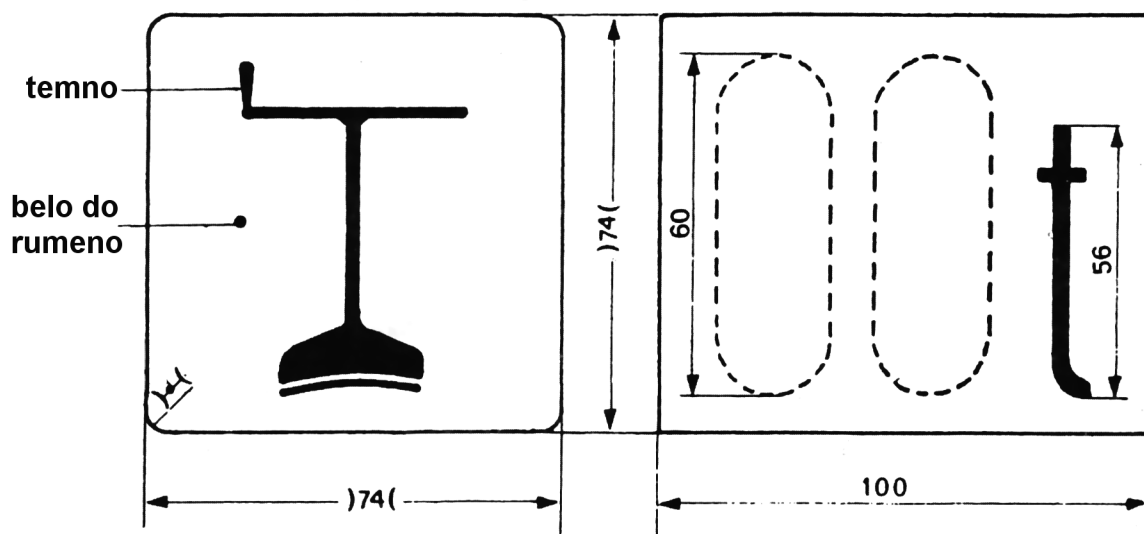


Slika 40: Znak za daljinsko zapiranje vrat in upravljanje z razsvetljavo
Vir: RIC, priloga V/11, točka 38, 2001.

⇒ Za označevanje naprav za ponovno vrnitev sprožilnikov zaviranja v sili v pripravljeno lego je treba na zunanji strani omarice, kjer je le-ta nameščena, uporabiti znak:

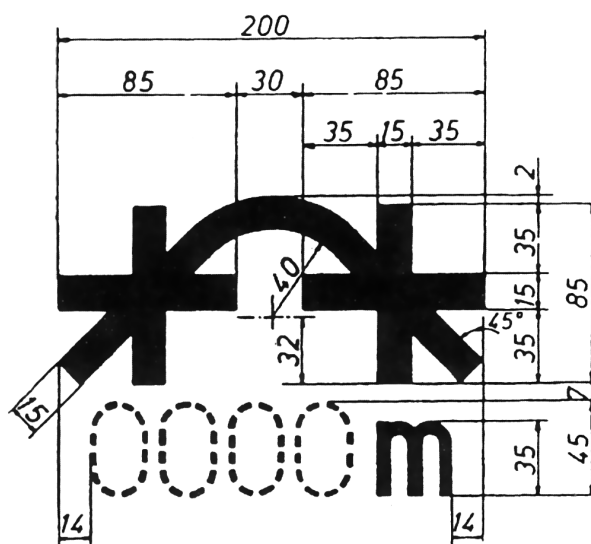


Slika 41: Oznaki za napravo za ponovno vrnitev sprožilnikov zaviranja v sili v pripravljeno lego
Vir: RIC, priloga V/12, točka 38, 2001.



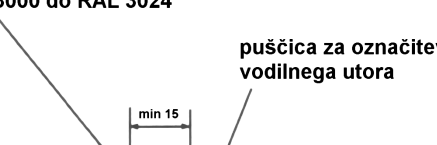
Slika 42: Napis za zavorno maso ročne zavore

Vir: RIC, priloga V/13, točka 38, 2001.



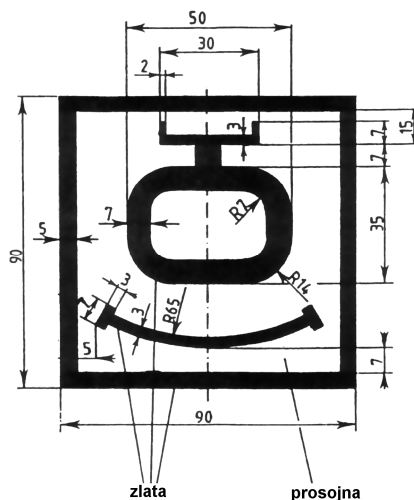
Slika 43: Oznaka za vožnjo preko drče

Vir: RIC, priloga V/16, točka 38, 2001.

- rdeč označevalni pas**
RAL 3000 do RAL 3024
- puščica za označitev**
vodilnega utora
- min 15
- 

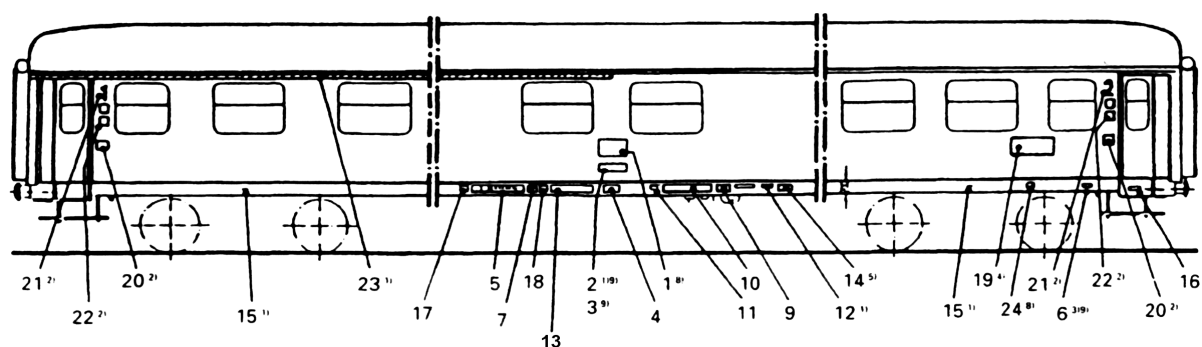
Vir: RIC, priloga V/20, točka 38, 2001.

Nekatera železniška prometna podjetja imajo ne glede na določila UIC še svoja posebna določila. Tako imajo npr. Nemške železnice (DB) predpis, da morajo imeti vsi vagoni, ki lahko vozijo več kot 120 km/h, zavoro vrste R (zavora velike moči), zavoro Mg pa morajo imeti vsi vagoni, ki vozijo nad 140 km/h. Predvsem na progah, kjer je veliko predorov, morajo biti vagoni zračno tesnjeni, imeti morajo elektropnevmatsko zavoro in naprave za preložitev zaviranja v sili (ko se sproži zavora v sili, se zavora ne aktivira takoj, ampak jo aktivira šele strojevodja na primernem mestu, saj je ustavitev vlaka npr. v predoru v primeru požara nevarna). Vagoni, ki imajo napravo za preložitev zaviranja v sili, imajo oznako:



Vir: RIC, priloga V/21, priloga, 2001.

Mesto, kjer se mora določen znak na vagonu nahajati, je razvidno iz naslednje skice :



Slika 46: Razporeditev znakov in napisov

Vir: RIC, priloga V/1, točke 8, 9, 36, 38, 2001.

Zaporedna številka	Opis napisov in znakov	Barva napisa ²⁾
1	Označba železnice lastnice	Bela do rumena
2	Označba vrste ¹⁾	Bela do rumena
3	Številka vagona	Bela do rumena
4	Lastna masa, skupna masa, število sedežev in dopustna obremenitev za prtljažne in poštne vagone	Bela do rumena
5	Znak RIC in značilnosti oskrbe z energijo	Bela do rumena
6	Piktogram in napis zavorne mase ročne zavore	Bela do rumena
7	Označba za vagone z napravami za ozvočenje, elektropnevmatičnim zapiranjem vrat in daljinskim upravljanjem razsvetljave	Bela do rumena
8	Pridržano	
9	Dolžina preko odbojnikov, razmak kraljevih čepov in razmak kolesnih dvojic osnovnega vozička	Bela do rumen
10	Napis in oznake za zavore	Bela do rumena in rdeča
11	Označba za vagon z zavoro R	Bela do rumena
12	Mesto za nacionalne napise o zavori ¹⁾	Bela do rumena in rdeča
13	Domača postaja vagona ¹⁾	Kontrastna barva
14	Polje za lepljenje nalepk	Polje kontrastne barve, uokvirjeno
15	Označba mest za dviganje ¹⁾	Bela do rumena
16	Leto izdelave vagona	
17	Označba MC (samo za železnice OSŽD)	Bela do rumena
18	Označba za zračno tesnjena vozila, ki so primerna za vožnjo po progah z veliko predori, ter za vozila z zaprtimi toaletnimi sistemi	
19	Zunanja tablica z oznako smeri vagona	Temna barva na beli podlagi
20	Zunanja tablica s številko poti vagona	Rdeča na beli podlagi
21	Označba komercialnega razreda pri pot. vagonih	Kontrastna barva
22	Piktogrami in morebitne stalne pisne informacije za informiranje potnikov	Kontrastna barva
23	Črta za označevanje 1. razreda ¹⁾	V rumenem spektru
24	Označba priključkov za praznjenje zaprtega toaletnega sistema	Kontrastna barva
25	Označba za zasebne potniške vagone	Bela do rumena

Tabela 6: Napisi na vagonih

Vir: RIC, priloga V/1, točka 8, 9, 36, 38, 42, 2001.

Oznake v tabeli 6:

- ¹⁾ – napis ni obvezen,
- ²⁾ – če so napisi na svetli podlagi, se uporabi kontrastna barva,
- ³⁾ – leto izdelave je napisano na ploščici izdelovalca vagona.

Številске oznake potniških vagonov

Prvi dve številki pomenita mednarodno izmenjavo vagona ali ne (50 pomeni vagon za notranji promet, 51 in 61 vagon, ki vozi v mednarodnem prometu v skladu z RIC). Tretja in četrta številka pomenita lastnika (79 SŽ). Naslednje številke pomenijo dodatne informacije o vagonu, ki pa velikokrat niso točne.

7.2.2 Notranji napisi

Napisi v vagonih morajo biti v jeziku lastnika ŽPP, v nemškem in francoskem jeziku ter tudi v italijanskem, če vagon vozi v Italijo. Napisi morajo biti napisani z latiničnimi črkami in arabskimi številkami. Dodatek besedila v enem ali več drugih jezikih je dopusten.

V notranjosti vagona morajo biti naslednji napisi, navodila, znaki in piktogrami:

- ⇒ V stranskem hodniku mora biti oznaka razreda na vratih ali poleg vrat potniških oddelkov v višini oči in v vsakem predprostoru na steni nasproti čelne stranice vagona; v vagonih z različnima razredoma je treba napisati oba razreda v vsakem predprostoru;
- ⇒ *prepoved nagibanja oseb skozi okno z napisom
NE NAGIBAJTE SE SKOZI OKNO

je potrebno namestiti na rob okna ali v neposredno bližino okna, ki se lahko toliko odpre, da se oseba lahko nagne ven;
- ⇒ *prepoved odpiranja vstopnih vrat vagona med vožnjo z napisom
NE ODPIRAJ, DOKLER SE VLAK NE USTAVI;
- ⇒ *označitev končne lege zapaha bočnih vstopnih vrat z napisom
ODPRTO – ZAPRTO;
- ⇒ *napotek za sprožanje zaviranja v sili (signal v sili) in opozorilo, da se vsaka zloraba kaznuje:
ZAVORA V SILI, OB NEVARNOSTI POTEJNI ROČAJ

ZLORABA JE KAZNIVA;
- ⇒ navodila za vklop in izklop električnih naprav;
- ⇒ *črka na vsakem oddelku vagona za carinsko blago z več ločenimi oddelki, kadar vagon nima stranskega hodnika;
- ⇒ v neposredni bližini naprav za krmiljenje električnih in klimatskih naprav:

- »0« za lego stikala »izklop«,
 - »1« za lego stikala »vklop«,
 - »1/2« za lego stikala »delno obratovanje«;
- ⇒ pri vrtljivem stikalu, ki se vrti samo v eni smeri, je potrebno označiti smer vrtenja s puščico;
- ⇒ če je na razpolago stikalna naprava za daljinsko krmiljenje razsvetljave, potem je treba to stikalo ali tipkalo za ta namen še posebej označiti z napisom *RAZSVETLJAVA – VLAK*;
- ⇒ stikalo ali tipkalo za krmiljenje razsvetljave vagona je treba označiti z napisom *RAZSVETLJAVA VAGONA*;
- ⇒ pri vložkih talilnih varovalk je treba navesti nazivni tok;
- ⇒ pri vagonih, ki so bili izdelani pred 1. januarjem 1969, je treba talilne vložke in fiksne dele varovalk označiti z »B«, če gre za talilne varovalke baterije, in z »L«, če gre za talilne varovalke tokokroga;
- ⇒ pri vagonih, ki so bili izdelani po 1. januarju 1969, mora biti vsaka varovalka ali odklopnik opremljen z oznako sklopa, ki ga varuje; odklopnike akumulatorskih baterij je potrebno označiti z »B«;
- ⇒ kadar so varovalke tokokroga oštevilčene, je poleg vezalnega načrta potrebno namestiti še tablo, na kateri je razviden razpored porabnikov v posameznih tokokrogih;
- ⇒ na stenski omarici z rezervnimi deli mora biti napis *REZERVNI DELI*;
- ⇒ prepoved uporabe WC med postankom na postajah (ne velja za vagona z zaprtim sistemom WC-naprav z rezervoarji za odplake) mora biti označena z napisom *UPORABA WC MED POSTANKOM NA POSTAJI NI DOVOLJENA*;
- ⇒ seznam delov opreme;
- ⇒ na steklu omarice s kladivom za uporabo v sili napis *KLADIVO ZA UPORABO V SILI*;
- ⇒ kadar naprave za upravljanje z ročno zavoro niso neposredno dostopne, morajo biti vrata ali lopute, za katerimi so te naprave, označena s piktogramom (slika 42, levi del);
- ⇒ kadar naprave za ponovno vrnitev sprožilnikov zaviranja v sili v pripravljeno lego niso neposredno dostopne, morajo biti vrata ali lopute, za katerimi so te naprave, označene, kot kaže slika 42;
- ⇒ številke vagonov morajo biti označene v vsakem predprostoru;
- ⇒ znaki za ozvočenje na vratih omar, v katerih so vgrajene naprave za ozvočenje;
- ⇒ *označitev naprav za deblokiranje vrat v sili z napisom *DEBLOKIRANJE VRAT, UPORABITI SE SME SAMO V NUJNEM PRIMERU*.

Če napisi, ki so označeni z *, manjkajo, je to razlog za zavrnitev vagona. Če občasno manjkajo kakšni drugi napisi, znaki ali piktogrami, to ni razlog za zavrnitev.

7.3 TOVORNI VAGONI

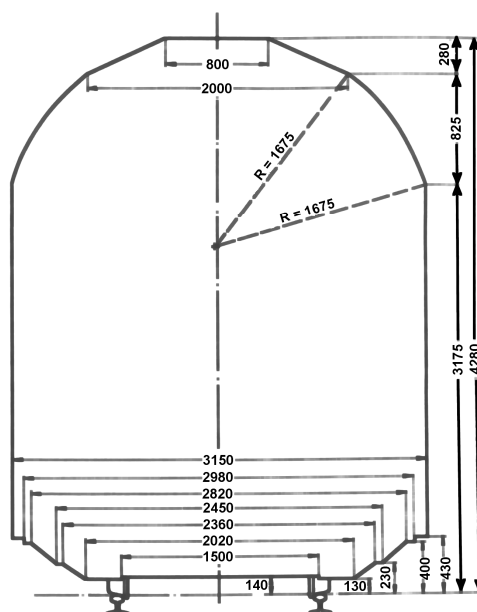
Pri določanju načina transporta ali prevoza tovora po železnici je potrebno poznati uporabnostne značilnosti tovornih vagonov, razlike v konstrukcijah, transportne zmogljivosti, pogoje natovarjanja in raztovarjanja itd. Ti podatki so podani v nomenklaturi UIC in jih zato uporablja tudi SŽ. Vagoni so označeni z velikimi črkami po abecedi od E do Z. Velika črka podaja tip vagona, njegove podrobnejše značilnosti pa določajo male črke, tako da je iz

črkovne oznake mogoče razbrati vse osnovne značilnosti posameznega vagona. Ti podatki so šifrirani tudi v številski oznaki vagona.

7.3.1 Raba in profil vagona

Vagoni, ki se lahko uporabljajo v mednarodnem prometu v članicah UIC, so označeni z oznako RIV.

Vsi vagoni so zgrajeni po nekih enotnih in obveznih normah, kot so npr. razmak koles na osi, najmanjši premer kolesa, višina odbijačev nad gornjim robom tirnice (GRT), konstrukcija spenjače itd. Zgrajeni pa so tudi po principih, ki jih je potrebno upoštevati. Najpomembnejši je pravokotni prerez vagona na vzdolžno os, t. i. profil vagona, ki je enak natovornemu profilu. Ker so med profili različnih ŽPP razlike v nekaterih podrobnostih, ima vsak ŽPP predpisan profil vagona, ki sme voziti po njihovih progah. Da pa lahko vagoni vozijo v mednarodnem prometu, je predpisan enotni mednarodni natovorni profil (slika 47). Takšen vagon lahko vozi po progah UIC. V teh pogojih so še zahteve, da vagon ali tovor tudi v najbolj neugodnem položaju pri vožnji v loku s polmerom 250 m ne sme z nobenim svojim delom presegati profila:



Slika 47: Natovorni profil UIC

Vir: Crnjac, 1996, 385.

Vagoni, ki se prevažajo tudi s trajekti, morajo imeti še manjši profil, da jih je lažje ločiti od ostalih; na obeh straneh nad oznako in številko vagona imajo narisano sidro.

7.3.2 Napis na tovornih vagonih

Nekateri napisi na vagonih so obvezni. Poleg obveznih napisov so na vagonu tudi neobvezni napisi. Obvezni napisi imajo predpisano obliko, barvo, dimenzije, pomen in mesto, kjer se morajo nahajati. Za mednarodni promet morajo biti napisi usklajeni s predpisi mednarodne

zveze UIC. Nekateri napisi so potrebni le zaradi vzdrževanja, drugi pa so namenjeni za transportno rabo.

