

Amplitudna modulacija

Modulacija

U radio tehnici govorimo o signalima kao nosiocima informacija. Najlakše si to možemo predočiti ako zamislimo govor. Ljudski glas (normalan govor) pokriva spektar od 300 Hz do 3400 Hz. Ako takav signal želimo prenositi na neko udaljeno mjesto, to možemo izravno učiniti telefonom. Kod telefona, signal se mikrofonom pretvara u izmjenični signal frekvencije našeg glasa i amplitude ovisne o jačini našeg glasa. Ako bismo takav signal (naš govor) htjeli prenijeti na neko udaljeno mjesto bežično, to bi bilo vrlo teško.

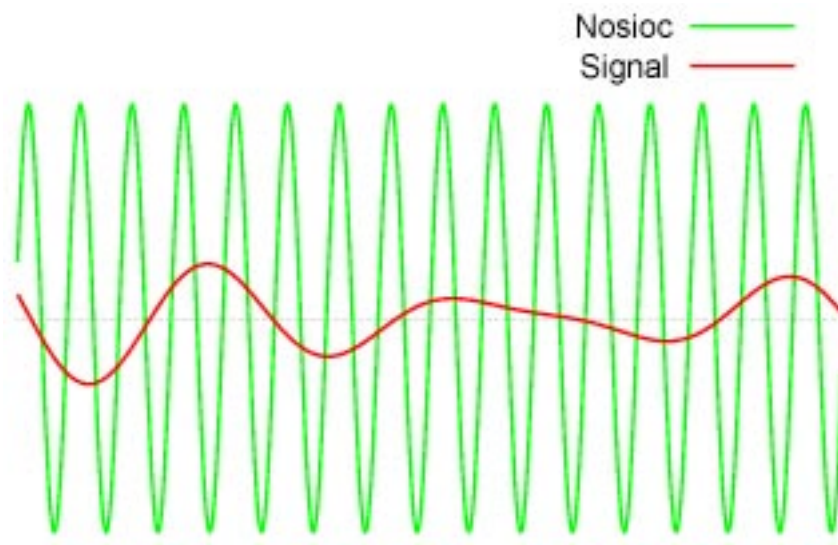
Da bismo to mogli učiniti, naš ćemo glas 'utisnuti' u signal na nekoj frekvenciji koja je mnogo viša od 3.4 kHz, koliko je najviša frekvencija u spektru našega glasa iz primjera. Signal se na takvim frekvencijama puno lakše prenosi. Signal na toj višoj frekvenciji je obično sinusnog oblika (mi ga stvaramo) konstantne amplitude i frekvencije i naziva se 'val nosioc' ili samo **nosioc**. Takav postupak, utiskivanja signala koji želimo prenijeti (uglavnom niskofrekventni signal) na val nosioc nazivamo **modulacija**.

Jednom kada signal prenesemo na udaljeno mjesto, moramo napraviti obrnuti postupak od modulacije. Takav se postupak naziva **demodulacija**. On se sastoji u izdvajanju originalnog signala od signala dobivenog modulacijom.

