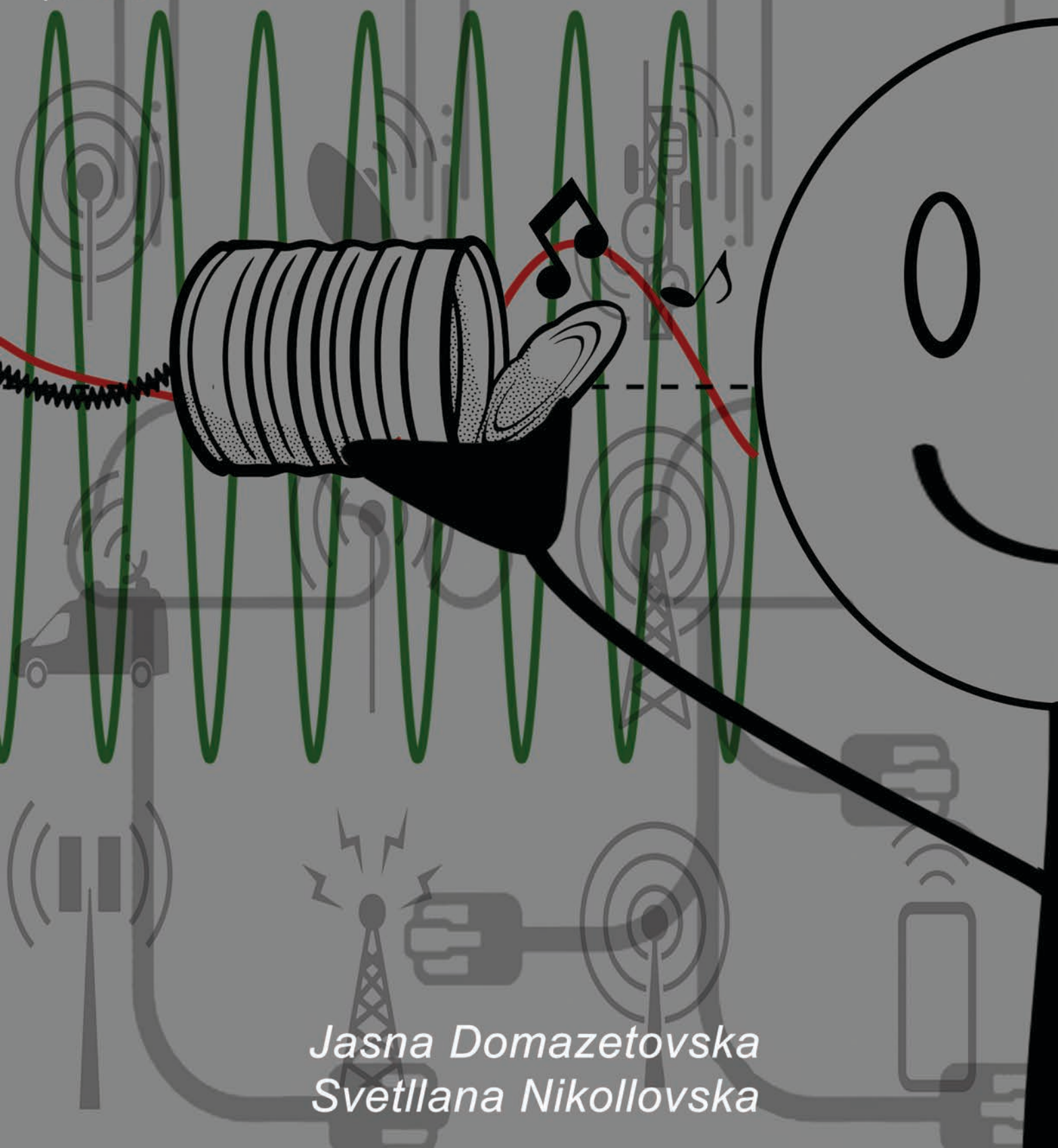


BAZAT E TELEKOMUNIKACIONEVE

*elektroteknik për elektronikë dhe telekomunikacione
për II vitin*



*Jasna Domazetovska
Svetllana Nikollovska*

Jasna Domazetovska
Svetllana Nikollovska

BAZAT E TELEKOMUNIKACIONEVE

Viti II

elektroteknik për elektronikë dhe telekomunikacione

Drejtimi / sektori
Për elektroteknikë / elektronikë

Shkup, 2024

BAZAT E TELEKOMUNIKACIONEVE Viti II
elektroteknik për elektronikë dhe telekomunikacione
Drejtimi / sektori
Për elektroteknikë / elektroteknikë

Autore:

Jasna Domazetovska
Svetllana Nikollovska

Recensentë:

Marko Porjazoski
Gordana Muleva
Toni Panov

Titulli original:

ОСНОВИ НА ТЕЛЕКОМУНИКАЦИИ, II година
електротехничар за електроника и телекомуникации
Струка/сектор: Електротехничка/електротехника
Јасна Домазетовска
Светлана Николовска

Redaktor: Refail Sulejmani

Përkthyer nga gjuha maqedonase: Riza Etemi

Redaktor profesional në gjuhën shqipe: Riza Etemi

Lektor: Refail Sulejmani

Botues: Ministria e Arsimit dhe Shkencës e Republikës së Maqedonisë së Veriut
rr. "Shën Kirili dhe Metodi" nr. 54 1 000 Shkup.

Përpunimi kompjuterik: Svetllana Nikollovska

Dizajni i kopertinës: Kaja Domazetovska

Rregullimi grafik dhe teknik: Vesna Depinovska – ARS STUDIO

Vendi dhe viti i botimit: Shkup, 2024

Me vendimin për miratimin dhe përdorimin e librit në lëndën mësimore Bazat e telekomunikacioneve për vitin II, drejtimi/ sektori: elektroteknikë, profili / kualifikimi arsimor: elektroteknik për elektronikë dhe telekomunikacione, arsimiti i mesëm profesional katërvjeçar, nr. 26-104/1, të datës 22.01.2024 vit, aprovuar nga Komisioni nacional për tekste shkollore.

Njëra nga gjërat më të rëndësishme që duhet të mësojmë në jetë është se si të njohim njerëzit që janë të gatshëm në mënyrë të sinqertë ta ndajnë njohurinë e tyre me ne, përvojën, idetë, **të na drejtojnë** dhe nxisin që të kërkojmë atë që është e vlefshme dhe e veçantë për ne dhe të krijojmë vepra me të cilat do të lëmë gjurmë pas vetes.

Pikërisht e tillë ishte shoqja dhe kolegja jonë e dashur Iskra Jovanovska, një grua e fuqishme dhe e aftë e cila na mësoi se nuk ka gjëra të pamundura nëse u përkushtohesh me dashuri, sinqeritet dhe me përgjegjësi.

Me kënaqësi iu informojmë se vazhdojmë në rrugën që e kemi nisur bashkë dhe krijojmë vepra me të cilat do të na kujtojnë.

Autoret

PARATHËNIE

Lënda mësimore Bazat e telekomunikacioneve mësohet në vitin e dytë të drejtimin të elektroteknikës për profilin arsimor *elektroteknik për elektronikë dhe telekomunikacione*. Është lëndë mësimore e cila ofron njohuri themelore për këtë profil nga fusha e telekomunikacioneve. Njohuritë e fituar nga kjo lëndë janë bazë për përvetësimin e përmbajtjeve mësimore nga lëndët profesionale në vitin e tretë dhe të katërt.

Libri është përpunuar sipas programit arsimor të reformuar dhe ka për qëllim në tërësi të mbulojë përmbajtjet mësimore në lëndën Bazat e telekomunikacioneve në vitin e dytë. Ky program arsimor është reformuar në vitin 2019, në përputhje me reformat në arsimin e mesëm profesional, me ç'është bërë modernizimi i mësimin dhe programeve mësimore në arsimin profesional. Vlera e kredive e kësaj lënde mësimore është 8 kredi. Përmbajtja e librit është në përputhje me objektivat e programit arsimor për fitimin e njohurive themelore në fushën e telekomunikacioneve, të cilat do të jenë në hap me njohuritë bashkëkohore në këtë fushë. Nxënësit do të fitojnë njohuri për konceptet themelore që përdoren në telekomunikime, të tilla si: *transmetim, sinjal, mesazh, modulim, media për transmetim, rrjeta për transmetim, linjë, antena etj.*

Me zgjedhjen e përmbajtjeve tentohet të plotësohen qëllimet themelore dhe konkrete që rrjedhin nga programi arsimor për lëndën Bazat e telekomunikacioneve. Tentohet të përdoren nocione dhe koncepte integruese në mënyrë që të plotësohet lidhja interdisiplinare me fushat tjera nga fizika, elektronika dhe nga praktika. Pas çdo teme në libër ka pyetje, detyra apo aktivitete, si dhe përmbledhje, me çka tentohet të përsëriten njohuritë e fituara, të zbatohen njohuritë e fituara dhe të kontrollohen të arriturat e nxënësve.

Përmbajtjet e librit ndjekin zhvillimet në këtë fushë dhe japin bazë për kuptimin dhe njohjen e disiplinave bashkëkohore në këtë fushë (telekomunikimet digjitale, teoria e informacioneve, sistemet e transmetimit, rrjetat personale dhe mobile etj.). Në fund të disa paragrafëve në kllapa janë theksuar numra të cilët korrespondojnë në numrin rendor të literaturës së shfrytëzuar nga e cila janë marë definicionet për nocione të caktuara.

Duke pasur parasysh gjithë këtë, nga nxënësit dhe nga arsimtari kërkohet angazhim shtesë, me qëllim që të ndiqen arritjet më të reja në fushën e telekomunikimeve.

Autorët u falënderohen recensentëve ku me vërejtjet dhe sugjerimet e tyre është përmirësuar kualiteti i këtij libri. Falënderim i veçantë deri te kolegu ynë Sllobodan Tanevski, mësimdhënës në grupin e lëndëve të elektroteknikës në SHMK "Ilinden", i cili me idetë e tij, udhëzimet dhe materialin shkencor kontribuoi maksimalisht që ky tekst të jetë më i kapshëm dhe i mirë.

Mund të ketë edhe lëshime të cilat jemi munduar ti reduktojmë në minimum, dhe me kënaqësi do ti pranojmë të gjitha rekomandimet qëllim mira që do të shpien në eliminimin e mangësive të mundshme.

*Shkup, 2023,
Autoret*

Përmbajtja

1.	HYRJE NË TELEKOMUNIKACIONE	10
1.1.	PARIMI THEMELOR I KOMUNIKIMIT.....	12
1.2.	TRANSMETIMI I SINJALEVE ANALOGE NË FREKUENCA TË ULTA DHE LARTA	14
1.3.	TRANSMETIMI I SINJALEVE.....	15
2.	MESAZHET DHE SINJALET.....	23
2.1.	NATYRA E MESAZHEVE.....	23
2.2.	SINJALET ANALOGE DHE DIGJITALE	24
2.3.	ANALIZA HARMONIKE E SINJALEVE TË PËRBËRA (TË RASTIT)	31
3.	MEDIUMET PËR TRANSMETIM	40
3.1.	LLOJE TË MEDIUMEVE PËR TRANSMETIM.....	40
3.2.	SISTEMET E TRANSMETIMIT	48
4.	LINJAT E TELEKOMUNIKACIONIT ME TELA	58
4.1.	LLOJET E LINJAVE TË TELEKOMUNIKACIONIT ME TELA.....	58
4.2.	PARAMETRAT ELEKTRIK TË LINJËS TK.....	59
4.3.	PËRHAPJA E VALËVE NË LINJË	65
4.4.	LINJAT SIMETRIKE TË TELEKOMUNIKACIONIT ME TELA	68
4.5.	INSTALIMI I KABLLLOVE	72
4.6.	KABLLOT KOAKSIALE	75
5.	LINJAT OPTIKE TË TELEKOMUNIKACIONIT.....	81
5.1.	STRUKTURA E FIBRËS OPTIKE DHE PARIMI I PËRHAPJES SË DRITËS PËRMES SAJ.....	85
5.2.	LLOJE TË FIBRAVE OPTIKE	87
5.3.	KARAKTERISTIKAT E TRANSMETIMIT TË FIBRAVE OPTIKE.....	89
5.4.	KONVERTUESIT ELEKTRO-OPTIKË	96
5.5.	MODULET OPTIKE.....	100
6.	ANTENAT	104
6.1.	ROLI I ANTENËS	105
6.2.	ANTENAT SATELITORE	120
7.	MODULIMI DHE DEMODULIMI.....	132
7.1.	MODULIMI NË AMPLITUDË.....	133
7.2.	MODULATORËT E SINJALEVE AM.....	139

7.3. DEMODULATORËT – AM.....	144
7.4. MODULIMI KËNDOR.....	148
7.5. MODULATORËT DHE DEMODULATORËT KËNDOR	157
8. TRANSMETIMI I SINJALEVE ME MULTIPLEKSIM.....	166
8.1. PËRFTIMI I SINJALIT KOMPLEKS ME MULTIPLEKSIM NË FREKUENCË	167
8.2. ZBATIMI I MULTIPLEKSIMIT NË FREKUENCË PËR TRANSMETIMIN ANALOG TË SINJALEVE ...	168
9. LITERATURA E PËRDORUR	172
10. USHTRIME.....	173

Njësia modulare 1: Hyrje në telekomunikacione

Në këtë njësi modulare përpunohen:

1. Parimet bazë të komunikimit dhe sistemet dhe mediumet për transmetim
2. Transmetimi i sinjaleve analoge në frekuenca të ulëta dhe të larta
3. Llojet e transmetimit të sinjaleve të ndryshme dhe pengesat gjatë transmetimit

Pas mësimit të kësaj njësie modulare, nxënësit do të jenë në gjendje:

1. Të definojnë dhe të shpjegojnë sistemin e komunikimit, mesazhin dhe sinjalin dhe të dallojnë transmetuesin dhe marrësin
2. Të dallojnë sinjalin në frekuencë të ulët dhe frekuencë të lartë, përshkruajnë transmetimin në brezin bazë dhe në frekuenca të larta
3. Të krahasojnë transmetimin radiodifuziv me transmetimin pikë në pikë
4. Të shpjegojnë transmetimin e bisedës, sinjalit video dhe të dhënave; dallojnë transmetim me radiovalë, elektrik dhe optik dhe të shpjegojnë ndikimin e zhurmës

1. HYRJE NË TELEKOMUNIKACIONE

Telekomunikacionet janë shkencë e cila mbështet dhe nxit nevojën e njeriut, dëshirën dhe aftësinë për të komunikuar. Emri vjen nga fjalët “tele” (largësi) dhe “komunikim” (komunikimi), që do të thotë komunikimi në distancë. Përkufizim më konkret i cili është pranuar nga Unioni ndërkombëtar i telekomunikacioneve (ITU), me nocionin telekomunikacione nënkuptohet “çdo lloj i pajisjes, transmetimit dhe pranimi i shenjave, zërit ose figurës apo njohurive të tjera njerëzore, në cilën do mënyrë, përmes kablove, radios ose sistemeve tjera elektromagnetike” (2).

Telekomunikacionet përfshijnë pajisjet teknike të nevojshme për transmetim më të besueshëm dhe më të saktë të informatave në mes të çdo dy pikave, në cilën do distancë dhe me çmim sa më të pranueshëm. Me pajisje të telekomunikacionit nënkuptohen mjetet dhe pajisjet për përpunimin, transmetimin dhe marrjen e sinjaleve, si dhe softuerin përkatës që përdoret për këtë qëllim. Me telekomunikim nënkuptohet edhe emetimi, bartja dhe pranimi i bisedës, zërit, tekstit ose të dhënave, në formë të sinjalit, nga një vend në tjetrin, të larguar, me ç`rast përdoret kablo, sistem optik ose sistem tjetër elektromagnetik.

Shikuar historikisht, fillimet e telekomunikimeve datojnë qysh në vitin 1837, kur Samuel Morse shpiku sistemin për kodim të shkronjave dhe numrave, i ashtuquajtur i kodit alfabetik Morse. Ky kod është fillim intuitiv i teorisë së kodimit. Në vitin 1844 u vendosur lidhja e parë telegrafike në Baltimore, ndërsa në vitin 1892, në La Porta, SHBA, është vendosur centrali i parë telegrafik automatik.

Në vitin 1906 në Berlin u mbajt konferenca e parë për radiokomunikimet. Linku i parë transatlantik është vendosur në vitin 1927. Në vitin 1937 u zbulua radari, ndërsa në vitin 1938 Alek Rivs e patenton zbulimin e vet „modulimin impulsive – të koduar“ (PCM), i cili është baza e konvertimit të sinjaleve analoge në digjitale.

Me zbulimin e transistorit në vitin 1948 fillon zhvillimi i shpejtë i telekomunikacioneve. Në vitin 1960 paraqitet edhe një shpikje tjetër revolucionare – laseri. Në vitet shtatëdhjetë u zhvilluan rrjetet e para të komunikimit bazuar në komutimin e paketave, të cilat janë paraardhës të rrjetit të internetit. Zhvillimi i interneti, siç e njohim ne sot filloi në vitet e hershme të nëntëdhjeta të shekullit të kaluar. Sistemi i parë komercial i komunikimit komercial për telefoninë celulare është lëshuar në përdorim në 1979 në Japoni dhe përfaqëson gjeneratën e parë (1G) të sistemeve për komunikim celular. Në këto sisteme transmetimi i bisedës bëhej në formatin analog. Hapi i ardhshëm në komunikimet celulare u bë në vitet nëntëdhjetë, me standardizimin e GSM (Global System For Mobile Communication). Ky brez i sistemeve celulare njihet edhe si gjenerata e dytë (2G), ndërsa dallimi kryesor në raport me gjeneratën e parë është se transmetimi i bisedës dhe të dhënave është në formatin digjital. Menjëherë pas zbatimit dhe suksesit komercial të sistemeve të gjeneratës së dytë, fillon zhvillimi i sistemeve të komunikimit celular të gjeneratës së ardhshme (3G). Në vitin 2001 u lëshua në përdorim rrjeti i parë i komunikimit celular i gjeneratës së tretë (3G). Hapat e ardhshëm në zhvillimin e sistemeve të komunikimit celular janë standardizimi i WiMAX (viti 2005) dhe LTE (viti 2008) të cilat duhet të plotësojnë kërkesat e vendosura nga ITU për sistemet celulare të gjeneratës së katërt (4G). Sistemet e para të gjeneratës së pestë (5G) janë zbatuar në vitin 2019.

1.1. PARIMI THEMELOR I KOMUNIKIMIT

Çdo sistem telekomunikimi mund të paraqitet nga një model i përgjithshëm i sistemit të telekomunikimit. Modeli i transmetimit të komunikimit me bllok-skemën e thjeshtuar është treguar në figurën 1-1. Modeli i përgjithshëm mundëson të përcaktohen funksionet e komponentëve përbërëse bazë të çdo sistemi për transmetim të mesazheve.

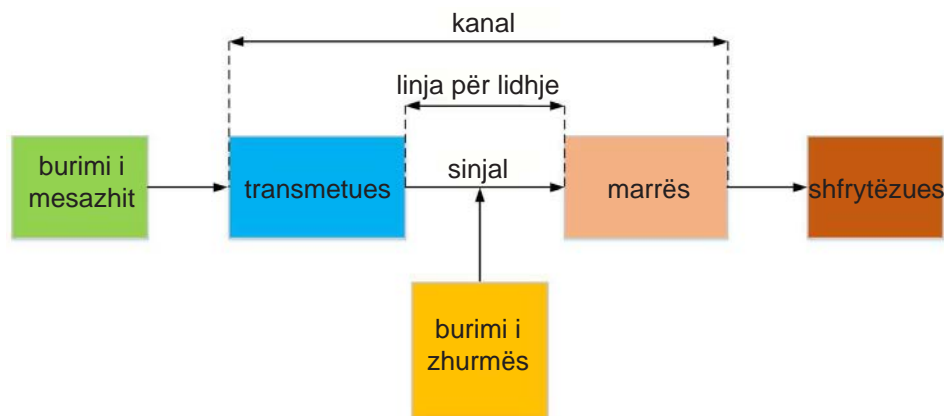


Fig. 1-1. Modeli i përgjithshëm i sistemit të komunikimit

Burim i mesazheve është cilido objekt, makinë ose njeri që gjeneron ose krijon mesazhe që duhet të transmetohen deri te shfrytëzuesi. Me mesazh nënkuptohen biseda, muzika, teksti i shkruar, shifrat, figura të lëvizshme dhe të palëvizshme, të dhëna nga matjet etj. Burimi i mesazheve shfrytëzuesit i dërgon një ose një grup të mesazheve të mundshme.

Transmetuesi (transmiter) është bllok në të cilin mesazhet konvertohen në sinjale të përshatshme për transmetim. Sipas kësaj, thuhet se **sinjali** është **ekuivalent elektrik** i mesazhit të transmetuar. Sinjalet janë madhësi elektrike (tension, rrymë ose fuqi) të cilat ndryshojnë në varësi të mesazheve. Transmetuesi kryen përpunimin dhe modulimin e sinjalit në varësi të sistemit të transmetimit, me qëllim që sinjalet të përshataten me veçoritë e linjës për lidhje.

Linja për lidhje (sistemi për transmetim) është medium ose mjedis për transmetim, përmes të cilit sinjali transmetohet nga transmetuesi deri te shfrytëzuesi. Ajo mund të jetë:

- linjë elektrike (linjë telekomunikimi) ose
- fibër optike nëpër të cilin barten rreze drite ose
- mjedis i lirë (eter) nëpër të cilin përhapen radiovalët.

Burimi i zhurmës është bllok i cili paraqet simbolikisht të gjitha pajisjet elektrike dhe elektronike, si dhe burimet natyrore të pengesave, të cilat krijojnë sinjale elektrike të cilat futen në sistemin për transmetim, përzihen me sinjalin e mesazhit, ndërsa në vendin e marrësit manifestohen si shushuritje, fishkëllima, kërcitje etj. Të gjitha shfaqjet e numëruara në vendin e marrësit paraqiten me emrin e përbashkët **zhurmë**.

Marrësi (resiveri) është pjesë e sistemit në të cilin kryhen operacione të kundërta me operacionet në transmetues. Në transmetues, sinjali elektrik i cili vjen përmes sistemit të transmetimit, shndërrohet në mesazh. Në rastin më të keq, marrësi mund të jetë aparati telefonik, por mund të jetë edhe komplet radiomarrësi ose aparati-TV, telefoni celular, kompjuteri i cili pranon mesazhe nga një kompjuter tjetër në distancë etj.

Shfrytëzues është njeriu ose makina për të cilin është i destinuar mesazhi.

Kanali është grup i pajisjeve teknike që sigurojnë transmetim të pavarur të mesazheve nëpërmjet një rruge transmetimi të përbashkët. Ai paraqet mjedisin nëpër të cilin bartet mesazhi në formën e sinjalit. Pajisjet me të cilat sigurohet që të gjithë shfrytëzuesit të pranojnë vetëm sinjalin e përzgjedhur, e përbëjnë lidhjen e kanalit. Pra, kanalin e përbëjnë: *transmetuesi, linja për lidhje dhe marrësi*. Në kanal është i pranishëm edhe zhurma e cila mund të ndryshojë mesazhin.

komponentët spektrale të veta të cilat ndodhen në të ashtuquajturën pjesë të frekuencave të ulta. Nëse këta komponentë transmetohen në formën e tyre burimore, bëhet fjalë për transmetim në brezin bazë, ose **transmetim FU**. Transmetim në brezin kemi në telefoninë klasike (shpesh herë e quajtur edhe telefoni fikse (lendline), si dhe makinat për faks të cilat përdorin këto telefona dhe lidhje mes tyre.

Që të mundet përmes të njëjtës linjë të transmetohen njëkohësisht më tepër sinjale të pavarura, është e nevojshme që të kryhet përpunim shtesë i sinjaleve në centrale dhe multipleksimi i tyre. Disa nga teknikat e multipleksimit, të cilat do të mundësojnë lidhjen centraleve telefonike mes njëri tjetrit, parashikojnë transferimin e sinjaleve telefonike nga brezi bazë (frekuenca të ulëta), në brezin e frekuencave të larta. Ky transmetim quhet me frekuencë të lartë, ose **transmetim FL**. Një transferim i tillë ofron transmetim në distanca më të mëdha, dhe me humbje më vogla. Transmetimi në diapazonin e transferuar, të frekuencave të larta përdoret në televizion dhe në radiotransmetim–difuzioni i programeve radio.

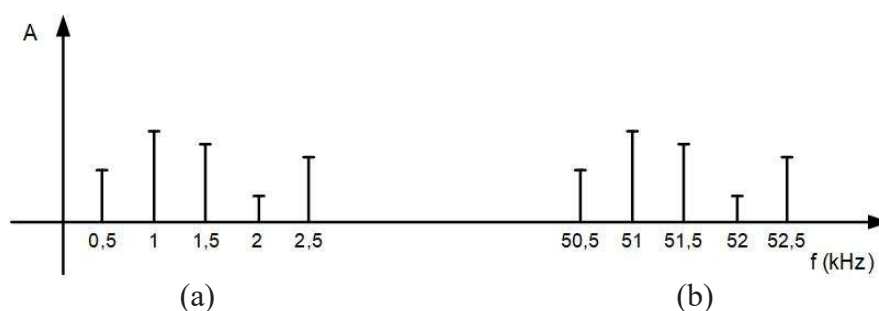


Fig. 1-3. Spektri i sinjalit të bisedës: (a) brezi natyror i frekuencës, (b) i zhvendosur (transferuar) për 50 kHz

Kështu për shembull, në figurën 1-3 (a) është paraqitur një sinjal i bisedës me 5 komponentët bazë të tij në brezin e tij natyror, ndërsa në figurën 1-3 (b) është paraqitet një spektër i cili nga brezi i tij natyror transferohet me 50 kHz në zonën e frekuencave të larta. Ky spektër transmetohet deri në pikën e marrjes, ku kthehet në brezin e tij natyror dhe bartet në altoparlantin e shfrytëzuesit. Në linjat telefonike, transmetimi mund të jetë transmetim FU dhe FL, ndërsa në transmetimin radio dhe televizion përdoret vetëm transmetimi FL.

Transmetimi i radiofrekuencave (pa tel) paraqet transmetim të çdo lloji të informacionit. Transmetimi **radiodifuziv** është transmetim me një transmetues dhe shumë marrës (shfrytëzues), këtu përfshihet transmetimi i programeve dhe radio dhe televizione. Transmetimi me **radiorele**, nga ana tjetër, është transmetim mes një transmetuesi dhe një marrësi. Që të arrihet distancë më e madhe, sinjali nga transmetuesi bartet deri në stacionin radiorele optik të dukshëm, në të cilin ai do të përforcohet dhe më pas do të transferohet sërish në një stacion tjetër të tillë, derisa sinjali të arrijë te marrësi. Për shkak të mekanizmit të kalimit nga njëri në stacionin radiorele tjetër, ky transmetim quhet edhe **transmetim nga pika në pikë**. Në grupin e sistemeve të telekomunikacionit të cilët përdorin transmetimin pa tela bëjnë pjesë sistemet satelitore të komunikimit, sistemet e telefonisë celulare, rrjetet lokale pa tela (WLAN ose WiFi), radarët, navigacioni, komunikimet aeronautike, komunikimet nënujore etj.

1.3. TRANSMETIMI I SINJALEVE

Mesazhet që barten nga burimi deri në një vend të largët (vendi i marrjes) mund të paraqiten në forma të ndryshme: tekst i shkruar, bisedë, muzikë, figurë e lëvizshme dhe e palëvizshme, rezultate nga matjet ose komanda për komandim etj. Prandaj, ekzistojnë metoda të ndryshme për bartjen e mesazheve përmes rrugës elektrike. Në varësi të karakterit të mesazheve dhe formës në të cilën duam ti bartim, ndërsa në përputhje me mundësitë teknike, përdoren metodat e mëposhtme: telegrafia, telefonia, televizioni, transmetimi i të dhënave, telekomandimi, telemetria, telesinjalizimi etj.

1.3.1. Transmetimi i bisedës

Në përgjithësi, transmetimi në distancë i bisedës realizohet me **telefoni**. Fjala telefoni vjen nga fjalët *tele* (distanca) dhe *fon* (zëri). Në telefoni, biseda shndërrohet në sinjal elektrik në aparat telefonik dhe përmes sistemit kompleks të rrjetave telefonike të cilët e sigurojnë komunikimin, lidhen përdoruesit nga njëra anë e lidhjes dhe tjetra. Brezi i frekuencave të bisedës është prej 300 Hz deri në 3.400 Hz.

Telefonin e zbuloi Aleksandar Graham Bell në vitin 1875. Ai zbuloi se kur teli i çelikut dridhet në fushën magnetike në të krijohet një rrymë e ndryshueshme. Në telefon, kjo ndodh në mikrofon, gjegjësisht në shndërruesin elektroakustik, i cili energjinë akustike e shndërron në energji elektrike. Kjo energji përmes linjës transmetohet deri në anën e marrjes. Këtu, me ndihmën e altoparantit, energjia elektrike konvertohet në akustike. Në konvertuesit elektroakustikë, (mikrofoni dhe kufja) janë konvertues të zërit në sinjal elektrik dhe anasjelltas.

Me sistemet telefonike bartet bisedë në të dy drejtimet. Çdo aparat telefonik ka edhe mikrofon edhe kufje dhe këto përmes linjës janë të lidhur me centralin telefonik. Centrali telefonik kryen ndërmjetësimin, gjegjësisht lidhjen e dy abonentëve. Mangësi e një transmetimi të tillë është ajo se nëpërmjet një linje mund të bartet vetëm një sinjal, gjegjësisht vetëm një bisedë. Që të mundet nëpër një linjë në të njëjtën kohë të barten më tepër sinjale të pavarura, është i nevojshëm përpunim shtesë i sinjaleve, e cila kryhet në centrale. Një transmetim i tillë quhet transmetim në frekuenca të larta transmetim-FL dhe ai përdoret për ndërlidhjen e centraleve telefonike.

Si medium për transmetim përdoren kabllot KT, fibra optike ose ajri. Ekzistojnë më tepër mënyra me të cilat përdoruesit lidhen në rrjetin telefonik: telefonia fikse, telefonia celulare, telefonia satelitore dhe telefonia përmes internet-protokollit VoIP.

Në mënyrën tradicionale, ose telefoninë fikse lidhja është me kablo për një lokacion fizik të caktuar. Telefonia mobile e cila është paraqitur në vitin 1979 shfrytëzon transmetim pa tela të informacionit. Bëhet fjalë për transmetim të organizuar me stacione bazë të cilët janë të lidhur në centralin e përbashkët. Gjatë transmetimit, mesazhet konvertohen në sinjale digjitale dhe transmetohen përmes rrjetit të stacioneve bazë dhe centralit deri te përdoruesit. Sot telefonia celulare sot është në zhvillim të vazhdueshëm dhe zgjerim të mundësive të saj. Transmetimi telefonik që realizohet përmes satelitëve të telekomunikimit gjithashtu përdor transmetim pa tela i cili lidh centrale në distancë në sipërfaqen e tokës përmes vendosjes së linqeve pa tela (lidhje) mes centraleve dhe satelitëve artificial të vendosur në orbitën e Tokës. Sot një numër i madh i trafikut telefonik kryhet përmes rrjetit të Internetit duke shfrytëzuar të ashtuquajturit protokolle për transmetim të bisedës përmes internet-protokollit VoIP.

Transmetimi i radioprogrameve është shembull tjetër i transmetimit analog të zërit. Difuzioni standard i radios parashikon bashkëngjitjen e sinjalit analog në bartësin me ndihmën e modulimit në amplitudë (AM) dhe modulim në frekuencë (FM). Edhe pse ekzistojnë standarde për difuzionin digjital të radios (DAB), ende nuk është marrë vendim braktisja e transmetimit analog dhe zëvendësimi i marrësve analog me ata digjital.

1.3.2. Transmetimi i figurës

Transmetimi dhe pranimi i figurave të lëvizshme në distancë me ndihmën e valëve elektromagnetike quhet **televizion**. Që të bartet figura në largësi, ajo ndahet në pika ose elemente, që do të thotë se figura ka një strukturë elementare. Në një distancë normale, në të cilën shikohet televizori, pikat nuk dallohen, kështu që njeriu sheh figurë të pastër. Nëse figurat ndërrohen ashtu që në çdo sekondë do të paraqiten nga 25 figura, atëherë syri i sheh si figurë e lëvizshme. Figura transmetohet në momentin kur forma optike do të shndërrohet në shënim elektrik.

Nga paraqitja e deri më sot televizioni ka kaluar nëpër disa hapa evolucioni, nga transmetimi i imazheve vetëm monokromatike, përmes transmetimit të imazheve me ngjyra, transmetimit të sinjaleve televizive, përmes sistemeve të difuzionit terestrial, televizionit satelitor, televizionit kabllor, deri te televizioni digjital me ultrarezolucion. Në difuzionin standard të sinjalit televiziv (televizion standard), e ato janë sistemet e para satelitore dhe kabllore, sinjali televiziv transmetohet në formë analoge.

Në televizion njëkohësisht transmetohen edhe zëri edhe figura. Transmetimi kryhet me valë elektromagnetike përmes eterit, ose dërgohet si sinjal i dritës përmes fibrave optike. Në televizionin analog, transmetimi fitohet ashtu që figura bashkangjitet në valën bartëse me modulim në amplitudë (AM), ndërsa zëri bashkangjitet me modulim në frekuencë (FM).

Televizioni digjital ka devijuar televizionin standard analog. Në vendin tonë, transmetimi i sinjalit televiziv përmes difuzionit terestrial në vitin 2013, nga ai analog është zëvendësuar me difuzionin digjital të videos (DVB), ndërsa transmetimi analog i televizionit ende ruhet në disa sisteme satelitore dhe kabllore për shpërndarjen e sinjalit televiziv.

Në marrësin televiziv nëpërmjet antenës pranoen valë elektromagnetike. Sinjali me frekuencë të lartë i cili e bart figurën ndahen nga vala bartëse dhe konvertohet në rrymë alternative, sinjal video me ngjyrë. Kjo rrymë më pas dërgohet në ekran dhe realizohet konvertimi i sinjali elektrik në figurë.

1.3.3. Transmetimi i të dhënave

Nocioni transmetim i të dhënave (Data Transmission) përfshin transmetimin e të dhënave, si dhe mënyrën klasike të transmetimit së tekstit të shkruar, në telegrafi.

Të dhënat transmetohen si varg i shifrave, gjegjësisht në formë **digjitale**. Nëse në transmetimin digjital të sinjalit ekzistojnë vetëm dy shifra: zero dhe njëshi, gjegjësisht ka tension (njëshi) ose nuk ka tension (zero), atëherë sistemin e quajmë binar.

Shifrat mund të paraqiten në sisteme të ndryshme numerike. Më i afërt me të kuptuarit tonë të përditshëm është sistemi decimal. Baza e sistemit decimal është numri 10 dhe dhjetë shifrat: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 dhe 9, të cilët janë të nevojshme për paraqitjen e cilit do numër. Që të shkruhet numri më i madh se 9, u jepet peshë vendeve të ndryshme të shifrave në vargun që e paraqet numrin. Kështu, për shembull, numri 5 932, 87 ka domethënie:

$$5932,87 = 5 \times 10^3 + 9 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 2 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1} + 7 \times 10^{-2}$$

koeficienti ↑ ↑ faktori i peshës

Sipas kësaj, vendi i shifrës në vargun që përbën numrin ka rëndësinë e faktorit të peshës.

Sistemi binar i paraqitjes së numrave për bazë e ka numrin 2. Që të paraqitet cilido numër, janë të nevojshme vetëm dy shifra, 0 dhe 1. Sipas kësaj, numri decimal 21_{10} (indeksi 10 tregon se numri është shkruar në sistemin decimal) në sistemin binar shkruhet si 10101_2 (indeksi 2 do të thotë që numri është shkruar në sistemin binar).

$$10101_2 = 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

Ekzistojnë algoritme të përpunuar për konvertimin e numrave decimal në numra binar. Shifra binare 0 ose 1 quhet bit-binary digit. Kështu, numri 1010 paraqet numër me 4 bita, ndërsa 101 është numër me 3 bita.

Numri i bitave i cili ka kuptim të caktuar quhet kod. Biti i parë në kod ka faktor të peshës më të madhe, ndërsa biti i fundit ka faktor të peshës më të vogël.

Ekzistojnë kode të ndryshme për paraqitjen e shifrave decimale. Më popullore është kodi-BCD (Binary Coded Decimal). Në të, me ndihmën e 4 bitave paraqitet çdo shifër e sistemit decimal. Më i njohur është ASC II (American Standard Code for Information Interchange), i cili paraqet kodin standard amerikan për shkëmbim të informacioneve; ky është kodi për kodimin e tekstit. Ai përdor 7 bita për kodim të shenjave, shenjave të pikësimit, shenjave të kontrollit dhe shenjave grafike. Ky kod shërben për të shkruar tekst në kompjuter.

Në sistemin numerik dekad baza është dhjetë, kështu që simboli 755 tregon numër që përbëhet nga shtatë qindëshe, pesë dhjetëshe dhe pesë njëshe. Ai mund të shkruhet në formën e mëposhtme: $755 = 7 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0$

Në sistemin numerik binar baza është dy, kështu që numri 105 shkruhet në mënyrën e mëposhtme:

$$105 = 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$

Duke ndjekur logjikën që përdoret gjatë shkrimit të numrave të sistemit numerik decimal, numri 105 në sistemin binar shkruhet si 1101001.

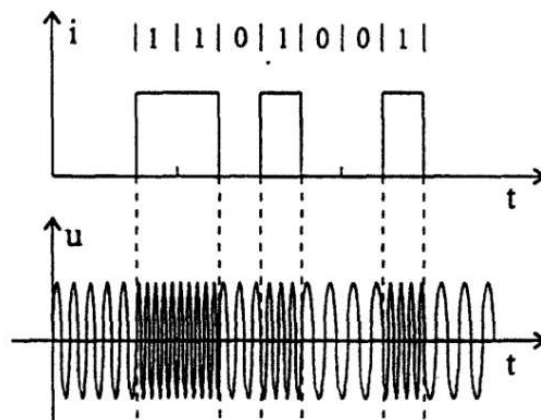


Fig. 1-10. Vargu i impulseve të rrymës: a) binar (b) alternativ

Gjatë transmetimit të këtij numri, për shembull, i të dhënave nga kompjuteri i ndonjë banke në kompjuterin e ndonjë shfrytëzuesi, ai konvertohet në vargje të impulseve të rrymës Fig. 1-10.

Njësia për sasinë e informacionit, zero apo njëshi është biti (bit). Shpejtësia e transmetimit të të dhënave, e cila quhet shpejtësia e bitit apo rrjedhje binare, shprehet me numrin e bitave të transmetuar në një sekondë (bit/s) ose (bps).

Në sistemet **analoge** për transmetim të të dhënave, informacionet nuk transmetohen shumë shpejtë. Sot sistemet për transmetimin digjitalizohen dhe shpejtësia e transmetimit të informacionit është shumë e madhe. Në rrjetat e kompjuterizuara arrin nga disa Mbps deri në 10Gbps.

1.3.4. Ndikimi i mjedisit në transmetimin e sinjalit, shtrembërimi dhe zhurma

Kanali të cilin e përbëjnë transmetuesi, linja e lidhjes dhe marrësi paraqet mjedisin (ambientin) përmes të cilit transmetohet mesazhi në formën e sinjalit. Kanali fut:

- shuarje, i cili rritet me gjatësinë e kanalit, dhe kjo shuarje është me karakter të ndryshueshëm;
- shtrembërim, i cili mund të jetë linear dhe jolinear;
- zhurmë, e cila ndikon në mesazhin e transmetuar. Zhurmën e përbëjnë sinjale të rastësishme dhe të paparashikueshme të shkaktuara nga shkaqe të jashtme dhe të brendshme.

Zhurma ndodh për shkak të ndikimit të kanaleve të afërta, zhurmave të shkaktuara nga vetë njeriu, siç janë kontaktet e dëmtuara, ndërprerësit në pajisjet elektrike, nga induksioni gjatë startimit të automobilit, nga dritat fluoreshente ose zhurma natyrale e shkaktuar nga rrufetë, stuhitë elektrike, rrezatimi diellor dhe ndërgalaktik. Pjesërisht, këto zhurma mund të reduktohen ose të liminohen plotësisht. Zhurmat e shkaktuara nga elementet në pajisjet elektronike mund të zvogëlohen, por asnjëherë nuk mund të largohen.

Zhurma është faktor themelor që përcakton kufijtë e shpejtësisë komunikimeve.

Raporti sinjal-zhurmë (SNR), paraqet raportin e fuqisë së sinjalit të transmetuar dhe fuqisë së zhurmës. Ky numër duhet të ketë vlerë sa më të madhe. Me transmetimin e sinjalit, fuqia e tij bie, ashtu siç rritet distanca e lidhjes, por edhe fuqia e zhurmës rritet, kështu që SNR është në zvogëlim të vazhdueshëm përgjatë gjatësisë së kanalit. Në marrës, përforcimi i cili vendoset për të kompensuar shuarjen do të fusë përforcim edhe të sinjalit të dobishëm, por edhe të zhurmës së marrë, kështu që raporti SNR do të zvogëlohet ose, në rastin më të mirë, do të mbetet e njëjtë (1).

PËRMBLEDHJE:

- Modeli i përgjithshëm i sistemit të telekomunikacionit paraqet vendin dhe funksionin e komponentëve përbërëse bazë të secilit sistem për transmetim të mesazheve.
- Burimi i mesazhit është subjekt apo objekt që gjeneron mesazh.
- Sinjali paraqet ekuivalent elektrik të mesazhit të transmetuar.
- Linja për lidhje paraqet ambient ose medium për transmetim, nëpër të cilin sinjali bartet nga transmetuesi deri te marrësi.
- Marrësi e merr sinjalin nga linja për lidhje, e përpunon dhe ia dorëzon shfrytëzuesit si mesazh.
- Kanalin e përbëjnë transmetuesi, linja për lidhje dhe marrësin. Në kanal është e pranishme zhurma, e cila mund ta ndryshojë mesazhin.
- Zhurma është faktor i rëndësishëm që ndikon në shpejtësinë dhe kualitetin e telekomunikimeve.
- Raporti sinjal-zhurmë (SNR) paraqet raport të fuqisë së sinjalit të transmetuar dhe fuqisë së zhurmës. Ky numër duhet të ketë vlerë sa më të madhe.
- Shprehja e mesazhit me disa simbole quhet kodim.
- Koduesi i burimit ndodhet në anën e transmetuesit kryen kodimin e mesazhit.
- Dekoduesi i kanalit ndodhet në anën e marrësit dhe sinjalin e koduar e konverton në mesazh.
- Në varësi të të frekuencës së sinjalit, në telekomunikacione dallohen dy lloje të transmetimit: transmetim në frekuencë të ulët (FU) dhe transmetim në frekuencë të lartë (FL).
- Telefonia është shembull i transmetimit të bisedës me ndihmën e sinjaleve elektrike.
- Figura transmetohet në televizion. Transmetohen 25 figura në sekondë.
- Të dhënat transmetohen si vargje të shifrave, gjegjësisht në formë digjitale.
- Nëse në transmetimin digjital të sinjalit ekzistojnë vetëm dy shifra: zero dhe njëshi, atëherë sistemin e quajmë binar.

PYETJE DHE DETYRA:

1. Cili është dallimi mes modelit të përgjithshëm të sistemit të komunikimit dhe modelit të detajuar?
2. Ç'është mesazhi, e ç'është sinjali?
3. Bëje dallimin mes linjës për transmetim dhe kanalit.
4. Çfarë llojesh të transmetimit dallojmë në varësi të frekuencës së sinjalit?
5. Si është sinjali gjatë transmetimit të bisedës?
6. Si definohet raporti sinjal-zhurmë?

Rretho përgjigjen e saktë:

7. Linjën për lidhje e përbëjnë:
 - a. mediumi për transmetim dhe burimi i zhurmës
 - b. transmetuesi dhe mediumi për transmetim, burimi i zhurmës dhe marrësi
 - c. transmetuesi dh marrësi
 - d. marrësi, mediumi për transmetim dhe shfrytëzuesi.
8. Kodi i Morse-it është i përbërë nga:
 - a. pikat, vizat dhe pauzat
 - b. pikat, shkronjat dhe pauzat
 - c. pikat, impulset dhe pauzat
 - d. shkronjat, numrat dhe vizat
9. Cili nga numrat e dhënë është shkruar në formë binare?
 - a. 001101
 - b. 1002106
 - c. $1x2 + 0x2$
 - d. 88
10. Sa bita për kodim shfrytëzon kodi ASC II?
 - a. 7 bita
 - b. 3 bita
 - c. 4 bita
 - d. 10 bita

Njësia modulare 2: Mesazhet dhe sinjalet

Në këtë njësi modulare përpunohen:

1. Mesazhi diskret dhe i vazhduar
2. Sinjalet digjitale analoge
3. Analiza harmonike e sinjaleve

Pas mësimit të kësaj njësie modulare, nxënësit do të jenë në gjendje:

1. Të dallojnë mesazhet diskrete dhe të vazhduara
2. Të shprehin dhe të matin parametra të sinjalit sinusoidal
3. Të shpjegojnë sinjalin sinusoidal në domenin e kohës dhe frekuencës
4. Të tregojnë pengesa gjatë transmetimit të sinjalit

2. MESAZHET DHE SINJALET

Me teknikën e telekomunikimit mundësohet mesazhi në formë të sinjalit të transmetohet deri në një vend të largët, ndërsa gjatë kësaj sinjali të mbetet aq sa është e mundur më besnik në veten e tij. Prandaj, është e domosdoshme të njihen vetitë mesazheve, gjegjësisht sinjalit ekuivalent të tyre, sepse ata i përcaktojnë karakteristikat e sistemeve me të cilët do të transmetohen.

2.1. NATYRA E MESAZHEVE

Sipas natyrës së tyre, të gjitha mesazhet që i dërgon ndonjë burim i mesazheve mund të ndahen në dy grupe: **mesazhe të vazhduara** (të pandërprerë, pa ndryshime kërcyese dhe ndërprerje) dhe **mesazhet diskrete** (me ndërprerje, me ndryshime kërcyese dhe ndërprerje).

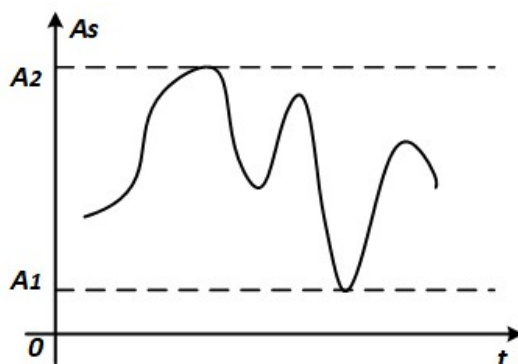


Fig. 2-1. Mesazhet e vazhduara

Mesazhet e vazhduara janë pa ndërprerje me kalimin e kohës, dhe mund ti kenë të gjitha vlerat e mundshme mes disa kufijve të caktuar. Mesazhe të tilla janë biseda, muzika e kështu me radhë. Dallimi thelbësor në raport me mesazhet diskrete është se të gjitha vlerat që e karakterizojnë mesazhin e vazhduar i përkasin *një grupacioni të pakufizuar, të vazhdueshëm*. Sinjalet të cilat shërbejnë për transmetimin e mesazheve të vazhduara mund të paraqiten me një funksion të vazhdueshëm në kohë, si ai i treguar në figurën 2-1. Kur flasim për mesazhet, me nocionin i vazhduar theksohet se madhësia A_s mund të ketë cilëndo vlerë që shtrihet mes A_1 dhe A_2 .

Mesazhet diskrete janë mesazhe që paraqiten si vargje të elementeve të ndara dhe kanë numër të kufizuar të vlerave të ndryshme. Këto elemente quhen simbole. Simbolet mund të jenë shkronja, numra, nota. Mesazhet më komplekse përbëhen nga një seri e mesazheve diskrete më të thjeshta. Shkronjat formojnë fjalë, fjalët formojnë fjali, numrat formojnë numra shumëshifror, ndërsa notat formojnë akorde. Të tilla janë mesazhet që transmetohen në telegrafi dhe në transmetimin e të dhënave.

Sinjalet me të cilat transmetohen mesazhe diskrete mund të paraqiten me ndonjë funksion kohor i cili tregon se si një madhësi karakteristike e sinjalit varet nga koha. Shembull tipik i sinjalit diskret është treguar në figurën 2-2.

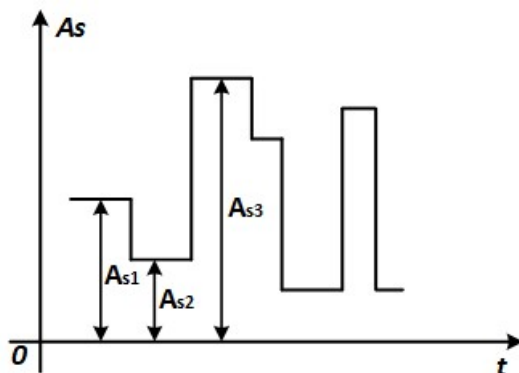


Fig. 2-2. Mesazhi diskret

Madhësia A_s mund të jetë tension, rrymë ose frekuenca e rrymës alternative. Ajo ka vlera diskrete të caktuara rigorozë A_{s1} , A_{s2} , A_{s3} ..., të cilat formojnë një grupim të fundëm.

2.2. SINJALET ANALOGE DHE DIGJITALE

Me nocionin mesazh në telekomunikacione nënkuptohen biseda, mu– zika, teksti i shkruar, figura e lëvizshme dhe e palëvizshme, të dhënat kompjuterike, të dhënat nga matjet në distancë etj. Për fjalën mesazh, në literaturën profesionale përdoret edhe nocioni informacion, këto dy nocione në mënyrë të barabartë përdoren në praktikë.

Hapi i parë në transmetimin në distancë është konvertimi i mesazheve, informacioneve në ekuivalentin e tyre elektrik, ai mund të jetë rryma elektrike ose tensioni elektrik, por në praktikë përdoret nocion **sinjal**. Sinjali është ekuivalent elektrik i mesazhit ose ai është figura elektrike e informacionit që transmetohet. Ai duhet të transmetohet dhe nga ai në marrës mund të rigjenerohet, gjegjësisht të fitohet informacioni origjinal.

Në praktikë pamë se të gjitha informacionet, mesazhet që i dërgon burimi mund të ndahen në dy grupe diskrete dhe të vazhduara. Të tillë janë edhe sinjalet, gjegjësisht **sinjalet analoge (të vazhduara) dhe digjitale (diskrete)**.

2.2.1. Sinjalet e vazhduara dhe diskrete

Sinjalet elektrike të cilat fitohen me konvertimin e informacioneve, në konvertues përkatës gjithashtu ndahen në **sinjale të vazhduara dhe diskrete**.

Në telekomunikimet moderne sinjalet e vazhduara gjithnjë e më tepër transmetohen në formën digjitale (në formë të shifrave), ndërsa njëri nga hapat e digjitalizimit është shndërrimi i sinjaleve të vazhduara në diskrete. Kështu mund të fitohen lloje të ndryshme të sinjaleve, ku përveç sinjaleve diskrete dhe të vazhduara i shtojmë edhe sinjalet që fitohen me përpunimin e tyre. Ata mund të jenë:

- të vazhduar në amplitudë dhe kohë;
- të vazhduar në amplitudë, por diskret në kohë;
- diskret në amplitudë, por të vazhduar në kohë;
- sinjale diskrete në amplitudë dhe kohë.

Llojet e ndryshme të sinjaleve që fitohen me përpunimin e sinjaleve diskrete dhe të vazhduara janë paraqitur në figurën 2-3.

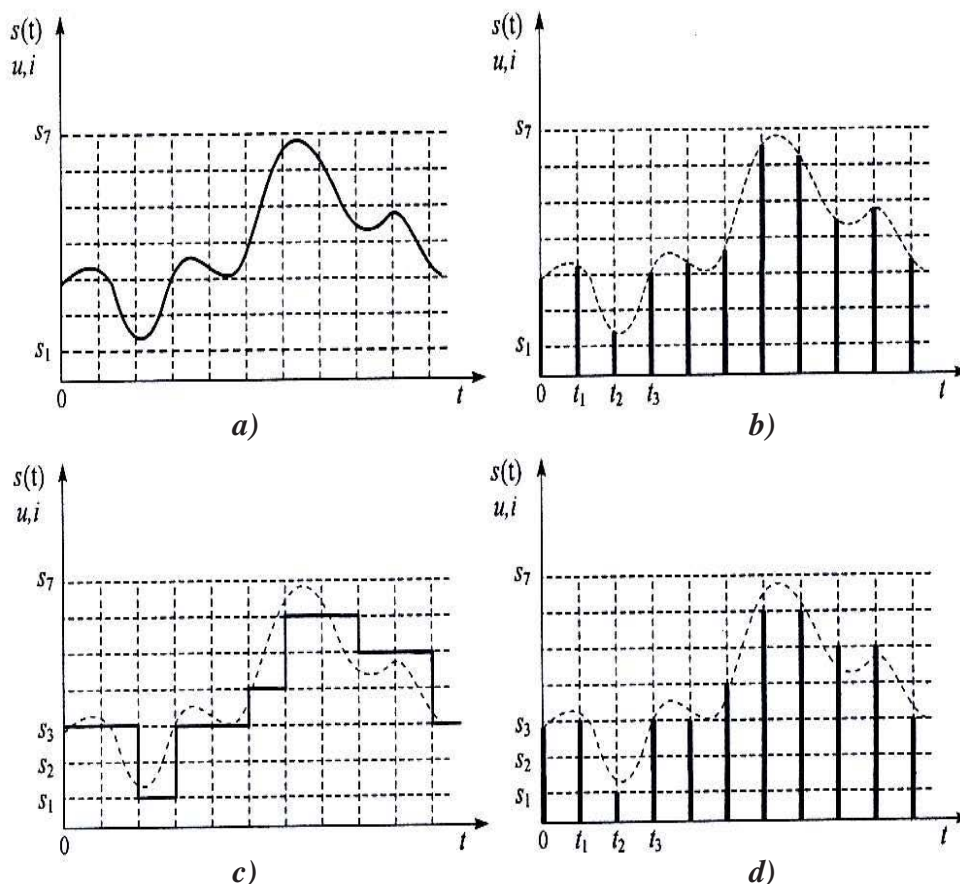


Fig. 2-3. Sinjalet: (a) të vazhduar në amplitudë dhe kohë
 (b) të vazhduar në amplitudë, por diskret në kohë;
 (c) diskret në amplitudë, por të vazhduar në kohë;
 (d) diskret në amplitudë dhe kohë.

Në figurën 2-3 (a) është dhënë sinjali i cili është i vazhduar edhe sipas kohës edhe sipas amplitudës. Sinjali është shënuar me $s(t)$, pra jo vetëm me s , me çka theksohet se madhësia e tij është funksion i kohës dhe ndryshon me kalimin e kohës. Nën $s(t)$, qëndron edhe shenja u ose i e cila tregon se sinjali mund të jetë ose tension ose rrymë.

Në figurën 2-3 (b) është treguar sinjal i vazhduar në amplitudë, por diskret në kohë. Kjo do të thotë se ai në një interval kohe të fundëm (nga 0 deri në T) është përcaktuar nga një numër i fundëm i impulseve me amplituda të ndryshueshme të vazhduara.

Sinjalet në figurën 2-3 (c) është diskret në amplitudë, ndërsa i vazhduar në kohë. Ky sinjal vazhdimisht ndryshon me kalimin e kohës, ndërsa vlerat e tij momentale mund të kenë vlera të cilat janë diskrete dhe janë shumë e vlerave të amplitudave.

Sinjalet diskrete në amplitudë dhe kohë të paraqitura në figurën 2-3 (d) janë diskret në amplitudës dhe në kohë. Në shembullin tonë, vlera diskrete momentale janë $0, t_1, t_2, t_3, \dots$, ndërsa amplitudat kanë shtatë vlera $s_1, s_2, s_3, \dots, s_7$.

Pra, në figurën 2-3 (a) është treguar sinjal klasik i vazhduar, ndërsa në figurën 2-3 (d) sinjal klasik diskret.

Në telekomunikimet moderne, sinjalet që përdorura ndahen në analoge dhe digjitale.

Sinjali analog është **sinjal klasik i vazhduar**, i cili i ka të gjitha vlerat, ndërsa vlera e tij momentale mund të ketë çfarëdo vlerë brenda një brezi të caktuar.

Numrat ose shifrat **digjitale** (digit) janë **sinjale klasike diskrete**: ekzistojnë vetëm në intervale të caktuar kohore, ndërsa vlerat e tyre momentale mund të kenë vetëm disa prej vlerave nga një grup i fundëm i vlerave. Sinjale më të rëndësishëm digjital janë sinjalet digjitale binare, madhësia e të cilave mund të ketë vetëm njërën prej dy vlerave. Sinjalet binare fitohen në dy mënyra: me kodimin e sinjaleve diskrete fig. 2-3 (d) ose duke përpunuar sinjalet analoge. Përpunimi i sinjaleve analoge njihet edhe si konvertim analogo-digjital A-D.

2.2.2. Sinjalet periodike dhe aperiodike, karakteristikat e tyre

Sinjalet mund të paraqiten në dy mënyra: **në kohë dhe frekuencë**. Kur paraqiten në kohë, sinjali është i njëjtë siç është figura e tij në osciloskop. Për shembull, sinjali deterministik i cili është **sinusoidë** dhe është i definuar me shprehjen matematikore $u(t) = U_m \sin(2\pi ft)$, si funksion i kohës është paraqitur në figurën 2-4 (a). Ai është paraqitur në sistemin koordinativ i cili në ordinatë ka rrymë ose tension, ndërsa në abshisë kohën.

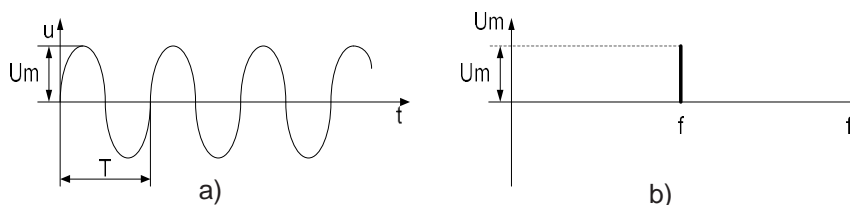


Fig. 2-4. Sinjali periodik i thjeshtë: (a) i paraqitur në kohë, (b) i paraqitur në frekuencë

Shikuar matematikisht, ky sinjal ka amplitudë të njohur U_m dhe frekuencë f . Ai mund të paraqitet edhe në sistemin koordinativ në të cilin ordinata është U_m , ndërsa në abshisa f , si në figurën 2-4 (b). Atëherë ai është sinjal sinusoidal i paraqitur në frekuencë. Domethënë sinjali sinusoidal i dhënë i paraqitur në frekuencë në sistemin koordinativ ku në abshisë kemi frekuencën, ndërsa në ordinatë vlerën maksimale të amplitudës.

Sinjalet që fitohen me shndërrimin e bisedës, muzikës, figurës etj., janë shumë më kompleks nga sinusoida. Një sinjal i tillë është dhënë në figurën 2-6 (a). Me procedurën matematikore të quajtur analiza Furie, çdo sinjal periodik (sinjal i cili përsëritet) mund të ndahet në më shumë sinjale me formë sinusoidale, të cilat quhen harmonikë. Frekuenca e harmonikut të parë (themelor) është e njëjtë si frekuenca e sinjalit kompleks (f), frekuenca e harmonikut të dytë është dy herë më e madhe ($2f$), frekuenca e harmonikut të tretë tri herë më e madhe ($3f$), e të katërtit katër herë më e madhe se e sinjalit kompleks ($4f$) e kështu me radhë.

Do të thotë, çdo funksion **periodik** mundet matematikisht të paraqitet si mbledhje (shumë) e më shumë funksioneve periodike të thjeshta, si:

$$f(t) = F_0 + \sum_{n=1}^{\infty} 2|F_n| \cos(n\omega_0 t + \Theta_n) \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

Funksioni periodik $f(t)$ mund të ndahen në: pjesën konstante F_0 dhe shumën e oscilimeve sinusoidale periodike të thjeshta, amplitudat e të cilëve $2|F_n|$ dhe fazat θ janë të ndryshme.

Funksioni periodik $f(t)$ ka periudë të përsëritjes T_0 , ndërsa frekuenca themelore rrethore e tij është $\omega_0 = 2\pi/T_0$.

Komponentët periodike të thjeshta quhen **harmonikë**. **Harmonikët dhe frekuencat e tyre ω_n janë numër i plotë herë më të mëdha nga frekuenca themelore ω_0 dhe mundet të paraqiten me shprehjen:**

$$\omega_n = n\omega_0 \quad n = 1, 2, 3 \dots \dots \dots (2-2)$$

Sinjali muzikor kompleks si në figurën 2-6 (a), mund të ndahet në pesë komponentë. Paraqitja e tij me frekuencë është dhënë në figurën 2-5 (b).

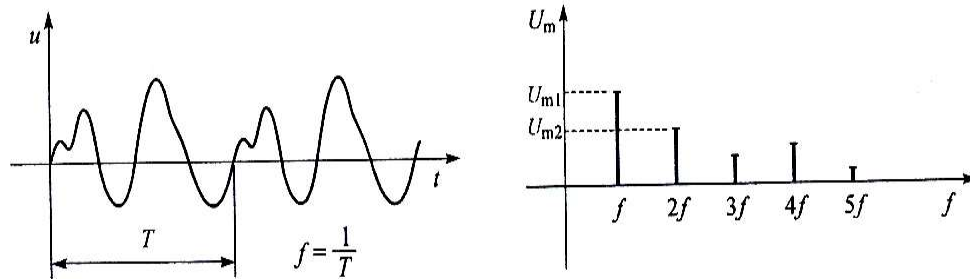


Fig. 2-5. Sinjali muzikor: (a) i paraqitur në kohë, (b) i paraqitur në frekuencë

Të shqyrtojmë një rast në të cilin shihet përparësia e paraqitjes së sinjaleve me frekuenca. Në figurën 2-6 (a) tregohet në kohë një sinjal kompleks i cili përbëhet nga gjashtë komponentë (harmonika). Amplitudat e harmonikëve janë: 3,8 mV; 2,3 mV; 1,9 mV; 2,7 mV; 1,5 mV dhe 0,9 mV. Tre komponentët e parë janë paraqitur në kohë në figurën 2-6 (b). Siç shihet nga figura, kjo paraqitje është jo e qartë dhe jopraktike. Kur në këtë figurë do të vizatonim edhe komponentët tjera, kjo figurë do të bëhet edhe më e paqartë dhe më jopraktike. Nuk është e vështirë të parashikohet se si do të jetë sinjali kompleks në qoftë se ka pesëdhjetë komponentë. Kur sinjalin në figurën 2-6 (a) do ta paraqesim me frekuenca, si në figurën 2-6 (c), karakteristikat themelore të komponentëve, amplitudat dhe frekuencat, duken shumë qartë.

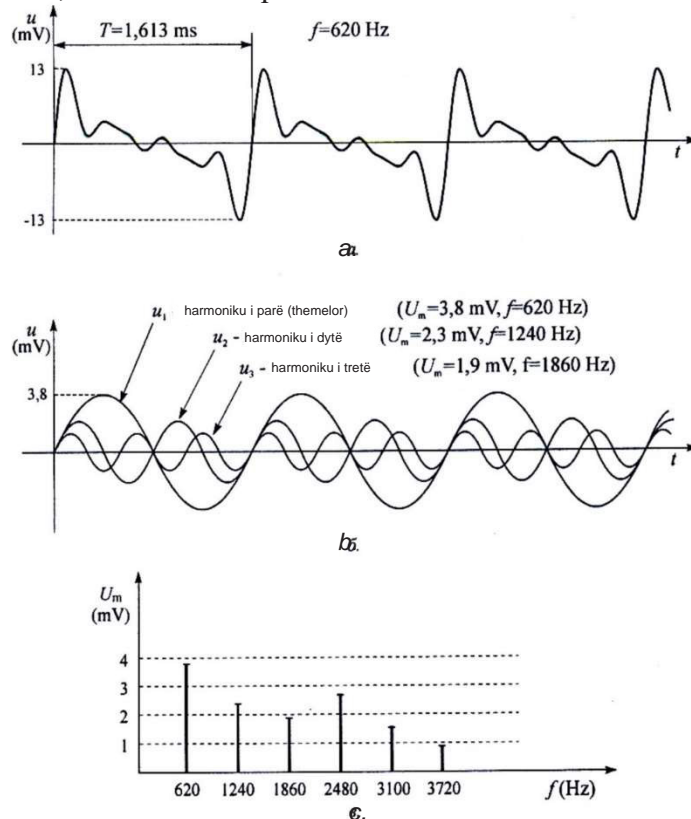


Fig. 2-6. Sinjalet: (a) sinjal kompleks, (b) tre harmonikët e para të sinjalit kompleks, (c) spektri i sinjalit kompleks

2.2.3. Spektri i sinjalit

Të gjitha komponentët e sinjalit kompleks të paraqitur me frekuenca, së bashku krijojnë një grup të sinjaleve të thjeshta (sinusoidale), i cili quhet **spektër i sinjalit kompleks**. Në figurën 2-5 (b) dhe figurën 2-6 (c), janë dhënë spektra të sinjaleve ose spektra të amplitudave.

Spektrat e amplitudave e japin varësinë e amplitudës së sinjalit nga frekuenca. Përveç këtyre spektrave, ekzistojnë edhe spektra të fazave.

Spektrat e fazave i japin fazat fillestare të frekuencave të komponentëve të sinjalit. Në figurën 2-7 (a) është dhënë sinjal deterministik si varg i impulseve drejtkëndëshe me amplituda U_0 dhe periodën T .

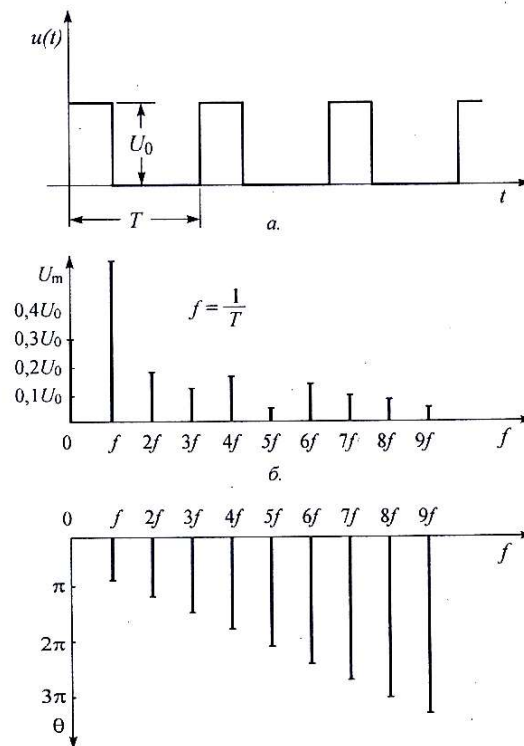


Fig. 2-7. Vargu i sinjaleve drejtkëndëshe: (a) paraqitja në kohë (b) spektri amplitudor (c) spektri i fazor

Diagrami i spektrit të amplitudës i vargut të impulseve drejtkëndëshe është treguar në figurën 2-7 (b), ndërsa spektrit i fazës në figurën 2-7 (c).

Nga kjo shihet se çdo sinjal kompleks i paraqitur në kohë mund të ndahet në komponentët e tij periodike të thjeshta. Kjo procedurë quhet dekompozim i sinjalit kompleks. Procedura e kundërt është e mbivendosjes (ose mbledhjes).

Të shqyrtojmë një sinjal kompleks që ka pafundësisht shumë komponentë si në figurën 2-8. Me llogaritje dhe matje vimë në përfundim se komponentët amplitudat e të cilëve janë më të vogla se $0,1 \cdot U_{M1}$ (10% e amplitudës së komponentëve të para) nuk kanë rëndësi për cilësinë e transmetimit (edhe pa to kualiteti është i kënaqshëm). Ato mund të ndahen me ndihmën e një filtri. Kështu, spektri i kufizuar është dhënë në figurën 2-8 (b). Gjerësia e këtij spektri është $B = 8 \cdot f$. Nëse sinjali kompleks spektri i të cilit është treguar në figurë fitohet me transformimin e zërit, gjegjësisht bisedës, ndërsa frekuenca bazë e tij është $f = 400\text{Hz}$, atëherë gjerësia e kanalit përmes të cilit do të transmetohet ky sinjal duhet të jetë pak më e madhe se $B = 8 \cdot f$, gjegjësisht $B = 3200\text{Hz}$.

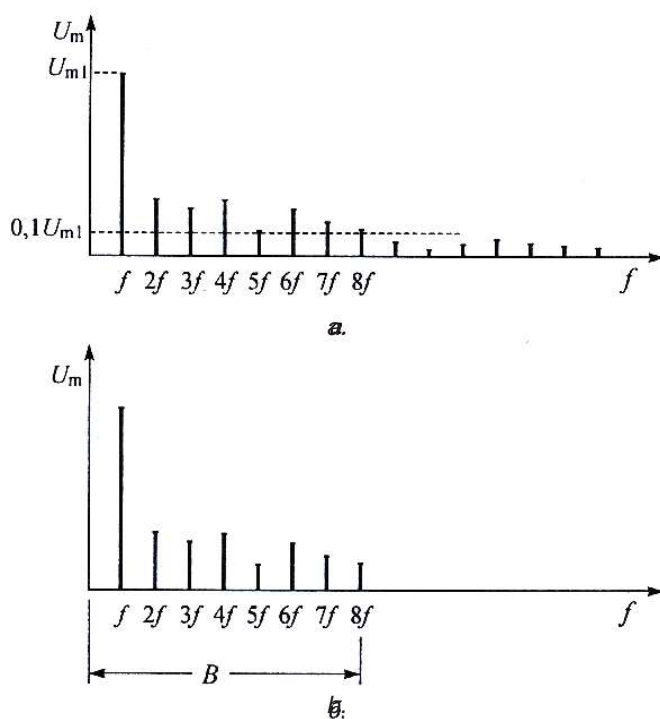


Fig. 2-8 Spektri i amplitudës i (a) sinjalit kompleks të pakufizuar, (b) sinjalit kompleks të kufizuar

Nëse sinjalit i rritet perioda T (sinjali zgjat më gjatë), frekuenca zvogëlohet frekuenca ($f = 1/T$). Atëherë të gjithë komponentët e spektrit do të zhvendosen në të majtë, ndërsa distanca mes tyre do të zvogëlohet. Domethënë kur kohëzgjatja e sinjalit është e madhe, gjerësia e spektrit është e vogël. Këtë raport invers kohë-frekuençë e përshkruan karakteristika funksioneve kohore dhe analiza Furie.

Sinjali i kompozuar-përbërë është shumë e sinjaleve të thjeshta sinusoidale. Ai paraqet kombinim të valëve të thjeshta sinusoidale me frekuenca, amplituda dhe faza të ndryshme.

2.3. ANALIZA HARMONIKE E SINJALEVE TË PËRBËRA (TË RASTIT)

Të rastit janë ato sinjale në të cilët ndryshimi i vlerave nuk mundet paraprakisht të përcaktohet. Sinjalet e rastit të cilët transmetohen në sistemet e telekomunikacioneve janë: biseda, muzika, figura, të dhënat kompjuterike etj. Çdo sinjal i rastit ka karakteristikat e tij të cilat rrjedhin nga natyra e mesazhit. Këto karakteristika janë shumë të rëndësishme për organizimin e transmetimit, si dhe për projektimin e sistemit dhe të pajisjeve.

2.3.1. Karakteristika të bisedës dhe muzikës

Biseda dhe muzika sipas natyrës së tyre janë tinguj. Tingulli është valë mekanike e cila fitohet me oscilimin e burimit të zërit. Burim i tingullit është oscilimi i telit të instrumentit, oscilim i kordave të zërit te njeriu e kështu me radhë. Oscilimi i burimit shkakton luhatje të grimcave të ajrit rreth pozitës së tyre të qëndrueshme. Sinjali i bisedës dhe muzikës është sinjal i vazhduar, analog dhe i rastit. Këto sinjale transmetohet në telefoni, televizion dhe në radiotransmetim.

Për përcaktimin e karakteristikave të sinjalit të bisedës, duhet t'i njohim karakteristikat e të folurit të njeriut. Madhësia e harmonikut themelor që e krijon njeriu shtrihet në kufijtë prej 80Hz deri në 400Hz te meshkujt dhe nga 110Hz deri në 700Hz te femrat. Frekuenca e komponentëve të harmonikëve më të larta është deri në 6kHz. Në figurën 2-9 tregohen diagrami kohor dhe spektri në frekuencë i shkronjave A dhe S.

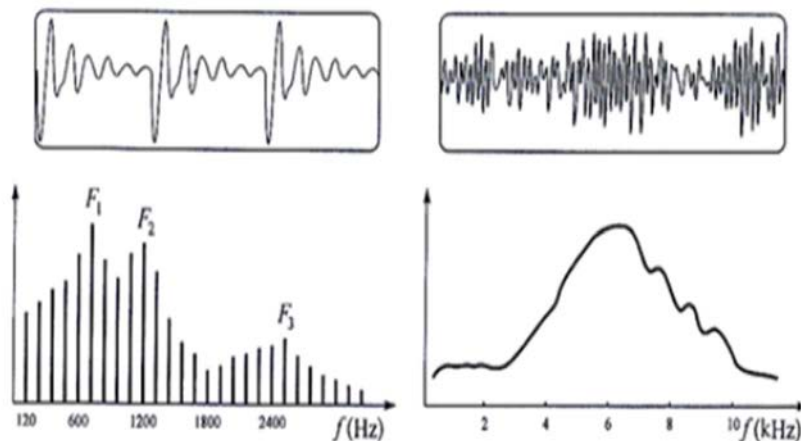


Fig. 2-9. Sinjali i bisedës: a) diagrami kohor i zanores A
b) diagrami kohor i bashkëtingëllores S
c) spektri i frekuencave i zanores A
b) spektri i frekuencave i bashkëtingëllores S

Kur flasim, zanore e japin fuqinë, ngjyrën dhe “ngrohtësinë” e zërit, ndërsa bashkëtingëlloret “mprehtësinë” dhe kuptueshmërinë e bisedës. Më të rëndësishme nga karakteristikat e përmendura të bisedës janë fuqia dhe qartësia, të parën e bartin zanoret, ndërsa të dytën bashkëtingëlloret.

Fuqia e sinjalit të zërit është i ndryshëm për njerëz të ndryshëm dhe ndryshon me kalimin e kohës. Në rrugë eksperimentale është përcaktuar dinamika e të folurit, ndryshimi mes nivelit më të madh dhe më të vogël të fuqisë së të folurit. Kjo fuqi është një nga 40dB deri në 70dB. Sot sistemet e telekomunikacionit projektohen ashtu që dinamika e sinjalit të folurit të jetë 62dB.

Nëse **kuptueshmëria** është e mirë dhe është transmetuar mirë, për një mesazh të tillë themi se e ka ruajtur përmbajtjen e tij. Kuptueshmëria matet në dy mënyra: me metoda objektive, ku përdoren instrumente të veçanta dhe me metoda subjektive, kjo është metodë e matjes së logotomit, (fjalë me 3 shkronja të cilat nuk kanë asnjë lloj kuptimi në kombinim bashkëtingëllore-zanore-bashkëtingëllore). Transmetimi i mirë është kur kuptueshmëria e logotomeve është 85-96%. Kuptueshmëria dhe ngjyra e zërit e përcaktojnë besnikërinë e riprodhimit të sinjalit.

Ndikim më të madh në besnikërinë e riprodhimit të sinjalit të zërit kanë: gjerësia e brezit të frekuencave, shtrembërimet dhe zhurma.

Gjerësia e brezit të frekuencave e sinjalit të zërit është një nga 80Hz deri në 6kHz, kur realizohet transmetim cilësor. Gjatë transmetimit në frekuenca të larta shfrytëzohet brez më i ngushtë prej 300Hz deri në 3,4kHz. Gjerësia e brezit të frekuencave të sinjaleve të muzikës është një nga 20Hz deri në 15kHz për burime natyrore të muzikës, instrumente muzikore, këndim dhe deri në 20kHz për muzikën e krijuar në mënyrë elektronike.

Spektri i frekuencave i sinjalit muzikor është treguar në figurën 2-10.

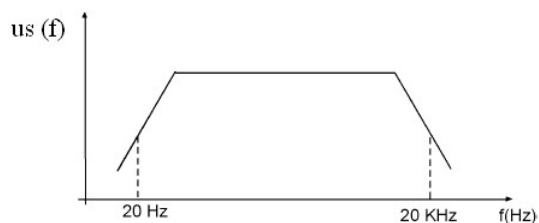


Fig. 2-11. Spektri i frekuencave i sinjalit muzikor

Gjatë transmetimit paraqiten shtrembërimet të zërit dhe të muzikës. Atëherë cilësia e sinjalit zvogëlohet. Shtrembërimet mund të jenë lineare dhe jolineare. Shtrembërimet lineare janë shtrembërimet në amplitudë dhe fazë. Në amplitudë janë pasojë e asaj se përforcimi nuk është i njëjtë për të gjitha komponentët e spektrit të frekuencave, ndërsa fazore janë të lidhura me komponentët kohore të transmetimit. Shtrembërimet jolineare paraqiten si pasojë e karakteristikave jolineare të transistorëve, diodave dhe komponentëve të tjera të cilat përdoren në pajisjet për transmetimin e sinjaleve; manifestohen me ndryshimin e ngjyrës së tonit nga sinjali i bartur.

Pengesat në formën e sinjaleve elektrike me frekuenca dhe amplituda të ndryshme në vendin e marrjes manifestohen si zhurmë. Spektri i zhurmës është i gjerë, ashtu që mund ta zvogëlojë ose ta mbulojë sinjalin e dobishëm.

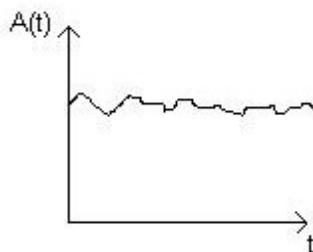


Fig. 2-11. Diagrami kohor i zhurmës

Diagrami kohor i zhurmës është treguar në figurën 2-11. Sipas prejardhjes, zhurma ndahet në: e ambientit, atmosferike, e pajisjeve të furnizimit, termike, intermodulare dhe zhurmë që paraqitet si pasojë e interferencës.

2.3.2. Karakteristika të sinjalit video

Transmetimi i figurës në televizion realizohet nëpërmjet sinjalit video. Shikuar fizikisht, figura është dritë; pa dritë nuk mund të shohim figura. Drita është rrezatim elektromagnetik gjerësia valore e të cilës në brezin e dukshëm të dritave është një nga 400nm deri në 700nm. Spektri i frekuencave, gjegjësisht sasia e energjisë e komponentëve të dritës së dukshme është treguar në figurën 2-12.

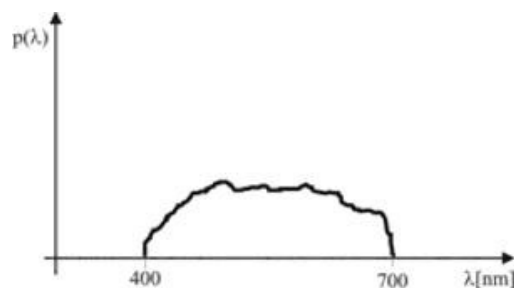


Fig. 2-12. Energjia e komponentëve të dritës së dukshme

Sinjalit video ka më tepër karakteristika, mes të cilave më të rëndësishme janë: gjerësia e brezit të frekuencave, rezolucioni i figurës, formati i figurës dhe rezolucioni horizontal dhe vertikal.

Gjerësia e brezit të frekuencave e sinjalit video definohet si ndryshim mes frekuencës maksimale dhe asaj minimale. Në vendin tonë, standardi i miratuar për gjerësinë e brezit të frekuencave të sinjalit video është 5MHz.

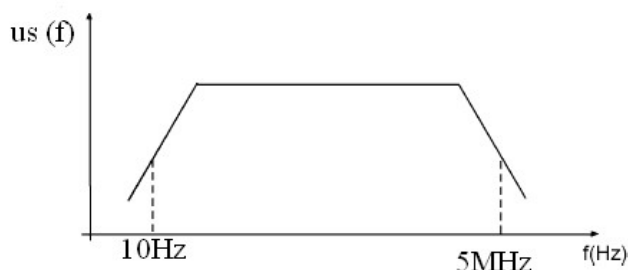


Fig. 2-13. Spektri i frekuencave i sinjalit video

Për transmetim të sinjalit video, është i nevojshëm brez frekuencash prej 10 Hz deri në 5 MHz. Në figurën 2-13 është treguar është treguar dendësia spektrale e sinjalit video e paraqitur me spektër të amplitudës.

Rezolucioni është ra nga karakteristikat më të rëndësishme që e përcaktojnë cilësinë e sinjalit video. Sinjali video përbëhet nga një numër më i madh i figurave, ku secilën figurë e ndajmë në numër të madh pikash, të ashtuquajtura piksela. Numri i përgjithshëm i pikave në një figurë quhet rezolucioni. Rezolucioni i figurës e përcakton strukturën e figurës ose qartësinë e figurës, e cila në pajisjet kualitative arrin edhe deri në 400 000 piksela.

Piksela në një figurë formojnë linja horizontale dhe vertikale. Numri i linjave vertikale e jep rezolucionin horizontal, ndërsa numri i linjave horizontale e jep rezolucionin vertikal. Raporti mes rezolucionit horizontal dhe vertikal e përcakton formatin e figurës i cili deri tani standard është 4:3. Në kohën më të re, gjithnjë e më shpesh aplikohet formati 16:9. Ekzistojnë edhe disa formate të cilët ende nuk janë standardizuar, si për shembull 21:9, të cilët imponohen nga prodhues të caktuar.

Sot zhvillohen mënyra të reja të transmetimit të sinjaleve video. I tillë është transmetimi HDTV (High Definition Television), i cila paraqet televizion me rezolucion të lartë.

2.3.3. Transmetimi i të dhënave

Në transmetimin e të dhënave dhe telegrafi transmetohen informacione si: tekst i shkruar, shifra, simbole etj. Sinjalet e tilla janë diskrete kështu që edhe transmetimi është diskret. Në transmetimin diskret ekziston edhe një zgjidhje e mirë. Në vend të çdo simboli të korrespondojë një amplitudë e caktuar e sinjalit, mund të punohet me vetëm dy amplituda të sinjalit, me kusht që kombinimet e tyre në një interval kohe të përcaktuar të paraqesin simbolet e dhëna. Në një rast të tillë bëhet fjalë për grup mesazhesh të fundme, në të cilët çdo anëtar mund të kthehet në numër dhe më tutje të transmetohen shifra. Ky transmetim quhet transmetim digjital.

Transmetimi digjital ka avantazhe në krahasim me atë analog. Si në aspektin e cilësisë, ashtu edhe në aspektin e fleksibilitetit dhe kostos ekonomike. Disa nga karakteristikat e transmetimit digjital janë; mënyra unike për transmetim dhe rigjenerim (rindërtim) të sinjaleve të mesazheve të ndryshme, mënyra unike e komunikimit në nivel digjital, mundësia e multipleksimit etj. Duke marrë parasysh këto veti, është e qartë se trendet në telekomunikacion janë të orientuara kah krijimi dhe optimalizimi i sistemit të telekomunikacionit digjital të integruar (lokal, rajonal dhe global) përmes të cilit transmetohen të gjitha llojet e sinjaleve.

Karakteristikat e sinjaleve gjatë transmetimit të të dhënave janë: digjitalizimi i transmetimit, shpejtësia e bitave dhe dendësia spektrale.

Përpunimi i sinjaleve analoge, i njohur si **konvertim analog-digjital** A/D përbëhet prej tri faza: përzgjedhja, kuantizimi dhe kodimi. Procedura e konvertimit A/D është dhënë me shembullin në figurën 2-14.

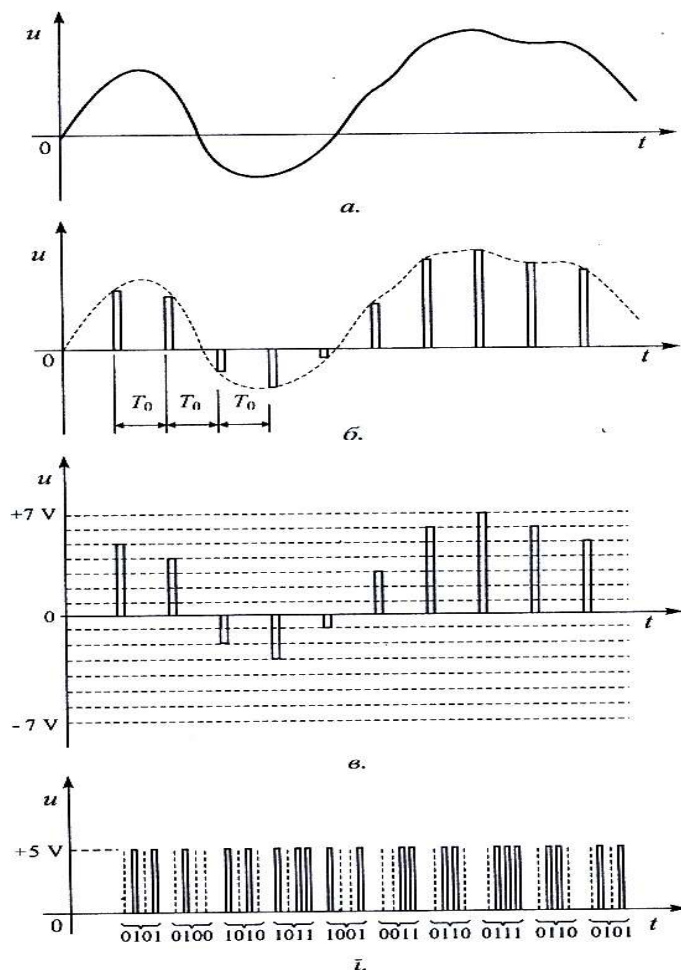


Fig. 2-14. Digjitalizimi i sinjaleve analoge

Në figurën 2-14 (a) është dhënë një sinjal analog, në figurën 2-14 (b) është dhënë procedura përzgjedhjes, e cila kryhet në përputhje me teoremën e përzgjedhjes për të cilën vlen: nëse sinjali i vazhduar ka spektër në brezin e frekuencave nga zero deri në f_m , ai sinjal definohet plotësisht nga vlerat e tij momentale të marra në pikat ekuivalente me distancën $T = 1/2f_m$.

Në figurën 2-14 (c) është treguar hapi tjetër – kuantizimi. Kjo është procedurë me të cilën amplitudave të impulseve u jepen vlera nga një grup i vlerave të fundme; vlerat nga shembulli janë prej $-7V$ deri në $+7V$.

Në procesin e kodimit, numrat dekad, të cilët janë ekuivalent me amplitudat e impulseve, shndërrohen në numra binar. Më e rëndësishme është shifra (e para në të majtë) e numrit binar e cila përdoret për përcaktimin e shenjës: nëse ajo është zero, numri është pozitiv, dhe nëse kjo është sh, numri është negativ. Tri shifrat e tjera e përcaktojnë vlerën absolute të numrit.

Shpejtësia e bitave të të dhënave varet nga lloji i sistemit të transmetimit që përdoret. Në transmetimin telefonik, intensiteti i sinjalit duhet të jetë i tillë që gjatë transmetimit niveli absolut i fuqisë mesatare të tij në pikën referente të sinjalit të jetë $-10dB$. Kjo korrespondon me fuqinë mesatare të bisedës mesatare.

Dendësia spektrale e sinjalit të koduar, vargu i impulseve dhe ndërprerjeve, është e ngjashme me spektrin e një impulsi drejtkëndësh me amplitudë E dhe kohëzgjatje τ . Zerot e këtij spektri ndodhen në frekuencat $f = 2\pi/\tau, 4\pi/\tau, \dots$, të cilat varen nga kohëzgjatja τ e impulsit. Nëse kjo kohëzgjatje është më e vogël, spektri është më i gjerë.

Shpejtësia e bitave R_b numerikisht është e barabartë me frekuencën në të cilën ndodhet zeroja parë e spektrit:

$$f = 1/\tau = R_b \dots\dots\dots (2-3)$$

Spektri nga $0 - (2\pi/\tau)$, gjegjësisht deri në zeron e parë, bart 90% të energjisë së sinjalit, por kjo nuk është kriter i mjaftueshëm për gjerësinë e duhur të brezit të lëshimit të sinjalit për transmetim. Për shkak të shpejtësisë së madhe të transmetimit të sinjalit të të dhënave, është i nevojshëm brez më i madh i frekuencave për transmetim.

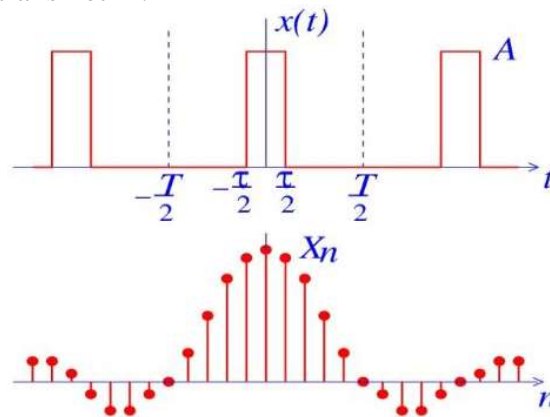


Fig. 2-15 Spektri i vargut periodik të impulseve drejtkëndore

Karakteristika tjera të transmetimit digjital janë: raport i vogël sinjal-zhurmë, kostoja ekonomike, rigjenerimi i sinjalit, multipleksim i thjeshtë, sinjalizim i thjeshtë, teknologji moderne, integrimi i sistemeve të transmetimit dhe të komunikimit, mundësi e vëzhgimit dhe kontrollit etj.

Sistemet digjitale të transmetimit kanë edhe mangësi: gjerësi e zmadhuar e brezit të frekuencave, nevoja për konvertues A/D dhe D/A, nevoja për sinkronizim, kufizimet topologjike (gjeografike) të multipleksimit, që është arsyeja e zhvillimit të ngadalshëm të sistemeve digjitale radiodifuzive, papajtueshmëria me sistemet ekzistuese analoge.

Përparësitë e telekomunikimeve digjitale shprehen veçanërisht në rrjetat digjitale.

PËRMBLEDHJE:

- Sipas natyrës së tyre, mesazhet mund të jenë diskrete dhe të vazhduara.
- Mesazhet diskrete janë ato që paraqiten në formë të një vargu prej elementeve (simboleve) që u përkasin një grupi të fundëm të simboleve. Të tillë janë sinjalet telegrafike dhe sinjalet për transmetimin e të dhënave.
- Mesazhet e vazhduara paraqiten si funksione të kohës të cilët i kanë të gjitha vlerat që ndodhen brenda disa kufijve të caktuar. Këto janë mesazhe që i përkasin një grupi të vazhduar të pakufizuar.
- Sinjali është ekuivalente elektrik i mesazhit dhe mund të jetë edhe i vazhduar edhe diskret.
- Sinjalet deterministike janë ato sinjale në të cilin ekziston një ligj saktësisht i caktuar i ndryshimit. Ata përdoren gjatë matjeve ose paraqitjes së sinjaleve komplekse.
- Sinjale të rastit janë ato sinjale të cilët nuk mundet paraprakisht të përcaktohet ligji i ndryshimit të vlerës. Funksionet kohore të sinjaleve të rastit janë të njohur në të kaluarën, por të panjohur në të ardhmen.
- Harmonikët janë sinjale me frekuenca ω_n që janë shumëfishi i numrave të plotë i frekuencës themelore ω_0 . Me ndihmën e harmonikëve kryhet analiza e sinjaleve të rastit.
- Përpunimi i sinjaleve analoge, i njohur si konvertim analogo-digjital A/D, përbëhet prej tri fazave: përzgjedhja, kuantizimi dhe kodimi.

PYETJE DHE DETYRA

1. Ç'është sinjal i rastit?
2. Cilat janë sinjale deterministike?
3. Çka fitohet me analizën harmonike të sinjaleve deterministike?
4. Si është spektri i sinjaleve joperiodike?
5. Ç'është dinamika e bisedës?
6. Si është spektri i amplitudës i sinjalit periodik?
7. Cilat janë brezat e frekuencave të nevojshëm për transmetim të bisedës, muzikës dhe figurës në transmetimin e telekomunikacionit?

Rretho përgjigjen e saktë të pyetjeve të dhëna:

8. Cili nga sinjalet e dhëna është i vazhduar?
 - a. telefonik
 - b. i Morse-it
 - c. binar
 - d. telegrafik
9. Cili nga sinjalet e dhëna nuk është i rastit?
 - a) test-sinjali
 - b) sinjali-TV
 - c) sinjali muzikor
 - d) sinjali i bisedës
10. Sa është frekuenca e harmonikëve?
 - a) shumëfishi i plotë më i madh se frekuenca bazë
 - b) më e madhe në vazhdimësi nga frekuenca bazë
 - c) shumë më e madhe nga frekuenca bazë
 - d) shumëfishi i plotë më i vogël se frekuenca bazë.



Njësia modulare 3: Mediumet për transmetim

Në këtë njësi modulare përpunohen:

1. Lloje të ndryshme të medimeve për transmetim
2. Sistemet e transmetimit

Pas mësimit të kësaj njësie modulare, nxënësit do të jenë në gjendje:

1. Të definojnë medium transmetimi
2. Të dallojnë transmetimin në frekuencë të ulët dhe të lartë
3. Të njohin karakteristikat e valëve elektromagnetike
4. Të përcaktojnë zonat e valëve në spektrin elektromagnetik
5. Të dallojnë lidhjet me dy tela dhe katër tela
6. Të përcaktojnë sistemet e transmetimit përmes telave fizikë (linjave simetrike, koaksiale dhe fibrave optike) dhe sistemet e transmetimit me valë elektromagnetike



3. MEDIUMET PËR TRANSMETIM

Mediumet për transmetim, ose mediumet e transmisionit, paraqesin lidhjen fizike mes dy pajisjeve të telekomunikacionit përmes të cilave barten sinjalet. Në përgjithësi, mediumet për transmetim paraqesin ambientin nëpër të cilin transmetohen mesazhet dhe mund të jenë të materiale të ngurta, lëngshme ose të gazta. Mediumet për transmetim në modelin e përgjithshëm të sistemit të telekomunikimit lidhin transmetuesin dhe marrësin dhe krijojnë linjën për lidhje.

3.1. LLOJE TË MEDIUMEVE PËR TRANSMETIM

Sinjali në dalje të transmetuesit mund të jetë në formë të rrymës elektrike alternative, dritës ose valës elektromagnetike, prandaj në varësi të kësaj, transmetimi mund të realizohet nëpërmjet medimeve të ndryshme, edhe atë:

- çifteve të përdredhura
- kablllove koaksiale
- fibrave optike
- linjave të telekomunikimit ose
- përmes mediumit pa tel– eterit

Sipas spektrit të sinjaleve që transmetohen, mediumet mund të jenë të dedikuar për:

- transmetim në frekuenca të ulëta dhe
- transmetim në frekuenca të larta

Transmetimi, gjegjësisht lidhja që vendoset mes transmetuesit dhe marrësit mund të jenë:

- transmetim vetëm në një drejtim – **simpleks**
- transmetim simultant në dy drejtime – **dupleks**
- transmetim në dy drejtime, por jo në të njëjtën kohë – **gjysmëdupleks**

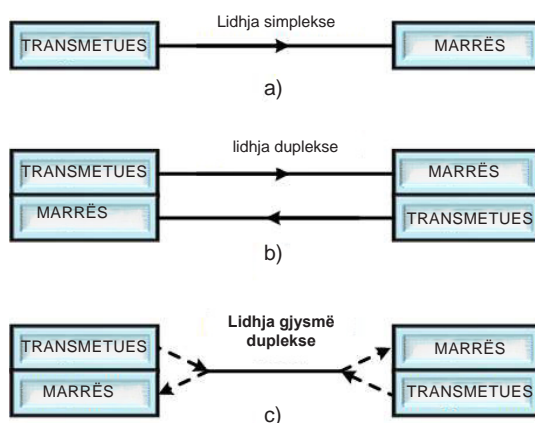


Fig. 3-1. Rrugët e transferimit realizohen si:

(a) lidhje simplekse, (b) lidhje duplekse, (c) lidhje gjysmëduplekse

Lidhja simplekse, ose lidhja njëdrejtimëshe, është lidhja në të cilën sinjali midis dy pikave transmetohet në një drejtim. Këtu, njëra pajisje është gjithmonë transmetues, ndërsa tjetra është gjithmonë marrës, me ç'rast transmetuesi dhe marrësi nuk i ndërrojnë vendet. Shembujt më të njohur të lidhjeve simpleks janë lidhjet në televizion dhe radiodifuzion, ku një transmetues emiton program për një numër më të madh marrësish.

Lidhja gjysmëduplexe (semiduplex), ose lidhja reversibile, është lidhja në të cilën sinjali midis dy pikave transmetohet në të dy drejtimet, por jo njëkohësisht. Në njërin interval kohor, njëra pajisje funksionon vetëm si transmetues, ndërsa në momentin tjetër si marrës. Në intervalin e ardhshëm kohor, ndodh e kundërta, pajisja e parë funksionon si marrës, ndërsa tjetra si transmetues. Lidhja gjysmëduplexe përdoret në transmetimet me radiostacione të cilat i përdorin policia dhe shërbimet tjera speciale.

Lidhja duplexe, ose lidhja dydrejtimëshe, është lidhje ku mes dy pikave, mesazhet transmetohen njëkohësisht në të dy drejtimet. Shembulli më i njohur i lidhjes duplex është transmetimi telefonik, ku njëkohësisht realizohet transmetimi dhe pranimi i mesazheve.

3.1.1. Transmetimi në frekuenca të ulëta (FU)

Transmetimi në frekuenca të ulëta (FU) mund të realizohet në dy mënyra, si lidhje-FU me katër-tela dhe me dy-tela.

Lidhja duplexe me katër-tela është sistem për transmetim në të cilin, sipas bllok-skemës së paraqitur në figurën 3-2, lidhja mes pikave A dhe B realizohet ashtu që për transmetim në drejtimin A-B përdoret një linjë elektrike, ndërsa për transmetim në drejtimin B-A linjë elektrike tjetër.

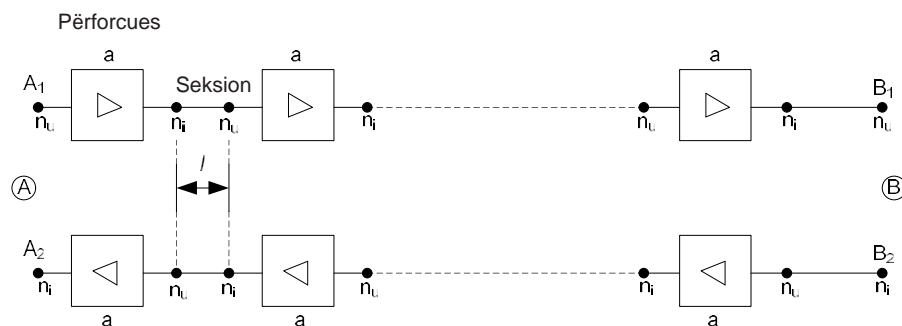


Fig. 3-2. Bllok-skema e lidhjes me katër-tela për lidhjen-FU

Në figurën 3-2, linja elektrike është paraqitur me një linjë, edhe pse ajo përbëhet gjithmonë prej dy përçuesve elektrik (dy telave të izoluar). Këtu, sistemi A_1B_1 paraqet një lidhje simplekse, ndërsa pjesa B_2A_2 lidhje tjetër simplekse. Lidhja duplexe mes pikave A dhe B realizohet me katër përçues elektrik, nga të cilët njëri çift përdoret për transmetim në një drejtim, ndërsa çifti tjetër për transmetim në drejtimin tjetër. Përforcuesi i FU (a) në këtë transmetim shërben për të përforcuar sinjalin FU dhe ti kompensojë shuarjet që i futin linjat mes dy përforcuesve.

Një pjesë e linjës me gjatësi (l) quhet seksion-ndarje. Zakonisht merret se të gjithë seksionet e një lidhje kanë gjatësi të njëjtë, ndërsa përforcimi i përforcuesve duhet të jetë i barabartë me shuarjen në seksion. Prandaj, niveli i sinjaleve në hyrje të të gjithë përforcuesve (n_u) janë të barabartë, siç tregohet në figurë. Gjithashtu, edhe nivelet e sinjalit në dalje të përforcuesit (n_i) janë të barabarta. Përveç zhurmës që është problem në të gjitha lidhjet e telekomunikacionit, edhe në lidhjen me katër tela, te këto lidhje ekziston edhe problemi i interferencës. Të gjitha blloqet dhe lidhjet ndodhen afër njëra tjetrës, kështu që një pjesë e sinjalit nga njëra linjë “kalon”, në linjën tjetër. Kjo dukuri quhet **interferencë** (ndërhyrje). Kjo manifestohet ashtu që shfrytëzuesit e lidhjes derisa bisedojnë në mikrofona dhe dëgjojnë edhe zërin e tyre në kufje.

Lidhja duplexe me dy tela realizohet vetë përmes një linje elektrike, gjegjësisht nëpërmjet një çifti të përçuesve. Gjatë realizimit të kësaj lidhje problem janë përforcuesit të cilët janë katërpolar asimetric në të cilët transmetimi është i mundshëm vetëm në njërin drejtim. Problemi zgjidhet ashtu që në vendin ku duhet të përforcohet sinjali, lidhja me dy tela kalon në lidhjen me katër tela dhe kështu trafiku i ndarë nga njëri në drejtimin tjetër përforcohet për secilin drejtim ndaras.

Për kalimin nga lidhja me dy tela në atë me katër tela dhe anasjelltas, nga ajo me katër tela në atë me dy tela, përdoren qarqe të veçanta të cilët quhen ndarës. Në transmetimin FU, si ndarës mund të përdoren transformatorët diferencial.

Blokk-skema e lidhjes FU me dy tela është treguar në figurën 3-3, ku transmetimi në drejtimin A-B realizohet ashtu që sinjali në pikën A, përmes transformatorit diferencial (në figurë i shënuar me TD) transmetohet vetëm në pikën A_1 , dhe jo edhe në pikën A_2 . Kur sinjali transmetohet në drejtimin B-A sinjali sinjal shfaqet në pikën A_2 , por jo edhe në pikën A_1 . Në këtë ndryshim të drejtimin të transmetimit, ka humbje të fuqisë së sinjalit. Këto humbje zvogëlohen me përforcimin në stacionet përforcuese.

Në praktikë, transformatorët diferencial me sukses e kryejnë funksionin e tyre nëse shuarja në drejtimin lëshues është më e vogël se 3dB, ndërsa në drejtim ngritës është 10 herë më i madh (30dB). Në praktikë kjo do të thotë se sinjali në pikën A_1 nuk duhet të dobësohet më shumë se 3dB në krahasim me sinjalin në pikën A, ndërsa në pikën A_2 patjetër të dobësohet për më shumë se 30dB.

Transmetimi nga pika A në pikën B realizohet kështu: A- A_1 – përforcues 1-C- C_1 -C-D- D_1 – përforcues 2-E- E_1 -E-... – M- M_2 -përforcues m-B- B_1 -B. Transmetimi në drejtimin e kundërt nga B në A është i kundërt me transmetimit nga A në B dhe është paraqitur me shigjeta. Në këtë mënyrë, me qarqet diferenciale realizohet lidhja duplake me ndihmën e një linje elektrike.

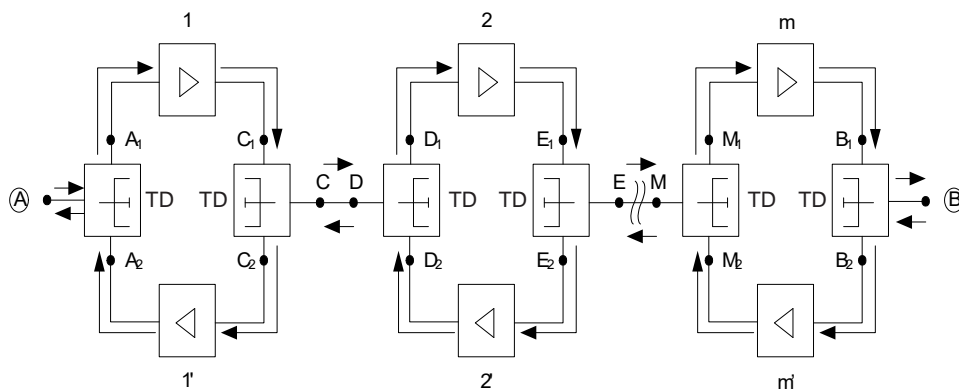


Fig. 3-3. Blokk-skema e lidhjes FU me dy tela

Kur kemi lidhje duplake me dy tela, problem kryesor i cili është më i madh se problemi i zhurmës është mundësia e paraqitjes së oscilimeve. Deri te oscilimet vjen kur mes përforcuesve në njërin stacion për përforcim, përmes sistemeve diferenciale qo të paraqitet „përforcimi rrethor“ i sinjalit.

Lidhja FU me dy tela është më e lirë se lidhja FU me katër tela, por është më pak cilësore dhe realizohet në distanca më të vogla. Në Telekomunikacionet profesionale, transmetimi FU realizohet përmes linjave fizike për transmetim të një sinjali (për një lidhje) ose për transmetim të njëkohshëm të më tepër sinjaleve duke përdorur multipleksimin në kohë.

3.1.2. Transmetimi në frekuenca të larta (FL)

Përparësia kryesore e transmetimit FL është se në të mundet njëkohësisht të transmetohen më tepër informacione përmes sistemit të njëjtë të transmetimit. Ai realizohet në dy mënyra: me linjë fizike (telefonja etj) dhe me valë elektromagnetike (radio, televizion, sistemet e radiolidhjeve etj.). Transmetimi në frekuenca të larta me tela realizohet në mënyrë të ngjashme si edhe në transmetimin FU, përmes lidhjeve me katër tela dhe dy tela.

Lidhja duplekse me katër tela është treguar në figurën 3-4, me bllok diagram. Që figura të jetë më e thjeshtë, janë treguar rrugët e transmetimit me dy ndarëse, por zakonisht numri i tyre është shumë më i madh. Lidhjet me katër tela më shpesh përdoren në linjat kabllore me kapacitet të madh.

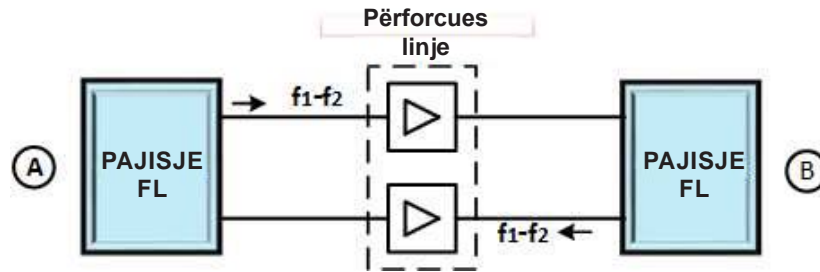


Fig. 3-4. Bllok-skema e lidhjes FL me katër tela me frekuencë të njëjtë të kanaleve në të dy drejtimet

Transmetimi realizohet ashtu që spektri i sinjalit i cili transmetohet spostohet në kanale, frekuencat kufitare të të cilëve janë f_1 dhe f_2 dhe nëpër të njëjtin kanal transmetohen në të dy drejtimet. Pasi që në të dy drejtimet transmetohen sinjale në brezin e njëjtë të frekuencave, ekziston mundësia e interferencës mes linjave të veçanta. Që të minimizohet interferenca, si rrugë transmetimi përdoren kablllo koaksiale.



Fig. 3-5. Plani i frekuencave të lidhjes me katër tela

Ana e mirë e lidhjes me katër tela është se ajo në tërësi e shfrytëzon hapësirën e mundshme të frekuencave të linjës. Pajisjet e përdorura janë më të thjeshta sepse nuk ka filtra konvertues për ndarjen e drejtimeve të transmetimit, që është karakteristike për sistemet FL me numër të madh të kanaleve dhe numër të madh të stacioneve përforcuese. Plani i frekuencave për lidhjen me katër tela është paraqitur në figurën 3-5.

Lidhja duplekse me dy tela është treguar në figurën 3-6. Ajo realizohet ashtu që spektri i sinjalit që transmetohet në drejtimin A-B spostohet në kanal me frekuenca kufitare f_1 dhe f_2 , ndërsa spektri i sinjalit që transmetohet në drejtimin B-A në kanal frekuencat e të cilit janë f_3 dhe f_4 . Drejtimet e transmetimit ndahen me ndihmën e filtrave konvertues.

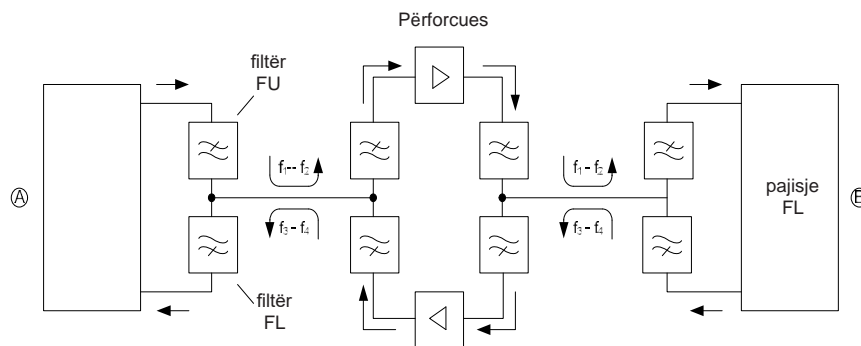


Fig. 3-6. Bllok skema e lidhjes FL me dy tela

Në transmetimin e tillë janë të mundshme oscilimet, por ato janë shumë më të vogla nga atë në transmetimin FU. Plani i frekuencave i lidhjes duplake FL me dy tela është treguar në figurën 3-7.

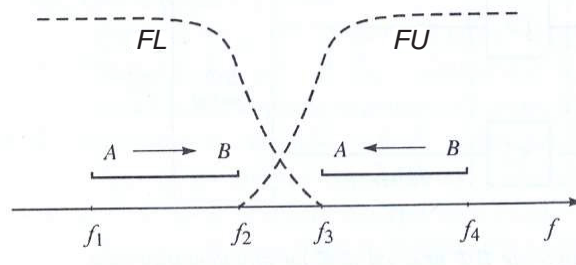


Fig. 3-7. Karakteristika e shuarjes në pjesën FU dhe FL të seksioneve të filtrave

Në figurë, me vija të ndërprera janë dhënë lakoret e shuarjes së pjesë së frekuencave të ulëta dhe frekuencave të larta të filtrave konvertues. Për shkak të karakteristikës së shuarjes në konvertimin e frekuencave paraqitet humbje e njëjës pjesë të brezit të frekuencave (nga f_2 deri në f_3), që paraqet mangësi të këtij lloji të transmetimit.

3.1.3. Valët elektromagnetike

Është e njohur se në hapësirën përreth ngarkesave dhe trupave të elektrizuar ekziston një fushë elektrike, ndërsa në hapësirën përreth një përçuesi përmes të cilit rrjedh rryma elektrike ekziston një fushë magnetike. Nga ana tjetër, sipas ligjit të induksionit elektromagnetik, nëse një përçues ndodhet në një fushë magnetike të ndryshueshme, atëherë në skajet e tij induktohet një tension. Përfundimi i përgjithshëm është se dukuritë elektrike dhe magnetike janë të ndërlidhura, pra rrymat elektrike dhe fushat elektrike të ndryshueshme krijojnë fusha magnetike, ndërsa fushat magnetike të ndryshueshme induktojnë fusha elektrike. Valët elektromagnetike përfaqësojnë një lloj të veçantë fushe elektromagnetike të ndryshueshme në kohë, e cila duke u përhapur në hapësirë mundëson transmetimin e energjisë. Nëse përmes një përçuesi rrjedh një rrymë elektrike me periodë të thjeshtë e ndryshueshme në kohë me frekuencë të caktuar f , atëherë edhe fusha elektromagnetike do të jetë e ndryshueshme sipas ligjit sinusit me të njëjtën frekuencë f si edhe rryma që rrjedh përmes përçuesit. Kjo fushë elektromagnetike e ndryshueshme në kohë përhapet në hapësirë në formën e një vale elektromagnetike. Shpejtësia e përhapjes së valëve elektromagnetike në vakum është $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Karakteristika të tjera të valëve elektromagnetike janë frekuenca e oscilimit f [Hz] dhe gjatësia e valore λ [m]. Lidhja midis këtyre tri karakteristikave themelore të valëve elektromagnetike është dhënë nga relacioni $c = \lambda \cdot f$.

Spektri elektromagnetik përfaqëson ndarjen e VEM – valëve elektromagnetike sipas gjatësive valore të tyre dhe frekuencave. Kjo ndarje është treguar në figurën 3-8.

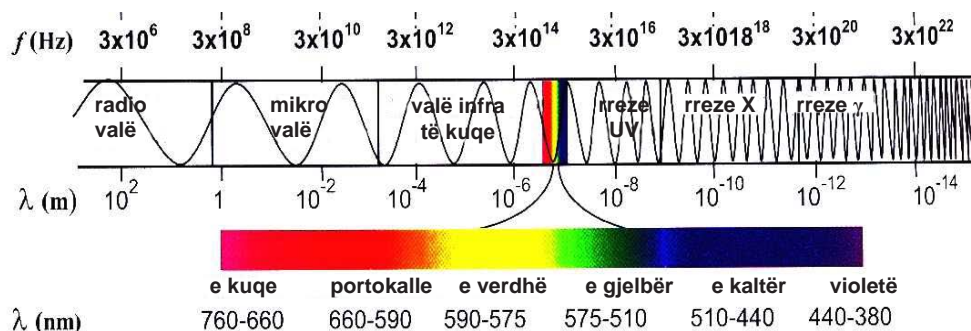


Fig. 3-8. Spektri elektromagnetik

Spektri i valëve elektromagnetike është i përbërë nga:

Radiovalët – këto janë valë elektromagnetike me gjatësi valore më të madhe. Gjatësia valore e tyre është mes të 3km dhe 30cm. Numër i madh i pajisjeve që na rrethojnë i përdorin radiovalët.

Mikrovalët – kanë gjatësi valore të rendit të madhësisë së centimetrave. Këto valë përveç në furrave mikrovalore, përdoren edhe te radari. Radari krijon figurë përmes reflektimit të mikrovalës nga objekti i dhënë. Mikrovalët janë të mira për transmetimin e informacioneve nga njëri vend në tjetrin, si bisedat telefonike, të dhënave të kompjuterëve etj), sepse nuk e humbin energjinë nën ndikimin e kushteve të jashtme atmosferike. Prandaj, ata përdoren në astronomi dhe meteorologjia për vëzhgimin e Tokës nga satelitët.

Rrezatimi infrared – përdoret për fotografitë infrared dhe në terapinë mjekësore. Njeriu emiton rrezatim infrared me një gjatësi valore prej rreth 10 μ m.

Rrezatimi elektromagnetik i dukshëm– zona më e rëndësishme e rrezatimit elektromagnetik sepse syri i njeriut është i ndjeshëm vetëm në këtë pjesë të spektrit. Brezi i gjatësisë valore të dritës të dukshme është një nga 400nm deri në 770nm.

Drita ultraviolet– syri i njeriut nuk i sheh këto valë. Gjatë kohës së stuhive diellore, Dielli emiton sasi të mëdha të rrezatimit të tillë. Pjesa më e madhe e këtij rrezatimi absorbohet në atmosferë.

Rrezatimi X (rentgen) – zbatim më të madh ka në mjekësi. Për qëllime shkencore përdoren metodat e difraksionit – rentgen. Gjejnë zbatim edhe në industri. Shumë trupa në univers rrezatojnë rreze rentgen.

Gjatë përhapjes së valëve nëpër ajër vlejnë të njëjtat ligje të përhapjes si edhe për çdo lloj vale tjetër: reflektimi, thyerja, interferenca etj. Karakteristikat e radiovalëve varen nga frekuenca. Kur kanë frekuenca të ulëta, ato kalojnë nëpër pengesa, por fuqia e tyre bien me rritjen e distancës. Për frekuenca të larta mund të përhapen sipas një vije të drejtë ose të reflektohen nga pengesa, të absorbohen etj. Nga të gjitha frekuenat ato janë të ndjeshme në interferencat e pajisjeve dhe nga pajisjet tjera elektrike.

Në varësi nga karakteristikat, valët elektromagnetike ndahen në zona valore. Zonat e ndryshme valore kanë zbatim në sisteme të ndryshme të transmetimit.

Brezi nga 30MHz deri në 1GHz është brezi radio dhe përdoret për: radio AM/FM, televizion UHF dhe VHF dhe rreze infra të kuqe. Brezi i frekuencave nga 2GHz deri në 40GHz përdoret për transmetimin e mikrovalëve, valëve të drejtuara, për transmetim nga pika në pikë, për lidhjet satelitore etj.

Spektri i valëve elektromagnetike që përdoren në telekomunikacione, sipas frekuencave të tyre, zonave valore, vendit të përdorimit dhe mediumit për transmetim që përdoret në zonën përkatëse, mund të prezantohet me paraqitjen skematike si në figurën 3-9.

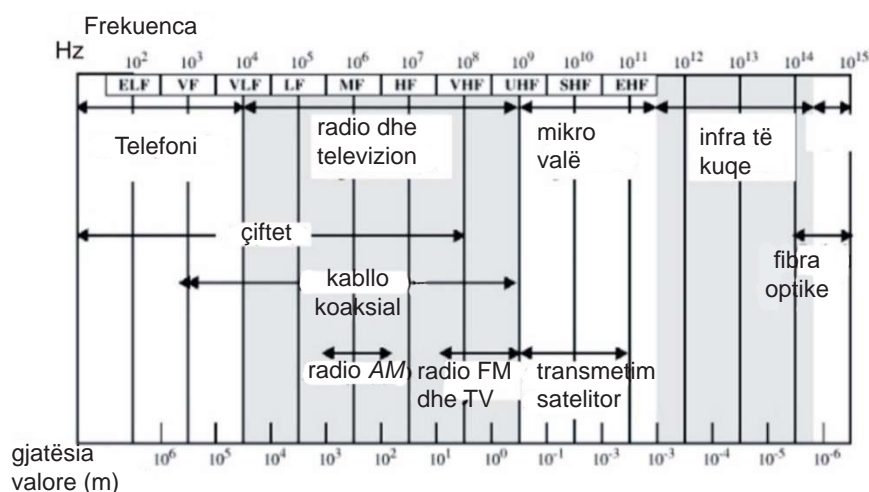


Fig. 3-12. Përdorimi i zonave të frekuencave

3.2. SISTEMET E TRANSMETIMIT

Transmetimi i mesazheve, gjegjësisht informacioneve kryhet me sistem për transmetim, ose **sistemet e transmetimit**, të cilët mund të jenë të organizuar si sisteme të transmetimit me tela ose sisteme të transmetimit pa tela. *Sisteme të transmetimit me tela* kemi kur për transmetim të mesazheve përdoren linja të telekomunikimit. Në *sistemet e transmetimit pa tela* mesazhet transmetohen në formën e **valëve elektromagnetike**.

Linjat e telekomunikimit janë **mediumet të drejtuara** për transmetim. Ata mund të jenë me tela, të cilët bartin sinjal elektrik, dhe optik, të cilët bartin sinjale drite.

Mediumet pa tela janë **mediumet të padrejtuara** për transmetim. Ata kanë zbatim të madh si linja për lidhje, gjegjësisht si medium për transmetim në sistemet e telekomunikimit. Në bazën e komunikimeve pa tela është shfrytëzimi i valëve elektromagnetike (VEM) si bartës të informacionit. Në këtë sistem ekziston *transmetuesi* – fillimi i shtegut komunikues dhe *marrësi* – përfundimi i shtegut komunikues. Mes tyre ka hapësirë ajrore, atmosferë ose ujë përmes së cilës përhapen valët. Në transmetimin pa tela në transmetuesit dhe emarrësit elektrik është e nevojshme të ndërtohen antena. Antenat transmetuese rezatojnë valë elektromagnetike në atmosferë, ndërsa antenat marrëse i pranojnë dhe i konvertojnë në rrymë elektrike të cilën ia përcjellin marrësit dhe nga ata fitohet mesazhi.

Sot mesazhet dhe informacionet transmetohen me kombinimin e të dy llojeve të sistemeve për transmetim. Kombinimet e sistemeve varen nga disa faktorë: globalizimi në botë, rritja e madhe e sasisë së informacioneve, nevoja për shpejtësi të madhe të transmetimit, nevoja për integrimin e llojeve të shumta të serverëve, nevoja për rrjeta ndërkombëtare etj.

3.2.1. Sistemet për transmetim përmes linjave fizike

Sistemet e transmetimit përmes linjave fizike realizohen përmes: çifteve simetrike prej bakri, çifteve koaksiale ose fibrës optike.



Fig. 3-10. Lloje të çifteve prej bakrit

Mediumet të drejtuara më të përdorura për transmetim janë dy tela bakri të përdredhur dhe të izoluar të cilët quhen çifte simetrike bakri. Duke i përdredhur ato, reduktohen interferencat në medium. Ato gjithashtu janë mediumet më të lira për transmetim. Diametri i telit është 0,4 – 0,9 mm. Për realizimin e lidhjeve në distanca të mëdha, grupohen më tepër çifte prej bakri në kablllo, të cilat ndonjëherë përmbajnë edhe qindra çifte në strukturën e tyre. Në figurën 3-10 janë paraqitur lloje të ndryshme të çifteve prej bakri. Më tepër çifte simetrike prej bakri bashkohen në **kablllo telekomunikacioni**.

Çiftet simetrike të bakrit kanë përdorim të gjerë për transmetimin e sinjaleve analoge dhe digjitale. Ato përdoren në telefoninë fikse si: lidhje abonentësh (deri te centrali), komutime brenda ndërtesave (centrale private), etj. Me përdorimin e modemeve për linja digjitale të abonentëve (DSL), përmes çifteve të bakrit mund të transmetohen sinjale digjitale me shpejtësi prej disa Mbps (ADSL 8 Mbps, ADSL2+ 24 Mbps, VDSL 52 Mbps). Në rrjetet kompjuterike, përmes çifteve të përdredhura të bakrit, transmetohen të dhëna me shpejtësi nga 100 Mbps deri në 10 Gbps.

Për karakteristika më të mira transmetimi të çifteve simetrike të bakrit në transmetimet analoge është e nevojshme përdorimi i përforcuesve çdo 5 deri në 6 km. Në transmetimin digjital janë të nevojshëm stacione rigjenerimi çdo 2 deri në 3 km. Gjatë transmetimit me çifte ka distancë të kufizuar të transmetimit, brez të kufizuar të lëshimit (1 MHz), shpejtësi të kufizuar të të dhënave, interference dhe zhurmë të shtuar. Që të përmirësohen karakteristikat e transmetimit të çifteve, ato përdridhen në formë spirale dhe shtohen mbështjellje mbrojtëse.

Kabloja koaksiale (fig. 3-11) është medium i drejtuar për transmetim që përbëhet prej dy përçuesve të vendosur në mënyrë koncentrike. Përçuesi i jashtëm ka formën e një cilindri të zbrazët, brenda të cilit vendoset përçuesi qendror i izoluar.



Fig. 3-11. Kablloja koaksiale

Në varësi të destinimit, kabllot koaksiale mund të kenë shtresa shtesë mbrojtëse. Diametri i këtyre kabllave zakonisht është 1-2,5 cm. Kabllot koaksiale përdoren për transmetimin e një spektri të gjerë frekuencash, për distanca më të mëdha dhe për transmetimin e disa stacioneve në një linjë.

Kabllot koaksiale kanë një zbatim të gjerë. Ato përdoren për shpërndarjen e sinjaleve televizive në televizionin kabllor, në telefoninë fikse për transmetimin e sinjaleve në distanca të mëdha, për transmetimin e një numri të madh bisedash përmes një kabllaje (10,000 biseda në një kanal), për lidhje të shkurtra kompjuterike dhe për rrjeta kompjuterike lokale. Për transmetimin e sinjaleve analoge përdoren kabllot koaksiale me impedancë karakteristike prej 75 Ω , ndërsa për transmetimin e sinjaleve digjitale, kabllot koaksiale me impedancë karakteristike prej 50 Ω .

Karakteristikat e tyre të transmetimit janë: frekuenca më të larta, shpejtësi më të madhe të të dhënave, janë më pak të ndjeshme ndaj interferencave dhe përgjimeve. Në kabllot koaksiale, janë të kufizuara humbjet, zhurma termike dhe zhurmat e inter modulimit.

Gjatë transmetimit të sinjaleve përgjatë gjatësisë së kabllave koaksiale vendosen përforcues në distance prej disa kilometrave dhe stacione rigjeneruese në çdo kilometër.

Fibrat optike ose linjat e dritës janë medium të drejtuar për transmetim ku sinjalet transmetohen në formën e dritës. Nëpër fibra optike transmetohen impulse drite, si bit 1 ose bit 0. Fibrat optike janë përpunuara nga qelqi ose plastika. Më të mirat janë kur janë të prodhuara nga silici ultra i pastër.

Më tepër fibra optike bashkohen në një kabllo optike (fig. 3-12).

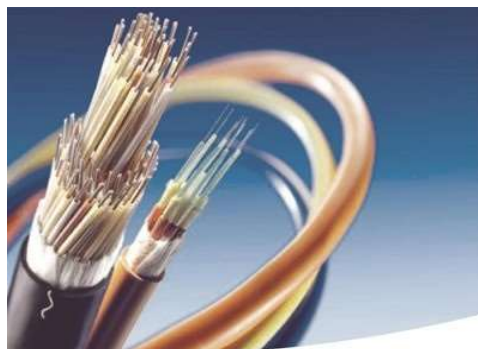


Fig. 3-12. Kabllo optike

Kabllot optike kanë një zbatim të gjerë për shkak të karakteristikave të tyre: përmasa të vogla, peshë të vogël, kapacitet të madh informativ, shpejtësi të madhe të transmetimit të të dhënave deri në qindra Gbps, shuarje të vogla, distanca të mëdha ndërmjet përsëritësve deri në dhjetëra kilometra. Ato përdoren në rrjetat lokale kompjuterike, për transmetime në distanca të gjata për qëllime ushtarake, etj.

Fibra optike përdorin dukurinë e reflektimit total të brendshëm për të transmetuar dritën. Në hyrjen e fibrës optike ka një fotokonvertues që e shndërron sinjalin në dritë. Këto mund të jenë një LED (Light Emitting Diode) diode që janë të lira, me brez më të gjerë lëshimi të temperaturës së punës dhe jetëgjatësi më të madhe, ose ILD (Injection Laser Diode), që janë më efikase dhe kanë shpejtësi më të lartë të transmetimit të të dhënave.

3.2.2. Rrjetat në sistemet fikse të transmetimit

Me transmetim, fiks të drejtuar transmetohen mesazhet në telefoninë fikse, televizionin kabllor, internet. Linja e telekomunikacioneve në sisteme është grup i përçuesve të cilët janë në të njëjtin drejtim. Linjat e telekomunikacionit krijojnë rrjetë të telekomunikacionit. Rrjeti i telekomunikacioneve është grup i të gjitha linjave dhe pajisjeve të telekomunikacionit në një territor të caktuar. I gjithë transmetimi realizohet me **rrjeta të organizuara** të transmetimit.

Ekzistojnë më tepër ndarje të rrjetave, në varësi nga: zbatimi, madhësia, lloji i linjave, numri i linjave, zona që e mbulojnë, natyra e sinjaleve, topologjia e elementeve etj.,

Sipas zonës që e mbulojnë dhe paketave që transmetohen, rrjetat ndahen në:

- LAN (Local Area Network) rrjeta lokale;
- MAN (Metropolitan Area network) – rrjeta e cila mbulon një zonë më të gjerë në një vend ose “metropol”;
- WAN (Wide Area Network) – rrjeta e gjerë.

Sipas natyrës së sinjaleve që transmetohen, rrjetat mund të jenë:

- rrjeta analoge, dhe
- rrjeta digjitale

Sipas topologjisë ose shpërndarjes së elementeve, rrjetat mund të jenë:

- rrjetat plotësisht të lidhura;
- rrjeta-yll;
- rrjeta-unazë;
- rrjeta kaskadë.

Në figurën 3-14 janë dhënë disa rrjeta në varësi të topologjisë, domethënë shpërndarjes së elementeve:

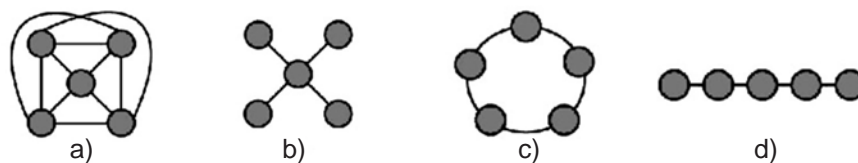


Fig. 3-14. Shpërndarja e elementeve në rrjet
(a) plotësisht të lidhur, (b) rrjetin-yll, (c) rrjetin-unazë, (d) lidhjen në kaskadë

3.2.3. Sistemet e transmetimit me valë elektromagnetike (sistemet e transmetimit pa tela)

Sistemet e transmetimit me valë elektromagnetike janë radiodifuzioni ose **radiolidhjet (R)** dhe **lidhjet radiorele (RR)**. Radiolidhjet karakterizohen me atë që ka një transmetues dhe shumë shfrytëzues në të njëjtën kohë, me mundësinë e lëvizjes. Lidhjet radiorele sigurojnë transmetim pa tela të informacioneve mes dy pikave fikse në sipërfaqen e tokës, duke shfrytëzuar më tepër transmetues-marrës, në varës të distancës mes pikave të cilat duam ti lidhim.

Radio transmetimi realizohet si transmetim i bisedës në telefoninë celulare, transmetim i mesazheve dhe muzikës në transmetimin radiodifuziv, transmetimin të figurës në televizionin klasik dhe në televizionin satelitor.

Një lloj i veçantë i transmetimit pa tela është **transmetimi me dritë infra të kuqe**. Me këtë medium të transmetimit të padrejtuar transmetohet informacione në rrjete që janë në distancë të dukshme. Përdoren valët infra të kuqe që nuk kalojnë përmes mureve, transmetohen drejtpërdrejt ose përmes reflektimit. Përdorimi tipik është në telekomandat televizive dhe në komunikimin optik pa tela (OWC – Optical Wireless Communications) për lidhjen e ndërtesave.

Bluetooth është teknologji e transmetimit pa tela ndërmjet pajisjeve që kanë të integruar transmetues Bluetooth (telefona celularë, laptopë, kompjuterë desktop, kamera digjitale, video kamera, etj.). Transmetimi i të dhënave përmes Bluetooth mund të realizohet në distanca të vogla deri në 100 metra. Transmetuesit– marrësit Bluetooth janë me fuqi të vogël (deri në 100 mW), që do të thotë se kanë konsum shumë të ulët të energjisë. Ato punojnë në brezin e frekuencës prej 2.4 GHz.

3.2.4. Sistemet e antenave

Në **transmetimin pa tela** të transmetuesve dhe marrësve elektrikë, është e nevojshme të instalohen antena. **Antenat** janë pajisje elektrike me të cilat mblidhet ose rrezatohet energjia elektromagnetike. Ato vendosen në dalje të transmetuesit ose në hyrje të marrësit. Sipas vendit të instalimit, antenat në transmetimin pa tela mund të jenë: **antena transmetuese dhe marrëse**. Nëse e njëjta antenë përdoret si transmetuese dhe marrëse, atëherë për një antenë të tillë thuhet se është **transmetuese-marrëse**. Antena transmetuese kryen shndërrimin e sinjalit elektrik në valë elektromagnetike. Antena marrëse kryen shndërrimin e valës elektromagnetike në sinjal elektrik.

Në figurën 3-14 janë treguar disa lloje të ndryshme të antenave



Fig. 3-14. Antenat: (a) antenna atelevizive yagi, (b) antenna satelitore

Antenat mund të dallohen sipas brezit të valëve në të cilat funksionojnë, ndërtimit dhe vendit të përdorimit. Sipas brezit të valëve, ato mund të jenë antenna televizive, antenna për valë VHF, antenna për transmetim satelitor, radioantena, etj. Në varësi të ndërtimit, ka disa lloje antenash: antenë dipol, antenë yagi, antenna satelitore.

Që të rritet distanca e transmetimit, i cili në sistemet klasike zakonisht shkon nga 60 km deri në 250 km, përdoren **sistemet satelitore**. Paraqitja e satelitëve artificiale hapi një mundësi të re për rritjen e distancës së transmetimit. Përdorimi tipik i transmetimit satelitor është në televizion, telefoni, për rrjetet e biznesit, të pozicionimit global, internet etj.

Satelitët janë transmetues-marrës. Ata i pranojnë sinjalet me një frekuencë, i përforcojnë dhe përsëri i kthejnë prapa, por me frekuencë tjetër. Satelitët gjinden në orbitën e gjeostacioneve, në rreth 36.000km mbi Tokë. Transmetimi satelitor nuk ka nevojë për përsëritës në vetë linjën e dukshme. Përdor antenna parabolike për fokusimin e rrezeve, frekuenca më të larta në brezat: 4GHz, 6GHz, 11GHz, 12GHz, 22GHz. Përdor link ngritës (uplink) në 14GHz dhe emeton sinjal për shfrytëzuesit i cili quhet link rënës ose zbritës (downlink) në 12GHz.

Në figurën 3-15 është dhënë një paraqitje e transmetimit satelitor.

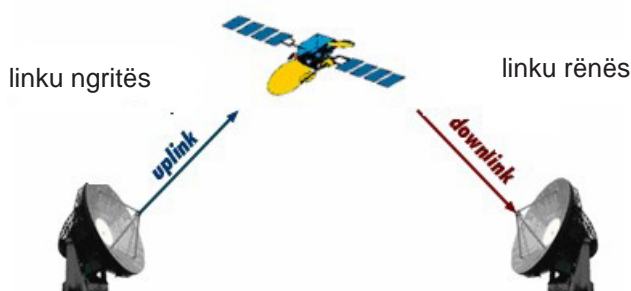


Fig. 3-15. Transmetimi satelitor

Pasi që Toka e ka formën e topit, ndërsa valët elektromagnetike përhapen në linjë të drejtë, transmetimi i një informacioni në rrugë pa tela, nga njëra hemisferë në tjetrën është e mundur të arrihet me satelitët gjeostacionar të telekomunikacionit. Problemi i mbulimit të gjithë Tokës me informacionet që transmetohen me sistemet satelitore, zgjidhet me së paku 3 satelitë të cilët janë në komunikim të ndërsjellë. Ata ia kalojnë informacionin njëri tjetrit dhe e shpërndajnë secili në domenin e tij hapësinor në sipërfaqen e Tokës.

Antenat transmetuese ndodhen në satelitin artificial, me çka fusha e rrezatimit të tyre rritet shumë.

Në figurën 3-16 është treguar se si me tre satelitë gjeostacionar mbulohet e gjithë sipërfaqja e Tokës. Ky është lloji i transmetimit radiodifuziv. Tre satelitë e mbulojnë hapësirën e gjithë Tokës me mesazhe, si televizive, radioprograme etj.

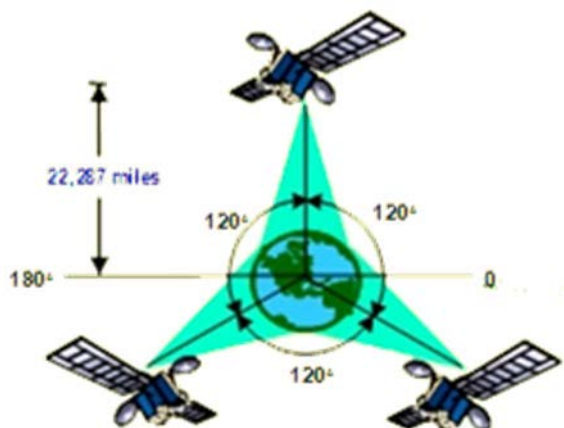


Fig. 3-16. Tre satelitë gjeostacionar

Lidhjet **radiorele** sigurojnë lidhjen e dy pikave fikse në sipërfaqen e tokës duke shfrytëzuar valët elektromagnetike. Ato janë zëvendësim i linjeve fikse të komunikimit të realizuara me ndihmën e linjave të telekomunikacionit. Kjo realizohet me më shumë transmetues-marrës të cilat ndodhen në distancë të caktuar. Kjo distancë varet nga zgjedhja e antenave dhe zakonisht sillet prej dhjetëra deri në 50 km.

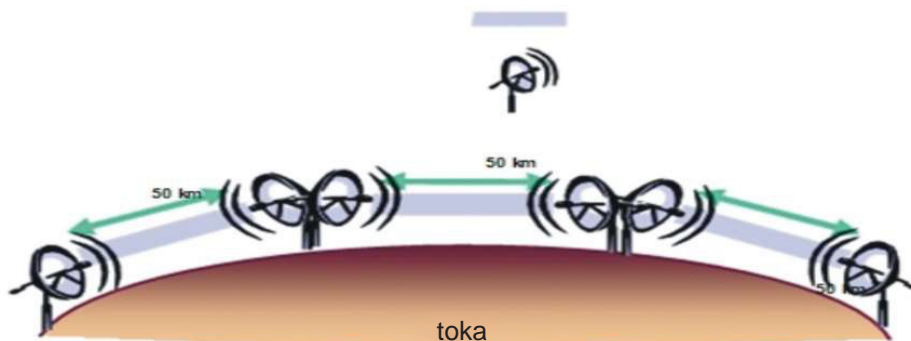


Fig. 3-17. Transmetimi me radiorele

Kjo lidhje radiorele quhet lidhje mikrovalore, sepse realizohet me mikrovalë frekuenca e të cilave është në brezin prej 2GHz deri në 23GHz. Në figurën 3-17 është paraqitur transmetimi me radiorele i stacioneve në distanca prej 50 km.

Telefonia celulare paraqet transmetim radiorele të dyanshëm të sofistikuar. Parimi i telefonisë celulare mbështetet në atë se një territor, vend, qytet apo shtet, ndahet në celula (cells), nga këtu vjen edhe emri i popullarizuar në SHBA për telefoninë mobile (cell phones). Rajoni ndahet në celula në formën e të gjashtëkëndëshave të rregullt. Në çdo celulë ka stacione bazë i cili përbëhet nga një kullë për antenë dhe pajisje elektronike. Në një qytet të madh mund të ketë qindra stacione bazë. Të gjitha celulat janë në komunikim me centralin e provajderit. Thirrja nga telefonat celular përdor frekuenca bartëse të zgjedhur të përshtatshme dhe atë e pranon stacioni bazë më i afërt dhe e drejton kah centrali dhe kah abonenti.

Organizimi i transmetimit në telefoninë celulare është treguar në figurën 3-18, sistemi përbëhet nga stacionet bazë BTS (Base Transceiver Station) dhe kontrolli i stacioneve bazë BSC (Base Station Controller). Ku MSC (Mobill Station Controller) përfaqëson interface mes rrjetit celular dhe rrjetit fiks PSTN (Public Switched Telephone Network).

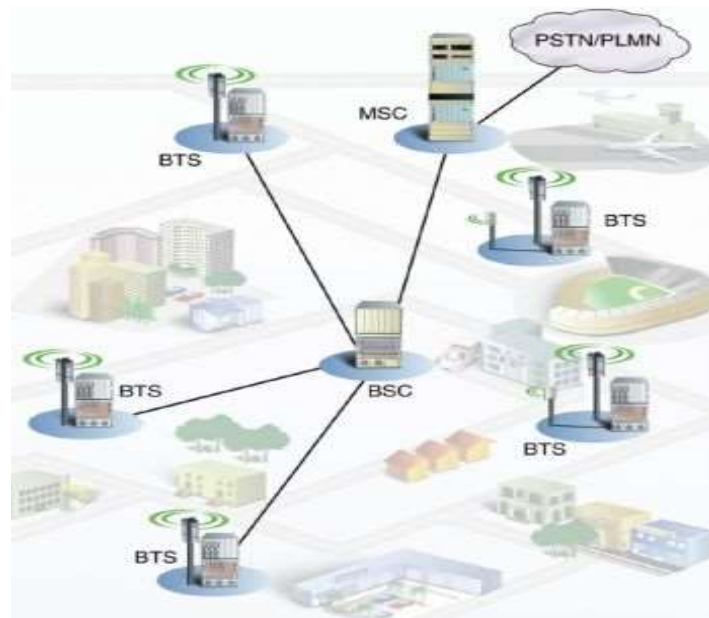


Fig. 3-18. Organizimi i transmetimit në telefoninë celulare

Telefoni celular punon si një radio e dyanshme: njëkohësisht punon edhe si transmetues edhe si marrës. Për dallim nga radiot e dorës marrëse– dhënëse (voki-toki) ose radiostacionet e zakonshme, ku për të dy drejtimet përdoret e njëjta frekuencë, telefonat celularë njëkohësisht përdorin dy frekuenca: njëra për të folur, ndërsa tjetra për të dëgjuar, që do të thotë se të dy abonentët mund të flasin njëkohësisht.

PËRMBLEDHJE:

- Medium për transmetim ose medium transmisioni është lidhja fizike në mes të dy pajisjeve të telekomunikacionit nëpër të cilat transmetohet sinjal. Ata mundet të jenë linja telekomunikacioni (të bakrit ose optike) ose ajër nëpër të cilin përhapen valët elektromagnetike.
- Në varësi të frekuencave të sinjaleve që transmetohen, transmetimi mund të jetë transmetim në frekuenca të ulëta dhe frekuenca të larta. Transmetimi FU është transmetim në brezin fizik bazë të frekuencave, ku spektri i sinjalit është i njëjtë si edhe i sinjalit të marrë në dalje të konvertuesit. Transmetimi FL realizohet duke përdorur multipleksim në frekuencë, me çka mundësohet transmetimi i njëkohshëm i një numri të madh të informacioneve nëpërmjet sistemit të njëjtë të transmetimit. Transmetimi FL mund të jetë lidhje me katër tela ose dy tela.
- Lidhja duplekse me dy tela realizohet vetëm përmes një linje elektrike, gjegjësisht përmes një çifti të përçuesve.
- Lidhja duplekse me katër tela është sistem transmetimi, në të cilin lidhja mes dy pikave A dhe B realizohet ashtu që për transmetim nga A në B shfrytëzohet një linjë elektrike (një çift përçuesish), ndërsa për transmetim në drejtimin e kundërt nga B drejt A shfrytëzohet linjë tjetër elektrike (çift tjetër i përçuesve).
- Medium i drejtuar më shumë i përdorur për transmetim janë dy tela bakri të përdredhur të izoluar të cilët quhen çift bakri simetrik.
- Çiftet koaksiale janë medium i drejtuar për transmetim të cilët përbëhen prej dy përçuesve të vendosur në mënyrë koncentrike. Përçuesi i jashtëm është në formën e cilindrit të zbrazët dhe në brendinë e tij vendoset përçues qendror i izoluar.
- Më tepër çifte me shtresa izoluese të përbashkëta formojnë kablllo telekomunikacioni.
- Linjat optike ose linjat e dritës janë medium për transmetim ku informacionet transmetohen me ndihmën e dritës. Karakteristikat e tyre të mira janë: dimensionet e vogla, pesha e vogël, kapaciteti i madh i informacioneve, shpejtësia e madhe e të dhënave, shuarje e vogël etj.
- Transmetimi pa tela realizohet me ndihmën e valëve elektromagnetike. Valët elektromagnetike mundet të ndahen në zona të ndryshme, të tilla si: të gjata, të mesme, të shkurtëra dhe ultra të shkurtëra. Në varësi të zonave të frekuencave, kanë zbatime të ndryshme.
- Sisteme e transmetimit fikse mund të realizohet me rrjeta të organizuara të transmetimit. Të tilla janë: LAN (Local Area Network) rrjeta lokale ose zona e gjerë, WAN (Wide Area Network) rrjeta e gjerë, ndërsa MAN (Metropolitan Area Network) është rrjet i cili mbulon një zonë më të gjerë nga LAN, por më të ngushtë se WAN.
- Transmetimi me valë elektromagnetike realizohet edhe me transmetimin satelitor. Gjatë kësaj përdoren antena parabolike për fokusim të rrezeve, në frekuenca më të larta në brezat: 4GHz, 6GHz, 11GHz, 12GHz dhe 22GHz. Përdor link ngritës (uplink) në 14GHz dhe emiton sinjale për shfrytëzuesit që quhet link rënës ose zbritës (downlink) në 12GHz.

PYETJE DHE DETYRA:

1. Çfarë lloje të lidhjeve të telekomunikacionit ekzistojnë në varësi të drejtimit të transmetimit të mesazhit? Jep shembull për ato.
2. Ç'është dallimi në mes të lidhjes FU dhe FL?
3. Për çka shërbejnë transformatorët diferencial në lidhjen FU me dy tela?
4. Cili është funksioni i filtrave konvertues në lidhjet – FL?
5. Cilat janë avantazhet, dhe cilat disavantazhet në transmetimin FL me dy tela dhe me katër tela?
6. Cilat janë avantazhet, dhe cilat disavantazhet e sistemeve digjitale të transmetimit në krahasim me sistemet analoge?

Rretho përgjigjen e saktë në pyetjet e dhëna:

7. Në çfarë distance mbi sipërfaqen e Tokës ndodhet orbita gjeostacionare?
a. 36.000km. b. 3.600km c. 50.000km. d. 360.000m
8. Ku përdoren valët ultra të shkurtra?
a. në televizion b. në mjekësi
c. në telefoninë celulare d. në telegrafi
9. Në cilat zona gjinden valët decimetrike?
a. UHF b. VHF c. MF d. LF
10. Në cilën zonë gjinden valët e gjata?
a. LF b. VHF c. UHF d. SHF
11. Cili është brezi i frekuencave në të cilin ndodhen valët ultra të shkurtra?
a. (30-300) GHz b. (300-3.000) KHz
c. (20-20,000) Hz d. (3-30) MHz
12. Në cilat zona nuk gjenden valët ultra të shkurtra?
a. LF b. VHF c. UHF d. SHF
13. Në cilën zonë ndodhen valët e shkurtra?
a. VHF b. UHF c. SHF d. LF



Njësia modulare 4: Linjat e telekomunikacionit me tela

Në këtë njësi modulare përpunohen:

1. Linjat simetrike me tela të telekomunikacionit
2. Kabllot koaksiale

Pas mësimit të kësaj njësie modulare, nxënësit do të jenë në gjendje:

1. Të theksojnë parametrat e linjave të telekomunikacionit me tela
2. Të shpjegojnë ndërtimin e linjave të telekomunikacionit me tela
3. Të përdorin veglat bazë për punën me linja të telekomunikacionit me tela
4. Të theksojnë parametrat e kablllove koaksiale
5. Të shpjegojnë ndërtimin e kablllove koaksiale
6. Të përdorin veglat bazë për punën me kablllo koaksiale



4. LINJAT E TELEKOMUNIKACIONIT ME TELA

Linjat e telekomunikacionit paraqesin medium fizik i cili shërben për transmetim të informacioneve me ndihmën e valëve elektromagnetike. Zhvillimi modern i rrjetave të telekomunikacionit ka kushtëzuar gjithë linjat e telekomunikacionit me karakteristika të ndryshme.

4.1. LLOJET E LINJAVE TË TELEKOMUNIKACIONIT ME TELA

Linjat e telekomunikacionit me tela (shkurtimisht linjat-TK me tela) mund të ndahen sipas disave bazave. Njëra nga ndarjet themelore është sipas ndërtimit të tyre. Sot në përgjithësi përdoren konstruksionet e mëposhtme të linjave-TK me tela:

- linjat kabllore simetrike të paraqitura në figurën 4-1 (a)
- linjat kabllore asimetrike (linjat koaksiale) të paraqitura në figurën 4-1 (b)

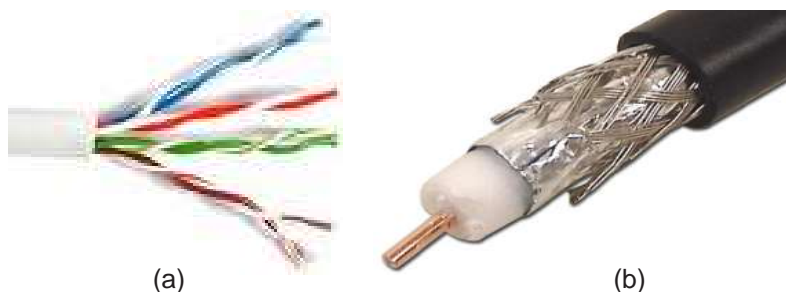


Fig. 4-1. Linjat TK me tela: (a) simetrike (b) koaksiale

Sipas mbrojtjes nga prekja e mundshme, lagështia apo ndikimet e jashtme, dallohen llojet e mëposhtme të linjave të telekomunikacionit:

- **linja të zhveshura** (plotësisht të pambrojtura),
- **linja të izoluar** (të mbrojtura vetëm nga prekja), dhe
- **linja kabllore** (të mbrojtura nga të gjitha ndikimet).

Jetëgjatësia e linjave të zhveshura është më e shkurtër, rreth 5 vjet, ndërsa për linjat kabllore është më e gjatë, rreth 30 vjet.

Në bazë të numrit të telave që përdoren për transmetimin e sinjaleve, linjat TK me tela ndahen në:

- **linja me një tel,**
- **linja me dy tela,** dhe
- **linja me shumë fiqe.**

Sot linjat me një tel përdoren shumë rrallë (p.sh., tek interfonët). Më së shpeshti përdoren linjat me dy tela (në telefoninë) dhe linjat me katër tela (për transmetim të të dhënave), ndërsa për disa qëllime të caktuara përdoren edhe linja me gjashtë apo tetë tela.

Sipas gjerësisë së brezit të frekuencave që mund të transmetohen, linjat TK ndahen në:

- **linja me brez të ngushtë** dhe
- **linja me brez të gjerë**.

Duhet të bëhet dallim në mes të linjave TK dhe linjave energjetike. Të dy llojet e linjave transmetojnë sinjale elektrike përmes përcuesve të bakrit. Dallimi është në frekuencën e sinjalit që transmetohet dhe në fuqinë e sinjalit. Linjat energjetike transmetojnë sinjal elektrik me frekuencë të ulët (zakonisht 50Hz) dhe me fuqi të mëdha. Linjat TK transmetojnë sinjale elektrike me fuqi të vogël të rendit të disa dhjetëra mW dhe frekuenca të larta të rendit të GHz.

Më tepër linja, të bashkuara dhe të izoluara, krijojnë kablllo.

4.2. PARAMETRAT ELEKTRIK TË LINJËS TK

Zbatimin e linjave të telekomunikacionit është i kushtëzuar nga vetitë e tyre ose parametrat. Vetitë e linjave varen nga dimensionet gjeometrike të përcuesve (gjatësia dhe sipërfaqja e prerjes tërthore), si dhe nga karakteristikat e materialit nga i cili është prodhuar përcuesi dhe izolimi i tij. Për shembull, dy çifte simetrike që janë të prodhuar nga i njëjti material dhe kanë izolim të njëjtë nuk do të sillen njëllor gjatë transmetimit të sinjalit nëse kanë prerje tërthore të ndryshme. Karakteristikat gjatësore ndryshojnë, veçanërisht në linjat simetrike. Zgjedhja e linjës që do të përdoret varet se çfarë sinjali duhet të transmetohet me të. Në bazë të këtyre faktorëve zgjidhen linja raporti çmim-cilësi i të cilës është i pranueshëm.

Një linjë transmetimi homogjene siç është linja TK, ka parametrat e saj elektrike. Parametrat elektrik të linjës TK janë njëkohësisht edhe parametrat e tij kryesor. Parametra primar janë:

- rezistenca gjatësore,
- përcueshmëria gjatësore,
- induktiviteti gjatësor dhe
- kapaciteti gjatësor i linjës.

Parametrat sekondar të linjës TK fitohen nga parametrat primar dhe varen nga ato. Parametra sekondar, gjegjësisht parametra të nxjerrë të linjës janë:

- impedanca karakteristike,
- konstanta e përhapjes e linjës dhe
- shpejtësia e transmetimit.

Parametrat primar përcaktojnë karakteristikat elektrike të një linje të caktuar me dy tela, ndërsa parametrat sekondar i definojnë karakteristikat e transmetimit përgjatë gjithë linjës.

Një linjë me dy tela mundet në mënyrë skematike të paraqitet si një katërpolar. Kështu duke e shqyrtuar linjën, për të vlejné të gjitha karakteristikat që vlejné për çdo katërpolar.

4.2.1. Parametrat primar

Çdo linjë teli homogjene mund të paraqitet me parametrat e saj primar për transmetim. Linja e telit është homogjene në qoftë se energjinë elektrike e transmeton në mënyrë të barabartë përgjatë gjithë gjatësisë së saj.

Një linjë teli homogjene mund të paraqitet me skemën ekuivalente të sistemit për transmetim të sinjaleve dhe është dhënë në figurën 4-2. Në figurë shihet se linja është paraqitur si një katërpolar, me dy çifte polësh në hyrje dhe dy çifte polësh në dalje.

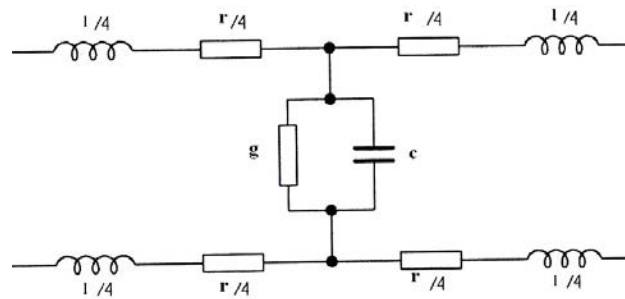


Fig. 4-2. Skema ekuivalente e linjës

Në skemën ekuivalente, secila kilometër i linjës mund të paraqitet me një qark elektrik të thjeshtë i përbërë nga elemente të cilat i quajmë parametra primar të linjës. Parametra primat të linjës janë:

- r – rezistenca gjatësore e linjës (Ω /m);
- l – induktiviteti gjatësor i linjës (H/m);
- c – kapaciteti gjatësor i linjës (F/m);
- g – përçueshmëria gjatësore e izolimit të linjës (S/m);

Dy elementet e para r dhe l varen nga karakteristikat e përçuesit të linjës. Parametri g varet nga karakteristikat e izolimit të përçuesit, ndërsa c varet nga karakteristikat e përçuesit dhe nga karakteristikat e izolimit. Nga parametrat gjatësor të linjës mund të fitojmë vlerat e përgjithshme të çdo parametri përgjatë gjatësisë së linjës homogjene, nëse parametrat primar i shumëzojmë me gjatësinë e linjës.

Rezistenca gjatësore e linjës r (Ω/m) tregon se sa energji elektrike konvertohet në energji termike kur nëpër përçuesin me gjatë prej 1km rrjedh sinjal telekomunikacioni, dhe kjo për sinjalin është humbje e energjisë. Ky parametër më shumë varet nga materiali dhe nga dimensionet gjeometrike të përçuesit, temperatura e mjedisit ku ndodhet linja, por edhe nga karakteristikat e sinjalit që transmetohet. Rezistenca e përgjithshme e telit me gjatësi l , sipërfaqja e prerjes tërthore të telit S dhe rezistenca specifike e materialit nga i cili është prodhuar ρ llogaritet sipas ekuacionit të dhënë:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s} \dots\dots\dots (4-1)$$

Nga ekuacioni shihet se rezistenca e telit do të jetë e vogël në qoftë se rezistenca specifike e përçuesit nga i cili është i prodhuar është më e vogël– prandaj përdoret bakri (i cili ka rezistencë specifike elektrike të vogël)– edhe pse prerja tërthore e përçuesit është e madhe. Në zmadhimin e rezistencës ndikon edhe gjatësia e telit, kështu që rezistenca rritet me rritjen e gjatësisë. Që të llogaritet rezistenca gjatësore e telit, rezistenca e përgjithshme duhet të pjesëtohet me gjatësinë e telit.

$$r = \frac{R}{l} = \frac{\frac{\rho \cdot l}{s}}{l} = \frac{\rho}{s} \dots\dots\dots (4-2)$$

Rezistenca gjatësore e telit nuk varet nga gjatësia e linjës, kështu që kjo karakteristikë është ideale për krahasimin e cilësisë së përçuesve në raport me rezistencën.

Linjat nuk sillen në mënyrë të njëjtë në qoftë se nëpër to rrjedhin sinjale të ndryshme. Sje-llja e linjës gjatë përhapjes së valës me frekuenca të ndryshme është shumë e ndryshme. Gjatë transmetimit të rrymës së vazhduar, dendësia e rrymës është e shpërndarë në mënyrë të barabartë në gjithë sipërfaqen e prerjes tërthore të përçuesit, ndërsa gjatë transmetimit të rrymës alternative, dendësia e rrymës zvogëlohet në qendrën e përçuesit, dhe njëkohësisht zmadhohet në sipërfaqen e përçuesit (ky është efekti skin–efekti sipërfaqësor i cili vjen në shprehje gjithnjë e më shumë kur rrymat janë me frekuenca më të larta). Me këtë zvogëlohet sipërfaqja e prerjes tërthore në të cilin rryma ka ndikim dhe paraqitet ngrohje e pjesës së jashtme të linjës. Prandaj, me rritjen e frekuencës së rrymës të cilën e transmetojmë përmes linjës, rritet rezistenca gjatësore.

Në rezistencën gjatësore gjithashtu ndikon edhe numri i përçuesve të afërt, sepse induktimi i rrymës së interferencës e rrit temperaturën e përçuesit.

Të gjitha këto ndikime që i përmendëm mund të paraqiten me formulë dhe këto gjithmonë merren parasysh gjatë projektimit të linjës. Këto formula janë komplekse dhe zbatohen gjatë llogaritjeve konkrete. Të theksojmë se rezistenca gjatësore e linjës është madhësi e rendit prej disa qindra Ω/m .

Induktiviteti gjatësor i linjës (H/m) jep informacion për sasinë e energjisë elektrike e cila e bart sinjalin e telekomunikacionit në linjën me gjatësi prej 1km do të shndërrohet në fushë elektromagnetike e cila bartet në mjedisin përreth. Ky parametër varet nga vetitë magnetike të materialit nga i cili është prodhuar përçuesi, nga dimensionet gjeometrike të tij, pozita reciproke e përçuesve në kablo, si dhe nga lloji i sinjalit që transmetohet. Madhësia e induktancës gjatësore të linjës varet në proporcion të drejtë nga permeabiliteti magnetik (μ) i materialit, sipërfaqja e prerjes tërthore të përçuesit (s) dhe nga distanca mes përçuesve (d). Induktiviteti gjatësor zmadhohet me rritjen e frekuencës së sinjalit që transmetohet nëpër linjë. Koto janë komponentët kryesorë që ndikojnë në induktivitetin gjatësor, por ai varet edhe nga faktor tjerë. Të theksojmë se induktiviteti gjatësor është madhësi e rendit prej disa mH/m.

Kapaciteti gjatësor i linjës c (F/m) jep informacion për sasinë e energjisë elektrike që e bart sinjalin e telekomunikacionit në linjën me gjatësi prej 1km do të shndërrohet në fushë elektrostetike për shkak të polarizimit elektrik të ndryshëm të izolatorit. Ky parametër varet nga vetitë dielektrike të materialit izolues të përdorur, dimensionet gjeometrike të përçuesit, nga pozita reciproke e përçuesve në kablo dhe nga karakteristika tjera. Nëse s është sipërfaqja e prerjes tërthore e përçuesit, d distanca mes përçuesve, ndërsa ϵ konstanta dielektrike e materialit izolues të përdorur, atëherë kapaciteti i përgjithshëm i linjës llogaritet sipas ekuacionit të mëposhtëm:

$$C = \epsilon \cdot \frac{s}{d} \dots\dots\dots (4-3)$$

Kapaciteti gjatësor mund të përcaktohet me ekuacionin:

$$c = \frac{C}{l} = \frac{\epsilon \cdot s}{d \cdot l} \dots\dots\dots (4-4)$$

Ai është në raport të drejtë me sipërfaqen e prerjes tërthore të përçuesit, ndërsa në raport të zhdrejtë me distancën mes përçuesve. Nëse materiali izolues është më i mirë (konstante dielektrike e tij është më e madhe), atëherë do të jetë më i madh edhe kapaciteti gjatësor. Mes gjithë përçuesve në kablo paraqitet lidhje kapacitive, dhe kjo do të thotë se sa më i madh të jetë numri i përçuesve në kablo, aq më e madhe do të jetë vlera e kapacitetit gjatësor. Për shkak të numrit të madh dhe shpërndarjes së komplikuar të elementeve në një kablo, është shumë e vështirë të gjendet shprehje për llogaritjen e kapacitetit gjatësor. Ai është madhësi e rendit prej disa nF/km.

Përçueshmëria gjatësore e izolimit të linjës g (S/m) jep informacion për sasinë e energjisë elektrike e cila e transmeton sinjalin e telekomunikacionit në linjën me gjatësi prej 1km do të “absorbohet,, nga izolimi dhe do të shndërrohet në energji të nxehtësisë. Pra r dhe g janë tregues numerik të procesit të njëjtë, vetëm se r është rezultat i humbjeve termike në përçues, ndërsa g është rezultat i humbjeve termike në materialin izolues të linjës. Që linja të jetë sa më e mirë duhet që këto parametra të jenë sa më të vegjël. Përçueshmëria gjatësore e izolimit të linjës është e rendit prej disa mS/km.

Vlerat tipike të parametrave primar për lloje të ndryshme të linjave për frekuencën $f = 1000$ Hz janë dhënë në tabelën 4-1.

Tabela 4-1. Parametra primar për lloje të ndryshme të linjave TK.

Parametri	Ajrore	Simetrike	Koaksiale
R	2-3 Ω /km	25-500 Ω /km	40-80 Ω /km
L	2 μ H/km	0,7 μ H/km	0,26 μ H/km
C	6 nF/km	30-40 nF/km	50 nF/km
G	3 μ S/km	1 μ S/km	14 μ S/km

4.2.2. Parametrat sekondar

Edhe pse parametrat primar në përgjithësi e përcaktojnë linjën, në praktikë përdoren edhe parametrat sekondar të linjës. Parametrat sekondar nuk hyjnë në natyrën e procesit por e përfaqësojnë ndërveprimin e këtyre proceseve përgjatë gjatësisë së linjës. Parametra sekondar të linjës janë:

- impedanca karakteristike e linjës Z_c ;
- konstanta e përhapjes γ . Konstanta e përhapjes është numër kompleks pjesa reale e të cilit α është konstanta e shuarjes, ndërsa pjesa imagjinare β është konstanta e zhvendosjes fazore;
- shpejtësia e përhapjes së sinjalit nëpër linjë v .

Impedanca karakteristike e linjës Z_c (Ω) për linjë homogjene paraqet raport të tensionit dhe rrymës në cilëndo prerje tërthore të linjës.

Në rastin e përgjithshëm, impedanca karakteristike e linjës është madhësi komplekse e cila varet nga parametrat primar të saj (r , g , c dhe l) dhe nga frekuenca e sinjalit, por nuk varet nga gjatësia e linjës (l).

$$\underline{Z}_c = \sqrt{\frac{r+j\omega l}{g+j\omega c}} \dots\dots\dots (4-5)$$

Për rrymën njëkahëshe dhe për rrymat me frekuencë të lartë, impedanca është madhësi reale, domethënë rezistencë e pastër aktive.

Për rrymë njëkahëshe, $\omega = 0$, prandaj shprehja për impedancën karakteristike fiton formën:

$$\underline{Z}_c = \sqrt{\frac{r}{g}} \dots\dots\dots (4-6)$$

Për rrymat me frekuencë të lartë mund të merret se $r \ll \omega s$ dhe $g \ll \omega c$, prandaj shprehja për impedancën karakteristike do të jetë

$$\underline{Z}_c = \sqrt{\frac{l}{c}} \dots\dots\dots (4-7)$$

Në fig, 4-3 është paraqitur varësia grafike e impedancës karakteristike nga frekuenca.

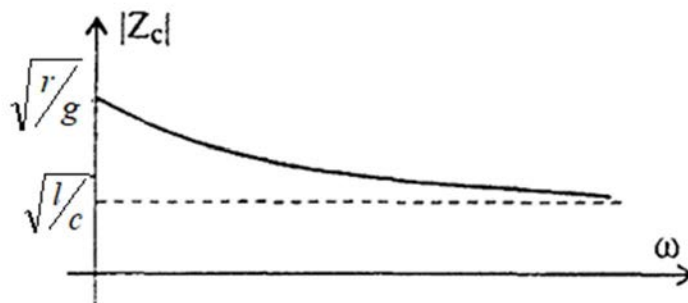


Fig. 4-3. Varësia nga frekuenca e impedancës karakteristike

Konstanta e përhapjes së linjës γ është parametër sekondar i linjës së telekomunikacionit i cili jep informacion për sjelljen e sinjalit përgjatë gjatësisë së linjës në raport me shuarjen dhe zhvendosjen fazore të tensionit dhe rrymës gjatë përhapjes në linjë homogjene e cila është e mbyllur me impedancën e saj karakteristike. Konstanta e përhapjes, ngjashëm si impedanca karakteristike është madhësi komplekse e cila në rastin e përgjithshëm varet nga nga parametrat primar të linjës dhe nga frekuenca e sinjalit i cili transmetohet. Kjo varësi është dhënë me shprehjen e mëposhtme:

$$\underline{\gamma} = \alpha + j\beta = \sqrt{(r + j\omega l) \cdot (g + j\omega c)} \quad \dots\dots\dots (4-8)$$

Pjesa reale α quhet **konstantë e shuarjes**, ndërsa pjesa imagjinare β quhet **konstanta fazore**.

Konstanta e shuarjes α definon ndryshimin e amplitudës së sinjalit përgjatë gjatësisë së linjës, gjegjësisht na tregon se për sa do të zvogëlohet amplituda e sinjalit në gjatësinë njësi të linjës. Shprehja e përgjithshme për përcaktimin e konstantës së shuarjes është:

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [\sqrt{(r^2 + \omega^2 l^2) \cdot (g^2 + \omega^2 c^2)} + (rg - \omega^2 lc)]} \quad \dots\dots\dots (4-9)$$

Njësia e matjes për konstantën e dobësimit është Np/km (neper për kilometër).

Shuarja totale d.m.th. dobësimi total i sinjalit përgjatë gjithë gjatësisë së linjës shënohet me a dhe fitohet nëse konstanta e shuarjes shumëzohet me gjatësinë e linjës.

$$a = \alpha \cdot l \quad [Np] \quad \dots\dots\dots (4-10)$$

Shuarja e sinjalit përgjatë linjës varet nga parametrat primar të linjës dhe nga frekuenca e sinjalit.

Konstanta fazore β e përcakton ndryshimin e fazës së sinjalit për njësi të gjatësisë së linjës. Zhvendosja fazore e sinjaleve që transmetohen vjen në shprehje veçanërisht në kabllot me gjatësi më të madhe. Njësia matëse për zhvendosjen fazore është rad/km. Shprehja e përgjithshme për përcaktimin e konstantës së fazës është:

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [\sqrt{(r^2 + \omega^2 l^2) \cdot (g^2 + \omega^2 c^2)} - (rg - \omega^2 lc)]} \quad \dots\dots\dots (4-11)$$

Konstanta e fazës varet nga parametrat primar të linjës dhe nga frekuenca e sinjalin.

Shpejtësi e përhapjes së sinjalit përgjatë linjës v definohet përmes parametrin sekondar, konstantës fazore β , nga e cila varet në përpjestim të zhdrejtë:

$$v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{sc}} \dots\dots\dots (4-12)$$

Njësia matëse e shpejtësisë së përhapjes së sinjalit nëpër linjë është km/s .

Njohja e parametrave sekondarë është me rëndësi praktike për secilin i cili projektton ose mirëmban linjë të telekomunikacionit. Duhet të dihet se gjatë bashkimit të linjave të telekomunikacionit me pajisjet ose me linja tjera të cilët kanë impedanca të ndryshme, mund të vijë deri te humbja e energjisë, për shkak të reflektimit të shkallës së madhe të valëve elektromagnetike dhe për shkak të jopërshtatshmërisë së skajeve të linjës. Që të pengohet kjo, duhet të njihen impedanca karakteristike e linjës dhe impedanca hyrëse e pajisjes në të cilën lidhet linja, dhe të kryhet përshtatja e tyre.

4.3. PËRHAPJA E VALËVE NË LINJË

Në linjën homogjene të mbyllur në fund me impedancën karakteristike ose linjë pafundësisht e gjatë e mbyllur në fund me impedancë karakteristike, paraqiten vetëm **valë progresive** të tensionit dhe rrymës, të cilat përhapen nga gjeneratori deri te shfrytëzuesi. Në figurën 4-4 është paraqitur linjë homogjene e mbyllur me impedancën karakteristike Z_c .

Skajet hyrëse 1-1' të linjës homogjene janë të lidhura në gjeneratorin me periodë të thjeshtë, ndërsa në skajet dalëse 2-2' është lidhur harxhues Z_c .

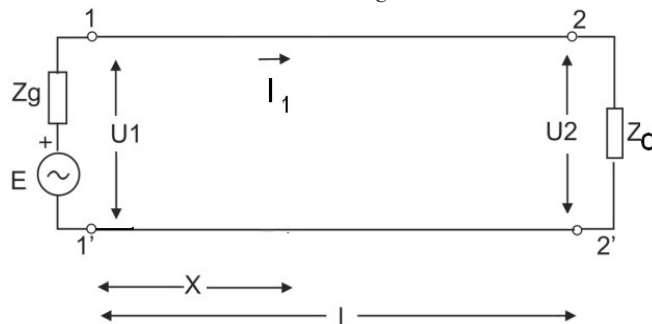


Fig. 4-4. Linjë TK homogjene

Tensioni në cilindo vend të linjës në distancën x nga nga fillimi i linjës definohe me ekuacionin:

$$u(t, x) = U_m \cdot \sin(\omega t - \beta x) \dots\dots\dots (4-13)$$

Në relacionin (4-13) konstanta fazore β e tregon ndryshimin e fazës së tensionit gjatë zhvendosjes së valës për njësi të gjatësisë.

Nëse shprehja për valën progresive të tensionit pjesëtohet me impedancën karakteristike, fitohet ekuacioni i valës progresive të rrymës:

$$i(t, x) = I_m \cdot \sin(\omega t - \beta x) = \frac{U_m}{Z_c} \cdot \sin(\omega t - \beta x) \dots\dots\dots (4-14)$$

Nga ekuacionet për valët progresive të tensionit dhe rrymës mund të shihet se ato janë funksione sinusoidale të dy madhësive të ndryshueshme të pavarura: kohës t dhe distancës x .

Nëse koha t është konstantë, ekuacioni ngelën funksion me një variabël, gjegjësisht me distancën x dhe anasjelltas.

4.3.1. Përhapja e valëve në linjë pa humbje

Linjë pa humbje është ajo linjë në të cilën rezistenca gjatësore, përçueshmëria gjatësore dhe shuarjet në linjë janë të barabarta me zero. Përhapja e valës progresive nëpër gjatësinë e linjës homogjene pa humbje është treguar në figurën 4-5.

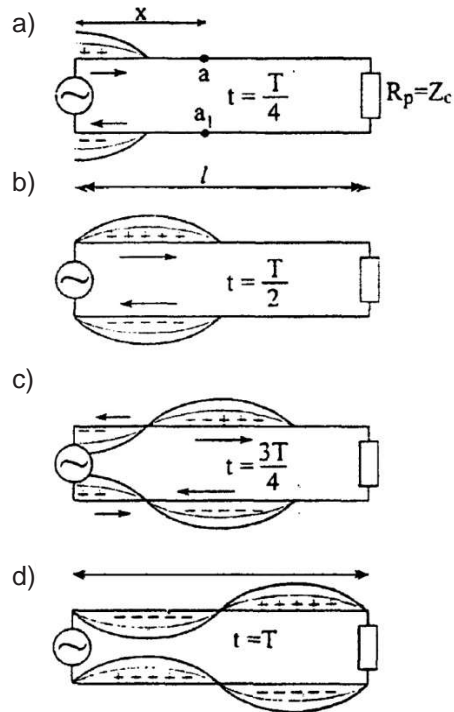


Fig. 4-5. Përhapja e energjisë elektromagnetike në linjën pa humbje

Vlerat momentale që i ka tensioni i hyrjes, të shpërndarë në gjatësinë e linjës pa humbje, në gjatësinë $\lambda/4$, janë paraqitur në figurën 4-5 (a). Në këtë pjesë të linjës rrjedh rrymë e cila në çdo pikë të përçuesit është e përcaktuar me potencialin në atë pikë.

Gjatë çerekut të dytë të periodës, gjegjësisht nga $t = T/4$ deri në $t = T/2$, tensioni në hyrje të linjës bie në zero, ndërsa përgjatë gjatësisë së linjës përhapet edhe për një çerek të gjatësisë valore. Kështu, vala përhapet edhe në $\lambda/4$ e ardhshme. Nëse në hyrje të linjës kemi burim sinusoidal, valët progresive të tensionit (rrymës) paraqesin shpërndarje sinusoidale të tensionit, i cili në gjatësinë e linjës lëviz me shpejtësi v .

Rryma dhe tensioni i valëve progresive përputhen në fazë në çdo pikë të linjës. Nëse në linjë ekzistojnë vetëm valë progresive mes gjeneratorit dhe harxhuesit, atëherë kjo linjë konsiderohet e përshtatshme. Impedanca hyrëse e saj është rezistencë e pastër aktive dhe është e barabartë me impedancën karakteristike të linjës.

Kur linja është e mbyllur me rezistencë që është e barabartë me impedancën karakteristike të linjës, atëherë e gjithë energjia e valës harxhohet në fund të linjës, në rezistencën aktive.

4.3.2. Përhapja e valës në linjë me humbje

Në linjën me humbje paraqiten shuarje të amplitudës së tensionit dhe rrymës të valëve progresive të cilat zvogëlohen sipas ligjit eksponencial. Kjo mund të shpjegohet në atë mënyrë që gjatë përhapjes, një pjesë e energjisë së linjës harxhohet për shkak të rezistencës termike të linjës dhe jopërsosmërisë së dielektrikut.

Ekuacionet e valëve progresive në linjën me humbje e kanë formën e mëposhtme:

$$u(t, x) = U_{mvl} \cdot e^{-\alpha x} \cdot \sin(\omega t - \beta x) \quad \dots\dots\dots (4-15)$$

$$i(t, x) = \frac{U_{mv}}{Z_c} \cdot e^{-\alpha} \cdot \sin(\omega t - \beta x) \quad \dots\dots\dots (4-16)$$

ku U_{mvl} është amplituda e valës progresive në hyrje të linjës. Humbjet shprehen me vendosjen e shumëzuesit eksponencial $e^{-\alpha x}$. Pasi që vlerat momentale të tensionit dhe rrymës janë njëkohësisht funksione të distancës x dhe kohës t , së pari duhet të supozojmë se distanca x është konstante, ndërsa koha t është e ndryshueshme.

Nëse linja është me gjatësi $x = l$, amplituda e tensionit e valës progresive në fund të linjës, gjegjësisht në harxhues do të jetë:

$$U_{miz} = U_{mvl} \cdot e^{-\alpha l} \quad \dots\dots\dots (4-17)$$

Konstanta e shuarjes α varet nga parametrat primar r , g , l dhe c , ndërsa ata varen nga frekuenca. Sipas kësaj, konstanta e shuarjes varet nga frekuenca, gjegjësisht me zmadhimin e frekuencës rritet edhe konstanta e shuarjes.

Përhapja e valës progresive në linjë me humbje është paraqitur në figurën 4-6.

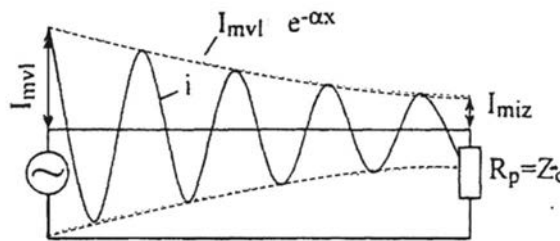


Fig. 4-6. Përhapja e valës në linjë me humbje

Impedanca karakteristike e linjës është madhësi komplekse dhe ka komponentën aktive dhe reaktive. Kjo do të thotë se në linjë me humbje tensioni dhe rryma janë të zhvendosura në fazë mes veti.

4.4. LINJAT SIMETRIKE TË TELEKOMUNIKACIONIT ME TELA

Një ose më tepër përçues të izoluar, të mbështjellë me mbështjellje të përbashkët përbëjnë kabllo (fig. 4-7).

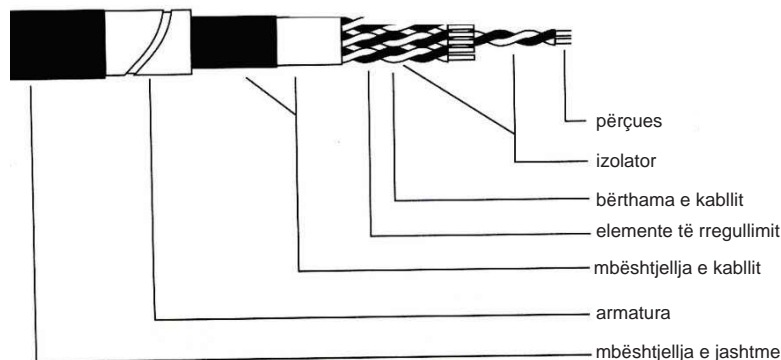


Fig. 4-7. Elementet themelore të kabllos

Të gjithë përçuesit e izoluar nën një mbështjellje të përbashkët paraqesin **bërthamën e kabllot**. Në varësi nga vendi i zbatimit, kushteve të instalimit dhe eksploatimit, konstruktionet e kabllot janë të ndryshme. Por, pavarësisht se cilit grup i përkasin, elemente konstruktive themelore të tyre janë **bërthama** dhe **mbështjellësja**;

Bërthama ka pjesët themelore të ndërtimit: përçues, fija, dyshe, treshe, katërshe, pesëshe, gjashtëshe, tetëshe.

Përçuesi është i përpunuar nga metali me përçueshmëri specifike të madhe, zakonisht nga bakri, me prerje tërthore prej 0,32mm deri në 1,4 mm.

Fija është përçues i izoluar dhe paraqet elementin kryesor me të cilin bëhet rregullimi i kabllot (fig. 4-8). Në kabllot koaksiale, përçuesi i brendshëm dhe jashtëm izolohehen së bashku, prandaj tek ata nuk përdoret nocioni fije, por përçues i brendshëm dhe i jashtëm. Çdo fije është e izoluar me material izolues. Si material izolues përdoret: goma, pambuku, mëndafshi ose letra.



Fig. 4-18. Fija

Çifti— dy tela formojnë çiftin. Çifti përdoret si element themelor për renditjen në kabllot për montim (kabllot për centralet, kabllot për radio dhe kabllot e abonentëve me numër të vogël të elementeve). Hapi i përdredhjes është deri në 300 mm.

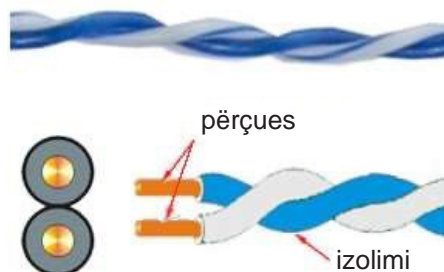


Fig. 4-9. Çifti simetrik

Çiftet mund të jenë simetrik dhe asimetrik. Çifti koaksial (asimetrik) në formën e tij themelore përbëhet nga një përçues i brendshëm, shtresë izolimi, përçues i jashtëm në formën e rrjetit metalik të thurur e mbështjellë me një shtresë tjetër izolimi dhe një shtresë tjetër izoluese e jashtme e vendosur në mënyrë koncentrike mbi rrjetën metalike të thurur.

Kabllot simetrike janë të përbëra nga çiftet në të cilat përçuesit janë me prerje tërthore të standardizuara: 0,32 mm, 0,4 mm, 0,6 mm, 0,8 mm, 0,9 mm, 1,2 mm dhe 1,3 mm. Dimensionet e vogla shërbejnë për bartjen e sinjaleve në distanca të vogla, për shembull deri te abonenti, ndërsa përçuesit me prerje tërthore më të madhe përdoren për transmetim në distanca të mëdha, për shembull për lidhje mes centraleve. Mbështjellja e përçuesve bëhet që të reduktohet shuarja e sinjalit. Brezi i lëshimit i kabllot është 0-150KHz. Nëse mbështjellësja është një nga plastika, atëherë brezi i lëshimit është 0-552KHz. vv

Katërshja-yll fitohet me mbështjelljen e njëkohshme të katër fijeve, të shpërndarë në këndet e një kuadrati. Katërshja-yll përdoret për rregullimin e bërthamave kabllore në rrjetat lokale dhe rrjetat ndër lokale (fig. 4-10).

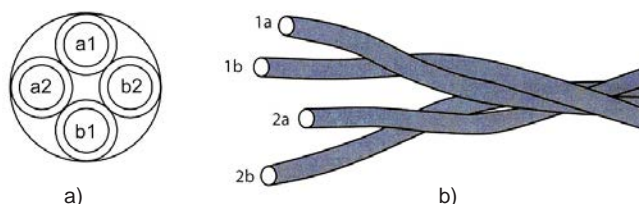


Fig. 4-10. Katërshja-yll: (a) prerja tërthore (b) katërshja e mbështjellë

Katërshja DM fitohet me mbështjelljen e dy çifteve (fig. 4-11). Hapat e mbështjelljes së çifteve janë të ndryshme mes veti. Hapat e mbështjelljes janë nga 400mm deri në 800mm, ndërsa në katërshet nga 150mm deri në 300mm. Drejtimit e mbështjelljes janë të kundërt.

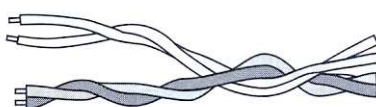


Fig. 4-11. Katërshja-DM

Kryqëzimi i çifteve bëhet me qëllim që kabllot të mbrohen nga ndikimet elektromagnetike që mund të vijnë nga shumë pajisje që mund të ndodhen në afërsi të kabllot (pajisje radio dhe TV, telefona celularë, kompjuterë, pajisje ftohëse, motorë, transformatorë, etj.). Në varësi të nivelit të nevojshëm të mbrojtjes, në rrjetet telefonike dhe kompjuterike përdoren llojet e mëposhtme të kabllave me çifte të kryqëzuara:

- **Kabllot UTP** (Unshielded Twisted Pair) (fig. 4-12) – përbëhen nga një numër i caktuar çiftesh të kryqëzuara të mbështjella me izolim mbrojtës të përbashkët, zakonisht prej polietileni. Për shkak të kostos së ulët, përdoren shpesh si kabllot për lidhje interneti në distanca të shkurtra dhe të mesme. Kanë karakteristika të mira të transmetimit, por nuk janë të mbrojtura nga ndikimet elektromagnetike.
- **Kabllot FTP** (Foil Twisted Pair) (fig. 4-13) – kabllot me çifte të kryqëzuara të mbrojtura. Janë të ngjashme me kabllot UTP, me ndryshimin se nën shtresën e izolimit kanë një mbrojtje nga ndikimet elektromagnetike në formën e një foli alumini.
- **Kabllot STP** (Shielded Twisted Pair) (4-14) – te ky lloj i kabllave, çdo çift ndaras është i mbështjellë me një fletë mbrojtëse alumini me trashësi prej 25 μm , e cila shërben për të drejtuar rrezatimin elektromagnetik të induktuar drejt masës.
- **Kabllot S/FTP** (Shielded Foil Twisted Pair) (4-15) – ky lloj i kabllave me çifte të kryqëzuara është kombinim i kabllave FTP dhe STP.

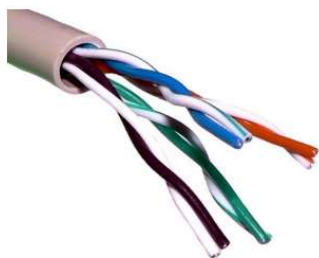


Fig. 4-12. Kabllot UTP

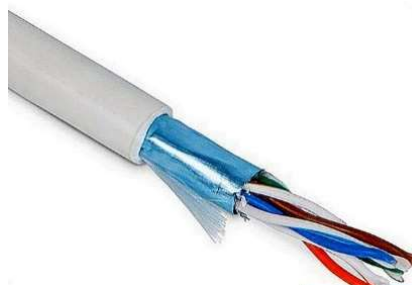


Fig. 4-13. Kabllot FTP

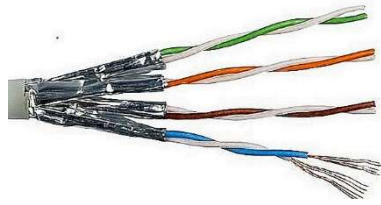


Fig. 4-14. Kabllo STP Fig. 4-15. Kabllo S/FTP

• **Bërthama** – në varësi të numrit të elementeve që përbëjnë bërthamën e kabllos, dallojmë bërthama të thjeshta homogjene dhe të përbëra (fig. 4-16.)

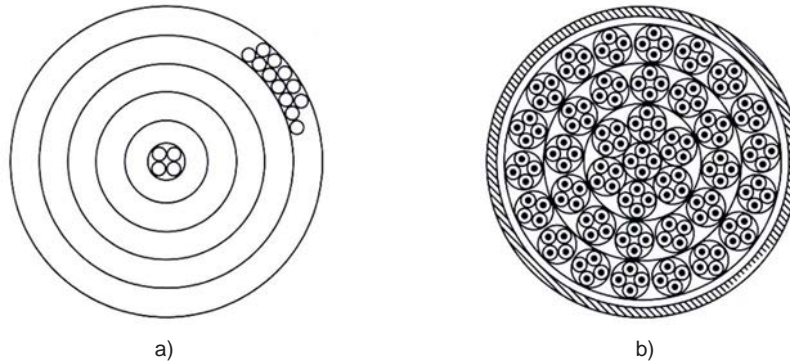


Fig. 4-16. Bërthama të kombinuara

Bërthamat e thjeshta përpunohen me rregullimin e fijeve në rreth, si në figurën 4-16 (a), ndërsa bërthamat homogjene janë të përbëra nga elemente të njëjta, me prerje tërthore të njëjtë, grupuar në seksione si në figurën 4-16 (b).

Bërthamat e kombinuara janë të përbëra me elemente me konstruksione të ndryshme dhe diametër të ndryshëm të përçuesve, me izolime të ndryshme dhe mënyra të mbështjelljes, si në figurën 4-17. Sipas mënyrës së formimit të bërthamës, ekzistojnë bërthama koncentrike dhe sektoriale (grupe).

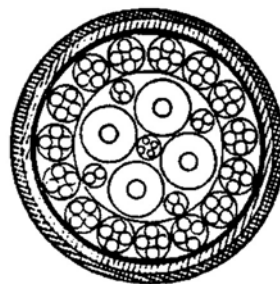


Fig. 4-17. Bërthama të kombinuara me katërshe

Bërthama me shtresa koncentrike ka shtresë qendrore që është e përbërë nga një, dy, tre, katër ose pesë elemente bazë, ndërsa elementet tjera janë të organizuara në shtresa të rregullta rreth bërthamës qendrore. Secila shtresë e ardhshme është e vendosur në drejtim të kundërt. Çdo shtresë, me përjashtim të së jashtmes, mbështillet me fije pambuku, me shirit letre ose plastike. Mbi shtresën e fundit vendoset së pari shirit prej letre, pastaj shtresë nga plastika dhe ai quhet brez i izolimit. Në fund ka foli metalike nga bakri ose alumini.

Bërthama sektoriale është e përbërë nga më tepër grupe identike. Grupe organizohen në shtresa koncentrike. Këto bërthama përdoren në kabllo me koncentrim të madh ku ka mbi 75 katërshe.

Në figurën 4-18 janë dhënë realizime praktike të kabllave të telekomunikimit.



Fig. 4-18. Kabllo të telekomunikacionit

4.5. INSTALIMI I KABLLLOVE

Linjat e telekomunikacionit me tela instalohen në disa mënyra. Më shpesh vendosen: nën tokë, nën ujë dhe në ajër.

Kabllo nëntokësore instalohen direkt në tokë ose në kanalizim kabllor të përgatitur paraprakisht. Nga mënyra e instalimit të kabllave varet edhe zgjedhja e mbështjellëses së kabllave. Kabllot që vendosen direkt në tokë patjetër të kenë mbështjellëse shtesë, gjegjësisht mbrojtje nga lagështia. Nevoja e mbrojtjes është më e madhe në linjat nënujore veçanërisht në linjat që vendosen në dete dhe oqeanë, ku riparimet janë të vështira për shkak të qasjes së vështirë. Për këtë qëllim zgjidhen kabllot në të cilat në hapësirën mes çifteve ka vaj.

Kanalizimi kabllor është rrjetë i tubacioneve nëntokësore në të cilat vendosen kabllot-TK. Kabllot që vendosen në kanalizimin kabllor kanë mbështjellje metalike, zakonisht tub bakri. Mbrojtja nga bakri zgjidhet kur ka presion mekanik të rritur dhe kur ka nevojë për mbrojtje nga interferencat elektromagnetike. Bakri ka edhe lakueshmëri më të madhe, me çka arrihet transport dhe instalim më i lehtë. Nëse kanalizimi kabllor i realizuar është në brendi të objektit, është e mjaftueshme që mbështjellësja të jetë plastike. Rrjeta e vendosur në kanalizimin kabllor lehtë mirëmbahet dhe është e mbrojtur mirë.

Kanalizimi kabllor është i përbërë nga: kanalet për vendosjen e kabllave, boshtet kabllore dhe galeritë kabllore.

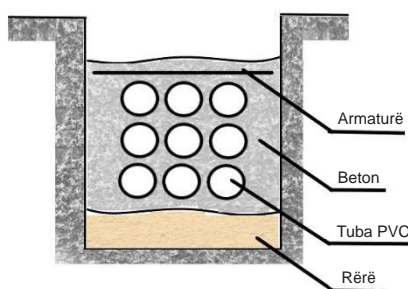


Fig. 4-19. Hendek për kanalizimin kabllor me tuba PVC

Kanalet për vendosjen e kabllave mund të janë blloqe betoni, tuba me abest-beton, ndërsa në instalimet e reja kabllot vendosen në tuba termoplastike. Gjatë ndërtimit dhe instalimit të secilit prej këtyre kanaleve respektohen procedurat dhe standardet specifike. Në figurën 4-19 është treguar kanal për kanalizim kabllor me tuba PVC.

Pusetat kabllore ndërtohen përgjatë gjatësisë së kanaleve kabllore ku duhet të vazhdohen ose ndahen kabllot. Forma, dimensionet dhe ndërtimi i pusetave kabllore varet nga numri i tubave që duhet të vendosen, nga numri i kablllove, numri i vazhdimeve të nevojshme etj. Në figurën 4-20 është paraqitur një panel kabllor.

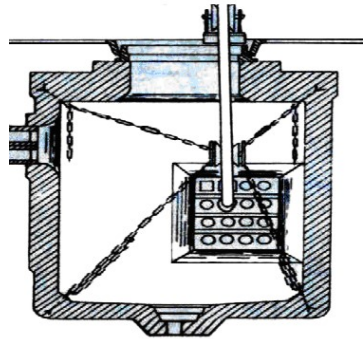


Fig. 4-20. Puseta kabllore

Galeritë kabllore janë hapësira nëntokësore, të cilat ngjajnë në korridore, në të cilat vendosen numër i madh i kablllove. Më shpesh vendosen në dalje të centraleve. Ato shërbejnë si lidhje në mes të tubave kabllor dhe centralit. Galeria kabllore zakonisht është prej betoni dhe në këtë hapësirë ndodhet pajisja për bartjen e kablllove. Në figurën 4-21 është paraqitur një galeri kabllore.

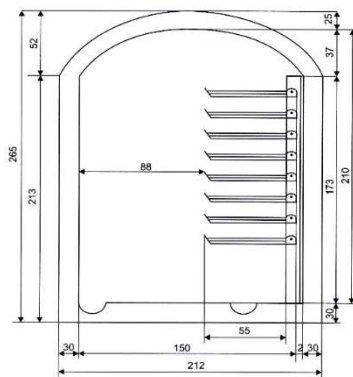


Fig. 4-21. Galeria kabllore

Përparësitë që paraqiten kur kabllot vendosen në galeri janë: mënyrë e lehtë dhe ekonomike e vendosjes, kabllot që vendosen nuk është patjetër të kenë armaturë, mundësi e vendosjes së një numri të madh të kablllove etj.

Vendosja e kablllove planifikohet me dokumentacion investues-technik me të cilin përcaktohet mënyra e vendosjes së kablllove. Në varësi të kushteve, vendosja e kablllove mund të jetë:

- me tërheqjen e kablllove në kanalizimin kabllor,
- me vendosje e kablllove në tokë dhe
- me vendosje e kablllove nënujore.

Gjatë tërheqjes së kablllove në kanalizimin kabllor, tërhiqen litarët ndihmës, pastaj kontrollon tubat për vendosje dhe në fund tërhiqet kabllloja ashtu që me litar tërhiqet kabllloja.

Kabllot në tokë vendosen në **hendeqe**, në varësi të kushteve të terrenit dhe mënyrës së përdorimit. hendeqet mundet të jenë me:

- thellësi 80cm dhe gjerësi 40cm (në lokacione ku nuk ka lloje të tjera të instalimeve), dhe
- thellësi 120cm dhe gjerësi 40cm (për rrjetat ndër lokale).

Vendosja e kabllorëve është proces kompleks. Për këtë qëllim është e nevojshme pajisje speciale dhe ekupe të trajnuara të cilët do të vendosin kabllot nëntokësore. Vendosja e kabllorëve në pusët kabllorëve me tërheqje është treguar në figurën 4-22.

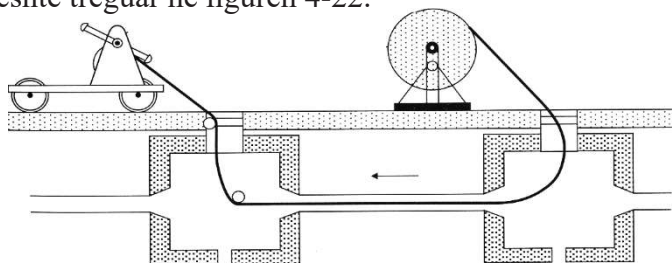


Fig. 4-22. Makina për vendosjen e kabllorëve

Instalimet-TK vendosen së bashku me instalimet e tjera. Vendosja e instalimeve të ndryshme (energjetike, të telekomunikacionit, ujësjellësit, ngrohjes qendrore etj.) bëhet në bazë të planit të verifikuar dhe standardeve për një lokacion të caktuar, ndërtesë, vendbanim apo shtet.

4.6. KABLLOT KOAKSIALE

Elementi bazë konstruktiv i kabllorëve koaksialë është çifti koaksial. Çifti koaksial në ndërtimin e tij bazë përbëhet nga një përçues qendror, i cili zakonisht është bërë nga një përçues i plotë prej bakri, por mund të jetë edhe në formë të disa fijeve të holla të përdredhura. Rreth përçuesit qendror ka një shtresë izolimi. Në mënyrë koncentrike mbi shtresën e izolimit gjendet një fletë alumini dhe një rrjetë metalike e thurur (mbrojtëse), e cila përfaqëson përçuesin e dytë, të jashtëm të çiftit koaksial. Mbi këtë rrjetë metalike është vendosur izolimi mbrojtës i jashtëm.



Fig. 4-23. Kabllot koaksiale

Të dhënat transmetohen përmes përçuesit qendror në formë sinjali elektrik. Fusha elektromagnetike që krijohet nga rryma që rrjedh përmes përçuesit qendror është e mbyllur në hapësirën midis përçuesit qendror dhe përçuesit të jashtëm. Rryma që rrjedh nëpër përçuesin e jashtëm nuk krijon as fushë elektrike as fushë magnetike brenda kabllorëve. Rrjeta metalike e thurur, mbrojtësi, ka funksionin e tokëzimit. Ajo njëkohësisht shërben si mbrojtje ndaj ndikimeve elektromagnetike që mund të vijnë nga ndonjë pajisje që ndodhet në afërsi të kabllorëve koaksialë, si për shembull transformatorë, elektromotorë, instalime energjetike e të tjera. Mbrojtësi siguron mbrojtje edhe nga fushat elektromagnetike që vijnë nga përçuesi i tjerë fqinj, me çka parandalohet interference.

Përçuesi qendror dhe përçuesi i jashtëm nuk duhet të jenë në kontakt, sepse kjo do të krijonte një qark të shkurtër dhe do të shkaktonte humbjen e të dhënave që transmetohen.

Përparësitë e kabllave koaksiale në krahasim me kabllot me çiftet simetrike janë:

- Shuarja e sinjaleve gjatë transmetimit është më e vogël, pra është më i vogël dobësimi i sinjaleve.
- Ndikimi i fushave magnetike të jashtme është më i vogël.
- Nuk ka interferenca, pra nuk ka ndikim nga çiftet fqinje.

Mangësitë e kabllave koaksiale në krahasim me kabllot me çiftet simetrike janë:

- Vazhdimi dhe përfundimi i kabllave koaksiale është më i ndërlikuar krahasuar me kabllot me çiftet simetrike.
- Gjatë vendosjes së kabllit koaksiale në tokë, në vendet ku kabllot duhet të ndryshojë drejtimin e përhapjes, patjetër të lakohen me një rreze më të madhe, sepse kabllot koaksiale janë më të ngurta dhe ekziston mundësia e përdredhjes dhe dëmtimit të tyre.

Kabllot koaksiale bëjnë pjesë në grupin e linjave me brez të gjerë. Në këtë aspekt, karakteristikat e tyre janë më të mira në krahasim me kabllot me çiftet simetrike. Kabllot koaksiale përdoren për transmetimin e sinjaleve në një brez frekuencash përafërsisht nga 50 KHz deri në 1 GHz.

Në rrjetat kompjuterike zakonisht përdoren lloje standarde të kabllave koaksiale, edhe atë:

- Kabllot e hollë 50-omik RG-58 (standardi 10 Base2), i cili është përdorur për lidhjen e një numri të vogël kompjuterësh dhe mundëson shpejtësi transmetimi deri në 10 Mb/s në një segment kabllot me gjatësi prej 185 m. Kabllot koaksiale RG-58 është me prerje tërthore prej 5 mm të përçuesit qendror, ndërsa ndërtimi mund të jetë nga përçuesi i plotë prej bakri ose nga më tepër fije të holla të përdredhura. Përveç RG-58, sipas të njëjtit standard (10 Base2), për të njëjtin qëllim janë përdorur edhe kabllot koaksiale të hollë RG-59 (me prerje tërthore të përçuesit qendror prej 6 mm), si dhe RG-6 (ku përçuesi qendror ka një prerje tërthore prej 7 mm).

- RG-11 (standardi 10 Base5), kabllot e trashë 75-omike i cili është përdorur si kabllot për shpërndarjen e internetit midis kateve në ndërtesa të larta. Trashësia e përçuesit qendror të kësaj kabllot është 1.27 cm. Trashësia më e madhe e përçuesit qendror mundëson një shtrirje më të madhe të sinjalit që është deri në 500 m me një shpejtësi transmetimi prej 10 Mb/s.

Sot për realizimin e rrjetave kompjuterike gjithnjë e më pak përdoren kabllot koaksial. Ata janë eliminuar nga përdorimi së pari nga kabllot prej bakri me çiftet të përdredhura të cilat janë më të lira, kanë shpejtësi më të larta transmetimi dhe ofrojnë më shumë fleksibilitet në projektimin e rrjetit, ndërsa në kohën e tashme, me përparimin e teknologjive pa tela, gjithnjë e më shpesh si medium për transmetim nuk përdoren linja fizike (kabllot), por projektohen dhe realizohen rrjetat kompjuterike pa tela.

Lidhja mes veti e kabllave koaksiale, si dhe lidhja e kabllave koaksiale me pajisje të ndryshme bëhet me lloje të veçanta të konektorëve, të ashtuquajtur konektorë BNC. Konektorët BNC mund të vendosen me saldim ose me përdorimin e darëve speciale për atë qëllim. Në varësi të përdorimit, përdoren lloje të ndryshme konektorësh BNC: BNC, BNC-T, BNC-terminator, konektor F dhe lloje të tjera.

Në figurën 4-25 janë paraqitur lloje të ndryshme të konektorëve BNC.

Konektori BNC i lidhur, i paraqitur në figurën 4-24 a), shërben për lidhjen e dy kabllave koaksiale. Konektori BNC-T, i paraqitur në figurën 4-24 b), shërben për lidhjen e tri kabllave koaksiale. Konektori i quajtur BNC-terminator, i paraqitur në figurën 4-24 c), përdoret për përfundimin e kabllave koaksiale. Konektori F, i paraqitur në figurën 4-24 d), ka një pjesë që mund të rrotullohet në një prizë të përshtatshme në një modem kabllor për televizion satelitor.



Fig. 4-24. Lloje të ndryshme të konektorëve BNC

Për përdorimin e kabllave koaksiale, është me rëndësi të veçantë njohja e impedancës karakteristike. Impedanca karakteristike e kabllit nuk varet nga dimensionet gjeometrike, por varet nga lloji dhe karakteristikat e materialeve të përdorura dhe nga konstruksioni i kabllit. Me rritjen e frekuencës, impedanca karakteristike e kabllit bie. Në frekuencë të lartë, impedanca karakteristike gradualisht arrin një vlerë konstante. Vlera e impedancës karakteristike të kabllit jepet nga prodhuesit si një karakteristikë teknike e llojeve të veçanta të kabllave. Vlera të zakonshme për impedancën karakteristike të kabllave koaksiale janë 50Ω dhe 75Ω . Të gjitha komponentët e një sistemi koaksial (kabllot, konektorët, adapterët, instrumentet...) duhet të kenë të njëjtën impedancë që të shmangët reflektimi në pikat e lidhjes. Reflektimet çojnë në dobësimin e sinjaleve. Për shembull, nëse kabllot koaksiale përfundon pa ndonjë lidhje në fund të tij, do të ketë reflektim, sepse fundi i kabllit ka rezistencë pafundësisht të madhe. Nga ana tjetër, nëse fundi i kabllit është lidhur shkurt, përsëri do të ketë reflektim të sinjalit sepse fundi i kabllit ka rezistencë zero. Për të shmangur reflektimin, në këto raste, në fund të kabllit duhet të vendoset një konektor terminator BNC me një rezistencë të barabartë me vlerën e impedancës karakteristike të kabllit.

Kabllot koaksiale sot përdoren për lidhjen e transmetuesve dhe pranuesve me antenat, në televizionin kabllor dhe satelitor, në sistemet e video-mbikëqyrjes, për prodhimin e sondave për instrumentet matëse dhe për përdorime të tjera.

PËRMBLEDHJE:

- Karakteristikat e linjave të telekomunikacionit me tela varen nga materiali, trashësia e përçuesit dhe izolimi, si dhe nga konstruksioni i elementeve përbërëse.
- Çdo linjë homogjene me dy tela mund të përfaqësohet përmes parametrave të saj primar. Çdo kilometër i linjës mund të përfaqësohet me një qark të thjeshtë elektrik të përbërë nga elemente që i quajmë parametra primar të linjës.
- Parametrat primar të linjave me tela janë: rezistenca gjatësore, induktiviteti gjatësor dhe kapaciteti gjatësor i përçuesit, si dhe përçueshmëria gjatësore e izolimit të linjës. Parametrat primar të linjës, të matur dhe të shprehur me numra, e përcaktojnë plotësisht linjën me tela. Rezistenca gjatësore e linjës r tregon numerikisht se sa energji elektrike mund të shndërrojë linja me gjatësi 1 km në energji termike.
- Kabllotja e telekomunikacionit përbëhet nga më tepër linja të grumbulluara, të mbrojtura nga ndikimet mekanike dhe elektrike të jashtme.
- Kabllot e telekomunikacionit përbëhen nga bërthama dhe një mbështjellja.
- Elementi kryesor konstruktiv i kabllit është përçuesi.
- Një përçues i izoluar paraqet fije. Fija është elementi kryesor i përdredhjes.

- Çifti paraqet dy përçues të izoluar (fije). Ekzistojnë çifte simetrike dhe koaksiale. Çiftet simetrike përbëhen nga dy fije që janë të përdredhur. Përdredhja redukton ndikimet elektromagnetike. Çifti mbrohet me shtresë– fletë alumini. Bërthama e kabllos përbëhet nga elementet kryesore të kabllos: fija, çifti dhe katërshja.
- Në varësi të shpërndarjes së elementeve bazë në bërthamë, ekzistojnë bërthama të përdredhura dendur dhe bërthama të përdredhura koncentrike.
- Kabllot e telekomunikacionit mund të vendosen në disa mënyra: nëntokë (drejtpërdrejt në tokë dhe në kanalizimin e kabllove), nën ujë dhe në ajër. Kanalizimi i kabllove paraqet rrjet tubash nëntokësorë ku vendosen kabllot. Kanalizimi i kabllove mundëson: vendosjen e kabllove të reja, riparimin e kabllove, zëvendësimin e shpejtë dhe të lehtë të kabllove ekzistues, pa dëmtuar rrugët dhe pa penguar trafikun. Kanalizimi i kabllove përbëhet nga tuba, puseta kabllore dhe galeri kabllore.
- Pusetat kabllore janë hapësira nëntokësore me madhësi të caktuar ku kabllot mund të zgjaten ose të tërhiqen.
- Në kanalizimin e kabllove shtrohen kabllot pa armaturë. Brenda një tubi vendoset një kabllot. Kabllot shtrohen në tuba, ashtu që fillohet nga tubi më i ulët dhe vertikalisht shkohet deri te më i larti.

PYETJE DHE DETYRA

1. Nga çka varen vetitë e linjave të telekomunikacionit prej teli?
2. Me çka janë përcaktuar parametrat primar të linjës?
3. Si fitohen vlerat e vërtetë të parametrave primar të linjës?
4. Ç'tregojnë parametrat sekondar?
5. Ç'është kabllot e telekomunikacioni?
6. Cilat janë elementet themelore të kabllos?
7. Çfarë çiftesh ekzistojnë?
8. Pse fijet, çiftet dhe katërshet mbështillen?
9. Pse bëhet shënimi–etiketimi i kabllove?

Rretho përgjigjet e sakta të pyetjeve të dhëna:

10. Cila është sia me të cilën matet përçueshmëria gjatësore e një linje të telekomunikacionit?
 - a. simens [S]
 - b. om për metër [Ω/m]
 - c. simens për metër [S/m]
 - d. om [Ω]
11. Cila është sia matëse e konstantës së shuarjes së linjës së telekomunikacionit?
 - a. decibel për metër [dB/m]
 - b. neper [Np]
 - c. metër [m]
 - d. bell për metër [Bm]
12. Cila valë përhapet në një linjë TK?
 - a. vala alternative
 - b. vala analoge
 - c. vala progresive
 - d. vala drejtkëndore

-
13. Kur një linjë e telekomunikacionit është e përshtatur?
- përhapen valë të qëndrueshme
 - përhapen valë të reflektuara
 - përhapen valë alternative
 - përhapen valë progresive
14. Çfarë valësh përhapen nëpër linjat për radio frekuenca?
- valët e reflektuara
 - valët direkte
 - valët e qëndrueshme
 - valët tangjent
15. Sa është koeficienti i reflektimit (p) për linjat që janë të hapura në fund?
- $p = 0$
 - $p = \infty$
 - $p = -1$
 - $p = 1$
16. Sa është tensionit në linjën e lidhur shkurt në fund?
- $U_{\text{dal}} = U_{\text{d}}$
 - $U_{\text{dal}} = U_{\text{p}}$
 - $U_{\text{dal}} = U_{\text{r}}$
 - $U_{\text{dal}} = 0$



Njësia modulare 5: Linjat optike të telekomunikacionit

Në këtë njësi modulare përpunohen:

1. Teknologjia e fibrave optike
2. Sistemi optik i transmetimit
3. Konvertuesit elektro-optikë

Pas mësimit të kësaj njësie modulare, nxënësit do të jenë në gjendje:

1. Të njohin strukturën e fibrës optike
2. Të shpjegojnë mënyrën e përhapjes së dritës përmes fibrës optike dhe dallojnë dukuritë gjatë përhapjes së dritës nëpër fiber optike.
3. Të shpjegojnë modelet e përhapjes së dritës përmes fibrës optike: multimode dhe monomode
4. Të njohin funksionin e elementeve në një sistem optik
5. Të shpjegojnë parimin e funksionimit të konvertuesve elektro-optikë
6. Tregojnë avantazhet dhe disavantazhet e sistemeve të komunikimit optik
7. Të shpjegojnë aplikimin e sistemeve të komunikimit optik



5. LINJAT OPTIKE TË TELEKOMUNIKACIONIT

Njëra nga shpikjet teknologjike më të njohura në lidhje me transmetimin e mesazheve është zhvillimi i linjave optike të telekomunikacionit. Element themelor konstruktiv i këtyre linjave është fibra optike. Fibra optike është linjë drite e cila bart sinjal drite nga transmetuesi deri te marrësi në sistemin e telekomunikacionit optik. Një fibër është linjë, nëpër të cilën mund të transmetohen edhe më tepër sinjale të ndryshme në të njëjtin drejtim. Fibrat optike ndërtohen nga qelqi special prej dioksid silici, i cili është baza e fibrës në të cilën shtohen okside të fluorit dhe germaniumit. Dioksidi i silicit është material i lirë, i cili gjendet me shumicë në natyrë, që në fakt është rëra. Për shkak të bollëkut të lëndës së parë, procesi teknologjik modern për prodhimin e fibrave optike është i lirë. Për shkak të karakteristikave të mira dhe kostos së ulët të prodhimit, kablloptike po zëvendësojnë kablloptike me tela në sistemet moderne të komunikimit.

Fibrat optike të para janë paraqitur para më shumë se tridhjetë viteve dhe kryesisht janë përdorur në telekomunikacione për lidhjen mes centraleve më të mëdha telefonike. Ideja e transmetimit të informacionit duke përdorur dritën ka ekzistuar shumë herët, por deri në zbulimin e laserëve në vitin 1960 nuk ka ekzistuar zgjidhje e përshtatshme për realizimin praktik të kësaj ideje. Me paraqitjen e laserëve filloi zhvillimi i shpejtë i sistemeve të komunikimit optik, të cilët sot përdoren për transmetimin e një numri të madh të mesazheve në formën e sinjaleve digjitale.

Pjesë themelore të sistemit optik për transmetim janë transmetuesi, linja optike dhe marrësi. Përveç këtyre pjesëve, një sistem telekomunikacioni optik përmban edhe përforcues të sinjalit të dritës, modem për digjitalizimin e sinjalit, nëse bartim sinjal optik digjital; multipleksues i cili mundëson transmetimin e më tepër sinjaleve në të njëjtën kohë etj. Pjesa më e madhe e këtyre pajisjeve shtesë janë elektrike. Deri më tani, nuk ekzistojnë rrjeta të telekomunikacioneve të cilat janë plotësisht optike. Përdoren edhe të ashtuquajturat rrjeta hibride, në të cilat pjesa transmetuese është sistem optik që kalon në sistem elektrik duke lidhur transmetuesin dhe marrësin.

Fibrat optike (optical fiber) janë pjesë e sistemit optik. Çdo sistem optik përbëhet nga tri pjesë themelore, dhe ato janë: transmetuesi, ai është burimi i dritës – diodë LED ose laserike, fibra optike dhe marrësi i cili është lloj foto sensor. Paraqitje skematike e sistemit të komunikimit optik është treguar në figurën 5-1.

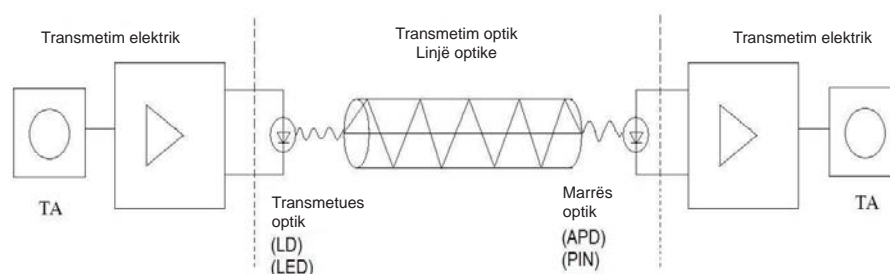


Fig. 5.1. Sistemi i transmetimit optik

Në sistemin optik të komunikimit, sinjali elektrik në dalje të transmetuesit, me ndihmën e konvertuesit elektro-optik, laserëve dhe diodave të dritës, shndërrohet në sinjal drite, ndërsa në hyrje të marrësit, duke përdorur një foto detektor, sinjali i dritës kthehet përsëri në elektrik. Duke pasur parasysh se në fibrën optike vjen deri te dobësimi i sinjalit, në distanca të caktuara vendosen përforcues – regjenerator.

Sot nocioni linjë optike nënkupton fibrë optike me dimensione mikroni. Dallimi kryesor me përçuesit e bakrit është se këtu transmetohet rreze drite. Nëpër fibrat optike, drita përhapet me reflektim total, që do të thotë se rrezja e dritës lëviz mes dy sipërfaqeve kufizuese të fibrës. Gjatë kësaj paraqiten të gjitha fenomenet që janë karakteristikë për përhapjen e valëve në sipërfaqen kufizuese: reflektimi, thyerja, difraksioni dhe të tjera.

Në një mjedis optik homogjen, rrezet e dritës lëvizin në vijë të drejtë. Kur një rreze drite “godet” në një pikë të sipërfaqes ndarëse mes dy mjediseve optike me dendësi të ndryshme optike (me indekse thyerjeje të ndryshëm n_1 dhe n_2), mund të ndodhin dy situata:

- Rrezja e dritës reflektohet nga sipërfaqja kufizuese, ndryshon drejtimin dhe kahjen e lëvizjes, por vazhdon të lëvizë në vijë të drejtë në të njëjtin mjedis optik. Në këtë rast, thuhet se ka ndodhur **reflektimi ose kthimi i dritës** (fig. 5.2). Këndi që formon rrezja rënëse e dritës me normalen e sipërfaqes ndarëse quhet këndi i thyerjes (i shënuar me α në figurën 5.2), ndërsa këndi që formon rrezja e reflektuar me normalen quhet këndi i reflektimit (i shënuar me β në figurën 5.2). Gjatë reflektimit të dritës, këndi i rënies është i barabartë me këndin e reflektimit dhe ato gjithmonë shtrihen në të njëjtin rrafsh.

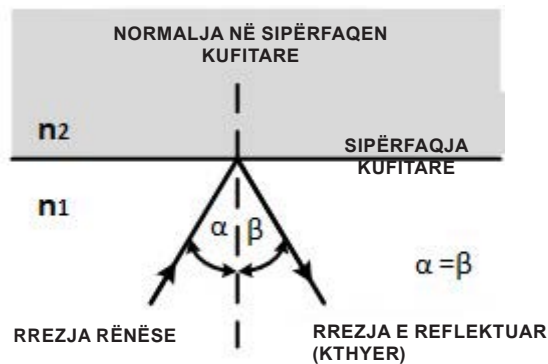


Fig. 5.2. Reflektimi (kthimi i dritës)

- Rrezja e dritës kalon në ambientin tjetër optik, me ç’rast ndodh ndryshimi i drejtimin dhe shpejtësisë së lëvizjes, rrezja e dritës vazhdon të lëviz në vijë të drejtë nëpër ambientin tjetër optik. Në këtë rast themi se ndodh **difraksioni ose përthyerja e dritës** (fig. 5.3). Kjo dukuri ndodh si rezultat i asaj se drita në ambiente të ndryshme lëviz me shpejtësi të ndryshme.

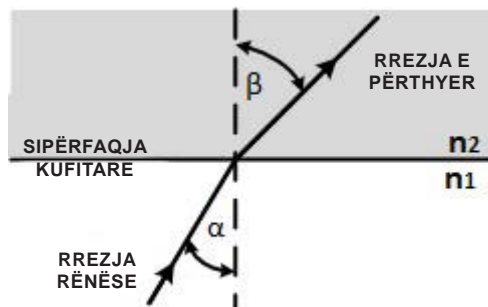


Fig. 5.3. Difraksioni (përthyerja e dritës)

Indeksi i përthyerjes së dritës n është karakteristikë e një materiali (ambienti) nëpër të cilin përhapet drita dhe ai definohet si raport mes shpejtësive me të cilat përhapet drita në ambient të lirë – ajër (c) dhe shpejtësisë së dritës në materialin–mjedisin e dhënë (v), $n = c/v$. Në mjedis më të dendur optik, drita lëviz me shpejtësi më të vogël në krahasim me ambientin optik më të rrallë ku lëviz me shpejtësi më të madhe. Kur rrezja e dritës kalon nga mjedisi optik më i rrallë në atë më të dendur, pas përthyerjes, rrezja afrohet kah normalja ($\beta < \alpha$), ndërsa në rastin kur rrezja e dritës kalon nga mjedisi optik më i dendur në atë më të rrallë, atëherë pas përthyerjes, rrezja largohet nga normalja ($\beta > \alpha$). Rrezja rënëse, normalja e sipërfaqes kufitare dhe rrezja e përthyer shtrihen në të njëjtin rrafsh.

Rreflektimi total është dukuri e cila ndodh gjatë kalimit të rrezeve të dritës nga mjedisi optik më i rrallë në atë më të dendur nëse rrezja bie me kënd rënës i cili është më i madh nga ai kufitar që është karakteristikë për mjediset optike konkrete. Dukuria e rreflektimit total është paraqitur në figurën 5.4.

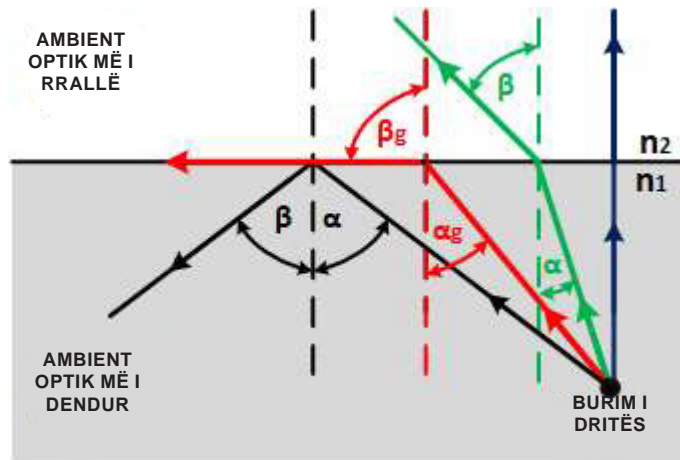


Fig. 5.4. Rrefleksioni total

Rrezja e dritës që bie normalisht mbi sipërfaqen kufitare nuk e ndryshon drejtimin e saj të lëvizjes. Kur rrezja e dritës bie mbi sipërfaqen kufitare midis një mjedisi optik më të dendur dhe një mjedisi optik më të rrallë, nën një kënd α , atëherë ajo thyhet nga normalja nën një kënd thyerjeje β . Sa më shumë të rritet këndi i rënies ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$), aq më shumë do të rritet edhe këndi i thyerjes ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$, përkatësisht). Vlera më e madhe që mund të marrë këndi i thyerjes β_g është 90° . Këndi i rënies α , në të cilin këndi i thyerjes $\beta_g = 90^\circ$, ku rrezja e përthyer e dritës përhapet përgjatë sipërfaqes kufitare, quhet **kënd kufitar** ose **këndi i rreflektimit total α_g** .

Këndi kufitar ose këndi i rreflektimit total α_g varet nga indekset e thyerjes së dy mjedisëve optike n_1 dhe n_2 :

$$\alpha_g = \frac{n_2}{n_1} \dots\dots\dots (5.1)$$

ku n_1 është indeksi i thyerjes së mjedisit optik më të dendur dhe n_2 është indeksi i thyerjes së mjedisit optik më të rrallë.

Për kënde më të mëdha se këndi kufitar α_g , drita që bie nuk do të kalojë në mjedisin optik më të rrallë, pra rrezja e dritës nuk thyhet, por reflektohet. Kjo dukuri quhet rreflektim total. Fenomeni i rreflektimit total është baza e transmetimit të sinjaleve të dritës përmes fibrave optike.

5.1. STRUKTURA E FIBRËS OPTIKE DHE PARIMI I PËRHAPJES SË DRITËS PËRMES SAJ

Fibrat optike (optical fibre) janë filamente qelqi (fije) me dimensione mikroni, me të cilat realizohet transmissioni i sinjaleve. Ato janë të holla, fibra elastike dhe të forta prej qelqi që nuk janë me strukturë homogjene. Fibrën optike të dy pjesët (bërthama dhe mbështjellja) janë prej qelqi, por me dallime të vogla në strukturën kimike, që kontribuon të kenë indekse të ndryshme thyerjeje. Që të mbrohet fibra nga ndikimet e jashtme, fibra vendoset në mbulesë plastike, gjegjësisht tub mbrojtës, i cili siguron mbrojtje mekanike. Mbrojtja realizohet me dy shtresa: tubi (Buffer) dhe gypi mbrojtës (Jacket).

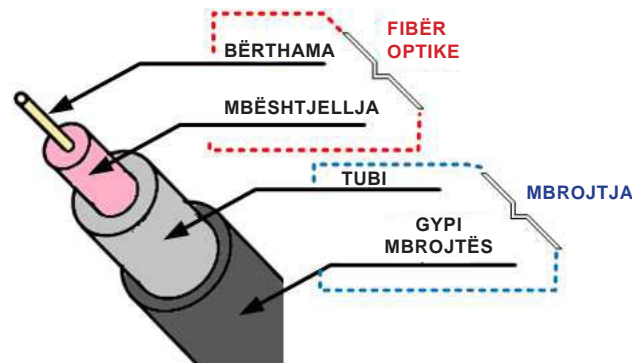


Fig. 5-5. Pjesët përbërëse të linjës optike

Fibra optike (bërthama dhe mbështjellësja) dhe mbrojtja (tubi dhe gypi mbrojtës), gjegjësisht të katër shtresat krijojnë kablo optike. Prerja tërthore e fibrës optike dhe pjesët e saj përbërëse për mbrojtje, gjegjësisht linja optike janë paraqitur në figurën 5-5.

Drita udhëton nëpër bërthamën e fibrës optike duke shfrytëzuar parimin e reflektimit total. Nëse indeksi i thyerjes i bërthamës është n_1 , ndërsa indeksi i thyerjes i mbështjellësës n_2 , atëherë kur $n_2 < n_1$ në bërthamën e linjës optike do të ketë reflektim, i treguar në figurën 5-6.

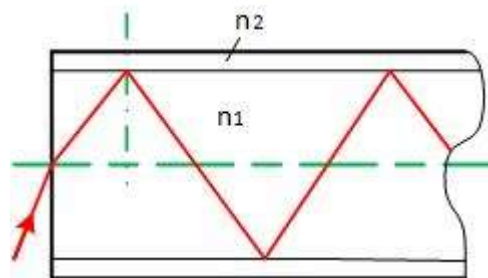


Fig. 5-6. Përhapje me reflektim total

Gjatë transmetimit të dritës përmes bërthamës optike, paraqitet efekti i reflektimit (kthimit) dhe difraksionit (përthyerjes) të dritës.

Reflektimi është rezultat i kthimit të dritës nga sipërfaqja kufitare midis bërthamës dhe mbështjellësit. Reflektimi sqarohet si efekt i përthyerjes së dritës gjatë rënies në sipërfaqen kufitare mes bërthamës dhe mbështjelljes, me ç'rast drita e përthyer vazhdon të lëviz përgjatë mbështjelljes. Nëse paraqitet difraksioni në linjën optike, kjo do të shkaktonte humbjen e dritës, gjegjësisht humbjen e informacioneve të mesazhit që transmetohet.

Që informacioni të përhapet përmes fibrës optike, ndërmjet dy sipërfaqeve kufitare të cilat në këtë rast janë të përbëra nga qelqi, duhet të plotësohet kushti që indekset e tyre të thyerjes të jenë $n_2 < n_1$ (ku n_2 është indeksi i thyerjes i shtresës së jashtme ose mbështjellësit).

Karakteristikat më të rëndësishme të fibrave optike janë:

- fibrat optike përdoren për transmetimin e sasive të mëdha të të dhënave, nga 100 Mbps deri në 1 Gbps;
- sinjali mund të transmetohet në distanca të mëdha, pa pasur nevojë për përforsim;
- shuarja e vogël e sinjalit;
- kapaciteti i madh informativ, për shkak të gjerësisë së madhe të brezit të frekuencave;
- rezistenca ndaj ndërhyrjeve të ndryshme të natyrës elektromagnetike, për shkak të karakterit dielektrik të linjës optike;
- dimensionet dhe peshat relativisht të vogla të elementeve të sistemit të transmetimit, për shkak të gjatësive të vogla të valëve të sinjaleve (rreth 50 μm në spektrin ultraviolet deri në rreth 100 μm në spektrin infra të kuq) dhe
- fibrat optike funksionojnë bazuar në parimin e reflektimit total.

Fibrat optike grupohen në varësi të mënyrës së përdorimit. Një tufë prej disa fibrave optike është dhënë në figurën 5.7.

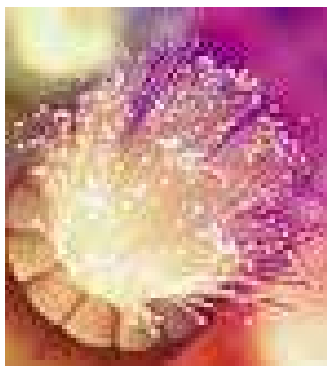


Fig. 5-7. Tufë prej disa fibrave optike

5.2. LLOJET E FIBRAVE OPTIKE

Ekzistojnë numër i madh grupeve dhe nëngrupeve të fibrave optike, por më shpesh përdoren dy ndarje:

- multimode – **MM (multi-mode optical fibre)**, domethënë fibra me shumë regjime
- monomode – **SM (singl- mode optical fibre)**, domethënë fibra me një regjim

Fibra bërthama e së cilës ka prerje tërthore më të madhe dhe transmeton më shumë rreze dritë me gjatësi valore të ndryshme quhet fibër optike multimode (MM). Nëse bërthama e fibrës që ka prerje tërthore të vogël dhe nëpër të përhapet dritë vetëm nëpër boshtin e saj, në linjë të drejtë, fibrat e tilla quhen fibra optike monomode (SM).

Prerja tërthore e bërthamës së fibrës monomode zakonisht është 9 μm , ndërsa prerja tërthore e fibrës dhe mbështjellëses rreth 125 μm .

Prerja tërthore e bërthamës së fibrës multimode është prej 50 μm ose 62,5 μm , ndërsa prerja tërthore e përgjithshme e fibrës rreth 125 μm . Prerja tërthore e bërthamës së fibrës multimode mund të jetë edhe deri në 100 μm . Në të tilla raste, prerja tërthore e fibrës është 140 μm . Së bashku me mbrojtjen primare nga plastika, diametri arrin trashësi të fijes së flokëve të njeriut, rreth 250 μm .

Modi është shtegu i veçantë që ndjek çdo rreze drite kur futet në bërthamën e fibrës optike. Ka fibra optike vetëm me një shteg (monomode), si dhe fibra optike që operojnë me disa shtigje (multimode).

Prerja tërthore së bashku me shtigjet e rrezeve të dritës në fibrat optike multimode tregohet në figurën 5-8 (a), ndërsa në fibrat optike monomode në figurën 5-5 (b).

Në fibrat multimode, diametri i bërthamës është më i madh, ndërsa më i madh është edhe numri i rrezeve që përhapen nëpër fibër. Gjatë transmetimit është e mundur që rrezet të përplasen dhe të vijë deri te interferenca e tyre, gjegjësisht asgjësimi, dhe me këtë edhe shuarja e tyre. Pra, në fibrat multimode shuarja është më e madhe, dhe me këtë më të vogla janë edhe distancat që mund të lidhen me to deri në 2 km, për dallim nga fibrat monomode që përdoren për transmetim në disa dhjetëra kilometra pa regjenerator. Gjithashtu, sinjali i daljes shumë më tepër deformohet në fibrat multimode, kështu që probabiliteti për gabime gjatë dekodimit është më i madh, gjegjësisht rritet gabimi në bita BER (Bit Error Rate).

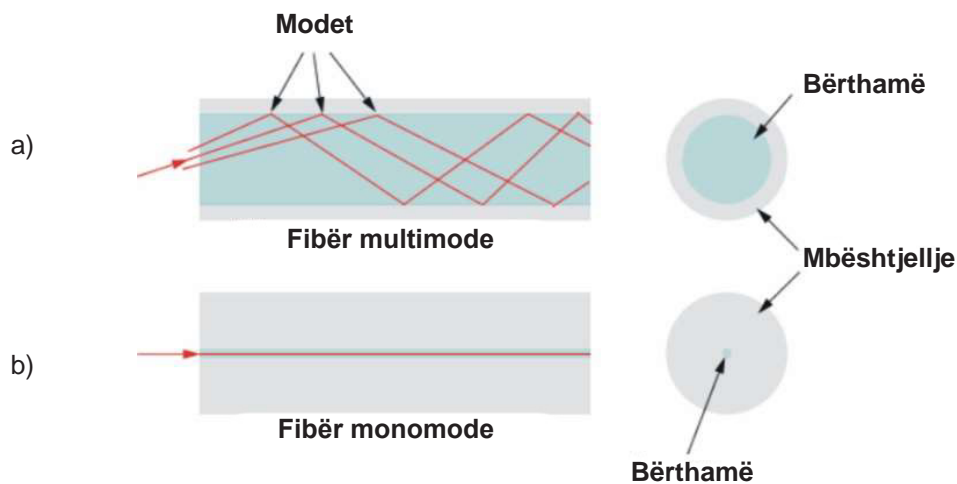


Fig. 5-8. Fibër optike multimode dhe monomode

Procesi teknologjik për prodhimin e fibrave optike është i thjeshtë, e me këtë edhe me çmim më të ulët, nëse prodhohet fibër me prerje tërthore më të madh të bërthamës. Në bërthamë më të gjerë, më lehtë depërton drita dhe transmetuesi nuk është shumë i fokusuar dhe më lehtë i pranon mesazhet. Kështu i gjithë sistemi optik është më i lirë dhe sistemet e tilla sot përdoren në rrjetat kompjuterike lokale. Me standardin ISO 11801, me të cilin përcaktohet struktura e rrjetave LAN, rekomandohen fibra multimode, edhe atë me prerje tërthore prej 62,5 μm (mbështjellësja është 125 μm , prandaj këto fibra shënohen si 62,5/125). Për distanca më të mëdha në telekomunikacione dominojnë fibrat optike monomode, edhe atë me shenjën 9/125, që do të thotë me prerje tërthore të bërthamës prej 9 μm dhe mbështjellëse prej 125 μm .

Është e njohur se të gjitha fibrat optike kanë bërthamë prej qelqi me indeks të caktuar të thyerjes, dhe mbështjellëse që ndodhet përreth bërthamës. Mbështjellësja është gjithashtu prej qelqi, por me indeks tjetër të thyerjes. Në bërthamë vjen drita nga burimi, por në një kënd të caktuar vjen deri te reflektimi total. Në varësi të konstruksionit, mënyra e reflektimit nga sipërfaqja kufizuese dhe prerja tërthore e fibrave optike, dallojmë tre lloje të fibrave optike:

- fibra optike multimode me indeks të thyerjes hap (step indeks);
- fibra optike multimode me indeks të thyerjes gradient, dhe
- fibra optike monomode me indeks të thyerjes shkallë.

Fibra multimode me indeks të thyerjes shkallë – Kjo fibër ka diametër prej 100 μm deri në 970 μm dhe mund të prodhohet prej qelqi, PVC ose plastika. Bërthama dhe mbështjellësja kanë indekse të ndryshme të thyerjes. Bërthama është e prodhuar vetëm nga një material.

Indeksi i thyerjes i bërthamës është n_1 , kështu që rrezja e dritës përmes fibrës përhapet në materialin e njëjtë dhe shtegu i saj është vijë e drejtë, ndërsa kur arrin në sipërfaqen kufizuese, reflektohet totalisht nga ajo. Këto janë të ashtuquajturat fibra step-indeks.

Pasi që diametri i bërthamës është i madh, përmes fibrës njëkohësisht përhapen shumë mode të ndryshme. Si rezultat i kësaj, kemi zgjerim të konsiderueshëm të impulsit në daljen e fibrës.

Fibra multimode me indeks të thyerjes gradient. Nëse bërthama është e prodhuar prej qelqi me indeks të thyerjes që nuk është i njëjtë në të gjitha pikat, atëherë rrezja nuk do të përhapet në vijë të drejtë. Çdo vend ku ndryshon indeksi i thyerjes sillet si sipërfaqe kufitare e vogël e cila e reflekton rrezën. Në fibrat multimode me indeks të thyerjes gradient, qendra e bërthamës ka indeks të thyerjes më të madh nga skajet e saj. Indeksi i thyerjes gradualisht zvogëlohet gradualisht duke shkuar nga qendra drejt pjesëve të jashtme të bërthamës. Prandaj, drita që përhapet nëpër qendër të bërthamës përhapet më ngadalë se drita që përhapet nëpër skajet e bërthamës. Drita që reflektohet nga shtresat kufitare ka rrugë më të gjatë, por përhapet me shpejtësi më të madhe, kështu që në dalje do të arrij në të njëjtën kohë me dritën që përhapet përmes qendrës. Me këtë është zvogëluar zgjerimi i padëshiruar i impulsit.

Fibra monomode me istep-indeks të thyerjes -Fibra monomode me step-indeks të thyerjes ka bërthamë me diametër prej 8-10 μm . Indeksi i thyerjes i bërthamës është pak më i madh se ai i mbështjellëses dhe nuk ndryshon në funksion të rradisit të bërthamës. Diametri i bërthamës është aq i vogël sa që mund të transmetojë vetëm një mode, me çka në masë të madhe është zvogëluar zgjerimi i impulsit në dalje.

Në figurën 5-9 është dhënë një paraqitje e parimit të transmetimit përmes fibrave optike.

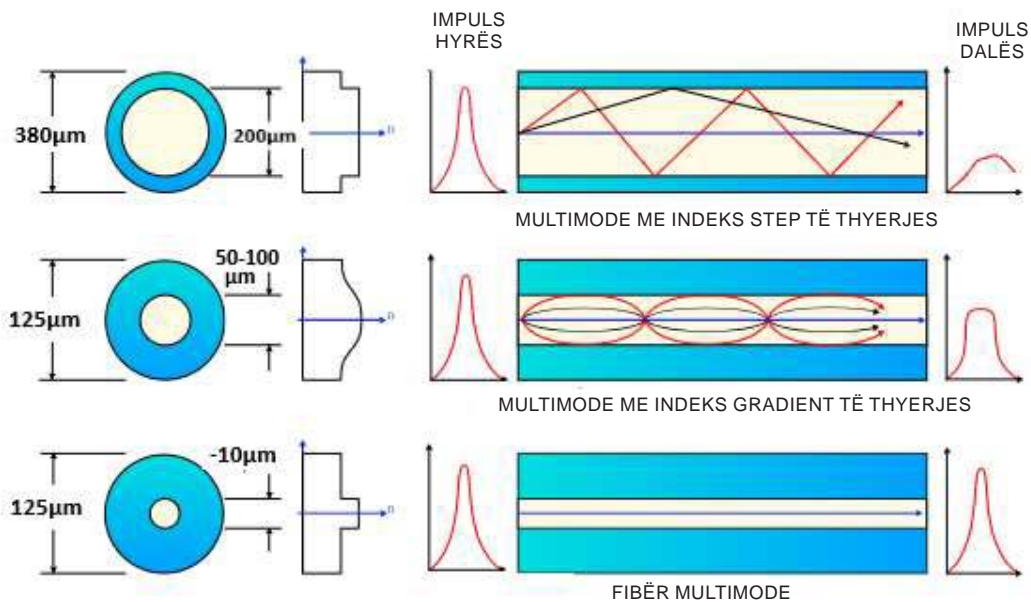


Fig. 5-9. Llojet e fibrave optike: multimode, me indeks step të thyerjes, multimode me indeks gradient të thyerjes dhe fibër monomode.

5.3. KARAKTERISTIKAT E TRANSMETIMIT TË FIBRAVE OPTIKE

5.3.1. Varësia e dobësimit nga gjatësia valore e dritës

Sot për transmetim të sinjaleve optike përdoret drita gjatësia valore e së cilës është në kufijtë mes brezit të dritës së dukshme dhe infrared. Është vërejtur se në këtë brez kufitar ka dobësim më të vogël gjatë kalimit të dritës përmes fibrës optike. Gjatësitë valore që përdoren në telekomunikacionet optike në të cilët ka dobësim të vogël të sinjalit të dritës quhen “**dritare optike**”.

Nëse kryejmë matje, ashtu që në fillim të fibrës optike saktësisht të gjatë një kilometër, vendosim transmetues të sinjaleve optike me gjatësi valore $0,70 \mu\text{m}$ dhe e përcaktojmë fuqinë në fund me marrës të caktuar, atëherë e matim fuqinë e sinjalit optik mes transmetuesit dhe marrësit. Matjen e përsërisim kështu që e zëvendësojmë çiftin transmetues– marrës me të ri që punon në gjatësi valore prej $0,75 \mu\text{m}$ dhe përsëri kryejmë matje të re, përsëri e zëvendësojmë çiftin transmetues-marrës me çifte të reja që punojnë në $0,80 \mu\text{m}$ (kështu i matim të gjitha gjatësitë valore në brezin prej $0,70 \mu\text{m}$ deri në $1,60 \mu\text{m}$, me hap prej $0,05 \mu\text{m}$). Vlerat e matura në këtë mënyrë i paraqesim grafikisht, ku është dhënë ndryshimi i dobësimit në gjatësinë njësi, gjegjësisht shuarja gjatësore α (dB/km). Varësia grafike e shuarjes gjatësore nga gjatësia valore është dhënë në figurën 5-10.

Në grafik dallojmë tri zona të gjatësive të valëve që përdoren në sistemet e komunikimit optik, dhe këto zona quhen “dritare optike”. Këto tri dritare janë zgjedhur për shkak të disa karakteristikave specifike të fibrës optike në ato gjatësi valore. Dritarja e parë është rreth 850 nm ; tek ajo, varësia e shuarjes nga gjatësia e valës është lineare. Dritarja e dytë është rreth 1300 nm ; tek ajo, dispersioni material dhe valor mes veti anulohen, prandaj paraqitet kromatik i barabartë me zero. Dritarja e tretë është rreth 1550 nm , me shuarje më të vogël prej $0,2 \text{ dB/km}$.

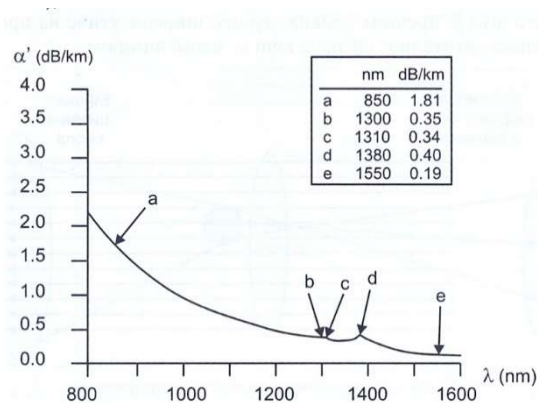


Fig. 5-10. Varësia grafike e shuarjes gjatësore nga gjatësia valore

Për transmetimin e sinjaleve optike përdoren transmetues dhe marrës të cilët emetojnë dritë (infrared) me gjatësi valore, të cilat ndodhen në dritaret optike, që të zvogëlohet dobësimi i sinjalit. Më mirë është kur shfrytëzohet dritarja e tretë optike, nëse çmimet e transmetuesit dhe marrësit që punojnë në këtë dritare optike nuk janë të lartë. Me përsosjen dhe uljen e kostos së komponentëve optikë, në vend të dritares së parë optike përdoret dritarja e dytë optike, ndërsa sot përdoret i gjithë brezi i frekuencave të dritares optike të dytë dhe të tretë.

Është e mundur që njëkohësisht të transmetohen më tepër sinjale të dritës me gjatësi valore të ndryshme në një dritare optike. Atëherë ka shfrytëzim më të mirë të potencialit të fibrave optike. Për realizimin e këtij transmetimi përdoren transmetues që japin sinjale me spektër të ngushtë, të cilat ndërlidhen njëri me tjetrin, por gjatë kësaj të mos ketë përzierje të sinjaleve.

Sistemet optike të cilët janë të realizuar në këtë mënyrë kryejnë multipleksimin sipas gjatësive valore dhe quhen sisteme WDM (Wavelength Division Multiplex). Ky është multipleski në frekuencë. Në figurën 5-11, është dhënë sistemi WDM me tre sinjale spektrat e të cilëve nuk mbi-vendosen. Dritat janë me ngjyra ose gjatësi valore të ndryshme dhe secila prej tyre bart kanal të ndryshëm të të dhënave.

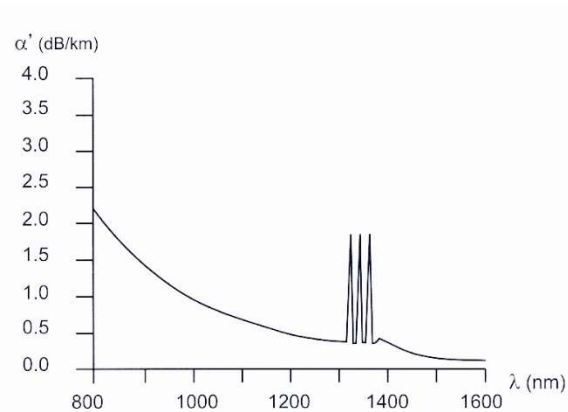


Fig. 5-11. Sistemi WDM me tre sinjale

DWDM (Dense wavelength-division multiplexing) është sistem prej 4 e më tepër gjatësive valore në dritaren e tretë optike; kryesisht përdoren prej 16 deri 40 gjatësi valore të ndryshme. Në laboratorët e Bell-it, në vitin 1997 u demonstrua përdorimi i sistemit WDM me 100 rreze, secili të punoj në 100 Gbps. Momentalisht, në përdorim komercial janë sistemet me 80 kanale prej 100 Gbps. Në sistemet më të reja, numri i frekuencave, gjegjësisht ngjyrave, është deri në 160. Në planifikim janë edhe sistemet me 240 gjatësi valore të multipleksuara. Në figurën 5-12 është dhënë multipleski i gjatësive valore DWDM.

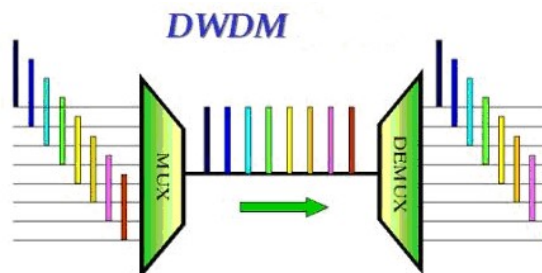


Fig. 5-12 Multipleksimi gjatësive valore DWDM

Zbatim të madh kanë edhe sistemet me 8 gjatësi valore CWDM (CoarseWDM). Ata kanë çmim më të ulët sepse nuk kanë nevojë për laser të qëndrueshëm në temperaturë.

5.3.2. Transmetimi dhe humbjet gjatë transmetimit me fibra optike

Transmetimi me ndihmën e fibrave optike dhe llojet e humbjeve që shfaqen gjatë transmetimit, si dhe përdorimi i llojeve të ndryshme të fibrave optike, varen nga karakteristikat e transmetimit. Karakteristika transmetuese tipike të linjave të dritës janë: hapja numerike, shpejtësia e përhapjes, shuarja, dispersioni, gjerësia e brezit të lëshimit dhe numri i modave.

Faktor kyç që ndikon në sjelljen e dritës në bërthamën e fibrës është **hapja numerike** ose apertura numerike (NA) e fibrës. Për të marrë sa më shumë dritë laserike në marrës, është e nevojshme të përdoret një metodë sa më efikase për futjen e dritës në bërthamë.

Hapja numerike është hapësira përpara linjës së dritës në të cilën bien rrezet e dritës. Në figurën 5-13, është dhënë hapësira e rënies së mundshme.

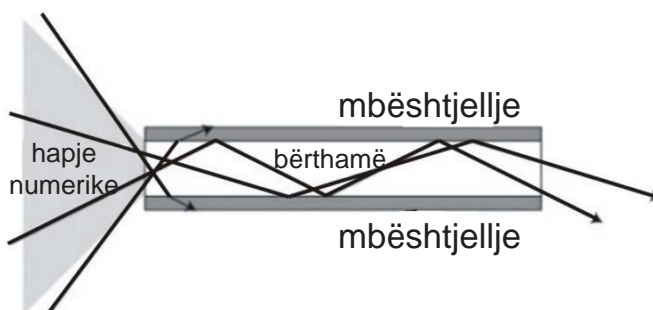


Fig. 5-13. Hapja numerike

Aperturën numerike mund ta imagjinojmë si një hinkë përpara bërthamës, e cila e drejton dritën brenda. Çdo tufë drite që hyn me një kënd më të madh se këndi i caktuar nga hinka do të humbet në mbështjellëse, sepse nuk do të reflektohet nga sipërfaqja kufitare midis bërthamës dhe mbështjellëses, por do të thyhet dhe do të udhëtojë përmes mbështjellësit.

Në fibrat optike me shumë mode në të cilat hyjnë më tepër rreze drite, të gjitha ato kanë kënde hyrëse të ndryshëm. Këndi i hyrjes që ndodhet brenda hapësirës së aperturës numerike përcakton edhe modën, rrugën e lëvizjes nëpër linjën e dritës përhapja e të cilës është me reflektim total. Apertura numerike e fibrës optike varet nga indeksi i thyerjes së bërthamës (n_1) dhe mbështjellësit (n_2).

$$NA = \sin \theta = \sqrt{(n_1)^2 - (n_2)^2} \dots\dots\dots (5-1)$$

ku θ është këndi i rënies i tufës së dritës.

Nga indeksi i thyerjes n varen edhe disa parametra të fibrës optike, siç janë:

Shpejtësia e përhapjes. Shpejtësia e përhapjes përmes fibrës optike është e njëjtë me shpejtësinë e dritës, por varet në raport të zhdrejtë nga indeksi i thyerjes së mjedisit nëpër të cilin përhapet, gjegjësisht, bërthama

$$v = C_0/n \dots\dots\dots (5-2)$$

ku C_0 është shpejtësia e dritës në mjeddis bosh (ajër).

Dispersioni është fenomeni i zgjerimit të impulsit të dritës kur ai udhëton nëpër fibrën optike. Dallojmë dy lloje të dispersioneve: dispersion modal dhe kromatik.

- Dispersioni modal paraqitet vetëm në fibrat multimode. Ai është rezultat i asaj se drita kalon rrugë të ndryshme nëpër fibër dhe në skajin e largët arrin me vonesë të caktuar.
- Dispersioni kromatik është rezultat i faktit se burimet e dritës nuk emitojnë dritë „monokromatike“ me gjatësi valore të njëjtë, por burimet emitojnë dritë në një spektër të caktuar të gjatësisë valore. Ky spektër është i ngushtë, jo shumë i gjerë, por megjithatë fakt është se disa karakteristika të fibrave varen nga gjatësia valore dhe gjatësi valore të ndryshme lëvizin me shpejtësi të ndryshme, çka rezulton në paraqitjen e dispersionit kromatik. Dispersioni kromatik ndahet në dispersion material dhe valor.

Dobësimi – shuarja e dritës është poashtu parametër i rëndësishëm gjatë transmetimit përmes linjës optike. Kur drita udhëton nëpër bërthamë, shuarja mund të shkaktohet nga katër arsye: absorbimi, shpërndarja, makro mbështjellja dhe mikro mbështjellja.

- Absorbimi paraqitet si pasojë e ekzistencës së papastërtive të caktuara në bërthamën e qelqit.
- Shpërndarja paraqitet kur drita godet në pozitë të caktuar në materialin me dendësi të ndryshme.
- Makro mbështjellja është mbështjellja e fibrës optike që është më e madhe se sa radiusi i lejuar e mbështjellëses së fibrës, duke shkaktuar që drita ta lëshojë bërthamën dhe të udhëtojë nëpër mbështjellëse (zakonisht, makro mbështjellja ndodh për shkak të instalimit të keq).
- Mikro mbështjellja është shtrembërim mikroskopik në fibrën optike e cila shkakton që drita ta lëshojë bërthamën dhe të udhëtojë nëpër mbështjellësen (mikro mbështjellja është rezultat i problemeve të caktuara në procesin e prodhimit). Burimi optik dhe marrësi duhet të jetë i lidhur me fibrën e njëjtë.

Gjerësia e brezit të lëshimit të linjave optike e përcakton brezin e frekuencave në të cilin amplitudat e impulseve nuk zvogëlohen për gjysmë, gjegjësisht zvogëlim për 3dB. Gjerësia e brezit është e lidhur ngushtë me dispersionin në linjën optike dhe për disa linja optike është:

- në fibrat optike multimode me indeks-step të thyerjes, brezi i lëshimit është disa dhjetëra MHz në 1 km;
- në fibrat optike multimode me indeks të vazhduar të thyerjes, gradient, brezi i lëshimit është disa qindra MHz në 1 km;
- në fibrat optike monomode me indeks shkallë të thyerjes (step indeks), brezi i lëshimit është mijëra MHz në 1km.

Ky produkt e definon cilësinë e transmetimit përmes linjës optike.

Për shembull, linjë optike me brez lëshimi prej 200 MHz në 1km, ka aftësinë për të transmetuar: 200 MHz në 1 km, ose 400 MHz në 0,5 km, ose 100 MHz në 2 km.

Numri i modeve udhëheqëse në fibrat optike varet nga: diametri i bërthamës, gjatësia valore dhe nga hapja numerike.

5.3.3. Kabllot optike

Kabllot optike është grup i më tepër moduleve optike të cilët janë të bashkuar në mënyrë të përcaktuar. Fibrat optike dhe modulet optike në kabllot mund të vendosen në mënyra të ndryshme. Në figurën 5-14 janë dhënë disa realizime të kabllot optike.



Fig. 5-14. Kabllot optike

Në varësi të realizimit, kabllot optike mund të ndahen në dy grupe: kabllot me strukturë të fortë dhe kabllot me strukturë të butë.

Për **kabllo me një** strukturë të ngurtë, atribuohen karakteristikat e mëposhtme:

- Mbrojtja primare është një nga silici shumë i butë, rrëshira ose nga akrila, me një trashësi prej 0,1 mm deri në 0,2 mm.
- Direkt mbi mbrojtësen primare gjendet shtresa e mbrojtjes sekondare nga poliesteri, poliamidi ose polyolefini, me trashësi prej 0,1 deri në 0,3 mm.
- Diametri i fijos optike është zakonisht nga 0,6 deri në 1,2 mm.



Fig. 5-15. Kablloja optike me fibra të vendosur në mënyrë koncentrike

Në figurën 5-15 është paraqitur prerja tërthore e një kablloje optike me vendosje koncentrike të fibrave, ku: 1 – është mbështjellësja mbrojtëse, 2 – masa e mpiksuar, 3 – fibra optike, 4 – bërthama plastike. Në këto kablllo mund të arrihet densitet i lartë i paketimit të fibrave dhe lakueshmëri e lartë. Këta kablllo përballojnë ngarkesa nga goditjet dhe presione të larta të përkohshme. Që të mund të përballohen temperatura shumë të ulëta dhe të larta, përpunimi i fibrave optike kërkon saktësi gjeometrike të madhe dhe uniforme të karakteristikave fizike të mbrojtjes primare dhe sekondare. Kabllot e tilla mund të punojnë në brez të temperaturave prej -55°C deri në $+70^{\circ}\text{C}$.

Kabllo me strukturë të butë. Kabllot me strukturë të butë mund të jetë: kablllo me ulluqe dhe kablllo me tuba.

Kabllo me ulluqe. – modulet klasike dhe me ulluqe janë të organizuar në mënyrë koncentrike, ngjashëm si në kabllot simetrike (fig. 5-16). Në elementin qendror, i cili është prej çeliku, gjendet profil nga plastika e fortë, për shembull me 6 ulluqe. Ulluqet janë ose në formë të vidës ose në formë të sinusoidës. Në ulluqe, pa tendosje janë vendosur fibra optike (një ose më shumë në çdo ulluk). Ulluqet mund të jenë të mbushura me lëng të pleksur ose vaj. Mbi profilin plastik është vendosur mbështjellje prej shiritave plastik – veshje polietileni. Modulet në shirit renditen ashtu që dy skajet mbeten bosh për shkak të mbrojtjes.



Fig. 5-16. Kabllot optike të vendosura në formë tuba

Përveç fibrave optike, në bërthamën e kablllos futen edhe **elemente për përforcim**, të cilët i mbrojnë fibrat optike nga tërheqja dhe nga ndërprerja. Për këtë qëllim zakonisht përdoren: tela prej çeliku, alumini ose bakri; fije nga poliesteri, qelq ose karbon; disa fibra të përdredhura nga materiali plastik etj. Elementet për përforcimin mund të vendosen: në mesin e bërthamës, periferi të bërthamës ose rreth bërthamës. Elementet tjera janë: mbrojtja e jashtme, e cila është metalike, dhe lloje të ndryshme të materialeve plastike për mbushjen e kablllove.

Shënimi i kabllave optike bëhet me shkronja ose shifra, edhe atë: TO-TK– kablllo me fibra linje optike.

Kabllot optike me fibra me më tepër mode e kanë shënimin e mëposhtëm:

TO MM ab nxAxNxBxS,

ku:

MM– shënon fibra me më shumë mode (Multi Mode);

ab– shenja numerike për armaturën e kabllave (13–polietilen, 14– PVC, 15– me vaj);

n – numri i fibrave;

A– shenja numerike për shuarjen [dB/km];

N – me numër romak– gjatësia valore (I-850 mm, II-1.300 mm);

B – brezi i frekuencave (MHz/km);

S – tregues shtesë për konstruksionin.

Vendosja e kabllave optike në tokë është e ngjashme me teknikën konvencionale të vënies së kabllave-TK prej bakri në kanalizimin kabllor. Gjatë instalimit të kabllave optike kujdes i veçantë i kushtohet mbrojtjes nga goditjet, ngarkesave, si dhe mbrojtja nga brejtësit. Gjatë vendosjes përdoren plugje dhe rrotëza me automjete, ose vendosen me dorë.

Tërheqja e kabllave optike në kanalizimin kabllor bëhet me ndihmën e një rrjedhje të ajrit të kompresuar. Që të shfrytëzohet hapësira e kanalizimit kabllor (për shembull, në tub me diametër prej 100 mm), së pari tërhiqen tre ose katër tuba shtesë me diametër të jashtëm, prej 35 mm deri në 40 mm, dhe pastaj në të vendosen kabllot optike me diametër prej 23 mm.

Kabllot optike mund të vendosen edhe mbi tokë, si pjesë e rrjetave ajrore. Vendosja e tillë e kabllave optike është e ngjashme me mënyrën konvencionale të vendosjes së linjave ajrore. Gjatë kësaj, mund të shfrytëzohet edhe infrastruktura e transmetimeve të tjera. Kështu, për shembull, mund të përdoren rrjetat në transportit hekurudhor. Gjatë kësaj vendosje duhet marrë parasysh ndikimet e jashtme (temperatura, era, etj.).

Kabllot optike vendosen edhe në ndërtesa, si dhe në hapësira të caktuara. Gjatë kësaj merret parasysh bashkimi i fibrave optike, i cili mund të jetë:

- me nxehtësi (me saldim termik), gjatë së cilës janë të mundshme shuarje prej 0,1 dB, ose
- me fiksion mekanik, gjatë të cilit janë të mundshëm shuarje deri në 0,3 dB.

Kabllot optike të bashkuara vendosen në shtëpiza, gjegjësisht në bashkues optik.

5.4. KONVERTUESIT ELEKTRO-OPTIKË

Në sistemin e komunikimit optik, sinjali elektrik në dalje të transmetuesit, me ndihmën e konvertuesve elektro-optikë (lasera dhe dioda drite), shndërrohet në sinjal drite, ndërsa në hyrje të marrësit, me ndihmën e fotodetektorëve, sinjali i dritës shndërrohet përsëri në sinjal elektrik. Pra, fotoelementet kanë rol dhe vend të rëndësishëm në sistemet me fibra optike. Pajisjet optike më të përdorura që shndërrojnë sinjalin elektrik nga transmetuesi në dritë janë:

- Burimet LD (Laser diode) të dritës koherente, të cilat janë më të ndjeshëm ndaj ndryshimeve të temperaturës, por janë më të kushtueshëm;
- Burimet LED (Light emitting diode) të dritës jokohërente, të cilat janë shumë të sigurt në punë dhe më të lira.

Kur transmetimi është me sinjale të moduluara në amplitudë, atëherë bëhet ndryshimi i intensitetit të dritës së burimit optik, ndërsa kur transmetimi është me sinjale të moduluara digjitale, atëherë kemi impulse drite me gjatësi ose pozicione të ndryshueshme.

Në figurën 5-17 është dhënë një kablo optike me fotoelement diodë-LED.

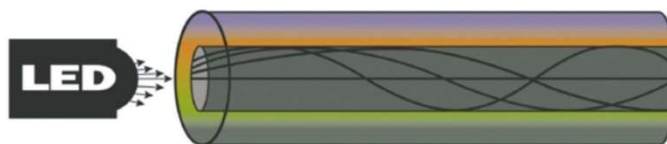


Fig. 5-17. Kablo multimode me diodë-LED foto emituese

Si marrës optik në anën e transmetuesit përdoren detektorë të ndjeshëm ndaj dritës, në të cilët bëhet konvertimi i dritës në sinjal elektrik. Në anën e marrësit zakonisht përdoren:

- Fotodioda PIN;
- Fotodioda labirint APD (Avalansh photo diode);

Drita që përdoret për transmetimin e informacionit është në brezin nga 10^{14} Hz deri në 10^{15} Hz ose (300 nm deri në 3 μm). Në këtë brez përdoren disa pjesë ose dritare, si:

- dritarja e parë (first FW) në 850 nm;
- dritarja e dytë (second SW) në 1.300 nm;
- dritarja e tretë (third TW) në 1.500 nm;
- dritarja e dyfishtë (double DW) kombinim i dy dritareve.

5.4.1. Fotodioda

Fotodiodat janë elemente gjysmëpërçuese, përçueshmëria elektrike e të cilave ndryshon në varësi të dritës. Gjatë polarizimit të kundërt, pa ekspozim ndaj dritës, nëpër diodë kalon një rrymë shumë e vogël e quajtur rryma e errësirës. Nëse fotodioda me polarizim invers ekspozohet ndaj një rrezeje drite, përmes diodës do të fillojë të kalojë rrymë, e cila do të jetë proporcionale me intensitetin e dritës. Nëse fotodioda polarizohet direkt, ajo kalon në një regjim jolinear të punës, i cili nuk mund të përdoret për detektimin e dritës.

Për diodat e silicit, ndjeshmëria është më e lartë për gjatësinë valore prej rreth 900 nm. Fotodiodat kanë karakteristikë të mirë frekuencash (inerçi të vogël); varësia e rrymës nga fluksi i dritës është linear.

Një mangësi e fotodiodës është rritja e shpejtë e rrymës së errësirës, **në varësi të temperaturës** edhe për vlerat e saj të vogla. Prandaj, fotodiodat zakonisht përdoren së bashku me përforcues transistorësh.

5.4.2. Dioda – LED (Light Emitting Diode)

Dioda LED ose e dritës është element gjysmëpërçues me një bashkim **pn** në të cilin energjia elektrike shndërrohet në energji të dritës.

Funksionimi i LED-diodës është i kundërt me atë të fotodiodës. Kur polarizohet drejtpërdrejt (anoda me potencial më të lartë se katoda), dioda emiton dritë. Gjatë përplasjes së elektroneve me atomet vjen deri te lirimi i energjisë, d.m.th., fotoneve (grimcave elementare të dritës). Ky fenomen quhet efekti i elektrolumineshencës, i cili paraqitet në të gjitha bashkimet pn, por është lehtësisht i dukshëm vetëm te disa materiale gjysmëpërçuese. Çfarë ngjyre do të ketë drita, varet nga materiali me të cilin është prodhuar dioda. Arsenidi i galiunit jep dritë infra të kuqe, galium fosfidi jep dritë të kuqe të dukshme, ndërsa arsenidi i galiunit fosfidit, në varësi të sasisë së fosforit, mund të japë dritë jeshile ose të verdhë. Diodat infra të kuqe përdoren në telefonat celularë, telekomandat, sensorët, në robotikë, për incizime gjatë natës.

Çdo diodë ka rrymën e saj të punës (e rendit rreth 20 mA) gjatë së cilës dioda ndriçon më fort. Për rryma më të vogla, dioda ndriçon dobët ose nuk ndriçon fare, ndërsa për rryma më të mëdha mund të dëmtohet. Për këtë rrymë të punës korrespondon edhe një tension pune përkatës (LED e kuqe, $U_D = 1.6$ V; LED portokalli, $U_D = 2$ V; LED e verdhë, e gjelbër, $U_D = 2.4$ V; LED e kaltër, $U_D = 3.4$ V).

Diodat e dritës janë të integruara në shtëpiza plastike ose metalike me formë cilindrike, sipërfaqja e sipërme e të cilave është prej materiali transparente. Shpesh here mund të shtohet një lentë për fokusimin e tufës së dritës ose një filtër optik i cili do të ndryshojë ngjyrën e dritës. Anët e mira të diodave LED janë: funksionimi në tensione të ulëta dhe konsumi i vogël i energjisë, shpejtësia e lartë e reagimit, jetëgjatësia e madhe e punës, brez i gjerë i temperaturave të punës dhe rezistenca e lartë mekanike. Disavantazhe janë: varësinë e fuqisë së rrezatimit të dritës nga temperatura, ndjeshmërinë ndaj rritjes së tensionit dhe rrymës.

5.4.3. Laserët

Laserët janë gjeneratorë optikë cilësorë të valëve të dritës që janë rreptësisht monokromatike dhe koherente, në pjesën e dukshme, infra të kuqe dhe ultravjollcë të spektrit, të fituara përmes emisionit të stimuluar. Emri **LASER** (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) nënkupton përforsimin e dritës përmes emisionit të stimuluar të rrezatimit.

Laseri i parë që funksiononte në brezin optik ishte laseri me rubin, i ndërtuar në vitin 1960.

Llojet e laserëve: Në praktikë përdoren disa lloje laserësh. Në varësi të mjedisit aktiv, laserët mund të ndahen në laser me mjedis në gjendje të ngurtë, gazi dhe të lëngët. Në një grup të veçantë të laserëve futen laserët gjysmëpërçues.

Sipas metodës së stimulimit të atomeve, laserët mund të jenë: optik, termik, kimik, stimulim me rreze elektronike me energji të lartë, elektrojonizues etj.

Në lidhje me përbërjen e brendshme të mjedisit aktiv, laserët mund të ndahen në: atomikë, molekularë dhe jonikë. Ndërsa sipas regjimit të punës, ndahen në laserë kontinualë (laseri He-Ne), impulsivë (laseri rubin) dhe impulsivë-periodikë. Sipas gjatësisë së valës së dritës që emetojnë, laserët ndahen në: laser për dritë infra të kuqe (të afërt dhe të largët), të dukshme, ultravjollcë dhe dritë rentgen.

Në varësi të shpërndarjes së dritës, laserët mund të jenë: kontinualë dhe impulsivë. Te laserët kontinualë, drita është e vazhdueshme në kohë, ndërsa te laserët impulsivë, drita ndryshon periodikisht me kohën. Laserët me rrezatim kontinual zakonisht janë me fuqi të ulët (deri në 100 mW) dhe kryesisht janë në brezin e dritës së kuqe ose infra të kuqe. Si material aktiv, dhe njëkohësisht si rezonator përdoren pllaka gjysmëpërçuese (ang. chip) të llojit GaAs, InP, GaSb. Këto pllaka prodhohen masivisht dhe përdoren gjerësisht, për shkak të teknologjisë së thjeshtë të prodhimit dhe kostos së ulët.

Pjesët kryesore të çdo lasëri janë:

- **mjedisi i punës** – mjedisi aktiv, ku ka kushte për polarizim të kundërt të niveleve energjetike, e me të edhe krijimin e emisionit të stimuluar;
- **sistemi i stimulimit** ose ndriçimi impulsiv i atomeve (për krijimin e polarizimit të kundërt në mjedisin aktiv);
- **rezonatori optik** – pasqyra për ndarjen e rrezes së fotoneve në drejtimin e zgjedhur dhe formimin e një rrezeje të dritës koherente me një gjatësi valore të caktuar;
- **sistemi për ftohje.**

Skema optike e laserit është e dhënë në figurën 5-18.

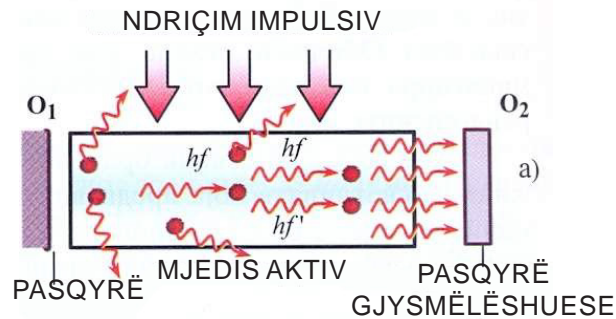


Fig. 5-18. Skema e laserit

Rrezatimi i laserit paraqitet si rezultat i rikombinimit të elektroneve dhe vrimave brenda vetë gjysmëpërçuesit kur në skajet e tij sillen një tension i caktuar. Gjatësia valore nominale e emisionit (ngjyra) përcaktohet nga lloji i gjysmëpërçuesit, rryma që kalon përmes tij dhe temperatura.

Vetitë kryesore të dritës laserike, siç janë: koherenca kohore hapësinore, monokromaticiteti i lartë, divergjencia e vogël, intensiteti i madh, fokusimi i lehtë në sipërfaqe të vogla, kanë gjetur përdorim të madh në shkencë dhe teknikë.

Për shkak të koherencës së madhe, drita laserike është më e mirë për modulim sesa radiovalët. Duke qenë se drita laserike ka frekuencë një milion herë më të lartë se radiovalët, gjithashtu më e madhe është edhe sasia e informacionit (tingulli dhe imazhi) që transmetohet.

5.5. MODULET OPTIKE

Moduli optik është grup i fibra optike që janë të lidhura në një mënyrë të caktuar dhe vendosen në një mbështjellës mbrojtës. Kanë dizajne të ndryshme që përcaktojnë rezistencën e tyre mekanike. Ndërmjet bërthamës dhe mbështjellësit mbrojtës ndodhet buferi ose tubi. Sot përdoren tre lloje kryesore të moduleve:

- Modulet klasike: në të cilët fibrat optike janë të renditur lirshëm në rrethe të koncentruara, si te kabllot simetrike (shih fig. 5-19 (a)).
- Modulet me kanale: në të cilët fibrat janë vendosur lirshëm në kanale në periferinë e një mbajtësi cilindrik prej plastike. Forma e kanaleve mund të jetë katrore, trekëndëshe ose gjysmërrumbullake. Normale është që në përbërjen e tyre të ketë edhe element për shkarkimin mekanik (për shembull, një tel çeliku) (shih fig. 5-19 (b)).
- Modulet me shirita: në të cilët fibra të veçantë të mbrojtur dhe të pambrojtur janë vendosur në shirita të veçantë nga alumini i plastifikuar ose poliester (shih fig. 5-19 (c)).

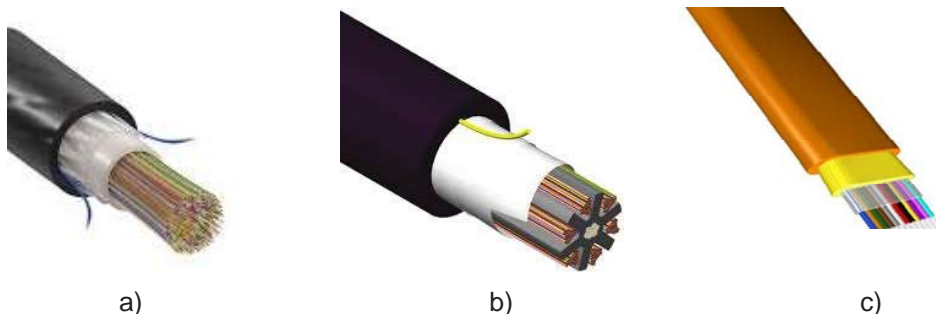


Fig. 5-19. Modulet optike: (a) moduli klasik, (b) moduli me kanale, (c) moduli me shirita

Çdo fibër është mekanikisht e mbrojtur me një mbështjellëse e një lloji të plastikës. Mënyra se si fibra është vendosur në këtë mbrojtje përcakton se ku mund të përdoret kabloja, nëse kabloja është e përshtatshme për instalim në ndërtesa ose mund të instalohet jashtë. Në kabllo të përdoren vetëm për instalim të brendshëm, kjo mbështjellje mbrojtëse është e vendosur drejtpërdrejt në fibër dhe është ngushtë e bashkuar me të (tight buffer), ose në një tub të fortë.

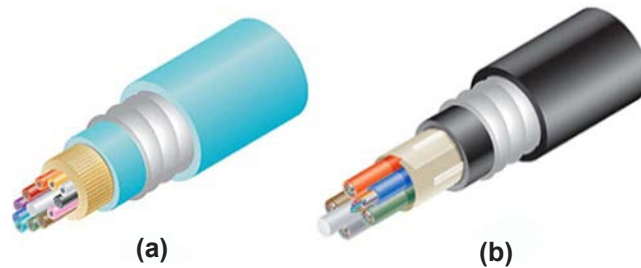


Fig. 5-20. Dizajni i fibrave optike: (a) tub i fortë, (b) tub i butë

Në kabllo të janë për instalim të jashtëm, midis fibrave dhe mbrojtjes ndodhet një shtresë e gel amorf (loose tube), ose tub i butë. Në figurën 5-20 janë dhënë të dy llojet e dizajneve të kabllove optike. Me ndryshimin e temperaturës, ndodh zgjerimi dhe çarja e mbrojtjes. Tek tubi i butë (loose tube), një pjesë e presionit kalon te geli, kështu që ky lloj kablloje mund të përdoret për instalim të jashtëm.

PËRMBLEDHJE:

- **Fibra optike ose linja optike është medium për transmetim përmes të cilit transmetohen më tepër sinjale në të njëjtën kohë në drejtimin e njëjtë. Fibra optike përbëhet nga bërthama prej qelqi dhe mbështjellja e qelqit mbi të cilën ndodhet mbrojtja plastike. Fibrat optike mund të jenë monomode dhe multimode.**
- **Përgjatë gjatësisë së fibrës optike transmetohet sinjal i dritës me gjatësi valore në brezin prej 800 deri në 1.600 nm.**
- **Pjesë themelore të sistemit optik janë transmetuesi, linja optike dhe marrësi i dritës.**
- **Transmetuesi mund të jetë një laser apo diodë LED. Marrësi mund të jetë një fotodiodë PIN ose APD.**
- **Veti të mirë të fibrës optike janë: dimensionet dhe pesha e vogël, nuk është e ndejshme ndaj ndikimeve elektromagnetike, nëpër një fibër transmetohet një numër i madh i sinjaleve, ka shuarje të vogël dhe kërkohet numër i vogël i përforcuesve, nuk janë të dëmshme për shëndetin e njeriut dhe janë ekonomike.**
- **Dritaret optike janë zona të gjatësive valore në të cilat shuarja e sinjalit të dritës është e vogël. Ekzistojnë tri dritare optike: I (rreth 0,85 μm), II (rreth 1,3 μm) dhe III (rreth 1,55 μm), me shuarje më të vogël.**
- **Zgjedhja e dritares optike në të cilën do të punojë sistemi përfshin përzgjedhjen e transmetuesit dhe marrësit që funksionojnë në gjatësinë valore që është brenda intervalit të dritares së fibrës përkatëse**
- **Kabloja optike që ka më tepër fibra optike ka rolin e mbrojtjes së fibrës nga ndikimet mekanike të mjedisit.**
- **Kabllo me strukturë të fortë, konstruksion, përdoren për instalimet. Kabllo me bërthamë me strukturë të butë vendosen në tokë ose kanalizimin kabllor.**

- **Hapja numerike përcakton vlerën maksimale të këndit rënës të dritës nga mjedis i jashtëm në brendësi të fibrës, gjatë së cilës vjen deri te reflektimi total në kufirin e mbështjellëses dhe fibrës.**

PYETJE DHE DETYRA:

1. Cila gjatësi valore e sinjalit të dritës transmetohet përmes fibrës optike?
2. Ç'është fibra optike?
3. Si ndahen fibrat optike sipas funksionit?
4. Shpjegoni nocionin dritare optike!
5. Si ndahen kabllo optike në varësi të konstruksionit?
6. Shpjegoni strukturën e kabllove optike!
7. Cilat janë karakteristikat e laserit?
8. Ku përdoren bërthamat me strukturë të butë?
9. Çka tregojnë shenjat e kabllove optike:
 - a. TO MM 09 19 29 R6 x1x30x600C M A
 - b. TO SM 03 4 x 0,8 x 3,5 11x CAN

Rrethoni përgjigjen e saktë:

10. Çfarë domethënie kanë shkronjat MM në shenjen e kabllove optike me fibra me më tepër mode TO MM ab nxAxNxBS
 - a. fibra multimode
 - b. fibra monomode
 - c. numri i modeve
 - d. numri i moduleve
11. Cilat kabllo optike duhet t'i zgjedhim nëse duam të arrijmë transmetim më cilësor të sinjaleve?
 - a. me shirita
 - b. me ulluqe
 - c. klasike
 - d. standarde
12. Sa është trashësia e fibrës optike multimode me indeks step të thyerjes?
 - a. nga 100 deri në 970 μ m
 - b. nga 100 deri në 970nm
 - c. 1.970 μ m
 - d. 10 μ m
13. Ç'është grupi i fibrave optike që janë të bashkuar së bashku në një farë mënyre?
 - a. modul optik
 - b. kabllo optike
 - c. linjë optike
 - d. mod optik
14. Nga se varet hapja numerike e fibrës optike?
 - a. nga indeksi i thyerjes
 - b. nga trashësia e bërthamës
 - c. nga materiali i mbështjelljes
 - d. nga shpejtësia e përhapjes

Njësia modulare 6: Antenat

Në këtë njësi modulare përpunohen:

1. Roli i antenave
2. Përhapja e drejtuar e valëve elektromagnetike nga antenat

Pas mësimit të kësaj njësie modulare, nxënësit do të jenë në gjendje:

1. Theksojnë parametrat bazë të antenave
2. Të shpjegojnë parimin e transmetimit satelitor
3. Të dallojnë llojet e antenave dhe aplikimin e tyre

6. ANTENAT

Lidhja mes transmetuesit dhe marrësit realizohet me ndihmën e valëve elektromagnetike që i emiton transmetuesi, ndërsa i pranon marrësi. Kjo lidhje zakonisht përdor antenna, si pajisje elektrike me ndihmën e të cilave emitohen dhe merren valët elektromagnetike dhe konvertohen në tension elektrik. **Antenat** janë pajisje elektrike të cilat kanë rolin që nga valët elektromagnetike të marrin sa më shumë energji që të jetë e mundur dhe ta konvertojnë në sinjal elektrik dhe anasjelltas.

Antena mund të jenë *transmetuese* dhe *marrëse*. Antenat në mënyrë efikase do ti kryejnë të dy funksionet, emitimin dhe marrjen e energjisë, vetëm për një brez të caktuar të frekuencave. Varësisht nga gjerësia e brezit të frekuencave për të cilin antenna është aftësuar, dallojmë: antenna rezonante (me brez të ngushtë) dhe antenna aperiodike (me brez të gjerë).

Sipas konstruksionit të tyre, antenat mund të jenë nga më të ndryshmet. Zakonisht dallohen sipas vendit të përdorimit, prandaj kemi: antenna televizive, antenna për valë UHF, antenna për transmetim satelitor, radio antenna etj. Dallimi kryesor në mes të antenave televizive dhe antenave-UHF, nga njëra anë, dhe radioantenave, nga ana tjetër, është në atë se të parat janë antenna rezonante, për dallim nga radioantenat që nuk janë rezonante. Antena rezonante do të thotë se antenna është e ndër-tuar vetëm për një brez rezonant të frekuencave, gjegjësisht për marrje të vetëm një vale hyrëse.

Kjo veti e antenave televizive dhe antenave UHF kërkon përlllogaritje të saktë të pjesëve të tyre strukturore, sepse rezonanca e antenave arrihet duke përdorur gjatësi rezonante për elementet e antenave. Një numër i madh i antenave janë të kombinuara. Kombinimi është bërë me më shumë antenna rezonante, dhe secila prej tyre mbulon një brez të caktuar të kanaleve.

6.1. ROLI I ANTENËS

6.1.1. Transmetimi me valë elektromagnetike

Në fushën e komunikimeve pa tel, bartës të informacioneve janë valët elektromagnetike (VEM). Në këtë sistem ekziston një transmetuesi i cili është fillimi i rrugës së komunikimit dhe marrësi si përfundim i rrugës së komunikimit. Njëra nga pjesët më të rëndësishme të transmetuesit dhe marrësit janë antenat.

Qysh në kohët më të vjetra kanë qenë të njohura dukuritë e elektricitetit dhe magnetizmit. Matjet e para cilësore në këtë fushë i bëri Francezi Kulon. Provën e parë të lidhjes mes elektricitetit dhe magnetizmit e dha Danezi Ersted (1820). Vazhdimi i këtij lloji të eksperimenteve mundësoi vërtetimin e krijimit të rrymës elektrike me ndihmën e fushës magnetike (Faradei, 1831). Konkluzionet përfundimtare i solli nxënësi i tij Maksvelli. Ai arriti në përfundimin se thelbi është në atë se fusha e ndryshueshme magnetike në hapësirën përreth krijon (indukton) fushë elektrike të ndryshueshme, e cila krijon rrymë në përçues. Me të gjitha këto supozime, Maksvelli matematikisht e vendosi teorinë e VEM.

Provat eksperimentale të teorisë së Maksvellit i solli Hertci, dhjetë vjet pas vdekjes së Maksvellit në vitin 1887. Vulë në këtë zhvillim historik vendosi Tesla, i cili në vitin 1893 demonstroi transmetimin pa tel në disa dhjetëra kilometra, që në vitin 1896, me stacionin me fuqi prej 200 kW, të krijoi lidhje në distancë prej 1.000 km.

Gjatë përhapjes së valëve përmes ajrit vlejné të njëjtat ligje të përhapjes si gjatë përhapjes së çdo vale: reflektimi, thyerja, interferenca etj. Valët elektromagnetike përhapen me shpejtësi prej 300 000 km/s nëpër hapësirë.

Në përhapjen e valëve elektromagnetike ndikojné shumë faktorë, të tillë si: gjatësi valore, lakueshmëria e Tokës, përbërja e tokës, koha gjatë ditës dhe vitit, përbërja e atmosferës, fusha magnetike e Tokës, kushte meteorologjike etj.

Mjedisi nëpërmjet të cilit përhapen radiovalët nga transmetuesi deri në antenën marrëse zakonisht është atmosfera e Tokës, por radiovalët mund të përhapen edhe përmes shtresës së sipërme të Tokës, nëpërmjet ujit, e të ngjashme.

Në varësi të vetive, valët elektromagnetike ndahen në zona valore. Ndarja e VEM sipas fushës së përdorimit, emrit të tyre metrik, gjatësisë valore dhe frekuencave janë dhënë në tabelën 6-1.

Tabela 6-1.

Zona	Emri metrik i brezit	Shkurtesa	Gjatësia valore	Frekuenca
Të gjata	Kilometrike	LF	10-1 km	30-300kHz
Të mesme	Hektometrike	MF	1.000-100 m	300-3.000kHz
Të shkurtra	Dekametrike	QF	100-10 m	3-30MHz
Ultra të shkurtra	Metrike Deci-	VHF	10m-10cm	30 – 300 MHz
	metrike Centi-	UHF	10cm	300 – 3 000 MHz
	metrike Mili-	SHF	10-1cm	3 – 30 GHz
	metrike	EHF	10-1mm	30 – 300 GHz

Sipas organizatës ndërkombëtare UIT (Unit Investment Trust), radiovalët janë valë elektromagnetike frekuenca e të cilave është më e ulët se 3.000 GHz. Në transmetimin e telekomunikacionit, transmetojmë valë të cilat janë në brezin e radiovalëve. Të tilla janë valët elektromagnetike në zonën e valëve të gjata, të mesme, të shkurtra dhe ultra të shkurtra. Këto valë i quajmë radiovalë.

6.1.2. Përhapja e radiovalëve

Gjatë transmetimit të informacionit me radiolidhje shfrytëzohet karakteristika fizike e oscilimeve elektrike që të transmetohen si valë elektromagnetike në distanca të gjata. Radiovalët karakterizohen me frekuencën dhe gjatësinë valore të tyre. Shpejtësia e përhapjes së valëve elektromagnetike është e barabartë me shpejtësinë e dritës, kështu që një radiovalë mund që për një sekondë të rrotullohet rreth Tokës shtatë herë e gjysmë.

Dallojmë dy lloje të përhapjes së radiovalëve: **radiovalë sipërfaqësore dhe hapësinore.**

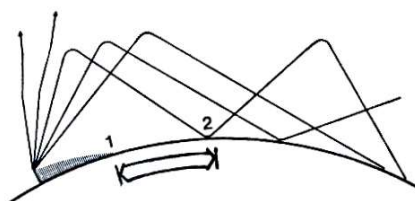


Fig. 6-1. Radiovalët sipërfaqësore dhe hapësinore

Valët që përhapen mbi sipërfaqen e Tokës quhen valë sipërfaqësore, të shënuara me (1) në figurën 6-1. Valët që përhapen përgjatë shtegut (2) quhen valë hapësinore.

6.1.2.1. Radiovalët sipërfaqësore

Radiovalët sipërfaqësore përhapen në sipërfaqen e Tokës dhe lidhin direkt transmetuesin dhe marrësin. Edhe valët hapësinore shkojnë kalojnë në atmosferë dhe një pjesë e tyre reflektohet nga shtresa e saj dhe kthehet në tokë.

Radiovalët sipërfaqësore kanë aftësi të mbështillen rreth kodrave të tokës dhe pengesave të tjera. Kjo veti e tyre quhet difraksion. Aftësia e valëve për difraksion është më e theksuar nëse gjatësi valore e tyre është më e madhe në krahasim me dimensionet e pengesës. Sipas kësaj, valët e gjata kanë aftësi të difraksionit më të mëdha nga valët e shkurtëra.

Në figurën 6-1 shihet se në hapësirën që gjendet në mes të valës hapësinore (1) dhe vendit të paraqitjes së valës së parë hapësinore që pasqyrohet nga jonosfera (2) nuk ka sinjal, gjegjësisht nuk ka mbulesë, që është karakteristike para së gjithash për valët e shkurtra. Distancat e mëdha, më të mëdha se 2.000 km, gjithmonë mbulohen me radiovalë hapësinore, ndërsa valët sipërfaqësore përdoren për distanca më të vogla. Të dyja llojet e përhapjes së radiovalëve zakonisht përdoren për brez nga 1,5 deri në 30 MHz. Në zonën e valëve të gjata dhe të mesme, mund të lidhen distanca deri në 2.000 km, ndërsa në brezin e valëve të shkurtra, në tokë arrijnë distanca edhe deri në 100 km, ndërsa mbi ujë edhe deri në 1.000 km.

Shuarja e valëve sipërfaqësore varet nga frekuenca e tyre dhe nga përpueshmëria e hapësirës. Shuarja është e vogël për radiofrekuenca të ulëta dhe përcueshmëri të mirë të sipërfaqes, por rritet shpejtë me rritjen e frekuencës dhe uljen e përcueshmërisë. Distanca maksimale e radiovalëve sipërfaqësore varet nga fuqia e radiotransmetuesit, lartësia dhe konstruksioni i antenës, gjatësi valore dhe shuarja.

Radiovalë sipërfaqësore e veçantë është vala direkte. Valët direkte përhapen në vijë të drejtë, me çka distanca e tyre përfundimtare është teorikisht e kufizuar me pamjen optike mes antenës së transmetuesit dhe marrësit. Distanca përfundimtare e valës direkte në praktikë është më e madhe se pamja optike, për shkak të palosjes së radiovalëve, për këtë qëllim ekziston nocioni pamja elektrike. Përhapja e valës sipërfaqësore direkte është dhënë mes pikave A dhe B në figurën 6-2.

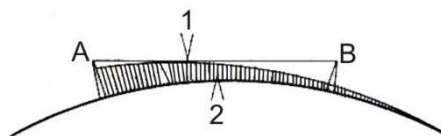


Fig. 6-2. Përhapja e valës direkte (1) dhe sipërfaqësore (2)

6.1.2.2. Radiovalët hapësinore

Atmosfera e Tokës ndahet në më tepër shtresa karakteristike: troposfera (ofron kushte për jetë dhe shtrihet në lartësinë prej 8 deri në 20 km), stratosfera (deri në 30 km), mezosfera (deri 80 km), jonosfera (deri në 400 km), termosfera (deri në 700km) dhe egzosfera (mbi 700km) dhe pastaj vjen hapësira ndërplanetare. Nën ndikimin e rrezatimit ultravjollcë të Diellit dhe rrezatimeve kozmike, vjen deri te jonizimi i ajrit të rralluar në jonosferë. Për shkak të ngarkesave pozitive dhe negative, jonosfera bëhet me përcueshmëri elektrike.

Përçueshmëri e jonosferës është e ndryshme dhe varet nga lartësia e saj. Jonosferën e përbëjnë katër shtresa: shtresa D, e cila është më e ulëta (50-90 km), shtresa E (90-145 km), shtresa F, e cila është e ndryshueshme dhe është e ndarë në dy pjesë: F1 (150-200 km) dhe F2 (250-400 km). Të dy shtresat F1 dhe F2 gjatë natës neutralizohen dhe bashkohen në një shtresë F. Shtresat e jonosferës e rrethojnë Tokën si “pasqyrë elektrike”, në të cilat vjen deri te reflektimi i radiovalëve hapësinore.

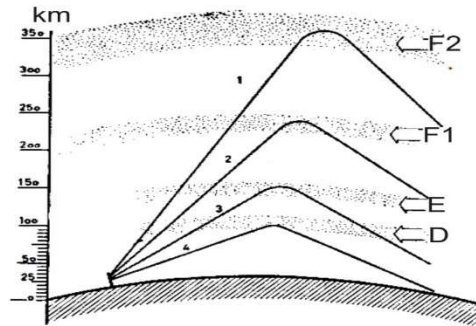


Fig. 6-3. Pasqyrimi i radiovalëve hapësinore

Në figurën 6-3 është paraqitur reflektimi i valëve të shkurtëra të shkurtra nga shtresa F2 gjatë natës (1) dhe nga shtresa F1 gjatë ditës (2), si dhe reflektimi i valëve të mesme (3) nga shtresa E dhe valëve të gjata (4) nga shtresa D. Në figurën 6-3 shihet reflektimi i valëve hapësinore nga shtresat e ndryshme të jonosferës.

Këndin e rënies në të cilin akoma ka reflektim të valëve sipërfaqësore e quajmë **kënd kufitar (kritik)**. Të gjitha radiovalët që bien me një kënd më të madh kalojnë nëpër jonosferë dhe nuk kthehen në Tokë. Këto valë quhen valët hapësinore të pereflektuara. Në figurën 6-4 është treguar reflektimi i ndryshëm nga këndi i rënies së radiovalës.

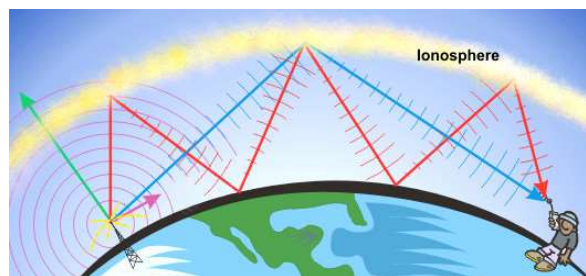


Fig. 6-4. Reflektimi nga jonosfera në varësi nga këndi i rënies së radiovalës

Jonosfera ka një karakteristikë e cila përdoret gjatë llogaritjeve të fushës së mbulimit nga radiovalët. Ajo është se të gjitha shtresat e jonosferës kanë një frekuencë të tyre kritike f_c . Frekuenca kritike është frekuenca maksimale e emetuar vertikalisht deri në hapësirën në të cilën valët reflektohen prapa kah Toka. Çdo valë e emetuar vertikalisht në jonosferë, frekuenca e së cilës është $f > f_c$ kalon nëpër jonosferë, ndërsa valët me $f < f_c$, reflektohen kah Toka. Valët që bien nën një kënd në jonosferë me frekuenca që janë më të mëdha se sa f_c mund të reflektohen kah Toka.

Frekuenca më e madhe e valës e cila bie nën kënd dhe reflektohet nga shtresa e jonosferës është:

$$f_{\max} = \frac{f_c}{\cos \theta} \dots\dots\dots (6-1)$$

Mund të thuhet se ekzistenca e jonosferës është shumë e rëndësishme për ekzistencën dhe cilësinë e radiolidhjeve.

Kur lidhjet realizohen me valë hapësinore, karakteristike është paraqitja e zonës së vdekur, ajo është rajoni rreth transmetuesit në të cilin marrja nuk është e mundur. Në figurën 6-5 (a) shihet se atëherë kur $f < f_c$, nuk ekziston zonë e vdekur, ndërsa në figurën 6-5 (b dhe c) ekziston zona e vdekur, sepse frekuenca e radiovalëve është $f \gg f_c$.

Pasi që shtresat e jonosferës ndryshojnë shpesh, nuk duhet të përdoret f_{max} . Prandaj, definohet radiofrekuenca optimale f_{opt} .

$$f_{opt} = 0,85 \cdot f_{max} \quad \dots\dots\dots (6-2)$$

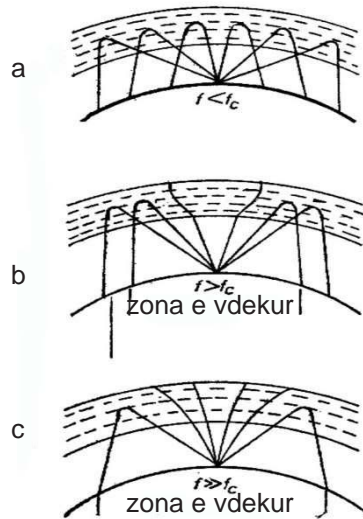


Fig. 6-5 Ndikimi i jonosferës dhe frekuencës në valën

Gjatë përhapjes së valëve hapësinore nga njëra pikë në tjetrën vërehet edhe paraqitja e **feding**-ut. Fedingu është dobësim kohëshkurtër i sinjalit, i shkaktuar nga interferenca e valëve, të cilat në pikën e marrjes arrijnë përmes shtigjeve të ndryshme. Ndryshimi në fazë mes valëve në pikën e marrjes vazhdimisht ndryshon në varësi të ndryshimit të kushteve gjatë transmetimit, ose gjendjes së jonosferës. Nëse valët në disa vende përputhen në fazë, atëherë fusha rezultante përforcohet, ndërsa nëse valët takohen në kundërfazë, fusha rezultante është e ndryshueshme dhe sinjali mund plotësisht të zhduket.

6.1.3. Parametrat e antenës

Antenat karakterizohen nga disa veçori (karakteristika) të tyre, të cilat janë:

- Polarizimi

Polarizimi i antenës përfaqëson lakoren e rrezatimit elektromagnetik të antenës transmetuese, ose lakoren e pranimit tek antenna marrëse. Fusha elektrike dhe magnetike janë normale me njëra-tjetrën, dhe gjithashtu janë normale me drejtimin e përhapjes, prandaj këto quhen edhe valë transversale. Këto valë janë të polarizuara linearisht, ku vijat elektrike të fushës janë të drejta dhe zënë një drejtim të caktuar në lidhje me Tokën. Nëse drejtimi është vertikal, atëherë kemi polarizim vertikal, dhe nëse drejtimi është horizontal, atëherë kemi polarizim horizontal.

- Diagrami i rrezatimit

Drejtimi i fushës së rrezatimit të një antene quhet **diagrami i rrezatimit** të antenës, i cili tregon se sa herë energjia e rrezatimit në cilëndo drejtim është më e vogël se energjia e rrezatimit në drejtimin me rrezatim maksimal.

- Këndi i rrezatimit

Këndi i rrezatimit është këndi që formohet në raport me drejtimin e rrezatimit në të cilin fuqia me të cilën rrezaton antenna është më e madhe se gjysma në krahasim me fuqinë maksimale të rrezatimit.

- Drejtimi

Drejtimi i rrezatimit e definojnë këndin e rrezes kryesore të valëve elektromagnetike që emetojnë, ku dendësia e fuqisë së rrezatimit është e barabartë me gjysmën e dendësisë maksimale të fuqisë së emtuar. Drejtimi i rrezatimit të dipoli gjysmëvalor është 78° .

- Efikasiteti

Efikasiteti i antenës është numër që tregon se sa herë duhet të jetë më e madhe fuqia e rrezatimit të një dipoli gjysmëvalor në krahasim me një antenë të drejtuar, që të ketë të njëjtin intensitet fushe në vendin e marrjes. Efikasiteti prej $G = 4$ do të thotë se fuqia e një dipoli gjysmëvalor duhet të jetë katër herë më e madhe se fuqia e një antenë të marrë si etalon.

- Impedanca

Impedanca e një antenë (Z_a) definojnë raportin e tensionit dhe rrymës në lidhjet e antenës. Rezistenca e rrezatimit (R_s) është rezistenca e imagjinuar me të cilën mund të zëvendësohet antena që rrezaton në një hapësirë të caktuar. Rezistenca e humbjeve (R_l) karakterizon humbjet termike të antenës. Këto dy rezistenca, rezistenca e rrezatimit dhe rezistenca e humbjeve, japin impedancën e vetiake omike (aktive) të antenës. Te dipoli gjysmëvalor, rezistenca e rrezatimit është 73Ω .

6.1.4. Antena dipole (dipoli i Hercit)

Antena klasike më e thjeshtë me gjatësi $\lambda/2$ është e njohur si dipol gjysmëvalor ose dipol i Hercit. Ajo përbëhet prej dy përçuesve vertikal, ose horizontal, me gjatësi $\lambda/2$, e cila në mes furnizohet me energji me frekuencë të lartë, ndërsa në skaje ka dy sfera. Dipoli gjysmëvalor përdoret në pajisje fikse nga 3 KHz deri në 30 000 MHz. Antena më e vjetër është dipoli i Hercit (fig. 6-6).

Antena origjinale e Hercit ishte qark oscilues, e cila përbëhej nga një kondensator i prezantuar nga dy topa (K_1 dhe K_2), të cilët mund të zhvendosen dhe në këtë mënyrë të ndryshohet kapaciteti, gjegjësisht frekuenca e qarkut. Induktori prodhonte tension të lartë gjatë çdo ndërprerje të çelësit. Në skajet e përçuesve metalik nëpër të cilët lëviznin topat gjendeshin dy toptha të vegjël (k_1 dhe k_2) në distancë reciproke nga 2 deri në 3 cm. Gjatë çdo paraqitje të tensionit të lartë të induktuar mes k_1 dhe k_2 kërcente shkëndijë.

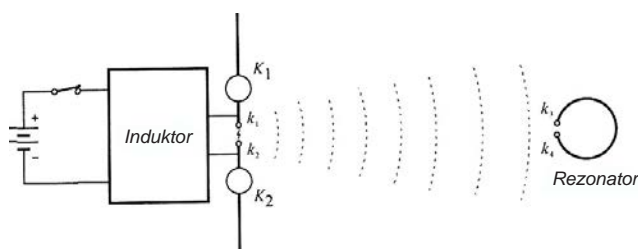


Fig. 6-6. Antena e Hercit, skema elektrike origjinale

Në një distancë prej 10 m, Hercit vendosi përçues të mbështjellë ose rezonator, në skajet e të cilit kishte topa të vegjël, njëjloj si k_1 dhe k_2 . Shkëndijat paraqiteshin edhe mes këtyre dy topave. Me këtë e tregoi përhapjen e VEM në hapësirë. Eksperimenti i tij njëkohësisht është edhe transmetuesi dhe marrësi i parë i VEM. Si rezonator janë përdorur qarqet oscilues. Ata gjetën zbatim në sistemet transmetues-marrës dhe sistemet e antenave.

Me largimin reciprok të pllakave të kondensatorit në një qark oscilues serik fitohet qark oscilues i hapur, si në figurën 6-7, si rezultat shfaqen linja të forcës. Me shtrirjen e spiraleve të induktivitetit, fusha magnetike H shpërndahet në mënyrë të barabartë përgjatë përçuesit linear. Kjo formë kalimtare e qarkut është paraqitur në figurën 6-7 (a). Kur pllakat e kondensatorit largohen plotësisht nga njëra-tjetra, dhe spiralja shtrihet plotësisht, siç tregohet në figurën 6-7 (b), qarku i mbyllur i oscilatorit merr pamjen e një përçuesi linear, në skajet e të cilit ndodhen pllakat e kondensatorit dhe quhet qark oscilator i hapur. Pllakat e kondensatorit mbeten në skaje nëse kërkohet një kapacitet i madh për qarkun. Zakonisht, qarku oscilator i hapur është përçues që në mes ushqehet nga një gjenerator në frekuenca të larta fig. 6-7 (c).

Vijat e forcës të fushës elektrike E mbyllen nga njëri skaj i përçuesit në skajin tjetër në formë laku, ndërsa vijat e forcës të fushës magnetike H kanë formën e rathëve koncentrik rreth përçuesit. Vijat e forcës të fushës elektrike dhe magnetike janë reciprokisht normale fig. 6-7 (d).

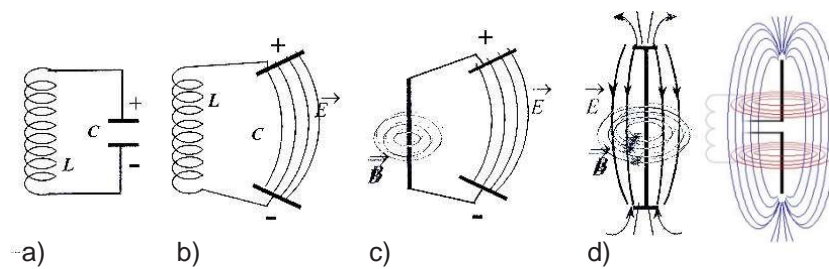


Fig. 6-7. Parimi qarkut oscilues serik deri te antena dipole

Qarku oscilues i hapur në formën e përçuesit i cili në mes furnizohet me energji me frekuencë të lartë quhet **antenë-dipole** ose vetëm **dipol**. Në dipol, rryma me frekuenca të larta do të rrjedh nëpër dy krahët e antenës, një orë në njërin drejtim, orën tjetër në drejtimin tjetër, me ç'rast mes krahëve të antenës-dipol do të paraqitet fushë elektrike e ndryshueshme, ndërsa rreth krahëve të antenë fushë magnetike e ndryshueshme. Me ndryshimin e drejtimit të sinjalit të frekuencave të larta ndryshohet edhe drejtimi i vijave të forcës së fushës elektrike dhe magnetike.

Fusha e re elektrike dhe magnetike përreth antenës e shtyn fushën e vjetër në hapësirë dhe kështu fitohet një fushë elektromagnetike e ndryshueshme e cila nga antena përhapet nëpër hapësirën përreth. Këto ndryshime janë të natyrës valore, prandaj thuhet se antena rrezaton energji elektromagnetike në formë të valëve elektromagnetike.

Vijat e forcës së fushës elektrike shtyhen rreth dipolit dhe ndryshojnë me kalimin e kohës. Në figurën 6-8 tregohen vijat e fushës elektrike. Në figurën 6-8 (a, b, c, d, e) tregohet ndryshimi i fushës elektrike me kalimin e kohës.

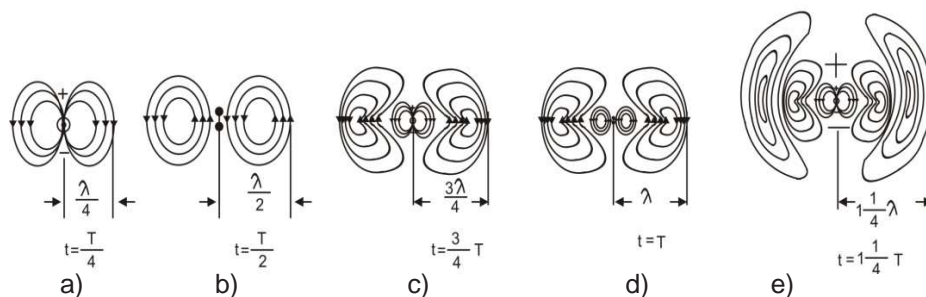


Fig. 6-8. Vijat e fushës elektrike me kalimin e kohës

Fusha elektrike e ndryshueshme rreth dipolit, sipas ligjit të induksionit elektromagnetik, në pikat më të largëta të dipolit krijon fushë magnetike të ndryshueshme. Kështu, ky ndryshim përsëritet në hapësirë. Këto fusha të ndryshueshme përhapen rreth dipolit me një shpejtësi të barabartë me shpejtësinë e dritës.

Frekuenca bazë f dhe gjatësia valore λ janë të lidhura me shprehjen për shpejtësinë e përhapjes së oscilimeve elektromagnetike nëpër hapësirë:

$$c = f \cdot \lambda = 300.000.000 \text{ m/s} \dots\dots\dots (6-3)$$

Forma bazë e antenës-dipole është përçues me gjatësi shumë të vogël, në të cilin në gjithë gjatësinë rrjedh rrymë konstante me vlerë efektive. Gjatësia më e vogël e një dipoli me të cilën mund të fitohet rezonancë është ajo antenë gjatësia e së cilës është e barabartë me gjysmën e gjatësisë valore λ të oscilimeve elektromagnetike (fig. 6-9).

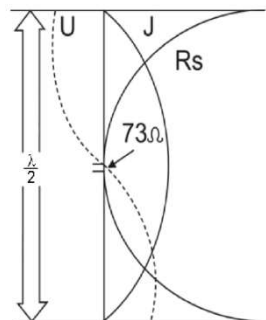


Fig. 6-9. Parametrat e antenës dipole

Parametrat e një dipoli gjysmëvalor janë tensioni dhe rryma të cilat ndryshojnë përgjatë gjatësisë së dipolit, ndërsa impedanca dalëse e dipolit është omike e pastër prej 73Ω .

Fusha elektromagnetike përreth antenës përhapet radialisht në të gjitha drejtimet rreth dipolit, siç tregohet në figurën 6-10.

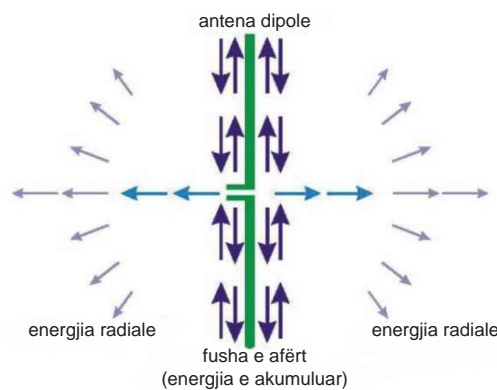


Fig. 6-10. Fusha elektrike dhe magnetike në zonën e rrezatimit

Fusha e rrezatimit e cila paraqitet në distanca të mëdha e quajmë fusha në zonën e rrezatimit në të cilën ka “energji radiale“. Fusha në hapësirën rreth dipolit quhet fushë e zonës së afërt ose fushë e afërt.

6.1.5. Fusha e rrezatimit

Dipoli gjysmëvalor ka diagram radial (rrethor) të rrezatimit, në të cilin valët elektromagnetike, vijat e forcës së fushës elektrike E dhe induksioni magnetik B janë gjithmonë normal njëri me tjetrin. Në figurën 6-11 janë dhënë fusha elektrike dhe magnetike të rrezatimit në hapësirë, në një moment të caktuar.

Duhet të imagjinohet se boshti x është boshti kohor (boshti- t). Këtu vala elektromagnetike lëviz djathtas, ndërsa oscilimet e fushës elektrike (E) dhe fushës magnetike (B) paraqiten në rrafshje që janë normale ndaj njëri-tjetrit, por janë normale edhe ndaj boshtit të përhapjes. Një valë e tillë quhet valë transversale.

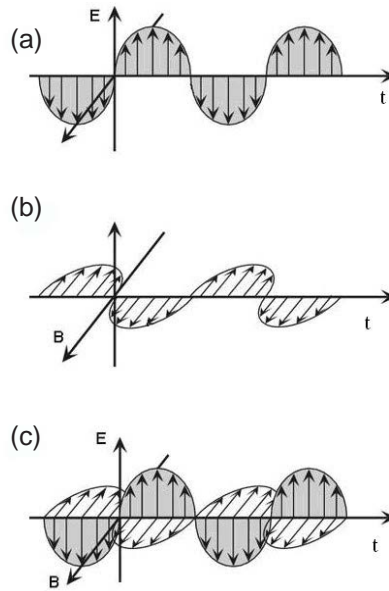


Fig. 6-11. Përhapja e fushës elektrike dhe magnetike në hapësirë

Nëse e shqyrtojmë ndryshimin e fushës elektrike dhe magnetike në figurën 6-11 ku të dyja fushat ndryshojnë me kalimin e kohës, fusha elektrike është vertikale dhe është e drejtuar kah boshti- y (përpjetë), ndërsa fusha B është horizontale dhe drejtimin e ka kah pjesa pozitive e boshtit- z . Në çdo moment të dy valët do të zhvendosen në të djathtë, për distancën l ($l = c \cdot t$). Në periodën e parë, të dy fushat së pari rriten dhe në $t = T/4$ kanë vlerë maksimale. Me kalimin e kohës, intensiteti zvogëlohet dhe për $t = T/4$, kur vala ka kaluar distancë $\lambda/4$ dhe të dy fushat janë të barabarta me zero. Në periodën e ardhshme të dyja fushat rriten, por në drejtim të kundërt, dhe për kohën $t = T/4$ fushat bëhen maksimale. Pastaj intensitetet i fushave bie dhe ato kalojnë nëpër zero dhe përsëri rriten. Për një periode T , të dyja fushat janë të njëjta si në fillim.

Karakteristika e rrezatimit të dipolit të Hertzit në sistemin polar ka formën e një tete të shtrirë, të cilën e përbërë nga dy rrethe me rreze r , të cilat takohen në pikën e origjinës së koordinatave, siç tregohet në figurën 6-13 (b).

Karakteristika e rrezatimit në planin ekuatorial ka formën e një rrethi me qendër në boshtin e dipolit. Në figurën 6-12 është paraqitja hapësinore e karakteristikës së rrezatimit, e cila ka formën e një torusi të krijuar nga rrotullimi i karakteristikës rreth boshtit z .

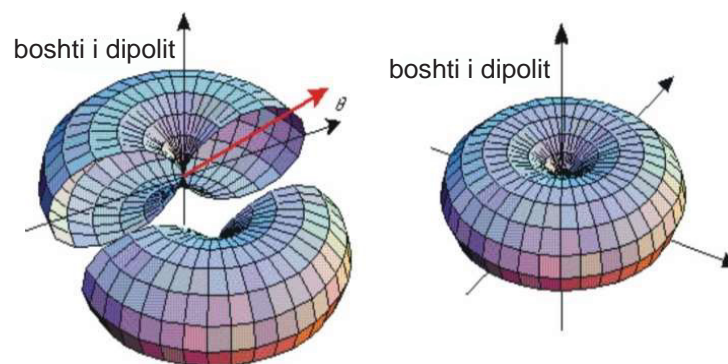


Fig. 6-12. Karakteristika e rrezatimit

Nëse në dipol sjellim rrymë me periodë të thjeshtë $i(t) = Im \cdot \cos \omega t$, me gjatësi valore λ , atëherë vlerat momentale të intensitetit të fushës elektrike E dhe fushës magnetike B në zonë rrezatimi përcaktohen nga shprehjet:

$$E = -\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \cdot \frac{I \cdot l}{2\lambda r} \cdot \sin \theta \sin(\omega t - \beta \cdot r); \quad \dots\dots\dots (6-4)$$

$$B = -\frac{I \cdot l}{2\lambda r} \cdot \sin \theta \sin(\omega t - \beta \cdot r) \quad \dots\dots\dots (6-5)$$

ku l është gjatësia e dipolit, r është distanca nga qendra e dipolit deri në pikën ku shqyrtohet fusha elektrike dhe magnetike, θ është këndi që formon drejtimi i rrezatimit me boshtin-z të dipolit dhe $\beta = \omega/v$ është konstanta fazore.

Intensiteti i komponentëve të fushës varet nga këndi θ dhe ndryshon sipas ligjit sinusoidal. Intensiteti i fushës është maksimal në planin ekuatorial të dipolit ($\theta = \pi/2$), ndërsa në drejtimin e boshtit të dipolit ($\theta = 0$) është i barabartë me zero.

Diagrami i rrezatimit tregon se sa herë energjia e rrezatimit në cilindo drejtim është më e vogël se energjia të cilën dipoli e rrezaton në drejtimin e rrezatimit maksimal. Dipolet gjysmëvalore, shikuar në aspektin hapësinor, kanë diagram radial (rrethor) të rrezatimit, ndërsa diagrami i rrezatimit përgjatë boshtit të antenës (shikuar nga boshti-x) ka formën e tetëshes fig. 6-13.

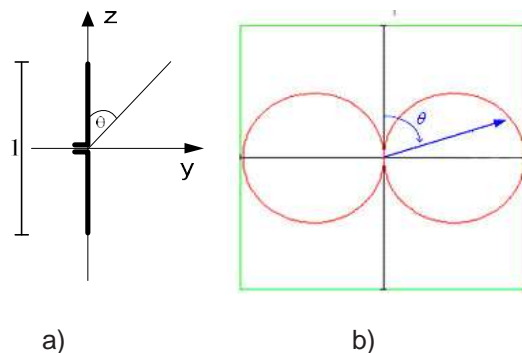


Fig. 6-13. Antena dipole (a); diagrami i rrezatimit të dipolit (b)

Nëse me E_0 shënohet intensiteti i fushës elektrike në planin ekuatorial, atëherë raporti $E/E_0 = \sin \theta$ nuk varet nga distanca e dhe quhet **karakteristika e rrezatimit e dipolit**.

Përveç diagramit të rrezatimit, tek antenat dallojmë edhe disa parametra të tjerë. Parametrat më shpesh të përdorur të antenave dipole janë: impedanca ose rezistenca e rrezatimit dhe efikasiteti.

6.1.5.1. Lloje të diagrameve të rrezatimit

Diagramin e rrezatimit në dipole mund ta ndryshojmë duke e ndryshuar gjatësinë e krahëve të dipolit dhe duke ndryshuar pozitën dhe lartësinë e vendosjes së dipolit në raport me Tokën.

Ndryshimi i diagramit të rrezatimit të antenës dipole me **gjatësi të krahëve** të ndryshme ka forma të ndryshme të cilat mund të ndryshohen duke ndryshuar gjatësinë valore.

Në figurën 6-14 janë dhënë diagrame të rrezatimit të antenës dipole simetrike. Në sistem koordinativ polar janë paraqitur diagramet e rrezatimit të dipolit simetrik me **gjatësi të ndryshme** të krahëve l . Për gjatësi të krahëve $l \leq \lambda/2$, diagrami i karakteristikës së rrezatimit ka vetëm një listë të kryesore me maksimume në planin ekuatorial, gjegjësisht në rrafshin e cila kalon përmes qendrës së dipolit dhe është normale me boshtin e saj.

Me rritjen e krahëve të dipolit ($l > \lambda/2$), diagrami i karakteristikës së rrezatimit ndahet në më shumë fletë, me ç'rast fleta kryesore zvogëlohet ndërsa fletët anësore rriten.

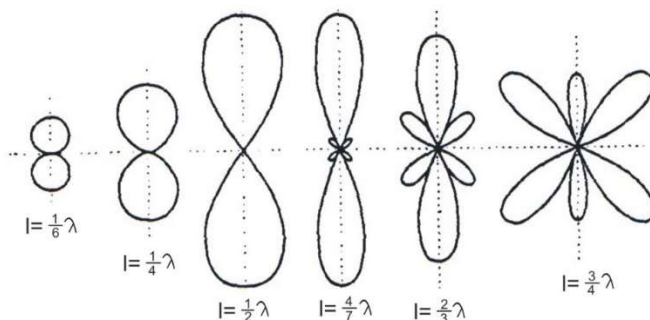


Fig. 6-14. Diagrame të rrezatimit të dipoleve simetrike me gjatësi të ndryshme të krahëve l

Ndryshimi i diagramit të rrezatimit varet edhe nga **pozita** dhe **lartësia** e antenës në raport me Tokën. Antena mund të vendoset horizontalisht dhe vertikalisht në raport me Tokën. Përcaktimi i saktë i ndikimit të Tokës mbi karakteristikat e rrezatimit të antenës është shumë i vështirë, sepse koeficienti i reflektimit varet nga vetitë elektrike të sipërfaqes, gjatësia valore, këndi i rënës dhe nga polarizimi i valëve. Megjithatë, ndikimi i Tokës mund të përcaktohet me saktësi të mjaftueshme në qoftë se ajo paraqitet si një rrafsh përçues ideal, i cili pothuajse korrespondon me realitetin, sidomos në radiofrekuenca më të ulëta. Në këtë rast, koeficienti i reflektimit është i barabartë me njësi, ndërsa reflektimi i valëve elektromagnetike është sipas ligjeve optike. Sipërfaqja e rrafshit ideal përçues ka rolin e një pasqyre prej nga reflektohen valët; kjo është Toka, ajo rrezaton imazhin e antenës reale. Intensiteti i fushës në ndonjë pikë në hapësirë është fushë rezultante e fituar nga antena reale dhe imazhi i saj. Fusha ekziston vetëm mbi rrafshin përçues ideal, në hapësirën ku gjendet antena reale

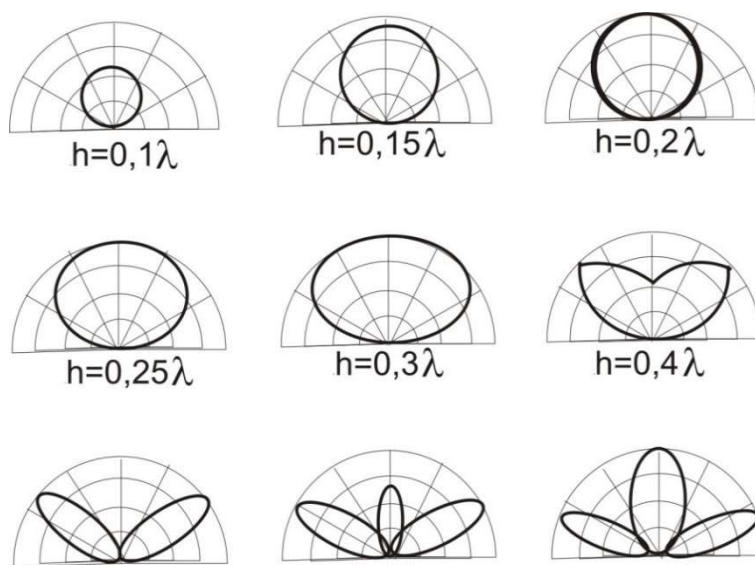


Fig. 6-15. Fusha e rrezatimit të antenës duke e ndryshuar lartësinë në të cilën është vendosur

Diagramet polare të rrezatimit të dipolit simetrik horizontal për lartësi të ndryshme mbi Tokë, në rrafshin vertikal me boshtin e dipolit, janë treguar në figurën 6-15. Fusha e rrezatimit ndryshon me ndryshimin e lartësisë në të cilën është vendosur antena.

Fusha ka një fletë, kur antena është e vendosur në lartësi deri në $0,3\lambda$. Kur lartësia në të cilën vendoset rritet, fusha e rrezatimit ndahet në dy fletë, gjegjësisht në më shumë fletë për lartësi më të madhe se $0,5\lambda$. Fusha e rrezatimit për të njëjtën gjatësi vale ndryshon me ndryshimin e lartësisë në të cilën është vendosur antena.

6.1.6. Fuqia e rrezatimit të antenës

Fuqia e rrezatimit e antenës dipole simetrike kur ka burim të furnizimit sinusoidal, mund të përcaktohet me shprehjen:

$$P_z = \frac{1}{2} R_z I_m^2 \quad \dots\dots\dots (6-5)$$

ku I_m është amplituda e rrymës në dipol, në vendin me valë të rrymës maksimale.

Grafiku i varësisë së rezistencës së rrezatimit të dipolit simetrik në hapësirë të lirë nga raporti me gjatësisë së krahëve dhe gjatësisë valore (l/λ), është treguar në figurën 6-16. Për dipolin gjysmë-valor ($2l = \lambda/2$) rezistenca e rrezatimit (e cila shënohet me R_s ose me R_z) është $R_z = 73,1 \Omega$, ndërsa për dipolin valor ($2l = \lambda$) është $R_z = 200\Omega$.

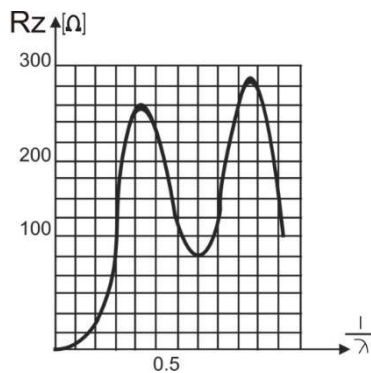


Fig. 6-16. Ndryshimi i rezistencës së antenës me ndryshimin e l/λ

Fuqia e rrezatimit të antenës vertikale me gjatësi l , e cila furnizohet për poshtë mbi planin përçues ideal, do të jetë për gjysmë më e vogël nga fuqia e rrezatimit të dipolit simetrik në hapësirë të lirë, për rrymë të njëjtë të furnizimit. Sipas kësaj, rezistenca e rrezatimit të antenës vertikale do të jetë për gjysmë më e vogël se rezistenca e rrezatimit të dipolit simetrik. Nga diagrami në figurën 6-16, që të fitohen vlerat për rezistencën e rrezatimit të antenës vertikale unipolare, koordinatat duhet të ndahet me dy.

Fuqia që sillet në antenën P_a është e barabartë me shumën e fuqisë së rrezatimi P_z dhe fuqisë së humbjeve termike P_j :

$$P_a = P_z + P_j \quad \text{односот } \eta = \frac{P_z}{P_a} \quad \dots\dots\dots (6-6)$$

e definojnë shkallën e efektit të dobishëm të antenës – efikasitetin.

Nëse rezistenca R_j e humbjeve termike për të njëjtën rrymë referente në të cilën është edhe rezistenca e rrezatimit, atëherë shkalla e efektivitetit është më e madh nëse më e madhe është rezistenca e rrezatimit.

Në radiovalë tentohet që me fuqi sa më të vogël të fitohet fushë më e fortë në vendin e marrjes. Për këtë qëllim përdoren sistemet e antenave me të cilat rrezatimi mund të drejtohet në drejtim të caktuar.

Përforcimi i antenës në një drejtim të caktuar definohet si raport në mes të fuqisë së rrezatimit të antenës fiktive izotope, e cila rrezaton në mënyrë të barabartë në të gjitha drejtimet, dhe fuqisë së rrezatimit të antenës së shqyrtuar, me kusht që të dy antenat të krijojnë fushë me intensitet të njëjtë në ndonjë pikë të drejtimit të caktuar:

$$G = \frac{P_{iz}}{P_z} \text{ ako } E = E_{iz} \dots\dots\dots (6-7)$$

6.1.7. Sistemet komplekse të antenave

Sistemet komplekse të antenave i quajmë ato sisteme që kanë dy ose më shumë dipole që emitojnë. Nëse dy dipole identikë simetrikë dhe paralelë vendosen në hapësirë të lirë, në një distancë të caktuar nga njëri-tjetri, ata formojnë një sistem të thjeshtë kompleks të antenave. Shpërndarja e rrymës përgjatë gjatësisë së këtyre dipoleve ndryshon sipas ligjit sinusoid dhe në një moment është e njëjtë në të dy dipolet. Një sistem kompleks i antenave i përbërë prej dy dipoleve është paraqitur në figurën 6-17.

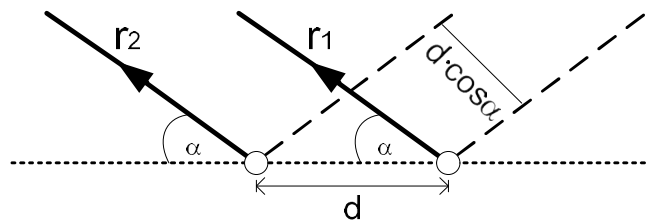


Fig. 6-17. Sistemi kompleks i antenave

Karakteristika e rrezatimit të secilit prej këtyre dipoleve, veçanërisht në rrafshin horizontal, ka formën e një rrethi, ndërsa në rrafshin vertikal varet nga shpërndarja e rrymës përgjatë dipolit dhe nga gjatësia e degëve të tij.

Për pika mjaft të largëta nga sistemi kompleks i antenave në rrafshin horizontal, vlen:

$$\frac{1}{r_1} = \frac{1}{r_2} \quad r_2 = r_1 - d \cdot \cos\alpha \dots\dots\dots (6-8)$$

ku α është këndi mes drejtëzës që lidh pikën e largët me sistemin dhe drejtëzës që i lidh boshtet e dipolit. Intensiteti i fushave të secilit prej dipoleve në këto pika do të jetë i barabartë, por ndryshimi në fazë midis fushave në pika të ndryshme do të jetë i ndryshëm. Fusha E_1 përshkon një rrugë më të gjatë sesa E_2 , edhe atë për $d \cdot \cos\alpha$, prandaj ndryshimi në fazë mes fushave E_1 dhe E_2 do të jetë $bd \cdot \cos\alpha$. Intensiteti i fushës rezultante do të ketë vlerën maksimale kur:

$$d \cdot \cos\alpha = 2n\pi \quad n = 0,1,2,3\dots \dots\dots (6-9)$$

dhe vlerën minimale kur:

$$d \cdot \cos\alpha = (2n+1)\pi \quad n = 0,1,2,3\dots \dots\dots (6-10)$$

Në figurën 6-18 janë paraqitur karakteristikat e rrezatimit në planin ekuatorial të një sistemi kompleks të antenave me dy dipole simetrikë, të vendosur në një distancë të caktuar, edhe atë: në figurën 6-18 (a) për furnizimin në fazë dhe në figurën 6-18 (b) për furnizimin në fazë të kundërt. Për rryma të ndryshme të furnizimit dhe distanca të ndryshme midis dipoleve, merren edhe karakteristika të ndryshme të rrezatimit.

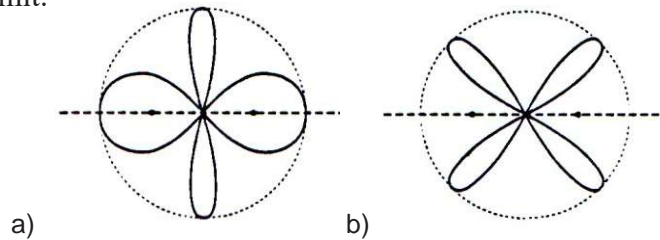


Fig. 6-18 Karakteristikat e rrezatimit në planin ekuatorial të një sistemi kompleks të antenave

Me interes të veçantë është karakteristika e rrezatimit të sistemit të antenave kur dipolet janë në distancë $\lambda/4$, ndërsa ndryshimi në fazë midis rrymave të furnizimit është $\pi/2$. Në këtë rast, sistemi rrezaton vetëm në njërin gjysmë të hapësirës. Në figurën 6-19 është paraqitur karakteristika e rrezatimit të një sistemi antenash të përbërë prej dy dipole të vendosur në një distancë prej $\lambda/4$.

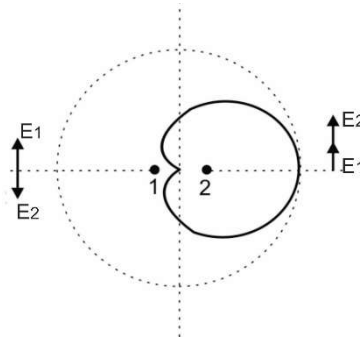


Fig. 6-19 Karakteristika e rrezatimit të sistemit të antenave

Në drejtimin e boshtit të sistemit, djathtas nga dipoli 2, intensiteti i fushës rezultante do të jetë i barabartë me shumën e intensiteteve të fushave E_1 dhe E_2 , pasi fushat janë në fazë.

Në drejtimin e kundërt, majtas nga dipoli në pikën 1, intensiteti i fushës rezultante do të jetë zero, sepse fushat janë në kundërfazë. Antena 1 në lidhje me antenën 2 quhet reflektor aktiv. Antena 2 në lidhje me antenën 1 quhet drejtues aktiv.

6.2. ANTENAT SATELITORE

Kur transmetojmë informacione me ndihmën e sistemeve klasike të antenave, atëherë ka largësi të kufizuar të përhapjes dhe shfrytëzimit të informacioneve. Kjo ndosh sepse valët elektromagnetike përhapen në vijë të drejtë, ndërsa për shkak të formës rrethore të Tokës, largësia e transmetimit është e kufizuar. Që të rritet distanca fundore e antenave emetuese, Zakonisht ato vendosen në vende të larta. Për të rritur gjatësinë e fundme të sistemeve klasike të zakonshme prej 60-250 km përdoren edhe sisteme satelitore. Me paraqitjen e satelitëve artificial paraqitet mundësi e re për të rritur distancën e transmetimit. Antenat transmetuese vendosen në lartësi shumë të madhe në satelit artificial, me çka fusha e rrezatimit të tyre rritet shumë.

6.2.1. Transmetimi satelitor

Transmetimi satelitor është parashikuar në vitin 1945 nga Artur Klark. Ai vuri re se me ndihmën e satelitëve artificial të Tokës, të cilët janë të vendosur në një distancë të caktuar mbi Ekuator, ai do të lëviz me të njëjtën shpejtësi me atë të Tokës dhe do të jetë vazhdimisht në të njëjtën pikë mbi Tokë. Për këtë satelit thuhet se ka orbitë gjeostacionare. Orbita gjeostacionare është rreth 36.000 km mbi sipërfaqen e Tokës.

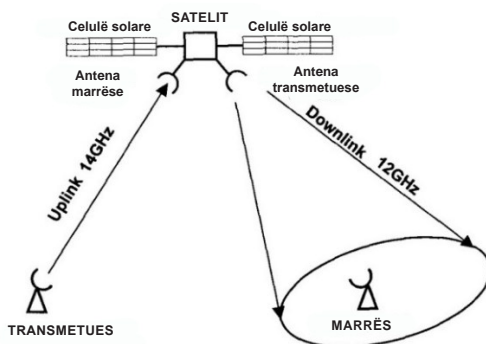


Fig. 6-20. Parimi i transmetimit radiodifuziv satelitor

Praktikisht, me tre satelitë artificial mbi Tokë drejtpërdrejtë mbi Ekuator, mund të mbulohet e gjithë sfera e Tokës, ndërsa çdo satelit i tillë mbulon 40% të sipërfaqes së Tokës. Kjo zonë quhet rripi i Klarkit. Lidhja me stacionin që transmeton sinjal kah sateliti dhe satelitit tjetër quhet lidhje ngjitëse (uplink), ndërsa emetimi i sinjalit drejt përdoruesve quhet lidhje rënëse (downlink). Emetimi kah satelitët realizohet me anë të bartësve me frekuencë në brezin prej 14 GHz, ndërsa emetimi i sinjalit në drejtim të përdoruesve realizohet në brezin prej 12 GHz (vlen për brezin-Q). Në figurën 6-20 është dhënë parimi i transmetimit satelitor radiodifuziv.

Elemente bazë të një sateliti televiziv janë: **antena marrëse, antena transmetuese, krahët solarë, bateritë, motorët e vegjël raketorë.**

Antena marrëse i pranon sinjalet nga stacioni televiziv tokësor e cila emeton sinjal deri te sateliti dhe nëpërmjet tij krijohet lidhja ngjitëse (uplink). Antenat transmetuese mbulojnë pjesë të ndryshme të sipërfaqes së Tokës. Gjatë kësaj, fuqia e rrezatimit nuk është e njëtrajtshme në të gjitha drejtimet kah Toka, d.m.th. kemi të bëjmë me antena të drejtuara. Krahët solar janë panele në të cilët janë të renditur fotogjeneratorë gjysmëpërçues të energjisë elektrike. Këto gjeneratorë e furnizojnë gjithë elektronikën e satelitit-TV. Pasi që sateliti është gjeostacionar, ai lëviz së bashku me Tokën, kështu që gjysma e 24 orëshit ndodhet në errësi. Motorët e vegjël të raketave përdoren për të korrigjuar pozicionin e satelitit. Pozita e saj kontrollohet nga stacioni në Tokë, i cili e ndjek lëvizjen e tij dhe sipas nevojës i ndez motorët e vegjël raketorë për korrigjim të pozitës. Pozita e një sateliti radiodifuziv në raport me Tokën është treguar në figurën 6-21.

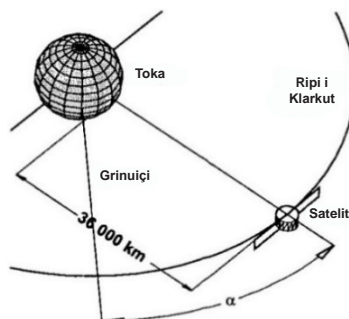


Fig. 6-21. Satelitët në raport me Tokën

Njësia bazë e komunikimit të një sateliti është transponderi. Ai paraqet një emetues-marrës i cili kryen marrje të sinjalit nga stacioni tokësor, kryen konvertimin e frekuencave dhe e çon deri te antenat emetuese, prej nga rrezaton në drejtim të Tokës. Vendi i transponderit satelitor është treguar në figurën 6-22.

Zakonisht, në një satelit janë të vendosur nga 16 transponderë. Në kuadër të një transponderi mund të emetohet një sinjal analog, ose më tepër sinjale digjitale.

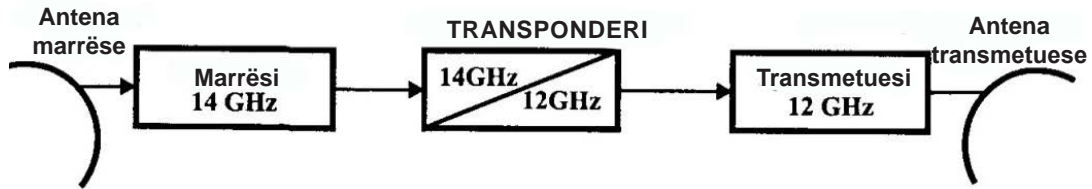


Fig. 6-22. Bllok-skema e transponderit në satelit

Një karakteristikë tjetër e rëndësishme e transponderit është fuqia e tij e rrezatimit, e cila zakonisht shprehet me anë të parametrin *EIRP* (Effective Isotropic Radiated Power). Kjo është shifër e shprehur në decibel, e cila tregon se sa decibel fuqi më të madhe rrezaton një transponder në raport me një antenë teorike, e cila rrezaton në të gjitha drejtimet në mënyrë të barabartë dhe ka fuqi prej 1W.

Kjo do të thotë se *EIRP* njëkohësisht është edhe tregues për fuqinë e transponderit dhe për drejtimin e vetë antenës transmetuese të satelimit. *EIRP* është dhënë me shprehjen e mëposhtme:

$$EIPR[dB] = P_T + G_A \dots \dots \dots (6-11)$$

ku: P_T është fuqia e transmetuesit të transponderit, ndërsa G_A është përforcimi i antenës (karakteristika e drejtimin të antenës në një drejtim të caktuar).

Sipas *EIRP*, satelitët ndahen në:

- satelitë me fuqi të vogël ($EIRP \leq 50$ dBW)
- satelitë me fuqi të mesme ($EIRP = 50-70$ dBW)
- satelitë me fuqi optimale ($EIRP = 70-100$ dBW)
- satelitë me fuqi të madhe ($EIRP \geq 100$ dBW)

6.2.2. Antenat parabolike (satelitore)

Antena satelitore përbëhet nga një reflektor dhe konvertor me zhurmë të ulët LNC (Low Noise Converter) ose, siç quhet ndryshe, LNB (Low Noise Block Converter). Roli i reflektorit është t'i fokusojë radiovalët që bien në sipërfaqen e tij në një pikë.



Fig. 6-23. Antena satelitore

Mënyra e përhapjes së radiovalëve është identik me mënyrën e përhapjes së valëve të dritës. Pra, ashtu siç pasqyra sferike i fokuson rrezet e dritës që bien në sipërfaqen e saj, ashtu edhe reflektori metalik do t'i fokusojë radiovalët në një pikë. Kështu, radiovalët e kthyer nga sipërfaqja metalike në reflektor në mënyrë vektoriale mbledhen në një pikë. Në këtë reflektim nuk është e mjaftueshme vetëm që vetëm valët nga periferia e reflektorit të drejtohen kah fokusi i pasqyrës, por ato duhet të jenë të njëjta edhe në fazë në pikën rënëse. Pra, reflektori duhet të plotësojë kërkesën për reflektim në fazë të njëjtë. Reflektori ka formën e sipërfaqes parabolike matematikore. Reflektori parabolik në antenat satelitore me mbështetëse për konvertorit është treguar në figurën 6-23.

Paraboloidin mund ta imagjinojmë si një sipërfaqe të fituar me rotacionin e parabolës rreth majës së saj. Me mbajtës të veçantë në fokusin e paraboloidit vendoset konvertori, i cili i pranon sinjalet e reflektuara nga sipërfaqja e tij.

Parametrat bazë të një parabole janë: hapja e saj ose diametri, i cili shënohet me D ; thellësia e reflektorit e shënuar me d , dhe distanca e fokusit, e cila matet nga kulmi i parabolës deri te fokusi i vet parabolës, e cila shënohet me F . Të gjitha rrezet që vijnë në drejtimin paralel me drejtëzën që i lidh kulmin e parabolës dhe fokusin e saj, do të reflektohen nga pasqyra saktë në fokusin e parabolës.

Raporti F/D është karakteristikë e rëndësishme e reflektorit parabolik. Ai e jep informacion për thellësinë e reflektorit. Reflektorët me raport F/D prej 0,33 deri në 0,4 konsiderohen reflektorë të cekët, ndërsa reflektorët me raport F/D prej 0,25 deri në 0,33 konsiderohen reflektorë të thellë. Reflektori i cekët edhe i thellë kanë përparësitë dhe mangësitë e tyre. Parametrat e reflektorit parabolik janë dhënë në figurën 6-24.

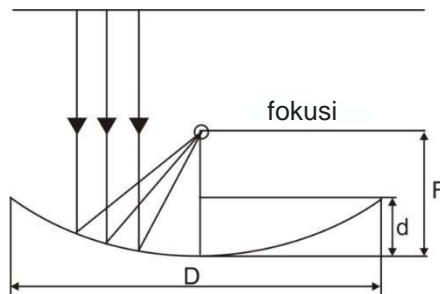


Fig. 6-24. Parametrat të reflektorit parabolik

Reflektorët e cekët kanë përparësi në raport me shfrytëzimin e sipërfaqes efektive të reflektorit dhe në raport me të ashtuquajturat efektet e skajeve gjatë reflektim. Reflektori nuk është pasqyrë ideale përgjatë gjithë sipërfaqes së tij. Rreth skajeve të reflektorit ndodh rishfaqja e radiovalëve. Kjo rishfaqje është më e shprehur në reflektorët më të thellë. Por, në reflektorin më të thellë pika e fokusit gjendet në distancë më të vogël nga kulmi i parabolës. Me këtë, konvertori që ndodhet në fokusin e parabolës është më i mbrojtur nga rrezatimi që vjen nga sipërfaqja e Tokës, kështu që nga ky aspekt reflektori i thellë është më i mirë. Pra, gjatë ndërtimit të reflektorit kemi dy kërkesa kontradiktore të cilat duhet të përmbushen njëkohësisht, prandaj zbatohen raporte optimale F/D . Distanca e fokusit te parabola është dhënë me shprehjen e mëposhtme:

$$F = D^2 / 16d \quad \dots\dots\dots (6-12)$$

ku:

- D – diametri i reflektorit
- d – thellësia e reflektorit.

Sipas konstruksionit ekzistojnë më tepër lloje të reflektorëve, por vetëm dy prej tyre janë në përdorim të gjerë: **parabola e zakonshme** dhe **antena-ofset**, të cilat janë treguar në figurën 6-25.

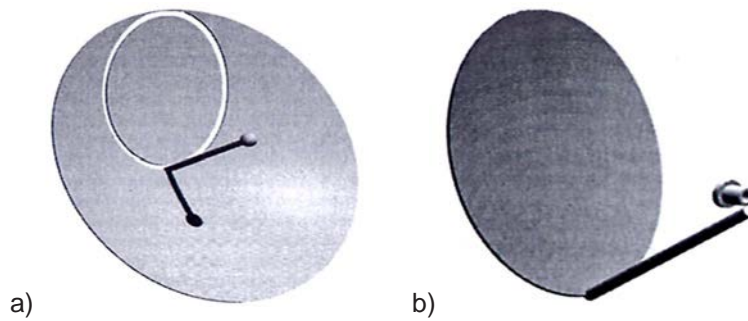


Fig. 6-25. Antenat reflektuese: (a) antena parabolike; (b) reflektor-ofset

Matematikisht antena-ofset paraqet një sipërfaqe të prerë të paraboloidit. Sipërfaqja më e vogël formon reflektor-ofset. Të dy reflektorët fokusojnë në pikën e njëjtë, vetëm se te reflektori-ofset fokusi nuk është i vendosur simetrikisht në qendër si në parabolën e zakonshme, kështu që mbajtësi i konvertorit më pak e hijeson sipërfaqen reflektuese të antenës. Kjo do të thotë se ky lloj i reflektorëve ka shkallë më të lartë të shfrytëzimit të sipërfaqes në krahasim me parabolën. Gjithashtu, shihet se reflektori-ofset qëndron më normal në raport me Tokën (nuk ka probleme me borën), por gjithashtu është edhe më i cekët se parabola, gjë që e bën më të ndjeshëm mekanikisht. Pikërisht për këtë arsye, antenat-ofset nuk ndërtohen me diametër më të madh se 150 cm (mendohet në diametrin më të madh të elipsës).

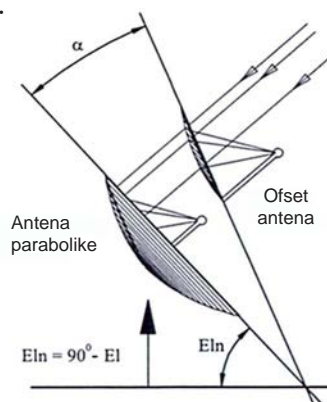


Fig. 6-26. Pozita e antenës ofset

Për reflektorin ofset karakteristike është këndi ofset. Këndi-ofset është këndi mes rrafshit ku shtrihet hapja e pjatës-ofset dhe rrafshit në të cilin shtrihet hapja e parabolës së zakonshme, kur këto të dyja janë të drejtuara kah i njëjti satelit.

Kjo është e dhënë e rëndësishme dhe duhet të merret parasysh gjatë vendosjes së pjatës. Ky kënd zakonisht është rreth 20° . Për shembull, në antenat “Iskra” ky kënd është 22° . Pozita e antenës ofset në raport me antenën parabolike është treguar në figurën 6-26. Vendosja e numrit më të madh të antenave satelitore në një sistem dhe koordinimi i tyre quhet **sistem inteligjent i antenave**. Një sistem i tillë është vendosur në Pusta Breznica, në rrethinën e Shkupit.

6.2.2.1. Parametrat e antenave satelitore

Parametrat më të rëndësishëm ose karakteristikat e një antene satelitore janë **përforcimi i antenës** dhe **këndi i marrjes**. Përveç këtyre, si parametër të rëndësishëm përmendëm edhe raportin F/D , i cili na tregon thellësinë e reflektorit. Përforcimi dhe këndi i marrjes varen nga madhësia e reflektorit, gjegjësisht diametri i antenës.

Përforcimi i antenës është dhënë me shprehjen e mëposhtme:

$$G = \eta \cdot (\pi \cdot D / \lambda)^2 \quad \dots\dots\dots (6-13)$$

ku:

- G – përforcimi i antenës
- D – diametri i antenës (m)
- η – efikasiteti i antenës
- λ – gjatësia valore e sinjalit satelitor (m)

Shihet se përforcimi i antenës varet nga katrori i diametrit të antenës, gjegjësisht është proporcional me sipërfaqen e hapjes së reflektorit parabolik. Përforcimi i antenës shprehet në decibel (dB):

$$G[dB] = 10 \log[\eta(\pi \cdot D / \lambda)^2] \quad \dots\dots\dots (6-14)$$

Këndi i marrjes është parametri tjetër i rëndësishëm i antenës. Çdo antenë ka karakteristikën e vetë të drejtimet. Karakteristika e dejtueshmërisë është grafik i vizatuar në koordinatat polare, i cili tregon se sa EMC paraqitet në dalje të antenës, kur nga të gjitha drejtimet ekziston fushë e barabartë elektromagnetike. Antenat e drejtuara kanë ndjeshmëri më të madhe (EMC) nëse vala vjen nga ana e përparme. Ashtu siç ndërron këndi nga drejtimi ballor, ndjeshmëria ulet. Këndi i marrjes në antenën parabolike mund të llogaritet nga formula e përafërt:

$$\Theta = 70 \cdot \lambda / D = 21 / f \cdot D [^\circ] \quad \dots\dots\dots (6-15)$$

- ku: Θ – këndi i marrjes ($^\circ$)
- D – diametër i antenës (m)
- f – frekuenca (GHz)

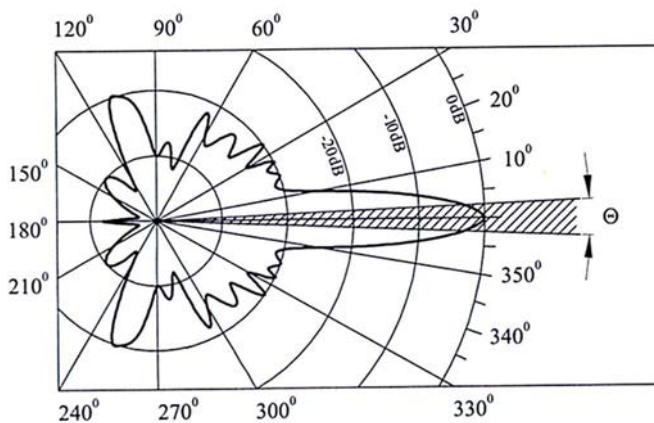


Fig. 6-27. Karakteristika e antenës satelitore të drejtuar

Karakteristika e antenës satelitore të drejtuar është treguar në figurën 6-27. Shpesh ndodh që (edhe pse ndonjë transponder nga një satelit i caktuar është i fuqishëm, sipas llogaritjeve, mund të merr sinjale nga antenna më të vogla), cilësia e sinjalit të marrë nga antenat më të vogla nuk është e kënaqshme, sepse për shkak të këndit të madh të marrjes së antenës në përdorues sinjali përzihet me sinjal nga sateliti i afërt fqinj, i cili i pengon sinjalit të dobishëm.

6.2.3. Antenat – bori (rog) (horn antenna)

Burim i rrezatimit elektromagnetik mund të jetë edhe një linjë e hapur e valëve. Në fundin e hapur do të paraqitet një fushë elektromagnetike alternative, gjatësia valore së të cilës është proporcionale me dimensionet e hapjes, kështu që linja e hapur e valëve do të funksionojë si antenë. Linja e hapur e valëve ka mangësitë e tij: nuk është e përshtatur (vala direkte do të reflektohet nga skajet e hapjes), duke shkaktuar humbje të energjisë, ndërsa diagrami i rrezatimit është shumë i gjerë sepse dimensionet e hapjes janë shumë të vogla në krahasim me gjatësinë e valës.

Që të ngushtohet këndi i diagramit të rrezatimit, duhet të rriten përmasat e hapjes së rrezatimit. Kjo arrihet duke vendosur një antenë në formë hinkë në hapjen e linjës të valëve, e cila mund të jetë në këto forma:

- Sektoriale, fig. 6-28 (a)
- Piramidale (kjo formë lidhet me termin antena bori–rog), fig. 6-28 (b)vt
- Konike, fig. 6-28 (c)

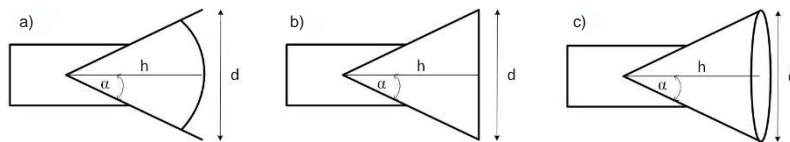


Fig. 6-28. Llojet e antenave rog sipas formës së hinkës: sektoriale (a), piramidale (b), konike (c)

Shtesa në formën e hinkës siguron një kalim të vazhdueshëm të valëve elektromagnetike nga linja e valëve në hapësirën e lirë. Nuk do të ketë reflektim të valëve nga skajet e hapjes së valëve, duke reduktuar ndjeshëm humbjet e energjisë.

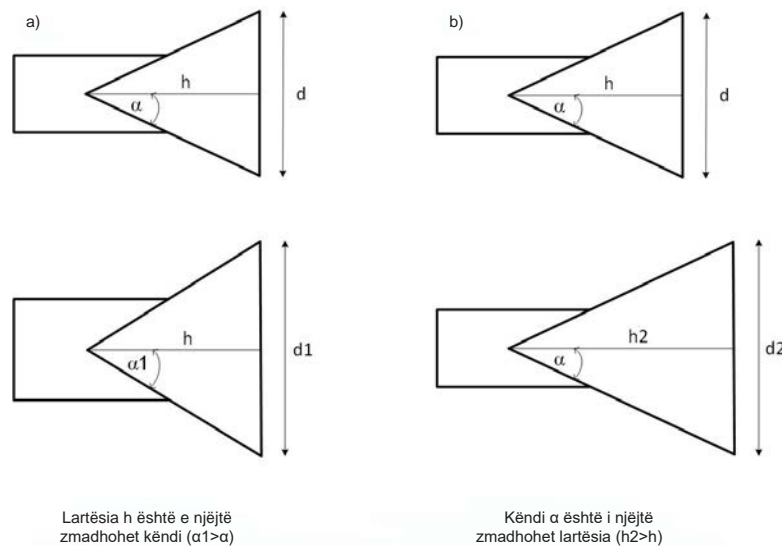


Fig. 6-29. Ndryshimi i diagramit të rrezatimit tek antenat bori, me ndryshimin e këndit ose me ndryshimin e lartësisë

Diagrami i rrezatimit i këtyre antenave varet nga dimensionet e hinkës, gjegjësisht tek antenat–rog nga dimensionet e piramidës, baza e saj d , lartësia h , dhe këndi α në majën e piramidës. Diagrami i rrezatimit është i ngushtë nëse dimensionet e hapjes janë të mëdha në krahasim me gjatësinë valore të valës elektromagnetike. Kjo arrihet në dy mënyra: nëse rritet këndi i piramidës (ajo zgjerohet), ndërsa lartësia e saj mbetet e njëjtë (fig. 6-29 (a)), me çka këndi i rrezatimit zvogëlohet deri në një masë të caktuar. Mënyra e dytë është nëse këndi i piramidës është konstant, ndërsa zmadhohet lartësia e piramidës (ajo zgjerohet), duke krijuar antena-rog të gjata (fig. 6-29 (b)).

Mangësia e këtyre antenave është përmasat e tyre të mëdha (janë të mëdha), për një kënd të ngushtë të rrezatimit. Kjo mund të reduktohet me lidhjen seri të disa antenave-rog, në një **sistem të kompleks antenash**.

Ana pozitive e antenave-rog është ndërtimi i tyre i thjeshtë dhe gjerësia e madhe e brezit të lëshimit (që është rezultat i faktit se ky lloj antene nuk ka një frekuencë rezonante dhe rrezaton në çdo frekuencë më të vogël se ndonjë frekuencë e caktuar kufitare).

6.2.4. Antenat mikro të sheshta (microstrip antenna)

Antena mikro e sheshtë, e njohur edhe si antenna e printuar, paraqet një fletë metalike shumë të hollë – që ngjan me një ngjitës që ka forma të ndryshme (katrore, rrethore dhe drejtkëndore) – e integruar në një pllakë izoluese (dielektrik) duke u ndarë kështu në mënyrë elektrike nga pjesa tjetër përçuese që është e tokëzuar (e paraqitur në figurën 6-30). Haset edhe me emrin si antenna ngjitëse. Zakonisht prodhohet në një pllakë të printuar.

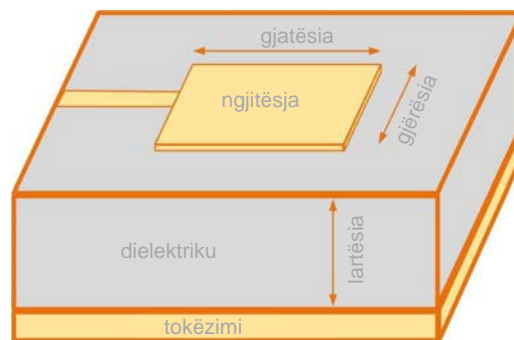


Fig. 6-30. Antena mikro e sheshtë

Gjatësia e ngjitëses është me dimension prej $\lambda/2$, prandaj përdoret në zonat e mikrovalëve. Më së shpeshti përdoret në industrinë e avionëve dhe raketave, duke u realizuar me një numër më të madh ngjitësesh të vendosura në seri. Për shkak të trashësisë shumë të vogël të ngjitëses, ajo mund të përshtatet në forma të ndryshme dhe vendoset, për shembull, në sipërfaqen e një makine, avioni apo ndonjë pajisjeje të lëvizshme për komunikacion.

Një antenë specifike me mikro e sheshtë është antena-F e përmbysur (PIFA – Planar Inverted F Antenna), e njohur me shkurtesën PIFA. Emrin e ka marrë për shkak të pamjes së saj fizike që ngjan me shkronjën latine F. Përdoret në komunikimin pa tela, gjegjësisht në telefoninë mobile. Furnizimi në këto antena është në mes, prandaj antena është më e shkurtër, më kompakte dhe ka një impedancë që është e barabartë me impedancën e qarkut të eksitimit, duke e rritur kështu efikasitetin e saj.

Diagrami i rrezatimit i antenave me mikro të sheshta është i gjerë, ato kanë masë dhe dimensione të vogla, janë të thjeshta për t'u realizuar dhe shpesh herë me to shtohen qarqe të integruara për amplifikimin e sinjalit, por gjithashtu kanë edhe humbje të mëdha, si dhe brez të ngushtë frekuencash të punës.

PËRMBLEDHJE:

- Antenat janë pajisjet elektrike të cilat valët elektromagnetike i konvertojnë në sinjal elektrik dhe anasjelltas – sinjalin elektrik e konvertojnë në valë elektromagnetike. Antenat mund të jenë edhe antena emetuese edhe marrëse.
- Valët elektromagnetike përhapen nëpër ajër si valë sipërfaqësore dhe valë hapësinore.
- Valët hapësinore gjatë përhapjes së tyre e përdorin jonosferën. Jonosfera është pjesë e atmosferës në të cilën koncentrimi i elektroneve ndryshon në varësi të të kushteve të jashtme. Jonosfera shfrytëzohet për të gjitha llojet e transmetimit, e veçanërisht për transmetimet satelitore.
- Frekuenca maksimale e valës së emetuar vertikalisht e cila është akoma reflektohet nga jonosfera quhet frekuencë kritike e jonosferës. Frekuenca kritike varet nga numri i elektroneve të lira në vëllimin njësi.
- Zonë e vdekur quhet hapësira në mes të zonës në të cilën mbaron marrja e valëve sipërfaqësore dhe zonës në të cilën fillon marrja e valëve hapësinore. Për gjatësi valore më të gjata se 50 metra nuk ekziston zona e vdekur.
- Feding është dobësimi (shuarja) kohëshkurtër e sinjalit e shkaktuar nga interferenca e valëve, të cilat në pikën e marrjes arrijnë në rrugë të ndryshme.
- Dipoli i Hercit punon në parimin e qarkut oscilues serik, me hapjen e të cilit rreth dipolit paraqiten valë elektromagnetike.
- Fusha elektrike dhe magnetike rreth antenave-dipole në çdo pikë janë të vendosura normale me njëra-tjetrën.
- Karakteristika e fushës së rrezatimit të antenës quhet diagram i rrezatimit të antenës. Karakteristika e rrezatimit në planin ekuatorial ka formën e një rrethi.
- Diagrami i rrezatimit të antenave dipole ndryshon me ndryshimin e gjatësisë së kraheve të dipolit, vendndodhjes së dipolit dhe lartësisë në të cilën vendoset.
- Rezistenca e rrezatimit të antenës dipole është madhësi thjeshtë omike dhe është 73 W.
- Antenat mund të përdoret si antena transmetuese dhe marrëse. Në ndërtimin e të dyjave ndodhen një ose më shumë dipole të cilët realizohen në mënyra të ndryshme.
- Antenat satelitore përdoren për brezin e valëve ultra të shkurtra. Lidhja me stacionit që transmeton sinjal kah sateliti quhet lidhje ngjitëse (uplink), ndërsa sinjali që vjen kah përdoruesit quhet lidhje rënëse (downlink).
- Emetimi kah satelitët realizohet me ndihmën e frekuencave prej 14GHz, ndërsa transmetimi nga satelitët kah përdoruesit është në brezin prej 12GHz.
- Në transmetimin satelitor përdoren antena parabolike. Reflektorët e antenave parabolike të cilat kanë përdorim të gjerë janë: parabola e thjeshtë dhe antena-ofset.
- Për të arritur një rrezatim më të ngushtë dhe më të drejtuar te antenat-rog, ndryshohet këndi i piramidës ose gjerësia e saj.
- Antenat Yagi janë sisteme komplekse antenash me një veprim të theksuar drejtues, të cilat përdoren për transmetimin e valëve ultra të shkurtëra, veçanërisht në televizion.
- Një lloj i veçantë i antenave mikro të sheshta janë antenat PIFA, të cilat kanë formën e shkronjës F dhe janë të aplikueshme në telefoninë celulare.

PYETJE DHE DETYRA:

1. A ekzistojnë valë elektromagnetike me frekuencë 2 MHz dhe gjatësi valore prej 200 m?
2. Vala elektromagnetike me frekuencë 1MHz dhe gjatësi valore prej 200 m a mund të transmetohet nëpërmjet ajrit?
3. Sa është gjatësia e antenës dipole për marrje të programit radiodifuziv VHF?
4. Teli i izoluar a mund të përdoret si një antenë?
5. Si duhet të vendoset antena dipole që tensioni në skajet e saj të jetë maksimal?
6. Kur nuk ka zonë të vdekur gjatë transmetimit të sinjaleve?
7. Nëse stacioni radiodifuziv përdor antena emetuese lartësia e të cilës është $h = \lambda/2$. Sa është lartësia e antenës së Radio Shkupit?

Rretho përgjigjen e saktë në pyetjen e dhënë:

8. Cila është gjatësia më e vogël e dipolit me të cilën mund të fitohet rezonanca e antenës?
a. $\lambda/2$ b. λ c. $\lambda/4$ d. 2λ
9. Si quhet antena me gjatësi $\lambda/2$?
a. Antena e Tesllës
b. Dipol i Hertzit
c. Antenë-shkop
d. Antenë simetrike
10. Si quhet përçuesi simetrik i drejtë me gjatësi $2l$, i cili në mes furnizohet me burim të frekuencave të larta?
a. dipol simetrik
b. antenë-jagi
c. antenë-dipol
d. antenë komplekse
11. Në çfarë distance ndodhet orbita gjeostacionare mbi sipërfaqen e Tokës?
a. 3.600 km
b. 50.000 km
c. 36.000 km
d. 360.000 km
12. Si janë vijat e forcës të fushës elektrike në cilindro plan që kalon nëpër boshtin e dipolit të Hertzit?
a. identike
b. paralele
c. simetrike
d. normale
13. Sa është rezistenca e rrezatimit të dipolit gjysmëvalor?
a. 300Ω
b. 73Ω
c. 730Ω
d. 79Ω
14. Sa është rezistenca e rrezatimit të dipolit simetrik në hapësirë të lirë?
a. $R_z = 200 \Omega$
b. $R_z = 75 \Omega$
c. $R_z = 300 \Omega$
d. $R_z = 20 \Omega$

Njësia modulare 7: Modulimi dhe demodulimi

Në këtë njësinë modulare përpunohen:

1. Modulimi në amplitudë
2. Modulatorët e sinjaleve të moduluar në amplitudë
3. Demodulatorët e sinjaleve të moduluar në amplitudë
4. Modulimi këndor
5. Modulatorët e sinjaleve të moduluar në kënd
6. Demodulatorët e sinjaleve të moduluar në kënd

Pas mësimit të kësaj njësie modulare, nxënësit do të jenë në gjendje:

1. Të interpretojnë konceptin themelor të modulimit në amplitudë
2. Të dallojnë llojet e modulimit në amplitudë dhe të dallojnë spektrat e tyre
3. Të lexojnë skemat dhe të shpjegojnë parimin e funksionimit të llojeve të ndryshme të modulatorëve të sinjaleve të moduluar në amplitudë
4. Të lexojnë skemat dhe të shpjegojnë parimin e funksionimit të llojeve të ndryshme të demodulatorëve të sinjaleve të moduluar në amplitudë
5. Të interpretojnë konceptin themelor të modulimit në kënd
6. Të dallojnë llojet e modulimit këndor dhe të dallojnë spektrat e tyre
7. Të lexojnë skemat dhe të shpjegojnë parimin e funksionimit të llojeve të ndryshme të modulatorëve të sinjaleve të moduluar në kënd
8. Të lexojnë skemat dhe të shpjegojnë parimin e funksionimit të llojeve të ndryshme të demodulatorëve të sinjaleve të moduluar në kënd

7. MODULIMI DHE DEMODULIMI

Në daljen e konvertuesit të mesazheve shfaqet një sinjal në formën e tij origjinale, domethënë ai ndodhet në brezin e tij natyror, bazik të frekuencave. Këto sinjale nuk janë gjithmonë të përshatshme për transmetim të drejtpërdrejtë. Për këtë arsye kryhet përpunimi i sinjalit, në mënyrë që ai të ndikojë (të injektohet) në ndonjë nga parametrat e sinjalit ndihmës periodik me frekuencë të lartë dhe në këtë mënyrë ai bëhet bartës i sinjalit të transmetuar. Procedura e ndryshimit, injektimit së sinjalit në sinjalin ndihmës quhet **modulim** [1].

Bartësi është sinjal sinusoidal me frekuencë të lartë, dhe njëri nga parametrat e tij: amplituda, frekuenca ose faza ndryshon proporcionalisht si sinjali në formën e tij bazike. Sipas kësaj, kemi tre lloje modulimi:

AM – modulim në amplitudë

FM – modulim në frekuencë

PM – modulim në fazë

Sinjali origjinal në formën e tij natyrale quhet **sinjal modulues**, sinjali ndihmës periodik quhet **bartës**, dhe sinjali i modifikuar i marrë nga këto dy sinjale quhet **sinjal i moduluar**. Modulimi realizohet në transmetues, ndërsa sinjali i marrë në marrës duhet të demodullohet, domethënë të realizohet një procedurë e reversibil dhe nga sinjali i moduluar të nxirret sinjali modulues, pra mesazhi i dobishëm që kemi transmetuar.

7.1. MODULIMI NË AMPLITUDË

Bartësi në modulimin në amplitudë është sinjal periodik i thjeshtë, i paraqitur në figurën 7-1 (b), në formën:

$$u_0(t) = U_0 \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi) \quad \dots\dots\dots (7-1)$$

U_0 – amplituda e bartësit

ω_0 – frekuenca rrethore e bartësit

ϕ – faza fillestare e bartësit

Mesazhi që transmetohet, i paraqitur në figurën 7-1 (a), shkruhet në formën e përgjithshme të tij $u_m(t)$.

Duke injektuar mesazhin në amplitudën e bartësit, amplituda e tij ndryshon proporcionalisht me sinjalin modulues dhe merret një sinjal i moduluar në amplitudë, i paraqitur në figurën 7-1 (c), paraqitja matematikore e të cilit është:

$$u(t) = k \cdot u_m(t) \cdot \sin(\omega_0 \cdot t + \varphi) \quad \dots\dots\dots (7-2)$$

k – konstanta e proporcionalitetit

Vija e imagjinuar që lidh pikët e maksimumit, gjegjësisht vija (kufiri) në të cilën ndryshon bartësi quhet **anvelopë**, e paraqitur në figurën 7-1 (c), me vijë të ndërprerë rozë. Anvelopa është proporcionale me mesazhin që transmetohet, sinjalin modulues. Sinjali i moduluar në amplitudë përfaqëson produktin e mesazhit të transmetuar dhe bartësit, prandaj quhet modulim produktiv.

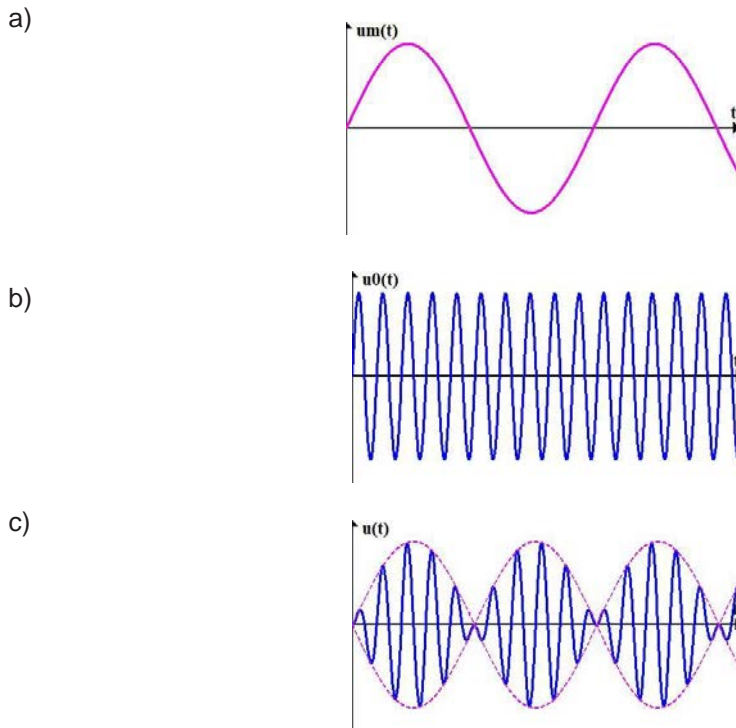


Fig. 7-1. Sinjali i moduluar në amplitudë, forma kohore

(a) Sinjali modulus; (b) sinjali periodik ndihmës – bartës; (c) sinjali i moduluar

Për paraqitje më të thjeshtë, për mesazhin e transmetuar do të marrim një sinjal periodik të thjeshtë, ndërsa bartësi nuk do të ketë fazë fillestare ($\varphi = 0$). Sinjali modulus dhe sinjali i moduluar në amplitudë tani do të kenë paraqitjen matematikore si në vijim:

$$u_m(t) = U_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t)$$

$$u(t) = k \cdot U_m \cdot \sin(\omega_m \cdot t) \cdot \sin(\omega_0 \cdot t) =$$

$$= \frac{k \cdot U_m}{2} \cdot \cos(\omega_0 \cdot t - \omega_m \cdot t) - \frac{k \cdot U_m}{2} \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \omega_m \cdot t) =$$

$$= \frac{k \cdot U_m}{2} \cdot \cos(\omega_0 - \omega_m) \cdot t - \frac{k \cdot U_m}{2} \cdot \cos(\omega_0 + \omega_m) \cdot t \quad \dots\dots\dots (7-3)$$

Spektri përkatës i frekuencave të mesazhit të transmetuar, bartësit dhe sinjalit të moduluar në amplitudë është paraqitur në figurën 7-2.

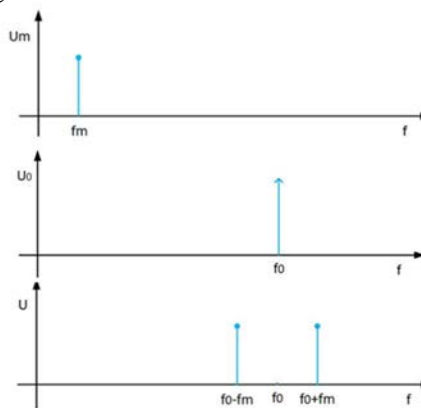
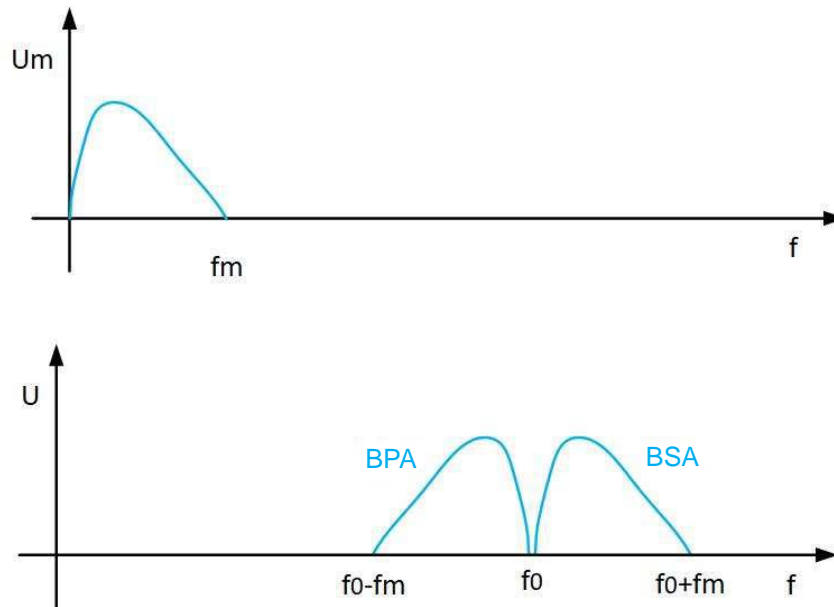


Fig. 7-2. Spektri i frekuencave të sinjalit të moduluar në amplitudë, kur mesazhi është sinjal periodik i thjeshtë.

Sinjali i moduluar në amplitudë ka dy komponentë frekuence, që janë në frekuencat ($f_0 - f_m$) dhe ($f_0 + f_m$).

Mesazhi, sinjali modulues, në praktikë është sinjal rasti kompleks që ka një spektrin të vazhdueshëm dhe të kufizuar (me frekuencë kufitare f_m). Në atë rast, **spektri i sinjalit-AM** do të paraqitet si në figurën 7-3 dhe do të përmbajë dy komponentë rreth frekuencës së bartësit f_0 .



Figl. 7-3. Spektri i frekuencave i sinjalit të moduluar në amplitudë kur mesazhi është sinjal kompleks

Brezi i sipërm (BSA) dhe brezi i poshtëm (BPA) anësor përmbajnë mesazhin e transmetuar, që çon në përfundimin se për transmetimin e sinjalit modulues është e nevojshme të transmetohet vetëm njësi nga brezat. Kjo procedurë e zgjedhjes së vetëm njërit brez e komplikon shumë procesin, por e redukton spektrin e frekuencave të nevojshme dhe energjinë e shpenzuar që ai të transmetohet. Në varësi të nevojave dhe kushteve, sipas spektrit të frekuencave të sinjalit të moduluar, dallohen katër lloje të modulimit në amplitudë:

- **AM – 2BA** (modulim në amplitudës me 2 breza anësor)
- **AM – 1BA** (modulim në amplitudës me 1 brez anësor)
- **KAM** (modulim konvencional në amplitudë)
- **AM – BAA** (modulim në amplitudë me brez anësor asimetrik)

7.1.1. AM – 2BA

Ky modulim është modulimi themelor në amplitudë dhe arrihet me shumëzimin e zakonshëm të sinjalit modulues dhe të bartësit (formula 7-2). Spektri i këtij sinjali është dhënë në figurën 7-3, ndërsa gjerësia e brezit të frekuencave është:

$$B = (f_0 + f_m) - (f_0 - f_m) = f_0 + f_m - f_0 + f_m = 2 \cdot f_m \dots (7-4)$$

Që të transmetohet sinjali, nevojitet energji e dyfishtë, krahasuar me transmetimin vetëm të një brezi anësor dhe brez frekuencash dyfish më të gjerë. Demodulimi është kompleks prandaj ky lloj modulimi është fazë kaluese për fitimin e modulimeve të tjera.

7.1.2. AM – 1BA

Mesazhi i transmetuar është i pranishëm si në brezin e sipërm (BSA) ashtu edhe në brezin e poshtëm (BPA). Kjo do të thotë se nuk është e nevojshme të transmetohen të dy brezat, por mjafton të transmetohet vetëm njëri brez dhe në këtë mënyrë shmanget shpenzimi i panevojshëm i energjisë, brezit të frekuencave dhe burimeve të tjera. Ky transmetim paraqet modulim në amplitudë me një brez anësor (AM – 1BA). Ky modulim ka një modulator dhe demodulator kompleks. Përdor modulim me shumë hapa dhe filtre specifike, prandaj është i shtrenjtë dhe më pak i aplikueshëm.

7.1.3. KAM

Sinjali KAM është mënyra më e vjetër e modulimit në amplitudë. Prandaj, kur flitet për modulimin në amplitudës pa ndonjë përjashtim, zakonisht nënkuptohet KAM. Ky sinjal matematikisht është dhënë me shprehjen e mëposhtme:

$$u(t) = [U_0 + k \cdot u_m(t)] \cdot \sin(\omega_0 \cdot t) \quad \dots\dots\dots (7-5)$$

Nga shprehja matematike shihet se amplituda e sinjalit përbëhet nga një komponent njëkahëshe me madhësi U_0 dhe komponenta e cila varet në mënyrë proporcionale nga mesazhi i transmetuar $k \cdot u_m(t)$. Komponenta njëkahëshe është ajo që e dallon sinjalin KAM nga AM – 2BA. Forma kohore e sinjalit KAM është e dhënë në figurën 7-4.

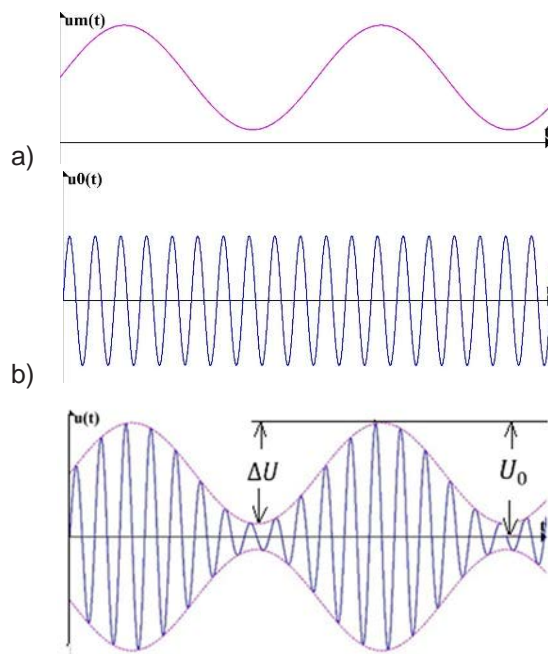


Fig. 7-4. Forma kohore e sinjalit KAM

Mesazhi i transmetuar (sinjali modulus) ka një amplitudë maksimale U_m . Herësi m_0 quhet shkalla e modulimit:

$$m_0 = \frac{\Delta U}{U_0} \quad \dots\dots\dots (7-6)$$

ku $\Delta U = k \cdot U_m$.

Shkalla e modulimit m_0 zakonisht shprehet në përqindje ($m_0[\%] = m_0 \cdot 100$). Në praktikë, vlera e shkallës së modulimit sillet nga 30% deri në 80%. Nëse vlera e m_0 është më e madhe se 100%, ndodh **paramodulimi**, gjegjësisht paraqitet shtrembërimi gjatë modulimit.

Për shkak të komponentës njëkahëshe në sinjalin e moduluar, spektri frekuencor përmban dy breza anësore (BSA dhe BPA) dhe bartësi. Spektri i frekuencave i sinjalit KAM është paraqitur në figurën 7-5:

Që të mund të transmetohet sinjali, duhet të plotësohet kushti:

$$f_0 - f_m \geq 0, \text{ gjegjësisht } f_0 \geq f_m \quad \dots\dots\dots (7-7)$$

Gjerësia e brezit të frekuencës është:

$$B = (f_0 + f_m) - (f_0 - f_m) = f_0 + f_m - f_0 + f_m = 2 \cdot f_m \quad \dots\dots\dots (7-8)$$

Gjerësia e brezit të frekuencës të sinjali KAM është e njëjtë me atë të AM-2BA. Energjia e nevojshme për transmetim është më e madhe se energjia e nevojshme për transmetim të AM-2BA, pasi sinjali KAM përmban të dy brezat anësor por edhe bartësin e sinjalit. Kjo karakteristikë negative është e papërfillshme për shkak të realizimit të thjeshtë të modulatorit dhe demodulatorit për këtë lloj modulimi në amplitudë. Zbatimi i modulimit KAM është në radiodifuzion.

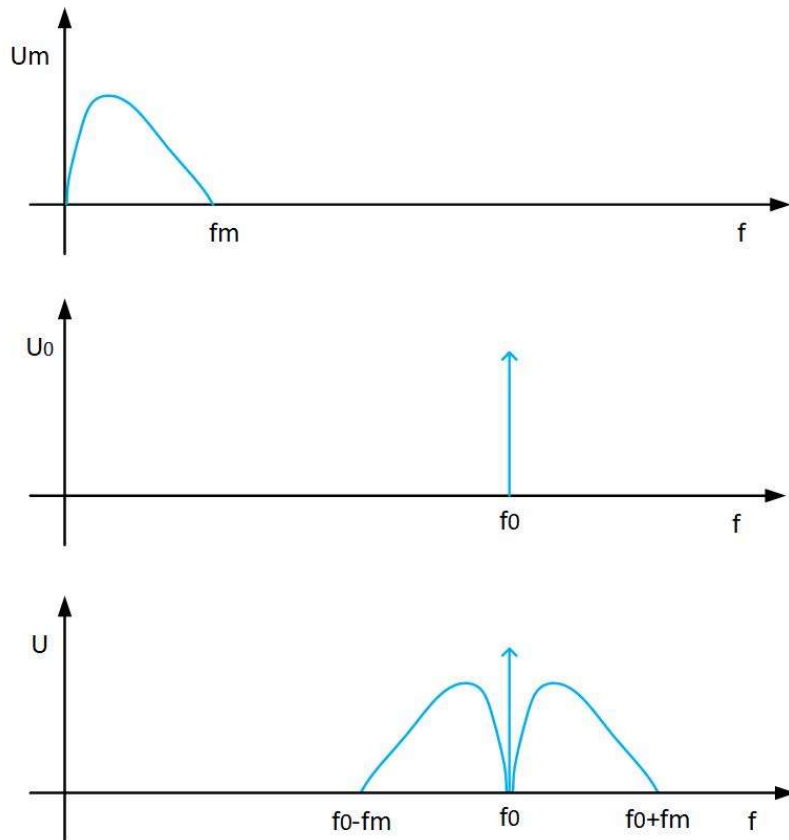


Fig. 7-5. Spektri i frekuencave të KAM-it

Fuqia e nevojshme që të transmetohet një sinjali KAM është:

$$P = P_0 \cdot \left(1 + \frac{m_0^2}{2}\right) \quad \dots\dots\dots (7-9)$$

ku P_0 është fuqia e bartësit të sinjalit, ndërsa fuqia e sinjalit të transmetuar (sinjali modulues) është:

$$P_m = P_0 \cdot \frac{m_0^2}{2} \quad \dots\dots\dots (7-10)$$

Shkalla e shfrytëzimit është:

$$\eta = \frac{P_m}{P_0} = \frac{P_0 \cdot \frac{m_0^2}{2}}{P_0 \cdot \left(1 + \frac{m_0^2}{2}\right)} = \frac{\frac{m_0^2}{2}}{1 + \frac{m_0^2}{2}} = \frac{m_0^2}{2 \cdot (2 + m_0^2)} \quad \dots\dots\dots (7-11)$$

Për të ndjerë madhësinë e shfrytëzimit, më e thjeshtë është të merret që shkalla e modulimit është 1 (100 %), ku për shkallën e shfrytëzimit merret vlera 1/6. Kjo vlerë tregon se transmetuesi shfrytëzon vetëm 1/6 të energjisë së përdorur për transmetimin e sinjalit modulues, ndërsa 5/6 e mbetur përdoret si energji e padobishme për transmetimin e bartësit. Megjithatë, ky shfrytëzim i vogël është praktikisht i dobishëm, pasi në radiodifuzion ka një transmetues dhe shumë marrës, të cilat do të jenë pajisje të thjeshta me qarqe të lira demodulimi brenda tyre.

7.1.4. AM-BAA

Me qëllim që të shmangen transmetimi i panevojshëm i të dyja brezave anësore, sinjali KAM kalon nëpër një filtër lëshues të frekuencave, i cili do të lejojë vetëm një brez anësore dhe bartësin, si dhe një pjesë të brezit tjetër anësore (fig. 7-6).

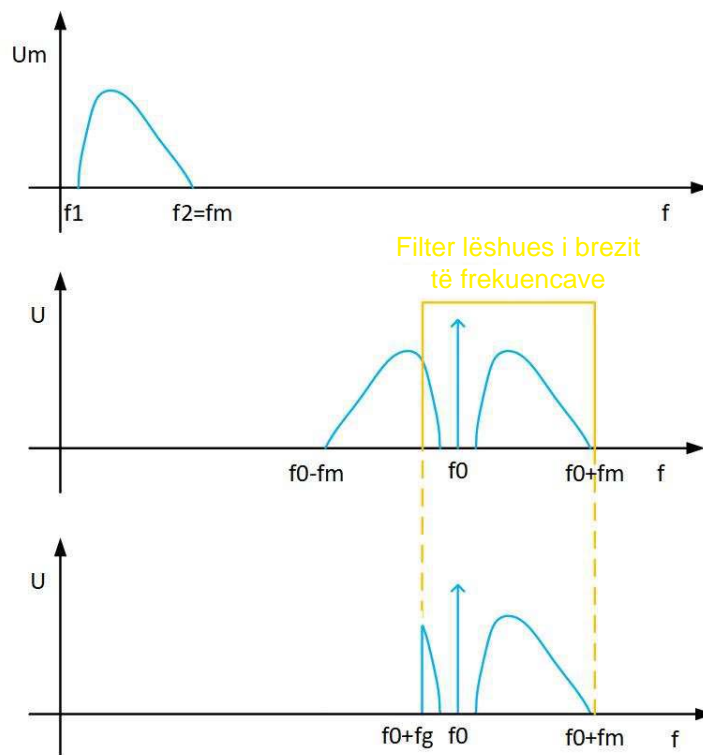


Fig. 7-6. Spektri i frekuencave i AM-BAA

AM-BAA përmban të tërin njërin brez anësore në të cilin ndodhet mesazhi i transmetuar. Ky transmetim quhet hibrid.

Gjerësia e brezit të frekuencës është:

$$B = (f_0 + f_m) - (f_0 - f_g) = f_0 + f_m - f_0 + f_g = f_m + f_g \quad \dots\dots\dots (7-12)$$

Zakonisht është:

$$f_g = \frac{1}{4} \cdot f_m \quad \dots\dots\dots (7-13)$$

Me ç'rast për gjerësinë e brezit të frekuencës fitohet:

$$B = f_m + f_g = f_m + \frac{1}{4} \cdot f_m = \frac{5}{4} \cdot f_m = 1,25 \cdot f_m \quad \dots\dots\dots (7-14)$$

Kjo gjerësi e brezit të frekuencës është më e vogël se ajo e sinjalit KAM. Përdorimi është në radiodifuzion, në transmetimin e sinjaleve analogjike televizive (të video sinjalit).

7.2. MODULATORËT E SINJALEVE AM

7.2.1. Modulatori me element jolinear

Parimi i funksionimit të modulatorit me element jolinear është treguar me bllok diagramin në figurën 7-7.

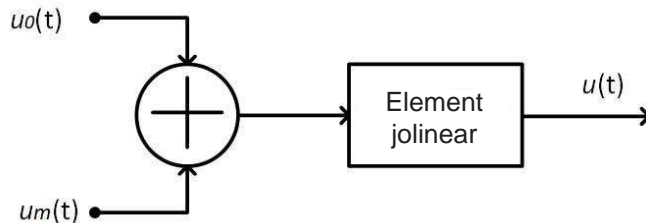


Fig. 7-7. Modulator amplitude me element jolinear

Bartësi $u_o(t)$ dhe sinjali modulues $u_m(t)$ mblidhen në një element të përbashkët dhe pastaj dërgohen në hyrjen e elementit jolinear. Sinjali në dalje e elementit jolinear është paraqitur me formulën:

$$u(t) = a + b \cdot [u_o(t) + u_m(t)] + c \cdot [u_o(t) + u_m(t)]^2 \dots\dots\dots (7-15)$$

Sinjali në dalje përmban komponentën njëkahëshe a , sinjalin hyrës $[u_o(t)+u_m(t)]$, si dhe katrorin e sinjalit hyrës $[u_o(t)+u_m(t)]^2$. Komponenta e fundit, që është produkt i jolinearitetit të elementit, përmban sinjalin e moduluar në amplitudë.

Për shkak të jolinearitetit, në spektrin e sinjalit të tillë të moduluar shfaqen komponentë që janë me frekuencë dy herë më të madhe, gjë që mund të shihet në figurën 7-8, ku është paraqitur spektri i $u(t)$.

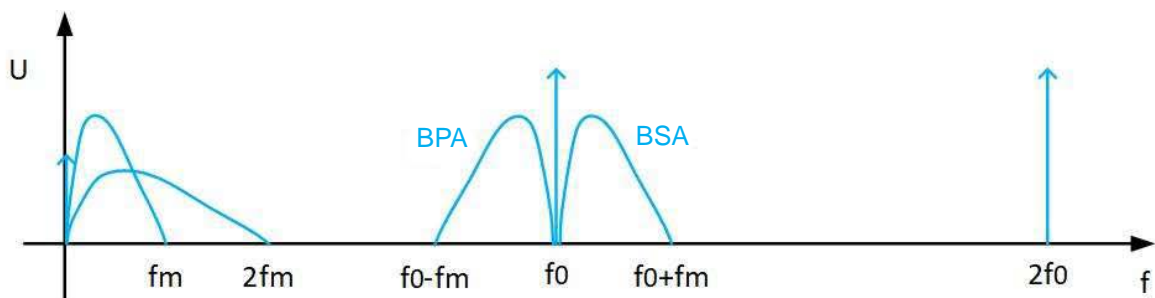


Fig. 7-8. Spektri i sinjalit $u(t)$

Nga spektri mund të vërehet se sinjali në dalje përmban komponentë njëkahëshe, pjesë me frekuencë të ulët me frekuencat f_m dhe $2f_m$, si dhe komponentë me frekuencë të lartë rreth frekuencës f_0 dhe $2f_0$. Produkti i dobishëm është ai në frekuencën f_0 , si dhe dy brezat e tij anësor, të cilat përfaqësojnë sinjalin e dëshiruar KAM. Që të ndahet sinjali i dobishëm (KAM), sinjali i fituar në këtë mënyrë $u(t)$ lëshohet të kalon, përmes filtrit lëshues të frekuencave, brezi i të cilit është një nga $f_0 - f_m$ deri në $f_0 + f_m$. Në dalje të filtrit fitohet sinjali KAM. Që të mund të realizohet kjo, nuk duhet të ketë mbivendosje të spektrave, pra duhet të vlejë:

$$f_0 - f_m \geq 2f_m \rightarrow f_0 \geq 3f_m \dots\dots\dots (7-16)$$

Anëtari katror në karakteristikën e elementit jolinear është ai që siguron produktin e modulimit, pra fitohet sinjali KAM.

7.2.2. Modulatori me diodë

Modulimi në amplitudë mund të realizohet edhe me një element ndërprerës linear, zakonisht diodë ose transistor. Kur dioda konsiderohet si një element ideal, ka një karakteristikë të tillë që në polarizim direkt (pd), përçon rrymë që është proporcionale me tensionin e saj ($i = u_d/R_d$), ndërsa në polarizim invers (pi), ajo nuk përçon rrymë ($i = 0A$), domethënë e ndërpret qarkun.

Në figurën 7-9 a) është dhënë një paraqitje skematik e modulatorit më të thjeshtë të amplitudës i realizuar me diodë.

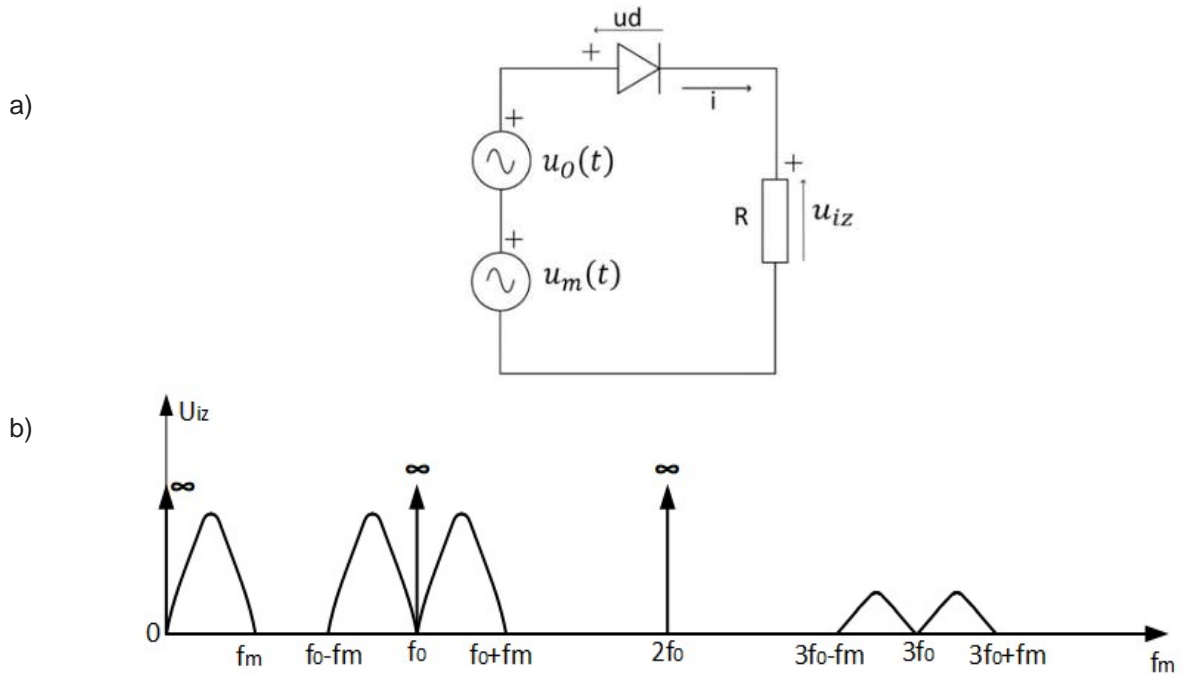


Figura 7-9. Modulatori i amplitudës me diodë:

(a) skema elektrike; (b) spektri i frekuencës.

Kur dioda është në polarizim direkt, nëse e kthejmë konturën sipas Ligjit të dytë të Kirkofit fitohet ekuacioni i mëposhtëm:

$$i = u_d/R_d$$

$$i \cdot R_d + R \cdot i - u_o(t) - u_m(t) = 0$$

$$i \cdot R_d + R \cdot i = u_o(t) + u_m(t)$$

$$i \cdot (R_d + R) = u_o(t) + u_m(t)$$

$$i = \frac{1}{R_d + R} \cdot [u_o(t) + u_m(t)]$$

$$u_{iz} = R \cdot i = R \cdot \frac{1}{R_d + R} \cdot [u_o(t) + u_m(t)]$$

$$a = R \cdot \frac{1}{R_d + R}$$

$$u_{iz} = a \cdot [u_o(t) + u_m(t)]$$

$$u_{iz} = \begin{cases} 0, & \text{dioda e pi} \\ a \cdot [u_o(t) + u_m(t)], & \text{dioda e pd} \end{cases} \dots\dots\dots (7-17)$$

Pasi që tensioni i bartësit është shumë më i lartë se tensioni sinjalit modulues, rrjedh se dioda është e drejtuar direkt nga bartësi i sinjalit. Gjegjësisht, sinjal do të ketë vetëm në pjesën pozitive të shumës së sinjaleve $u_o(t) + u_m(t)$.

Për shkak të karakteristikës komutuese të diodës, sinjali i daljes paraqet shumën e: sinjalit modulues, **bartësit, prodhimin të sinjalit modulues dhe bartësin**, prodhimin e sinjalit modulues dhe bartësin me frekuencë 3 herë më të madhe etj. (figura 7-9 b)). Anëtarit i dytë dhe i tretë në këtë shumë paraqesin sinjalin e dëshiruar KAM.

7.2.3. Modulatori i amplitudës me transistor

Modulatori i realizuar me transistor si element komutues është paraqitur në figurën 7-10 në versionin e tij më të thjeshtë, i cili megjithatë është pak më i komplikuar se versioni i modulatorit me diodë.

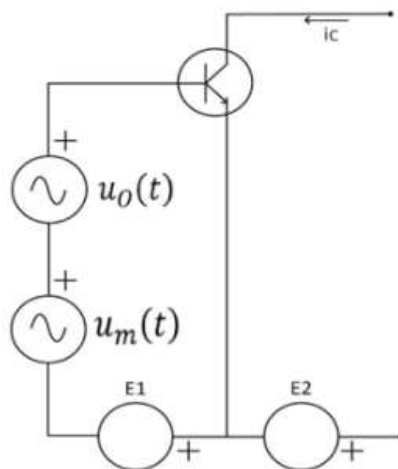


Fig. 7-10. Modulatori i amplitudës me transistor

Burimi i furnizimit $E_2 > E_1$, prandaj nëpër transistor nuk kalon asnjë rrymë (ai është i shkyçur). Transistori do të kyçet, kur do të fillojë të përçojë rrymë elektrike, kur baza e tij B do të jetë pozitive (gjegjësisht $u_o(t) + u_m(t) - E_1 > 0$). Atëherë do të rrjedhë rrymë përmes kolektorit C, i_c e cila ndryshon proporcionalisht me sinjalin modulues $u_m(t)$. Në daljen e tij fitohet sinjal KAM.

7.2.4. Modulatori i balancuar

Modulatori balancues, i paraqitur në figurën 7-11 realizohet me dy dioda, karakteristikat e të cilave janë identike dhe në analizë merren si elemente ideale (në polarizim të kundërt paraqesin një ndërprerje në qark, ndërsa në polarizim direkt lidhje të shkurtër). Transformatorët me konektor të mesëm janë simetrikë.

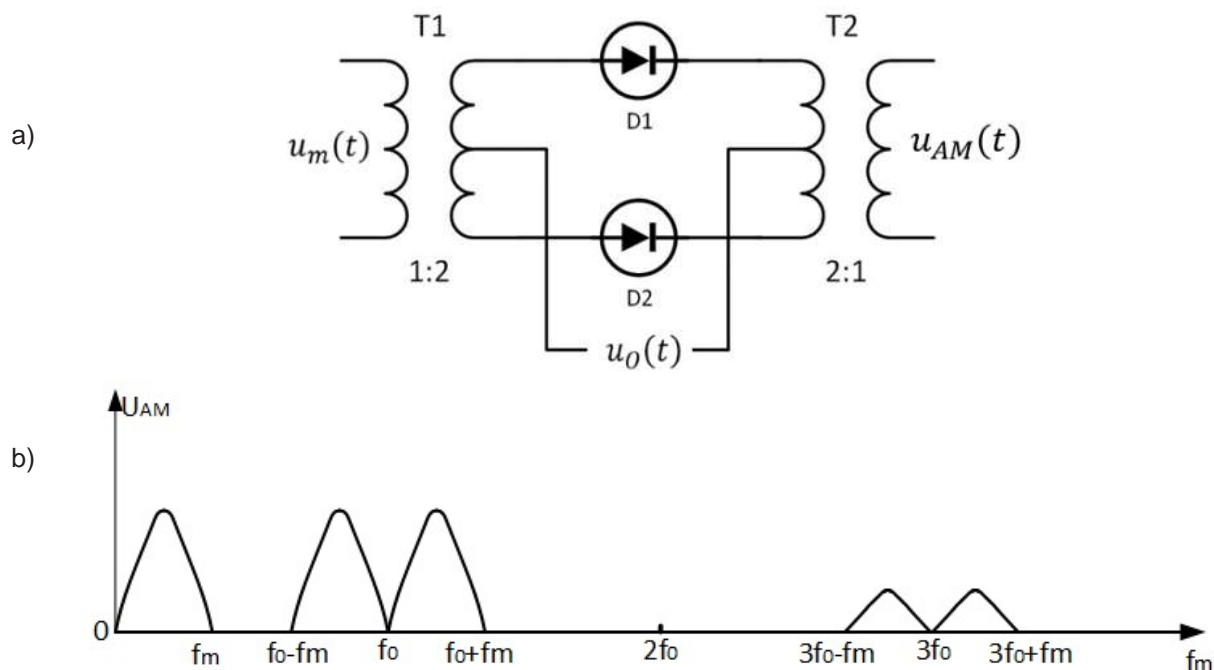


Fig. 7-11. Modulatori balancues
 (a) skema elektrike; (b) spektri i frekuencave

Transformatori T1 ka një raport transmetimi 1:2, që do të thotë se në anën sekondare shfaqet një sinjal dy herë më i madh se ai në anën primare, ndërsa atje silltet sinjali modulues $u_m(t)$, duke qenë se ana sekondare është e ndarë në dy pjesë, në pjesën e sipërme shfaqet $u_m(t)$, ashtu si edhe në pjesën e poshtme. Kur bartësi $u_o(t)$ është në gjysmë periodën e tij pozitive, përçojnë diodat D1 dhe D2, të cilat janë të polarizuara direkt dhe në primarin e transformatorit T2 fitohet sinjali $2u_m(t)$. Për gjysmë periodën negative të bartësit, megjithatë, diodat janë të polarizuara invers dhe e ndërpresin qarkun dhe në primarin e T2 fitohet sinjal zero. Për shkak të raportit të transformatorit T2 prej 2:1, tensioni i daljes është dy herë më i vogël se ai i hyrjes. Prandaj, për $u_{AM}(t)$ fitohet:

$$u_{AM}(t) = \begin{cases} u_m(t), & u_o(t) > 0 \\ 0, & u_o(t) \leq 0 \end{cases} \dots\dots\dots (7-18)$$

Për shkak të funksionit komutues (gjysmë perioda pozitive ka sinjal, ndërsa gjysmë perioda negative nuk ka), e cila shkruhet si $C(1,0)$, në sinjalin e daljes paraqitet produkt i: sinjalit modulues, **produkt i sinjalit modulues dhe bartësit**, si dhe produkt i sinjalit modulues dhe bartësit me frekuencë tri herë më të lartë, etj. (fig. 7-11 b)). Produkti i sinjalit modulues dhe bartësit (pjesa e dytë në këtë shumë) në fakt paraqet AM-2BA-në e dëshiruar.

7.2.5. Modulatori rrethor

Modulatori rrethor i paraqitur në figurën 7-12, është realizim më kompleks i modulatorit balancues. Ai përmban 4 dioda, karakteristikat e të cilave janë identike dhe merren si elemente ideale, si dhe dy transformatorë me karakteristika të njëjta si ato te modulatori balancues.

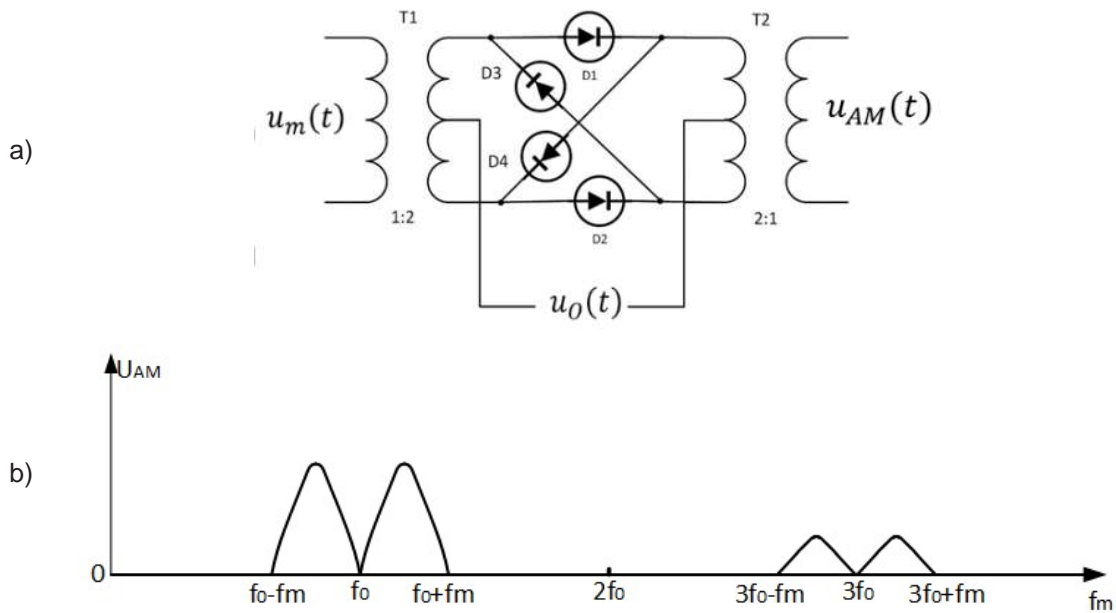


Fig. 7-12. Modulatori rrethor
 (a) skema elektrike; (b) spektri i frekuencave

Kur bartësi $u_o(t)$ është në gjysmë periodën e tij pozitive, përçojnë diodat D1 dhe D2. Ato janë të polarizuara direkt dhe në primarin e transformatorit T2 fitohet sinjali $2u_m(t)$. Në modulatorin balancues, për gjysmë periodën negative të bartësit paraqitet tensioni zero, në modulatorin rrethor në këtë gjysmë periodë do të përçojnë D3 dhe D4, ndërsa në primarin e T2 fitohet sinjali $-2u_m(t)$. Për shkak të raportit të transformatorit T2 2:1, tensioni i dalje është me vlerë dyfish më të vogël se ai i hyrjes. Prandaj, për $u_{AM}(t)$ fitohet:

$$u_{AM}(t) = \begin{cases} u_m(t), & u_o(t) > 0 \\ -u_m(t), & u_o(t) \leq 0 \end{cases} \dots\dots\dots (7-19)$$

Për shkak të funksionit të komutues, i cili shkruhet si C(1,-1), në sinjalin e daljes paraqitet shuma e: **produktit të sinjalit modulus dhe bartësit**, produktit të sinjalit modulus dhe bartësit me frekuencë tri herë më të madhe, etj. (fig. 7-12 b)). Produkti i sinjalit modulator dhe bartësit (anëtari i parë në këtë shumë) përfaqëson në të vërtetë sinjalin e dëshiruar AM-2BA.

7.2.6. Modulatori për AM-1BA

Nuk ka një realizim të veçantë për modulator të tillë, në vend të kësaj përdoret filtër lëshues i brezit të frekuencave, i cili vendoset në dalje të ndonjë modulatori i cili në daljen e tij jep AM-2BA. Filtri zakonisht vendoset pas modulatorit rrethor, por me një kufizim, për frekuencat që janë më të ulëta se 30 kHz. Për frekuenca më të larta, përdoren modulatorë me tepër stade ose modulatorë të veçantë, si modulatorët me zhvendosje fazore.

Modulatori me zhvendosje fazore përmban dy modulatorë balancues brenda tij, ku njëri kryen modulimin mes $u_o(t)$ dhe $u_m(t)$, ndërsa tjetri prej sinjaleve të njëjtë, por të dy të zhvendosur në faze për 90° . Nëse kryhet mbledhja e këtyre dy produkteve në dalje të këtij stadi, fitohet brezi i poshtëm anësor, ndërsa nëse bëhet zbritja, atëherë fitohet brezi i sipërm anësor. Në dalje nuk shfrytëzohet filtër. Ky realizim është gjithmonë më kompleks dhe më i shtrenjtë, prandaj është edhe më pak i zbatueshëm.

7.2.7. Modulatori katror (QAM)

Modulimi katror në amplitudë (QAM) realizohet duke kombinuar modulimin në amplitudë dhe atë në fazë (i cili do të studiohet më vonë). Përdoret si modulim primar në transmetimin në televizionin digjital (përkatësisht gjatë transmetimit në televizionin digjital kabllor). Mundëson shkallë më të madhe të transmetimit të të dhënave brenda një brezi të caktuar të transmetimit. Mangësi të këtij lloji të modulimit janë ndjeshmëria ndaj ndikimeve të jashtme dhe zhurma fazore.

Bllok diagrami i thjeshtuar i modulatorit QAM është dhënë në figurën 7-13.

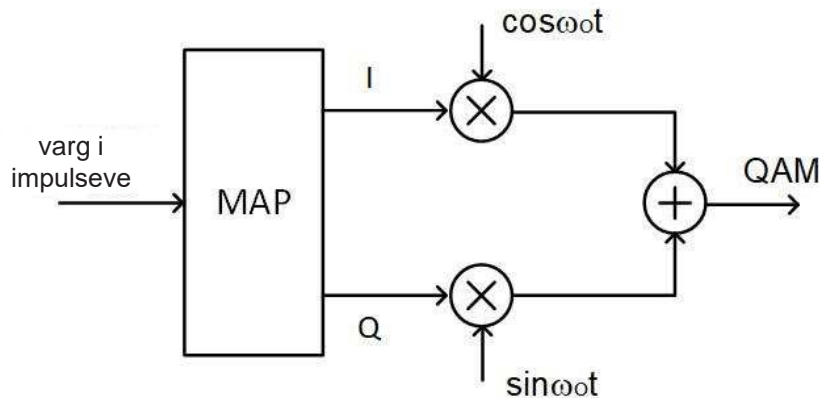


Fig. 7-13. Modulatori QAM

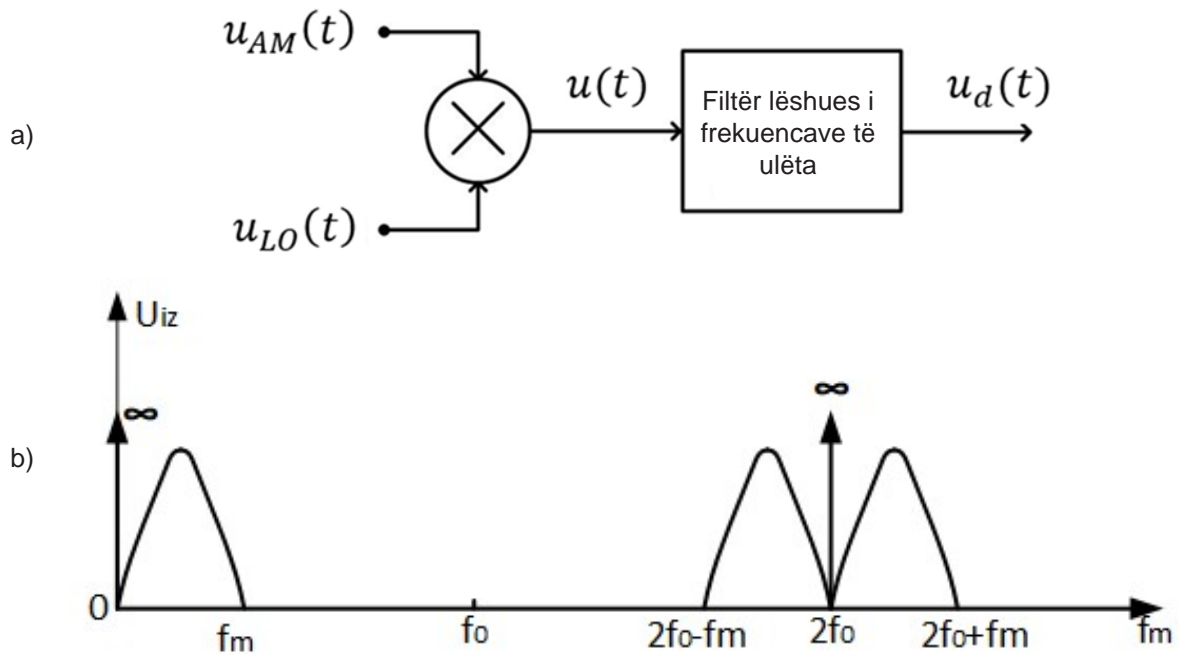
Modulatori QAM paraqet mënyrë të kodimit, të figurës televizive, gjatë transmetimit në televizionin kabllor digjital. Vargu i impulseve në hyrje të secilit kanal modullohet me një bartës, i cili është i zhvendosur në fazor për 90 gradë, gjegjësisht njëri modullohet me funksionin cos, i quajtur sinjali I, ndërsa tjetri me funksionin sin, i quajtur sinjali Q. Kjo lloj i modulimit për shkak të kësaj mund të haset edhe si modulimi IQ. Këto dy sinjale mblidhen dhe fitohet një sinjal me modulim në amplitudë dhe në fazë.

7.3. DEMODULATORËT – AM

7.3.1. Demodulimi i sinjaleve-AM

Demodulimi, siç tregon edhe vetë emri, është operacioni invers i modulimit. Procedura paraqet nxjerrjen e sinjalit të moduluar (sinjalit origjinal, gjegjësisht mesazhit të transmetuar) nga sinjali i moduluar.

Demodulimi më i thjeshtë realizohet duke shumëzuar sinjalin e moduluar në amplitudë $u_{AM}(t)$ me sinjal nga një oscilator lokal $u_{LO}(t)$, me ç'rast fitohet produkti $u(t)$. Demodulatori, i paraqitur në figurën 7-14 a), quhet demodulator produkti.



Oscilatori lokal i cili e gjeneron sinjalin $u_{LO}(t)$ patjetër të ketë të njëjtën frekuencë me bartësin $u_o(t)$ me të cilin është realizuar modulimi.

Sinjali i daljes $u(t)$ paraqet shumë të komponentës njëkahëshe (anëtarit i parë), anëtarit të dytë i cili e përmban **sinjalin e modular**, anëtarit të tretë me frekuencë dyfish më të lartë se ajo e bartësit, dhe anëtarit të katërt që është produkti i sinjalit modulues dhe sinjalit me frekuencë dyfish më të lartë (fig. 7-14 b). Sinjali i dobishëm është anëtarit i dytë i kësaj shume dhe ai ndahet me një filtër lëshues i frekuencave të ulëta, me ç'rast fitohet sinjali i demoduluar $u_d(t)$ i cili është proporcional me sinjalin modulues $u_m(t)$.

Demodulimi produkt përdoret për demodulimin e: KAM, AM-2BA, AM-1BA dhe AM-BAA. Përdoret për transmetimin multipleks të sinjaleve të zërit dhe telegrafike. [3]

7.3.2. Demodulimi me demodulatorin katror

Elementet jolineare, në fakt karakteristika e tyre jolineare e cila përdoret në procesin e demodulimit, shfrytëzohen edhe në procesin e demodulimit të sinjaleve-KAM. Jolineariteti, ose elementi katror në shprehjen matematikore të dhënë në ekuacionin (7-15), i ka dhënë edhe emrin këtij detektorit me diodë, i njohur edhe si **demodulator katror**.

Veti negative e këtij demodulatori është se sinjali i daljes, i demoduluar ka deformime, të njohura si deformime të shkallës së dytë (emir vjen nga fakti që në sinjalin e daljes ndodhet edhe sinjali i dobishëm i cili është në katror, gjegjësisht është në shkallën e dytë).

Sinjali i daljes, pas elementit jolinear paraqet shumë të komponentës njëkahëshe, anëtarëve që kanë frekuenca dy here më të mëdha ng aajo e bartësit, sinjali i dobishëm, si dhe anëtarit që e përmban katrorin e sinjalit të dobishëm. Për shkak të deformimeve, ky detektor përdoret vetëm për sinjale të moduluara me shkallë modulimi m_0 shumë të vogël, ndërsa përdoret në vende ku këto deformime mund të tolerohen.

7.3.3. Detektor linear me diodë

Detektori linear me diodë, i njohur me emrin detektor i anvelopës është pajisje shumë e thjeshtë që jep një sinjal dalës që ndjek formën e anvelopës së sinjalit hyrës. Për këtë arsye, ai përdoret vetëm si detektor për sinjalet KAM. Detektori i anvelopës është paraqitur në figurën 7-15. Dioda ka karakteristika ideale. Kur me polarizim direkt paraqet qark të mbyllur, ndërsa në polarizim invers paraqet ndërprerje të qarkut.

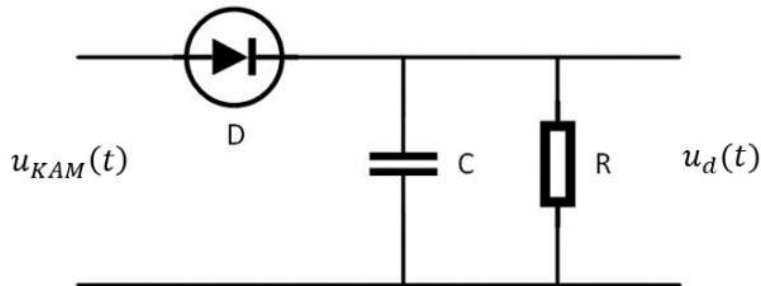


Fig. 7-15. Detektori i anvelopës

Që të shpjegohet parimi i funksionimit të këtij detektori, më e lehtë është nëse shqyrtojmë rastin kur në vend të sinjalit KAM, në hyrje kemi një sinjal sinusoid të zakonshëm. Për pjesën pozitive të sinjalit sinusoid, dioda do të paraqes lidhje të shkurtër, ndërsa për pjesën negative të gjysmëperiodës, dioda do të paraqes shkyçje të qarkut. Forma kohore e sinjalit të daljes $u_d(t)$ është paraqitur në figurën 7-16.

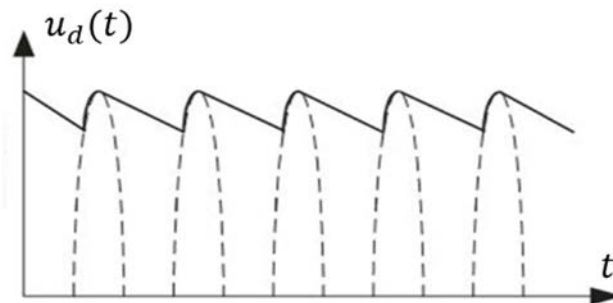


Fig. 7-16. Forma kohore e $u_d(t)$, kur sinjali në hyrje ka një formë sinusoidale

Gjatë stimulimit me gjysmëperiodë positive, dioda D përçon rrymë dhe kondensatori C mbushet (duke ndjekur formën e sinjalit sinusoid në hyrje) në vlerën maksimale. Kur sinjali në hyrje fillon të bie nga vlera e tij maksimale, dioda bëhet me polarizim invers dhe ajo ndalon së përçuari, atëherë kondensatori fillon të shkarkohet përmes rezistencës R, në figurë $u_d(t)$ (vija e kuqe). Forma e $u_d(t)$ varet nga konstanta kohore RC e cila duhet të ketë vlerë më të madhe. Sa më e madhe të jetë konstanta kohore, aq më afër do të jetë sinjali $u_d(t)$ me vlerat maksimale të sinjalit në hyrje $u_{AM}(t)$ dhe për pasojë, do të jetë më afër formës së anvelopës. Kur sinjali i hyrjes do të arrij vlerën e $u_d(t)$, atëherë dioda fillon përsëri të përçojë rrymë dhe kondensatori fillon të ngarkohet, duke ndjekur sërish formën e sinjalit në hyrje, deri në momentin kur ai arin vlerën e tij maksimale, pas së cilës procesi fillon nga e para, gjegjësisht përsëritet.

Nëse në hyrje të detektorit të anvelopës sjellim një sinjal KAM, forma kohore e $u_d(t)$ duket si në figurën 7-17. Tani dallimi është në atë se në vend të amplitudës konstante në hyrje, do të kemi të ndryshueshme, dhe tani vlera maksimale deri te e cila do të ngarkohet kondensatori C dhe nga e cila do të filloj shkarkimi i tij vazhdimisht do të ketë vlera të ndryshme.

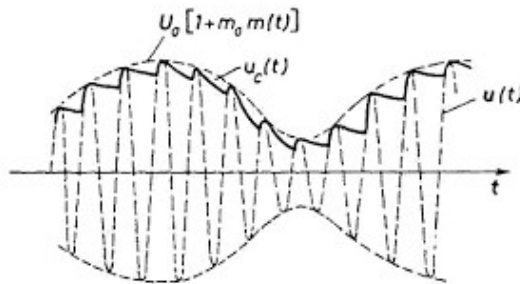


Fig. 7-17. Forma kohore e $u_d(t)$, kur në hyrje kemi sinjal KAM

Nëse në daljen e detektorit të anvelopës vendoset një filtër RC lëshues i frekuencave të ulëta, në daljen e tij do të fitohet sinjal i cili do të ketë më pak valëzim se sinjali $u_d(t)$. Duhet të patur kujdes kushti që frekuenca e bartësit të jetë shumë më e lartë se frekuenca maksimale e sinjalit modulues ($f_0 \gg f_m$).

Konstanta kohore RC duhet të ketë vlerë sa më të madhe të mundshme, në mënyrë që devijimi nga anvelopa të jetë sa më i vogël, por nëse kjo vlerë është tepër e madhe gjatë paraqitjes së vlerave më të vogla të anvelopës, shkarkimi i kondensatorit nuk do të ndjekë anvelopën dhe do të ndodhë fenomeni i njohur si shkëputja diagonale.

Detektori i anvelopës përdoret në marrësit TV për ndarjen e sinjalit video, ndërsa thjeshtësia e tij, si dhe kostoja e ulët, e bëjnë atë të pranueshëm dhe të thjeshtë për përdorim.

7.3.4. Demodulimi i AM-2BA

Demodulatori që paraqet kombinim mes detektorit të anvelopës dhe detektorit që bazohet në funksionimin invers të modulatorit rrethor është paraqitur në figurën 7-18. Funksionimi invers i një modulatori në amplitudë do të thotë që në hyrje të modulatorit balancues ose katror të sillet sinjal i moduluar në amplitudë (në vend të sinjalit modulues), dhe në dalje të modulatorit të fitohet sinjali modulues, me ç'rast parimi i funksionimit të modulatorit tani është si i një demodulatori. [3]

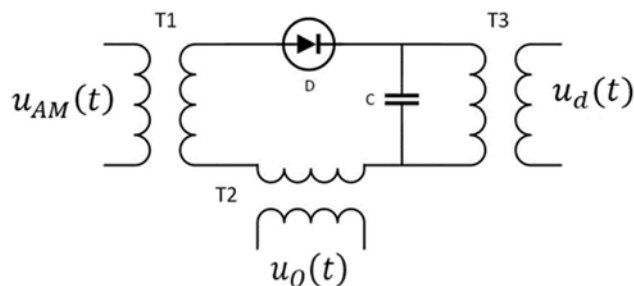


Fig. 7-18. Demodulatori i AM, i cili punon me parimin zbrërthimit të frekuencës.

Sinjali demodulohet në atë mënyrë që shtohet sinjal përmes T2, me frekuencë të njëjtë si ajo e bartësit të sinjaleve, ndërsa përmes T1 sillet sinjali i moduluar me amplitudë, ndërsa në daljen nga T3 fitohet sinjali i dobishëm $u_d(t)$. Për shkak të mënyrës së funksionimit, ky proces quhet procesi i shkëputjes.

Ky demodulator ka aplikim në marrësit, si përzierës i frekuencave.

7.3.5. Demodulimi i AM-1BA

tNëse në hyrjen e modulatorit rrethor (në anën primare të T1), fig. 7-12 sillet sinjal AM-1BA, ndërsa në vendin e $u_0(t)$ gjenerohet sinjal ndihmës nga një oscilator lokal i cili ka frekuencë të njëjtë me atë të bartësit, atëherë ky modulator rrethor do të funksionojë si një demodulator dhe paraqet demodulator sinkron. Në daljen e demodulatorit patjetër të vendoset filtër lëshues i frekuencave të ulëta, i cili do të lëshoj ato sinjaleve spektri i frekuencave të cilëve është një nga 0 deri në f_m , që e përfaqëson sinjalin e dobishëm, gjegjësisht sinjalin modulues.

Ky demodulator përdoret në pajisjet me frekuencë të lartë (VF) për multipleksimin e zërit dhe telegrafisë, për shkak të thjeshtësisë së tij dhe mënyrës së sigurt të funksionimit.

7.4. MODULIMI KËNDOR

Modulimi këndor bie në ërftshihet në grupin e modulimeve të vazhdueshme. Sinjali i fituar i moduluar është sinjal i vazhdueshëm.

Bartësi te modulimi këndor është sinjal me period të thjeshtë formë valore kosinusale:

$$u_0(t) = U_0 \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi) = U_0 \cdot \cos \Phi_0(t) \quad \dots\dots\dots (7-19)$$

Në formulën (7-19) U_0 është amplituda e bartësit, kurse

$$\Phi_0(t) = (\omega_0 t + \varphi) \quad \dots\dots\dots (7-20)$$

është këndi fazor i bartësit. Frekuenca rrethore e bartësit ω_0 është me vlerë konstante ($\omega_0 = const.$), por ashtu edhe faza fillestare $\varphi = const.$ Zakonisht $\varphi = 0$. dhe në këtë rast $\Phi_0(t) = \omega_0 t$.

Sinjali modulues, i cili është bartës i mesazhit, është sinjal i rastit që ka një spektër të kufizuar ω_m dhe e paraqesim me funksionin $u_m(t)$.

Sinjali i fituar me modulim këndor do të jetë i vazhdueshëm. Amplituda e këtij sinjali është me vlerë konstante $U = U_0 = const.$

$$u(t) = U \cos \Phi(t) = U_0 \cos \Phi(t) = U_0 \cos[\omega_0 t + \varphi(t)] \quad \dots\dots\dots (7-21)$$

Këndi fazor i sinjalit të moduluar këndor ndryshon, në përputhje me ndryshimin e sinjalit modulues. Këndi fazor bëhet një parametër i karakteristik në të cilin përfshihet mesazhi i transmetuar dhe nga këtu vjen emri modulim këndor.

$$u(t) = U_0 \cos\{\omega_0 t + \gamma[u_m(t)]\} \quad \dots\dots\dots (7-22)$$

Relacioni (7-22) është forma e përgjithshme për sinjalin e moduluar këndor. Këndi

$$\Phi(t) = \omega_0 t + \varphi(t) = \Phi_0 + \gamma[u_m(t)] \quad \dots\dots\dots (7-23)$$

quhet **faza momentale e sinjalit të moduluar**.

Madhësia

$$\delta\Phi = \Phi - \Phi_0 = \gamma[u_m(t)] \quad \dots\dots\dots (7-24)$$

përfaqëson devijimin e fazës momentale Φ nga faza e bartësit Φ_0 dhe quhet **devijim momental i fazës**.

Frekuenca momentale këndore e sinjalit të moduluar është madhësi e ndryshueshme në kohë $\omega = \omega(t)$. Madhësia

$$\delta\omega = \omega - \omega_0 \quad \dots\dots\dots (7-25)$$

përfaqëson devijimin e frekuencës momentale këndore frekuence ω nga frekuenca e bartësit ω_0 dhe quhet **devijim momental i frekuencës këndore**.

7.4.1. Modulimi në fazë

Le të jetë $u_m(t)$ sinjali modulues, bartës i mesazhit. Në rastin kur gjatë modulimit këndor, devijimi momental i fazës $\delta\Phi$ është proporcional me sinjalin modulues, atëherë flasim për **modulimin në fazë**, gjegjësisht kemi fituar **sinjal të moduluar në fazë**.

$$\delta\Phi = \varphi(t) = \gamma[u_m(t)] = k_\varphi \cdot u_m(t) \quad \dots\dots\dots (7-26)$$

Shprehja analitike e sinjalit të moduluar në fazë do të jetë:

$$u_{\Phi M}(t) = U_0 \cdot \cos \Phi(t) = U_0 \cdot \cos[\omega_0 t + k_\varphi \cdot u_m(t)] \quad \dots\dots\dots (7-27)$$

Faza momentale e sinjalit të moduluar në faze është:

$$\Phi(t) = \omega_0 t + k_\varphi \cdot u_m(t) \quad \dots\dots\dots (7-28)$$

k_φ është konstanta e proporcionalitetit vlera e të cilës varet nga konstruksioni i modulatorit. Gjatë analizës teorike ndonjëherë në mënyrë arbitrare merret se $k_\varphi = 1$, dhe me këtë nuk ndikohet në karakterin e përgjithshëm të analizës. Faza momentale devijon nga rrjedha lineare dhe është proporcionale me vlerën momentale të $u_m(t)$. Nëse sinjali modulues është test sinjal me periodë të thjeshtë:

$$u_m(t) = U_m \cdot \cos \omega_m t \quad \dots\dots\dots (7-29)$$

atëherë devijimi momental i fazës do të ndryshojë në ritmin e ndryshimeve të sinjalit modulues:

$$\delta\Phi = \varphi(t) = k_\varphi \cdot u_m(t) = k_\varphi \cdot U_m \cdot \cos \omega_m t \quad \dots\dots\dots (7-30)$$

Devijimi maksimal i fazës është proporcionale me amplitudën e sinjalit modulues dhe quhet devijimi maksimal i fazës $\Delta\Phi$:

$$\Delta\Phi = k_\varphi U_m \quad \dots\dots\dots (7-31)$$

Faza momentale e sinjalit të moduluar në faze do të jetë:

$$\Phi(t) = \omega_0 t + k_\varphi u_m(t) = \omega_0 t + k_\varphi \cdot U_m \cdot \cos \omega_m t = \omega_0 t + \Delta\Phi \cos \omega_m t \quad \dots (7-32)$$

Faza momentale e sinjalit të moduluar në fazë nuk është funksion linear i kohës, por ndryshon rreth vlerës së fazës së bartësit (figurën 7-19).

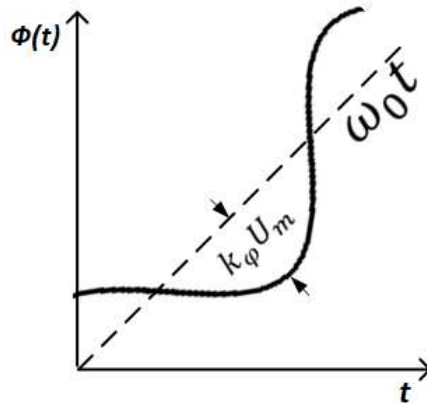


Fig. 7-19. Diagrami kohor i fazës momentale në sinjalin e moduluar në fazë.

Devijimi maksimal i fazës në sinjalin e moduluar në fazë shpesh quhet edhe **indeksi i modulimit** m_ϕ , kështu që në rastin e modulimit në fazë kemi:

$$m_\phi = \Delta\Phi = k_\phi U_m \quad \dots\dots\dots (7-33)$$

Shprehja për sinjalin me modulim në faze tani mund të shkruhet edhe në formën e mëposhtme:

$$u_{\phi M}(t) = U_0 \cdot \cos(\omega_0 t + \Delta\Phi \cos \omega_m t) = U_0 \cdot \cos(\omega_0 t + m_\phi \cdot \cos \omega_m t) \quad \dots\dots\dots (7-34)$$

7.4.2. Moduli në frekuencë

Gjatë modulimit në frekuencë, devijimi momental i frekuencës modullohet në ritmin e sinjalit modulues. Devijimi momental i frekuencës rrethore në sinjalin e moduluar në frekuencë është:

$$\delta\omega = \kappa_\omega \cdot u_m(t) \quad \dots\dots\dots (7-35)$$

Në mënyrë analoge me këtë, duke ditur lidhjen mes frekuencës rrethore ω dhe frekuencës f , $f(t) = f = \omega/2\pi$, devijimi momental i frekuencës i sinjalit të moduluar në frekuencë do të jetë:

$$\delta f = \kappa_f \cdot u_m(t) \quad \dots\dots\dots (7-36)$$

Në relacionet (7-35) dhe (7-36), κ_ω dhe κ_f janë konstanta të proporcionalitetit, dhe për to vlen:

$$\kappa_f = \frac{\kappa_\omega}{2\pi} \quad \dots\dots\dots (7-37)$$

Frekuenca momentale e sinjalit të moduluar në frekuencë është dhënë me shprehjet e mëposhtme:

$$\omega = \omega_0 + \delta\omega = \omega_0 + \kappa_\omega \cdot u_m(t) \quad \dots\dots\dots (7-38)$$

$$f = f_0 + \delta f = f_0 + \kappa_f \cdot u_m(t) \quad \dots\dots\dots (7-39)$$

Nga shprehjet (7-38) dhe (7-39) mund të përfundohet se frekuenca momentale në sinjalin e moduluar në frekuencë nuk është konstante si frekuenca e bartësit, por ndryshon rreth vlerës së frekuencës së bartësit.

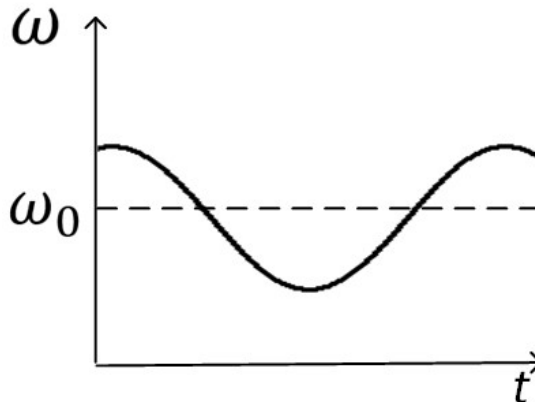


Fig. 7-20. Diagrami kohor i frekuencës momentale në sinjalin e moduluar në frekuencë

Nëse sinjali modulues është test sinjal me period të thjeshtë $u_m(t) = U_m \cdot \cos \omega_m t$, atëherë devijimi momental i frekuencës do të ndryshojë në ritmin e ndryshimeve të sinjalit modulues:

$$\delta\omega = k_\omega \cdot u_m(t) = k_\omega \cdot U_m \cdot \cos \omega_m t = \Delta\omega_0 \cdot \cos \omega_m t \quad \dots\dots\dots (7-40)$$

Madhësia

$$\Delta\omega_0 = k_\omega \cdot U_m \quad \dots\dots\dots (7-41)$$

quhet **devijimi maksimal i frekuencës rrethore** ose vetëm devijimi i frekuencës rrethore.

Shkalla e modulimit gjatë modulimit në frekuencë definohet si raporti i devijimit të frekuencës dhe frekuencës moduluese:

$$m_f = \frac{\Delta\omega}{\omega_m} = \frac{\Delta f}{f_m} \quad \dots\dots\dots (7-42)$$

Nëse i krahasojmë shprehjet për (7-33) dhe (7-42), do të shohim se në rastin e modulimit në fazë, indeksi i modulimit nuk varet nga frekuenca moduluese, ndërsa në rastin e modulimit në frekuencë, indeksi i modulimit është në proporcion të zhdrejtë me frekuencën moduluese.

Shprehja për sinjalin e moduluar në frekuencë është:

$$\begin{aligned} u_{FM}(t) &= U_0 \cdot \cos \Phi(t) = U_0 \cos\left(\omega_0 t + \frac{k_\omega U_m}{\omega_m} \sin \omega_m t\right) = \\ &= U_0 \cos\left[\omega_0 t + \frac{\Delta\omega_0}{\omega_m} \cos\left(\omega_m t - \frac{\pi}{2}\right)\right] = U_0 \cos\left[\omega_0 t + m_f \cos\left(\omega_m t - \frac{\pi}{2}\right)\right] \quad \dots\dots (7-43) \end{aligned}$$

7.4.3. Lidhja mes modulimit në frekuencë dhe fazë

Nëse i analizojmë shprehjet për sinjalin e moduluar në fazë dhe sinjalin e moduluar në frekuencë:

$$u_{\phi M}(t) = U_0 \cdot \cos(\omega_0 t + m_\phi \cdot \cos \omega_m t)$$

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos[\omega_0 t + m_f \cos(\omega_m t - \frac{\pi}{\gamma})]$$

mund të përfundimin se sinjali i moduluar në fazë dhe sinjali i moduluar në frekuencë kanë të njëjtën formë dhe janë vetëm të zhvendosur në fazë për $\pi/2$ njëri ndaj tjetrit.

Për të ditur nëse një sinjal i moduluar në kënd është moduluar në fazë apo në frekuencë, patjetër të njohim lidhjen e saktë mes devijimit momental të fazës $\phi(t)$ dhe sinjalit modulues $u_m(t)$.

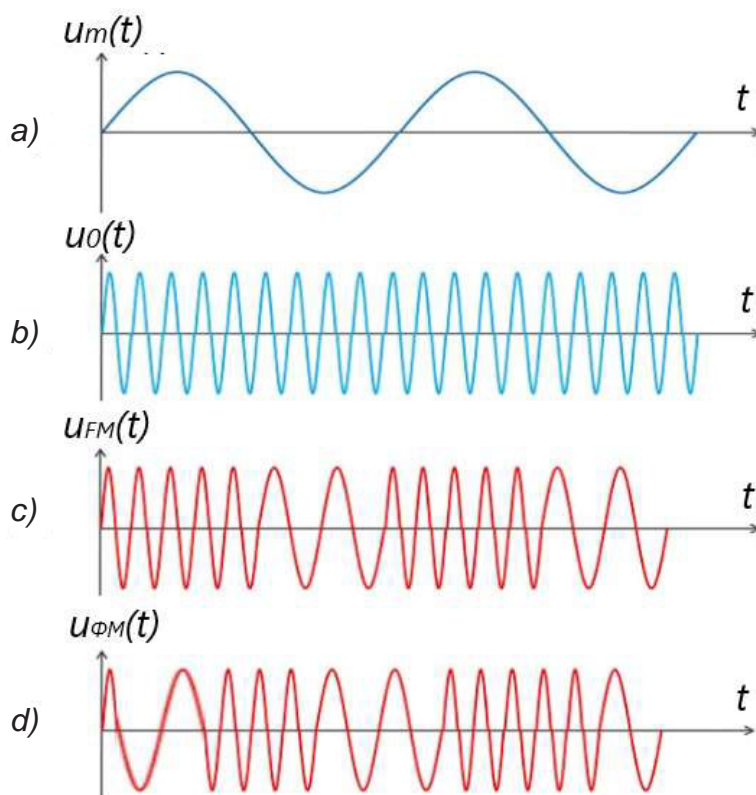


Fig. 7-21. Diagramet kohore: a) sinjali modulues; b) bartësi; c) sinjali i moduluar në frekuencë; d) sinjali i moduluar në fazë.

Mund të thuhet se modulimi në fazë dhe ai i në frekuencë gjithmonë ndodhin së bashku. Nuk mundet një sinjal të modullohet në faze, dhe gjatë kësaj to mos vij deri te ndryshimi në frekuencë dhe anasjelltas.

Ngjashmëria mes modulimit në fazë dhe në frekuencë mund të shihet nga diagramet kohore në figurën 7-21, ku janë treguar format valore të bartësit, sinjalit modulues, si dhe i sinjaleve të moduluara në fazë dhe frekuencë.

Modulimi në frekuencës shfrytëzohet për sistemet radiodifuzive të cilët funksionojnë në brezin e valëve ultra të shkurtra. Në televizion, me ndihmën e sinjalit– FM transmetohet zëri. Ky modulim gjen zbatim gjithashtu edhe në telefoninë e frekuencave të larta. Po ashtu, modulimi në fazë dhe në frekuencë përdoren në procedura komplekse gjatë transmetimit të sinjaleve digjitale. [4]

7.4.4. Spektri i sinjaleve të moduluara në kënd

Përcaktimi i spektrit të sinjaleve të moduluara në kënd është procedurë shumë e komplikuar. Njëra komponentë e spektrit të sinjalit modulues gjeneron një numër të pafundëm të komponentëve me frekuenca të ndryshme në spektrin e sinjalit të moduluar në kënd. Në këtë rast, ligji i superpozicionit në analizën e spektrit nuk është i vlefshëm për sinjalet e moduluara në kënd. Edhe në rastin më të thjeshtë, kur sinjali modulues është sinjal testues periodik i thjeshtë, spektri i sinjalit të moduluar është i pakufizuar. Nëse përsëri kemi sinjal modulues kompleks, në atë rast komponentët e spektrit të sinjalit moduluar janë të lidhur në mënyrë shumë komplekse me komponentët e sinjalit modulues dhe, nëse shqyrtohet një komponent në një frekuencë të caktuar në spektrin e sinjalit të moduluar në kënd, nuk mund të thuhet se nga cili komponent i sinjalit modulues është krijuar, sepse ai komponent në fakt varet nga të gjitha komponentët e sinjalit modulues.

Në vazhdim do të shqyrtojmë rastin më të thjeshtë të spektrit të sinjaleve të moduluara në kënd kur sinjali modulues është sinjal testues periodik i thjeshtë:

$$u_m(t) = U_m \cdot \cos \omega_m t$$

Shprehjet për sinjalin e moduluar në fazë dhe në frekuencë janë:

$$u_{\phi M}(t) = U_0 \cdot \cos(\omega_0 t + m_\phi \cdot \cos \omega_m t) = U_0 \cdot \cos(\omega_0 t + k_\phi U_m \cos \omega_m t)$$

$$u_{FM}(t) = U_0 \cos[\omega_0 t + m_f \cos(\omega_m t - \frac{\pi}{2})] = U_0 \cos(\omega_0 t + k_\omega \frac{U_m}{\omega_m} \sin \omega_m t)$$

Duke ditur se $m_f = k_\omega U_m / \omega_m$ është shkalla e modulimit e sinjalit të moduluar në frekuencë dhe $m_\phi = k_\phi U_m$ është shkalla e modulimit e sinjalit të moduluar në fazë, do të thotë se analiza mund të gjeneralizohet dhe në vazhdim do të shqyrtojmë rastin e përgjithshëm që ka të bëjë me sinjalin e moduluar në kënd:

$$u(t) = U_0 \cdot \cos(\omega_0 t + m \cdot \cos \omega_m t)$$

Shprehja e fundit matematikisht mund të zërthehet në formën:

$$u(t) = U_0 J_0 \cos \omega_0 t + U_0 \sum_{n=1}^{\infty} J_n(m) \{ \cos[(\omega_0 - n\omega_m)t + \frac{n\pi}{2}] + \cos[(\omega_0 + n\omega_m)t + \frac{n\pi}{2}] \} \quad ..(7.44)$$

Në këtë shprehje që përfaqëson sinjalin e moduluar në kënd dallojmë tri pjesë:

1. Bartësin me amplitudë $U_0 J_0(m)$ dhe frekuencë ω_0 .
2. Pafundësisht shumë komponentë në formën $U_0 J_n(m) \cdot \cos(\omega_0 - n\omega_m)t$
3. Pafundësisht shumë komponentë në formën $U_0 J_n(m) \cdot \cos(\omega_0 + n\omega_m)t$

Spektri i këtij sinjali është i pakufizuar dhe diskret, komponentët ndodhen majtas dhe djathtas bartësit, ndërsa distanca mes dy komponentëve fqinje në spektër është ω_m . Funkzioni $J_n(m)$, për një shkallë të dhënë të modulimit m dhe për çfarëdo vlere të n paraqet konstantë.

Në rastin e përgjithshëm, brezi më i lartë anësor nuk është simetrik me më të ultin. Kjo do të thotë se mesazhi i transmetuar nuk përfshihet në secilin prej brezave anësor, prandaj nuk mundet, si në sinjalet e moduluara në amplitudë, që të transmetohet vetëm njëri nga brezat anësor, por patjetër të transmetohen të dy brezat anësor.

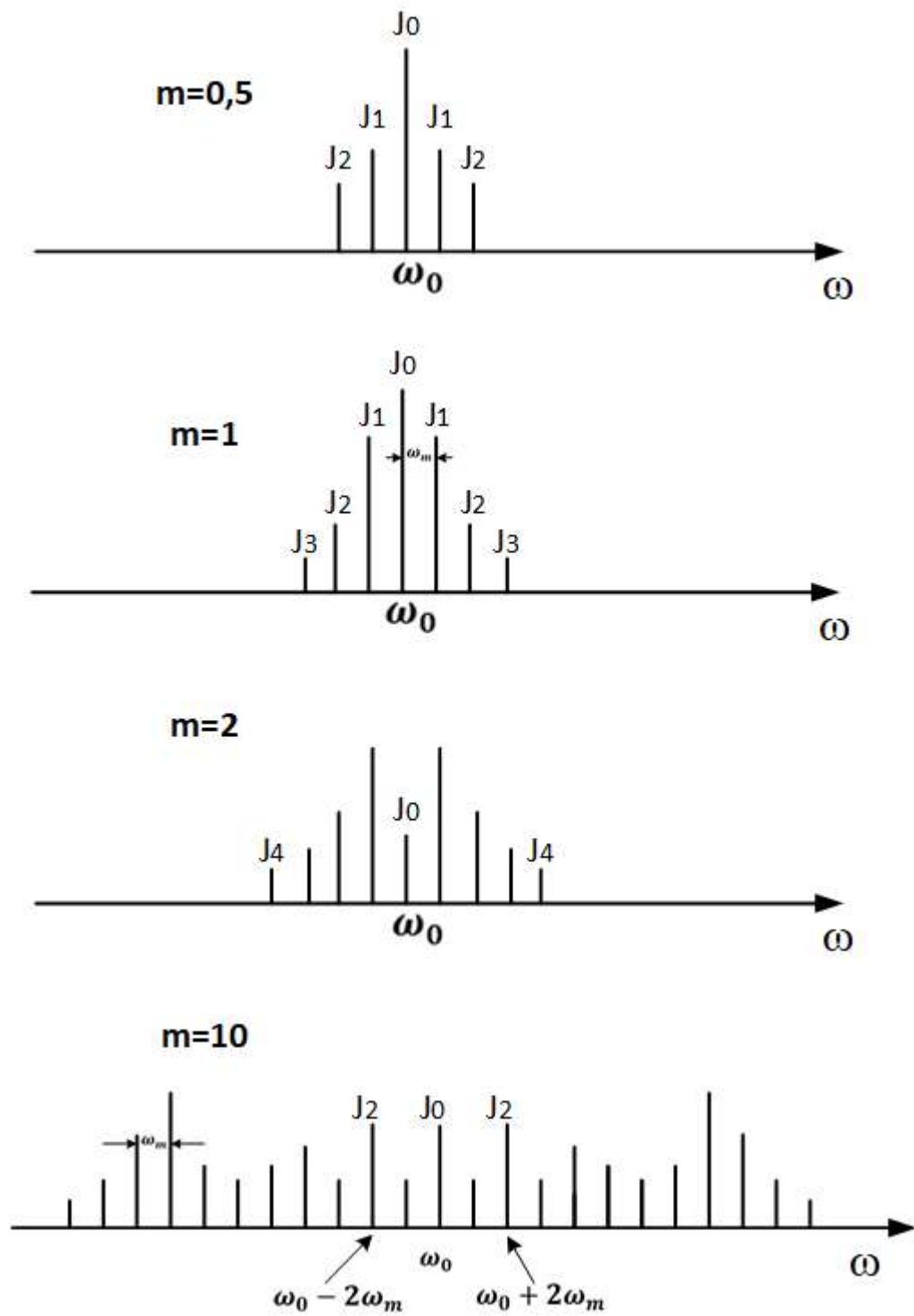


Fig. 7-22. Spektri i amplitudës së sinjalit të moduluar këndor me sinjal testimi periodik të thjeshtë për nivele të ndryshme të modulimit.

7.4.4.1. GJERËSIA E BREZIT TË FREKUENCËS TË NEVOJSHËM PËR TRANSMETIMIN E SINJALEVE TË MODULUARA NË KËND

Spektri i sinjaleve të moduluara në kënd është i pakufizuar dhe diskret. Bartësi me frekuencë ω_0 ndodhet në mesin e spektrit të amplitudës, ndërsa komponentët gjenden majtas dhe djathtas bartësit. Distanca midis dy komponentëve fqinj në spektër është ω_m . Amplitudat e komponentëve varen nga funksioni $J_n(m)$.

Me rritjen e komponentëve n gjenden gjithnjë e më larg frekuencës së bartësit ω_0 , gjithashtu, për vlera të $n > m$, vlerat e funksionit $J_n(m)$ fillojnë të bien ndjeshëm, që do të thotë se amplitudat e komponentëve zvogëlohen. Kjo mundëson që komponentët me amplituda të papërfillshme të vogla të injorohen, me ç'rast sistemi për transmetim mund të dimensionohet ashtu që të ketë brez lëshimi të kufizuar.

Me injorimin e disa komponentëve spektrale mund të vij deri te deformimi i sinjalit dhe reduktim i cilësisë së transmetimit. Që të shmanget kjo, patjetër të zgjidhet një raport optimal midis gjerësisë së brezit të sistemit për transmetim dhe cilësisë së transmetimit. Eksperimentet kanë treguar se komponentë të rëndësishme që duhet të transmetohen janë të gjitha ato komponentë spektrale që bartin më tepër se $p\%$ nga fuqia e bartësit të pa modular, dhe zakonisht merret $p = 1\%$. Fuqia e komponentëve varet nga amplitudat e tyre, përkatësisht nga funksioni J_n , prandaj numri i komponentëve që do të transmetohen varet nga shkalla e modulimit.

Gjerësia e nevojshme e brezit të transmetimit për sinjale të moduluara në kënd përcaktohet nga modeli i Karsonit:

$$B = 2f_m(m+1)$$

ku f_m është frekuenca më e lartë e spektrit të sinjalit modulues.

Për shkallë shumë të vogla të modulimit ($m \ll 1$), shprehja merr formën:

$$B \approx 2f_m$$

që na tregon se për transmetimin e mesazhit është e mjaftueshme të merren bartësi dhe komponentët e para anësorë, ndërsa për vlera të mëdha të shkallës së modulimit ($m \gg 1$), shprehja do të marrë formën:

$$B = 2f_m m$$

Nga kjo, mund të përfundohet se gjerësia e nevojshme e brezit të frekuencës për transmetimin e sinjaleve të moduluara në kënd nuk është e definuar në mënyrë rigorozë. Arsyeja për këtë është natyra e vetë spektrit, si dhe kërkesat e ndryshme për cilësinë e transmetimit.

7.4.4.2. Karakteristikat e spektrit të sinjaleve të moduluar në fazë

Spektri i amplitudës së sinjalit të moduluar në fazë varet nga frekuenca e sinjalit modulues (ω_m) e cila e definon distancën midis komponentëve spektrale dhe nga shkalla e modulimit $m = \Delta\Phi_0 = k_\phi \cdot U_m$, gjegjësisht nga amplituda e sinjalit modulues. Prandaj do të analizojmë se si ndryshimet e këyre dy madhësive ndikojnë në ndryshimet e spektrit të sinjalit të moduluar.

1. Frekuenca e sinjalit modulues është konstante ($f_m = \text{const}$), ndërsa ndryshon amplituda. Për vlera shumë të vogla të amplitudës të sinjalit modulues U_m , indeksi i modulimit është gjithashtu shumë i vogël. Spektri praktikisht përbëhet nga tre komponentë siç tregohet në figurën 7-23(a). Me rritjen e U_m , rritet indeksi i modulimit, në spektër shfaqen komponentë të reja domethënëse që janë në distanca konstante me njëra-tjetrën, që do të thotë se spektri do të zgjerohet, ndërsa amplitudat e komponentëve do të zvogëlohen.

2. Nëse supozojmë se $U_m = const$, ndërsa ndryshon frekuenca e sinjalit modulues f_m , në këtë rast shkalla e modulimit është konstante, dhe kjo do të thotë se amplitudat e komponentëve nuk ndryshojnë, por ndryshon distanca midis komponentëve. Nëse frekuenca rritet, spektri i sinjalit të moduluar zgjerohet, me ç'rast nuk ndryshon numri i komponentëve dhe amplituda e komponentëve.

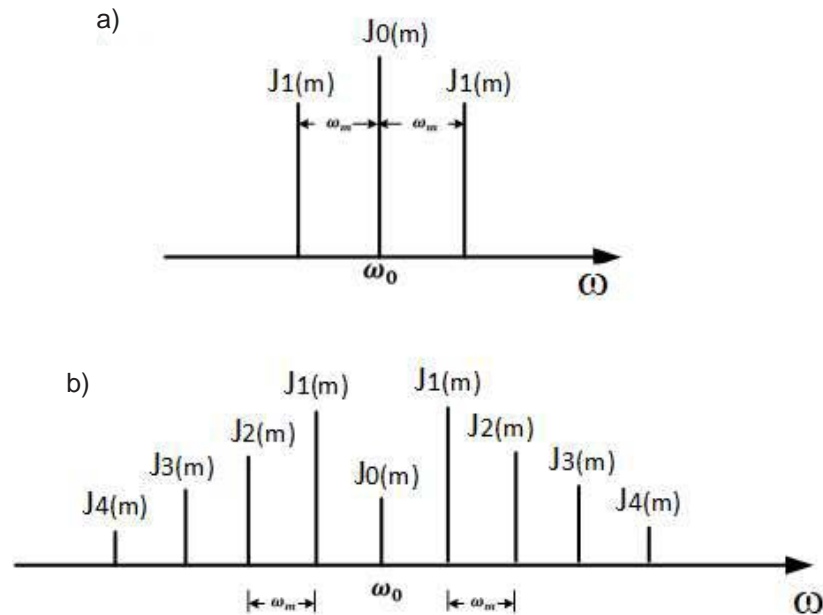


Fig. 7-23. Pjesë e spektrit të amplitudës së një sinjali të moduluar në fazë me test sinjal periodik të thjeshtë me frekuencë $f_m = const$ a) amplituda e sinjalit modulues U_m është me vlerë shumë të vogël; b) në amplitudë dukshëm më të madhe U_m të sinjalit modulues

7.4.4.3. Karakteristikat e spektrit të sinjaleve të moduluara me frekuencë

Shkalla e modulimit për një sinjal të moduluar me frekuencë jepet me shprehjen $m = k_f U_m / f_m$. Kjo do të thotë se spektri i amplitudës i sinjalit të moduluar me frekuencë varet nga amplituda U_m dhe nga frekuenca e sinjalit modulues (f_m). Prandaj do të analizojmë se si ndryshimet në këto dy madhësi ndikojnë në ndryshimet e spektrit të sinjalit të moduluar.

1. Frekuenca e sinjalit modulues është konstante ($f_m = const$), ndërsa ndryshon U_m . Për vlera shumë të vogla të amplitudës së sinjalit modulues U_m , indeksi i modulimit do të jetë gjithashtu i vogël. Spektri do të përbëhet prej tre komponentëve. Me rritjen e U_m , rritet indeksi i modulimit, në spektër paraqiten komponentë **të reja të rëndësishme të cilat janë në distanca** konstante me njëra-tjetrën, që do të **thotë se** spektri do të zgjerohet.

2. Tash do të shqyrtojmë rastin kur $U_m = const$, por ndryshon frekuenca e sinjalit modulues f_m . Devijimi i frekuencës $\Delta f_m = k_f \cdot U_m$ mbetet konstant. Në këtë rast të dyja madhësitë që e përcaktojnë spektrin (shkalla e modulimit m e cila ndikon në amplitudat, gjegjësisht numrin e komponentëve dhe f_m nga e cila varet distance mes komponentëve) janë ndryshore. Nëse f_m është shumë e vogël, indeksi i modulimit është shumë i madh, numri i komponentëve të rëndësishme është shumë i madh, por ato janë të ngjeshura afër njëra-tjetrës. Me rritjen e f_m indeksi i modulimit bie, numri i komponentëve të rëndësishme zvogëlohet, por distanca midis tyre rritet, kështu që nuk ka ndryshime të

mëdha në gjerësinë e spektrit të sinjalit.

Mund të përfundojmë se në modulimin në frekuencë, ndryshimi i frekuencës nuk ndikon ndjeshëm në ndryshimin e brezit të frekuencave të sistemit të transmetimit, për dallim nga ndikimi që ka ndryshimi i frekuencës në modulimin në fazë.

Gjerësia e nevojshme e brezit të frekuencave gjatë modulimit në frekuencë përcaktohet me formulën e mëposhtme:

$$B = 2f_m(m + 1) = 2f_m \left(\frac{\Delta f_0}{f_m} + 1 \right) = 2(\Delta f_0 + f_m)$$

Për indekse të vogla të modulimit, $\Delta f_0/f_m = m \ll 1$, $\Delta f_0 \ll f_m$, gjerësia e brezit të frekuencave është:

$$B \approx 2f_m$$

ku transmetohet bartësi dhe komponentët e para anësore.

Kur indeksi i modulimit është shumë i madh $\Delta f_0/f_m = m \gg 1$, $\Delta f_0 \gg f_m$, gjerësia e brezit të frekuencave është:

$$B \approx 2f_0$$

Në rastin e një indeksi shumë të madh të modulimit, gjerësia e brezit të frekuencave varet nga devijimi maksimal i frekuencës, dhe jo nga vetë frekuenca e sinjalit modulues.

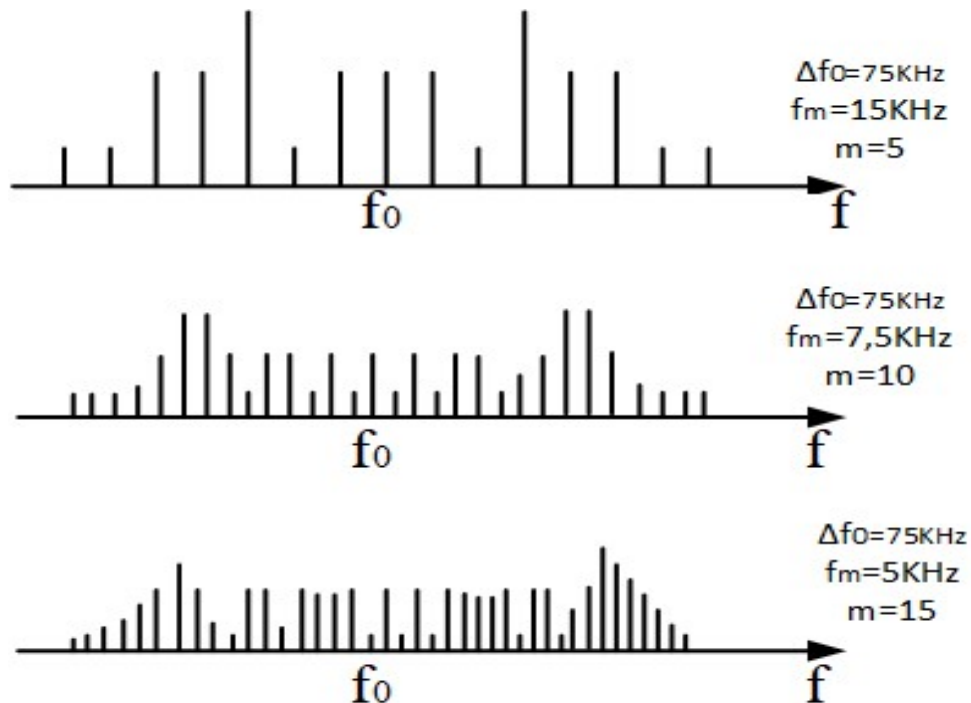


Fig. 7-24. Spektrat e amplitudave të sinjalit të moduluar në frekuencë, me indeks të lartë modulimi.

7.5. MODULATORËT DHE DEMODULATORËT KËNDORË

Për shkak të lidhjes që ekziston midis modulimit me frekuencë dhe modulimit me fazë, nuk ka nevojë të ndahen modulatorët (si dhe demodulatorët) në grupe të veçanta, prandaj ata me një emër quhen modulatorë dhe demodulatorë këndorë.

7.5.1. Modulatorët këndorë

Modulatorët këndorë ndahen në dy grupe (metodat me të cilat realizohet modulimi), edhe atë sipas gjenerimit të sinjalit në metodën indirekte dhe direkte.

7.5.1.1. Metoda indirekte – modulatori i Armstrongut

Nëse sinjali i moduluar në fazë sillet në hyrjes të një integratori, në daljen e tij do të fitohet sinjal i moduluar në frekuencë. Vlen edhe e kundërta, nëse sinjal i moduluar në frekuencë sillet në hyrje të një diferencuesi, në daljen e tij do të fitohet sinjal i moduluar në fazë. Kjo është baza e metodës indirekte, ku qarqet për integrim dhe diferencim realizohen si qarqe RC shumë të thjeshta.

Modulatori i realizuar me metodë indirekte, i paraqitur si diagram bllok në figurën 7-25, njihet me emrin modulatori i Armstrongut.

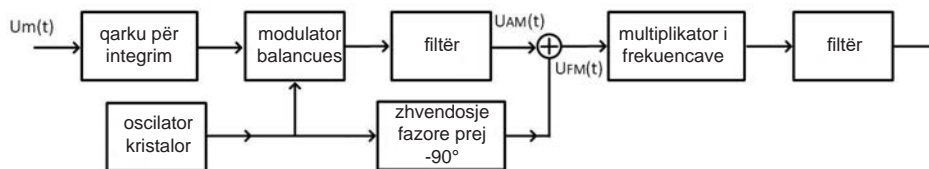


Fig. 7-25. Modulatori i Armstrongut

Në hyrjen e modulatorit dërgohet mesazhi i dobishëm, sinjali modulues $u_m(t)$, i cili përpunohet në integrator dhe dërgohet në një hyrje të modulatorit balancues. Në hyrjen e dytë dërgohet sinjali nga oscilatori kristalor, i cili ka karakteristikë të jap sinjal me frekuencë shumë të stabilizuar. Sinjali i fituar në këtë mënyrë filtrohet dhe ndahet vetëm pjesa që përmban sinjalin e moduluar në amplitudë $u_{AM}(t)$. Nga oscilatori lokal, një pjesë e sinjalit dërgohet në hyrjen e modulatorit balancues, ndërsa një pjesë tjetër dërgohet në qarkun për zhvendosje fazore (zhvendosje prej -90°). Këta dy sinjale mblidhen dhe në dalje fitohet sinjal i moduluar në frekuencë $u_{FM}(t)$. Oscilatori kristalor nuk mund të prodhojë frekuenca mjaftueshëm të larta të cilat përdoren në zbatimet praktike të modulimit në frekuencë prandaj dërgohet në multiplikator të frekuencave, i cili mundëson rritjen e shumëfishhtë të frekuencës së sinjalit hyrës. Në daljen e modulatorit Armstrong vendoset një filtër, i cili është i përshtatur për të lëshuar vetëm sinjalin me frekuencën e dëshiruar.

Përparësia e modulatorit të Armstrongut është frekuenca stabile (të cilën e siguron kristali i kuarcit), prandaj ka zbatim në radiodifuzion, ku nuk duhet të vij deri te ndryshimet e frekuencës së bartësit.

Karakteristikë negative e këtij modulatori është qarku për multipleksim të frekuencave, i cili realizohet si lidhje kaskadë, por këto qarqe fusin edhe zhurmë, e cila gjithashtu rritet me multipleksimin e sinjalit.

7.5.1.2. Metoda direkte me diodë varikap

Modulatorët direkt realizohen në atë mënyrë që një madhësi elektrike e varur direkte ndryshon nën ndikimin e sinjalit modulues. Një realizim i tillë është paraqitur në figurën 7-26 dhe me të arrihet modulimi direkt në frekuencë.

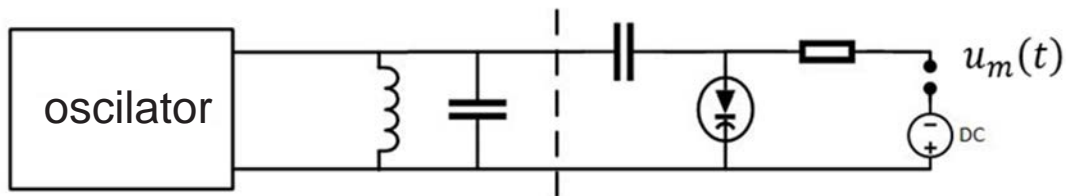


Fig. 7-26. Modulatori FM direkt me diodë varikap

Gjysma e majtë e diagramit është oscilator i realizuar me lidhje të kundërt pozitive. Në dalje të qarkut oscilues, vendoset paralelisht dioda varikap. Ajo gjithmonë punon në polarizim invers, me ç'rast e ndryshon kapacitetin në varësi të madhësisë së tensionit të saj invers. Që të sigurohet që dioda varikap të funksionojë vetëm në polarizim invers, përmes një rezistori sillet tension njëkahësh konstant DC, i cili gjithmonë duhet të jetë më i madh se sinjali modulues $u_m(t)$. Sinjali modulues ndikon direkt në diodën varikap dhe ajo e ndryshon kapacitetin e saj proporcionalisht me ndryshimet në sinjalin modulues.

Ky modulator zbatohet në radiodifuzion, telegrafi, telefoni, veçanërisht në lidhjet radio rele të drejtuara. Avantazhi është se mund të arrihen frekuenca shumë të larta edhe të rendit disa GHz. Karakteristikë negative është se frekuenca e bartësit nuk është mjaftueshëm stabile siç është rasti me modulatorin e Armstrongut.

7.5.1.3. Metoda direkte me transistor

Në parimin e njëjtë realizohet edhe modulimi me transistor. Sinjali modulues $u_m(t)$ sillet në hyrjen e transistorit, ndërsa funksionin e diodës varikap tani e merr transistori dhe kapaciteti i tij mes bazës dhe kolektorit. Ky kapacitet ndryshon në varësi të ndryshimit të rrymës hyrëse në bazë, e cila është proporcionale me $u_m(t)$. Kështu, në daljen e transistorit do të fitojmë sinjal të moduluar me frekuencë. Një realizim i tillë është dhënë në figurën 7-27.

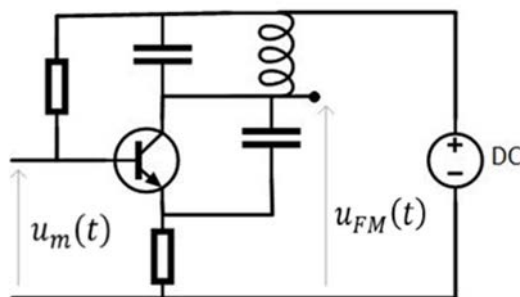


Fig. 7-27. Modulatori FM direkt me transistor

Avantazhi i këtij modulatori janë dimensionet e tij të vogla, si dhe fakti që funksionimi i transistorit do të fusë edhe përforsim të sinjalit, gjegjësisht këtë qark e bën modulator-FM aktiv.

7.5.2. Detektimi i sinjalit të moduluar në kënd

Pajisja që kryen detektimin e sinjalit të moduluar në frekuencë (për sinjalet e moduluar në faze është i njëjti qark, plus integratori) quhet diskriminator. Diskriminator ideal është ai qark sinjali i daljes i të cilit është linearisht i varur nga vlera momentale e sinjalit të moduluar në frekuencë, me kusht që amplituda të jetë konstante. Diskriminatori si pajisje është i ndjeshëm ndaj ndryshimeve në amplitudë, prandaj përpara çdo skeme të tillë ka të vendosur edhe limitues amplitude, me çka mundësohet funksionimi i pandërprerë i diskriminatorit. [3]

Sinjalet e moduluara në frekuencë, në çdo diskriminator, fillimisht transformohen në sinjale të moduara në amplitudë dhe pastaj ato detektohen me një detektor të anvelopës.

Problemi më i madh në detektimin e sinjaleve të moduluara në kënd është konvertimi i tyre nga sinjali FM në sinjal AM. Konvertimi shpesh here realizohet me qark – LC paralel. Në këtë qark oscilues, tensioni i daljes varet nga rryma hyrëse, e cila është në funksion të sinjalit FM. Kjo varësi përmban pjesë edhe lineare edhe pjesë jolineare. Më tej, kjo është bazë për realizimin praktik të këtyre diskriminatorëve.

7.5.2.1. Diskriminatori 0me qark oscilues të pasinkronizuar

Siç u tha më parë, diskriminatori përmban një qark– LC paralel i cili kryen konvertimin nga sinjali FM në sinjal AM, dhe pastaj ky sinjal AM bartet në detektor të thjeshtë anvelope, i paraqitur në figurën 7-28.

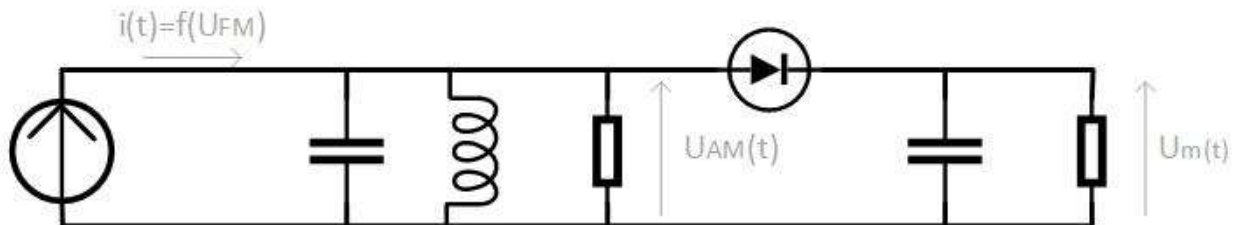


Fig. 7-28. Diskriminatori me qark oscilues të pasinkronizuar

Sinjali hyrës bartet me gjenerator rryme me vlerë të rrymës elektrike e cila është në funksion të sinjalit FM $i(t) = f(u_{FM}(t))$. Në dalje të oscilatorit (qark oscilues real RLC), fitohet tensioni i cili tani është i konvertuar në sinjal AM, përkatësisht fitohet $u_{AM}(t)$. Më pas, ky sinjal AM kalon përmes një detektori anvelope i cili e detekton sinjalin dhe në daljen e tij jep sinjalin e moduluar të dobishëm $u_m(t)$.

Karakteristika negative të këtyre qarqeve janë se në dalje paraqitet komponentë e madhe njëkahëshe dhe se sinjali i daljes është shumë i ndjeshëm ndaj ndryshimeve në amplitudën e sinjalit hyrës $u_{fm}(t)$, gjë që shkakton deformime në sinjalin e daljes.

7.5.2.2. Diskriminatori balancuar i frekuencës

Diskriminatori balancuar i frekuencës ka karakteristika të përmirësuara dhe është paraqitur në figurën 7-29.

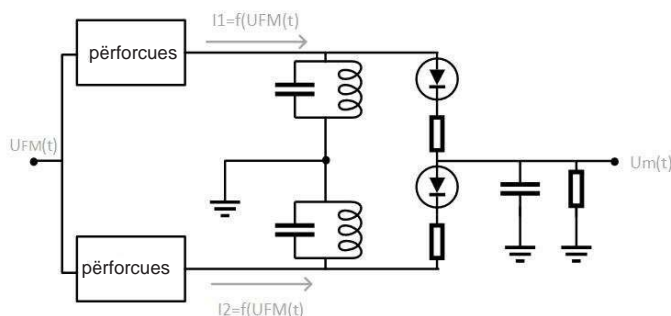


Fig. 7-29. Diskriminatori balancuar i frekuencës

Ky qark përmban dy përforcues, të cilët pastaj e luajnë rolin e burimeve të rrymës, ashtu si në diskriminatorin me qark oscilues të pasinkronizuar. Secili përforcues e dërgon sinjalin në qarkun e tij oscilues, dhe secili qark oscilues është i përshtatur për frekuencë të ndryshme pune, me çka arrihet që ky diskriminator të ketë një brez më të gjerë frekuencash të punës.

Ky diskriminator është gjithashtu i njohur edhe si diskriminatori i Travisit. Zbatimi praktik i tij është në transmetimin radio-rele, në pjesën e marrësit, për shkak të brezit së gjerë të punës.

7.5.2.3. Diskriminatori që përdor ndryshimin fazor

Ky diskriminator është i njohur gjithashtu edhe si diskriminatori i Foster-Shelievit, ose praktikisht disriminator fazor. Emri diskriminator fazor edhe nuk është i saktë, sepse në fund të fundit, ky është pajisje që kryen detektimin e sinjalit FM. Skema e këtij diskriminatori është paraqitur në figurën 7-30.

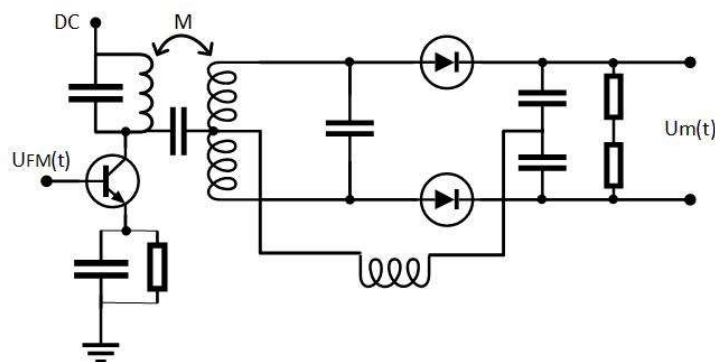


Fig. 7-30. Diskriminatori që përdor ndryshimin fazor

Qarqet magnetike të lidhura kanë sinjale në skajet e tyre që janë të zhvendosur në faze për 90° . Pastaj, në këtë qark, këto sinjale mblidhen dhe zbriten, çka çon në ndryshim të fazave, nga ku vjen edhe emri i këtij diskriminatori. Sinjali në fund dërgohet në një detektor anvelope.

Ky diskriminator përdoret në radiodifuzionin (marrësit– FM).

PËRMBLEDHJE:

- Me ndryshimin e njërit prej parametrave (amplitudës, frekuencës ose fazës) të sinjalit sinusoidal me frekuencës së lartë proporcionalisht si mesazhi, kemi tre lloje të moduli-meve: AM (modulim në amplitudë), FM (modulim në frekuencë), PM (modulim në fazë).
- Sipas spektrit të frekuencës të sinjalit të moduluar, dallojmë katër lloje të moduli-meve në amplitudë: AM – 2BA (modulim në amplitudë me 2 breza anësor), AM – 1BA (modulim në amplitudë me 1 brez anësor), KAM (modulim konvencional në amplitudë) dhe AM – BAA (modulim në amplitudë me brez anësor asimetrik).
- Sinjali – KAM është mënyra më e vjetër e modulimit në amplitudë. Prandaj, kur flitet për modulimin në amplitudë, pa u saktësuar ndryshe, nënkuptohet KAM. Ky sinjal matematikisht është dhënë me formulën e mëposhtme:
$$u(t) = [U_0 + k \cdot u_m(t)] \cdot \sin(\omega_0 \cdot t).$$
- Karakteristikat e llojeve të tjera të AM:
- AM – 2BA është modulim i cili përdoret si fazë kalimtare për të arritur modulimet tjera.
- AM – 1BA është modulim i shtrenjtë dhe më pak i përdorshëm.
- AM-BAA përdoret në radiodifuzion, në transmetimin e sinjaleve analoge televizive (të sinjalit video).
- Modulatori me element jolinear është ai që ofron modulim produktiv, duke fituar sinjalin KAM.
- Modulatori me diodë, ashtu si edhe modulatori i amplitudës me transistor në daljen e tij jep sinjalin KAM.
- Modulatori i balancuar dhe modulatori rrethor në daljen e tyre japin sinjalin – AM-2BA.
- Modulatori QAM paraqet mënyrë të kodimit, të figurës televizive, gjatë transmetimit të televizionit digjital në kabllor.
- Demodulimi produktiv përdoret për demodulimin e: KAM, AM-2BA, AM-1BA dhe AM-BAA. Përdoret për transmetimin multipleksiv të sinjaleve të zërit dhe telegrafike.
- Detektori linear i diodës, i njohur edhe si detektor i anvelopës është pajisje shumë e thjeshtë që jep një sinjal dalës që ndjek formën e anvelopës së sinjalit hyrës. Prandaj, ai përdoret si detektor vetëm për sinjalin KAM.
- Detektori i anvelopës përdoret në marrësit televizivë për ndarjen e sinjalit video, ndërsa thjeshtësia e tij, e me të edhe kostoja e ulët e ndërtimit e bëjnë atë të pranueshëm dhe të përhapur për përdorim.
- Kur gjatë modulimit këndor, devijimi momental i fazës $\delta\Phi$ është proporcional me sinjalin modulues, atëherë kemi modulim në fazë, pra kemi fituar sinjal të moduluar në fazë.
- Gjatë modulimit në frekuencë, devijimi momental i frekuencës modulohet në ritëm me sinjalin modulues.
- Modulatori i Armstrongut ofron një frekuencë stabile (të cilën e siguron kristali i kuarcit), prandaj ka përdorim në radiodifuzion, ku nu guxion të ketë ndryshime në frekuencën e bartësit. Një disavantazh i këtij modulatori është qarku për multipleksim të frekuencave, i cili realizohet si lidhje kaskadë, por këto qarqe fusin edhe zhurmë, e cila gjithashtu rritet me multipleksimin e sinjalit.
- Modulatori direkt FM me diodë varikap përdoret në radiodifuzion, telegrafi, telefoni, sidomos në lidhjet e drejtuara me radio rele. Avantazhi është se mund të arrihen frekuenca shumë të larta në rendin e disa GHz. Një disavantazh është se frekuenca e bartësit nuk është mjaftueshëm e qëndrueshme siç është rasti me modulatorin e Armstrongut.

- **Modulatori Direkt FM me transistor ka avantazh me dimensionet e tij të vogla, si dhe faktin se puna e transistorit sjell edhe përforcim të sinjalit, gjegjësisht ky qark e bën modulator FM aktiv.**
- **Diskriminatori me qark oscilues i pasinkronizuar ka karakteristika të këqija sepse në daljen e tij paraqitet një komponent e madhe njëkahëshe dhe se sinjali i daljes është shumë i ndjeshëm ndaj ndryshimeve në amplitudën e sinjalit hyrës uFM(t), gjë që shkakton deformime në sinjalin e daljes.**
- **Diskriminatori i balancuar i frekuencës është i njohur edhe si diskriminatori i Travisit. Përdorimi praktik i tij është në transmetimin e radio releve, në pjesën e marrësit, për shkak të brezit së gjerë të punës.**
- **Diskriminatori që përdor diferencën e fazave përdoret në radiodifuzion (në marrësit FM).**

PYETJE DHE DETYRA

1. Cilët parametra të bartësit, i cili është sinjal sinusoidal me frekuencë të lartë mund të ndryshojnë proporcionalisht si mesazhi i transmetuar?
2. Numëroni llojet e modullimit?
3. Si quhet sinjali origjinal në formën e tij burimore, dhe si sinjali ndihmës periodik dhe si sinjali i modifikuar i marrë nga këta dy sinjale?
4. Cilat janë katër llojet e modullimit në amplitudë **të cilët ndryshojnë** sipas spektrit të frekuencave të sinjalit të moduluar?
5. Me cilën shprehje definohet shkalla e modullimit dhe në cilin rend të madhësisë lëvizin vlerat e tij?
6. Numëroni modulatorët e sinjalit AM dhe çfarë lloji të sinjalit **të moduluar në amplitudë sigurojnë** në daljet e tyre?
7. Vizato një detektor të anvelopës dhe përshkruani se si funksionon ai.

Rretho përgjigjen e saktë në pyetjen e dhënë:

8. Procedura e ndryshimit, injektimit së mesazhit në sinjalin ndihmës quhet?
 - a. demodulim
 - b. multipleksim
 - c. modulim
 - d. demultipleksim
9. Kur mesazhi i transmetuar ndikon në amplitudën e sinjalit me frekuencë të lartë, ky modulim quhet?
 - a. modulim në amplitudë
 - b. modulim në frekuencë
 - c. modulim në fazë
 - d. demodulim
10. Spektri i frekuencave i sinjalit KAM përmban?
 - a. brez anësor të poshtëm
 - b. brez anësor të poshtëm dhe sipërm dhe bartës
 - c. brez anësor të sipërm
 - d. brez anësor të poshtëm dhe sipërm
11. Paramodulimi në sinjalin KAM ndodh kur shkalla e modulimit m_0 ka vlerë?
 - a. deri 20%
 - b. deri 30%
 - c. nga 30% deri në 80%
 - d. vlerë më të madhe se 100%

12. Çfarë sinjali ofron modulatori rrethor në daljen e tij?
- KAM
 - AM-2BA
 - FM
 - FM
13. Gjerësia e nevojshme e brezit të transmetimit për sinjalin e moduluar në kënd përcaktohet nga formula e Karson-it?
- $B = 2fm(m+1)$
 - $B = 4fm(m+1)$
 - $B = 8fm(m+1)$
 - $B = 2fm(m+2)$
14. Modulatori i Armstrongut në daljen e tij siguron?
- sinjal i moduluar në amplitude
 - sinjal i moduluar në kënd
 - sinjal i demoduluar
 - sinjal NF

Njësia modulare 8: Multipleksimi për transmetimin analog të sinjalit

Në këtë njësi modulare përpunohen:

1. Fitimi i sinjalit kompleks me anë të multipleksimit të frekuencës
2. Zbatimi i multipleksimit të frekuencës për transmetimin analog të sinjaleve

Pas mësimit të kësaj njësie modulare, nxënësit do të jenë në gjendje:

1. Të njohin sistemet e komunikimit në të cilët aplikohet multipleksimi i frekuencës
2. Të shpjegojnë planet e standardizuara ndërkombëtare të frekuencës për transmetim
3. Të shpjegoni funksionin e multiplekserit dhe demultiplekserit të frekuencës

8. TRANSMETIMI I SINJALEVE ME MULTIPLEKSIM

Me nocionin multipleksim nënkuptohet procesi i transmetimit të njëkohshëm të më shumë sinjaleve në të njëjtin kanal. Ky transmetim mundëson shfrytëzim më efikas të kapacitetit të mediumit të transmetimit, e me këtë edhe zvogëlimin e kostos së transmetimit. Në fillim dhe në fund të linjës për transmetim patjetër të ekzistojnë pajisje përkatëse për përpunimin e sinjaleve, ndërsa në pjesën e marrësit të mundet me sukses përsëri të ndahen. Përmes një linje të njëjtë për transmetim realizohet komunikimi i më tepër shfrytëzuesve, ndërsa gjatë kësaj çdo çifti i shfrytëzuesve ka përshtypjen se posedon linjën vetiake të transmetimit.

Në figurën 8-1 është paraqitur bllok diagrami strukturor i transmetimit me multipleksim, nga e cila mund të shihen elementet themelore përbërëse dhe parimi i transmetimit i më tepër sinjaleve të multipleksuara përmes një linje të transmetimit.



Fig. 8-1. Bllok diagrami strukturor i transmetimit me multipleksim

Multiplekseri është pajisje e cila kombinon më tepër sinjale të cilët sillen në hyrjen e tij, në një sinjal kompleks dalës multipleks. Ky sinjal transmetohet përmes linjës së transmetimit. Në anën e marrësit, sinjali vjen në hyrje të demultipleksorit i cili ka funksion të kundërt me multiplekslerin. Ai e ndan sinjalin multipleks kompleks të hyrjes në disa sinjale dalje.

Transmetimi multipleks mund të realizohet me ndihmën e më tepër metodave të ndryshme. Më të përdorurat janë:

- Multipleksimi në frekuencë, ose i njohur edhe si multipleksim me shpërndarje frekuencore të kanaleve (FDM – Frequency Division) dhe
- Multipleksimi në kohë, ose i njohur edhe si multipleksim me shpërndarje kohore të kanaleve (TDM – Time Division Multiplexing).

Multipleksimi në frekuencë zbatohet gjatë transmetimit të sinjaleve analoge. Më tepër sinjale transmetohen njëkohësisht përmes të njëjtit medium transmetimi, në atë mënyrë që secilit prej sinjaleve i caktohet një brez i ndryshëm frekuencash. Kalimi i secilit sinjal nga brezi bazë në një brez tjetër frekuencash bëhet me procesin e modulimit, dhe më pas me ndihmën e një pajisjeje që shërben për multipleksim, bëhet kombinimi i të gjitha sinjaleve. Multipleksimi në frekuencë realizohet ashtu që sinjalet, me zbatimin e një procedure modulimi, transferohet nga brezi bazë në një brez më të lartë frekuencash. Gjatë kësaj secili sinjal transferohet në një brez të veçantë frekuencash. Kjo do të thotë që në linjën e lidhjes, në një moment të vetëm, janë të pranishme të gjitha sinjalet, por të gjithë janë të shpërndarë në breza të ndryshëm frekuencash.

Multipleksimi në kohë realizohet në brezin bazë të frekuencave. Në multipleksimin me shpërndarjen kohore të kanaleve, më tepër sinjale të ndryshme (digjitale) transmetohen në të njëjtën linjë për transmetim. Transmetimi realizohet në atë mënyrë që periodikisht në mënyrë suksesive, në intervale kohore të caktuara, sipas një renditje të përcaktuar saktësisht në linjën e transmetimit, dërgohen, një nga një, mostrat e sinjaleve që transmetohen.

Në anën e marrësit, me ndihmën e një komutatori, mostrat ndahen me të njëjtën renditje me të cilën janë dërguar, drejtohen dhe dërgohen përmes linjave përkatëse të veçanta të transmetimit. Pajisjet që përdoren në multipleksimin kohor janë më të thjeshta se ato që përdoren në multipleksimin në frekuencë. Gjithashtu, përparësia e multipleksimit në kohë në krahasim me multipleksimin në frekuencë është se nuk ka interferenca midis kanaleve të veçanta.

Përveç këtyre llojeve të multipleksimit, ekzistojnë edhe të tjerë, siç është: multipleksimi me kodim (CDM – Code Division Multiplexing), multipleksimi në gjatësinë valore (WDM – Wavelength Division Multiplexing), dhe multipleksimi hapësinor (SDM – Space Division Multiplexing). Shumë shpesh në praktikë përdoret një kombinim i multipleksimit në frekuencë dhe në kohë.

Multipleksimi me kodim përdoret në transmetimet pa tela, për shembull, në disa sisteme të telefonisë celulare të gjeneratës së tretë (UMTS/HSPA) si dhe në standardet për rrjetet lokale pa tela IEEE 802.11b dhe IEEE 802.11g. Në rastin e multipleksimit të koduar, të gjithë transmetuesit emetojnë sinjale me të njëjtin brez frekuence që mund të përdoret vazhdimisht gjatë gjithë kohës. Secili sinjal i emetuar ka kodin e vet. Nga grupi i sinjaleve me të njëjtin brez frekuence, çdo marrës do të njohë sinjalin që duhet të marrë bazuar në kodin. Karakteristikë e mirë e multipleksimit të koduar është se është rezistent ndaj interferencave dhe pengesave.

Multipleksimi sipas gjatësisë valore përdoret për transmetimin me kablllo optike si medium transmetimi. Çdo gjatësi vale e dritës transmeton të dhëna me shpejtësi prej 10 Gbps. Me këtë teknikë të multipleksimit, përmes një linje transmetimi mund njëkohësisht të transmetohen deri në 120,000 kanale të ndryshme.

Multipleksimi hapësinor, si teknikë për transmetimin e të dhënave, përdoret në komunikimet pa tela.

Në vijim, do të shqyrtojmë më në detaje multipleksimin me shpërndarjen frekuencore të kanaleve për transmetimin e sinjaleve analoge.

8.1. PËRFTIMI I SINJALIT KOMPLEKS ME MULTIPLEKSIM NË FREKUENCË

Me nocionin multipleksim në frekuencë, ose multipleksim me shpërndarje frekuencore të kanaleve nënkuptohet fitimi i një sinjali pothuajse homogjen i cili është i përbërë nga më tepër komponentë të pavarura nga njëri tjetri, të cilët transmetohen njëkohësisht, por në brez frekuencash të ndryshme. Multipleksimi në frekuencë realizohet si transmetim me frekuencë të lartë.

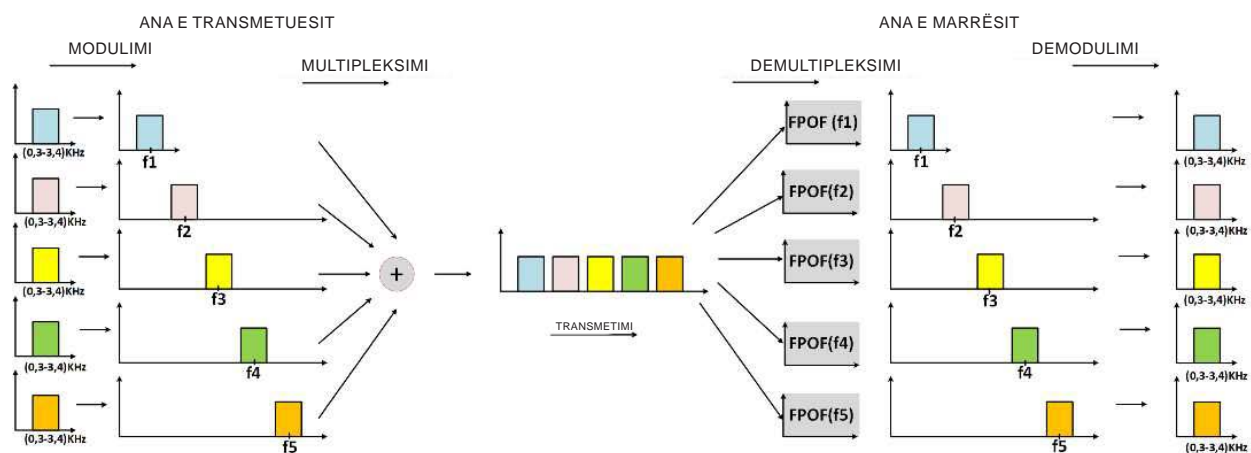


Fig. 8.2 Multipleksimi në frekuencë

Spektri i secilit sinjal zhvendoset (transferohet) nga brezi i tij natyror i frekuencave në një pozicion të caktuar në boshtin e frekuencës, ashtu që spektrat e zhvendosura në pozitën e tyre të re të ndodhen ngjitur njëri me tjetrin, por asesi të mbivendosen. Sinjalet e zhvendosura në këtë mënyrë mund të transmetohen njëkohësisht, të pavarur nga njëri-tjetri përmes të njëjtit medium transmetimi.

Zhvendosja e spektrit të sinjaleve kryhet ashtu që çdo kanal modulohet me bartës me frekuencë të ndryshme. Në këtë mënyrë, spektri i sinjalit nga brezi bazë i frekuencës zhvendoset në tjetër, brez më të lartë të frekuencave.

Në anën e marrësit, secili kanal ndahet me ndihmën e një filtri adekuat lëshues i brezit të frekuencave dhe pastaj sinjali i ndarë në këtë mënyrë bartet në demodulator.

8.2. ZBATIMI I MULTIPLEKSIMIT NË FREKUENCË PËR TRANSMETIMIN ANALOG TË SINJALEVE

Mënyra e krijimit të sinjalit të multipleksuar me shpërndarjen frekuencore të kanaleve më së miri mund të kuptohet me shembullin e transmetimit analog me multipleksim në frekuencë, në telefoninë klasike fikse.

Është miratuar se brezi standard i kanalit të bisedës për telefoninë është në kufijtë nga 0,3 KHz deri në 3,4 KHz. Spektri real i sinjaleve të bisedës është më i gjerë se kufijtë e cekur të brezit standard. Megjithatë, realisht, spektri i sinjalit të bisedës është në kufijtë nga 100 Hz deri në rreth 9 KHz, por pasi që kostoja e transmetimit rritet me rritjen e brezit të lëshimit, është arritur kompromis mes çmimit dhe cilësisë së transmetimit dhe është pranuar që brezi nga 0,3 KHz deri në 3,4 KHz ofron një cilësi të pranueshme të riprodhimit. Gjatë modulimit çdo kanal i ndahet një brez frekuencash me gjerësi prej 4 KHz, për të cilën konsiderohet se është gjerësi nominale e brezit. Pjesa e brezit (nga 0 deri në 0,3 KHz dhe nga 3,4 deri në 4 KHz) lihet e lirë qëllimisht për të mundësuar ndarjen e kanaleve të ndryshme përmes filtrave (duke pasur parasysh se filtrat nuk janë ideale dhe se karakteristika e tyre e amplitudës në frekuencën kufitare nuk është linjë vertikale e drejtë, por realisht ka një pjerrtësi të caktuar).

Sistemet e frekuencave të larta në komunikimin ndërkombëtar telefonik të cilët janë me kapacitet shumë të madh që të mundet mes veti të ndërliiden patjetër të punojnë të harmonizuar. Njëri nga kushtet kryesore që duhet të plotësojnë sistemet e frekuencave të larta me prejardhje të ndryshme, veçanërisht në komunikimin ndërkombëtar telefonik, që të mundet mes veti të lidhen është që renditja frekuencore e kanaleve dhe e grupeve të kanaleve së bashku të jenë të harmonizuara. Për këtë qëllim, kompania amerikane e telekomunikacioneve AT&T për SHBA-në dhe Unioni Ndërkombëtar i Telekomunikacioneve (ITU-T) për vendet e tjera, në lidhje me shpërndarjen frekuencore të kanaleve kanë dhënë skema hierarkike për multipleksimin në frekuencë. Skemat hierarkike janë rregulla që kanë të bëjnë me brezin e frekuencave të çdo kanali në veçanti dhe rregulla për grupet e kanaleve (numri i kanaleve në grup, frekuenca në të cilën fillon grupi dhe frekuenca në të cilën përfundon grupi). Skemat hierarkike të dhëna nga AT&T dhe Unioni Ndërkombëtar i Telekomunikacioneve (ITU-T) janë të ngjashme, por jo identike dhe mund të shihen në tabelën 8-1.

- Gjerësia e kanalit telefonik VF është 3.1 KHz, që korrespondon me brezin e frekuencave të ulëta të bisedës 0.3 – 3.4 KHz;
- Distanca midis bartësve të kanaleve fqinje është 4 KHz;
- Grupi më i vogël i normuar i kanaleve telefonike përbëhet nga 12 kanale dhe quhet grupi bazë (primar) B. Ky grup zë një brez frekuencash prej $12 \times 4 = 48$ KHz dhe përfaqëson nivelin e parë në skemën hierarkike.

- Grupi primar B është i vendosur në brezin e frekuencave nga 60 deri në 108 KHz, me kanale të renditura në rend të kundërt (invers). Bartësit janë në frekuencat nga 64 deri në 108 KHz me një distance mes veti prej 4 KHz.
- Të gjitha grupet e standardizuara të kanaleve telefonike të grupeve më të larta në skemën hierarkike formohen në atë mënyrë që fillimisht duhet të kalojnë përmes fazës së grupit primar B.
- Grupin sekondar, ose grupin “super”, e përbëjnë pesë grupe primare, kështu që ai përmban 60 kanale telefonike. Çdo grup shqyrtohet si sinjal i veçantë me spektër me gjerësi prej 48 KHz. Sinjali kompozit do të jetë në brezin nga 312 deri në 552 KHz.
- Pesë super grupe formojnë një grup master që përmban 300 kanale me sinjal kompozit në brezin nga 812 deri në 2044 KHz.

Tabela 8-1. Planet e standardizuara për multipleksimin frekuencor

Numri i kanaleve të bisedës	Brezi	Spektri	AT&T	ITU-T
12	48 KHz	60-108 KHz	Grupi	Grupi
60	240 KHz	312-552 KHz	Super Grupi	Super Grupi
300	1,232 MHz	812-2044 KHz	-	Grupi Master
600	2,52 MHz	564-3084 KHz	Grupi Master	-
900	3,872 MHz	8,516-12,388 MHz	-	Supermaster Grupi
N*600	-	-	Multipleks Grupi Master	
3600	16,984 MHz	0,564-17,548 MHz	Xhambo Grupi	-
10800	57,422 MHz	3,124-60,566 MHz	Multipleks Grupi Master	-

Nivelet tjera në skemën hierarkike formohen në një mënyrë të ngjashme.

Në anën e marrësit kryhet demultipleksimi me renditje të kundërt nga multipleksimi.

PËRMBLEDHJE:

- **Me nocionin multipleksim nënkuptohet procesi i transmetimit të njëkohshëm të më shumë sinjaleve, përmes të njëjtin medium të transmetimi. Një transmetim i tillë mundëson shfrytëzim më të madh të kapacitetit të mediumit të transmetimit, duke ulur kështu kostot e transmetimit.**
- **Multiplekseri është pajisje që kombinon më tepër sinjale të cilët sillen në hyrjen e tij në një sinjal dalës të multipleksuar. Demultiplekseri ka funksionin e kundërt nga multiplekseri; ai e ndan sinjalin e multipleksuar kompleks në më tepër sinjale në dalje.**
- **Multiplekseri frekuencor zbatohet gjatë transmetimit të sinjaleve analoge. Ai realizohet në atë mënyrë që tepër sinjale transmetohen njëkohësisht duke përdorur të njëjtin medium transmetimi, kështu që çdo sinjali i ndahet një brez frekuencor i ndryshëm. Kalimi i secilit sinjal nga brezi bazë në një brez tjetër frekuencash realizohet përmes procedurës së modulimit, dhe pastaj me ndihmën e një pajisjeje që shërben për multipleksim, bëhet kombinimi i të gjithë sinjaleve.**

PYETJE DHE DETYRA:

1. Ç'është multipleksimi?
2. Ç'është multiplekseri?
3. Për çfarë shërben demultiplekseri?
4. Çfarë lloj multipleksi përdoret për transmetimin e sinjaleve analoge?
5. Shpjegoni mënyrën e krijimit të sinjalit të multipleksuar me multipleksim frekuencor!

9. LITERATURA E PËRDORUR

1. *Современи дигитални и аналогни комутациски системи*, Б. П. Латхи, Арс Ламина, 2009 год.
2. *Телекомуникации*, Искра Јовановска и Јасна Домазетовска., МОН, 2010 год
3. *Основи телекомуникација*, д-р Илија С. Стојановиќ, Научна књига Београд, 1990 година
4. *Комуникациона техника*, Емилија Цундева, Просветно дело, Скопје, 1996 година
5. *Електронски склопови и уреди*, Искра Јовановска и Јасна Домазетовска, МОН, 2020 година
6. *Основе технике дигиталног преноса*, Вела. Г. Чоја, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд 2003 год.
7. *Теорија телекомуникација*, Драгутин Лопичи и Миомир Филиповиќ, Завод за уџбенике и наставна средства, Београд 2003 година.
8. *Телекомуникациски водови*, Катарина Милановиќ и Горан Стојковиќ, Завод за уџбенике, Београд, 2006 година
9. *Комуникациона техника*, Емилија Цундева, Просветно дело, 2001 год.
10. *Telekomunikations Engineering* ,Freeman R.L.,New York,1998
11. *Fundamentals of Telekomunikation*, Freeman R.L. New York,1999
12. *Основи телекомуникационе технике*, Филип Петровиќ, Завод за уџбенике, Београд, 1986 година.
13. *Радиотехника*, Миодраг Ристиќ, Завод за уџбенике Београд 1986 год.
14. *Дигитални телекомуникации* - Георгие Лукатела, Душан Драјиќ, Београд, 1988 год.
15. *Телекомуникациска техника*, В. Дамјановиќ, М. Стојановиќ и М. Ристиќ, Београд 1985 год.
16. *Телекомуникациски водови и пренос*, Велибор Дамјановиќ – Растко Крстиќ, завод за уџбенике, Београд, 1985 год.
17. *Телефонија*, Слободан Милосављевиќ, Београд 1990 год.
18. <http://www.logo.rs> и <http://sistemac.carnet>.

10. USHTRIME

Ushtrimi 1: MESAZHET DHE KODIMI I TYRE ME ALFABETIN E MORSEIT

Transmetimi i mesazheve si tekst i shkruar në distancë, përmes rrugës elektrike, realizohet me telegrafi. Mesazhet telegrafike në formën e tyre bazë janë mesazhe diskrete. Bazat e telegrafisë i vendosi Samuel Morse (Samjuel Morze). Përmes telegrafisë transmetohen mesazhe që përmbajnë simbole, përkatësisht shkronja, numra, shenja pikësimi, etj. Shndërrimi i tekstit të shkruar në sinjal përbëhet prej dy operacioneve: kodimit dhe manipulimit telegrafik, përkatësisht modulimit. Pra, kodi telegrafik është rregull i sipas të cilit mesazhi shndërrohet nga forma e tij bazë, teksti, në mesazh të koduar. Kodi telegrafik është alfabeti Morseit. Sipas alfabetit Morse, kodi, çdo simbol i korrespondon një kombinim i caktuar prej pikave dhe vijave me pauza ndërmjet tyre.

Në termat elektrike, pika përfaqëson praninë e rrymës në përçues, e cila zgjat për një kohë të shkurtër. Vija përfaqëson praninë e rrymës që zgjat tri herë më shumë se pika. Pauza midis pikave dhe vijave brenda një shkronje nënkupton mungesën e rrymës në harxhues, e cila zgjat për aq kohë sa zgjat një pikë. Pauzat ndërmjet shkronjave në një fjalë zgjasin sa tri pika, ndërsa pauzat ndërmjet fjalëve zgjasin sa pesë pika. Për shembull, njëri nga mesazhet më të njohura për kërkimin e ndihmës është mesazhi SOS, i cili në alfabetin Morse ka këtë formë: tri pika – tri vija – tri pika. Në figurën U-1 (a) është dhënë paraqitja kohore e mesazhit të njohur për ndihmë.

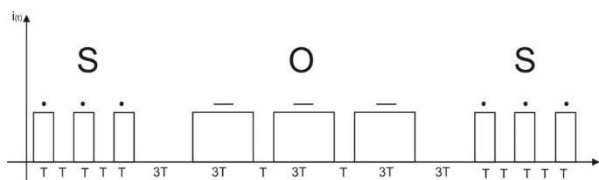


Fig. U-1 (a). Forma kohore e mesazhit për ndihmë SOS

Dallojmë alfabetet telegrafike në të cilat të gjitha shenjat telegrafike përfaqësohen nga i njëjti numër i impulsive bazë dhe i quajmë **kodet e njëtrajtshme** dhe alfabetet me **kodet jo të njëtrajtshëm**, tek të cilët shenjat janë të paraqitura me impulse me kohëzgjatje të ndryshme, dtth me numër të ndryshëm të pulseve bazë.

Telegrafia me rrymë alternative, e cila quhet edhe system me telegrafi harmonike ose telegrafia me frekuencë të zërit, përdor frekuencë nga brezi i bisedës. Me këtë lloj transmetimi, mundësohet përdorimi i linjave për transmetimin e më shumë sinjaleve. Transmetimi i sinjaleve telegrafike është standardizua në nivel ndërkombëtar dhe nacional.

Alfabeti i Morseut (kodi) i përbërë me kombinimin e pikave dhe vijave është dhënë në figurën U-1 (b).

A • -	S • • •
B - • • •	T -
C - • - •	U • • -
D - • •	V • • • -
E •	W • - -
F • • - •	X - • • -
G - - •	Y - • - -
H • • • •	Z - - • •
I • •	1 • - - - -
J • - - -	2 • • - - -
K - • -	3 • • • - -
L • - • •	4 • • • • -
M - -	5 • • • • •
N - •	6 - • • • •
O - - -	7 - - • • •
P • - - •	8 - - - • •
Q - - • -	9 - - - - •
R • - •	0 - - - - -

Fig. U-1 (b). Alfabeti i Morseut

Çdo nxënës të shkruajë emrin dhe mbiemrin e tij me alfabetin e Morseut, duke përdorur kodin nga figura U-1(b). Pastaj secili të llogarisë kohëzgjatjen e emrit të tij të koduar. Diskutoni pse kohëzgjatja është e ndryshme për secilin prej jush.

Ndani veten në grupe, shkruani një tekst dhe kodojeni atë me kodin Morse. Më pas, kodet e shkruara t'i shkëmbeni me njëri-tjetrin dhe 'lexoni' atë që ka shkruar grupi tjetër.

A dini ndonjë kod tjetër ose pajisje për kodim?

Ushtrimi 2: MATJA E PARAMETRAVE TË SINJALEVE PERIODIKE TË THJESHTA

Qëllimi i ushtrimit është që nxënësit të përdorin gjeneratorin funksional dhe osciloskopin për të matur parametrat e sinjaleve periodike të thjeshta.

Pajisjet e nevojshme për realizimin e ushtrimit:

1. Gjenerator funksional
2. Osciloskop
3. Kabllo matëse (sonda) për lidhje

Rrjedha e ushtrimit:

1. Lidhni gjeneratorin funksional dhe osciloskopin. Sinjali i daljes nga gjeneratori duhet, përmes një kablloje të përshtatshme matëse, të dërgohet në hyrje të osciloskopit.
2. Rregullojeni gjeneratorin funksional që të gjenerojë sinjal me frekuencë $f = \text{___} [\]$ dhe amplitudë $U = \text{___} [V]$.
3. Me ndihmën e çelësit për zgjedhjen e bazës së kohës – K_x (zgjerim dhe ngushtim i sinjalit në horizontale) dhe çelësit për zgjedhjen e zones së tensionit – K_y (ritje ose zvogëlim të sinjalit në vertikale), rregulloni paraqitjen e sinjalit në osciloskop (oscilogramin). Matja do të jetë më e saktë nëse çelësat K_y dhe K_x vendosen në pozicionin ashtu që në ekranin e osciloskopit të shfaqen të paktën 1,5 e periodës së sinjalit, por më së shumti 4 perioda. Për të rregulluar paraqitjen e sinjalit në ekranin e osciloskopit, mund të përdorni edhe opsionin për rregullim automatik (auto) që e kanë osciloskopët digjitalë, por nëse matjet bëhen me osciloskop analog, atëherë këtë opsion nuk do ta keni në dispozicion dhe rregullimin duhet ta bëni manualisht.
4. Vizatojeni oscilogramin!
5. Nga oscilogrami, përcaktoni parametrat periodën, frekuencën, vlerën maksimale dhe vlerën efektive e sinjalit.
6. Përsëriteni matjen për tre sinjale të ndryshme.
Për të përcaktuar periodën dhe frekuencën e sinjalit, ndiqni hapat e mëposhtëm:
 - Përcaktoni numrin e ndarjeve në boshtin horizontal nga fillimi deri në fund të një periode dhe të sinjalit të vëzhguar – $X[\text{ndarje}]$.
 - Lexoni vlerën e koeficientit të bazës kohore $K_x = \left[\frac{s(ms, \mu s)}{\text{ndarje}} \right]$.
 - Llogaritni periodën e sinjalit si prodhim i numrit të ndarjeve të gjatësisë së një periode dhe pozicionit të çelësit për zgjedhjen e bazës kohore, pra koeficientin K_x

$$T[s] = X[\text{ndarje}] \cdot K_x \left[\frac{s(ms, \mu s)}{\text{ndarje}} \right]$$

- Llogaritni frekuencën e sinjalit si vlerën reciproke të periodës:

$$f[Hz] = \frac{1}{T[s]}$$

Për të përcaktuar vlerën maksimale dhe efektive të sinjalit ndiqni hapat e mëposhtëm:

- Përcaktoni numrin e ndarjeve në drejtim vertikal, duke filluar nga boshti i kohës deri te maksimumi i sinjalit të vëzhguar – Y_m [ndarjet].

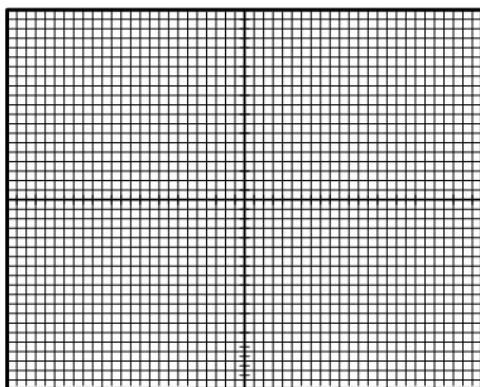
- Lexoni vlerën e koeficientit për zgjedhjen e zonës së tensionit $Ky[\frac{v}{\text{ndarje}}]$.
- Llogaritni vlerën maksimale të sinjalit si produkt i numrit të ndarjeve Y dhe pozicionit të çelësit për zgjedhjen e zonës së tensionit, pra koeficientin Ky :

$$U_m[V] = Y_m[\text{ndarje}] \cdot Ky[\frac{V}{\text{ndarje}}]$$

- Llogaritni vlerën efektive të sinjalit duke përdorur formulën

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$$F = \text{_____} [\text{ }], U = \text{_____} [V]$$



Vlera të lexuara nga oscilogrami

X [ndarje]

Y_m [ndarje]

$Ky[\frac{v}{\text{ndarje}}]$ v

$Kx[\frac{s(ms,\mu s)}{\text{ndarje}}]$

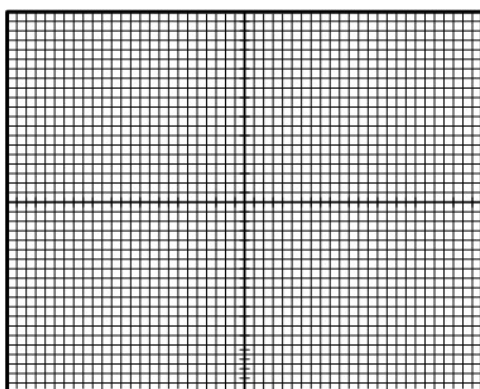
Parametra të llogaritur

$$T = X \cdot Kx$$

$$f[Hz] = \frac{1}{T[s]}$$

$$U_m = Y_m \cdot Ky$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$



Vlera të lexuara nga oscilogrami

X [ndarje]

Y_m [ndarje]

$Ky[\frac{v}{\text{ndarje}}]$ v

$Kx[\frac{s(ms,\mu s)}{\text{ndarje}}]$

Parametra të llogaritur

$$T = X \cdot Kx$$

$$f[Hz] = \frac{1}{T[s]}$$

$$U_m = Y_m \cdot Ky$$

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Ushtrimi 3: KABLOT UTP

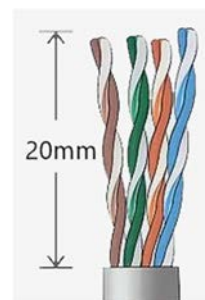
Qëllimi i ushtrimit është që nxënësit të identifikojnë kabllot UTP, të njihen me konstruksin e kabllave UTP dhe të kryejnë operacione bazë me kabllot UTP, duke përfshirë montimin e konektorëve.

Materialet dhe pajisjet e nevojshme për realizimin e ushtrimit:

1. Pajisje për heqjen e izolimit (darë speciale ose scalpel dhe gërrshërë)
2. Darë shtrënguese për konektorët
3. Pjesë të kabllave UTP
4. Konektorë RJ-45

Hapat e ushtrimit:

1. Hapi i parë është heqja e një pjese të izolimit të jashtëm të kabllit. Mbështjellja hiqet në një gjatësi prej 20 mm. Kjo bëhet më lehtë me një lloj të veçantë të darëve për këtë qëllim. Mund të përdoret edhe skalpel ose darë për prerje, por gjatë kësaj duhet të sigurohemi që të mos dëmtohet izolimi i telave. Nëse izolimi i ndonjë teli është dëmtuar, atëherë duhet të pritët ajo pjesë e kabllit dhe të përsëritet procedura për heqjen e izolimit të jashtëm.
2. Pasi të jetë hequr me sukses izolimi i jashtëm i kabllit në gjatësi prej 20 mm, hapi i ardhshëm është ndarja e çifteve të telave dhe rrafshimi i tyre.

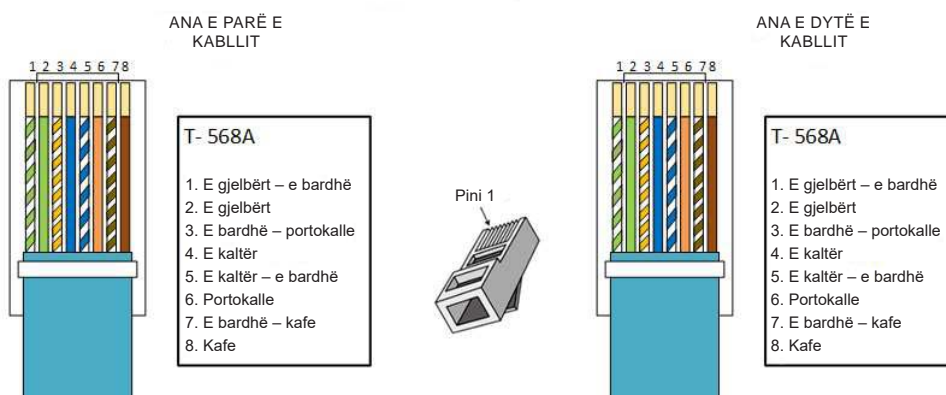


Hapi i ardhshëm është vendosja e telave me renditjen e duhur për montimin e konektorit. Rendi i vendosjes së telave përcaktohet sipas ngjyrës së izolimit dhe është definuar nga standardet TIA/EIA 568A dhe TIA/EIA 568B.

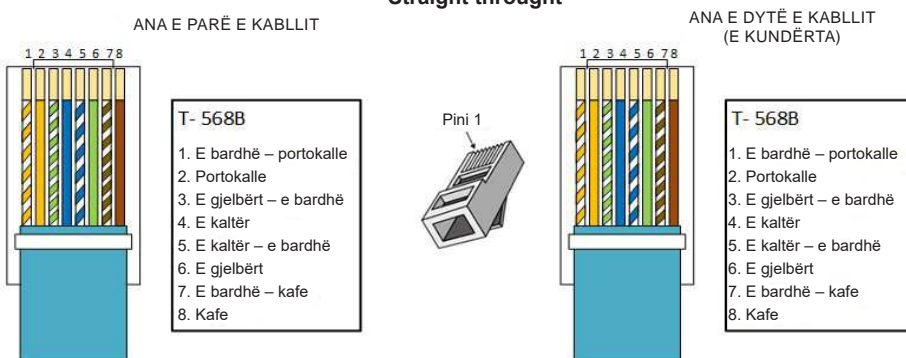
Kabloja Straight-through (i sheshtë) është lloj kabloja me çifte të kryqëzuara, i cili përdoret në rrjetet lokale kompjuterike për lidhjen e dy pajisjeve të niveleve të ndryshme (për shembull, kompjuter me router, Hub me Switch). Ky lloj kabloje quhet gjithashtu “patch” kablo. Për lidhjen e konektorëve në këtë lloj kabloje, përdoret i njëjti standard në të dyja anët (në të anët konektori mund të lidhet sipas standardit T568A ose në të dy anët konektori të lidhet sipas standardit T568B).

Kabloja Crossover (kablo e kryqëzuar) përdoret për lidhjen e dy pajisjeve të të njëjtit lloj (p.sh. për lidhjen e dy kompjuterëve, Hub me Hub, Switch me Switch, etj.). Karakteristika e këtij lloji kabloje është që në njërin anë të kabllit, lidhja e konektorit është sipas standardit T568A, ndërsa në anën tjetër të kabllit, lidhja e konektorit është sipas standardit T568B.

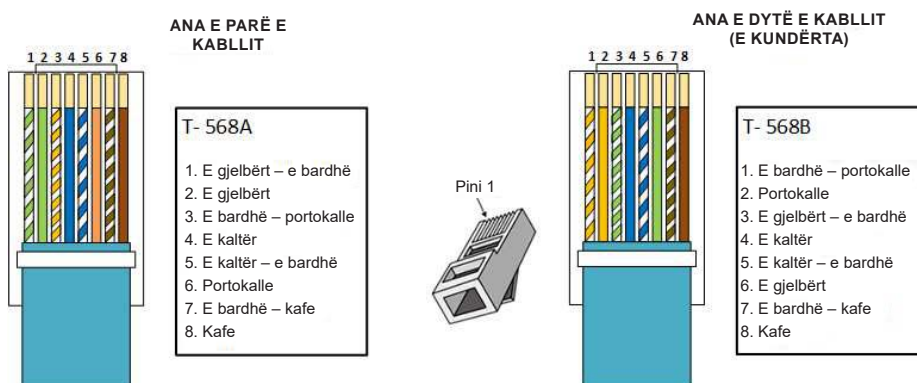
Lidhja e kabllit (të sheshtë) Straight through



Lidhja e kabllit (të sheshtë) Straight through



Lidhja e kabllit Crossover (të kryqëzuar)



3. Pasi të renditen telat me renditjen e duhur, shkurtoni gjatësinë e telave në 12 mm.



4. Në kabllon e përgatitur në këtë mënyrë vendosni konektorin dhe shty-peni fort me ndihmën e darëve shtrënguese për montim të konektorëve. Gjatë kësaj keni kujdes në renditjen e telave; secili tel duhet të futet në kanalën përkatëse të konektorit. Izolimi i jashtëm i kabllit duhet të futet në konektor në gjatësi prej 7 mm. Nëse darët shtrënguese janë të destinuara për lloje të ndryshme të konektorëve, zgjidhni hapësirën që është e shënuar me 8P. Kjo hapësirë është e destinuar për konektorë me 8 pin-a, siç është RJ-45, që po e montoni në kabllon UTP.



5. Testoni funksionalitetin e konektorit të montuar me ndihmën e testuesit për kabllot UTP. Testuesit e dedikuar për kontrollimin e funksionalitetit të kabllave UTP përbëhen nga dy pjesë: transmetuesi dhe marrësi. Transmetuesi transmeton impulse testuese nëpër secilin prej telave. Nëse konektori është i montuar si duhet, atëherë duhet të ndizen diodat-LED të vendosura në transmetues dhe në marrës në renditjen e pritur, në varësi të asaj nëse keni bërë kabllot të sheshtë apo të kryqë-zuar.



6. Testoni funksionalitetin e konektorit të montuar me ndihmën e një multimetri universal, të vendosur në zonën për testimin e vazhdimësisë së përçuesve! Shpjegoni si bëhet kontrolli!

7. Çfarë mund të përfundoni pas kontrollit të kryer? A është konektori i montuar siç duhet në kabllot? Komentoni rezultatet që morët gjatë kontrollit!

Ushtrimi 4: KABLOT KOAKSIALE

Qëllimi i ushtrimit është që nxënësit të identifikojnë kablot koaksiale, të njihen me konstruktionin e kabllave koaksiale dhe të kryejnë operacione themelore pune me kablot koaksiale, montimin e konektorëve.

Materialet dhe pajisjet e nevojshme për realizimin e ushtrimit:

1. Pajisje për prerjen e kabllot
2. Pajisje për heqjen e izolimit (thikë për zhveshje)
3. Darë shtrënguese për konektorë
4. Pjesë të kabllave koaksiale
5. Konektorë



Detyrë shtëpie: Para orës së dedikuar për ushtrimin praktik, përsëritni përmbajtjet e mësuara – konstrukcioni i kabllave koaksiale dhe llojet e konektorëve për kablot koaksiale.

Rrjedha e ushtrimit

1. Duke përdorur veglat speciale për zhveshjen e kabllot, përgatitni kabllon për montimin e konektorit BNC në dy hapa, siç është përshkruar në pikën 2 dhe pikën 3.



2. Në hapin e parë, duhet të hiqni të gjithë shtresat e kabllot deri te përçuesi qendror.



3. Në hapin e dytë, hiqni mbështjellësin e jashtëm izolues të kabllot, deri te mburoja -shield.



4. Mburojën e thurur tërhiqeni prapa, mbi mbështjellësin e jashtëm të kabllot. Gjatë kësaj, mburoja duhet të jetë e tërhequr plotësisht. Në qoftë se edhe një tel i vogël prek përçuesin qendror, kjo do të shkaktojë një qark të shkurtër.



5. Në kabllon e përgatitur në këtë mënyrë vendosni konektorin dhe shtypeni fort me ndihmën e darëve shtrënguese për montimin e konektorëve.



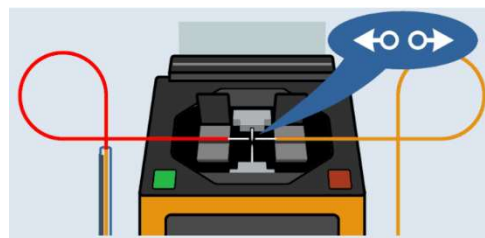
6.



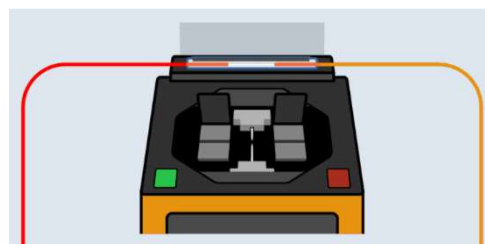
7. Testoni funksionalitetin e konektorit të montuar me ndihmën e një ommetri ose multimetri universal të vendosur në zonën për testimin e vazhdimësisë së përçuesve! Shpjegoni si kryhet kontrolli!

8. Çfarë mund të përfundoni pas kontrollit të kryer? A është konektori BNC i montuar siç duhet në kabllon koaksial? Komentoni rezultatet që morët gjatë kontrollit!

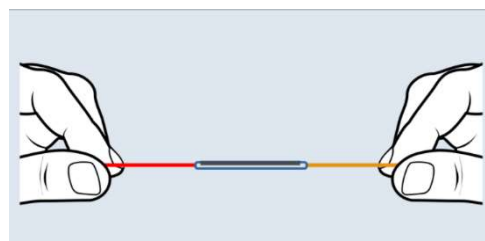
5. Fibrat e prera vendosni dhe fiksoni në hapjet përkatëse të splicer-it. Shtypni butonin për fillimin e punës së splicer-it. Më tej, pajisja vetë i rreshton fibrat optike, i bashkon dhe kontrollon cilësinë e lidhjes. E gjithë procedura shihet në ekranin e splicer-it.



6. Tërhiqeni tubin mbrojtës termo kolektor mbi bashkimin. Vendoseni tubin në pjesën përkatëse të splicer-it, e cila ngroh gradualisht tubin mbrojtës, duke e ngjitur fort mbi bashkimin e fibrave optike. Splicer-i sinjalizon përfundimin e ngrohjes me një sinjal zanor.



7. Gjatë lidhjes së kabllot optikë me më shumë fibra, e njëjta procedurë përsëritet për secilin bashkim në veçanti.



8. Testoni funksionalitetin e bashkimit me ndihmën e një reflektometri optik! (Ekzistojnë disa lloje të ndryshme të reflektometrave optikë.) Vizatoni pllakën e përparmë të reflektometrit optik me të cilin e kryente testimin e bashkimit dhe shpjegoni funksionin e secilit prej butonave në pllakën e përparme!

9. Komento rrjedhën e ushtrimit! Çfarë mund të përfundosh pas kryerjes së testimit të bashkimit? Sa është dobësimi i bashkimit dhe a është bashkimi me cilësi të mjaftueshme?

Ushtrimi 6: MODULIMI NË AMPLITUDË

Qëllimi i ushtrimit është që nxënësit të vëzhgojnë dhe analizojnë sinjalet e moduluara në amplitudë.

Pajisjet matëse të nevojshme dhe materiale të tjera për realizimin e ushtrimit:

1. Gjenerator funksionesh i cili ka mundësinë të gjenerojë sinjale të moduluara.
2. Osciloscop
3. Kabllo për lidhje

Rrjedha e ushtrimit:

Duke përdorur gjeneratorin e sinjaleve, gjeneroni një sinjal KAM të modeluar me një sinjal modulues të thjeshtë periodik me frekuencë 2 KHz, ndërsa frekuenca e bartësit le të jetë 20 KHz. (Ndiqni udhëzimet.)

1. Së pari zgjidhni sinjalin bartës që duhet të jetë një sinjal i thjeshtë periodik (sinus).
2. Duke shtypur butonin MOD, hyni në menynë për modulim, ku duhet të rregulloni parametrat e mëposhtëm: Mod, Sweep, Burst, Continuous.
3. Shtypni butonin MOD dhe zgjidhni AM për modulim në amplitudë.
4. Rregulloni sinjalin modulues që të jetë me formë valore të thjeshtë periodike duke shtypur butonin Shape dhe duke zgjedhur opsionin Sinus.
5. Rregulloni frekuencën e sinjalit modulues duke shtypur butonin AM frequency.
6. Duke shtypur butonin Depth, ndryshoni shkallën e modulimit në përqindje (zgjidhni 10%, më pas 50%, dhe në fund 100%). Komentoni rezultatet e marra!

