

Letjelice (avioni, rakete) su upravljane po zadanoj trajektoriji bilo od pilota, bilo automatski (giroskop, računalo), a poseban problem je i automatsko slijetanje. Upravljanje je još složenije nego u brodova zbog znatnog odstupanja parametara, nelinearnosti, međudjelovanja i upravljanja u trima dimenzijama. U raketama su u servomehanizam ugrađene i složene telekomunikacijske veze, a upravlja se i pozicijom sunčanih ćelija.

Slično kao kod raketa daljinsko upravljanje ugrađuje se i kod nuklearnih elektrana, radarskih postrojenja i drugdje.

U vojnoj tehnici servomehanizmi se upotrebljavaju za navođenje vatre topova, pa je, osim točnog pozicioniranja, potrebno osigurati i točno praćenje mete, tj. brzinske greške moraju biti što je moguće manje. Gibanje je topovske cijevi sinhronizirano s usmjeravanjem radarske antene.

Servomehanizmi se naveliko upotrebljavaju i u komadnoj proizvodnji kod obradnih strojeva. Jedna od prvih primjena je profilno glodanje, gdje glodalo točno slijedi ticalo na šablona. U numerički upravljanim alatnim strojevima ili u industrijskim robotima položaj i brzina alata, odnosno hvataljke, slijede program iz memorije. U tekućoj proizvodnji, npr. u valjaonicama lima, tankih folija i sl., senzori debljine lima ili folije preko servomehanizma reguliraju razmak valjaka.

Proгноза развоја. Automatska regulacija procesa pomoću samoispravljujućih strojeva i uređaja, te servomehanizma je jedan od najvažnijih zadataka u sadašnjoj etapi razvoja proizvodnje, nazivanom erom automatizacije, drugom industrijskom revolucijom, postindustrijsko doba i sl.

Snažan dalji razvoj automatizirane proizvodnje omogućen je uvođenjem programirane automatike na osnovi mikroprocesorske tehnike, jer se programiranjem jeftinih kompjutera opće namjene dobiju automati specijalne namjene. Moderna teorija temeljena na metodi prostora stanja omogućila je da se sinteza obavlja egzaktnim znanstvenim metodama umjesto razrađenih empirijskih postupaka.

Sve to omogućuje različite smjerove modernog istraživanja kao što su adaptivni i optimalni sustavi, sustavi koji uče, umjetna inteligencija, te realizacija složenih proizvodnih postrojenja (fleksibilni tehnološki sustavi, FMS) sve do potpuno automatiziranih tvornica (kompjutorski integrirana proizvodnja, CIM).

LIT.: M. James, N. B. Nichols, R. S. Phillips, Theory of Servomechanisms. McGraw-Hill, New York 1947. – H. Chestnut, R. Mayer, Servomechanisms and Regulating System Design. J. Wiley, New York 1955. – J. C. Gille, M. Pelegrin, P. Decaulne, Théorie et Technique des Asservissements. Dunod, Paris 1958. – A. C. Morse, Electrohydraulic Servomechanisms. McGraw-Hill, New York 1963. – В. В. Солодовников, Теория автоматического регулирования. Машиностроение, Москва 1967. – М. Р. Sekulić, Osnovi teorije automatskog upravljanja. Naučna knjiga, Beograd, 1970. – М. Стојић, Kontinualni sistemi automatskog upravljanja. Građevinska knjiga, Beograd 1978. – Lj. Kuljača, Z. Vukić, Automatsko upravljanje sistemima. Školska knjiga, Zagreb 1985. – T. Šurina, Automatska regulacija. Školska knjiga, Zagreb 1987.

T. Šurina

SIGNALNO-SIGURNOSNA TEHNIKA, područje elektrotehnike koja se bavi signalizacijom, posebno sigurnošću signalizacije koja se odnosi na pojave što mogu biti pogibeljne za zdravlje i život ljudi ili oštetiti i uništiti materijalna dobra. Tehničke naprave za signalizaciju moraju zadovoljiti dvije funkcije: radnu i sigurnosnu. Radna se funkcija odnosi na obavljanje zadataka kojima su uređaji namijenjeni, a sigurnosna mora osigurati da ne nastanu opasne situacije zbog krive signalizacije kao posljedica kvara uređaja ili nepažnjom poslužioaca. Prema tome, uređaji moraju imati svojstvo samokontrole rada, kojom se sprečava njihovo opasno djelovanje. Kao primjer može poslužiti signalizacija na cestovnom raskršću, na kojem se ne smiju istodobno upaliti zelena signalna svjetla na dva smjera koji se međusobno ugrožavaju. Ukoliko bi se to trebalo dogoditi zbog nekog kvara u signalnom uređaju, dodatni sigurnosni sklopovi moraju ustanoviti da bi se takva signalizacija mogla

pojaviti i onemogućiti njezino izvršenje. Tada se redovno pojavljuje žuto isprekidano svjetlo na svim svjetlosnim signalima, ili se sva svjetla ugase.

Nepravilan rad signalnih uređaja može se ustanoviti analizom kombinacija izlaznih veličina (signalizacija) i/ili analizom odnosa ulaznih veličina.

Sigurnosna funkcija mora osigurati barem jedan od sljedećih zadataka: a) ne dopustiti da dođe do opasne situacije zbog pogrešne signalizacije, b) ne dopustiti mogućnost izvršenja krivih (opasnih) komandi uslijed pogrešnog rukovanja.

Ako se signalni uređaj s ugrađenom sigurnosnom funkcijom pokvari, tada on mora prekinuti, smanjiti ili zadržati punu radnu funkciju, ovisno o unaprijed postavljenim zahtjevima.

Ovi se zahtjevi postižu povećanjem složenosti signalnih uređaja, budući da moraju obaviti više zadataka od onih koji se traže za obavljanje samo radnih funkcija. Takvo svojstvo uređaja ili sustava naziva se *zalihošću* ili *redundancijom*.

Postoji *zalihost uređaja* (uređaji imaju više sklopova nego što je potrebno za obavljanje radnih funkcija) i *zalihost u podacima* koji se obrađuju. Zalihost je u podacima posebno potrebna kad se podaci prenose na veću udaljenost. U suvremenoj tehnici to se postiže primjenom tzv. sigurnosnih kodova za slanje podataka (to nisu zaštitni kodovi za prikrivanje sadržaja informacija). Takvi su, npr., Hagelberg-ovi i Hammingovi kodovi pomoću kojih je na prijemnoj strani moguće otkriti pogreške, odnosno, daljim povećanjem zalihosti koda, i automatski ispraviti neispravno primljenu informaciju.

Pored navedenih mogućnosti poželjno je da postoji mogućnost otkrivanja i dojave kvara kako bi se skratilo vrijeme popravka signalnog uređaja. To je posebno važno za signalne uređaje koji i nakon kvara zadržavaju punu radnu funkciju i koji nemaju vanjskih znakova da je nastao kvar. Takvi se uređaji redovno izvode kao dvostruki uređaji, pa radnu funkciju kad se pokvari jedan od uređaja preuzima drugi.

Tada nakon kvara na jednom od uređaja, nema više rezervnog ako se pokvari drugi uređaj. Ukoliko se radi o vrlo važnom zadatku koji uređaji moraju obaviti, tada se uređaji izvode kao trostruki s dodatnim sklopovima za kontrolu i automatsko prebacivanje na drugi i treći uređaj (npr. neki uređaji u avionima i sl.).

Budući da nema potpuno pouzdanog uređaja, pouzdanost se određuje na osnovi pretpostavki o očekivanom broju (intenzitetu) kvarova i zahtijevane pouzdanosti rada. Redovito se uređaji projektiraju u pogledu pouzdanosti za pojavu samo jednog kvara.

Tipična su područja primjene signalno-sigurnosnih uređaja: nadzor i praćenje željezničkog i cestovnog prometa, te nadzor stanja u eksplozijom ugroženim prostorima (npr. rudnici, kemijska industrija i sl.). Pored toga, sigurnosne se funkcije ugrađuju i u uređaje gdje mogu nastati veće materijalne štete (npr. daljinsko upravljanje u industrijskim pogonima i procesima, elektroenergetski sustavi i sl.).

I. Husar

CESTOVNA SIGNALNO-SIGURNOSNA TEHNIKA

Prometni su kapaciteti cestovne mreže u gradovima ograničeni, pa bi za njihovo povećanje, u skladu sa stalnim povećanjem cestovnog prometa, bila potrebna ogromna financijska sredstva (rušenje blokova zgrada, podizanje nadvoznjaka, gradnja podvoznjaka ili tunela i sl.). Takvi zahvati, bez obzira na potrebna financijska sredstva, nisu najčešće poželjni, a negdje su i nedopustivi, jer bi poremetili sklad grada. Rješenja se moraju tražiti u organizaciji cestovnog prometa, uz uvjet da se prostorne mogućnosti gradske cestovne mreže maksimalno iskoriste. To omogućuje upotreba elektroničkih uređaja pomoću kojih se može ostvariti svjetlosna signalizacija, a ona osigurava optimalno iskorištenje gradskih prometnica.

Prvi uređaj za upravljanje prometom postavljen je 1868. u Londonu na raskršću Bridge St. i New Palace Yard. To je bila signalizacija s pokretnim krakovima. Visoko položeni krakovi označavali su slobodno kretanje, a spušteni su upozoravali na oprez. U tami su te informacije davane pomoću plinske svjetiljke s crvenim i zelenim svjetlom. Nakon nekoliko dana probnog rada plinska je svjetiljka eksplodirala i takva je signalizacija ukinuta.

Amerikanac W. Ph. Eno prvi se počeo baviti upravljanjem prometom pomoću signalizacije, pa je objavio (1899) članak *Hitne potrebe reforme u našem prometu*. Poslije je objavio prvu knjigu o problemima prometa (1909), a nakon toga i djelo *Znanost o reguliranju prometa na autocestama 1899-1920* (1920). Tehnička pomagala za regulaciju prometa u skladu s teorijskim postavkama uskoro su se pokazala vrlo korisnim.

Danas uobičajeni svjetlosni signali postavljeni su prvi put u Detroitu (9. listopada 1917). Uređaj je bio izveden prema preporukama W. Ph. Enoa. U Evropi je prvi trobojni signal postavljen 1926. u Velikoj Britaniji. Signalni uređaj kojim su upravljali sudionici u prometu instaliran je 1929. god. u New Havenu i Baltimoreu (SAD). Upravljalo se pomoću mikrofona, a vozači su svoje zahtjeve dojavljivali trubom. Za vrijeme ekonomske krize, tridesetih godina ovog stoljeća, daljeg razvoja nije bilo i upravljanje je prometom prepušteno policajcima.

Nakon drugoga svjetskog rata, zbog naglog povećanja broja vozila, započela je modernizacija i proširenje signalnih sustava. Elektronička računala počela su se primjenjivati za upravljanje prometom 1959. godine.

Upravljanje signalnim uređajima. Prometom na raskršću i u mreži prometnica može se upravljati: ručno, vremenski ustaljeno i ovisno o prometu.

Ručno upravljanje prometom provodi operativno osoblje i to u prvom redu kad se pojave netipične situacije u prometu. Ručnim pritiskom na određene tipke aktivira se signal koji traje prema potrebi, odnosno dok se pritiskom na tipku taj signal ne izmijeni.

Vremenski ustaljeno upravljanje osniva se na unaprijed utvrđenom slijedu i trajanju signala. Tako je određen signalni plan koji odgovara nekoj prometnoj situaciji. Budući da se u toku dana prometna situacija mijenja, promjenom signalnih planova prema razdoblju dana posredno se upravlja prometom.

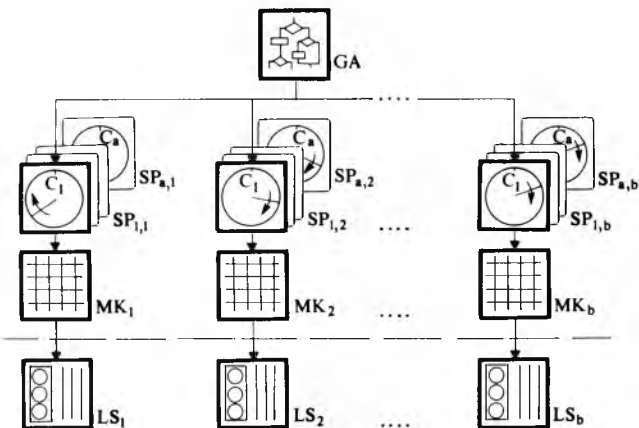
Upravljanje ovisno o prometu osniva se na prikupljanju informacija o stanju u prometu pomoću detektora. Vozila se svrstavaju na raskršćima u željene pravce kretanja koji u kolniku imaju ugrađene detektore. Informacije dobivene s detektora obrađuju se u signalnom uređaju i pretvaraju se u segmente signalnih planova promjenljivog trajanja. Tako se neposredno upravlja signalnim uređajem.

Sustavi prometne signalizacije

Prometni signalni sustav sastoji se od svjetlosnih signalnih uređaja, svjetlosnih signala, detektora i kabelne mreže.

Svjetlosni signalni sustavi osiguravaju logičko upravljanje prometom. Distribucija raspoloživog vremena u signalnom planu osnova je arhitekture sustava, koji može prema hijerarhiji upravljanja biti centraliziran, decentraliziran i kombiniran. Prema izvedbi postoje elektromehanički, elektro-nički i mikroprocesorski uređaji.

Centralizirani sustav upravljanja (sl. 1). Lokalni signalni uređaj (signalni uređaj na raskršću) u takvom sustavu ima samo izvršnu ulogu i sadrži samo sklopove za upravljanje

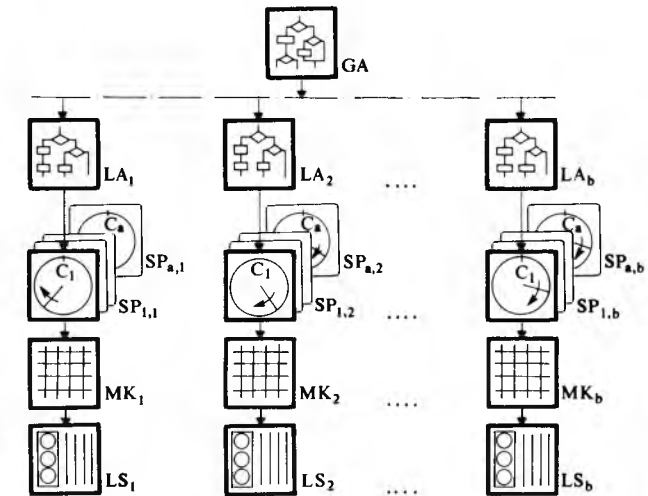


Sl. 1. Centralizirani sustav upravljanja prometnom signalizacijom. GA glavni algoritam, SP signalni plan, MK matrica kolizije, LS lokalni prometni svjetlosni signal, C trajanje ciklusa

prometnim signalima. Signalni plan (trajanje svjetlosnih signalnih pojmova za jednu određenu prometnu situaciju) za svaki lokalni signalni uređaj određuje glavna centrala upravljana prema algoritmu upravljanja. U memoriji glavne centrale, koja je operativni centar upravljanja, nalaze se sve strategije po prometnim razinama glavnog algoritma, signalni planovi i matrice kolizije za svako raskršće. Svaki signalni plan potpuno je određen trajanjem cijelog ciklusa (vrijeme jednostrukog isteka signalnog plana), omjerom trajanja zelenog signala i cijelog ciklusa (taj se omjer naziva *splitom*) i međuvremenom (vrijeme između prestanka zelenog signala i početka zelenog signala suprotnog smjera).

