

Elektrotehnički fakultet

Univerzitet u Beogradu

SEM IN A R S K I R A D

Primena automatike u električnim vozilima

Palija Veljko 03/314

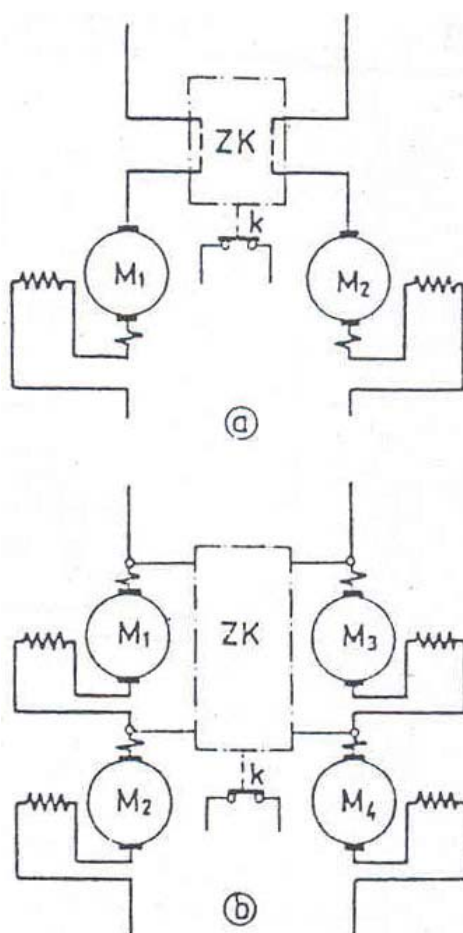
SADRŽAJ:

1	AUTOMATSKA KONTROLA BUKSIRANJA I KLIZANJA	2
2	AUTOMATSKA KONTROLA BUDNOSTI VOZAČA	5
3	AUTOMATSKA KONTROLA BRZINE I KOČENJA VOZA INDUKTIVNOM VEZOM VOZ-KOLOSEK....	9
4	SISTEMI AUTOMATSKOG DALJINSKOG UPRAVLJANJA U VUČI VOZOVA.....	15
4.1	ETCS (EUROPEAN TRAIN CONTROL SYSTEM).....	19
4.1.1	<i>ETCS – Nivo 1</i>	19
4.1.2	<i>ETCS – Nivo 2</i>	20
4.1.3	<i>ETCS – Nivo 3</i>	21
4.1.4	<i>PTC (Positive train control)</i>	22
5	LITERATURA:	24

1 AUTOMATSKA KONTROLA BUKSIRANJA I KLIZANJA

Kod električne vuče vozova teži se za što većim brutom na kvačilu i povećanim ubrzanjima u putničkom saobraćaju, te su i realizovane vučne sile na obodu točkova pogonskih osovina često u gornjim granicama veličina po pitanju adhezije. Narastanje vučne sile iznad graničnih vrednosti određenih stvarnim koeficijentom adhezije, neminovno dovodi do proklizavanja točkova ili takozvanog buksiranja. Sličan kriterijum važi i za ograničenje obodnih sila kočenja. Preko neke maksimalne vrednosti ukupne sile kočenja, obrtanje kočenih točkova prelazi u njihovo blokiranje i klizanje po šini. U oba ova slučaja narušava se pogonska stabilnost, a posledice i efikasnost povratka u stabilan režim zavise od brzine uočavanja same pojave i trenutka preduzimanja odgovarajućih protivmera. Zbog toga se porimenuju posebni uređaji i odgovarajuće šeme veza za automatsku kontrolu buksiranja i klizanja.

Na slici 1. su uprošćene šeme funkcionisanja ovih uređaja (**ZK**), koji primenjuju metodu upoređenja karakterističnih električnih veličina u granama vučnih motora.



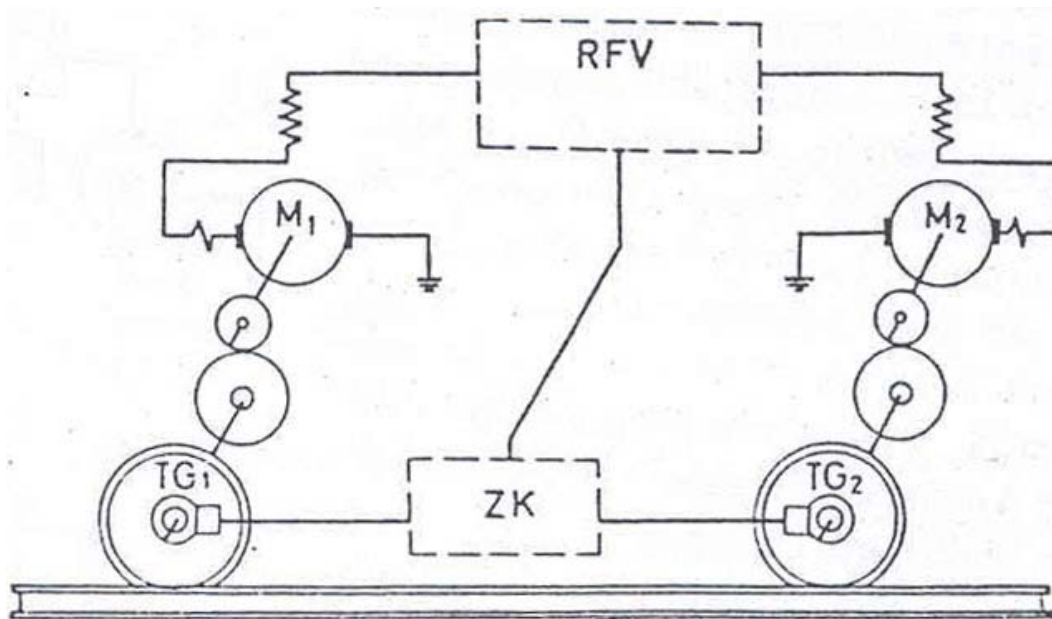
Sika 1. Uprošćene šeme uređaja za automatsku kontrolu buksiranja i proklizavanja

Šema (a) pokazuje rešenje sa strujnim priključcima motornih grana na uređaj **ZK**. Struje paralelnih motornih grana uvode se u uređaj i sistemom elektromehaničkih ili električnih relea, vrši se njihovo stalno upoređenje. U normalnom pogonu struje vučnih motora su približno jednake. Pri

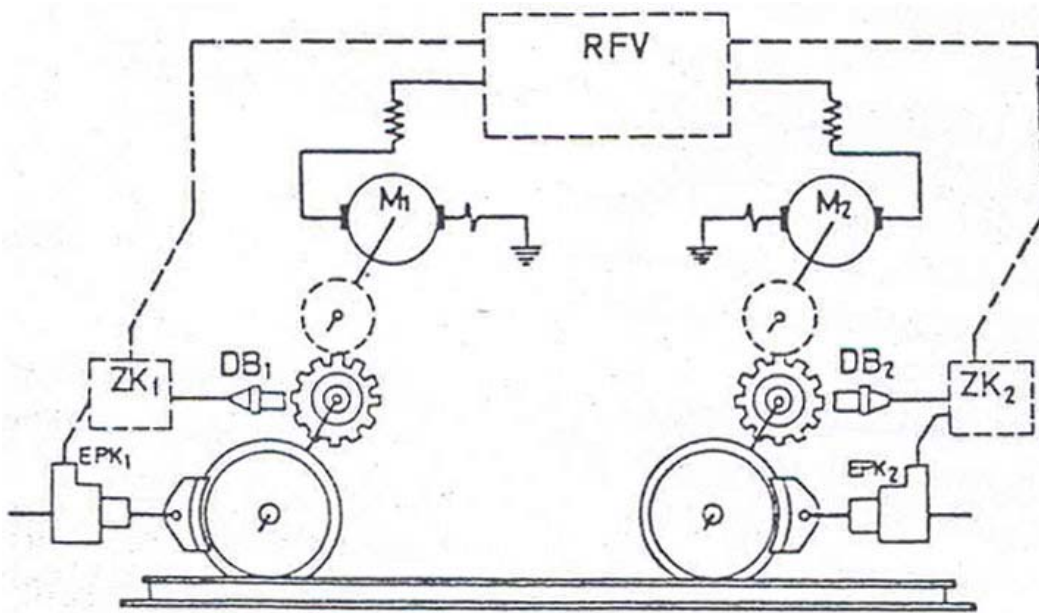
proklizavanju jednog osovinskog sloga menja se brzina i struja njegovog motora te se konstatovana razlika struja kontrolisanog para motora koristi u za uključenje ili isključenje grupe pomoćnih kontakata, kojima se signalizira pojava klizanja i sprovođi automatska intervencija za smanjenje vučne sile.

Šema (b) je sa naponskom vezom upoređenih motornih grana kroz uređaj **ZK**. Razlike u naponima simetrično priključenih tačaka pri pojavi klizanja služe za automatsku kontrolu i komandu kao i u predhodnom slučaju.

Neposrednija kontrola klizanja se postiže merenjem i upoređenjem brzine obrtanja parova osovinskih slogova. Šematski prikaz jednog od ovih sistema je na slici 2. Tahogeneratori (**TG1-TG2**), čiji je napon linearno srazmeran sa brzinom obrtanja, unose odgovarajuće napone u uređaj **ZK**. Razlike napona kao posledice klizanja, konstatuju se u bloku **ZK**, odakle se šalju komandni impulsi ka uređaju za regulaciju napona, odnosno brzine vučne sile (**RFV**). Ovde se ostvaruje automatska redukcija vučne sile i sprečavaju dalje posledice buksiranja pogonskih točkova.



