

KABELSKA TELEVIZIJA I ZAJEDNIČKI ANTENSKI SUSTAVI

Autori: prof. dr. sc. Tomislav Kos, dipl. ing., prof. dr. sc. Sonja Grgić, dipl. ing., doc. dr. sc. Mislav Grgić, dipl. ing.
tomislav.kos@fer.hr

Počeci kableske televizije datiraju još iz ranih pedesetih godina u Americi. Prvi sustavi prenosili su nekoliko televizijskih kanala kablskom mrežom do pojedinih kućanstava, a koristili su se na mjestima gdje je bio onemogućen izravan prijem televizijskih signala zadovoljavajuće kvalitete, bilo zbog zapreka na terenu, konfiguracije tla, ili utjecaja visokih objekata koji su izazivali refleksije signala

Pod pojmom kableska televizija podrazumijeva se širokopolasni prijenosni sustav koji putem kabela prenosi veći broj televizijskih i radijskih programa do korisnika.

Počeci kableske televizije datiraju još iz ranih pedesetih godina u Americi. Prvi sustavi prenosili su nekoliko televizijskih kanala kablskom mrežom do pojedinih kućanstava, a koristili su se na mjestima gdje je bio onemogućen izravan prijem televizijskih signala zadovoljavajuće kvalitete, bilo zbog zapreka na terenu, konfiguracije tla, ili utjecaja visokih objekata koji su izazivali refleksije signala. Na mjestu pogodnom za prijem signala postavljao se antenski sustav, a primljeni radijski i televizijski signali su se nakon obrade u glavnoj postaji distribuirali kablskom mrežom do pojedinih kućanstava. Na sličan način riješen je prijem radijskih i televizijskih programa u stambenim

objektima s više stanova. Postavljanjem zajedničkog antenskog sustava za cijelu zgradu, omogućen je kvalitetan prijem svim stanarima, bez potrebe da svaki stanar ima individualni antenski sustav, čime se doprinosi i estetskom izgledu zgrada. Zajednički antenski sustavi (ZAS) bili su osnova iz koje su se razvili sustavi kableske televizije. Povezivanjem više zgrada i čitavih naselja putem kabela na jedan zajednički antenski sustav nastaje sustav kableske televizije (KTV). Priključak na sustav kableske televizije trebao bi osigurati kvalitetan prijem svih nacionalnih i regionalnih televizijskih i radijskih programa za koje postoji dovoljna jakost elektromagnetskog polja na mjestu postavljanja antenskog sustava. Za uporabu sustava kableske televizije korisnici plaćaju mjesečnu naknadu (pretplatu) koncesionaru, za razliku od zajedničkih antenskih sustava koji su sastavni dio infrastrukture stambenog objekta, pa se za njihovu uporabu ne plaća naknada. Koncesionari kableske televizije dužni su plaćati godišnju naknadu za obavljanje usluga kableske distribucije na temelju važećih podzakonskih propisa koji uređuju plaćanje naknade za obavljanje telekomunikacijskih usluga u Republici Hrvatskoj, autorska prava u Hrvatskoj - ZAMP (Zaštita autorskih muzičkih prava), kao i naknadu za distribuciju satelitskih programa (za one programe za koje se traži plaćanje naknade). Visina naknada određuje se prema broju korisnika KTV-sustava.

Građa sustava kableske televizije

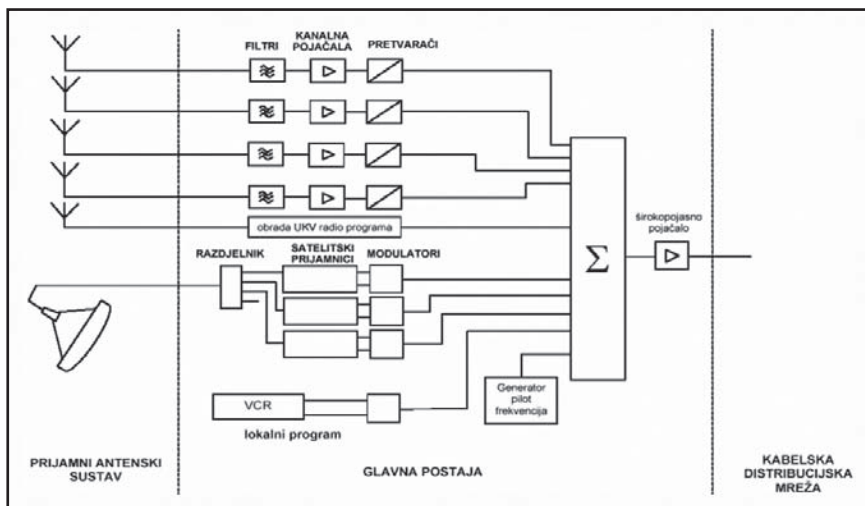
Osnovni dijelovi sustava kableske televizije su:

- prijemni antenski sustav,
- glavna postaja,
- kableska mreža za distribuciju signala.

Prijemni antenski sustav važan je dio sustava kableske televizije, jer o njegovoj izvedbi ovisi kvaliteta cjelokupnog sustava. Na temelju podataka o televizijskim kanalima koji se emitiraju putem zemaljskih odašiljača na određenom području, te na temelju podataka o jakosti elektromagnetskog polja pripadnih signala na mjestu prijema, određuje se vrsta i broj prijemnih antena. U sustavu se smiju distribuirati samo oni signali čije su jakosti elektromagnetskog polja na mjestu prijema veće od normama propisanih minimalnih razina. Za prijem svakog pojedinog TV-kanala treba predvidjeti posebnu antenu. Za prijem satelitskih signala postavljaju se parabolične antene. Signali dobiveni prijemnim antenskim sustavom prenose se koaksijalnim kabelima do glavne postaje, koja se nalazi najčešće u neposrednoj blizini antenskog sustava. Blok-shema antenskog sustava i glavne postaje prikazana je na slici 1. U glavnoj postaji signali se obrađuju kako bi se na izlazu dobili signali prikladni za prijenos kablskom distribucijskom mrežom. U glavnoj postaji obavlja se frekvencijska pretvorba s jednog kanala na drugi, de-

RJEČNIK KLJUČNIH POJMOVA

Cable Television	kableska televizija
Master Antenna System	zajednički antenski sustav
Headend	glavna postaja
Coaxial Cable	koaksijalni kabel
Optical Cable	optički kabel
Signal-to-Noise Ratio	odnos signal/šum



Slika 1: Blok-shema obrade signala u glavnoj postaji KTV-sustava

modulacija, modulacija i pojačanje signala. Televizijski programi primljeni putem zemaljske radiodifuzije pojačavaju se te frekvencijski pretvaraju na kanal koji se razlikuje od prijemnog kanala. Time se izbjegava mogućnost međudjelovanja signala iz zemaljske radiodifuzije i kablinskih sustava. Signali dobiveni putem satelitske antene obrađuju se u posebnim satelitskim prijemnicima gdje se svaki satelitski program obrađuje zasebno. Signali slike i tona nastali demodulacijom, moduliraju se i premještaju na odabrani kanal za distribuciju kablskom mrežom. U glavnoj postaji generiraju se i posebne pilot-frekvencije, koje se koriste kao referentne veličine za automatsku regulaciju pojačanja signala na širokopojasnim pojačalima u kablskoj mreži. Također se mogu generirati i drugi signali koji omogućavaju kontrolu ispravnosti rada cijelog sustava.

Značajke koaksijalnog kabela kao prijenosnog medija

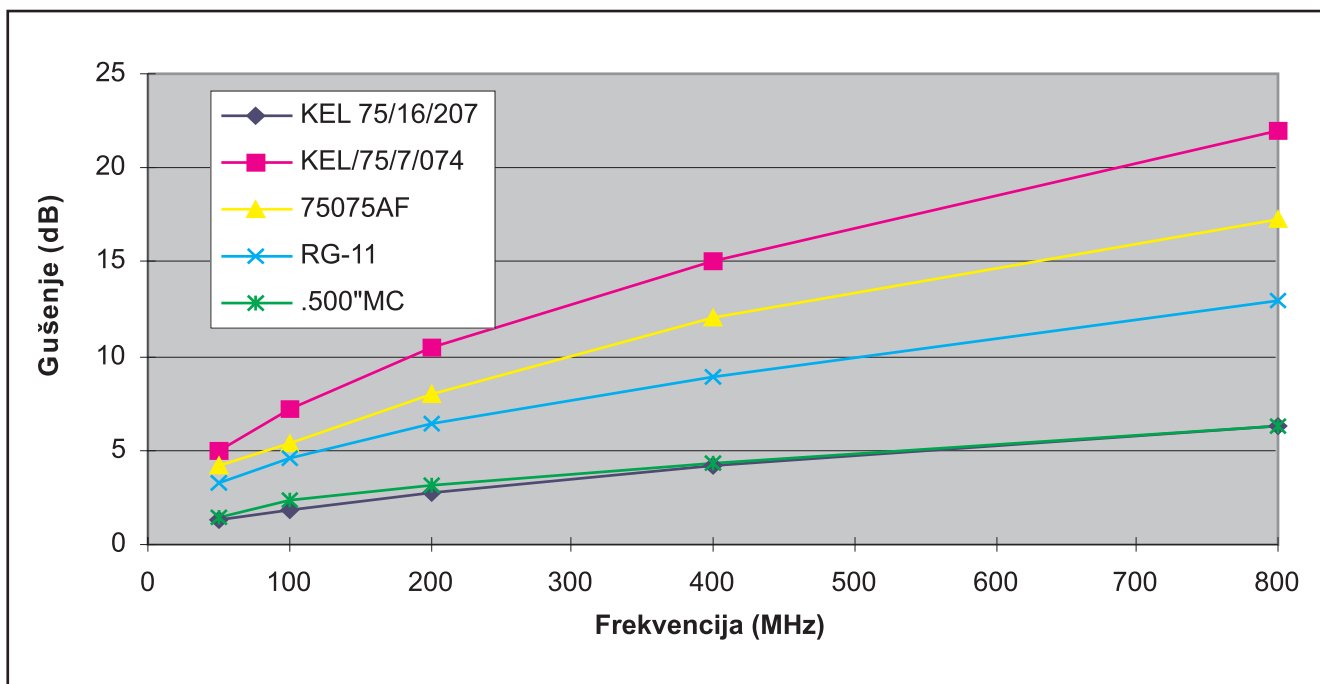
Temeljna značajka koaksijalnog kabela kao prijenosnog medija u sustavima kablске televizije je gušenje prijenosnog signala te porast gušenja porastom frekvencije prijenosnog signala. Stoga su prvi sustavi kablске televizije imali ograničeno frekvencijsko područje (do 300 MHz), što je omogućavalo prijenos do 16 televizijskih programa i dvadesetak radijskih programa u ultrakratkovalnom (UKV) području 87,5-108 MHz. Pri tome se za prijenos televizijskih signala rabio svaki drugi kanal, kako bi se izbjegli problemi sa slabom selektivnošću starijih modela televizijskih prijemnika, kod kojih bi prijenos na susjednim kanalima izazvao izobličenja vidljiva u slici. Prijenosom signala na svim kanalima (bez

preskakanja kanala) kapacitet bi se teoretski mogao udvostručiti.

Koaksijalni kabe li i danas su najrašireniji prijenosni medij u kablskim distribucijskim sustavima. Razlog tome su relativno dobre prijenosne karakteristike i relativno niska cijena. Radi kompenzacije gušenja kabela u sustavima kablске televizije rabe se širokopojasna pojačala. Razmak između pojačala ovisi o gušenju kabela (uz veće gušenje kabela zahtijevani broj pojačala u kaskadi veći je za doseganje određenog dometa mreže), a broj pojačala koja se uzastopno smiju kaskadirati ograničen je, jer pojačala unose šum i intermodulacijska izobličenja, što izaziva degradaciju kvalitete prijemnog signala. Osnovni zahtjevi za koaksijalne kabele su:

- malo gušenje signala, kako bi se postigao maksimalan domet mreže uz uporabu što manjeg broja kaskadiranih pojačala,
- dobra oklopljenost radi zaštite od moguće interferencije sa signalima lokalnih radijskih i televizijskih odašiljača, kao i mogućeg zračenja iz kablskog distribucijskog sustava u okolinu,
- solidna mehanička konstrukcija i vremenska stabilnost karakteristika kabela.

Sve masovnijom distribucijom TV-signalna putem satelita, raste ponuda televizijskih i radijskih programa, a time i potreba za proširenjem kapaciteta kablinskih mreža. Korišteno frekvencijsko područje sustava kablске televizije povećalo se s 300 MHz na 450 MHz, te 600 MHz, a u najnovijim sustavima i do 862 MHz, što je zahtijevalo uporabu kvalitetnih kabela s malim gušenjem. Izvedbe koaksijalnih kabela međusobno se razlikuju po vrstama mate-



Slika 2: Usporedba gušenja različitih koaksijalnih kabela u ovisnosti o frekvenciji

rijala od kojih su načinjeni središnji vodič i oplet, po dielektričnom materijalu, te po dimenzijama (promjeru) kabela. Tehnički podaci za gušenje koaksijalnog kabela izražavaju se u decibelima na sto metara duljine (dB/100m) pri sobnoj temperaturi od 20° C u određenom frekvencijskom području. Na slici 2 grafički je prikazano gušenje nekoliko vrsta koaksijalnih kabela, čiji je vanjski promjer u rasponu od 10,3 (KEL 75/7/074) do 21,6 mm (KEL 75/16/207). Za prijenos signala na velike udaljenosti u primarnom dijelu mreže tipično gušenje kabela kreće se od 3 do 4 dB/100m na frekvenciji 300 MHz, dok se za sekundarnu distribuciju koja vodi od primarnih grana prema distribucijskoj mreži mogu koristiti kabeli s gušenjem 4 do 5 dB/100m na 300 MHz. Kabeli s iznosima gušenja većim od 10 dB/100m na 300 MHz mogu se rabiti u distribucijskoj mreži pri prijenosu signala na kratke udaljenosti za povezivanje krajnjih korisnika na sustav.

Distribucija signala u sustavu kabelaške televizije

Kod projektiranja kabelaške mreže za distribuciju signala, širokopojasna pojačala postavljaju se na maksimalnu moguću međusobnu udaljenost, koja ovisi o gušenju upotrijebljenog koaksijalnog kabela i pojačanju pojačala. Ukupan broj pojačala koja se mogu kaskadirati na pojedinim dijelovima mreže od glavne postaje do završne antenske priključnice korisnika ovisi o više čimbenika, kao što su:

- ukupan broj televizijskih kanala u sustavu kabelaške televizije,
- zahtijevani odnos signal/šum (S/Š),
- zahtijevani odnos signal/intermodulacijska izobličenja (S/I),
- karakteristike pojačala (faktor šuma, pojačanje, maksimalna izlazna razina).

Kaskadiranjem većeg broja pojačala razina šuma i smetnji u signalu raste, a maksimalna duljina kaskade određuje se na taj način da razina šuma i intermodulacijskih izobličenja ne prijeđe iznose propisane normama koji definiraju kvalitetu signala na završnoj antenskoj priključnici. Kvaliteta signala ovisi o kvaliteti izvornog signala te o prijenosnoj karakteristici kabelaškog sustava do krajnjih korisnika. Signal od glavne postaje do pojedinih pretplatnika prolazi kroz velik broj različitih strukturiranih dijelova mreže s velikim brojem kaskadiranih pojačala, što izaziva degradaciju kvalitete signala.

U kabelaškom sustavu treba na svim kanalima osigurati jednako kvalitetan signal u pogledu odnosa signal/šum i signal/intermodulacijska izobličenja. Kako koaksijalni kabeli na donjoj graničnoj frekvenciji sustava imaju manje gušenje

nego na gornjoj, treba rabiti korektore gušenja kojima se kompenziraju razlike u razinama signala na višim i nižim frekvencijama, prije pojačavanja signala. Najčešće su izvedeni kao zamjenjivi moduli u sklopu pojačala. Korektori gušenja imaju inverznu frekvencijsku karakteristiku u odnosu na gušenje kabela, te se primjenom korektora postiže linearna amplitudno-frekvencijska karakteristika i ujednačena kvaliteta signala svih kanala na izlazu pojačala.

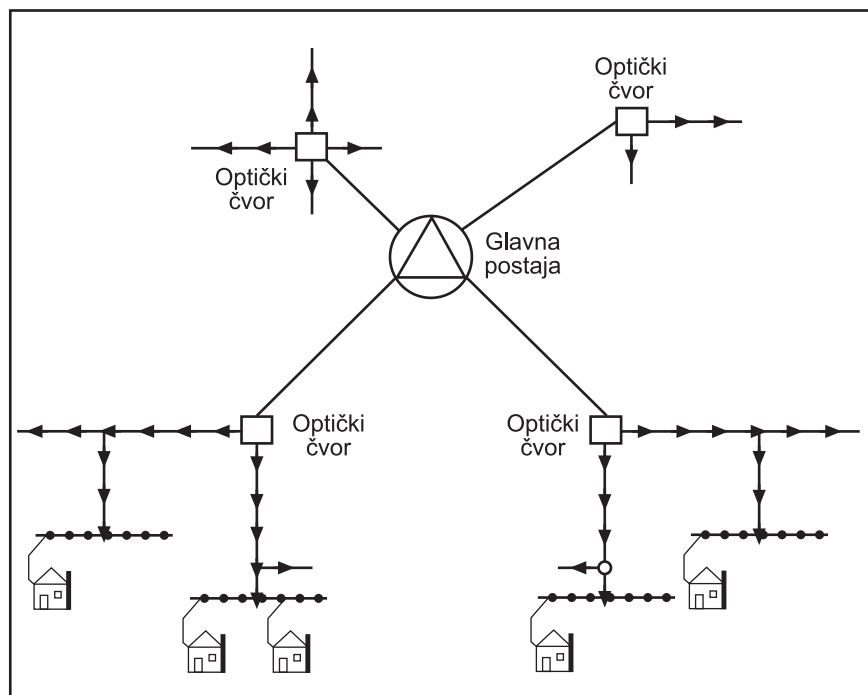
Problemi koji se javljaju kod pojačala vezani su uz postizanje optimalnih odnosa između najveće dopustive radne razine pojačala s jedne strane te utjecaja šuma s druge strane. Termički šum uzrokovan je slučajnim gibanjem elektrona zbog temperaturnih promjena i prisutan je u svakom pojačalu. Prolazom signala kroz pojačalo pored signala pojačava se i šum. Osim neizbježnog šuma, na izlazu pojačala pojavljuju se i intermodulacijski produkti na frekvencijama kojih nema u spektru izvornih signala. Veličina intermodulacijskih izobličenja ograničava maksimalnu dopuštenu izlaznu radnu razinu pojedinog pojačala, a veličina šuma ograničava minimalnu radnu razinu pojedinog pojačala. Ako pojačalo radi s previsokom radnom razinom, javljaju se vidljive smetnje u slici uslijed intermodulacijskih izobličenja, a kod preniske radne razine vidljiv je šum u obliku snijega u slici. Budući da se u kabelaškoj mreži koristi veliki broj kaskadiranih pojačala, a smetnje se akumuliraju duž mreže, kvaliteta signala se pogoršava te na taj način ograničava domet mreže na onu udaljenost za koju su još ispunjeni normama definirani zahtjevi za kvalitetom

prijemnog signala iskazani preko odnosa signal/šum i odnosa signal/intermodulacijska izobličenja na krajnjoj utičnici svakog korisnika.

Porastom temperature povećava se gušenje koaksijalnih kabela. Uz to porastom frekvencije povećava se i utjecaj temperaturnih promjena na gušenje kabela, što može djelovati na to da radne razine signala na pojačalima nisu više optimalno ugođene. Zbog toga se u pojačalima mora rabiti kompenzacija temperaturnih promjena gušenja kabela pomoću sklopova automatske regulacije pojačanja (AGC, Automatic Gain Control) i sklopova za automatsku regulaciju nagiba kompenzacijske krivulje (ASC, Automatic Slope Control). Pravilo je da se kod kabela položenih u zemlju svako treće do četvrto pojačalo izvodi s automatskom regulacijom, a kod zračno postavljenih kabela svako drugo do treće pojačalo, jer su moguće veće promjene temperature. Da bi sklopovi za automatsku regulaciju mogli ispravno raditi, koriste se pilotski signali generirani u glavnoj postaji. Generator pilotskih signala odašilje u mrežu signale s konstantnim amplitudama, koje trebaju biti održane duž čitavog distribucijskog sustava.

Topologija mreže

Struktura prvih kabelaških sustava bila je u obliku stabla i grane. Takva topologija kabelaške mreže mogla se podijeliti u nekoliko dijelova, gdje je glavna postaja predstavljala korijen, primarna mreža stablo, a ostali dijelovi (sekundarna i distribucijska mreža) predstavljali su grane stabla.



Slika 3: Struktura modernog KTV-sustava u obliku zvijezde i prstena

U novije vrijeme sve se više koristi struktura zvijezde i prstena (slika 3), jer omogućava mnogo fleksibilnije konfiguriranje prijenosa signala.

Moderni kablanski sustavi za prijenos signala koriste uz koaksijalni kabel i optički kabel, u kojima se kao prijenosi medij rabe svjetlovodne niti. Na taj način se oblikuju hibridni svjetlovodno-koaksijalni sustavi (HFC, Hybrid Fiber Coax). Svjetlovod je otporniji na šum u odnosu na koaksijalni kabel, pa unosi znatno manja gušenja signala. Iako svjetlovodi nisu puno skuplji od koaksijalnih kabela, prepreka potpunom korištenju svjetlovoda u kablanskom sustavu je visoka cijena optičkih odašiljača i prijemnika kao uređaja za pretvorbu električnog signala u optički i obrnuto. U HFC-mrežama optički kabel se rabi za prijenos signala na veće udaljenosti, gdje djelotvorno zamjenjuje koaksijalni kabel i pojačala u primarnom dijelu kablanskog sustava, dok se koaksijalni kabel i dalje rabi za prijenos na kraće udaljenosti tj. u sekundarnoj i distribucijskoj mreži za povezivanje krajnjih korisnika na sustav.

Osnovna, često i jedina namjena kablanskih sustava u početku njihova razvoja, bila je prijenos televizijskih i radijskih programa gdje se rabi jednosmjerni prijenos od glavne postaje prema krajnjim korisnicima. Današnji kablanski sustavi također obavljaju navedenu funkciju, ali uz veliki broj ponuđenih programa (danas sustavi prenose i pedesetak programa) te pokrivanje čitavih gradova s desecima tisuća pretplatnika. Uvođenje dvosmjernog prijenosa signala u KTV-sustavima donosi mogućnost uvođenja posebnih usluga, kao što su npr. pristup Internetu, telefonske usluge, video na zahtjev i druge multimedijске interaktivne primjene. U tom slučaju korisnici u svojim domovima trebaju rabiti kablanske modeme koji omogućavaju dvosmjernu komunikaciju. Za prijenos signala u glavnom smjeru od glavne postaje prema korisnicima koristi se frekvencijsko područje od 47 do 862 MHz, a za povratni smjer predviđeno je frekvencijsko područje od 5 do 30 MHz. U novije vrijeme se frekvencijski pojas za povratni smjer proširuje do 65 MHz, kako bi se izbjeglo zagušenje uslijed velikog broja korisnika istodobno povezanih na Internet. Kod proširenja frekvencijskog pojasa povratnog smjera, u glavnom smjeru se donja granična frekvencija pomiče na 86 MHz.

Zakonski propisi

Usvajanjem Zakona o telekomunikacijama (NN 122/03, 158/03 i 60/04) te Zakona o izmjenama i dopunama Zakona o telekomunikacijama (NN 70/05) u Republici Hrvatskoj zakonski je regulirano

područje kablanske televizije i zajedničkih antenskih sustava.

U smislu ovoga Zakona pojedini pojmovi imaju sljedeće značenje:

- usluge kablanske distribucije: telekomunikacijske usluge prijenosa radijskih i televizijskih programa i s njima povezanih podataka, odašiljanih iz jednog središta korisnicima kablanske distribucijske mreže, putem koje se mogu pružati i druge telekomunikacijske usluge,
- zajednički antenski sustav: skup tehničke opreme koja služi za izravan prijem radijskih i televizijskih programa i njihovu distribuciju skupini korisnika prijemnika u stambenoj ili poslovnoj zgradi, ili na drugom manjem ograničenom, zemljopisno neprekinutom području, putem vodova za distribuciju radijskih i televizijskih programa (KDS), uz uvjet da se distribucija programa ne obavlja u komercijalne svrhe, odnosno uz bilo kakvu naknadu od korisnika prijemnika.

Za izgradnju i uporabu sustava kablanske televizije potrebno je dobiti koncesiju za određeno područje u skladu s Pravilnikom o koncesijama i dozvolama za obavljanje telekomunikacijskih usluga (NN 49/04, 57/04, 123/04 i 26/05).

Tehnička rješenja KTV-a moraju biti u skladu s Pravilnikom o tehničkim uvjetima i uvjetima uporabe za objekte i tehničku opremu kablanske televizije (NN 83/95 i 29/97). Ovim se pravilnikom utvrđuju načela i tehnički uvjeti za ustrojstvo, izgradnju, održavanje i uporabu kablanske televizije. Tehnički uvjeti primjenjuju se odgovarajuće i na zajedničke antenske sustave.

Koncesionar mora izgraditi KTV-sustav tako da se korisnicima na području koncesije osigura prijem svih domaćih radijskih i televizijskih programa za koje postoji minimalna jakost elektromagnetskog polja. Stoga se prije izrade projekta KTV-sustava moraju na predviđenoj lokaciji antenskog sustava obaviti mjerenja jakosti polja svih domaćih radijskih i televizijskih programa te obaviti analiza kvalitete prijemnog signala, kako da bi se utvrdilo postoji li minimalna propisana jakost elektromagnetskog polja te jesu li ispunjeni zahtjevi za kvalitetom prijemnog signala. Na temelju toga određuju se programi koji će se distribuirati u sustavu.

Tehničku dokumentaciju KTV-a može izraditi pravna osoba ovlaštena za projektiranje kablanskih sustava. Za svu opremu predviđenu tehničkom dokumentacijom, koja se namjerava upotrijebiti u KTV-sustavu, potrebno je pribaviti potvrde o usklađenosti uređaja i opreme s važećim normama, koje se zajedno s projektnom dokumentacijom dostavljaju u Hrvatsku agenciju za telekomunikacije na pregled

i ovjeru. Po ovjeri tehničke dokumentacije, koncesionar može započeti s nabavom opreme i izgradnjom KTV-sustava u skladu s projektom.

Prije uporabe zajedničkog antenskog sustava i sustava kablanske televizije mora se pribaviti potvrda (certifikat) kojom se dokazuje njegova kakvoća. Certifikat izdaje Hrvatska agencija za telekomunikacije. Certifikat se izdaje na propisanom obrascu, a uz certifikat se prilaže izvješće o ispitivanju KTV-a koje je sastavni dio certifikata.

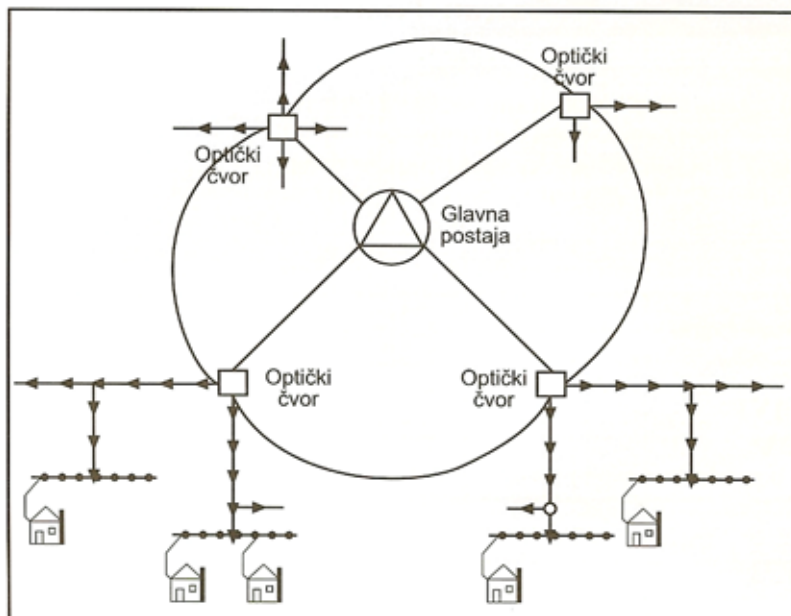
Ispitivanje sustava mogu provesti pravne osobe ovlaštene za obavljanje tehničkog pregleda kablanske televizije i zajedničkih antenskih sustava. Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu jedna je od pravnih osoba koja ima ovlaštenje za obavljanje navedenih tehničkih pregleda.

Literatura

- [1] Bauer, S., Kablanska distribucija televizijskog signala visoke kvalitete, Zbornik radova 32. simpozija ETAN-a u pomorstvu, Zadar, Croatia, 25-27 June 1990, str. 146-149
- [2] Zovko-Cihlar, B., Bauer, S., Analiza uvođenja svjetlovoda u mreže za kablansku distribuciju videosignala i podataka, Zbornik radova savjetovanja Mikroelektronika, elektronika i elektroničke tehnologije - MEET, MIPRO'93, Opatija, Croatia, 24-27 May 1993, str. 4-18/4-23
- [3] Kos, T., Matay, G., Modeling the Effects of Nonlinearities of CATV Amplifiers, Proceedings of the 38th International Symposium Electronics in Marine, ELMAR'96, Zadar, 1996, Croatia, str. 115-118
- [4] Kos, T., Zovko-Cihlar, B., Methods of Reducing Intermodulation Products in CATV Systems, Proceedings of the 39th International Symposium Electronics in Marine, ELMAR'97, Zadar, 1997, Croatia, str. 96-100
- [5] Kos, T., Zovko-Cihlar, B., Grgic, S., Trends in CATV Systems, Proceedings of the 2nd ELMAR International Workshop on Video Processing and Multimedia Communications, VIPromCom-2000, Zadar, 2000, Croatia, str. 65-70
- [6] Kos, T., Zovko-Cihlar, B., Grgic, S., New Services over CATV Network, Proceedings of the International Conference on Trends in Communications EUROCON'2001, Bratislava, 2001, Slovakia, str. 442-445

Ispravci iz prošlog broja časopisa e! (4/5):

Stranica 45 - Slika 3: Struktura modernog KTV-sustava u obliku zvijezde i prstena. Na slici greškom nije bila tiskana prstenasta petlja koja povezuje optičke čvorove.



Slika 3: Struktura modernog KTV-sustava u obliku zvijezde i prstena

Stranica 60 - Naslov članka je glasio "Suvremene zablude u pitanju aktivnih gromobranskih hvataljki", a trebao je glasiti: "Suvremene zablude o učinkovitosti aktivnih gromobranskih hvataljki".

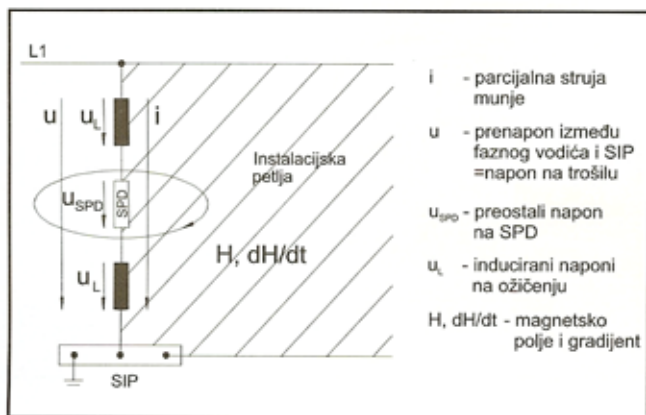
Pogrešno je napisana e-mail adresa, ispravna glasi: vujevic@fesb.hr

Našim propustom bile su ispuštene tri točke literature:

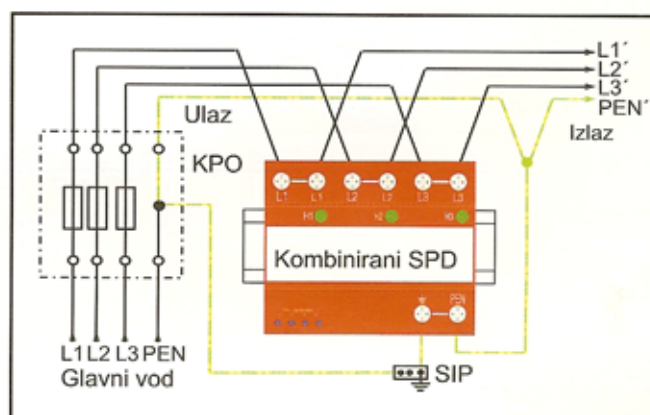
- [33] M. N. Rayes, Untersuchungen über das Blitzschutzverhalten von Early Streamer Emission Terminals (ESET). *Elektrie*, Vol. 53, No. 11-12, pp. 401-405, 1999.
- [34] C. B. Moore, G. Aulich, W. Rison, Responses of Lightning Rods to Nearby Lightning, International Conference on Lightning and Static Electricity (ICOLSE), 2001.
- [35] Z. A. Hartono, I. Robiah, A Study of Nonconventional Air-terminals and Stricken Points in a High Thunderstorm Region, Proceedings of the 25th ICLP, pp. 357-361, 2000. (<http://www.hvlab.ee.upatras.gr/iclp2000/proceedings/proceedings.htm>)

Stranica 76 - Prva rečenica ispod međunaslova **Preostali napon na SPD-u** treba glasiti: Standardni ispitni impuls 10/350 μ sek tjemene vrijednosti 100 kA ima brzinu porasta prednjeg brida ili čela od $\frac{90kA}{10\mu sek} = 9kA/\mu sek$, dok isti valni oblik za tjemenu vrijednost 200 kA ima strminu čela $\frac{180kA}{10\mu sek} = 18kA/\mu sek$

Stranica 78 - Greškom nisu objavljene slike 13 i 14.



Slika 13: Preostali napon između faznog vodiča i SIP-a



Slika 14: "Serijsko" ožičenje SPD-a