Amplitudna modulacija

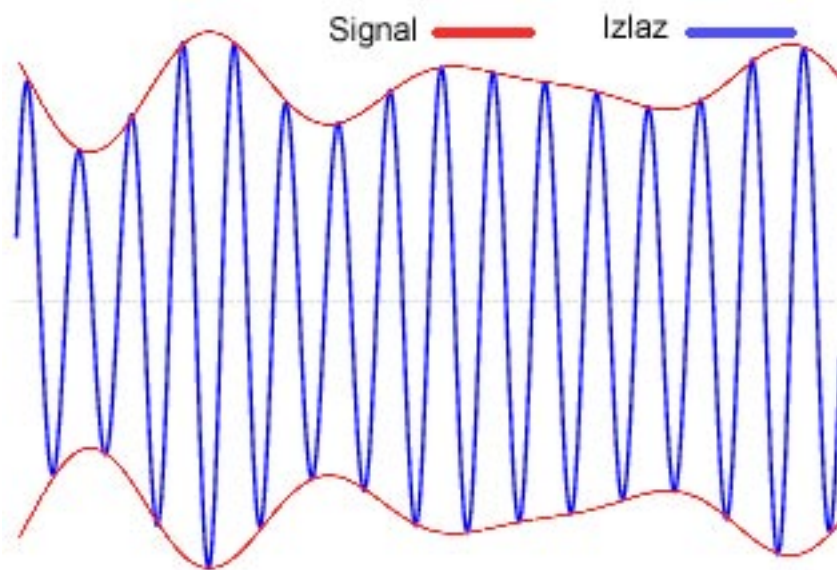
Karakteristika amplitudne modulacije je da se mijenja amplituda nosioca. U amplitudi vala nosioca je sadržana informacija koja se prenosi, u našem primjeru glas. Amplitudna modulacija ukratko radi sljedeće: ulazni signal se zbraja sa nosiocem u mješaču (engl. *frequency mixer*). Izlazni signal iste je frekvencije kao val nosioc, ali mu amplituda varira kao amplituda ulaznog signala u ritmu frekvencije ulaznog signala. Izlazni signal se tada pojačava i šalje u antenu.

Na slici 1 vidimo signal, koji odgovara obliku glasa. Prikazan je crvenom bojom. Zelenom bojom prikazan je nosioc. On je u našem slučaju sinusni signal jednake amplitude i frekvencije više od najviše frekvencije u našem glasu.



Slika 1. Signal koji želimo modulirati i nosioc

Kao što smo već spomenuli, signal moramo 'utisnuti' u val nosioc. Matematički se to izvodi tako da se dva prikazana signala zbroje. Rezultat je prikazan slikom 2.



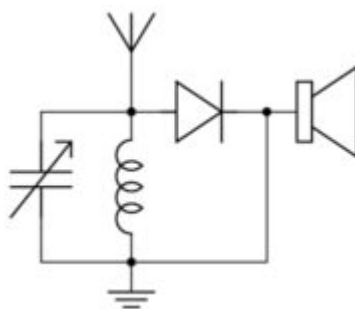
Slika 2. Modulirani signal

Na slici 2 plavom je bojom prikazan modulirani signal. To je val nosioc čija je frekvencija ostala ista. Ono što se promijenilo je amplituda. Amplituda vala nosioca prati promjene amplitude i frekvencije signala informacije. Crvenom je bojom prikazan obris – ovojnica originalnog signala. Ako sada usporedimo signal sa slike 1, sa varijacijama amplitude na slici 2 (tj. ovojnicom signala), vidjet ćemo da smo vjerno

prenijeli originalni signal bez gubitka informacije. Takav se signal sada može lako pojačati pojačalom, poslati u antenu i primiti sa druge strane.

Ovako prikazani signal (kao na slici 2), jednom kada ga primimo, ne možemo direktno reproducirati. On se nalazi na visokim frekvencijama, obično puno višima od 20 kHz koliko ljudsko uho može čuti (ljudsko uho čuje frekvencije od 20 Hz do 20 kHz).

Još jedna karakteristika amplitudne modulacije je mogućnost dekodiranja (demoduliranja) signala vrlo jednostavnim sklopovima. Jedan takav osnovni sklop prikazan je na slici 3.



Slika 3. Principijelna shema jednostavnog AM prijemnika

Na slici 3 kondenzator i zavojnica čine **titrajni krug**. On je direktno spojen s antenom. Frekvenciju za koju vrijedi da je reaktancija kondenzatora ($X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$) jednaka reaktanciji zavojnice ($X_L = 2\pi f \cdot L$) zovemo **rezonantna frekvencija**. Naš će sklop najjače primati signale upravo te frekvencije. Ona mora biti jednaka frekvenciji vala nosioca za najbolji prijem.

