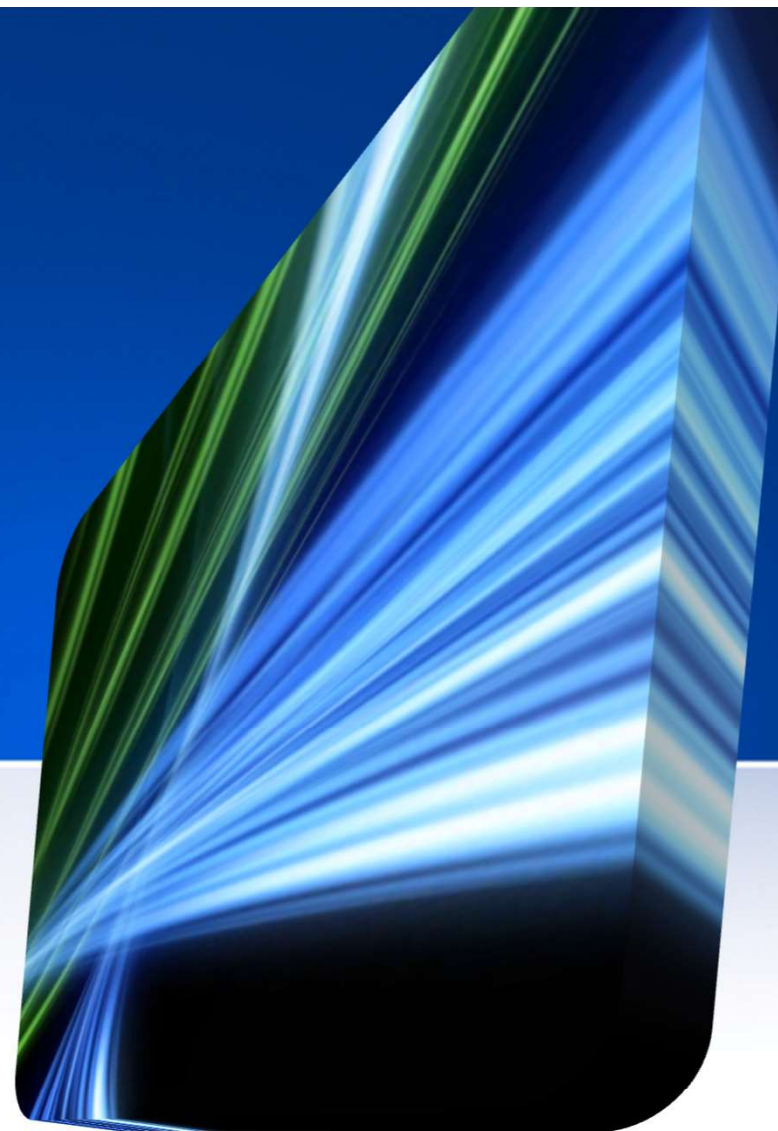


# **Základní parametry rádiových přijímačů a vysílačů**

**Doc. Dr. Ing. Pavel Kovář**



# Obsah

- Základní pojmy
- Nelineární soustava
- Vlastnosti rádiových přijímačů
  - Citlivost
  - Nejvyšší zpracovatelný signál
  - Dynamický rozsah
  - Selektivita a potlačení nežádoucích příjmů
  - Intermodulační odolnost
  - Parazitní vyzařování
- Rádiové vysílače

# Základní pojmy



## **Rádiová přijímač**

Elektronické zařízení, které přijímá rádiové signály a získává přenášenou informaci v nich obsaženou

## **Rádiový vysílač**

Elektronické zařízení, které generuje rádiové signály o výkonové úrovni vhodné pro vysílání a kóduje do nich informaci určenou k rádiovému přenosu

## **Transceiver**

Zařízení skládající se z rádiového přijímače a vysílače

## **Radiomodem**

Zařízení skládající se z rádiového přijímače, vysílače a modulátoru určené pro přenos dat

# Nelineární soustava



$$y(t) = a_0 + a_1 x(t) + a_2 x^2(t) + a_3 x^3(t) \dots$$

Průchod harmonického signálu nelineární soustavou

$$\begin{aligned} y(t) &= a_0 + a_1 A \cos(\omega t) + a_2 \cos^2(\omega t) + a_3 \cos^3(\omega t) + \dots = \\ &= a'_0 + a'_1 \cos(\omega t) + a'_2 \cos(2\omega t) + a'_3 \cos(3\omega t) + \dots \end{aligned}$$

Na výstupu dostáváme periodický signál, není však harmonický.  
Je zkreslen vyššími harmonickými složkami.

