

8. LOKOMOTIVSKA SIGNALIZACIJA

Zadatak svih sigurnosnih sustava, koji upotpunjuju ili zamijenjuju strojovođu je prenošenje informacija o stanju signala na uređaje u lokomotivi. Mnoge nesreće u željezničkom prometu uzrokovane su subjektivnim razlozima strojovođe (prelazak signala zbog previda) i objektivnim, ovisnim o vidljivosti signala (magla, dim, kiša, snijeg, pregaranje žarulje, nestanak struje). Zadatak svih sigurnosnih sistema, koji upotpunjuju ili zamijenjuju strojovođu jest prenošenje informacija o stanju signala na uređaje u lokomotivi. Radi toga svi takvi sistemi na pruzi moraju biti u vezi s odgovarajućim signalom na jednoj strani, a na drugoj moraju informaciju o signalnom znaku pravovremeno prenijeti na lokomotivu.

8.1. PRIJENOS SIGNALIZACIJE U LOKOMOTIVU

U signalnoj tehnici može se identificirati više područja djelovanja kao na primjer kontrola vanjskih elemenata, uspostavljanje zavisnosti vanjskih elemenata i putova vožnji, pokazivanje signalnih znakova, uočavanje i prepoznavanje signalnih znakova i na kraju djelovanje na pogon ili kočenje vozila.

Kako smo do sada već pokazali u potpunosti su automatizirana i sigurna sva područja osim uočavanja i prepoznavanja signalnih znakova i djelovanja na pogon ili kočenje vozila. Sigurnost u područjima koja nisu automatizirana u cijelosti je u ispravnom djelovanju vozača - strojovođe. Poznato je da je čovjek podložan raznim utjecajima i da se ne može reći da će u svim situacijama jednako djelovati. Zato se i ta područja signalizacije moraju automatizirati. Jedan korak bio je prijenos signalnih znakova u kabinu vozača. Time je olakšano uočavanje i donekle prepoznavanje signalnih znakova. Djelovanje na kočenje činilo se je kao najvažnije područje, pa su rješavanju tog zadatka bili usmjerni svi naponi. Rezultati nisu izostali, pa su se na raznim željeznicama pojavila rješenja koja su se temeljila na mehaničkom prijenosu informacije sa signala na lokomotivu. Tako se na primjer na mehaničkim signalima ugrađivala poluga koja je bila postavljena u takav položaj da se, dok je signal pokazivao signalni znak "stoj", razbijala staklena cijev na lokomotivi, ako je ova prošla kraj takvog signala. Staklena cijev je bila u zračnom vodu iz kojeg je na taj način ispušten zrak i aktivirano kočenje bez akcije strojovođe. Dok je signal pokazivao signalni znak slobodno, poluga se podizala i nije djelovala na lokomotivu.

Daljnijim razvojem tehnike prijenosa na vozila omogućen je magnetskim i elektromagnetskim poljem (pomoću magneta i strujnih titrajnih krugova). Svim tim načinima prijenosa zajedničko je da se informacija prenosi u jednoj točki (punktum), pa se takvi sustavi nazivaju zajedničkim imenom točkasti sustavi za prijenos informacija na vozila.

Uvođenjem većih brzina pokazalo se potrebnim da vozač trajno vidi signalni znak koji pokazuje sljedeći signal. Ta se je potreba zadovoljila prijenosom signalnog znaka u kabinu vozača. Prijenos je realiziran induktivnim ili radio putem. Za to se pušta kroz tračnice izoliranog odsjeka prikladno kodirana struja koja oko tračnice stvara elektro magnetsko polje a u njemu se kreće antena na vozilu i prima kodirane signalne znakove koji se onda na pogodan način pokazuju vozaču. Na sličan način radi i radioprijenos samo se tada između tračnica ugrađuje poseban kabel koji služi kao antena. Budući da se signalni znak u ovom slučaju trajno (kontinuirano) prenosi na vozilo, taj način prijenosa nazivamo sustav za kontinuirani prijenos informacija na vozila.

Na HŽ usvojen je sustav točkastog prijenosa informacija poznat pod imenom INDUSI 60, a prema patentu iz 1934.g., a koji se primjenjuje na njemačkim željeznicama. Kod nas se taj uređaj često naziva i AUTOSTOP ili skraćeno AS uređaj.

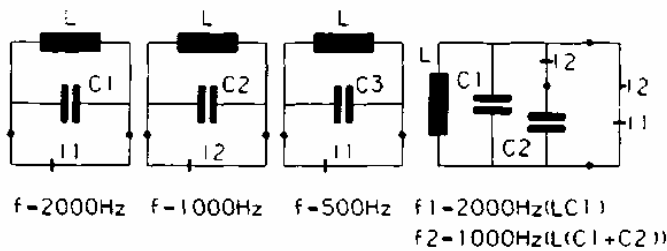
Pružni AS uređaj

Sustav AS uređaja ima pružne i lokomotivske dijelove, pa se popularno nazivaju pružni i lokomotivski uređaji. Pružni dijelovi ugrađuju se uz tračnicu i povezuju s pripadnim

signalom da na lokomotivske dijelove prenose informaciju je li na signalu signalni znak "stoj" ili neki od signalnih znakova za ograničenu brzinu. Izostanak bilo koje informacije znači da je nastavak vožnje dopušten redovnom brzinom. Ima još jedna vrsta pružnog uređaja koji ima zadatak prenijeti informaciju da na mjestu gdje je on ugrađen treba provjeriti brzinu.

Lokomotivski dio AS-a prima informaciju i provjerava budnost vozača, provjerava kreće li se vozilo brzinom većom od dopuštene i automatski uvađa brzo kočenje ako nešto nije u skladu s programiranim. Lokomotivski dio uređaja je aktivni dio, a pružni dio je pasivni i ne zahtijeva napajanje.

Pružni dio uređaja naziva se baliza i ugrađuje se na desnu tračnicu, gledajući u smjeru vožnje neposredno uz pripadni signal. U električnom pogledu baliza je paralelni titrajni krug vrlo točno podešen na određenu frekvenciju. Konkretno to su frekvencije od:



Slika 8.1. Električna shema pružnog dijela autostop balize

- 1000 Hz kojom se prenosi informacija o potrebi provjere budnosti vozača i automatskoj provjeri brzine,
- 2000 Hz kojom se prenosi informacija da pripadni signal pokazuje signalni znak "stoj" i da treba odmah uvesti brzo kočenje, i
- 500 Hz kojom se prenosi informacija da odmah treba provjeriti brzinu i, ako je veća od propisane, da se odmah uvede brzo kočenje.