Slika 2. Uprošćena šema uređaja za neposredniju automatsku kontrolu buksiranja i proklizavanja



Slika 3. Uprošćena šema uređaja za digitalnu automatsku kontrolu buksiranja i proklizavanja

Savremeni sistemi za automatsku regulaciju ubrzanja, brzine i vučne sile, obavezno obuhvataju kontrolu buksiranja i klizanja. Da bi se kod forsirane vuče postiglo što potpunije približavanje granici athezije, uz dovoljan stepen sigurnosti, uvodi se nova oprema sa vrlo velikom osetljivošću i ultrabrzim dejstvom. Tahogeneratore zamenjuju induktivni davači brzine (**DB1-DB2**), koji nisu u neposrednoj mehaničkoj sprezi sa sa osovinskim slogom već se postavljaju neposredno pored njegovih rotirajućih delova. Svaki žleb ispred magnetnog davača pretvara se u jedan impuls tre se sa znatno većom tačnošću može pratiti obodna brzina i njena promena u vremenu. Pošto se blagovremeno konstatuje pojava buksiranja ili klizanja digitalnim uporedjenjem brzina i ubrzanja parova osovina, podaci iz uređaja za automatsku kontrolu angažuju se u kompleksnom sistemu regulacije sila vuče i kočenja. Prema šemi na slici 3. pri pojavi buksiranja voza automatski će se zaustaviti servopogon za dalje povećanje vučne sile i istovremeno uključiti elektropneumatske kočnice (**EPK1-EPK2**), za prvu redukciju aktivne vučne sile. Ukoliko ova opoziciona sila blagog kočenja nije dovoljna, posle određenog vremenskog intervala automatski se smanjuje vučna sila sniženjem napona na krajevima vučnih motora da bi odmah po otklanjanju klizanja došlo opet do njenog progresivnog povećanja.

Na sličan način vrši se i podešavanje sila električne i pneumatske kočnice kod pojava klizanja pri kočenju.

2 AUTOMATSKA KONTROLA BUDNOSTI VOZAČA

Mere za povećanje saobraćajne bezbednosti na elektrificiranim železničkim prugama, upućuju na primenu specijalnih uređaja za automatsku kontrolu budnosti vozača. Ovi su neophodni naročito kod vuče vozova sa vozačem bez pomoćnika.

Komandni elementi sigurnosnih uređaja za kontrolu budnosti (**SKB**) su tasteri i pedale. Nalaze se u neposrednoj blizini sedišta vozača, na glavnim komandnim ručicama, ili neposredno pored ručice manipulatora, a pedala je pod onu nogu koja ne učestvuje u osnovnoj komandi. Kod lokomotiva gde vozač mora imati izvesnu slobodu kretanja, uz povremeno korišćenje i bočnog prozorskog okna, ugrađuje se i više pogodno raspoređenih tastera i pedala uređaja **SKB**.

Prema vremenu dejstva ovi uređaji su:

- Trenutno dejstvujući i
- Sa usporenim dejstvom, odnosno sa vremenskim zatezanjem.

Trenutno dejstvujući **SKB** uređaji u primeni su samo kod električnih vučnih vozila za gradski i prigradski saobraćaj.

Kod železničkih vučnih vozila uređaji **SKB** su uvek sa usporenim dejstvom.

Zakašnjenje u odazivanju uređaja je tačno određeno intervalima za svaku karakterističnu fazu po sledećem logičnom rasporedu:

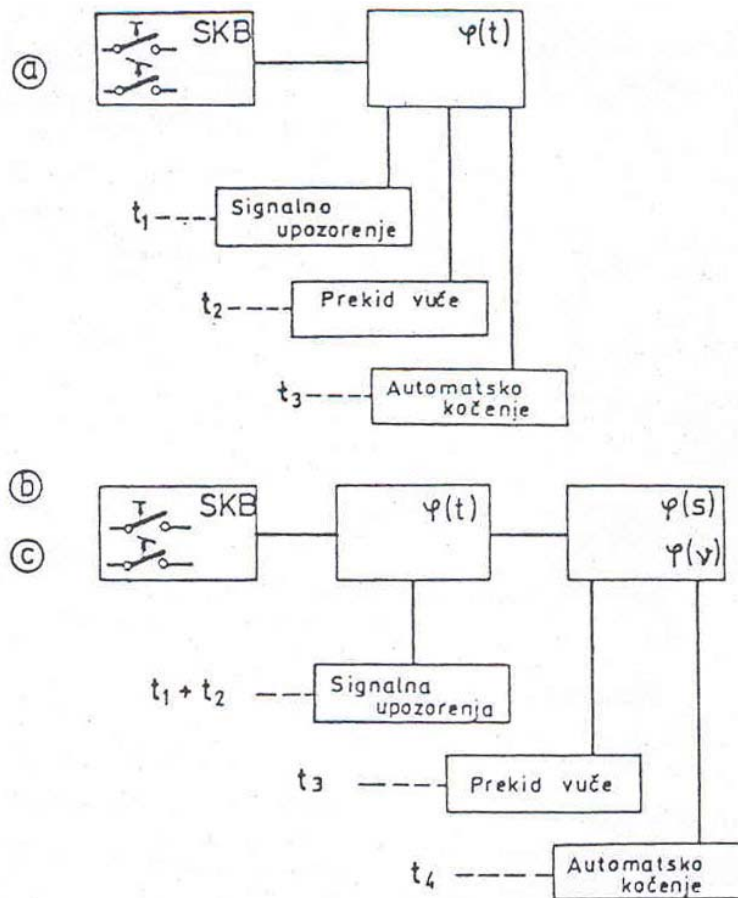
- Signalno upozorenje za aktivan **SKB**;
- Automatsko prekidnje vuče i
- Dejstvo automatske kočnice.

Programirano dejstvo uređaja **SKB** može biti:

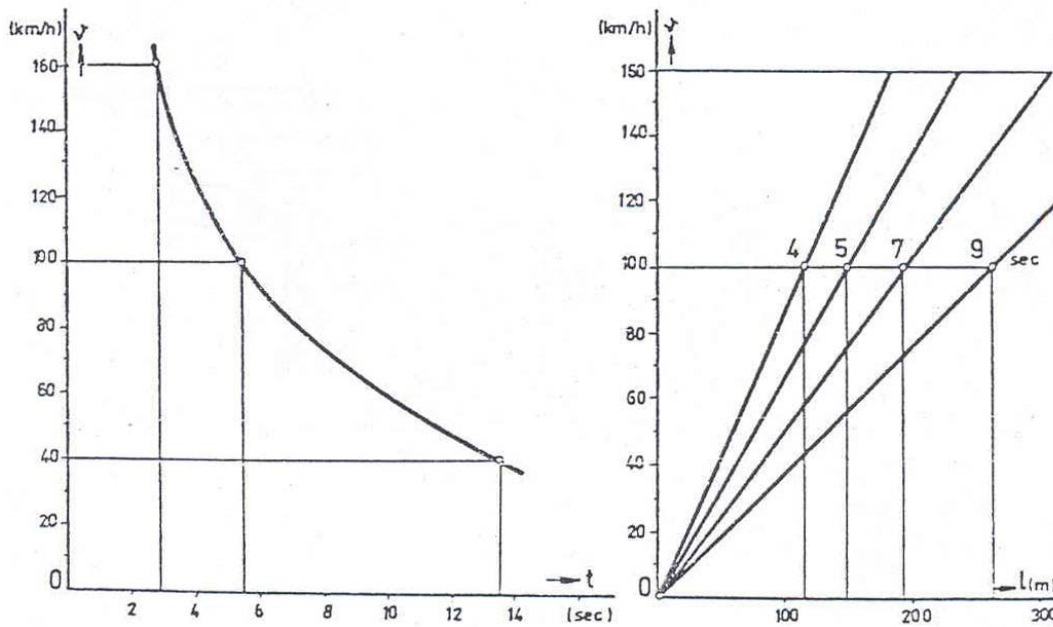
- a) Sa vremenskom zavisnošću;
- b) Sa kombinovanom zavisnošću od vremena i predjenog puta;
- c) Sa kombinovanom zavisnošću od vremena i brzine;

Kod uređaja sa složenim programiranim dejstvom prva faza je sa vremenskom zavisnošću, a druga i treća faza su u funkciji puta ili brzine.

Kod uređaja **SKB** sa isključivo vremenskom zavisnošću, nailazi se na problem izbora veličine vremenskog tempiranja, u odnosu na širok opseg mogućih brzina vučnog vozila. Levi dijagram na slici 5. prikazuje promenu vremena sa brzinom, za dužinu predjenog puta od 150 m. Istovremeno za praktičnu primenu ovog uređaja treba imati u vidu i minimalno potrebno vreme za promenu mesta vozača u upravljačnici u kome opravdano ni jedan od tastera **SKB** neće biti opslužen. Na desnom dijagramu iste slike su karakteristike brzine i puta za različita vremena zatezanja uređaja od 4-5-7-9 sekundi. Pri brzini od 100 km/h dužina predjenog puta se menja od 115 do 265 m. Iz ovoga sledi, da se potpunije prilagodjavanje uređaja **SKB** može ostvariti samo kombinovanom zavisnošću vremena i puta, ili vremena i brzine.



Slika 4. Uprošćena šema sigurnosnih uređaja za kontrolu budnosti vozača



Slika 5. Levi dijagram prikazuje promenu vremena sa brzinom, za dužinu pređenog puta od 150 m. Desni dijagram u karakteristike brzine i puta za različita vremena zatezanja uređaja od 4-5-7-9 sekundi.