# Průchod biharmonického signálu nelineární soustavou

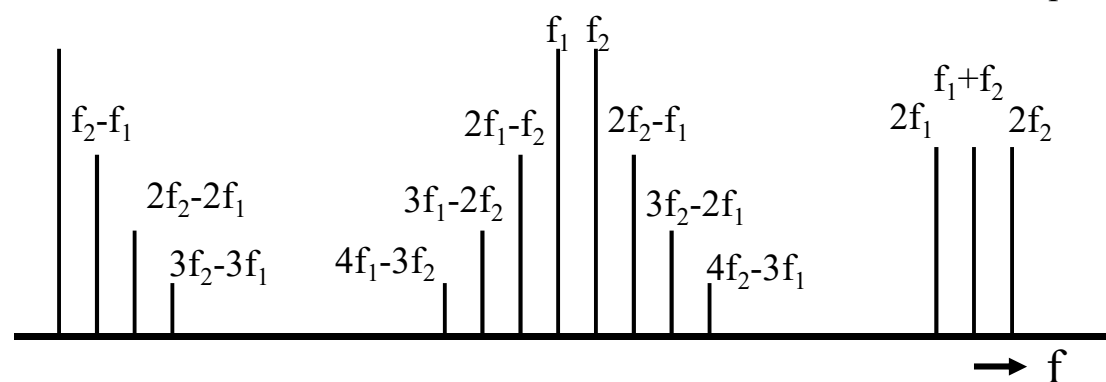
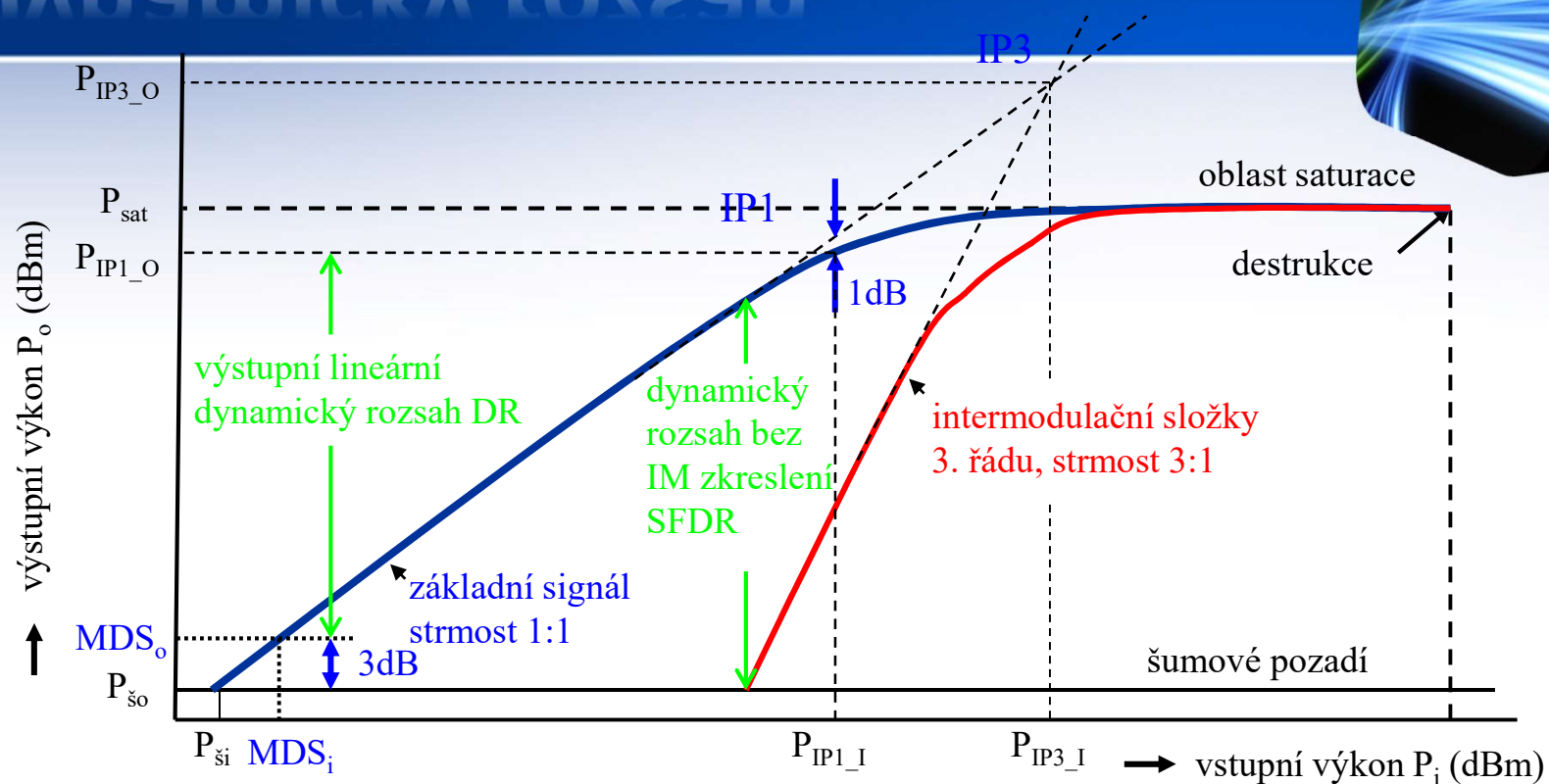