▪ ŠTEVILČNE OZNAKE

Oznaka:

31 RIV

79 SŽ

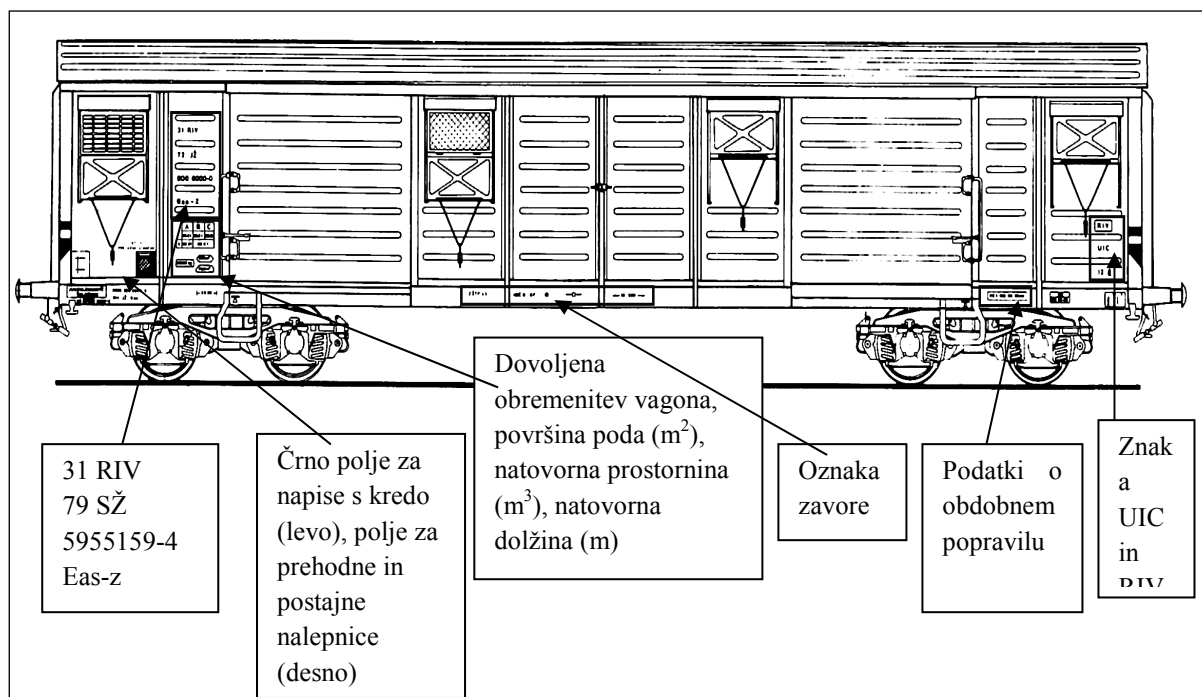
5955159-4

Eas-z

pomeni:

- ⇒ prva in druga številka (31) pomenita režim izmenjave vagona (ali se vozilo uporablja v notranjem ali mednarodnem prometu);
- ⇒ tretja in četrta številka (79) pomenita oznako lastnika (79 = SŽ);
- ⇒ peta številka pomeni serijo vagona (5 pomeni serijo E);
- ⇒ šesta, sedma in osma številka označujejo podserijo vagona (955 pomeni podserijo as-z);
- ⇒ deveta, deseta in enajsta številka (159) označujejo zaporedno številko vagona iz spiska (registra) vagonov;
- ⇒ dvanajsta številka je kontrolna številka, ki se izračuna iz celotne številke vagona in služi za nadzor, če so vse številke v oznaki vagona pravilne.

Mesto, na katerem sta napisni črkovna in številka oznaka, je točno določeno.



Slika 48: Mesto oznak na tovornem vagonu

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Na vagonih brez stranic je ta napis na nosilcih v dveh vrsticah. Oznaka je vtisnjena tudi na glavnih stranskih nosilcih okvira vagona, da je možno vselej ugotoviti, kateri vagon je, tudi če so na njem uničeni vsi drugi napisi.

7.3.3 Dovoljene obremenitve vagona

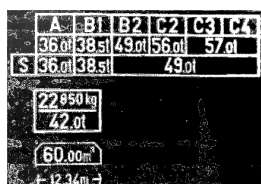
Glede na dovoljeni osni pritisk in dovoljeno obremenitev na dolžinski meter so razdeljene proge v kategorije:

Kategorija proge	Osni pritisk [t]	Obremenitev na dolžinski meter [t/m]
A'	12	3,5
A''	14	4,0
A	16	4,8
B ₁	18	5,0
B ₂	18	6,4
C ₂	20	6,4
C ₃	20	7,2
C ₄	20	8,0

Tabela 7: Predpisani dovoljeni osni pritiski

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Na vagonu zgleda zgornja tabela tako:

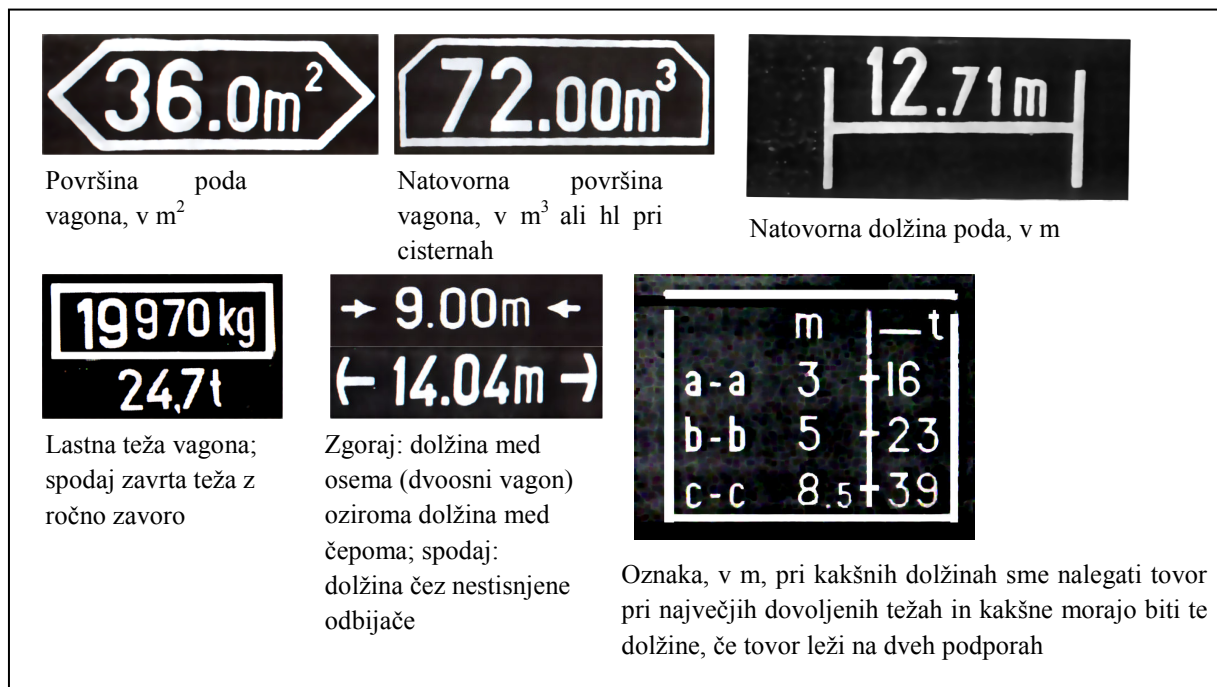


Slika 49: Dovoljene obremenitve

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Zato mora biti na vagonu napisana masa tovora, ki se sme naložiti na vagon, da pri tem ne bo prekoračena dovoljena obremenitev vagona glede na to, po kateri progi bo vagon peljal. Ta masa tovora se imenuje »dovoljena obremenitev« vagona in je v obliki tabele zapisana na obeh straneh vagona. Obremenitev za dolžinski meter proge je napisana le na dvoosnih vagonih, katerih dolžina čez odbijače je manjša od 7,20 m, in na vagonih s podstavnimi vozički, če imajo podstavni vozički po 2 osi in so čez odbijače krajši od 14,40 m.

Lastna masa vagona je v okviru napisana pod tabelo »dovoljena obremenitev«. Na vagonih z ročno zavoro, pri katerih je največja sila zaviranja manjša od skupne mase vagona, je pod lastno maso, ločeno s črto, napisana tudi največja sila zaviranja z ročno zavoro.



Slika 50: Oznake na vagonih

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Na vagonih so še naslednje oznake:

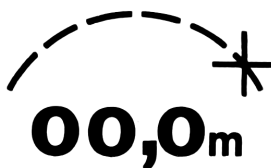
- ⇒ Kadar vagonu pripadajo snemljivi vozovni deli, sta njihova količina in vrsta napisani pod okrajšavo UIC;
- ⇒ takoj za številko vagona je znak P, če je ta vagon last uporabnika prevozov (zasebni vagon);
- ⇒ na vagonih, ki so prirejeni za prevoz s trajektom, je nad številko vagona narisano sidro;
- ⇒ na čelnih straneh vagonov so tabele ciklusov obdobjnih popravil, kontrolnih pregledov in tekočih popravil;
- ⇒ na vogalih vagona so označbe, če je na vagonu vod za zavoro na stisnjen zrak ali če ima vagon zavoro na stisnjen zrak z opremo (npr. za potniške vlake, prazno – naloženo itd.); tukaj je tudi znak za vod električnega gretja, na vagonih hladilnikih, ki imajo napravo za hlajenje s suhim ledom, pa še ustrezni znak rumene barve;
- ⇒ vagon, ki bi se lahko pri prevozu čez drčo zaradi svoje konstrukcije poškodoval, je označen z znakom za prepoved vožnje čez drčo:



Slika 51: Znak za prepoved vožnje čez drčo

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

- ⇒ vagon, ki lahko kljub temu, da ima razmak notranjih osi večji od 14,00 m, vozi čez drčo, je označen z znakom:



Slika 52: Znak, ki dovoljuje vožnjo čez drčo

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

- ⇒ opozorilni znak za nevarnost električnega toka iz voznega voda je na vagonih, če segajo stopnice ali lestve na njih več kot 2000,00 mm na GRT oziroma če obstaja kakršna koli nevarnost, da bi tisti, ki imajo opraviti z vagonom ali s tovorom na njem, lahko prišli v dotik ali nedovoljeno bližino električnega voznega voda:



Slika 53: Znak za nevarnost električnega toka

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Nekateri od navedenih napisov so obvezni le za posamezne primere ali pa niso obvezni. Poleg teh so še napisi in oznake, ki se jih uporablja kot navodila, kako ravnati z vagonom ter napravami na njem, kot so opozorila, obvestila itd. Takšni napisi so npr. za prepovedano natovarjanje živine, napis za domicilno postajo, ime zakupojemalca vagona, navodilo, kako odpirati streho vagona, vrata itd. Namesto napisa lahko njihov pomen ponazarjajo slike – piktogrami, kjer npr. prečrtana risba kladiva in žeblija pomeni, da ni dovoljeno zabijati žebeljev v stene in pod vagona; prečrtana glava goveda pomeni, da je v vagon prepovedano natovarjati živino itd.

POVZETEK POGLAVJA

Standardi podajajo minimalne zahteve o tehničnem stanju železniških vozil, ki jih moramo upoštevati za varno vožnjo. Napisi na železniških vozilih in v njih nas seznanjajo z vsem, kar potrebujemo za nemoteno in varno uporabo vagonov v prometu.

Vprašanja za razmislek in preverjanje znanja

1. *Pojasnite pomen standardov in standardizacije na železniških vagonih.*
2. *Opišite pomen notranjih napisov na potniških vagonih.*
3. *Pojasnite pomen zunanjih napisov na potniških vagonih.*
4. *Pojasnite pomen oznak na potniških vagonih.*
5. *Opišite, katere podatke o tovornih vagonih podajajo napisi na njih.*

6. *Opišite pomen profila železniškega vagona.*
7. *Pojasnite posamezne oznake na tovornih vagonih.*



Študijski primer in v razmislek:

Pojasnite pomen oznak na vagonih, ki se nanašajo na varnost prometa.

Pojasnite pomen oznak za sestavo vlakov.

Dodatna literatura za študij

- 1) Crnjac, A., in Crnjac, P. Vleka in transportna sredstva: I. del, Univerza v Mariboru, 1996.
- 2) Dokumentacija: SŽ Centralne delavnica Ljubljana, 2008.
- 3) Navodilo 233: SŽ, Zaviranje vlakov, 1988.
- 4) Pravilnik o vzdrževanju železniških vozil: Uradni list RS. št. 85/00, 2000.
- 5) Pravilnik o zavorah, varnostnih napravah in opremi železniških vozil: 231 JŽ, 1988.
- 6) RIC: Sporazum o izmenjavi in uporabi potniških vagonov v mednarodnem prometu, 2001.
- 7) Srebrnič, M. Fotografije iz SŽ CD Ljubljana, 2007.
- 8) Srebrnič, M., in Srebrnič, M. Vlečna in transportna sredstva železniškega prometa, 2002.

SPLETNE STRANI

- 1) http://www.mzp.gov.si/si/delovna_podrocja/zeleznice/zkonodaja_zeleznice/
(19.11.2008)

8 PRIMESTNI IN HITRI VLAKI

V tem poglavju boste spoznali:

- Lastnosti in namen primestnih vlakov.
- Lastnosti in namen hitrih vlakov.
- Infrastrukturo, ki je potrebna za doseganje velikih hitrosti vlakov.
- Značilnosti magnetnega vlaka.

Ob koncu poglavja boste razumeli:

- zahteve sodobnih primestnih vlakov,
- zahteve, ki omogočajo doseganje velikih hitrosti,
- najsodobnejše vlake, ki delujejo na principu magnetenja.

To so vlaki, ki jih uporabljamo za prevoz potnikov. To je najzahtevnejši prevoz in torej zanj potrebujemo primerna sredstva, ki omogočajo varno, udobno, zanesljivo vožnjo. Če hočemo omogočiti vse to, potrebujemo ustrezna sredstva.

▪ PRIMESTNI IN MESTNI VLAKI

Za primestne vlake velja, da ne dosežejo velike končne hitrosti, vendar imajo dobre pospeške, saj pogostokrat izpeljujejo; razdalje potovanja so krajše, s pogostimi postajami. Značilen primer takšnega vlaka je opisan v naslednjem poglavju in je tudi najnovejši vlak za lokalni promet, ki ga uporablja SŽ.

Takšni vlaki imajo široka vrata in posebne stopnice za enostavni vstop tudi starejšim ljudem in invalidom. Poleg sedežev so predvidena še stojišča. Vsi prostori, kjer se nahajajo potniki, so v novejših vlakih klimatizirani. Nameščeni so razni opozorilni napisi; tisti, ki potnike opozarjajo na naslednjo postajo, so pa še ozvočeni. Podobne lastnosti imajo vlaki podzemnih železnic.

Vlaki za mestni in primestni promet so v velikih mestih bistvenega pomena; znano je, da se na delo v mesto, kot je London, vozi dnevno v obe smeri več milijonov potnikov. Takšnega števila ljudi ne more dnevno prepeljati nobeno drugo prevozno sredstvo.

8.1.1 HITRI VLAKI

To so vlaki velikih hitrosti in so primernejši za večje razdalje. Predstavljajo konkurenco letalskemu prevozu na razdalji do 500 km. Ti vlaki imajo prednosti, ker niso tako vremensko odvisni kot letala, železniške postaje so večinoma še iz časov gradnje prvih železnic v samih središčih mest, kar ne velja za letališča. Ta so večinoma izven mest. V Evropi se pospešeno gradijo proge, primerne samo za hitre vlake, imenovali bi jih lahko železniške avtoceste. Skupni lastnosti teh vlakov sta velika udobnost in točnost.

8.1.2 Elektromotorni vlak (SIEMENS) Desiro za primestno vožnjo



Slika 54: Motorni vlak EMG 312 SR 31E

Vir: Lasten.

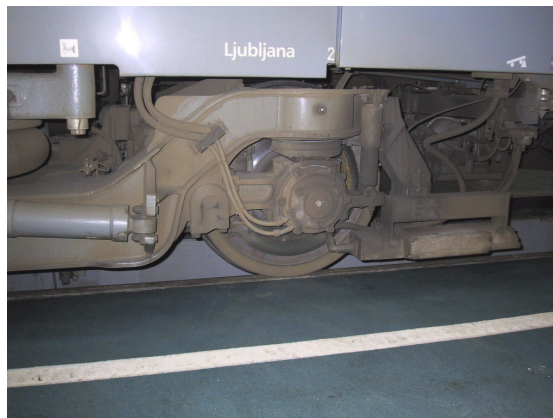
To so vlaki za primestni potniški promet na SŽ.

- **VAGONSKI KOŠ**

Izdelan je iz integralne aluminijaste konstrukcije, ki omogoča kakovostno zvočno in toplotno izolacijo.

- **PODSTAVNI VOZIČKI**

Odlikuje jih visoka udobnost potovanja, mirnost gibanja in nizka glasnost obratovanja.



Slika 55: Pogled na vozni voziček pod vozilom

Vir: Lasten.

8.1.3 Notranja oprema

Vozilo je opremljeno s klimatsko napravo. Za obveščanje potnikov uporablja:

- zunanje prikazovalnike cilja vlaka,
- notranje prikazovalnike postajališč,
- digitalni napovedovalnik postajališč,
- govorilnice sprevodnika in strojevodje,
- zunanje in notranje ozvočenje.

Sedeži so nameščeni v štirih vrstah, na vsaki strani po dve.



Slika 56: Prostor za potnike

Vir: Lasten.

▪ OPREMA ZA VLEKO

Razlika od do sedaj opisanih pogonov je, da to vozilo pretvarja enosmerno napetost omrežja mreže SŽ in nato regulira moč motorja in sistem hitrosti s pomočjo frekvenčnega regulatorja. Največja moč motornega vlaka dvočlenkarja je 1600 KW, za vozilo s tremi členi pa je 2000 KW.



Pogled iz strojevodske kabine, ki je opremljena za kakovostno in varno vožnjo. V kabini je računalniški ekran, na katerem ima strojevodja vpogled na vse vitalne funkcije vozila.

Slika 57: Strojvodska kabina vozila SIEMENS

Vir: Lasten.

Maksimalna dovoljena hitrost teh vozil je 140 km/h.

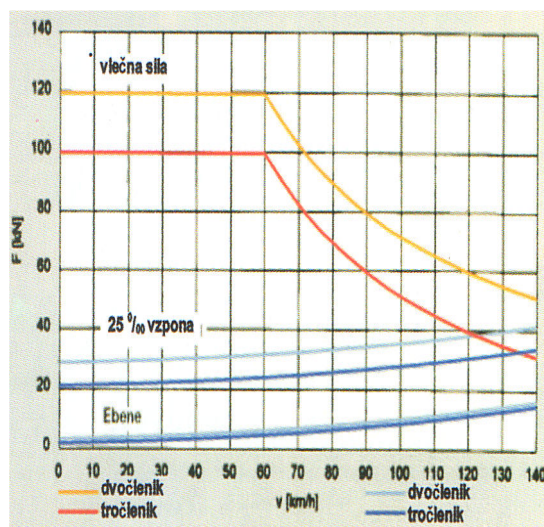


Diagram 16: Vlečne sile
Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

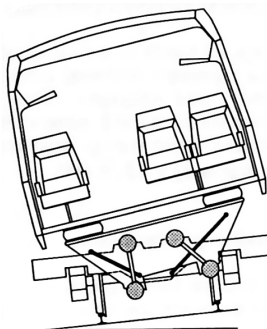
Iz diagrama razberemo najpomembnejše podatke o vlečnih zmogljivostih opisanega železniškega vozila.

