

Osnove analognih modulacij

Anton Umek

1. Osnove analognih modulacij

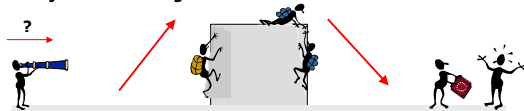
- Uvod: modulacija in demodulacija
- Vrste analognih modulacij
 - AM
 - PM
 - FM
- Primerjava spektrov analognih moduliranih signalov

DK-II A. Umek 2002

2

Kdaj uporabimo modulacijo ?

- Frekvenčni pas, ki ga zaseda signal informacijskega izvora imenujemo **osnovni frekvenčni pas**. Signali analognih in digitalnih izvorov imajo navzgor omejen frekvenčni spekter, spodnja mejna frekvenca pa je lahko tudi 0 Hz.
- Če želimo prenašati signale v njihovem osnovnem pasu, moramo imeti na razpolago **prenosni medij**, ki to omogoča !
- Kdaj potrebujemo modulacijo ?
 - Fizični medij ni primeren za prenos v osnovnem pasu
 - Več uporabnikov uporablja isti prenosni medij
- **Modulacija** je postopek prestavitve informacijskih signalov v izbrano **višjo frekvenčno lego**:



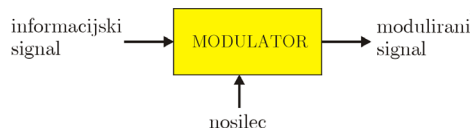
DK-II A. Umek 2002

3

Kaj je modulacija ?

Modulacija je postopek, pri katerem modulatorski (informacijski) signal spreminja lastnosti pomožnega signala (nosilca).

- **modulatorski signal** je signal ki nosi informacijo
- **nosilec** je pomožni signal harmonične oblike
- **modulirani signal** na izhodu modulatorja nosi vso informacijo signala na vohodu modulatorja
- **modulator** je gradnik (HW ali SW), ki izvaja modulacijo:



DK-II A. Umek 2002

4

Kaj je demodulacija ?

Demodulacija je obratni postopek modulaciji.

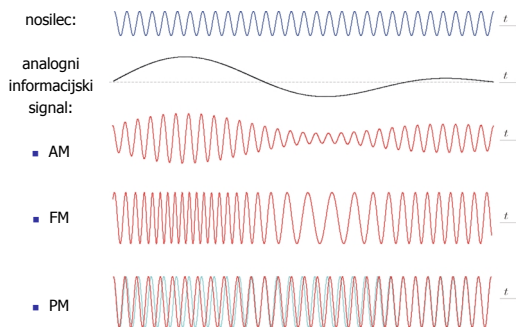
- **demodulator** je gradnik (HW ali SW), ki izvaja demodulacijo
- **demodulirani signal** v sprejemniku je v idealnem primeru enak modulatorskemu signalu v oddajniku.



DK-II A. Umek 2002

5

Zgledi moduliranih signalov: AM, FM in PM



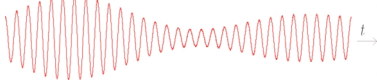
DK-II A. Umek 2002

6

Amplitudna modulacija - AM

- Amplituda nosilca je sorazmerna modulijskemu signalu
- Ločimo več vrst analognih AM, ki se razlikujejo po širini spektra in po zahtevnosti prenosne opreme
 - AM-DSB-LC (Double Side Band, Large Carrier): + enostavna demodulacija, - večina moči je namenjena prenosu nosilca,
 - AM-DSB-SC (Double Side Band, Suppressed Carrier)
 - AM-SSB (Single side band) + potrebuje najožji frekvenčni pas!
- AM ++ Frekvenčni pas, ki ga potrebujemo za prenos je pri AM najožji!
- AM -- Na kvaliteto zveze močno vplivata šum in nelinearno popačenje!

$$U_{AM}(t) = U_0 m(t) \cos(2\pi f_0 t)$$



DK-II A. Umek 2002

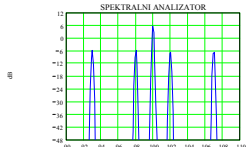
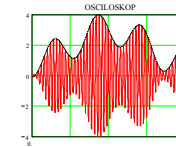
7

Spekter AM

dvobočni AM z nosilcem: AM-LC



zgled: $f_1=2, f_2=7, f_0=100$ [Hz, kHz, MHz]



DK-II A. Umek 2002

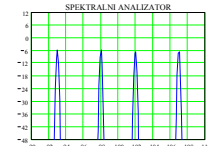
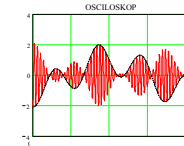
8

Spekter AM

dvobočni AM brez nosilca: AM-SC



zgled: $f_1=2, f_2=7, f_0=100$ [Hz, kHz, MHz]



DK-II A. Umek 2002

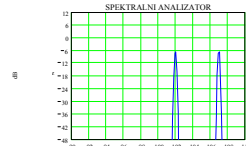
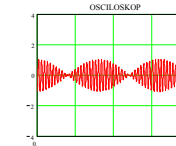
9

Spekter AM

enobočni AM : AM-SSB



zgled: $f_1=2, f_2=7, f_0=100$ [Hz, kHz, MHz]