Titrajni krug sastoji se od induktiviteta L i kapaciteta C koji su paralelno spojeni, a paralelno s njima spojen je i kontakt releja koji kontrolira signalni znak. Dok je na signalu signalni znak koji treba aktivirati balizu, kontakt je otvoren i paralelni titrajni krug aktivan. Kad se taj signalni znak ugasi, kontakt se zatvara i kratko spaja titrajni krug, pa je baliza neaktivna. Kako većina glavnih signala pokazuje signalne znakove za ograničenje brzine i signalni znak "stoj", to je razvijena baliza koja ima ugrađen jedan induktivitet i dva kondenzatora koje kontakti za kontrolu signalnih znakova spajaju tako da se aktiviraju odgovarajući titrajni krugovi kako je to prikazano na slici 8.1. Takva se baliza naziva kombinirana baliza. Sama se baliza sastoji od siluminijskog kućišta, u kojem su smješteni induktivitet L i kondenzatori C1 i C2, pričvrstnog pribora, kabela i spojnog kabela do pripadnog signala. U kabelskoj glavi izvedeni su svi priključci induktiviteta i kondenzatora i tu se rade potrebna prespajanja i spajanja na kabel. Baliza mora biti ugrađena u točno određenom položaju radi postizanja dobrog elektromagnetskog sprežanja s lokomotivskom balizom. Prilikom redovnog održavanja provjerava se položaj i pričvršćenje.

Lokomotivski uređaji

Lokomotivski dio uređaja sastoji se od sljedećih sklopova:

- relejskog sklopa,
- komandno kontrolne ploče sa sirenom,
- sklopa za registraciju djelovanja,
- lokomotivskih baliza i
- elektro-pneumatskog ventila.

Relejski sklop sastoji se od sljedećih podsklopova:

- generatora impulsa s $f = 2000\text{ Hz}$,
- djeljitelja frekvencije 1:2 koji dijeljenjem osnovne daju frekvencije od 1000 i 500 Hz,
- impulsnih pojačala (za svaku frekvenciju posebnog),

- impulsnih releja (za svaku frekvenciju posebnog),
- sklopa releja za komunikaciju s komandnom pločom i
- napojnog dijela.

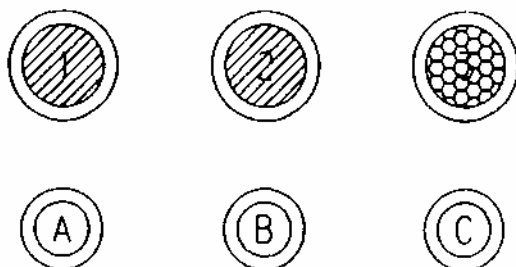
Komandna ploča ima:

-tipke "vožnja po nalogu" (na slici 8.2 označena s A), služi za prolaz preko balize kad je pripadni signal u kvaru; "budnosti" (na slici 8.2 označena s B), aktivira je vozač nakon prelaska aktivne balize s 1000 Hz (unutar 4 sek); i "razrješenja" (na slici 8.2 označena s C), aktivira ga vozač nakon prelaska aktivne balize s 2000 Hz i nakon zaustavljanja (odgoda 7 sek i $v < 30 \text{ km/sat}$);

-trube, služe za uspostavljanje komunikacije s vozačem; trubi kad vozač pritisne taster "budnosti" nakon prelaska aktivne balize od 1000 Hz i dok je pritisnut taster "vožnja po nalogu";

-žarulje, dvije plave i žuta (na slici 8.2 označene s 1,2 i 3); plave pokazuju režim vožnje koji ovisi o brzini vlaka i namješta se prije polaska. Režim vožnje određuje i kontrolne brzine prema tablici na sljedećoj stranici.

Žuta žarulja se pali nakon prelaska preko aktivne balize s 1000 Hz i nakon što vozač aktivira taster "budnosti". Svijetli dok se ne izvrši vremenska kontrola brzine.



Slika 8.2: Komandna ploča lokomotivskog AS uređaja

U posebnom uređaju, registratoru, koji u svom sklopu ima i brzinomjer, bilježi se (na traci):

- dijagram vožnje,
- uključivanje AS uređaja,
- utjecaj balize 1000,2000 ili 500 Hz,
- uporaba tastera "budnosti",
- uporaba tastera "vožnja po nalogu",
- uključenje režima vožnje,
- prisilno kočenje,
- brzina veća od ispitne gornje i donje i
- tlak u zračnom vodu

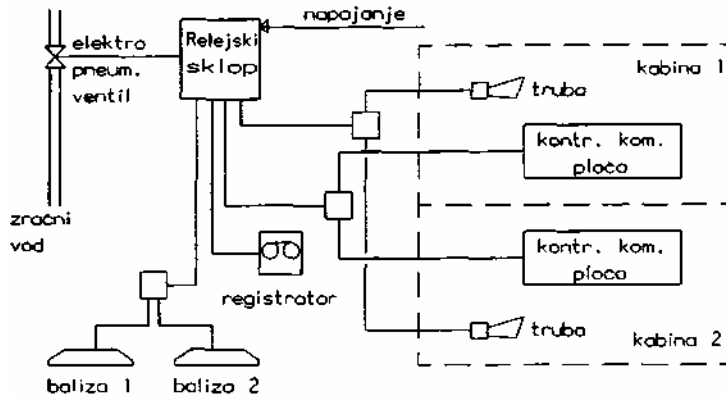
Elektromagnetski ventil ispušta zrak iz kočnog voda i tako uvodi brzo kočenje bez akcije vozača.