$$\begin{aligned} y(t) &= a_0 + a_1 (A_1 \cos(\omega_1 t) + A_2 \cos(\omega_2 t)) + \\ &+ a_2 (A_1 \cos(\omega_1 t) + A_2 \cos(\omega_2 t))^2 + a_3 (A_1 \cos(\omega_1 t) + A_2 \cos(\omega_2 t))^3 + \dots = \\ &= a_0 + a_1 A_1 \cos(\omega_1 t) + a_1 A_2 \cos(\omega_2 t) + \frac{a_2 A_1}{2} (1 + \cos(2\omega_1 t)) + \\ &+ \frac{a_2 A_2}{2} (1 + \cos(2\omega_2 t)) + a_2 A_1 A_2 (\cos((\omega_1 - \omega_2)t) + \cos((\omega_1 + \omega_2)t)) + \\ &+ \dots \frac{a_3 A_1 A_2^2}{2} \cos(\omega_1 t) \dots \end{aligned}$$

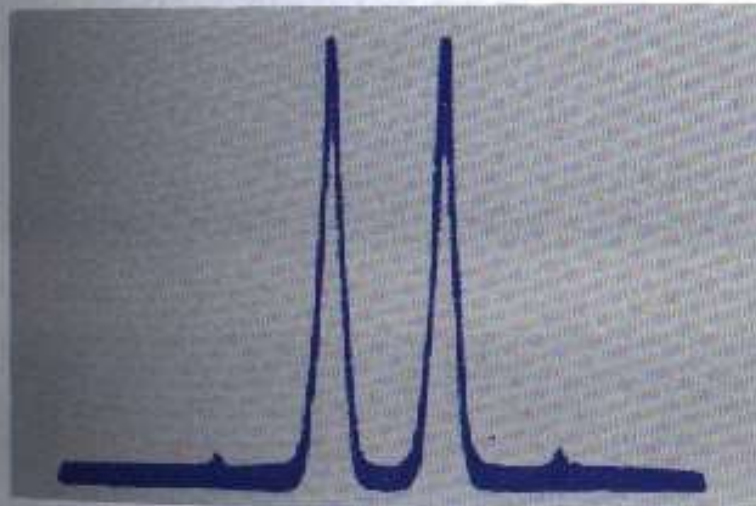
Spektrum výstupního signálu obsahuje složky na kmitočtech  $m\omega_1 \pm n\omega_2$ , kde  $m, n \in \mathbb{Z}$ . Velikost spektrálních čar souvisí s velikostí budících signálů **nelineárně**. Jev se nazývá **intermodulace**.

Ve vztahu se vyskytují i členy typu  $\frac{a_3 A_1 A_2^2}{2} \cos(\omega_1 t)$ . Jedná se o složku, která leží na kmitočtu  $\omega_1$ , její amplituda souvisí s  $A_1$  a  $A_2$ . Přítomností této složky lze vysvětlit **křížovou modulaci**.

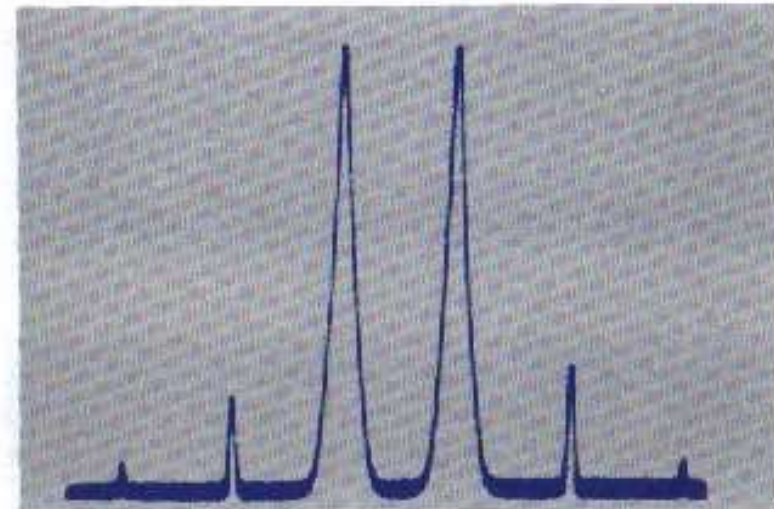
# Dynamický rozsah







a) RF-10dBm



b) RF 0dBm

For meaningful two-tone, third-order IM figures, use the same input RF levels in your test setup as your specific application will require.

