

DUŠAN VUJOVIĆ*, NORBERT PAVLOVIĆ**

ANALITIČKE METODE ZA PROPRAČUN DUŽINE ZAUSTAVNOG PUTA VOZOVA KOD UREĐAJA SIEMENS I60¹

ANALYTICAL METHODS FOR THE COMPUTING TRAIN BRAKING DISTANCE IN THE SIEMENS I60 DEVICES

Datum prijema rada: 26.11.2017. god.
UDK: 656.1/.2(082)(0.034.4)

REZIME

Bezbednost u železničkom saobraćaju spada u najveće prioritete svakog modernog društva i veliki naponi se ulažu kako bi se nivo bezbednosti na železnici podigao na još viši nivo. Prioritet svakog društva je da obezbedi kvalitetnu prevoznu uslugu uz što bezbedniji saobraćaj. Ljudski faktor se pokazao kao najslabija karika i veliki broj železničkih nezgoda je nastao kao posledica propusta ljudskog faktora. Kod upravljanja vozovima, savremene tehnike nastoje da mogućnost greške mašinovođe svedu na minimum tako što se neke od aktivnosti prenose na savremene uređaje koji ih obavljaju umesto njega. Jedan takav uređaj je sigurnosni uređaj Siemens I60 koji ima ulogu da zaustavi voz u slučaju kada mašinovođa prođe pored signala sa određenim pojmom, a ne postupi prema predviđenoj proceduri. U radu su izračunati i konstruisani dijagrami kočenja vozova za usvojenu kategoriju voza i različite brzine i date su empirijske metode koje se koriste za izračunavanje zaustavnih puteva vožnji vozova, sa naznačenim prednostima i ograničenjima u njihovoj primeni. Prikupljeni podaci i prikazi na dijagramima ukazuju na opasne situacije i brojne nepravilnosti do kojih dolazi pri kočenju vozova. Navedeni su uzroci nastanka opasnih situacija i sagledane moguće posledice kod prekoračenja propisane dužine zaustavnog puta. Izvedeni su zaključci za nekoliko karakterističnih opasnih situacija prilikom kočenja i predložene mere za ublažavanje i izbegavanje tih situacija u budućnosti.

Ključne reči: dijagrami kočenja, zaustavni put voza, SS uređaji Indusi I60, auto-stop uređaj

SUMMARY

Security in railway transport belongs to the highest priorities of every modern society and great efforts are being made to raise the level of railway safety on a higher level. The priority of every society is to provide quality transport service with safer traffic. The human factor proved to be the weakest point and a large number of railway accidents were occurred as a result of the failure of the human factor. In train controlling, modern techniques try to minimize the possibility of failure making by an engine driver. It has been done in a way of overtaking some of the activities that should engine driver has to do during the process of train controlling to modern devices that perform them instead. One such device is Siemens I60, which has the role of stopping the train in a case when engine driver passes the signal with a certain sign, and does not act according to the intended procedure. In this paper, the train braking diagrams for the adopted train category and different speeds are calculated and constructed and empirical methods are used to calculate the train distance with emphasized its advantages and limitations in their application. The collected data and the diagram illustrations indicating dangerous situations and numerous irregularities which occur during braking of trains. These are the causes of hazardous situations and discussed possible consequences of exceeding the prescribed train stopping distance. Conclusions were made for several characteristic hazardous situation during braking and suggested measures for mitigation and avoid of these situations in the future.

Key words: braking diagrams, train stopping distance, SS devices Indusi I60, train autostop device

* Dušan Vujović, mast. inž. saob, Visoka železnička škola strukovnih studija, Beograd, Zdravka Čelara 14, dulevoz@gmail.com

** Doc. dr Norbert Pavlović, dipl. inž. saob, Saobraćajni fakultet, Beograd, Vojvode Stepe 305, norbert@sf.bg.ac.rs

¹ Ovaj rad je u skraćenoj verziji prezentovan na VI međunarodnom simpozijumu Novi Horizonti saobraćaja i komunikacija 2017. koji je održan 17. i 18. novembra 2017. godine na Saobraćajnom fakultetu u Doboju Univerziteta u Istočnom Sarajevu pod naslovom: Put kočenja voza u zavisnosti od načina kočenja pri primenjenom sistemu osiguranja Siemens I60 (Train braking distance depending on the breaking methods at applied safety system Siemens I60S)

1. UVOD

Kako bi se obezbedila veća bezbednost u železničkom saobraćaju, rukovanje vožnjom voza ne treba prepustiti u potpunosti mašinovođi. Razvojem različitih sistema signalno-sigurnosnih uređaja, mašinovođama je ograničena sloboda u samostalnom odlučivanju o načinu vožnje voza. Kod modernih sistema mašinovođa je u obavezi da stalno prati signale duž pruge ili signale kabinske signalizacije. Ukoliko ne postupi prema pravilima, u skladu sa pokazivanjima signalno – sigurnosnih uređaja, ovi uređaji mogu da zaustave voz nezavisno od volje mašinovođe.

Vremenom su razvijeni mnogobrojni tipovi signalno-sigurnosnih uređaja i sistema za automatsko zaustavljanje voza. Noviji tipovi uređaja rade na principu kontinualnog praćenja brojnih parametara kretanja voza. U pitanju je neprestano praćenje brzine kretanja voza u skladu sa postavljenim uslovima od strane signalno-sigurnosnih uređaja ili situacije na pruzi. Kod nekih sistema svako prekoračenje maksimalne dopuštene brzine kretanja voza u trajanju dužem od nekoliko sekundi automatski dovodi do kočenja voza.

Na klasičnim prugama stariji sistemi, koji su i dalje u upotrebi i široko rasprostranjeni, nemaju mogućnost kontinualnog praćenja brzine kretanja voza. Neki tipovi uređaja služe za kontrolu brzine kretanja samo onda kada je određenim signalnim znakom mašinovođi preneto naređenje da brzina voza mora da se smanji ili da se voz u potpunosti zaustavi. Kod tih sistema uređaji će omogućiti da se voz prinudno zaustavi onda kada to mašinovođa iz nekog razloga nije učinio.

Kod nas, najpoznatiji i najčešće korišćen tip signalno-sigurnosnih uređaja za automatsko zaustavljanje vozova je "Siemens Indusi 60". Neki od ovih uređaja rade na principu induktivnosti između različitih delova uređaja. Čine ih nepokretni, pružni delovi uređaja (balize pružnih signala) i pokretni delovi, lokomotivski prijemni delovi uređaja (lokomotivski prijemni deo „auto-stop“ uređaja). U daljem delu rada biće govora samo o ovakvoj vrsti uređaja.

2. PRINCIP RADA SISTEMA ZA AUTOMATSKO ZAUSTAVLJANJE VOZA UREĐAJA TIPA SIEMENS I60

Prilikom prolaska lokomotivskog prijemnog dela autostop uređaja (lokomotivska prijemna glava)

iznad pružnog dela auto-stop uređaja (u daljem tekstu pružna baliza ili baliza), strujno kolo lokomotivskog prijemnog dela autostop uređaja u nekim slučajevima stupa u interakciju sa strujnim kolom balize. Da li će da dođe do međusobne interakcije i kakva interakcija će da bude ostvarena između ova dva uređaja zavisi od signalnog znaka koji je dat signalom ili od ispravnosti delova pružnog signala, balize i lokomotivskog prijemnog dela auto-stop uređaja.

Ukoliko dođe do interakcije lokomotivske prijemne glave i pružne balize inicira se logički proces u auto-stop uređaju na lokomotivi. Taj proces može da se odvija u tri pravca:

- prenošenje upozorenja mašinovođi da smanji brzinu kretanja voza;
- zaustavljanje voza brzim kočenjem, ako mašinovođa ne postupi po proceduri;
- brzo kočenje voza ako voz prođe pored balize signala sa crvenim pojmom (signalni znak „Stoj“).

Sistem za automatsko zaustavljanje voza obuhvata:

- lokomotivski uključni uređaj;
- pneumatski kočioni sistem;
- lokomotivske prijemne glave;
- pružnu balizu;
- brzinomerni uređaj.

Ovakav tip sistema za automatsko zaustavljanje voza i signalno-sigurnosnih uređaja primenjuje se za brzine kretanja do 160km/h.