8.1.4 Hitri vlaki z nagibno tehniko

Z nagibom vozila v ustrezno smer se doseže večja udobnost, zniža se vpliv centrifugalne sile na potnike. Nagibanje vlaka lahko primerjamo z vožnjo motorja v ovinku, nagib je podoben nagibu motorista v ovinku.

8.1.5 Princip delovanja vlakov z nagibno tehniko

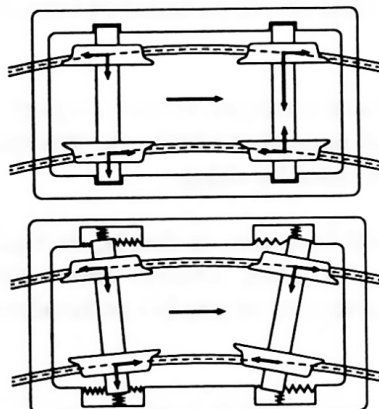
Vlaki z nagibno tehniko omogočajo doseganje večjih hitrosti na progah, ki niso zgrajene za velike hitrosti. Z najmanjšimi stroški lahko povprečje potovalne hitrosti povečamo, da vlak prilagodimo progi. To je osnovna ideja pri konstrukcijskih rešitvah teh vlakov. Večina prog je v Slovenije zgrajena od 19. do sredine 20. stoletja. V večini primerov so trase teh prog nespremenjene. To pomeni, da so v Sloveniji takšni vlaki omogočili v kratkem času dvigniti potovalno hitrost.



Slika 58: Vzvodi na vlakih z nagibno tehniko

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

S pomočjo hidravlike in vzvodov vlak prilagodi nagib stanju proge v krivini.



Slika 59: Različni sistemi vpetja kolesnih dvojic na vozne podstavke

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Na spodnjem delu slike 59 so kolesa vpeta tako, da omogočajo zasuk v horizontalni smer, to pomeni boljše prilagajanje krivini tira.

8.1.6 Pogoji za doseganje velikih hitrosti

Če želimo uporabljati vlake za hitrosti 200 km/h in več, moramo izpolniti še vse ostale pogoje. Ti pogoji so dovolj veliki radiji železniških prog z ustreznim nagibom proge. Zelo pomembne so še kakovostne signalnovarnostne naprave. Za vse hitre vlake se v večini primerov zgradijo nove železniške proge, ki ustrezajo vsem navedenim pogojem. Te proge lahko imenujemo železniške avtoceste.

V Evropi imajo hitri vlaki električni pogon zaradi prednosti električne vleke. Ko takšen vlak vozi s hitrostjo, ki velikokrat presega 300 km/h, se tresljaji prenašajo tudi na napajalno omrežje, ki mora imeti na razpolago dovolj električne energije, da prenese vse tresljaje, ki

prehajajo iz pantografa na vodnik. Torej potrebujemo poleg primernih vlakov še primerno infrastrukturo.

Največja dosežena hitrost v Evropi je 535 km/h, in to pod posebnimi pogoji, dosežena je bila v Franciji z vlakom TŽV.

8.2 ELEKTROMAGNETNI VLAKI

To so vlaki za hitrosti, večje od 400 km/h. Takšni vlaki so do leta 2003 vozili samo kot testni vlaki, na primer v Nemčiji TRANSRAPID. Operativno je prvi vlak začel obratovati na Kitajskem za povezavo med Šanghajem in letališčem. Ti vlaki so kljub svojim dobrim lastnostim v fazi preizkušanja. Obstajajo pa že idejni projekti gradnje daljših tirov v najrazvitejših državah. Takšen vlak bo predstavljal konkurenco letalskemu prevozu.

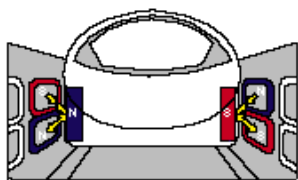
▪ PRINCIP DELOVANJA

Vlaki se med vožnjo ne dotikajo tirnice, temveč lebdiyo od 1 cm do 10 cm od tal. Dobra lastnost lebdenja je, da se izognemo trenju, slaba pa manjša koristna teža, ki jo lahko prevažajo. Princip je znan iz delovanja asinhronskega motorja.

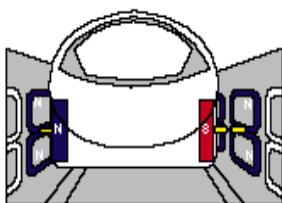
Naslednja velika razlika med magnetnim in klasičnim vlakom je v zgradbi motorja. Pogon elektromagnetnega vlak je kombinacija tirov in vlaka, podobno kot je zgradba ali princip delovanja izmeničnega elektromotorja. To pomeni, da tračnica predstavlja stator, rotor pa sam vlak, ki vozi po posebnih »tirnicah«. Princip je znan iz delovanja asinhronskega motorja. S pomočjo izmeničnih vklopov magnetov na tračnicah dosegamo privlačnost vlaka v horizontalni smeri in dvig vlaka od tal v vertikalni smeri.

Japonski vlak maglev, ki se premika na osnovi magnetnega polja, je sistem, ki vozilo premika na osnovi gibalne sile, proizvedene s pomočjo magnetnega polja, in vodenja gibanja z uporabo elektromagnetne sile med magneti na vozilu in na »tirih«.

1)



2)



3)



■ PRINCIP MAGNETNEGA PREMIKANJA

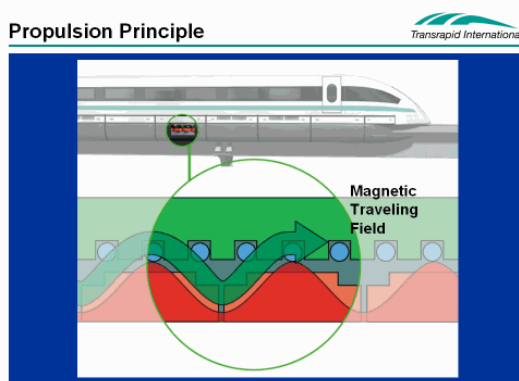
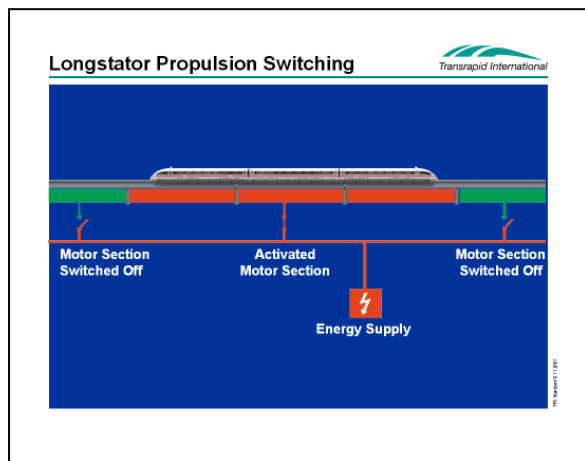
Na sliki 60; 1, 2 in 3) je prikazan sistem vodenja na japonskih vlakih. Magneti na vozilu in magneti v »kanalu« s pomočjo polaritete elektromagnetov centrirajo vozilo v kanalu brez fizičnega dotika sten. Električni tok ustvari s pomočjo navitij in jeder ustrezno magnetno polje, ker se enaki poli med seboj odbijajo, različni pa privlačijo. Z ustrezno izmenjavo smeri prehoda električnega toka ustrezno zamenjujemo severni in južni pol na tirnih elektromagnetih; tako ustvarimo silo, s pomočjo katere premikamo vlak.

Princip preklopov elektromagnetov, ki povzročijo vlečno silo in preprečijo dotik stranskih sten (maglev).

Slika 60: Princip delovanja vlaka »MAGLEV«

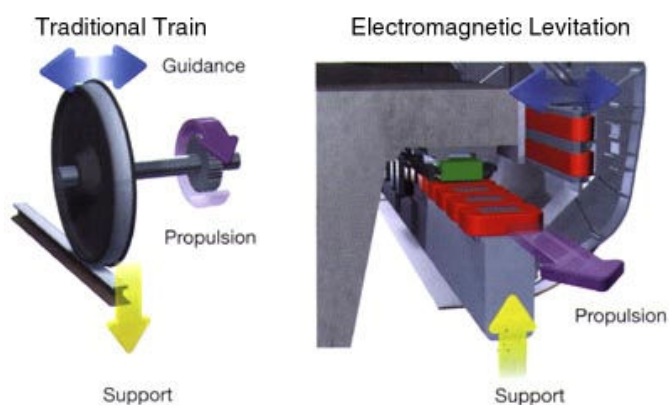
Vir: http://www.ccdott.org/transfer/projresults/2004/task%201.24/task%201.24_7_part3.pdf – *Transrapid Maglev System Overview* (18.5.2006)

Hitrost premikanja je odvisna od frekvence preklpov magnetov in dovolj velike sile, ki nastaja pri tem.



Slika 61: Način preklpov elektromagnetov na prostoru, kjer se nahaja vlak

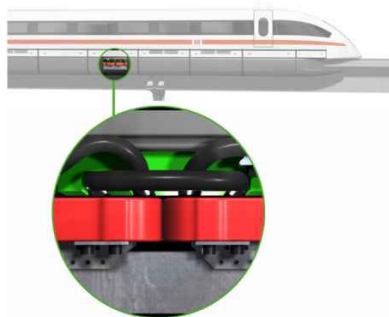
Vir: <http://www.thyssenkrupp-transrapid.de/> (7.08.2008)



Presek in prikaz magnetov na tirnici, ki preprečujejo dotik vlaka s tirnicami in v vzdolžni smeri povzročijo silo pogona vlaka (transrapid).

Slika 62: Presek vlaka in »tirov« magnetnega vlaka transrapid, nemški model

Vir: <http://www.thyssenkrupp-transrapid.de/> (7.08.2008)



Slika 63: Prikaz »tirnic« in »kretnic« elektromagnetnega vlaka TRANSRAPID

Vir: <http://www.thyssenkrupp-transrapid.de/> (7.08.2008)



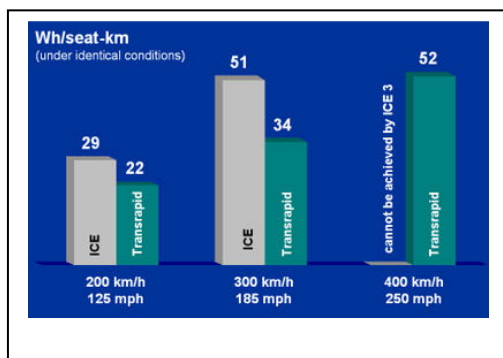
Slika 64: Japonski hitri vlaki na elektromagnetni osnovi (vlaki MAGLEV)

Vir: <http://www.maglevboard.net/> - 12k - (12.08.2008)

Največja hitrost, 550 km/h, je bila dosežena z »The Yamanashi Guidway for the MLX01«.

8.2.1 Primerjalni kriteriji za ocenjevanje prednosti elektromagnetnih vlakov

PRIMERJAVA PORABE ENERGIJE (Energy Consumption)

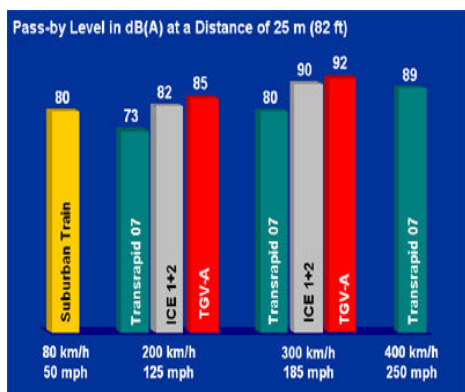


Pri hitrosti 200 km/h je nižja poraba energije hitrega klasičnega vlaka (ICE), pri hitrosti 300 km/h je poraba energije ugodnejša za magnetni vlak. Potovalna hitrost 400 km/h in več ni primerna za vlak ICE.

Diagram 17: Porabe energije »ICE« in elektromagnetnega vlaka

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_levitation (12.06.2008)

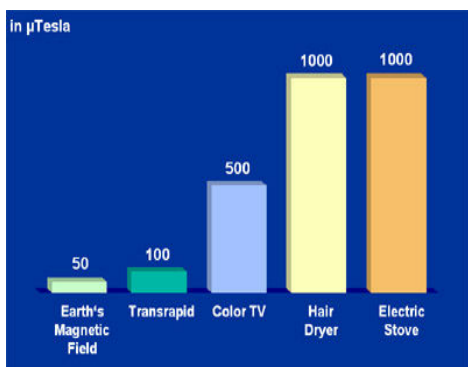
HRUPNOST (nivo hrupa)



Ko primerjamo hrup magnetnega vlaka z ostalimi vlaki, moramo upoštevati enake hitrosti. Ker se magnetni vlak mehansko ne dotika tal, odpade hrup zaradi kotaljenja. Če pogledamo diagram, razberemo, da je pri vseh hitrostih ugodnejši vlak z elektromagnetnim pogonom. Hrup, ki nastane pri teh vlakih, povzroči le gibanje vlaka skozi zrak, torej hrup vetra. Iz diagrama razberemo, da magnetni vlak ni veliko hrupnejši pri hitrosti 400 km/h od klasičnega vlaka pri hitrosti 80 km/h.

Diagram 18: Primerjava hrupa med ICE in elektromagnetnim vlakom

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_levitation (12.06.2008)



Pomembni kriterij je tudi elektromagnetno sevanje, ki se razširi v prostor. Že iz prejšnjih poglavij vemo, da se magnetno polje (zanka) sklene po liniji najmanjšega upora, v primeru elektromagnetnega vlaka so to jedra z visoko magnetno prevodnostjo, zato je zelo mala gostota silnic, ki se sklenejo izven teh jeder. Torej je v prostoru nizki nivo magnetnega polja, zato to polje malo onesnažuje okolje.

Diagram 19: Nivoji elektromagnetnega sevanja različnih električnih naprav

Vir: http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_levitation (12.06.2008)

POVZETEK POGLAVJA

Sodobni vlaki za potniški promet so tehnična sredstva, ki omogočajo udobno in varno vožnjo. Potniški vlaki, ki vozijo v mestih in na njihovem obrobju, zaradi svojih dostopov v centre mest in velikih problemov z avtomobili predstavljajo vedno pomembnejši del primestnega in mestnega prometa. Hitri vlaki postajajo vedno bolj konkurenčni letalskemu prevozu na razdaljah okrog 500 km. Z vlaki, ki delujejo po sistemu elektromagnetov, se na železnico vrača visoka tehnologija in s tem nova kakovost prevoza. Največji problem za množičnejšo uporabo hitrih in magnetnih vlakov so zelo veliki stroški postavitve nove infrastrukture.

Vprašanja za razmislek in preverjanje znanja

1. Naštejte osnovne lastnosti, ki jih mora imeti primestni vlak.
2. Kaj so vlaki z nagibno tehniko, čemu služijo?
3. Naštejte in opišite, kateri so pogoji za doseganje velikih hitrosti vlakov (nad 200 km/h).
4. Opišite magnetni vlak.
5. Naštejte prednosti in slabosti magnetnega vlaka v primerjavi s klasičnim vlakom.



Študijski primer in v razmislek:

Opišite železniški promet v mestih.

Opišite cestni promet v mestih.

Primerjajte železniški in cestni promet v mestih.

Primerjajte železniški in letalski promet na razdalji do 500 km.

Opišite prednosti magnetnih vlakov.

Dodatna literatura za študij

- 1) Dokumentacija: SŽ Centralne delavnica Ljubljana, 2008.
- 2) Pravilnik o vzdrževanju železniških vozil: Uradni list RS. št. 85/00, 2000.
- 3) RIC: Sporazum o izmenjavi in uporabi potniških vagonov v mednarodnem prometu, 2001.
- 4) Srebrnič, M. Fotografije iz SŽ CD Ljubljana, 2007.
- 5) Srebrnič, M., in Srebrnič, M. Vlečna in transportna sredstva železniškega prometa, 2002.

SPLETNE STRANI

- 1) http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_levitation (12.06.2008)
- 2) http://www.ccdott.org/transfer/projresults/2004/task%201.24/task%201.24_7_part3.pdf – *Transrapid Maglev System Overview* (18.5.2006)
- 3) http://www.geocities.com/gregor_rakar/vlaki/ - 8k – (9.10.2008)
- 4) <http://www.maglevboard.net/> - 12k - (12.08.2008)
- 5) <http://www.thyssenkrupp-transrapid.de/> (7.08.2008)
- 6) <http://www.transrapid.de/cgi-tdb/en/basics.prg?session> (18.09.2008)

9 PNEVMATSKE IN MEHANSKE NAPRAVE NA ŽELEZNIŠKIH VOZILIH

V tem poglavju boste spoznali:

- Sklop železniških naprav – brez njih ne more vlak delovati.
- Naprave, ki so ključne za nemoteno delovanje vlaka.

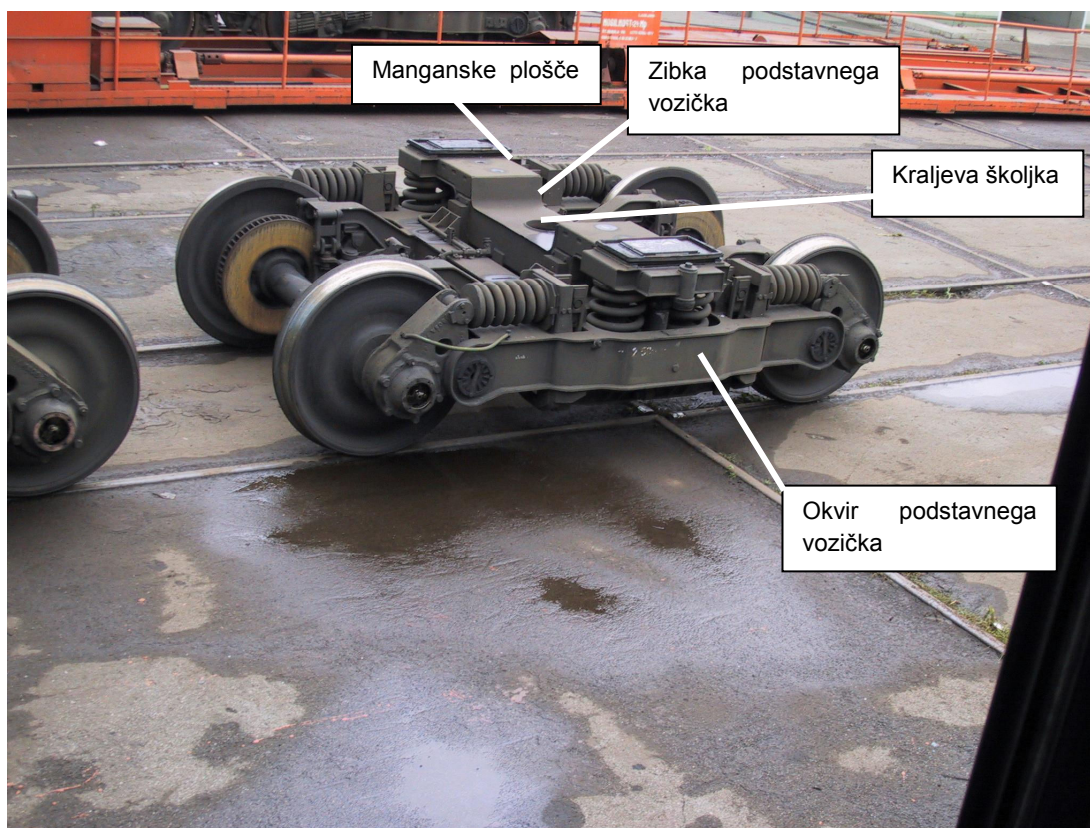
Ob koncu poglavja boste razumeli:

- pomen pnevmatskih naprav za varno vožnjo,
- njihov pomen za varno zaviranje, pospeševanje in dobro počutje potnikov.