Režim	v_{max} (km/sat)	Vremenska kontrola (sek)	Kontrolna brzina 1000 Hz	500 Hz
1	preko 100	20	90	65
2	80-100	26	65	50
3	do 80	34	50	40

Načela rada uređaja

Generator daje struju određene frekvencije. Struja je podešena na točno određenu vrijednost koja je potrebna da se preko strujnog transformatora podigne impulsni relej. Serijski titrajni krug u balizi ima veoma malen otpor kod rezonantne struje. Kad baliza lokomotive naiđe iznad balize koja ima neblokiran (aktivan) paralelni titrajni krug, pružna baliza povuče dio energije iz lokomotivskog kruga odgovarajuće frekvencije, jer su ti krugovi u tom času spregnuti međuinduktivitetom. To uzrokuje razdešavanje serijskog kruga na lokomotivi, te se

struja u odgovarajućem strujnom krugu trenutno smanji, pa impulsni relej trenutno otpusti i svojim kontaktom pokrene brzo kočenje ili provjere budnosti ili brzine.

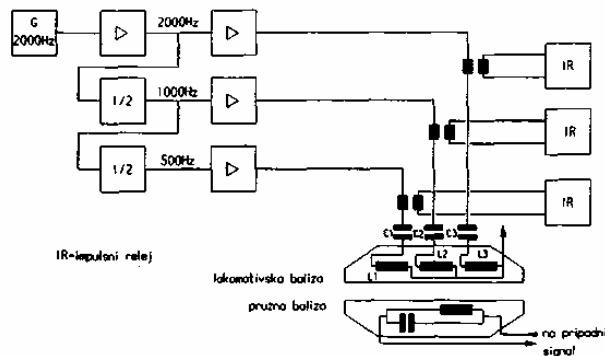


Slika 8.3: Blokovna shema lokomotivskog AS uređaja

Baliza s aktivnim titrajnim krugom od 2000 Hz uzrokuje trenutno brzo kočenje.

Baliza s aktivnim titrajnim krugom od 1000 Hz uzrokuje zahtjev da se u roku od 4 sek pritisne tipku budnosti. Ako se to ne dogodi uvađa se odmah brzo kočenje. Ako se je taster budnosti aktivirao, onda se nakon određenog vremena, ovisno o režimu rada, provjerava je li brzina manja od zadane. Ako je veća uvađa se brzo kočenje.

Baliza s aktivnim titrajnim krugom od 500 Hz uzrokuje provjeru je li brzina veća od dopuštene, ovisno o režimu, i ako je veća odmah uvađa brzo kočenje.



Slika 8.4: Električna blokovna shema lokomotivskog AS uređaja.

8.2 TOČKASTI SUSTAVI SIGNALIZACIJE

U Nizozemskoj 1906. god. bio je postavljen prvi mehanički uređaj za zaustavljanje lokomotive ili tzv. AS (autostop) uređaj. Na tračnicu pred signalom je montirana okretna poluga. Lokomotive koja je naišla na dignutu polugu, otvorila se poluga ventila komprimiranog zraka u kočnom sustavu, te je bio automatski zaustavljen vlak. Ovakovi točkasti sustav auto-stopa nije bio pouzdan zbog klimatskih uvjeta bilo zbog aktiviranja poluge ventila nekim stranim predmetom. Koristi se još u nekim podzemnim željeznicama. Namjena “auto-stop uređaja” je da preda informaciju s pruge na lokomotivu o potrebi sniženja brzine ili zaustavljanja. U pravilu promjenu brzine i zaustavljanje vlaka vrši strojovođa. U slučaju njegove nebudnosti, uređaj automatski smanjuje brzinu ili zaustavlja vlak, po potrebi, čime sprečava udese. AS-uređaj se sastoji iz pružnog dijela tzv. “balize”, koji čini zavojnica L2 u metalnom kućištu, pričvršćena na pragove uz desnu, vanjsku stranu tračnice. Baliza se ugrađuje nekoliko metara ispred signala. Točkasti sustav auto-stopa pokazao se korisnim u primjeni do 160 km/h.

Bilo je pokušaja uvođenja različitih tipova lokomotivske signalizacije kao npr. optički sistemi i oni s radioaktivnim izotopima. Kao najbolji pokazao se beskontaktni, induktivni sistem.

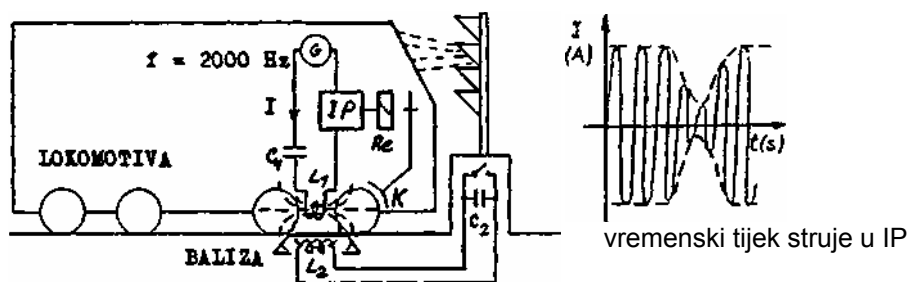
Između predajnika na pruzi i prijemnika na lokomotivi nema mehaničke veze, već se ona ostvaruje magnetskim poljem istosmjerne ili izmjenične pobudne struje. Takvo polje (na jednom mjestu - točki pruge) djeluje na lokomotivski prijemnik vlaka koji se kreće.

Radi što sigurnije vožnje, potrebno je, a pri velikim brzinama neophodno, kontrolirati kretanje vlaka, automatski mu regulirati brzinu i po potrebi ga zaustaviti.

Hrvatske željeznice koriste "INDUSI I 60" sustav automatske kontrole brzine i zaustavljanja vlaka. To je induktivni rezonantni sistem, točkaste (često nazvane i punktualne) lokomotivske signalizacije. Kod nas se još naziva "auto-stop uređaj" ili kraće AS-uređaj.

Namjena mu je da preda informaciju s pruge na lokomotivu o potrebi sniženja brzine ili zaustavljanja. U pravilu, promjenu brzine i zaustavljanje vlaka vrši strojovođa. U slučaju njegove nebudnosti, uređaj automatski, prema potrebi, smanjuje brzinu ili zaustavlja vlak, čime sprečava moguće udese i povećava sigurnost vožnje.