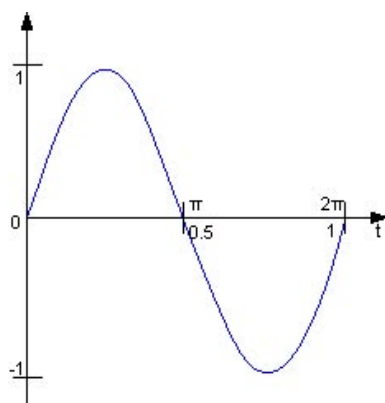
Dioda služi kao **detektor ovojnice**. Slikovito rečeno: na diodu dolazi plavi signal (sa slike 3), a dioda propušta samo njegovu ovojnicu (što je na slici 3 prikazano crvenom bojom). Dioda se tako ponaša jer ona propušta samo pozitivan signal. Visokofrekventni signal je izmjeničan, te ga dioda ne može propustiti. Njegova je ovojnica istosmjerna (ona varira po amplitudi, ali ne mijenja predznak – ili je sva negativna ili sva pozitivna). Takav signal se izravno dovodi na zvučnik.

SSB – USB i LSB; DSB

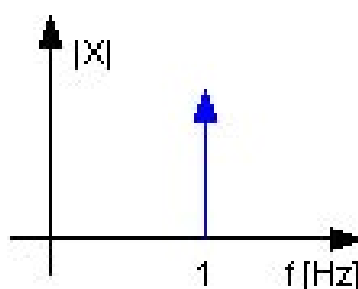
Već smo vidjeli da kad signal moduliramo amplitudnom modulacijom, dobijemo oscilacije u amplitudi. Ako pažljivije pogledamo, vidjet ćemo da smo sada dobili dva puta isti signal: na slici 2. imamo crveni signal (ovojnicu) dva puta. Iz toga se može zaključiti da trošimo dvostruku snagu za prijenos istog signala. SSB (engl. Single-Side Band) je pojam koji označava samo jednu 'stranu' signala (sa slike su to gornja ili donja). SSB se zatim dijeli na: Gornji Bočni Pojas (engl. *Upper-Side Band*) i Donji Bočni

Pojas (engl. *Lower-Side Band*). Da bismo razumjeli što pojam 'pojas' znači, pokušati ćemo to objasniti na slijedeći način.

Kada govorimo o običnom sinusnom signalu, govorimo o signalu točno jedne frekvencije (npr. $\sin(2\pi t)$ je sinusoidalni signal frekvencije 1 Hz (funkcija sinus se uobičajeno zadaje i piše u radijanima, a 1 radijan je $2 \cdot \pi \cdot f$)). Pojas signala je pojam koji opisuje koliko različitih frekvencija sadrži neki signal ili koliko je različitih frekvencija sadržano u tom signalu. Npr. ukoliko bi signal sadržavao sve frekvencije između 10 Hz i 20 Hz, pojas takvog signala zauzimao bi 10 Hz. U običnom sinusnom signalu sadržana je točno jedna frekvencija, pa je pojas signala vrlo uzak.



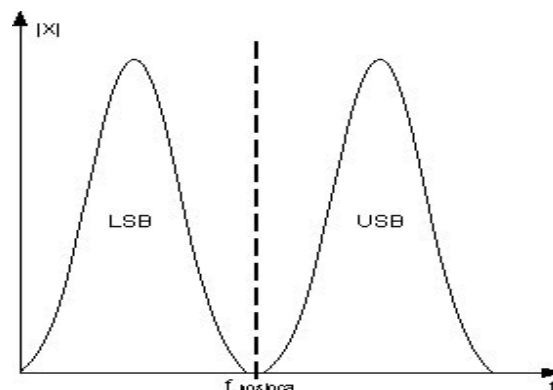
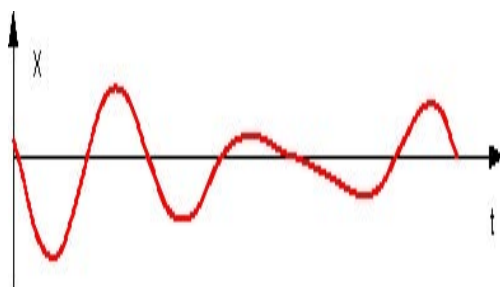
(signal)



(spektar)