UVOD V POGLAVJE

Pnevmatske naprave omogočajo prenos sile po celotnem vlaku s pomočjo zraka. Zrak pod pritiskom prenese energijo po celotnem vlaku. Posebej je to pomembno, ko vlak zavira. Zrak pod pritiskom se uporablja še za akumulacijo energije, torej koristimo stisljivost zraka, kar uporabimo v sistemu zagotavljanja zavorne sile tudi, ko vagon ni priklopljen k lokomotivi, ki ima kompresor za proizvodnjo zraka pod pritiskom. Mehanske naprave, ki jih bomo obravnavali v tem poglavju, s svojim prenosom ali blažitvijo obremenitev omogočajo vožnjo vlaka.

VOZNI PODSTAVKI



Slika 65: Podstavni/vozni podstavek potniškega 4-osnega vagona
Vir: Lasten.

Vozni podstavki so zelo pomemben del železniškega vozila. Na njih se nahaja koš vozila, v primeru električnih vlečnih vozil ali dizelskih električnih vozil se na njih nahajajo tudi vlečni motorji. Vozni podstavki so pomembni del vagonov in lokomotiv, brez njih bi bil vlak nesposoben za vožnjo. Na vozni podstavki je namreč pritrjen koš vagona, na električnih lokomotivskih vozni podstavkih in vozni podstavkih dizelelektričnih lokomotiv so pritrjeni še vlečni motorji.

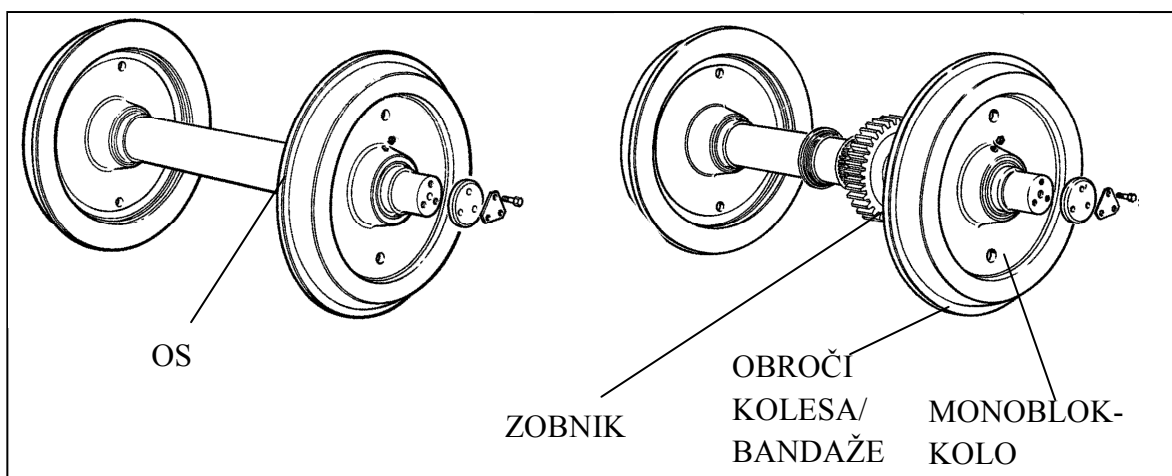
Vozni podstavki železniških vozil imajo pomembno vlogo za varno in udobno vožnjo vlakov. Preko njih se prenašajo vse mehanske obremenitve vlakov v primeru zaviranja, pospeševanja in prenašanje tresljajev s tirov na vlak. Vozni podstavki zato predstavljajo enega od najvažnejših delov vlaka.

9.1.1 Deli voznih podstavkov

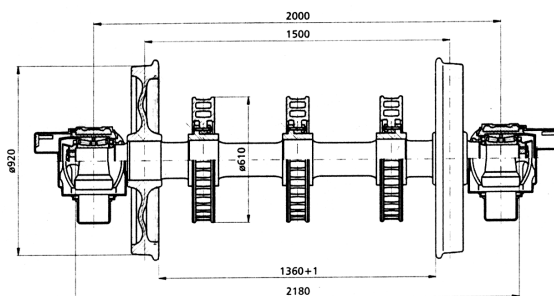
- KOLESNE DVOJICE



Slika 66: Pogonska kolesa z zobniki
Vir: Lasten.



Slika 67: Kolesni dvojici
Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

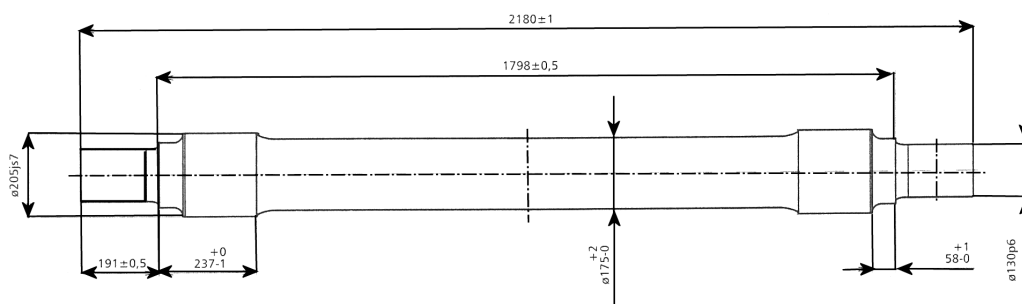


Slika 68: Kolesne dvojice z zavornimi diski
Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Kolesne dvojice so del voznega podstavka, na njih so lahko pritrjeni še zobniki, kot prikazujeta sliki 67 in 68. Velikokrat so pritrjeni še zavorni diski. Kolesne dvojice vlaka so tisti del železniškega vozila, ki ima neposredni stik s tiro. Tako se preko koles prenašajo obremenitve s tirov na vozilo, v primeru pogonskih koles prenašamo moči vlečnih motorjev na tir in ko vlak zavira, se prenaša zavorna sila na tir. To pomeni, da kakovostne kolesne dvojice in njihovo vzdrževanje predstavljajo enega od pogojev varne vožnje.

9.1.2 Postopek naprešanja /spajanja koles na vagonsko os

Vagonska os predstavlja enega izmed najpomembnejših delov vagona in je sestavni del kolesne dvojice.



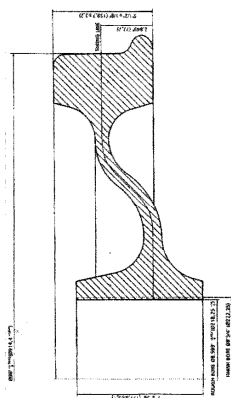
Slika 69: Os vagona

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Os je obremenjena preko koles, zavore ali pogona.

KOLO VAGONA

Kolo vlečnih ali vlečenih sredstev je sestavljeno iz osnovnega kolesa ter iz obroča (bandaže). Vendar se takšna kolesa vedno manj uporabljajo. Danes prevladujejo kolesa iz enega kosa (plošče monoblok).

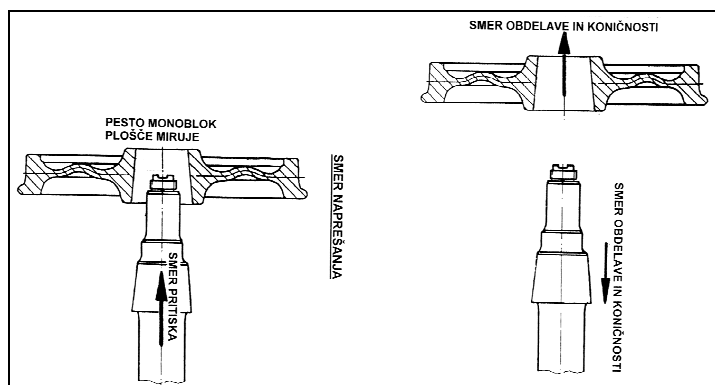


Slika 70: Kolo železniškega vozila v preseku in v enem kosu

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Kolo na sliki 70 je narejeno iz enega kosa, torej nima ločenega kolesnega obroča (bandaže).

S pritrdjevanjem obroča na železniško kolo (bandaža) le-to obnovimo. Obroč kolesa (bandaža) se pritrdi na kolo tako, da se segreje in nato na kolesu ohladi in skrči. Nastane problem, ko se zaradi zaviranja kolo preveč segreje in se kolesni obroč razširi ter zrahlja.



Slika 71: Prikaz spajanja cevi in plošče monoblok

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Na sliki 71 je princip spajanja osi s kolesom. Spoj se naredi tako, da je premer luknje na kolesu za približno 0,3 mm manjši. To pomeni, da s tem ko os s silo namestimo v kolo (veliko silo $F \approx 700KN$), ta naredi spoj dovolj močan, da lahko prenese kolesna dvojica vse obremenitve med vožnjo vlaka. Ta tehnologija zahteva veliko natančnost in nadzor spojev.

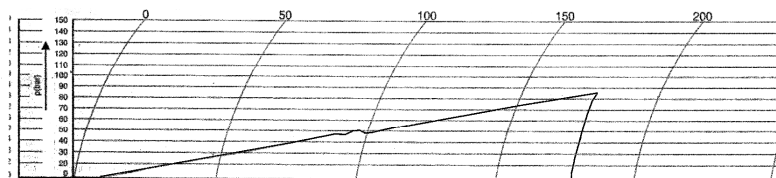
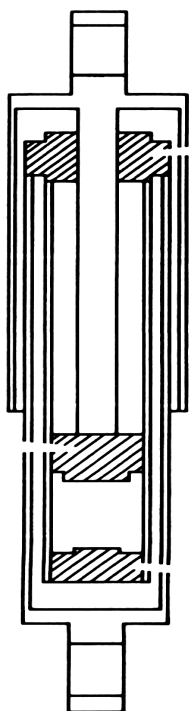


Diagram 20: Sile »naprešanja« kolesa na os

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

V primeru slabo izvedenega spoja je posledica iztirjenje vagona. V novjšem času se že uporablja metoda podhlajevanja osi na zelo nizko temperaturo. Vendar je tehnologija naprešanja še vedno v zelo široki uporabi. Glavni kriterij, ali je spoj opravljen kakovostno, predstavlja diagram sile. Spojitev kolesa z osjo je zelo pomemben spoj in njegova kakovost je eden od pogojev varne vožnje. Če dobimo nepravilno obliko diagrama, spojitev kolesa z osjo ni bila uspešna.

- OLJNI BLAŽILCI / AMORTIZERJI



Oljni blažilci (amortizerji) so naprave, ki dušijo nihanje vozila v primeru vibracij, ki se prenašajo s kolesnih dvojic. Na vlakih se uporabljajo oljni dušilci nihanja. Delujejo po principu pretakanja olja z enega dela amortizerja na drugi del. Večja je hitrost nihajev, večji je upor oljnih blažilcev. To pomeni, da je njihova karakteristika dušenja nihanja odvisna od hitrosti sprememb. Oljni blažilci veliko pripomorejo k udobnosti in varnosti vožnje, zato je nadzor njihovega delovanja zelo pomemben.

Delujejo na principu pretakanja olja iz enega prekata v drugega znotraj amortizerja. Zelo pomembno je, da ne puščajo olja.

Slika 72: Oljni blažilec

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

- VZMETI

Zmanjšujejo možnost lomov kovinskih delov na vozniških podstavkih. Na železniških vozilih uporabljajo vijačne ali listnate vzmeti, na novejših vozniških podstavkih so večinoma vijačne.

- MANGANSKE PLOŠČE

So plošče, ki so del voznega podstavka. Po njih drsi koš vagona, ki se v zavojih giblje z voznim podstavkom levo in desno.

- OMEJILCI NIHANJ

To so največkrat kovinski nastavki različnih oblik, ki omejujejo nihanje v vertikalni ali horizontalni smeri.

Ozemljitvena
vezica



Omejilnik vertikalnega
nihanja

Slika 73: Vozni podstavek; omejilnik vertikalnega nihanja, električna vez za izenačitev potencialov
Vir: Lasten.

▪ ZAVORNJAKI

To so elementi, ki s svojim pritiskom na kolesa ali na zavorne diske povzročajo zavorno silo in s tem direktno sodelujejo pri zaviranju vlaka. Narejeni so iz različnih materialov, železni z različnimi kemijskimi dodatki; s tem jim povečujemo količnik trenja.

▪ ZAVORNO VZVODOVJE

S pomočjo zavornih vzvodov povečujemo silo na zavornjake ali nastavljamo velikost sile v odvisnosti od natovorjenosti vagonov.

▪ ZAVORNI CILINDRI

V zavornih cilindrih se ustvari sila s pomočjo zračnega tlaka, ki jo uporabljamo za zaviranje vlaka.

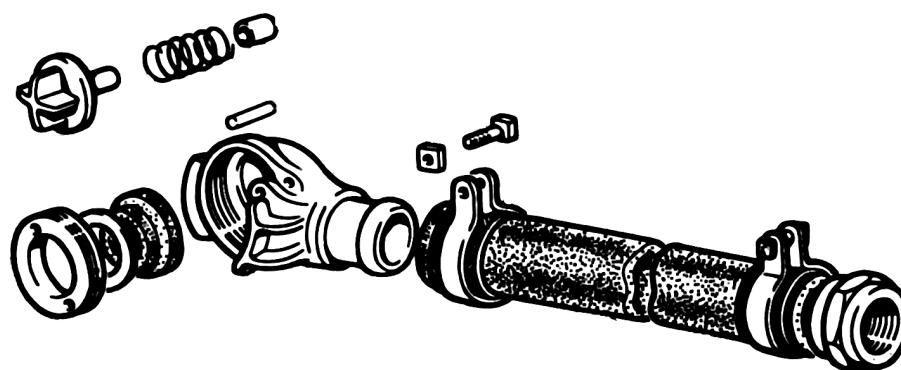
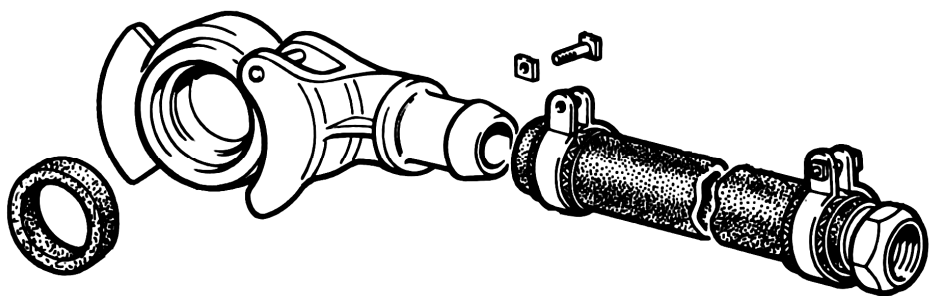
▪ SENZORJI ZA MERJENJE HITROSTI (ali prevožene poti)

Vgrajeni so na koncih osi v ležajna ohišja, delujejo na osnovi slabljenja in ojačenja magnetnega polja. To dosežemo s pomočjo železnega zobnika. Izkoristimo nekaj 1000-krat večjo magnetno prevodnost železa, kot jo z zrakom.

- Starejši sistem uporablja dinamo in na osnovi izmerjene napetosti določi hitrost; tudi takšni merilci hitrosti so vgrajeni na koncih osi.

▪ SPOJNA CEV ZA PRIKLOP ZRAKA MED VOZILI

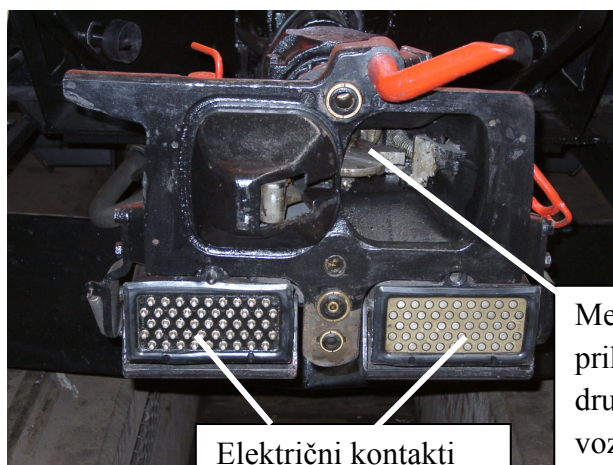
To so cevi, ki omogočajo zračno povezavo posameznih vozil med seboj. Priključki za preskrbovanje zavor so rdeče barve, za napajanje ostalih napravah so modre barve. Z modrimi preskrbujemo ostale porabnike zraka (razen zavore) na vagonih. Na tovornih vagonih se uporabljajo samo cevi rdeče barve. Ostali porabniki so še vrata, avtomatska spojna naprava...



Slika 74: Spojni cevi za spoj zraka med železniškima vagonoma

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

▪ AVTOMATSKA SPOJNA NAPRAVA SHAFENBERG



Električni kontakti

Mesto
priklopa
drugega
vozila

Naprava služi za spajanje dveh vozil v enoto. Na SŽ jo uporabljamo na potniških dizelskih motornih garniturah tipa MBB ali MARCEDES in elektromotornih vlakih proizvajalca SIEMENS ter na elektromotornih garniturah »PENDOLINO«.

Vozne garniture se med seboj spojijo brez direktne prisotnosti človeka. Spojijo se tudi zračni in električni vodi. Torej sta garnituri v celoti spojeni.

Slika 75: Avtomatska spojna naprava

Vir: Lasten.

9.2 PNEVMATSKE NAPRAVE

Pomemben vir energije na vagonu je zrak pod pritiskom. Najpomembnejše je preskrbovanje zavornega sistema celotnega vlaka z zrakom pod pravilnim pritiskom.

▪ PESKALNA NAPRAVA

Z njeno pomočjo povečujemo adhezijsko silo tako, da posipa tir s peskom pred pogonskimi kolesi in s tem poveča trenje, kar ima za posledico večjo silo adhezije. Naprava je lahko ročno ali avtomatsko krmiljena. Avtomatsko krmiljena deluje na osnovi indikacije hitrosti vozila in obračanja koles. Če je ročno krmiljena, jo aktivira strojevodja.

▪ MAZALNA NAPRAVA

Mazalna naprava se uporablja zaradi vožnje na ovinkih, ker so togo vpeta kolesa (kolesne dvojice). Obodna hitrost na zunanji strani je večja kot obodna hitrost na notranji strani ovinka, zato pride do zdrsa enega izmed koles; ta zdrs se lažje opravi, če so kolesa namazana. Obstaja avtomatska mazalna naprava, ki jo vklaplja merilec prevožene poti; ta po določeni prevoženi poti sproži mazanje koles.

Navadne mazalne naprave uporabljajo vrv, na eni strani potopljeno v rezervoar z oljem, na drugi strani pa se vrvica dotika kolesa (deluje po sistemu pivnika).