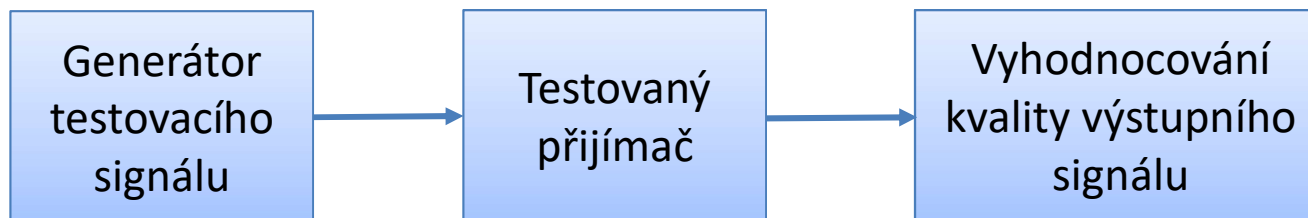
Notice the significant difference in two-tone, third-order component with an input level of  $-10\text{dBm}$  for each tone (a) compared with  $0\text{ dBm}$  input level (b). Measurements made on Model ZAY-1, LO power at  $+21.5\text{ dBm}$ .

# Parametry rádiových přijímačů



## Citlivost (sensitivity)

- Nejmenší úroveň signálu na vstupu, která produkuje výstupní signál dané kvality.
- Kvalita výstup se měří
  - pomoci BER nebo PER (packet error rate) u digitálních přijímačů
  - S/N, SINAD apod. u analogových přijímačů



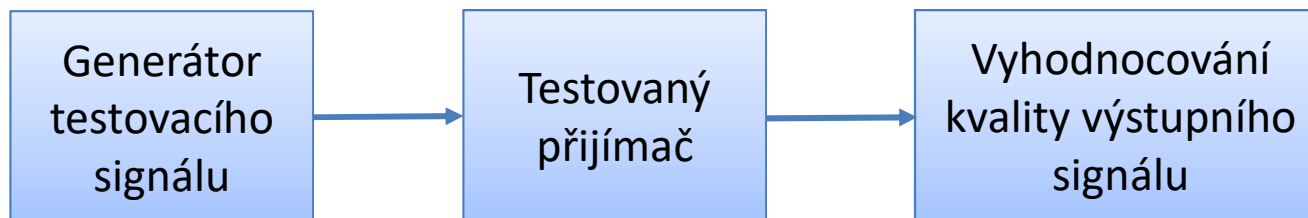


# Parametry rádiových přijímačů



## Nejvyšší zpracovatelný signál

- Nejvyšší úroveň signálu na vstupu, která produkuje výstupní signál dané kvality.
- Je omezena nelineárním zkreslením signálu v přijímači



# Parametry rádiových přijímačů



## **Dynamický rozsah**

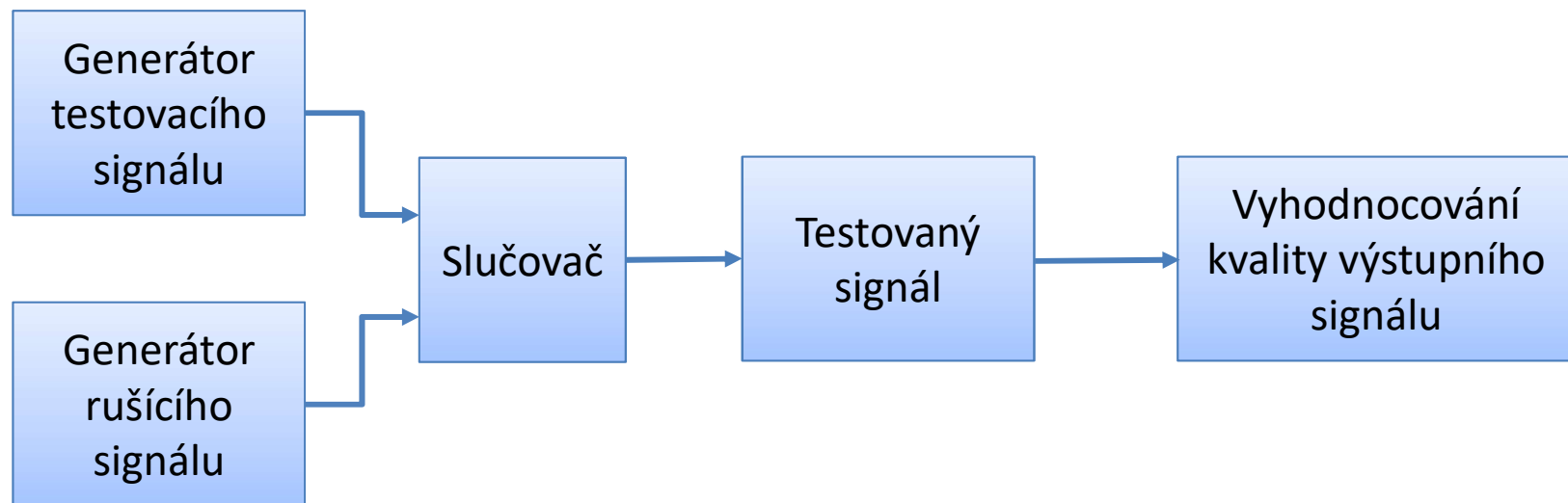
- Rozsah úrovní vstupního signálu, které produkují výstupní signál o patřičné kvalitě

