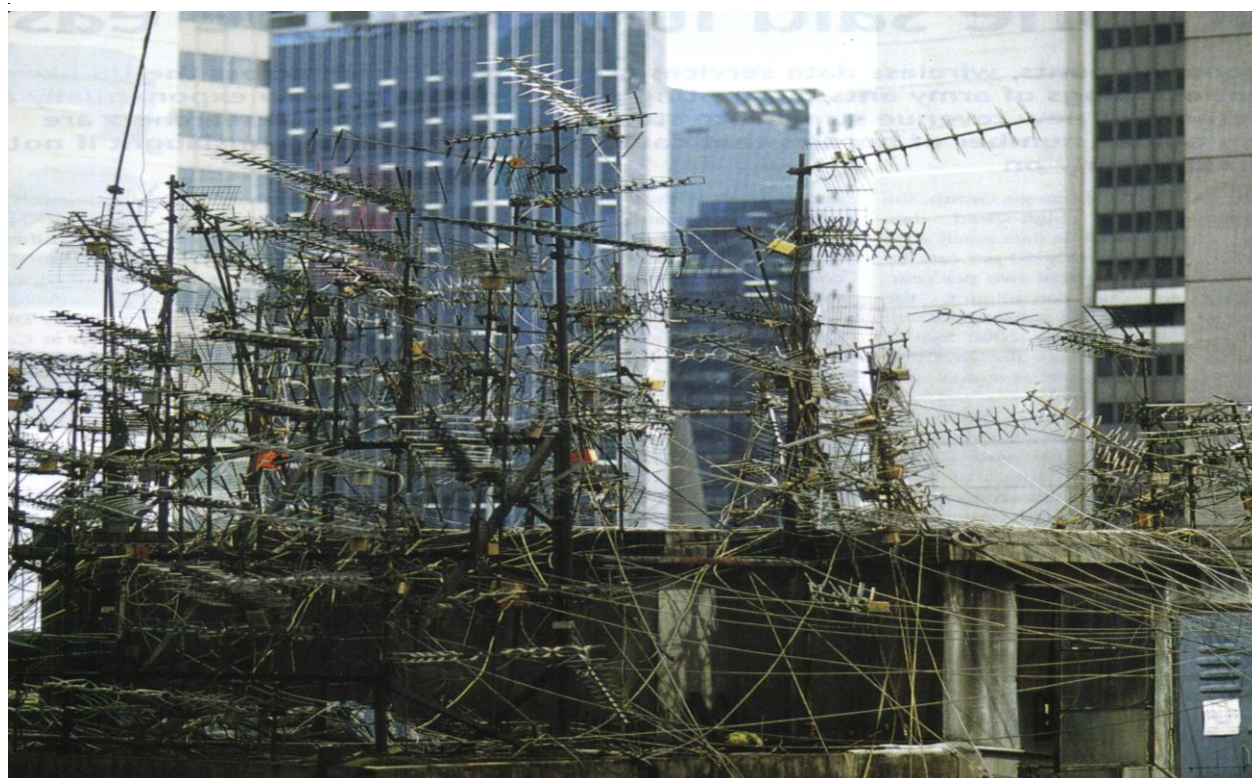




# Digitální technologie a příjem

Martin Holuška



## Úvodní slovo

Cílem projektu je vytvoření výukových materiálů a jejich pilotní ověření v praxi, které žákům umožní v nově vybudované učebně simulovat závady v anténních a satelitních rozvodech, odstraňovat je a aplikovat na konkrétní požadované funkce integrované do systému složitějších a na sebe navazujících bloků a celků.

Součástí tohoto projektu je nastavení systému spolupráce dílen odborného výcviku.

## **Obsah:**

1. Úvodní slovo	
1.1 Obsah	3
2. Televizní kanál, šíře kanálu, analogové a digitální tv vysílání	4
2.1 Analogové tv vysílání	4
2.2 Digitální tv vysílání	13
3. Elektromagnetická vlna, vznik a šíření elektromagnetických vln	24
3.1 Elektromagnetická vlna	24
3.2 Šíření elektromagnetických vln	28
4. Požadavky na úroveň signálu	30
5. Měření v anténních rozvodech	34
5.1 Měření v analogových tv rozvodech	34
5.2 Měření v rozvodech DVB	35
6. Antény – teorie, varianty, volba, umístění a montáž	54
6.1 Teorie, parametry antén	54
6.2 Základní dělení a varianty antén	60
6.3 Antény a bezpečnost – požadavky norem a předpisů	72
6.4 Anténní stožár – konstrukce, montáž a umístění	82
7. Anténní svody – teorie, varianty, typy konektorů a jejich montáž	99
7.1 Anténní svody – teorie, varianty	99
7.2 Konektory a jejich montáž	104
8. Prvky anténních rozvodů a jejich funkce	111
8.1 Pasivní prvky rozvodu	111
8.2 Aktivní prvky rozvodu	130
9. Řešení rozvodů a návrh, praktický výpočet	140
9.1 Řešení rozvodů a návrh	140
9.2 Praktický výpočet rozvodu – energetická rozvaha	144
10. Úpravy starších rozvodů STA pro DVB příjem	151
11. Satelitní technika a příjem	159
11.1 Princip satelitního vysílání	159
11.2 Komponenty pro satelitní příjem	164
11.3 Základní způsoby montáže a varianty příjmu	179
11.4 DiSEqC systém – popis	195
12. Elektromagnetické záření, elektrosmog, EMC, ekologie	197

## 2. Televizní kanál, šíře kanálu, Analogové a digitální tv vysílání

Úkolem této části je seznámit čtenáře zjednodušenou formou s principy analogového televizního vysílání, principy rozkladu obrazu a skladbou obrazového signálu včetně principu barevného televizního vysílání v soustavě PAL a způsobem vysílání zvukového doprovodu včetně stereofonního a duálního režimu a principu vysílání teletextu, typy modulací pro přenos jednotlivých informací a jejich umístění v televizním kanálu. Nakonec se seznámíme také s digitálním televizním vysíláním pro terestrický příjem, přeměnou obrazového signálu do digitální podoby, kompresními formáty pro redukci vysokého bitového toku až po protichybové zabezpečení a principy M-QAM a COFDM modulace.

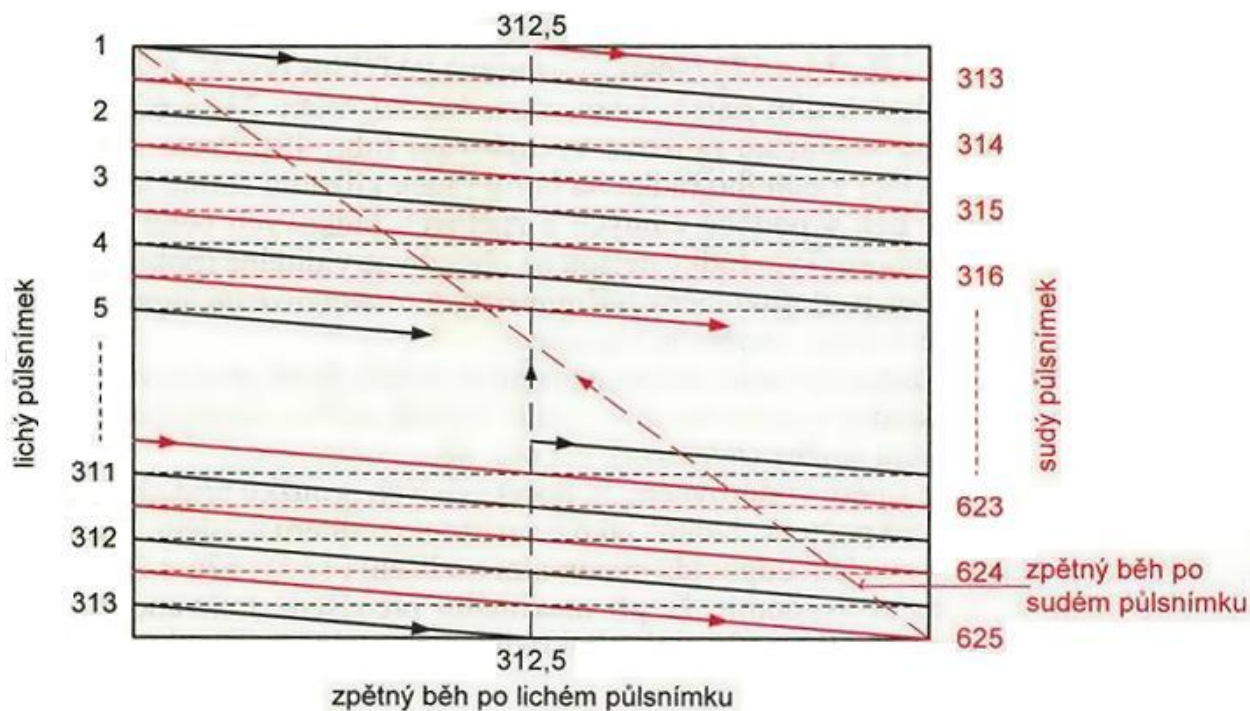
### 2.1 Analogové pozemní televizní vysílání

V analogové televizní technice se používá pro přenos informací - o čb obrazu, o barvě a o zvukovém doprovodu několik nosných kmitočtů s určitým typem modulace. Skladbu těchto signálů a jejich význam si nyní popíšeme.

#### Rozklad obrazu, monochromatická televize

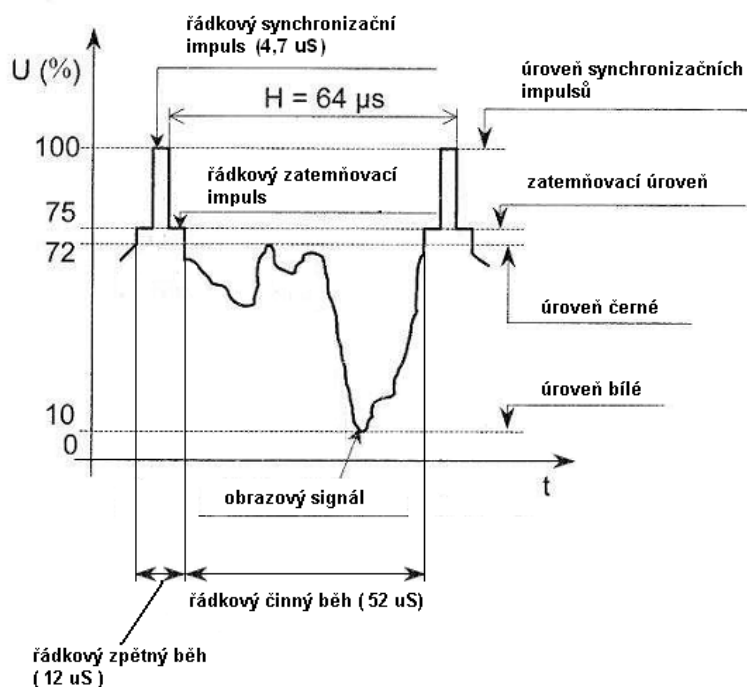
Obraz, snímáný v kameře při standardním rozlišení a poměru stran obrazu 4:3, se skládá z jednotlivých řádků a snímků. Jeden snímek obsahuje celkem 625 řádků. Doba jednoho řádku je  $64 \mu\text{s}$ , z toho  $52 \mu\text{s}$  připadá na řádkový činný běh (přenos obrazové informace) a  $12 \mu\text{s}$  na řádkový zpětný běh a je zatemněno. Po tuto dobu se vrací elektronový paprsek, vykreslující stopu na obrazovce nebo snímající scénu ve snímací elektronce v kameře zpět na začátek následujícího řádku, posunutého níže pomocí snímkového rozkladu. Vzhledem k tomu, že by přenos 50 celých snímků za sekundu v tzv. progresivním módu (50 snímků za sekundu se používá jednak z důvodu vyloučení blikání obrazu, aby projekce byla souvislá a jednak z důvodu dříve odvozené synchronizace od kmitočtu rozvodné sítě) by znamenalo přenést za sekundu 31250 řádků, při střídání bílých a černých obrazových prvků v každém řádku by to při poměru stran 4:3 znamenalo 416 period obdélníkového průběhu (bílá-černá) v řádku a při počtu řádků 31250 za sekundu by výsledný kmitočet obrazového signálu byl 13 MHz. Toto by bylo nejenom nevhodné, ale zároveň bychom se dostali mimo uvažovanou normalizovanou šíři kanálu.

Z tohoto důvodu je zavedeno tzv. prokládané (interlaced) řádkování, kdy jeden snímek o 625 řádcích rozdělíme na dva půlsnímky, lichý a sudý. Jeden bude obsahovat řádky 1, 2, 3, ... 312,5, s řádkovou mezerou mezi nimi, druhý poté začíná v polovině 312,5 řádku a pokračuje 313, 314, ... 625. Řádky do sebe zapadají, tj. po prvním řádku v lichém půlsnímku následuje 314 řádek sudého, poté druhý řádek lichého a takto se prolínají půlsnímky do sebe. Ve výsledku máme tedy 625 řádků v 25 snímcích za sekundu, rozdělených do dvou půlsnímků o 312,5 řádcích s půlsnímkovou frekvencí 50 Hz, za jednu sekundu tedy 15625 řádků (řádková frekvence). Frekvence obrazového signálu se nám tímto zredukovala na polovinu.



Obr. 1 - princip prokládaného řádkování

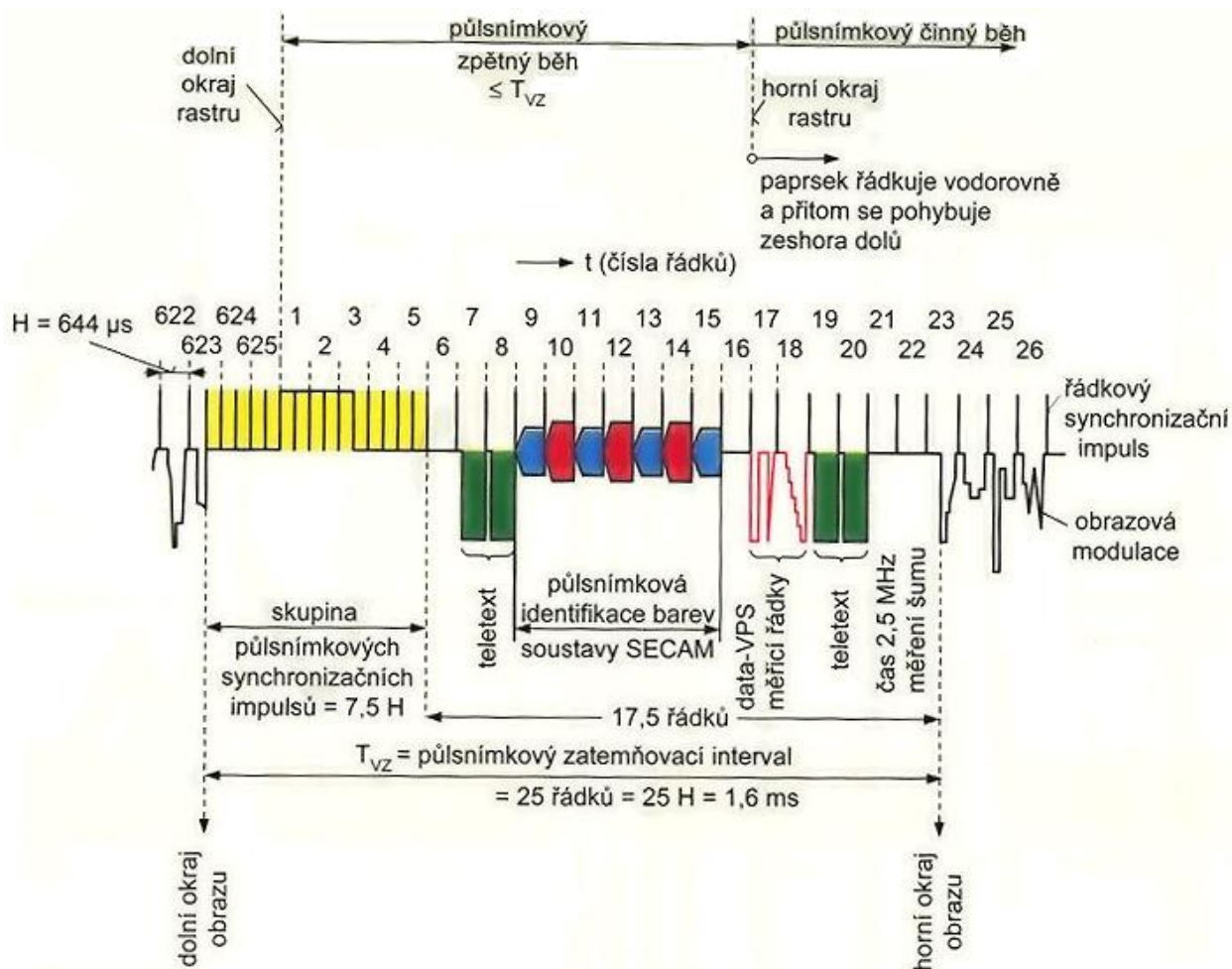
Obrazový elektrický signál (videosignál) obsahuje v tzv. činném běhu řádku (viz snímání a rozklad obrazu) hodnoty napětí, jejichž velikost se mění s jasnou příslušné části obrazu a kmitočty s jeho obsahem od desítek Hz (velké černé a bílé plochy) po max. 6 MHz (jemné struktury - detaily obrazu). Obrazový signál nabývá pouze kladných hodnot jedné polaritě (nemáme záporný jas) a obsahuje svoji stejnosměrnou složku, měnící se v jednotlivých řádcích podle obsahu obrazu a udávající střední úroveň černé.



Obr. 2 - typický průběh analogového videosignálu negativní polaroty v jednom řádku

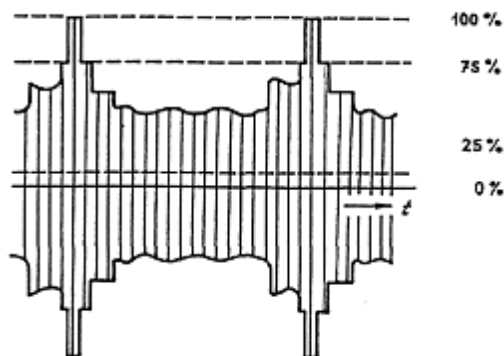
Ne všechny řádky přenáší ale užitečný obrazový signál, z 625-ti řádků ve snímku je aktivních pouze 575, zbytek je zatemněn a je vyhrazen pro vertikální (pulsnímkový) zpětný běh, kdy se paprsek vrací zpět po vykreslení jednoho pulsímků z dolního okraje obrazovky na začátek dalšího pulsímků. Prvních 7,5 řádků ve vertikálním zpětném běhu je vyhrazeno pro pulsímkovou synchronizaci rozkladových stupňů v přijímači, zbylé činné doby dalších zatemněných řádků jsou vyhrazeny například pro měřicí řádky (kontrola přenosové cesty), impulsy pro pulsímkovou identifikaci v soustavě SECAM (dnes již u nás nepoužívané) nebo přenos teletextových dat (adresy symbolů a znaků) atd.





Obr. 3 - pulsímkový zatemňovací interval

Obrazový čb signál je na nosný kmitočet obrazu namodulován amplitudově s AM negativní modulací. Tím nám vzniknou dvě postranní pásma se šířkou až 12 MHz. Aby však nezabíral výsledný signál příliš velký rozsah, omezí se dolní postranní pásmo na šíři 1,25 MHz.



Obr. 4 - AM negativní modulace obrazové nosné (úroveň černé - synchroimpulsy = max. amplituda nosné)

## Barevné soustavy, barevná televize

Ve vzdálenosti 4,43 MHz (PAL + NTSC EU standard) se umístí další nosný kmitočet barvy, který se moduluje kvadraturní modulací (přenos dvou informací o barvě na stejném kmitočtu, kdy jedna složka moduluje nosnou s fázovým posunem 0 a druhá složka s nosnou s fázovým posunem 90 stupňů (pro potlačení zkreslení barevného tónu se u soustavy PAL přepíná navíc fáze ob řádek +/- 90 stupňů), tento je umístěn do horního postranního pásma. (pouze pro informaci - pro soustavu NTSC-US standard je to 3,58MHz s kvadraturní modulací bez přepínání fáze, pro soustavu SECAM jsou to dva nosné kmitočty, vzdálené 4,25 a 4,406 MHz od obrazové nosné, modulované kmitočtově úzkopásmovou FM modulací). Dále si vysvětlíme princip barevného tv vysílání v soustavě PAL, která je zdokonalením soustavy NTSC a kterou pro analogové tv vysílání používá nejenom ČR ale také většina evropských států.

Předchozí popis videosignálu se týkal pro zjednodušení pouze monochromatické (černobílé) televize, kdy nám pro snímání obrazové scény stačil jeden snímací prvek, snímající pouze jasovou složku scény, kdy jednotlivé barevné tóny nebo barvy jednotlivých předmětů ve scéně jsou rozlišeny různým stupněm šedé.

Od začátku barevného tv vysílání a při vývoji různých norem pro barevnou televizi byl dán důraz na princip slučitelnosti čb a barevného tv vysílání, tj. aby čb vysílání bylo reprodukovatelné na barevném tv přijímači černobíle bez rušivých vzorů a naopak barevné tv vysílání bylo plnohodnotně reprodukovatelné na čb přijímači.

Barevná televize vychází z principů televizní kolorimetrie a tzv. adičního (součtového) mísení tří základních barevných světél R (červené), G (zelené) a B (modré). Jejich mísením v určitém poměru jsme schopni dosáhnout i tzv. referenčního bílého světla. Obraz se snímá třemi optickými snímači (dříve snímacími elektronkami nebo třemi čipy CCD, dnes jedním snímačem, např. saticon nebo celoplošný barevný CCD), kdy se rozloží na jednotlivé části spektra pomocí dichroických hranolů a dichroických zrcadel s filtry. Na výstupech snímacích prvků obdržíme signály R, G a B, jejichž hodnoty se mění podobně jako u monochromatického videosignálu úměrně s jasnem snímané scény, zde ale s jasnem jednotlivých spektrálních složek. Každá z těchto složek je definována dvěma chromatickými parametry - barevnou sytostí a barevným tónem a jedním fotometrickým parametrem - jasnem.

Aby byla zaručena kompatibilita s monochromatickou televizí, musí být ze signálů R, G a B vytvořen signál jasový, odpovídající monochromatickému jasovému signálu v plné šíři kmitočtového pásma až do 6 MHz. Tento signál vytvoříme v maticovém obvodu (v jednoduchém případě například odporové matici) ze signálů R G B v poměru :

$$U_Y = 0,30 U_R + 0,59 U_G + 0,11 U_B$$

Aby při snímání tzv. nepestrých barev, jako jsou bílá, černá a všechny stupně šedé nebyly přenášeny další dvě informace o barvě, tzn. nedocházelo k nežádoucímu kolorování a složky vymizely, používají se pro přenos rozdílové složky  $U_{R-Y}$ ,  $U_{B-Y}$  a  $U_{G-Y}$ .



Pro nepestré barvy totiž platí, že  $U_R = U_G = U_B$ , tedy v rozdílových signálech  $U_{R-Y} - U_{B-Y} - U_{G-Y} = 0$ . Signál  $U_{G-Y}$  není třeba přenášet, vytvoří se zpětně z poměru  $U_Y$ ,  $U_{R-Y}$  a  $U_{B-Y}$ .

Lidské oko neumí rozlišit jemné barevné detaily, vnímá je již jen jako černobílé, proto stačí tyto rozdílové signály přenášet s omezenou šířkou pásma do 1,6 MHz.

My však nepřenášíme tyto tři složky - jasovou a dvě rozdílové samostatným kanálem, ale musíme z nich vytvořit jeden signál, tzv. úplný barevný obrazový zasynchronizovaný signál, který bude slučitelný s monochromatickou televizí a budou v něm "zakódovány" i obě rozdílové složky. Toto je úkolem barevného kodéru. Ten se liší podle barevné televizní soustavy, kterou pro zpracování použijeme - viz předchozí popis. My se budeme zabývat zjednodušeným popisem v ČR používané soustavy PAL, ostatní soustavy nejenom ty nejběžnější, ale také zdokonalující tyto nebo založené na odlišných principech najde zájemce v odborné literatuře, například v rozsáhlých dílech Ing. V. Víta a mnoha dalších.

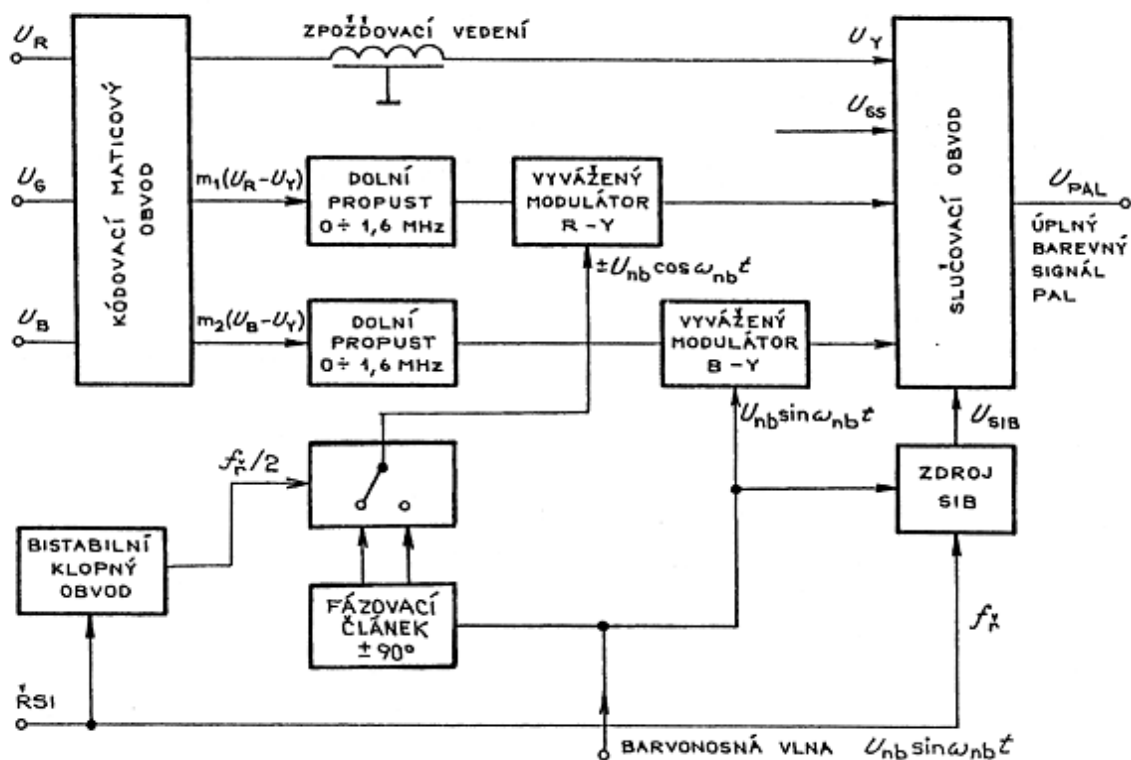
Úplný barevný obrazový zasynchronizovaný signál (někdy také označován jako kompozitní videosignál) je tvořen monochromatickým jasovým signálem Y a dále chrominanční složkou C.

Barevná soustava PAL (Phase Alternating Line) vychází z americké soustavy NTSC, která vznikla již v padesátých letech dvacátého století a soustava PAL ji zdokonaluje vyloučením zkreslení barevného tónu vlivem fázového zkreslení v přenosovém kanálu.

Signály RGB ze snímacího zařízení vstupují do maticového obvodu, kde se vytvoří monochromatický jasový signál a rozdílové signály  $U_{R-Y}$  a  $U_{B-Y}$ . Jasový zasynchronizovaný signál poté po zpoždění v zpožďovací lince pokračuje dále do slučovacího obvodu, kde se sloučí s výsledným chrominančním signálem a synchroimpulsy barvy. Jasový signál musí být zpožděn o dobu (řádově stovky nS), o kterou se zpozdí rozdílové signály v kodéru, jinak by nedošlo k přesnému časovému krytí jasového a chrominančního signálu, což by se projevovalo na reprodukčním zařízení jako posun barevné složky obrazu za monochromatickým obrazem, vytvořeným jasovým signálem, tzv. "posunuté barvy" oproti čb obrazu.

Rozdílové složky  $U_{R-Y}$  a  $U_{B-Y}$  prochází nejprve dolní propustí, která omezí jejich frekvenční pásmo do 1,6 MHz a poté vstupují do vyvážených AM modulátorů, které modulují amplitudově pomocnou barvonosnou frekvenci 4,433619 MHz. Podstatou kvadratické modulace která se využívá i u soustavy NTSC je, že AM modulátor jednoho signálu moduluje amplitudově nosnou s fází  $0^\circ$  a druhý modulátor dalšího signálu tu samou nosnou s fázovým posunem  $90^\circ$ , nosné vlny jsou potlačeny a po sloučení obdržíme jediný signál s charakterem QAM/DSB signálu. Takto je možno jedním kanálem (na jediném kmitočtu) přenést dvě informace najednou, aniž by se navzájem ovlivňovaly.

V modulátoru soustavy PAL AM vyvážený modulátor rozdílového signálu  $U_{B-Y}$  moduluje pomocnou nosnou, která má fázový posun  $90^\circ$ , modulátor  $U_{R-Y}$  pak moduluje barvosnosnou, jejíž fáze se střídá ob řádek o  $180^\circ$  (tedy  $+90^\circ$  a  $-90^\circ$  oproti  $U_{B-Y}$ ). Na výstupu součtového členu obdržíme chrominanční signál s potlačenou nosnou.



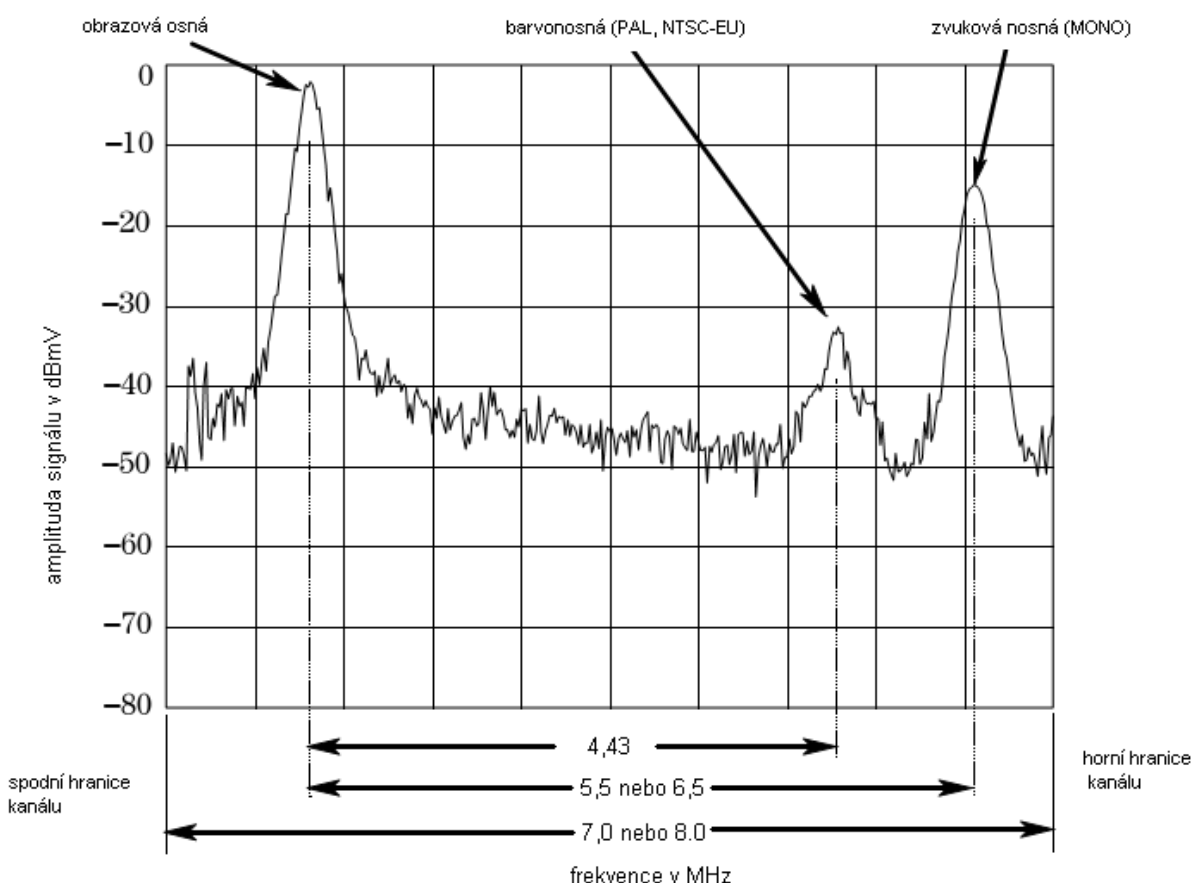
Obr. 5 – kodér PAL

Výstup ze součtového členu - chrominanční signál (na obr. 5 je součtový člen již součástí slučovacího obvodu) se nakonec sloučí s jasovým signálem, obsahujícím zatemňovací a synchronizační směs a se vzorky synchronizačního impulsu barvy (9 - 11 kmitů  $4,433$  MHz sinus se střídáním fáze ob řádek  $135^\circ$  a  $225^\circ$ ), umístěnými na zadní část řádkového zatemňovacího impulsu. Ze slučovacího obvodu vychází úplný barevný obrazový signál, dále zpracováváný (modulace) a vysílaný podobně jako videesignál monochromatické televize.

## Zvukový doprovod, stereofonní a duální vysílání

Nakonec zvukový doprovod - ten je vysílán v soustavě D-K (ČR a východní část Evropy) na nosné ve vzdálenosti 6,5 MHz od nosné obrazu - tzv. zvukové nosné s modulací FM s kmitočtovým zdvihem  $\pm 50$  kHz a modulována Mono signálem nebo v režimu stereo signálem L+R a její výkonová úroveň je o 13 dB nižší, než nosné obrazu. Pro stereo a druhý zvuk v režimu duo je druhá nosná zvuku (opět FM se zdvihem  $\pm 50$  kHz) vzdálena 6,25 MHz od nosné obrazu a její úroveň je nižší o 20 dB oproti obrazové nosné. Tato druhá nosná je modulována signálem 2R a zároveň obsahuje tzv. pilotní kmitočet 54,6875 kHz namodulovaný na nosnou zvuku se zdvihem  $\pm 2,5$  kHz, na který je amplitudovou modulací s hloubkou 50 % namodulován pomocný kmitočet pro identifikaci režimu vysílání, a to 117,5 Hz pro režim stereo a 274,1 Hz pro režim duo - dvojjazyčné vysílání. Při monofonním vysílání je pilotní kmitočet bez modulace. Tyto identifikační kmitočty určují režim stereodekodéru televizního přijímače.

V soustavě B-G (západní Evropa, částečně Slovensko) je vzdálenost 5,5 MHz mono a 5,74 MHz druhý zvuk (stereo, duo) - tím je dáno i omezení horního postranního pásma obrazové nosné v soustavě B-G na 5 MHz a šíře kanálu 7 MHz.



Obr. 6 - spektrogram jednoho tv kanálu barevného vysílání s monofonním zvukovým doprovodem

Potřebná šířka pásma byla stanovena na 8 MHz pro soustavu D-K, tedy sousední nosná obrazu (druhé vysílací stanice) je vzdálena 8 MHz od předchozí.

## Rozdělení tv kanálů, umístění nosných

Rozdělení kanálů v TV pásmech je následující :

TV pásmo VHF - I obsahuje kanály 1 a 2

TV pásmo VHF - II obsahuje kanály 3,4 a 5

TV pásmo VHF - III obsahuje kanály 6 až 12

TV pásmo UHF - IV-V obsahuje kanály 21 až 69

Pro informaci údaje o dvou sousedních kanálech z pásem VHF a UHF :

	kanál	kmitočtový rozsah	nosná obrazu	nosná zvuku
VHF - III	9	198 až 206 MHz	199,25 MHz	205,75 MHz
	10	206 až 214 MHz	207,25 MHz	213,75 MHz
UHF - V	51	710 až 718 MHz	711,25 MHz	717,75 MHz
	52	718 až 726 MHz	719,25 MHz	725,75 MHz

Při volbě umístění (kanálového) vysílačů se musí brát zřetel na tzv. minimální kanálový odstup, tj. mezera - neobsazenost kanálů mezi sousedními stanicemi.

Pro DVB vysílání zůstává kanálový rastr v pásmech i šíře kanálu stejná, pouze se udává střední frekvence namísto nosné obrazu, zvuku..., neboť při digitální modulaci COFDM se používá v módu 8k celkem 6817 nosných kmitočtů.

Princip digitálního televizního vysílání si nastíníme dále.

## 2.2 Digitální pozemní televizní vysílání

Digitální televizní vysílání je založeno na zcela odlišném principu, než jsme se dosud seznámili u analogového vysílání. Původní analogové televizní vysílání je již ve své stávající podobě technicky na maximu a další zdokonalování například pro soustavy s formátem obrazu 16:9 (PALplus, částečně kompatibilní) nebo některé soustavy, zdokonalující formát obrazu a rozlišení, více či méně kompatibilní s původním analogovým vysíláním, jsou již v té „klasické - analogové“ podobě velmi těžko proveditelné a nesou s sebou mimo jiné i rozšíření šířky pásma až na desítky MHz (C-MAC). Toto by přinášelo značná omezení tv programů v již tak přeplněném kmitočtovém spektru. Dalším omezením je značný vliv rušících faktorů v přenosové cestě na kvalitu obrazu. Zvuk bylo možno digitalizovat již dříve, avšak plnohodnotná digitalizace obrazového signálu byla možná až s rozvojem velmi rychlých převodníků-digitalizérů a hlavně účinných kompresních metod redukujících bitový tok, umožňujících spolu s vícecestavovými digitálními modulacemi přenést digitalizovaný tv signál včetně zvuku a dalšími daty jako teletext atd. v přijatelné šíři pásma.

Pro digitální pozemní televizní vysílání v Evropě byl zvolen standard DVB-T, který si dále podrobněji popíšeme.

Výhody digitálních signálů a DVB vysílání jsou zejména velká odolnost digitálních signálů vůči šumovým a rušivým signálům, nelineárnímu zkreslení a kolísání úrovně v přenosovém kanálu. Dále je to zhruba 5 x nižší potřebný vysílaný výkon pro pokrytí rozlohou stejného území než u analogového tv vysílání, značná úspora kmitočtového pásma díky účinným modulačním metodám a multiplexnímu principu, kdy je možno v jednom multiplexu, vysílaném v jednom televizním kanálu šíře 8 MHz vysílat v závislosti na typu použité modulace 4 až 6 tv programů ve standardním rozlišení. Další úsporou kmitočtového spektra je možnost tvorby jednofrekvenčních sítí vysílačů, kdy tyto vysílače přesně časově a frekvenčně synchronizované vysílají ve velkém území, například několika krajů nebo státu na stejném tv kanálu.

Výhodou je také snadná ochrana proti nežádoucímu příjmu u placeného vysílání – enkrypcí, využívaná například ve formátech DVB-C (kabelový příjem) nebo DVB-S (satelitní příjem).

Nevýhody digitalizace přináší také, již v samotném převodu z analogové formy signálu na digitální při kvantování dochází k takzvanému kvantizačnímu šumu, který vzniká v A/D převodníku při kvantování, to je porovnávání odebraných napěťových vzorků analogového signálu s definovanými napěťovými – kvantizačními hladinami. Zde při „zaokrouhlování“, tj. vztažení na nejbližší kvantizační hladinu, dochází právě k tomuto kvantizačnímu šumu. Ten bude tím menší, čím více bude oněch rozhodných – kvantizačních úrovní. Každé této úrovni je přiřazen binární kód (kódování) a čím delší tento kód bude, tím více kvantizačních úrovní (například 4 bitový A/D převodník má 16 rozhodných úrovní, 8-mi bitový převodník 256 atd).

Další nevýhodou je potřebná velká šířka pásma při přenosu neredukovaných (nekomprimovaných) dat a při kompresi s vyloučením nadbytečných dat zase ztráta „reálnosti“ obsahu (časové i obsahové oproti analogovému signálu).

## Digitalizace tv signálu

Obrazový jasový signál je vzorkován kmitočtem 13,5 MHz (Nyquistova podmínka + podmínka slučitelnosti tv norem s 625 a 525 řádky + podmínka celistvého počtu vzorků z řádku), to znamená, že z jednoho řádku normy 625 řádků / 50 pulsů obdržíme celkem 864 vzorků. Chrominanční signály  $C_R$  a  $C_B$  se vzorkují polovičním kmitočtem, to je 6,5 MHz. Vzorky jasového a chrominančních signálů se kvantují na 8 bitů na vzorek (tj 256 kvantizačních hladin) ve formátu 4:2:2 (to znamená, že na 4 vzorky jasového signálu připadají 2 vzorky z chrominančního signálu  $C_R$  a 2 vzorky ze signálu  $C_B$ ). Tento surový obrazový tok signálu studiové kvality může nabývat hodnot až 216 Mbit/s. U studiových desetibitových systémů s paralelním přenosem a taktovacím kmitočtem 27 MHz ve formátu 4:4:4 až 324 Mbit/s. Takto velká přenosová rychlost by byla v běžném přenosovém kanálu by tento signál nebylo vůbec možné vysílat vzhledem k obrovské šířce pásma až několik set MHz. Proto tento bitový tok musíme zredukovat na přijatelnou úroveň. Mluvíme pak o datové kompresi.

