Mr Branislav Todorović,
dipl. inž.

Dr Milan Šunjevarić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnički institut VJ,
Beograd

PRINCIPI TELEVIZIJE

— nastavak —

UDC: 621.327.13.001

Televizija u boji

Televizija u boji donosi još jedan, novi utisak o prizoru na mestu snimanja i sadrži znatno više informacija. U svetlosnom delu spektra, koji zauzima opseg talasnih dužina od 380 do 780 nm, nalazi se nebrojeno mnogo boja različitih nijansi. One sačinjavaju tzv. dugin spektar. Najmanju talasnu dužinu ima ljubičasta, a najveću crvena boja. Između njih u spektru su sadržane sve ostale boje. Bela boja nije samostalna već se sastoji od svih boja u spektru. Njutn i Hagens su dokazali da je svetlost elektromagnetski talas određene talasne dužine koji je po svojoj prirodi identičan radio-talasima. Na osnovu ovih fundamentalnih saznanja, izvedeni su neki važni zaključci za nauku o bojama (kolorimetriju).

Kolorimetrija

Svakoј boji odgovara elektromagnetski talas određene talasne dužine, odnosno učestanosti. Dolazeći na mrežnjaču oka, svetlosno (optičko) zračenje neke talasne dužine stvara utisak boje. Ako na mrežnjaču oka istovremeno dolaze svetlosna zračenja različitih talasnih dužina, one stvaraju utisak neke nove boje. Ukoliko na mrežnjaču dolazi svetlosno zračenje iz celog opsega vidljive svetlosti od 380 do 780 nm dobiće se utisak bele boje.

Ukoliko se, pak, ovom spektru odzme jedan njegov deo dobiće se utisak neke konkretne boje. Prema tome, utisak boje u oku stvara se na dva načina: sabiranjem i oduzimanjem. Na osnovu toga mogu se razlikovati dva načina mešanja boja: aditivno i subtraktivno. Aditivno mešanje boja je mešanje svetlosnih vrsta, dok subtraktivno mešanje predstavlja mešanje obojenih materija; prvo je vezano za televizijsku tehniku, a drugo za slikarstvo. Povećanjem komponenata u subtraktivnom mešanju rezultirajuća boja postaje sve tamnija, a u aditivnom mešanju sve svetlija.

Kod televizijskog prenosa u boji potrebno je imati potpuno definisane odnose boja, koji se na pogodan način mogu meriti. Merljivost boja sadržana je u odnosima pojedinih boja prema precizno definisanim primarnim bojama, koje su dobijene ispitivanjem velikog broja osoba. Pri tom se došlo do saznanja da se sve postojeće boje mogu reprodukovati pomoću tri osnovne boje: crvene, zelene i plave. Uobičajeno je da se ove boje označavaju akronimima engleskih reči: R (red — crvena), G (green — zelena) i B (blue — plava). Izvori koji daju primarne boje precizno su određeni u spektru. Na osnovu njih može se računski odrediti udeo primarnih boja u drugim bojama. Zbog toga se koriste monohromatski izvori koji zrače svetlosnu energiju u sasvim uskom delu spektra. Za primarne boje u te-

levizijskom prenosu izabrane su sledeće talasne dužine: crvena $\lambda_R=700$ nm, zelena $\lambda_G=546$ nm i plava $\lambda_B=436$ nm.

Relativni iznosi tri osnovne (primarne) boje, potrebni da se dobije neka izvedena boja, služe kao numeričke veličine za njen opis. Količina primarnih boja određuje se kolorimetrom u kome se svetlost neke boje upoređuje sa mešavinom svetlosti tri osnovne boje. One se kalibrisanim oslabljivačima mogu proizvoljno mešati. Ako se sa C označi tražena izvedena boja, a sa $q(R)$, $q(G)$, $q(B)$ odgovarajuće količine primarnih boja, onda se tražena boja dobija na sledeći način:

$$C = q(R) + q(G) + q(B) \quad (41)$$

Principi televizijskog prenosa u boji

S obzirom na to da se utisak u oku o svakoj boji može dobiti aditivnim mešanjem tri primarne boje (primara) u odgovarajućim iznosima, kod televizije u boji moraju se dobiti, preneti i reprodukovati odgovarajuće tri informacije.

Prenos slike u boji ostvaruje se na isti način kao i kod crno-bele televizije. Na predajnoj strani se kao ele-

ktrično-optički pretvarač nalazi kolor TV kamera. Na njenom izlazu dobijaju se tri električna ekvivalenta (napona) koji odgovaraju količinama primara za svaki element analizirane slike. Ove informacije se na pogodan način komponuju u složeni (kompozitni) signal, koji se zatim prenosi jednim kanalom. Na prijemu se ovaj složeni signal najpre dekomponuje, a zatim uvodi u električno-optički pretvarač — kolor katodnu cev.

