

Ostatak r se kod tipa NASM-2 određuje optičkim zaobilaskom svjetla (mijenjanjem dužine svjetlosnog puta) naknadnim priključenjem zrcala ili prizmi. Stepencičastim uključivanjem svjetlosnog zaobilaska postiže se u indikatoru struja nula, a veličina r se očitava. Kod tipa NASM-4 se ostatak mjeri tako da se između oscilatora i fotoćelije uključi vremenski relej pomoću kojeg se titranje oscilatora može vremenski pomaknuti prije priključka na fotoćeliju.

Razmak impulsa za prvi kristalni oscilator ovog geodimetra iznosi $\lambda_1 = 10$ m. Određena dužina je zbog toga nesigurna za višekratnik od 2,5 m (budući da je n u datoj formuli nepoznat). Da bi se dužina odredila tačnije, izvodi se mjerenjem daljnjim oscilatorom sa $\lambda_2 = \frac{20}{21} \lambda_1$. Time je nesigurnost višekratnik od 50 m. Zato se mjeri i oscilatorom sa $\lambda_2 = \frac{400}{401} \lambda_1$, pa je nesigurnost data višekratnikom od 1000 m. S tom tačnošću potrebno je stoga poznavati dužinu.

Težina instrumenta NASM-4 iznosi 16 kp, tačnost mjerene dužine je $\pm (1 \text{ cm} + 5 \cdot 10^{-6} D)$, mjerno područje je 15 do 1000 m danju, do 10 km noću.

Instrument se stavlja na lako prenosivi stativ. Za dobivanje struje služi mali agregat s benzinskim motorom i dinomom 110 V za izmjeničnu struju 50 Hz.

Veliki geodimetar NASM-2 upotrebljava se za precizna mjerenja većih dužina. Težina instrumenta je 115 kp, tačnost mjerene dužine $\pm (1 \text{ cm} + 1 \cdot 10^{-6} D)$, mjerno područje 20...50 km.

Daljinomjer EOS (Zeiss). U tom daljinomjeru svjetlost se modulira pomoću ultrazvučne ćelije. Mjerno područje je danju 10...15 km uz povoljne atmosfere prilike, a noću 25 km. Težina instrumenta je 32 kp, tačnost mjerene dužine $\pm (0,5 \cdot 1 \text{ cm} + 2 \cdot 10^{-6} D)$.

Za mjerenje svim elektrooptičkim daljinomjerima potrebna je optička vidljivost između krajnjih tačaka mjerene dužine, ali terenski oblici mnogo manje utječu na tačnost mjerenja nego kod elektroničkih daljinomjera jer su emitirani snopovi uski. Reflektor na kraju dužine vrlo je jednostavan, pa su i mjerenja jednostavnija.

Historijat. Prva mjerenja udaljenosti optičkim putem pojavljuju se u XVII st., kada je pronađen durbini. G. 1674 upotrebljava Montanari u Italiji u tu svrhu durbini s paralelnim nitima u ravnini slike. U Engleskoj primjenjuju sličan uređaj 1770 Watt i Green, a 1810 uvodi Reichenbach u Njemačkoj po njemu nazvani daljinomjer u geodetska mjerenja. Paccoco ob Ucedos izgradio je 1767 monokularni daljinomjer stavivši optičke elemente na krajeve duge cijevi, ali taj je daljinomjer imao sve mane daljinomjera uz dva opažanja. Već 1781 gradi Brander praktičan i upotrebljiv monokularni daljinomjer po shemi sličnoj sl. 3. Ramsden je 1790 pokušao izbjeći potrebu stabilnog postavljanja daljinomjera konstrukcijom daljinomjera s dvostrukim slikama uz mjerenje preklapanjem slike, ali je takvo mjerenje bilo vrlo netačno. Problem je riješio P. Adie svojim patentom od 1860. On je izostavio nitni križ za mjerenja, doveo slike jednu iznad druge i vršio mjerenja udaljenosti na principu koincidencije slike. Barr i Stroud svojim vrlo različitim rješenjima razdvojenih prizmi dali su u razvoju tih daljinomjera bitan prilog. Razvoj stereoskopskih daljinomjera počinje 1866 radovima Macha (koji ističe značaj optičkog povećanja razmaka očiju za prostorno promatranje) i Groussilliersa (1893), koji je konstruirao stereotelemetar sa čvrstom skalom. Ovaj pronalazak preuzeo je E. Abbe, profesor u Jeni, glasoviti konstruktor optičkih instrumenata, u svojoj konstrukciji savremenih stereotelemetara s pokretnom markom.

Pomični stakleni klin prvi je primijenio, kao dvostruki klin-biprizmu, Maskelyne 1777. Iste godine otkriva R. Bošković svojstvo dvaju rotirajućih klinova da djeluju kao jedan klin promjenljivog prelomnog kuta. Otrprike u isto vrijeme primjenjuje Abat promjenljivi klin dobiven pomoću dviju leća (to je najstariji optički mikrometar). Za mjerenje udaljenosti Abatove klinove vjerojatno je prvi primijenio Goulier 1864, a Barr i Stroud su primijenili pomični Maskelynov klin (prema patentu 1889) za mjerenje dužine na osnovu promjenljivog paralaktičkog kuta prema letvi konstantne dužine. U patentu 1890 stavljaju čvrsti klin pred jednu polovinu objektivu i time dobivaju konstantni otklon (konstantni paralaktički kut). G. 1894 upotrebljava sličan uređaj Amerikanac Richards uz mjerenje na vertikalnu letvu. Tako dolazi do razvoja daljinomjera s dvostrukim slikama s bazom na cilju. Mjerenje s dvostrukim neodvojenim slikama primijenjeno je već u heliometru kojim je mjeran prividni promjer sunca (Bouguer 1748). Objektiv durbina bio je presječen, pa su se mjerenja izvodila pomicanjem jedne polovine po drugoj u smjeru okomitom na optičku os. Ova prva ideja mjerenja s dvostrukim slikama sigurno je poslužila i u primjeni tog principa za mjerenje dužina, iako pomoću drugih optičkih uređaja. Interesantno je, međutim, da je u novije vrijeme izgrađen na potpuno istom principu daljinomjer u SSSR.

Richardsov klin primijenio je H. Wild 1921 pri konstrukciji daljinomjernog uređaja kao dodatka pred objektiv durbina teodolita za geodetska mjerenja. Da bi postigao simetriju pri prolazu zraka svjetla, Arreger 1925 stavlja klin ispred srednjeg dijela objektivu. Precizan autoredukcion daljinomjer s primjenom Boškovićevih klinova konstruirao je Bosshardt (1922), a optičke proradnje za ovaj značajan instrument geodetske prakse dao je A. König. Autoredukcion dijagram-tahimetar razvija 1894 Hammer na osnovu zamisli Roncaglija i Urbanija 1890, koji su u ravnini slike objektivu stavili pomičnu staklenu pločicu sa dvije konvergentne daljinomjerne crte. God. 1900 u suradnji s A. Fenelom proizveden je prvi autoredukcion dijagram-tahimetar. Savremeniji tip ovakvog daljinomjera konstruirao je Dahl, a proizveden je 1942 (daljinomjer Dahla). Kasnije je ovaj tip daljinomjera i dalje usavršen.