Rad elektronskih uređaja sistema **SKB**, sa kombinovanom zavisnošću od vremena i brzine, prikazan je kroz primer na slici 6.

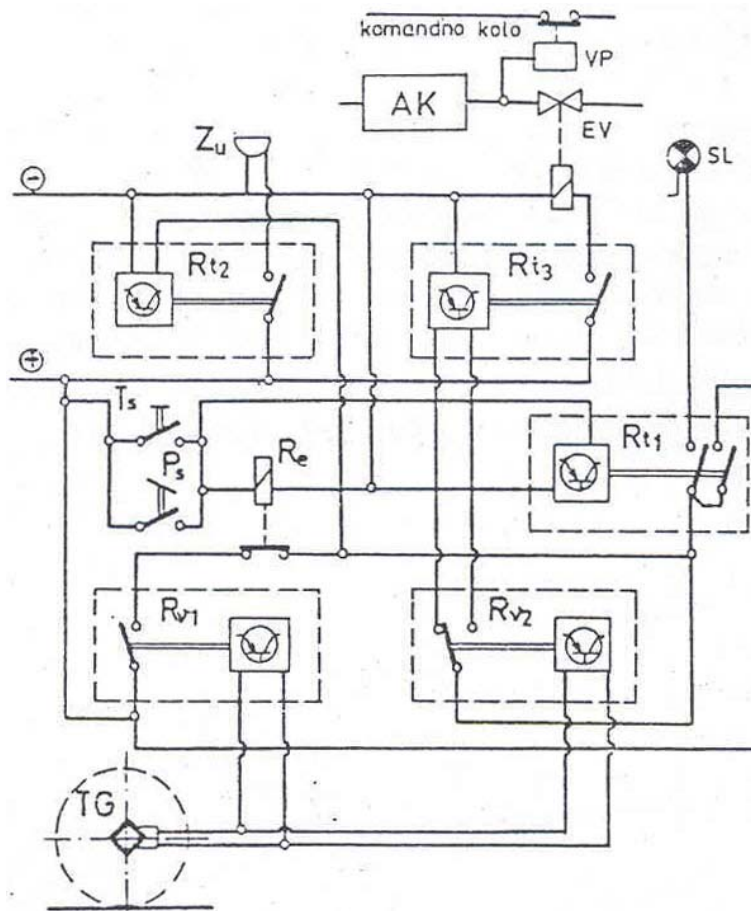
Tahogenerator **TG** napaja brzinska relea **R_v**, od kojih **R_{v1}** zatvara svoj kontakt čim je $v \neq 0$. Ovim se sigurnosni uređaj priprema za pogon, ali ostaje bez aktivnog dejstva sve dok je pravilno opsluživan, odnosno dok se tasteri **T_s** ili pedale **P_s**, kratkotrajno potiskuju u određenim vremenskim intervalima (t_1).

Zatvaranjem kontakata **T_s**, **P_s** pobuđuje se rele **R_e** i prekida napajanje vremenskih relea **R_{t2}** i **R_{t3}**. Rele **R_{t1}** odaziva se sa usporanjem i privlači kotvu tek nakon vremena t_1 ($20 \leq t_1 \leq 60$ sec.). Ako se u međuvremenu taster otpusti i ponovo pritisne, vremenski hod ovog relea počinje ispočetka.

Ukoliko se taster duže zadrži u položaju zatvorenih kontakata, uključice se elektronski rele **R_{t1}**, upaliže se svetlosni signal **SL** i pobudiće se rele **R_{t2}**, preko čijih kontakata se u sledećem vremenskom intervalu t_2 ($1 \leq t_2 \leq 3$ sec.) aktivira zvučni signal **Z_u**. Ciklus uključjenja završava se zatvaranjem elektronskog relea **R_{t3}**, posle vremena t_3 , kada se prekida komandno kolo i otvara glavni prekidač, da bi odmah zatim stupila u dejstvo automatska kočnica (**AK**).

Kod brzina većih od 100 km/h zakašnjenje u odazivanju uređaja **SKB** se skraćuje. Rele **R_{v2}** prebacuje svoj kontakt u drugi položaj i napaja vremenski rele **R_{t3}** granom za brže odazivanje ($t_2 \leq t_3$).

Kada kontakti **T_s** i **P_s** ostanu duže od dozvoljenog vremena otvoreni, preko mirnog kontakta relea **R_e** napajaju se elektronski relei **R_{t2}** i **R_{t3}**, te se sa njihovim već određenim zakašnjenjem uključuje zvučni signal, prekida vuča i aktivira automatska kočnica.



Slika 6. Šema elektronskog sistema za kontrolu budnosti vozača sa kombinovanom zavisnošću od vremena i brzine.

Kod električnih vozila za prigradski železnički saobraćaj kao i kod vozova za velike brzine, ugrađuju se i uređaji za radio alarm, a kojima se automatski obavješavaju celokupan vučni sektor i svi prisutni vozovi o vanrednom stanju u kretanju voza, bilo da su problemi nedozvoljenog prekoračenja brzina, zaustavljanja na otvorenoj pruzi ili havarije.

Ova vrsta radio alarmnog uređaja za kontrolu budnosti vozača VACMA koristi se na prugama francuskih železnica. Slika 7.



Slika 7. Kabina lokomotive opremljena radio alarmnim uređajem „VACMA“. U donjem delu se vidi pedala SKB uređaja.

Broj nesreća u Britanskoj železnici na milion pređenih milja od 1975 do 2003 god.



Slika 8. Grafik promene broja nesreća kroz godine, direktna posledica unapređenja SKB uređaja

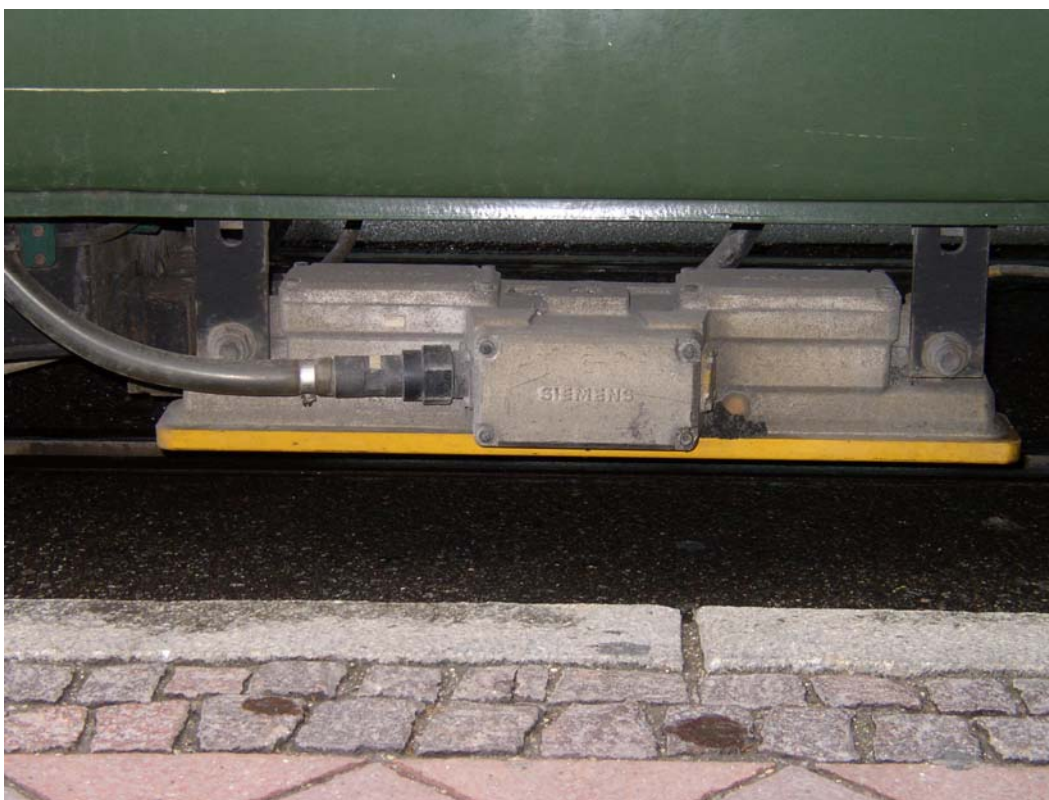
3 AUTOMATSKA KONTROLA BRZINE I KOČENJA VOZA INDUKTIVNOM VEZOM VOZ-KOLOSEK

Pored automatike primenjene u strujnim kolima za kontrolu i komandu električnih vučnih vozila, kao i njihovog osposobljavanja za njihovo samostalno reagovanje na pojave koje ometaju realizaciju odabranog programa vuče i kočenja, odnosno ostvarenja određenog stepena veštačke inteligencije lokomotive, zahtevi za dalje povećanje brzine na železničkim prugama uz istovremeno osigurenje većeg stepena saobraćajne bezbednosti, doveli su do kompleksnijih sistema automatske kontrole i upravljanja u vuči vozova. Jedno od poznatih rešenja ove vrste je i sistem **ATS** (Automatic Train Stop) za automatsko zaustavljanje voza.

Osnovni elementi sistema deluju kroz induktivnu vezu lokomotive i koloseka. U kolosek su ugradjeni induktivni davači **ID**, tačkasto raspoređeni duž pruge. Prikazan na slici 8. Na svakom vučnom vozilu je po jedan induktivni davač **IL**, orjentisan po istoj podužnoj osi i učvršćen na razmak od 9-17 cm od gornje površine davača **ID**. Prikazan na slici 9. .