Za centralizirano upravljanje potrebno je vrlo mnogo podataka pa ono traži jaku programsku podršku u glavnoj centrali. To omogućuje izmjenu svih parametara na jednom mjestu, pa je moguće operativno upravljanje ukupnim prometnim procesom. Niz se parametara, međutim, rijetko naknadno mijenja, jer su unaprijed određeni konfiguracijom raskršća ili mrežom prometnica. Budući da svi lokalni signalni uređaji moraju biti povezani kabelima s glavnom centralom, primjena je centraliziranog sustava ograničena na manja područja. Poteškoće se pojavljuju i kad se želi povećati broj upravljanih raskršća. Pouzdanost takvog sustava vrlo je važna, pa se često predviđa paralelan rad dviju glavnih centrala.

Decentralizirani sustav upravljanja (sl. 2). U takvom sustavu mnoge su funkcije prepuštene lokalnim signalnim uređajima, ali su oni povezani u mrežu s glavnom centralom. Lokalni uređaji sadrže, osim signalnog plana, matrice kolizije i lokalni algoritam upravljanja.



Sl. 2. Decentralizirani sustav upravljanja prometnom signalizacijom. LA lokalni algoritam, ostalo kao na sl. 1

Glavna centrala nadzire lokalne uređaje. Ona također ima algoritam upravljanja. Ako postoji razlika između algoritama u lokalnim uređajima i u glavnoj centrali, prioritet ima strategija upravljanja u glavnoj centrali.

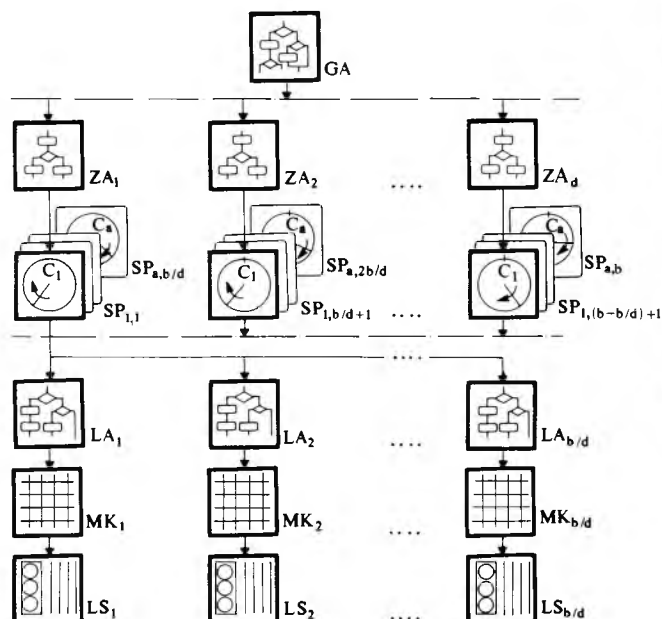
Pouzdanost je decentraliziranog sustava veća nego centraliziranoga. Ako se prekine veza s glavnom centralom ili se pojavi kvar u glavnoj centrali, lokalni uređaji rade prema lokalnom algoritmu upravljanja. Tada se, međutim, ne postiže optimum jer svaki lokalni uređaj radi prema kriteriju pojedinačnog upravljanja.

Kombinirani sustav upravljanja (sl. 3). Budući da ni potpuno centralizirani ni decentralizirani sustavi nisu univerzalno primjenljivi, najčešće se primjenjuje sustav upravljanja koji sjedinjuje pozitivne karakteristike centraliziranog i decentraliziranog sustava. Kombinirani je sustav kombinacija centraliziranog i djelomično decentraliziranog sustava.

Pri projektiranju kombiniranog sustava polazi se od postavke da su pojedine prometne zone ili prometni potezi bitni za odvijanje prometa. Zbog toga je područna kombini-

rana hijerarhija najrasprostranjenija i predstavlja skoro idealno rješenje za primjenu bilo koje prometne strategije.

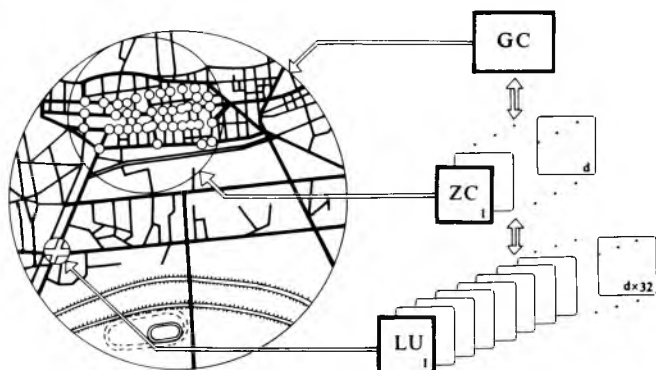
Lokalni signalni uređaji sadrže signalni plan, matrice kolizije i lokalni algoritam strategije upravljanja. Budući da je detektorsko upravljanje u praksi afirmirano, lokalni uređaji upravljaju prometom prema vlastitom algoritmu, ako nema naredbe s više razine. Zbog toga su signalni planovi najčešće pohranjeni u područnim centralama. Područne centrale upravljaju prometom na više raskršća. Signalni su planovi unaprijed uređeni na osnovi optimizacije zahtjeva sudionika u prometu. Signalni se planovi mogu mijenjati ručno i automatski. Automatska se promjena ostvaruje satnim mehanizmom (prema dobu dana) ili algoritmom kad je predviđeno detektorsko upravljanje.



Sl. 3. Kombinirani sustav upravljanja prometnom signalizacijom. ZA zonski algoritam, ostalo kao na sl. 1.

Sljedeća viša hijerarhijska razina i upravlja i nadzire područje centrale i lokalne uređaje (sl. 4).

Kao sustav budućnosti mogao bi se zamisliti sustav koji bi svakom sudioniku u prometu, na njegovu prijavu o cilju kretanja, odredio rutu kretanja, uzimajući u obzir stanje na prometnicama i njihovu propusnu moć, koja bi se dojavljivala vozaču. Pri tome se postavlja pitanje kako kontrolirati izvršenje tih naredbi i do koje mjere treba sputavati slobodu kretanja sudionika u prometu.



Sl. 4. Hijerarhija signalnog sustava u Zagrebu. GC gradska centrala, ZC zonska centrala, LU lokalni signalni uređaj

Svjetlosni signali su optički davači crvenog, žutog i zelenog svjetla. Konstrukcijski su izvedeni s izvorom svjetla smještenim u žarištu paraboličnog reflektora. Kao izvor svjetla upotrebljavaju se obične ili halogene žarulje. Da bi se

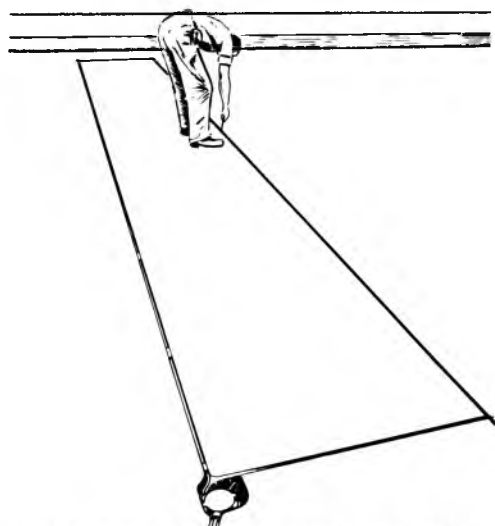
sprječio fantomski efekt refleksije sunčanog svjetla, koje bi moglo ometati raspoznavanje signalnih svjetala, u reflektore se ugrađuju posebni zakloni (sl. 5).



Sl. 5. Semaforški reflektor s protufantomskim zaslonom

Standardni su promjeri leća 300, 210 i 100 mm. Promjer se leće odabire prema namjeni signala i njegovom položaju. U signalne uređaje ugrađuju se različiti simboli (simbol za pješaka, strelice i dr.).

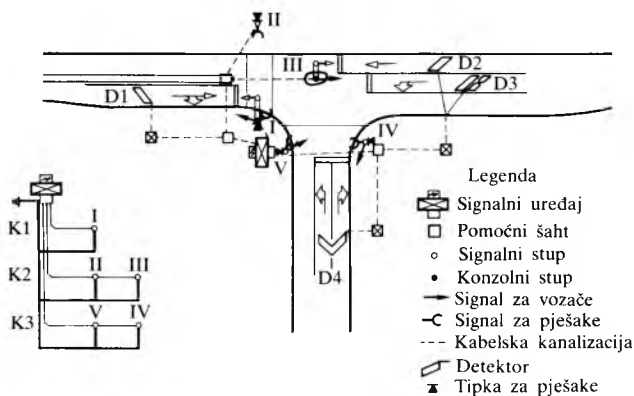
Detektori su uređaji za identifikaciju sudionika u prometu. Pješaci se najavljuju pritiskom na tipku s indikacijom zahtjeva ili bez indikacije. Tipke se postavljaju na stupove koji su nosači svjetlosnih signala. Tipke posebne izvedbe kojima se uključuje akustički ili mehanički signal upotrebljavaju se za prijelaz slabovidnih i slijepih preko pješačkih prijelaza.



Sl. 6. Polaganje induktivne detektorske petlje u kolniku

Postoji više vrsta detektora za vozila. Tako postoje detektori prisutnosti, kojima se registriraju vozila koja čekaju na raskršću, i detektori prolaza, koji registriraju prolaz vozila kontroliranom dionicom. Upotrebljavaju se induksijski (sl. 6), ultrazvučni i optički detektori. Za posebne namjene postavljaju se selektivni detektori koji identificiraju samo vozila u kojima je ugrađen posebni odašiljač.

Kabelska mreža postavlja se u polimerne cijevi. Takve cijevi imaju dug životni vijek, mogu se oblikovati prema potrebi, a uvlačenje je kabela jednostavno. Kabelska se mreža grana prema svjetlosnim signalima i detektorima (sl. 7). U signalnim uređajima ugrađuje se strujno-zaštitna sklopka kao zaštita od previsokog dodirnog napona. Sve metalne dijelove signalnog sustava na pojedinim raskršćima treba galvanski spojiti sa zaštitnom sabirnicom koja se uzemljuje u blizini signalnog uređaja.



Sl. 7. Raspored signalnih uređaja na cestovnom raskršću

Sigurnosne karakteristike signalnog uređaja. Uređaji za upravljanje prometom imaju sigurnosnu funkciju s obzirom na sudionike i dobra u prometu. Smatra se da neki sustav ima sigurnosnu karakteristiku ako se zbog neke smetnje, neispravnosti ili greške ne ugrožava sigurnost ljudi i dobara.

Osim toga, signalni uređaj može ispasti iz pogona. Ispadi mogu biti bezopasni. Opasni ispadi uzrokuju nedopuštene svjetlosne signale. Bezopasni su oni ispadi koji ne predstavljaju opasnost za sudionike u prometu već samo remete odvijanje prometa.

Signalni uređaj mora, osim toga, biti pouzdan. Pouzdanost ovisi o kvaliteti uređaja. On, naime, mora raditi u predviđenim eksploatacijskim uvjetima tijekom određenog broja godina.

M. Anžek M. Šaško

ŽELJEZNIČKI SIGNALNO-SIGURNOSNI UREĐAJI

Željeznički signalno-sigurnosni uređaji služe za automatizaciju i sigurnost željezničkog prometa. Oni pored radne funkcije i funkcije održavanja imaju i sigurnosnu funkciju.

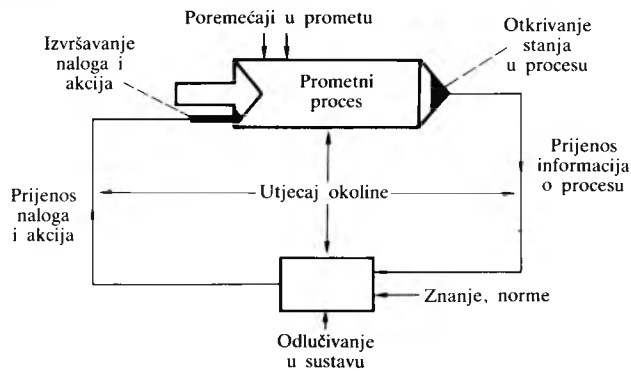
Uređaji automatizacije i sigurnosti željezničkog prometa, kao širi pojam, obuhvaćaju: signalno-sigurnosne uređaje na željezničkim stanicama i prugama, uređaje automatizacije i sigurnosti na ranžirnim kolodvorima, telekomunikacijske uređaje i uređaje za prijenos podataka, uređaje upravljačko-informacijskih sustava, uređaje automatizacije i sigurnosti na vozilima, uređaje automatizacije i sigurnosti u energetskim postrojenjima i ostale uređaje automatizacije i sigurnosti.

Uređaji automatizacije i sigurnosti željezničkog prometa prema pojednostavljenom modelu željezničkog prometa (sl. 8), su u svim dijelovima povratne petlje od otkrivanja stanja u procesu, prijenosa informacija o procesu, odlučivanja, prijenosa naloga i akcija do izvršenja naloga i akcija.

Radna funkcija uređaja automatizacije i sigurnosti prometa jesu otkrivanje stanja prometnog procesa, prijenos informacija o tom stanju, odlučivanje prema ugrađenoj logici, prijenos naloga i akcija te njihovo izvršavanje.

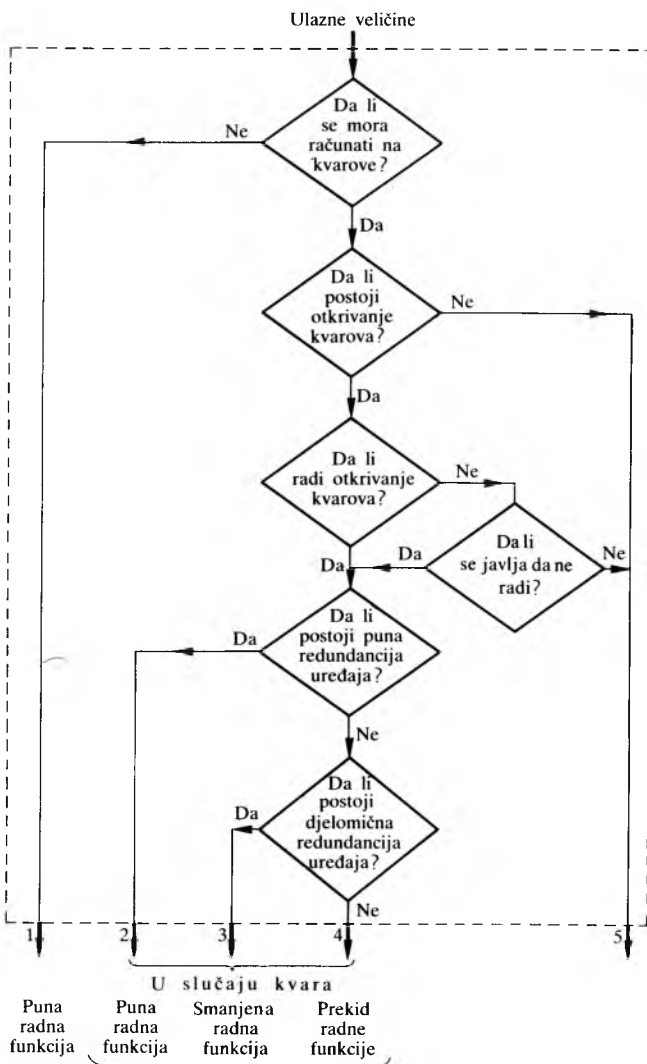
Funkcija održavanja obuhvaća otkrivanje promjena stanja uređaja, javljanje tih promjena, odlučivanje o zahvatima, pristup akciji te izvršenje akcije i naloga, odnosno ponovno dovođenje uređaja u ispravno stanje.