Elektronički daljinomjeri razvili su se kao rezultat snažnog napretka i sve već primjene elektronike na svim područjima tehnike. I. Aslakson sa svojim suradnicima uočio je 1943 mogućnost primjene radara (SHORAN) za geodetska mjerenja. Prva praktična mjerenja izvedena su 1945 u području Denvera (Colorado, USA). U ovim prvim pokusima mjerene su dužine od 158 km do 496 km.

Prvi pokusi mjerenja po postupku HIRAN izvedeni su 1950 u Floridi (USA). Značajna primjena postupka HIRAN bilo je povezivanje triangulacionih mreža Evrope i Sjeverne Amerike (1953—1956). — Prvi elektrooptički daljinomjer-geodimetar razvijen je u Švedskoj konstrukcijama E. Bergstranda 1941—1950. Prvi tip geodimetra bio je težak i nepraktičan, ali je činjenica da ga još nijedan daljinomjer nije do sada nadmašio u tačnosti mjerenja. Prvi elektronički daljinomjer uz primjenu mjerne tehnike s ultrakratkim radio-valovima, telurometar, razvijen je u Južnoafričkoj Uniji u Nacionalnom istraživačkom laboratoriju za telekomunikacije (T. L. Wadley) i proizveden 1956. Elektronički daljinomjeri vrlo su se brzo afirmirali u praksi, te predstoji daljnji njihov razvoj i primjena.

LIT.: R. Bosshardt, *Mesure optique des distances*, Genève 1930. — C. H. v. Hofe, *Fernoptik*, 1941. — D. H. Jacobs, *Fundamentals of optical engineering*, New York 1943. — F. Deumlich, M. Seyfert, *Instrumentenkunde der Vermessungstechnik*, Berlin 1957. — A. König, H. Köhler, *Die Fernrohr und Entfernungsmesser*, Berlin 1959. — *Справочник геодезиста*, Москва 1966.

D. Benčić

DALJINSKO MJERENJE (telemetrija, telemjerenje),

grana tehnike koja se bavi uređajima i postupcima s pomoću kojih se podaci mjerenja prenose sa mjesta mjerenja na neko drugo, udaljeno mjesto gdje se vrši pokazivanje ili registriranje tih podataka, a po potrebi i njihova daljnja prerada. Udaljenost između mjesta mjerenja i mjesta očitavanja rezultata može iznositi mnogo stotina kilometara, kao npr. pri mjerenju temperature ili intenziteta zračenja na nekoj svemirskoj letjelici, ili nekoliko metara, kao npr. pri mjerenju zračenja u nuklearnom reaktoru. Daljinsko se mjerenje upotrebljava najčešće tamo gdje je pristup mjestu na kojem treba izmjeriti neku veličinu nemoguć, opasan ili nepraktičan, ili kad je potrebno podatke o mjerenjima koja se vrše na više udaljenih mjesta očitati, registrirati ili obraditi zajednički na jednom centralnom mjestu. Daljinsko mjerenje može se upotrijebiti samostalno radi dobivanja ili praćenja određenih podataka, radi kontrole ispravnosti prenosa u sustavima daljinskog upravljanja, kao izvor mjernih veličina u uređajima za obradu podataka i, konačno, kao sastavni sklop uređaja za automatsku regulaciju ili automatizaciju proizvodnje.

Daljinsko mjerenje obuhvaća tri odvojene funkcije: proizvođenje signala koji svojim oblikom predstavlja ili u svom kodu sadrži iznos mjerene veličine i pogodan je za prenos do udaljenog mjesta; prenos tog signala do mjesta gdje se vrši prijem i pokazivanje rezultata mjerenja; pretvorbu signala u oblik pogodan za pokazivanje odnosno registraciju rezultata ili za ulaz u uređaje za daljnu obradu podataka.

Mada se signal s informacijom o mjerenoj veličini može prenositi na mnogo različitih načina (npr. modulacijom zrake svjetla), većina uređaja za daljinsko mjerenje prenosi signal na jedan od ova tri načina: mehanički, električki i radio-valovima.

Mehanički prenos upotrebljava se redovito samo na razmjerno kratke udaljenosti: direktni mehanički prenos poluzjem (npr. za mjerenje razine tekućine u posudama) na udaljenost od metar-dva, hidraulički ili pneumatski prenos (npr. u procesnoj tehnici) na udaljenosti reda veličine 100 m. O principima takvog prenosa v. *Servomehanizmi i Regulacija*.

Električki prenos signalâ koji sadrže mjerne podatke obavlja se preko zračnih i kabelskih vodova, dalekovoda i radio-relejnih veza mijenjanjem napona ili jakosti istosmjerne struje ili nekom odgovarajućom modulacijom izmjenične struje niske ili visoke frekvencije. Moderni sistemi daljinskog mjerenja obuhvaćaju često zamršene elektronske uređaje, npr. kad se rezultat daljinskog mjerenja prikazuje na zaslonu katodne cijevi specijalnog pokazivača u vidu teksta, znakova i brojeva. Najstarija je i još danas najraširenija primjena električke telemetrije u elektroprivredi, gdje se na centralnom mjestu skupljaju podaci o opterećenju u različitim dijelovima sistema, kako bi se (u modernim sistemima automatski preko digitalnog računala) to opterećenje što ekonomičnije razdijelilo na različite, među sobom udaljene proizvođače električne energije. Danas se daljinsko mjerenje s električkim prenosom susreće još i u velikim industrijskim pogonima za praćenje toka proizvodnje, nadalje za mjerenje razine i protoka u vodoprivredi, na kanalima i ustavama, kod pumpnih međustanica, cijevnih vodova za transport tekućina (vode, nafte) ili plinova, i drugdje.

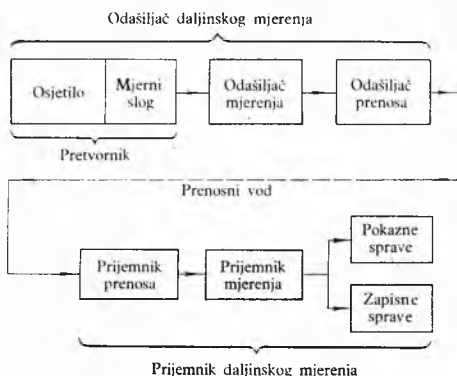
Radio-telemetrija se primjenjuje obično samo za prenos mjernih podataka sa pokretnih objekata; kod nje se podaci nakon prethodne obrade i pretvorbe ne prenose preko žičanog voda već bežičnim putem. Za ovakav se prenos upotrebljavaju kratki, vrlo kratki ili ultrakratki valovi. Radio-telemetrija, upotrebljavana

najprije za mjerenje meteoroloških veličina s pomoću balona -sondâ, pa u ispitivanjima pokusnih letala s posadom i bez posade, danas je osnovni element raketne i astronautičke tehnike. S pomoću nje se dobivaju podaci o temperaturi, gustoći atmosfere, gustoći zračenja, bombardiranju mikrometeoritima itd., o položaju i kretanju letala, kao i o njegovim performansama (temperaturi, naponima, vibracijama itd.).