# Parametry rádiových přijímačů



## Selektivita (selectivity, radio receiver blocking)

- Vyjadřuje schopnost přijímače přijímat a dekódovat signál za přítomnosti rušícího signálu na sousedních (*blízká selektivita*) a vzdálenějších (*potlačení nežádoucích příjmů*) kmitočtech
- Vyjadřuje se jako poměr výkonů rušivého a testovacího signálu

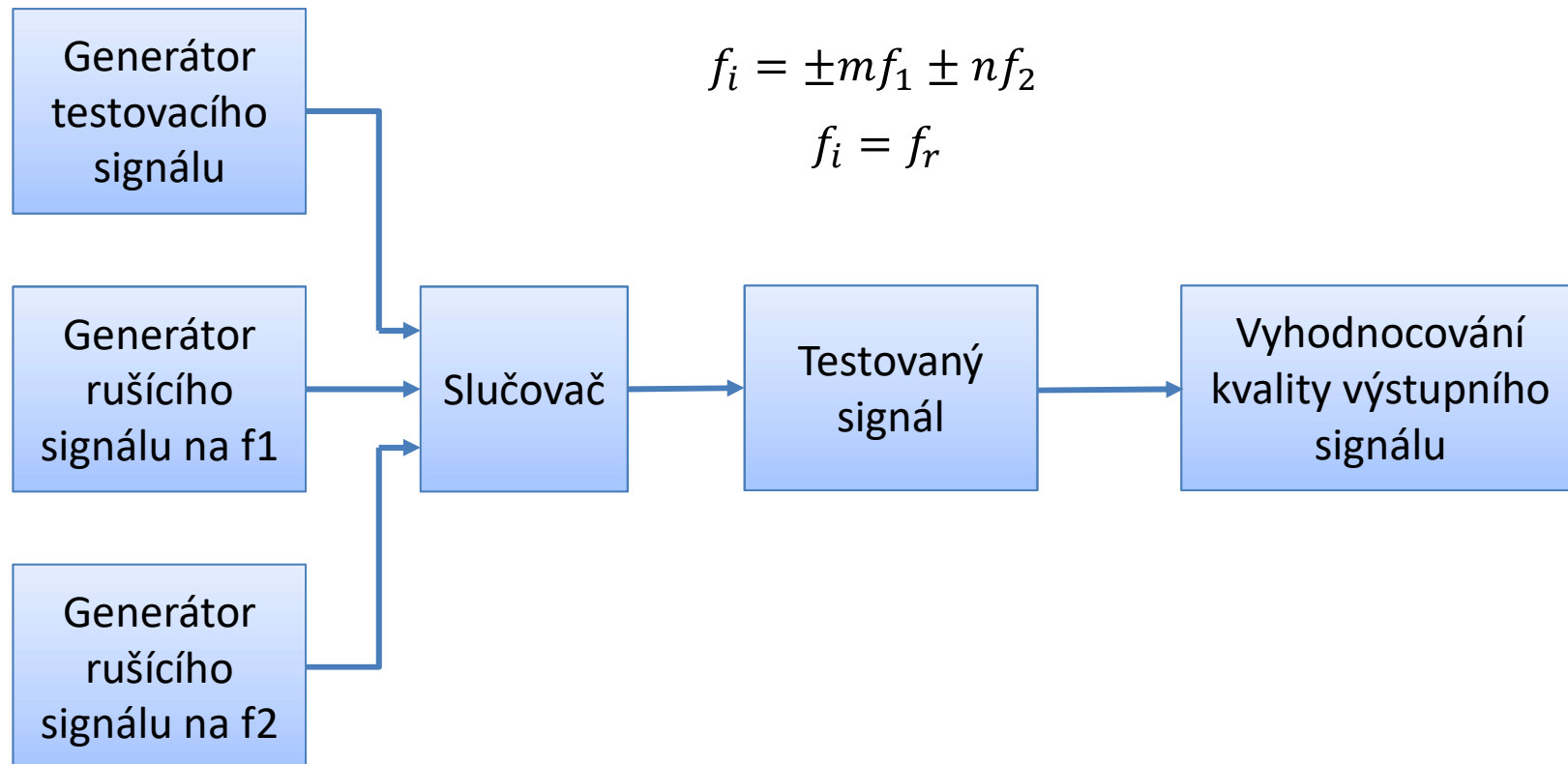


# Parametry rádiových přijímačů



## Intermodulační odolnost

- Vyjadřuje schopnost přijímače přijímat a dekódovat signál za přítomnosti dvou rušících signálů o takových kmitočtech, že jejich intermodulační produkt padne po propustného pásma přijímače