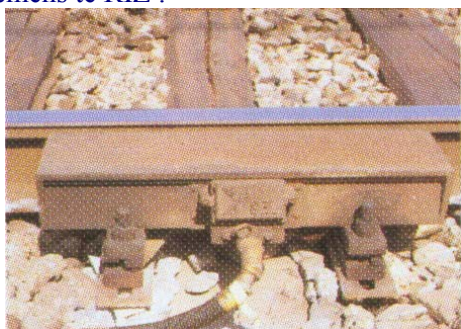
Uređaj autostopa prikazan je na slici 8.5. Sastoji se iz pružnog dijela ili tzv. "balize", koju čini zavojnica L2 u metalnom kućištu, pričvršćena na pragove uz desnu, vanjsku stranu tračnice. Baliza se ugrađuje nekoliko metara ispred signala. Na induktivitet L2 balize, kablom je paralelno spojen kondenzator C2. Kondenzator i relejni sklopovi smješteni su u ormariću signalnog stupa. Lokomotivski dio auto-stopa je serijski titrajni krug L1 C1 napajan iz generatora frekvencije $f = 2000$ Hz. Preko impulsnog pojačala IP relej Re dobija dovoljnu struju privlačenja. Paralelni titrajni krug L2 C2 pružnog dijela ugoden je na istu -frekvenciju f kao i serijski lokomotivski titrajni krug L1 C1. Nailaskom na aktivnu balizu (kontakt iznad C2 otvoren kao na slici) lokomotivski krug se priguši (gubi energiju) i u njemu će smanji struja I. Releji Re otpusti kotvu i s podešenim kašnjenjem preko svog kontakta aktivira uređaj za kočenje K. Na slici 8.5. prikazan je i vremenski tok struje u lokomotivskom dijelu auto-stop uređaja u trenutku prolaza iznad aktivirane balize.



Slika.8.5. Blok-shema AS-sistema i slika

strujnog impulsa

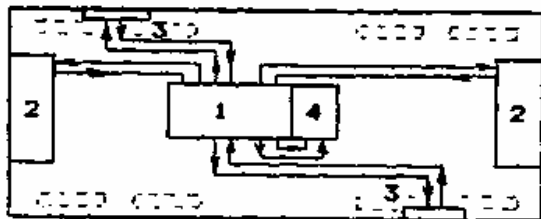
Na HŽ su ugrađene balize proizvod tvornice ISKRA Kranj (SEL) ili EI Niš po licenci tvrtke Siemens te RIZ.



Slika 8.6. Pružna baliza zipa SEL

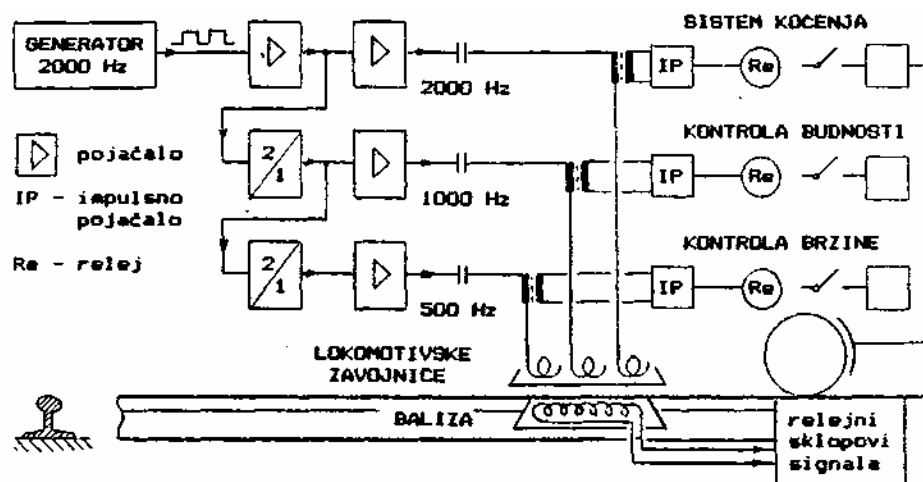
RO RIZ u Zagrebu je proizvodila lokomotivski auto-stop sistem podešen za prijem informacija s pružnih uređaja (baliza) induktivnim utjecajem na frekvencijama 500, 1000 i

2000 Hz. Prostorna blok-shema AS-uređaja prikazana je na tlocrtu lokomotive na slici 8.7. U lokomotivi su smješteni: 1 - relejni ormar, 2 - elementi AS-sistern u upravljačnici, 3 - lokomotivske prijemne glave i 4 - pneumatski dio za kočenje.



Slika 8.7. Blok-shema AS-uređaja u lokomotivi

Električna logička blok-shema lokomotivskih sklopova prikazana je slikom 8.8. Zadatak je tih sklopova aktiviranje odgovarajućih uređaja radi povećanja sigurnosti za slučaj kad strojovođa ne primijeti signalni znak i ne poduzme potrebne radnje za smanjenje brzine ili kočenje ispred signala sa značenjima "stoj" ili "ograničena brzina". Stabilni generator frekvencije 2000 Hz generira pravokutne impulse. Oni se preko pretpojačala dovode izlaznom pojačalu snage za napajanje lokomotivske zavojnice i prvom djelatitelju frekvencije. Iza tog djelatitelja, preko drugog pojačala snage napaja se lokomotivska zavojnica podešena za rezonanciju na frekvenciji 1000 Hz. Još jednim dijeljenjem frekvencije dobije se treća karakteristična frekvencija od 500 Hz za pobuđivanje lokomotivske zavojnice namijenjene kontroli brzine vlaka. Svaka od ovih navedenih frekvencija preko transformatora pobuđuje impulsno pojačalo IP s pripadnim relejima. Kočenje aktivira pobuđena lokomotivska zavojnica od 2000 Hz u slučaju nereagiranja strojovođe. Sklopovi kontrole budnosti uključuju se preko aktivirane zavojnice od 1000 Hz, dok zavojnica od 500 Hz služi za kontrolu brzine na određenom mjestu pruge (obično je ugrađena 150 do 250 m ispred glavnog signala).