U nastavku ovog članka bit će govora samo o daljinskom mjerenju s električkim prenosom signala i s prenosom radio-valovima.

Izbor sistema daljinskog mjerenja zavisi od broja veličina koje treba mjeriti, od tačnosti mjerenja koja se traži, od brzine i načina kojim treba mjerne veličine prenositi, od udaljenosti na koju treba prenos vršiti, od oblika u kojemu treba da se dobije rezultat mjerenja. Često je odluka rezultat ekonomsko-tehničke analize. Npr. pri električkom prenosu mjernih veličina na manje udaljenosti mogu se upotrijebiti jednostavniji i jeftiniji uređaji, ali uz primjenu većeg broja prenosnih vodova. Kad su udaljenosti veće, izgradnja je mnogožilnih vodova koji su potrebni za prenos većeg broja mjernih podataka preskupa, pa se traže rješenja i sistemi koji omogućuju višestruki prenos mjernih veličina na samo jednom dvožičnomvodu ili radio-kanalu, odnosno čak i na nekom već postojećem i za drugu svrhu određenom telefonskom, telegrafskom vodu ili dalekovodu. Naravno da su uređaji koji omogućuju takva rješenja znatno skuplji i komplikovaniji.

Podjela sistemâ za daljinsko mjerenje. Načelno se svaki sistem za daljinsko mjerenje sastoji od *odašiljača* daljinskog mjerenja, u kojem se promjena razmjerna mjernoj veličini pretvara u električni signal prikladan za daljinski prenos, od *prenosnog puta* i *prijemnika* u kojem se taj signal prenosa pretvara natrag u signal razmjernan mjernoj vrijednosti. Osnovni prikaz sistema



Sl. 1. Osnovni prikaz sistema za daljinsko mjerenje

daljinskog mjerenja pokazuje slika 1. Odašiljač daljinskog mjerenja sastoji se od osjetila na kojem nastaju promjene uzrokovane mjerenom veličinom; mjernog sloga u kojem promjene osjetila izazivaju odgovarajuće promjene električke veličine, tj. odgovarajući signal; zatim odašiljača mjerenja koji taj signal pojačava ili mijenja i odašiljača prenosa, koji primljeni signal pretvara u signal prikladan za prenos. Osjetilo i mjerni slog čine često jednu fizičku ili konstrukcijsku jedinicu nazvanu *pretvornik*. Tako npr. pretvornik koji pretvara toplinsku u električku energiju može biti izveden u obliku mosta s temperaturnopromjenljivim otpornikom. U ovom slučaju osjetilo je temperaturnopromjenljivi otpornik, čiji se električki otpor mijenja s promjenom temperature okoline, a most, koji daje razmjernan električki napon, predstavlja mjerni slog. Jedan primjer pretvornika koji je ujedno i osjetilo jest termočlanak koji promjenu temperature pretvara neposredno u promjenu napona. Odašiljač mjerenja daje signal prikladan za modulaciju odašiljača prenosa ili u jednostavnijim slučajevima signal za neposredni prenos. Odašiljač prenosa je prilagođen na prenosni vod ili kanal.

Prijemnik se sastoji od prijemnika prenosa, prijemnika mjerenja i pokaznih ili zapisnih sprava. U prijemnicima se primljeni signal ponovo pretvara u vrijednost koja je razmjerna mjerenoj veličini i koja se javlja na zapisnim ili pokaznim spravama. Kao zapisne sprave služe elektromehanička i fotoelektrička pisala, rupičari, magnetofoni, različne memorije i sl.

Već prema tome da li se informacija o mjerenju prenosi na daljinu s pomoću veličina koje su proporcionalne izmjerenoj vrijednosti ili se šalju u obliku kodiranog telegrama, uređaji daljinskog mjerenja mogu se podijeliti na *analogne* i *digitalne*. Za prenos analognih veličina služe uređaji kojima se prenose mjerene veličine s pomoću određenih razmjernih napona, jakosti struje ili otpora, nadalje prenosom veličine kuta s pomoću specijalnih motora koji rade na pozicionom principu, uređajâ koji prenose podatke s pomoću različitih frekvencija ili impulsima moduliranim izmjeranim signalom. Za digitalni prenos upotrebljava se uglavnom impulsno-kodni prenos.

Prema načinu prenosa mogu se sistemi za daljinski prenos podijeliti na sisteme *sa stalnim prenosom* jedne veličine (koja može ponekad biti i zbir ili razlika od više veličina), *sa izbornim prenosom* jedne od više veličina, *sa višestrukim prenosom s frekvencijskom razdiobom*, *sa višestrukim prenosom s vremenskom razdiobom* ili *višestrukim prenosom* koji se dobija *kombinacijom* različitih sistema.

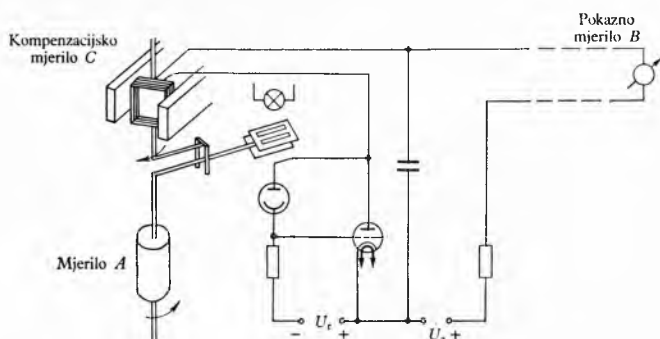
Prenos mjernih podataka promjenama električnog napona, jakosti struje ili električnog otpora. Pretvornici daljinskih mjernih sistema koji rade po ovom principu pretvaraju mjernu veličinu u razmjernu promjenu napona, struje ili otpora. Kao pretvornici se za ovu svrhu primjenjuju potenciometri ili induktivni i kompenzacijski uređaji. Kod većine ovih sistema treba voditi računa i o otporu spojnog voda koji povezuje mjerni odašiljač s prijemnikom. Promjene otpora prenosnog voda uslijed kolebanja temperature utječu na tačnost mjerenja, a ne mogu se uvijek eliminirati. Takvi uređaji traže osim toga ispravne prenosne vodove i nepodesni su za višestruki prenos. Stoga je njihova primjena ograničena uglavnom na prenos podataka na manje udaljenosti, do nekoliko kilometara.

Pretvaranje mjerne vrijednosti u *napon* razmjerne veličine može se npr. vršiti potenciometrom koji se napaja strujom stalnog napona, a čiji je pomični kontakt mehanički povezan s mjernim uređajem. Napon razmjernan mjerenoj veličini dobiven na kliznom kontaktu potenciometra vodi se preko prenosnog voda izravno na prijemni voltmetar koji je baždaren u jedinicama mjerene veličine.