Princip rada kolor TV kamere može se objasniti pomoću slike 10. Razlaganje svetlosti koja dolazi sa snimane scene na komponente primarnih boja vrši se specijalnim optičkim sistemom. Svetlost koja je reflektovana sa snimane scene dolazi preko objektiv i sistema sočiva na dihroidna ogledala.

Prvo dihroidno ogledalo reflektuje plavu svetlost, a propušta zelenu i crvenu. Propuštena svetlost dolazi na drugo ogledalo. Ono reflektuje crvenu, a propušta zelenu svetlost. Potrebno je naglasiti da su koeficijenti apsorpcije ovih ogledala veoma mali, tako da se pri propuštanju svetlosti javljaju mali gubici. Reflektovane svetlosti (plava i crvena) padaju na obična ogledala, od kojih se reflektuju prema analizatorskim cevima. Ispred cevi R,

Sl. 10 — Principijelna šema kolor TV kamere

G i B postavljeni su filteri za crvenu, zelenu i plavu boju, respektivno, kojima se odstranjuju eventualne prime-se drugih svetlosti.

Dakle, kamera ima po jedno cr-veno, zeleno i plavo »oko«. Svako od njih »vidi« samo onu vrstu svetlosti koja pripada njenom opsegu talasnih dužina. Elektronskim mlazevima, čija kretanja moraju biti sinhronizovana, analiziraju se crveni, zeleni i plavi sa-držaji snimane scene na signalnim plo-čama. To znači da će se za svaki ana-lizirani element dobiti tri napona: U_R , U_G , U_B , koji predstavljaju odgovaraju-će količine primarnih boja posmatra-nog elementa.

Električni signal koji nosi infor-maciju o osvetljaju opisan je izrazom:

$$U_Y = 0,30U_R + 0,59U_G + 0,11U_B \quad (42)$$

Signal U_Y , koji nosi podatak o os-vetljaju elemenata snimane scene, na-ziva se luminentni ili Y — signal.

Formiranje luminentnog signala od signala U_R , U_G i U_B izvodi se po-moću matričnog kola prikazanog na slici 11. To je mreža otpornika čiji je odnos otpornosti $(R/R_R):(R/R_G):(R/R_B)=0,3:0,59:0,11$.

Formiranje luminentnog signala najlakše se može objasniti na prime-ru četiri boje: bele, sive, zasićene žu-te i zasićene plave boje. U slu-

Sl. 11 — Formiranje Y — signala pomoću mreže otpornika

čaju bele boje, naponi U_R , U_G i U_B jed-naki su i maksimalni. Ma kolike da su ove maksimalne vrednosti, mogu se normalizovati i obeležiti jedinicom. Tada je $U_Y = 0,30 \cdot 1 + 0,59 \cdot 1 + 0,11 \cdot 1 = 1$. U slučaju sive boje ovi naponi su takođe jednaki, ali je njihova vrednost manja. Ako je ova vrednost 0,5 onda je $U_Y = 0,30 \cdot 0,5 + 0,59 \cdot 0,5 + 0,11 \cdot 0,5 = 0,5$. Zasićena žuta svetlost se optič-kim sistemom kamere razlaže na dve komponente maksimalnih vrednosti: crvenu i zelenu. Zbog toga je $U_R = 1$; $U_G = 1$; $U_B = 0$. U ovom slučaju lumi-nentni signal je $U_Y = 0,30 \cdot 1 + 0,59 \cdot 1 + 0,11 \cdot 0 = 0,89$. Za zasićenu plavu bo-ju je $U_R = 0$; $U_G = 0$; $U_B = 1$. Luminent-ni signal je tada $U_Y = 0,30 \cdot 0 + 0,59 \cdot 0 + 0,11 \cdot 1 = 0,11$. Prema tome, luminent-ni signali odgovaraju subjektivnom osećaju osvetljaja ovih boja: bele i žu-te koje su najosetljivije, dok se plava čini najtamnijom.

S obzirom na to da su signali U_Y , U_R , U_G i U_B povezani relacijom (42), to znači da se ne moraju prenositi sva četiri signala, već samo tri. Četvrti si-gnal se na osnovu relacije (42) može rekonstruisati na mestu prijema.

Sistemi za televizijski prenos u boji

Pre nego što je započet razvoj te-levizijskog sistema za prenos slike u boji, pušten je u rad veliki broj tele-vizijskih stanica za prenos crno-bele slike. Bio im je dodeljen i odgovara-jući deo frekvencijskog spektra, a ko-ristilo se i mnogo crno-belih televizor-a. To je u bitnoj meri uticalo na kon-cepciju televizijskog sistema za pre-nos slike u boji. Zahtevi koje je sistem trebalo da ispuni bili su:

— kvalitetna reprodukcija slike, što znači da su boje morale da budu verne, a kontrast, oštrina i rezolucija isti kao kod prenosa crno-bele slike,

— kompatibilnost, što je trebalo da omogući korisnicima koji imaju

crno-bele televizore da mogu nesmetano da primaju crno-belu sliku programa koji emituju predajnici za prenos slike u boji, a korisnici koji imaju televizore u boji da nesmetano primaju crno-belu sliku programa koji emituju predajnici za prenos crno-bele slike,

— rad unutar frekvencijskih kanala dodeljenih za prenos crno-bele slike.