Slika 9. Prikaz induktivnog davača na koloseku sistema „Indusi“



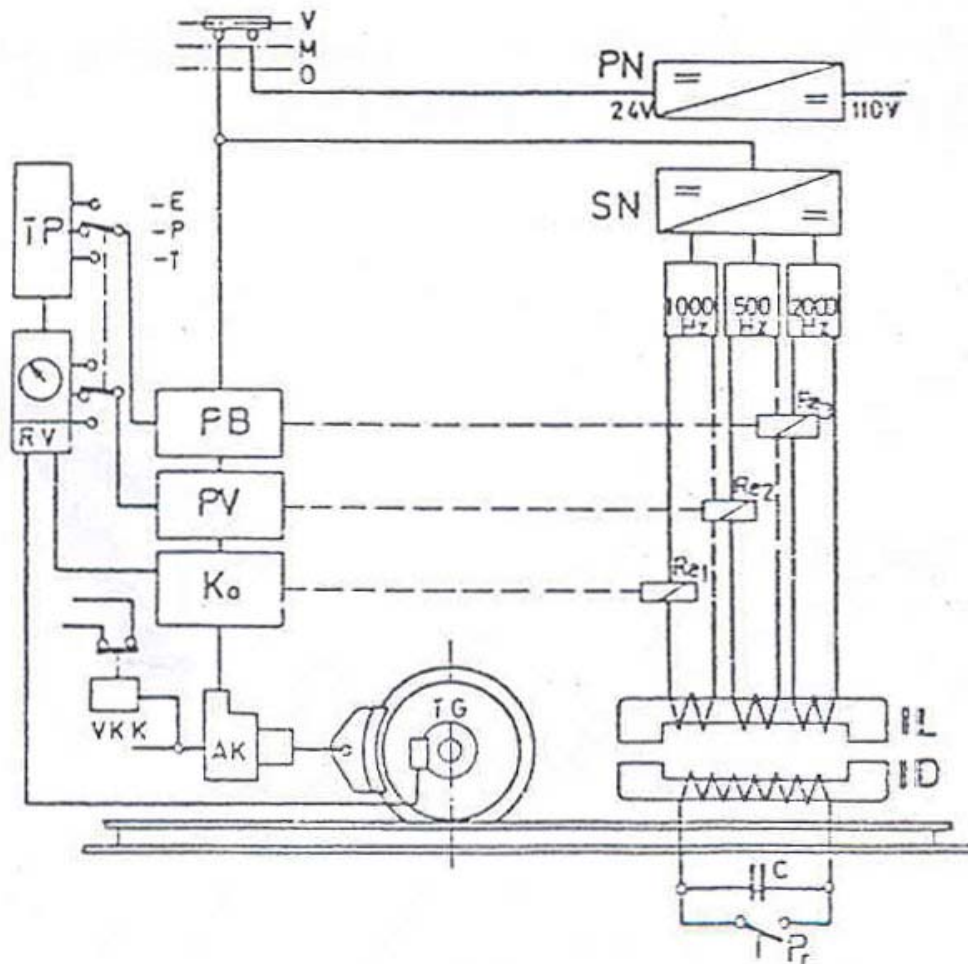
Slika 10. Prikaz induktivnog davača na vučnom vozilu sistema „Indusi“

Posmatraćemo primer ekspresnog voza koji se kreće brzinom od 140 km/h ispred signalne deonice sa zatvorenim glavnim signalom. Nailaskom na davač **ID₁** koji se nalazi 1000 m ispred glavnog signala aktiviraće se zvučni signal u kabini vozača radi kontrole njegove budnosti i upozorenja na potrebu kočenja voza. U vremenu od 4 sec od prijema signala vozač mora pritisnuti taster **SKB** i uključiti kočnice. Ukoliko vozač ne primeti predsignal i ne reaguje na zvučno upozorenje, posle 4 sec kočnice će automatski stupiti u dejstvo i ostvariti prisilno zaustavljanje voza. Pri normalnoj intervenciji vozača sledi dalja automatska kontrola. Uticajem davača na predsignalu aktivira se automatska kontrola brzine u zavisnosti od vremena. Prelaskom drugog davača **ID₂**, koji se nalazi na 250 m od glavnog signala, daje se komandni signal vučnom vozilu za kontrolu brzine, prema preostalom rastojanju voza do glavnog signala **GS**. Najzad kod samog glavnog signala i davača **ID₃**, vrši se prisilno kočenje voza koji prolazi zatvoreni signal **BV**-Blokada Vožnje.

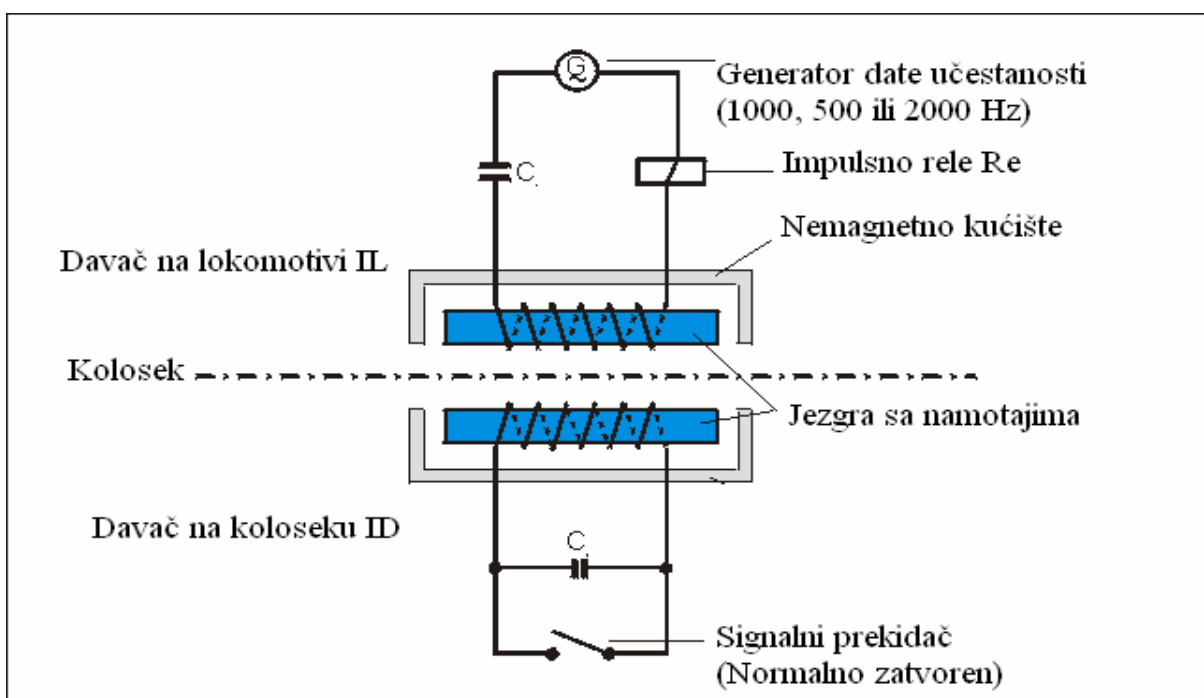
Raspored signala i elemenata sistema za induktivnu vezu lokomotiva.kolosek, prema nekoj graničnoj tački **TG** (npr. ulaznoj skretnici), pretpostavlja još jedan sigurnosni razmak između **GS** i **TG**, u kome se voz prisilnim kočenjem po komandi iz poslednje kontrolne tačke mora bezuslovno da zaustavi.

Induktivna sigurnosna kontrola, poznata je u Evropi pod nazivom „Indusi“. Pojednostavljena šema je prikazana na slici 10. Osnovni deo opreme na vučnom vozilu napaja se jednosmernom strujom, kroz pretvarač napona 110/224 V, kontakte na osovini manipulatora i stabilizator napona. Tri tranzistorska generatora za 1000, 500 i 2000 Hz napajaju posebna strujna kola u kojima su namotaji davača **IL**. Induktivni davači su sa magnetnim jezgrom i namotajima u nemagnetnom kućištu. Davač na koloseku **ID** je sa jednim namotajem i kondenzatorom odabranim za određenu učestanost kola prema mestu i ulozi davača – 1000 Hz za **ID₁**, 500 Hz za **ID₂** i 2000 Hz za **ID₃**. Namotaji davača na lokomotivi **IL** su sa stalnom pobudom, određene učestanosti za svaki namotaj. Kada davači **IL** i **ID**

dođu u naspramni položaj, pri otvorenom signalnom prekidaču, u kolu davača **ID**, posredstvom elektromagnetnog polja i međusobnom indukcijom oscilatornih kola, kao posledica rezonanse kola sa istom sopstvenom učestanošću osetno će oslabiti struja u kolu jednog od namotaja davača **IL**, koji je u rezonansi sa kolom **ID**. Ova promena koristi se za aktiviranje impulsnog relea i izvršenje odgovarajućeg ciklusa komande. Odazivanjem relea **Re₁** pri rezonantnom kolu 1000 Hz, uključuje se automatska kontrola brzine u funkciji vremena, posredstvom tahogeneratorskog **TG**, registratora brzine **RV** i elektronskog vremenskog prekidača **TP**. U zavisnosti od vrste voza menja se kontrola brzine u funkciji vremena. Istovremeno se vrši i kontrola budnosti vozača kroz uređaj **SKB**. Rele **Re₂** zatvara svoje kontakte u rezonantnom kolu 500 Hz i ostvaruje se provera brzine pri prolazu lokomotive iznad davača **ID₂**. Rele **Re₃** biće aktiviran sa rezonansom u kolu 2000 Hz, kada će doći do blokade vožnje.