Sigurnosna funkcija uređaja automatizacije i sigurnosti prometa jest pretpostavljanje kvarova, otkrivanje kvarova koji su nastali na uređajima ili u sustavu, javljanje kvarova i



Sl. 8. Shema modela općeg prometnog sustava

poduzimanje mjera za dovođenje sustava u sigurnije stanje uz smanjenje radne funkcije (sl. 9). Uređaji koji pored radne funkcije i funkcije održavanja izvršavaju i sigurnosnu funkciju nazivaju se *sigurnosnim uređajima*.



Sl. 9. Dijagram toka za definiranje sigurnosnih uređaja

Signalno-sigurnosni uređaji na željezničkim stanicama i prugama jesu: stanični i pružni signalno-sigurnosni uređaji, uređaji putnih prijelaza, autostopni uređaji, uređaji za automatsko upravljanje brzinom vlaka, uređaji za optimalno vođenje vlakova i uređaji za daljinsko upravljanje signalno-sigurnosnim uređajima.

STANIČNI I PRUŽNI SIGNALNO-SIGURNOSNI UREĐAJI

Stanični i pružni signalno-sigurnosni uređaji imaju radnu i sigurnosnu funkciju te funkciju održavanja u prometnom sustavu kretanja vlakova i manevarskih sastava u stanicama i kretanja vlakova na otvorenoj pruži.

Vanjski su dijelovi signalno-sigurnosnih uređaja: uređaji skretnica i iskliznica, stalni signali, signalni žicovodi, uređaji za kontrolu kolosijeka i kabeli za signalno-sigurnosne uređaje. Skoro su svi vanjski dijelovi takvih uređaja standardizirani prema JUS ili prema standardima Jugoslavenskih željeznica (JŽ).

Unutrašnji su dijelovi signalno-sigurnosnih uređaja: mehaničke postavnice, blokovni aparati, relejni uređaji, električni uređaji i napojni uređaji.

Kombinacijama vanjskih i unutrašnjih signalno-sigurnosnih uređaja nastaju različite vrste i varijante takvih uređaja.

Uređaji skretnica i iskliznica

Uređaji su skretnica dijelovi staničnih signalno-sigurnosnih uređaja koji služe za prebacivanje skretnica iz jednog u drugi položaj, za pridržavanje skretnica u krajnjem položaju, za kontrolu pravilnog i ispravnog položaja skretnice, za pokazivanje položaja skretnice i za grijanje skretnica.

Uređaji iskliznica imaju u pravilu iste funkcije kao uređaji skretnica, osim što nemaju grijanja.

Uređaji su skretnica i iskliznica skretničke brave i sprave za kontrolu položaja, mehaničke postavne sprave i zasuni, električne i hidrauličke postavne sprave, skretnički signali i grijači skretnica.

Skretničke brave skretnički su signalni uređaji koji služe za pridržavanje skretničkih prevodnica u krajnjem položaju i za kontrolu pravilnog i ispravnog položaja skretnica.

Skretnička brava mora biti tako pričvršćena na skretnicu da se u zaključanom stanju ne može mijenjati položaj brave u odnosu na glavnu šinu i na prevodnicu i da se ne može demontirati. Pomoću ključeva skretničke brave osigurava se ovisnost signala o položaju skretnica.

Sprave za kontrolu položaja skretničkih prevodnica kontroliraju pravilan i ispravan položaj prevodnica i prenose položaj prevodnica skretnica preko signalnih kabela do udaljenog unutrašnjeg signalno-sigurnosnog uređaja. Ugrađuju se na skretnice s ručnim postavljačem i kao dodatna kontrola skretničkih prevodnica na skretnicama s polumjerom većim od 1000 m.

Mehaničke postavne sprave skretnica služe za ručno prebacivanje skretnica iz udaljene skretničke postavnice preko poluga i žicovoda, za pridržavanje prevodnica u krajnjem položaju i za kontrolu toga položaja. Sila postavljanja i pridržavanja prevodnica, mjerena na postavnoj motki postavne sprave, treba iznositi 4000 ± 500 N. Uz umetnutu pločicu debljine 4 mm i više između glavne tračnice i prevodnice na mjestu gdje postavni mehanizam djeluje, skretnica se ne smije moći postaviti.

Zasunske mehaničke sprave služe za pridržavanje prevodnica u pravilnom i ispravnom položaju i za kontrolu tog položaja u udaljenoj postavnici. S postavnicom su povezane kao i mehaničke postavne sprave. Sila pridržavanja mehaničke zasunske sprave mora iznositi 8000 ± 200 N.

Električne postavne skretničke sprave (sl. 10) imaju elektromotorni pogon za prebacivanje prevodnica iz jednog položaja u drugi, mehaničko pridržavanje skretnica u krajnjem položaju i električnu kontrolu pravilnog i ispravnog položaja skretnice.

Hod postavne motke normalne električne postavne skretničke sprave iznosi 220 ± 2 mm, a hod takve brzohodne sprave na spuštalicama ranžirnih kolodvora 110...160 mm. Pogon normalnih električnih postavnih skretničkih sprava mora biti reverzibilan, što znači da se smjer kretanja može po volji svakog časa promijeniti, a pogon takve sprave na spuštalicama ima i odskočni mehanizam, koji prevodnice sigurno dovodi u

jedan od krajnjih položaja i kad prestane rad motora. Sve takve skretničke sprave mogu se po potrebi prebacivati i ručno.

Sila je postavljanja električnih postavnih skretničkih sprava 5000 ± 500 N, sila pridržavanja 7000 ± 500 N, dok otpor postavljanju skretnice i u najnepovoljnijim uvjetima ne smije biti veći od 2000 N. Sila presječenja (nasilno presječenje skretnica vozilom) takvih skretničkih sprava ne smije biti veća od 11000 N. Vrijeme je postavljanja normalnih takvih sprava oko 3,5 s, brzohodnih 0,8 s, a sporohodnih do 5,2 s. Sve to vrijedi za brzine vožnje do 140 km/h preko skretnica u pravcu.



Sl. 10. Elektropostavna skretnička sprava

Provjera ispravnosti kontrole položaja skretnice preko električnih postavnih skretničkih sprava provodi se pokušajem prebacivanja prevodnica s pločicom umetnutom između glavne tračnice i prevodnice na mjestu gdje postavni mehanizam djeluje na prevodnicu. Uz umetnutu pločicu od 4 mm ili više ne smije se dobiti kontrola ispravnog položaja.

Hidrauličke postavne sprave imaju električni pogon, a hidraulički prijenos za prebacivanje prevodnica, mehaničko i hidrauličko pridržavanje skretničkih prevodnica u krajnjem položaju te električnu kontrolu pravilnog i ispravnog položaja prevodnica. Takve sprave moraju zadovoljavati sve zahtjeve kao i električne postavne skretničke sprave.

Skretnički signali pokazuju u kojem se položaju nalazi skretnica i da li je vožnja preko skretnice niz prevodnicu ili uz nju (jezičak). Skretnički je signal rasvijetljen petrolejskom svjetiljkom ili električnom žaruljom.

Grijači skretnica omogućavaju nesmetano postavljanje skretnica i u teškim zimskim uvjetima. Oni se ugrađuju na skretnice, koje se postavljaju električnim ili hidrauličkim postavnim spravama. Grijači skretnica mogu biti plinski i električni.

Iskliznice i uređaji iskliznica sprečavaju, kad se to traži, kretanje vozila dalje od neke točke kolosijeka, iza koje to kretanje u jednom smjeru ugrožava putove vožnje vlakova, a u drugom smjeru ugrožava vozila i objekte na zatvorenom kolosijeku. Ako vozilo u svom kretanju naiđe na zatvorenu iskliznicu i ne zaustavi se, vozilo na iskliznici mora sigurno iskliznuti, da pri tom ne ošteti iskliznicu.

Ako se iskliznica otvara i zatvara pomoću ručnog postavljača, pritvrđivanje i kontrola položaja ploče iskliznice obavlja se preko brave iskliznice. Ako se iskliznica postavlja pomoću električne postavne ili druge postavne sprave, pritvrđivanje i kontrola položaja obavlja se preko postavne sprave. Demontiranje iskliznice moguće je samo kada je iskliznica u otvorenom položaju.

Stalni signali

Stalni su signali dijelovi signalno-sigurnosnih uređaja koji su ugrađeni pored pruge i kojima se daju signalni znaci za

ulazne i izlazne vožnje vlakova u stanicama, za vožnje vlakova na otvorenoj pruzi i manevarske vožnje u stanicama.

Na našim željeznicama primjenjuju se likovni i svjetlosni stalni signali, koji u pogledu signalnih znakova, mjesta ugradnje i vidljivosti moraju odgovarati Signalnom pravilniku Jugoslavenskih željeznica.

Stalni likovni i svjetlosni signali mogu biti glavni signali (ulazni, izlazni, prostorni i zaštitni), predsignalni, ponavljači signala i predsignala, likovni dopunski signali, svjetlosni dopunski signali i svjetlosni manevarski signali.

Likovni signali daju signalne znakove danju položajem, oblikom i bojama likova, a noću obojenim mirnim svjetlima pored likova ili samo likovima. Likovni glavni signali i predsignalni moraju imati sigurnosni uređaj, koji ručicu ili ploču signala automatski sigurno vraća iz položaja za slobodnu vožnju u položaj »stoj« ili »očekuj stoj«, kad se prekine žicovod.

Likovni dopunski signali predsignalne su opomenice, objavnice glavnih signala i predsignala, upozorivači glavnih signala i predsignala i likovni granični kolosiječni signali. Takvi likovni dopunski signali služe za lakše i sigurnije zapažanje signala, ispred kojih se ugrađuju ili za lakše zapažanje kraja slijepog kolosijeka.



Sl. 11. IZLAZNI signal s pokazivačima smjera i brzine kao dopunskim signalima. Pokraj njega uz tlo se nalazi i manevarski signal

Svjetlosni signali (sl. 11) daju signalne znakove danju i noću svjetlima. Svjetla su obojena mirna ili treptava. Značenje takvih signala ovisi o obliku signalne ploče, rasporedu svjetiljki na ploči i o boji signalnog stupa.

Signalne svjetiljke imaju obojena stakla te optičke elemente, kojima se usmjeruje obojeni svjetlosni snop s malim vertikalnim i horizontalnim rasipanjem i s velikim iskorištavanjem izvora svjetlosti da bi se postigla najpovoljnija vidljivost signala s propisane udaljenosti.

Propisana udaljenost s koje se mora vidjeti signal ovisi o najvećim brzinama vlakova, a propisana je Signalnim pravilnikom. Za brzine vlaka veće od 140 km/h ne može se u realnim uvjetima okoline osigurati vidljivost svjetlosnih signala s propisane udaljenosti, pa se pomoću uređaja za prijenos informacija s pruge na lokomotivu prenose pokazivanja signala u kabinu strojovođe.

Da bi se produžio vijek trajanja signalnih žarulja, spriječilo bliještanje signala noću i pojava fantomske svjetlosti te da bi se štedjela energija, noćna je rasvjeta signala 20...30% slabija od dnevne.

Na ploči glavnog svjetlosnog signala može biti 2...5 signalnih svjetiljki, što ovisi o funkciji signala (izlazni, ulazni i dr.), o tome da li je signalizacija jednoznačna ili dvoznačna i da li su žarulje s jednostrukom ili dvostrukom niti.

Svjetlosni dopunski signali dopunjavaju signalne znakove glavnih signala i predsignala, a ugrađuju se ispod ploče tih signala. To su pokazivači i pretpokazivači za pravac, pokazivači za kolosijek, pokazivači i pretpokazivači za brzinu, pokazivači za polazak i granični kolosiječni signali. Pokazivači i pretpokazivači imaju više vodoravnih i uspravnih (5...7) redova svjetiljki, kojima se mogu dati potrebne signalne slike.

Svjetlosni manevarski signali stalni su signali, kojima se daju signalni znaci za manevariranje u stanicama, odnosno štite se od manevarskih sastava postavljeni putovi vožnje vlakova u stanicama.

Signalne žarulje. Svaka je nit signalne žarulje spojena svojim kabelnim žilama s unutrašnjim uređajima. Unutrašnji uređaj uključuje različite načine napajanja i isključuje napajanje žarulja, ali istodobno ima i sigurnosnu funkciju. To znači da kontrolira ispravnost žarulje, priključaka i kabela. Ako nastane kvar, unutrašnji uređaj isključuje sve žarulje osim crvene ili pomoćne crvene žarulje.

Svi su dijelovi stalnih signala masivni i ne zahtijevaju posebno održavanje, osim što treba mijenjati žarulje, kontrolirati usmjerenost svjetlosnih snopova te redovno bojiti metalne dijelove. Sve otkaze i kvarove na električnim strujnim krugovima pokazuje i registrira unutrašnji uređaj, ali pri tom obavezno dovodi signalno-sigurnosni uređaj u stanje veće sigurnosti na štetu radne funkcije.

Signalni žicovodi

Signalni žicovodi mehanički povezuju postavne mehanizme vanjskih dijelova uređaja (signala, skretnica i uređaja putnih prijelaza) s udaljenim mehaničkim postavnicama. Signalne žicovode čine žice, zatezači, žicovodni kotačići, skretni koturi, kalibrirani lanci, dijelovi za povezivanje, žicovodni stupići i reduktori s utezima.

Za žicovode se upotrebljava čelična pocinčana žica promjera 4 i 5 mm, potpuno kružnog presjeka, bez zadebljanja i smanjenja presjeka, bez brazdi i pukotina. Najveća je duljina žicovoda 1600 m.

Zatezači služe za prilagodavanje duljina žicovoda prema srednjim temperaturama okoline, a žicovodni kotačići nose žicu. Na mjestima većih promjena smjera žicovoda upotrebljavaju se skretni koturi i kalibrirani lanci, a kalibrirani se lanci upotrebljavaju i za spajanje žicovoda na postavicu, odnosno na postavne aparate udaljenih vanjskih dijelova uređaja.

Žicovod je obično postavljen na stupićima iznad tla, ali na svim mjestima gdje bi smetao osoblju ili putnicima i gdje prelazi ispod kolosijeka postavlja se podzemno u posebne kanale. Kanali su od željeznog lima, od armiranog betona kao tipizirani montažni elementi, zidani su od cigle ili izliveni

od betona. Ispod ceste žicovodi prolaze kroz cijevi od armiranog betona.