Lokomotivska prijemna glava je sklop autostop uređaja u kome se induktivnim putem ostvaruje prenos informacija sa pružne balize na vozilo u pokretu. Sastoji se od tri namotaja sa feromagnetnim jezgrom koji sa odgovarajućim kondenzatorima obrazuju tri redna oscilatorna kola podešena na učestalost odgovarajućih tranzistorskih generatora (500Hz, 1000Hz, 2000Hz). U slučaju prelaska lokomotivske prijemne glave preko aktivne pružne balize (signalni kontakt u pružnoj balizi je otvoren) dolazi do induktivne sprege oscilatornog kola lokomotivske prijemne glave, podešenog na istu učestalost kao aktivno kolo pružne balize, odnosno do prenošenja energije iz strujnog kola lokomotivskog pružnog uređaja u strujno kolo pružne balize. U kolu lokomotivske prijemne glave dolazi do smanjenja struje što izaziva aktiviranje prijelnika impulsa u relejnoj

grupi, koja je posebni deo lokomotivskog auto-stop uređaja.

Relejna grupa predstavlja deo logičkog kola lokomotivskog autostop uređaja. Uređaj prenosi informaciju o svom režimu rada na deo pulta u upravljačnici mašinovođe, koji služi za rukovanje auto-stop uređajem. U upravljačnici se informacije prikazuju kao svetlosna indikacija. Plava indikacija predstavlja režim rada autostop uređaja. Žuta indikacija govori o tome da je uključen režim provere brzine od strane auto-stop uređaja. Kada se mašinovođa prenosi opomena zvučnim signalom auto-stop uređaja i kada dođe do zavođenja brzog kočenja od strane uređaja, tada je upaljena crvena indikacija.

Pružne balize su drugi osnovni deo uređaja za indukcijsku automatsku kontrolu vozova, koje služe za prenos informacija sa pružnih signala na voz induktivnim putem, na bazi rezonantnih strujnih kola. Dakle, svrha pružne balize je da inicira logički proces u auto-stop uređaju, koji će dalje da upozorava mašinovođu da smanji brzinu voza, zaustavi voz ako mašinovođa ne postupi po proceduri i zavede brzo kočenje voza ukoliko je to potrebno.

Učestalost rada od 500 Hz koristi se na kontrolnim pružnim balizama. Ova pružna baliza ugrađuje se na rastojanju od 250m ispred glavnog signala (zaštitnog, ulaznog). Uloga joj je da se na tom mestu kontroliše brzina kretanja voza, ukoliko je signalnim znacima prethodnog signala definisano da brzina voza mora da se smanjuje do narednog signala (radi zaustavljanja voza ispred narednog signala ili zbog vožnje ograničenom brzinom posle narednog glavnog signala). Lokomotivska prijemna glava autostop uređaja, kada je auto-stop uređaj aktiviran prelaskom iznad prethodne pružne balize, po prelasku iznad kontrolne pružne balize vrši kontrolu brzine i ukoliko je bilo potrebno da se brzina kretanja smanji, a to nije učinjeno, auto-stop uređaj zavodi brzo kočenje voza.

Učestalost rada od 1000 Hz koristi se na pružnim balizama kada je na signalu neki od signalnih znakova za očekivanje ograničene brzine kretanja ili signalni znak za opreznu dalju vožnju.

Dakle, pružna baliza radi na učestalosti od 1000 Hz onda kada se na signalu dvoznačne signalizacije

nađe neki od sledećih signalnih znakova:

- „Oprezno, očekuj stoj“;
- „Slobodno, očekuj ograničenje brzine“;
- „Ograničena brzina, očekuj stoj“;
- „Ograničena brzina, očekuj ograničenje brzine“;
- „Ograničena brzina, očekuj slobodno ili oprezno“;
- „Oprezan ulazak u stanicu sa 10 km/h“(i „Oprezan prelazak preko rasputnice sa 10 km/h);

Odnosno, na signalu jednoznačne signalizacije:

- „Očekuj stoj“;
- „Očekuj ograničenje brzine“;
- „Ograničena brzina“.

Prelazak lokomotivske prijemne glave autostop uređaja iznad pružne balize u ovom slučaju inicira rad logičkog kola auto-stop uređaja za kontrolu brzine kretanja voza.

Kada je na signalu signalni znak: „Stoj“ ili kada je signal u mraku (neosvetljen), pružna baliza je aktivna za učestalost od 2000 Hz. Tada se prilikom prolaska lokomotivske prijemne glave auto-stop uređaja iznad pružne balize automatski inicira zavođenje brzog kočenja voza.

Kada je dozvoljena vožnja pored signala koji pokazuje signalni znak za zabranjenu dalju vožnju, onda mašinovođa „posluhuje“ auto-stop uređaj korišćenjem tastera „vožnja pod nalogom“. Upotreba tog tastera sprečava da lokomotivski auto-stop uređaj aktivira proces brzog kočenja voza, kada lokomotivska prijemna glava auto-stop uređaja pređe iznad pružne balize, koja je aktivna na učestalosti od 2000 Hz.

U zavisnosti od vrste voza lokomotivski auto-stop uređaj radi u jednom od tri režima. Režimi rada auto-stop uređaja su 1, 2 i 3. Na Železnicama Srbije režim 1 rada auto-stop uređaja koristi se kod brzih i intercity vozova (ima nekoliko izuzetaka). Režim 2 koristi se u saobraćaju putničkih vozova. Ovaj režim rada koristi se i za brze vozove koji saobraćaju na pruzi Beograd–Bar. Režim 3 rada auto-stop uređaja koristi se za lokomotivske i teretne vozove.

Nezavisno od toga u kom režimu radi auto-stop uređaj, prilikom prolaska lokomotivske prijemne glave autostop uređaja iznad pružne balize, aktivne

na učestalosti od 1000 Hz, mašinovođa je dužan da u roku od 4 sekunde pritisne taster „Budnost“ i time spreči zavođenje kočnja voza. Pritiskom na taj taster, mašinovođa potvrđuje auto-stop uređaju da je svestan signalnog znaka na signalu. Iz bezbednosnih razloga auto-stop uređaj bi inicirao brzo kočnje voza, kada mašinovođa ne bi reagovao i pritisnuo taster „Budnost“ u roku od 4 sekunde od trenutka prolaska iznad aktivne pružne balize.

2.1. Režim 1 rada auto-stop uređaja:

U režimu 1 auto-stop uređaja maksimalna dopuštena brzina vozova je 120 km/h (na Železnicama Srbije), a inače do 160 km/h. U trenutku prolaska lokomotivske prijemne glave iznad aktivne pružne balize u logičkom kolu auto-stop uređaja započinje merenje proteklog vremena. U 20. sekundi uređaj vrši kontrolu brzine kretanja voza i ukoliko je ona veća od 90km/h, uređaj inicira zavođenje brzog kočnja voza. Ukoliko je brzina kretanja voza u 20. sekundi manja od 90km/h, prestaje vremenska kontrola brzine od strane auto-stop uređaja.

2.2. Režim 2 rada auto-stop uređaja:

U režimu 2 auto-stop uređaja maksimalna dopuštena brzina vozova je 100km/h. U trenutku prolaska lokomotivske prijemne glave iznad aktivne pružne balize u logičkom kolu auto-stop uređaja započinje merenje proteklog vremena. U 26. sekundi uređaj vrši kontrolu brzine kretanja voza i ukoliko je ona veća od 65km/h, uređaj inicira zavođenje brzog kočnja voza. Ukoliko je brzina kretanja voza u 26. sekundi manja od 65km/h, prestaje vremenska kontrola brzine od strane auto-stop uređaja.

2.3. Režim 3 rada auto-stop uređaja:

U režimu 3 auto-stop uređaja maksimalna dopuštena brzina vozova je 80km/h. U trenutku prolaska lokomotivske prijemne glave iznad aktivne pružne balize u logičkom kolu auto-stop uređaja započinje merenje proteklog vremena. U 34. sekundi uređaj vrši kontrolu brzine kretanja voza i ukoliko je ona veća od 50km/h, uređaj inicira zavođenje brzog kočnja voza. Ukoliko je brzina kretanja voza u 34. sekundi manja od 50km/h, prestaje vremenska kontrola brzine od strane auto-stop uređaja.

3. PRESTANAK RADA AUTO-STOP UREĐAJA KAO SIGURNOSNOG UREĐAJA

Kada dođe do zavođenja brzog kočnja voza, koje je inicirano od strane auto-stop uređaja, prestanak dejstva auto-stop uređaja nastupiće 7 sekundi posle pražnjenja glavnog vazdušnog voda. Tek tada može da se uspostavi proces otkočivanja voza.

Jasno je da u svakom režimu rada auto-stop uređaja po isteku vremenske kontrole brzine kretanja voza, kada je ona manja od predviđene, prestaje njegoova sigurnosna uloga. Takođe, zadavanje komande brzog kočnja voza prestaje posle 7 sekundi od trenutka skoro potpunog pražnjenja glavnog vazdušnog voda. To može da predstavlja problem kod nekih vozova, koji se ne bi zaustavili, bez obzira što je glavni vazdušni vod ispražnjen.