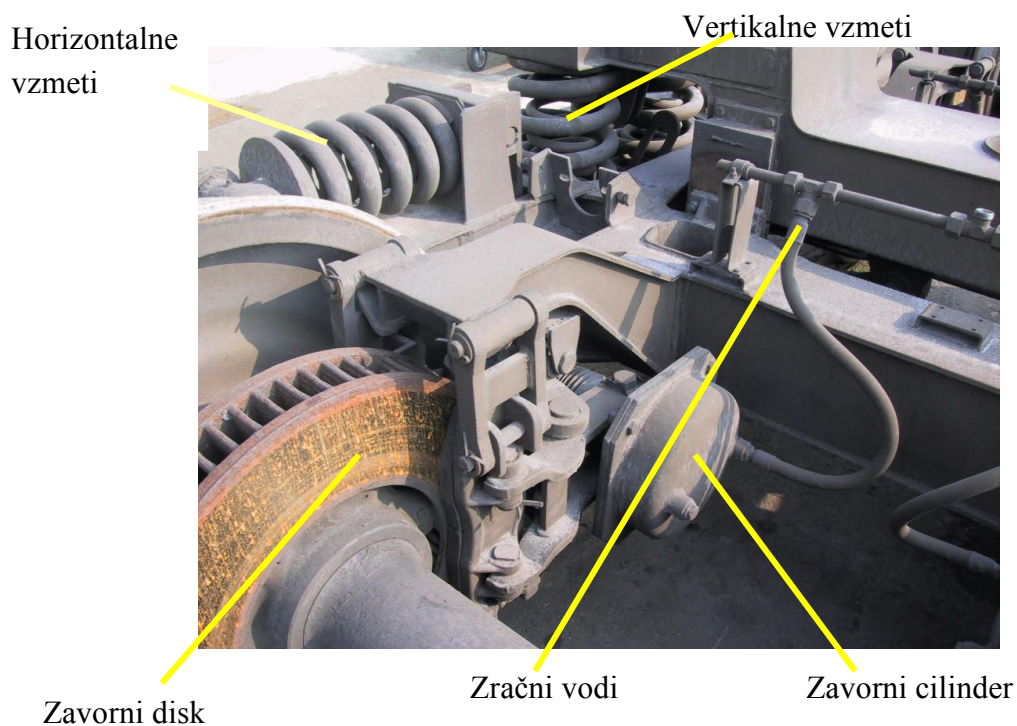
9.2.1 Zračna zavora

Zaviranje vlaka se izvaja s pomočjo zraka pod pritiskom. Zaradi možne okvare na zračnem zavornem sistemu je zaviranje narejeno tako, da zavora začne zavirati, ko pritisk v glavnem zračnem vodu pade. Sistem negativnega delovanja, ko ni zraka, ima to lastnost, da zavora zavre. To pomeni: če bi prišlo do prekinitve napajanja zavore z zrakom pod pritiskom, bi zavora začela zavirati, vlak bi se ustavil. Vezava zračnih vodov je zaporedna skozi vlak in kjer koli na vlaku pride do padca pritiska, se aktivira zavorni sistem vlaka. To je enako, kot če bi aktivirali zasilno zavoro.

GLAVNI DELI ZRAČNE ZAVORE, KI ZAGOTAVLJAJO DELOVANJE, SO:

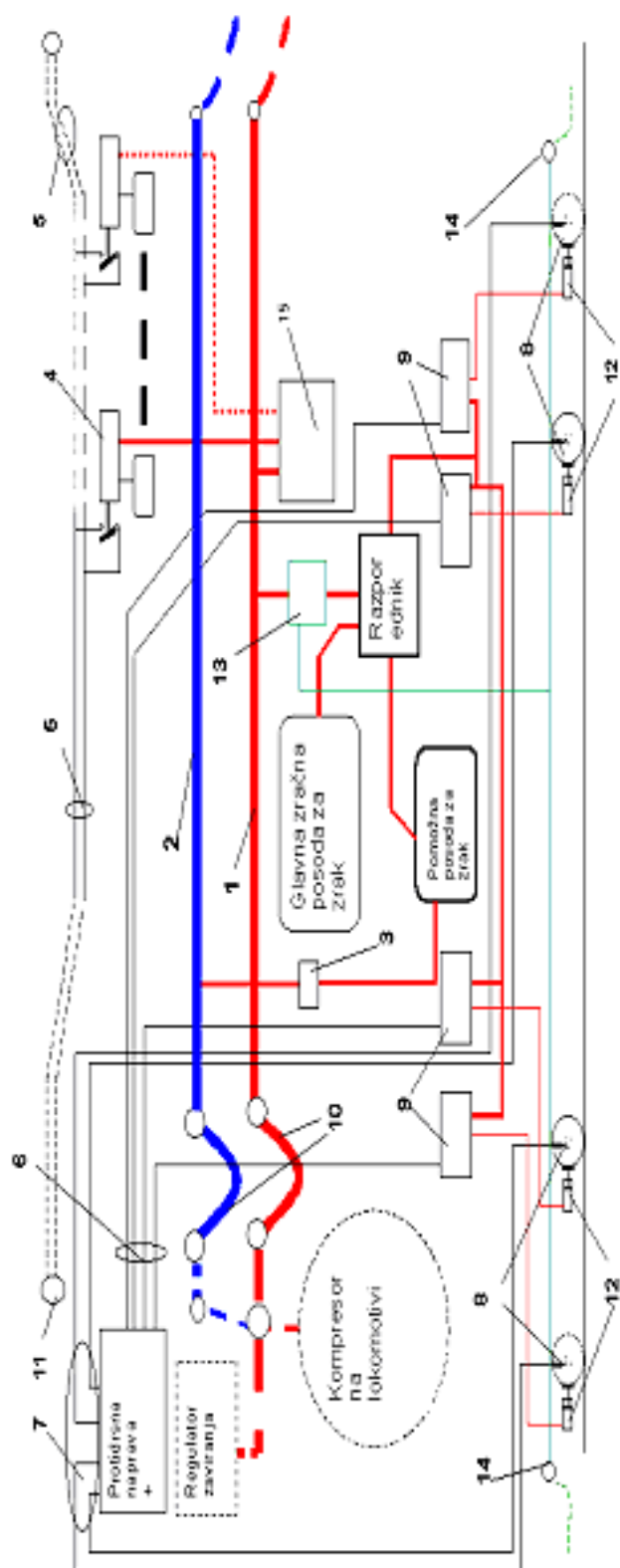
- glavni vod skozi celoten vlak,
- kompresor za zrak, ki je nameščen v lokomotivi,
- spojke za spojitve zraka med vagoni, predpisane s standardom UIC,
- razporednik za zrak, ki razporeja zrak, da zavora deluje normalno; ko pritisk zraka v glavnem vodu pade, razporednik poskrbi, da pritisk v zavornem cilindru naraste in zavora začne zavirati,
- zaviralnik je naprava, ki zagotavlja regulacijo pritiska zraka in s tem omogoča pravilno zaviranje vlaka; nahaja se v strojevodski kabini in omogoča stopenjsko zaviranje vlaka,
- zavorni cilindri,
- zavorne obloge, zavorni diski v primeru diskastih zavor,
- električni pnevmatski ventili,
- prenosni mehanizmi zavore.

Na shemi delovanja zavore (slika 77) je prikazan zavorni sistem potniškega vagona. V primeru tovornih vagonov odpadeta vsa električna inštalacija in pomožni zračni vod. To pomeni, da je zavora tovornih vagonov veliko preprostejša. Zavorna sila tovornih vlakov se nastavlja s pomočjo vzvodov. Ti vzvodi se nastavijo ročno ali avtomatsko s pomočjo naprave, ki razmerje moči nastavi na osnovi obtežitve vagonov (poln ali prazen).



Slika 76: Prikaz zračne diskaste zavore

Vir: Lasten.



- 1) glavni zračni vod zavore
- 2) pomožni zračni vod
- 3) ventil pomožnega napajanja pomožnega rezervoarja za zrak
- 4) aktivator zasilne zavore
- 5) vodniki za odlog zaviranja zasilne zavore
- 6) električni vodniki za krmiljenje ventilov regulacije zaviranja in za preprečevanje drsenja
- 7) električni vodniki merilca hitrosti (število impulzov ali višina napetosti)
- 8) dajalci impulzov napetosti ali generator napetosti
- 9) elektropnevmatski ventili protidrsne zaščite
- 10) spojne cevi za zrak med železniškimi vozili
- 11) 12- polna vtičnica UIC
- 12) zavorni cilindri (shematsko)
- 13) elektropnevmatski ventil zaviranja
- 14) spojni kabel elektropnevmatskega ventila zaviranja ($U = 110V$), povezava s 5-polnim konektorjem

potniškega vagona

Vir: Lasten.

Slika 77: Shematski prikaz zavore

Slika 77 prikazuje shemo delovanja zračne zavore na vlaku; shematsko so prikazani samo elementi, ki omogočajo delovanje zavore. Izvedbe so različne, vendar je osnova delovanja

enaka. Če pride do okvare zavore, je zavoro možno izločiti in vagone lahko odpeljemo z mesta okvare po posebej za to predvidenem postopku.

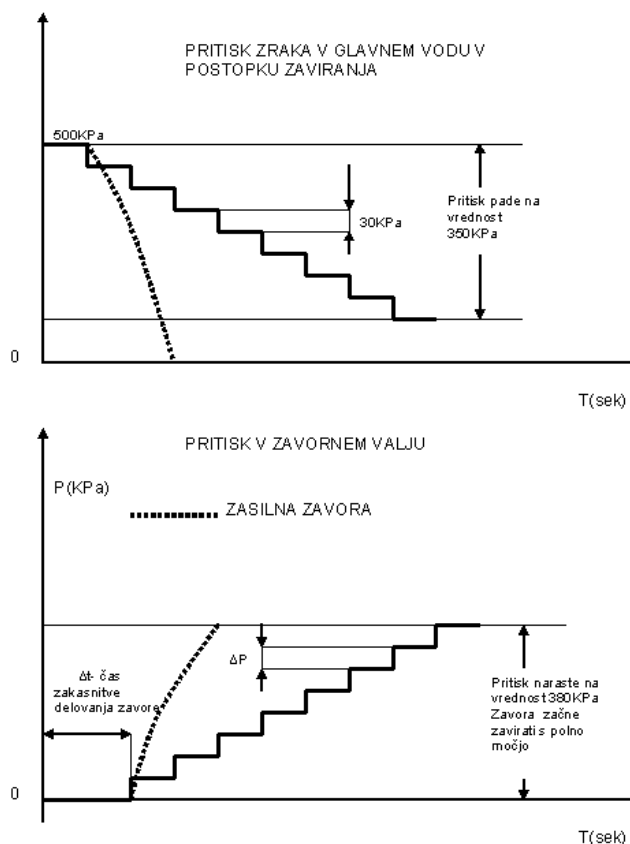


Diagram 21: Delovanje zračne zavore

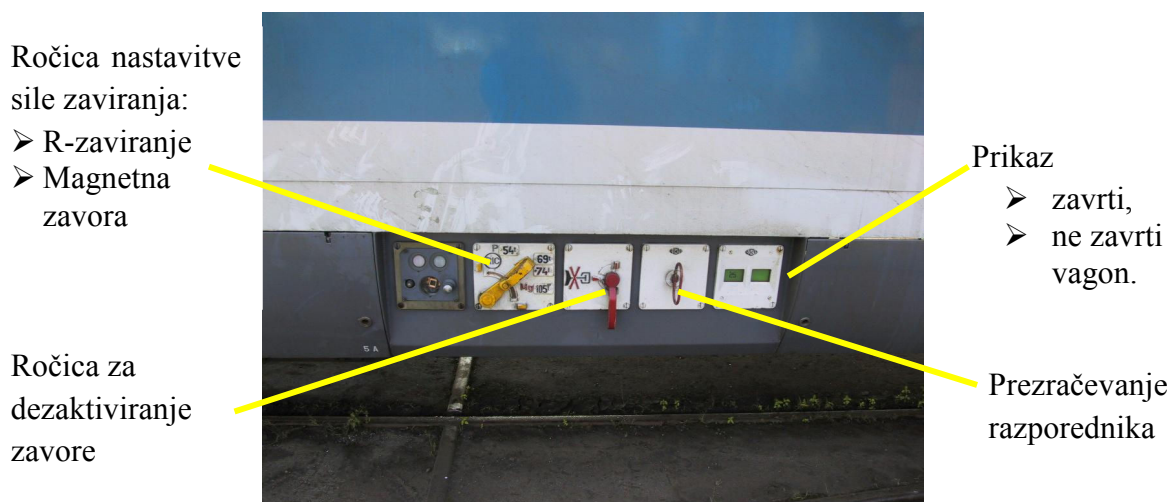
Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

V prvem diagramu je prikazano, kako pada pritisk zraka v glavnem vodu, ko strojevodja zavira s pomočjo zaviralnika v kabini (stopničasti del krivulje). Z določeno časovno zakasnitvijo se povečuje tlak s pomočjo pomožnega rezervoarja. Ko pade pritisk v glavnem zračnem vodu za vrednost 350 kPa, naraste pritisk v cilindru na vrednost 380 kPa in zaviramo s polno silo.

Do znižanja pritiska iz pomožnega valja z vrednosti 500 kPa pride zaradi večje prostornine, ki jo ima zrak na razpolago, ko se razširi še v zavorni cilindri. Pri novjših zavoraх uporabljamo večje pomožne rezervoarje za zrak, s tem se poveča zavorna energija stisnjenega zraka. Da ne prekoračimo pritiska v zavornih valjih preko 380 kPa, potrebujemo dodatni ventil, ki to preprečuje. Črtkana črta prikazuje gibanje pritiska zraka v primeru sprožitve zasilne zavore.

Zaviranje deluje tako, da strojevodja s pomočjo zaviralnika postopoma znižuje pritisk. Z znižanjem pritiska v glavnem vodu se s pomočjo razporednika dviguje pritisk in z dvigom pritiska zraka v zavornem cilindru se sorazmerno dviguje sila zaviranja. S tem dosežemo postopno zaviranje.

Zavora začne zavirati, ko pade zračni tlak v glavnem vodu, s tem pritisk iz pomožnega rezervoarja potisne bat cilindra v smeri zaviranja. Zavorno pot želimo imeti čim krajšo, torej zavorna sila ne sme biti večja od adhezijske sile. To pomeni, da kolo ne sme biti tako močno zavrto, da bi se kljub gibanju vlaka ustavilo. Takšna ustavitev bi pomenila ne samo, da se vlak ustavlja dalj časa (podaljša se zavorna pot), temveč se poškoduje kolo in povzroči nastanek ploščatih mest. To preprečimo s pomočjo protidrsne naprave, ki preprečuje popolno ustavitev koles. Protidrsna naprava še preprečuje razlike med hitrostjo zaviranja med posameznimi kolesnimi dvojicami.



Slika 78: Nastavitve zavore na potniškem vagonu po predpisih RIC

Vir: Lasten.

▪ POMOŽNI ZRAČNI VOD

Pomožni zračni vod služi za napajanje ostalih porabnikov in dodatno napajanje pomožnega rezervoarja. Vgrajen je samo na potniških vlakih. Porabnik, ki ga preskrbujemo s tem zrakom, je sistem za odpiranje in zapiranje vrat.

▪ ROČNA ZAVORA

Uporabljamo jo za zavrtje vagona v primeru, ko vagon miruje. Ročna zavora se zavre z obratom ročice. Sila na kolo se prenaša preko ročic zobnikov in preko jeklenih vrvi. Pred vožnjo vlaka zavoro z obračanjem v drugo smer deaktiviramo.

9.2.2 Koš železniškega potniškega vozila – okvir potniškega vagona

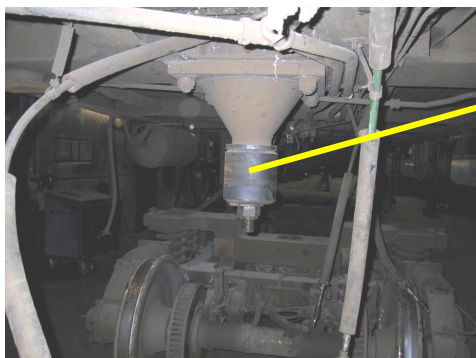
Okvir prevzema sile lastne teže, sile bremena vzdolžne sile vleke, sile zaviranja, dinamične sile pri vožnji skozi krivino in sile neravnih prog. Okvir potniškega vagona mora biti dovolj stabilen pri velikih hitrostih in varen tudi pri morebitnih nesrečah. Pomembno je tudi oblikovanje zunanosti vagonov, kajti oblika vpliva na zračni upor, posebno pri velikih hitrostih. Oblikovanje in opremljanje notranjosti pa sta pomembna za kakovostno storitev prevoza in počutje potnikov. Notranjost je opremljena glede na namen vlaka, predvsem glede na potovalne razdalje, hitrosti in klimatske pogoje.

Jeklena konstrukcija vagona je izdelana iz ogrodja, podstavka, stranic, strehe in čela vagona. Ogrodje je sestavljeno iz valjanih in stisnjenih jeklenih profilov, ki so zvarjeni v lahko jekleno konstrukcijo optimalne nosilnosti; pri minimalni lastni teži ima maksimalno nosilnost in je povezana v celoto. Ta konstrukcija ponuja potniku maksimalno zaščito med vožnjo in je sposobna zdržati obremenitev, predpisano v kodeksu UIC 566, brez trajnih deformacij in brez prekoračitve dovoljenih napetosti. Izdelana je iz jekla.

Stranske stene, streha in čelo so iz lahkih stisnjenih jeklenih profilov. Ti so povezani s pločvino in privarjeni na podstavek tako, da je celotno vozilo ena samonosilna konstrukcija, ki ponuja potniku maksimalno zaščito med vožnjo. Okvir vagona je dimenzioniran tako, da zdrži vse obremenitve, ki jih predvideva kodeks UIC. Zaradi zmanjšanja lastne teže in daljše

trajnosti se v svetu vedno bolj uveljavlja aluminijasta konstrukcija. Proti hrupu je zunanja obloga z notranje strani obrizgana s termoizolacijsko snovjo, ki ni gorljiva. Pri hitrosti med 120 in 200 km/h znaša povprečen hrup v notranjosti 60 dB. S strani je vagon zaprt s pokrovi aerodinamične oblike, ki se lahko demontirajo, kadar je potreben dostop do naprav.

9.2.3 Kraljevi čep



Predstavlja del koša vagona, ki spoji vozni podstavek s košem vagona. Kraljevi čep se s spajanjem koša vagona postavi v kraljevo školjko. Tresljaji, ki nastajajo med vožnjo, se blažijo s pomočjo gumijastega vložka.

Slika 79: Kraljevi čep

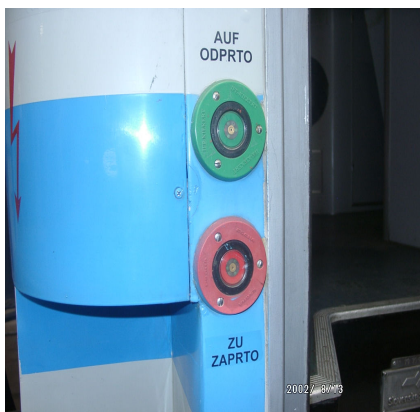
Vir: Lasten.

