

Výkon komunik. systémů

Tyto slajdy vznikly jako podklady k přednáškám v průběhu mého aktivního působení na Katedře radioelektroniky Českého vysokého učení technického v Praze. Souvisí s problematikou **radiotechniky a vysokofrekvenční a měřicí techniky**. Domnívám se, že mohou být doplňkovým zdrojem informací studentům a technikům i všem ostatním zájemcům o tuto problematiku.

<http://www.radio.feld.cvut.cz>

Měření výkonu

Základní výkonové veličiny

$$P = \frac{1}{nT_0} \int_0^{nT_0} U_p \sin(2\pi f_0 t) \cdot I_p \sin(2\pi f_0 t + \varphi) dt$$

T_0 je perioda harmonického signálu

U_p, I_p jsou amplitudy napětí a proudu

α je fázový posuv mezi proudem a napětím

n je počet period harmonického signálu

Měření výkonu

Základní výkonové veličiny

$$U_p = \sqrt{2}U_{ef}$$

$$P = \frac{U_{ef}^2}{R}$$

$$I_p = \sqrt{2}I_{ef}$$

$$P = U_{ef} \cdot I_{ef} \cdot \cos \varphi$$

Střední výkon

Average power

$$P_{avg} = \frac{1}{nT} \int_0^{nT} u(t) \cdot i(t) dt$$

*Odpovídá výkonu měřenému
teplotními senzory*

C Činitel výkyvu -Crest factor

-

$$C = \frac{U_p}{U_{rms}}$$

*Poměr špičkové hodnoty napětí k
efektivní hodnotě napětí*

Obálkový výkon signálu $P_e(t)$

Envelope power

***Definován jako okamžitý výkon
za dobu periody nosné vlny***

**Mění se v čase v závislosti na
časových změnách obálky**

Špičkový obálkový výkon PEP

Peak envelope power

Výkon v modulačním maximu integrovaný přes periodu nosného signálu.

Maximální hodnota výkonu obálky

$P_e(t)$

amplitudová modulace

$$\mathbf{PEP} = P_c \left(\frac{m}{100} + 1 \right)^2 \quad [\text{W}]$$

pulsní modulace

$$\mathbf{PEP} = \frac{P_{\text{avg}}}{\tau} \cdot T$$

EPF - Envelope peak factor

$$EPF = \frac{PEP}{P_{avg}}$$

Poměr špičkového obálkového výkonu ke střednímu výkonu signálu.