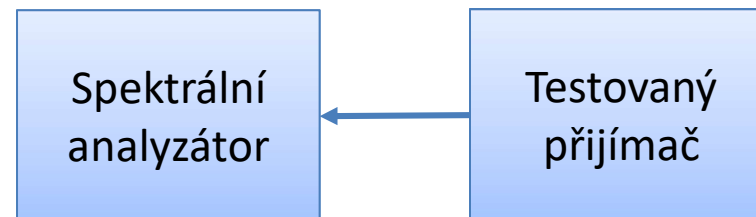


# Parametry rádiových přijímačů



## Parazitní vyzařování (Spurious emission)

- Vyzařování signálu prostřednictvím anténního konektoru



# Parametry rádiových přijímačů

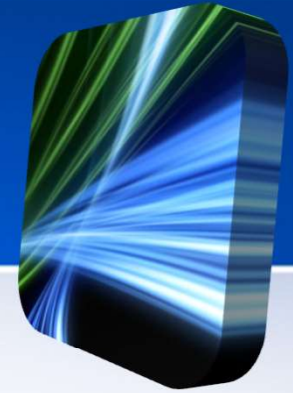


## Vnitřní rušení (Spurious emission)

- Rušení rádiového přijímače, které vzniká v samotném přijímači. Jedná se o signály místních oscilátorů, vzorkovací signál, hodinové signály a jejich harmonické kmitočty. Tyto signály mohou pronikat do vysokofrekvenčních a mezifrekvenčních obvodů přijímače.

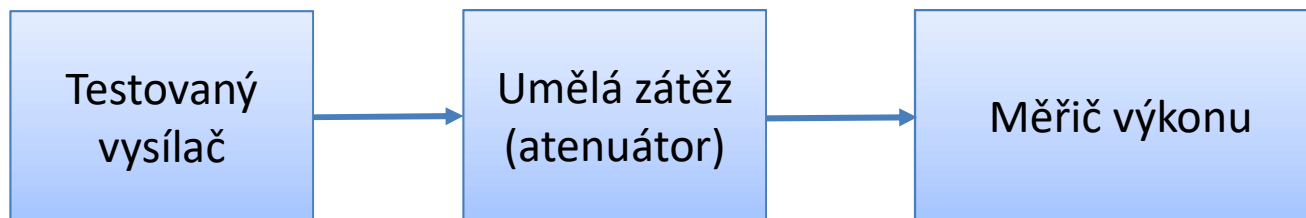


# Rádiové vysílače



## Výkon vysílače

- Výkon měřený na umělé zátěži (obvykle  $50\ \Omega$ )



# Rádiové vysílače



## Vyzářený výkon vysílače

- Skutečný výkon dodaný do antény



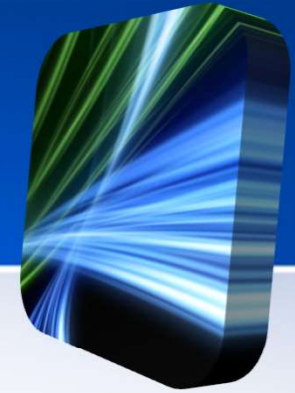
# Rádiové vysílače



Účinnost vysílače

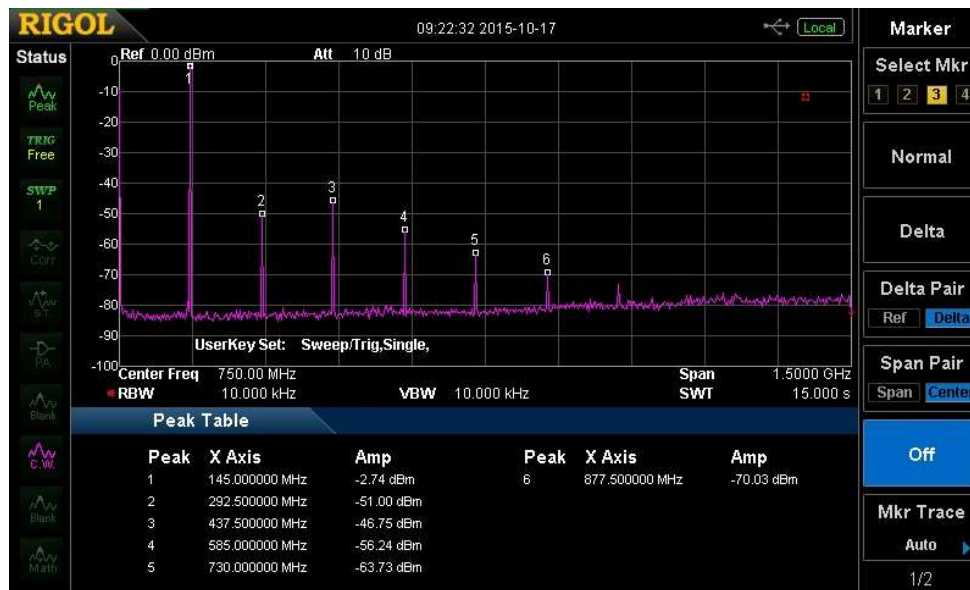
$$\eta = \frac{\text{Příkon}}{\text{Výkon vysílače}}$$