Ako se mjerenje vrši na uređaju koji se vrti, npr. na osovini nekog stroja ili brojila, za dobivanje napona mogu se upotrijebiti i mjerni generatori koji daju napon razmjernan broju okretaja, a na prijemnoj se strani nalazi opet voltmetar baždaren u odgovarajućim jedinicama, npr. u broju okretaja, itd. Da bi se struja u prenosnom vodu svela na nulu i time smanjio utjecaj voda na tačnost mjerenih podataka, upotrebljavaju se ponekad i balansirani naponski sistemi u kojima prijemnik automatski stvara napon razmjernan naponu koji predstavlja mjerenu veličinu, ali suprotnog predznaka.

Pretvaranje mjerne vrijednosti u odgovarajući *otpor* vrši se također potenciometrom čiji je klizni kontakt spojen s mjernim uređajem. Otpor proporcionalan mjerenoj veličini mjeri se na strani prijema koeficijentnim instrumentom (miliampermetrom s unakrsnim svicima). Za ovakav prenos potrebna su tri voda, a pokazivanje je nezavisno od napona napajanja jer se instrument postavlja u položaj proporcionalan parcijalnim strujama.

Za pretvaranja mjerne vrijednosti u struju proporcionalne *jakosti* služe mjerni pretvarači bilo na principu oscilatora s pro-

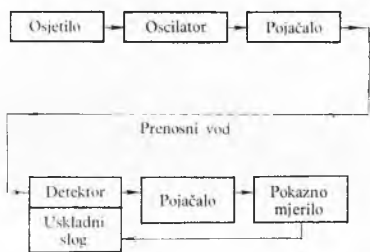


Sl. 2. Kompenzacijski pretvarač za pretvaranje mjernih veličina u struju razmjernu jakosti

mjenljivom amplitudom bilo na principu kompenzatora. U kompenzacionim sistemima, koji daju vrlo tačne podatke, zakretni moment koji pruža mjerni uređaj a razmjernan je mjerenoj veličini kompenzira se s pomoću umjetno stvorenog zakretnog momenta suprotna smisla, koji se stvara istosmjernom kompenzacijskom strujom. Kad su oba momenta uravnotežena, kompenzacijska je struja razmjerna mjerenoj veličini. Kompenzacijska struja šalje se preko spojnog voda do prijemnika gdje se ona mjeri baždarenim miliampermetrom. U ovim sistemima otpor spojnog voda nema naročito utjecaja, a osim toga su takvi sistemi pogodni za dobivanje sume ili razlike između više mjernih veličina, što se također ponekad traži. Kompenzatori su električna pojačala u kojima se izlazna struja regulira promjenom induktiviteta, fotočelijom ili na neki drugi način. Sl. 2 pokazuje primjer takva uređaja s fotočelijom.

U strujnom kompenzacijskom sistemu prikazanom na toj slici zakret mjerila *A* izaziva pomak kazaljke, a time i promjenu osvjetljenja fotočelije. Posljedica ove promjene je promjena struje pojačala koja prolazi kroz pokazno mjerilo *B* i kompenzacijsko mjerilo *C* i ponovo djeluje na kazaljku. Ova promjena izaziva ponovnu promjenu struje u vodu, tako da se postupak nastavlja do uravnoteženja. Ako se pri stalnoj ulaznoj veličini promijeni npr. otpor voda, nastala promjena struje djelovat će na isti način, pa će tako biti kompenziran utjecaj voda.

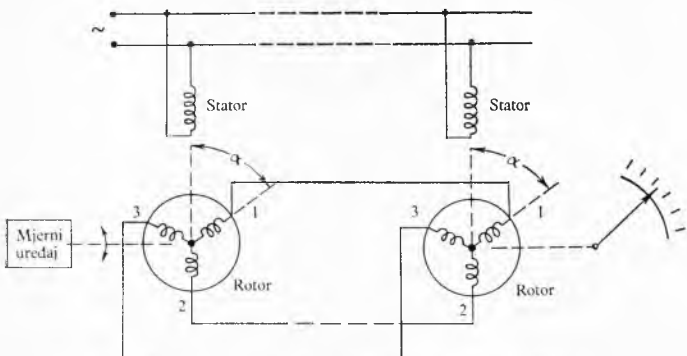
Frekvencijski sistemi prenose pojedine mjerne veličine strujama odgovarajućih frekvencija. Za stvaranje tih struja služi niskofrekvencijski oscilator čija se frekvencija mijenja u zavisnosti od mjerne veličine. Frekvencija se mijenja time što mjerna sprava



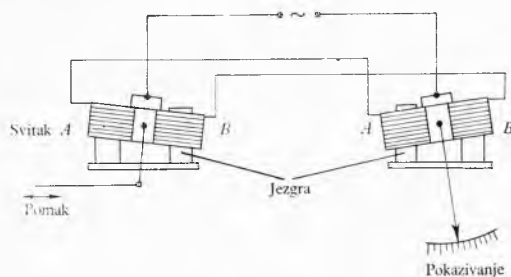
Sl. 3. Frekvencijski sistem prenosa mjernih podataka

pokreće izravno kondenzator ili svitak variometra oscilatornog kruga oscilatora. Izlazni napon oscilatora vodi se bilo običnim dvožičnim vodom ili s pomoću visokofrekventnih veza do prijemnika. U prijemniku postoji detektor frekvencije (diskriminator), čiji se izlazni napon vodi preko pojačala na pokaznu spravu, i multi indikator, koji kao uskladni sklop djeluje na variometar na ulazu prijemnika i podešava ga automatski na primljenu frekvenciju. Time se postiže da je struja koja teče kroz pokazni instrument uvijek proporcionalna mjerenoj veličini (sl. 3).

Položajni sistemi namijenjeni su posebno prenosu položaja, npr. kutnih veličina. Ovoj svrsi služe u prvom redu različite vrste sinhronih prenosnika koji se nazivaju i *položajni motori* zbog njihove sličnosti s elektromotorima. Dok su se u starije vrijeme upotrebljavali za ovu svrhu tzv. koračni motori (step-by-step-motori) danas se primjenjuju u glavnom sinhroi (koji se često



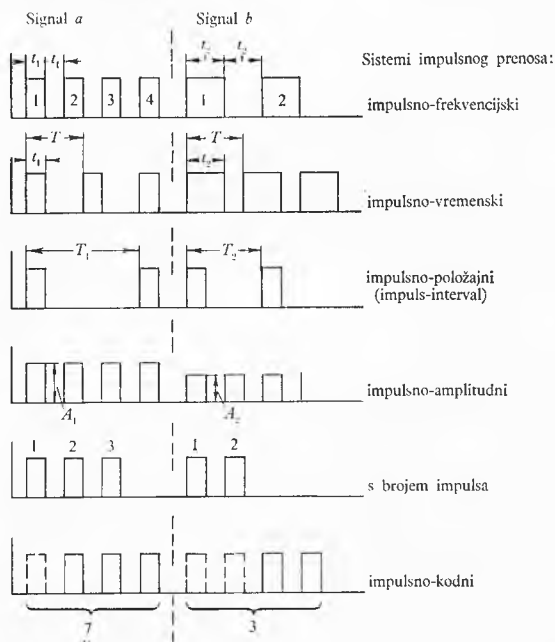
Sl. 4. Prenos podataka s pomoću položajnih motora (sinhroa)



Sl. 5. Vaga s induktivnim uravnoteženjem može također služiti za prenos podataka

prema tvorničkim nazivima nazivaju i selsinima, autosinima ili magnosinima). Oni rade s induktivnim uravnoteženjem tako da se rotor prijemnika na koji je priključena kazaljka automatski poravna s položajem rotora predajnika koji je spojen mehanički s mjernim uređajem (sl. 4). Druga izvedba, u kojoj također položaj prijemnika odgovara položaju odašiljača, prikazana je na slici 5. To je vaga s induktivnim uravnoteženjem. Svaki pomak svitka odašiljača izaziva promjenu ravnotežja elektromagnetskih krugova, a time i odgovarajući položaj svitka i kazaljke prijemnika.