Da bi se ispunio zahtev kompatibilnosti, luminentni signal obavezno mora biti jedan od tri signala koji se prenose. Za prenos podataka o boji potrebna su još dva signala. Na prvi pogled može se zaključiti da će prenos slike u boji biti korektan ukoliko se pored Y — signala prenose bilo koja dva od tri signala boje, jer se treći u prijemniku može lako rekonstruisati. Međutim, ovakvim izborom sistema ne bi bio kompatibilan. Naime, za bilo koju sivu nijansu sva tri napona na izlazu iz kamere su jednaka. Kako je za korektnu reprodukciju crno-bele slike dovoljan samo Y — signal, preostala dva signala koji se prenose predstavljaju smetnju.

Da bi sistem bio kompatibilan pronađeno je rešenje da se prenose luminentni signal U_Y i signali razlike boja: U_{R-Y} i U_{B-Y} . Pri tom signali razlike nose samo podatke o vrsti i zasićenosti prenošene boje. Pri prenosu crno-bele slike, oba signala razlike boja jednaka su nuli, tako da se prenosi samo Y — signal.

Prvi televizijski sistem za prenos slike u boji razvijen je u SAD. Projektom je rukovodio Nacionalni komitet za televizijske sisteme, pa je sistem dobio naziv NTSC (National Television System Committee).

Ostali televizijski sistemi za prenos slike u boji, koji se danas koriste, predstavljaju varijante originalnog NTSC sistema. Tako je u Nemačkoj razvijen PAL (Phase Alternating Line) sistem, a u Francuskoj SECAM (Sequential Colour And Memory) sistem.

Signal slike u boji sadrži dve osnovne komponente: osvetljaj (tzv. »luminentna komponenta«) i boju (tzv. »hrominentna komponenta«). Luminentna komponenta je praktično ista kao i signal monohromatske slike, dok je hrominentna komponenta pomeren duž frekvencijske ose i centrirana oko učestanosti podnosioca za boju f_c .

Sistem NTSC

Kod sistema NTSC modulacija podnosioca za boju se ne vrši direktno signalima razlike U_{R-Y} i U_{B-Y} . Kombinacijom ovih signala u odgovarajućim iznosima dobijaju se novi signali I i Q , koji su određeni sledećim izrazima:

$$I = 0,74U_{R-Y} - 0,27U_{B-Y} \quad (43)$$

$$Q = 0,48U_{R-Y} + 0,41U_{B-Y} \quad (44)$$

Da bi se emitovala dva različita signala, I i Q , na jednom podnosiocu za boju, koristi se kvadratura modulacija, a zatim se modulisani podnosioc za boju sabira sa luminentnim Y — signalom i na taj način se formira kompozitni video-signal.

U sistemu NTSC kao učestanost podnosioca za boju usvojena je vrednost jednaka jednoj polovini 455-struke vrednosti linijske učestanosti uvećane za dvostruku učestanost slike:

$$\begin{aligned} f_c &= (455/2)f_l + 2f_s = \\ &= 3,583185 \text{ MHz} \end{aligned} \quad (45)$$

Osnovni tehnički problem pri prenosu I i Q signala razlike boja jeste pojava preslušavanja. Posledica ove pojave je izobličenje u vernosti reprodukcije boja.

Najveći nedostatak sistema NTSC je njegova osetljivost na izobličenje diferencijalne faze. Posledica ovog izobličenja je greška pri reprodukciji boje. Najvažniji uzrok koji izaziva izobličenje diferencijalne faze je pojava re-

fleksije. Ona dovodi do superpozicije direktnog i reflektovanog talasa na ulazu u prijemnik, a samim tim i do fazne greške. Pojavu refleksije nije moguće kompenzovati u prijemniku.

Uprkos jednostavnom tehničkom rešenju za prenos slike u boji, osetljivost na izobličenja diferencijalne faze, a samim tim pogrešno reprodukovanje boje ozbiljan je nedostatak. Protivnici sistema NTSC ironično su tvrdili da skraćenica NTSC potiče od engleskog: *Never Twice the Same Color* — nikad dvaput ista boja. Zbog toga ovaj sistem nikad nije prihvaćen u Evropi, već se radilo na razvijanju novih, boljih sistema za prenos slike u boji.

Danas se sistem NTSC koristi u SAD, Kanadi i Japanu, gde je razvijen kablovski televizijski prenos kod koga pojava refleksije nije značajna, kao i u nekim zemljama Srednje i Južne Amerike.