Jako kompresní formát pro digitální obrazové signály byl zvolen formát MPEG-2, který umožňuje redukovat bitovou rychlost z původních 216 Mbit/s na 3 až 6 Mbit/s pro vysílání ve standardním rozlišení nebo 15 až 20 Mbit/s ve vysokém rozlišení HDTV.

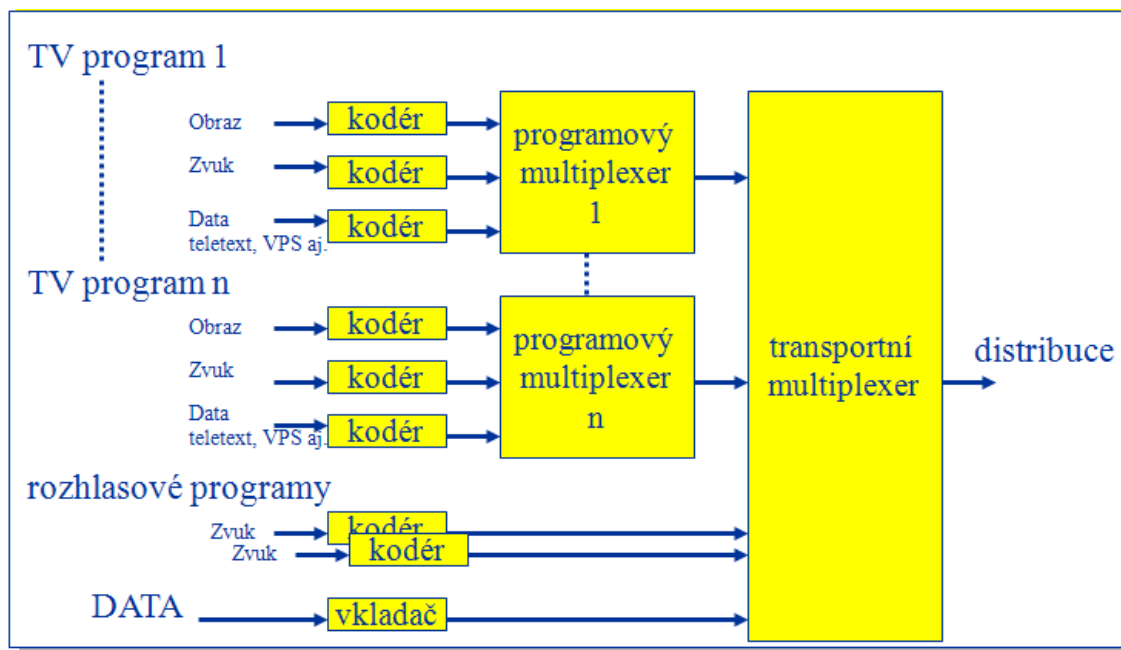
K této redukci dat MPEG využívá:

- Rozdělení obrazu do makrobloků. Jeden makroblok je tvořen čtyřmi bloky jasového signálu o 16 x 16 vzorcích a po dvou blocích v každém chrominančním signálu po 16 x 8 vzorcích (dvojnásobný počet vzorků chrominančních signálů o jeden blok oproti MPEG-1).
- Diskrétní kosinová transformace DCT po blocích.
- Využití DPCM (diferenční pulsní kódová modulace), která vytváří rozdíly dvou sousedních hodnot binárně kódovaného signálu.
- Kompenzace pohybu po makroblocích - redukce nadbytečnosti obrazové informace v časové oblasti pomocí vektoru pohybu (velmi zjednodušeně vyhledání stejného nebo velmi podobného makrobloku pomocí vektoru pohybu v předcházejícím snímku. Je-li nalezen, nemusí se následující přenášet a je nahrazen předchozím. Toto je nástroj pro velmi účinnou datovou kompresi.
- Skupina obrázků GOP – to znamená, že se vytvoří tři skupiny snímků - skupina I snímků, opakujících se vždy po dvanácti snímcích a jsou úplné, skupina P snímků, u kterých se přenáší pouze rozdíly aktuálního snímku vůči předchozímu P snímku nebo snímku I (tato snižuje bitovou rychlost dvakrát) a nakonec snímky B, kdy se přenáší rozdíly aktuálního snímku B interpolací průměru předcházejícího a následujícího snímku I nebo P (toto nám umožňuje redukovat bitovou rychlost až osmkrát).
- Entropické kódování s proměnnou délkou VLC.



Zvukový signál se redukuje z bitové rychlosti 3 Mbit/s (dvoukanálový zvuk se vzorkuje kmitočtem 48 kHz 20 bity/kanál) na 96 až 256 kbit/s. K této redukci se používá rozložení zvuku do 32 subpásem a aplikace psychoakustického maskovacího efektu, to je přenos pouze slyšitelných informací s vyloučením nadbytečnosti. Kódování zvuku probíhá opět ve formátu MPEG-2.

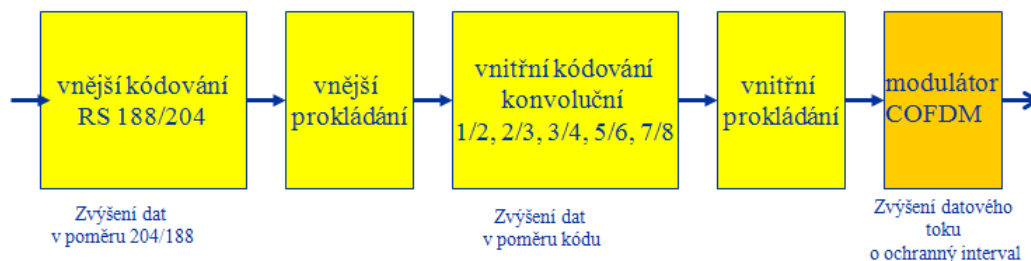
Z datových toků z MPEG kodérů obrazu a zvuku a dále přidavných dat jako například teletext jsou vytvořeny pakety – balíčky dat PES (Packetized Elementary Stream), obsahujícími informační záhlaví pro snadnou identifikaci paketu (příslušnost k programu, délka paketu...), následují specifické informace (různé návěsti, jako například scrambling, priority atd) a poté následují samotná data paketu. Po jejich vytvoření vstupují tyto pakety do multiplexeru, a to buď transportního toku (TS), který je dopraven přímo na vysílač, kde se navíc provede protichybové zabezpečení kanálovým kódováním, nebo do multiplexeru programového toku (PS), například jednoho tv programu, který se poté multiplexuje do transportního toku s dalšími programovými toky PS dalších programů a tento výsledný transportní tok, obsahující například čtyři tv programy včetně několika dalších rozhlasových stanic, se dopraví na vysílač, kde se opět provede kanálové kódování.



Obr. 7 – vytváření programového a transportního toku.

Vzhledem k terestrickému přenosu z vysílače k divákovi je tato cesta nejvíce ovlivněna různými rušivými vlivy okolí, terénními překážkami, odrazy, atd. Pro vyloučení těchto vlivů se zavádí dvojestupňové protichybové zabezpečení transportního toku, takzvané kanálové kódování, které k transportnímu toku, sestávajícímu z paketů po 188 bytech přidá další byty, sloužící k opravě – dopočítání za ztracené nebo poškozené byty.

Ochranné kódování se skládá ze dvou stupňů – vnější (blokové) kódování FEC1 (Forward Error Correction) s použitím takzvaného Reed-Solomonova kódu, které spočívá v přidání 16-ti opravných bytů ke každému paketu transportního toku o 188 bytech a které umí opravit až 8 chybných bytů v transportním paketu a vnitřní protichybové zabezpečení FEC2 (binární), takzvané konvoluční, sloužící k opravě jednotlivých chybných bitů vzájemnou konvolucí (ovlivněním) informačních bitů transportního toku. Tím nám vznikají redundantní (nadbytečné) bity podle určitého kódového poměru, například při nejnižší úrovni zabezpečení 7/8 je na každých 7 bitů, vstupujících do kodéru vnitřního kódování vznikne jeden konvoluční, u nejvyššího zabezpečení 1/2 vznikne na jeden vstupní bit jeden konvoluční.



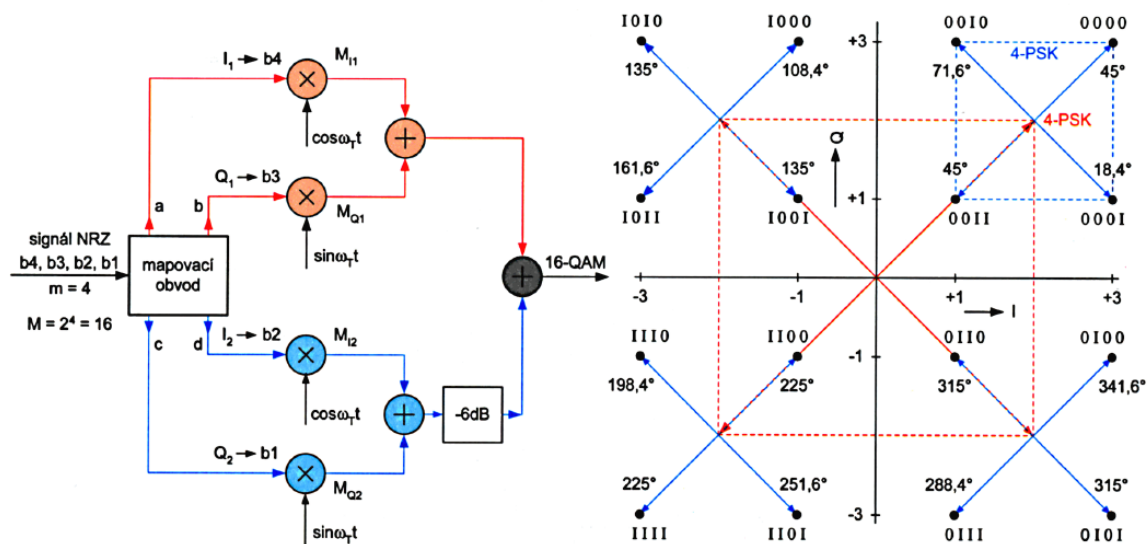
Obr. 8 – kanálové kódování na straně vysílače.

Mezi jednotlivými kodéry FEC jsou prokládací stupně, tzv. interleaver, jejichž úkolem je promíchání pořadí symbolů tak, aby sousední byly co nejdále od sebe a vyloučila se tak možnost tvorby shluku chyb.

Po vnitřním prokládání následuje modulátor COFDM, který využívá principu kódovaného (protichybově – FEC) ortogonálně děleného frekvenčního multiplexu (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex), který patří mezi multinosné modulace. Modulace COFDM pro DVB-T přenos využívá módu 8k, to znamená v kanálu šíře 8 MHz je celkem 6817 subnosných kmitočtů. Každá tato nosná je poté modulována některou z vícestavových digitálních modulací – pro DVB-T kvadrurní amplitudové modulace (16-QAM nebo 64-QAM).

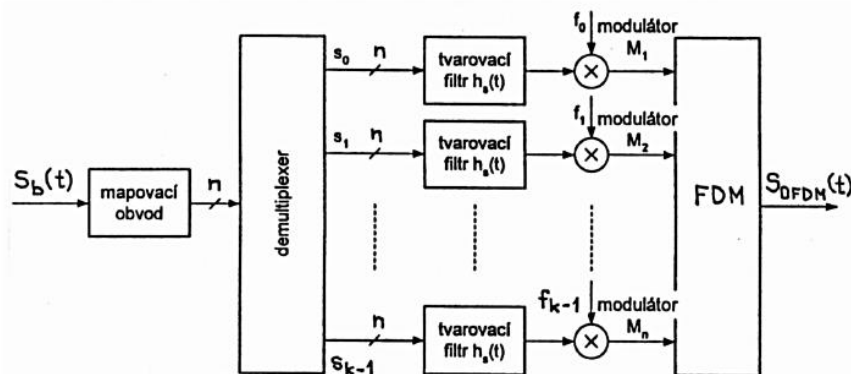
Vícestavové QAM modulace nám sice umožňují přenést velký datový tok (až 31,6 Mbit/s), zvyšuje se tím ale zároveň citlivost na rušení v přenosovém prostředí. Tato vícestavová kvadrurní amplitudová modulace M-QAM je založena na ovlivnění jak fáze nosné vlny, tak zároveň její amplitudy. Umožňuje tedy přenést například modulace 64-QAM až 64 symbolů. Pro jednoduchost si vysvětlíme princip modulace 16-QAM.

Mapovací obvod modulátoru rozdělí vstupní sériová data pro čtyřbitové skupiny do čtyř cest (a, b, c, d). Cesty „a“ a „d“ jsou určeny pro soufázové složky a cesty „b“ a „c“ pro kvadrurní složky fázového klíčování. Modulátory MI1, MI2 provádí fázové modulace QPSK a vytváří základní čtveřici stavů, k níž se přičítají kombinace stavů QPSK modulátorů MQ a MQ2, jejichž výstupní amplituda je snížena na polovinu útlumem 6 dB. Ve výsledku každé čtveřici bitů náleží konkrétní amplituda s konkrétní fází nosné.



Obr. 9 – vlevo blokové schéma modulátoru 16-QAM, vpravo signálový prostor (konstelační diagram) modulační 16-QAM.

**Princip modulátoru OFDM** – tento typ modulační se vyznačuje velkou odolností proti mezisymbolovým interferencím, způsobeným například odrazy při šíření volným prostředím. Sériový transportní tok se v mapovací obvodu přetváří na skupiny – modulační symboly po  $n$  paralelních bytech vhodné pro modulační QAM. Tyto  $n$ -bitové symboly se poté pomocí demultiplexeru rozdělí do paralelních větví podle počtu subnosných, to je v módu 8k celkem 6817 subnosných. Tyto jsou modulovány modulačními symboly, počet  $n$ -bitů modulačních symbolů odpovídá zvolené modulační M-QAM. U 64-QAM modulační je to skupina šesti bitů. Pro vyloučení vlivu odrazů od překážek a tím mnohonásobného příjmu při šíření prostředím (duchů, známých z analogového tv vysílání, způsobených příjmem časově posunuté elektromagnetické vlny se stejnou informací, která dorazí na přijímací anténu později) se vkládá ochranný interval (Guard Interval), který prodlužuje přenos modulačních OFDM symbolů o dobu trvání tohoto intervalu. Celková doba trvání modulačního symbolu ( $T_s$ ) je pak dána součtem doby trvání samotného symbolu a doby ochranného intervalu. Ochranný interval je nastavitelný v rozmezí 3 až 25% celkové doby přenosu symbolu  $T_s$ .

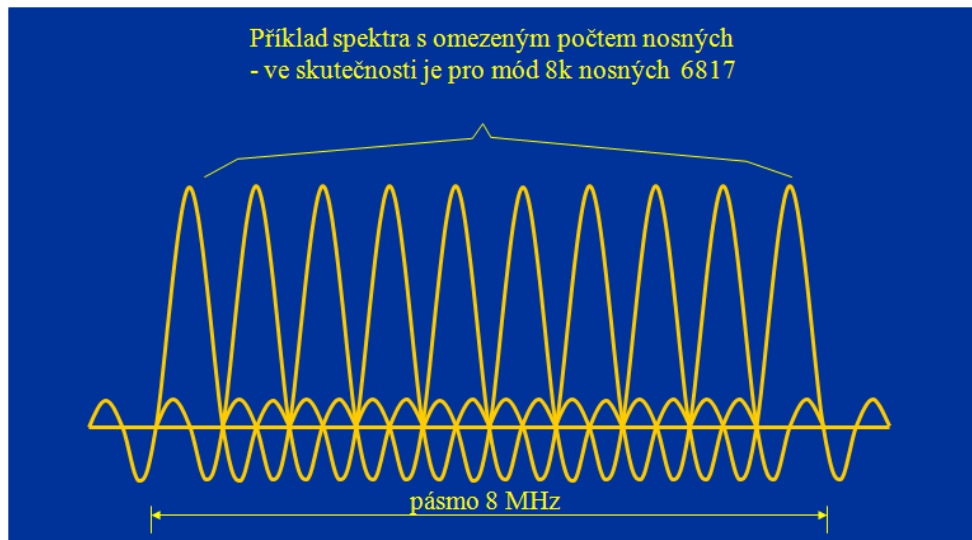


Obr. 10 – zjednodušený princip OFDM modulátoru.

Modulace všech 6817 subnosných kmitočtů se provádí současně v jednom časovém úseku. Kmitočtový rozestup jednotlivých subnosných je roven celočíselnému násobku převrácené hodnoty doby trvání symbolu, to je doby potřebné pro přenos informace, čímž je zaručena ortogonalita subnosných vln. Při módu 8k s počtem subnosných 6817 je odstup sousedních subnosných 1116,0714 Hz.

Kmitočtová spektra jednotlivých subnosných se překrývají tak, že maximum spektra jedné subnosné se kryje s minimem spektra sousední subnosné.

Ve skutečnosti se však nepoužívá 6817 jednotlivých modulátorů, ale OFDM modulátor pouze jeden jako procesor, využívající principu inverzní diskrétní Fourierovy transformace IDFT.

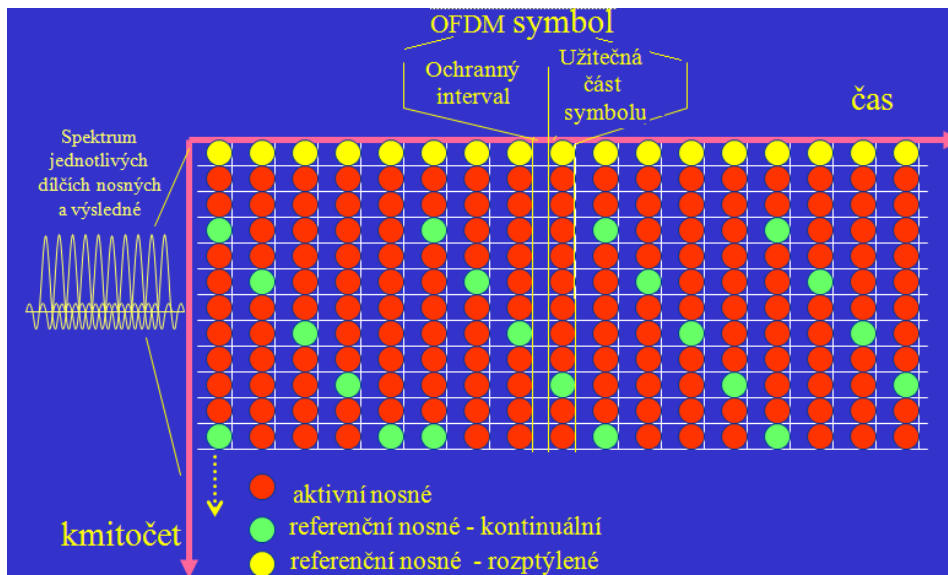


Obr. 11 – zjednodušené spektrum OFDM modulace. Jsou zde dobře vidět průchody maxima jedné subnosné minimem sousední.

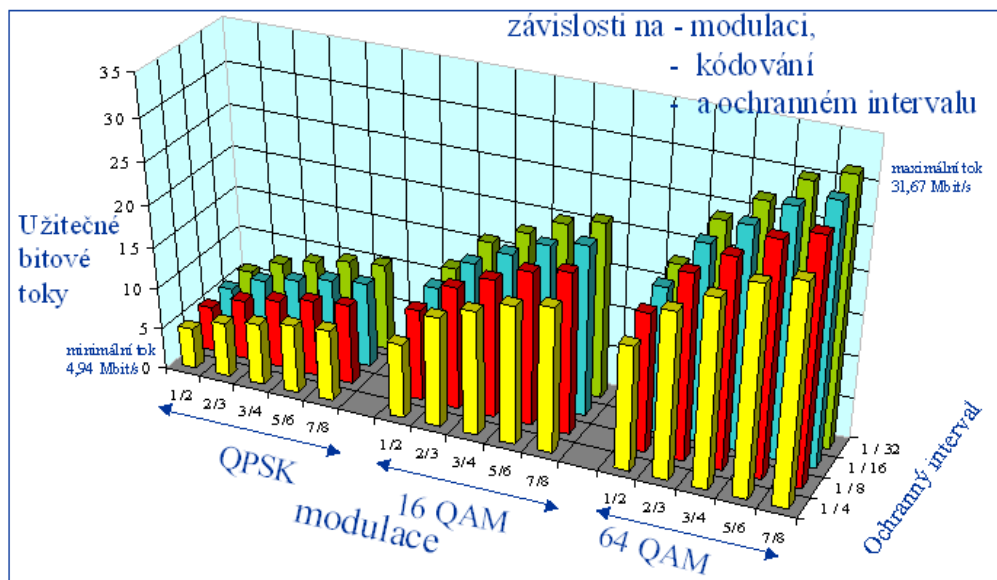
Všechny současně modulované subnosné vlny vytvářejí dohromady jeden symbol OFDM. 68 OFDM symbolů tvoří rámec (Frame). Čtyři rámce tvoří jeden superrámec. V každém rámci je na přesně určených frekvencích daná poloha referenčních kontinuálních a rozptýlených subnosných, které slouží k definování základních referenčních bodů OFDM, tzn. obsahují informace o parametrech přenosu, slouží k synchronizaci rámců, kmitočtu, času, identifikaci přenosového režimu a posouzení kanálu.

Součet všech digitálně modulovaných subnosných vln se provádí ve frekvenčním multiplexeru a výsledný multiplexovaný digitální signál je poté v převodníku D/A převeden na analogový signál v časové oblasti  $S_{OFDM}(t)$  s kvadratickou složkou I a Q.

Signál v základním pásmu, vystupující z modulátoru je následně po filtraci směřován se signálem místního oscilátoru – generátoru nosné. Nosný kmitočet, označovaný u DVB-T jako střední frekvence přenosového kanálu lze vypočítat ze vztahu :  $f_{STR} = 474 + ((n - 21) \times 8)$  kde n je číslo kanálu v UHF pásmu, výsledná střední frekvence je v jednotkách MHz.

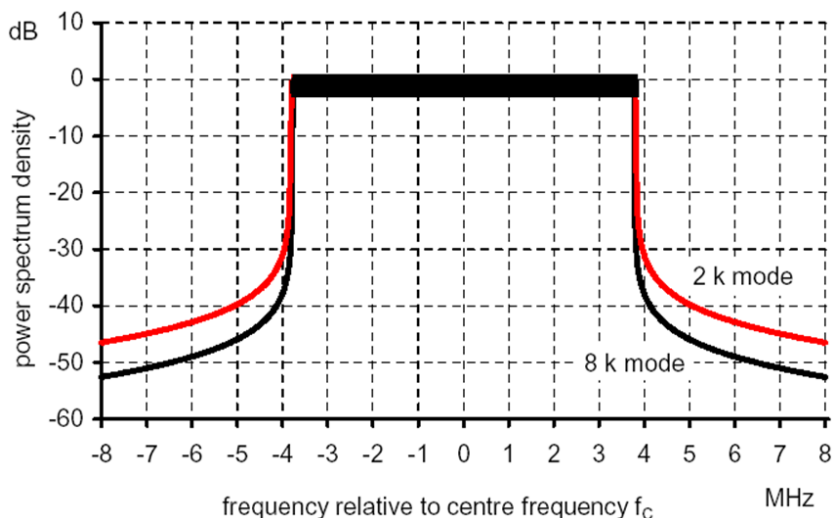


Obr. 12 – princip OFDM s rozmístěním aktivních a referenčních nosných.



Obr. 13 – užitečné bitové toky, přenositelné v jednom kanálu v závislosti na druhu použité modulace, kódovém poměru a době ochranného intervalu.

Koncové stupně vysílače musí splňovat zejména podmínku linearity a několikanásobné filtrace na výstupu (výstupní spektrum musí být značně potlačeno mimo kanál), proto se používají osmistupňové filtry ve výstupní části. Výsledná charakteristika má pak tvar jako na obrázku 14.



Obr. 14 – výstupní kmitočtová charakteristika vysílače DVB-T.

System DVB-T COFDM umožňuje také výstavbu takzvaných jednofrekvenčních sítí SFN (Single Frequency Network), kdy vysílače na území větších celků, například několika krajů vysílají stejný multiplex na stejném kmitočtu. Tím se nám opět ušetří vzácné kmitočtové spektrum. Tento systém klade ale vysoké nároky na stabilitu a synchronizaci vysílačů v dané síti. Tyto vysílače musí být synchronní v kmitočtu (tolerance kmitočtového odstupu jednotlivých nosných v módu 8k max. 1 Hz), synchronní v čase pomocí GPS, synchronní do posledního bitu, tj. vysílání stejných bitů na stejných nosných ve stejný okamžik ze všech vysílačů. Synchronizace se vytváří vložením paketu MIP do megarámce, který obsahuje všechna potřebná data pro SFN a její synchronizování pomocí družicového GPS.

Tímto jsme si pouze zjednodušeně představili základy digitálního vysílání DVB-T. Pro hlubší studium doporučuji literaturu například Ing. V.Víta – Televizní technika /díl A – přenosové soustavy/ nebo M.Legíře – Televizní technika DVB popřípadě J.Bednáře – Digitální televize. Zde se máte možnost seznámit i s dalšími variantami digitálního tv vysílání, například DVB-H nebo DVB-SH pro mobilní příjem (první využívá síť terestrických vysílačů, druhý je kombinací terestrického a satelitního příjmu), popřípadě Dalšími formáty DVB-C pro kabelové rozvody, DVB-IPTV a dalších variant. My jsme se pouze omezili na pozemní vysílání a v kapitole o satelitním příjmu se budeme ještě zabývat formátem DVB-S.

Nyní ještě pár krátkých poznámek o novém formátu komprese MPEG-4 a standardu DVB-T2, určenými pro HDTV vysílání a zavádění dalších interaktivních služeb jako jsou MHP o různých úrovních, se zpětným kanálem, umožňujícím například TeleBanking, sázení, email, internet, teleshopping a mnoho dalších služeb. Pro jednoduchost si uvedeme pouze základní vlastnosti a principy.



Současný systém DVB-T, využívající komprese pomocí MPEG-2 umožňuje přenášet v jednom multiplexu podle typu modulace (16-QAM nebo 64-QAM) až pět tv programů ve standardním rozlišení (se 720-ti vzorky na řádek). Při HD rozlišení, tj 1920 vzorků na řádek lze pomocí MPEG-2 komprese přenášet v multiplexu pouze jeden HD program. Proto se pro plnohodnotné HD vysílání (HD obraz, 5.1 prostorový zvuk) uvažuje přechod na kompresní formát MPEG-4, který umožňuje provádět ještě větší kompresi dat. Oproti standardu MPEG-2, využívajícího diskrétní kosinovou transformaci využívá MPEG-4 takzvanou metodu celočíselné transformace, která je pro výpočty jednodušší, neboť si při zachování dostatečné přesnosti vystačí s pouhým sčítáním binárních čísel. Na kompenzaci pohybu využívá MPEG-4 až pět snímků, takže kompenzace pohybu je přesnější –  $\frac{1}{4}$  pixelu oproti  $\frac{1}{2}$  pixelu u MPEG-2, dalším rozdílem je tzv. kódování v řezu, kdy se každý snímek rozloží a současně kóduje jako jeden nebo více řezů – jejich počet není konstantní. Také mezisnímkové kódování řezů znamená, že každý řez je vytvořen z většího počtu předchozích snímků. Další rozdíly jsou ve vytvoření pohybových vektorů z jednotlivých makrobloků v řezu, náhrada tzv. statistického entropického kódování slov o proměnné délce symbolu (VLC) složitějšími CAVLC a CABAC. Pakety, vytvořené ze signálů MPEG-4 jsou oproti paketům MPEG-2 rozděleny do dvou částí – první obsahuje koeficienty pro makrobloky a pohybové vektory, druhá poté zbývající data.

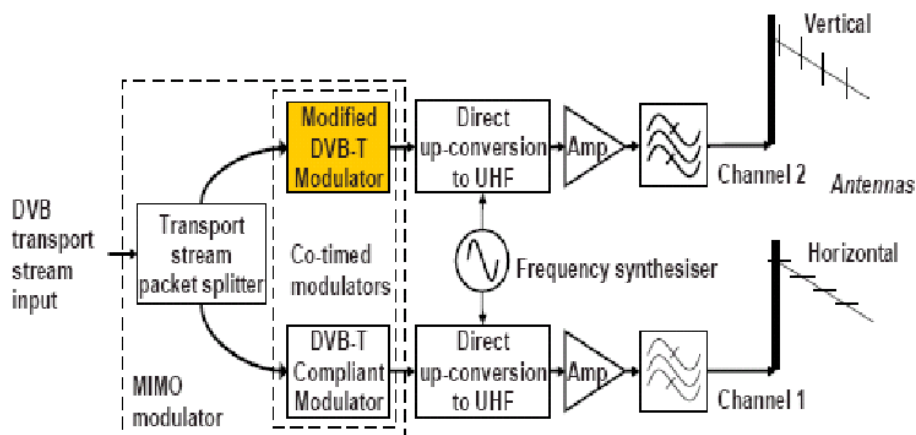
Se standardem MPEG-4 se počítá v nasazení pro DVB-H, DVB-IPTV, DVB-S2 (pro HDTV vysílání – až 4 tv programy v transpondéru) a konečně také v nové platformě pro pozemní tv vysílání DVB-T2.

Nutno dodat ještě dvě důležité poznámky :

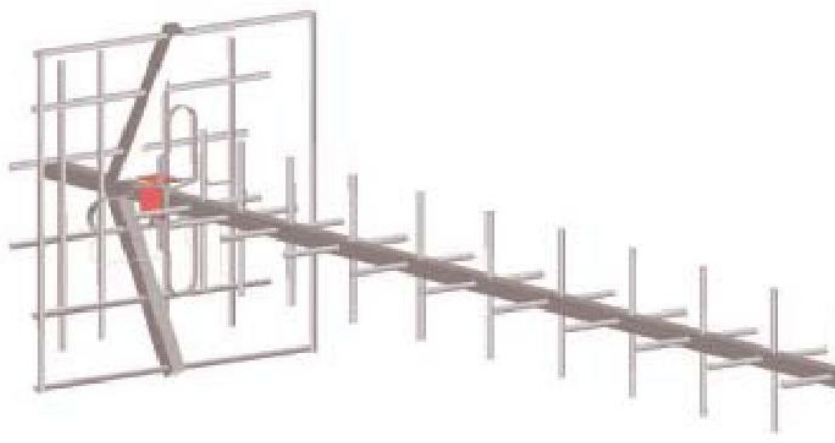
- Standard MPEG-4 je nekompatibilní se standardem MPEG-2 (pouze z něj vychází), takže na přijímačích a set-top boxech, určených pro dekódování MPEG-2 nelze dekódovat signál, zakódovaný v MPEG-4.
- Standard MPEG-4, který chtějí někteří vysílatelé prosadit jako jediný formát celoplošného vysílání, je zatím licencovaný formát oproti MPEG-2, takže se s jeho nasazením počítá u placených tv stanic. Při zavedení u veřejnoprávního vysílání nebo současných celoplošných tv stanic by vysílání v tomto formátu znamenalo zavedení nových „licenčních“ (obdoba koncesionářských) poplatků nebo navýšení stávajících, což ale není vyloučeno.

S plnohodnotným vysíláním ve formátu MPEG-4 se počítá až u nové platformy pro pozemní vysílání a příjem – DVB-T2. Tato nová platforma je založena na zvýšení přenosové kapacity kanálu jednak použitím modulací typu 256-QAM, oproti DVB-T módu FFT až 32k, rozšířený mód šířky pásma, možnost výběru z většího množství ochranných intervalů, efektivnější uspořádání rozptýlených nosných atd. Nejvýznamnější novinkou je vysílání s duální polarizací (MIMO), která dále zvyšuje kapacitu přenosu.

O tom, kdy a jak bude tento systém zaveden, kolují prozatím jen kusé informace, navíc mnohdy pouze obecného charakteru (podobně jako o zavedení DVB-T od roku 2002 – bude?, kdy?, jaký formát?, v jakém pásmu?, s jakou polarizací?, SFN?,.... odpovědi dala až praxe a postupné zkušenosti s provozem).



Obr. 15 – zjednodušené blokové schéma vysílače DVB-T2.



Obr. 16 – ukázka provedení antény pro DVB-T2.

Kam tohle všechno povede?

Samozřejmě, že MPEG-2 je již dost starý kompresní formát, i MPEG-4 bude překonán, již teď jsou k dispozici další verze a novější kompresní formáty. Jejich velká nevýhoda je mnohdy zpětná nekompatibilita, což může být do budoucna dosti velký problém. V budoucnu bude nutno zvolit určitý kompresní formát jako základ a případné nadstavby zpětně kompatibilní, jinak hrozí poměrně velká přehršel různých nekompatibilních formátů komprese. Toto bude muset být zvoleno také u způsobu terestrického vysílání – DVB-T x DVB-T2 a možná jiné.

S podmínkou slučitelnosti si analogová televize vystačila přes šedesát let, digitální ani ne rok. Není to kritika vývoje, měl by být ale standardizován i co do zpětné kompatibility, neboť každé nové změny znamenají také kompletní přestavbu jak vysílací, tak také přijímací strany a ochota přijímací strany nemusí být nekonečná...

## MHP - Multimedia Home Platform

Tato aplikace umožňuje použít set-top box nebo digitální přijímač i jiným způsobem. Současné set-top boxy umožňují pouze pasivní příjem doprovodných dat, jako je například EPG (Electronic Programme Guide – elektronický programový průvodce nebo-li televizní program, vysílající doprovodné textové informace o době trvání a obsahu právě vysílaného a následujících tv pořadů zvoleného programu), VPS, teletext aj.

Platforma MHP umožňuje širší užití set-top boxů v datové oblasti včetně zpětného kanálu pro komunikaci s providerem – poskytovatelem, kdy se divák může účastnit kvízů, hlasování, testů popřípadě objednávat zboží pomocí teleshoppingů atd.

Data MHP jsou cyklicky vysílána spolu s tv a rozhlasovými programy. Jednotlivé aplikace a data je po nahrání do paměti DVB přijímače možné následně spustit.

MHP se dělí na tři základní stupně :

MHP 1 – toto je pouze pasivní systém, tj. založený pouze na příjmu dat bez zpětného kanálu s možností jejich selektivního výběru (superteletext, HTML stránky, zpravodajský Tiber).

MHP 2 – tento profil již obsahuje zpětný kanál, (telef. linka, ISDN připojení, ...) a umožňuje se divákovi zúčastnit například hlasování, soutěží, kvízů, her, sázek, objednávání přes teleshopping atd.

MHP 3 – tento profil má již plnohodnotné datové připojení zpětného kanálu, zajišťující úplnou interaktivou včetně možností stahování dalších aplikací a dat po zpětném kanálu (e-mail, webbrowsing atd).

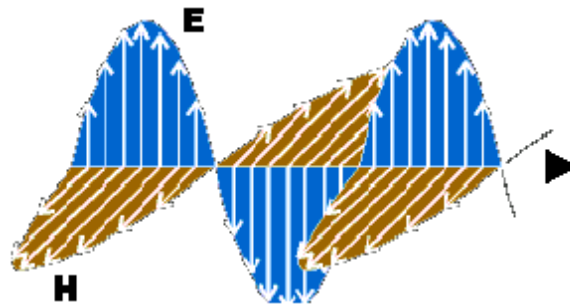
Přístroje, umožňující práci s MHP včetně, například prohlížení stránek internetu a psaní e-mailové pošty, jsou již dnes běžně k dispozici, ať již ve formě set-top boxů nebo integrovaných IDTV televizorů. Pouze ovládání pomocí dálkového ovladače je poněkud krkolomné a zdržující, připomínající spíše práci s sms texty mobilního telefonu než pohodlné ovládání. Možné vylepšení by přinesla například podpora bezdrátových klávesnic a elektronických myší běžných počítačů, což by bylo významné plus.

Další otázkou však zůstává nutnost dalšího „paralelního“ systému, to znamená běžné domácí PC s internetovým připojením kontra set-top box nebo IDTV přijímač? Vložit do počítače DVB kartu nebo vytvořit z televizoru počítač?? Necháme se překvapit, jistotou je, že během roku 2010 dojde například v USA ke spuštění první 3D televizní stanice, co bude dál??

## 3. Elektromagnetická vlna, Šíření elektromagnetických vln

### 3.1 Elektromagnetická vlna

Vysokofrekvenční elektrický signál je pomocí antény coby měniče vyzářen do okolí v podobě elektromagnetického pole, které je charakterizováno neoddělitelným společným působením dvou složek, a to polem elektrickým **E** a polem magnetickým **H**, obě složky jsou vektorového charakteru, tzn. mají velikost i směr působení. Toto pole se šíří v kulových vlnoplochách prostorem od vysílací antény. Ovšem ve vzdálenosti od antény větší, než je vlnová délka záření, lze uvažovat o rovinné rádiové vlně, jejíž popis a rozbor je jednodušší. Zde poté platí, že vektor intenzity elektrického pole **E** je kolmý k vektoru intenzity magnetického pole **H** a zároveň jsou kolmé ke směru šíření (viz obrázek níže). Intenzita elektrického pole **E** se udává v jednotkách V.m , intenzita složky **H** (magnetického pole) v jednotkách A.m.



Obr. 1 - model vertikálně polarizované elektromagnetické vlny

Z obrázku je patrné, že se velikost složek **E** a **H** periodicky mění od maxima v jednom směru přes nulovou hodnotu do maxima v druhém směru. Vzdálenost mezi dvěma shodnými maximy se nazývá vlnová délka  $\lambda$  (lambda). Je to vlastně dráha, kterou urazí elektromagnetická vlna v prostředí za dobu jedné periody vysokofrekvenčního proudu ve vysílací anténě.

Obecný vztah pro výpočet vlnové délky známý z fyziky:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

kde  $c$  je rychlost šíření v daném prostředí a  $f$  je frekvence vlnění.

Pro vysokofrekvenční techniku při dané rychlosti šíření vlnění ve vakuu (atmosféře) 300 000 km/s lze vzorec zjednodušit takto :

$$\lambda = \frac{300}{f}$$

kde  $f$  je frekvence vlnění a dosazujeme ji v MHz, vlnová délka bude poté v m (metry). Elektromagnetické vlnění se tedy šíří od antény rychlostí světla tj. 300 000 km/s (ve vakuu a odvozeně i v atmosféře).

Velikosti složek  $\mathbf{E}$  a  $\mathbf{H}$  jsou přímo úměrné a poměr  $\mathbf{E}$  k  $\mathbf{H}$  udává vlnový odpor prostředí, kterým se elektromagnetická vlna šíří (obdoba Ohmovu zákona).

$$Z = \frac{\mathbf{E}}{\mathbf{H}} \quad (\Omega, \text{V.m}, \text{A.m})$$

Pro vzduch je hodnota vlnového odporu prostředí  $377 \Omega$  ( $120\pi$ ).

Elektromagnetickou vlnu je pak možno popsat dvěma hodnotami - vlnovou délkou a efektivní hodnotou složky  $\mathbf{E}$  v jednotkách  $\mu\text{V/m}$ .

Výpočet intenzity elektromagnetického pole pomocí tzv. Poytingova vektoru  $\mathbf{p}$  (pro rovinnou vlnu, kde jsou vektory  $\mathbf{E}$  a  $\mathbf{H}$  navzájem kolmé) podle vzorce

$$\mathbf{p} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} \quad (\text{V.m} \times \text{A.m} = \text{W/m}^2)$$

Budeme-li počítat s efektivními hodnotami obou složek polí, dostaneme efektivní hodnotu intenzity toku energie elektromagnetického pole v daném místě prostoru

$$p_{\text{ef}} = \mathbf{E}_{\text{ef}} \times \mathbf{H}_{\text{ef}}$$

Efektivní hodnota Poytingova vektoru v daném místě prostoru závisí na výkonu, dodávaném vysílačem do vysílací antény, na zisku této antény a na vzdálenosti mezi vysílací anténou a sledovaným bodem.