Slika 8.8. Blok-shema električkih AS-sklopova u lokomotivi

Prisilno automatsko kočenje nastupa kada lokomotiva prođe pored:

- glavnih signala sa slijedećim znacima: 6, 7, 8, 9, 10 i 11,
- signala sa znacima: 3, 12 kao i neosvijetljenog signala, ako nije pritisnut taster "vožnja po nalogu",
- predsignala sa znacima: 13, 15 i neosvijetljen,
- signala sa znacima: 36 i 66.

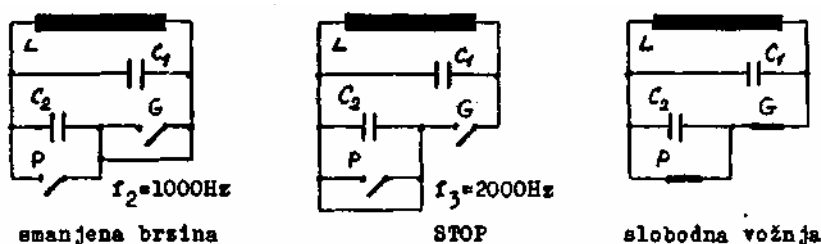
Prisilno automatsko kočenje nastupa i ako nakon pritiska tastera "budnost" brzina vlaka u određenom vremenu nije smanjena na propisanu vrijenost.

Grafički pisar bilježi uključivanje pneumatike kočenja i prekoračenja vremenske provjere brzine u slučajevima prisilnog automatskog kočenja.

Da bi se što više informacija prenijelo s pruge na lokomotivu, pružni uređaji bi trebali raditi na što više frekvencija. U sistemu su predviđene tri frekvencije $f_1 = 500$ Hz, $f_2 = 1000$ Hz i $f_3 = 2000$ Hz, ali se kod nas $f_1 = 500$ Hz (predviđena za kontrolu brzine vlaka) ne koristi. Predviđa se ugradnja na magistralnim prugama, kojima će se kretati vlakovi s brzinama 140 do 160 km/sat.

Pružna zavojnica i kondenzatori (u ormariću signalnog stupa) čine rezonantne titrajne krugove prikazane na slici 8.9.

Slovom P označen je kontakt releja za pojam znaka predsignala, dok slovo G predstavlja značenje pojma na glavnom signalu. Prva slika prikazuje titrajni krug ispred predsignala za signalne pojmove: glavni signal STOJ, i predsignal OPREZNO. U strujnom krugu relejnog sklopa G kontakt je kratko spojen, dok je P kontakt otvoren. Titrajni krug čine L (induktivitet balize) i C_1+C_2 (kapacitet spojenih kondenzatora).



Slika 8.9. Rezonantni titrajni krugovi baliza

Rezonantna frekvencija pružnog titrajnog kruga je:

$$f_2 = \frac{1}{2} \cdot \pi \cdot \sqrt{LC} = 1000 \text{ Hz}.$$

Prolaskom iznad takve aktivirane balize, u lokomotivskom dijelu uređaja doći će do smanjenja struje u serijskom titrajnom krugu s rezonantnom -frekvencijom $f_2 = 1000$ Hz. Ako strojovođa pažljivo prati signale na pruži, on mora 4 sekunde nakon prolaska vlaka pokraj predsignala koji signalizira ograničenje brzine, pritisnuti taster "budnost". Pritiskom tastera uključi se zvučni signal i zasvijetli žuta žarulja na komandnom pultu lokomotive. Zvučni signal prestaje čim se taster otpusti. Žarulja svijetli tako dugo dok se ne izvrši vremenska provjera brzine. Nakon toga se ugasi. Pritiskom na taster budnosti, strojovođa potvrđuje da je uočio signal za smanjenje brzine. Ujedno je time dezaktivirao uređaj automatskog kočenja.

Nakon nailaska na aktiviranu balizu predsignala, u vremenskom razmaku 20 do 34 sekunde (ovisno o režimu vožnje, odnosno brzini i vrsti vlaka) uređaji u lokomotivi vrše vremensku kontrolu brzine. Ako strojovođa ne smanji brzinu vlaka, kočni se uređaji aktiviraju preko elektropneumatskih elemenata i počinju prisilno kočenje.

Slijedeća kontrola INDUSI-sistema (za brzine vlaka do 120 km/sat) bila bi u točki 150 m do 250 m ispred glavnog signala GS (ulaznog signala postavljenog 200 m ispred skretnice) s pružnom zavojnicom za frekvenciju $f_1 = 500$ Hz. Aktiviranom balizom kod frekvencije f_1 obavlja se kontrola brzine vlaka za pojedine režime vožnje. Na HŽ se ne obavlja takva kontrola. Smještaj balize za $f_1 = 500$ Hz prikazan je na slici 8.10. Na dijagramu kočenja za različite brzine vožnje dan je prikaz smanjenja brzine vlaka u slučaju ispravnog postupka strojovođe i rada uređaja. Označeni su i položaji ugradnje pružnih zavojnica za frekvencije f_1 , f_2 i f_3 . Za magistralne pruge s vlakovima velikih brzina (140 do 160 k/n/sat) položaji ugrađenih baliza su drukčiji. Položaj balize od 500 Hz bit će 400 m ispred ulaznog signala, a baliza od 1000 Hz ugradit će se na udaljenosti 1500 m i ispred ulaznog signala.

Srednji dio slike 8.9. prikazuje titrajni krug aktivne balize za frekvenciju f_3 . Vanjskim krugom P kontakt je kratko spojen, pa kondenzator C_2 nije uključen. Baliza rezonira na frekvenciji

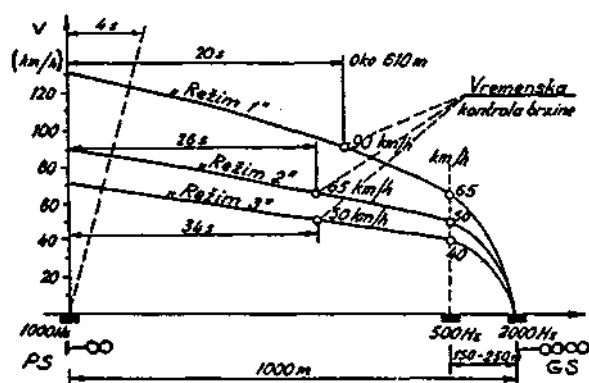
$$f_3 = \frac{1}{2} \cdot \pi \sqrt{LC} = 2000 \text{ Hz}$$

i aktivira se za signalne pojmove: predsignal STOJ i glavni signal STOJ.