Reduktori s utezima služe za izravnjanje hoda žicovoda, a imaju i sigurnosnu funkciju da automatski povlače ručice i ploče signala i predsignala u položaj »stoj«, odnosno »oprežno« kada pukne žicovod.

Uređaji za kontrolu kolosijeka

Uređaji za kontrolu nezauzetosti kolosijeka kontroliraju nezauzetost, odnosno zauzetost kolosijeka, skretnica i pruge. Takvi uređaji mogu razrješavati put vožnje, brojanje osovina, uključanje automatskih uređaja na putnim prijelazima i prijenos dodatnih kriterija na automatskom pružnom bloku. Uređaji za kontrolu kolosijeka jesu izolirana tračnica, izolirani odsjek, elektronički brojač osovina i tračnički kontakt.

Izolirana tračnica dio je elektromehaničkih signalno-sigurnosnih uređaja, koji omogućava da vozilo na tračnicama samo razrješava put vožnje. Izolirana se tračnica sastoji od izvora napajanja (najčešće je to baterija Leclanchéovih elemenata), kabelnih veza, priključne kolosiječne glave, priključnih kolosiječnih kabela, dijela izoliranog kolosijeka i releja. To je strujni krug radne struje, što znači da tek nailaskom vlaka na dio izoliranog kolosijeka takvim strujnim krugom poteče struja i relej se izolirane tračnice aktivira.

Izolirani je dio kolosijeka dugačak najmanje 20 m, a izolira se samo jedna tračnica ugrađivanjem na početku i na kraju izoliranog tračničkog sastava. Ugrađuje se ispred ulazne stanične skretnice.

Izolirani odsjek dio je relejnog ili elektroničkog signalno-sigurnosnog uređaja koji neprekidno kontrolira nezauzetost i neprekinutost kolosijeka, skretnica ili dijelova pruge. Izolirani se odsjek sastoji od izvora napajanja, kabelnih veza, priključnih kolosiječnih glava, priključnih i prespojivih kolosiječnih kabela, izoliranih tračničkih sastava, dijela kolosijeka, tračničkih vezica te prijemnika, odnosno releja izoliranog odsjeka.

Strujni krug izoliranog odsjeka iz sigurnosnih razloga mora biti krug mirne struje, što znači da takvim krugom mora stalno teći struja koja drži relej izoliranog odsjeka uvijek u privučenom stanju, osim kada je izolirani odsjek zauzet ili je u kvaru.

Izolirani odsjek može se napajati istosmjernom ili izmjeničnom strujom (jednofazno ili trofazno), što ovisi o dodatnim zahtjevima da se onemogući utjecaj struje vuče na rad izoliranog odsjeka. Napon između tračnica istog izoliranog odsjeka ne smije biti viši od 12 V, osim kad su vozne površine tračnica vrlo nečiste. Tada napon može biti u obliku impulsa i do 100 V. Izvori napajanja mogu biti akumulatorske baterije, statički ili rotacijski pretvarači frekvencije 100 do 300 Hz i više, ali koje nisu višekratnici frekvencije struje vuče (50 Hz).

Priključne kolosiječne glave i priključni kolosiječni kabeli, izolirani tračnički sastavi i tračničke vezice vanjski su dijelovi izoliranog odsjeka i vide se na pruzi.

Izolirani tračnički sastav ugrađuje se na sastavima tračnica, koji predstavljaju granicu izoliranog odsjeka ili mjesto promjene polariteta. Izolirani sastavi mogu biti sastavljeni ili lijepljeni. Tračnice su mehanički povezane elektroizolacijskim materijalima.

Tračničke se vezice ugrađuju na sve ostale normalne mehaničke tračničke sastave izoliranog odsjeka, da se premosti mogući veliki prijelazni otpor mehaničkog sastava tračnica.

I kolosijek mora imati što veći izolacijski otpor prema zastoru i između tračnica. Otpor ovisi o pragovima i tucaniku. Zahtijeva se da otpor zastora koji se mjeri između tračnica izoliranog odsjeka i za najdulji izolirani odsjek na pruzi iznosi najmanje 1,6 Ω /km, a na staničnom području 1 Ω /km. Izolirani odsjeci mogu biti samo s jednom izoliranom tračnicom (druga je vezana na neizolirani dio kolosijeka) ili s obje izolirane tračnice.

Da bi se pruga s dvije izolirane tračnice mogla upotrijebiti u strujnom krugu vuče, ugrađuju se diferencijalne prigušnice na granicama tih izoliranih odsjeka.

Za zaštitu od utjecaja struje vuče ugrađuju se u izolirane odsjeka katodni odvodnici prenapona, a po potrebi i uskopojasni filtri ispred prijemne strane (relejne strane) izoliranog odsjeka.

Releji izoliranih odsjeka moraju biti vrlo kvalitetni. Faktor kvalitete releja, definiran kao omjer struje otpuštanja i struje privlačenja releja, mora za strujni relej biti veći od 0,65 bez obzira na to da li je to relej istosmjerne ili izmjenične struje, za elektronički relej mora biti veći od 0,85, a za motorni relej veći od 0,7.

Izolirani odsjeci s obzirom na funkciju mogu biti kolosiječni, skretnički, odsjeci automatskog pružnog bloka i uključni odsjeci. Najmanja duljina odsjeka ne može biti manja od 14 m. Najmanja duljina predskretničke izolacije jedne skretnice ne smije biti manja od 12 m za normalne skretničke postavne sprave, a za brzohodne može iznositi i do 4 m.

Elektronički brojači osovina neprekidno kontroliraju nezauzetost kolosijeka, skretnica i odsjeka pruge tako da broje osovina koje ulaze na odsjek, pamte stanje i oduzimaju broj osovina koje izlaze s odsjeka. Brojač osovina može služiti za upravljanje putnim prijelazom, mjeriti brzine vozila i sl. Na našim prugama mogu se ugrađivati samo elektronički brojači osovina koji moraju biti tako izvedeni da na njihov rad i sigurnost ne djeluje struja vuče.



Sl. 12. Pružni tračnički kontakt željezničkog prometa

Elektronički je brojač osovina sastavljen od elektromagnetskog tračničkog kontakta (sl. 12), elektroničke priključne glave, kabelne veze i unutrašnjeg uređaja. U *elektromagnetskom tračničkom kontaktu* proizvodi se izmjenično magnetsko polje. Kada vijenac kotača prelazi preko kontakta, poremeti magnetski tok i to se registrira kao prijelaz jedne osovine. Takvi uređaji moraju raditi sigurno u području brzina 0...200 km/h. *Elektronička priključna glava* sadrži dio elektroničkih sklopova, a preko posebnih oklopljenih i telekomunikacijskih kabela povezuje elektromagnetski tračnički kontakt s unutrašnjim uređajem. Unutrašnji uređaj brojača osovina služi za napajanje ostalih dijelova brojača, za prijem i obradu impulsa od prolaska osovina, za memoriju impulsa i za identifikaciju stanja kontroliranog odsjeka kolosijeka. Neispravan rad elektroničkog brojača osovina očituje se kao lažno zauzeće odsjeka, što smanjuje radnu funkciju, ali uz sačuvanu sigurnost.

Tračnički kontakti služe za uključivanje ili isključivanje signalnog uređaja, a mogu se upotrijebiti i za druge funkcije. Takvi kontakti moraju biti neosjetljivi na struju vuče, ne smiju reagirati na druge dijelove vagona i moraju sigurno raditi u području brzina vlakova od 0...200 km/h.

Magnetski tračnički kontakti rade uz pomoć ugrađenih stalnih magneta i bez vanjske uzbuđe, a reagiraju na prolaz svake pojedine osovine s kotačima od feromagnetnog materijala.

Mehanički tračnički kontakti rade tako da vijenci kotača vozila mehanički djeluju preko poluga na kontaktni slog. Oni

reagiraju na svaku osovinu, a mogu raditi i usporeno kad se vraćaju u gornji položaj. Sa svake strane tračničkih kontakata ugrađuju se *odbojnici*, koji štite kontakt od udaraca visećih dijelova vozila.

Kabli za signalno-sigurnosne uređaje

Kabli električki povezuju dijelove uređaja međusobno i s izvorima napajanja. Oni mogu biti signalni, kombinirani signalno-telekomunikacijski i pružni napojni kabli (v. *Električni vodovi*, TE 4, str. 226).

Signalni kabli električki povezuju vanjske elemente osiguranja (signale, skretničke električne postavne sprave, izolirane odsjke, uređaje za osiguranje putnih prijelaza, lokalne postavnice) s unutrašnjim uređajima.

Žile u jezgri signalnih kabela bakreni su vodiči promjera 0,9, 1,4, i 1,8 mm i nisu upletene. Broj je žila u jezgri standardiziran. Kad se bira signalni kabel, predviđa se rezerva od 20...30% od ukupnog broja žila.

Izolacija vodiča u jezgri i unutrašnji plašt kabela od polimernog su materijala, oko unutrašnjeg plašta nalazi se mehanički zaštitni sloj, a oko njega omotač od polimernog materijala.

Kabelni razdjelnici, stalci i kabelni ormari za unutrašnju montažu ugrađuju se na mjestima koncentracije i spajanja signalnih kabela u prostorijama. Na mjestima koncentracije i prespajanja signalnih kabela na otvorenom prostoru ugrađuju se ormari za vanjsku montažu.

Mreža kabela od unutrašnjih uređaja do glavnih razdjelnih ormara na slobodnom prostoru naziva se primarnom, a ona od ormara dalje sekundarnom mrežom.

Otpor izolacije svake žile mreže signalnih kabela, tj. od unutrašnjeg uređaja preko kabela, spojnice, razdjelnika do završne reglete ili kabele glave, prema zemlji i prema ostalim žilama ne smije biti manji od 10 MΩ.

Primarna mreža signalnih kabela u stanici polaže se u pravilu u kabelne kanalice, a ostali kabli neposredno u zemlju.

Signalni kabli i energetski kabli (do napona 1 kV) mogu se polagati u isti rov s time da je razmak među njima najmanje 15 cm, što se postiže polaganjem opeka na razmaku od 1 m. Prolaz kabela ispod pruge ili ispod puta izvodi se pod pravim kutom na dubini od 1,2 m. Prema posebnim propisima polažu se kabli u tunelima i preko mostova te u unutrašnjosti zgrada.

Kombinirani signalno-telekomunikacijski kabli. Za spajanje pružnih signalno-sigurnosnih uređaja međusobno i sa staničnim signalno-sigurnosnim uređajima upotrebljavaju se kombinirani signalno-telekomunikacijski kabli koji imaju oznake STA (bez koaksijalne cijevi) i STKA (s koaksijalnom cijevi). U tom kabelu za potrebe signalno-sigurnosnih uređaja moraju biti na raspolaganju najmanje četiri niskofrekventne četvorke.

Pružni napojni kabel upotrebljava se za napajanje električnom energijom signalno-sigurnosnih i drugih uređaja uzduž pruge. Taj kabel nosi oznaku PNK, sastoji se od bakrenih vodiča potrebnih presjeka, izoliranih polimernim materijalom, a zaštićen je polimernim omotačem i omotačem za zaštitu od mehaničkih oštećenja. Takvi su pružni napojni kabli obavezni na elektrificiranim prugama.

Mehaničke postavnice

Mehaničke su postavnice uređaji koji služe za postavljanje, uz pomoć ručnih postavnih poluga, likovnih signala i predsignala, za ostvarivanje zavisnosti među signalima i za ostvarivanje mehaničke zavisnosti signala od položaja skretnica i putnih prijelaza. Mehaničke postavnice mogu se upotrebljavati i za postavljanje i zasunjivanje skretnica te za postavljanje iskliznica pomoću postavnih poluga, žicovoda, skretničkih mehaničkih postavnih sprava i zasuna. Međusobna zavisnost signala u vezi s položajem skretnica i drugim dijelovima uređaja ostvaruje se u tzv. sanduku zavisnosti. Postavne

skretničke poluge imaju nastavke u sanduku zavisnosti ili se u sanduk zavisnosti ulažu ključevi skretničkih i drugih brava.

Blokovni aparati

Blokovni aparati služe za električno spajanje, elektromehaničko upravljanje i ostvarivanje zavisnosti centralnog aparata i mehaničkih postavnica u blokovima na krajevima stanice.

Blokovni ormari blokovnog aparata služe za smještaj blokovnih jedinica, induktora, tipaka za zvono, blokovnog zvona, tipke za deblokiranje i releja.

Sanduk zavisnosti i spajanja na blokovnom aparatu u prometnom uredu služi za ostvarivanje zavisnosti ulaznih i izlaznih putova vožnje i za postavljanje i pokazivanje postavljenog puta vožnje. Svi rastavljivi dijelovi mehaničke postavnice i blokovnog aparata moraju biti zapečaćeni.

Blokovni aparati moraju zadovoljavati sljedeće osnovne uvjete: a) za svaki pravac vožnje mora postojati mogućnost postavljanja samo jednog puta vožnje, odnosno jedne vožnje jednokolosiječne pruge; b) mora biti onemogućeno postavljanje putova vožnje koji se međusobno ugrožavaju; c) na mehaničkoj postavnici se može postaviti i blokovnim aparatom blokirati samo jedan put vožnje, koji je bio određen iz centralnog blokovnog aparata i d) na blokovnom se aparatu mora vidjeti koji je put vožnje postavljen, odnosno za koju je vožnju put postavljen.

Mehaničke su postavnice i blokovni aparati s likovnim signalima još uvijek u upotrebi na našim željeznicama, ali se novi više ne ugrađuju.

Relejni uređaji

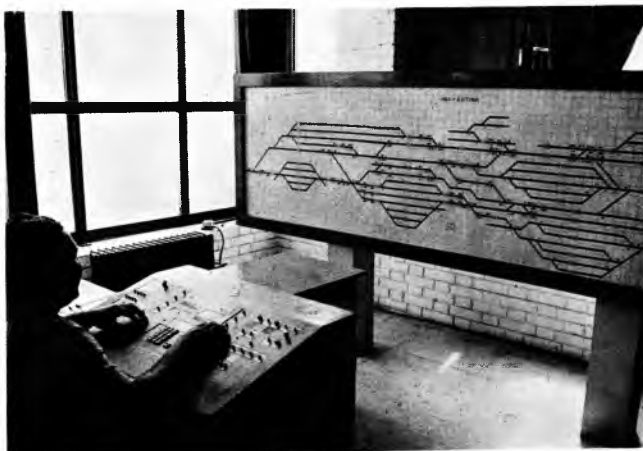
Relejni uređaji služe za međusobno povezivanje vanjskih dijelova signalno-sigurnosnih uređaja stanice, odnosno pruge, za upravljanje uređajima, ostvarivanje zavisnosti među dijelovima uređaja i logike uređaja, ostvarivanje sigurnosne funkcije, registraciju pogona u normalnom stanju i u slučaju smetnji, zatajivanja ili kvarova bitnih za održavanje uređaja. Glavni su dijelovi relejnih signalno-sigurnosnih uređaja komandno-kontrolni aparati i unutrašnji uređaji.