V ideálním případě, kdy je přenos uskutečněn pouze vlnou přímou pro výpočet intenzity elektrické složky pole v dané vzdálenosti přijímací antény od antény vysílací, vycházíme ze základní rovnice rádiového přenosu :

$$E_{ef} = \frac{\sqrt{60 PG}}{r}$$

kde :

P je výkon vysílače, dodávaný do antény (W)

G je zisk vysílací antény (dB)

r je vzdálenost sledovaného místa od vysílací antény (m)

Pro pásmo velmi krátkých a ultrakrátkých vln ve vzdálenostech větších než  $r = 4h_1h_2/\lambda$  začíná oblast s monotónně klesající intenzitou pole a je-li oblast zhruba rovinná, lze přibližně spočítat intenzitu složky E horizontálně polarizovaných vln podle upravené rovnice rádiového přenosu :

$$E_{ef} = \frac{2,77 h_1 h_2 \sqrt{PG}}{\lambda r^2}$$

kde :

$h_1$  a  $h_2$  jsou výšky antén (m)

$\lambda$  vlnová délka (m)

r vzdálenost antén (km)

PG efektivní vyzářený výkon vysílače (kW)

$E_{ef}$  efektivní intenzita E složky (mV/m)



Poloha natočení vektoru **E** (a tím i antény) vzhledem k natočení k zemskému povrchu nám určuje polarizaci elektromagnetické vlny, je-li složka **E** rovnoběžná k zemskému povrchu, jedná se o polarizaci horizontální H, je-li kolmá k zemskému povrchu, jde o polarizaci vertikální V.

Podle délky vlny dělíme elektromagnetické vlny takto :

	$\lambda$	f	zkratka cz	anglická
myriametrové vlny	10 000 - 100 000 m	3 kHz - 30 kHz	VDV	VLW
kilometrové	1 000 - 10 000 m	30 kHz - 300 kHz	DV	LW
hektometrové	100 - 1 000 m	3 MHz - 300 kHz	SV	MW
dekametrové	10 - 100 m	30 MHz - 3 MHz	KV	SW
metrové	1 - 10 m	300 - 30 MHz	VKV	VHF
decimetrové	0,1 - 1 m	3 GHz - 300 MHz	UKV	UHF
centimetrové	0,01 - 0,1 m	30 GHz - 3 GHz	SKV	SHF
milimetrové	1 - 10 mm	300 - 30 GHz		

DV - dlouhé vlny - Long Wave (radio vysílání)

SV - střední vlny - Medium Wave (radio vysílání)

KV - krátké vlny - Short Wave (radio vysílání)

VKV - velmi krátké vlny - Very High Frequency (radio a TV vysílání)

UKV - ultra krátké vlny - Ultra High Frequency (TV vysílání)

SKV - super krátké vlny - Super High Frequency (satelitní vysílání)

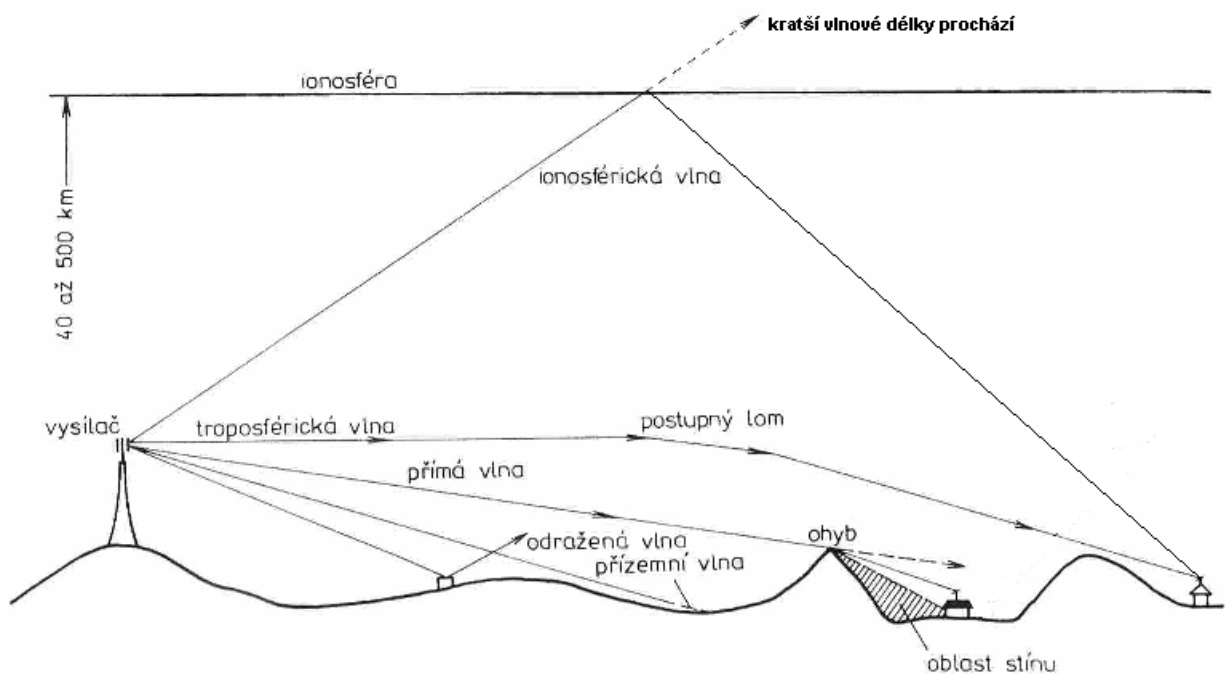
Jednotlivé druhy elektromagnetických vln se liší navzájem svými vlastnostmi a způsobem šíření, například jevy, se kterými se setkáme u vln delších vlnových délek (např. odraz od ionosféry nebo vliv sluneční aktivity na šíření vlnění v pásmech SV) se již u kratších vlnových délek neuplatňují.

Toto je pouze zjednodušený popis elektromagnetické vlny a jejího šíření, samotný matematický popis je velmi složitý a přesahoval by rozsah této publikace, mapy pokrytí s předpokládanou intenzitou  $E_{ef}$  vycházejí mnohdy z empirických odvození, měření a speciálních počítačových 3D modelů krajiny. Navíc dochází k ovlivnění různými faktory, jako je počasí, sluneční aktivity, měnící se profil terénu atd.

## 3.2 Šíření elektromagnetických vln

Elektromagnetické vlnění se šíří od vysílací antény do prostoru pomocí vlny přímé - ta má pro příjem největší význam, její dosah se zvětšuje postupným lomem v nevodivých vrstvách atmosféry s různým indexem lomu (tzv. troposférický lom) nebo ohybem na ostré překážce. Šíření na velké vzdálenosti pomocí ionosférické vlny se uplatňuje u nízkých kmitočtů (pásma DV, SV a spodní pásma KV), se zkracující se vlnovou délkou již elektromagnetická vlna vrstvou ionosféry proniká a již se neuplatňuje. Přízemní vlna, která se šíří podél zemského povrch (někdy označována jako povrchová vlna) má v horních kmitočtových pásmech omezený dosah a zaniká v tím kratší vzdálenosti od vysílače, čím vyšší má kmitočet.

Kromě přímé vlny může na přijímací anténu dopadat i vlna odražená - odrazy od okolních překážek (s rozměry srovnatelnými s délkou vlny), zemského povrchu, kopcovitého terénu, okolních staveb, ... pak se v místě příjmu vytváří tzv. oscilační pole - místo se zesíleným nebo zeslabeným signálem, toto platí ale pro území kolem vysílače zhruba do 10 km. Ve větších vzdálenostech vytvářejí odražené vlny při analogovém televizním příjmu v obraze tzv. "duchy", které jsou zapříčiněny kromě signálu z vlny přímé ještě dopadem časově zpožděného signálu (delší dráha odražené vlny) na přijímací anténu. U rozhlasového vysílání se neuplatňují a u televizního digitálního vysílání je tomu zamezeno tzv. ochrannými intervaly (odrazy by nezpůsobily degradaci obrazu jako u analogového příjmu, ale fázový posun by způsobil úplné znemožnění příjmu).



Obr. 2 – šíření elektromagnetických vln v terénu.

## **Vliv meteorologických podmínek**

Meteorologické podmínky mají vliv na relativní dielektrickou konstantu prostředí, kterou ovlivňuje tlak, teplota a vlhkost (tedy vodivost prostředí) a navíc se tyto hodnoty mění také s nadmořskou výškou. Toto všechno má poté vliv na výsledný ohyb a lom elektromagnetické vlny a na její šíření.

Můžeme se tedy setkat s jevy jako změny intenzity elektromagnetické vlny v závislosti na změně počasí, v pásmech satelitního vysílání (Ku pásmo 10 - 12 GHz) dokonce s vlivy tzv. absorpce a přídatným útlumem, způsobeným deštěm, sněhem nebo mlhou, který je vysvětlován indukováním posuvných proudů v kapkách vody zejména na vyšších frekvencích, kdy navíc tato indukovaná energie v kapkách působí jako sekundární zdroj a dochází k rozptylu energie.

## 4. Požadavky na úroveň signálu

Každý anténní rozvod má zajistit účastníkům dobrý příjem televizních vysílačů I až V tv pásma a rozhlasových vysílačů v pásmu FM - II (AM v pásmech DV, SV a KV se již v rozvodu nedistribuuje, hodnoty jsou uvedeny pouze pro informaci). Přijímaný signál má být nerušený a s úrovní a kvalitativními požadavky na výstupním bodě, stanovenými normou ČSN EN 50083 a novější ČSN EN 60728 s účinností od roku 2009. Dříve tyto podmínky stanovovala ČSN 36 7211, která řešila také distribuci signálů s AM modulací a tv příjem pouze analogový, jednotlivé úrovně se ale od nových norem v mnohém nelišily. Při návrhu a realizaci rozvodu musí být tyto hodnoty dodrženy a jejich dosažení docílíme správným výpočtem tzv. energetické rozvahy rozvodu a správnou volbou komponentů rozvodu.

Pásmo	analogové vysílání		DVB-T	
	minimální	maximální	minimální	maximální
DV,SV	38 (80 $\mu$ V)	74 (5mV)	-----	-----
VKV mono	40 (100 $\mu$ V)	70 (3,16mV)	-----	-----
VKV stereo	50 (300 $\mu$ V)	70 (3,16mV)	-----	-----
TV I - IIIp.	60 (1mV)	80 (10mV)	45 dB $\mu$ V	74 dB $\mu$ V
STVI+II	60 (1mV)	80 (10mV)	45 dB $\mu$ V	74 dB $\mu$ V
TV IV+V	60 (1mV)	80 (10mV)	45 dB $\mu$ V	74 dB $\mu$ V

(signál na zátěži 75 Ohm, pouze AM rozhlas se uvažuje 2500 Ohm)

V zásuvce účastníka by se neměly úrovně signálu jednotlivých TV stanic výrazněji lišit, ale měly by mít všechny shodnou úroveň. Toho se dosáhne zeslabením silnějších a zesílením slabších signálů, popřípadě použitím náklonových členů, je-li útlum způsoben frekvenční závislostí tak, aby pokud možno byly ve stejném kvalitativním stupni a nedocházelo k výrazně viditelným rozdílům mezi silnými a slabými signály.

Maximální rozdíl úrovní mezi tv kanály na výstupním bodě (zásuvce) musí být v pásmu 47 - 862 MHz maximálně 12 dB, pro sousední kanály maximálně 3 dB.

Minimální úrovně signálů DVB jsou odlišné podle použité modulace (16-QAM nebo 64-QAM) a kódového poměru (konvoluční kód).

minimální úrovně na výstupním bodě v dB $\mu$ V podle typu modulace a úrovně protichybového zabezpečení

kód. poměr	16 - QAM	64 - QAM
1/2	32	42
2/3	36	45
3/4	39	48
5/6	42	51
7/8	45	54

Podle této tabulky je vidět nejenom vliv úrovně protichybového zabezpečení na potřebnou minimální úroveň - pro nejvyšší úroveň zabezpečení 1/2 postačuje minimální úroveň pro bezchybný příjem již 32 dB $\mu$ V při modulaci 16-QAM, kdežto při nejnižší úrovni zabezpečení je to o 13 dB $\mu$ V více. Také u 64-stavové QAM modulace je požadavek o cca 10 dB $\mu$ V vyšší úrovně pro bezchybný příjem, než 16-ti stavové QAM.

Pro posouzení kvality signálu se zavedla pro analogové tv vysílání mezinárodní rozhlasovou unií (EBU) tato stupnice : (má význam **pouze** u analogového tv přenosového řetězce).

stupeň	odpovídá úrovni	kvalita obrazu	hodnocení obrazu
5A	60 dBuV	velmi dobrá	nepozorovatelné zkreslení ani šum
4A	53 dBuV	dobrá	právě pozorovatelný šum
3A	47 dBuV	ještě dobrá	pozorovatelný šum, neruší
2A	40 dBuV	špatná	špatný ale rozeznatelný obraz
1A	37 dBuV	nepoužitelný	nepoužitelný obraz

Signály pod úroveň 40 dBuV u analogového tv příjmu nemá smysl zesilovat, neboť nám klesá také odstup signálu od šumu (poměr signál/šum) a i zesílený signál bude značně zrnitý.

Z této tabulky je ale velmi dobře vidět, jakého kvalitativního stupně a jakého hodnocení obrazu by v analogovém příjmu dosahoval signál, potřebný pro bezchybný příjem DVB například s modulací 16-QAM při zabezpečení 2/3.

## Další kvalitativní parametry signálu

Odstup signálu od šumu ( $s/\bar{s}, s/n$ ) obecně je definován jako poměr úrovně signálu k efektivní hodnotě šumu, vyjadřuje se v dB. V tv a anténní technice se používá spíše označení nosná/šum nebo-li úroveň nosné (v analogové tv technice obrazové nosné) k úrovni šumu C/N (Carrier to Noise).

Je-li signál s velmi malou úrovní, zhoršuje se také tento odstup, signál obsahuje šumovou složku (přibližuje se jeho úroveň šumové úrovni), zesílením takového signálu se nám nezlepší odstup signálu od šumu, ale přidáme k němu naopak vlastní šum zesilovače (zvýší se šumová hladina).

Ve výstupním bodě rozvodu (zásuvce) musí být zachována minimální hodnota odstupu nosná/šum :

### analogový příjem ( C/N )

- |                               |         |
|-------------------------------|---------|
| - pro TV signál mono i stereo | ≥ 44 dB |
| - pro VKV FM mono             | ≥ 38 dB |
| - pro VKV FM stereo           | ≥ 48 dB |

### DVB-T příjem ( C/N )

	kód. poměr	C/N
- pro TV signál COFDM 8k, 64-QAM	1/2	≥ 23 dB
	2/3	≥ 27 dB
	3/4	≥ 29 dB
	5/6	≥ 31 dB
	7/8	≥ 33 dB

	kód. poměr	C/N
- pro TV signál COFDM 8k, 16-QAM	1/2	≥ 18 dB
	2/3	≥ 21 dB
	3/4	≥ 23 dB
	5/6	≥ 26 dB
	7/8	≥ 28 dB

Bitová chybovost BER (Bit Error Ratio) musí být pro každý DVB signál nižší než  $10^{-4}$  před Reed-Solomon dekodérem.

Modulační chybovost MER (Modulation Error Ratio) nesmí být pro žádný DVB signál nižší než 26 dB.

Fázový neklid (Phase Jitter) nesmí pro žádný DVB signál při COFDM modulaci přesáhnout  $\pm 5^\circ$ .

Tyto hodnoty jsou doporučeny přímo normou ČSN EN60728 – díl 1 a slouží jako vodítko pro posouzení kvality a parametrů signálů, praktické měření a minimální požadavky při těchto měřeních pro zajištění dlouhodobého bezchybného příjmu jsou shrnuty v kapitole „Měření v rozvodech DVB“.

## 5. Měření v anténních rozvodech

### 5.1 Měření v analogových tv rozvodech

Měření v analogových televizních anténních rozvodech bylo zaměřeno zejména na vyhledání nejvhodnějšího místa pro stanoviště antény měřením úrovně signálu a jeho analýzu z hlediska odrazů. Starší typy měřících přijímačů tzv. anténních analyzátorů umožňovaly pouze měření intenzity signálu při ručním nebo automatickém proladování pásma. Samotné posouzení kvality výsledného obrazu se provádělo na kontrolním monitoru s AV vstupem pro demodulované signály z měřícího přijímače nebo pomocném televizoru. Novější konstrukce těchto přijímačů - analyzátorů již obsahovaly vestavěný monitor, kdy zároveň bylo možno zhlédnout co do vizuální kvality naladěný signál, u některých typů se objevila u funkce spektrogram, kdy se na obrazovce monitoru zobrazil při režimu scan tj. postupném proladování celého pásma nebo jeho části graf, kdy na vodorovné ose je proladované pásmo a na svislé ose intenzita signálu (princip je podobný jako snímání křivky neznámého laděného obvodu pomocí osciloskopu a rozmítaného generátoru, kdy funkci osciloskopu zastává monitor s vyhodnocovacími obvody a funkci rozmítaného generátoru postupně přeladovaný vstupní díl analyzátoru). Vybavenější přístroje uměly měřit odstup signálu od šumu i lokalizovat závady v rozvodu jako odrazy a zkraty vysláním impulsů k tomuto zkratu a vyhodnocením odrazu včetně určení vzdálenosti k tomuto zkratu. Dříve k tomuto účelu musel být samostatný přístroj.



Obr. 1 – jednodušší přístroj firmy Marco Polo



## 5.2 Měření v rozvodech DVB

V rozvodech DVB se ale již s těmito základními parametry měření nemůžeme spokojit. Jsou zde kladené vyšší nároky na kvalitu signálu i samotných anténních rozvodů, které svou nesprávnou funkcí, která nijak viditelněji nezhoršovala kvalitu analogového příjmu mají pro digitální příjem fatální důsledky. Musí se zde sledovat plno nových věcí jako chybovost, konstelační diagram, měření chyby modulace po jednotlivých nosných (MER), echo a podobně.

S těmito měřeními a jejich užitím se podrobněji seznámíme. Budou nás zajímat hlavně měření, nutná pro výstavbu, rekonstrukce a údržbu anténních rozvodů od individuálního po skupinový příjem.

Základním parametrem pro bezvadný příjem DVB-T je dostatečná úroveň signálu v místě příjmu, což předpokládá pokrytí signálem z okolních vysílačů. V neznámé lokalitě a zejména na místech s menším osídlením je nutno se nejprve orientovat podle map pokrytí signálem příslušného multiplexu, jejichž emitentem jsou České radiokomunikace s.p. popřípadě ČTÚ. To je důležité zejména na hraničních pásmech mezi sousedními kraji, kde se může stát, že „krajově příslušný“ vysílač nemá již v této oblasti dostatečné pokrytí a naopak vysílač sousedního kraje tuto oblast spolehlivě pokrývá.

Poté přistoupíme k vlastnímu měření, jako měřicí anténu použijeme nejlépe logaritmicko-periodickou anténu, která v celém pásmu vykazuje kmitočtovou nezávislost zisku oproti anténám konstrukce Yagi.



velmi jednoduché ovládání a měření s přístroji Promax

Poté provedeme vlastní měření v místě uvažovaného stanoviště stožáru antén. Je docela možné, že toto uvažované stanoviště budeme muset změnit z důvodů například znehodnoceného signálu, nepoužitelného pro příjem atd. Z tohoto důvodu ale měření provádíme, abychom mohli budoucí anténní soustavu umístit do optimálních příjmových podmínek. Tam, kde se jedná o rekonstrukci stávajících anténních rozvodů, například systémů STA v bytových domech je již stožár s anténami vhodně umístěný, měřením zjišťujeme stav a způsobilost antén k příjmu, popřípadě při jejich výměně optimální zjištění polohy (výškové umístění) a nasměrování antény.

Velmi vhodné je třeba i měření pomocí funkce echo pro lokalizaci odrazů nebo příjmu zpověděných signálů, způsobeným vysílači SFN.

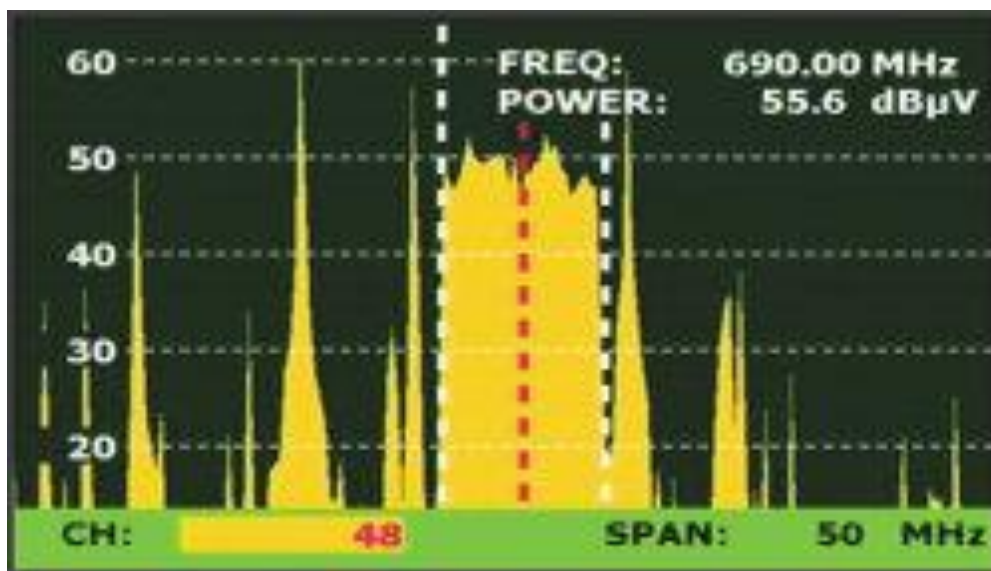
Po nastavení a měření samotných antén je důležité ověření a nastavení výstupních úrovní zesilovačů, sledování kvalitativních parametrů signálu DVB po zesílení (nedochází-li ke znehodnocení DVB signálu například fázovou chybou, nelinearitou, intermodulačními produkty při přebuzení, interferencemi atd). Dále následuje měření v celém rozvodu signálů, ověření minimálních a maximálních úrovní u nejvzdálenějšího a nejbližšího účastníka, zjišťování závad v tomto rozvodu, tvořených například zvýšeným útlumem nebo odrazy od impedančních nepřizpůsobení a zkratů, ověření schopnosti celého rozvodu šířit signál DVB bez zhoršení parametrů například vlivem pronikání rušivých okolních vlivů do rozvodu (těsnost rozvodu) atd.

Jak tedy vidíme, měření v anténní technice a zejména v digitální anténní technice je velmi důležité, kdy pro zajištění bezchybného příjmu musíme sledovat mnoho parametrů. Na následujících stránkách se s nimi seznámíme a uvedeme si také doporučené minimální/maximální hodnoty u jednotlivých měření.

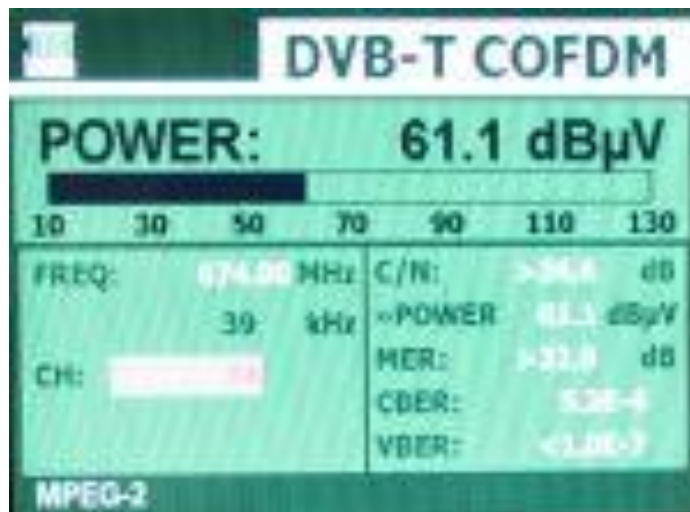
**Úroveň signálu - power** - toto měření můžeme provést buď v režimu spektrální analýzy nebo měřením přímo na již vybraném kanálu. Režim spektrální analýzy je vhodný vždy na začátku měření v neznámé lokalitě, kdy se seznámíme se všemi zachycenými vysílači a úrovněmi jejich signálů. Zobrazí se nám všechny zachycené signály, pocházející z analogových nebo digitálních vysílačů v daném pásmu nebo jeho části, ale i zdroje možného rušení.

Režim měření na kanálu je vhodný při sledování pokrytí již vybraného kanálu a přesnější směřování a nastavení antény na příslušný vysílač. Vysílá-li jeden vysílač například tři multiplexy se stejným výkonem ale na různých kanálech, provádíme nastavení antény podle signálu nejslabšího z nich. (proč nejslabší úroveň, jsou-li vysílány se stejným výkonem ze stejného vysílače pouze na různých kanálech? Důvodem je právě jejich různý kmitočet a šíření signálu prostředím, kdy směrem k vyšším kmitočtům narůstá vliv prostředí na šíření elektromagnetických vln, zejména útlumu).

Pro správné nastavení antény není hlavním hlediskem maximální úroveň (může se jednat o signál sice s velkou úrovní, ale jinak znehodnocený), ale zejména kvalita signálu s minimální chybovostí. Doporučené hodnoty úrovní jsou mezi 40 - 70 dBuV (hodnota 70 dBuV je brána jako maximální úroveň signálu DVB u účastníka - dána normou, poté může docházet k přebuzení vstupního dílu set-top boxu a tím i například zablokování s chybovou hláškou i když je konstruován pro určitou rezervu do úrovně zpravidla 80 dBuV, dolní hranice - minimální úroveň je dána hodnotou 45 dBuV a opět některé set-top boxy jsou schopné pracovat při signálu již 35 dBuV.

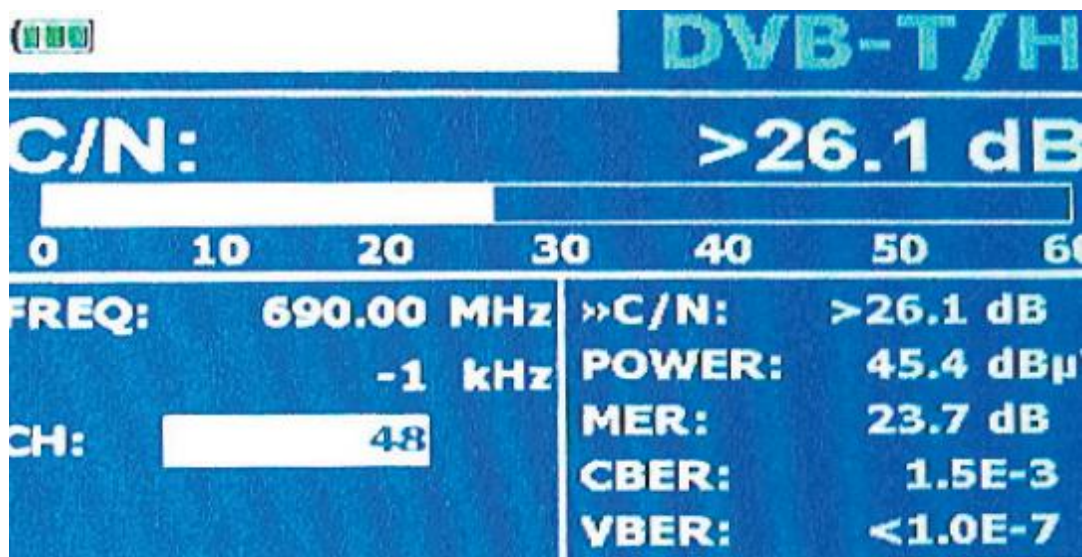


Obr. 2 - ukázka obrazovky měřicího analyzátoru Promax Prolink při spektrální analýze.



Obr. 3 - měření úrovně signálu a jeho základních parametrů  
(měření na zvoleném kmitočtu - kanálu)  
Analyzátor Promax Prolink 5.

**poměr C/N - nosná/šum - (carrier to noise)** měření poměru úrovně nosné k úrovni šumu toto měření bylo důležité zejména v analogové televizi, kde nám udávalo kvalitu samotného signálu („zazrněnost“), v DVB má vliv na správné zpracování a dekodování signálu a jeho minimální hodnota je odvislá od typu modulace jednotlivých nosných COFDM a kódovém poměru. Robustnější typ modulace 16 QAM, používaný například v SRN a Rakousku (robustnější ve smyslu větší odolnosti - menší náchylnosti proti vnějším vlivům), má při kódovém poměru 3/4 požadavek na minimální hodnotu 22 dB. Modulace jednotlivých nosných, která se používá v ČR je však 64 QAM a její požadavky jsou vlivem menší robustnosti při kódovém poměru 2/3 o zhruba 4 dB vyšší, tj. minimálně 26 dB.



Obr. 4 - ukázka měření poměru C/N pomocí přístroje Promax.



**měření bitové chybovosti BER** - Bit Error Ratio - toto měření chybovosti se skládá :

- z měření bitové chybovosti před dekodérem FEC (forward error correction, před dekodérem Viterbi), označovaném na přístrojích zpravidla jako BER BEFORE FEC nebo CBER, popř. CH-BER.

- z měření bitové chybovosti BER za Viterbi dekodérem označovaném jako BER AFTER VITERBI nebo VBER, popř. PV-BER - před dekodérem Reed-Solomon.

- z monitorování počtu chybně přijatých paketů po opravné korekci v Reed-Solomon dekodéru, označeném jako WP (Wrong Packets).

Chybovost BER v digitálních soustavách obecně - je dána poměrem počtu chybně přijatých bitů z celkového počtu vyslaných bitů a udává se ve tvaru např.  $2 \cdot 10^{-6}$ , to je 2 chybné bity na 1 000 000 vyslaných bitů.

**BER BEFORE FEC /CBER,CH-BER/** - toto měření dává informaci o chybovosti přenosové cesty, udává počet přijatých chybných bitů z N počtu přijatých bitů ještě před opravnou korekcí. Přístroje ji zobrazují pomocí čísla, například ve tvaru  $1.6 \cdot 10^{-3}$  (to znamená 1,6 vadných bitů z každých 1 000 přijatých bitů) a pomocí sloupcového ukazatele bargraph. Dosažení co možná nejnižšího čísla chybovosti CBER je zárukou bezchybného příjmu DVB-T. Tohoto dosáhneme optimálním nastavením polohy antény tak, aby tato CBER byla co nejnižší.

Hraniční hodnota pro příjem je  $10 \cdot 10^{-2}$ , pod kterou by neměla klesnout (optimálně  $10 \cdot 10^{-3}$  a nižší).



Obr. 5 – měření CBER přístrojem Promax.

**BER AFTER VITERBI /VBER, PV-BER/** - toto měření je další kvalitativní ukazatel příjmu DVB.

Vyjadřuje chybovost za Viterbiho dekodérem a je dána jako poměr mezi počtem chybných bitů po první korekci z N počtu vyslaných bitů.

Ideální hodnota při bezchybném příjmu je menší jak  $1E-7$ . Narůstá-li však chybovost příjmu na straně před dekodérem (CBER) a blíží-li se zlomovým hodnotám, dekodér již není schopen odstranit všechny chyby přenášených informací a začíná narůstat i chybovost na jeho výstupu.

Na této stupnici je definována hodnota QEF (Quasi Error Free - téměř bezchybný přenos), která je zlomovým bodem stability příjmu. Tato hodnota odpovídá chybovosti  $2E-4$ , to je 2 chybné bity na každých 10 000 bitů. Za touto hranicí dochází již k takzvanému efektu kostičkování-pixelizace, zamrzním obrazu, vadami zvukového doprovodu, projevujícími se tzv "štěkáním" až po takzvaný "cliff effect" - úplnou ztrátu příjmu. Bezpečná hodnota pro zajištění stabilního příjmu u zákazníka by se měla pohybovat v hodnotách min.  $2E-6$  (čím nižší hodnota, tím lépe).



Obr. 6 – měření VBER přístrojem Promax.

**WP /WRONG PACKETS/** - toto měření se uskutečňuje za Reed-Solomonovým dekodérem v případě kvalitního příjmu při BER < 1E-7. Při tomto monitorování transportního toku se vypisují jednotlivé chybné pakety s jejich názvy včetně doby trvání této chyby z doby měření. Můžeme podle nich identifikovat prioritní chyby jako ztrátu synchronizace transportního toku TS\_sync\_loss, nesprávnou hodnotu synchronizačního byte Sync\_byte\_err nebo chyby PAT\_err, (při výpadku PID delší jak 0,5s - identifikační data paketu). Poslední je Transport\_err signalizující chyby přenosu.

Ne všechny přístroje však toto měření umožňují, pro běžnou "anténářskou" praxi je méně důležitý, uplatnění však nalezne při měření na vysílací straně a v uzavřených distribučních okruzích, kde servisní technici mohou tyto chyby blíže analyzovat.



Obr. 7 - přístroj Promax Prolink premium s tabulkou WP.



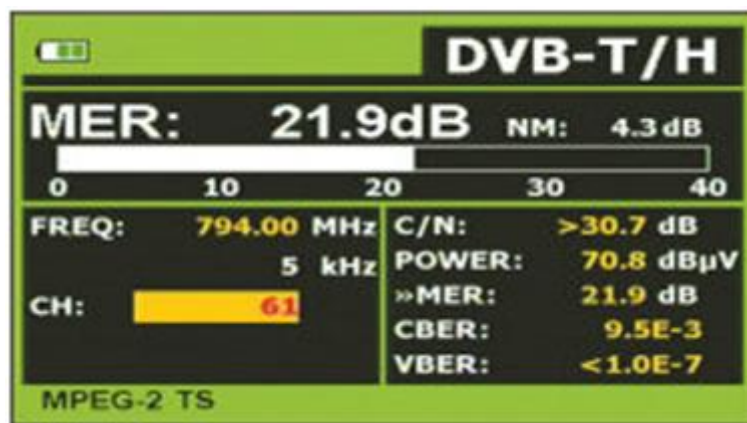
**měření modulační chybovosti MER** - Modulation Error Ratio - toto měření je hned vedle měření BER další důležitý ukazatel kvality DVB signálu a úzce s ní souvisí, závisí na něm totiž výsledná chybovost signálu. Měření MER analyzuje chybu digitální modulace nosných vyhodnocením chybových vektorů. Je dáno zjednodušeně jako poměr mezi součty druhých mocnin ideálních symbolových vektorů a součtem druhých mocnin chybových symbolových vektorů na jedné nosné. Hodnota MER je pak udávána jako výkonový poměr v dB.

Výsledné měření MER je dáno jako průměr z měření MER jednotlivých nosných v kanálu, což má ale za nevýhodu to, že se některé chyby v poklesech a vzestupech jednotlivých nosných zprůměrují a i když výsledné číslo je v toleranci pro dobrý příjem, výsledkem je nepoužitelný, pixelizující obraz.

Příčinu tohoto jevu jsme schopni odhalit až měřením MER-C (MER po nosných), které je popsáno dále.

Hodnoty MER pro modulaci 64-QAM (vysílání v ČR) je optimálně  $\geq 25$  dB pro dlouhodobě bezchybný příjem (minimálně 22 - 24 dB, kdy 22 dB je zlomová hodnota), pro modulaci 16-QAM (SRN, Rakousko) poté  $\geq 19$  dB (minimálně 16 - 18 dB).

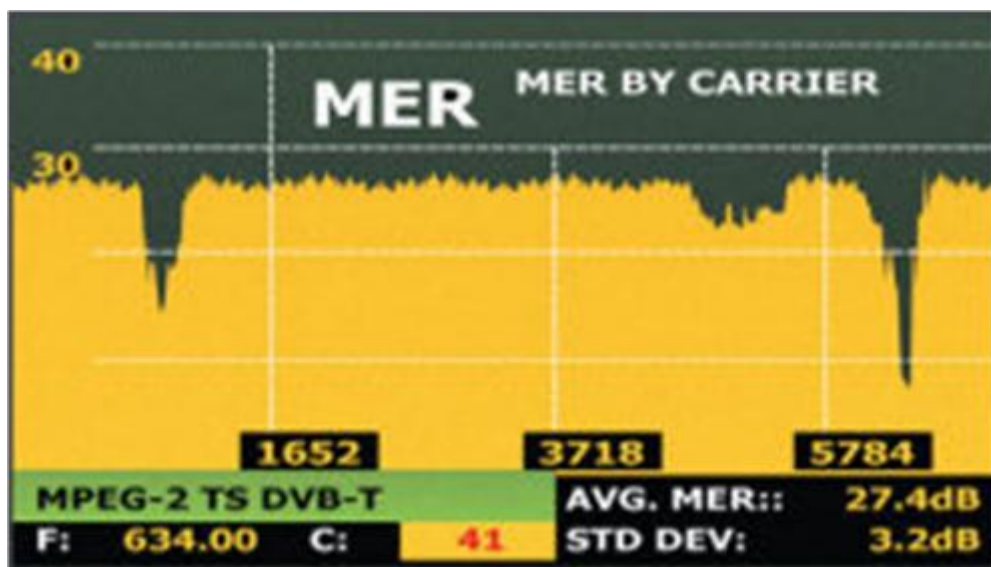
Údaj NM (Noise Margin) je odstup šumu, zjednodušeně řečeno rezerva do bodu zlomu QEF a pro bezchybný příjem by měla být alespoň  $\geq 4$  dB.



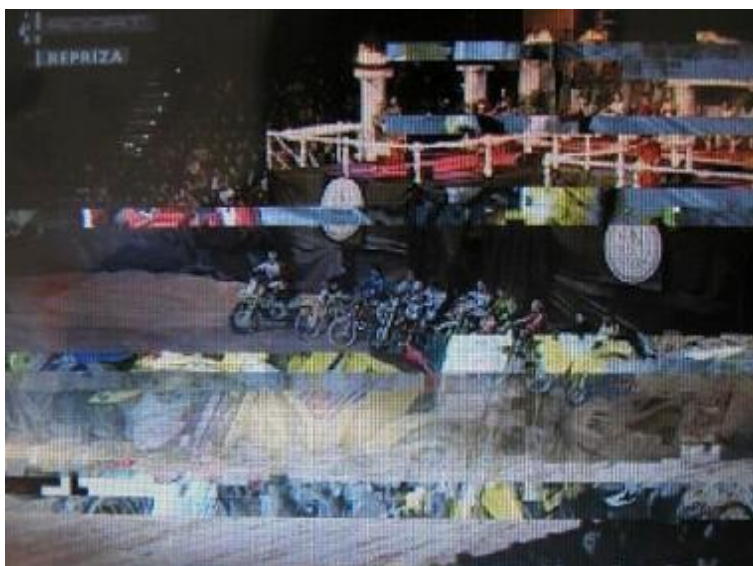
Obr. 8 – ukázka měření MER s přístrojem Promax Explorer.

**MER by CARRIER** - měření modulační chybovosti jednotlivých nosných (měření po nosných).

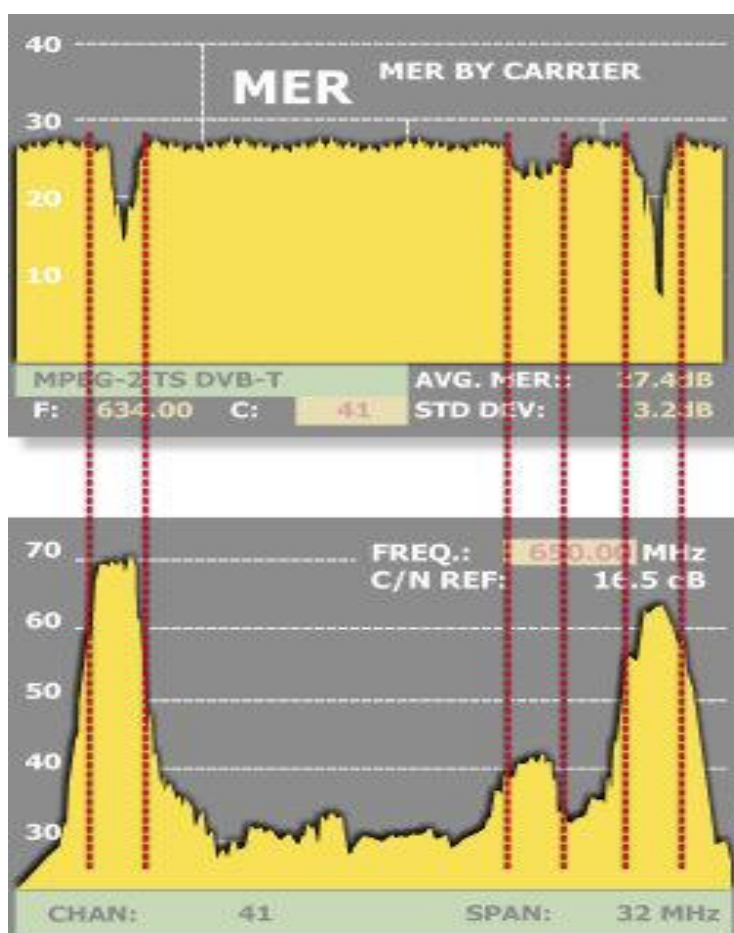
Toto měření oproti samotnému měření MER, které je výsledným průměrem měření chybovosti na jednotlivých nosných, zobrazené jen jako číslo nebo jednoduchý bargraph, umí MER po nosných zobrazit chybovost jednotlivých nosných samostatně ve spojitém grafu, což je zejména výhodné při lokalizaci tzv. „maskovaných“ rušení, kdy sice máme výbornou úroveň signálu DVB-T i MER v toleranci, ale na stejném kanálu vysílá i vzdálenější analogový vysílač, jehož signál se na anténu také dostává. Při měření MER by Carrier jsou poté vidět propady na grafu v místech obrazové nosné, barvonosné a nosné zvuku analogového vysílače.