Sistem PAL

Valter Bruh razvio je sistem PAL 1951. godine, i on predstavlja usavršenu varijantu sistema NTSC. Osnovna ideja kod sistema PAL zasniva se na već poznatoj osobini oka da ne može razlikovati boje vrlo sitnih detalja slike. Ova osobina oka već je bila iskorišćena kod sistema NTSC za ograničenje spektra I i Q signala, čime je smanjena horizontalna rezolucija za boje. Ograničenje razlaganja za boje moguće je izvršiti i u vertikalnom pravcu slike. Eksperimentalno je utvrđeno da se sadržaji o boji dve uzastopne linije vrlo malo razlikuju. Drugim rečima, razlike u boji dva elementa slike koji se nalaze jedan ispod drugog veoma su male. To znači da se hrominentni podaci ovih elemenata mogu međusobno mešati, a da oko ne primeti izobličenja u vrsti boje i zasićenju koja zbog toga nastaju.

Osnovna ideja sistema PAL sastoji se u sledećem: neka se u n -toj liniji prenosi naranđasta boja koja je defi-

nisana početnom fazom Φ u odnosu na pozitivan smer B — Y ose. Ako se iz već opisanih razloga na prenosnom putu javi greška u fazi $+\Delta\Phi$, na ekranu će se reprodukovati pogrešna, žuta boja. Kako se informacija o boji sasvim neosetno menja između dve susedne linije, može se pretpostaviti da će sledeća linija, $(n+1)$, takođe biti naranđasta. Opravdano se može pretpostaviti da će se na prenosnom putu javiti isto fazno izobličenje $+\Delta\Phi$, jer se za tako kratko vreme (trajanje jedne linije) fazna greška neće bitno promeniti. Na ekranu bi se i u ovom slučaju reprodukovala pogrešna, žuta boja. Međutim, ako se na predaji promeni početna faza linije $(n+1)$ za 180° , a zatim ista operacija izvrši na prijemu, doći će do pojave komplementarne fazne greške $-\Delta\Phi$, pa će se naranđasta boja reprodukovati kao crvena. Posmatranjem te dve susedne pogrešno reprodukovane linije (žute i crvene), pri normalnoj udaljenosti sa ekrana, gledalac će imati utisak o naranđastoj boji. Naime, zbog inercije oka i velike brzine reprodukovanja linija, u oku dolazi do integracije dve susedne linije sa nultom rezultujućom faznom greškom.

Prema tome, kod sistema PAL faza svake sledeće linije u koderu i dekoderu menja se za 180° . Otuda i naziv PAL koji je dobijen od početnih slova izraza *Phase Alternation Line*, što u slobodnom prevodu znači: promena faze od linije do linije. Kod savremenih sistema PAL, umesto da se prepušta oku da kombinuje boje susednih linija, ova operacija se vrši elektronskim putem pomoću linije za kašnjenje i dodatnih kola koja se nalaze u dekoderu prijemnika.

Kod sistema PAL se kao modulišući signali za modulaciju podnosioca boje koriste tzv. redukovani signali razlike boja, obeležavaju se sa U i V. Opisani su sledećim izrazima:

$$U = 0,49U_{B-Y} \quad (46)$$

$$V = 0,88U_{R-Y} \quad (47)$$

Dakle, U signal predstavlja 49% signala U_{B-Y} , a V signal 88% signala U_{R-Y} . Pošto je i kod sistema PAL primenjena kvadratura modulacija za dobijanje hrominentnog signala, nove modulacione ose U i V poklapaju se sa $B - Y$ i $R - Y$ osama, respektivno.

U sistemu PAL za učestanost podnosioca boje usvojena je 284-struka vrednost linijske učestanosti umanjena za 1/4 linijske učestanosti i uvećana za učestanost slike:

$$f_c = (284 - 1/4)f_l + f_s = 4,43361875 \text{ MHz} \quad (48)$$

Danas se ovaj sistem, pored Nemačke, koristi u mnogim zemljama zapadne Evrope, Azije i Afrike, uključujući i Jugoslaviju.

Sistem SECAM

Sistem SECAM takođe se zasniva na osobini oka da ne razlikuje po boji dve susedne linije. Radi otklanjanja greške diferencijalne faze kod sistema SECAM se u svakoj liniji prenosi Y signal, i naizmenično samo jedan od signala razlike U_{R-Y} i U_{B-Y} .

Za razliku od NTSC i PAL sistema, gde se signali razlike prenose istovremeno, kod sistema SECAM prenos ovih signala se vrši sukcesivno (sekvencijalno). Zbog zahteva kompatibilnosti Y signal se i ovde mora slati za svaku liniju.

S obzirom na to da je pri reprodukciji potrebno imati oba signala razlike, u prijemniku se postavlja linija za kašnjenje čije vreme kašnjenja odgovara vremenu trajanja jedne linije. Ova linija za kašnjenje ima ulogu memorijskog elementa, tj. da »zapamti« sadržaj signala prethodne linije koji zajedno sa sadržajem prve sledeće linije omogućava da se izvrši dekodovanje. Zbog načina prenosa signala razlike ovaj sistem je dobio ime.