Komandno-kontrolni aparati relejnih uređaja služe za rukovanje uređajima i za pokazivanje kretanja vlakova i manevarskih sastava te stanja samog uređaja.

Komande koje se daju preko komandno-kontrolnog aparata mogu biti redovne komande, komande u nuždi i pomoćne komande. Komande u nuždi registriraju se posebnim brojačima. Skoro sve komande daju se pritiskom na dvije tipke.

Komande se mogu davati i preko uređaja za daljinsko upravljanje te preko uređaja za automatsko postavljanje putova vožnje koje aktivira vlak u dolasku.

Na komandno-kontrolnom aparatu moraju biti prikazani položaji i stanje skretnica, iskliznica i uređaja putnih prijelaza, putovi vožnje, stanje izoliranih odsjeka, smjer i stanje uređaja



Sl. 13. Komandno-kontrolni uređaj s kontrolnom pločom i odvojenom tastaturom na radnom stolu

automatskog pružnog bloka, položaj i kretanje vlakova i manevarskih sastava te stanje samog unutrašnjeg uređaja. Prikazi su optički, a neki i akustički. Svjetljivost optičkih prikaza može se mijenjati. Stanje izoliranih odsjeka i pokazivanje signala automatskog pružnog bloka registrirano je također na komandno-kontrolnom aparatu susjednih stanica.

Komandno-kontrolni aparati mogu biti u obliku komandno-kontrolnog stola ili kontrolne ploče s odvojenom tastaturom na radnom stolu za davanje komandi (sl. 13).

Tipke (tasteri) i pokazivači na komandno-kontrolnom uređaju ugrađuju se na principu geografskog rasporeda kolosijeka. Komandno-kontrolni aparati mogu biti ugrađeni i u ranžirnim ormarima.

Unutrašnji relejni uređaji izvršavaju radnu i sigurnosnu funkciju te funkciju održavanja uređaja stanice i pruge. Glavni dijelovi unutrašnjih relejnih uređaja su signalni releji, električne komponente uređaja, relejne grupe, stalci za releje i pribor za povezivanje relejnih uređaja.

Signalni se releji svrstavaju u grupe prema kvaliteti, o kojoj ovisi funkcija releja i stupanj zadovoljavanja posebnih sigurnosnih zahtjeva. Npr. kod signalnih releja druge grupe otvaranje se radnih kontakata signalnih releja uvijek kontrolira zatvaranjem njegovog mirnog kontakta.

U unutrašnjim se uređajima za neke funkcije ugrađuju signalni *potporni releji* s posebnim namotima za privlačenje i posebnim za vraćanje kotve u prvobitni položaj. Za nesigurnosne funkcije ugrađuju se telefonski i drugi releji.

Električne komponente uređaja (otpornici, transformatori, kondenzatori i osigurači) moraju biti vrlo pouzdane.

Funkcionalno povezani releji i druge komponente čine funkcionalne grupe ili relejne grupe. Relejne grupe mogu biti skretničke, signalne, kolosiječne i dr.

Relejni ramovi služe za ugradnju releja, relejnih grupa i drugih sklopova.

Relejne se grupe raspoređuju na ramovima prema geografskom rasporedu od početne prema krajnjoj točki pruge. U relejnim uređajima kolosiječnih slika nije zastupljen samo princip geografskog rasporeda relejnih grupa, već je na istom principu izvedeno povezivanje relejnih grupa kanalskim kabelima.

Povezivanje dijelova relejnih staničnih i pružnih uređaja mora zadovoljavati opće uvjete povezivanja, opće shemotehničke uvjete, shemotehničke uvjete za skretnice, za signale i za putove vožnje. Shemotehnički uvjeti su sigurnosni uvjeti, a uređaji koji ih zadovoljavaju sigurnosni su uređaji. Ispitivanje relejnih uređaja prema shemotehničkim uvjetima je postupak koji se naziva sigurnosnom analizom.

Signalne releje, tipke i mjenjače relejnih uređaja treba ispitivati za sljedeće moguće kvarove: neprivlačenje kotve releja, neotpuštanje kotve, nezatvaranje i neotvaranje kontakata releja, tipki i mjenjača i sl.

Postavni strujni krugovi vanjskih dijelova relejnih uređaja moraju imati takvu shemu spoja da se pri svakom postavnem procesu vodiči ispituju automatski da nisu u dodiru s vodičima istog strujnog kruga ili s drugim strujnim krugovima različitog napona, da nisu prekinuti, da nisu u dodiru s masom ili sa zemljom. Kvar se redovito mora odmah pokazati na komandno-kontrolnom aparatu, ali obavezno pri sljedećem postavljanju, a uređaj se mora automatski dovesti u stanje veće sigurnosti.

Blokirani putovi vožnje vlakova u stanicama ili na pruzi razrješavaju se automatski vožnjom vlaka za koji je taj put bio predviđen.

Svi strujni krugovi moraju biti zaštićeni od utjecaja struje elektrovuče te ostalih napona i mreža.

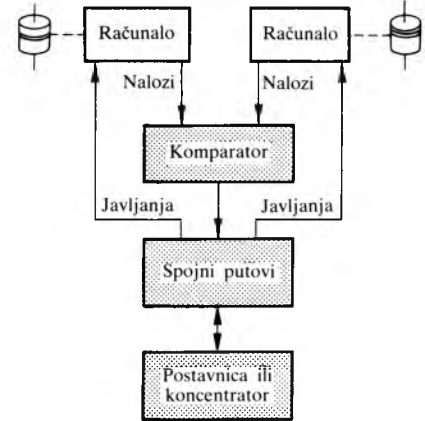
Elektronički uređaji

Unutrašnji elektronički (računalni) uređaji izvršavaju radnu i sigurnosnu funkciju te funkciju održavanja. Glavni su dijelovi unutrašnjih elektroničkih uređaja: mikračunala ili miniračunala, elektroničke komponente i sklopovi, signalni

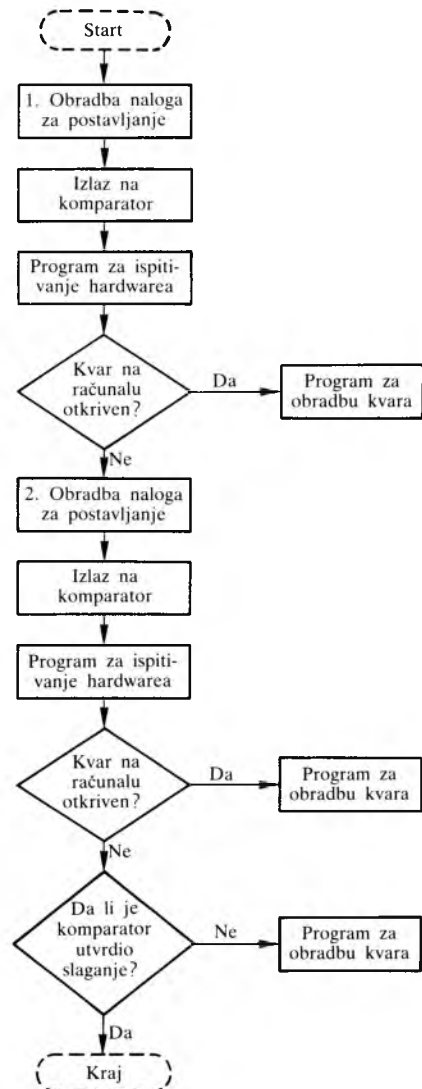
releji i međusklopovi (interface) za povezivanje računala s vanjskim dijelovima uređaja.

Računala nisu sigurnosni uređaji, ali se uspješno primjenjuju u signalno-sigurnosnim uređajima uz poseban programski uređaj (hardware) i programsku podršku (software).

Sigurnost se može postići paralelnim radom dvaju računala koja imaju izlaz na sigurnosni sklop komparatora (sl. 14). Samo kada su izlazi iz obaju procesora identični, što utvrđuje sigurnosni komparator, mogu se izlazi prosljediti kao nalog



Sl. 14. Shema sigurnosnog sklopa sa dva paralelna računala i komparatorom (sigurnosni dijelovi su označeni rasterom)



Sl. 15. Dijagram toka obradbe informacija u sigurnosnom sklopu s jednim računalom

za izvršenje. Svaka se razlika izlaza odmah otkriva, što znači da postoji mehanizam za otkrivanje kvarova.

I jedno računalo može imati sigurnosnu funkciju ako se programira prema posebnoj proceduri (sl. 15). Svi se programi i podaci unose u računalo kao dva odvojena paketa. Računalo obrađuje prvi paket i daje rezultat na komparator, a zatim se obrađuje program za otkrivanje kvara. Računalo zatim obrađuje drugi paket s istim podacima. Rezultate obradbe uspoređuje komparator. Ako je utvrđena identičnost izlaznih rezultata, nalog se upućuje na izvršenje. Ako jedno od dva računala u paralelnom radu otkáže, može se primijeniti procedura s jednim računalom. Proučavaju se i druge mogućnosti. Jedno je od *hibridnih rješenja* posebno povezivanje i posebna procedura dijaloga između dva dislocirana računala uz učešće, kontrolu i arbitražu pojednostavnjene nadzorne relejne funkcije kao nosioca globalnog prekrivanja stanja uređaja.

Sve te procedure za postizanje tražene sigurnosti uz primjenu računala poznate su pod nazivom višekanalnog principa rada za razliku od jednokanalnog principa rada s relejnim uređajem.

Pored zahtjeva za posebne sheme vezanja i rada programskog uređaja (hardwarea) sigurnosnih uređaja postavljaju se sljedeći opći zahtjevi za izradbu i rad programske podrške (softwarea) takvih uređaja: *a)* programska podrška mora biti izrađena u modulima s jasno i precizno definiranim graničnim točkama, *b)* moduli trebaju biti izrađeni po udvojenim jedinicama programskih uređaja i *c)* programska podrška mora biti što jednostavnija.

Elektroničke komponente kao što su otpornici, kondenzatori, diode, tranzistori i integrirani sklopovi u sigurnosnim sklopovima podliježu obaveznom ispitivanjima na kratki spoj, na prekid, na promjene parametara, na prespoj, na promjene polja itd.

Signalni releji u komparatorima moraju biti vrlo kvalitetni releji (signalni releji najkvalitetnije grupe).

Računalni signalno-sigurnosni uređaji imaju kao komandno-kontrolni uređaj *ekranski terminal s tastaturom*, a moguće su i druge kombinacije komandno-kontrolnih uređaja.

Uređaji za napajanje električnom energijom

Uređaji za napajanje električnom energijom povezuju relejne ili elektroničke uređaje s elektroenergetskom mrežom, osiguravaju potrebnu energiju za rad tih uređaja te osiguravaju napajanje iz rezervnog, odnosno pomoćnog izvora napajanja kad prestane redovno napajanje, a u najnepovoljnijem slučaju osiguravaju nužno napajanje.

Redovno napajanje provodi se iz javne distribucijske električne mreže napona 3×380 V ili preko pretvarača iz kontaktne elektrovoćne mreže napona 25 kV. Uz redovno napajanje mogu raditi svi stanični i pružni uređaji bez ograničenja.

Rezervno napajanje provodi se električnom energijom iz dizelskog agregata kad nestane redovno napajanje. Uz rezervno napajanje mogu također raditi svi stanični i pružni uređaji bez ograničenja. Ako se dizelski agregat može staviti u pogon u roku od ~ 15 s (normalni start), mora biti osigurano pomoćno napajanje iz pretvarača, da ne bi prekid napajanja bio dulji od 2 s. Ako se dizelski agregat može staviti u pogon u roku kraćem od 2 s (brzi start), nije potrebno napajanje iz pretvarača.

Pomoćno napajanje je napajanje iz pretvarača kad izostane redovno i rezervno napajanje. Kad se radi s pomoćnim napajanjem, stanični uređaji rade normalno uz eventualno ograničenje broja istodobno postavljenih skretnica.

Nužno napajanje osigurava vrlo ograničeni nužni rad uređaja, što znači da na ulaznim signalima svijetli pomoćno crveno svjetlo, a ulazne vožnje u stanicu daju se pomoću pozivnog signala. Mogućnost nužnog napajanja mora biti osigurana najmanje tokom 3 sata.

Napajanje uređaja uzduž pruge, uređaja putnih prijelaza i dr. osigurava se napojnim kabelom (napon 750 V) iz napojnog uređaja susjedne stanice.

Funkcije staničnih i pružnih signalno-sigurnosnih uređaja

Za postavljanje puta vožnje ulaza, izlaza ili prolaza vlaka u stanici treba načiniti sljedeće: *a)* provjeriti da se ne ugrožava prije postavljeni put vožnje; *b)* postaviti skretnice u putu vožnje, postaviti štitne skretnice i iskliznice u pravilan i ispravan položaj; *c)* postaviti uređaj putnih prijelaza u stanje »zabranjene vožnje« za cestovna vozila; *d)* provjeriti preko izoliranih odsjeka da li su kolosijeci i skretnice na putu vožnje i na putu pretrčavanja slobodni; *e)* provjeriti da li svi signali koji moraju pokazivati pojam »stoj« to i pokazuju; *f)* blokirati skretnice u pravilnom i ispravnom položaju i blokirati put vožnje te *g)* aktivirati signalni pojam »vožnja slobodna« na glavnom signalu i njegovom predsignalu za postavljene put vožnje.

Put vožnje, skretnice i uređaje putnih prijelaza vlak razrješava automatski svojim kretanjem po postavljenom putu vožnje, i to tako da postepeno zauzima i oslobađa izolirane odsjeke na svom putu. Postavljeni put vožnje može se, ako je potrebno, i prisilno razrješiti.

Osim putova vožnji vlakova signalno-sigurnosni uređaji većih stanica omogućavaju postavljanje i razrješavanje manevarskih putova vožnje.

Za postavljanje puta vožnje na pruži treba preko uređaja za kontrolu kolosijeka provjeriti nezauzetost pruge, tražiti i dobiti od susjedne stanice dopuštenje za smjer na pruži, te postaviti smjer i postaviti put vožnje izlaza na prugu.

Postavljeni put vožnje izlaza, a zatim postupno po dijelovima pruge i prostorne signale, razrješava vlak svojim postupnim zauzimanjem i oslobađanjem uređaja za kontrolu kolosijeka.

Postavljanje i razrješavanje puta vožnje u stanici i na pruži radna je funkcija staničnih i pružnih signalno-sigurnosnih uređaja. Uređaji moraju imati visoku pouzdanost za izvršavanje radne funkcije.

Radna se funkcija uređaja prikazuje tablicom zavisnosti za uređaje sa slobodnim uklapanjem, a za uređaje kolosiječnih slika s kanalnim i kružnim veznim kabelima radna se funkcija prikazuje samo planom povezivanja relejnih grupa.

Uz svaki postupak koji pripada radnoj funkciji mora se paralelno odvijati procedura određena dijagramom, koji definira signalno-sigurnosni uređaj (sl. 9), tj. mora se osigurati sigurnosna funkcija uređaja. Izlazi prema dijagramu moraju uvijek završiti na onim izlazima koji važe za sigurnosne uređaje.