Obr. 9 - ukázka měření MER po nosných s typickým rušením, způsobeným analogovým vysílačem.

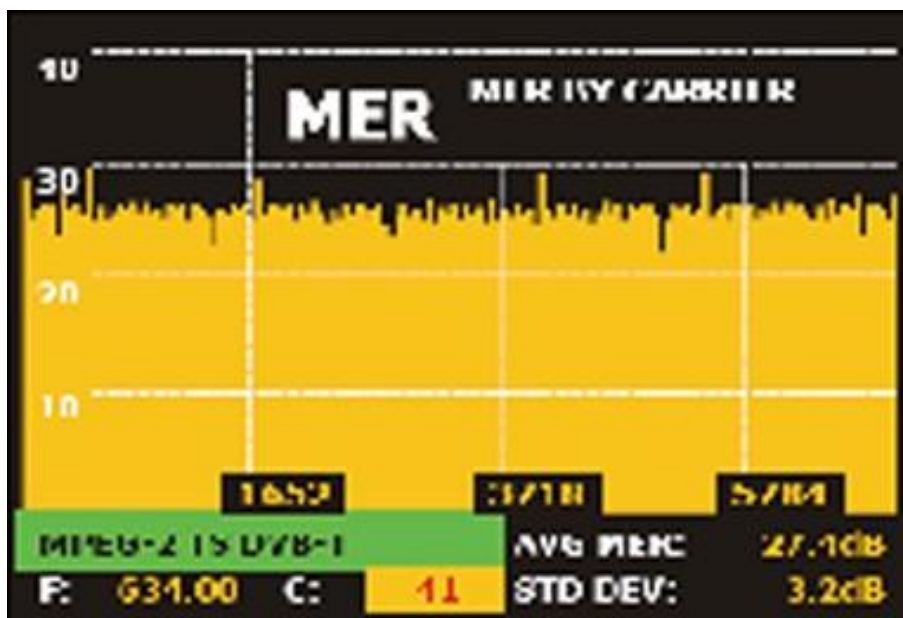


Obr. 10 - vliv rušení analogovým vysílačem na výsledný obraz.



Obr. 11 - rušení DVB signálu, způsobené analogovým vysílačem. Propady v místě obrazové nosné, barvonosné a nosné zvuku jsou zde velmi dobře vidět.

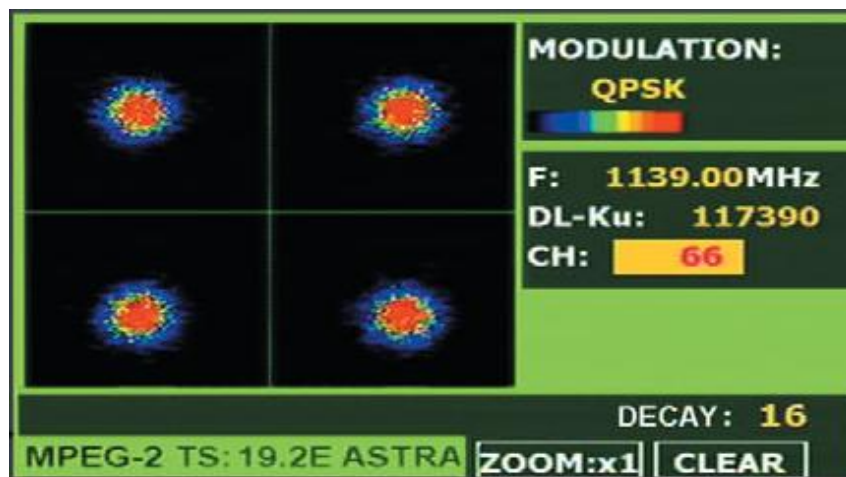
Odstranění rušení je v tomto případě možné pouze změnou směřování antény, popř. změnou jejího stanoviště tak, aby graf MER-c byl pokud možno vyrovnaný, tj. abychom minimalizovali příjem tohoto rušícího analogového vysílače směřováním do minima antény. Tento problém se jeví jen ale jako dočasný a s postupným vypínáním vysílačů analogového tv signálu vymizí.



Obr. 12 - směřováním antény se snažíme minimalizovat rušení (přiblížit se takovému optimálnímu stavu MER-C).

Hodnoty VBER úzce souvisí s hodnotami CBER, MER a MER-C. Značný vliv má také zhoršení odstupů C/N. Proto vždy při měření musíme kontrolovat všechny tyto parametry a snažit se vhodným zvolením typu antény a jejím nastavením dosáhnout hodnot, zajišťujících bezchybný a bezproblémový příjem DVB-T. Důležité je také rozlišovat mezi náhodnými chybami, například při náhodném zarušení signálu dočasněho charakteru a trvale znehodnoceným signálem, umět rozpoznat rušící signály v pozadí, například pomocí měření MER-C a tyto se snažit eliminovat vhodným umístěním antény popřípadě výběrem nejvhodnějšího typu.

**Konstelační diagram** - slouží pro analýzu signálových složek I a Q a zobrazení koncových bodů vektorů (amplituda a fáze) při modulaci typu QPSK nebo QAM. (U DVB-T na jednotlivých nosných - COFDM).



Obr. 13 - konstelační diagram QPSK modulace na kmitočtu 1.139 GHz ze satelitu Astra. Frekvence DL-Ku a kanál odpovídají downlink frekvencím v kanálovém plánu satelitu,  $F = 1139,00$  MHz je kmitočet 1 mf (výstup z konvertoru).

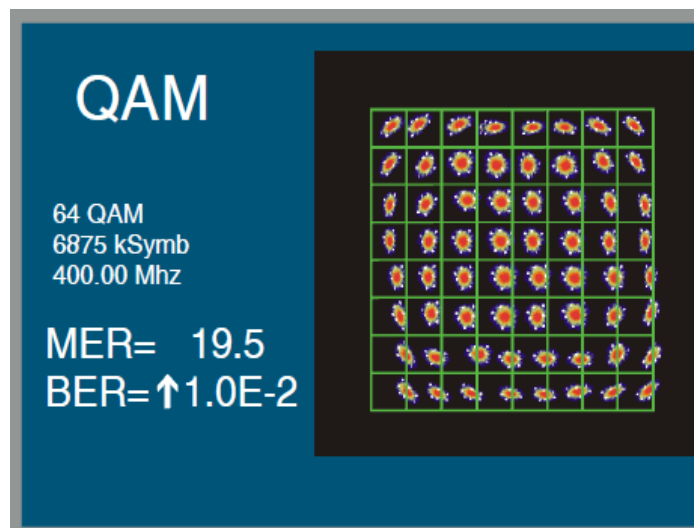
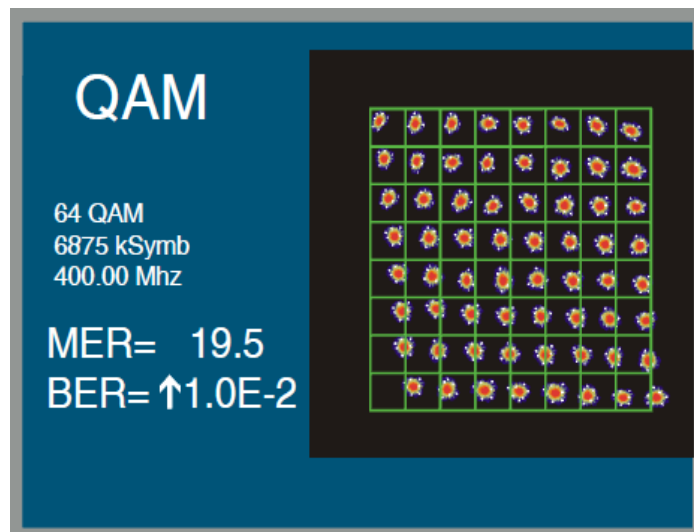


Obr. 14 - modulace 64-QAM jedné nosné v módu 8k COFDM pozemního příjmu DVB-T na 61 kanále se středním kmitočtem 794 MHz.

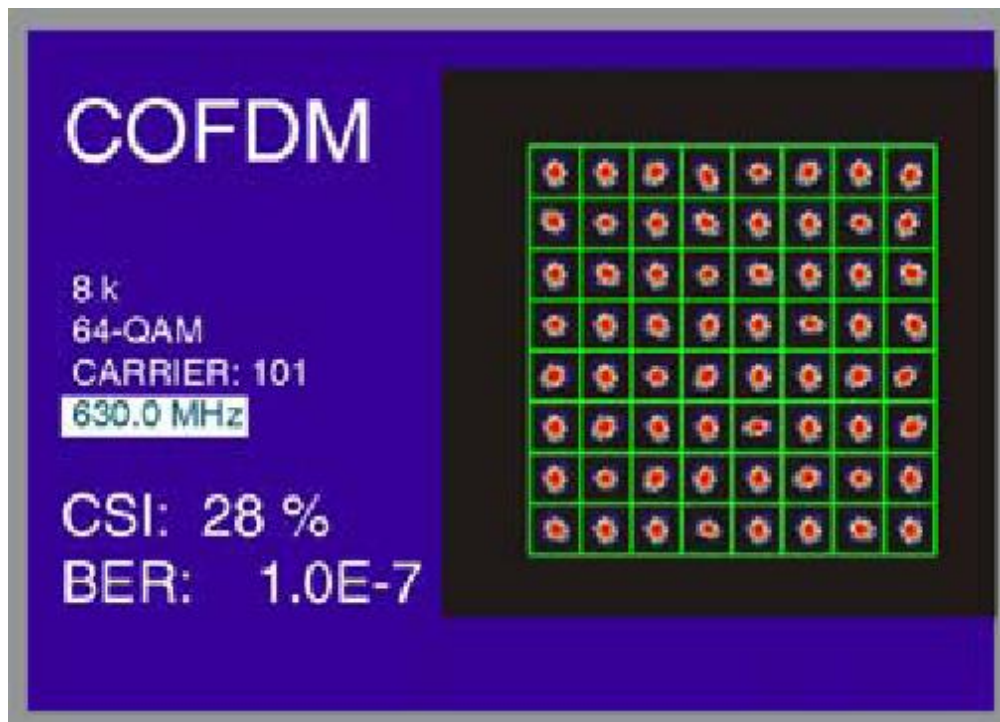


Výhodou tohoto zobrazení je schopnost odhalit různé chyby modulace, ať již je to amplitudová nerovnováha, kvadraturní chyba (chyba ortogonalita), fázový jitter, nelinearita, šum nebo fázová chyba atd. projeví se změnou polohy bodů z optimálního umístění, neklidem bodů, jejich rozšířením nebo sklonem všech bodů v konstelačním diagramu. Použití konstelačního diagramu je ale omezeno šumem, při slabších úrovních vstupních signálů již nelze rozlišit správné rozmístění jednotlivých bodů - jejich „šíře“ se šumem zvětšuje (degradace šumem, ovlivňujícím polohu bodů vektorů-vznikají tzv shluky bodů)

Pomocí konstelačního diagramu jsme schopni odhalit více chyb, například přeslechy mezi složkami I a Q, zkreslení vlivem fázového šumu oscilátorů, průnikem nosné atd. Tyto měření se provádějí spíše na vysílací straně a pro naše zaměření nejsou důležité.



Obr. 15 - další zobrazení konstelačních diagramů, tentokrát na přístrojích Prolink 4C firmy Promax. V levé straně obrázků se zobrazí údaje o modulaci, tj. 64-QAM, symbolové rychlosti, naladěné frekvenci a dále modulační a bitové chybovosti. Horní obrázek znázorňuje fázovou chybu, dolní šum a nevyváženost I a úrovní.



Obr. 16 - ideální zobrazení konstelačního diagramu.  
(COFDM - DVB-T, mód 8k, modulace 64-QAM, zobrazena 101 nosná, naladěno  
na střední kmitočet kanálu 630 MHz, chybovost BER 1,0E-7 (ideální stav),  
CSI (channel status information) 28 %)

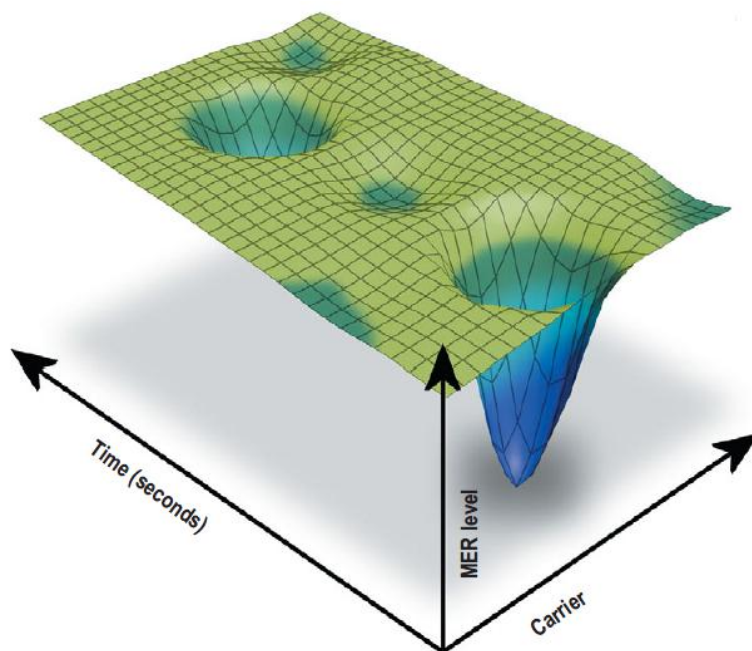
## Speciální typy měření

**MEROGRAM** - jde o zobrazení MER po nosných (MER-C) jako funkci v čase. Toto zobrazení nám umožňuje identifikovat občasné a nepravidelné poruchy v DVB-T a DVB-H příjmu. Hodnoty MER jsou zobrazeny v barevné škále, ve svislé ose jsou zobrazeny odlišnosti na jednotlivých nosných pomocí barevné stupnice (čím větší chyba MER, tím tmavší barva), na vodorovné potom běžící čas.

Pomocí tohoto měření je možné odhalit chyby, které jsou jinými způsoby neidentifikovatelné, například trvají velmi krátkou dobu, nepravidelně nebo je chybou zasažena pouze část nosných multiplexu.



Obr. 17 – merogram na displeji přístroje Promax. Grafickým kurzorem můžeme posunovat po obrázku a zobrazit aktuální hodnotu MER a časovou značku kurzorem vybraného oddílu.



Obr. 18 – trojrozměrný obrázek k vysvětlení principu zobrazení merogramu.

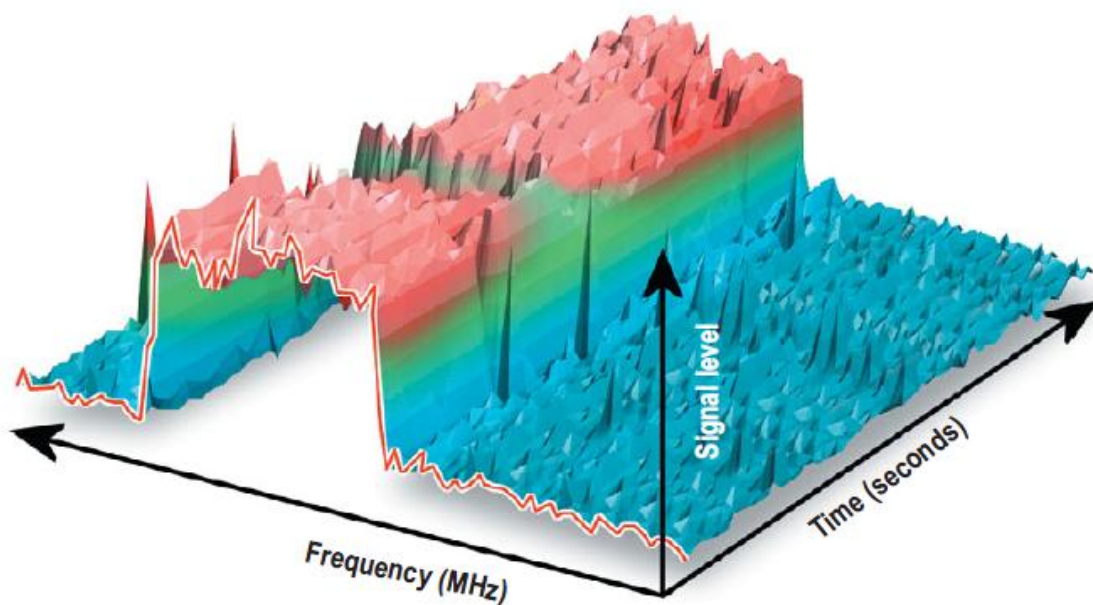


**SPECTROGRAM** - toto měření zobrazuje spektrum (spektrální analýzu) jako funkci v čase, kdy na vertikální ose je vyneseno rozpětí měřených frekvencí a na horizontální ose čas. Signálové úrovně jsou reprezentovány barevnou škálou (nejvyšší úroveň červená, nejnižší modrá).

Toto měření podobně jako merogram je určeno k odhalování náhodného rušení, například náhodnými pulsy, trvajících zpravidla velmi krátkou dobu, náhodně, nepravidelně a které nejsme schopni odhalit jiným způsobem.



Obr. 19 - funkce spektrogramu na displeji analyzátoru Promax TV explorer II . Je zde vidět chvilkový pokles úrovně signálu a podobně jako u merogramu je i tady možné ponastavení kurzoru na toto místo obdržet přesné informace o tomto úseku (úrovni a čase).

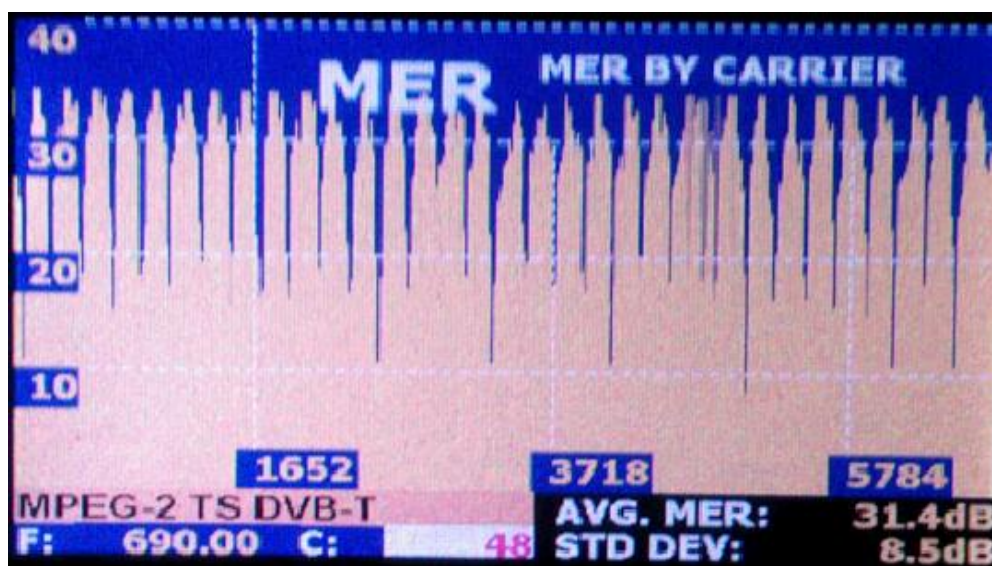


Obr. 20 - trojrozměrný obrázek pro představu funkce spektrogramu. Jsou zde vidět velmi krátké pulsy, které mohou být způsobeny náhodným rušením a jejich vliv na kolísání úrovně užitečného signálu.

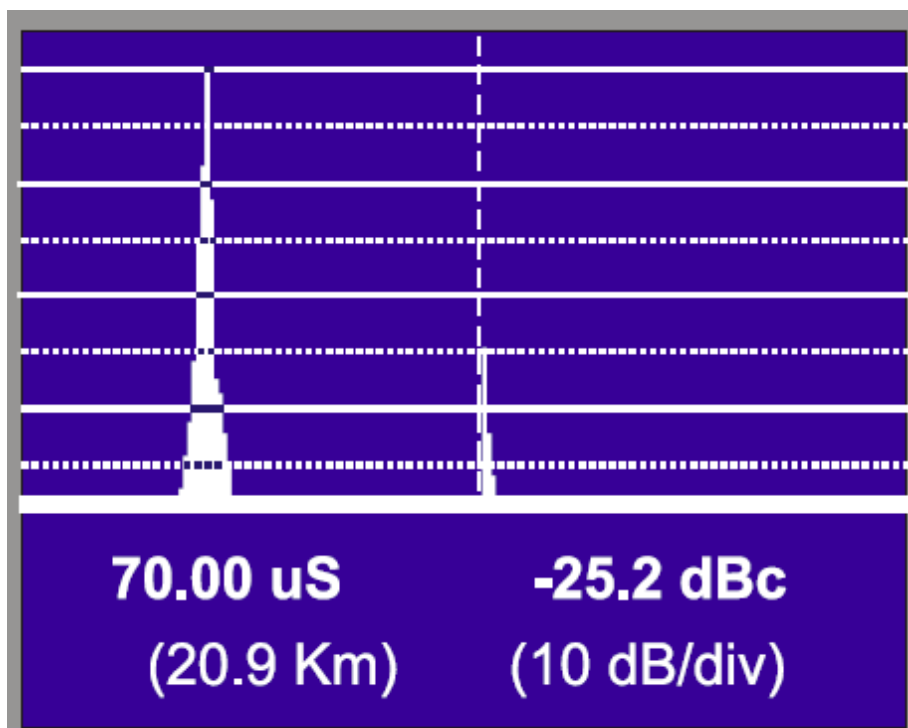
**COFDM ECHO - měření odrazů** - tímto měřením jsme schopni odhalit odražený signál, dopadající na přijímací anténu s časovým zpožděním a určit dráhu odraženého signálu, popř. vzdálenost překážky. Jsme tím schopni i identifikovat opožděný signál, dopadající ze vzdálenějšího vysílače sítě SFN.

Jako ochrana proti odrazům obsahuje DVB signál takzvaný ochranný - guard interval, který trvá zpravidla v sítích SFN 1/8 doby trvání OFDM symbolu, tj 112  $\mu$ s. Délka ochranného intervalu má vliv i na vzdálenosti mezi jednotlivými vysílači SFN sítě a je zpravidla od 1/4 do 1/32 doby trvání symbolu. Znamená to prodloužení doby symbolu o tento ochranný interval, v kterém se nevysílají žádná data a přijímač odražené signály, přicházející v této době ignoruje. Pokud ale odražený signál má vyšší amplitudu než signál užitečný nebo dorazí mimo dobu ochranného intervalu (právě u vzdálenějšího vysílače SFN sítě), dochází k nárůstu chybovosti až úplné ztrátě příjmu.

Detekovat tyto odrazy můžeme buď pomocí měření MER po nosných, kdy přítomnost echa způsobuje zvlnění grafu MER-C. Čím pomalejší zvlnění ve vodorovné ose, tím kratší echo. Čím je větší zvlnění ve svislé ose (amplituda), tím má echo vyšší úroveň.



Obr. 21 - echo je možné změřit i pomocí funkce echogram, kde máme i údaj o dráze echo signálu a době zpoždění. Vertikální osa ukazuje úroveň signálů (u některých přístrojů s úrovněmi hodnotami na svislé ose, takže lze i odečíst výkonový poměr signálu vůči odrazu) a horizontální osa vzdálenosti a zpoždění těchto signálů.



Obr. 22 - měření impulsní odezvy přístrojem Promax.

Kromě echa se můžeme setkat i s jevem tzv. pre-echa, to znamená že místně bližší vysílač sítě SFN má menší úroveň (například překážkou v místě příjmu nebo nižším výkonem) než vzdálenější SFN vysílač. Přijímač se poté zaměří na tento silnější signál, který je zpožděnější a blízký vysílač je zdrojem rušení tzv. pre-echo. Nejedná se o ozvěnu jako takovou, danou zpožděním signálu, máte tu naopak předbíhající signál, který je zde dříve než ten, který přijímač zpracovává, takže ochranný interval zde nepomůže. Jedinou alternativou v tomto případě je použití směrové antény, vylučující příjem jednoho vysílače jejím optimálním umístěním a nastavením.

## 6. Antény

### Teorie, varianty, vhodná volba a umístění, montáž

Tato část nemá za účel hluboký výklad teorie antén, tento nalezne zájemce v mnoha odborných publikacích, jejichž seznam je na konci knihy a které jsou na velmi vysoké odborné úrovni. Navíc vzhledem k velkému množství rozličných typů by svým rozsahem včetně matematického popisu přesahovala rozsah této knihy, a proto se zde zaměříme jenom na základní popis a užití televizních přijímacích antén.

#### 6.1 Teorie, parametry antén

**Anténa** obecně - měnič vysokofrekvenčního elektromagnetického pole na vysokofrekvenční proud (nebo obráceně, je-li vysílací) - vodič, ve kterém změny vysokofrekvenčního elektromagnetického pole indukují vysokofrekvenční proud, přímo úměrný změnám pole.

Většina přijímacích antén (pro vlnovou délku menší jak 10m) využívá elektrickou složku pole. Magnetická složka se využívá pro nižší kmitočty (feritové antény pro DV, SV a spodní pásma KV).

Základem prakticky všech antén, využívajících elektrickou složku pole je dipól - je to vodič o délce, rovnající se vlnové délce  $\lambda$  (u velkých vlnových délek jejich zlomku -  $\lambda/2$ ,  $\lambda/4$ , u velmi krátkých zejména v GHz oblasti poté jejich násobku -  $2x \lambda$ ,  $4x \lambda$ ).

Umístíme-li tento dipól do elektromagnetického pole shodné vlnové délky s jeho rozměry a rovnoběžně se složkou E, naindukuje se v něm vysokofrekvenční proud, který na zatěžovacím odporu  $R_z$ , připojenému ke svorkám dipolu vyvolá vř napětí.

$$U_a = E \frac{\lambda}{\pi} \quad (\mu V; \mu V/m; m)$$

Pro snazší počítání a převod se v anténní technice používá počítání s decibely dB, což je daleko přehlednější a při úrovních s rozdíly několika řádů, násobenými velkými čísly zesílení nehrozí vznik početních chyb. Vztah pro převod absolutní hodnoty napětí na úroveň v dB je tento :

$$S_u = 20 \log \frac{U}{U_0}$$

kde  $U$  je převáděné napětí v  $\mu V$  a  $U_0$  je vztahné napětí 1  $\mu V$ . Výsledek  $S_u$  je tedy v dB $\mu V$ , tedy o kolik dB je hodnota vyšší, než 1  $\mu V$ . Někdy se též hovoří o dB nad  $\mu V$ . Podobně při o řád vyšších hodnotách může být vztahná hodnota 1 mV, výsledek tedy bude v dBmV (výstupní úroveň zesilovačů, hodnoty v zásuvkách atd.)

Zatěžovací odpor  $R_z$  musí mít impedanci shodnou s impedancí dipolu. Tato impedance je u skládaného dipolu  $300 \Omega$  (u jednoduchého  $75 \Omega$ ). Je-li hodnota  $R_z$  odlišná od impedance antény, například použitím nevhodného typu svodu, dojde v místě tohoto impedančního nepřizpůsobení k odrazu části vlnové energie zpět ke zdroji. Vzniká nám tzv. stojaté vlnění, které je charakterizováno vznikem maxim a minim napětí na vedení, dané v každém bodě součtem napětí vlny přímé a vlny odražené. Tyto maxima a minima stojatého vlnění jsou od sebe vzdálena polovinu vlnové délky.

Poměr maximálního a minimálního napětí podél vedení se nazývá činitel stojatých vln a je dán vztahem :

$$\sigma = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{1 + r}{1 - r} = \frac{Z_0 + Z}{Z_0 - Z} \quad \text{nebo} \quad \frac{Z_0}{Z} \quad (r = \text{napětíový činitel odrazu})$$

kde  $Z_0$  je vlnová impedance vedení (antény-dipolu) a  $Z$  impedance zátěže ( $R_z$ ).

Tento činitel stojatých vln (označovaný také jako činitel nepřizpůsobení) nemá v přenášeném frekvenčním pásmu přesáhnout hodnoty 1,5.

Pro impedanční přizpůsobení antény impedanci svodu se používá tzv. symetrikační/transformační člen, který přizpůsobuje symetrický zdroj – dipol nesymetrickému vedení a zároveň transformuje impedanci v poměru  $1/4$  – viz kapitola „Pasivní prvky rozvodu“.

## Parametry antén

- Zisk antény  $G$  (udává se v dB) udává poměr napětí na výstupu dané antény ve směru jejího max. příjmu ku napětí na výstupu referenčního půlvlnného dipolu (se ziskem 1, tj 0 dB) ve směru jeho maximálního příjmu ve shodném elektromagnetickém poli.
- Impedance antény – poměr napětí a proudu na svorkách antény se nazývá výstupní impedance antény. Impedance antény je čistě reálná pouze v rezonanci, kdy  $Z_0 = R_0$ . Pokud je rozměr dipolu odlišný od vlnové délky dopadajícího záření, přidává se i jalová složka impedance, a to buď kapacitní (je-li dipol kratší, než  $\lambda/2$ ) nebo indukční (je-li naopak delší). Impedance je tedy kmitočtově závislá (frekvenční závislost činné i jalové složky impedance se znázorňuje v tzv. Smithově diagramu) a zároveň ji ovlivňují i přídavné pasivní prvky antény.

U širokopásmových antén je snahou udržet impedanci v celém kmitočtovém rozsahu s minimálními jalovými hodnotami a konstantním reálným odporem. Toho se dosáhne rozložením pasivních prvků v blízkosti dipolu, zejména užití tzv. širokopásmového kompenzačního direktoru.

Obecně : (jedná-li se o anténu, využívající skládaného dipolu) je-li připojení přímo k aktivnímu prvku-dipolu, je impedance 300 Ω symetrických, je-li použit symetrizační/transformační člen, je 75 Ω nesymetrických na výstupu transformátoru.

- Činitel zpětného příjmu ČZP (někdy udávaný též jako předozadní poměr) - udává poměr, vyjádřený v dB mezi napětím na výstupu antény ve směru maximálního příjmu a napětí ve směru opačném. Snahou je, aby tento poměr byl co nejvyšší, u směrových soustav s dobrým potlačením zpětného příjmu se pohybuje mezi 10 až 40 dB.

vzorec pro výpočet činitele zpětného příjmu :

$$B = 20 \log \frac{U_{\max}}{U_{180}} \text{ (dB)}$$

- Šířka frekvenčního pásma – udává rozsah kmitočtů, ve kterém je anténa vlivem frekvenční závislosti zisku a zejména impedance použitelná. Toto pásmo je ohraničeno poklesem zisku o 3 dB a jeho šíře je dána konstrukcí antény (antény kanálové, vícekanálové, pásmové).
- Napěťový činitel stojaté vlny - poměr maximální hodnoty k minimální hodnotě napětí stojaté vlny na vř vedení, připojeného k přijímací anténě. Vyjadřuje velikost impedančního nepřizpůsobení antény a napáječe, podrobnější popis na předchozí stránce.
- Směrovost, směrový diagram antény a úhel příjmu - schopnost antény přijímat elektromagnetickou energii není ve všech směrech stejná, výstupní napětí z antény se v různých směrech dopadu elektromagnetické vlny mění. Tuto závislost zakreslujeme do grafu, zpravidla v polárních souřadnicích, který je přehlednější, i když v blízkosti středu méně přesný, pro nás ale dostačující. Tento graf nebo-li směrový diagram antény se tvoří ve dvou rovinách, a to v horizontální (složka E elektromag. vlny) a vertikální (složka H ) rovině při horizontální polarizaci elektromagnetické vlny. Úhel příjmu (záření) nám ohraničuje místa, kdy se při natočení antény napětí sníží o 3dB oproti hodnotě ve směru maximálního příjmu. Směrový diagram antény a úhel příjmu ovlivňujeme konstrukcí antény pomocí přídatných pasivních prvků direktorů a reflektoru.

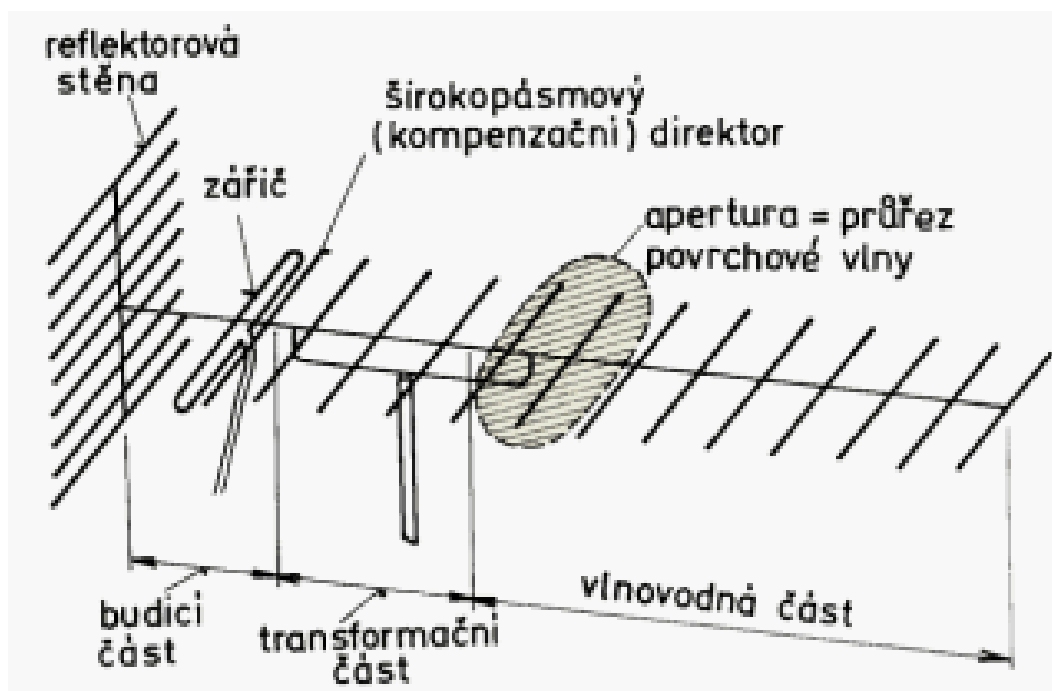
- **podélné soustavy typu YAGI** - tyto antény patří díky svým dobrým elektrickým vlastnostem, jako je směrovost a zisk (ten je závislý na délce antény) a jednoduchou konstrukcí k nejrozšířenějším pro příjem v tv a rozhlasových pásmech.

Tato anténa se skládá ze tří hlavních částí :

- budící soustava - skládá se ze zářiče (půlvlnný skládaný dipol, jehož délka neodpovídá polovině vlnové délky středního kmitočtu. Je to z důvodu zachování výstupní impedance a požadované širokopásmovosti vlivem vzájemného působení zářiče a kompenzačního direktoru). Dále z reflektoru, složeného z jednoho nebo několika prvků, popřípadě konstruovaném jako aperiodická reflektorová stěna (tj. neladěná, s rozměry většími než zářič) buď rovného, úhlového nebo méně často parabolického provedení. Užití reflektorové stěny má vliv na dosažení velkého činitele zpětného příjmu ČZP. Poté z kompenzačního širokopásmového direktoru, který má spolu se zářičem vliv na výslednou impedanci antény a její širokopásmovost a je umístěn nejbližší zářiči. Budící část určuje šířku pásma a impedanční vlastnosti antény a zároveň převádí elektromagnetické vlnění na vf napětí.

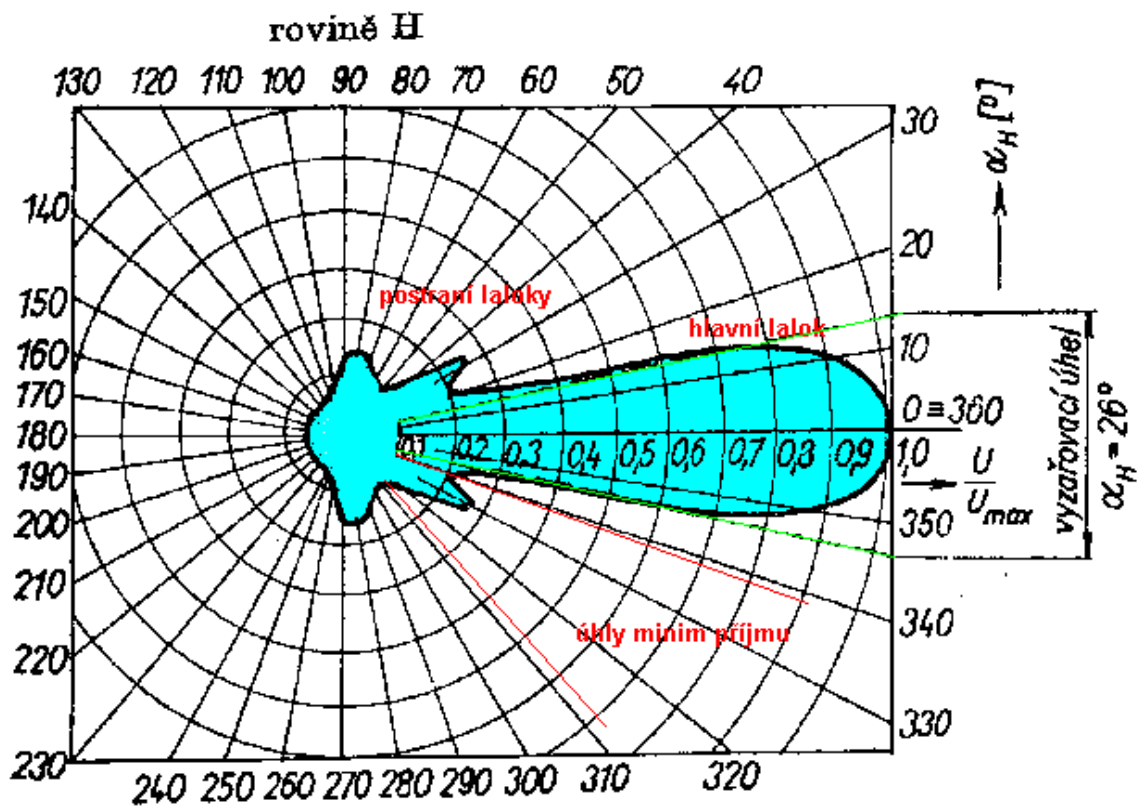
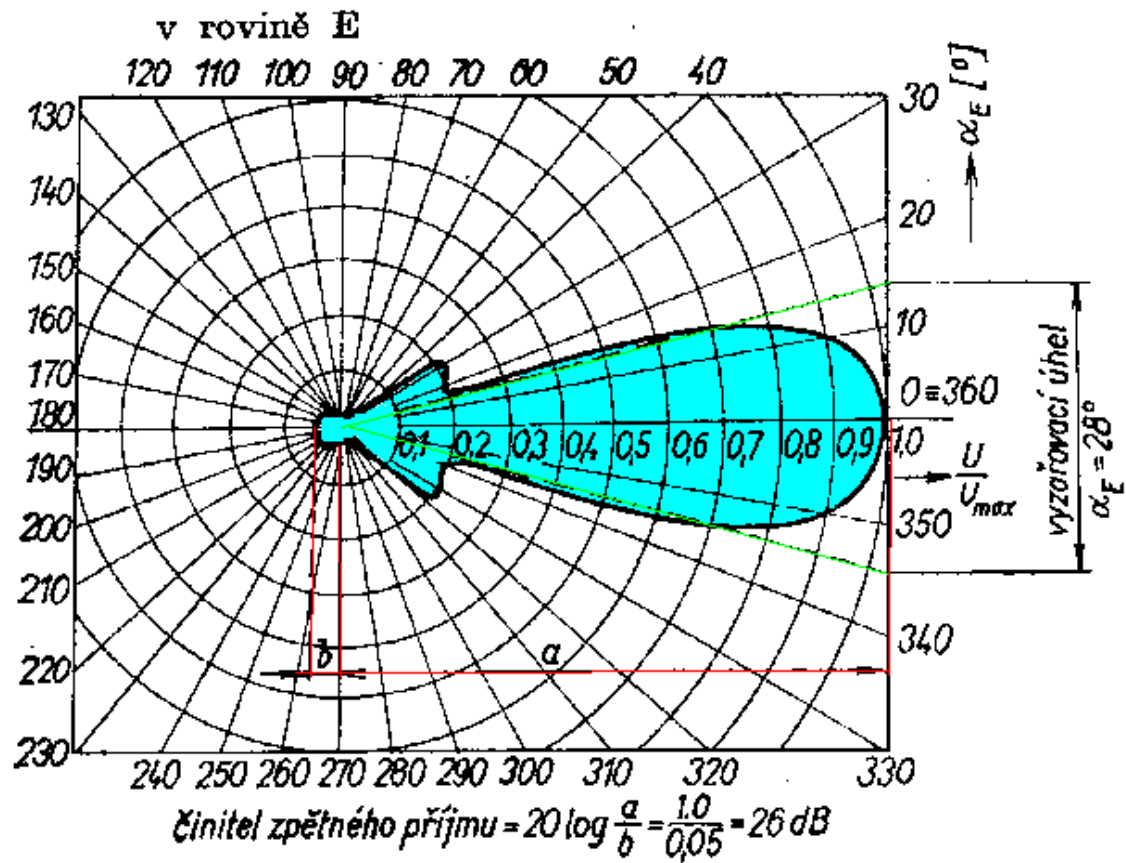
- vlnovodná část - na této části závisí samotný zisk antény a také její směrovost. Jejím úkolem je soustředit elektromagnetické vlnění do povrchové vlny, šířené podél anténní soustavy určitého průřezu, zvaného apertura. Je tvořena soustavou direktorů s rovnoměrnou roztečí (ty umožňují vznik povrchové vlny, vedené podél antény) .