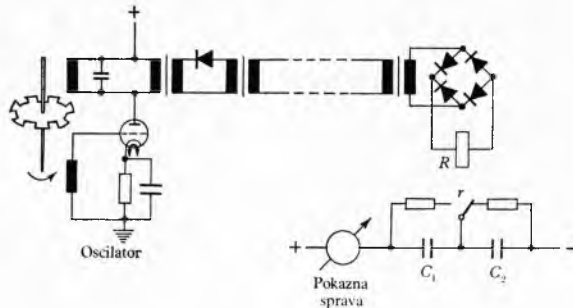
Impulsni sistemi. Danas se vrlo često i električki impulsi upotrebljavaju za prenos mjernih podataka na daljinu. Za stvaranje takvih impulsa upotrebljava se istosmjerna ili izmjenična struja različitih frekvencija. Mjerne vrijednosti mogu se prenositi impulsima na analogni ili na digitalni način. Kad se informacija prenosi po analognom principu, impulsi sadrže izravno vrijednost koja je razmjerna mjerenoj veličini, a koja se prenosi na impulse modulacijom. O *impulsno-frekvencijskom* sistemu govori se kad je broj impulsa u jedinici vremena razmjernan mjerenoj veličini. Kod *impulsno-amplitudne* modulacije (PAM) broj impulsa je stalan, a mijenja se samo njihova amplituda razmjerno mjerenoj vrijednosti. Kod *impulsno-vremenske* modulacije (PDM) prenos informacije na impulse postiže se promjenom širine impulsa koja je uvijek proporcionalna mjerenoj vrijednosti. Kod *impulsno-položajne modulacije* (PPM) postiže se to isto promjenom položaja impulsa. Kad se informacija o mjerenoj veličini prenosi na digitalni način kao kodirani impulsi telegram, to je *impulsno-kodna* modulacija (PCM). U tom slučaju odgovara npr. određenoj kombinaciji plus- i minus-impulsa određen unaprijed utvrđen broj, slično kao kod teleprinter. Izgled impulsnih slijedova moduliranih na razne načine prikazuje sl. 6.



Sl. 6. Oblici i slijedovi impulsa kod raznih sistema impulsnog prenosa

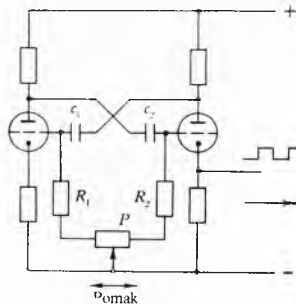
Tačnost daljinskog mjerenja zavisi pri analognom impulsnom prenosu od smetnja koje se javljaju na prenosnomvodu i na prenosnom sistemu. Zbog smetnja može se oblik impulsa iskriviti, a poneki impuls može i nestati. Nestanak impulsa izazvat će odstupanja praktično u svim impulsnim sistemima a promjene njihova oblika utjecat će na tačnost mjerenja naročito kod impulsno-amplitudnog sistema. Pri digitalnom prenosu zavisi tačnost uglavnom od tačnosti kojom se utvrđuje mjerna vrijednost prilikom pretvaranja i kodiranja. Općenito se tačnost pri analognom prenosu mjernih podataka kreće oko 1%; digitalnim se prenosom postiže obično tačnost od 0,5%, a po potrebi može ona biti i veća.

U praksi se upotrebljava veći broj impulsnih sistema od kojih ćemo opisati samo neke najčešće primjenjivane. Na starim uređajima koji su radili po *impulsno-frekvencijskom sistemu* upotrebljavali su se za stvaranje impulsa rotacijski pretvarači s prekidačem sličnim kolektoru, koji je okretala mjerna aparatura. Sada se radi obično radije sa statičkim beskontaktnim pretvaračima koji se manje troše. Primjer takvog pretvarača pokazuje sl. 7. Nazupčana ploča od aluminijuma, koju okreće mjerni uređaj ili neka druga osovinica koja se okreće, vrti se između zavojnica niskofrekventnog oscilatora mijenjajući time spregu između njih. To ima za



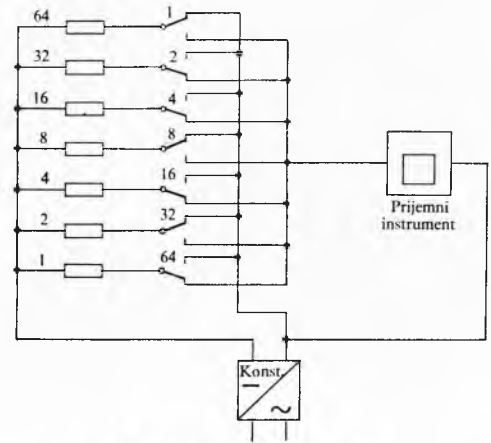
Sl. 7. Beskontaktni pretvarač za pretvaranje mjerene vrijednosti u razmjerni broj impulsa

posljedicu promjenu amplituda oscilacija koje se u vidu impulsa šalju kroz spojni vod. U prijemniku relej R prilikom nailaska svakog impulsa prebacuje svoj kontakt r te time nabija i izbija kondenzator C_1 i C_2 . Struja koja teče kroz pokazni instrument razmjerna je broju punjenja kondenzatora i prema tome i mjernoj veličini ako je napon izvora konstantan. Taj sistem omogućuje osim mjerenja trenutne vrijednosti (npr. snage u kilovatima) i integriranje tih vrijednosti kroz određeno vrijeme (npr. mjerenje utroška energije u kilovatsatima).