Signalno-sigurnosni uređaji moraju, osim toga, osigurati i funkciju održavanja uređaja. Uređaje treba tako odabrati da se pojednostavni projektiranje, izrada, ispitivanje, ugradnja, ispitivanje u pogonu i rukovanju. Osim toga, treba predvidjeti nadogradnju i postepeno ugradnju složenijih uređaja za sigurniji promet, bez kojih se ne mogu postići brzine vlakova do 300 km/h. Pri tome treba uzeti u obzir i ekonomske kriterije. Očekuje se da će elektronički uređaji bolje zadovoljiti postavljene zahtjeve od relejnih uređaja.

Vrste i varijante staničnih i pružnih signalno-sigurnosnih uređaja

Prema funkcijama i sastavnim dijelovima svi se stanični i pružni signalno-sigurnosni uređaji mogu svrstati u četiri osnovne vrste: mehanički, elektromehanički, relejni i elektronički uređaji.

Mehanički uređaji stanični su uređaji s likovnim signalima kojima se rukuje s jednog mjesta ručnim postavljanjem skretnica ili postavljanjem skretnica pomoću mehaničkih postavnih sprava, bez uređaja za kontrolu kolosijeka i bez zavisnosti ili s mehaničkom zavisnošću u mehaničkoj postavnici.

Pružni mehanički uređaji mogu biti odjavnice s likovnim signalima i mehaničkim postavnicama.

Elektromehanički uređaji stanični su uređaji s likovnim signalima, kojima se rukuje s više mjesta, ručnim postavljanjem skretnica ili postavljanjem skretnica pomoću mehaničkih postavnih sprava, bez zasuna ili s njim, bez zavisnosti signala

sa skretnicama ili s tom zavisnošću, bez uređaja za kontrolu kolosijeka ili s tim uređajem samo za razrješenje i s elektromehaničkom zavisnošću putova vožnje, odnosno sa sigurnosnom funkcijom ostvarenom u blokovnim aparatima.

Relejni uređaji stanični su uređaji sa svjetlosnim signalima, kojima se upravlja s jednog ili s više mjesta ručnim postavljanjem skretnica ili postavljanjem pomoću različitih skretničkih sprava, bez zavisnosti signala od skretnica ili s tom zavisnošću, s uređajima za kontrolu kolosijeka koji služe samo za razrješenje ili za razrješenje i za kontrolu stanja kolosijeka te s električnom zavisnošću putova vožnje, odnosno s ostvarenjem sigurnosne funkcije pomoću relejnog uređaja.

Pružni relejni uređaji mogu biti odjavnice, međustanična zavisnost, odnosno automatski pružni blok s relejnim uređajima i svjetlosnim signalima.

Elektronički uređaji na stanicama i prugama prema vanjskim dijelovima uređaja, te prema radnim i sigurnosnim funkcijama jednaki su relejnim signalno-sigurnosnim uređajima, s tim da se radna i sigurnosna funkcija te funkcija održavanja ostvaruje računalima i elektroničkim sklopovima ili kombinacijom računalnih i relejnih uređaja. Međustanična zavisnost između uređaja dviju susjednih stanica ostvaruje se kao zavisnost izlaznih signala tih stanica uz kontrolu nezauzetosti pruge.

Automatski pružni blok je pružni signalno-sigurnosni uređaj koji automatski upravlja kretanjem uzastopnih vlakova na pružnim odsjecima između dviju stanica pomoću prostornih svjetlosnih signala na kojima su signalni pojmovi u električnoj zavisnosti od stanja zauzetosti odsjeka pruge štice tim signalima.

Uređaji automatskog pružnog bloka mogu imati kontinuiranu kontrolu prostornih odsjeka kolosijeka (izolirani odsjeci) ili kontrolu kolosijeka pomoću brojača osovina.

UREĐAJI PUTNIH PRIJELAZA

Uređaji putnih prijelaza osiguravaju promet na mjestima prijelaza ceste preko željezničke pruge u istoj razini.

Vanjski dijelovi uređaja putnih prijelaza (sl. 16) mogu biti svjetlosni signali, signal »dva vlaka«, polubranici, puni branici, elementi uključčenja na pruži, signali uključnih točaka i kontrolni svjetlosni signali na pruži.



Sl. 16. Vanjski dijelovi signalno-sigurnosnih uređaja u trenutku postavljanja polubranika

Unutrašnji uređaji putnih prijelaza služe za mehaničko ili električno povezivanje dijelova uređaja, za rukovanje i kontrolu rada. Unutrašnji dijelovi uređaja su mehanički postavljači branika, komandno-kontrolni aparati, relejni i napojni uređaji.

Svjetlosni signal na putnom prijelazu ima trokutni oblik. Na žutom su polju ploče dvije crvene signalne svjetiljke, koje su ugašene ako je prijelaz slobodan za cestovna vozila, a izmjenično se pale i gase ako je prijelaz cestovnim vozilima zabranjen.

Svaki putni svjetlosni signal mora imati jako zvučno električno signalno zvono. Taj signal mora biti vidljiv s

udaljenosti od 50 m za putove s gustim prometom motornih vozila, a 20 m za ostale putove.

Na putnim prijelazima preko dvokolosiječnih i paralelnih pruga osiguranih samo putnim svjetlosnim signalima može se ovim signalima dodati signal »dva vlaka«.

Branici. Polubranici za putne prijelaze služe za zatvaranje desne strane ceste s jedne i s druge strane prijelaza. Trajanje je spuštanja polubranika 8...12 s, a vrijeme dizanja 5...10 s. Prije početka spuštanja motki mora se uključiti predzvonjenje u trajanju do 15 s.

Motke polubranika moraju biti lagane konstrukcije i dobro vidljive s ceste. Osim toga, motke moraju imati oslabljeno mjesto u blizini osi rotacije, da se motka jače ne ošteti ako cestovno vozilo naleti na spuštenu motku. Motka branika i pogon za njezino postavljanje moraju biti tako izvedeni da onda kad nestane napajanja motke padnu u spuštenu položaj. Na vrhove se motaka ugrađuju crvene svjetiljke, a uzduž motke moraju biti ugrađena najmanje tri reflektirajuća stakla.

Puni branici u spušenom položaju potpuno zatvaraju put, a ugrađuju se na zaposjednutim putnim prijelazima koje kontroliraju čuvari putnih prijelaza.

Koljenasta osovina i vezna motka mehanizma sprečavaju nasilno dizanje branika. Mehanizam za predzvonjenje ugrađuje se na putne prijelaze s punim branicima na udaljenosti od 50...500 m od mjesta postavljanja branika. Trajanje predzvonjenja iznosi 5...60 s. Motke punih branika tako su uravnotežene da, onda kad pukne žicovod, same dolaze u donji horizontalni položaj. Noću motke moraju imati crveno svjetlo na sredini motke, a na putovima s gustim automobilskim prometom moraju imati najmanje pet crvenih reflektirajućih stakala postavljenih uzduž motke.

Za uključčenja i isključčenja uređaja putnih prijelaza na pruži služe tračnički kontakti i izolirani odsjeci. Udaljenost točaka za uključivanje od mjesta prijelaza ovisna je o maksimalnoj brzini vlaka, širini prijelaza i minimalnoj brzini cestovnog vozila, što se određuje proračunom. Isključne su točke uređaja u neposrednoj blizini putnog prijelaza, ali najbliže oko šest razmaka pragova, da bi bar donekle bile zaštićene od cestovnih vozila. Mjesto ugradnje uključne točke na pruži obilježava se signalom uključne točke.

Kontrolni signali. Kontrolni svjetlosni signali i pomoćni kontrolni signali pokazuju voznom osoblju vlaka stanje uređaja putnih prijelaza. Kontrolni se svjetlosni signali ugrađuju na udaljenosti zaustavnog puta vlaka od putnog prijelaza. Pomoćni se kontrolni signali ugrađuju bliže putnom prijelazu ako se predviđa da će se vlak zaustaviti između kontrolnog signala i putnog prijelaza.

Komandno-kontrolni aparati putnih prijelaza služe za davanje ručnih komandi za spuštanje i dizanje motaka te za pokazivanje rada i stanja branika preko kontrolnih žaruljica i pokazivača. Ako je putni prijelaz u staničnom području, komandno-kontrolni je aparat dio staničnog uređaja.

U unutrašnjim uređajima putnih prijelaza moraju se upotrebljavati signalni releji i relejne grupe koji su definirani u dijelu za unutrašnje stanične i pružne signalno-sigurnosne uređaje. Temperaturni raspon koji osigurava dobar rad releja u zgradama iznosi od -10°C ... $+50^{\circ}\text{C}$, a u ormarima ili metalnim kućicama od -30°C ... $+70^{\circ}\text{C}$.

Uređaji putnih prijelaza napajaju se neposredno iz distribucijske niskonaponske mreže, u okviru napajanja ostalih staničnih uređaja ili iz posebnog pružnog napojnog kabela. Akumulatorske baterije takvih uređaja moraju imati rezervu za 8 sati napajanja.

Ukoliko se upotrebljavaju uređaji bez redundancije, mora se osigurati kontrola rada tih uređaja na glavnim pružnim svjetlosnim signalima ili na kontrolnim pružnim svjetlosnim signalima.

Vrsta i varijanta uređaja putnog prijelaza za svako pojedino mjesto ugradnje određuje se na osnovi ranga pruge i ceste te veličine i vrste prometa na pruži i na cesti, što je sve definirano pravilnicima za osiguranje putnih prijelaza.

AUTOSTOPNI UREĐAJI

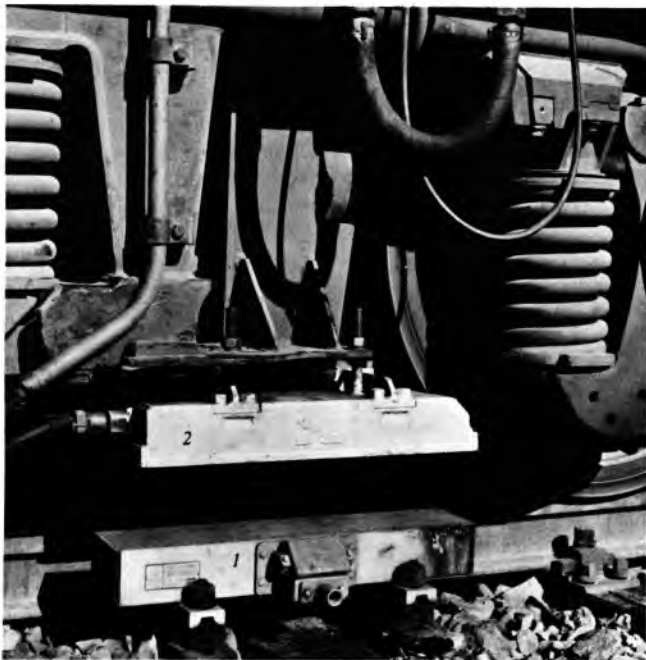
Autostopni signalno-sigurnosni uređaji služe da na određenim mjestima pruge kontroliraju propisanu brzinu vlaka i pri potrebi da automatski uključe uređaje za kočenje vlaka. To je točkasti autostopni uređaj.

Prema mjestu ugradnje i funkciji autostopni se uređaj izvodi kao pružni uređaj i kao uređaj na lokomotivi.

Pružni autostopni uređaji stabilni su pružni uređaji povezani na svjetlosne stanične i pružne signale, a služe za davanje podataka o pokazivanju signala autostopnom uređaju na lokomotivi.

Ako je autostopni uređaj vezan na pokazivanje svjetlosnih signala, dijelovi su pružnog autostopnog uređaja relejni sklop na signalu, vodovi za povezivanje i pružni ključni krug (baliza). Ako, međutim, autostopni uređaj nije vezan na signale, onda nema ni relejnog sklopa ni vodova za povezivanje, nego je samo pružni ključni krug.

Relejni sklop na signalu, ugrađen u posebnu kutiju na signalu, omogućuje tri osnovna signalna pojma: vožnja nesmanjenom brzinom, vožnja smanjenom brzinom i vožnja zabranjena.



Sl. 17. Dijelovi autostopnih uređaja (1 pružni, 2 lokomotivski) kod kontrolnog mjesta na izlazu iz lokomotivskog depoa

Pružni ključni krug (baliza) dio je točkastog autostopa, a služi za beskontaktni i bežični prijenos informacija s pruge na lokomotivu. Baliza može biti promjenljiva (radi s frekvencijama 1000 ili 2000 Hz) i stalna (frekvencija 500 Hz). Baliza se ugrađuje na pragove uz tračnicu izvan slobodnog profila pruge. Promjenljiva se baliza ugrađuje uz stupove ulaznih signala i predsignala, izlaznih signala glavnog prolaznog kolosijeka i pružnih signala automatskog pružnog bloka. Na izlazu iz lokomotivskih depoa ugrađuje se baliza (sl. 17) radi kontrole ispravnosti autostopnih uređaja na lokomotivama. Nepromjenljive se balize ugrađuju na mjestima stalnih laganih vožnji ili ispred određenih točaka na pruži.

Autostopni uređaji na lokomotivi služe za primanje podataka s balize, obradu tih podataka i davanje, kada to treba, komandi uređajima za kočenje vlaka. Glavni su dijelovi: antena, komandno-kontrolna ploča, registracijski aparat i relejni uređaj.

Antena je dio uređaja ugrađen na donjem dijelu lokomotive, a služi za primanje podataka s balize, kada u vožnji prelazi iznad nje.

Komandno-kontrolna ploča ugrađena je u kabini strojovođe, a služi za davanje komandi, za kontrolu izvršenja

komandi, za kontrolu prijema informacija od pružnih uređaja autostopa i za kontrolu rada i stanja samih uređaja. Komandno-kontrolna ploča mora imati *tipku budnosti*, *tipku vožnje po nalogu* i *tipku razrješenja*, pripadne kontrolne žarulje te zvučni alarmni signal.

Registracijski aparat u kabini strojovođe kontinuirano registrira brzinu vlaka, ali i rad autostopnih uređaja.

Relejni uređaj na lokomotivi povezuje sve dijelove autostopnih uređaja na lokomotivi, prima i obrađuje podatke dobivene s baliza, prima kriterije s komandnih tipaka, upravlja radom čitavog uređaja, izdaje naloge za prisilno kočenje te kontrolira svoj rad.

Autostopni uređaji ugrađuju se redovito na prugama osiguranim relejnim ili elektroničkim signalno-sigurnosnim uređajima. Ukoliko pruga nije opremljena autostopnim uređajima, brzine vlakova ne smiju biti veće od 100 km/h.

SPECIJALNI SIGNALNO-SIGURNOSNI UREĐAJI

Uređaji za automatsko upravljanje brzinom vlaka. Točkasti autostopni uređaj upotrebljava se za brzine vlakova do 140 km/h. Za veće brzine, koje su u Evropi već uobičajene, točkasti autostop nije pogodan, pa se moraju ugrađivati uređaji za automatsko upravljanje brzinom vlaka.

Podaci o stanju pruge, i do 10 km ispred vlaka, prenose se s pruge na vlak kontinuirano, pa se u kabini strojovođe dobiva krivulja potrebne brzine. Stvarnu brzinu vožnje uređaj može automatski prilagoditi potrebnoj brzini ili to radi strojovođa na osnovi podataka s pokazivača brzine.