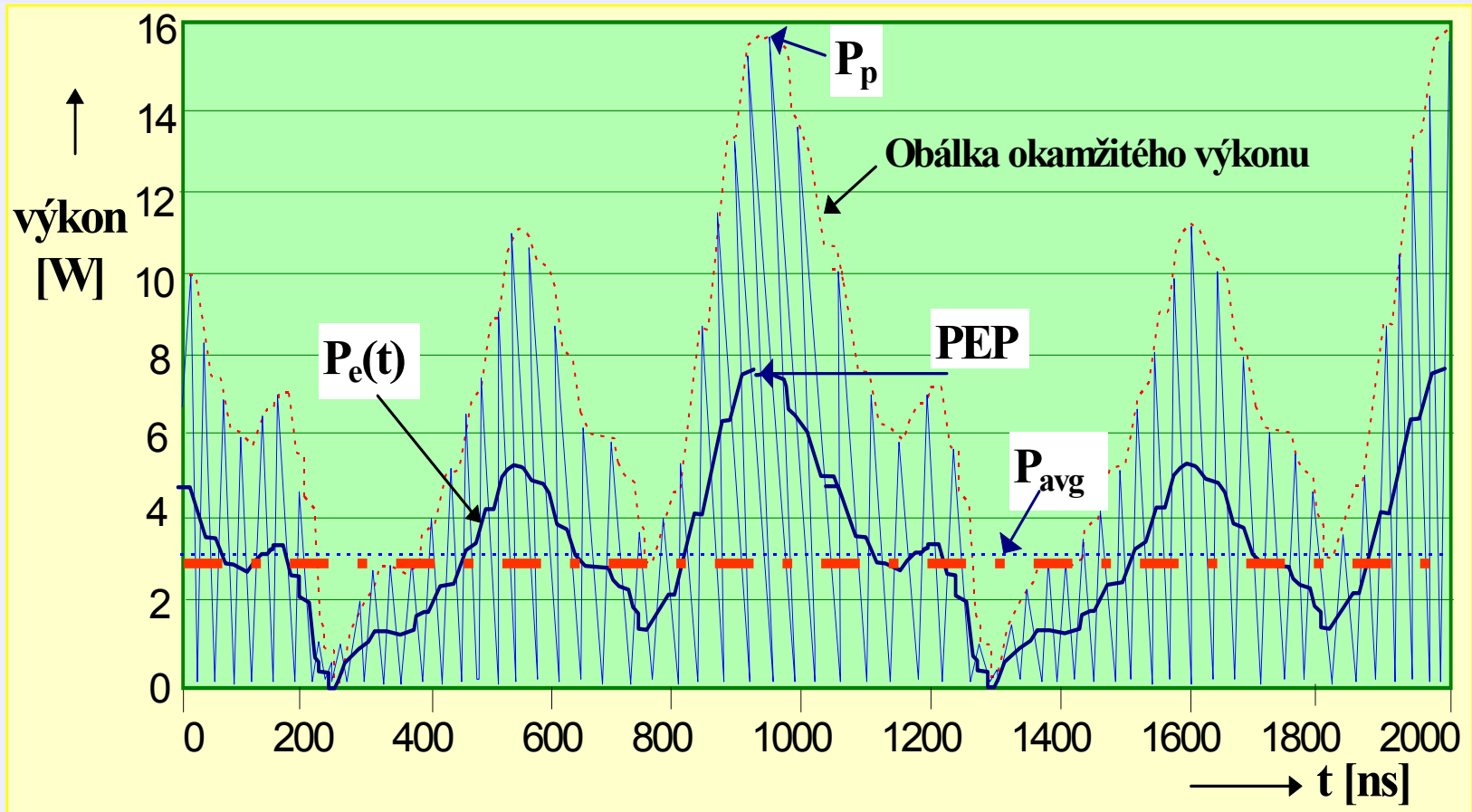
IPF

Instantaneous peak-power factor

$$\text{IPF} = \frac{P_p}{P_{av}}$$

Poměr okamžitého špičkového výkonu ke střednímu výkonu signálu.

Výkon digitálně modulovaných signálů

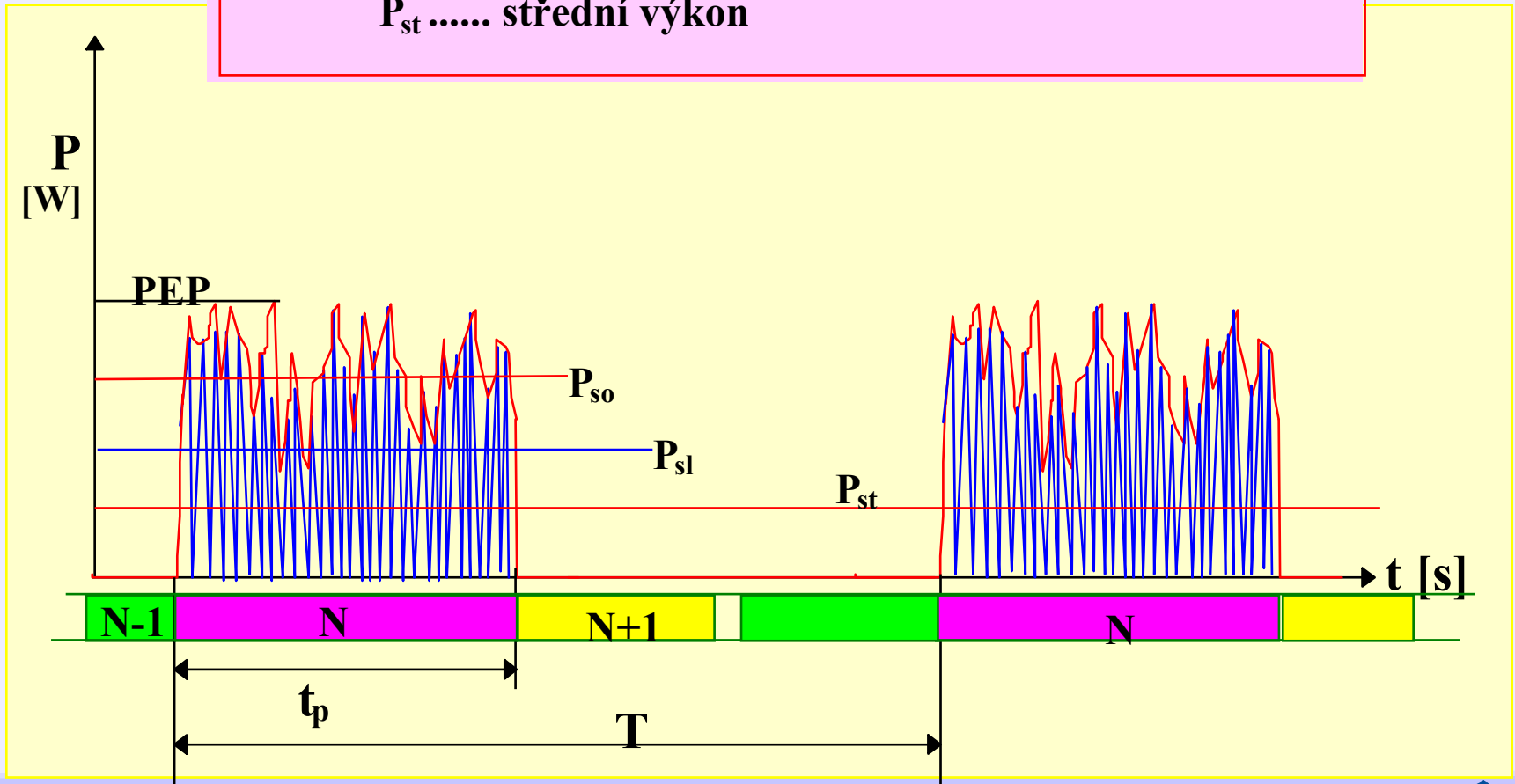


PEP... špičkový výkon obálky

P_{so} střední výkon obálky

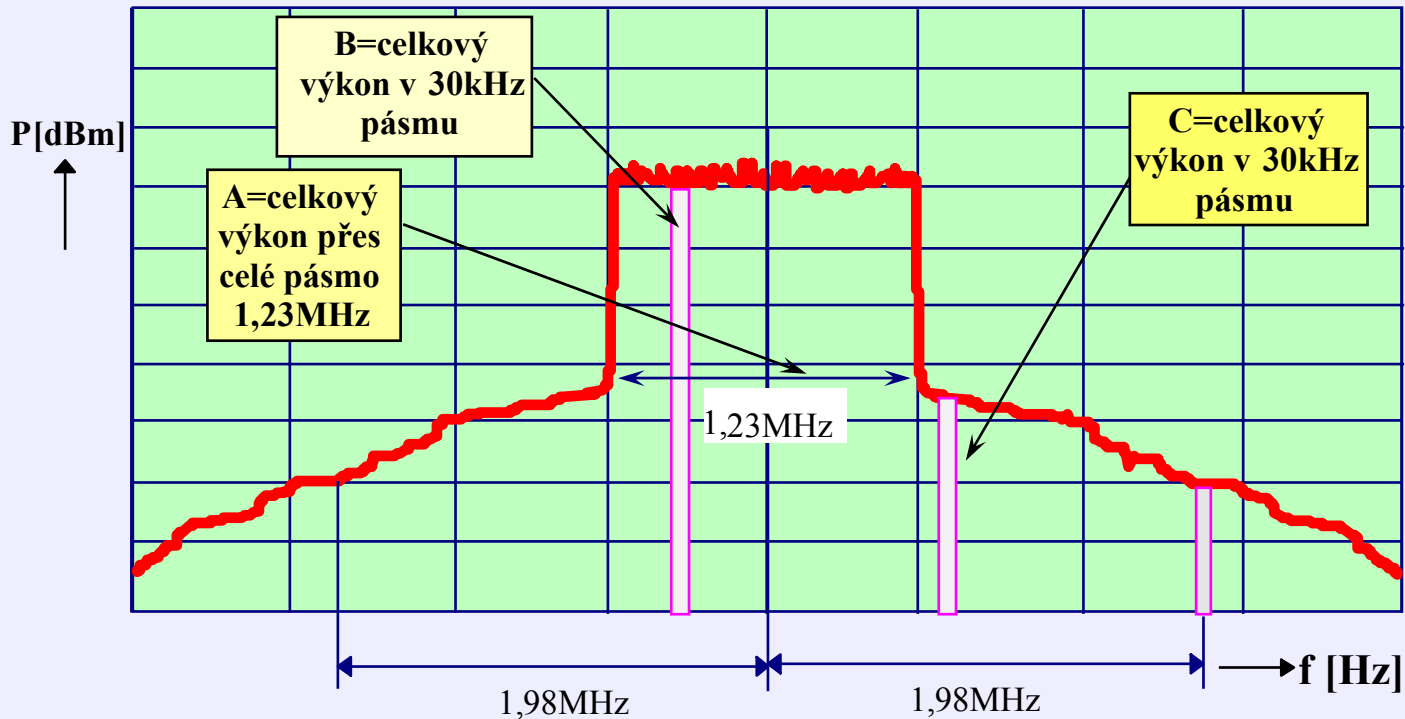
P_{sl} střední výkon signálu časového slotu

P_{st} střední výkon



Výkon ve vedlejším kanálu ACPR

(adjacent channel power ratio)



Poměr výkonu ve stanovené části pásma a přilehlého kanálu (obvykle 30 kHz) k celkovému střednímu výkonu měřeného kanálu

Sig. anal.-podmínky pro měření výkonu

- ➔ Analyzátor musí používat *vzorkovací detektor* (signál se podobá bílému šumu), jiný detektor by zkresloval výsledky
- ➔ Šířka pásma RBW filtru nemá být menší než 1% a větší než 4% šířky pásma kanálu. (1,2 až 3,6 šířky stopy obrazového bodu)
- ➔ Šířka pásma videofiltru 3-10 krát větší než šířka pásma RBW filtru (vede k chybám průměrování logaritmických hodnot za log. zesilovačem)
- ➔ Průměrování stopy (klidnější a stabilnější obraz) má stejný vliv jako zmenšení šířky pásma videofiltru

Signálové analyzátoři-měření

výkonu

$$P = \frac{B_s}{B_n} \cdot \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N P_i$$

P = výkon v kanálu [W]

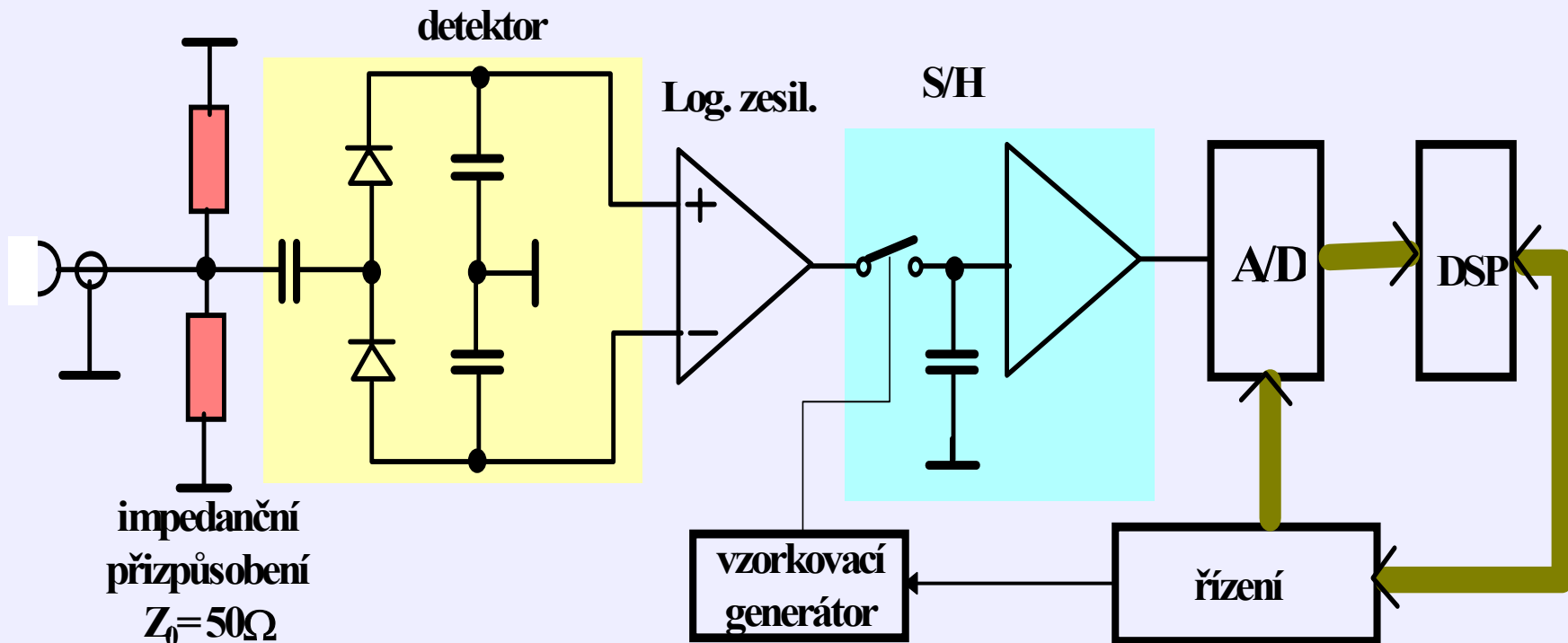
B_s = šířka pásma kanálu [Hz]

B_n = ekvivalentní šumová šířka pásma RBW filtru

P_i = výkon reprezentovaný jedním bodem [W]

N = počet měřících bodů

Analyzátor špičkového výkonu



NRV-Z31 → 1 W až 20mW, 30MHz až 6GHz

NRT-Z43, 44 → 0,3mW až 2kW, 200kHz až 4GHz

Aplikace detektorů

| měření | detektor | průměrování log /lin /výkon | video BW | zobrazení |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------|---------------|
| výkon v kanálu digit. moduací | RMS | výkon | ne VBW=3.RBW | výkonu RMS |
| rušení | špičkový | log. | ano | log. výkon |
| RF spektrum | střední hodnota | log. | ne VBW=3.RBW | log. výkon |
| výkon soused. kanálu | střední hodnota | výkon | ne VBW=3.RBW | výkonu RMS |
| RF obálka náběž. / sestup. | vzorkovací | lin. | ne VBW=3.RBW | napětí |
| fázový šum | špičkový vzorkovací | výkon | ne VBW=3.RBW | výkonu RMS |

Digitální komunikační systémy

| Komunik. systém | Charakteristika kom.systému | Modulace | Frekvenční pásmo | Rozsah výkonu | Obálka Výkon | Metoda |
|---------------------------------|---|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------------------------|-----------------------|
| GSM900 GSM1800 | radiotelefonní buňkové systémy | GMSK 1625/8kb/ s TDMA | 890 až 1880MHz | 0,03 až 20W | konstantní střední slotu | SAF300 SAČ DSTR |
| TETRA | hromadné radiotelefonní sítě-EU stand. | $\pi/4$ -DQSK 36kbit/s TDMA | definováno místně ČR-410MHz | 0,6 až40W | komplexní střední | SAF30 DRNS |
| DAMPS | radiotelefonní buňkové systémy | $\pi/4$ -DQSK TDMA | 896 až 1989 MHz | 20W | komplexní střední kanálu | SHT SAČ DSTR |
| MATRACOM 9600 | hromadné rádiové sítě | GMSK FDMA | definováno místně 382-395 MHz | 1 až 25 W | konstantní střední BW 10 kHz | SAF30 DSTR SHT |

SAF- spektrální -signálový analyzátor ve frekvenční doméně (rozlišovací filtr BW)

SAŠ- spektrální -signálový analyzátor v časové doméně

SHT- wattmetr pracující na tepelném principu

DRMS- wattmetr s diodovým senzorem měřícím efektivní hodnotu

DSTR- wattmetr s diodovým senzorem měřícím střední hodnotu

Digitální komunikační systémy

| Komunik. systém | Charakteristika kom.systému | Modulace | Frekvenční pásmo | Rozsah výkonu | Obálka Výkon | Metoda |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------|------------------|---------------|-------------------------------------|----------------------|
| Air Loop | rádiové sítě | QPSK CDMA SS | 3,5 GHz | 20W | komplexní střední BW 5 MHz | SAF30 SHT DRMS |
| AIRSPAN | pevné rádiové sítě | QPSK CDMA SS | 2 až 2,5GHz | do 1 W | komplexní střední BW 3,5 MHz | SAF30 SHT DRMS |
| DVB-T | distribuce TV a rozhlas. Programů | QPSK QAM OFDM | 174 až 862 MHz | desítky kW | komplexní střední BW 7,61 MHz | SAF30 SHT DRMS |
| T-DAB | distribuce rozhlasových programů | DQPSK OFDM | 223-230 MHz | desítky kW | komplexní střední BW 1,5 MHz | SAF30 SHT DRMS |

SAF- spektrální -signálový analyzátor ve frekvenční doméně (rozlišovací filtr BW)

SAŠ- spektrální -signálový analyzátor v časové doméně

SHT- wattmetr pracující na tepelném principu

DRMS- wattmetr s diodovým senzorem měřícím efektivní hodnotu

DSTR- wattmetr s diodovým senzorem měřícím střední hodnotu

Digitální komunikační systémy

| Komunik. systém | Charakteristika kom.systému | Modulace | Frekvenční pásmo | Rozsah výkonu | Obálka Výkon | Metoda |
|------------------|---|---------------|------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Bluetooth | komunikační systém malých síťových struktur | GFSK FH-SS | 2400-2480,5 MHz | třída I 0dBm třídall +20dBm | konstantní střední | SHT DSTR |
| ERMES | rádiový paging | 4PAM/FM | ≈196 MHz | 200 W | konstantní střední | SAF SHT DRMS |

SAF- spektrální -signálový analyzátor ve frekvenční doméně (rozlišovací filtr BW)

SAŠ- spektrální -signálový analyzátor v časové doméně

SHT- wattmetr pracující na tepelném principu

DRMS- wattmetr s diodovým senzorem měřícím efektivní hodnotu

DSTR- wattmetr s diodovým senzorem měřícím střední hodnotu