Primer za to su lokomotivski vozovi i kratki vozovi za prevoz putnika, kod kojih značajan deo kočne mase pripada vučnom vozilu. Zapravo, većina vučnih vozila opremljena je tasterom za otkočivanje lokomotivske kočnice. Korišćenje tog tastera predviđeno je prilikom kočnja voza kočnikom produžne kočnice, kada je dovoljna kočna sila uspostavljena kočnicama vučenih vozila, kako bi se rasteretile kočnice vučnog vozila. Upotrebom tastera „otkočivanje lokomotivske kočnice“ ispušta se vazduh iz svih kočnih cilindara na lokomotivi.

Upotreba otkočnika na vučnim vozilima predviđena je kako bi se izvršilo delimično ili potpuno otkočivanje točkova, da ne bi došlo do proklizavanja ili klizanja točkova po šinama prilikom energičnog kočnja. Takođe, upotreba otkočnika masovno je prisutna i zbog manjeg trošenja venaca bandaža točkova vučnog vozila, koje je opremljeno klasičnim kočionim papučama, koje naležu na kotrljajuću površinu točka.

U slučajevima kada znatan deo kočne mase voza pripada vučnom vozilu, prilikom zavođenja brzog kočnja od strane auto-stop uređaja i istovremenom upotrebom otkočnika lokomotivske kočnice, voz nema dovoljnu kočnu masu da se zaustavi na potrebnoj dužini zaustavnog puta. Razlog tome je brzo pražnjenje glavnog vazdušnog voda, koje dovodi do kočnja kočnica samo na vučenim vozilima. Tako kočen voz u nekim slučajevima neće se zaustaviti ni po isteku 7 sekundi od trenutka potpunog pražnjenja glavnog vazdušnog voda. Tada

prestaje dejstvo autostop uređaja i do ponovne aktivacije auto-stop uređaja može da dođe samo prilikom nailaska na sledeću pružnu balizu. Do tada kontrola brzine kretanja voza prepuštena je mašinovođi.

Dovođenje voza u nebezbednu situaciju, kretanjem prekoračenom brzinom, od strane mašinovođe, onda kada je signalni znak zadao smanjivanje brzine kretanja, a auto-stop uređaj ispravno radi, može da se postigne na još jedan način. Mašinovođa je u obavezi da prilagodi brzinu kretanja voza, tako što će u određenom vremenu da je smanji ispod određene vrednosti, zavisno od režima rada autostop uređaja.

Kada se završi vremenska kontrola brzine kretanja voza od strane autostop uređaja, to se često postigne na velikoj udaljenosti od sledećeg signala (ulaznog signala) i na još većoj udaljenosti od mesta na kojem bi trebalo da se vozi ograničenom brzinom (skretničko područje iza ulaznog signala). U praksi mašinovođe neretko pribegavaju povećavanju brzine kretanja voza kada istekne vremenska kontrola brzine kretanja. Ukoliko je rastojanje do sledećeg signala veliko, brzina kretanja voza može toliko da se poveća da prvim sledećim kočenjem voz ne može da se zaustavi ili dovoljno uspori do mesta predviđenog za zaustavljanje ili vožnju ograničenom brzinom. Tada ni zavođenje brzog kočenja od strane auto-stop uređaja ne može da spreči mogući nastanak vanrednog događaja (na primer preletanje sledećeg signala, koji pokazuje signalni znak „Stoj“).

4. PUT KOČENJA I ZAUSTAVLJANJA VOZA

Na osnovu vremenske podele procesa kočenja odgovarajući put kočenja i put zaustavljanja voza se sastoji od:

- pripremnog puta kočenja ili puta reagovanja i
- puta kočenja voza.

$$L_K = L_{pk} + L_{kv} \quad (1)$$

Dužina pripremnog puta kočenja zavisi od brzine kretanja i pripremnog vremena kočenja. Približno izračunavanje dužine puta kočenja voza može da se sprovede pomoću sledećeg empirijskog obrasca:

$$L_K = \frac{4,13 * (V_1^2 - V_2^2)}{f_k + \omega_o + i} \quad (2)$$

V_1 – brzina kretanja voza prilikom otpočinjanja procesa kočenja, V_2 – brzina kretanja voza po završenom procesu kočenja (posle otkočivanja), f_k – svedena sila kočenja, predstavljena odnosom ukupne kočne sile i mase koja se koči, ω_o – osnovni srednji otpori kretanja na putu kočenja, i – nagib dela trase na kome se koči.

Ovaj obrazac može da se prikaže i u sledećem obliku:

$$L_K = \frac{4,13 * (V_1^2 - V_2^2)}{\mu + \delta + p_k + \omega_o + i} \quad (3)$$

μ – koeficijent trenja između kočnih papuča i točkova, δ – odnos sile pritiska kočne papuče i athezione mase po točku, p_k – procenat kočenja.

Prilikom zaustavljanja $V_2=0$, pa je put kočenja do zaustavljanja:

$$L_K = \frac{4,13 * V^2}{\mu + \delta + p_k + \omega_o + i} \quad (4)$$

Tokom određivanja ove empirijske jednačine za određivanje dužine zaustavnog puta korišćene su mnogobrojne aproksimacije i samim tim i određene pretpostavke, tako da ta jednačina nije dovoljno precizna i ima određene nedostatke. Osnovni nedostatak ogleda se u tome što se za određivanje puta preporučuje korišćenje malih vrednosti priraštaja brzine kretanja, ne većih od 10km/h. Prilikom uzimanja većih vrednosti priraštaja brzine račun dosta odstupa od stvarnih vrednosti zaustavnih puteva. Pored toga, kočna sila u posmatranom periodu između dve krajnje brzine mora da bude približno kontinualna, odnosno da nema nagle promene vrednosti. To se u uslovima normalne eksploatacije i proračuna zaustavnog puta u takvim uslovima veoma teško postiže. Promene vrednosti kočne sile su teorijski moguće samo na krajevima računskih intervala brzine.

Ovaj obrazac je samo jedan od mnogo upotrebljivanih obrazaca za izračunavanje dužine zaustavnog puta. Mnogobrojni autori su se bavili ovom problematikom i rezultati dobijeni različitim obrascima za iste uslove tokom kočenja su često različiti. Te razlike variraju oko neke srednje vrednosti, pa je potrebno odraditi mnogo proračuna na različite načine, kako bi se došlo do zadovoljavajućeg rešenja.

Prema objavi UIC – 546, zaustavni put može da se izračuna na osnovu sledeće jednačine:

$$L_z = \frac{k \cdot V^2}{1,09375 \cdot p + 0,127 - 0,235 \cdot i \cdot k} \quad (m) \quad (5)$$

k – koeficijent zavisan od brzine, V – brzina kretanja voza u trenutku zavođenja kočnja do zaustavljanja, u km/h, p – procenat kočne mase, i – nagib trase na kojoj se koči (u promilima).

Sve aproksimacije izvedene tokom određivanja ove jednačine objedinjene su koeficijentom (k) zavisnim od brzine i njegove vrednosti date su u tabeli 1:

Tabela 1. Zavisnost koeficijenta (k) od brzine kretanja voza u početku kočnja

V(km/h)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
k(*100)	6,11	6,28	6,36	6,48	6,67	6,69	7,21	7,31	7,42	7,55

U literaturi se pored navedenih obrazaca sreće mnoštvo sličnih obrazaca za izračunavanje dužine zaustavnog puta. Različite železničke uprave su modifikovale postojeće ili izvodile nove obrasce, uglavnom prema svojim potrebama. U nekim obrascima se koristi koeficijent adhezije, u nekim procenat kočnja, a u nekima su oba koeficijenta svrstana pod zajedničku veličinu, specifičnu kočnu silu. Zavisno od ulaznih podataka kojima se raspolaže mogu da se primene različiti obrasci.

Empirijski obrasci za proračun dužine zaustavnog puta koje preporučuju određeni autori su empirijski obrasci autora Maison, Pedeluck i Minden. Prema autoru Maison zaustavni put se može dobiti na sledeći način:

$$L(m) = \frac{4,24 \cdot V^2 \left(\frac{km}{h}\right)}{1000 \cdot \varphi \cdot p + 0,0006 \cdot V^2 + 3 - i} \quad (6)$$

φ – koeficijent adhezije zavisan od nagiba dela trase na kojem se sprovodi kočnje ($\varphi=0,10$ za $i < 15\%$; $\varphi=0,10$ do $0,00133(i-15)$ za $i > 15\%$), V – brzina kretanja voza u trenutku zavođenja kočnja do zaustavljanja, u km/h, p – procenat kočnja, definisan kao odnos kočne mase i ukupne mase svih kočjenih vozila, i – nagib trase na kojoj se koči (u promilima), koji se koristi kao pozitivan broj pri kočnju na padu i negativan broj kada se kočjenje obavlja na usponu.