9.2.4 Vstopna vrata

Vhodna vrata na železniških potniških vozilih predstavljajo enega izmed pomembnejših dejavnikov varnosti. V vagonih in železniških vozilih morajo zagotoviti varen vstop in izstop potnikov.

Pri novih vagonih ali vlakih se vrata odpirajo elektropnevmatsko ali s pomočjo servomotorjev. So enokrilna, bočno drsna navzven, v skladu z zahtevami UIC 560. Izdelana so iz aluminijastega profila. Vhodna vrata so na tistem delu vagona, kjer je upogibni navor vozila minimalen.

Dovod zraka je zagotovljen preko napajalnega voda, kar ustreza zahtevam UIC 560. Pnevmatika naprava za zapiranje vhodnih vrat oskrbuje z zrakom rezervoar. Odpiranje in zapiranje potekata s pritiskom na eno od dveh tipk, ki sta vgrajeni na zunanji in notranji strani ob vratih. Prav tako imajo na čelni stani prožen gumijasti profil. V primeru ovire se avtomatsko odpro in po desetih sekundah zapro. Vrata se lahko v zaprtem položaju zaklenejo z votlim štiriobnim ključem po RIC z notranje in zunanje strani vagona. Vrata se v zaprtem položaju mehansko zaklenejo. V primeru zatajitve pnevmatske naprave je možno odpreti vrata ročno, brez uporabe večje sile, z notranje in zunanje strani.



Pri povečanju hitrosti vagona nad 5 km/h se vrata avtomatsko zapro.

Ko so izpolnjeni vsi pogoji, da potnik lahko odpre vrata, to naredi s pritiskom na zeleni gumb. Ko potnik vstopi, se vrata po 10 sekundah samodejno zapro.

Slika 80: Potniška tipka za odpiranje in zapiranje vrat

Vir: Lasten.



Vrata so zelo pomemben del potniških železniških vozil. Kakovostna vrata omogočajo udoben in hiter vstop ali izstop potnikov.

Vrata predstavljajo pomemben del za zagotovitev varnosti potnikov.

V elektromotornih garniturah, razen v posebnih primerih, odpira vrata strojevodja, ki ima v kabini signalizacijo zaprtih ali odprtih vrat. S posebnim posegom lahko ob nevarnosti odpre vrata potnik ali spremljevalno osebje, odprejo se s pomočjo ročice nad vrati.

Vrata odpremo s kljuko na vratih. Na vagonih novejšega tipa se vrata odprejo s senzorji gibanja ali s posebnimi tipkali, z ročicami, montiranimi pri vratih. Pogoj je, da vlak miruje. Nad vrati je ročica za odpiranje v sili, ki se lahko uporabi med vožnjo.

Slika 81: Vagonska enokrilna vrata

Vir: Lasten.

Vrata celotnega vlaka (starejši sistem brez senzorjev gibanja) zapre oseba, ki spremlja vlak, s pomočjo štirikotnega ključa. Zapre jih na enem mestu za ves vlak. Deluje tako, da z zasukom stikala s štirikotnim ključem zapre vsa vrata razen tistih, na katerih je bil uporabljen ključ. S tem ko se ne zaprejo, ne poškodujejo osebe, ki zapira vrata.



Vhodna vrata na
dizelskih motornih
potniških vlakih

Slika 82: Vrata dizelske motorne garniture

Vir: Lasten.

9.2.5 Notranja oprema

Notranja oprema v potniških vozilih skrbi za ugodje potnikov. Veliko te opreme je opisane v poglavju o električnih delih vagona.

■ NOTRANJA VRATA



Notranja vrata razmejujejo posamezne prostore, kjer se nahajajo potniki, in posamezne vagone. V vagonih, kjer so kupeji, zapirajo še prostor med hodnikom vagona in kupejem, slika Slika 83.

Slika 83: Notranja vrata

Vir: Lasten.

- SEDEŽI ZA POTNIKE



Sedeži za potnike so lahko v kupejih, kot je na sliki, ali v prostorih brez kupejev, kot v avtobusih, v elektromotornih (EMV) in dizelskih motornih vozilih (DMV).

Slika 84: Sedeži potnikov v kupejih

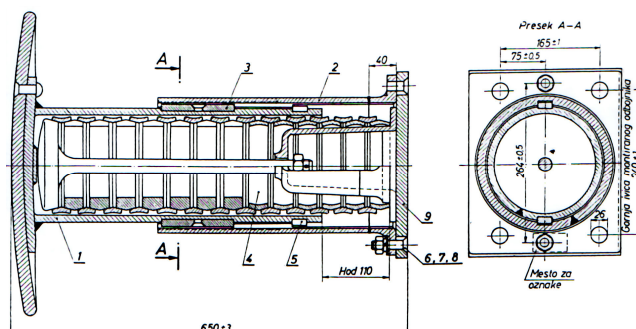
Vir: Lasten.

- ENOTEN PROSTOR ZA POTNIKE

Vrata so na koncu vlaka, kadar je to zadnji vagon. V nasprotnem primeru so vrata med vagoni. Odpirajo se ročno ali elektropnevmatsko s pomočjo senzorjev gibanja.

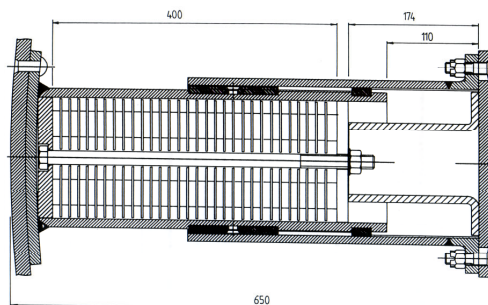
9.2.6 Odbojniki – vlečni kavli

So deli železniškega vozila, ki omogočajo varen dotik med dvema železniškima voziloma.



Slika 85: Odbojnik z vzmetnimi obroči

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.



Slika 86: Odbojnik z gumijastimi vložki

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Naloga odbojnikov je, da blažijo dinamične sile, ki nastajajo med vagoni v času zaviranja ali kadar se formirajo v vlak in prihaja do manjših trkov ter med vožnjo v krivinah. Sile, ki pri tem nastanejo, blažimo z odbojniki s pomočjo vzmetnih obročev ali s pomočjo gumijastih vložkov.

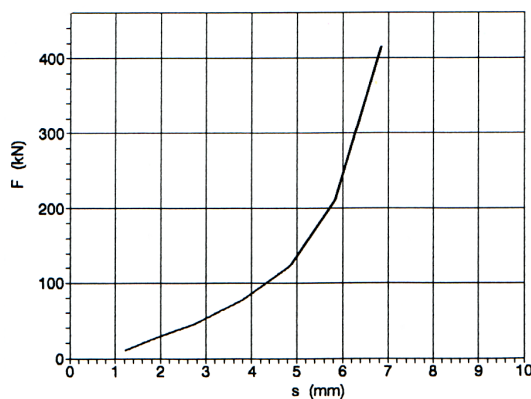


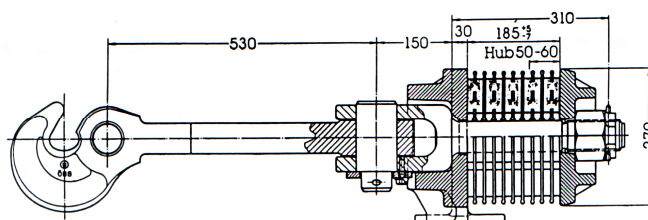
Diagram 22: Karakteristika odbojnika

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Iz diagrama 22 vidimo, da bolj kot se odbojnik stisne, večja je sila upora.

▪ VLEČNI KAVLJI

Vlečni kavelj blaži dinamične sunke, ki skušajo razkleniti vagone, torej blaži sile v nasprotni smeri kot odbojniki. Odbojniki in kavlji so pritrjeni na nosilno konstrukcijo vagona.



Slika 87: Vagonski vlečni kavelj

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

9.3 LOKOMOTIVSKI DELI

9.3.1 Dizelektrična lokomotiva

Priključni
kabli



Zobnik prenosa
sile na zobnik
kolesne dvojice

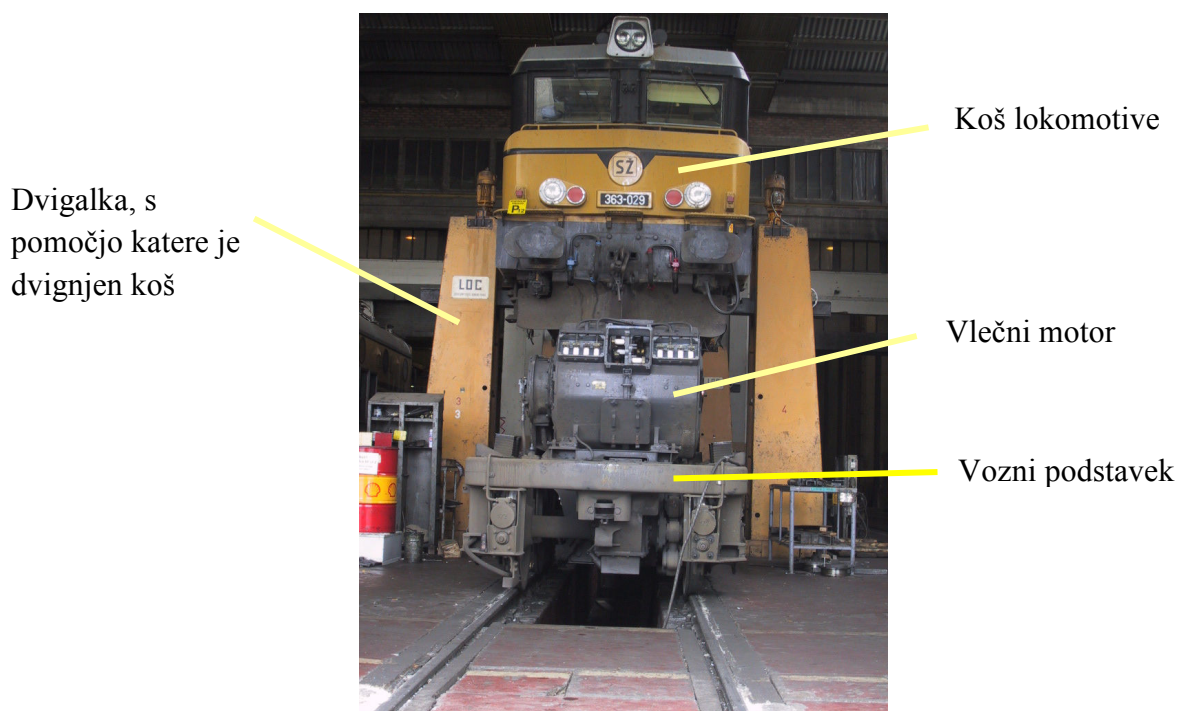
Slika 88: Vlečni motorji dizelektromotorne lokomotive
Vir: Lasten.

Vlečni motor na enosmerno napetost je v eksploataciji pritrjen na vozne podstavke lokomotive.

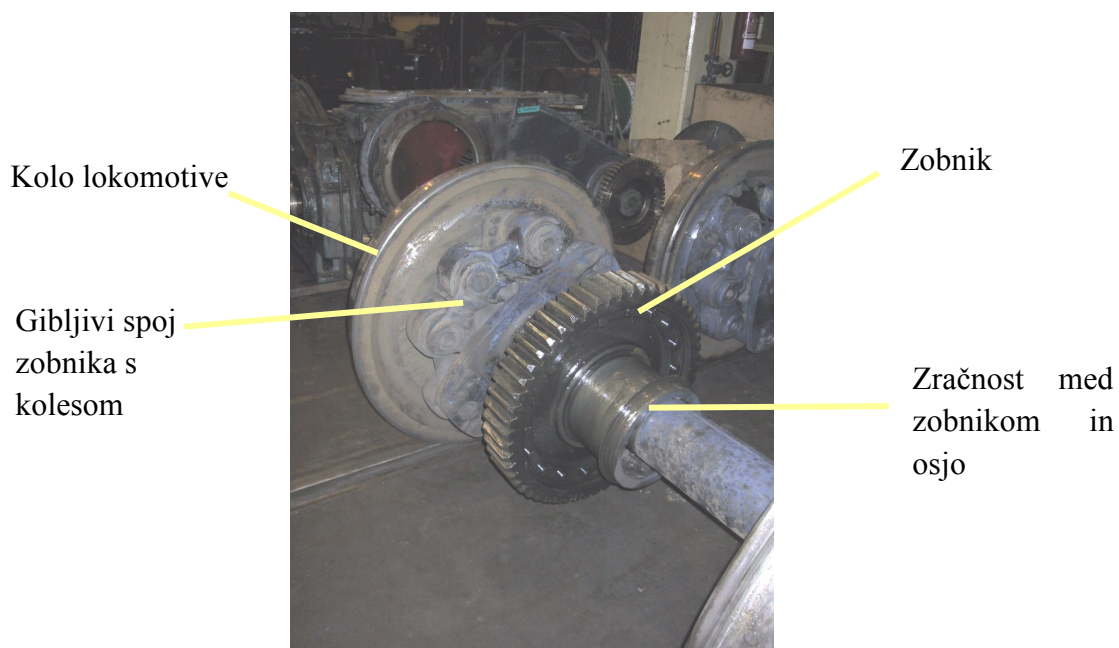


Slika 89: Sklop dizelskega motorja in generatorja napetosti
Vir: Lasten.

9.4 ELEKTROMOTORNE LOKOMOTIVE



Slika 90: Lokomotivo 363 na dvigalkah za dvig košev železniških vozil
Vir: Lasten.



Slika 91: Gibljiva povezava med pogonskim kolesom in zobnikom
Vir: Lasten.

POVZETEK POGLAVJA

Pnevmatske in mehanske naprave imajo zelo pomembno vlogo pri zagotavljanju nemotenega delovanja železniških vozil. Prenašati morajo velike obremenitve; s primernim vzdrževanjem zagotavljajo varno in dolgotrajno delovanje za ves čas življenjske dobe železniških vozil.

Vprašanja za razmislek in preverjanje znanja

1. *Pojasnite, na osnovi česa delujejo pnevmatske naprave.*
2. *Naštete najpomembnejše pnevmatske naprave na železniških vozilih.*
3. *Opišite pomen pnevmatskih naprav na železniških vozilih.*
4. *S pomočjo slike označite posamezne dele železniškega vagona in pojasnite, čemu služi posamezni del.*
5. *Opišite delovanje zračne zavore in narišite diagram pritiskov v glavnem zračnem vodu ter zavornem cilindru.*
6. *Naštete najpomembnejše mehanske dele in pojasnite njihov namen.*
7. *Naštete varnostne pogoje delovanja vstopnih vrat na potniško vozilo.*
8. *Opišite koš železniškega vozila.*
9. *Opišite osnovno razliko med DEM-lokomotivo in EM-lokomotivo.*
10. *Opišite način spoja med kolesom in osjo železniškega vozila.*
11. *Pojasnite razliko med pogonsko kolesno dvojico in kolesno dvojico na vagonih.*



Študijski primer in v razmislek:

Primerjajte delovanje zračne zavore na potniškem in tovornem vlaku.
Opišite in naštejite sile, ki delujejo na posamezne dele železniškega vozila.

Dodatna literatura za študij

- 1) Dokumentacija: SŽ Centralne delavnica Ljubljana, 2008.
- 2) Navodilo 233: SŽ, Zaviranje vlakov, 1988.
- 3) Pravilnik o vzdrževanju železniških vozil: Uradni list RS, št. 85/00, 2000.
- 4) Pravilnik o zavorah, varnostnih napravah in opremi železniških vozil: 231 JŽ, 1988.
- 5) RIC: Sporazum o izmenjavi in uporabi potniških vagonov v mednarodnem prometu, 2001.
- 6) Srebrnič, M. Fotografije iz SŽ CD Ljubljana, 2007.
- 7) Srebrnič, M., in Srebrnič, M. Vlečna in transportna sredstva železniškega prometa, 2002.

SPLETNE STRANI

- 1) http://www.mzp.gov.si/si/delovna_podrocja/zeleznice/zkonodaja_zeleznice/
(19.11.2008)

10 ELEKTRIČNE NAPRAVE NA VLAKIH, KI NISO DIREKTNO V POGONU VLAKA

V tem poglavju boste spoznali:

- Električne naprave, ki direktno ne sodelujejo pri vožnji vlaka.
- Naprave, ki izboljšajo delovanje vlaka.

Ob koncu poglavja boste razumeli namen naprav, ki:

- proizvajajo električno energijo,
- povečujejo udobnost bivanja potnikov,
- povečujejo varnost potnikov.

UVOD V POGLAVJE

Te naprave omogočajo pravilno delovanja vlaka in so namenjene več nalogam. Novejše je tirno vozilo, posebej v potniškem prometu, več ima naprav za povečanje kakovosti bivanja v vagonih in varnosti potnikov. Tako se pojavlja vedno večja potreba po nadzoru različnih naprav.

Z uvajanjem višjih standardov za prevoz potnikov in njihovo varnost potrebujemo vedno večji nadzor nad dogajanjem in usmerjanjem tega dogajanja, kar je vedno težje brez ustrezne računalniške podpore.

a) ELEKTRIČNA ENERGIJA NIZKE NAPETOSTI:

- krmiljenje in nadzor delovanja naprav (napetost od 24 do 110 V),
- zagon vlaka (za DMV),
- delovanje razsvetljave v vlakih,
- krmiljenje in nadzor nad odpiranjem in zapiranjem vrat.

Viri električne energije nizke napetosti so:

- alternator,
- električni dinamo,
- statični pretvornik,
- proizvodnja električne energije enofazne napetosti 230 V in medfazne napetosti 400 V, ki služi za pogon različnih naprav za udobnejše potovanje potnikov.

b) VISOKA NAPETOST

- Gretje ali hlajenje vlaka, vir za pridobivanje električne energije napetosti iz točke a) tega poglavja.

Visoka napetost se uporablja v dizelektričnih lokomotivah, v električnih lokomotivah in v potniških vagonih.

10.1 NAPRAVE NIZKE NAPETOSTI NA ŽELEZNIŠKIH VOZILIH

To so naprave, ki omogočajo pravilno delovanje lokomotiv in vagonov. S svojim pravilnim delovanjem so udeležene v veliki meri pri pravilnem delovanju varnostnih naprav, torej je varnost delovanja železniških vozil pogojena tudi s pravilnim delovanjem teh naprav.

10.1.1 Proizvodnja nizke napetosti na železniških vozilih

To napetost proizvedemo s pomočjo alternatorjev, dinama ali s pomočjo statičnega pretvornika. Pogon alternatorja ali dinama pri dizelskih motornih vozilih je s pomočjo dizelskega motorja. Na vagonih ta pogon dobimo preko prenosa z osi kolesnih dvojic. V tem primeru predstavljajo alternatorji in dinamo dodatno zavorno silo, ki obremenjuje vlečne motorje lokomotive, tudi izkoristek takšnega načina proizvodnje je zelo slab. Boljšo rešitev predstavlja sistem direktne pretvorbe visoke napetosti v ustrezno potrebno nižjo napetost (statični pretvorniki), to je postalo izvedljivo z uvajanjem kakovostnih elektronskih komponent (močnostnih tiristorjev) in računalnikov.