Uređaji za optimalno vođenje vlakova služe za optimiranje brzine vožnje u realnim pogonskim uvjetima.

Na lokomotive se postavlja mikroračunalo, na koje se implementira algoritam optimalnog vođenja vlaka s podacima o lokomotivi, vlaku, pruži i vremenskim uvjetima. Kontrolni podaci o stanju na pruži dobivaju se na određenim točkama pruge.

Kao rezultat optimiranja dobiva se optimalna brzina i optimalna upravljačka funkcija lokomotive uz minimalnu potrošnju energije. Upravljačka se funkcija može automatski zadavati lokomotivi ili to radi strojovođa prema podacima s instrumenata i pokazivača.

Uređaji za daljinsko upravljanje služe za racionalnije upravljanje s jednog mjesta s više staničnih i pružnih signalno-sigurnosnih uređaja, za automatsko postavljanje putova vožnji u stanicama, na prugama i u čvorištima, za praćenje kretanja vlakova te za praćenje stanja signalno-sigurnosnih uređaja.

Dodatni su dijelovi uređaja za daljinsko upravljanje: uređaji za davanje broja vlaka i vozograf te drugi dodatni dijelovi i sklopovi (obavijesti putnicima, registracija kvarova i dr.)

Uređaji za daljinsko upravljanje staničnim i pružnim signalno-sigurnosnim uređajima sastoje se od sklopova za



Sl. 18. Dio elektroničkog uređaja za daljinsko upravljanje željezničkim prometom

povezivanje (interface) sa signalno-sigurnosnim uređajima u stanicama, krajnjih uređaja u stanicama i u centru za daljinsko upravljanje, prijenosnih putova te komandno-kontrolnog aparata u centru za daljinsko upravljanje. Uređaji za daljinsko upravljanje mogu biti relejni (stari tipovi) i električni s računalima (sl. 18).

Komandno-kontrolni aparati u centru za daljinsko upravljanje mogu biti izvedeni u obliku stola, koji je nastavak staničnog komandno-kontrolnog stola, u obliku posebnog komandno-kontrolnog stola, u obliku kontrolne ploče odvojene od stola s kojeg se daju komande tako da se istodobno na ekranskim terminalima na stolu vide stanja na pruži i sve kontrole uređaja.

Na komandnom stolu u centru za daljinsko upravljanje uz tastaturu za daljinsko upravljanje nalazi se tastatura za davač broja vlaka, štampači i drugi registratori događaja. Vozograf služi za registraciju stvarnog grafikona reda vožnje.

U uređaje za daljinsko upravljanje spadaju po načinu upotrebe i uređaji za daljinsko postavljanje signalno-sigurnosnih uređaja.

Sigurnosne funkcije uređaja za daljinsko upravljanje imaju stanični i pružni signalno-sigurnosni uređaji, pa se uređaji za daljinsko upravljanje ne smatraju sigurnosnim uređajima.

S. Janjanin

RUDNIČKA SIGNALNO-SIGURNOSNA TEHNIKA

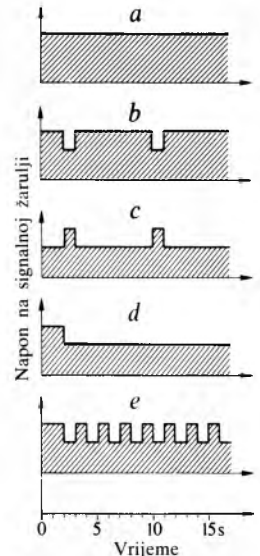
Stalna ugroženost radnika i potreba efikasnog rudarenja uvjetovali su razvoj signalno-sigurnosnih sustava, koji s jedne strane smanjuju neposrednu ugroženost radnika, a s druge strane kontroliraju i signaliziraju stanje parametara rudničke atmosfere, ventilacije, odvodnjavanja, elektroenergetske mreže, transporta, te odvijanja tehnoloških operacija na pojedinim cjelinama ili na pojedinim strojevima.

Sustavi signalizacije u rudnicima s podzemnom eksploatacijom postepeno su ulazili u primjenu u rudnike. Početkom rudničke signalizacije može se smatrati praćenje pojave metana na osnovi klonulosti kanarinaca. Kanarinci su, naime, osjetljivi na vrlo niske koncentracije metana (niže od donje granice eksplozivnosti). Iako su kanarinci dugo ostali sudrugovi rudara, s vremenom su razvijeni novi postupci kao što je Davyjeva svjetiljka, a poslije 1882, kada električna energija ulazi u rudnik (pumpa za odvodnjavanje snage 4 kW), postepeno se razvijaju električni sustavi za signalizaciju. Ilustrativan je primjer iz 1912. kada je u rudnicima u Velikoj Britaniji bio uveden jednostavan sustav za signalizaciju uzduž rudničkih tehnoloških putova, a sadržavao je dvije neizolirane, malo razmaknute, bakrene žice na jednom kraju kojih su bile vezane električne baterije i signalno zvono, a drugi kraj je bio otvoren. Premoštenjem žica zatvarao se strujni krug. Dogovorenim sustavom signala dobio se učinkovit način sporazumijevanja. No velika nesreća u jednom od rudnika u južnom Walesu (1913) upozorila je na to da bi takav sustav signalizacije mogao biti i uzročnikom eksplozije metana, što su istraživanja i potvrdila, ali je pronađeno i rješenje da se taj način signalizacije učini neopasnim. Naime, smanjivanjem električne energije, koja se može osloboditi iz takvog kruga u eksplozivnu smjesu, nastao je sustav koji nije opasan u smislu paljenja metana, a s jednakom učinkovitošću signalizacije. To je ujedno i prvi samosigurni uređaj (vrsta protueksplozijske zaštite).

Dalji razvoj električnih sustava u industriji direktno se odrazio na sustave signalizacije u rudarstvu, tj. sustavi signalizacije uobičajeni u industriji primijenjeni su u rudarstvu, ali je na njih primijenjena protueksplozijska zaštita, kako ne bi bili uzročnici paljenja metana tijekom svoje funkcionalne uporabe.

U suvremenom rudarstvu, da bi se postigla potrebna efikasnost, u sve tehnološke operacije moraju se uključivati odgovarajući sustavi signalizacije, uključujući i prijenosne sustave, odnosno praćenje određenih parametara i signaliziranje njihovih promjena. To se prije svega odnosi na praćenje

parametara i njihovih promjena u sustavima: ventilacije, rudničke atmosfere, odvodnjavanja, elektroenergetske mreže i transporta.



Sl. 19. Grafički prikaz vremenske ovisnosti svjetlosnog signala stanja rudničke energetske mreže: a ispravno stanje pogona, b zemljospoj ($R < 20 \Omega$ po voltu nazivnog napona mreže), c kratki spoj, d zemljospoj i kratki spoj, e oštećenje kabela i ostale pogreške

Rudarski propisi određuju što se mora pratiti u pojedinom sustavu i koje su granične vrijednosti pojedinih parametara. Propisima, međutim, nisu određeni signalizacijski sustavi, kako će se signalizirati normalno stanje i koji i kakvi su signali prekoračenja graničnih vrijednosti, već je to prepušteno proizvođačima opreme. Primjer uobičajenog signaliziranja stanja rudničke niskonaponske energetske mreže prikazan je na sl. 19.

Općenito o rudničkoj signalizaciji

Signalizacija se u rudnicima provodi svjetlom (signalna svjetla, semafori) i zvukom (zvučnici, trube, zvona) koji su sastavni dijelovi uređaja, a da bi se skrenula pažnja radnika na signal, tj. da bi se nadvladala tehnološka buka, odnosno nastalo stanje učinilo vidljivim na mjestu gdje su prisutni ljudi, ta se signalizacija obično kombinira s izmaknutim semaforima i zvučnicima.

Uređaji za signalizaciju moraju se napajati iz izvora koji su galvanski odvojeni od elektroenergetske mreže. Za to se mogu upotrijebiti naponi do 220 V. Za napone više od 50 V potrebne su posebne zaštitne mjere u skladu s propisima koji vrijede za rudničke elektroenergetske mreže. Ako je struja kratkog spoja manja od trajno dopuštene struje kabela i voda, nije potrebno predvidjeti zaštitu od preopterećenja i kratkog spoja.

U instaliranju signalnih strujnih krugova mora se poštivati načelo da se različiti signalni vodovi ne smiju voditi u istom kabelu, kao i načelo pouzdanog odvajanja od kabela elektroenergetske mreže, i to najmanje 100 mm od kabela s naponom do 1000 V, a 300 mm od kabela s naponom iznad 1000 V. Od toga se može odstupiti samo kod signalizacije uz transportne putove, gdje se telefonski vod (i to samo lokalne telefonije) može voditi u istom kabelu, ali se mora dokazati da telefonski vod neće utjecati na signalni vod ni u slučaju kvara.

Rudnička signalizacija s naponom višim od 24 V izvodi se propisanim kabelima (kabeli s oznakom PP-00 do PP-45, EpP-00 do EpP-45, TP33, TP34 i RF75). Za stalno postavljene instalacije upotrebljavaju se armirani kabeli, a za privremene i prijenosne instalacije giblivi vodovi. Za brzu i efikasnu signalizaciju uzduž rudničkih komunikacija mogu se postaviti specijalni kabeli, koji su tako izvedeni da se vodiči stiskanjem kratko spajaju i tako omogućuju signalizaciju (ideja prvog samosigurnog kruga). To se može ostvariti samo ako je krug samosiguran. Za signalizaciju u rudnicima koriste se kabeli svijetlo sive boje (signalni) ili svijetlo plave (ako su signalni krugovi u izvedbi samosigurnosti).

Kućišta signalnih uređaja moraju biti zaštićena, a u rudnicima u kojima se može pojaviti metan moraju biti u

protueksplozijskoj izvedbi. Zatvaraju se posebnim alatom. Ako u istom kućištu postoje dva ili više signalnih krugova, oni moraju biti posebno označeni. Izvedba signalnih naprava mora biti takva da ne omogućuje slučajno davanje signala.

Za osiguranje pouzdane signalizacije preporučuje se da na mjestu davanja signala postoji potvrda da je signal dan, te signalizacija prekida strujnog kruga za prijenos signala. Potvrda signala je obavezna ako krivi signal ili izostanak signala može ugroziti zaposleno osoblje.

Signalizacija u rudničkom transportu. Signalni uređaji rudničkog transporta moraju zadovoljiti i zahtjeve koji ovise o nagibu transportnog puta. S obzirom na nagib transportnog puta razlikuje se transport s nagibom većim od 15° od horizontalnog transporta (nagib manji od 15°).

Transport s nagibom većim od 15°. Signalni uređaji izvoznih strojeva i izvoznog vitla u niskopu moraju biti priključeni na poseban transformator na koji se ne smije priključiti nijedno drugo trošilo. Ako se transportnim izvoznim strojem prevoze i ljudi, instalacije moraju imati kontrolnik izolacije i signalne uređaje koji signaliziraju pad napona. Ako otpor izolacije postane manji od 20 Ω po voltu nazivnog napona ili ako napon padne na vrijednost manju od 90% nazivnog napona, mora se zabraniti prijevoz ljudi.

Na kontrolnoj ploči izvoznog stroja mora postojati signalni uređaj koji pokazuje da su zatvorena sva vrata u izvoznom oknu. Uređaj za blokiranje pokretanja izvoznog stroja sprečava stavljanje u pogon toga stroja dok sva vrata ne budu zatvorena. Brzina veća od najveće dopuštene dojavljuje se zvučnim ili svjetlosnim signalom. Tahogram registrira brzinu vožnje (vozna krivulja), povratni upit glavnog signalista, dozemni spoj na instalaciji, signal spremnosti (najdonji horizont, površina) upotrebu signalnog tipkala i signalno-govorne naprave u oknu, vožnju ljudi (revizija užeta), signal opasnosti i pritegnutost kočnice. Posebno se signalizira stanje vode na dnu izvoznog okna.

Operativna signalizacija između odvozišta, navozišta i prostorije izvoznog stroja izvodi se kao zvučna i svjetlosna s uređajima za povratnu signalizaciju. Ako postoje dva izvozna stroja, moraju se predvidjeti različiti zvučni signali. Da bi se spriječila moguća nesreća, navozač (odgovorni signalist) koji kontrolira signalizaciju mora imati poseban signalni uređaj za davanje naloga za zaustavljanje izvoznog stroja ako primijeti da izvršni signal ne odgovara danom signalu.

Da bi se uz potrebnu sigurnost mogli izvoditi radovi u oknu i revizija okna, mora se osigurati neposredna veza između izvozne posude i odvozišta, odnosno navozišta, a strojar izvoznog stroja mora imati svjetlosnu signalizaciju položaja slobodnog bubnja.

Transport s nagibom manjim od 15° (horizontalni transport). Signalizacija horizontalnih transportnih uređaja služi u prvom redu za osiguranje tehnološkog procesa, pa se može upotrijebiti i lokalna telefonija. Za horizontalni transport nije propisana vrsta signalizacije. Ona se obično napaja iz rasvjetne električne mreže, pa se paljenje i gašenje rasvjete može iskoristiti za signalizaciju. Za to se moraju upotrijebiti žarulje sa žarnom niti. Budući da se horizontalni transport često izvodi (lančani, gumeni i sl. transporter), razvijeni su kontrolni uređaji za osiguranje kontinuiranog rada. Osnova je toga sustava da se s početka transportne linije (utovar) pošalje signal ispitivanja stanja transportnih uređaja, koji se kao povratna informacija vraća na početnu točku s mjesta gdje je dio transportnog sustava već u pogonu. Nakon toga se zvučnim signalom upozorava da se uključuje prvi transporter. Zastoj u transportu (pucanje, pretovarenost transportera) signalizira se zvučnim signalom promjenljive intenzivnosti i indicira na pokaznom instrumentu ili optoelektroničkom pokazivaču mjesto gdje je nastao kvar.

Signalizacija rudničke ventilacije. U podzemnim je rudnicima potrebno osigurati dovoljnu količinu zraka. To se postiže ventilacijom, koja je ujedno i primarna protueksplozijska zaštita, jer se trajnim provjetranjem odvođe iz rudničkih prostora zapaljivi plinovi, u prvom redu metan, pa se udio zapaljivih plinova održava ispod granice eksplozivnosti. Da

bi se postigla dovoljna količina zraka, potrebno je osigurati protok zraka od 3 m³/min po radniku na dubini do 400 m, a protok od 4 m³/min po radniku za rudnike na većim dubinama. Brzina zračne struje ne smije biti manja od 0,5 m/s, a ni veća od 4 m/s. U neproizvodnim područjima brzina zračne struje može iznositi i 8 m/s. Temperatura zraka treba biti 23 °C.