Autor je napomenuo da je u ovom obrascu pomoću procenta kočnja izražena kočna sila neophodna za kočjenje jedne tone. To je slično ranije pomenutim svedenim (specifičnim) vrednostima kočne sile voza, koje su se upotrebljavale u drugim obrascima. Jasno je da je procenat kočnja kritični faktor za dobijanje određene vrednosti zaustavnog puta. Ovaj obrazac takođe daje mogućnost da odredi procenat kočnja u zavisnosti od zahtevane dužine zaustavnog puta i brzine kretanja voza, na određenom nagibu i pri određenom koeficijentu adhezije.

Pedeluck daje empirijski obrazac prilagođen za izračunavanje dužine zaustavnog puta putničkih

vozova, brzina kretanja od 70km/h do 140km/h:

$$L(m) = \frac{\varphi \cdot V^2 \left(\frac{km}{h}\right)}{1,09375 \cdot p + 0,127 - 0,235 \cdot i \cdot \varphi} \quad (7)$$

Prethodna dva obrasca razvijana su od strane francuskih železnica i koriste se u nekim UIC objavama. Za potrebe izračunavanja dužine zaustavnog puta Nemačke železnice razvile su takozvani Mindenski obrazac i to posebno za putničke vozove i posebno za teretne vozove:

$$L(m) = \frac{3,85 \cdot V^2 \left(\frac{km}{h}\right)}{\left(6,1 \cdot \varphi \cdot \left(1 + \frac{p}{10}\right)\right) + i} \quad (8)$$

za putničke vozove,

$$L(m) = \frac{3,85 \cdot V^2 \left(\frac{km}{h}\right)}{5,1 \cdot \varphi \cdot \sqrt{p - 5} + i} \quad (9)$$

za teretne vozove.

Parametar φ uzima vrednosti od 0,5 do 1,25 u zavisnosti od karakteristika primenjenog tipa kočnica (Profillidis, 2014).

Korekcija ulaznih parametarta vrši se prema potrebi, biranjem odgovarajuće vrednosti i prilagođavajući ih posmatranom obrascu. Na taj način je za nekoliko različitih voznih sastava (prosečni putnički i prosečni teretni voz koji se

sreću u saobraćaju na prugama Železnica Srbije i susednim železničkim upravama) izvršeno prilagođavanje ulaznih parametara i izvršeno je proračunavanje dužine zaustavnog puta. Pomoću mnoštva različitih dobijenih rezultata, za potrebe ovog rada, sa dovoljnom tačnošću uzeto je nekoliko prosečnih vrednosti za dužinu zaustavnog puta. To je izvršeno aproksimacijom dobijenih rezultata. Tako dobijene vrednosti kasnije su korišćene pri izradi dijagrama kočenja voza za brzinu kretanja od 75km/h.

5. KRETANJE VOZA U RAZLIČITIM SITUACIJAMA KADA JE POTREBNO ZAUSTAVITI VOZ ILI SMANJITI BRZINU KRETANJA

Prilikom neregularnog kočenja voza, a u skladu sa pravilima definisanim signalnim znacima signala i pravilima rada auto-stop uređaja, dolazi do promene vremena kočenja voza. Takođe, te neregularnosti dovode i do nebezbednog produžavanja puta kočenja i zaustavnog puta voza.

Da bi se lakše stekao uvid u ovu problematiku, potrebno je grafički prikazati problem. Dijagramima kretanja može da se predstavi grafička interpretacija promene brzine voza u vremenu. Dijagrami kočenja su pogodni za prikazivanje ponašanja dužine zaustavnog puta u odnosu na bzinu kretanja voza. Ovi dijagrami mogu da sadrže podatke o nagibu trase na kojem se koči, kao i podatke o proteklom vremenu tokom kočenja.

Primer dijagrama kočenja za brzinu od 75km/h, za vrednosti nagiba trase od 10‰ uspona do 25‰ pada, pri jednoj vrednosti kočne sile dat je na slici 1.

U daljem tekstu biće razmatran slučaj kočenja voza na pravcu i horizontali, sa početnom brzinom kretanja od 75km/h. Sa ovog dijagrama za početak će biti iskorišćena kriva brzine kretanja u odnosu na zaustavni put za nagib trase od 0‰. Na osnovu unesenih parametara vremena sa gornjeg dijagrama kočenja, biće određena kriva brzine kretanja voza prilikom kočenja u odnosu na vreme. Ova kriva predstavljena je na slici 2.

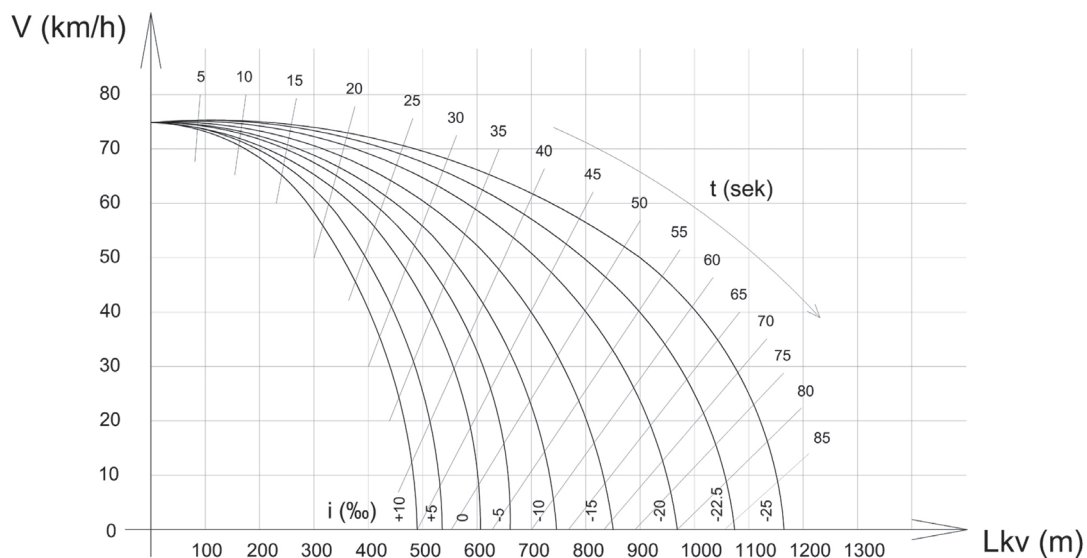
Na osnovu ovog dijagrama u sledećem delu rada biće predstavljeni dijagrami promene brzine prilikom kočenja u različitim uslovima eksploatacije, pri upotrebi različitih vrsta kočnika i različitog načina opsluge kočnika.

Na sledećem dijagramu (slika 3) predstavljen je spektar krivih funkcija brzine u vremenu, u zavisnosti od toga da li se koči prosečnom kočnom silom, normalnim postepenim kočenjem određenog intenziteta, potpunim kočenjem, brzim kočenjem ili početnim stepenom kočenja (smanjivanje pritiska za 0,5 bara u kočnim cilindrima i održavanje pritiska od 4,5 bara u glavnom vazдушnom vodu tokom kočenja, sve do zaustavljanja).