10.1.2 Alternatorji

Alternator je naprava, ki proizvaja izmenično napetost, ki jo nato usmerimo s pomočjo močnostnih diod. Alternator sodi k primarnemu viru energije.

10.1.3 Električni dinamo

Vir napetosti je enosmerni. Služi za polnjenje akumulatorjev, preko njih napajamo razsvetljavo vagona in vse ostale električne naprave razen močnostnega dela gretja. Tudi za zaščito dinama potrebujemo tokovne in napetostne omejitelce.

10.1.4 Statični pretvornik

To je naprava, ki pretvarja visoko napetost po UIC v napetost 24 V in napetost 230 V v izmenično. Več o tej napravi bo napisano v poglavju o napravah visoke napetosti.

10.1.5 Akumulatorji

To so naprave za skladiščenje električne energije. Akumulatorji so eden izmed zelo pomembnih segmentov vagona in lokomotive, brez njega ne zaženemo lokomotive, na novejših potniških vagonih ne bi delovalo skoraj nič.

Predstavljajo sekundarni vir napetosti; primarni vir napetosti so dinamna, alternatorji ali statični pretvorniki. Na vagonih se uporabljajo NiCd akumulatorji. To so akumulatorji velike vzdržljivosti. Uporabljamo jih za zagon motorjev z notranjim izgorevanjem in jih kratkotrajno obremenjujemo z velikim električnim tokom. Druga vrsta akumulatorjev obratuje daljši čas z nižjim električnim tokom; takšne vgrajujemo v železniške vagone. V primeru napajanja akumulatorjev z dinamom ali alternatorjem imajo zelo neredno dopolnjevanje z električno energijo in so velikokrat slabo oskrbovani. To pomeni, da je akumulator večkrat popolnoma izprazen, svinčeni akumulator bi postal v tem primeru neuporaben, za NiCd-akumulatorje to ne predstavlja velike škode. Če napajamo te akumulatorje s pomočjo statičnega pretvornika, se pogoji dela zelo izboljšajo. V tem primeru za njihovo napajanje in tudi vzdrževanje polne »kondicije« poskrbi računalniško voden nadzor, ki je del statičnega pretvornika.

Električno napajanje akumulatorjev pomeni polnjenje akumulatorjev z električno energijo. Akumulatorje polnimo z električnim tokom določen čas, to je tudi merilo za električno kapaciteto/zmogljivost. Vrednost električne zmogljivosti je podana:

$$C = I \cdot T ; \quad I - \text{tok } [A]; \quad T - \text{čas, v urah}; \quad C - \text{kapaciteta } [Ah] \text{ (amperske ure)}$$

Ta vrednost v primeru električnega polnjenja akumulatorja pove, koliko električnega toka smo »dali« v akumulator, v primeru praznjenja pa nam pove, koliko smo ga dobili. Velik vpliv na kapaciteto/zmogljivosti akumulatorjev ima temperatura okolice; tako velja, da padec temperature za 10 °C pomeni padec zmogljivosti za 10 %.

Obstaja več tipov akumulatorjev glede na njihovo krivuljo praznjenja, označujemo jih po tipih njihovega namena v uporabi:

L – akumulator za daljše obdobje praznjenja in z nižjim tokom,

M – akumulator za srednje čase in tokove praznjenja,

H – akumulator velikih tokov, kratek čas praznjenja.

Glede na pomembnost akumulatorji zahtevajo tudi posebno nego in vzdrževanje. Pri

NiCd-akumulatorjih obstaja spominski efekt, ki poslabša karakteristiko delovanja, zato moramo te akumulatorje večkrat električno izprazniti in napolniti, tako zmanjšamo vpliv spominskega efekta.

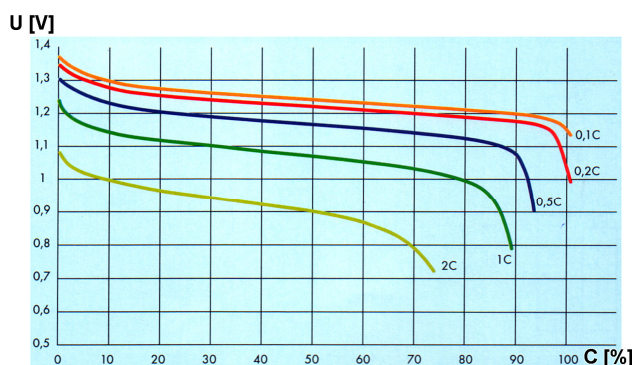


Diagram 23: Praznjenje NiCd- akumulatorjev po eni celici

Vir: Dokumentacija: SŽ CD, 2008.

Če vezemo več celic zaporedno (+) → (−), se napetosti seštevajo.

Velik problem pri proizvodnji primarne energije nastane v primeru daljšega postanka vagona na postaji, ko so vključeni vsi porabniki (razsvetljava, ventilacija...). V primeru prevelike izpraznitve ne bi delovalo veliko funkcionalnih delov na vagonu, razen ko je na vagon vgrajen statični pretvornik. V nadaljevanju bomo spoznali naprave, ki se napajajo iz tega vira. Njihovo brezhibno delovanje je povezano z akumulatorskim napajanjem tudi v primeru postankov vagona. Električno napajanje naprav ne sme biti ovirano zaradi prenizke napetosti. Da se to ne zgodi, ko napetost pade pod neko vrednost, se selektivno izklapljajo porabniki, ki niso vitalnega pomena. V nobenem primeru ne smejo ostati brez napajanja z električno energijo naprave, povezane z varnostjo.

Navodila proizvajalcev temeljijo na priporočilih IEC 623, ki so osnova za predpisano vzdrževanje NiCd-akumulatorjev. Proizvajalci obljublajo življenjsko dobo za te akumulatorje tudi do 20 let, seveda ob primernem vzdrževanju.

10.1.6 Razsvetljava na vagonih

Vagonska razsvetljava se napaja z električno energijo iz akumulatorjev, ki jih polnimo z električno energijo z dinamom, z alternatorjem ali s pomočjo statičnega pretvornika. Svetilke s fluorescentnimi žarnicami imajo vgrajene frekvenčne pretvornike, preko katerih se napajajo žarnice z ustrezno napetostjo.

10.1.7 Električna ventilacija

Ventilacija deluje s pomočjo dvostopenjskega, 24-V enosmernega motorja, vklop ali izklop se opravi s pomočjo krmilnega električnega vezja zračnega gretja; to gretje je lahko dvokanalno ali enokanalno. Električno krmilje gretja je vgrajeno v električne omarico. Kakšen režim ogrevanja bo potreben, »odloči« krmilno vezje na osnovi podatkov, ki jih dobi iz termostátov v kupejih, na strehi vozila in v kanalih, po katerih se zrak pošilja po vagonu. Režimi gretja so:

- gretje,
- vzdrževanje toplote,

- prezračevanje.

Ko na osnovi zbranih podatkov »odloči« elektronsko vezje, to izbere ustrezní način delovanja.

10.1.8 Krmilno nizkonapetostno vezje

Za upravljanje z visoko napetostjo je potrebno preklapljati in s tem ustrezno regulirati gretje vagona. Preklopi se opravljajo zaradi različnih visokih napetosti, ki so priklopljene na vagon. Sistem – razen ko je vgrajen na vagon statični pretvornik – deluje po sistemu vklopov grelcev v zaporedno in vzporedno vezavo.

10.1.9 Protidrsna naprava

Osnovni namen protidrsne naprave je, da preprečuje premočno zaviranje in s tem drsenje koles po tirih. To drsenje povzroča nastajanje ploščatih mest na kolesih in podaljša zavorno pot. S tem dosežemo ustrezno zaviranje pri ustrezni adhezijski sili.

Protidrsna naprava deluje tako, da meri hitrost na posameznih oseh železniškega vozila; na osnovi razlike obratov osi koles naprava zmanjša silo zaviranja na osi, ki se vrti počasneje od ostalih osi. Meritev obratov oziroma hitrosti vozila se izvaja s pomočjo napetostnih generatorjev ali s pomočjo števca digitalnih impulzov.

V primeru merjenja s pomočjo generatorjev naprava določi, na osnovi razlike napetosti na izhodu generatorja, kje naj se zmanjša zaviranje.

Če merimo hitrost obratov s pomočjo štetja impulzov napetosti, je na vsako os pritrjen poseben zobnik, ki s pomočjo elektromagnetnega senzorja proizvaja napetostne impulze, nato se opravi primerjava števila proizvedenih impulzov na posamezni osi v časovni enoti. Razlika med številom impulzov na oseh povzroči na počasnejši osi zmanjšanje zavorne sile.

Ta regulacija zaviranja se opravlja s pomočjo pnevmatskih ventilov zavor na posamezni osi. Razlika med hitrostmi vrtenja mora biti večja od 4 %, da začne naprava delovati. Tudi v primeru sodobnejših vagonov je regulacija opravljena s pomočjo vagonskega računalnika in ustreznega programa.

10.1.10 Zaviranje zasilne zavore z odlogom

Namen odloga zasilne zavore je, da lahko strojevodja izloči aktiviranje s pritiskom na tipko. Možnost odloga zaviranja se je v prvi vrsti uvedla zaradi možnosti prekinitve zasilnega zaviranja v predoru. V primeru aktiviranja zasilne zavore se v strojevodski kabini sproži zvočni in svetlobni signal, ki opozorita strojevodjo, da je zavora aktivirana. Če strojevodja ne prekine zaviranja s pritiskom na tipko, začne vlak po določenem času zavirati, v nasprotnem primeru vlak neovirano pelje naprej.

Električna povezava je speljana preko 12-žilnega kabla UIC (po UIC 541.5). Ker je ta kabel »zaseden« s prenosom velikega števila drugih informacij, uporabimo že »zasedene« žice, vendar uporabljamo frekvenco 1000 Hz. Sistem deluje tako, da je vir te frekvence v strojevodski kabini in ko se ta napetost »povrne« po drugemvodu, strojevodja zazna, da je

vključena zasilna zavora, in ukrepa po svoji presoji. Zaviranje se opravi s pomočjo električnega pnevmatskega ventila na vagonu.

10.1.11 Elektropnevmatska zavora

Osnovni princip delovanja je enak kot pri navadni zračni zavori, le da se bistveno zniža reakcijski čas začetka zaviranja. To pomeni, da zavora začne hitreje delovati ob začetku aktiviranja, to je pri dolgih vlakih zelo pomembno, znižajo se naleti vagonov z zadnje strani. Za to zavoro velja, da avtomatsko prilagaja silo zaviranja hitrosti in obtežitvi vlaka. Vendar je lahko takšna zavora vgrajena samo na vozila, kjer je vir električne napetosti. Aktiviranje zavore se opravlja preko 4-žilnega kabla, z nazivno enosmerno napetostjo 110 V. Kabel je predpisan po UIC 568. Nameščen je na čelni spodnji strani vagona. Električna pnevmatska zavora bo dobro delovala samo v primeru neprekinjene povezave tega kabla. To pomeni: če imamo v garnituri vlaka vagon brez te povezave, za tem vagonom električna pnevmatska zavora ne bo delovala. Tudi v tem primeru zavoro vključimo s padcem tlaka v glavnem vodu vlaka.

10.1.12 Elektromagnetna zavora

Deluje na principu zaviranja s pomočjo električnega magnetnega polja. V primeru vključitve se dotakne tračnice in s pomočjo elektromagnetnega polja, ki se sklene preko tračnice, povzroči zavorno silo. To elektromagnetno polje se inducira v navitju zavore. Magnetno polje je odvisno od velikosti toka skozi magnetno tuljavo. Električno krmilno vezje zavore je projektirano tako, da je zavoro možno vključiti samo pri dovolj veliki hitrosti in samo pri hitrem zaviranju, na primer zaviranju v sili. Pri normalnem zaviranju zavora ne deluje. To zavoro vgradimo na železniška vozila, ki so predvidena za hitrosti, večje od 160 km/h, v novejšem času tudi že za hitrosti pod 160 km/h (nemške železnice (DB) npr. nad 140 km/h).

Ta zavora ima lastnost, da nanjo ne vplivajo adhezijske sile.

Vsi trije električni zavorni sistemi s pomočjo električnega toka nadzirajo in izboljšujejo delovanje vagonске zavore in zaviranje drugih vlakov z lastnim pogonom. Princip delovanja je v vseh primerih enak. V sodobnejših vlakih sta nadzor in upravljanje s temi sistemi izvedena s pomočjo računalnika in ustreznih računalniških programov. To pomeni, da so ti sistemi še kakovostnejše krmiljeni in tudi nadzorovani.

10.1.13 Ozvočenje

Ozvočenje na vagonih je povezano s pomočjo 13- ali 18-žilnega kabla UIC. Spremljevalno osebje vlaka lahko na katerem koli delu vlaka vključi mikrofonski in predvaja sporočilo ali priklopi radio in predvaja po vsem vlaku radijski program. Zvočniki so po vseh kupejih in hodnikih vlaka, torej v prostorih, kjer se nahajajo potniki.

10.1.14 12- ali 18-žilni kabel UIC (potniški vagon)

Ta kabel služi za prenos signala ozvočenja, signala za daljinsko zapiranje vrat, za signalizacijo in krmiljenje zasilne zavore z odlogom. Kabel se pri razstavljanju vlaka izklopi in se vtikač pritrdi na posebno vtičnico brez kontaktov (slepa 12-polna vtičnica).

10.1.15 Visokonapetostni glavni kabel

Visokonapetostni glavni kabel je speljan po celotnem potniškem vlaku. Poraba enega vagona je od 20 do 50 KW. Ta kabel mora biti dimenzioniran na največji možni tok, ki je največji v zimskem času ali v primeru, če ima vagon s klimatskimi napravami tudi v poletnem času. Dimenzioniran je na maksimalni tok $I = 800$ A. Presek kabla je 185 mm^2 . Na vsaki strani vagona sta visokonapetostna vtičnica in visokonapetostni kabel z vtikačem.

10.2 DODATNE ELEKTRIČNE NAPRAVE NA LOKOMOTIVAH

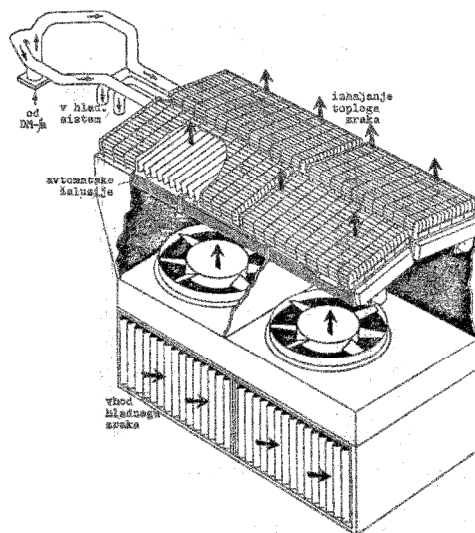
Lokomotiva je stroj, ki je ključnega pomena za vožnjo vlakov. Do sedaj smo obravnavali naprave na lokomotivah, ki služijo za vleko. Ločiti je potrebno vlečne lokomotive, ki vlečejo vagon, in pogonske stroje na elektromotornih ali dizelskih vozilih za potnike; nekatere naprave, vgrajene na lokomotivah, se pojavljajo tudi na motornih vlakih z lastnim pogonom. Težko bi za vse naprave trdili, da so samo vagonске ali samo lokomotivske.

10.2.1 Pomožni generator

Pomožni generator je naprava, ki se nahaja na dizelskih in dizelelektričnih lokomotivah, predvidenih za vleko potniških vlakov. Služi kot primarni vir električne energije. Z njo preskrbujemo porabnike energije na potniških vagonih. V prvi vrsti je to gretje potniških vagonov ali napajanje statičnih pretvornikov z električno energijo. S pomočjo statičnih pretvornikov se nato preskrbujejo vsi ostali porabniki, priključeni na pretvornike. Pogon pomožnih generatorjev je s pomočjo dizelskih motorjev. To pomeni, da s tem slabimo pogonsko moč lokomotive ali pa potrebujemo pri enaki vlečni moči močnejši dizelski motor. Že prej smo omenili, da je potrebna moč za gretje vagonov okrog 40 KW. Torej pomeni, da za preskrbovanje vlaka z osmimi do desetimi vagoni potrebujemo okrog 400 KW moči, to pa ni zanemarljiva moč, ki jo odvzamemo iz dizelskega motorja. Priklop od lokomotive do zadnjega vagona je vzpostavljen z 800-amperskim visokonapetostnim kablom.

10.2.2 Ventilatorji za hlajenje na lokomotivah

Za obratovanje lokomotiv potrebujemo velikokrat prisilno odvajanje toplote, da ne pregrejemo raznih sklopov. Hladiti je potrebno dizelske motorje, upore za regulacijo vlečne moči, generatorje, skratka vse, kar se pri delu segreva. Ti ventilatorji so lahko gnani s pomočjo elektromotorjev ali s pomočjo hidrodinamičnih pogonov. Njihov vklop ali izklop povzročijo termostatska stikala.



Slika 92: Hladilni sklop hlajenja vode s pomočjo ventilatorjev
Vir: Širec, 100, 1992.

10.2.3 Ostalo o vlakovnih električnih napravah

Na železniških vozilih, posebej na vlečnih vozilih in vozilih za prevoz potnikov, se nahaja še veliko drugih naprav, kot so: prenapetostni odvodniki, elektropnevmatska stikala, termostati za različne namene, električni merilci tlaka, servomotorji, kondenzatorji, tokovni releji, kontaktorji različnih napetosti in tokov, električni merilni instrumenti, računalniki z ustrezno programsko in nadzorno opremo, senzorji gibanja vlakov.

POVZETEK POGLAVJA

Vlaki imajo vedno več električne in elektronske opreme; vrednostno predstavlja vedno večji delež opreme. Za vso, prav tako za električno, opremo vlakov velja, da mora imeti veliko zanesljivost delovanja, kar povečuje ceno nabave elementov; z dvigom kakovosti teh elementov se predvideva nižanje stroškov vzdrževanja.

Vprašanja za razmislek in preverjanje znanja

1. Opišite namen električnih naprav, ki niso direktno udeležene v pogonu železniških vozil.
2. Naštejte naprave nizke napetosti in pojasnite, čemu služijo.
3. Pojasnite, kaj je krmilna nizka napetost na železniških vozilih in čemu služi.
4. Pojasnite pomen akumulatorjev na železniških vozilih, definirajte pomen akumulatorjev na železniških vozilih in enoto Ah.
5. Naštejte naprave, ki delujejo s pomočjo električne energije in s svojim delovanjem omogočajo udobnejši prevoz potnikov.
6. Opišite pomen 12-in 18- žilnega kabla na vagonih.
7. Naštejte dodatne električne naprave na električnih in dizelektričnih lokomotivah in pojasnite, čemu služijo.
8. Kaj je elektropnevmatska zavora? Navedite njene prednosti.
9. Opišite princip delovanja in pomen elektropnevmatske zavore.



Študijski primer in v razmislek:

Pojasnite sistem povezav v delovanju vlaka krmilnih in visokonapetostnih naprav.

Pojasnite, kaj se zgodi, če ne deluje napajanje z nizko napetostjo.