Modifikovani signali razlike kod sistema SECAM obično se označavaju sa D_R i D_B . Opisani su sledećim izrazima:

$$D_R = -1,9U_{R-Y} \quad (49)$$

$$D_B = 1,5U_{B-Y} \quad (50)$$

Kod sistema SECAM signalima D_R i D_B vrši se frekvencijska modulacija podnosioca za boju. Kvadratura modulacija ovde nije potrebna jer se obavlja sekvencijalni prenos ovih signala.

Pri prenosu signala D_R i D_B učestanost podnosioca za boju nije jednaka već se menja od linije do linije. Kada se prenosi signal D_R , učestanost podnosioca za boju je:

$$f_{DR} = 282f_l \quad (51)$$

a kada se prenosi signal D_B , učestanost podnosioca za boju je:

$$f_{DB} = 272f_l \quad (52)$$

Danas se sistem SECAM, pored Francuske, koristi u mnogim zemljama istočne Evrope, Azije i Afrike.

Vrste televizijskog prenosa

Sistem za distribuciju televizijskog programa predstavlja važnu kariku u televizijskom prenosu. Distribucija programa može se vršiti na tri načina, pa prema tome postoje tri vrste televizijskog prenosa: radio-difuzni, kablovski i satelitski. Tip modulacije koja se koristi pri emitovanju zavisi od vrste prenosa. Kod radio-difuznog prenosa koristi se amplitudska modulacija sa nesimetričnim bočnim opsegom. Isti je slučaj i kod kablovskog prenosa, sa izuzetkom mreža za digitalni prenos, dok se kod satelitskog prenosa koristi frekvencijska modulacija. Svaka od pomenute tri vrste televizijskog prenosa ima svoje određene prednosti i vrši se unutar posebnih kanala. Pri tom treba nagla-

siti da različiti sistemi za distribuciju programa nisu međusobno konkurentni, već se uzajamno dopunjavaju. Iako kablovski televizijski prenos ne spada u domen radio-komunikacija, zbog celovitosti izlaganja biće razmotrene sve tri vrste televizijskog prenosa.

Radio-difuzna televizija

Kod radio-difuznog prenosa televizijskog signala razlikuju se dva tipa amplitudske modulacije. Modulacija je negativna ako elementu slike koji ima najveći osvetljaj odgovara najmanja amplituda modulisanog signala. Nasuprot tome, modulacija je pozitivna kada amplituda modulisanog signala raste sa povećanjem osvetljaja elementa slike. Oba tipa modulacije imaju svoje prednosti i nedostatke. U Jugoslaviji se koristi negativna modulacija.

Amplitudska karakteristika televizijskog signala koji emituje radio-difuzni predajnik prikazana je na slici 12.

Sl. 12 — Amplitudska karakteristika signala radio-difuznog televizijskog predajnika

Učestanost nosioca slike označena je sa f_s , a učestanost nosioca tona sa f_z . Međusobni razmak ovih učestanosti određen je standardima pojedinih sistema. Po jugoslovenskim standardima ovaj razmak je 5,5 MHz. Širina

gornjeg bočnog opsega televizijskog signala je 5 MHz, dok je širina delimično potisnutog donjeg bočnog opsega 1,25 MHz. Za razliku od slike, modulacija nosioca tona je frekvencijska. Širina tonskog kanala je 0,5 MHz i znatno je veća od maksimalne devijacije, koja iznosi samo 50 kHz, da bi se smanjio uticaj bočnih komponenata na reprodukciju slike.

Prema preporukama CCIR-a, u Jugoslaviji se za radio-difuzni prenos televizijskog signala koriste četiri opsega učestanosti. Oni se obično nazivaju opsezima I, III, IV i V. Opsezi I i III pripadaju VHF, a opsezi IV i V pripadaju UHF talasnom području. Zauzimaju sledeće opsege učestanosti: I opseg 41 do 68 MHz, III opseg 174 do 230 MHz, IV opseg 470 do 606 MHz i V opseg 606 do 862 MHz. Opseg II koji se nalazi u VHF talasnom području 87,5 do 108 MHz ne koristi se za televizijski prenos već je ostavljen na raspolaganje radio-difuziji za FM prenos zvuka.

U tabeli 1 dat je pregled svih raspoloživih televizijskih kanala i područja učestanosti koja oni zauzimaju, a prikazane su i vrednosti učestanosti nosioca slike i tona za pojedine kanale.

Širina televizijskog kanala u opsezima I i III iznosi 7 MHz. U opsegu I za prenos programa stoje na raspolaganju tri kanala (2, 3 i 4), dok se kanal 1 (41 do 47 MHz) koristi u službene svrhe. U opsegu III smešteno je osam kanala (5 do 12). Dakle, u VHF području postoji 11 raspoloživih kanala.