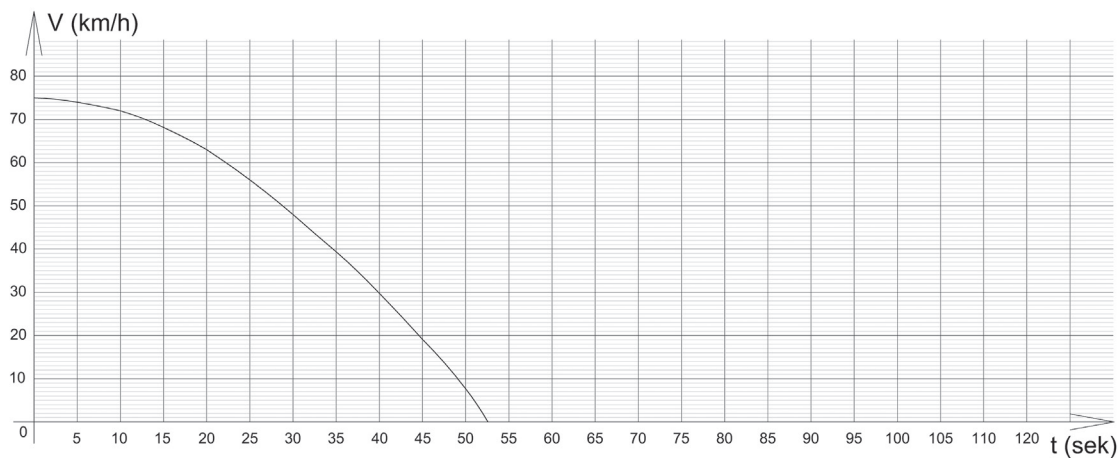
Ovaj dijagram je nastao izvođenjem velikog broja ponavljanja različitog načina kočenja različitih vozova u praksi, različitim tipovima kočnika koji se primenjuju na našoj železnici. Vrednosti dobijene u svakom uzastopnom kočenju međusobno su uprosečene i predstavljene na dijagramu. Kako se svaki vozni sastav drugačije ponaša prilikom kočenja, a različiti tipovi vozova (teretni i putnički) se međusobno veoma razlikuju u procesu kočenja, podaci predstavljeni na ovom dijagramu nisu precizni i samo okvirno prikazuju promenu brzine kretanja i odnos vremena potrebnih za zaustavljanje.

U praksi se za normalno zaustavljanje vozova uglavnom koristi prosečna vrednost kočne sile u kombinaciji sa početnim stepenom kočenja. Sa gornjeg dijagrama jasno se vidi da kada bi se kočnik zadržao u položaju početnog stepena kočenja, u kome se iz glavnog vazdušnog voda ispušta 0,5 bara, da bi se zaustavno vreme znatno produžilo, a time bi se znatno produžio i zaustavni put. Lako se uočava i razlika između kočenja brzim i potpunim kočenjem. Stavljanjem kočnika u položaj brzog kočenja postiže se znatno brže opadanje pritiska u glavnom vazdušnom vodu i samim tim brz rast pritiska u kočnim cilindrima. Kod potpunog kočenja protekne znatno duže vreme do uspostavljanja maksimalnog pritiska u kočnim cilindrima jer se sporije smanjuje pritisak iz glavnog vazdušnog voda.

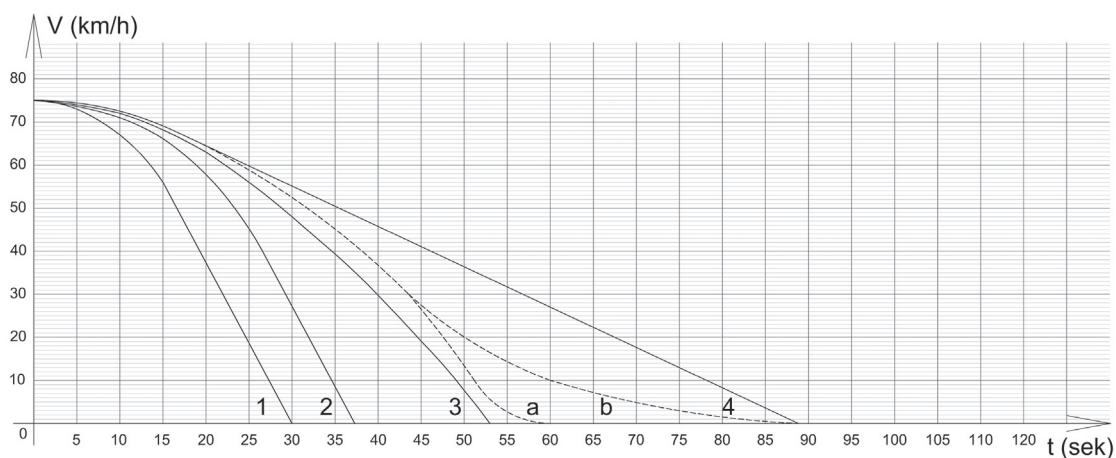
Maksimalni dopušteni pritisak u kočnim cilindrima isti je kod brzog i potpunog kočenja, a on je određen u zavisnosti od različitih uslova eksploatacije i ne prekoračuje se kako ne bi došlo do blokiranja osovina prilikom kočenja. Zaustavno vreme kod potpunog kočenja malo je duže nego zaustavno vreme kod brzog kočenja, ali se zaustavni put produžava za oko 20%, jer je u početku kočenja velika brzina kretanja znatno duže prisutna nego kod brzog kočenja.



Slika 1. Dijagram kočenja voza za brzinu kretanja od 75km/h



Slika 2. Dijagram promene brzine kretanja voza u vremenu prilikom kočenja uz upotrebu srednje vrednosti kočne sile



Slika 3. Dijagram promene brzine kretanja voza u vremenu prilikom kočenja uz upotrebu različite kočne sile¹

¹ 1 – brzo kočenje, 2 – potpuno kočenje, 3 – normalno kočenje prosečnom kočnom silom, 4 – kočenje početnim stepenom kočenja, a – pravilno kočenje radi smanjivanja zaustavnog vremena i zaustavnog puta, b – pravilno kočenje radi smanjivanja zaustavnog puta i izbegavanja trzaja prilikom zaustavljanja

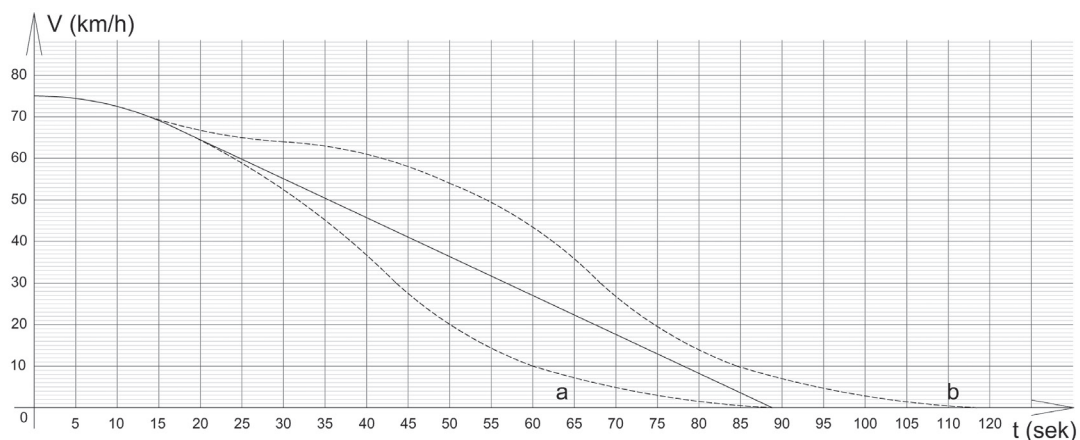
Pravilno kočenje, odnosno pravilno rukovanje kočnikom, podrazumeva da se voz prvo zakoči početnim stepenom kočenja, ispuštanjem 0,5 bara pritiska iz glavnog vazdušnog voda. Kada se pad pritiska prenese do kraja voza, odnosno kada voz počne da koči ustaljenom kočnom silom, pristupa se daljem smanjivanju vazdušnog pritiska u zavisnosti od potrebe.

U odnosu na nastavak kočenja početnim stepenom kočenja, daljim smanjivanjem pritiska postiže se povećanje kočne sile, što omogućava znatno skraćivanje zaustavnog puta ili i zaustavnog puta i zaustavnog vremena zajedno. Primer kočenja (a) sa dijagrama pokazuje skraćivanje zaustavnog puta i vremena. Potpuno otkočivanje je kočnikom započeto pri brzini od oko 15 km/h, ali zbog tromosti vazdušne struje i sporijeg povećanja pritiska u glavnom vazdušnom vodu celog voza, efekat otkočivanja se primećuje pri nešto manjoj brzini kretanja. Kako je pred otkočivanje bila postignuta velika vrednost kočne sile, voz nije stigao u potpunosti da otkoči, što dovodi do manjeg trzaja prilikom zaustavljanja. Primer kočenja (b) sa dijagrama razlikuje se u tome što je kočnikom otpočeto postepeno otkočivanje voza pri brzini od oko 35 km/h. Kod postepenog otkočivanja još je više prisutna tromost vazdušne struje, jer se otkočivanje vrši blagim i postepenim povećavanjem vazdušnog pritiska u glavnom vazdušnom vodu. Neposredno pred zaustavljanje, voz je skoro u potpunosti otkočio i krajnje zaustavljanje postignuto je pod inercijom voza, savlađivanjem

samo osnovnih otpora kretanja. Time je postignuto potpuno bestrzajno, mirno zaustavljanje, na dužini zaustavnog puta kraćoj od dužine zaustavnog puta pri početnom stepenu kočenja, ali je zauzvrat zaustavno vreme ostalo nepomenjeno u odnosu na nastavak kočenja početnim stepenom kočenja.