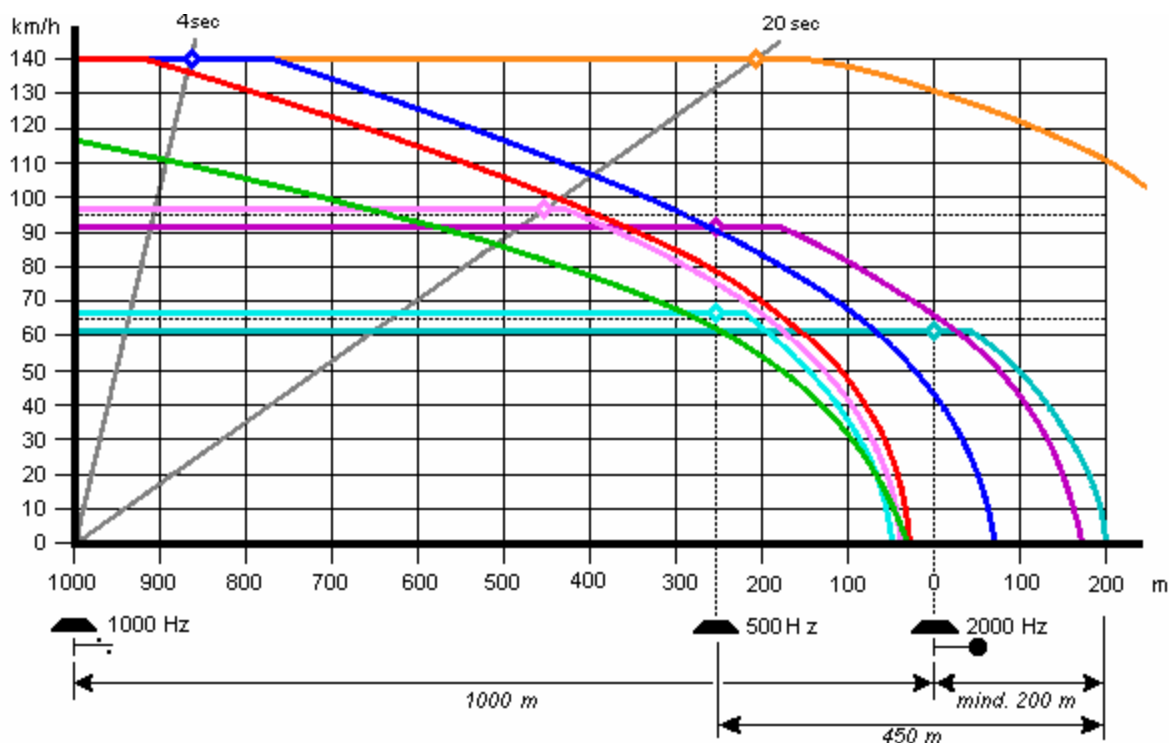
Slika 11. Pojednostavljena šema induktivne sigurnosne kontrole „Indusi“



Slika 12. Uvećana šema induktivne veze Voz-Kolosek „Indusi“

Vrsta voza	Vremenski interval nakon prolaska preko 1000 Hz-nog magneta	Maksimalna brzina u trenutku prolaska preko 1000 Hz-nog magneta	Maksimalna brzina u trenutku prolaska preko 500 Hz-nog magneta
Brzi voz	20 s	95 km/h	65 km/h
Putnički voz	26 s	75 km/h	50 km/h
Teretni voz	34 s	65 km/h	40 km/h

Tabela 1. Dozvoljene brzine prolaska preko inuktivnih davača na koloseku.



Slika 13. Grafik zavisnosti brzine od vremena pri usporavanju u razlicitim situacijama.

— Idealno zaustavljanje.

Situacija kada vozač prelazi preko prvog induktivnog davača pri brzini od 140 km/h. Sistem za kontrolu budnosti ga upozorava na potrebu smanjenja brzine, vozač pritiska taster **SKB** uređaja pre isteka 4 sec i počinje da koči. Voz će se zaustaviti kod glavnog signala.

—


Situacija kada vozač prelazi preko prvog induktivnog davača pri brzini od 140 km/h. Sistem za kontrolu budnosti ga upozorava na potrebu smanjenja brzine, vozač ne reaguje na upozorenje, aktivira se automatska kočnica. Voz će se proći glavni signal, ali će se zaustaviti u bezbednoj zoni od 200 m.


—

Situacija kada voz prelazi preko prvog davača pri brzini većoj od 95 km/h. Sistem za kontrolu budnosti ga upozorava na potrebu smanjenja brzine, vozač pritiska taster **SKB** uređaja pre isteka 4 sec ali ne počinje da koči. Nakon 20 sec se aktivirata automatska kočnica. Voz će se proći glavni signal, ali će se zaustaviti u bezbednoj zoni od 200 m.

—

Situacija kada voz prelazi preko prvog davača brzinom manjom od 95 km/h ali većom od 65 km/h. Vozaču se ništa ne signalizira sve do prelaska preko drugog davača kada se aktivira automatska kočnica. Voz će se proći glavni signal, ali će se zaustaviti u bezbednoj zoni od 200 m.

 Situacija kada voz prelazi preko prvog davača brzinom dosta manjom od 95 km/h ali većom od 65 km/h. Vozaču se ništa ne signalizira sve do prelaska preko drugog davača kada se aktivira automatska kočnica. Voz će se zaustaviti kod glavnog signala.

 Situacija kada voz prelazi preko prva dva davača brzinom manjom od 65 km/h. Vozaču se ništa ne signalizira sve do prelaska preko glavnog signala kada se aktivira automatska kočnica. Voz će se zaustaviti u bezbednoj zoni od 200 m.

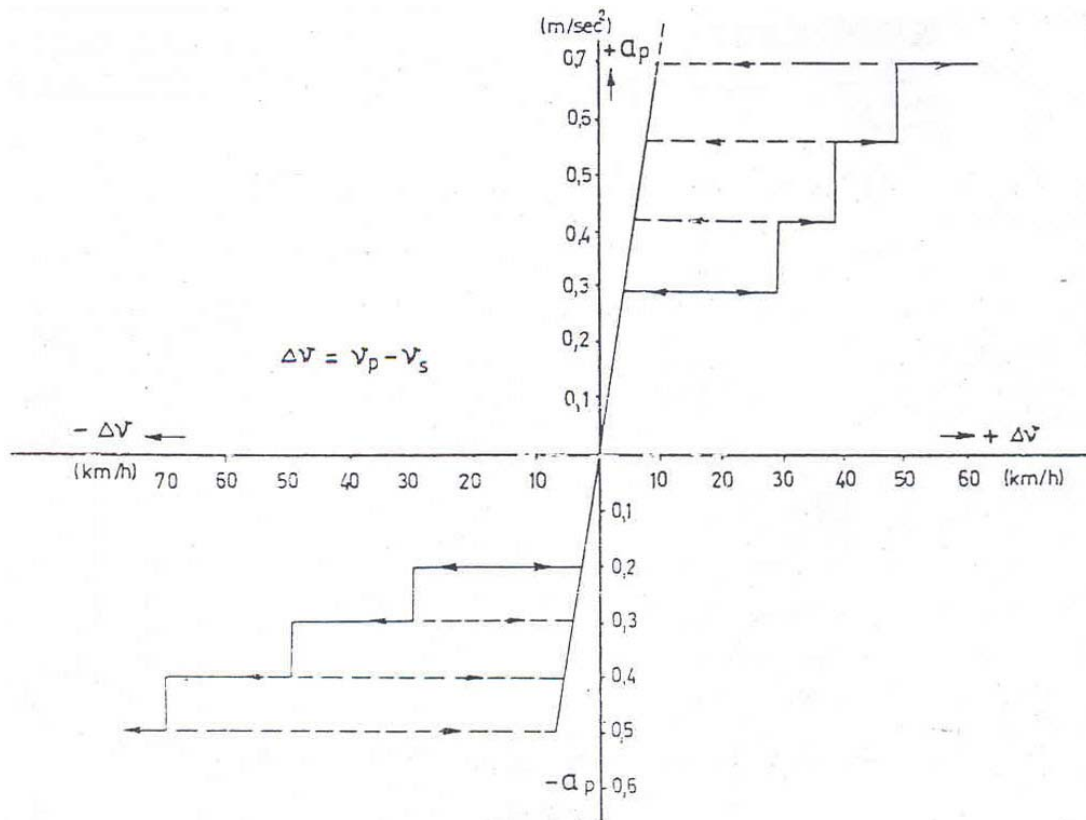
4 SISTEMI AUTOMATSKOG DALJINSKOG UPRAVLJANJA U VUČI VOZOVA

Automatsko upravljanje u vuči vozova postiže se praktičnom realizacijom dve osnovne grupe rešenja. Prva obuhvata sve potrebne elemente za automatsku regulaciju brzine i vučne sile lokomotive, a u drugoj su sistemi za automatsko vođenje i daljinsko upravljanje vučnih vozila na pojedinim deonicama elektrificiranih pruga.

Prema stepenu primenjene automatike ovde se razlikuju:

- **ATC** (Automatic Train Control), automatska kontrola kretanja voza, sa daljinskom komandom vuče i kočenja između uzastopnih stanica, po unapred određenom programu i redu vožnje;
- **ATO** (Automatic Train Operation), integralno daljinsko upravljanje radom vučnih sektora, sa optimizacijom vuče, automatskom organizacijom i regulacijom saobraćaja u odnosu na stvarne uslove, potrebe i opterećenja.