Širina televizijskog kanala u opsezima IV i V iznosi 8 MHz. U ova dva opsega smešteno je ukupno 49 kanala (21 do 69).

Jedan radio-difuzni televizijski predajnik svojim programom može pokriti zonu čiji je maksimalni poluprečnik oko 100 km. Da bi se televizijskim programom pokrila cela teritorija jedne veće države, potreban je od-

Raspoloživi televizijski kanali

Talasno područje	Opseg	Redni broj kanala	Područje kanala (MHz)	Učestanost nosioca slike (MHz)	Učestanost nosioca tona (MHz)
VHF	I	2	47 do 54	48,25	53,75
		3	54 do 61	55,25	60,75
		4	61 do 68	62,25	67,75
VHF	III	5	174 do 181	175,25	180,75
		6	181 do 188	182,25	187,75
		7	188 do 195	189,25	194,75
		8	195 do 202	196,25	201,75
		9	202 do 209	203,25	208,75
		10	209 do 216	210,25	215,75
		11	216 do 223	217,25	222,75
		12	223 do 230	224,25	229,75
UHF	IV	21	470 do 478	471,25	476,75
		.	.	.	.
		.	.	.	.
		37	598 do 606	599,25	604,75
UHF	V	38	606 do 614	607,25	612,75
		.	.	.	.
		.	.	.	.
		69	854 do 862	855,25	860,75

govarajući broj pogodno raspoređenih televizijskih predajnika. Njihov ukupan broj i odgovarajući raspored čine mrežu radio-difuznih televizijskih predajnika.

Pri raspodeli TV kanala pojedinim predajnicima treba voditi računa da dva susedna predajnika ne rade na istom kanalu. Naime, ako bi ovi predajnici nezavisno radili na istom kanalu, ne može se postići da generisane učestanosti nosioca u njima budu potpuno jednake. Usled ove nejednakosti javljaju se povremene ili stalne smetnje na ekranu TV prijemnika.

Smetnje se u prijemniku javljaju kao posledica izbijanja signala različitih učestanosti nosioca, a manifestuju se u vidu crnih i belih linija. Razmak ovih linija srazmeran je razlici učestanosti nosioca susednih predajnika. Pokazalo se da dva susedna predajnika mogu raditi na istom kanalu, pri čemu su uzajamne smetnje minimalne, ukoliko se njihove učestanosti nosioca razlikuju za polovinu linijske učestanosti. Ovakav rad, koji se inače koristi u SAD, prilično je složen, jer zahteva visok stepen stabilnosti učestanosti nosioca, kao i učestanosti sin-

hronizacionih impulsa. Zbog složenosti praktične realizacije, ovakav način prenosa ne koristi se u Jugoslaviji.

Na planiranje mreže TV predajnika i raspodelu kanala utiču i obaveze prema susednim zemljama, što je regulisano međunarodnim propisima koji obezbeđuju da se mreže TV predajnika susednih zemalja projektuju tako da uzajamne smetnje budu minimalne.

Kablovska televizija

Kablovska televizija je naziv za prenos televizijskih signala po kablovskoj mreži koja je izrađena od koaksijalnih ili optičkih kablova.

Prva kablovska mreža izgrađena je 1949. godine u SAD, i danas je veoma razvijena — ima više miliona priključaka i nudi veliki broj televizijskih programa. I u Evropi se kablovska mreža brzo razvijala, tako da postoje gradovi sa velikim brojem priključaka na kablovsku televizijsku mrežu, naročito u Belgiji, Velikoj Britaniji, Danskoj, Francuskoj, Holandiji, Nemačkoj i Norveškoj. Kablovska televizijska mreža počela je da se gradi kod nas 1979. godine, i to prvenstveno u novim prigradskim naseljima.

Kablovska televizijska mreža koja trenutno postoji u Evropi omogućuje, uglavnom, jednosmerni prenos televizijskih signala od prijemnih uređaja do pojedinih korisnika. Malo mreža omogućuje dvosmerni prenos, tj. prenos poruka od korisnika do centra mreže. Taj dvosmerni prenos je, uglavnom, namenjen za nadzor delovanja kablovskog distribucionog sistema, jer se kablovska mreža može dopuniti elementima koji omogućuju povratni prenos za određene funkcije nadzora kod korisnika (alarm u slučaju provala, požara, potrošnja električne energije, gasa, itd.). Prema jugoslovenskom standardu, za povratni prenos koriste se tri kanala (P1 do P3)

u opsegu od 9 do 30 MHz. Pri izradi kablovske mreže u budućnosti će se koristiti optički kablovi, a broj usluga će se povećati: prenos svih mogućih radio i televizijskih programa, veza između računara, videotekst, itd.

Kablovska televizijska mreža gradi se prvenstveno zbog toga što omogućuje bolji prijem televizijske slike i tona i više programa. Sastoji se od: prijemnog antenskog sistema, glavne stanice, distribucione mreže i priključaka korisnika.