Nestručno i nepravilno rukovanje kočnicama veoma lako može da dovede do neželjenog produžavanja zaustavnog puta, što za posledicu može da ima prolazak mesta predviđenog za zaustavljanje i ugrožavanje bezbednosti saobraćaja. Veoma često se u normalnoj eksploataciji koristi kombinovanje postepenog kočenja i otkočivanja tokom zaustavljanja voza ili smanjivanja brzine kretanja voza. Uzastopno kočenje i otkočivanje nekoliko puta zaredom može da dovede do efekta "iscrpljenosti" kočnica, bez obzira što se radi o neiscrpnim kočnicama sa višestepenim otkočivanjem. Višestepeno otkočivanje omogućava da se kočna sila proizvoljno smanjuje tokom kočenja, a neiscrpane kočnice omogućavaju da se posle otkočivanja ponovo sprovede proces kočenja sa velikom vrednošću kočne sile.

Problem kod pneumatskih kočnica ogleda se u tome što prilikom prekida procesa otkočivanja pre potpunog otkočivanja, ponovnim zavođenjem kočenja, pre nego što je ceo voz otkočio, uspostavljanje velike vrednosti kočne sile traje znatno duže nego prilikom zavođenja kočenja kada je pritisak u glavnom vazdušnom vodu 5 bara i kada je ceo voz otkočen. To se jednostavno može prikazati na dijagramu sličnom prethodnom (slika 4).



Slika 4. Dijagram promene brzine kretanja voza u vremenu²

² (a) prilikom kočenja bez zadavanja komande otkočivanja i ponovnog kočenja tokom otkočivanja i (b) prilikom kočenja sa zadavanjem komande otkočivanja i ponovnog kočenja tokom otkočivanja

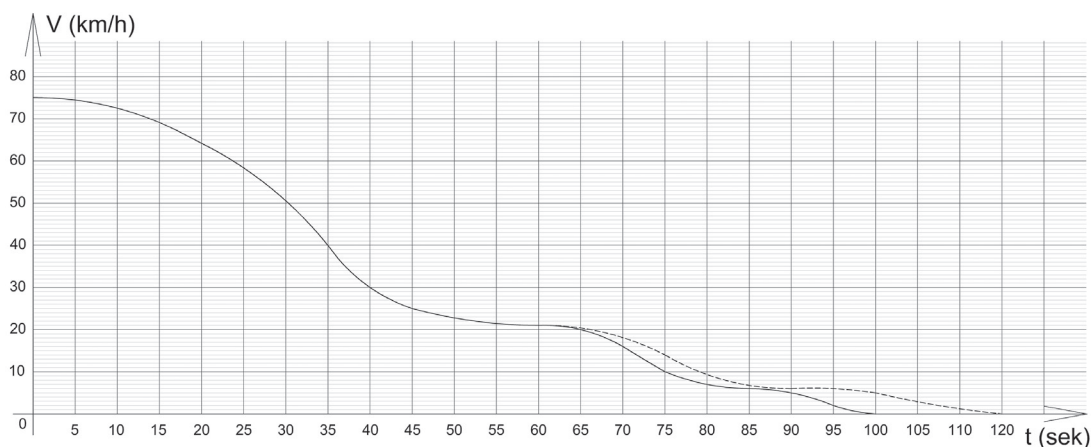
Za isto vreme zadržavanja kočnika u položaju kočenja, prvim zadatim kočenjem i kočenjem zadatim tokom procesa otkočivanja, postiže se različito vreme uspostavljanja željene kočne sile. Na gornjem dijagramu dat je primer postepenog zavođenja kočenja, u početku sa 0,5 bara pritiska u kočnim cilindrima. Radi smanjivanja zaustavnog puta (slučaj a), oko dvadesete sekunde, pristupa se povećavanju kočne sile, a kako bi se postiglo beztrajno zaustavljanje, blagovremeno se sprovodi postepeno i na kraju potpuno otkočivanje. Drugi slučaj (b) prikazuje situaciju u kojoj se umesto povećavanja kočne sile, posle postizanja pritiska od 0,5 bara u kočnim cilindrima, pristupilo otkočivanju stavljanjem kočnika u položaj vožnje, odnosno u položaj potpunog otkočivanja. Pre nego što je postignuto potpuno otkočivanje, kočnikom je ponovo započet proces kočenja početnim stepenom kočenja. Kočna sila od 0,5 bara u kočnim cilindrima postići će se posle dužeg vremena nego što je bio slučaj kod prvog sprovedenog kočenja. Zatim se proces kočenja dalje sprovodi kao u prvom opisanom slučaju (a). Ovakvo rukovanje kočnikom dovodi do znatnog produžavanja zaustavnog puta u odnosu na prvi slučaj.

Do sada opisani načini kočenja odnose se na kraći teretni voz ili na duži voz za prevoz putnika, uz upotrebu isključivo pneumatskog kočenja voza. Vreme na vremenskoj skali na prikazanim grafikonima čini vreme reagovanja opreme i vreme kočenja voza. Uzeto je prosečno vreme reagovanja opreme, za kočnice brzog dejstva i u slučaju voza za prevoz tereta i u slučaju voza za prevoz putnika.

Kod upotrebe različitih vrsta kočnika na kočnice istog voza (Knor, Erlikon, Vestinghauz i drugi), u slučaju regularnog kočenja, bez otkočivanja i ponovnog zavođenja kočenja, postoje male razlike u karakteristikama promene brzine u vremenu. Prilikom otkočivanja i ponovnog kočenja razlike u upotrebi različitih vrsta kočnika su dosta izraženije. Radi pojednostavljenja prikazanih šema i opisa delovanja kočnika na kočnice istog voza, biće predstavljene razlike u upotrebi dva kočnika, Erlikon FV4a i Knor D2, pri tri uzastopna kočenja i otkočivanja (slika 5).

Prilikom upotrebe kočnika Erlikon, nema specijalno izraženih problema. U pitanju je tipičan primer neiscrpnog kočnika, kod koga prilikom uzastopnog kočenja i otkočivanja dolazi do beznačajnog slabljenja kočne sile u početku odmah ponovljenog procesa kočenja.

Bez obzira što je opisani kočnik Knor neiscrpan, kod njega se ipak primećuje razlika u procesu ponovljenog zavođenja kočenja. To produženo vreme uspostavljanja iste kočne sile, koja je bila postignuta za malo kraće vreme u prvom procesu kočenja, nije mnogo značajno pri manjim brzinama kretanja, kao što je maksimalna početna brzina u opisanom primeru. Ukoliko se radi o većim početnim brzinama kretanja i uzastopnom kočenju i otkočivanju, razlika u odnosu na potpuno neiscrpan kočnik je veoma izražena i može biti veoma opasna tokom eksploatacije. Ovaj problem je najviše prisutan kod kraćih i lakših vozova, kao što su putnički vozovi, kod kojih značajan deo kočne mase pripada vučnom vozilu.



Slika 5. Dijagram promene brzine kretanja voza pri uzastopnom kočenju i otkočivanju

————— za kočnik Erlikon FV4a
 - - - - - za kočnik Knor D2

Postoje mnogobrojni slučajevi lošeg, nedozvoljenog ili nepravilnog rukovanja kočnicama voza od strane mašinovođe. U slučajevima propisanog načina rukovanja kočnicama u skladu sa signalnim znacima na signalima i u skladu sa režimima rada auto-stop uređaja, mogu da nastanu brojne nepravilnosti u radu. Postoji mnogo kombinacija rukovanja uređajima auto-stop i kočnicama voza, koje spadaju u neregularnosti u radu. Iz praktičnih razloga biće prikazane samo neke od situacija nastalih tokom nepravilnog i nepropisnog rada. Uz njih biće prikazan i pravilan način rada. Neka su za sve razmatrane slučajeve sledeći uslovi:

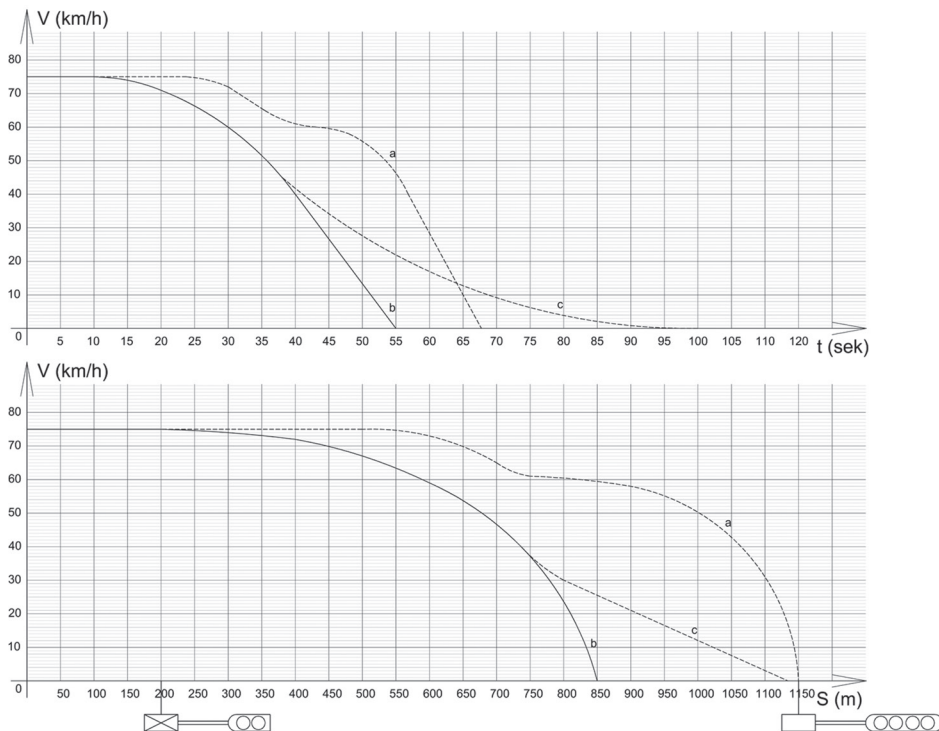
- na predsignalu ulaznog signala je signalni znak: „Očekuj stoj“;
- na ulaznom signalu je signalni znak: „Stoj“;
- brzina kretanja voza do predsignala je 75km/h;
- režim rada auto-stop uređaja je 2;
- rastojanje predsignala od ulaznog signala iznosi 950m;
- posmatrani deo trase je u pravcu i horizontali;
- u pitanju je prosečni vozni sastav (Vujić, 2015.).

Dužina zaustavnog puta i vreme potrebno za zaustavljanje, za potrebe izrade ovog dela rada, biće usvojeni kao prosečne vrednosti, dobijene na osnovu krive 3 normalnog kočenja i krive 1 brzog kočenja, sa dijagrama kočenja prikazanog na slici 1. ovog rada.

Dužina zaustavnog puta voznog sastava, na delu trase bez nagiba, pri brzini od 75 km/h i uz prosečnu kočnu silu, pri zaustavljanju iznosi 650m, a zaustavno vreme 55 sekundi. Prilikom brzog kočenja moguće je zaustavljanje voznog sastava na kraćem rastojanju i ono iznosi 450 m, uz zaustavno vreme od 30 sekundi.

5.1. Slučaj regularnog kretanja voza pri datim uslovima i oblast dopustivih vrednosti

Oblast dopustivih vrednosti nalazi se u prostoru ispod isprekidane krive funkcije brzine od vremena, odnosno krive funkcije brzine od pređenog puta (slika 6). Isprekidana linija predstavlja krivu promene brzine prilikom simulacije brzog kočenja sa jednim kratkotrajnim otkočivanjem.



Slika 6. Dijagrami promene brzine po vremenu i po pređenom putu, pri pravilnoj upotrebi auto-stop uređaja³

³ Kriva a – kriva maksimalne brzine pri dva uzastopna brza kočenja;
 Kriva b – kriva promene brzine prilikom potpunog kočenja bez otkočivanja;
 Kriva c – kriva promene brzine prilikom postepenog otkočivanja do zaustavljanja

Isprekidana linija krive funkcije „a“ predstavlja brzinu koja u periodu od 26 sekundi posle prolaska pružne balize predsignala, pri jednostepenom kočenju ne sme da bude prekoračena jer bi došlo ili do brzog kočenja od strane auto-stop uređaja ili do preletanja ulaznog signala.

Prva situacija brzog kočenja prikazuje promenu brzine kada ona treba da bude svedena za 26 sekundi na brzinu od 64,5 km/h, a druga situacija kada voz mora da bude zaustavljen tačno na mestu ulaznog signala.

Puna linija krive funkcije „b“ predstavlja vrednost brzine, prilikom potpunog kočenja do zaustavljanja. Kriva isprekidana linija „c“ predstavlja nastavak na funkciju „b“, kada je nastupilo postepeno otkočivanje do zaustavljanja.

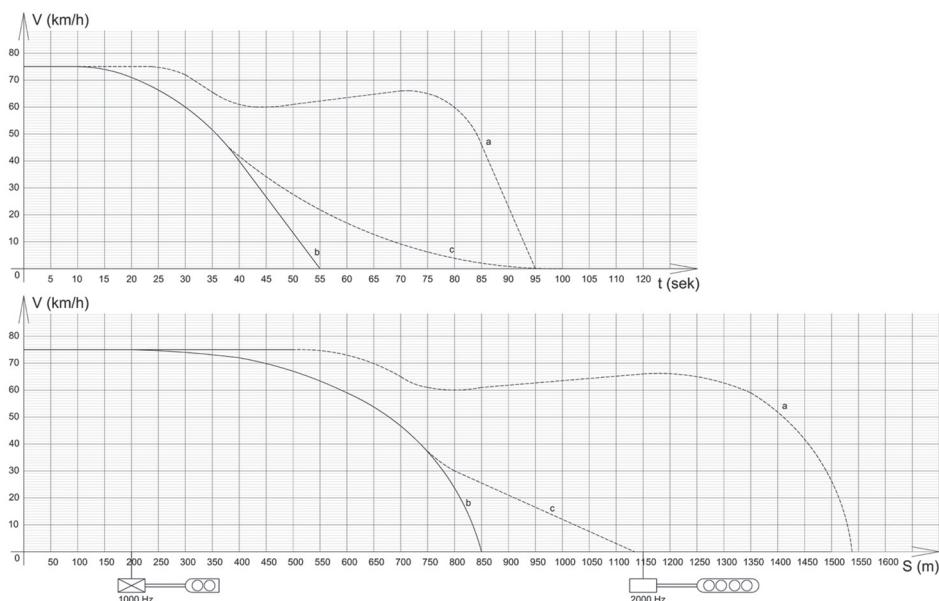
5.2. Slučaj nepravilnog kretanja voza pri datim uslovima (naknadno povećavanje brzine kretanja voza posle isteka vremenske kontrole od strane autostop uređaja), bez kontrolne pružne balize

Pri načinu kretanja, koji je opisan krivom „a“ (slika 7), primećuje se povećavanje brzine posle isteka vremenske kontrole brzine. Takav slučaj je veoma čest u praksi i može da bude veoma opasan. Zapravo, na mestima gde je udaljenost između predsignala

i ulaznog signala (zaštitnog signala) dosta velika, mašinovođe često pribegavaju povećanju brzine kretanja, kako bi nadoknadili kašnjenje ili skratili vozno vreme. To rade obično na onim mestima gde po iskustvu očekuju promenu signalnog znaka na sledećem signalu, u periodu dok mu se približavaju. Ako ne nastupi promena signalnog znaka na signalu, uobičajeno je da se ponovnim zavođenjem procesa kočenja voz bezbedno zaustavi na za to predviđenom mestu (ispred signala). Ukoliko se ne sprovede proces kočenja voza na odgovarajući način ili ukoliko mašinovođa bude sprečen da posle povećanja brzine ponovo sprovede kočenje, može da dođe do nedozvoljenog prolaska signala.

Pravilna procedura je da se od trenutka prolaska pored signalnog znaka na signalu, koji čini pružnu balizu aktivnom za učestalost od 1000 Hz, opsluži auto-stop uređaj u roku od 4 sekunde i da se brzina kretanja, u ovom režimu rada auto-stop uređaja, smanji ispod 65 km/h u roku od 26 sekundi. Ne postupajući po bilo kom od ova dva pravila, nastupa automatsko brzo kočenje voza. Postupanjem po pravilima, dužnost mašinovođe je da posle smanjivanja brzine kretanja ispod 65 km/h dalju brzinu kretanja voza prilagodi preostaloj dužini zaustavnog puta do sledećeg signala.