Sl. 8. Pretvornik mjerene vrijednosti u impulse različita trajanja (impulsno-vremenska modulacija)

Impulsno-kodni sistemi prenose mjernu vrijednost u vidu kodiranog impulsnog telegrama koji sadrži u sebi izravno numerički iznos informacije a sastoji se od slijeda impulsa u odgovarajućoj kombinaciji. Kod ovog sistema impulsi nisu više modulirani mjernom vrijednošću. Za pretvaranje mjerne vrijednosti u kodirani impulsni telegram potrebno je izvršiti najprije kvantiziranje (vrednovanje) te veličine, tj. određivanje njezina iznosa. Radi toga se mjerena veličina pretvara najprije u istosmjernu električnu veličinu, npr. u napon ili otpor, što se može postići npr. potencijometrom čiji je pomični kontakt spojen s mjerilom. Veličina tog



Sl. 9. Impulsno-kodni prijemni sklop

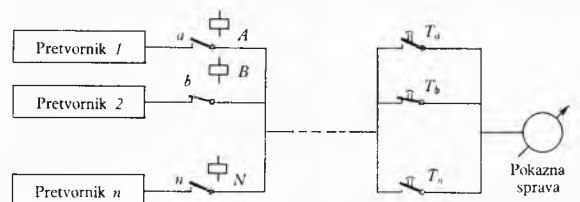
napona ili otpora pretvara se onda automatski u odgovarajućem pretvorniku u kodirani telegram time što se mjerna veličina postepeno, korak po korak, uspoređuje s nizom poznatih vrijednosti koje predstavljaju potencije od broja 2. Ako se npr. uspoređivanje vrši u 7 stepena, te će se vrijednosti kretati između 2^0 do 2^7 i iznositi će 1, 2, 4, 8, 16, 32 i 64. Pogodnim zbrajanjem tih vrijednosti može se dobiti bilo koji numerički iznos između 1 i 127. Za prenos mjernih vrijednosti bit će potrebno u tom slučaju 7 telegrafskih impulsa, od kojih svaki znači jednu od naprijed naznačenih vrijednosti. Ako je npr. mjerna vrijednost veća od 64, bit će impuls koji znači 64 odaslan, a ako je manja, on će izostati, itd. Tako će se npr. za prenos mjerne vrijednosti 86 odaslati samo impulsi koji sadrže iznose 2, 4, 16 i 64 jer njihov zbir iznosi 86. Kao pretvornik koji vrši ovakvo vrednovanje po binarnom sistemu može poslužiti, među ostalim, automatski Wheatstoneov most ili uređaj za uspoređivanje poznatog pilastog napona s naponom mjerne vrijednosti.

Na prijemnoj strani treba taj impulsni telegram pretvoriti opet u odgovarajuću analognu veličinu, npr. u odgovarajući otklon kazaljke nekog pokaznog instrumenta. To se često postiže tako da impulsi jednog signalnog slijeda postepeno ukopčavaju paralelne otpornike čija ukupna provodljivost odgovara vrijednostima u odašiljačkom pretvaraču (sl. 9). Iz izvora struje konstantnog napona koji je priključen na takav sistem paralelno spojenih otpornika teći će struja kroz pokazni instrument u jakosti koja je razmjerna mjernoj veličini.

Binarno kodirani signali mogu, međutim, izravno ulaziti i u memorije računala, u pisane uređaje (printere) i digitalne pokazne instrumente.

Višestruki prenos. U vezi sa središnjim upravljanjem, unapređenjem automatizacije i rastućom potrebom za obradom podataka postaje u industriji i privredi sve češće potrebno prenositi velik broj mjernih veličina na veće udaljenosti. Da bi se skupi prenosni vodovi što bolje iskoristili, primjenjuju se postupci kojima se postiže višestruki prenos podataka preko jednog zračnog voda ili kabela, odnosno preko jednog od visokofrekvencijskih kanala na takvomvodu. U cilju uvišestručenja prenosa primjenjuju se najčešće postupci navedeni u nastavku.

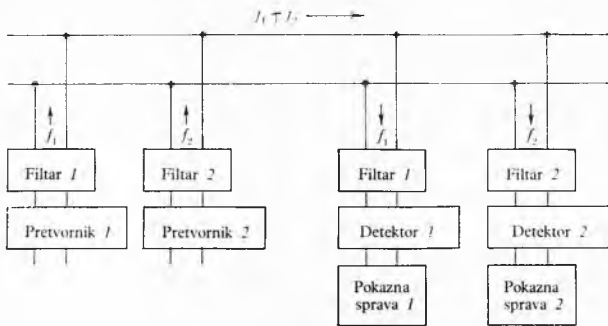
Pri *izbornom postupku* daljinski se prekopčava pokazni instrument s jednog mjernog uređaja na drugi. Primjer takva uređaja pokazuje shematski sl. 10. Na mjestu prijema se pritiskom



Sl. 10. Višestruki prenos mjernih podataka izborom odgovarajućeg pretvornika. Pritiskom na tipkalo (T_a do T_n) aktivira se relej (A do N) koji svojim kontaktom (a do n) priključuje pretvornik (1 do n) na pokaznu spravu

na dugme aktivira odgovarajući relej, koji svojim kontaktom priključuje odabrani pretvornik odašiljača na prenosni vod i pokazni instrument. Takav je sistem prikladan za manje udaljenosti i za prenos veličina koje se mnogo i brzo ne mijenjaju.

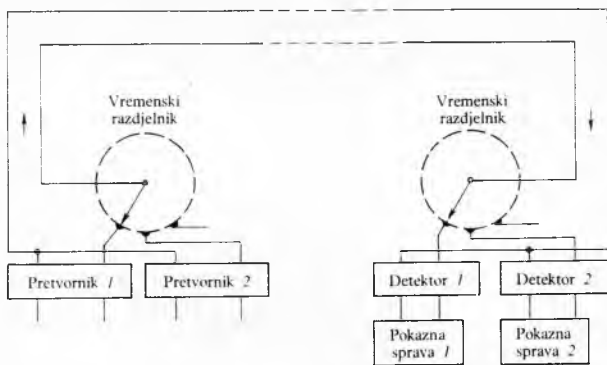
U sistemu s *frekvencijskom razdiobom* (frekvencijskom multipleksu), koji se sada vrlo često primjenjuje, prenosi se istovremeno



Sl. 11. Uređaj s frekvencijskom razdiobom

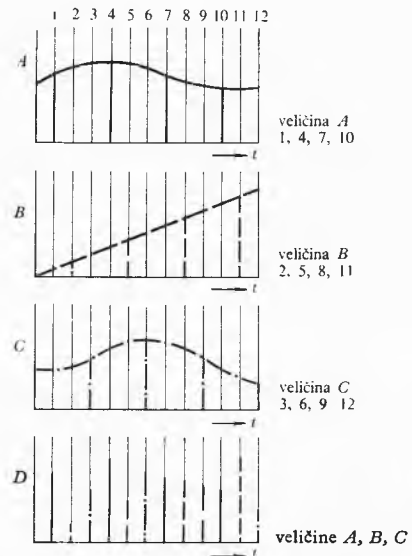
meno veći broj mjernih veličina preko istog voda ili kanala time što se za prenos svake od njih upotrebljava struja druge frekvencije f_1, f_2, \dots, f_n (sl. 11). U prijemniku se struje različitih frekvencija opet razdvajaju filtrima, pojačavaju i dovode do pokaznih sprava. Širina takvih frekvencijskih kanala iznosi za prenos mjernih podataka obično 120 Hz. Broj kanala preko kojih se podaci mogu istovremeno prenositi zavisi od karakteristika dotičnog voda.

