



# Příjem analogového a digitálního televizního satelitního vysílání

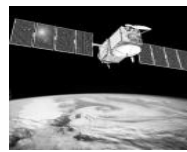
Prof. Ing. Václav Říčný, CSc.

Současná televizní technika a videotechnika  
kurz U3V

## Program semináře a cvičení

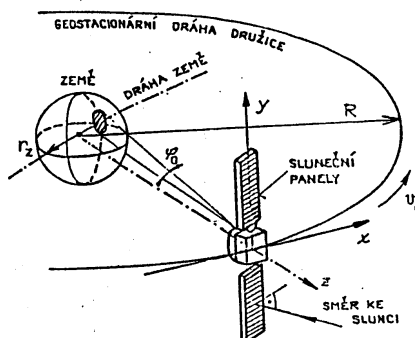
- Družice (satelit), GEO (geostacionární) orbita - vlastnosti.
- Skladba GEO komunikace – pozemský a kosmický sektor.
- Vyzařovací diagramy družic - znázornění.
- Skladba družicového přijímače – anténa, poziconér, LNB blok, polarizér, vnitřní jednotka.
- Analogový satelitní přijímač a digitální set-top box DVB-S s modulem Cryptoworks na paket Czechlink (ukázka).

## Přijem analogového a digitálního (DVB-S) televizního satelitního vysílání



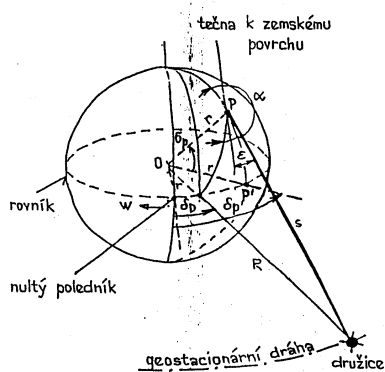
Tyto družice jsou umístěny na geostacionární dráze v rovině rovníku ve výšce cca  $R = 36\,000$  km ve které se při tečné rychlosti  $v_d =$  cca 3 km/s vyrovnává síla zemské přitažlivosti a odstředivá síla družice. Doba oběhu družice je 24 hodin, takže pozorovateli na zemském povrchu se jeví ve stále poloze. Poloha družice musí být stabilizována ve třech směrech pomocí malých raketových motorů s přesností  $\pm 0,1^\circ$  vzhledem k poloze Slunce.

Palivo pro tyto motory tvoří až 80% hmotnosti družice a spolu se solárními články, které v současné době představují hlavní zdroj energie družice, omezují její životnost (dnes cca 10 let). Na družici je umístěna řada tzv. transponderů (vysílačů), které prostřednictvím směrových (obvykle parabolických) antén vysílá s signál na zvolenou část zemského povrchu (teoreticky by bylo možno pokrýt celý povrch Země signály tří družic rozmítnutých na dráze po  $120^\circ$ ). Vzhledem k velké vzdálenosti družice od Země je vysílaný výkon signálu šířením tlumen více jak  $10^{20}$  krát !!!



Protože výkon transponderů družice je omezen (stovky W), je třeba toto zmenšení nahradit velkým ziskem vysílacích a přijímacích směrových antén.

### Prostorová geometrie družicového vysílání



- $\delta_D, \delta_P$  ... zeměpisné délky družice, přijímače
- $\sigma_P$  ... zeměpisná šířka přijímače
- $\alpha$  ... azimut osy přijímací antény
- $\epsilon$  ... elevační úhel osy přijímací antény

$$\alpha = 180 + \arcsin \frac{\sin(\delta_P - \delta_D)}{\sqrt{1 - \cos^2 \delta_P \cos^2(\delta_P - \delta_D)}}$$

$$\epsilon = \arctg \left[ \left( \cos \beta - \frac{r_z}{r_z + R} \right) \cdot \frac{1}{\sin \beta} \right],$$

$$\text{kde } \beta = \arccos [\cos \sigma_P \cdot \cos(\delta_P - \delta_D)]$$

Pomocí uvedených vztahů je možno pro známé zeměpisné souřadnice přijímače a známou polohu družice vypočítat údaje potřebné pro nastavení osy přijímací antény: azimut  $\alpha$  a elevační úhel  $\epsilon$ .