Automatska regulacija brzine i održavanje njene konstantne vrednosti izabrane položajem ručice manipulatora, ostvaruje se u regulacionom kolu sa povratnom spregom, kojom se stalno upoređuju potrebne i stvarne vrednosti zavisno od promenljivih veličina. Međutim ovim nije potpuno definisan zahtev upućen sistemu za automatsku regulaciju, jer nedostaje podatak o potrebnoj promeni brzine u vremenu. To se saopštava posebnom ručicom ili ručicom za brzinu na način objašnjenim na slici 13. Potrebna veličina ubrzanja ili usporenja određuje se razlikom između potrebne i stvarne brzine. Ukoliko je ta razlika veća, odnosno ukoliko je hod ručice pri jednoj komandi duži, biće i veća vrednost $\pm a_p$.



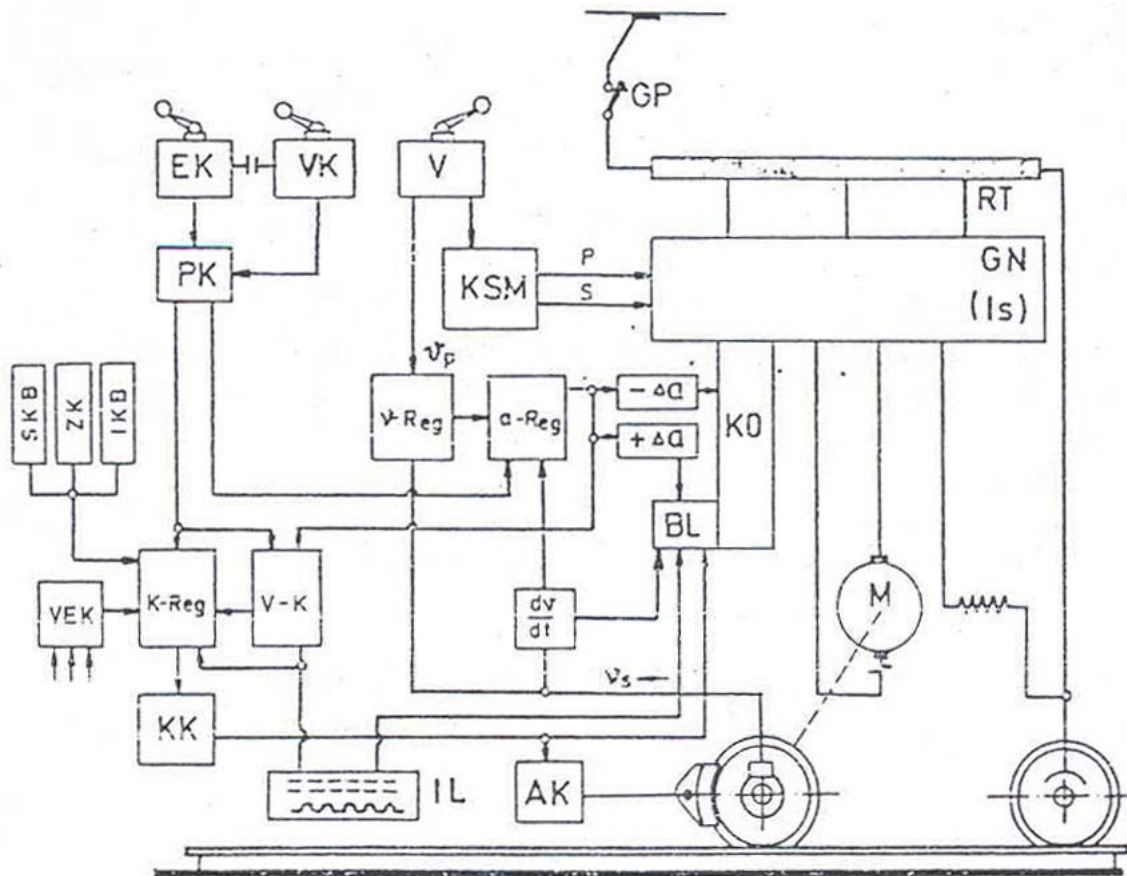
Slika 14. Grafik promene ubrzanja pri manualnoj regulaciji.

Šema funkcionisanja sistema za automatsku regulaciju brzine, ubrzanja i usporjenja na električnim vučnim vozilima pod kontaktnim vodom jednofazne struje, data je na slici 14. Pri spregnutim ručicama za električnu (EK) i vazdušnu kočnicu (VK), upravljanje vozilom vrši se sa dve osnovne komandne ručice – za vuču (V) i kočenje (EK-VK). Za pokretanje voza dovoljno je položajem ručice V odabrati veličinu brzine, a dužinom njenog hoda veličinu ubrzanja. Komandni impulsi upućuju se bloku komande servomotora (KSM), regulatoru brzine (v-Reg) i regulatoru ubrzanja (a-Reg). Povećanjem napona na krejevima vučnih motora postiže se porast brzine i njena vrednost stalno prati davačem na osovinskom slogu. Stvarna i potrebna veličina brzine upoređuje se u bloku (v-Reg) i određuje potrebna vrednost ubrzanja. Blok (a-Reg) u povratnoj sprezi konstatuje razliku između potrebne i stvarne vrednosti promene brzine u vremenu. Ove veličine saopštene komandi graduatora napona (KO), daju elemente za brzinu obrtanja osovine (GN).

Kada se postigne zahtevana brzina kretanja voza, ona ostaje nepromenjena do sledeće komande. Pri nailasku na uspon automatski se povećava vučna sila, a na deonici sa padom režim vuče se zamenjuje kočenjem.

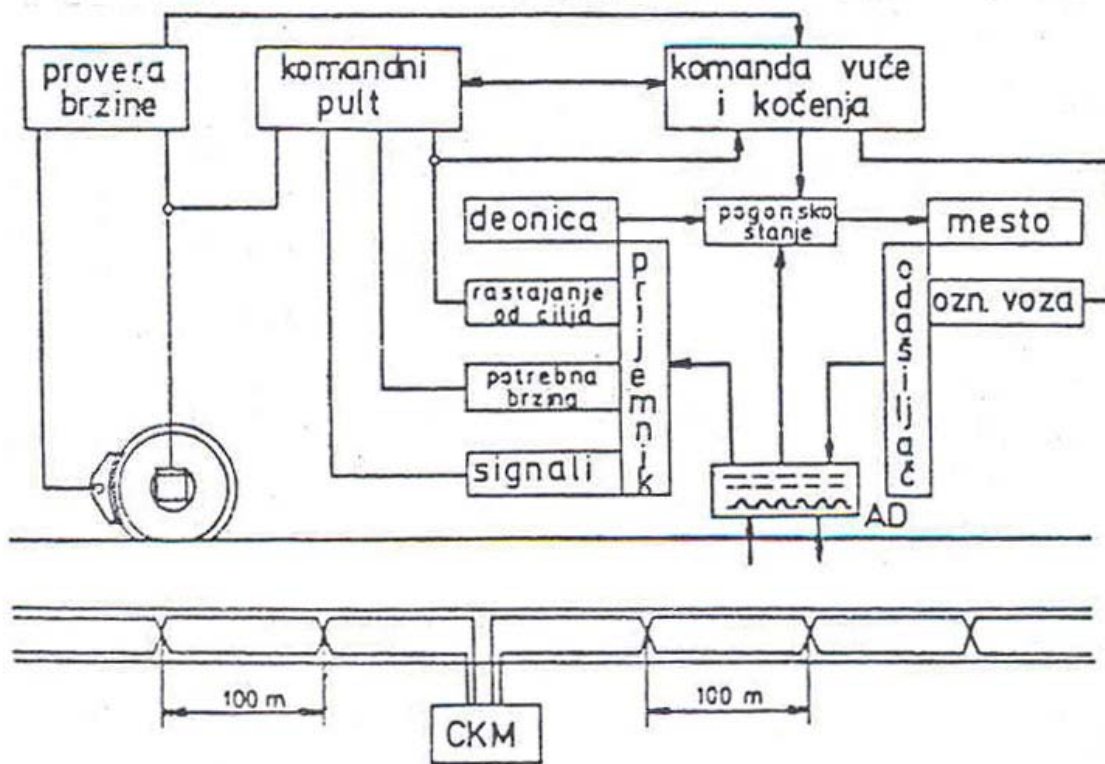
Komanda kočenja sa ručicom EK-VK, prenosi se kroz preklopnik (PK), na blokove za regulaciju usporjenja i regulaciju sile kočenja (K-Reg). Ovde deluju i poznati sistemi automatske kontrole i zaštite – za sigurnosnu kontrolu budnosti vozača SKB, za automatsku kontrolu i zaštitu od buksiranja i klizanja ZK i induktivnu kontrolu brzine IKB.

Induktivni davač lokomotive IL služi po već objašnjenj metodi za programirano prisilno zaustavljanje voza.



Slika 15. Šema sistema za automatsku regulaciju brzine, ubrzanja i usporjenja na električnim vučnim vozilima pod kontaktnim vodom jednofazne struje.

Sistemom induktivne veze lokomotiva-kolosek mogu se kontinualno prenositi informacije u oba smera. Tada se umesto tačkasto raspoređenih, koriste linijski davači koloseka. Ovi se sastoje od dva linijska provodnika položena između šina i ukrštena međusobno na svakih 100 m dužine. Ukrštanje se vrši zbog kompenzacije i prigušenja parazitnih struja, a ukršna mesta se koriste pogodnom metodom za određivanje položaja voza na pruzi. Dužina deonice linijskih davača je 10-15 km i na njenoj sredini su izvodi za centralno komandno mesto. Uprošćena šema ovog sistema je prikazana na slici 15.