Ako strojovođa s bilo kog razloga ne zaustavi vlak kod glavnog signala, auto-stop uređaj se uključi i zaustavlja vlak 200 m iza glavnog signala, odnosno na putu pretrčavanja. Kod brzina vlaka 140 do 160 km/sat razmak između skretnica i ulaznog signala mora iznositi 400 m.

Desni dio slike 8.9. prikazuje balizu koja nije aktivirana. Predsignal pokazuje pojam očekuj slobodno, a glavni signal daje znak slobodne vožnje. P i G kontakti su zatvoreni i zavojnica titrajnog kruga je kratko spojena, pa ne može djelovati na lokomotivski uređaj auto-stopa.

Na slici 8.10. prikazan je teorijski dijagram brzine vlaka za slučaj aktiviranih baliza za 1000 Hz i 2000 Hz i budnosti i ispravnih postupaka strojovođe. Režimu 1 odgovaraju brzine vlaka preko 100 km/h. Kad se vlak kreće brzinama od 80 - 100 km/h vozi u režimu 2. U režimu 3 voze vlakovi s brzinama do 80 km/h.



Si. 8.10. Dijagram kočenja za različite režime vožnje

8.2.1. ANALIZA RADA TOČKASTOG AS-SISTEMA

AS-uređaj rješava problem sigurnog zaustavljanja pred signalom "stoj", odnosno skretnicama (zaustavljanje vlaka na putu pretrčavanja). Osim toga evidentira budnost, odnosno ispravne postupke strojovođe. AS-uređaji ne oslobađaju strojovođu dužnosti promatranja signala i pravilnog reagiranja, jer nije ugrađeno automatsko vođenje vlaka. Nedostatak sistema jest što nema nikakvih informacija kod signalnih znakova dozvoljene vožnje.

Stanja baliza moraju se periodički kontrolirati. U tu su svrhu izgrađeni specijalni mjerni vagoni.

Pasivni je dio auto-stopa ugrađen na pruži. Zavojnica, zalivena u kućište od silumina vrlo je pouzdan dio s obzirom na mehanička oštećenja. Kondenzatori su kvalitetni i dugovječni, a to znači i pouzdani. Kvalitetni releji imaju nezavarljive kontakte. Kritični tu samo kabeli za vezu baliza s relejnim sklopovima. Električna shema spajanja elemenata je takva, da u slučaju bilo kakve smetnje ili kvara daje znak veće sigurnosti. Stanje veće sigurnosti posignuto je i time što je aktivni dio auto-stopa smješten u lokomotivi. U slučaju otkaza bilo kojeg elementa ili nestanka napajanja, strojovođa može intervenirati. Održavanje i servisiranje lokomotivskog dijela uređaja jednostavnije je od pružnog.

Točkasti sistem auto-stopa pokazao se prikladnim u primjeni do brzina 160 km/sat, zbog relativno velike sigurnosti, jednostavnosti i ekonomičnosti. Međutim dalje povećanje brzina vlakova zahtijeva savršenije sisteme intervalnog reguliranja vožnje. Pri tome se koriste novi principi predaje informacija između pruge, lokomotive i centrale upravljanja.

U takvim sistemima osnovni je problem uspostavljanje sigurnih i brzih kanala veze. Istraživanjima tih problema bave se svi naučno-istraživački centri razvijenih zemalja.

Na temelju ispitivanja određena je brzina od 120 km/h kao fiziološka granica. Iznad te brzine slabi pažnja strojovođe te on ne uočava signale i ne reagira pravovremeno. Uslijed toga se za sve veće brzine moraju s pruge automatski prenositi podaci o stanju trase, odnosno potrebnoj brzini vlaka. Razvoj sistema je bio postupan. Navest će se redoslijed primjene pojedinih rješenja.

- Na komandnom pultu u kabini strojovođe reproducira se svaki signalni pojam na koji vlak nailazi. Time je eliminiran utjecaj loše vidljivosti zbog vremenskih nepogoda.
- Osim signalnih pojmova, u kabini se pokazuju i drugi znaci na pruži. Kod nekih rutinskih radnji, čovjeka zamjenjuju ugrađeni automati na lokomotivi.
- Osim novih sistema na lokomotivi, mijenjaju se i pružni uređaji. To su signali, skretnice, trasa pruge (nagibi, zavoji) i dužina zaustavnog puta dz brzih vlakova (za $v = 160$ km/h dz = 1500 m, za $v = 200$ km/h dz = 3000 m, za $v = 240$ km/h dz = 4500 m za $v = 300$ km/h dz = 6000 metara).
- Logičan nastavak razvoja jest zamjena čovjeka, a to znači potpuno automatsko upravljanje (automatska vožnja).

8.3. SISTEMI KONTINUIRANOG PRIJENOSA INFORMACIJA

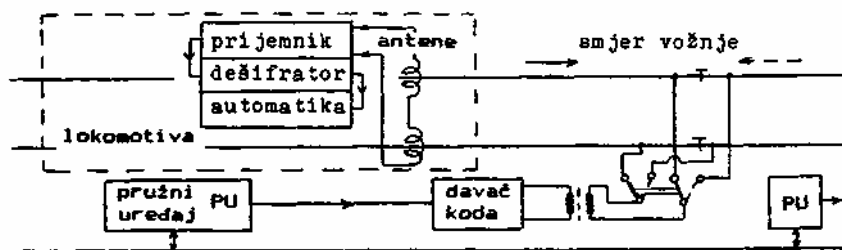
Do današnjeg suvremenog načina upravljanja željezničkim prometom došlo se postupno, u razvijenim zemljama svijeta. Taj trend moramo i mi slijediti. Tipične etape razvoja i sistemi signalizacije i prijenosa informacija između pruge i lokomotive jesu slijedeći.

Pojedine informacije koje se prenose na lokomotivu obično su kodirane. Kod induktivnog prijenosa takvih informacija koriste se izolirani odsjeci tračnica ili se uz same tračnice položi specijalni kabel. Preko antene lokomotivski uređaj prima podatke. Na taj je način proveden kontinuiran prijenos signala.