# Rádiové vysílače

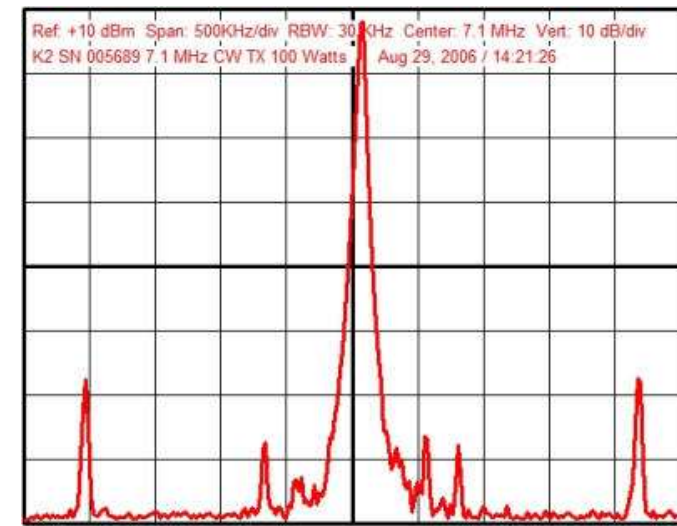


## Parazitní vyzařování

- Harmonické produkty
- Neharmonické produkty



Harmonické produkty



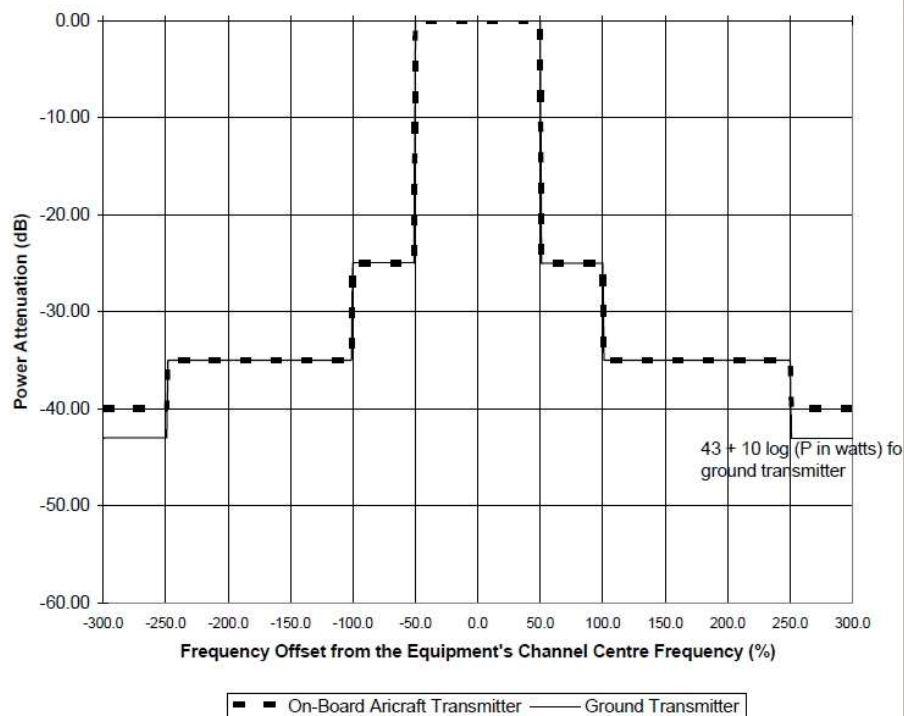
Neharmonické produkty

# Rádiové vysílače

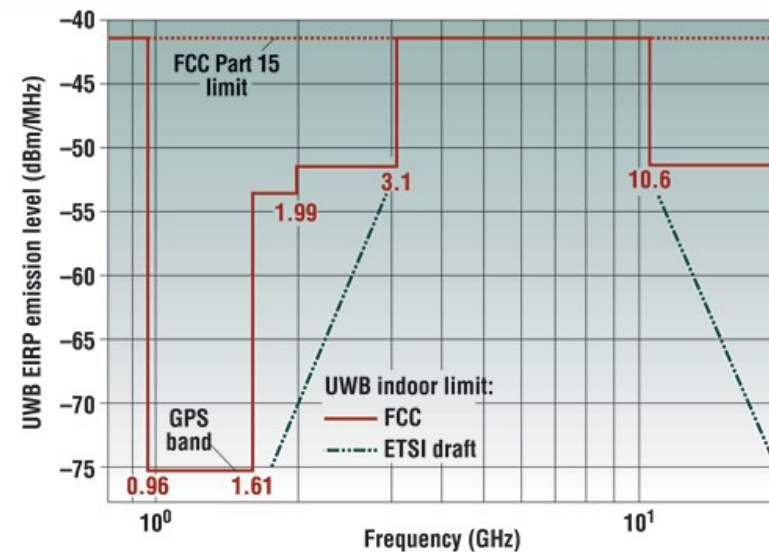


## Spektrální maska

- Definuje požadavky na spektrum signálu vysílače



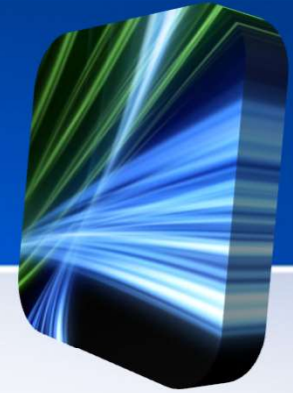
HFDL



EIRP Effective isotropic radiated power  
ETSI European Telecommunications Standards Institute  
FCC US Federal Communications Commission  
GPS Global Positioning System  
UWB Ultrawideband

UWB

# Rádiové vysílače



**Odchylka kmitočtu vysílače, frekvenční stabilita (frequency stability)**

**Spektrální čistota nosného kmitočtu**

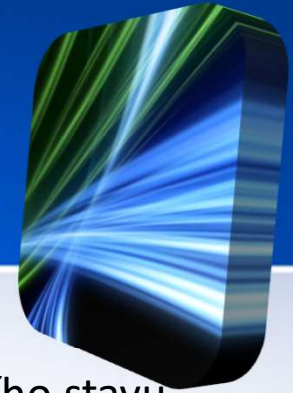