Slika 16. Šema sa induktivnom vezom duž celog koloseka

Lokomotiva je opremljena antenskim namotajem za induktivnu vezu koji se ugrađuje ispod prvog osovinskog sloga i iznad oba koloseka. Preko davača lokomotiva odašilje podatke o oznaci i mestu voza, primajući istovremeno informacije koje se isključivo odnose na njenu adresu, kao što su – rastojanje od cilja, potrebna brzina, položaj i stanje signala. Karakteristične veličine signaliziraju se i mere na komandnom putu te omogućavaju vozaču lako upoređenje stvarnih i potrebnih vrednosti i upozoravaju ga pravovremeno na početak kočenja. Stalna kontrola pogonskog stanja pretvara se po potrebi u prisilno, automatsko zaustavljanje voza.

Ovo rešenje je uobičajeno na železničkim prugama u Evropi , naročito na deonicama preko 200 km/h. Njihova neposredna uloga je u što potpunijoj sinhronizaciji signalne i sigurnosne tehnike stabilnih postrojenja sa komandom vučnih vozila, kao i u proširenju broja informacija radi povećanja saobraćajne bezbednosti. Stalna induktivna veza lokomotiva sa centralnim komandnim mestom, uz automatizaciju vučnih pogona, stvara osnovne preduslove za uvođenje integralnog daljinskog upravljanja u oblasti železničkog prevoza.

Drugačiji sistem neprekidnog, intervalnog regulisanja kretanja voza koristi bežičnu vezu u mikrotalasnom području na frekvencijama 30 do 40 GHz. Na tom području nema smetnji od viših harmonika struje vuče kod pogona napajanih iz energetskih pretvarača. Antene za prijem i predaju signala vrlo su malih dimenzija. Kompletan sistem se nalazi iznad pruge, a lokomotivski primopredajnik je postavljen na krov lokomotive. Uređaji upravljanja s antenama su postavljeni na stubove kontaktne mreže na međusobnom razmaku od 800 do 2000 m. Na sredini zone od 12,7 km postavljeni su uređaji za napajanje. Predajnici susednih zona rade na različitim frekvencijama. Kod ovakve veze verovatnoća greške je $1:10^6$. Temperaturno područje je od -40 do $+50^{\circ}\text{C}$. Servisiranje se vrši bez isključenja kontaktne mreže i bez zastoja u saobraćaju vozova.

Proračun troškova realizacije različitih sistema upravljanja na železnici sproveden je u Kanadi i dobijeni su sledeći rezultati:

- sistem radio veze – 15000 kanadskih dolara po km pruge
- sistem dispečerske centralizacije, s međusobnom kablovskom vezom elemenata sistema - 75000 kanadskih dolara po km pruge.

4.1 ETCS (*European Train Control System*)

Danas, vozovi su opremljeni sa 6 različitih navigacionih sistema koji su ekstremno skupi i okupiraju veliki prostor u kabini. Prilikom prelaska granica mora se menjati sistem koji se koristi što dovodi do dodatnog utroška vremena i novca. Stoga su evropske zemlje odlučile da sve nekompatibilne sigurnosne sisteme (trenutno ih ima 14) zamene jednim sistemom.

ETCS je podeljen na različite funkcionalne i nivoe opremljenosti. Definicija nivoa zavisi od toga kako je deonica opremljena i načina na koji se prenosi informacija do voza. U osnovi, dozvola za kretanje i odgovarajuće informacije o deonici se prenose do voza i prikazuju se u kabini vozača.

4.1.1 ETCS – Nivo 1

Predstavlja sistem signalizacije u kabini koji se može nametnuti postojećem sistemu. “Eurobalise” (poseban tip radio predajnika koji se koriste u železnici) dobijaju informacije o signalu od signalizacije koja se nalazi pored koloseka i predaju ih vozilu. Ovi predajnici se nalaze na određenim tačkama deonice. Računar u kabini lokomotive neprekidno prati i izračunava maksimalnu brzinu a takođe i krivu kočenja. Zbog tačkastog rasporeda ovih predajnika, potrebno je da voz prvo prođe preko ovog predajnika kako bi dobio informaciju o sledećoj deonici. Sa kablovskim povezivanjem ovih predajnika, poznato kao EuroLoop, dobija se neprekidna komunikacija sa vozilom. Na primer u Danskoj i Švedskoj značenja zelenog i duplog zelenog signala su kontradiktorna, međutim kako ETCS – Nivo 1 poznaje razliku vozač može potpuno bezbedno da obavlja svoje dužnosti izvan granica svoje zemlje. Unapređeni sistem je opremljen i petljom za radio komunikaciju duž celog koloseka tako da se informacije o stanju signala kontinualno prenose do locomotive.



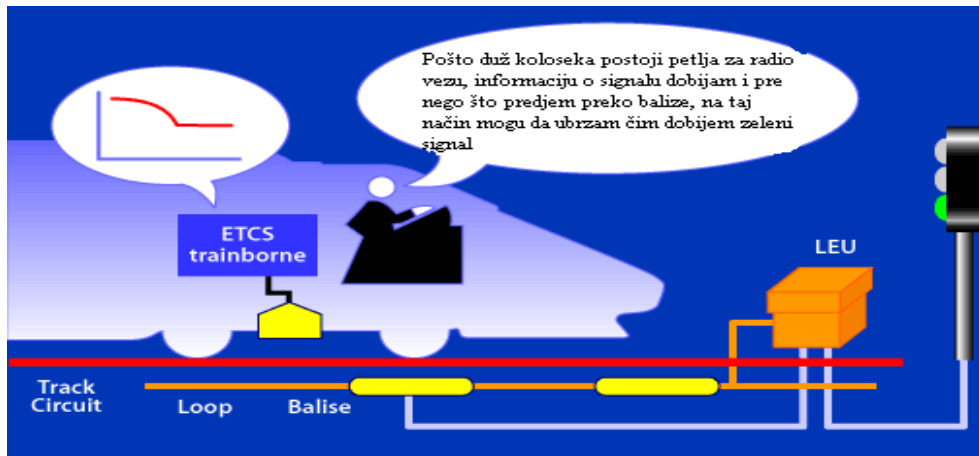
Slika 17. Grafički prikaz funkcionisanja ETCS-a prvog nivoa.

LEU(*Lineside Electronic Unit*) - elektronska jedinica za signalizaciju;

Balise – radio predajnik, davač pozicije;

Track Circuit – Kolosek;

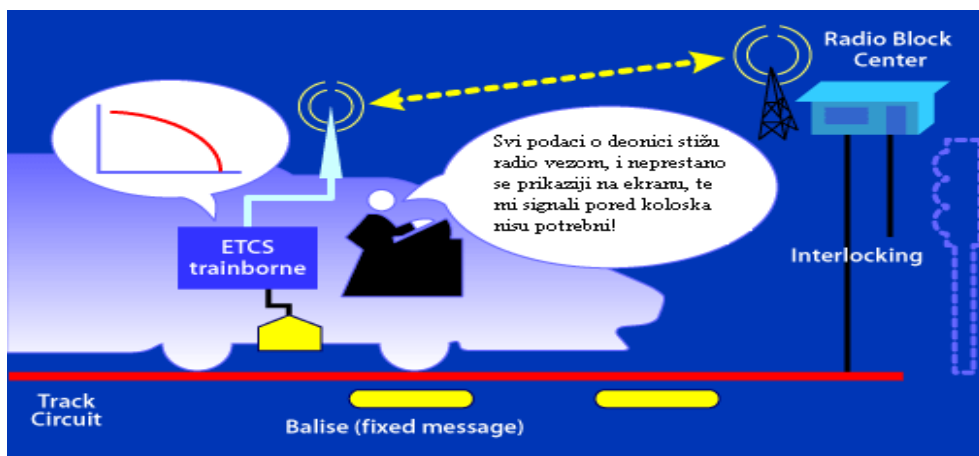
ETCS trainborne – Primo-predajnik locomotive;



Slika 17. Grafički prikaz funkcionisanja ETCS-a unapređenog prvog nivoa.

4.1.2 ETCS – Nivo 2

Predstavlja system baziran na digitalnoj radio komunikaciji. Dozvole za kretanje i trenutna stanja signalizacije se prikazuju u kabini vozača. Svi vozovi automatski prijavljuju svoju tačnu poziciju i pravac kretanja u jednakim vremenskim intervalima. Kretanje vozila su neprestano pod nadzorom radio kontrolnog centra. Autorizacija kretanja se zajedno sa informacijom o brzini i deonici prenosi neprestano putem **GSM-R** (*Global System for Mobile communications - Railway*) sistema za mobilnu komunikaciju. Eurobalise se na ovom nivou koriste kao pasivni davači pozicije tj. Kao elektronski putokazi kilometraže. Davači pozicije se koriste kao referentne tačke u cilju korekcije grešaka merenja. Računar lokomotive neprestano prati prenos podataka a narocito podatak o maksimalnoj dozvoljenoj brzini.



Slika 18. Grafički prikaz funkcionisanja ETCS-a drugog nivoa.