- transformační část - tato část přizpůsobuje vlnovodnou část části budící a zaručuje minimální působnost postranních laloků a optimální zisk.



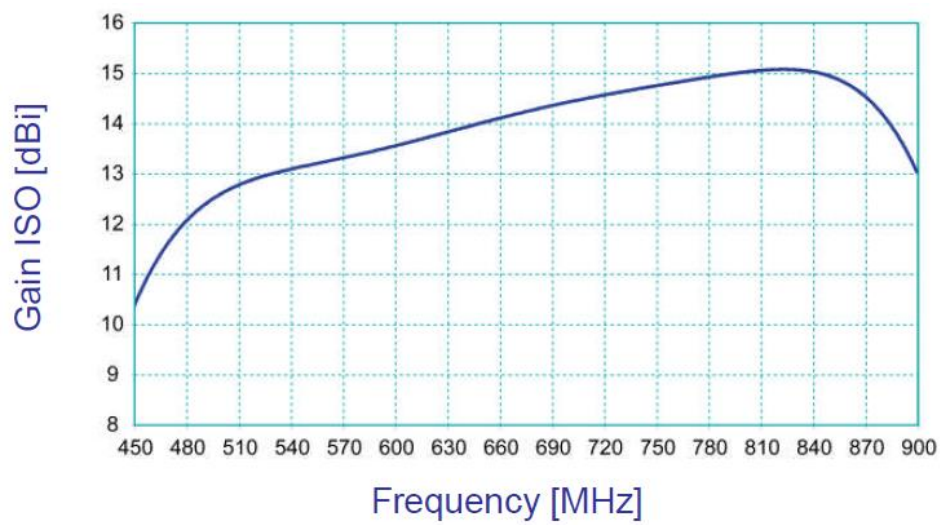
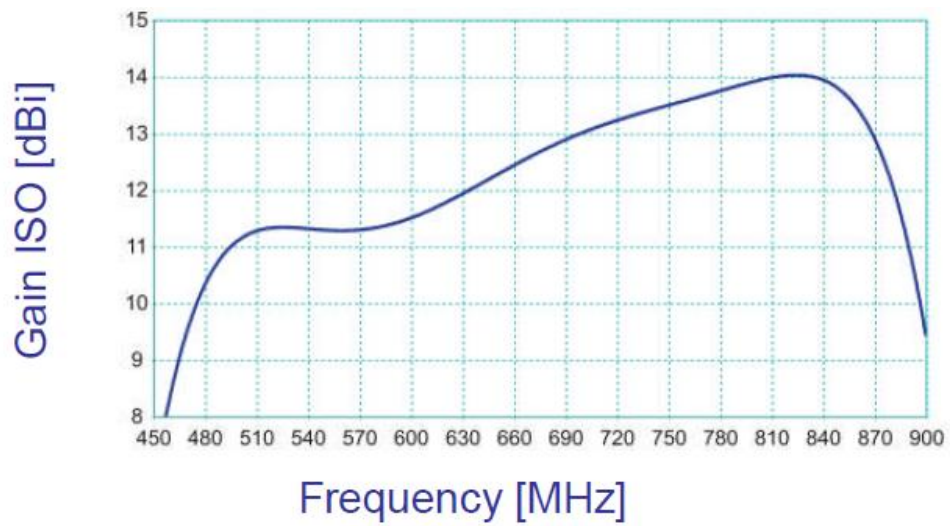
Obr. 1 – popis základních částí antény typu Yagi.





Obr. 2 - ukázka směrového diagramu v polárních souřadnicích v rovinách H a V pro anténu YAGI





Obr. 3 – typické průběhy frekvenčních charakteristik – závislosti zisku na frekvenci pro anténní soustavy Yagi (antény UHF firmy Fracarro)

## 6.2 Základní dělení a varianty antén

### Základní dělení antén

**Antény dělíme :**

**- podle účelu :**

AM anténa – rozhlasová anténa pro příjem v pásmech DV, SV, KV zpravidla v provedení drátová, zavěšená mezi podpěrami pomocí anténních izolátorů nebo prutová, dnes se pro STA již nepoužívají.

FM anténa – rozhlasová anténa pro příjem v pásmu VKV zpravidla v provedení všesměrového kruhového nebo lomeného dipolu, nebo jako směrová anténa.

TV anténa – anténa, určená pro příjem tv vysílání v pásmech VHF I+II (kanály 1 – 5, kmitočtové pásmo od 48,5 MHz do 100 MHz), VHF III (kanály 6 – 12, kmitočtové pásmo od 174 MHz do 230 MHz) a UHF (kanály 21 – 69, kmitočtové pásmo od 470 MHz do 869 MHz).

**- podle provedení :**

kanálové – pro příjem pouze jednoho tv kanálu

vícekanálové – pro příjem několika sousedních kanálů z tv pásma

pásmové – pro příjem jednoho celého tv pásma nebo jeho části

vícepásmové (širokopásmové) – pro příjem více tv pásem, např. 6 až 60 kanálů

kombinované – anténa, sdružující několik antén na příjem tv kanálů z různých tv pásem

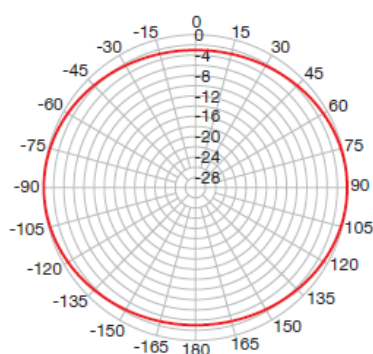
## Varianty a provedení antén, užívaných v rozvodech STA

Tato část není podrobným přehledem výrobců s katalogovými daty, přesné údaje u každého typu antény nalezne zájemce v katalogových listech výrobců, kde se dozví veškeré podrobnosti. Zde se seznámíme se základními typy a naučíme se v nich orientovat.

- **všesměrový FM dipol** - jedná se o anténu, tvořenou samostatným dipolem buď kruhového typu nebo v lomeném provedení se ziskem 0 až 2 dB (bez předzesilovače) a symetrizačním/transformačním členem, umístěným v anténní krabici. Frekvenčním pásmem je určena pro užití v rozsahu velmi krátkých vln (VKV CCIR – FM II) s horizontální i vertikální šířkou vyzařovacího diagramu 360°.



Obr. 4 – vlevo kruhový dipol CIRCUL pro pásmo FM II firmy Kovoplast Chlumeck nad Cidlinou, vpravo lomený typ všesměrové FM antény typ FM-200 firmy Alcad.



Obr. 4a – směrová charakteristika kruhového dipolu.

- **směrová FM anténa** – Yagi anténa určená pro směrový příjem rozhlasových vysílačů v pásmu FM. Skládá se z dipolu a několika přidavných direktorů s reflektorem, zvyšujícími směrovost antény a její zisk.



Obr. 5 - na obrázku je směrová sedmiprvková anténa typu Supersonic výrobce Kovoplast Chlumeck nad Cidlinou se ziskem 7,6 – 9,7 dB a s vyzařovacím úhlem vodorovně 59°-49°, svisle 78°-56°, ČZP (činitel zpětného příjmu) 20 dB.

**- směrové TV antény typu Yagi**



Obr. 6 - tříprvková anténa pro příjem v I. a II. tv pásmu výrobce Kovoplast Chlumeck nad Cidlinou, typ S0302 pro 2 kanál VHF I (zisk 5 dB, ČZP 12 dB, horizontální vyzař. úhel 68°, vertikální 130°) vpředu direktor, poté zářič - dipol a delší prvek – reflektor



Obr. 7 - pětiprvková tv anténa, určená pro příjem ve III. tv pásmu, typ S0512, výrobce Kovoplast Chlumeck nad Cidlinou, se ziskem 5 dB





Obr. 8 - vícekanálová anténa pro pásmo UHF.  
Na obrázku dvacetiprvková anténa S2026 GL firmy Kovoplast pro 21 - 26 kanál pásma UHF (zisk 13 dB, ČZP 24 dB, horizontální vyzař. úhel 29° - 33°, vertikální 31° - 35°).



Obr. 9 - pásmová anténa pro kanály 21 - 65 tv pásma UHF s plochou reflektorovou stěnou (zahnuté okraje reflektorové stěny jsou z důvodu zlepšení ČZP), na obrázku 12-ti prvková anténa TAP 1260 firmy Kovoplast, se ziskem 6,5 - 11 dB, ČZP 20dB, horizontální úhel 61° - 31°, vertikální 88° - 33°.

Anténa typu Color je vysoce směrová anténa s velkou šířkou pásma patrové konstrukce, využívající sdružení směrových soustav přímým propojením dvou pater zářičů a direktorů. Využívá celovlnný zářič jako dvoupatrový propojený celovlnný dipol s půlvlnným kompenzačním direktorem. Direktory jsou tvořeny výlisky ve tvaru X a představují čtveřici půlvlnných direktorů (počítá se za 4 prvky). Detail takového direktoru je na obrázku č. 11. Posledním prvkem je aperiodická reflektorová stěna úhlového provedení (počítá se za jeden prvek) se zahnutými okraji pro zvýšení ČZP a zeslabení postranních laloků.

Svémi vlastnostmi nahrazuje skupiny dvou nebo čtyř směrových antén, které zabíraly při optimálním rozmístění velký montážní prostor.



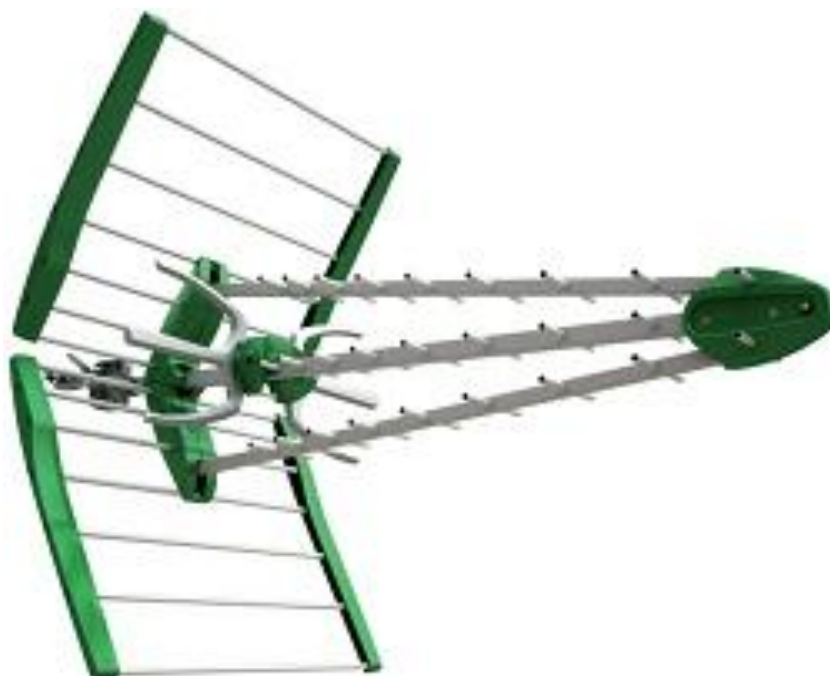
Obr. 10 - na obrázku anténa typu Color Super, skládající se z 91 prvků pro kanály 21 až 65 firmy Kovoplast, se ziskem 10-15 dB, ČZP 32 dB, horizontálním vyzařovacím úhlem 22,5°-44°, vertikálním 24°-49°.



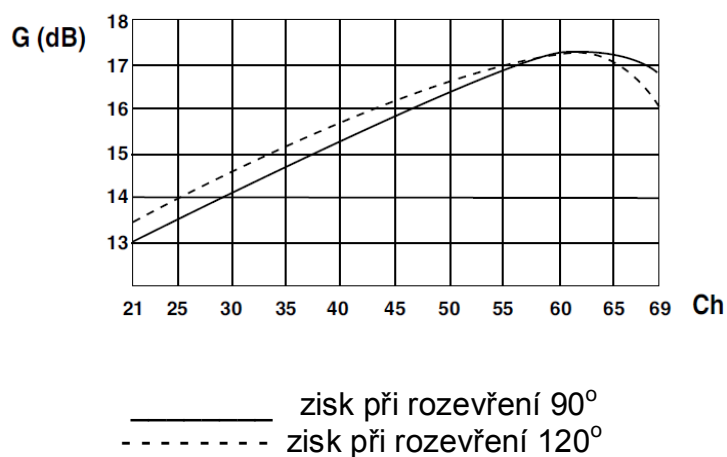
Obr. 11 – detail direktoru antény typu Color.

Na velmi podobném principu patrové soustavy je založena i novinka pro DVB a analogový příjem, anténa typu FLASHD třípatrové konstrukce s rozevratelným reflektorem ve dvou stupních 90° a 120°, které při rozevření 120° umožňuje snížit šířku vertikálního vyzařovacího diagramu o cca 10 dB, čímž může eliminovat případné nežádoucí echo způsobující rušení.

Parametry udávané výrobcem - kanály 21-69, zisk 13-17,5 dB, předozadní poměr >20 dB, horizontální šířka vyzařovacího diagramu 40° (na 670 MHz při úhlu rozevření reflektoru 90° i 120°), vertikální šířka vyzařovacího diagramu 50° pro rozevření 90° a 40° pro rozevření reflektoru 120° (na kmitočtu 670 MHz).



Obr. 12 – anténa typu FLASHD firmy IKUSI.



Obr. 12a – charakteristika antény FlashD



Jako poslední představitelé podélných soustav typu Yagi jsou kombinované typy, sdružující část VHF i UHF. Verze na obrázku č. 13 je složena z UHF části typu Color, za jejímž reflektorem na společném ráhnu pokračuje pětiprvková anténa pro pásmo VHF III. Výstupy z jednotlivým symetrizačních transformátorků sloučeny v krabičce s transformátorkem UHF dipolu.

Verze na obrázku č. 14 je novější konstrukce, sdružující anténu typu TAP pro UHF část a tříprvkovou anténu pro pásmo VHF. Jsou určeny pro místa příjmu signálu VHF i UHF z jednoho směru. Obě jsou z produkce firmy Kovoplast.



Obr. 13

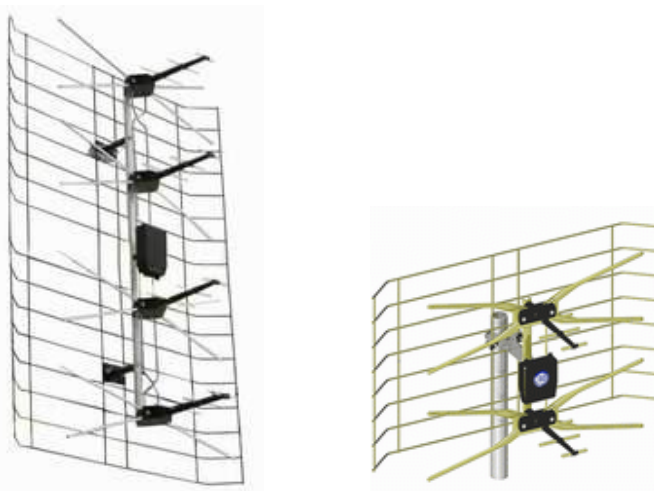


Obr. 14

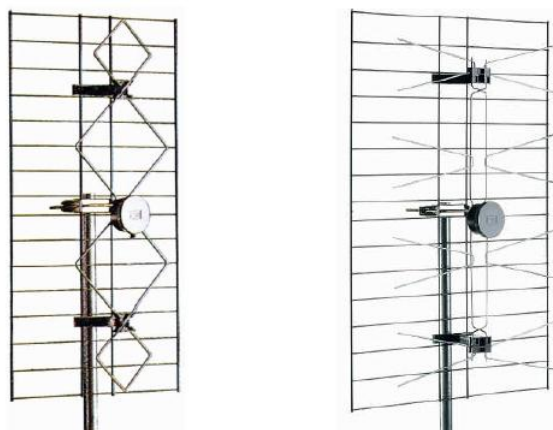
- **příčné buzené soustavy** - tato anténa využívá několika zářičů (2 nebo 4), umístěných nad sebou ve vzdálenosti  $\lambda/2$  mezi patry (pro střední kmitočty) kolmo na směr šíření. Zářiče jsou celovlnné o impedanci  $1200 \Omega$  mezi sebou propojeny vedením  $\lambda/2$ , které u horního a spodního dipolu ve čtveřici obrací fázi o  $180^\circ$ , proto u horního a spodního dipolu musí být překříženo, aby byla zajištěna soufázovost výstupních napětí. Je-li výstup v polovici vedení mezi dvěma sousedními dipoly, zpoždění od obou zářičů jsou stejně velká a soufázovost je zajištěna bez nutnosti křížení (malé příčné soustavy složené ze dvou pater). Použitím celovlnných dipolů je zaručena velká širokopásmovost (celé UHF pásmo 21-65k).

Nevýhodou těchto antén je malá stavitelnost ve vertikálním směru, což může mít za následek zhoršení zisku při šikmém dopadu elektromagnetických vln (nerovnoměrně ozářené zářiče).

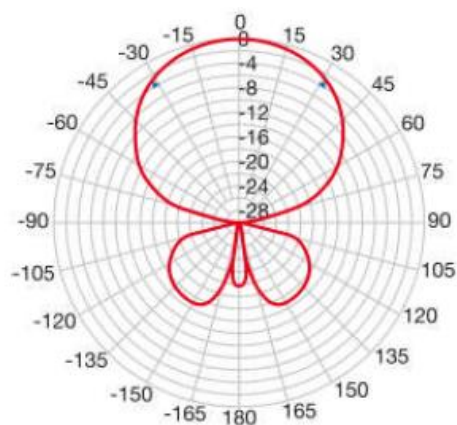
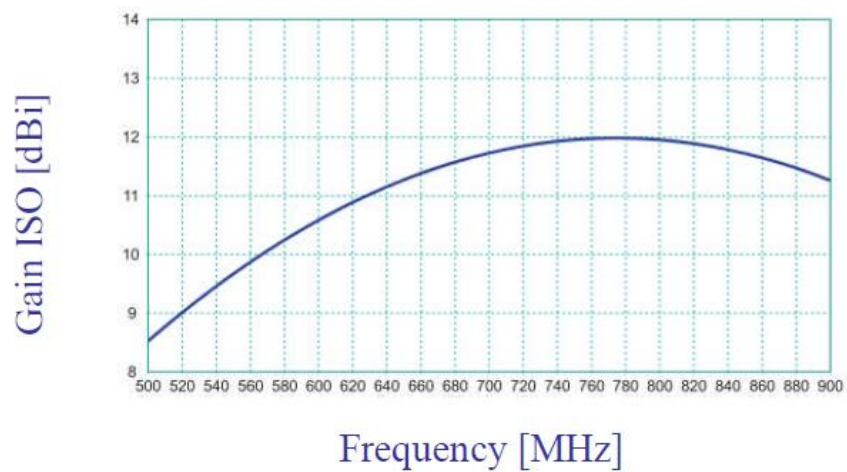
Dalším prvkem je neladěná reflektorová stěna se zahnutými okraji pro zlepšení ČZP. Anténa může být doplněna soustavou direktorů před každým zářičem pro zvýšení směrovosti.



Obr. 15 – vlevo čtyřpatrová příčně buzená soustava, vpravo malá dvoupatrová soustava.



Obr. 15a – další varianty příčně buzených soustav, tzv. panelové (P) antény firmy Fracarro



Obr. 15b – typické frekvenční charakteristiky a směrové charakteristiky příčně buzených soustav

- **logaritmicko-periodické antény** (tzv logperi nebo také „rybí kost“) - patří také do skupiny buzených soustav, neboť jejich zářiče jsou navzájem propojeny vedením podobně jako u příčných soustav. Také zde musí být propojovací vedení vždy mezi sousedními zářiči překříženo. Toto se u běžných logaritmicko-periodických antén uskutečňuje umístěním půlvlnných nebo celovlnných jednoduchých dipolů, rozdělených na poloviny (tzv unipólů) střídavě umístěných na dvou ráhnech nad sebou.

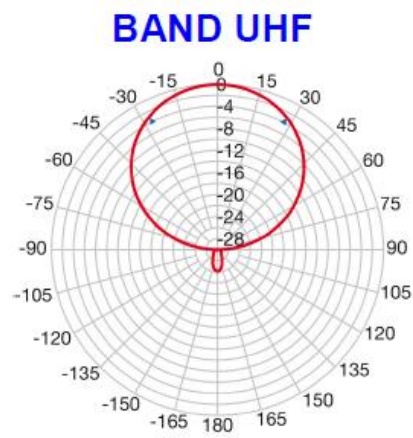
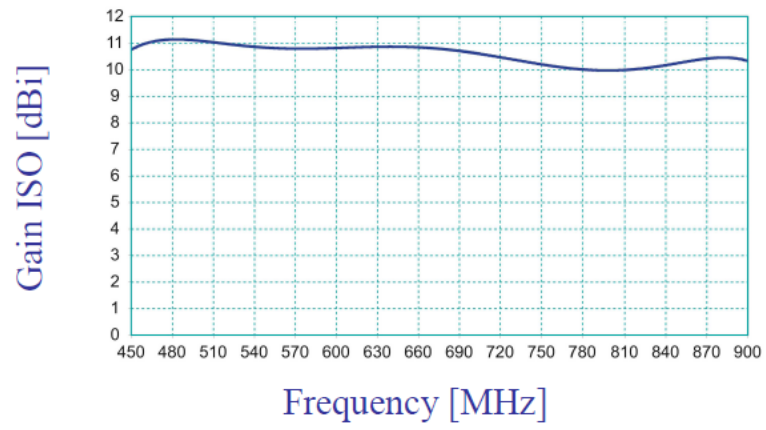
Hlavní charakteristikou je periodické opakování zisku a impedance v logaritmické závislosti na kmitočtu, od tohoto je odvozený také její název. Tato vlastnost téměř konstantních parametrů (zisku a impedance) v celém kmitočtovém pásmu ji předurčuje zejména jako měřicí referenční anténu a tam, kde její vlastnosti jsou výhodou (příjem DVB-T na různých kanálech z jednoho vysílače). Předností jsou také velmi malé postranní laloky.

Směr příjmu je od nejkratších dipolů pro nejvyšší frekvence směrem k nejdelším dipolům. Připojení koaxialního svodu s charakteristickou impedancí přímo ke svorkám, umístěným u nejkratšího dipolu (jednoduchý dipol  $75 \Omega$ ) stínícím opletením ke spodnímu ráhnu, vnitřním vodičem k hornímu ráhnu - koaxiální kabel je veden spodním ráhmem. U některých provedení (například od výrobce Fracarro typ LP45F) je připojení u třmenu antény pomocí F konektoru. Druhý konec logaritmicko-periodické antény za dipolem pro nejnižší frekvence musí být zkratovaný - děje se tak přímo pomocí třmenu antény, který zároveň slouží k jejímu připevnění.



Obr. 16 - anténa na levém obrázku je měřicí laboratorní anténa pro kmitočty 250-2400 MHz, anténa napravo je dvacetiosmiprvkový typ TA LP 287 2169, určena pro tv příjem v pásmu UHF výrobce Kovoplast Chlumec nad Cidlinou.

Její parametry jsou zisk 10,5-13,5 dB v pásmu UHF 21-69 kanálu, ČZP 22-35 dB, horizontální vyzařovací úhel  $35^\circ$ - $45^\circ$ , vertikální úhel  $30^\circ$ - $40^\circ$ .



Obr. 16a – závislost zisku na frekvenci a směrová charakteristika v pásmu UHF pro anténu LP-45F firmy Fracarro

## 6.3 Antény a bezpečnost – požadavky norem a předpisů

Nyní se seznámíme s požadavky norem a bezpečnostních předpisů, platných pro zřizování a výstavbu anténních zařízení tak, aby nedošlo k ohrožení osob a okolí nejenom úrazem elektrickým proudem, ale zejména jednotlivými částmi konstrukce, stožárů nebo antén, které svým namáháním povětrnostními vlivy a jejichmi důsledky, jako jsou namáhání větrem, zvýšené riziko koroze spojů a uchycení atd. Je sice pravdou, že normy ČSN ani EN nejsou závazné, ale jejich dodržování se zvláště doporučuje, neboť požadavky a parametry v nich uvedené jsou osvědčené jako bezpečné a navíc, co je nejdůležitější, i když tyto normy nejsou závazné, v případě jakéhokoliv problému, kde došlo k ohrožení zdraví, života nebo majetku osob soudní znalec při případném vyšetřování postupuje právě podle těchto norem. To samé platí i pro užití prvků rozvodu, nesplňujících homologaci ČTÚ, které mohou být zdroji rušení nebo vyzařování, jak je uvedeno v kapitole, zabývající se anténními rozvody a prvky rozvodů. Doporučuji proto držet se požadavků a doporučení těchto norem a před výstavbou anténního zařízení se s jejich požadavky podrobně seznámit.

Bohužel toto si některé montážní firmy neuvědomí a s vidinou nezávadnosti norem a u některých, jako např. ČSN 34 2820, která byla zrušena bez náhrady také jejich neexistencí nebo neznalostí náhrady jsou poté schopny namontovat cokoli kamkoliv. Setkáme se proto nejen s montáží některých antén na jímací tyče bleskosvodů, což bylo touto normou výslovně zakázáno, ale i nezemněním antén v těsné blízkosti bleskosvodu, ba dokonce i využitím bleskosvodu k připevnění anténního svodu někdy i po celé délce střechy. Není problém objevit montáže anténních stožárů přivrtáním přímo na těleso komínu bez použití jakékoliv objímky, použití svařovaných výložných ráhů a držáků, kde hrozí ulomení ve sváru vlivem jeho narušení například korozí atd.

O pospojování jednotlivých prvků rozvodu ochranným vodičem příslušného průřezu a montáži těchto prvků na dřevěné trámy ani nemluvě.

Nejprve si uvedeme několik bezpečnostních požadavků pro antény, vyplývajících pro antény podle ČSN 34 2820. Tato norma byla sice zrušena bez náhrady k 1.1.2000, ale veškeré anténní zařízení, zřízené do tohoto data ji musí odpovídat a dodnes je v činnosti. Uvedeme si alespoň některé v ní uvedené základní nařízení pro umístění antén.

Např. §28218 Výpočet a provedení anténních stožárů uvádí pro vertikální nosné stožáry a jejich upevnění nutnost dodržení výpočtu pevnosti ohybu působením tlaku větru a všechny kombinace zatížení jako vlastní váha atd. Jsou-li tyto stožáry uchyceny pomocí dvou objímek ke krovu nebo zdivu, musí být vzdálenost objímek minimálně 10% celkové délky stožáru.

V §28219 Umístování antén jsou zejména tyto důležité věci:

- jímacích tyčí a hromosvodů **nesmí** být použito pro připevňování a montáž antén. Antény musí mít samostatnou nosnou konstrukci, napojenou na bleskosvod. Tato může sloužit jako jímač, vyhovuje-li předpisům pro jímací zařízení.
- umístění antény nesmí znemožňovat přístup ke komínům ani jiným technologickým zařízením, umístěným na střeše, nesmí znemožňovat jejich údržbu ani opravy.



- užívat zděných komínů a věžovitých nástavců na domech pro montáž anténních stožárů je dovoleno pouze za předpokladu dostatečně pevné konstrukce komínu, která snese maximální namáhání způsobené celým zařízením a **pouze za užití** dvou objímek z pásového železa o šíři min. 35 mm a tloušťky minimálně 3 mm. Objímky od sebe musí být vzdáleny minimálně 10% z celkové délky stožáru. Nejnižší anténa musí být od komína minimálně 2 m. Je si ale nutno uvědomit, že montáž do blízkosti provozovaného komína má za následek vlivem horkých plynů a par rychlé zničení svodu a korozi prvků systému. V žádném případě **nesmí** být zasahováno do konstrukce komínu a připevňovat stožáry pouze pomocí hmoždinek a šroubů.

- užívání stožárů a konzolí sdělovacích (telefony) a silnoproudých (přípojky nn) vedení jako místa a stožáry pro antény není dovoleno. Stejně tak není dovoleno užití stromů, vzdálenost antény od stromů musí být minimálně 2 metry.

Nová norma ČSN EN 607 28 část 11 - Bezpečnost, vydaná v roce 2005, která nabyla účinnost v dubnu 2008 již není tak striktní a je v mnoha ohledech na první pohled benevolentnější. Pouze ale na první pohled! Byla zde vynechána nařízení, týkající se například umístování stožárů, neurčuje již kde a jak je možné zřídit anténní stožár, určuje pouze jeho parametry, co se namáhání větrem týče. Také v žádné své části nezakazuje umístování anténních stožárů na komín. Toto je ale skutečně jen tím, že původní norma obsahovala veškerá doporučení a předpisy, týkající se antén i z jiných oborů, jako například vzduchotechniky, komínových těles atd. Nová norma toto již sice neobsahuje ale je to součástí právě těch norem, týkajících se daných oblastí. Ve výsledku to tedy znamená mít přehled i o požadavcích norem týkajících se údržby a revize komínových těles, chceme-li zřídit stožár, například v blízkosti jednotek vzduchotechniky, tak zase přehled o normách, týkajících se této oblasti.

Mnoho techniků je v přesvědčení, že „když to v anténářské normě není“ jako u předchozí normy, nechává montáž na zvážení technikem, zda je reálné a hlavně bezpečné umístit stožár nebo parabolickou anténu na rozpadající se komín.

Proto níže uvádím jen zjednodušený stručný souhrn, zejména změny oproti předchozím normám. Podrobněji jsou údaje rozvinuty u jednotlivých částí, jichž se týkají.



- co nová norma ČSN EN 60728 přikazuje a doporučuje :

- pospojování prvků a vnějších plášťů koaxiálních kabelů, zahrnutí do systému hlavního pospojování vodičem Cu o min. průřezu 4 mm<sup>2</sup> k přípojnicí hlavního pospojování. Pospojování například ve skříni rozvaděčového typu je možno buď vodiči nebo stíněním koaxiálních kabelů nebo samotným kovovým krytem.

- ochranu před úderem blesku, připojení stožáru nebo antény k bleskosvodu, je-li jím budova vybavena, a to nejkratším možným způsobem, **není-li budova jím vybavena, nutnost provést uzemnění a jeho zřízení**. Připojení vnějšího pláště koaxiálního kabelu pro vyrovnání potenciálů ke stožáru vodičem Cu o průřezu 4 mm<sup>2</sup>.

- ochranu proti přepětí - doporučuje užít na vstupních bodech koaxiální bleskojistky.

- mechanickou konstrukci stožáru, odolnost vůči působení větru a jeho ukotvení.

- zakazuje zřizování antén na snadno zápalných střeších z šindele, rákosu, slámy a dále vedení koaxiálních kabelů prostory s uskladněním snadno hořlavých látek jako slámy, sena, hořlavin atd.

- anténní svody a zemnicí vodiče nesmí být vedeny prostory se skladováním snadno zápalných látek například slámy, sena, chemikáliemi atd. (půdy a patra stodol zejména vesnických domků).

- co již neřeší oproti předchozím :

- umístění stožáru a antén na komíny nebo jiné části staveb jako výklenky, věžovité nástavby, užití objímek k montáži na komín, umístění nad komíny nebo jiné technologické části staveb.

- konstrukci stožáru a jeho provedení.

Neznamená to ale, že co není uvedeno v této normě je automaticky povoleno, platí zde předpisy a normy, vztahující se k jiným oborům, jak bylo napsáno výše, kdy zřízení antény na komíně nebo jiné technologické jednotce může odporovat předpisům a normám pro tyto jednotky, může docházet ale ke kolizím i s dalšími předpisy - protipožárními, normami pro hromosvody atd. Doporučuji vždy provést rozvod a anténní systém tak, aby odpovídal bezpečnosti jak po elektrické, tak také po mechanické stránce.

Copak je tu asi špatně?? Ještě že ta otravná norma už neplatí...

-užití komínového tělesa pro montáž stožáru bez objímek a přímým zásahem do komínového tělesa, užití svařovaných anténních stožárů z více kusů s namáháním ve sváru - zejména u stožáru na obrázku vlevo, kde je i volné ložení anténních svodů přes bleskosvod. O užití izolačky k přichycení svodů ani nemluvě ... to by asi s dřívější normou neprošlo... u obrázku vpravo zřejmě bleskosvod vůbec není - takže by chybějící uzemnění ...?? (není-li to STA, nařizovalo se podle výše uvedené normy tam, kde nebyl zřízen bleskosvod zřízení tzv. „zjednodušené ochrany před bleskem“ ). Oddálený bleskosvod podle normy ČSN EN 62 305, kde by se stožár schoval do jeho ochranného prostoru také nevidět...



Obr. 15

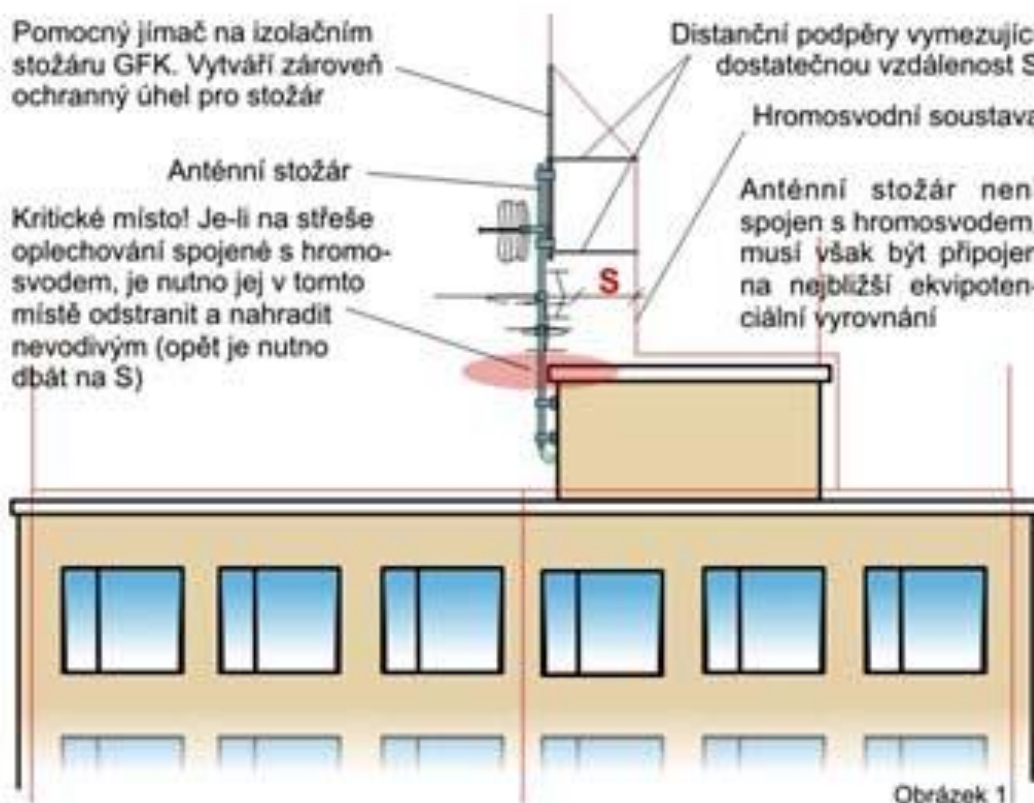


Obr. 16 - komínová klema vlevo a komínová páska vpravo pro montáž antény na těleso komínu jsou dnes již zcela běžně dodávanou součástí pro anténařinu.

Umístění antény na **funkční komín** nesprávným způsobem může mít za následek při kontrole hasičů nebo stavebního odboru popřípadě při revizi komínu nejenom nařízení o odstranění antény, ale i udělení citelné pokuty. Přitom je to tak oblíbené místo ...

Ochrana před úderem blesku se podle normy ČSN 34 2820 /předpisy pro antény/ a podle normy ČSN 34 1390 /předpisy pro ochranu před bleskem, platná do 31.1.2008/ zajišťovala u venkovních antén tam, kde je zřízen bleskosvod spojením kovových konstrukčních částí, stožárů a kotev napojením na stávající bleskosvod vodičem stejného průřezu, jako má bleskosvod. Toto uzemňovací vedení musí být vedeno vně budovy pokud možno co nejkratší a napojené na bleskosvod a anténní stožár pomocí příslušných svorek. Aktivní části antén, které nelze uzemnit musí být opatřeny jiskřišti. Samozřejmě by mělo být i použití koaxiálních bleskojistek do anténních svodů, napojených na zemnicí lištu, nejlépe před vstupem do půdních prostor.

Nová norma pro ochranu před úderem blesku ČSN EN 62305, vydané v roce 2006 uvádí, že je vhodnější tato zařízení s bleskosvodem nespojovat a ochrana je zajištěna tak, že se vedle zařízení postaví tyčový jmač a zařízení se schová do jeho ochranného prostoru – tzv. princip oddáleného hromosvodu. Toto lze ale provádět u nové výstavby tam, kde se s touto variantou při stavbě již počítá, neboť vyžaduje i vytvoření určitých bezpotenciálových zón, ve kterých se nebudou nacházet jiné uzemněné předměty, například plechová krytina strojovny výtahů atd.



Obr. 17 - obrázek k vysvětlení principu oddáleného hromosvodu podle ČSN EN 62305 dodavatele přepětových ochran a komponentů Dehn.

Podle normy ČSN EN 607 28 - 11 musí být ochrana před atmosférickým přepětím a vyloučením rozdílu potenciálů zabezpečena takto :

(což může být v rozporu s chápáním normy ČSN EN 62305)

- je-li budova vybavena hromosvodem, musí být stožár připojen k němu nejkratším možným připojením vodiči buď 16mm<sup>2</sup> Cu nebo 25mm<sup>2</sup> Al nebo 50mm<sup>2</sup> Fe (zpravidla stejného průřezu a materiálu a provedení jako má stávající hromosvod).
- stínění koaxiálního svodu od antény musí být propojeno se stožárem vodičem pospojování minimálně 4mm<sup>2</sup> Cu pro vyrovnání potenciálu.
- není-li budova vybavena hromosvodem, musí být provedeno uzemnění podle článku 11.3 této normy. U individuálního příjmu, kde je malá pravděpodobnost zasažení bleskem, je ochrana před úderem pouze doporučena - odkazuje na normy týkající se hromosvodů.

Vnější pláště (stínící vrstva ani kovové pláště) koaxiálních kabelů se dle ČSN 34 2820 v §28220 a nověji v ČSN EN 607 28-11 čl. 11.3.3 nesmí užívat jako ochranu před úderem blesku a musí být uzemněny (nesmí se však používat jako uzemňovacích vodičů). K tomuto účelu slouží propojovací zemnicí lišty, které umožňují propojit stínící pláště jednotlivých koaxiálních kabelů mezi sebou a se zemním potenciálem.



Obr. 18 - propojovací zemnicí lišta pro šest koaxiálních kabelů  
EDS 51 firmy Schwaiger



Obr. 19 - obrázek vlevo - napojení bleskosvodu ke stožáru pomocí uzemňovací objímky. Obrázek vpravo - napojení tohoto bleskosvodu ke stávajícímu svodu pomocí hromosvodářské spojky. Obě foto z montáže firmy Jikl service.

Při rekonstrukcích a tam, kde se zřizuje anténní stožár a kde byl proveden bleskosvod podle dříve platných norem, je nutno dodržet i napojení na bleskosvod jak bylo uvedeno výše. Připouští se také provedení i podle stávajících norem, platných před rokem 2008.



Samozřejmostí je pospojení všech pasivních a aktivních prvků ochranným vodičem odpovídajícího průřezu a napojení na uzemňovací soustavu (ČSN 33 2000 4-41 přípojnice hlavního pospojování) a jejich montáže do nejlépe plechového uzavíratelného boxu (je-li podkladová deska, na kterou se montují jednotlivé prvky kovová, nemusí se jednotlivé prvky mezi sebou pospojovat a uzemní se tato deska) umístěného na vhodném místě, zpravidla na půdě co nejbližší paty stožáru a anténních svodů a připojeného na uzemňovací soustavu.