U sistemu s *vremenskom razdiobom* (vremenskom multipleksu, cikličkom prenosu) prenose se mjerne veličine istim vodom ili frekvencijskim kanalom uzastopno jedna za drugom. Vremenski



Sl. 12. Uređaj s vremenskom razdiobom. Oba vremenska razdjelnika moraju biti tačno sinhronizirani

razmak između prenosa dviju uzastopnih vrijednosti istog mjernog uređaja zavisi u tom slučaju od trajanja ciklusa, tj. od vremena koje je potrebno razdjeljivaču da pređe sve priključke. To vrijeme iznosi obično 2...4 sek. Ako je taj interval za prenos neke vrijednosti predugačak, može se dotična veličina prenositi i više puta u toku istog ciklusa. S druge strane, vrijeme za koje su u toku ovog postupka odašiljač i prijemni uređaj jedan s drugim spojeni mora biti dovoljno dugo da se uređaji aktiviraju i informacija sa sigurnošću prenese. Prijemni sistem mora kod vremenske razdiobe pamtiiti stari iznos mjerene vrijednosti sve do nailaska nove. Primjer uređaja s vremenskom razdiobom prikazan je shematski na sl. 12. Vremenska razdioba, tj. uključivanje po redu, izvodi se vremenskim razdjelnikom na strani predaje i prijema. Preklapanje može se izvesti biračima, relejima, tiratronima s hladnom katodom, tranzistorima, feritnim jezgricama i drugim sredstvima. Pri tom moraju vremenski razdjelnici na predajnoj strani biti tačno sinhronizirani i usklađeni s razdjelnicima na prijemnoj strani. To se postiže obično posebnim sinhronizacijskim impulsima. Izgled analognih signala prenetih uređajem s vremenskom razdiobom za mjerene veličine *A, B* i *C* prikazuje sl. 13 pojedinačno i sve zajedno.



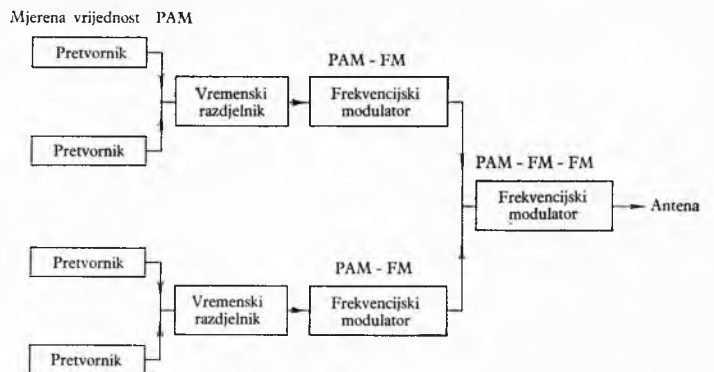
Sl. 13. Prikaz mjerenih veličina na prenosnom vodu. *A* izdvojena veličina za signal »A«, *B* izdvojena veličina za signal »B«, *C* izdvojena veličina za signal »C« i *D* sve veličine za signale *A, B* i *C* zajedno kao što se stvarno prenose

Daljnje uvišestručenje prenosa može se postići npr. kombinacijom *vremenske i frekvencijske razdiobe*. Tako se može npr. u svakom kanalu dobivenom frekvencijskom razdiobom provoditi još i vremenska razdioba mjernih veličina. Prenos još većeg broja informacija preko istog voda može se postići ako se sa niskofrekvencijskog prenosa pređe na visokofrekvencijski s nosećim strujama. Takav prenos doduše traži specijalne vodove i kabele, ali se može primijeniti i na velike udaljenosti.

Za prenose na veće udaljenosti naročito su prikladni impulsni sistemi. Radi uvišestručenja prenosa treba impulsne sljedove po više puta modulirati. Razvilo se naročito u radio-telemetriji nekoliko češće upotrijebljenih kombinacija s uzastopnim modulacijama kao što su npr.: PAM-FM-FM, PDM-FM-AM, PAM, PCM-FM, gdje FM znači frekvencijsku a AM amplitudnu modulaciju (sl. 14). Prilikom prijema mora se demodulacija izvršiti opet istim redom. Za prijem višestrukog impulsnog prenosa primjenjuju se češće i magnetofoni s više staza.

Vodovi za prenos signala daljinskog mjerenja. Signali koji sadrže podatke daljinskog mjerenja mogu se prenositi, slično kao i telegrafija, različitim vrstama vodova.

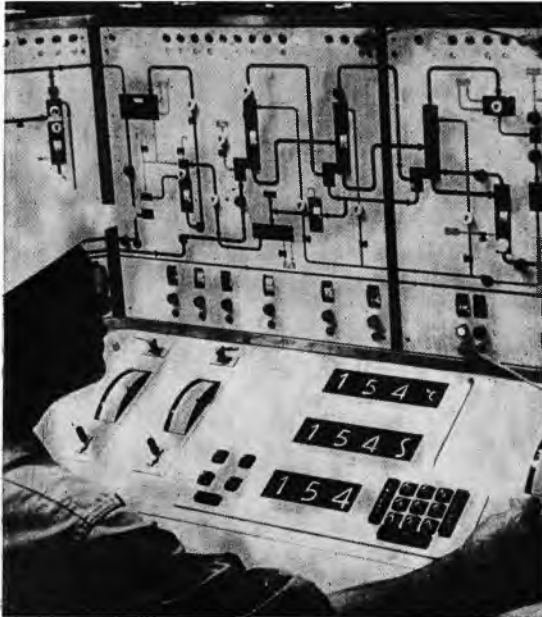
Posebni fizički vodovi koji su postavljeni samo u tu svrhu jesu npr.: zračni vodovi i signalni, telegrafski, telefonski i koaksijalni kabele. Od karakteristika tih vodova zavisi koliko će se kanala moći istovremeno prenositi preko njih. Nepupinizirani telegrafsko-signalni kabel npr. dozvoljava prenos frekvencija od 300 do



Sl. 14. Uvišestručenje prenosa kombinacijom vremenske i frekvencijske razdiobe uz primjenu modulacije PAM-FM-FM

3600 Hz, dakle ukupno samo 24 kanala po 120 Hz. Signali mogu se prenositi i vodovima koji se inače već upotrebljavaju za telegrafiju i telefoniju. Ako je u nekom vodu, npr. za telefoniju, već

iskorišćeno područje od 300 do 2400 Hz, mogu se na takvom vodovodnom prenositi signali daljinskog mjerenja izmjeničnom strujom na frekvencijama iznad 2400 Hz, a područje ispod 300 Hz može se upotrijebiti za prenos istosmjernih običnih ili impulsnih signala. Ali mogućnosti za prenos informacija preko fizičkih vodova ograničene su, a i s pupiniziranim kabelima mogu se informacije prenositi na višim frekvencijama samo na manje udaljenosti. Stoga se dugačke veze mogu realizirati samo s pomoću visokofrekventnog prenosa nosećim strujama. Kao prenosni putevi za visokofrekventni prenos mogu da služe: zračni vodovi, nepupinizirani simetrički kabele s papirnom ili stirofleksnom izolacijom, različiti koaksijalni kabele i također obične i usmjerene radio-veze na vrlo visokim i ultravisokim frekvencijama.