Interlocking - Skretnica

Balise – radio predajnik, davač pozicije u ovom slučaju sadrži fiksnu poruku;

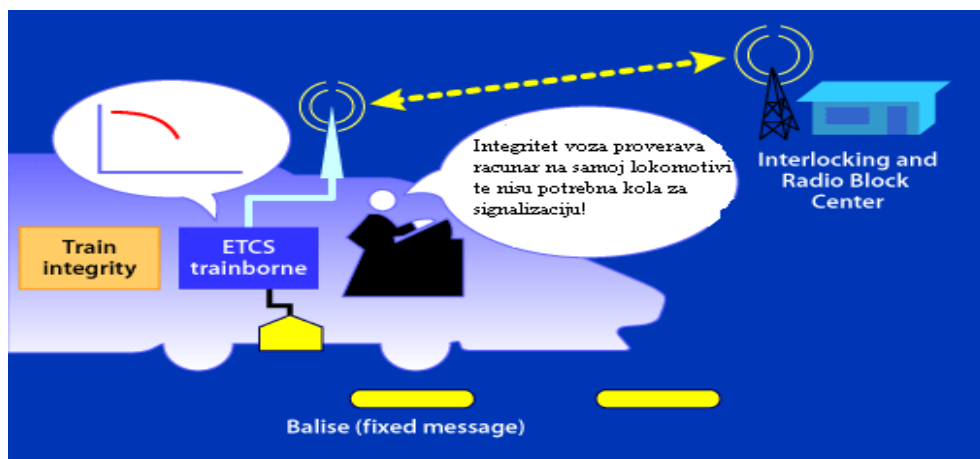
Track Circuit – Kola za signalizaciju duž koloseka;

ETCS trainborne – Primo-predajnik lokomotive;

Radio block center – Radio-komandni centar;

4.1.3 ETCS – Nivo 3

Na ovom nivou ETCS prevazilazi funkciju čiste zaštite voza sa implementacijom radio pozicioniranja . Kako se signal pozicije voza naprestano prenosi do radio centra, moguće je utvrditi koje tačke na deonici je voz bezbedno prešao, te se na taj način može narednom vozu dati dozvola za prelaz ovih tačaka. Na taj način deonice se ne dele na fiksne sekcije na kojima se trenutno može nalaziti smo jedan voz, već računar lokomotive prati potrebnu duzinu zaustavnog puta voza u odnosu na voz ispred sebe. Ovaj nivo se trenutno razvija, pouzdana rešenja ovog sistema su vrlo kompleksna i teško se mogu prilagoditi starijim sitemima.



Slika 19. Grafički prikaz funkcionisanja ETCS-a trećeg nivoa.

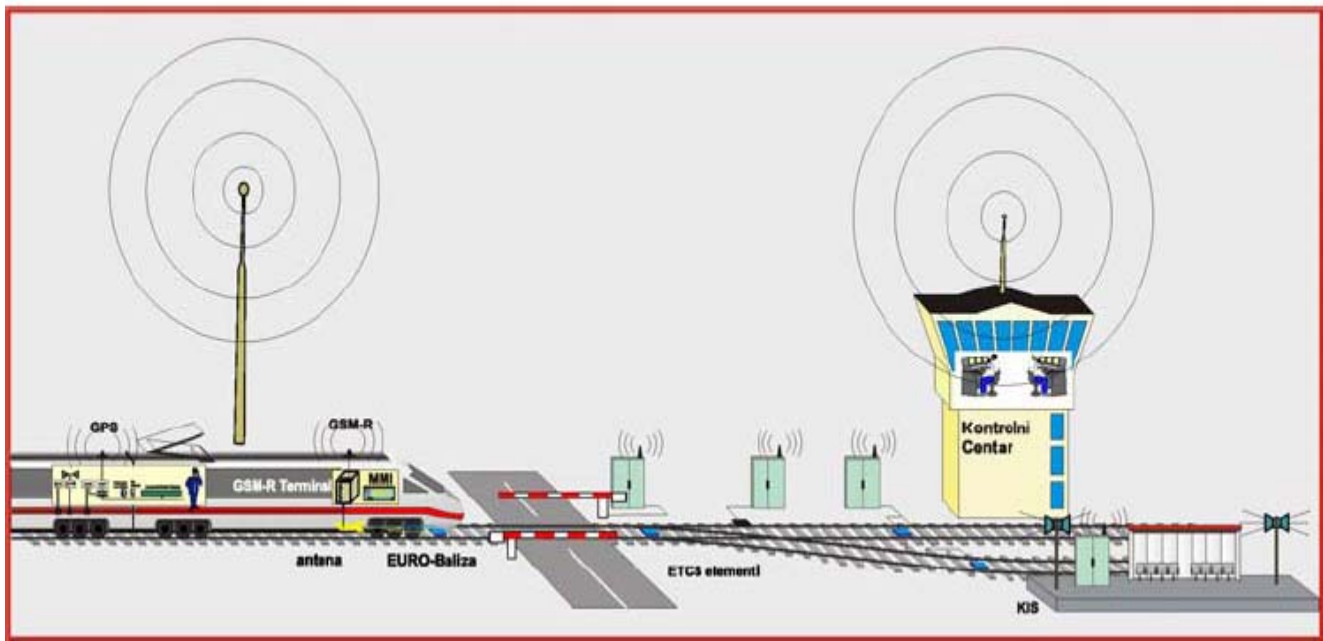
Interlocking and radio block center - Radio komandni centar koji kontroliše skretnice;

Balise – radio predajnik, davač pozicije u ovom slučaju sadrži fiksnu poruku;

Track Circuit – Kola za signalizaciju duž koloseka;

ETCS trainborne – Primo-predajnik lokomotive;

Radio block center – Radio-komandni centar;



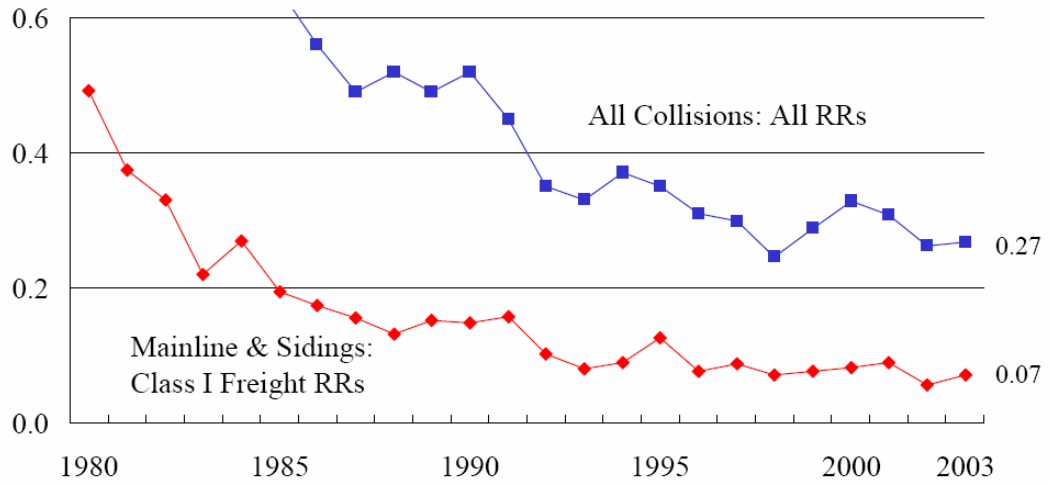
Slika 20. *Prikaz ETCS-a*

4.1.4 PTC (Positive train control)

Glavni koncept PTC-a se sastoji u tome da voz neprekidno dobija informaciju o svojoj lokaciji i o deonicama koje su dostupne za korišćenje. Računar u samoj lokomotivi obrađuje ove informacije i preduzima akcije kako ne bi došlo do neželjenih događaja. Glavna razlika u odnosu na tradicionalne sisteme signalizacije je u tome što su sistemi koji su se nalazili pored koloseka obrađivali ove informacije i oni preduzimali akcije. U okviru ovog sistema upravljanje deonicama i skretnicama se obavlja sentralizovano. Komande se prenose bežičnim putem, prati se položaj voza u svakom trenutku, prate se trenutna ograničenja brzina kako trajna tako i privremena. Takođe ovaj sistem ima mogućnost optimizacije energetskeg bilansa, praćenja sporednih sistema, prijavljivanja trenutnih parametara u samoj lokomotivi i konacno daljinsko upravljanje lokomotivom iz dispečerskog centra.

Svaki voz prijavljuje svoju poziciju kontrolnom centru bežičnim putem. Logički sistemi kontrolnog centra prikupljaju ove podatke, zatim ih obrađuju i kao povratnu informaciju vozovima šalju podatak o ograničenju brzine, vodeći pri tome računa o bezbednom razmaku između vozova. Računar u lokomotivi prati ograničenja brzine i poziciju i upoređuje ih sa trenutnim vrednostima i proračunava potencijalna i trenutna nebezbedna stanja. Ukoliko dođe do prekoračenja brzine prvo se upozorava mašinovođa, od koga se očekuje da preduzme određene akcije a ako one izostanu aktivira se sistem za prinudno zaustavljanje voza. Takođe računar prati vitalne sisteme u lokomotivi kao što su vučna snaga, kočnice i te informacije predaje kontrolnom centru.

Broj železničkih nesreća u Americi na godišnjem nivou na milion pređenih milja , značajno se smanjio uvođenjem modernih sistema kontrole u železnici



Slika 21. Grafik železničkih nesreća u americi na godišnjem nivou na milion pređenih milja.

5 Literarura:

1. Dimitrije Dinić, "Metro i sistemi za masovni prevoz putnika", Saobraćajni fakultet u Beograd, 1991.
2. Dimitrije Dinić, "Železnička električna vozila", Saobraćajni fakultet u Beograd, 1996.
3. Internet stranice www.santirls.it, wikimedia.org, www.indusi.de, www.uni-stuttgart.de