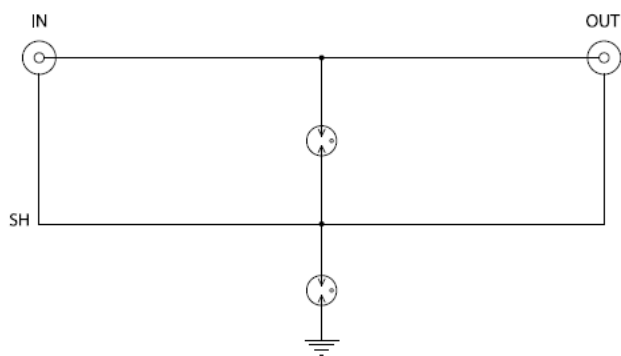
Norma ČSN EN 607 28 - 11 Kabelové sítě pro televizní a rozhlasové signály část Bezpečnost, platná od roku 2005 - nám přímo v článku 62a předepisuje stejně jako předchozí norma zahrnutí kabelového rozvodu z důvodu vyloučení rozdílu potenciálů popřípadě vzniku jiného nebezpečí do systému pospojování v budově vodičem pospojování o min. průřezu 4 mm<sup>2</sup> Cu.



Obr. 20 – nalevo - jak by to mělo vypadat, napravo - jak by to nemělo vypadat (a často vypadá).



Ochrana před přepětím, způsobeným buď úderem, přeskokem nebo naindukováním přepětí při blízkém úderu blesku - doporučuje se použití koaxiálních bleskojistek a přepětěvých ochran na vstupních bodech systému (čl. 11.4 normy ČSN EN 607 28). Tyto prvky sice neochráně před zničením samotné zařízení nebo jeho části - například zesilovač, ale jejich hlavní poslání tkví v nezavlečení bleskových proudů dále do budovy. Kombinují se s přepětěvými ochranami, které jsou osazeny na vstupech zesilovací stanice.



Obr. 20a – koaxiální bleskojistka a vnitřní schéma zapojení bleskojistky firmy Saltek.

## 6.4 Anténní stožár – konstrukce, montáž a umístění

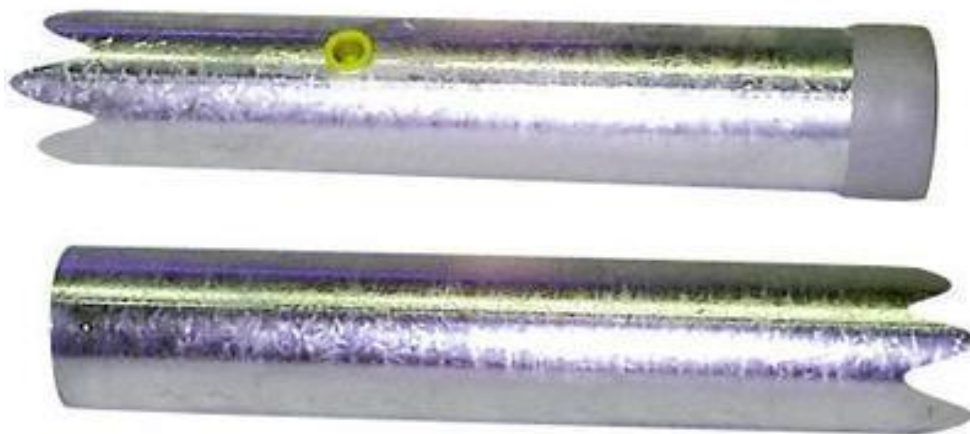
**Anténní stožár a jeho umístění** - místo pro zřízení anténního stožáru vybereme podle měření místních podmínek příjmu, ale zároveň musíme přihlédnout k určitému kompromisu mechanické proveditelnosti montáže a ukotvení stožáru. Přihlédneme vždy k bezpečnému a pevnému ukotvení.

Veškeré komponenty pro anténní stožáry a jejich kotvení jsou dnes ve velkém množství a rozličných provedeních běžně dostupné v parametrech, splňujících příslušné normy s odpovídající antikorozi úpravou. Proto se vyvarujeme použití různých amatérských stožárů a držáků, mějme totiž na paměti, že za bezpečné provedení budeme odpovědní my. Jsou-li někde užity nevyhovující stožáry a držáky, například malých průměrů, které nevyhovují ohledně mechanického namáhání, bez antikorozi úpravy zasažené korozi bez odpovídající ochrany před bleskem, provedeme jejich výměnu.

Jako stožár se užívá ocelová trubka s tloušťkou stěny 2-3mm s povrchovou úpravou žárovým zinkováním. Jeho velikost je dodávána v různých délkách od 2 metrů až do 4 metrů, u větších délek jako dvou nebo třídílné teleskopické provedení. Vrchol stožáru musí být opatřen vhodnou zátkou proti zatékání vody. Veškeré anténní svody musí být vedeny vnitřkem stožáru (u větších průměrů stožáru), proto je vybaven několika průchodkami pro vstup kabelů. Velmi dobrá je úprava kotevního konce proti otočení vylisováním do šestihranu, zamezí se tak otočení stožáru a tím i antén při dlouhodobém působení větru. Dimenzování anténního stožáru (průměr trubky při dané délce) je závislé na síle-tlaku větru, působící na anténu v dané výšce. Slouží k tomu různé grafy a vzorce, nahrazující několik antén na stožáru na fiktivní sílu, působící v místě nejvyšší antény.

Standardní průměry stožárů jsou při tloušťce stěny 2,5mm jsou od 43 do 60 popř. 70 mm.

Pro praktické užití je z logiky věci jasné, že čím vyšší stožár potřebujeme a čím více anténních systémů bude namontováno, tak jeho průměr musí být tím větší. Jeho část nad střechou by měla být zhruba 2/3 délky a 1/3 délky by měla sloužit k ukotvení stožáru (pod střechou).



Obr. 21 – typické provedení anténního stožáru s průchodkami pro kabely a vrchní krytkou.



Obr. 22 - zakončení paty stožáru proti otočení šestihranem (typ AMS2048 Schwaiger).

Podle požadavku normy ČSN EN 607 28 na mechanickou stabilitu stožáru anténního systému nesmí například dojít ke zlomení stožáru nebo jeho části, odtržení jakékoliv části při maximální síle větru. Při výšce budovy do 20 metrů se uvažuje maximální rychlost větru pro stanovení síly, působící na stožár 130 km/h, u budovy nad 20 metrů se uvažuje 150 km/h. Stožár musí být zhotoven z oceli s tloušťkou stěny minimálně 2 mm. Upevňovací prvku u stožárů do volné výšky 6 metrů musí být alespoň v jedné šestině jeho celkové délky. Praktický výpočet průměru stožáru, sil působících na stožár a doporučená vzdálenost kotvení je na str. 96.

Pro průchod střechou se používají různé typy manžet a střešních tašek jako průchodek, zabraňujících zatékání vody do střechy a půdních prostor.



Obr. 23 – různá provedení manžet a průchodek.  
Dodávají se také v různých odstínech s možností výběru dle krytiny.

Pro ukotvení se vyrábí velká řada konzolí, umožňující jak montáž na střešní krovy, kotvení mezi krovy tak také montáž na ploché stěny. Některé umožňují i nastavit vhodné uchycení stožáru posunem kotvící objímky po konzoli, a tím ideálně ukotvit stožár například k trámové konstrukci střechy. (původně jsem chtěl vložit fotografie jednotlivých prvků, ale po nálezů těchto fotografií to již bylo bezpředmětné, je z nich vidět také jejich perfektní použití. Co dodat, zkrátka profesionální montáž - kéž by takových bylo více...). Obr. 24 až 32 fotodokumentace firmy SJ electronic.



Obr. 24 – ukotvení malého stožáru mezi trámy.



Obr. 25 – použití průchodky typu střešní tašky





Obr. 26 – hotová montáž s nasazenou gumovou manžetou.



Obr. 27 - ukotvení většího stožáru k trémové konstrukci střechy pomocí stavitelných konzolí.



Obr. 28 - detail kotvení patky stožáru k trámu.  
Perfektní uložení koax. svodů do protahovacích ohebných trubek, tzv husích krků



Obr. 29 - vnější vzhled s použitím olověné průchodky stožáru a gumovou manžetou.  
Samozřejmě je napojení na stávající bleskosvod.





Obr. 30 - kotvení stožáru na stěnu strojovny pomocí A konzole. V horní části obrázku je vidět napojení na bleskosvod.



Obr. 31 - uchycení spodní části pomocí trojnožky, vstup koaxiálních svodů do objektu pomocí ohebných husích krků s odkapovou smyčkou (prověsem) na svodech.





Obr. 32 - další typ kotvení stožáru k trémové konstrukci střeby.  
V horní části užito kotvy typu vlnka s přitažením k trému, spodní část uchycena k podlaze pomocí patky. Vidět je i přivedení ochranného vodiče pro připojení stožáru do soustavy hl. pospojování.

Pro montáž na rovnou střechu použijeme stožár na trojnožce, který se zatíží betonovými bloky, nelze-li zvolit jiný typ stožáru - například objekt nemá strojovnu výtahu. Betonové bloky se před usazením na lepenkové střeše podloží zvýšenou vrstvou lepenky, aby se zabránilo poškození krytiny. U některých staveb jsou bloky již napevno usazeny při výstavbě a trojnožka se umísťuje na ně, jak je vidět z obrázku dole.



Obr. 33 - montáž trojnožky na plochou střechu (M. Valouch montáže )

Antény se na stožár umísťujú buď priamo, alebo pomocí výložných ráhen. Starší typy antén pro pásma UHF, ktoré majú upevňovací tŕmen na podpěre uprostřed antény se musí montovat na tato ráhna, protože průměr stožáru se blíží vlnové délce přijímaného záření, což by mělo za následek podstatné zhoršení jejich parametrů. Některé novější typy antén mají tŕmen umístěný na konci ráhna antény za reflektorem a tam již není nutné využívat výložná ráhna z tohoto důvodu.

Antény se montují v pořadí nejnižše pro nejdelší vlnové délky (VHF pásma) nebo pokud je zde uvažován i satelitní příjem, umísťuje se zde parabolická anténa a to také z důvodu nejmenšího vlivu na mechanické namáhání stožáru při působení větru. Poté následují antény pro pásma UHF, umístěné na výložném ráhnu nebo přímo na stožár.



Obr. 34 - výložné ráhno a půlrahno pro montáž anténních systémů na stožár  
(foto Triax).



Obr. 35 - rozmístění antén při kombinaci se satelitním příjmem - nejnižše satelitní parabola, poté anténa pro VHF I+II a nad ní anténa pro pásmo UHF (SJ electronic)



Obr. 36 - montáž jedné antény pro pásmo VHF I+II a nad ní dvou antén UHF s připevňovacím třmenem za reflektorem bez nutnosti použití výložných ráhien (Hofisat)



Obr. 37 - ukázka obsazenosti stožáru s větším počtem antén pro příjem z více směrů.



...a nakonec dvě ukázky toho, jak by to rozhodně nemělo vypadat. První není třeba komentovat, na druhém obrázku je ukázka nevhodného užití příčně buzených anténních soustav.



Obr. 38

## Výběr vhodného typu antény - souhrn

Výběr vhodného typu antény - při volbě vhodného typu antény záleží zejména na místních příjmových podmínkách, kdy musíme uvážit několik základních pravidel :

- jedná se o místní nebo dálkový příjem ?
- jedná se o příjem z jednoho nebo více směrů ?
- při příjmu z více směrů může vznikat rušení ? (vysílače téměř z jednoho směru)
- jedná se o problematický terén s mnoha odrazy ?
- je místo příjmu v údolí nebo např. za kopcem, znemožňujícím příjem ?

Toto a mnoho dalšího se musí brát v úvahu při výběru místa příjmu (stanoviště stožáru) a nejvhodnějšího typu antény co do zisku a směrovosti antény .

Pouze u posledního jmenovaného bodu má smysl svolit spíše příjem pomocí satelitního DVB-S. Je mnoho míst, hlavně různých malých okrajových oblastí, osad a samot v horských oblastech s malou lidnatostí, kde může být problém s pozemním příjmem a není zatím vyřešen pomocí opakovačů nebo vykrývacích vysílačů.

## Umístění stožáru antény - souhrn

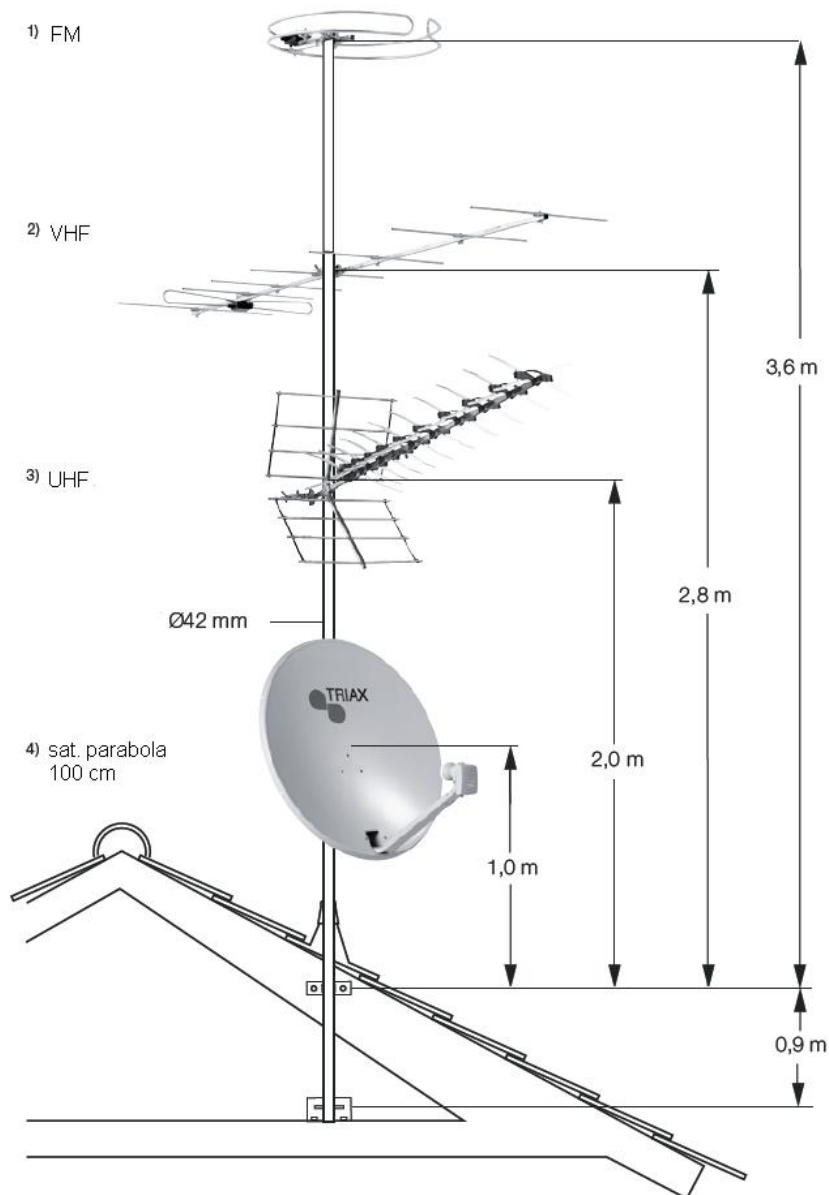
Jak jsme již řekli, pro umístění antény jsou důležité výsledky měření signálu nejenom co do úrovně, ale **zejména kvality a chybovosti** a možného rušení okolními zdroji rušení zejména impulsního charakteru, vzniklého spínáním, výkonovou pulsní regulací, provozem neodrušených strojů a vozidel atd. Proto v zásadě neumísťujeme antény na místa v blízkosti vozovky, kde je trolejové vedení pro napájení trolejbusů nebo tramvajů, kde sice může být výborná úroveň signálu, ovšem nekvalitního, nepoužitelného pro příjem DVB, znehodnoceného častým rušením od neodrušených vozidel, přejezdů tramvajů a trolejbusů přes trolejové výhybky atd. Volíme proto místo pro umístění antény, vzdálené od komunikace, například je-li dům se střechou souběžně s komunikací, nevolíme za stanoviště antény polovinu střechy přímo nad komunikací, ale druhou, odvrácenou polovinu střechy. Je-li objekt kolmo na komunikaci, tj. štítem k vozovce, volíme místo na střeše dále od této strany, třeba u třetiny střechy u protějšího štítu. Tímto způsobem se nám podaří z větší části eliminovat vlivy rušení na příjem DVB, projevující se zamrzáváním, výpadky a pixelizací (tzv. kostičkováním) obrazu.

Také v blízkosti průmyslové zástavby je vhodné najít takové místo pro umístění anténního stožáru, kde nebudeme mít antény namířené přímo na průmyslový objekt, kde je ve velkém pracováno s elektrickými agregáty a bodovými svářečkami, zkusíme najít takové místo, kde by nám provoz v tomto objektu rušil co nejméně a s pomocí směrových antén nalézt takovou polohu, kde by se tento zdroj rušení dostal do minima antény - místa mezi hlavním a postranními laloky. Podaří se nám tak tam, kde není vyhnutí alespoň zčásti eliminovat rušení od tohoto zdroje.

Stanoviště nového stožáru antény je tedy určitým kompromisem mezi měřením signálu a konstrukcí střechy, kde je možné stožár bezpečně (a také přístupně) namontovat a ukotvit.



## Rozmístění antén na stožáru



Obr. 38a – rozvržení antén a kotvení k praktickému výpočtu sil, působících na stožár (Triax)

Kotvení stožáru – v souladu s normou EN 50083 (60728-11) musí být ukotvena nejméně 1/6 délky stožáru a to dvěma kotvami.

Součet momentů, vyplývajících ze skutečného momentu stožáru a ohybových momentů použitých antén (v příslušné výšce) nesmí přesáhnout maximální ohybový moment použitého stožáru.

Ohybový moment, způsobený anténami (v dané výšce) se počítá podle vzorce :

$$\text{Zatížení větrem (N) x vzdálenost od kotvení (m) = ohybový moment (Nm)}$$

V tomto případě :

$$\text{Anténa č. 1 } 16 \text{ N x } 3,6 \text{ m} = 57,6 \text{ Nm}$$

$$\text{Anténa č. 2 } 56 \text{ N x } 2,8 \text{ m} = 156,8 \text{ Nm}$$

$$\text{Anténa č. 3 } 96 \text{ N x } 2,0 \text{ m} = 192,0 \text{ Nm}$$

$$\text{Anténa č. 4 } 619 \text{ N x } 1,0 \text{ m} = 619,0 \text{ Nm}$$

Celkový ohybový moment je tedy  $57,6 + 156,8 + 192 + 619 = 1025,4 \text{ Nm}$  a je nižší, než max. dovolený ohybový moment stožáru, konstrukci je tedy možné bezpečně provést.

## Slovo závěrem

- co říci závěrem této kapitoly? Snad jen, že jsme neprobrali všechny typy antén, jejich způsob montáže a všechny dodávané instalační komponenty. Při montáži se vyvarujeme použití nehomologovaných dílů pochybné kvality, ráhen a držáků svařovaných z dílů atd.

Při prohlížení různých fotogalerií zhotovitelů rozvodů STA mne až vyděsily způsoby některých montáží, které si zhotovitelé ještě umísťují na své stránky jako by nikdy neviděli žádnou normu, žádný předpis... Ano, normy jsou nezávazné, pouze doporučující, vždy jde ale o bezpečnost a ono dostat do hlavy cihlou z vyvaleného komína, který neudržel tlak větru na anténní systém s parabolickou anténou a čtyřmi dalšími anténami na stožáru vysokém 3 metry, není nic dobrého.

Také obdržet na hlavu slušivý klobouk v podobě osmdesátkové parabolické antény, letící z osmého patra panelového domu, která byla umístěna na svařovaném držáku pochybné kvality, kdy sváry jsou vystaveny povětrnostním vlivům s vlivem na jejich korozi a periodickému namáhání v tlaku a ohybu, způsobeném náporu větru, kdy ji ani koaxiální kabel nezabrání v pádu, protože je uchycený dvěma závitovými izolačními pásky. Každý by si měl proto uvědomit, že je za svou práci odpovědný a zda mu momentální výtěžek ušetřených 300 Kč za kvalitní držák stojí za náhradu škody. Fotografie, jak by to nemělo vypadat by zabraly rozsah této knihy, my ale potřebujeme vědět, jak to má vypadat. Škoda, těch druhých fotografií je daleko, daleko více...



jakpak tady čistí komín...??



amatérské výrobě se meze nekladou...

Obr. 39 - jak by to nemělo vypadat.



Obr. 40 – také „ukotvení“ stožáru.



Obr. 41 – „vyřešené“ zatékání vody stožárem.

## 7. Anténní svody

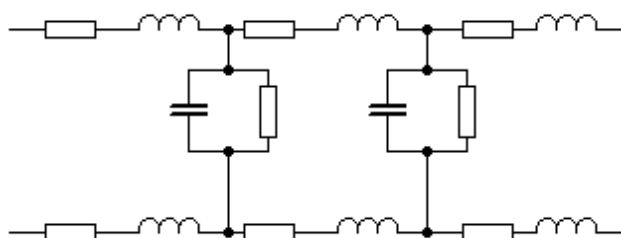
### Teorie, varianty, typy konektorů a jejich montáž

#### 7.1 Anténní svody

**Anténní svody** - pod tímto pojmem rozumíme vysokofrekvenční vedení, jehož účelem je dopravit vysokofrekvenční signál s co nejmenšími ztrátami od antény k přijímači popř. jiným prvkům, propojení jednotlivých prvků rozvodu mezi sebou, distribuci signálů k jednotlivým účastníkům atd.

Volbě typu vedení je třeba věnovat pozornost, a protože i zde platí, že se jedná o frekvenčně závislý prvek, musíme brát tedy v úvahu nejvyšší přenášený kmitočet v signálu, který budeme chtít pomocí vedení přenášet. Nejprve si uvedeme některé základní definice pro vř vedení obecného charakteru, které jsou poté přesněji rozepsány u jednotlivých typů vedení.

**Vlnová (charakteristická) impedance  $Z_0$**  - tato impedance je nejdůležitější parametr vedení, vychází z náhradního schématu vř vedení a je dána příčnými rozměry vedení a permitivitou dielektrika mezi nimi.



Obr. 1 - náhradní schéma  $Z_0$  symetrické dvojlinky

(indukčnosti, kapacity i odpor a vodivost rozprostřené po vedení jsou pro výpočet nahrazeny elementárními hodnotami L, C, R a G)

Charakteristická impedance je poté dána vzorcem :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j \cdot \omega L}{G + j \cdot \omega C}}$$

tedy poměrem podélné impedance a příčné admittance, ztrátové členy R a G (R je dán ss odporem vedení a G je dána ss vodivostí dielektrika) je možné při vysokých kmitočtech vzhledem k hodnotám L a C zanedbat.

Obdržíme poté zjednodušený vzorec :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Charakteristická impedance je tedy nezávislá na frekvenci a na délce vedení, tj. libovolně dlouhá část vedení vykazuje stále stejnou hodnotu charakteristické impedance. Pro symetrické dvojlinky má hodnotu  $300 \Omega$ , pro koaxiální vedení  $50$  nebo  $75 \Omega$ .

**Útlum vedení** (měrný útlum) - je způsoben ztrátami v samotných vodičích, ztrátami v dielektriku a ztrátami vyzařováním. Jeho hodnota se s frekvencí zvyšuje (je to frekvenčně závislý prvek) a mění se i s teplotou. Pro kompenzaci frekvenční závislosti útlumu ve větších rozvodech se proto používají tzv. náklonové členy.

Útlum vedení se udává pro jednotkovou délku, nejčastěji na  $100\text{m}$  vedení, tj  $\text{dB}/100 \text{ m}$ .

Důležité je vybírat vedení takového typu, které má pro nejvyšší přenášený kmitočet, který budeme vedením přenášet co nejmenší měrný útlum.

**Činitel zkrácení** ( $k$ ) - je to poměr vlnové délky ve vedení k vlnové délce ve volném prostoru.

Je to dáno menší rychlostí šíření vlnové energie ve vedení oproti volnému prostoru, která je tím menší, čím větší je permitivita. Tato změna rychlosti má za následek zkrácení vlnové délky vlnového signálu o stejném kmitočtu oproti vlnovému signálu, šířenému ve volném prostoru. Pro běžně používaná vedení nabývá činitel zkrácení hodnot  $0,66 - 0,85$ .

Tento parametr je důležitý tam, kde se používá úsek vedení předepsané délky.

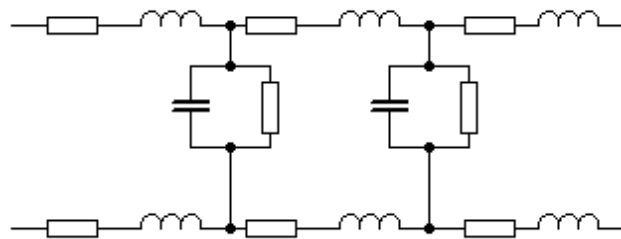
Rozlišujeme dva základní druhy vedení, používané pro tv anténní rozvody, a to symetrické proti zemi, jehož představitelem je tzv. vlnová dvojlinka, a nesymetrické proti zemi, jehož představitelem jsou známé koaxiální kabely.



## Symetrické vedení - vysokofrekvenční dvojlinka

S tímto vedením se dnes již setkáme pouze u pokojových antén, například teleskopické antény, připevněné na televizní přijímač. Na přijímací straně v anténních rozvodech se již mnoho let nepoužívá, uvedeme si jen některé údaje a spíše nevýhody tohoto vedení. Je tvořena dvěma souběžnými měděnými vodiči v nosném plochém izolantu (typ PLE300-8) pro VHF pásmo nebo jako oválná dvojlinka s dielektrikem mezi vodiči z pěnového PE (typ PLCNE 300-6).

Její charakteristická impedance závisí na vzdálenosti vodičů, jejich průměru a nepřímo úměrně také na permitivitě izolantu - dielektrika. Její hodnota je  $Z_0 = 300 \Omega$  a náhradní schéma na obrázku níže.



Obr. 2 - náhradní schéma symetrického vedení – dvojlinky.



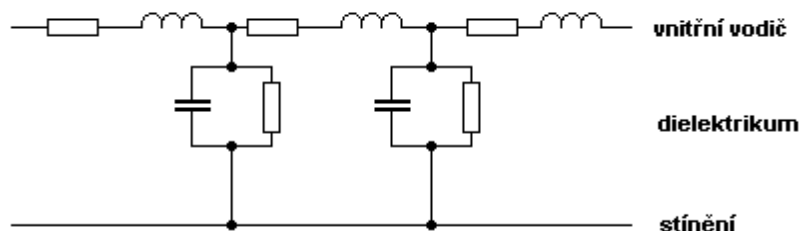
Obr. 3 - VHF dvojlinka PLE 300-8 (VFSP-510) pro pásmo VHF  
(útlum 30 dB/1 GHz)

Její jedinou výhodou byla charakteristická impedance  $300 \Omega$ , takže umožňovala provést anténní svod od svorek dipolu až po dříve symetrický vstup televizoru bez jakéhokoliv přídavného prvku, způsobujícího útlum. Nevýhody ale převažují, zejména díky tomu, že energie je vedena v poměrně velkém okolí vodičů je problém s montáží nebo vůbec přiblížení k vodivým povrchům (způsobuje útlum a změnu char. impedance), jako jsou střechy, okapy, parapety, je úplně vyloučena možnost montáže např. pod omítku, musí se použít speciální distanční podpěry z izolantu, problémem je i vyzařování do okolí a také náchylnost k vnikání rušení do svodu.

## Souosé vedení - koaxiální kabel

Nejpoužívanější typ vf vedení, nesouměrného proti zemi, kdy jeden vodič je v podobě Cu drátu veden středem kabelu a druhý tvoří kruhový plášť, tzv. stínění a je tvořen měděnými nebo hliníkovými drátky, doplněný Cu nebo Al fólií. Prostor mezi vnitřním vodičem a touto vrstvou tvoří dielektrikum, a to buď vzduchové (soustřednost zajišťují vystředovací PE kroužky), nebo pěnový polyetylen (foam PE). Elektromagnetická energie se rozprostírá pouze mezi vnitřním vodičem a stínícím pláštěm, který zabraňuje vyzařování do okolí svojí „těsností“ a zároveň brání pronikání rušení do kabelu a tím i do rozvodu. Navíc, protože je toto šíření v uzavřeném prostoru ve vnitřním prostoru kabelu, neovlivňuje okolí ani ztráty (zvýšený útlum při přiblížení nebo podkladu na vodivý povrch) ani charakteristickou impedanci. To umožňuje snadnou montáž přímo na vodivý podklad, pod omítkou, ve zdech při různých průřezech, v kovových trubkách a šachtách atd.

Charakteristická impedance je dána poměrem průměru pláště a průměru vnitřního vodiče a nepřímo úměrně také na permitivitě dielektrika. Náhradní schéma koaxiálního kabelu je na obrázku níže, charakteristická impedance souosého kabelu je 75  $\Omega$  pro anténní přijímací techniku a rozvody nebo 50  $\Omega$  pro měřicí přístroje, vysílací napáječe, atd. Dále nás bude zajímat pouze vedení s charakteristickou impedancí 75  $\Omega$ .



Obr. 4 - náhradní schéma koaxiálního vedení



Obr. 5 - praktické provedení koaxiálního kabelu firmy Nordix typ Cablesat Milenium digital (útlum na frekvenci 862 MHz 14,7 dB, na frekvenci 2,15 GHz 24,8 dB, PVC plášť v provedení s ochrannou UV vrstvou - venkovní provedení, vnitřní provedení HFLS - nehořlavý, 15 let garance parametrů)



Obr. 6 - provedení kabelu firmy Belden typ H-125 Al PE, homologovaného pro STA, útlum 19,1 dB/100 m (860 MHz), tlumení stíněním  $> 85$  dB, varianta vnějšího pláště PE vhodná pro zemní uložení a vystavení extrémním povětrnostním vlivům - hořlavé, varianta PVC pro vnitřní rozvody - nehořlavé samozhášivé provedení.

Několik důležitých zásad pro volbu vhodného typu kabelu :

1. pro jaké kmitočtové pásmo bude kabel používán?

- volba typu koaxiálního kabelu podle nejnižšího útlumu pro nejvyšší distribuované kmitočty.

2. dodržet předepsané hodnoty tlumení stíněním koax. kabelu zejména v rozvodech DVB a to minimálně 90 dB !!

3. kde bude kabel instalován?

- musíme uvážit, zda bude kabel vystaven povětrnostním vlivům, zejména slunečnímu – UV záření, které na některé typy izolací - vnějších plášťů může mít degradační účinek, popřípadě bude-li veden v zemi, pod omítkou atd. Je nutné vybrat provedení takové, které bude odolné vůči vnějším vlivům a dostatečně chráněno před poškozením - víceplášťové kabely, kabely s pláštěm odolným působení UV záření atd.

4. pozor na mechanické vlastnosti!

- mezi nejdůležitější vlastnost patří tzv. minimální poloměr ohybu, tj. namáhání v ohybu  
- platí zejména pro kladení vedení v rozích, kdy při překročení tohoto minimálního poloměru (ostré záhyby) hrozí nevratné poškození kabelu (vnitřní vodič se "zařízne" v ohybu hlouběji do dielektrika a v tomto místě dojde ke změnám vlastností kabelu - změnou char. impedance a vznikem odrazů od tohoto místa).

5. pozor na nekvalitní kabely!

- kvalitní kabel a zejména pro šíření DVB signálu musí splňovat několik základních kvalitativních požadavků, zejména :

- vnitřní vodič musí být vždy z mědi

- stínění dvouvrstvé, skládající se ze stínící fólie a minimálně 64 drátků stínícího opletu

Tyto požadavky mnoho různých levných kabelů z různých marketových prodejn nesplňuje, mnohdy není možné zjistit ani typ kabelu a jeho výrobce, natož jeho parametry, vnitřní vodič je proveden jako poměděný železný drát, oplet je řešen jednoduchým stíněním nebo dvojitým s plastovou fólií s napařenou vrstvou a opletem pouze z několika málo drátků. Tyto kabely jsou nepoužitelné pro rozvody a už vůbec nepřichází v úvahu jejich použití pro profesionální rozvody STA, kde musí být dodrženy předepsané normy (zejména tlumení stíněním >90 dB), ale výrobky musí být také schválené - homologované pro užití v STA. Navíc kvalitní výrobci se veškerými technickými údaji netají a poskytují například i 20-ti letou záruku na parametry kabelu.

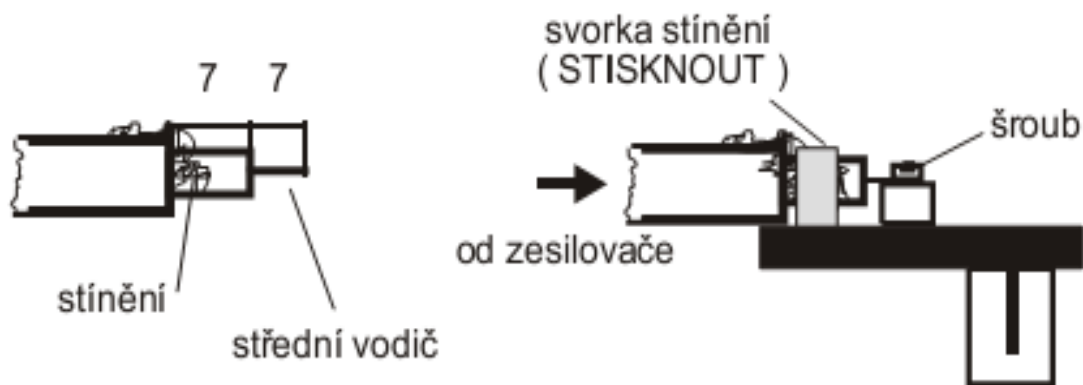
## 7.2 Konektory a jejich montáž

### Základní typy konektorů používaných v anténní technice

Přípojná místa - anténní vstupy televizních a rozhlasových přijímačů a koncové body rozvodu - účastnické zásuvky jsou v provedení IEC. Montáž těchto konektorů je velmi jednoduchá, kdy se kabel zbaví vnějšího pláště, stínící vrstva se přeloží zpět a vnitřní vodič se pomocí šroubku přišroubuje ke svorce vnitřního kontaktu konektoru. Je-li konektor úhlový, stínící vrstva se nechá přeložená, po nasazení vnějšího stínícího krytu je zajištěn dostatečný kontakt mezi stínící vrstvou a plechovým stínícím krytem. Jedná-li se o konektor přímý, po nasazení stínícího krytu se opletení přehrne přes něj a konektor se sešroubuje dohromady. Nesmíme zapomenout před montáží konektoru nasadit na kabel plastovou matici rozebraného konektoru, jinak si složení ještě jednou zopakujeme.



Obr. 7 - vlevo úhlový konektor IEC samice, vpravo úhlový IEC konektor samec a profi celokovové provedení konektoru



Obr. 8 - ukázka montáže úhlového anténního konektoru

Profesionální prvky anténních rozvodů, jednotlivé pasivní a aktivní prvky rozvodu jsou zásadně v provedení F konektor - samice na vstupní i výstupní straně (mimo předzesilovačů a symetrizačních členů do anténní krabice nebo účastnických zásuvek). Provedení F totiž oproti IEC poskytuje spolehlivější spojení jednotlivých dílů, navíc splňují i podmínku tlumení stíněním  $> 85$  dB.

Použití šroubovacích konektorů je omezeno spíše na účastnické šňůry mezi TV-SAT zásuvkou a receiverem nebo individuální satelitní příjem, pro profesionální rozvody se užívá buď konektorů krimpovacích, které se pomocí kleští nalisují na kabel, nebo dnes převážně (a jejich použití je dokonce normou přímo přikázáno) konektorů kompresních. Tyto konektory se pomocí speciálních kleští nalisují přímo na koaxiální kabel.



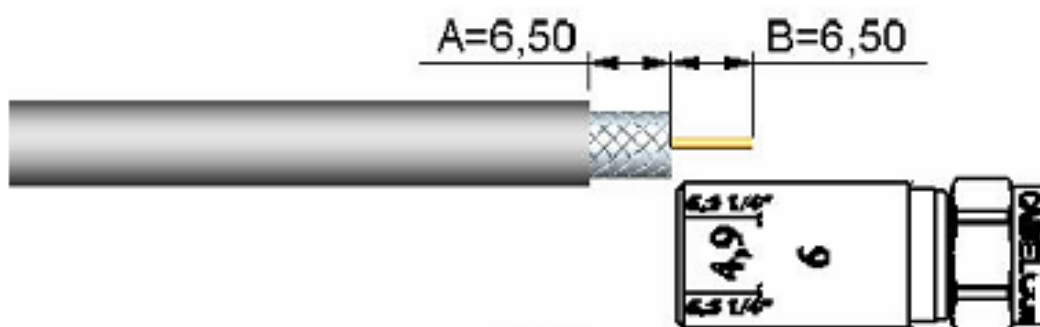
Obr. 9 - zleva šroubovací konektor F, uprostřed krimpovací konektory, nalevo kompresní provedení

Kompresní konektory umožňují velmi kvalitní zapouzdřenou montáž (u některých provedení i vodotěsnou) a dokonalé stínění. Jejich montáž spočívá z těchto bodů :

1. připravíme si koaxiální kabel oholením vnějšího pláště například, pomocí rotační ořezávačky Cabelcon, která nám provede správný ořez kabelu v předepsaných vzdálenostech.



Obr. 10 – použití ořezávačky pro odstranění izolace kabelu.



Obr. 11 – připravený kabel. Průměr dielektrika kabelu musí souhlasit s typem (vnitřním průměrem) konektoru.

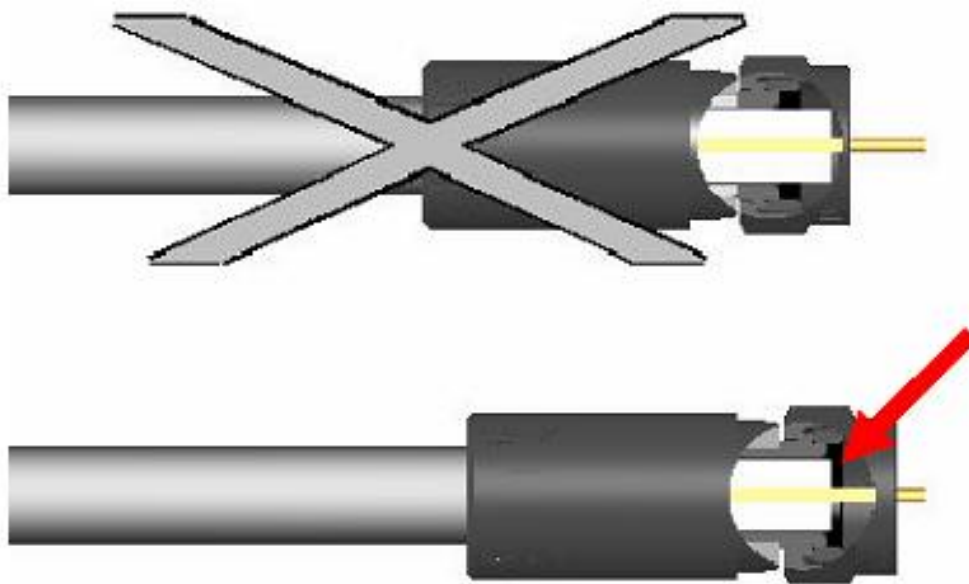


2. u takto připraveného kabelu přehneme stínící oplet přes vnější plášť dle obrázku. Stínící fólie na dielektriku musí být celistvá - nepoškozená.



Obr. 12 – přehnutí opletení o vnější plášť kabelu.

3. zkusmo nasadíme konektor na kabel, vnitřní kovový váleček musí zajet mezi stínící fólií na dielektriku a stínící oplet. Pro lehké nasazení si pomáháme krouživým pohybem konektoru. Stínící fólie se nesmí poškodit ani strhnout. Poté zatlačíme konektor tak, že vnitřní váleček zajede celý mezi oplet a stínící vrstvu - pozor, dielektrikum nesmí přesahovat vnitřní hranu spodní části matice F konektoru.



Obr. 13 – správné nasazení konektoru na kabel.

4. nyní provedeme nalisování pomocí kleští, konektor se slisuje dohromady a zapouzdří (zadní průchodka) a tvoří již nerozebratelný celek.



Obr. 14 – jeden z typů lisovacích kleští pro kompresní konektory, zde výrobek firmy Cabelcon.



Obr. 15 – vpravo finálně nalisovaný kompresní konektor.

Pro spojení několika prvků mezi sebou, například zesilovač a rozbočovač nebo zesilovač a útlumový článek, je výhodné použít spojku F-samec - samec (nalevo), pro spojení dvou koaxiálních kabelů se používá spojka F-samice - samice (napravo).