Úspěšně je možno přijímat signál z družic, pro něž vychází elevační úhel  $\epsilon > 20^\circ$ . Pro menší elevace je signál dále zmenšen a degradován příliš dlouhou drahou v atmosféře.

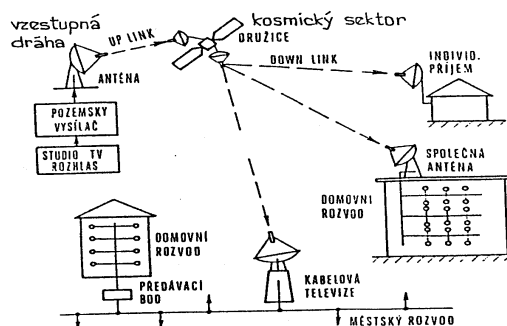
## Skladba geostacionární komunikace – pojmy

### Pozemský sektor

- a) vysílací a řídicí pozemní středisko vysílá TV, rozhlasové, telefonní, datové a telemetrické signály po vzestupné dráze (tzv. up link) ke družici v různých kmitočtových pásmech.
- b) přijímací část řídicího střediska přijímá tytéž signály vyslané družicí po sestupné dráze (up link) v jiných kmitočtových pásmech dle tabulky. Do této kategorie patří i všechny individuální a skupinové přijímače v oblasti pokryté signálem družice.

### Kosmický sektor

tvoří vlastní družice s technologickým vybavením - pracovní a záložní transpondéry, přijímače všech signálů vysílaných z řídicího střediska, přijímací a vysílací směrové a telemetricky ovládané antény, napájecí zdroje, (solární články, příp. palivové články), akumulátory, telemetrické snímací a řídicí členy, ovládací raketové motory zásoba paliva pro ně (obvykle hydrazin tlakovaný heliem a okysličovaný N<sub>2</sub> O<sub>2</sub>).



### Význam zkratk v tabulce

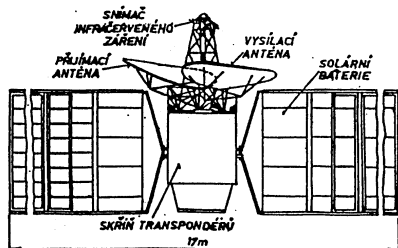
**PDS** - pevná družicová služba. Dříve představovala náhradu pozemních přenosových tras s menšími výkony transpondérů, dnes užívána i pro plošný družicový příjem.

**RDS** - rozhlasová družicová služba (nepřesný překlad anglického Broadcast Satellite Service) určená pro plošný TV družicový příjem. Tyto družice měly na palubě menší počet (3) výkonnějších transpondérů.

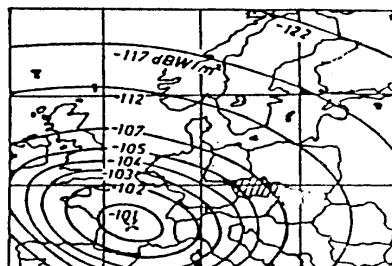
Dnes se již rozdíl mezi těmito pojmy smazává. Současné družice mohou nést větší počet transpondérů menšího výkonu díky podstatně větší citlivosti družicových přijímačů, což je výhodné pro operátory družicových služeb (větší počet programů).