Slika 4. Sinusoidalni signal $X = \sin(2\pi t)$ i njegov spektar

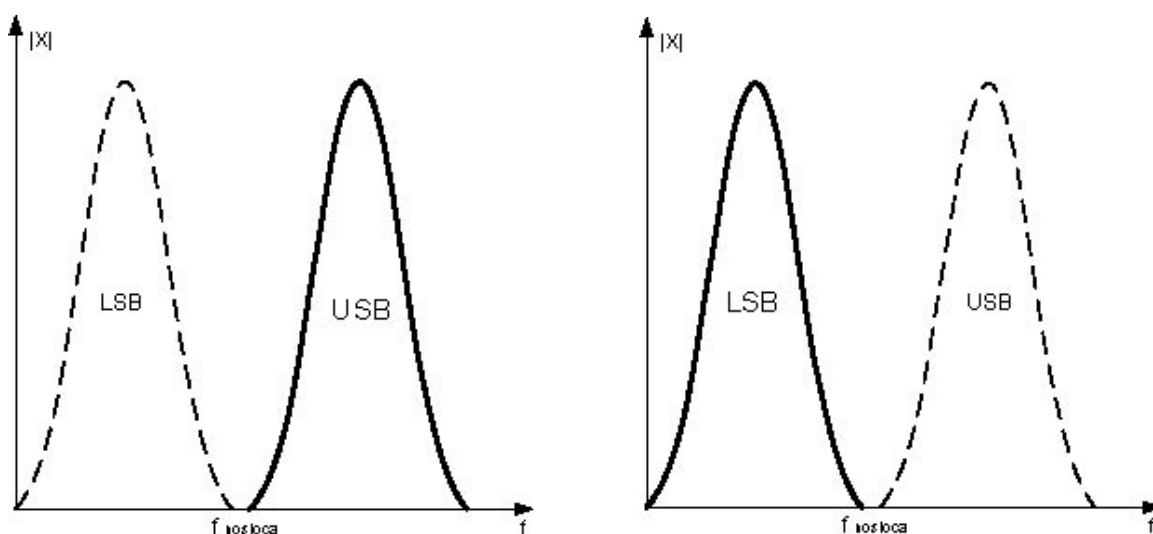
S druge strane, naš govor sadrži cijeli spektar frekvencija (kao što smo već rekli – od 300 Hz do 3 kHz). Pojas je tada skoro 3 kHz (točnije 2700 Hz). U svakom glasu su različite frekvencije različito zastupljene (nekih ima više, nekih manje). Zato svaki glas zvuči drugačije. Isto je i s instrumentima. U tom slučaju je spektar signala vrlo širok.



Slika 5. Govor i spektar govora moduliran amplitudnom modulacijom

Sada kada smo dobili spektar i kada znamo to grafički prikazati (kao na slici 5), pokušati ćemo što više snage iskoristiti na prijenos informacije. Za sada veliki dio snage gubimo na valu nosiocu, a i jedan bočni pojas je viška – jer kao što smo rekli, jedan bočni pojas je dovoljan da ispravno dobijemo informaciju. Slijedeće što možemo napraviti je potisnuti val nosioc. Takav signal naziva se DSB-SC (eng. *Double-Side Band – Suppressed Carrier*).

Ako sada iz našeg DSB signala izbacimo još i jedan bočni pojas, dobiti ćemo SSB signal.



Slika 6. LSB i USB

Običaj je radioamatera da koriste LSB na frekvencijama nižim od 10 MHz, a USB na frekvencijama 10 MHz i višim. Ovo je radioamaterski dogovor star mnogo godina, kojega se još uvijek svi pridržavaju. Korijene vuče iz činjenice da je izlaz iz većine mješača frekvencija 8.8 MHz ili 9 MHz. LSB signal je spektralno invertiran, dok USB signal nije. To znači da naš prijemnik LSB signal mora još i invertirati prije nego ga prenese do zvučnika. Kada to nebi napravio, naš glas iz primjera nebi bio prepoznatljiv iako bismo bili na dobroj frekvenciji.

Priredio: 9A8MM