Prijemni antenski sistem postavlja se na najpogodnijem mestu u naselju (ili njegovoj okolini), gde je moguće primati sve programe sa najboljim kvalitetom. Antenski sistem sastoji se od mehanički postojanih antena otpornih na sve vremenske uticaje. Pored antena namenjenih za prijem radio-difuznog televizijskog programa, antenski sistem, po pravilu, uključuje i parabolične antene za prijem satelitskih televizijskih programa.

Glavna stanica sastoji se od antenskih filtera, spreznika, pojačavača, konektora, energetskih izvora za napajanje, itd. U njoj se vrši obrada primljenih signala radi što kvalitetnijeg odašiljanja u distribucionu mrežu. Obrada primljenih signala je takva da svaki korisnik može primati kvalitetnu sliku bez refleksija i drugih spoljašnjih uticaja.

Distribuciona mreža sastoji se od koaksijalnih ili optičkih kablova sa odgovarajućim pojačavačima, elementima za deljenje signala, konektorima, izvorima za napajanje, itd.

Priključak korisnika je utičnica koja se postavlja na kraju kabla u stanu korisnika.

Kablovska televizija je posebno podesna u područjima gde nije moguće dobro pokrivanje terena signalom radio-difuznih predajnika, zbog izrazito talasaste konfiguracije terena.

Što se tiče frekvencijskog opsega, za kablovsku distribuciju radio-difuz-

nih televizijskih programa, jugoslovenski standard stavlja na raspolaganje 41 kanal (S1 do S41) u opsegu od 104 do 468 MHz. Raspored ovih kanala prikazan je u tabeli 2. Za kablovsku distribuciju satelitskih televizijskih programa u Jugoslaviji se koristi 40 kanala (S42 do S81) koji se nalaze u opsegu od 950 do 1750 MHz.

Satelitska televizija

Ideja o uključivanju svih tačaka na Zemljinoj površini u jedinstvenu radio-komunikacionu mrežu za prijem televizijskih signala pripadala je naučnoj fantastici sve do pojave veštačkih satelita. Međutim, od 1962. godine, kada je Zemljin veštački satelit TE-

Tabela 2

Raspored kanala za kablovsku distribuciju TV programa

Talasno područje	Opseg	Redni broj	Područje kanala (MHz)	Učestanost nosioca slike (MHz)	Učestanost nosioca tona (MHz)
VHF	II	S1	104 do 111	105,25	110,75
		S2	111 do 118	112,25	117,75
		S3	118 do 125	119,25	124,75
		S4	125 do 132	126,25	131,75
		S5	132 do 139	133,25	138,75
		S6	139 do 146	140,25	145,75
		S7	146 do 153	147,25	152,75
		S8	153 do 160	154,25	159,75
		S9	160 do 167	161,25	166,75
		S10	167 do 174	168,25	173,75
VHF	III	S11	230 do 237	231,25	236,75
		S12	237 do 244	238,25	243,75
		S13	244 do 251	245,25	250,75
		S14	251 do 258	252,25	257,75
		S15	258 do 265	259,25	264,75
		S16	265 do 272	266,25	271,75
		S17	272 do 279	273,25	278,75
		S18	279 do 286	280,25	285,75
		S19	286 do 293	287,25	292,75
		S20	293 do 300	294,25	299,75
UHF	IV	S21	300 do 308	301,25	306,75
		.	.	.	.
		.	.	.	.
		S30	372 do 380	373,25	378,75
		.	.	.	.
		S41	460 do 468	461,25	466,75

LESTAR počeo da prenosi televizijske programe između Severne Amerike i Evrope, postalo je jasno da će ova ideja postati stvarnost.

TELESTAR je bio loptastog oblika prečnika 87 cm i mase 80 kg. Lansiran je u eliptičnu orbitu sa apogejom (tj. sa najvećom udaljenošću od Zemlje) od oko 5600 km, i periodom obilaska Zemlje 2,5 sata. Snaga predajnika na TELESTAR-u bila je 2,25 W, a širina propusnog opsega 50 MHz. Učestanost nosioca je bila 6 MHz na uzlaznoj deonici (Zemlja — satelit), a 4 GHz na silaznoj deonici (satelit — Zemlja). Kapacitet TELESTAR-a iznosio je 600 telefonskih govornih kanala, ili, umesto toga, mogao je da prenese jedan televizijski signal.

Prvi komercijalni radio-komunikacioni satelit INTELSAT I lansiran je 1965. godine u geostacionarnu orbitu iznad Atlantskog okeana. Skoro istovremeno u SSSR-u je lansiran radio-komunikacioni satelit MOLNIJA I u subsinhronu eliptičnu orbitu koja je bila pogodna za prekrivanje cele teritorije SSSR-a i njemu susednih zemalja.