U Rusiji se kontinuirani sistemi lokomotivske signalizacije s tračnicama kao linijama veze. Primjenjuju se dva tehnička rješenja. Prvi je način s izoliranim odsjecima, koji rade na frekvenciji 25 Hz. Kontrola stanja kolosijeka određuje se fazno osjetljivim uređajima. Informacija se predaje lokomotivi bročanim ili frekventnim kodom. Kompletna aparatura smještena u stanicama, kablovima je povezana s transformatorima spojenim na pojedine blok-odsjeke kolosijeka u međustaničnom razmaku. Drugi je način korištenje izoliranih odsjeka tračica bez izoliranih umetaka. Međustanični razmaci su podijeljeni na niz odsjeka, od kojih se svaki susjedni napaja različitim frekvencijski moduliranim signalima. Koriste se noseće frekvencije 425 i 475 Hz dok su modulirajuće frekvencije 8 i 12 Hz. Transformatorima preko visežilnih kablova, ovakvi odsjeci tu spojeni sa staničnim uređajima lokomotivske signalizacije.

Lokomotiva preko svojih antena prima i dešifrira kodirane signale, i daje ih sklopovima automatike (uređajima za regulaciju brzine) i indikatorima (pokazivači brzine: svjetlosni ili zvučni signali).

Kad prva osovina vlaka premosti izolirani odsjek, relej u strujnom krugu otpusti kotvu i svojini kontaktima uključi davač kodiranih signala. Ti signali moraju imati dovoljan intenzitet za pobuđivanje antena lokomotivskog prijemnika. Kod jednokolosiječne pruge mora na pružnom dijelu uz davač koda postojati i sklop kojim se davač spaja na dalji kraj izoliranog odsjeka ovisno o smjeru vožnje vlaka. To je prikazano na slici 8.10.

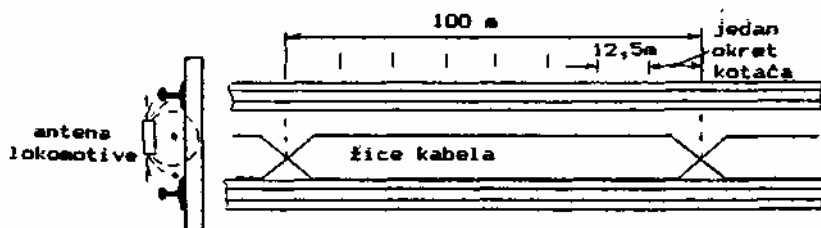


Slika 8.10. Prijenos podataka na lokomotivu na jednokolosiječnoj pruzi

Davači kodova međusobno su povezani pružnim uređajima PU za regulaciju i vezu sa centrom. Takav prijenos podataka koristi se na magistralnim pravicima za vlakove s brzinama do 260 km/sat: u Japanu (New Tocaïdo line), u Italiji (Diretissimai Rim - Firenza) i u Francuskoj (nova pruga: Paris - Lyon).

Na spomenutim prugama koriste se tračnice kao izolirani odsjeci, ali bez izoliranih umetaka. Na pruzi su postavljene kolosiječne prigušnice - transformatori povezane kabelskim četvorkama s predajnicima u ormarima ugrađenima pokraj pruge. Npr. magistrala u Japanu ima 29 takvih ormara s uređajima s beskontaktnim relejima i poluvodičkim elementima. Noseće se frekvencije od 0,7 do 3,5 kHz moduliraju (kodiraju) niskim frekvencijama fm (od 0 do 40 Hz). Svaka niska frekvencija fm odgovara određenoj dozvoljenoj brzini vlaka. Vremenski je razmak slijeđenja brzih vlakova do 5 minuta. U prigradskoj vožnji (kao npr. u Belgiji) koristi se isti sistem signalizacije s minimalnim intervalom između vlakova od 90 sekundi.

Umjesto tračnicama, kodirani se signali provode kabelom postavljenim unutar kolosijeka i pričvršćenim na pragove. Kod tog se načina može raditi s osjetljivijim uređajem i na višim frekvencijama, jer su eliminirani gubici zbog induktiviteta, kapaciteta i odvoda tračnica. Kod tog se načina napajanja ne treba prespajati davač, jer vlak svojim nailaskom ne premošćuje kanal veze. Prijenos podataka je kontinuiran. Ovakav je sistem preporučen po UIC, jer se njime može prenijeti znatno veći broj podataka kao npr.: podaci o dozvoljenoj brzini, stanju putnih prijelaza, te nagibima i zavojima pruge. Lokomotiva također daje podatke pružnom uređaju. To su podaci o položaju, brzini, smetnjama i drugi.



Slika 8.11. Skice položaja antene u lokomotivi i kabela u kolosijeku

Takav je način reguliranja uveden na dijelovima željezničke mreže u Švicarskoj i SR Njemačkoj. Može se primijeniti na pruge sa starim tipovima signalizacije, a moguć je i postupan prijelaz na potpuno automatsko upravljanje preko računala. Informacije se prenose preko dvije prijemne i jedne predajne antene na lokomotivi. Način polaganja kabela predložen je na slici 8.11. Uslijed gušenja signala, zona predaje podataka nije duža od 12,7 km i dijeli se na sektore dužine 100 m, gdje se žice kabela križaju. Na 100-metarskom odsjeku kotač lokomotive se okrene 8 puta. Brzina predaje informacija u smjeru pruga lokomotiva je 1200 Bauda kod frekvencije $f_1 = 36$ kHz, dok je u obrnutom smjeru brzina 600 Bauda kod frekvencije $f_2 = 56$ kHz.

Nakon prijema pružnih informacija (dozvoljenim brzinama na sektorima s usponima i zavojima, putnim prijelazima, stanju kolosijeka) slijedi odgovor u obrnutom smjeru - predaja lokomotivskih informacija (položaj, brzina, smetnje). To se ciklički ponavlja duž trase.

Točan položaj vlaka u odnosu na trasu određuje računalo u lokomotivi (radi veće sigurnosti) iz slijedećih dvaju nezavisnih podataka. Prvi je taj, što kotač lokomotive načini osam okretaja (ili daje 8 impulsa) na svakih 100 metara. Lokomotivski prijemnik registrira svakih 100 m prijeđenog puta, jer je kod prijelaza križanja kabela impuls u anteni jednak nuli (odnosno nema impulsa). Taj prekid prijema drugi je podatak za određivanje pozicije vlaka.