Ukoliko mašinovođa to ne učini, nastupa prinudno zaustavljanje voza, prolaskom pored sledećeg



Slika 7. Dijagrami promene brzine po vremenu i po pređenom putu, kod nepravilne upotrebe auto-stop uređaja⁴

⁴ Kriva a – kriva maksimalne brzine kretanja i nepoštovanja pravila rada as uređaja;
 Kriva b – kriva promene brzine prilikom potpunog kočenja bez otkočivanja;
 Kriva c – kriva promene brzine prilikom postepenog otkočivanja do zaustavljanja

signala, čija je baliza aktivna na učestanosti od 2000Hz. Zaustavni put kočnja voza u ovom slučaju počinje pored signala, a završava se nekoliko stotina metara dalje. Ako je zaštićeno područje iza signala (najčešće skretničko područje) na udaljenosti manjoj od kraja zaustavnog puta, dolazi do ugrožavanja bezbednosti rada na zaštićenom području. Zaštićeno područje u stanicama počinje mnogo bliže signalu koji ga štiti, jer tu spada i deo pružnog koloseka namenjen obavljanju manevarskih radnji do signalnog znaka „granica manevrisanja“. Taj signalni znak nalazi se neretko na udaljenosti manjoj od 100m od ulaznog signala, jer je za mogući „put preletanja“ namenjen deo pružnog koloseka u dužini od oko 50m iza signala. U primeru predstavljenom na dijagramu vidi se da je zaustavni put voza iza signala u dužini od nepunih 400m, što bi ozbiljno moglo da ugrozi kompletno, signalom zaštićeno područje.

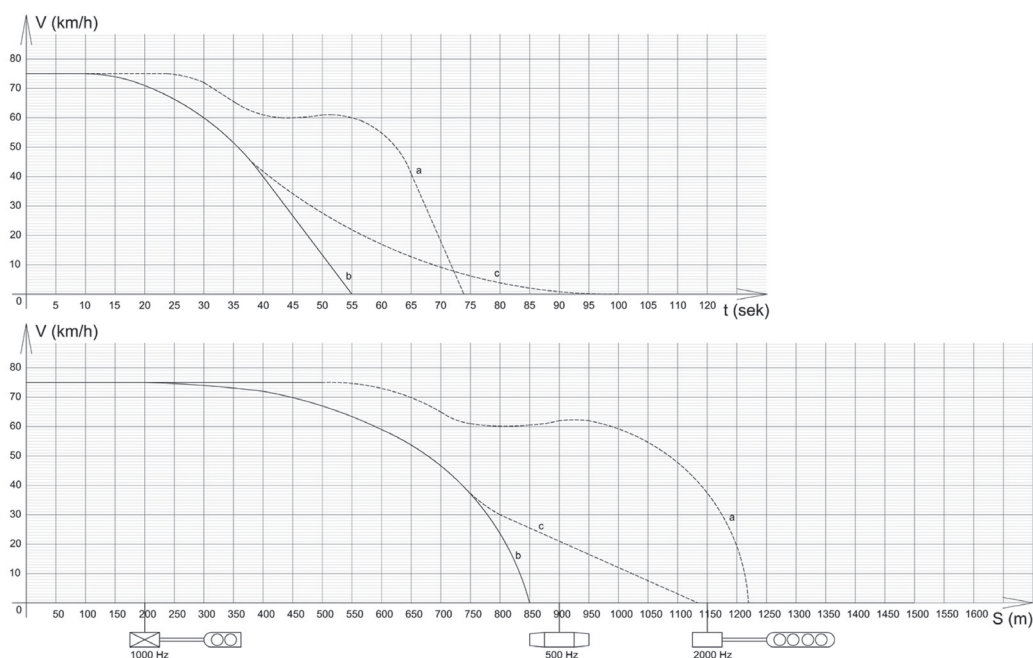
5.3. Slučaj nepravilnog kretanja voza pri datim uslovima (naknadno povećavanje brzine kretanja voza posle isteka vremenske kontrole od strane auto-stop uređaja) sa kontrolnom pružnom balizom

Da bi se sprečilo moguće nesavesno ponašanje mašinovođe, kontrolna pružna baliza je jedini način

da se voz automatski zaustavi, onda kada se kreće neprilagođenom brzinom. Kontrolna pružna baliza u ovom primeru postavljena je na udaljenosti 250m od pružne balize ulaznog signala (slika 8).

Naknadno ubrzavanje voza prekida se u trenutku nailaska lokomotivske prijemne glave iznad kontrolne pružne balize jer nastupa prinudno brzo kočenje voza. Zaustavni put u ovom slučaju završava se neposredno iza ulaznog signala, tako da nema ugrožavanja bezbednosti na širem području iza signala, uključujući skretničko područje, koje je udaljeno 100m ili više od ulaznog signala.

Ugrađivanjem kontrolne pružne balize postiže se veća bezbednost saobraćaja, ali ne može u potpunosti da se spreči moguće nesavesno ponašanje mašinovođe. Kada se voz kreće propisanom brzinom i manjom od one koju definišu signalno- sigurnosni i auto-stop uređaji, prolazak pored signala koji pokazuje signalni znak „Stoj“ i dalje je moguć uz upotrebu tastera „Vožnja pod nalogom“. Iz tog i drugih opisanih razloga jasno je da primenjeni sistem sigurnosnih uređaja na našoj železnici i većini železnica u okruženju nije dovoljan da svede ljudski faktor, u odlučivanju pri upravljanju kretanjem voza, na zanemarljivu vrednost ili da ga u potpunosti eliminiše.



Slika 8. Dijagrami promene brzine po vremenu i po pređenom putu, kod nepravilne upotrebe auto-stop uređaja i ugrađene kontrolne pružne balize

6. ZAKLJUČAK

U radu su navedene neke posledice do kojih dovodi nepoštovanje pravila rada u skladu sa primenjenim sistemom signalno – sigurnosnih i auto-stop uređaja. Uređaji treba da budu tako osmišljeni i konstruisani da spreče negativno dejstvo ili radnju lica koje njima rukuje. To se ogleda u smislu ograničavanja slobode prilikom izvršenja nekih radnji. Kako je kod klasičnih vozova veliki deo upravljanja i rukovanja vožnjom i samim procesom kočenja prepušten određenim licima, mogućnost nastanka ljudske greške je uvek prisutna i iz tog razloga neophodan je dodatni uticaj kontrole od strane pojedinih uređaja. Što je stepen sigurnosti određenog voznog sredstva viši, potreban je i viši nivo osiguranja bezbednog i sigurnog rada tokom upravljanja. To se kod klasičnih vozova postiže raznim sigurnosnim i bezbednosnim merama i uređajima, kao što su vremenska kontrola i kontrola brzine kretanja od strane auto-stop uređaja i kontrola budnosti. Na savremenijim železnicama prisutna je i kontrola brzine kretanja, kako tokom vožnje tako i prilikom kočenja.

Nepравilnosti u načinu rukovanja kočnim uređajima i signalno – sigurnosnim i auto-stop uređajima često dovode do nastanka vanrednih događaja. Da bi se utvrdio uzrok nastanka vanrednog događaja potrebno je dobro poznavanje rada ovih uređaja. Ovaj rad može da bude koristan zato što su u njemu izložene različite neželjene posledice usled nepravilnosti u načinu postupanja u skladu sa primenjenim sistemom osiguranja, kao i neke mogućnosti za njihovo sprečavanje.

PRIZNANJE

Rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru Projekta broj 36012 koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i kao rezultat istraživanja u

okviru bilateralnog Projekta između Republike Srbije i Republike Slovačke, broj SK-SRB-2016-024: "Increasing of effectiveness of the railway transport services using the decision support systems"

LITERATURA

- [1] Pajić D, Beograd (1970). *Kočnice i sistemi uređaja za zbijeni vazduh na železničkim vozilima*
- [2] Vainhal V, *Kočnice i kočenje vozova*, Beograd (1991). Zavod za novinsko-izdavačku i propagandnu delatnost JŽ,
- [3] Vujović D, *Princip rada kočnica na železničkim vozilima i faktori koji utiču na dužinu zaustavnog puta*, Saobraćajni fakultet Beograd (2015). Master rad,
- [4] Profillidis, V. A. 2014. *Railway Management and Engineering*, UK, Ashgate Publishing, Ltd., 2014.
- [5] UIC CODE (UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER), *Brakes – Air brakes for freight trains and passenger trains*, 4th edition, June 2002, Printed by the International Union of Railways (UIC), Paris, France, May 2003.
- [6] Vukšić M, "Effect of Response Time on Stopping Distance", Institute "Kirilo Savić", Belgrade, Research accessory, Vol. 32(1), (Serbia), (2014)
- [7] RSSB, "Braking System and Performance for Freight Trains", Torrens Street, London, (England), (2011)
- [8] UIC CODE 544-1, "Brakes – Braking power", 4th edition, Paris, (France), (2014)
- [9] D. Barney, D. Haley and G. Nikandros, "Calculating Train Braking Distance", Queensland Rail, Brisbane, (Australia), (2002)