Satelitske radio-komunikacije, čiji rad je započeo formiranjem globalnog sistema na bazi satelita INTELSAT IV, danas se uveliko primenjuju.

Za potrebe užih geografskih regiona (Severna Amerika, Zapadna Evropa, itd.) izgrađeni su tzv. »domaći« radio-komunikacioni sateliti.

Programi iz radio-komunikacionih satelita ECS-1, INTELSAT-11, INTELSAT-12, ASTRA i TELECOFM mogu se primati u celoj Evropi. Te programe emituju zapadnoevropske državne i privatne kompanije.

Radio-komunikacioni sateliti predstavljaju TV pretvarače, koji svojim antenama u geostacionarnoj orbiti iznad ekvatora pokrivaju signalima određene predele Zemljine površine.

Glavni delovi satelitskog prijemnog uređaja su:

- parabolična antena sa postoljem,
- mikrotalasni pretvarač,
- modulator na standardni TV kanal.

Potrebna veličina parabolične antene zavisi od nivoa signala na mestu prijema.

Za distribuciju televizijskih programa koriste se telekomunikacioni sateliti i sateliti za direktni prijem.

Telekomunikacioni sateliti sačinjavaju tzv. fiksnu satelitsku službu, koja nije namenjena individualnim korisnicima, pa zbog toga podleže posebnim odredbama međunarodne konvencije o telekomunikacijama. Zbog toga su potrebne dozvole za prijem signala sa ovih satelita. Radi očuvanja tajnosti, ovi programi su često šifrovani, najčešće korišćenjem skremble-ra. Telekomunikacioni sateliti emituju program u 3 frekvencijska opsega: 3,655 do 3,695 GHz, 10,950 do 11,700 GHz i 12,500 do 12,750 GHz.

Danas postoji veliki broj telekomunikacionih satelitskih sistema, a neki od njih, kao što su: INTELSAT, EUTELSAT i HORIZONT mogu se primati u Jugoslaviji. INTELSAT emituje američki i španski program, EUTELSAT sa dva satelita: ECS-F1 i ECS-F2 služi za evrovizijsku razmenu programa, HORIZONT distribuirá centralni moskovski program za teritoriju bivšeg SSSR-a i evropske zemlje, a ARABSAT emituje programe za arapske zemlje od Indijskog do Atlantskog okeana.

Fiksna satelitska služba, pored televizijskog prenosa, obuhvata širok spektar informacija: telefoniju, teleks, faksimil, kompjuterske signale, elektronsku poštu, i dr.

Sateliti za direktan prijem sačinjavaju radio-difuznu satelitsku službu, koja emituje program u opsegu

11,7 do 12,5 GHz i namenjena je direktnom prijemu televizijskih signala.

U Evropi je opseg od 11,7 GHz do 12,5 GHz podeljen na 40 kanala širine od po 27 MHz i sa razmakom od 19,18 MHz.

Umesto zaključka

U ovom radu su na sažet način prikazani principi televizijskog preno-

sa. Najpre je generalno razmatran prenos slike, kako nepokretne (faksimil) tako i pokretne (televizija). Posle toga analiziran je televizijski signal u vremenskom i frekvencijskom domenu. Zatim su diskutovani principi kolorimetrije. Osnovni televizijski sistemi za prenos slike u boji (NTSC, PAL i SECAM) su ukratko prikazani. Na kraju, razmatrane su različite vrste prenosa signala (radio-difuzni, kablovski, satelitski).

Literatura:

- [1] Fink, D. G.: Television Engineering, McGraw-Hill, New York, 1952.
- [2] Bretz, R.: Techniques of Television Production, McGraw-Hill, New York, 1962.
- [3] Zworykin, V. K., Morton, G. A.: Television, John Wiley & Sons, New York, 1954.
- [4] Kiver, M. S.: Color Television Fundamentals, McGraw-Hill, New York, 1964.
- [5] Holm, W. A.: Colour Television Explained, Philips Technical Library, Eindhoven, 1963.
- [6] Sims, H. V.: Principles of PAL Colour Television, Iliffe Books, London, 1969.
- [7] Wentworth, J. W., Color Television Engineering, McGraw-Hill, New York, 1995.
- [8] Lukatela, G., Drajić, D., Petrović, G., Petrović, R.: Digitalne telekomunikacije, Građevinska knjiga, Beograd, 1984.
- [9] Radojlović, M., Tomić, M.: Televizijski uređaji, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1989.
- [10] Elsat, Glasilo o kablenski in satelitski TV, Gorenje-Elrad, II izdaja, 1988.
- [11] CCIR Recommendations and Reports, Volume XI — Part 1, Broadcasting service (Television), Geneva, 1986.
- [12] Topalović, M., Nastić, B.: Televizija 1, RTS, Beograd, 1992.
- [13] Topalović, M.: Televizija 2, RTS, Beograd, 1993.
- [14] Jugoslovenski standard JUS N.N6.170, 1987.