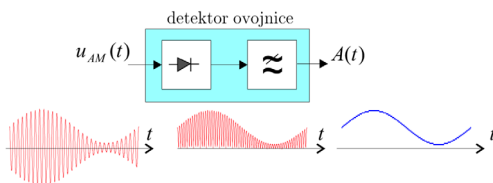


DK-II A. Umek 2002

10

Demodulacija AM signala

- demodulator za KAM



DK-II A. Umek 2002

11

Demodulacija AM signala

- demodulator za AM-LC (KAM), AM-SC in AM-SSB

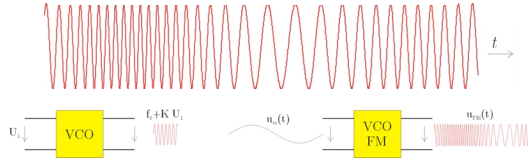
DK-II A. Umek 2002

12

Frekvenčna modulacija - FM

- Trenutna frekvenca FM signala je sorazmerna amplitudi informacijskega signala
- Amplituda FM signala se ne spreminja !
- FM signal ni občutljiv na nelinearna popačenja !

$$U_{FM}(t) = U_0 \cos(2\pi f_0 t + 2\pi \Delta f \int_0^t m(\tau) d\tau)$$



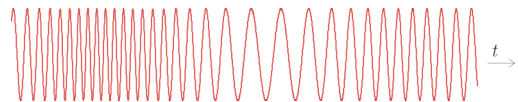
DK-II A. Umek 2002

13

Načrtovanje spektra FM

- Ločimo **širokopasovni FM** in **ozkopasovni FM**:
 - pri širokopasovnem FM so spremembe trenutne frekvence FM signala mnogo večje od frekvenc informacijskega signala, širino spektra FM določa maksimalna sprememba trenutne frekvence;
 - pri ozkopasovnem FM so spremembe trenutne frekvence FM signala manjše ali enake frekvencam informacijskega signala, širina spektra FM signala je primerljiva s pasovno širino informacijskega signala;
- Širokopasovni frekvenčno modulirani signal je mnogo manj občutljiv na amplitudne motnje kot amplitudno modulirani signal, cena za boljšo kvaliteto pa je povečana pasovna širina

$$U_{FM}(t) = U_0 \cos(2\pi f_0 t + 2\pi \Delta f \int_0^t m(\tau) d\tau)$$



DK-II A. Umek 2002

14

Analiza spektra FM

$$U_{FM}(t) = U_0 \cos(2\pi f_0 t + 2\pi \Delta f \int_0^t m(\tau) d\tau)$$

testni signal je sinusne oblike:

$$u_m(t) = U_m \cos \omega_m t$$

$$m(t) = \cos \omega_m t$$

$$\int m(t) dt = \frac{\sin \omega_m t}{\omega_m}$$

$$U_{FM}(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \beta \sin \omega_m t)$$

$$\beta = \frac{\Delta \omega}{\omega_m}$$

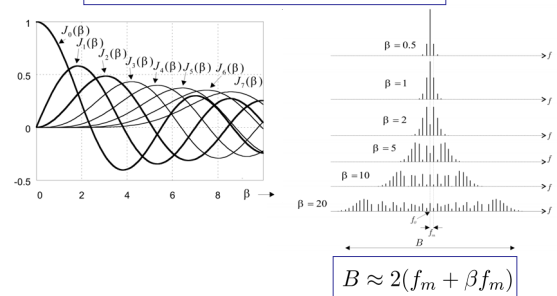
beta=modulacijski indeks

DK-II A. Umek 2002

15

Analiza spektra FM

$$U_{FM}(t) = A \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\beta) \cos(\omega_0 + n\omega_m)t$$



DK-II A. Umek 2002

16

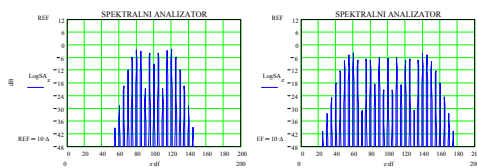
Spekter FM

Širokopasovni FM



Zgled 1: fm=5, beta=5, f0=100

Zgled 2: fm=5, beta=10, f0=100



DK-II A. Umek 2002

17

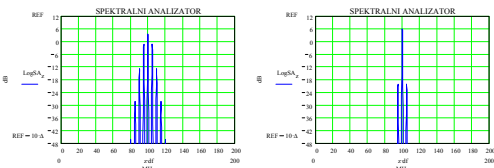
Spekter FM

ozkopasovni FM



Zgled 1: fm=5, beta=1, f0=100

Zgled 2: fm=5, beta=0.1, f0=100



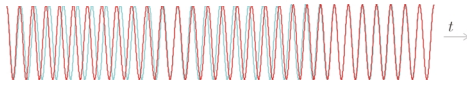
DK-II A. Umek 2002

18

Fazna modulacija - PM

- Trenutna faza PM signala je sorazmerna informacijskemu signalu
- Amplituda PM signala se ne spreminja !
- PM signal ni občutljiv na nelinearna popačenja !

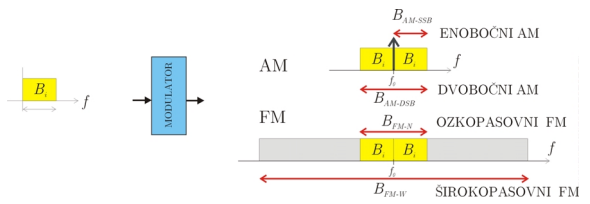
$$U_{PM}(t) = U_0 \cos(2\pi f_0 t + \Delta\phi m(t))$$



- Postopek fazne modulacije je zelo podoben postopku frekvenčne modulacije, spektra sta primerljiva, obstaja preprosta matematična povezava med signali:



Spektri analognih moduliranih signalov



- Širina spektra moduliranega signala določa potrebno frekvenčno širino prenosnega kanala !
- Pasovna širina moduliranega signala ne more biti manjša od pasovne širine modulatorskega signala !