Obr. 16 – různá provedení F – spojky.

Tam, kde jsou problémy s montáží přímých F konektorů, například při zástavbě zařízení do uzavíratelné skříně, jsou vhodné úhlové spojky, které jsou na obrázku výše.



Obr. 17 – úhlová F – spojka.

Pro připojení měřících přístrojů, které jsou opatřeny BNC konektory k prvkům s F konektory nebo IEC konektory popřípadě propojení prvků s IEC a F konektory, se používají různé typy redukcí, několik z nich je na obrázku.



Obr. 18 - první zleva redukce BNC samec - F samice, druhý zleva F samec - IEC samice, třetí zleva F samec - IEC samec a poslední redukce je F samec rychloupínací (bez závitů) - F samice.

## 8. Prvky anténních rozvodů a jejich funkce

### 8.1 Pasivní prvky rozvodu

Pasivní díly neobsahují aktivní prvky, tudíž nezesilují signál, jejich úkolem je signál rozvést, rozdělit do více cest, upravit frekvenční charakteristiku rozvodu potlačením některých nežádoucích kanálů nebo naopak jejich propustí, zakončit jej, popř. signál zeslabit.

U pasivních prvků se setkáme s těmito údaji - závisí na typu prvku :

$a_p$  /dB/ průchozí útlum (zeslabení signálu průchodem od vstupu prvku na jeho výstup)

$a_r$  /dB/ rozbočný útlum (zeslabení signálu mezi vstupem a každým z výstupů rozbočovače)

$a_d$  /dB/ oddělovací útlum (útlum mezi jednotlivými vstupy nebo jednotlivými výstupy prvku)

$a_v$  /dB/ vazební útlum (útlum mezi odbočkou a vstupem odbočovače, nověji odbočovací útlum)

$a_o$  /dB/ útlum odrazu (útlum odrazu - tlumení odrazu na vstupech a výstupech prvků - odrazů od impedančního nepřizpůsobení)

$a_t$  /dB/ tlumení stíněním (útlum rušivého vyzařování aktivních a pasivních prvků)

$f$  /MHz/ šíře pásma (udává pro jaké kmitočty je daný prvek použitelný)

Útlumy se zpravidla udávají u příslušných prvků v tabulkách pro různé kmitočty, popř. kmitočtová pásma, neboť jsou tyto částečně frekvenčně závislé.

Při výběru prvků a výpočtu energetické rozvahy rozvodu proto musíme uvažovat vždy nejvyšší přenášený kmitočet v rozvodu (prvky jsou totiž kmitočtově závislé) a počítat s údaji útlumů v intervalu, kam tento nejvyšší přenášený kmitočet spadá.

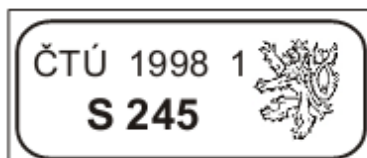
Příklad - tabulka vlastností rozbočovače řady XGFS firmy Toner :

	<b>XGFS-2</b>	<b>XGFS-3B</b>	<b>XGFS-4</b>
<b>Šířka pásma</b>	5 MHz - 1 GHz		
<b>Útlum</b>			
5-10 MHz	3.4 dB	5.2 dB	6.8 dB
10-500 MHz	3.5 dB	5.6 dB	7.0 dB
500-750 MHz	3.8 dB	6.2 dB	7.7 dB
750-1000 MHz	4.2 dB	6.8 dB	8.2 dB
<b>Tlumení odrazu</b>			
5-10 MHz	15 dB	15 dB	15 dB
10-750 MHz	20 dB	18 dB	18 dB
750-1000 MHz	18 dB	16 dB	16 dB
<b>Izolace</b>			
5-10 MHz	27 dB	18 dB	27 dB
10-500 MHz	27 dB	26 dB	26 dB
500-750 MHz	24 dB	26 dB	26 dB
750-1000 MHz	24 dB	20 dB	20 dB
<b>Rozměry ( mm )</b>	36.5 x 79.4	46.0 x 88.9	46.0 x 114.3

Tlumení stíněním 100 dB

Tab. 1 – parametry rozbočovačů Toner.

Samozřejmostí je i používání komponentů pro rozvody, které splňují podmínky homologace, to platí zejména u rozvodů typu STA, kde je toto podmínkou.



Obr. 1 - příklad homologační značky, kterou by měl výrobek obsahovat (popřípadě tuto značku musí obsahovat průvodní dokumentace nebo návod).



- **symetrizační/transformační člen** - slouží k přizpůsobení vedení nesouměrného proti zemi na souměrné, nebo naopak za současné transformace impedancí v poměru 1:4.

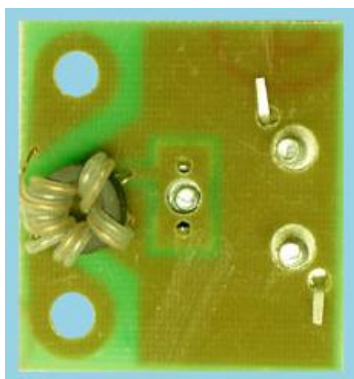


Obr. 2 - symetrizační/transformační člen v provedení pro montáž do anténní krabičky vlevo pro pásmo UHF, vpravo pro pásmo VHF, liší se provedením transformátoru a materiálem jádra - mosten pro UHF a ferit pro VHF.

Útlum UHF symetrizačního/transformačního členu 0,5 dB max pro 21 - 69 k.  
Útlum VHF symetrizačního/transformačního členu 0,6 dB max pro 1 - 12 k.



Obr. 3 - symetrizační člen v nesymetrickém IEC anténním konektoru. (dnes se s ním setkáme spíše jen u pokojových antén)



Obr. 4 - pro širokopásmové antény se používá symetrizační/transformační člen s toroidním transformátorkem

- **rozbočovač** - slouží k rozdělení vf energie do dvou nebo více vedení. Obsahuje jeden vstup a dva nebo více (i 12) výstupů, každý z výstupů je oproti vstupu zeslaben o tzv. rozbočný útlum (na prvním obrázku rozbočovače XGHS-3B je rozbočný útlum 6,5 dB). Dalším parametrem je tzv. oddělovací útlum, označovaný též jako izolace mezi výstupy (ovlivnění jednotlivých výstupů navzájem).



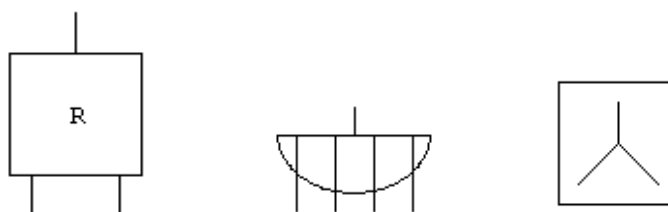
Obr. 5 - horizontální rozbočovače řady XGHS firmy Toner



Obr. 6 - vertikální rozbočovače řady XGVS firmy Toner



Obr. 7 - rozbočovač řady FI firmy Alcad



Obr. 8 - starší a novější schematické značky pro rozbočovače

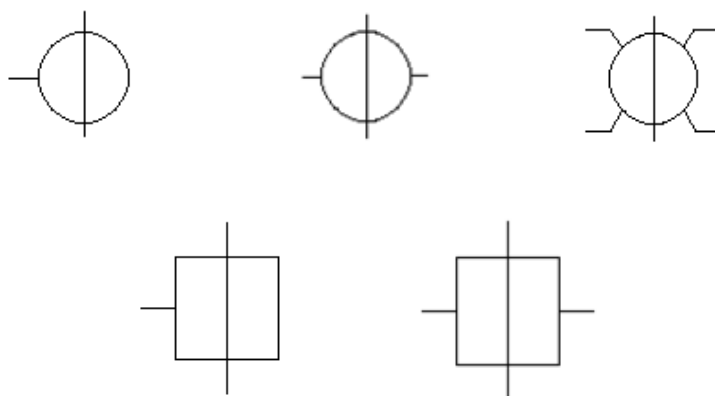
- **odbočovač** - díl, určený k bezdrazovému odbočení části vlnové energie z hlavního vedení do jednoho nebo více odbočných vedení. Odbočovače se vyrábí s různými vazebními útlumy  $a_v$  s jedním, dvěma nebo více (až 12) odbočenými výstupy, označenými TAP. Speciální typy odbočovačů mají jednotlivé výstupy s různými odstupňovanými odbočnými útlumy jako například odbočovací pole Quadtap firmy Toner.



Obr. 9 - odbočovače řady XGDC fy Toner (číslo za typovým znakem udává odbočný útlum v dB - XGDC-7).



Obr. 10 - odbočovače řady SMT-10 fy Toner pro venkovní použití.



Obr. 11 - schematické značky jednoduchého, dvojitého a čtyřnásobného odbočovače

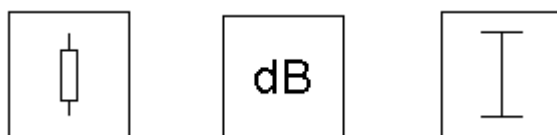
- **útlumový článek ATTENUATOR** - slouží pro kmitočtově nezávislé snížení úrovně vř signálů se stálou (pevný, neproměnný útlumový článek) nebo proměnnou (regulovatelný útlumový článek) hodnotou útlumu v dB. Používá se tam, kde potřebujeme snížit úroveň signálu tak, aby například nedocházelo k přebuzení vstupu aktivního prvku nebo tam, kde potřebujeme vyrovnat úrovně jednotlivých signálů před jejich sloučením a distribucí v rozvodu.



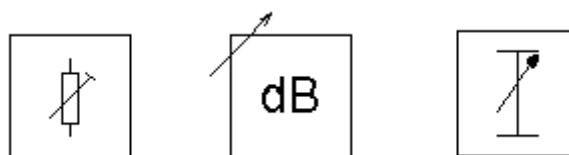
Obr. 12 - fixní útlumový článek FAM  
frekv. rozsah 5 - 1000 MHz, přesnost +/- 0,5 dB, výrobce vyrábí 7 různých hodnot fixního útlumu, články nejsou průchozí pro napájení.



Obr. 13 - proměnný útlumový článek TVA-20 DC fy Toner (průchozí pro napájení)  
šířka pásma 5 - 2150 MHz, rozsah regulace útlumu 0 - 20 dB  
průchozí pro DC napájení max. 500 mA.



Obr. 14 - schematické značky pro fixní útlumové články.

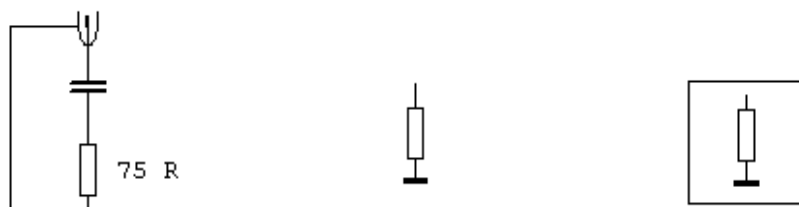


Obr. 15 - schematické značky pro proměnné útlumové články.

- **zakončovací člen TERMINATOR** - díl k bezodrazovému zakončení kabelu nebo pasivního/aktivního prvku rozvodu. (většinou reálný odpor, bývá stejnosměrně blokovaný, aby nezatěžoval napájení aktivních prvků systému). Je zpravidla konstruován v provedení F-konektor pro snadné zakončení výstupu předcházejícího prvku. Pro tv anténní techniku se používá zakončovací článek s hodnotou 75 Ohm.



Obr. 16 - příklady provedení zakončovacích členů.



Obr. 17 - interní zapojení a schematické značky zakončovacího členu

- **korektor útlumu (náklonový člen)** - vyrovnává kmitočtovou závislost útlumu rozvodu. Ten se projevuje zvýšeným útlumem na vyšších kmitočtech, což by mělo za následek nerovnoměrnou amplitudově - kmitočtovou charakteristiku rozvodu - snížené úrovně ve vyšších pásmech a vyšší úrovně v pásmech VHF. Tyto prvky mají lineární průběh útlumu, a to opačný než rozvod, takže se dosáhne vyrovnání kmitočtové závislosti útlumu rozvodu. Náklonové členy se vyrábějí s pevnými náklony po 3 dB zhruba do 20 dB nebo s proměnným náklonem.



Obr. 18 - miniaturní náklonový člen firmy Toner s fixní hodnotou náklonu.



Obr. 19 - miniaturní náklonový člen firmy Toner s proměnnou hodnotou náklonu.



Obr. 20 - štítek náklonového členu firmy IVO - přijímací technika pro názornost jeho funkce.



- **napájecí výhybka** - slouží k oddělení ss napájení pro aktivní prvky rozvodu od vf signálu, blokuje pronikání vf energie do napájecích obvodů a odděluje ss napájení od části anténního rozvodu. Je to kombinace kondenzátoru a tlumivky, kdy kondenzátor brání průchodu ss napájecího napětí do dalších rozvodů nebo do přijímače, a tlumivka na feritovém jádru brání pronikání vf signálu do napájecího zdroje, a tím zároveň jeho zatěžování kapacitami zdroje.



Obr. 21 - napájecí výhybka v provedení F konektor fy Toner.  
Šířka pásma 5 - 1000 MHz, vložný útlum < 1 dB, proudové zatížení max 200 mA DC.



Obr. 22 - napájecí výhybka se síťovým adaptérem pro malé individuální rozvody.



Obr. 23 - funkce napájecí výhybky a její vnitřní zapojení je patrná ze štítku výrobku firmy IVO

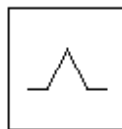
- **kanálová propust** - slouží k propuštění vf signálu pouze určitého kanálu nebo skupiny kanálů, ostatní potlačuje. Používá se tam, kde je třeba vybrat z přijímaného pásma pouze určitý (jeden nebo více) kanál, např. před vstupem do zesilovače, aby se vyloučil vliv nelineárního zkreslení a zejména křížové modulace. Kanálové propusti se vyrábějí pouze na zakázku, kdy je třeba výrobcí sdělit požadovaný tv kanál.



Obr. 24 - selektivní kanálová propust firmy Teroz Loštice



Obr. 25 - selektivní dvoukanálová propust firmy RTV Trenčín.  
( průchozí útlum 4 dB, oddělovací útlum 20 dB )



Obr. 26 - schematická značka kanálové propusti.

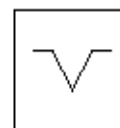
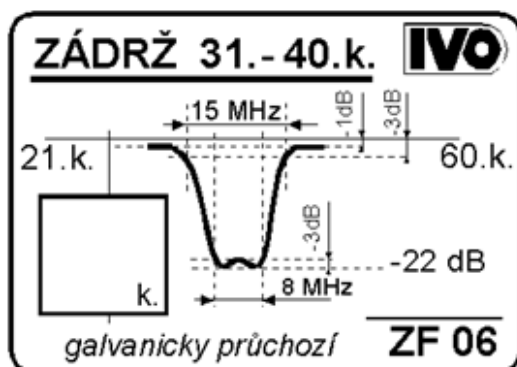
- **kanálová zádrž** - slouží k zadržení signálů o určitém kanálu nebo skupině kanálů, ostatní propouští s min. útlumem. Používáme ji tam, kde je třeba potlačit rušivý signál určitého kanálu, který nám například při křížové modulaci proniká do užitečného signálu. Stejně jako kanálová propust je i zádrž vyráběna na zakázku naladěním odladovačů na příslušný kanál dle zadání zákazníka. Některé typy umožňují i jemné přeladění např. o +/- 5 tv kanálů pomocí kapacitních trimrů.



Obr. 27 - kanálová zádrž firmy Teroz Loštice pro potlačení jednoho tv kanálu. ( útlum zadržovaného kanálu 20 dB při šíři kanálu 8 MHz, průchozí útlum 1 dB )



Obr. 28 - kanálová zádrž skupiny kanálů firmy IVO - anténní technika.



Obr. 29 - štítek kanálové zádrže firmy IVO - anténní technika, vpravo schematická značka kanálové zádrže

- **pásmový slučovač** - slouží ke sloučení signálů z různých pásem, např. VHF III a UHF nebo VHF I+II a VHF III do jednoho výstupu. V jednodušších případech je to kombinace horní a dolní propusti, jinak kombinace pásmových propustí. Vyrábí se i jako průchozí pro napájení aktivních prvků, například předzesilovačů v anténní krabici - tlumivka na feritovém jádru mezi výstupem a příslušným vstupem slučovače.

- **pásmový rozbočovač** - podobně jako pásmový slučovač se skládá z horní a dolní propusti nebo pásmových propustí, zapojený ale inverzně, tj rozbočuje signál ze širokopásmového vstupu do jednotlivých výstupů, např. VHF a UHF. Stejně funkce dosáhneme obráceným zapojením pásmového slučovače. Dříve se pásmové rozbočovače používaly v kombinaci s televizory s oddělenými vstupy VHF a UHF.



Obr. 30 - pásmový slučovač MM-207 firmy Alcad pro sloučení signálů pásem VHF a UHF.  
(útlum mezi vstupem VHF a výstupem 0,5 dB, mezi UHF a výstupem 0,6 dB, izolace mezi vstupy větší než 30 dB)



Obr. 31 - pásmový slučovač firmy Teroz Loštice pro sloučení pásem VHF I+II a VHF III.  
(průchozí útlum mezi jednotlivými vstupy a výstupem 0,5 dB)

- **kanálový slučovač** - slouží ke sloučení vř signálů různých kanálů. Např. 27.k. + 34.k. sloučí z pásma UHF pouze signál 27. kanálu z jednoho vstupu se signálem 34. kanálu na druhém vstupu. Na výstupu tedy obdržíme pouze tyto dva tv kanály, ostatní jsou již na příslušných vstupech potlačeny. Podobně jako kanálové zadržky a propusti jsou i kanálové slučovače vyráběny na zakázku dle zadání zákazníka. Musí být zachován minimální odstup mezi slučovanými kanály 2 - 4 kanály. Kanálové slučovače umožňují i slučování skupin kanálů o maximu 3 kanálů, ležících vedle sebe s jinými kanály.



Obr. 32 - kanálový slučovač kanálu 6 a 9 firmy Antech Břeclav.  
( možnost provedení průchozího pro napájení, průchozí útlum 2 dB )

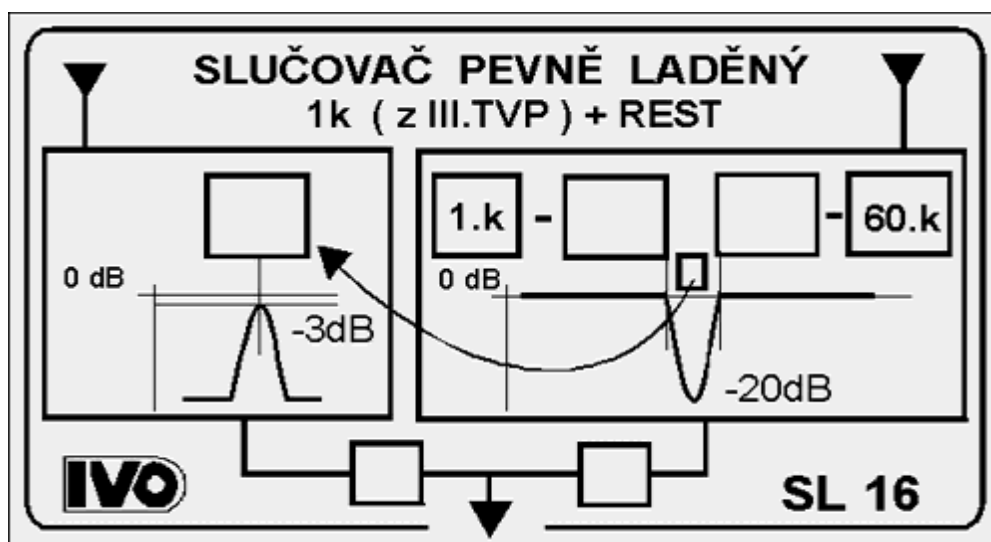


Obr. 33 - vícevstupový vícekanálový slučovač firmy Antech Břeclav.  
( průchozí útlum menší jak 5 dB, selektivita při odstupu 3 kanálů lepší, jak 20 dB )

- **slučovač kanál - pásmo** - tyto slučovače slučují celé pásmo, např. VHF III s jedním nebo několika libovolnými kanály z jiných pásem popřípadě ještě se zbytkem pásma (REST), které obsahuje všechny kanály zbytku pásma mimo kanál slučovaný, který je ve vstupu REST potlačený (případ na obrázku slučovače firmy Teroz). Podobně jako všechny kanálové slučovače jsou i tyto vyráběny zakázkovým způsobem.



Obr. 34 - slučovač kanál - pásmo firmy Teroz Loštice.



Obr. 35 - štítek slučovače firmy IVO pro sloučení jednoho kanálu z pásma VHF III se zbytkem pásma na druhém vstupu - z obrázku je dobře patrna funkce REST vstupu.



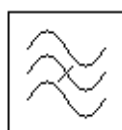
- **pásmová zádrž** - slouží k potlačení signálů určitého pásma (princip shodný s kanálovou zádrží, jen není úzce laděna a potlačuje např. celé pásmo nebo jeho část).



Obr. 36 – pásmová zádrž RB-220 firmy Alcad pro pásmo FM rozhlasu.



Obr. 37 - odladovač pásma NMT Eurotel, způsobujícího rušení 21 kanálu UHF.



Obr. 38 – schematická značka pásmové zádrže.

- **pásmová propust** - propustí celé dané pásmo (např. jen VHF I+II nebo jen VHF III nebo jen UHF), ostatní potlačí, podobně jako kanálová propust, avšak není tak úzce laděna a obsahuje všechny kanály daného pásma. Používá se například tam, kde potřebujeme z celého spektra vybrat jen určité pásmo a to dále zpracovat - např. před vstupem širokopásmového slučovače nebo zesilovače vložením propusti z něj provedeme pásmový.



Obr. 39 - pásmová propust UHF pásma firmy RTV Trenčín.  
( průchozí útlum 0,5 - 1,5 dB, oddělovací útlum - potlačení pásma VHF lepší jak 25 dB )



Obr. 40 - schematická značka pásmové propusti.

- **izolátor DC BLOCKER** - zabraňuje průchodu stejnosměrného napětí, např. pro napájení zesilovačů do části rozvodů. Pro vf signál má min. průchozí útlum. Zároveň některé typy stejnosměrně oddělují i zemní část a potlačují síťové rušení, vzniklé vytvořením možných zemních smyček. Zpravidla proveden pomocí bezpečnostních oddělovacích kondenzátorů, pro speciální účely pomocí vf transformátoru.



Obr. 41 - izolátor XTI-1G fy Toner.  
( šířka pásma 5 - 1000 MHz, průchozí útlum < 1,2 dB )



Obr. 42 - izolátor maďarské výroby firmy Kompat pro ss oddělení rozvodu.  
( průchozí útlum pod 1 dB, tlumení odrazu lepší, než 18 dB, ss pevnost 2,5 kV )



Obr. 43 - izolátor s nepřerušovanou zemí, sloužící pouze k oddělení napájení od rozvodu (například při připojení antén bez zesilovače k zesilovači hlavní stanice, napájecímu zároveň na svém vstupu případný předzesilovač bez možnosti vypnutí)

- **bleskojistka a přepět'ová ochrana** - slouží k ochraně svodu a zařízení před účinky static. elektřiny zpravidla vícestupňová - první stupeň přímo u antény s plynovou bleskojistkou (jiskřiště je součástí antény), druhý jako přepět'ová ochrana u chráněného zařízení s transilem a bleskojistkou, popř. kombinující oba stupně jednom prvku. Slouží sice k ochraně, nikoli jako funkční prvek rozvodu, ale i tady je třeba počítat s průchozím útlumem prvku.



Obr. 44 - koaxiální bleskojistka pro přepět'ovou ochranu TV a satelitních rozvodů.  
( šířka pásma 5 - 2400 MHz, průrazné napětí 68V, průch. útlum pod 1,5 dB )



Obr. 45 - přepět'ová ochrana firmy IVO - anténní technika.  
( šířka pásma 0 - 2500 MHz, průchozí útlum 1,5 dB )



Obr. 46 - schematická značka plynové bleskojistky.



Obr. 47 - schematická značka ochrany obecně.  
( přepět'ové ochrany )

- **účastnická zásuvka** - díl rozvodu, sloužící k připojení TV a rozhlasových přijímačů k rozvodu. Buď jako průchozí, kdy z ní pokračuje signál k dalšímu účastníkovi (signál prochází zásuvkou s min. útlumem mezi jejím vstupem a výstupem, jen se odbočí v zásuvce pro účastníka), nebo jako koncová, jež nemá výstup pro pokračování rozvodu a je uvnitř zakončena zakončovacím členem.



Obr. 48 - průchozí účastnická zásuvka RDS-646 firmy Schwaiger.  
( typ RDS 646 - 15 s vazebním útlumem mezi vstupem a tv výstupem 15 db,  
průchozí útlum 2,5 dB )



Obr. 49 – vlevo schematická značka koncové zásuvky,  
vpravo zásuvky průběžné.

## 8.2 Aktivní prvky rozvodu

Aktivní prvky jsou komponenty sloužící k zesílení, konverzi, směšování, modulaci, remodulaci nebo jinému zpracování signálů za pomoci aktivních součástek.

Nejprve si uvedeme obecné definice a zjednodušené popisy, následně budou jednotlivé skupiny podrobněji popsány.

- **zesilovače** (obecná definice) - zařízení na zvýšení úrovně signálu pro kompenzaci útlumu rozvodu a na dosažení požadované úrovně signálu na výstupním bodě.

Podle umístění v systému a funkce se zesilovače dělí na :

- anténní předzesilovač - zesilovač s malým šumem, který kompenzuje tlumení anténního svodu a zvyšuje vstupní úroveň pro následující zesilovač. Může být širokopásmový, pásmový nebo kanálový.
- zesilovač hlavní stanice - zesilovač pro zpracování vstupních signálů a kompenzaci útlumu rozvodu zpravidla v provedení několika kanálových zesilovačů se sloučenými výstupy.
- kanálový zesilovač - zesiluje signál určitého TV kanálu, může být v provedení jednokanálovém nebo vícekanálovém a v provedení jako anténní předzesilovač k montáži přímo do ant. krabičky nebo průběžný zesilovač popřípadě zesilovač hlavní stanice.
- pásmový zesilovač - zesiluje jedno TV pásmo nebo jeho část, popř. pásmo VKV.
- širokopásmový zesilovač - zesilovač nejméně dvou sousedních frekvenčních pásem, například VHF + UHF.
- vícepásmový zesilovač - zesilovač několika frekvenčních pásem, které nejsou sousední, např. VHF+II a UHF.
- linkový zesilovač - slouží k zesílení signálu v rozsáhlejších rozvodech, kde vyrovnává ztráty kabelů a pasivních prvků rozsáhlých rozvodů, řešen je jako širokopásmový zesilovač zpravidla s regulací zisku a náklonu. Zisk v rozmezí 10 - 45 dB.
- **aktivní slučovače** - aktivní částí je širokopásmový zpětnovazební zesilovač, který je na svém vstupu osazen pásmovými propustmi. Napájení je přivedeno po koaxiálním kabelu, většinou z výstupu slučovače.
- **aktivní rozbočovače** - aktivní částí je opět širokopásmový zpětnovazební zesilovač, který má na svém výstupu osazen hybridní rozbočovač.
- **měníč kmitočtu** - (konvertor) slouží ke změně nosného kmitočtu na jinou hodnotu frekvence - zpravidla nižší (z kanálu pásma UHF na jiný kanál pásma VHF).



- **modulátor** - slouží k namodulování audio a videosignálů na nosnou v určitém pásmu (např. z průmyslových kamer, DVD s prezentační smyčkou) a distribuci v tv rozvodu.
- **remodulátor** - slouží ke změně typu modulace (u DVB systémů) např. z modulací v systému DVB-S nebo DVB-C na modulaci COFDM u DVB-T.
- **skupinový přijímač** - slouží k příjmu, demodulaci a remodulaci signálů satelitních nebo kabelových stanic a jejich distribuci v systému STA.

Jednotlivé komponenty si dále popíšeme s několika ukázkami, ale vzhledem k rozsáhlosti komponentů, výrobců a modifikací, je popis jenom stručný. Komponenty jako remodulátor a skupinový přijímač jsou popsány v dalších kapitolách, například o rekonstrukci STA pro DVB příjem nebo skupinovém příjmu satelitního vysílání.

## Parametry, udávané u aktivních prvků

- **napájecí napětí** - hodnota napájecího napětí aktivních prvků (5,12 nebo 24V DC nejběžněji pro aktivní prvky rozvodu)

- **proudový odběr** - proudový odběr aktivního prvku, slouží také jako hodnota pro určení dimezování napájecího zdroje (u prvků se udává v mA)

- **frekvenční pásmo (kanál, frekvence)** - udává, pro jaké pásmo nebo jaký kanál je aktivní prvek určen (kanálový zesilovač, pásmový zesilovač, měnič kmitočtu...)

- **zisk /G/** - zisk zesilovače, popř. zesilovacího stupně u jiných aktivních prvků (měniče, aktivní rozbočovače...) udáván v dB

- **rozsah regulace zisku /dS/** - pro zesilovače, vybavené regulací zisku popřípadě attenuátorem, udává se v dB

- **rozsah automatické regulace zisku /dSaut/** - u zesilovačů a měničů, vybavených funkcí automatické regulace, která zabezpečuje na výstupu konstantní úroveň signálu i při kolísání úrovně vstupního signálu, udávaná v dB.

- **šumové číslo /F/** – šumové číslo, udávané v dB popisuje vnitřně generovaný šum aktivní součástky nebo jako šum, generovaný aktivním dílem jako celkem.

Další parametry jsou specifické pro každý díl jako například kmitočtový zdvih a hloubka modulace u analogových modulátorů atd.

**anténní předzesilovač** - je to zpravidla jedno nebo dvoustupňový zesilovač s malým šumem, jehož účelem je zajistit potřebnou úroveň signálu pro vybuzení hlavního zesilovače, pro zesílení slabých signálů a kompenzaci útlumu napáječů od antény k hlavnímu zesilovači. Mechanicky je uzpůsobený k montáži přímo do anténní krabičky. Je proveden buď přímo na plošném spoji, nebo uzavřen v plechové krabičce, opatřené průchodkami pro připojení ke svorkám dipolu. Vstupní část je vždy opatřena symetrizačním-transformačním členem, který je součástí zesilovače. Připojení koaxiálního svodu je v provedení buď pomocí F konektoru, nebo přímo na kontaktní plošky desky plošných spojů. Vyrábí se jako širokopásmové, pásmové nebo kanálové pro jeden nebo několik kanálů.

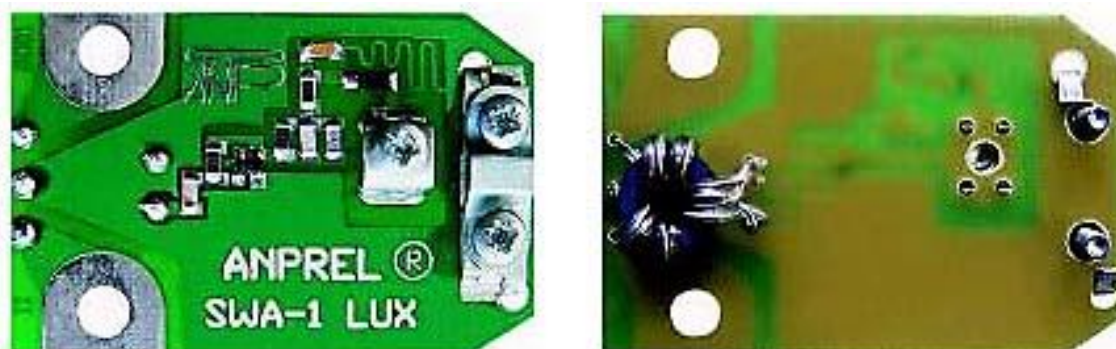
Pro rozvody STA se používají pro tv příjem zásadně kanálové nebo několikakanálové předzesilovače, pro příjem VKV rozhlasu předzesilovače pásmové.

Se širokopásmovými nebo pásmovými předzesilovači pro tv pásma se setkáme u individuálního příjmu a malých rozvodech rodinných domků.

Předzesilovače jsou napájeny po koaxiálním svodu buďto přímo ze vstupu hlavní zesilovací stanice, nebo pomocí napájecí výhybky, vřazené před hlavní zesilovač. Napájecí napětí pro tyto předzesilovače je 5V, 12V nebo 24V.

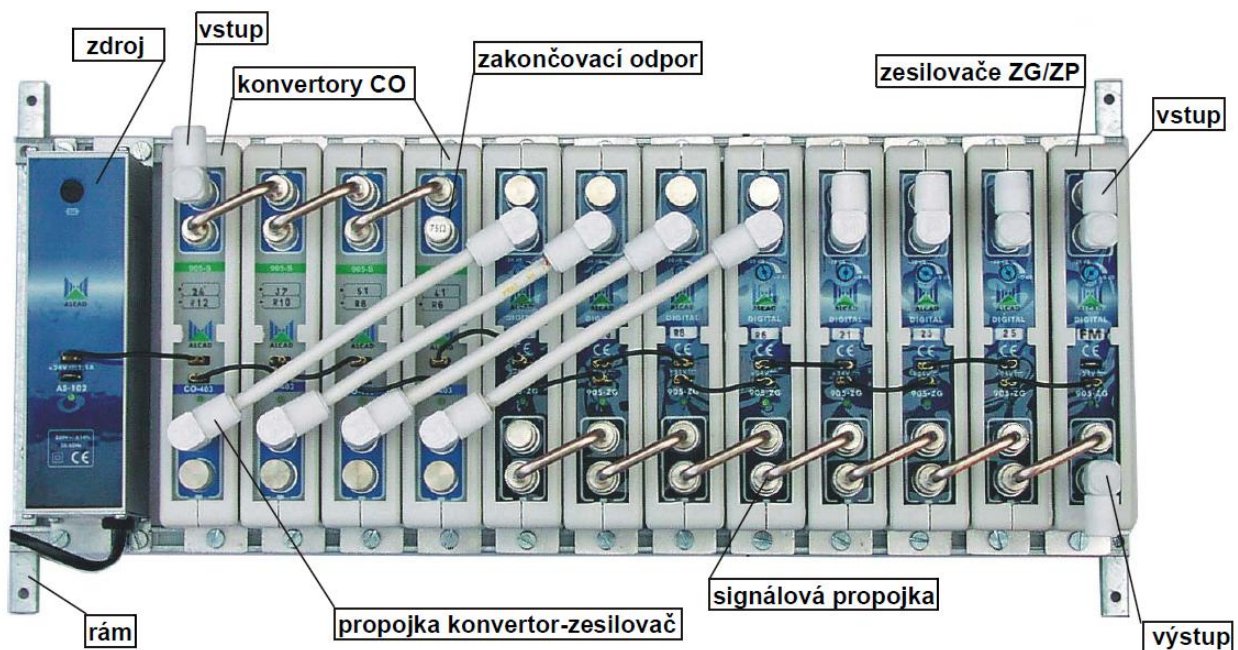


Obr. 49 - kanálový předzesilovač firmy RTV Trenčín pro montáž do anténní krabičky.



Obr. 50 - předzesilovač pro širokopásmové příčně buzené antény, tzv. síta.

**zesilovač hlavní stanice** – sestává v rozvodech STA zpravidla v provedení několika kanálových zesilovačů pro jednotlivé přijímané kanály pro separátní zpracování se sloučenými výstupy buďto pomocí rozvodových lišt, nebo smyčkováním. Tento zesilovač, který musí dodávat poměrně velké výstupní úrovně pro kompenzaci útlumu rozvodu, disponuje zisky i přes 50 dB s možností plynulé regulace v rozsahu 20 - 30 dB pomocí attenuátorů. V malých rozvodech, při individuálním příjmu nebo rozvodech do maximálně 8 až 10 účastníků, se používají jako hlavní stanice zesilovače, skládající se z několika pásmových zesilovačů, například VHF + UHF + FM se dvěma vstupy UHF nebo VHF I+II a VHF III atd. Novinkou v zesilovačích hlavní stanice jsou tzv. programovatelné zesilovače, skládající se z několika pásmových zesilovačů s možností nastavit pomocí programátoru vstupní filtry pro 1 až několik kanálů, a tím z nich vytvořit nezávisle kanálové nebo vícekanálové zesilovače s regulací zisku na jednotlivých kanálech. Výhoda spočívá v jednoduchosti nastavení a servisu bez nutnosti mít specifický kanálový zesilovač daného typu zpravidla, laděný na zakázku. Nevýhoda je ale při poškození některého zesilovače nutnost vyměnit celý programovatelný zesilovač.



Obr. 51 – ukázka hlavní stanice firmy Alcad s kanálovými zesilovači, včetně kanálových konvertorů a příslušenství. Vstupy konvertorů z jedné antény prosmyčkovány stejně jako výstupy všech kanálových zesilovačů do jednoho výstupu.



Obr. 52 – zesilovač hlavní stanice Alcad v podobě pásmových zesilovačů.



Obr. 52 – domovní zesilovač firmy Alcad pro malé rozvody a rodinné domky.



Obr. 53 – programovatelný zesilovač firmy Johansson Profino 6610.

**linkový zesilovač** - slouží k zesílení signálu v rozsáhlejších rozvodech, kde vyrovnává ztráty kabelů a pasivních prvků těchto rozsáhlých rozvodů, například při zásobování signálem několika dalších křídel u velmi rozlehlé budovy nebo několika budov z jednoho místa – jedné budovy, kde byla vybudována anténa. Řešen je jako širokopásmový zesilovač s vyrovnanou charakteristikou zpravidla s regulací zisku a náklonu. Zisk v rozmezí 10 - 45 dB.



Obr. 54 – linkový zesilovač Alcad se zpětným kanálem a regulací zisku a náklonu.

**aktivní slučovač** - obsahuje širokopásmový zesilovač zpravidla jednostupňový, který je na svém vstupu osazen pásmovými propustmi pro vstupy například VHF + UHF signálů z příslušných antén, popřípadě třemi vstupy – s rozděleným pásmem VHF. Používá se zejména v malých individuálních rozvodech, napájen je přes svůj výstup pomocí napájecí výhybky. Může být i stejnosměrně průchozí na některý vstup pro napájení anténního předzesilovače.



Obr. 55 – aktivní slučovač firmy Teroz.



**aktivní rozbočovač** - skládá se ze širokopásmového jedno nebo dvojestupňového zesilovače, který má na svém výstupu osazen hybridní rozbočovač do dvou nebo i tří výstupů. Používá se v malých individuálních rozvodech, například pro distribuci signálu pro vzdálenější přijímače atd. Napájen je přes některý z výstupů pomocí napájecí výhybky.



Obr. 56 – aktivní rozbočovač firmy Teroz v provedení IEC.

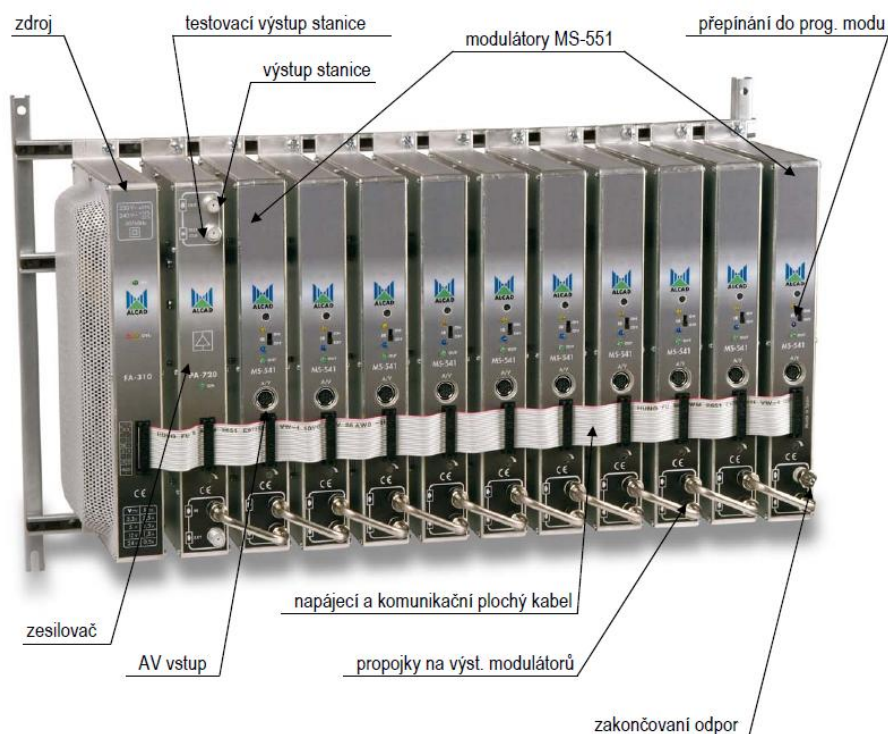
**měníč kmitočtu** (nověji kanálový procesor) slouží ke konverzi kanálu, který je ve vyšších pásmech, např. V. tv pásma do nižších kanálů I – III tv pásma. Používá se tam, kde není možné šířit signály v těchto horních pásmech. Starší typy konvertorů byly napevno naladěné s pevně daným vstupním a pevně daným výstupním kanálem, jejichž přeladění bylo možné pouze ve výrobě. Pracovaly na principu směšování vstupního signálu se signálem z násobiče a krystalem řízeného oscilátoru. Výsledný produkt směšování byl nový kanál v pásmu VHF. Nové typy, tzv. kanálové procesory, jsou plně řízeny syntézou a procesorem a konvertují přes mezifrekvenční kmitočty, takže umožňují libovolnou konverzi UHF-VHF nebo UHF-UHF, navíc s jednoduchou změnou, například pomocí externího programátoru.