Dodatna literatura z študij

- 1) Crnjac, A., in Crnjac, P. Vleka in transportna sredstva: I. del, Univerza v Mariboru, 1996.
- 2) Dokumentacija: SŽ Centralne delavnica Ljubljana, 2008.
- 3) Navodilo 233: SŽ, Zaviranje vlakov, 1988.
- 4) Pravilnik o vzdrževanju železniških vozil: Uradni list RS. št. 85/00, 2000.
- 5) Pravilnik o zavorah, varnostnih napravah in opremi železniških vozil: 231 JŽ, 1988.
- 6) RIC: Sporazum o izmenjavi in uporabi potniških vagonov v mednarodnem prometu, 2001.
- 7) Srebrnič, M. Fotografije iz SŽ CD Ljubljana, 2007.
- 8) Srebrnič, M., in Srebrnič, M. Vlečna in transportna sredstva železniškega prometa, 2002.
- 9) Širec, F. Dizelska električna lokomotiva: Slovenske železnice, 1992.

SPLETNE STRANI

- 1) http://www.mzp.gov.si/si/delovna_podrocja/zeleznice/zkonodaja_zeleznice/
(19.11.2008)

11 VZDRŽEVANJE ŽELEZNIŠKIH VOZIL

V tem poglavju boste spoznali:

- Zakaj je potrebno vzdrževanje železniških vozil.
- Načine vzdrževanja.

Ob koncu poglavja boste razumeli:

- kaj morate upoštevati za kakovostno vzdrževanje,
- posebnosti načinov vzdrževanja železniških voznih sredstev,
- prednosti in slabosti različnih načinov vzdrževanja.

POVZETEK POGLAVJA

Vsak stroj za svojo delovanje potrebuje optimalne pogoje, da lahko opravlja to, za kar je bil narejen. Eden izmed pogojev brezhibnega delovanja je dobro vzdrževanje, ker obdrži vrednost, razširjeno vzdrževanje pa poveča vrednost.

Povzetek tega poglavja na kratko pove, zakaj vzdržujemo železniška vozna sredstva. Vemo, da so ta sredstva velikih vrednosti in temu primerno jih je potrebno vzdrževati. Velikokrat se vzdrževanje pojmuje samo kot strošek, vendar optimalno vzdrževanje predstavlja prihranek sredstev in obdržano knjižno in tržno vrednost sredstva. Kot tržna vrednost razumemo, da slabo vzdrževana vozila privabijo malo potnikov, saj so umazana, povzročajo zamude in niso varna. Pri tovornih vlakih povzročajo slabo vzdrževana vozila veliko zamud, veliko poškodb tovara; v primeru potnikov to pomeni manj potnikov, pri tovoru pomeni manj prevozov tovara. Posledica je manj naročnikov storitev za železniško podjetje.

11.1 KAKOVOSTNO VZDRŽEVANJE

Ni dovolj samo kakovostno servisirati s stališča tehničnih in tehnoloških kriterijev, temveč moramo biti uspešni na vseh področjih, ki omogočajo boljši poslovni uspeh naročnika, torej železniškega operaterja. Ne glede na prihodnjo organizacijo železnice in vzdrževalcev bo potrebno to upoštevati. Zelo pomemben je namreč odnos med naročnikom vzdrževanja, to je železniškim podjetjem, in vzdrževalcem voznih sredstev.

Dobro vzdrževanje naj traja čim krajši čas, saj s tem prihranimo:

- železniško prevozno podjetje potrebuje manj voznih sredstev, saj je manj odstavljenih;
- krajši čas popravila pomeni manjše število porabljenega časa v delavnici.

Torej je interes vzdrževalca in naročnika vzdrževanja, da se delo zaključi čim prej. Vzdrževanje voznih sredstev je pogojeno s standardi UIC in s pravilniki. V njih so določeni časovni termini, s pomočjo katerih lahko določimo, kdaj se bo opravilo kakšno popravilo.

Koliko časa bo trajalo popravilo, je odvisno od serviserja, od obsega del in od kakovosti vzdrževalca. Rezultati nekakovostnega vzdrževanja so: daljši čas, ko vozila ne obratujejo, to pomeni dodatne stroške za železnico in daljši čas neproduktivne zasedenosti prostora v delavnicah; počasnejše obračanje finančnih sredstev – skratka, večje stroške železnice in slabše poslovne rezultate delavnic za popravilo železniških vozil. Večji stroški železnice pomenijo, da železnica potrebuje več voznih sredstev za popravilo enake količine prevozov v enakem času.

Posebnost vzdrževanja voznih sredstev je v tem, da glede na predvidljivost, kdaj in kaj bo potrebno popraviti, večino popravil lahko načrtujemo. Kakovost prevozov je večja z boljšim vzdrževanjem. Kakovostno vzdrževanje zmanjšuje število okvar, povečuje udobnost prevoza v potniškem prometu. Poveča se zanesljivost obratovanja sredstev, kar pomeni večjo točnost vlakov; ta pomeni večji ugled prevoznika in s tem tudi večjo tržno vrednost prevozov.

Vzdrževalna dela morajo biti predvidena vnaprej, s periodičnimi kontrolnimi pregledi in z revizijskimi popravili. Kriterij za določanje rokov, v katerih morajo železniška vozila v določene vrste popravil, so :

- čas uporabe vozil,
- prevoženi kilometri,
- drugi primerni kriteriji.

Redno vzdrževanje železniških vozil mora biti po potrebi dopolnjeno z izrednim vzdrževanjem.

Kontrolni pregledi so pregledi vozil, med katerimi je potrebno:

- ugotoviti pravilnost delovanja posameznih sklopov,
- opraviti nastavitve določenih delov, sklopov, naprav in strojev,
- zamenjati obrabljene (potrošene) dele,
- preizkusiti delovanje vseh varnostnih naprav in zavor,
- opraviti ustrezno čiščenje.

Revizijska popravila oziroma revizije so popravila, med katerimi je potrebno pregledati, izmeriti in popraviti vse ali določene dele, sklope, naprave in stroje, da dosežemo predpisano tehnično stanje vozil z ozirom na obseg popravila, ki je določeno za vsako vrsto revizije.

Izredna popravila so popravila poškodovanih, izrabljenih ali pokvarjenih delov, sklopov, naprav in strojev vozil, ki jih je potrebno spraviti v tehnično stanje, ki omogoča njihovo nadaljnje normalno izkoriščanje.

Izredna popravila so:

- manjšega obsega, med katerimi vozil ni potrebno izločati iz uporabe,
- večjega obsega, med katerimi je vozila potrebno izločiti iz uporabe.

Zaradi ekonomičnosti vzdrževanja in uporabe vozil je potrebno, če je le mogoče, opravljati izredna popravila vozil med uporabo, izredna popravila večjega obsega pa združevati s kontrolnimi pregledi in z revizijami.

11.2 OSNOVNI NAČINI VZDRŽEVANJA

Za vzdrževanje železniških vozil uporabljamo sledeče osnovne načine vzdrževanja:

- A) Vzdrževanje vozil zaradi okvare oziroma zastojev in izločitev vozil iz prometa zaradi povzročitve škode s strani uporabnikov (vandalizem).
- B) Redna periodična popravila glede na prevoženo število kilometrov ali na določeno časovno obdobje; ne upošteva se življenjska doba sestavnih delov, ki jih priporoča proizvajalec, ampak dejanska obraba rezervnih delov.
- C) Sistematska popravila po določenem daljšem časovnem obdobju, npr. 20. let. To je kompletna zamenjava vseh delov, katerim je potekla življenjska doba. V tem primeru obstaja možnost posodobitve vozila, dvig sredstev; dvig sredstev na višji nivo pomeni večjo udobnost za potnike.

V praksi obstaja še več načinov nadzora in odprave napak, obstajajo tudi kombinacije prej naštetih popravil, npr. A + B, A + C, B + C ali kombinacija vseh, A + B + C (načini vzdrževanja so opisani v predhodnih točkah). Prav tako se v življenjskem obdobju sredstva prej opisanih kombinacij prilagajajo potrebam in stanju železniških vozil.

Za vzdrževanje sistemov, ki so direktno povezani z varnostjo, obstajajo posebni predpisi in pogosti nadzori delovanja sistemov.

Sistem vzdrževanja le v primeru okvar je sicer možen, vendar je zelo slab, čeprav je na prvi pogled najcenejši. Zavedati se moramo, da ko nastane okvara, so že prisotni stroški zaradi zastojev, nezadovoljni so odjemalci uslug zaradi zamud. Torej je ta način vzdrževanja neuporaben, saj bi sistem hitro zastal. Prisoten pa je kot potreba in dopolnitev ostalih načinov vzdrževanja, kajti na železnici se bodo, v večji ali manjši meri, izredni dogodki dogajali.

Če želimo, da železniški sistem obratuje, moramo imeti več načinov popravil. Pravilniki predpisujejo različne načine preventivnih vzdrževanj. Takšna popravila so mala (MP) ali srednja (SP). Opravljajo se po določenih časovnih obdobjih ali prevoženih kilometrih in so vrednostno odvisna od vrste popravila, od vrste vozila ter stanja vozila. Obdobja popravil, glede na prevožene km in po časovnih terminih, se bodo z novejšimi sredstvi podaljšala, saj je njihova življenjska doba vedno daljša zaradi uporabe kakovostnejših rezervnih delov in materialov.

11.3 STROŠKI VZDRŽEVANJA ŽELEZNIŠKIH VOZIL

Proces vzdrževanja je povezan s stroški. To so stroški delovne sile, naprav in strojev, potrebnih za opravilo vzdrževalnih del. Stroški vzdrževanja so vezani na različne dejavnosti železnice, potrebno jih je nadzorovati. To pomeni, da mora železniško podjetje nujno nadzirati stroške, koliko ga stanejo posamezna vzdrževanja, kajti s starostjo sredstev ti stroški praviloma rastejo in so tudi eden izmed kriterijev, kdaj je potrebno nabaviti novo sredstvo. Če se opravlja nadzor nad vzdrževalnimi deli in okvarami, se s pravilnim vodenjem statistike lahko vedno bolj optimira kakovost (cena) vzdrževanja, ki je primerna (optimalna) za neko sredstvo.

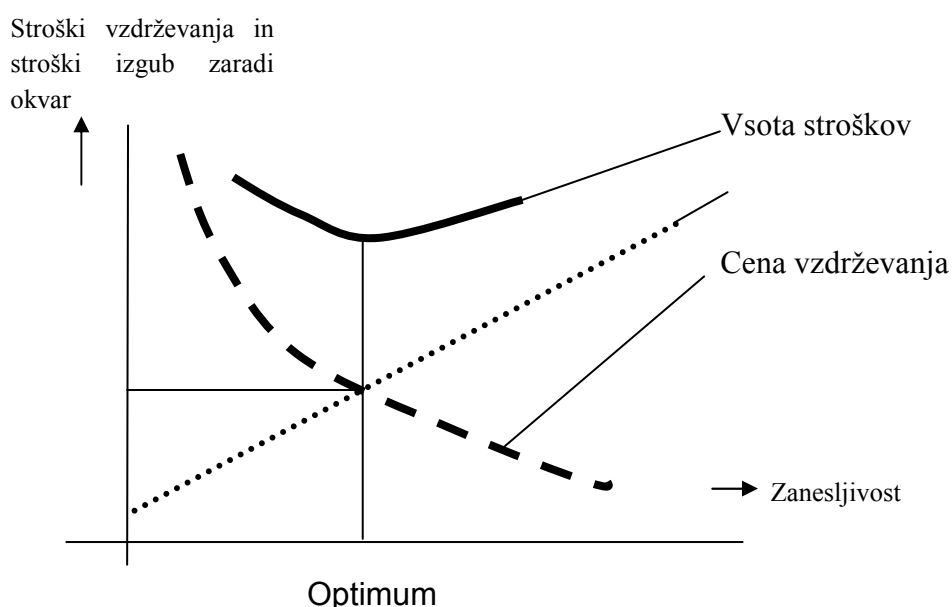


Diagram 24: Povezava med stroški vzdrževanja in zanesljivostjo obratovanja sredstva

Vir: Lasten.

Stroške vzdrževanja železniških vozil lahko razdelimo v dve kategoriji:

- **STROŠKI, KI SO POSLEDICA VZDRŽEVANJA, SO:**
 - cena dela,
 - cena vgrajenih rezervnih delov,
 - vrednost amortizacije strojev in naprav, s katerimi opravljamo vzdrževalna dela.

- **STROŠKI, KI SO POSLEDICA OKVAR** – indirektni stroški, ki so velikokrat posledica slabega vzdrževanja. Mednje sodijo:
 - uporaba nekakovostnih rezervnih delov,
 - uporaba nekakovostnih materialov,

- uporaba napačne ali nekakovostne dokumentacije,
- neupoštevanje standardov,
- skrite napake v izdelkih,
- nestrokovnost osebja, ki izvaja vzdrževalna dela.

Na diagramu 24 so prikazane krivulje, ki ponazarjajo soodvisnost med ceno vzdrževanja in zanesljivostjo obratovanja.

POVZETEK POGLAVJA

Namen organiziranega vzdrževanja železniških vozil je zagotavljanje njihovega brezhibnega stanja za varno, urejeno in ekonomično eksploatacijo. Vzdrževanje naj ima predvsem preventivni značaj.

Vprašanja za razmislek in preverjanje znanja

1. *Nštejte osnovne načine vzdrževanja.*
2. *Nštejte stroške in prihranke, ki nastanejo zaradi kakovostnega vzdrževanja.*
3. *Opišite preventivno vzdrževanje in nštejte njegove prednosti.*



Študijski primer in v razmislek:

Pojasnite, kaj pomeni dobro vzdrževanje železniških vozil.

Pojasnite odnos med varnostjo železniškega prometa in stroški vzdrževanja.

Dodatna literatura za študij

- 1) Dokumentacija: SŽ Centralne delavnica Ljubljana, 2008.
- 2) Pravilnik o vzdrževanju železniških vozil: Uradni list RS, št. 85/00, 2000.
- 3) Pravilnik o zavorah, varnostnih napravah in opremi železniških vozil: 231 JŽ, 1988.
- 4) RIC: Sporazum o izmenjavi in uporabi potniških vagonov v mednarodnem prometu,
- 5) Srebrnič, M. Fotografije iz SŽ CD Ljubljana, 2007.
- 6) Srebrnič, M., in Srebrnič, M. Vlečna in transportna sredstva železniškega prometa, 2002.
- 7) Zelenika, R. Prometni sustavi: Ekonomski fakultet u Rijeci, 2001. 2002.

SPLETNE STRANI

- 1) http://www.mzp.gov.si/si/delovna_podrocja/zeleznice/zkonodaja_zeleznice/
(19.11.2008)

12 MERSKE ENOTE

PRETVORBE MERSKIH ENOT

$$K \Rightarrow kilo = 10^3$$

$$M \Rightarrow mega = 10^6$$

$$G \Rightarrow giga = 10^9$$

DOLŽINSKE MERE

1m = osnovna mera (meter)

$$1mm = 1/1000m$$

$$1cm = 1/100m$$

$$1km = 1000m$$

POVRŠINSKE ENOTE

Osnovna: $1m \times 1m = 1m^2$

$$1cm \times 1cm = 1cm^2 = 0.01m \times 0.01m = 10^{-4}m^2$$

POSPEŠEK

$$a = \frac{v}{t} = \frac{m}{s^2} \Rightarrow \frac{\Delta v}{\Delta t} \text{ - sprememba hitrosti v času}$$

SILA $F = m \cdot a$, osnovna enota je (Newton) $1N = \frac{1kgm}{s^2}$; $\Rightarrow 1daN = 10N \Rightarrow 1KN = 1000N$

$m = \text{masa v } [kg] \text{ - kilogram}$

$G = \text{teža}$, $g = \text{pospešek zemeljske gravitacije}$ $g = 9,81 \cong 10 \frac{m}{s^2}$

FREKVENCA (osnovna enota Hz (herc))

$$1Hz = 1/sek = s^{-1}$$

$$1000Hz = 1Khz$$

$$10^6 Hz = 1000Khz = 1Mhz$$

$$10^9 Hz = 1000Mhz = 10^6 KHz = 1GHz$$

ENERGIJA (osnovna enota je 1joul)

1 joul (J) $= 1m \times 1N = 1Ws$ (wat/sek)

Uporabljamo še enote: KWh (kilovatna ura)

$$1KWh = 1000.60.60Ws$$

$$1000x = 1W.1K$$

$60 \times 60 = 3600$ -pretvorba sekund v ure

MOČ

Osnovna enota $1W = 1J/s = 1Nm/s$

ELEKTRIČNE ENOTE:

$1A = (\text{amper})$ osnovna enota za električni tok

$1V = (\text{volt})$ osnovna enota za električno napetost

$1\Omega = (\text{ohm}) 1V/1A =$ osnovna enota za ohmsko upornost

$1W = 1A \cdot 1V$ - električna moč, v watih

OSNOVNA ENAČBA

$$v = \frac{\text{pot}}{\text{čas}} = \frac{S}{t} \Rightarrow \frac{m}{s} = 3,6 \frac{km}{h}$$

PRITISK

$$1Pascal = 1Pa = 1N/m^2 \Rightarrow 10^5 Pa \cong 1bar$$

13 LITERATURA

- 1) Crnjac, A., in Crnjac, P. Vleka in transportna sredstva: I. del, Univerza v Mariboru, 1996.
- 2) Dokumentacija: SŽ Centralne delavnica Ljubljana, 2008.
- 3) http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetic_levitation (12.06.2008)
- 4) http://www.ccdott.org/transfer/projresults/2004/task%201.24/task%201.24_7_part3.pdf – *Transrapid Maglev System Overview* (18.5.2006)
- 5) http://www.geocities.com/gregor_rakar/vlaki/ - 8k – (9.10.2008)
- 6) <http://www.maglevboard.net/> - 12k - (12.08.2008)
- 7) http://www.mzp.gov.si/si/delovna_podrocja/zeleznice/zkonodaja_zeleznice/ 19.11.2008
- 8) <http://www.thyssenkrupp-transrapid.de/> (7.08.2008)
- 9) <http://www.transrapid.de/cgi-tdb/en/basics.prg?session> (18.09.2008)
- 10) Navodilo 233: SŽ, Zaviranje vlakov, 1988.
- 11) Pravilnik o vzdrževanju železniških vozil: Uradni list RS, št. 85/00, 2000.
- 12) Pravilnik o zavorah, varnostnih napravah in opremi železniških vozil: 231 JŽ, 1988.
- 13) RIC: Sporazum o izmenjavi in uporabi potniških vagonov v mednarodnem prometu,
- 14) Srebrnič, M. Fotografije iz SŽ CD Ljubljana, 2007.
- 15) Srebrnič, M., in Srebrnič, M. Vlečna in transportna sredstva železniškega prometa, 2002.
- 16) Šida, S. Vuča vozova: Viša železniška škola – Beograd, 1977.
- 17) Širec, F. Dizelska električna lokomotiva: Slovenske železnice, 1992.
- 18) Zelenika, R. Prometni sustavi: Ekonomski fakultet u Rijeci, 2001.

Projekt **Impletum**

Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju 2008–11

Konzorcijski partnerji:



Operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, razvojne prioritete Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja in prednostne usmeritve Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja.