

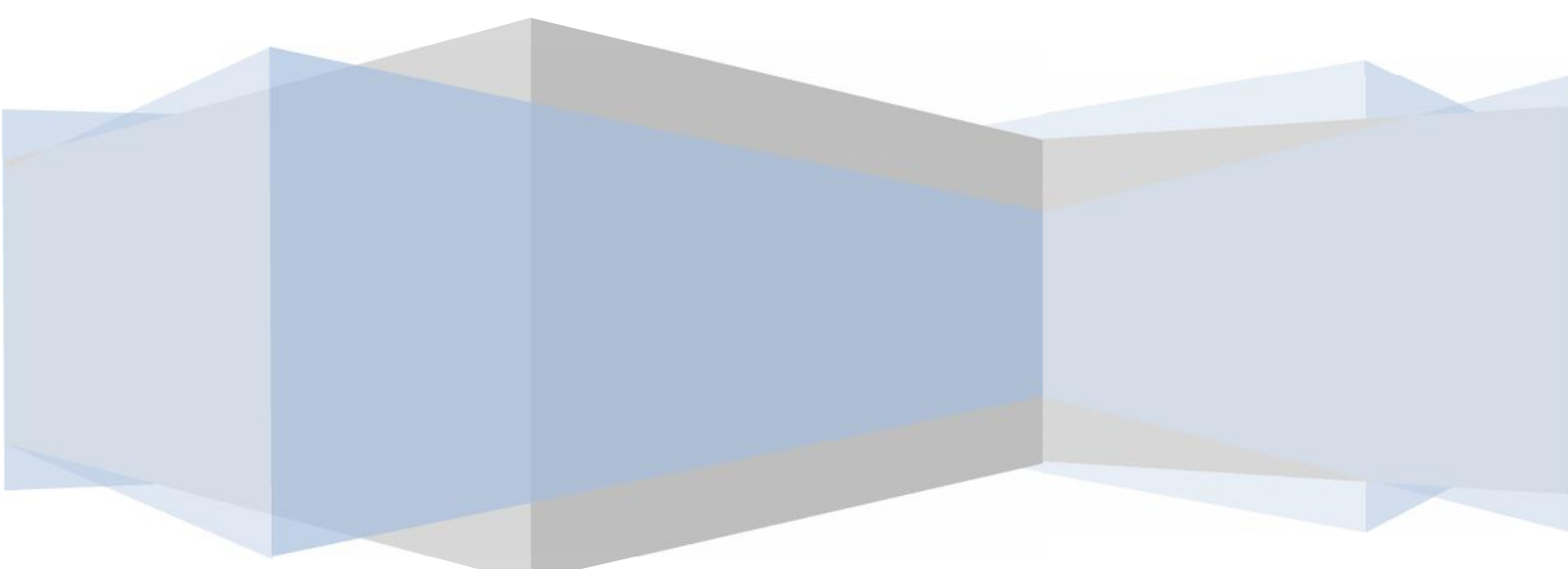
SHKOLLA E MESME “SEZAI SURROI” BUJANOC

Profili arsimor: Elektroteknik i kompjuterve

PUNIM MATURE

Tema: MODULIMET

Lënda: BARTJA E TË DHËNAVE



Nxënësi
Metush Dalipi

Qershor, 2009

Mentori
Abaz Memeti

Përmbajtja

1. HYRJE	2
2. MODULIMET AMPLITUDORE.....	3
2.1. Modulimet amplitudore konvencionale – MAK	3
2.2. Modulimi amplitudor me valë bartëse të eliminuar	6
2.3. Modulimi amplitudor me një brez anësor – AM-SSB	7
3. MODULIMET KËNDORE	9
3.1. Sinjali i moduluar fazor	9
3.2. Sinjali i moduluar frekuencor	10
3.3. Modulimi frekuencor me valë sinusoidale	10
3.4. Modulimi fazor me valë sinuidale	11
<i>Literatura</i>	12

1. Hyrje

Është konstatuar se është e mundur që mesazhet e llojeve të ndryshme mund të transmetohen në brezin e tyre themelor, por megjithatë ekzistojnë edhe metoda tjera shumë më të përshtatshme të cilat kërkojnë përpunim paraprak të sinjalit. Esenca e kësaj metode është: një sinjali të thjeshtë periodik dhe deterministik mund ti modifikohen parametrat themelor në funksion të sinjalit themelor i cili përmban mesazhin. Në këtë mënyrë sinjali periodik, rëndomtë i frekuencës së lartë, bëhet bartës i informacionit (mesazhit). Ky proces quhet *modulim*. Sinjali themelor që e përmban informacionin quhet *sinjal modulues*. Sinjali periodik quhet *bartës*, ndërsa sinjali përfundimtar i përpunuar quhet *sinjal i moduluar*.

Natyrisht, në anën marrëse sinjali i moduluar nuk mund të jetë drejtpërdrejt i përdorshëm, por duhet të përpunohet ashtu që nga ai të izolohet sinjali i informacionit në brezin themelor. Ky proces quhet *demodulim*.

Pajisja me ndihmën e të cilit kryhet modulimi quhet *modulator*, kurse ajo me të cilën kryhet demodulimi quhet *demodulator*. Emërtimi i përbashkët i tyre është **modem**.

Arsyet për përdorimin e procesit të modulimit: ekzistojnë shumë arsye për këtë proces:

- Posaçërisht, në rastin e komunikimeve përmes radio – valëve modulimi është proces i pazëvendësueshëm sepse sinjalet që bartin informatat duhen të përhapen në formë të valëve elektromagnetike të cilat gjenerohen përmes antenave. Është e njohur se rrezatimi i antenave është i mundur vetëm nëse gjatësia e tyre është së paku sa një e dhjeta e gjatësisë valore të valëve që i gjenerojnë, ndryshe nuk do të mund të eksitohet ambienti përreth, ashtu që ai të jetë bartës i tyre. Në këtë rast për transmetim në brez themelor nevojitet antena me gjatësi disa mijëra metra.
- Përmes modulimit është bërë i mundur shfrytëzimi efikas i brezit frekuencor nëpërmjet multipleksit frekuencor dhe atij kohor.
- Sinjali i moduluar mund të ketë brez shumë më të gjerë se sinjali modulues. Për këtë arsye ai qëndron më i mbrojtur ndaj pengesave në formë të zhurmave, etj.

Varësisht nga forma valore e sinjalit të moduluar dallojmë:

- Modulimet analoge dhe
- Modulimet impulsive

Në modulimet analoge si bartës përdoret sinjali sinusoidal, i cili i ka tri karakteristika:

- amplitudën,
- fazën dhe
- frekuencën.

Secili prej këtyre parametrave mund të shfrytëzohet për tu modifikuar në funksion të sinjalit modulues. Kështu, nëse amplituda e tij ndryshon në funksion të sinjalit modulues atëherë ky quhet *modulim amplitudor (AM)*. Nëse si parametër i tillë shfrytëzohet frekuenca quhet *modulim frekuencor (FM)* dhe përfundimisht nëse shfrytëzohet faza quhet *modulim fazor (PM)*. Dy modulimet e fundit quhen *modulime këndore*.

Në rastin e modulimeve pulsore, si bartës shfrytëzohet seria periodike e pulseve drejtkëndëshe. Kjo seri e pulseve i ka tre parametra:

- amplitudën,

- kohëzgjatjen, dhe
- pozitën.

Nëse amplituda e pulseve ndryshon në funksion të sinjalit modulues, modulimi quhet PAM (*Pulse Amplitude Modulation*) – Modulimi i pulseve në amplitudë.

Nëse kohëzgjatja e pulseve është në funksion të amplitudës së pulseve të sinjalit modulues, modulimi quhet PDM (*Pulse Duration Modulation*) – Modulimi i kohëzgjatjes së pulseve.

Nëse pozita e pulseve ndryshon kundrejt pozicionit referent në funksion të amplitudës së pulseve të sinjalit modulues, kemi modulim PPM (*Pulse Position Modulation*) – Modulimi i pozitës së pulseve.

Përfundimisht ekziston edhe PCM (*Pulse Code Modulation*) – Modulimi pulsiv i koduar. Në këtë rast mostrave të sinjalit të moduluar që është numër i fundmë iu shoqërohen kodet përkatëse në sistemin binar. Kombinimi përkatës binar përmes sinjaleve elektrike paraqitet me puls dhe pauzë. Një sinjal i këtillë quhet sinjal PCM.

Do të përqendrohemi në modulimet analoge me valë bartëse kontinue.

2. MODULIMET AMPLITUDORE

2. 1. Modulimet amplitudore konvencionale - MAK

Për bartje të porosive përmes radiovalëve nevojitet që të transponohet sinjali nga brezi themelor (fizik) i frekuencave në brez më të lartë. Ky operacion realizohet me ndihmën e valës bartëse, ndërsa mënyra me të cilin nga vala bartëse krijohet sinjali i cili bartë porosi quhet modulim me valë bartëse kontinue. Vala bartëse është sinjal sinusoidal i formës:

$$s_0 = S_0 \cos(\omega_0 t)$$

Ku është S_0 – amplituda, ndërsa ω_0 – frekuenca rrethore. Supozuam që këndi fillestar fazor i valës bartëse, $\varphi_0=0$. Ekzistojnë shumë mënyra se si porosia me modulim të futet në valën bartëse. Nëse arrihet që amplituda e sinjalit modulues të ndryshoj në ritmin e sinjalit të moduluar, bëhet fjalë për modulim amplitudor.

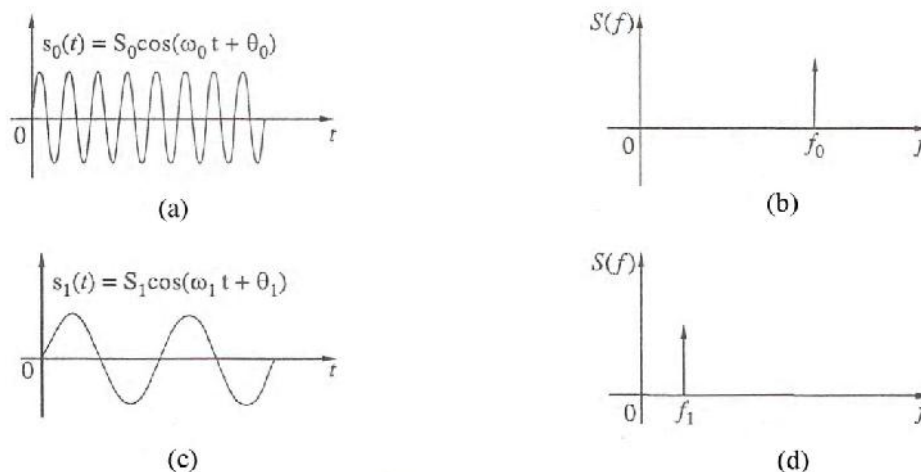


Fig.1. Sinjali bartës dhe modulues në domenin kohor [(a) dhe (b)] dhe në domenin frekuencor [(c) dhe (d)]

Do të shqyrtojmë rastin më të thjeshtë të AM modulimeve, kur sinjali modulues (sinjali i porosisë) është sinjali deterministik edhe atë, kur edhe vala bartëse ka formë sinusoidale (edhe në këtë rast faza fillestare është zero):

$$S_1(t) = S_1 \cos(\omega_1 t)$$

Sinjali i moduluar amplitudor në rastin e përgjithshëm mund të përshkruhet me shprehjen analitike:

$$S_{AM}(t) = [S_0 + S_1(t)] \cos(\omega_0 t)$$

Nga kjo shprehje shihet se sinjali AM mund të kuptohet si prodhim i dy funksioneve: të funksionit $S_0 + S_1(t)$ dhe funksionit $\cos(\omega_0 t)$. Në bazë të shprehjes 2.3 shihet karakteristika e rëndësishme e AM: vlerat momentale të sinjalit të moduluar ndërronjë në përpuethshmëri me ndryshimin e vlerave momentale të sinjalit modulues. Lakorja e ndërprerë në fig.2.c e cila i përcjellë këto maksimume quhet *mbështjellësa* ose *anvelopa* e sinjalit AM.

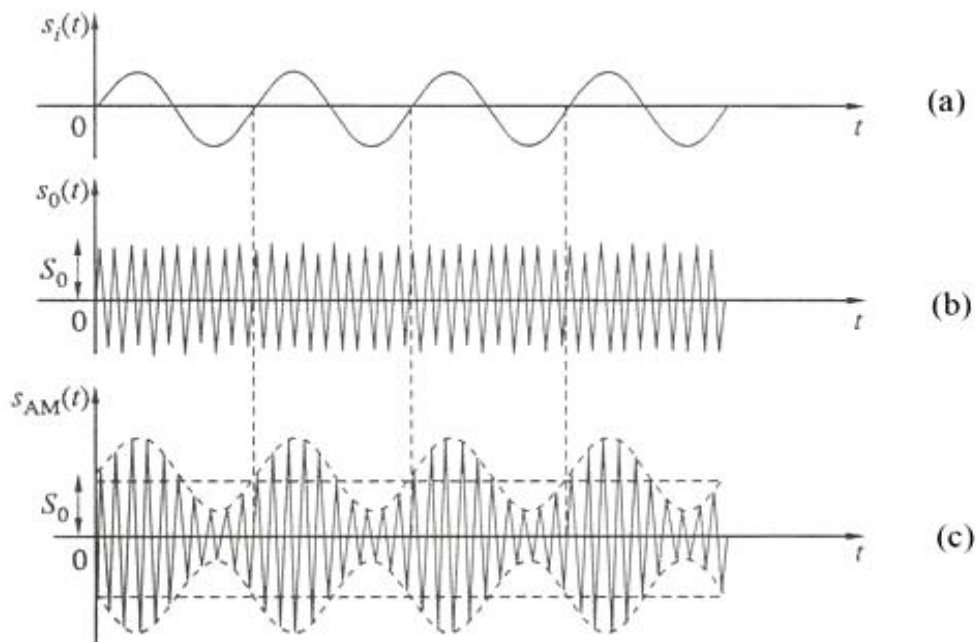


Fig.2. Modulimi amplitudor në rastin kur sinjali modulues është i thjeshtë periodik: (a)sinjali modulues (sinjali i porosisë) $S_1(t)$, (b) vala bartëse $s_0(t)$ dhe (c) sinjali i moduluar $s_{AM}(t)$

Analiza (e cila këtu nuk zhvillohet) tregon që spektri i sinjalit AM të shqyrtuar $s_{AM}(t)$ përmban tri komponentë (të treguar në fig.3). Komponenti i parë paraqet valën bartëse të pandryshueshme $s_0(t)$, ndërsa janë lajmëruar edhe dy komponentë të reja. Frekuencat e tyre janë $f_0 - f_1$ dhe $f_0 + f_1$. Amplitudat e këtyre komponentëve janë, për këtë mënyrë të punës, në mes veti të barabarta dhe përmbajnë $0,5S$.

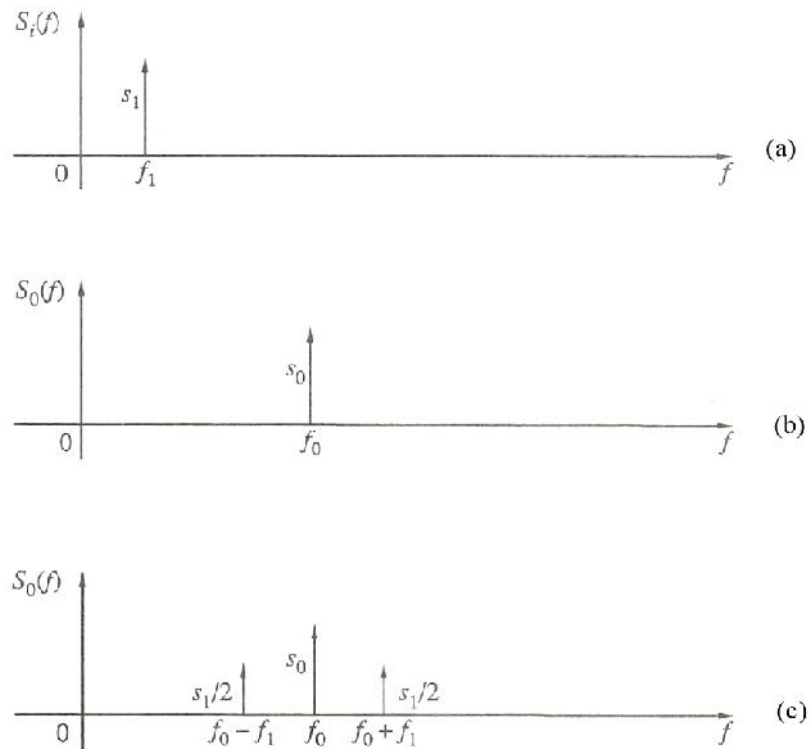


Fig.3. Spektri i sinjalit të mduluar amplitudor në rastin kur sinjali moduluese është i thjeshtë periodik: (a) spektri i sinjalit modulues, (b) sepktri i sinjalit bartës, dhe (c) spektri i sinjalit AM

Të supozojmë tani se sinjali modulues është sinjal i rastit i kufizuar, gjithëashtu të gjitha komponentet e rëndësishme të porosisë gjenden në brezin prej 0 deri në f_g . Formimi i sinjalit AM në rastin kur sinjali modulues është sinjal i rastit mundet në bazë të shprehjes 2.3 të paraqitet në domenin kohor (fig.4.)

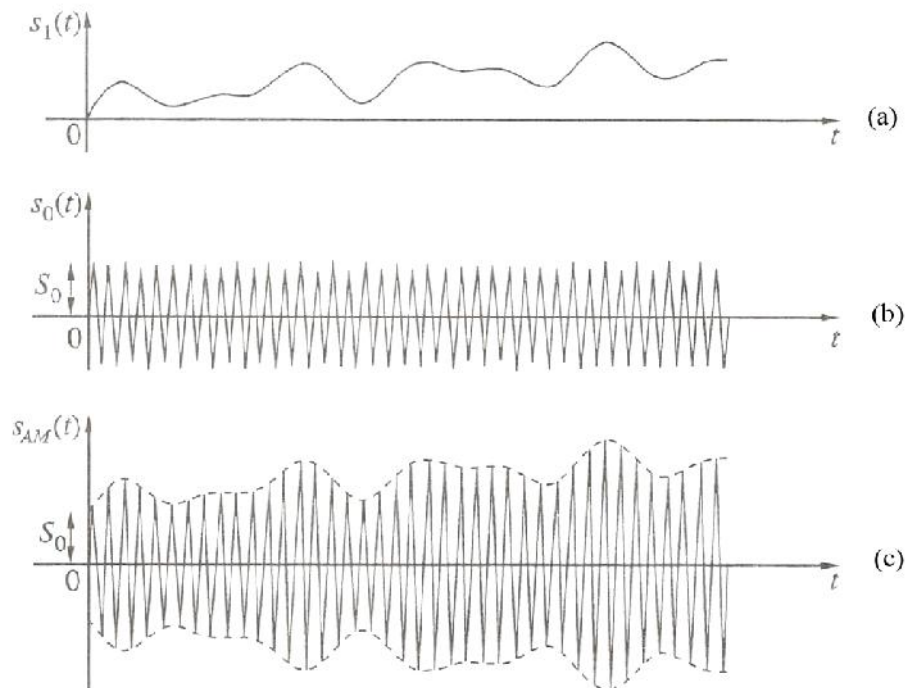


Fig.4. Modulimi amplitudor në rastin kur sinjali modulues është sinjal i rastit: (a) Sinjali modulues $s_1(t)$, (b) vala bartëse $s_0(t)$, dhe (c) sinjali i moduluar $s_{AM}(t)$.

Spektri i sinjalit modulues është treguar në fig.5.a. ku madhësia e ordnatës nuk nënkupton amplitudën e harmonikut por vetëm tregon se ordinata më e madhe i takon komponentës me frekuencë më të lartë. Në interpretimin e mëtutjeshëm do të përdoret kjo mënyrë e paraqitjes së spektrit. Në fig.5.b. është treguar spektri rezultat i sinjalit AM. Analiza matematikore tregon që çdo sinjal i rastit mundë të merret që është formuar me superponimin e numrit të pafundmë të sinjaleve sinusoidale me amplituda pambarimisht të vogëla të cilat janë pambarimisht të afërta sipas frekuencave. Pasi çdo sinjal sinusoidal shkakton siç e pamë paraqitjen e dy komponentëve me amplituda dyfish më të vogëla majtas dhe djathtas nga frekuenca bartëse, rezultati i modulimit amplitudor të valës bartëse i shqyrtuar me sinjal të rastit në domenin frekuencor e ka formën e treguar në fig.5.b.

Në fig.5.b., gjithashtu shihet qartë që AM në domenin frekuencor sjell deri te translacioni i spektrit të sinjalit të porosisë (gjegjesisht spektrit të sinjalit modulues) përgjatë boshtit të frekuencave edhe atë për vlerën e frekuencës së valës bartëse f_0 .

Në figurë vërehet edhe një veçori shumë e rëndësishme e AM: çdo komponentë në spektrin e sinjalit të modular shkaktohet nga translacioni me komponentët përgjegjëse nga spektri i sinjalit modulues. Kjo do të thotë që nëse spektri i sinjalit modulues është i kufizuar (e kjo është tipike për të gjithë sinjalet e informacionit), edhe spektri i sinjalit të modular amplitudor do të jetë i kufizuar.

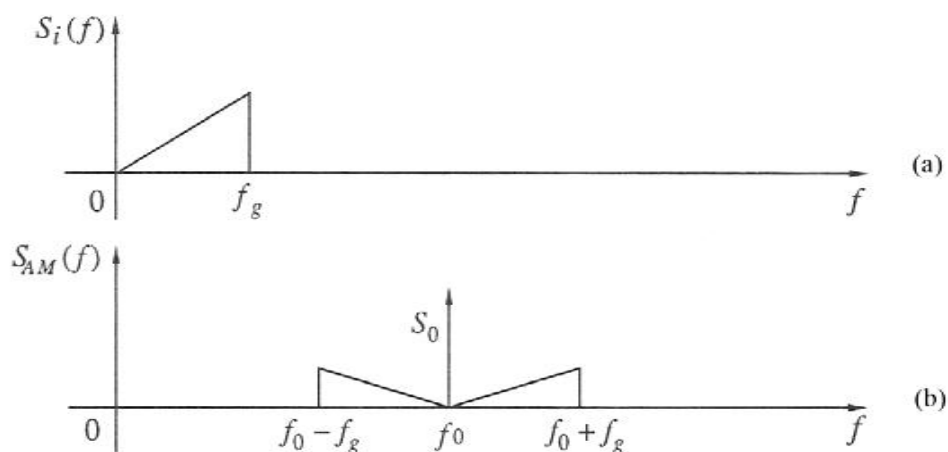


Fig.5. (a) Spektri i sinjalit modulues të rastit; (b) spektri i sinjalit AM i shkaktuar me modulimin e valës bartëse me sinjal të rastit me spektër të kufizuar.

Figura 5 vërteton edhe një karakteristikë të rëndësishme të AM: sinjali i modular zënë brez dy herë më të gjerë të frekuencave nga sinjali modulues. Nëse me B_{NF} shënojmë gjerësinë e brezit frekuencor të sinjalit modulues, ndërsa me B_{VF} gjerësinë e brezit frekuencor të sinjalit të modular, në fig. 5 shihet se:

$$B_{VF} = (f_0 - f_g) + (f_0 - f_g) = 2f_g = 2B_{NF}$$

Spektri i sinjalit të modular ka dy breze anësore:

- brezi i epërm anësor (BEA) i cili përfshinë brezin prej f_0 deri në $f_0 + f_g$, dhe
- brezi i poshtëm anësor (BPA) i cili përfshinë brezin prej $f_0 - f_g$ deri në f_0 .

Të dy brezat kanë formën e spektrit të sinjalit modulues, vetëm se brezi i poshtëm anësor është i invertuar në raport me spektrin fizik të sinjalit modulues. Në bazë të kësaj

mund të konkludojmë që në parim, me që porosia gjendet edhe në BPA si dhe në BEA, mjafton që të bartet në marrës vetëm njëri brez anësor. D.m.th., sinjali AM përbëhet nga vala bartëse dhe dy breze anësore. Modulimi amplitudor me dy breze anësore dhe valën bartëse quhet *modulimi konvencional* ose *modulim standard amplitudor*.

2.2. Modulimi amplitudor me valë bartëse të eliminuar

Në rastin e AM konvencional një pjesë e fuqisë së sinjalit të moduluar gjendet në brezet anësore, ndërsa pjesa tjetër në sinjalin bartës. Pasi vala bartëse nuk përmban informacion, kjo nga aspekti i fuqisë së dobishme të sinjalit amplitudor të moduluar është e dëshirueshme të eliminohet vala bartëse.

AM me dy breze anësore dhe me valë bartëse të eliminuar (të ashtuquajtur DSBSC nga gj. angleze: *Double Side Band Suppressed Carrier*) fitohet me shumëzimin e sinjalit modulues $s_1(t)$ dhe valës bartëse $\cos(\omega_0 t)$.

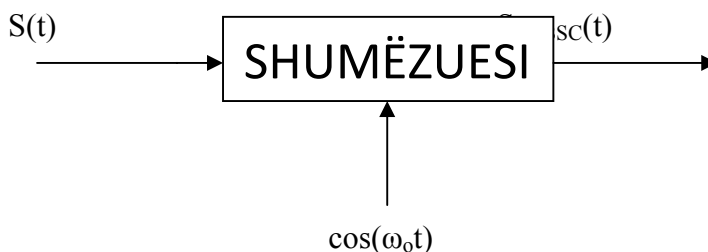


Fig.6. Parimi themelor i përfitimit të sinjalit AM me dy breze anësore dhe me valë bartëse të eliminuar.

Ekzistojnë shumë mënyra për përfitimin e valës së dëshiruar. Mënyra më e thjeshtë, për atë edhe më e aplikuara, mbështetet në përdorimin e ashtuquajturit modulator balansues, bllok skema themelore e të cilit është paraqitur në fig.7.

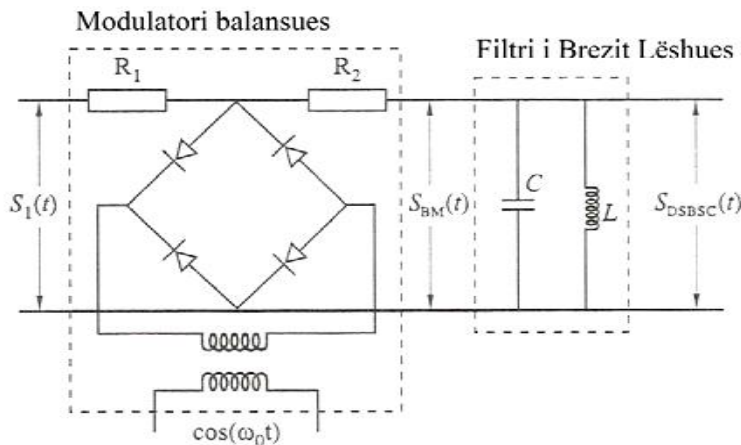


Fig.7. Modulatori balansues

Modulatori real balansues nuk mundet në tërësi t’*a* eliminoj valën bartëse, përshkak të veçorive të diodave gjysëmpërçuese që pjesërisht të përçoj edhe në kahjen inverse. Shmangia maksimale e frekuencës bartëse, e cila mund të arrihet me modulatorin balansues real është rrethë - 40[dB].

2.3 Modulimi amplitudor me një brez anësor – AM-SSB

Pasi sinjali AM ka dy breze, të poshtëm dhe të epërm, të dy brezët përmbajnë informacionin identik, në pikëpamje të informacionit është e mjaftueshme të transmetohet njëri brez anësor dhe kështu bëhet kursimi i brezit frekuencor prej 50%.

Edhe për realizimin e sinjaleve AM me një brez anësor (të ashtuquajtur nga gj. Ang.: Single Side Band) ekzistojnë shumë mënyra.

Mënyra më e thjeshtë është që sinjali AM të lëshohet nëpër filtër, brezi lëshues i të cilit duhet ti përgjigjet gjerësisë të njërit brez anësor (nëse transmetohet AM me një brez anësor pa valën bartëse) gjegjësisht gjerësisë së njërit brez anësor të zgjeruar për distancën e sinjalit bartës nga brezi anësor (nëse transmetohet AM me një brez anësor dhe me valën bartëse). Në këtë mënyrë me zgjedhje të drejtë të brezit lëshues të filtrit mund të eliminohet cilido prej brezeve anësore. Metoda me filtra për gjenerimin e sinjaleve AM me një brez anësor kërkon filtra shumë kualitativ, të cilët kanë afërsisht karakteristika ideale.

Në fig.8 është paraqitur mënyra e përfitimit të sinjalit AM me një brez anësor dhe me valë bartëse të eliminuar (të asht. SSB – SC) me filtrin e sinjalit DSB – SC.

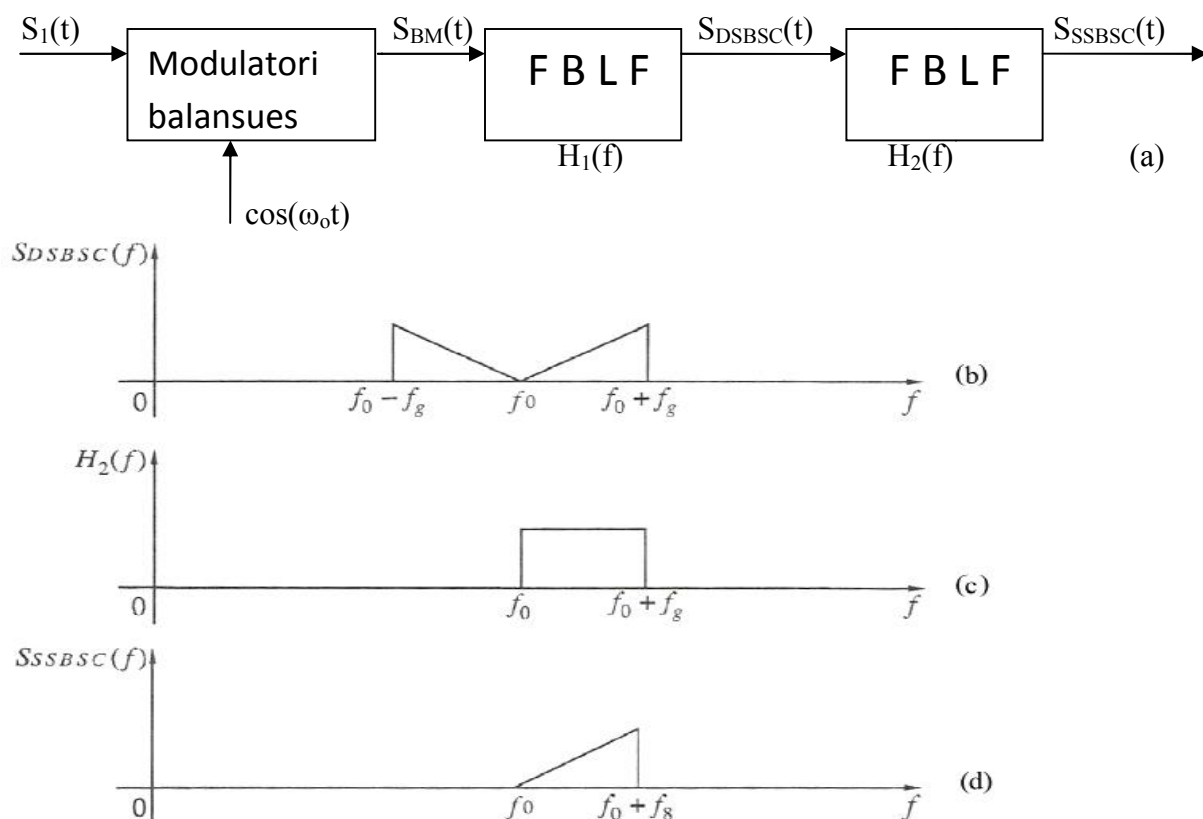


Fig.8. Përfitimi i AM-së me brezin e epërm anësor dhe me valë bartëse të eliminuar me ndihmën e filtrit lëshues të brezit: (a) bllok-skema e modulatorit, (b) spektri i sinjalit në dalje të filtrit lëshues të brezit të frekuencave, karakteristika amplitudore e të cilit është $H_1(f)$, (c) karakt. amplit. e filtrit $H_2(f)$ i cili lëshon vetëm brezin e epërm anësor, (d) spektri i sinjalit në dalje të filtrit $H_2(f)$.

3. MODULIMET KËNDORE

Po e shqyrtojmë sinjalin sinusoidal i cili ka amplitudë konstante S_0 dhe kënd momental $\varphi(t)$:

$$s_0(t) = S_0 \cos[\varphi(t)]$$

Frekuenca momentale e sinjalit është derivat sipas kohës së fazës momentale:

$$\omega(t) = \frac{d\varphi(t)}{dt}$$

Nëse në shprehjen 3.1 e cila paraqet valën bartëse kontinueale, amplituda S_0 mbahet konstant, ndërsa këndi $\varphi(t)$ ndërron në harmoni me sinjalin e porosisë (sinjalin e informacionit) $S_1(t)$, bëhet fjalë për modulim këndor.

Ndryshimi i këndit të valës bartëse mund të realizohet në dy mënyra:

- me ndryshimin e frekuencës ose
- me ndryshimin e fazës.

Nëse frekuenca momentale e sinjalit bartës ndërron linearisht me ndryshimin e sinjalit të informacionit (sinjali modulus) bëhet fjalë për modulim frekuencor (FM – *Frequency Modulation*).

Nëse faza e sinjalit bartës ndërron linearisht me ndryshimin e sinjalit të informacionit (sinjali modulus) bëhet fjalë për modulim fazor (PM – *Phase Modulation*)

Modulimi frekuencor dhe fazorë janë të ndërlidhur në mes veti.

Modulimi frekuencor paraqet formën më të vjetër të modulimeve sepse është aplikuar qysh në fillim të telekomunikimeve bashkohore – në telegrafi.

Modulimi frekuencor ofron një varg përparsishë në krahasim me modulimin amplitudor, e kryesisht mund të siguroj raport më të kënaqshëm sinjal/zhurmë në dalje të marrësit.

Sot modulimi këndor gjen përdorim në radiodifuzion, televizion dhe në bartje të të dhënave.

3.1. Sinjali i moduluar fazor

Sinjali nga shprehja 3.1. është i moduluar në fazë nëse këndi fazor momental i tij linearisht ndryshon në varshmëri nga sinjali i informacionit, gjegjësisht të sinjalit modulus $S_1(t)$:

$$\varphi_{PM}(t) = \omega_0 t + k_{PM} \cdot S_1(t)$$

ku ω_0 dhe k_{PM} janë konstanta pozitive. Në bazë të shprehjes së fundit qartë është se sinjali i moduluar fazor mund të paraqitet me shprehjen analitike:

$$S_{PM}(t) = S_0 \cos[\omega_0 t + k_{PM} \cdot S_1(t)]$$

3.2. Sinjali i moduluar frekuencor

Sinjali 3.1 është i moduluar në frekuencë nëse frekuenca momentale e tij linearisht ndryshon në varshmëri nga sinjali i informacionit, gjegjësisht nga sinjali modulus $S_1(t)$:

$$\omega_{FM}(t) = \omega_0 + k_{FM} \cdot S_1(t)$$

ku ω_0 dhe k_{FM} janë konstanta pozitive. Shprehja analitike për sinjalin e moduluar frekuencor është:

$$S_{FM}(t) = S_0 \cos [\omega_0 t + k_{FM} \cdot \int S_1(t) dt]$$

3.3 Modulimi frekuencor me valë sinusoidale

Analiza e sinjaleve të moduluar në kënd është e komplikuar. Për ate në mënyrë më të thjeshtë do të shqyrtojmë rastin kur sinjali modulus $s_1(t)$ është sinjal i thjeshtë periodik sinusoidal:

$$s_1(t) = S_1 \cos(\omega_1 t)$$

ku S_1 dhe ω_1 janë konstanta.

Në këtë rast sinjali FM e ka formën:

$$S_{FM}(t) = S_0 \cos[\omega_0 t + k_{FM} S_1 \int \cos(\omega_1 t) dt]$$

Ky funksion, gjegjësisht ky sinjal përmban numër të pafundmë të komponentëve, pra në spektrin e sinjalit të moduluar lajmërohen një varg i frekuencave të cilat nuk ekzistojnë në sinjalin modulus. Për atë sinjali FM, i shqyrtuar në mënyrë rigorozë ka spektër pafundësisht të gjerë i cili gjendet përreth frekuencës bartëse f_0 . Kjo do të thotë se edhe gjatë modulimeve FM vije deri te translantimi i spektrit të sinjalit modulus nga zona e frekuencave më të ulëta në zonën e frekuencave më të larta. Në rastin e përgjithshëm komponentët e sinjalit FM kanë amplituda më të vogla aq sa janë të larguara nga frekuenca f_0 , prandaj në shqyrtimet praktike mund të mos përfillen komponentët të cilat pak kontribuojnë në fuqinë e përgjithshme të spektrit. Përshkak se në praktikë merren në konsiderim vetëm të ashtuquajturat komponentë anësore të rëndësishme (zakonisht merren ato komponentë të cilat bartin më shumë se 1% të fuqisë totale të sinjalit të pamoduluar), kjo mund të konsiderohet që edhe gjerësia e spektrit FM është e kufizuar. Megjithatë, edhe për kësi lloj aproksimimi spektri i sinjalit FM, përveç në disa raste të veçanta është shumëfishë më i gjerë se spektri i sinjalit modulus. Frekuenca momentale e këtij sinjali ndërron në proporcion me sinjalin modulus. Devijimi nga frekuenca bartëse është aq më i madh sa më e madhe të jetë amplituda e sinjalit modulus. Për këtë arsye është pranuar që gjerësia e spektrit të definohet përmes ndryshimeve maksimale të frekuencës bartëse. Shmangia e frekuencës momentale nga frekuenca bartëse quhet *devijim frekuencor* dhe shënohet me Δf . Në përgjithësi, gjerësia e brezit të spektrit FM është në proporcion të drejtë me devijimin maksimal të frekuencës Δf .

Të përcaktojmë sa është fuqia e sinjalit. Dihet që fuqia e sinjalit varet nga amplituda e sinjalit. Duke marr parasysh që amplituda e sinjalit në rastin e modulimeve FM, fuqia e sinjalit të moduluar frekuencor është konstant dhe përmban:

$$P_{FM} = \frac{S_o^2}{2}$$

Kjo do të thotë që fuqia e sinjalit FM nuk varet nga procesi i modulimit FM. Gjegjesisht, sinjali modulues nuk ka asnjë ndikim në fuqinë e përgjithshme të sinjalit FM.

Në fund rikujtojmë se të gjitha shqyrtimet e bëra e të realizuara deri më tani janë bërë në rastin kur modulimi realizohet me sinjal të thjeshtë periodik, por në të vërtet modulimi realizohet me sinjal i cili bartë ndonjë informacion, e ky sipas natyrës është gjithmonë sinjal i rastit. Qartë është se spektri i sinjalit FM, i cili krijohet me modulimin e valës bartëse me sinjal të rastit, dukshëm më të komplikuar nga spektri i sinjalit FM të rezultuar nga sinjali modulues i thjeshtë periodik. Mirëpo, përfundimet themelore mbeten të njëjta.

3.4 Modulimi fazor me valë sinusoidale

Në rastin e modulimit fazor të realizuar me valë sinusoidale fitohen rezultate analoge me rezultatet e fituara në rastin e modulimit frekuencor. Kjo edhe ka qenë e pritur sepse në të dy rastet bëhet fjalë për modulim këndor.

Edhe në rastin e modulimit fazor tregohet se te spektri i tij është i rëndësishëm vetëm një numër i caktuar i komponentëve anësore përreth frekuencës bartëse f_o , prandaj në shqyrtimet praktike merret që spektri i sinjalit PM ka gjerësi të fundme.

Të gjitha përfundimet e bëra në lidhje me fuqinë e sinjalit FM vlejné edhe në rastin e sinjalit PM.

L I T E R A T U R A

[1] Bacon, M. D. & Bull, G. M.: *Data Transmission*, McDonald American, 1973

[2] *ISDN User Guide*, Pacific Bell Company, 1998.

[3] Z. Urošević, M. Savić: *Prenos Podataka*, ZUNS Beograd 2003.

[4] E. Hamiti: *Telekomunikacionet*, FIEK Prishtinë 2001.