Sl. 15. Pokazna ploča središnjeg uređaja za daljinsko mjerenje i direktno digitalno upravljanje kemijskom tvornicom (Foxboro)

Na dalekovodima, koji moraju biti za ovu svrhu specijalno pripremljeni, mogu se mjerne vrijednosti prenositi samo s pomoću nosećih struja koje su modulirane signalom. Takav se prenos zbog smetnji, prigušenja i konstrukcije priključnih uređaja obavlja na frekvencijama između 30 i 450 kHz. Na takvim dalekovodima prenose se obično signali daljinskog mjerenja uz govor, daljinsko upravljanje, daljinsku signalizaciju, telegrafiju, daljinsku regulaciju i selektivnu zaštitu (v. *Elektroprivredni telekomunikacijski uređaji*).

LIT: H. M. Изюмов, Импульсные системы многоканальной радиосвязи, Москва 1947. — В. С. Малов, Телемеханика в энергетических системах, Москва-Ленинград 1955. — М. Провашик, Дальномерные в энергетике, Прага 1960. — G. Obenhaus, Fernmeßrichtungen, Berlin 1964. Dalju literaturu v. u članku *Daljinsko upravljanje*.

M. Matiević

DALJINSKO UPRAVLJANJE (teleupravljanje), prijenos zapovijedi sa centralnog upravljačkog (komandnog) mjesta do udaljenih upravljanih uređaja. Za vezu između upravljačkog mjesta i upravljanog uređaja služe vodovi koji tvore mrežu daljinskog upravljanja. Prenos zapovijedi i informacija obavlja se redovito električkim, hidrauličkim ili pneumatskim putem. Za prenos na veće udaljenosti služi, međutim, samo električni prenos pa je samo on ovdje opisan.

Daljinsko upravljanje obuhvaća osim postupka za prenos zapovijedi, po potrebi, još i *povratnu kontrolu*, tj. provjeru da li je signal ispravno prenet, nadalje, izvještaj o ispravnom izvršenju zapovijedi s pomoću *povratne signalizacije* i nadzor tekućeg

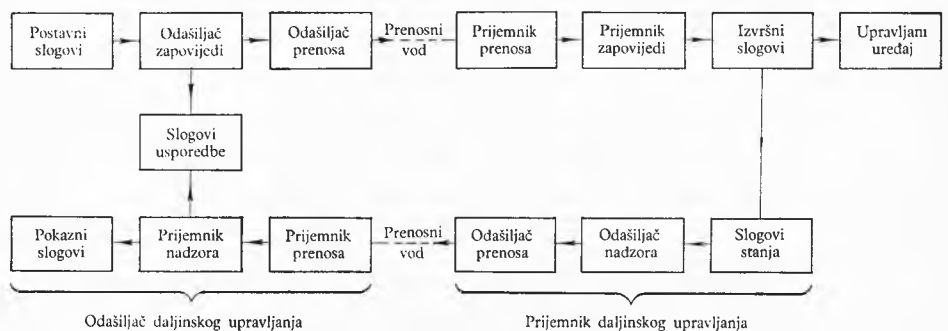
stanja s pomoću daljinskog mjerenja (v. *Daljinsko mjerenje*). Prenos zapovijedi obavlja se tako da se na upravljačkom pultu, ploči ili stolu izabere jedna od predviđenih zapovijedi automatskim ili ručnim postavljanjem sklopke, ili pritiskom na dugme. U *odašiljaču* za daljinsko upravljanje ta se zapovijed pretvara u signal prikladan za prenos preko postojećih električnih vodova ili radio-veze, npr. u niz električnih impulsa određena oblika. Na mjestu prijema *prijemnik* daljinskog upravljanja pretvara električni signal u signal izvršenja koji djeluje na izvršne slogove, npr. na neku sklopku ili ventil udaljenog upravljanog uređaja. Zapovijedi koje se prenose mogu biti dvopoložajne, npr. za ukopčavanje i iskopčavanje, ili višepoložajne, npr. za upravljanje električkim naponom.

Da ne bi zbog smetnji ili kvara na prenosnom vodovodnom ili uređaju došlo do izvršenja pogrešnih zapovijedi, ponekad se prije izvršenja zapovijedi provjerava ispravnost signala, npr. automatskom kontrolom broja impulsa koji sačinjavaju signal, ili automatskim uspoređivanjem dva ili više puta uzastopno predatog signala, ili javljanjem položaja i stanja izvršnog organa, ili uspoređivanjem signala zapovijedi i signala nadzora pomoću povratne signalizacije, ili i drugim postupcima. Za prenos povratne signalizacije primjenjuju se isti postupci i uređaji kao za prenos zapovijedi, samo u obratnom smjeru. Rad udaljenih uređaja provjerava se ponekad i daljinskim mjerenjem. Ono može u određenim slučajevima zamijeniti čak i povratnu signalizaciju ili nadzor i time pojednostavniti uređaj daljinskog upravljanja. Tako npr. nije potrebno nadzirati položaj sklopke ako se vrši daljinsko mjerenje električne struje u krugu koji ona zatvara.

Daljinsko upravljanje se primjenjuje danas: u velikim industrijskim pogonima sa središnjim upravljanjem za uključivanje i isključivanje energetskih izvora, ventilā, sklopki i za upravljanje transportnim uređajima; u naftovodima, plinovodima i vodovodnim postrojenjima za upravljanje udaljenih pumpnih, kompresorskih i ventilnih stanica; u elektroprivredi za upravljanje sklopkama snage pri uključivanju i isključivanju elektroenergetskih mreža i uređaja (v. *Elektroprivredni telekomunikacijski uređaji*); u zrakoplovstvu i u astronautici pri upravljanju letalima i pri upravljanju pojedinim uređajima u njima; u željezničkom saobraćaju pri upravljanju signalnim spravama i skretnicama u kolodvorima, stanicama i na pojedinim odsjecima pruge (v. *Željeznički signalno-sigurnosni uređaji*). U stvari, područje primjene daljinskog upravljanja je praktički neograničeno jer je, npr. primjenom sklopke, moguće neposredno ili posredno upravljati bilo kakvim uređajem.

Sistemi daljinskog upravljanja. Osnovni prikaz sistema daljinskog upravljanja dan je na sl. 1. U *odašiljaču daljinskog upravljanja* ručnim ili automatskim postavljanjem sklopki postavnog sloga ukopčavaju se signali postavljanja, koji se preoblikuju u odašiljaču zapovijedi u signale zapovijedi, a zatim u odašiljaču prenosa u signale prikladne za daljinski prenos; u *prijemniku daljinskog upravljanja* primljeni se signali ponovo pretvaraju u signale zapovijedi i signale izvršenja, koji djeluju na izvršne slogove ili sprave.

Pri povratnoj signalizaciji prijemnik daljinskog upravljanja djeluje kao odašiljač, te zavisno od stanja izvršnih slogova šalje signale stanja, pretvara ih u signale nadzora i signale prenosa, a odašiljač daljinskog upravljanja prima te signale svojim prijemnikom prenosa i pretvara ih ponovo u signale nadzora i signale



Sl. 1. Shematski prikaz daljinskog upravljanja s povratnom signalizacijom