Označení pásna	Kmitočtový rozsah [GHz]	Směr spoje	Druhá služba	Šířka pásna [MHz]	Pozvánka
<b>Ku</b>	10,90-11,70	z družice	PDS	800	
	11,70-12,50	z družice	RDS	800	
	12,50-12,75	z družice	PDS	250	
	12,75-13,25	na družici	PDS	500	
	13,75-14,30	na družici	PDS	550	
	17,30-18,30	na družici	PDS	1000	
<b>Ka</b>	17,70-20,02	z družice	PDS	2500	
	20,20-21,20	z družice	pohyblivá	1000	
	22,50-23,00	z družice	RDS	500	
	27,00-30,00	na družici	PDS	3000	
	30,00-31,00	na družici	pohyblivá	1000	
<b>Experiment</b>	40,20-42,50	z (na) družici	RDS	2300	

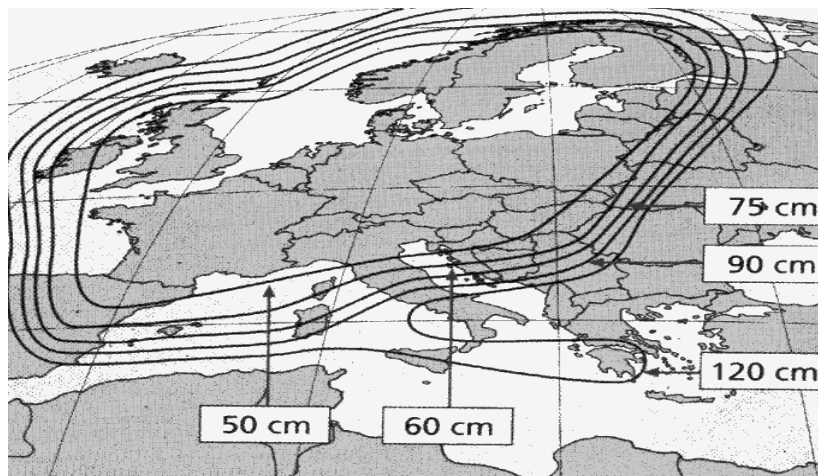
Vzhled a rozměry starší německé družice  
RDS TV SAT2 (hmotnost 1760 kg)



Vyzařovací diagram (hustota výkonu na zemském povrchu [mW/m<sup>2</sup>]) starší francouzské družice RDS TDF 1



Příklad vyzařovacího diagramu s vyznačením oblastí kvalitního příjmu v závislosti na průměru antény přijímače pro družici ASTRA 2A, která je umístěna na poloze 28,2°E. Vysílá digitální i analogové televizní a rozhlasové signály 56 kanálů ve 2 kmitočtových pásmech (11,7 až 12,75 GHz) s výkonem každého z 12 transpondérů 98 W (šířka pásma každého transpondéru je 26 MHz). Palubní příkon družice je 6,6 kW. Byla vynesena na geostacionární dráhu raketou PROTON a její startovací hmotnost byla 3600 kg.

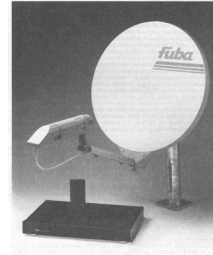
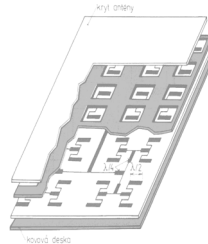
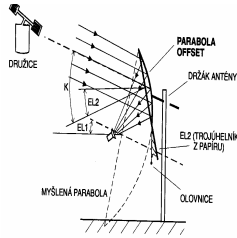
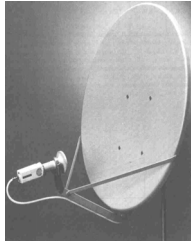




## Příjem TV vysílání z geostacionárních družic

### Skladba družicového přijímače

- a) směrová anténa – nejčastější provedení
- parabolická,
  - ofsetová - výřez paraboly (nejpoužívanější typ antény)
  - Cassegrain (s hyperboloidním odražečem),
  - planární (matice propojených dipólů) aj.