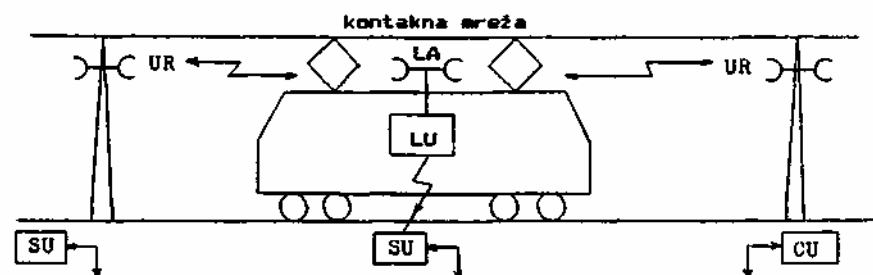
Ovakav je sistem automatske kontinuirane signalizacije firme Siemens ispunio zahtjeve praktične provjere do brzina 250 km/h. Na dijelovima pruga Hamburg - Bremen i Hamm - Bielefeld, u sistem su uključeni mikroracunari firme SEL. Paralelno se provodi obrada informacija na tri računala i uspoređuju rezultati. Pri ispadu jednog računala ostali normalno rade i djelovanje sistema upravljanja se ne prekida. Osim toga u sistem su uključeni printeri, ulazno - izlazne predajne i prijemne jedinice i sistem veze na 12 kanala.

U ovakvim sistemima induktivne veze najčešći su kvarovi kablova. Na njih se talože nečistoće i metalni dijelovi. Kablovi otežavaju održavanje i remont pruge. Pokušalo se da se križani dvožilni kabel zamijeni koaksijalnim s prerezanim vanjskim plastem. Takav bi kabel bio antena postavljena duž trase. Njime se može raditi na frekvenciji $f = 450$ MHz brzinom od 2 Mbit/s umjesto 1,2 kbit/s kod induktivne veze. To pruža mogućost predaje mnogo većeg broja informacija.

Noviji sistem provjeren je i koristi se na pruzi Hamburg-Bremen.

Taj sistem neprekidnog, intervalnog reguliranja kretanja vlaka koristi bežičnu vezu u mikrovalnom području na frekvencijama 30 do 40 GHz [$\lambda = (1 \text{ do } 0,75) \text{ cm}$]. Na tom području nema smetnji od viših harmonika ($f = 1 \text{ GHz}$, $\lambda = 0,3 \text{ m}$) struje vuče kod tiristorske regulacije brzina električnih lokomotiva. Antene za prijem i predaju signala vrlo su malih dimenzija.

Firma Siemens načinila je takav sistem veza. Kompletna aparatura postavljena je iznad pruge. Zbog velike širine pojasa osim kanala daljinskog upravljanja mogu se koristiti i drugi za telefoniju i televiziju. Lokomotivski primopredajnik (dimenzija 460 x 250 x 250 mm) postavljen je na krov lokomotive. Uređaji upravljanja s antenama postavljeni su na stupove kontaktne mreže međusobno razmaknuti 800 do 2000 metara. Na sredini zone od 12,7 km postavljeni su uređaji za napajanje. Predajnici susjednih zona rade na različitim frekvencijama. Kod ovakve veze vjerojatnost pogreške je $1 : 10^6$. Temperaturne područje sigurnog rada uređaja je od -40 do $+50^\circ\text{C}$. Servisiranje se vrši bez isključenja kontaktne mreže i bez zastoja u prometu vlakova.



Slika 8.11. Sistem predaje informacija radio-vezom u mikrovalnom području

Jedan tip sistema radio-veze proizvod firme AEG - Telefunken prikazan je na slici 8.11. Antene upravljačkog uređaja radio veze UR (na jednom stupu) usmjerene su na dvije trase. Primopredajnik na lokomotivi (snage 0,1 W) također ima dvije antene LA, radi veće sigurnosti. U slučaju otkaza jednog uređaja, moguća je veza s drugim. Lokomotivski uređaj

LU ima bežičnu vezu sa stacionarnim uređajima SU na pruzi, koji su opet kablovski vezani s upravljačkim centrom CU. Ovakav sistem omogućava neprekidnu vezu i u tunelima.

Proračun troškova realizacije različitih sistema upravljanja na željeznici proveden u Kanadi je slijedeći: sistem radio veze - 15000 kanadskih dolara po km pruge, a sistem dispečerske centralizacije, s međusobnom kabelskom vezom elemenata sistema, 75000 kanadskih dolara po kilometru pruge.

Veliki obujam prenesenih informacija, sigurnost, pouzdanost, brzina i ekonomičnost bežičnih sistema veza još više dolaze do izražaja kad se veza ostvaruje preko satelita. Sistem upravljanja vlakovima s pomoću satelita uvela je 1984. godine željeznička kompanija Burlington Northern u SAD.

Razvoj i usavršavanje lokomotivske signalizacije dao je kao rezultat niz poboljšanja u željezničkom prometu. Karakteristike ovih poboljšanja su slijedeće:

- povećavaju sigurnost kretanja vlakova,
- povećavaju propusnu moć pruge,
- poboljšavaju uvjete rada strojovođe,
- kontroliraju rad strojovođe,
- omogućavaju kretanje vlakova maksimalnim brzinama,
- povećavaju ekonomičnost,
- povećavaju udobnost putnika.

Lokomotivska signalizacija počela je s točkastim mehaničkim sistemima prijenosa podataka s pruge na lokomotivu i razvila se do suvremenih bežičnih sistema prijenosa informacija u oba smjera. Pri tome su centri za predaju i prijem povratnih informacija te kontrolu i upravljanje vlakovima i ss-uređajima, obuhvaćali sve veće dionice pruge i postali tzv. dispečerski centri.

Dispečerska centralizacija, daljinsko upravljanje ili telekomanda povezuje postojeće sisteme duž pruge i u stanicama, tako da se iz jednog centralnog mjesta upravlja željezničkim prometom na određenom području.