**Modulační ztráty**

**EVM Error Vector Magnitude**

**MER Modulation Error Ration**



# Rádiové vysílače



## EVM Error vector magnitude

- Vyjadřuje odchylky stavů modulace reálného vysílaného signálu od ideálního stavu

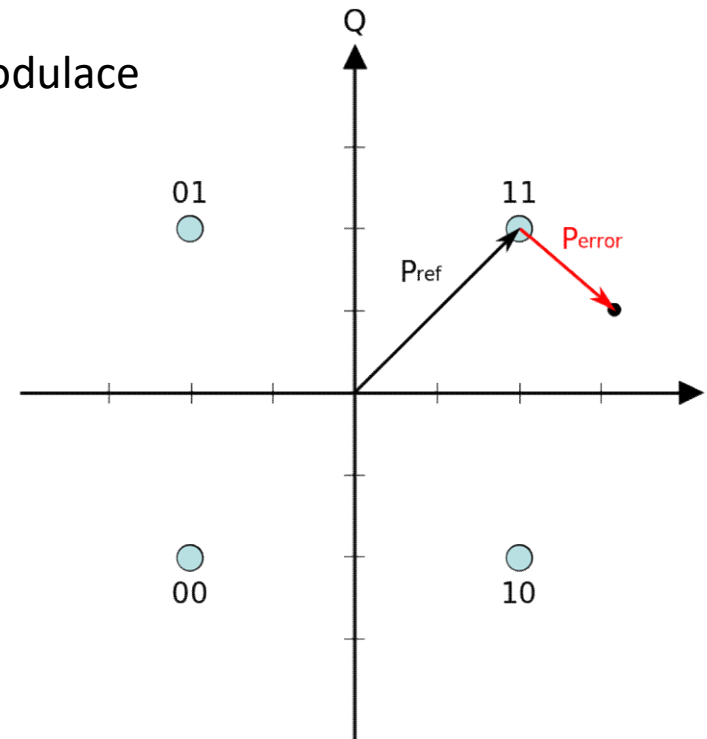
$$EVM[dB] = 10\log\left(\frac{P_{error}}{P_{reference}}\right)$$

$P_{reference}$

výkon nejvzdálenějšího stavu modulace

$P_{error}$

výkon chybového signálu



# Rádiové vysílače



## MER Modulation Error Ration

- Vyjadřuje odchylky stavů modulace reálného vysílaného signálu od ideálního stavu

$$MER[dB] = 10\log\left(\frac{P_{signal}}{P_{error}}\right)$$

$P_{signal}$  výkon ideálního vysílaného signálu

$P_{error}$  výkon chybového signálu