Da bi se mogli kontrolirati ovi parametri i signalizirati poremećaji ventilacije, u rudničkim komunikacijama postoje vjetrove stanice koje ne smiju biti kraće od 5 m i koje osiguravaju definirane uvjete u profilu. U prostorijama koje nisu u protočnoj zračnoj struji osigurava se potrebna količina zraka pomoću ventilatora. Da zrak ne bi kružio u takvim prostorijama, kontrolira se količina zraka u glavnoj zračnoj struji i u posebno provjetranom prostoru. To čini poseban uređaj – kontrolnik ventilacije, koji može kontrolirati normalno i granično stanje ventilacije. Taj kontrolnik može i blokirati uklapanje električne energije ako je količina zraka koji se ubacuje u posebno provjetravani dio veća od količine zraka u protočnoj ventilaciji (opasnost od kruženja zračne mase), ako je izolacija mreže ispod dopuštene granice (20 Ω/V) ili ako je količina metana preko dopuštene granice (najčešće 1,5%). Ako je došlo do prestanka ventilacije u određenom vremenu, ako se povećava koncentracija metana iznad dopuštene granice ili ako dođe do promjene režima ventilacije u protočnoj struji (npr. smanjenje intenziteta ventilacije koje bi dovelo do suviše velikog odvođenja zračne mase u posebno provjetravani dio), kontrolnik ventilacije automatski isključuje elektroenergetsku mrežu u posebno provjetranom dijelu i signalizira što je tome uzrok.

Rudnička atmosfera. Stanje je atmosfere u rudniku sastavni dio sigurnosti rudnika. U rudničkoj atmosferi udio kisika uvijek mora biti veći od 19%, udio metana ne smije prekoračiti propisane granice, a to vrijedi i za ostale sastojke atmosfere. O dopuštenim graničnim vrijednostima tih udjela v. *Rudarstvo, vjetrenje rudnika*, TE 11, str. 686.

Mjerenje, odnosno indiciranje sastava rudničke atmosfere te mjerenje količine, brzine i temperature zraka provodi se na odabranim karakterističnim mjestima u rudniku. Mjerni i indikacijski instrumenti osnivaju se na poremećaju električne ravnoteže mjernog mosta koji u jednoj od grana ima osjetni element. Osjetni se elementi osnivaju na toplinskoj vodljivosti, katalitičkom djelovanju, kemijskim reakcijama i apsorpciji atoma u poluvodiču (v. *Električna mjerenja*, TE 3, str. 638).

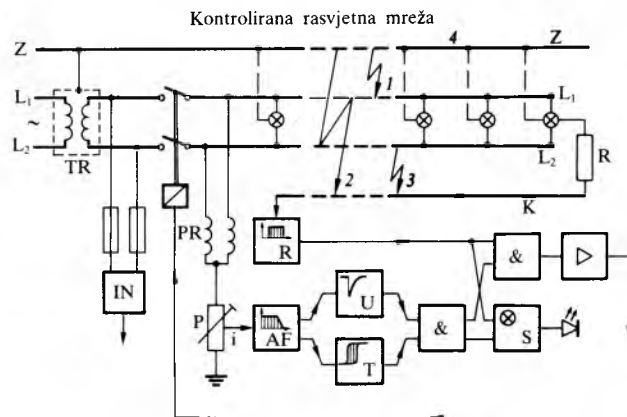
Spomenuti mjerni uređaji mogu biti prenosivi i stalni. Prenosivi elementi imaju vlastiti izvor energije i obično su u protueksplozijskoj izvedbi samosigurnosti kategorije *ib* ili *ia* (propisano JU standardima i rudarskim propisima). Oni se mogu upotrebljavati i kad je udio metana veći od dopuštenoga. Mjerena vrijednost se iskazuje u analognom ili digitalnom prikazu, a izvode se zvučnim ili svjetlosnim alarmom ili bez njega. Ukoliko se prijenosni uređaj veže na elektroenergetsku mrežu za napajanje i punjenje baterije, te ima izlaze za sustav daljinskog prijenosa, takav se uređaj mora posebno atestirati u okviru sustava daljinskog prijenosa, ukoliko se želi njegova upotreba iznad graničnih koncentracija metana. Stalno postavljani uređaji, koji se upotrebljavaju za daljinski prijenos moraju biti posebno atestirani kao samosigurni sustavi kategorije *ia* da bi mogli ostati u radu iznad granične koncentracije. Za povećanje opće sigurnosti rudnika posebno su važni stabilni uređaji vezani u daljinski prijenos, s obzirom na to da se svi važni podaci o stanju rudničke atmosfere vode na centralno mjesto (dispečerski centar), te se na osnovi smjera promjena parametara pravovremeno poduzimaju potrebne sigurnosne mjere. Kako se sva mjerenja i signalizacije uređaja za mjerenje parametara rudničke atmosfere ne mogu smatrati zaštitnom mjerom, nego samo mjerom za povećanje opće sigurnosti, ne smiju se ispuštiti standardizirane zaštitne mjere (npr. uređaji u protueksplozijskoj zaštiti) niti ta mjerenja i signalizacije smiju biti jedino mjerilo za povlačenje ljudi ili nastavak rada.

Odvodnjavanje. Dotok vode u rudnicima česta je pojava i vrlo je važno imati signalizaciju stanja razine vode u

vodosabirnicima. Voda se skuplja u vodosabirnicima i uklanja se pumpanjem. Rad sustava za odvodnjavanje je automatski uz sveobuhvatnu signalizaciju. Pumpama se upravlja kontrolnikom odvodnjavanja što ga aktivira davač razine vode u vodosabirniku.

Elektroenergetska mreža. U rudnicima se s podzemnom eksploatacijom gotovo uvijek, a u rudnicima s metanom obavezno, upotrebljavaju izolirane elektroenergetske mreže (sustav mreže IT) s kontrolom nastanka dozernog i kratkog spoja.

U takvim mrežama uređaji za kontrolu izolacije signaliziraju u rudnicima bez metana smanjenje otpora izolacije na 50Ω po voltu nazivnog napona mreže, a u rudnicima s metanom smanjenje izolacije na $100 \Omega/V$. Elektroenergetska se mreža isklapa uz odgovarajuću signalizaciju u rudnicima bez metana kad se otpor izolacije smanji na $10 \Omega/V$, a u rudnicima s metanom kad se otpor izolacije smanji na $20 \Omega/V$. Mehaničko oštećenje kabela kontrolira se pomoću kontrolnog voda u energetskom kabeu. U kontrolniku postoji logička jedinica koja reagira kad je otpor izolacije jako malen (manji od 800Ω) i kad je taj otpor jako velik (veći od $3 \dots 4 \text{ k}\Omega$), pa se tako dojavljuje kratki spoj, odnosno prekid vodiča. Postoji, osim toga, niz kontrolnih uređaja kojima se kontrolira stanje pojedinih dijelova elektroenergetske mreže. To su kontrolnik niskonaponske mreže (uz glavni transformatorski prekidač), kontrolnik rasvjetne mreže (sl. 20) i kabelni kontrolnici.



Sl. 20. Logička shema djelovanja rasvjetnog kontrolnika. L_1 i L_2 fazni vodiči, Z zaštitni vodič, K kontrolni vodič, TR transformator, P potencijometar za namještanje graničnog izolacijskog otpora koji je mjerodavan za djelovanje kontrolnika, R zaključni otpornik kontrolnog strujnog kruga. Brojevima su označene moguće pogreške na koje djeluje kontrolnik: 1 kratki spoj, 2 kratki spoj zaštitnog i kontrolnog vodiča, 3 spoj faznog i kontrolnog vodiča, 4 prekid zaštitnog vodiča (uzemljenja rasvjetnih armatura ili kontrolnog vodiča)

Pomoću tih uređaja kontrolira se stanje izolacije i oštećenje kabela, a ovisno o stanju kabela kontrolnik djeluje na prekidač te kodirano signalizira stanje u mreži.

M. Matasović

LIT.: F. V. Webster, B. M. Cobbe, Traffic Signals. Her Majesty Stationery Office, London 1960. – J. W. Korte, Osnovi projektiranja gradskog i međugradskog putnog saobraćaja (prijevod). Građevinska knjiga, Beograd 1968. – P. Pützinger, E. R. Suser, Lichtsignalanlagen für den Strassenverkehr. Bauverlag, Wiesbaden 1968. – A. Žitnik, Meritve, montaža in vzdrževanje signalnovarnostnih naprav (skripta). Viša železniška tehniška šola Ljubljana, Ljubljana 1970. – ORE, Verwendung von elektronischen Bauelementen in der Signaltechnik, FRAGE A 118, RP1–RP13. Utrecht 1971–1975. – S. Janjanin i grupa autora, Tehnički propisi za signalno-sigurnosne uređaje na prugama Jugoslavenskih željeznica (nacrt). ZJŽ Beograd, Beograd 1974. – G. Pavel, Planen von Signalanlagen für den Strassenverkehr. Kirchbaumverlag, Bonn-Bad Godesberg 1974. – Signalni pravilnik. Jugoslavenske željeznice, Beograd 1978. – N. Marinović, Rudarska elektrotehnika. Školska knjiga, Zagreb 1982. – S. Janjanin, Teoretske osnove i tehnički uslovi za razvoj, ispitivanje i sigurnosnu analizu elektronskog signalno-sigurnosnog uređaja (Projekt: Razvoj i primjena mikroprocesora u signalno-sigurnosnim postrojenjima). Zavod za kibernetiku saobraćaja Dobo, Dobo 1983 i 1984. – A. Žitnik, Meritve, montaža in vzdrževanje signalno-varnostnih naprav (skripta II. dio). Viša železniška tehniška šola Ljubljana, Ljubljana 1983. – D. Milutinović, Signalno-sigurnosna tehnika (udžbenik). Viša železniška škola Beograd, Beograd 1986.

M. Anžek I. Husar S. Janjanin
M. Matasović M. Šaško

SILICIJ (Silicium, Si), kemijski element, metaloid, atomnog broja 14 i relativne atomne mase 28,086. Nalazi se u skupini IVB periodnog sustava elemenata između ugljika i germanija. Prirodni silicij ima 3 stabilna izotopa: ^{28}Si 92,2%, ^{29}Si 4,7% i ^{30}Si 3,1%. Elektronska mu je konfiguracija u osnovnom stanju $[\text{Ne}]3s^23p^2$. Iako ga u prirodi nema u elementarnom stanju, već samo u spojevima (pretežno s kisikom), jedan je od najrasprostranjenijih elemenata na Zemlji i u svemiru. Prema Holwegeru (1979) samo su vodik, ugljik, dušik i kisik zastupljeni u Sunčevu sustavu u većoj mjeri od silicija, a smatra se da isti poredak vrijedi i za čitav svemir. Plinoviti spojevi silicija dokazani su i u međuzvezdanim plinovima, a čvrsti silikati nađeni su u kozmičkoj prašini i meteoritima.

Po rasprostranjenosti u Zemljinoj kori silicij se s masenim udjelom 28,15% nalazi na drugom mjestu, iza kisika. Od svih su minerala u Zemljinoj kori silicij-dioksid (SiO_2) i silikati najzastupljeniji. Oni su glavni sastojci eruptivnih stijena, koje pak s udjelom većim od 95% sudjeluju u izgradnji litosfere, a i veliki je dio ostalih stijena izgrađen od silikata.

Silikati su najveća i najraznovrsnija skupina anorganskih spojeva. Oni nisu prisutni samo u litosferi, već i u hidrosferi, najčešće u obliku topljivog silicij-dioksida.

Važnost silicija za život na Zemlji primarno proizlazi iz činjenice da se plodnost tla u velikoj mjeri osniva na sposobnosti glina da adsorbiraju i otpuštaju vodu, koja je nužna za sav biljni i životinjski svijet. Osim toga, neki spojevi silicija imaju bitnu ulogu u stanicama živih organizama. Velika količina silicij-dioksida nađena je u preslici, riži, trstici i bambusu, gdje pridonosi čvrstoći peteljki i listova, a nađena je i u skeletu dijatomeja.

Silicij je bitna komponenta u metabolizmu nekih bakterija, naročito onih koje žive u vrućim izvorima. Bakterija *Proteus mirabilis* čak izmjenjuje fosfor sa silicijem u fosfolipidima. Silicij je u tragovima prisutan i u ljudskom organizmu (1 mg Si/kg). Uobičajen je u stanicama vezivnog tkiva, sudjeluje u biosintezi kolagena i u stvaranju koštanog tkiva.

Dominantna uloga silikata u izgradnji Zemljine kore reflektira se i u njihovoj važnosti u tehnici. Silikati su bitna komponenta mnogih važnih proizvoda kao što je staklo, keramika i cement, a upotrebljavaju se u elektroindustriji, elektronici (silicij je najvažniji poluvodički materijal), metalurgiji, farmaceutskoj industriji, u proizvodnji vatrostalnih materijala, azbesta i mnogih drugih industrijskih proizvoda.

Ime silicij nastalo je od latinskog *silex*, *kremen*. Silicijevi spojevi već su se u starom vijeku upotrebljavali za proizvodnju stakla. Brojni istraživači pokušali su već u XVIII. st. dobiti silicij razgradnjom njegova dioksida. Tek je J. J. Berzelius uspjelo 1810. dobiti najprije ferosilicij redukcijom dioksida ugljikom i željezom na temperaturi taljenja željeza. Silicij bez željeza dobio je Berzelius 1823. redukcijom kalij-heksafluorosilikata, K_2SiF_6 , metalnim kalijem. Grubozrnati silicij proizveo je Sainte-Claire Deville 1854. elektrolizom taline natrij-klorida i aluminij-klorida, koja je sadržavala silicij. Daljem razvoju u dobivanju silicija pridonijeli su F. Wöhler (1855), C. Winkler (1864), Scheid (1899) i K. A. Kühne (1902).

Industrijska proizvodnja ferosilicija počela je početkom XX. stoljeća. Utvrdilo se, naime, da se u električnim pečima, koje su se upotrebljavale za proizvodnju kalcij-karbida, može proizvesti i ferosilicij, pa su zbog hiperprodukcije kalcij-karbida mnogi proizvođači započeli s proizvodnjom ferosilicija.

Za otkriće nesilikatnih, plinovitih i kovalentnih spojeva silicija trebalo je također dosta vremena. Čisti silicij-tetrafluorid, SiF_4 , prvi je 1771. dobio C. W. Scheele djelovanjem fluoridne (fluorovodične) kiseline na silicij-dioksid, ali je njegovu reakciju s vodom i alkalnim otopinama objasnio J. J. Berzelius tek 1823. Iste je godine Berzelius pripremio plinoviti silicij-tetraklorid, a Ebelman je iz njega 1846. dobio etil-silikat, $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$. Plinovite hidride (silane) otkrio je F. Wöhler. Njegova su otkrića potakla detaljniji studij sličnosti između silicija i ugljika, što je rezultiralo otkrićem prvih organosilicijevih spojeva. Silicij-tetraetilsilan, $\text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$, otkrili su C. Friedel i J. M. Crafts 1863, a Friedel je zajedno s Ladenburgom nastavio rad na istraživanju drugih organosilicijevih spojeva.

Najvećem napretku kemije kovalentnih spojeva pridonijeli su prvih godina XX. st. Stock s istraživanjem hidrida (silana) i Kipping s istraživanjem organosilana. S istim intenzitetom, ali sasvim odvojeno, istraživalo se i na području kemije silikata, tako da se danas razlikuju dvije grane kemije silicijevih spojeva, kemija organosilicijevih spojeva i kemija silikata.

ELEMENTARNI SILICIJ

Svojstva silicija. Stabilna kristalna modifikacija silicija kristalizira u kubičnom sustavu s plošno centriranom rešet-