- b) vstupní jednotka (LNB, LNC – Low Noise Block, Converter) je umístěna v ohnisku antény, uskutečňuje nízkošumové zesílení a směšování signálu. Jsou jedno až tří-pásmové a kmitočtová pásma jsou přepínána elektricky z vnitřní jednotky pomocí pomocného signálu 22 kHz. Změna polarizace (H – V) se uskutečňuje změnou napájecího napětí LNB – 13 V pro horizontální a 17 V pro vertikální polarizaci.



- c) polarizér - uskutečňují rozdělení (výběr) přijímaného signálu podle polarizace elektromagnetické vlny (provedení mechanické nebo magnetické rovněž ovládaný elektricky vnitřní jednotkou).

- d) vnitřní jednotka – vlastní družicový přijímač.



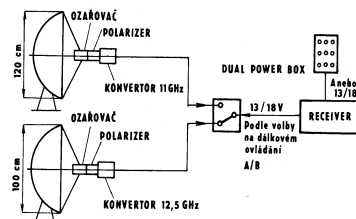
Části a) až c) jsou stejné pro analogové i digitální vysílání. Skladba vnitřních jednotek je však jiná. V analogové vnitřní jednotce se uskutečňuje druhé směšování, zesílení a kmitočtová demodulace přijímaného signálu.

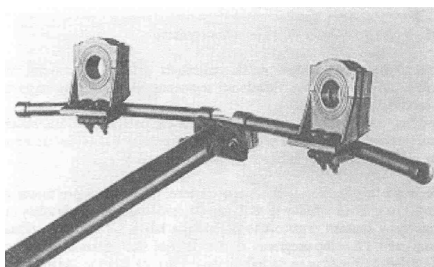
V digitální vnitřní jednotce se uskutečňuje druhé směšování, zesílení, digitální demodulace QPSK, dekodování (dekomprimace) MPEG 2 a enkrypcie televize s podmíněným přístupem. Tyto přijímače jsou proto podstatně složitější a tudíž i dražší než analogové.

### Příjem signálů z více družic

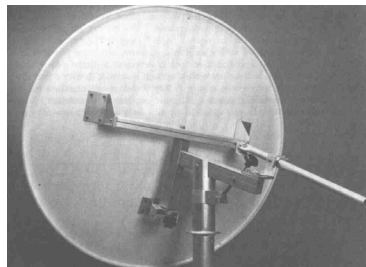
je možný v podstatě

- přepínáním signálů ze dvou (více) antén,
- přepínáním signálů ze dvou i více LNB (vstupních jednotek umístěných na jedné anténě (tzv. multifeed),
- natačením antény s jedním vícepásmovým LNB pomocí tzv. rotátoru (posicionéru) dálkově ovládaného z vnitřní jednotky.





Multifeed pro 2 LNB



Rotátor s lineárním motorem

Při přesměrování antény na jinou družici je nutno změnit azimut  $\alpha$  i elevační úhel  $\epsilon$ . To by vyžadovalo dva dálkově ovládané pohony. Zjednodušení konstrukce a pohonů lze dosáhnout odklonem osy natáčení antény o úhel deklinace v tzv. polárním závěsu (polarmountu). Při natáčení antény pouze v horizontálním směru (ve směru azimutu východ – západ) se pak plynule mění i elevační úhel osy antény a sleduje tak přibližně orbitální dráhu družice – tzv. polární dráhu. Odchylka od ideální polární dráhy stoupá se zeměpisnou šířkou polohy antény příjmače (nejmenší je na rovníku).

#### Studijní literatura

- [1] BRADÁČ, J.: *Televizní satelitní příjem v ČSSR*. Nakladat. CRIS a UNILINE, Praha 1991
- [2] KRIEBEL, H.: *Satelliten-Radio/TV-Empfang*. Franzis-Verlag GmbH, Munchen, 1991
- [3] BRADÁČ, J.: *Satelitní technika populárně*. Naklad. GRADA, Praha 1994
- [4] Internetové stránky <http://www.satcodx.com>, <http://parabola.cz>