Obr. 57 – kanálový procesor Televes se zdrojem vpravo a širokopásmovým zesilovačem nalevo. Konektor RJ-45 slouží k připojení programátoru.



**modulátor** - slouží k namodulování audio a videosignálů v normě BG nebo DK na některý buď pevně daný, nebo nastavitelný tv kanál v analogovém standardu PAL-VSB. Novinkou jsou i modulátory audio a video signálů do DVB – COFDM standardu s možností šíření výstupního signálu jako dalšího multiplexu DVB. Některé modulátory musí spolupracovat ve větších rozvodech s kanálovými zesilovači nebo po nasmyčkování se širokopásmovým zesilovačem, neboť jejich úroveň není dostatečná, zpravidla kolem 80 – 90 dB $\mu$ V. Užití je celkem širokospektré od distribuce, například prezentačních videosmyček, signálů z kamer zabezpečovacích obvodů nebo jiných zdrojů.



Obr. 58 – rám s analogovými modulátory MS-551 firmy Alcad.



Obr. 59 – DVB-T-COFDM modulátor, MPEG-2 kodér a digitizér analogových video a stereo audio signálů v jednom – model SDME-M firmy Toner.

**transmodulátor (remodulátor)** – obecně – slouží ke změně typu modulace, například z QPSK nebo 8-PSK, používané v DVB-S popř. DVB-S2 na COFDM (16-QAM nebo 64-QAM), používanou v DVB-T nebo DVB-C a distribuci těchto signálů v příslušných rozvodech. Můžeme poté příslušné programy ze satelitního multiplexu transpondéru po transmodulaci distribuovat jako DVB-T multiplex na zvoleném kanálu v rozvodu společně s pozemními multiplexy. K příjmu slouží standardní set-top box jako pro pozemní příjem.



Obr. 60 – transmodulátor DVB-S/S2 do DVB-T typ 5633 firmy Televés s CI slotem pro dekodér scamblovaných satelitních programů. Programování a nastavení pomocí externího programátoru, připojitelného pomocí RJ-45 konektoru.

**skupinový přijímač** – podobně jako transmodulátor, avšak zde s demulací do analogových audio a videosignálů – starší analogové nebo digitální skupinové satelitní přijímače, které po demulaci příslušného satelitního programu do analogových výstupních audio a videosignálů modulovaly tyto signály buď samy do příslušného analogového tv kanálu pomocí interního AM-VSB modulátoru nebo ve spolupráci s externími modulátory na příslušný tv kanál.



Obr. 61 – skupinové satelitní přijímače v 19“ rack skříní společně s kanálovými zesilovači a konvertory pozemního příjmu firmy Alcad.

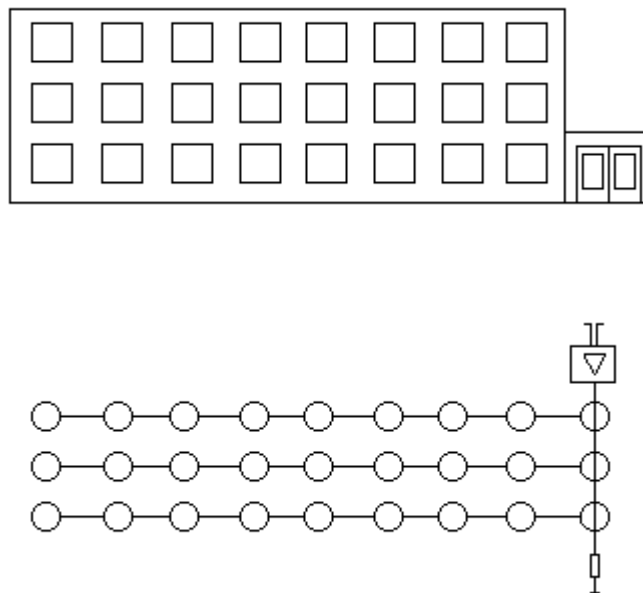
## 9. Řešení rozvodů a návrh, praktický výpočet

### 9.1 Řešení rozvodů a návrh

Při řešení samotného provedení rozvodu musíme vycházet z vlastního dispozičního členění budovy, rozmístění bytů nebo pokojů a zvolit tak jeho nejvhodnější provedení. Na několika příkladech dále uvedených si ukážeme nejvhodnější provedení u různých typů budov.

#### Příklad 1 – ubytovna, kanceláře, hotel

V tomto typu budovy jsou tři podlaží, 8 pokojů na jednom podlaží. Nejvhodnějším typem rozvodu v této budově je podle následujícího schématu níže provedení tří horizontálních stoupacích vedení, odbočovači navázanými z jednoho páteřního vertikálního vedení. Pokud by docházelo k velkým rozdílům signálových úrovní spodního horizontálního vedení oproti vrchnímu, použijí se odbočovače se sestupným odbočným útlumem, tj. u spodního odbočovače s nejmenším vazebním útlumem.

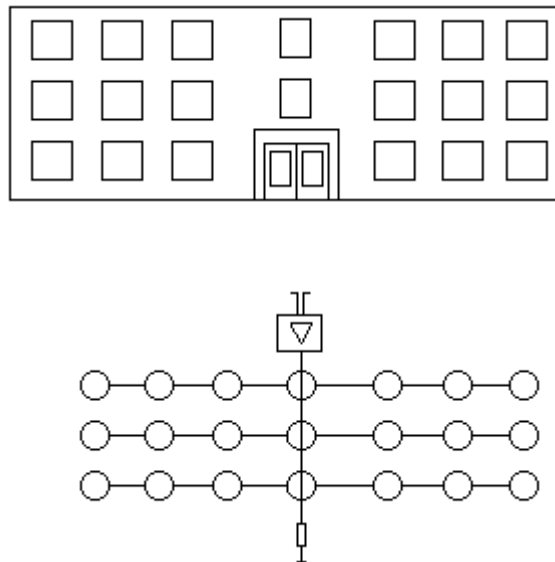


Obr. 1 – dispozice budovy a schéma k příkladu č. 1.

### Příklad 2 – ubytovna, kanceláře, hotel

V tomto typu budovy jsou také tři podlaží, centrální schodiště a z něj na každou stranu 3 pokoje. Zde by bylo nejvhodnější provedení rozvodu v této budově podle následujícího schématu, kdy hlavní stoupací vedení bude vedeno uprostřed a pomocí dvojitých odbočovačů navázány dvě větve horizontálních vedení.

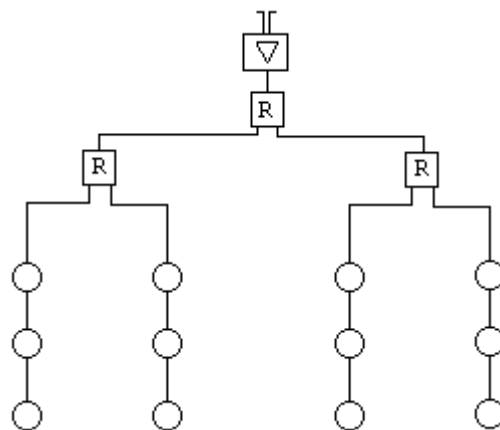
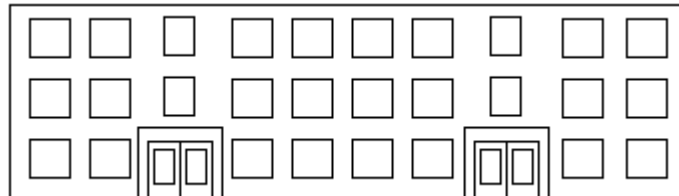
Podobně i zde, pokud by docházelo k velkým rozdílům signálových úrovní spodního horizontálního vedení oproti vrchnímu, použijí se odbočovače se sestupným odbočným útlumem, tj. u spodního odbočovače s nejmenším vazebním útlumem.



Obr. 2 – dispozice budovy a schéma k příkladu č. 2.

### Příklad 3 – bytový dům

V tomto domě jsou celkem 2 vchody, na každém ze tří podlaží v každém vchodě dva byty. Dispozice bytů je v každém podlaží i vchodě stejná, tj. vždy pod sebou jsou umístěny obývací pokoje všech bytů. Provedeme tedy jako nejlepší řešení celkem čtyři vertikální stoupačky podle schématu níže.

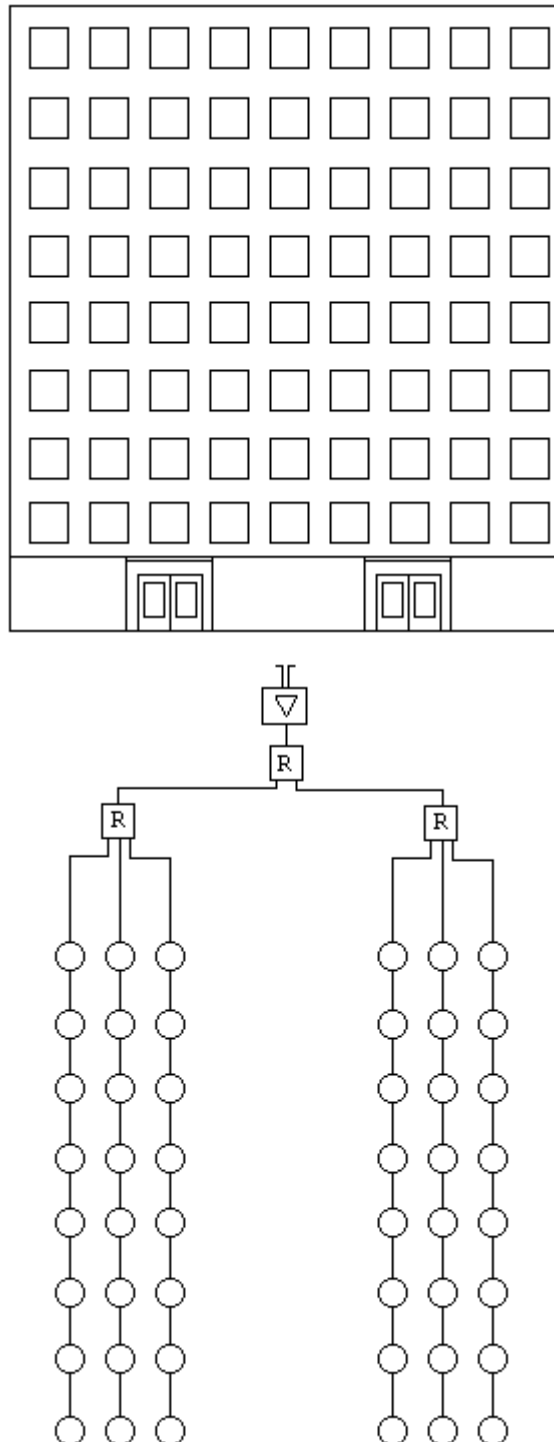


Obr. 3 – dispozice budovy a schéma k příkladu č. 3.



#### Příklad 4 – bytový dům

Zde se jedná o klasický panelový dům o osmi podlažích a třech bytech na podlaží v každém vchodě. Celkem tedy 48 bytů v domě. Vytvoříme proto v každém vchodě tři vertikální stoupací vedení podle schématu, propojující obývací pokoje jednotlivých bytů pod sebou. U velkých výškových budov se řeší rozvody buď rozdělením stoupacích vedení vždy po 5 až 8 účastníků, nebo průběžnými linkovými zesilovači vždy po určitém počtu podlaží.



Obr. 4 – dispozice budovy a schéma k příkladu č. 4.

Toto je jen několik málo příkladů návrhu rozvodu podle dispozičního řešení budovy, příkladů by bylo možno uvést velmi mnoho. Setkáme se například s různě situovanými budovami nebo jejich částmi, kde se nevyhneme provedení různých kombinací vertikálních a horizontálních stoupacích vedení. Při praktickém provedení je proto nutno se velmi dobře seznámit s řešením budovy, abychom nebyli nakonec zaskočeni třeba jiným uspořádáním dalších pater atd. Řešení těchto situací „na poslední chvíli“ nevypovídá zrovna o profesionálním přístupu. Navíc může být příčinou nečekaného navýšení nákladů. Nezapomeňme ale při hledání různých možností vedení rozvodu, že rozvod musí splňovat i jiné bezpečnostní předpisy, týkající se například souběhu sdělovacích a silových vedení ve společných šachtách atd.

V další části se již seznámíme s praktickým výpočtem dvou příkladů rozvodů, kdy již známe dispozici budovy a hlavně vzdálenosti mezi jednotlivými účastníky, mezi prvními účastníky a rozbočovačem do stoupacích vedení, ale také mezi rozbočovačem a zesilovačem, mezi zesilovačem a stanovištěm antény atd.

## 9.2 Praktický výpočet rozvodu – energetická rozvaha

Při návrhu a výpočtu energetické rozvahy rozvodu musíme uvažovat úrovně signálů z antén, zisk přijímací antény, útlum napáječe, počet účastníků, typ rozvodu, útlumy pasivních prvků a vedení, zisk zesilovačů, jejich šumové číslo a požadovanou úroveň u účastníků.

Rozvod si rozdělíme na dvě části, a to na část od výstupu zesilovače, kde počítáme ztráty v samotném rozvodu s potřebnou úrovní na výstupu zásuvky u posledního účastníka, a na vstupní část zesilovače, kde počítáme s úrovněmi vstupních signálů, zdali jsme schopni vybudit zesilovač (nebo nám bude vystačovat zisk použitého zesilovače), započítat útlumy napáječů od antény, popřípadě dalších prvků, zisky antén popřípadě nutnost použití předzesilovačů atd.

Výsledný rozdíl mezi požadovanou výstupní úrovní a dodanou vstupní úrovní je zisk hlavního zesilovače, který musí pokrýt ztráty v rozvodu (které mohou být i polovina zisku zesilovače) a dodat odpovídající úrovně i poslednímu účastníkovi v rozvodu – tj. toho, který je zapojen zpravidla na konci rozvodu a má mezi výstupem zesilovače a svoji účastnickou zásuvkou vřazen nejvyšší útlum, tvořený nejdelším koaxiálním vedením a počtem předřazených pasivních prvků a průchozích zásuvek. Tomuto účastníkovi musíme zajistit nejnižší požadovanou úroveň signálu.

**Příklad č.1 - jednoduchý rozvod pro 10 účastníků**, dvě větve po 5-ti účastnících.

Vzdálenost mezi účastníky v každé větvi 5 metrů, použity v každé větvi 4 zásuvky průchozí a 1 koncová, 1 rozbočovač k rozbočení výstupu zesilovače do dvou větví. Napájecí výhybka pro napájení zesilovače a anténného předzesilovače (napájení po koax. kabelu) vřazena mezi rozbočovač a výstup zesilovače.

Úroveň signálu na anténě 48 dB $\mu$ V, tj. kvalit. úroveň 2,5.

Dvě větve rozvodu - jsou identické, takže se provede výpočet jen v jedné.

1 ks Rozbočovač - rozbočný útlum  $a_r$  4 dB

4 ks Účast. zásuvka průchozí - průchozí útlum (2dB/zás)  $a_p$  8 dB

1 ks Účast. zásuvka koncová - odbočovací útlum  $a_v$  8 dB

25m Útlum vedení - koax. kabel 22dB/100m 6,5 dB

1 ks Napájecí výhybka - průchozí útlum  $a_p$  0,5 dB

---

Útlum pasivních prvků rozvodu 27 dB

min. úroveň u nejvzdálenějšího účastníka (UHF) 60 dB $\mu$ V (analogové tv vysílání)

---

potřebná minimální výstupní úroveň zesilovače 87 dB $\mu$ V

Kontrola úrovní na vstupu zesilovače

Úroveň na dipolu (dB $\mu$ V/75 Ohm) 48 dB $\mu$ V

Zisk antény s předzesilovačem (10 dB anténa, 15 dB předzesilovač) 25 dB

Útlum napáječe (svod od antény k domov. zesilovači, koax. kabel 20 m) 4,4 dB

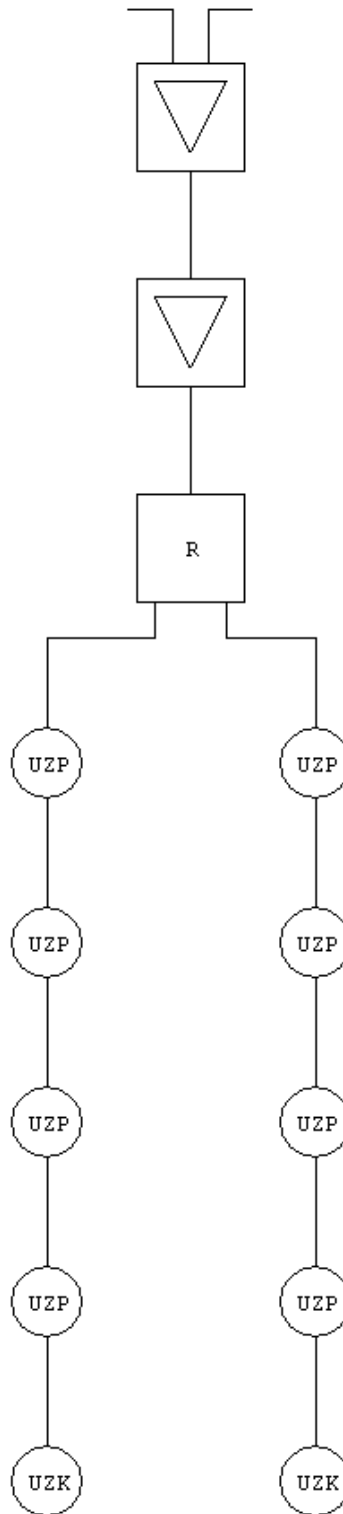
---

vstupní úroveň do rozvodového zesilovače 68,6 dB $\mu$ V

potřebná min. výstupní úroveň rozvod. zesilovače 87 dB $\mu$ V

---

potřebný zisk rozvodového zesilovače 18,4 dB



Obr. 5 – schéma zapojení prvků rozvodu k příkladu č. 1.

UZP - účastnická zásuvka průchozí

UZK - účastnická zásuvka koncová

R - rozbočovač

**Příklad č.2 - rozvod v bytovém domě pro 48 účastníků**, dvouvchodový 8-mi patrový bytový dům, 3 byty na podlaží, v jednom vchodě 3 stoupací vedení, každé s 8-mi účastníky, 7 zásuvek průchozích, v přízemí poslední účastník koncová zásuvka. Od hlavní zesilovací stanice do rozvodu druhého vchodu propojovací vedení koax. kabelem délky 30 m. Vzdálenosti mezi zásuvkami 3m,

k nejbližší účast. zásuvce rozvodu 71 m kabelu. Rozvod bude přenášet pásmo VHF i UHF až do 51.kanálu.

Nejprve vypočteme útlum rozvodu k nejbližší zásuvce v rozvodu - té, která má vložený největší útlum mezi ní a výstupem zesilovače. K výsledku připočteme minimální úroveň signálu na této zásuvce a výsledkem je opět minimální výstupní úroveň signálu, vystupujícího ze zesilovače.

V dalším kroku si ověříme, zda je možno přijímaným signálem vybudit zesilovač hlavní stanice na požadovanou úroveň a zda je dodržen dostatečný odstup signálu od šumu. Není-li úroveň z antény dostatečná, musíme použít anténní předzesilovač a jeho zisk poté připočteme k zisku antény. Od výsledku poté odečteme útlum napáječe (koax. vedení) mezi anténou a vstupem zesilovače hlavní domovní stanice, popř. průchozí útlum napájecí výhybky, je-li vřazena mezi anténu a vstup zesilovače, popřípadě dalších pasivních prvků.

**Tento typ rozvodu je počítán ještě pro analogové tv vysílání a to pro ukázkou počítání útlumu také v pásmu VHF a možnému stanovení náklonu rozvodu. Rozdíly oproti návrhu a výpočtu rozvodu pro DVB jsou pouze v dosazení potřebné min.úrovně u nejbližšího účastníka rozvodu pro DVB-T signál - min. úrovně zde závisí od typu použité modulace a protichybového zabezpečení (kódový poměr), které jsou odlišné pro 64-QAM (MPX 34, 48 a 52k) a pro 16-QAM (MPX 7, 28 a 33k), používané Německými vysílači, jejichž signál je možno na našem území také bez problémů přijímat.**

Celkový útlum rozvodu : (od výstupu zesilovače k poslední nejbližší zásuvce)

	10k (206-214 MHz)	27k (518-526 MHz)	51k (718-726 MHz)
rozboč. útlum XGHS-2 (ar)	3,5 dB	3,8 dB	4,2 dB
rozboč. útlum XGHS-3B (ar)	5,6 dB	6,2 dB	6,8 dB
průchozí útlum zásuvek BM-200 7ks	14 dB	14 dB	14 dB
vazební útlum zásuvky BM-100 (av)	4,0 dB	3 dB	3 dB
útlum koax. vedení 71m (DG80)	7,8 dB	15,2 dB	16,8 dB
<hr/>			
celkový útlum rozvodu od výstupu zesilovače k poslední zásuvce:	34,9 dB	42,2 dB	44,8 dB

Náklon rozvodu - rozdíl mezi útlumem na nejvyšším kmitočtu a útlumem na nejnižším distribuovaném kmitočtu:

$$44,8 \text{ dB} - 34,9 \text{ dB} = 9,9 \text{ dB}$$

V rozvodu můžeme použít buď proměnný náklon, např. typ TVEQ-20 firmy Toner s přesným nastavením nebo pevný náklon 9 dB např. typ XEQ-900 od téhož výrobce.

Potřebná výstupní úroveň zesilovače :

	10k	27k	51k
min. úroveň u posl. účastníka	58 dB $\mu$ V	60 dB $\mu$ V	60 dB $\mu$ V
útlum rozvodu k posl. účastníkovi	34,9 dB	42,2 dB	44,8 dB
potřebná výstupní úroveň zesilovače	92,9 dB $\mu$ V	102,2 dB $\mu$ V	104,8 dB $\mu$ V

Kontrola úrovní přijímaných signálů :

	10 k	27 k	51 k
úroveň signálu na dipolu měřící ant. (dB $\mu$ V/75 Ohm)	63	71	46
zisk přijímací antény	10	8,2	13
zisk předzesilovače	--	--	20
útlum napáječe 20m koax.(DG80)	2,2	4,3	4,7
vstupní úroveň zesilovače (dB $\mu$ V)	70,8	74,9	74,3
potřebný zisk zesilovače (dB)	21,5	27,3	30,5

Pro signál 51. kanálu bylo nutné použít předzesilovač se ziskem 20 dB vzhledem k již malé úrovni signálu na dipolu antény, musíme dále provést kompenzaci rozdílů vstupních úrovní pomocí attenuátorů tak, aby se úrovně signálů od sebe nelišily o více jak 3 dB (sousední v pásmu UHF).

Nedoporučuje se nastavovat u posledního účastníka rozvodu vyšší úroveň signálu, protože tím dochází i k nárůstu úrovně u ostatních i nejbližších účastníků, kde může přesáhnout horní maximum.



Toto zesílení můžeme zajistit použitím například kanálových zesilovačů ZG-905 nebo ZG-431 firmy Alcad, které mají zisk až 52 dB s možností regulace zisku v rozsahu 30 dB. Tímto prvkem se nastaví zisk pouze takový, aby byla zaručena minimální úroveň na poslední zásuvce rozvodu.

Dále zkontrolujeme odstup signál/šum na poslední zásuvce, zda odpovídá předepsaným hodnotám.

$$C/N = 60 \text{ dB}\mu\text{V} - a_f - a_s$$

$a_f$  = vlastní šum zesilovače (šumové číslo zesilovače)

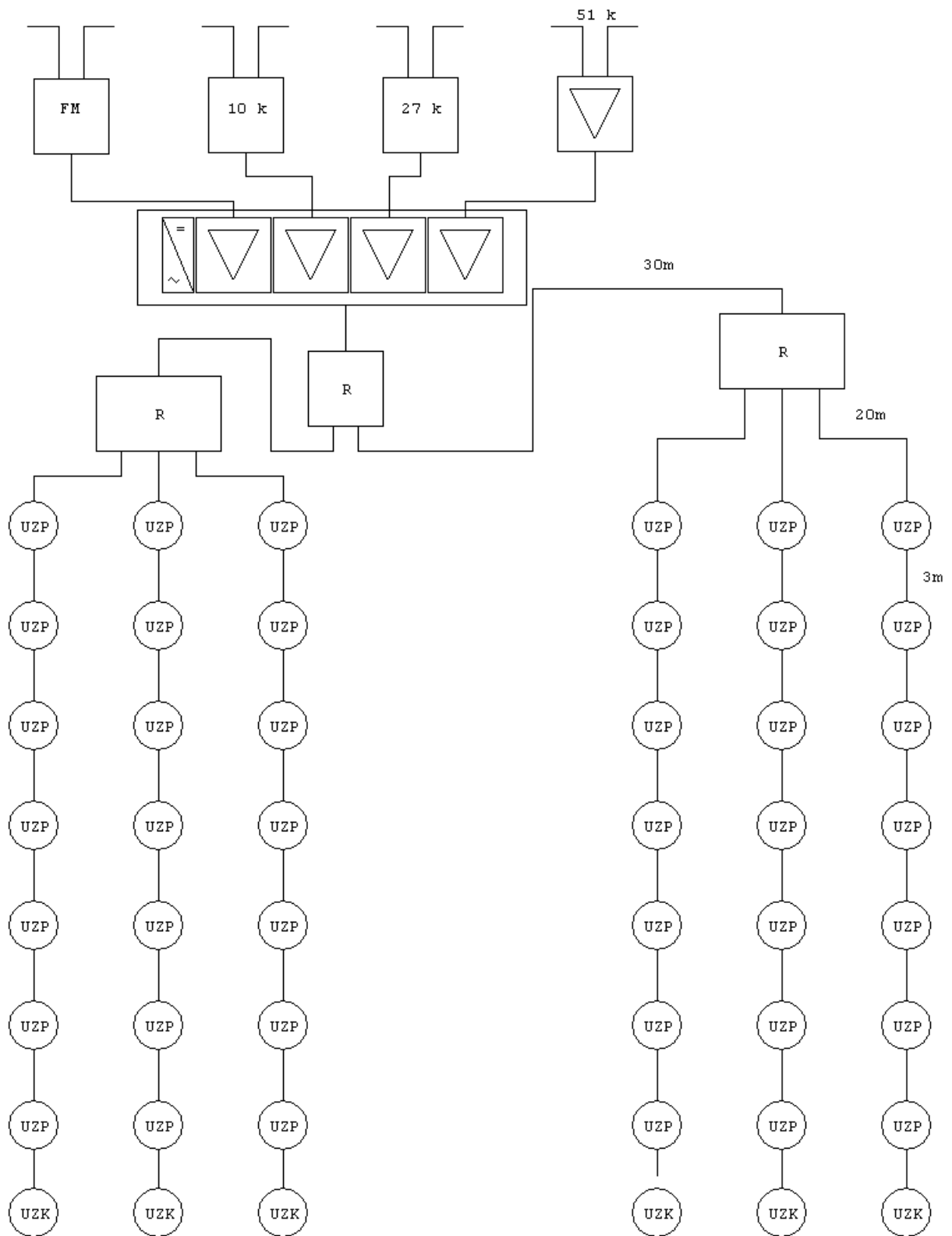
$a_s$  = míra tepelného šumu antény (spočtená)

- v našem případě je pro ZG-431 šumové číslo 10 dB a při použití kanálové antény UHF je míra tepelného šumu antény 2,8 dB, výsledný odstup C/N je tedy 47,2 dB, což je vyhovující pro kvalitní příjem.

Požadavky na výpočet při distribuci signálů DVB-T jsou totožné, pouze úrovně (a zejména horní maximum) jsou odlišné, minimální úroveň je zde 45 dB $\mu$ V, maximální úroveň 74 dB $\mu$ V. Signálové úrovně stejně tak jako šumový odstup (C/N) jsou odlišné od typu použité modulace (64-QAM, 16-QAM...) a kódového poměru.

Nutno také zajistit velmi kvalitní provedení rozvodů z ohledu na rušení vnějšími zdroji ("těsnost" rozvodu - tlumení stíněním), popř. vnitřními zdroji jako nevhodné prvky rozvodu (slučovače - fázová chyba, zesilovače - linearita, přebuzení).

Zesílení je uskutečňováno za použití výhradně kanálových zesilovačů jako v tomto případě (řady ZG-905 nebo 431), jejichž výstupy se sloučí pomocí slučovačů nebo speciálních rozvodových lišt, které zároveň rozvádí napájení pro jednotlivé kanálové zesilovače a slučují výstupy jednotlivých zesilovačů do výstupu nebo umožňují smyčkování výstupů vstup-výstup.



Obr. 5 – schéma zapojení prvků rozvodu k příkladu č. 2.

## 10 Úpravy starších rozvodů STA pro DVB příjem

V souvislosti s přechodem na digitální televizní vysílání vyvstala otázka způsobilosti starších rozvodů společných televizních antén v bytových domech pro šíření DVB signálů. Mnohdy tyto rozvody byly vystavěny spolu s budovou a jejich stáří je i 30 a více let. Nárokům, kladeným na distribuci DVB signálů nevyhovují jak některé použité aktivní díly, tak zejména díly pasivní, ať již to jsou snadno vyměnitelné rozbočovače, odbočovače nebo zásuvky, tak mnohdy nevyměnitelné koaxiální kabely některých starších provedení. Popíšeme si zde několik možností řešení příjmu DVB signálu s jejich výhodami ale také nevýhodami.

### 1. přímý rozvod DVB kanálů, vysílaných v pásmu UHF

Toto řešení je nejflexibilnější a nepodléhá technickým inovacím samotného multiplexu (přechod například z kompresního formátu MPEG 2 na formát pro HDTV MPEG 4), ani samotnému obsahu multiplexu. Jeho výhodou je i snadné rozšíření o další multiplexy vložením příslušného kanálového zesilovače bez nutnosti dalších úprav. Záleží však na stáří a stavu samotného rozvodu od výstupu zesilovače. Použité koaxiální kabely VCCOY 75-5,6 nebo VCCOD 75-5,6, které se používaly od konce sedmdesátých let většinou splňují podmínky šíření UHF signálů (útlum 22dB/100m při 800 MHz) mimo tlumení stíněním.

Rozvody pro původní analogové tv vysílání byly řešeny pomocí aktivních a pasivních prvků z řad TESA-S nebo novější STEA-D. Po dobu souběhu s analogovým tv vysíláním je možné ponechat stávající analogovou zesilovací soupravu, je-li funkční a nepůsobí rušení v provozu a sloučit její výstup s výstupy kanálových zesilovačů soupravy pro DVB kanály pomocí slučovače. Osadí se nové kanálové zesilovače, vyhovující svými parametry digitálnímu příjmu, například z řady Alcad série 905 ZG/ZP-401 a nové řady 905 ZG/ZP-431 pro příslušné kanály multiplexů.



Obr. 6 – zesilovací souprava TESA-S rok výr. 1980.



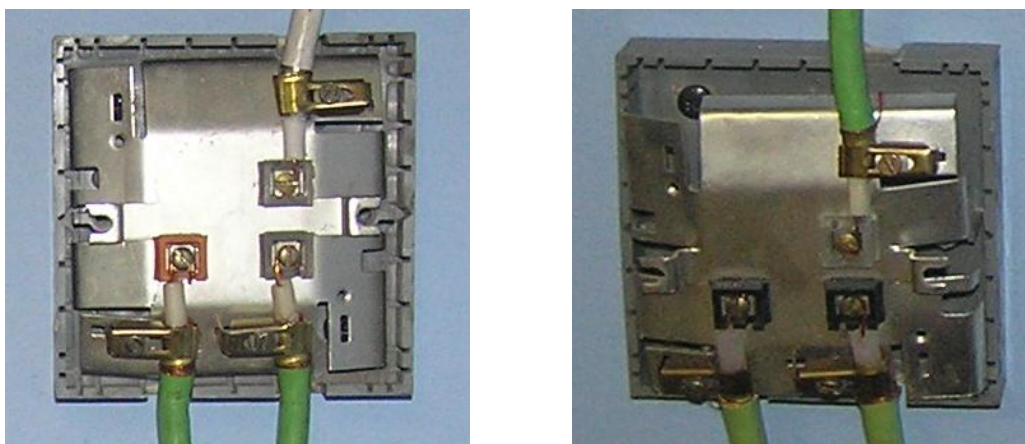
Obr. 7 – zesilovací souprava STEA-D rok výr. 1986-88.  
(jen pro informaci - pro DVB však vyhovují a to i kanálové konvertory STEA-D)



Obr. 8 – vlevo kanálové zesilovače nové řady 905ZG, vpravo kanálové zesilovače a měniče starší řady 905ZP.

Použit lze pro malé STA rovněž některý z programovatelných zesilovačů výrobců například Televés, Johansson nebo dalších.

Nutná však bude výměna pasivních prvků - odbočovačů a rozbočovačů z řady PAC a PBC (rozbočovače a odbočovače na plechovém chassis pro montáž do elektroinst. krabičky), které nevyhovují podmínce tlumení stíněním. Tyto byly navíc propojeny s koaxiálními kabely pomocí šroubových svorek. Odstraníme je a na jejich místo osadíme některé prvky, například firem Toner nebo Alcad a jiných, splňujících homologaci pro použití v STA a podmínku tlumení stíněním. Na koaxiální kabely poté použijeme kompresní konektory větších průměrů.



Obr. 9 – vlevo odbočovač PAC11, vpravo rozbočovač PBC21.

Je-li rozvod tvořen koaxiálními kabely starších typů, vyrobenými zhruba před rokem 1977 - 78, je zde velká pravděpodobnost, že tyto kabely nebudou schopny přímého šíření DVB signálů v pásmech UHF pro svůj značný útlum. Tyto kabely měly zpravidla mezní kmitočet cca 300 MHz a rozvod se uskutečňoval konverzí programů z pásma UHF do VHF. U malých domů do max. 3 pater by ještě byly tyto kabely částečně použitelné, u větších rozvodů však již nikoliv. Zde je jediné řešení je nahradit - ve starších převážně cihlových ale i některých panelových budovách bývají umístěné v protahovacích tzv. "husích krcích", kde je výměna vcelku snadná. Problém nastává v některých panelových domech, kde tyto kabely bývají mnohdy zality v betonu a jejich výměna je nemožná. Poté nezbývá, než vytvořit nové stoupací vedení lištovým rozvodem nebo ještě vhodněji před rekonstrukcí a zateplením fasády tento rozvod vytvořit z vnější strany budovy s průrazem vždy do každého obývacího pokoje. Tento je poté přikryt zateplovacími deskami a zásahy uvnitř jednotlivých bytů jsou mimo umístění zásuvky nulové.

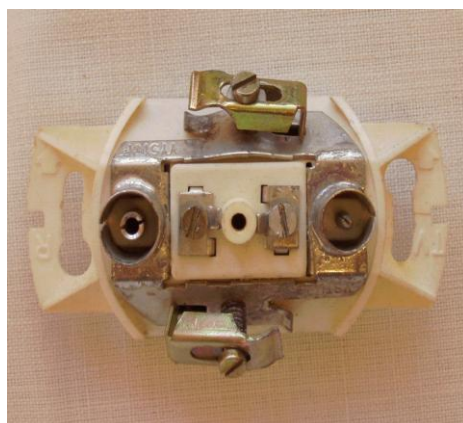


Dalším prvkem, který je nutno vyměnit je anténní zásuvka. Zejména starší typy vyhovují pouze v pásmu VHF, jiné jsou již vzhledem ke svému stáří i přes vyhovující parametry možným zdrojem poruch - uvolněnými částmi konektorů, svorek a zejména pájených částí atd. Na obrázcích níže jsou některé typy zásuvek z produkce Tesla, které byly osazovány do rozvodů STA během let 1969 - 1990.



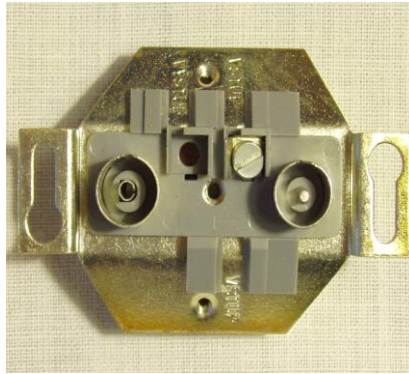
Obr. 10 – zásuvky řady 6AN 050 xx.

Tato zásuvka se začala osazovat po roce 1969 a pro signály UHF je použitelná pouze pro malé rozvody. Vyskytuje se v rozvodech, které byly vystavěny zhruba do roku 1974. Kromě malého vazebního útlumu nesplňuje i podmínku tlumení stíněním. Další nevýhodou byl atypický rozměr připojovacího konektoru (samec pro TV i radio výstup).



Obr. 11 – zásuvky řady PZK.

Tyto zásuvky byly vyrobeny pro zesilovací soupravy TESA a osazovaly se po roce 1975 a využívá již k oddělení transformátoru. Její použití je omezeno v pásmu UHF pouze na malé rozvody (zhruba do 4 - 5 účastníků) díky velkému průchozímu útlumu na kmitočtech nad 500 MHz.



Obr. 12 – zásuvky řady PZX.

Tyto zásuvky byly vyrobeny pro nové řady souprav TESA a STEA a osazovaly se po roce 1980. Vyhovují v pásmu VHF i UHF s vyhovujícím oddělovacím útlumem a impedančním přizpůsobením.

Vždy je lépe vyměnit při tak rozsáhlé rekonstrukci také tyto zásuvky u jednotlivých účastníků, vzhledem k jejich stáří a někdy i stavu se tak předejde možným problémům u jednotlivých účastníků i v samotném rozvodu (uvolněné svorky u připojení stoupacího vedení, uvolněné připojovací konektory a hlavně různé předchozí amatérské zásahy a „opravy“, například nacpáním papírů a sirek jako „podložek“ do konektorů, když „to nejde“ atd).

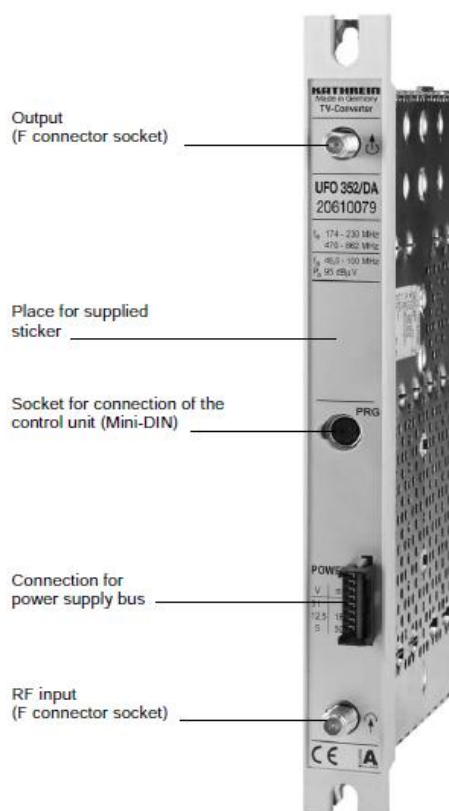
Jednotliví účastníci v rozvodu mají poté televizní přijímače vybaveny set-top boxy jako přídatnými zařízeními nebo již novější IDTV přijímače (integrated digital tv) a mohou plně využívat všech multiplexů a jejich služeb, které STA distribuuje a o které by například při remodulaci do analogové PAL přišli (EPG, MHP a další). Rozvod navíc nepodléhá zastaralosti, co se týče přechodu na jiné formáty vysílání a velmi jednoduše jde dále rozšiřovat o nové vysílané multiplexy.



## 2. konverze z pásma UHF do pásma VHF

Tento systém je určen pro rozvody v domech, kde STA neumožňuje šíření signálů přímo v pásmu UHF, ale pouze VHF, a není možné například dispozicí budovy nebo značnou finanční náročností, provést rekonstrukci stoupacích vedení. Anténní zásuvky, vedení a další prvky zůstávají původní, provede se výměna zesilovací soupravy popřípadě, je-li ještě v činnosti analogové tv vysílání a je-li původní souprava funkční a nepůsobí-li například rušení v neobsazených kanálech atd, je možno po přechodné období souběhu analogového a digitálního tv vysílání ji ponechat v činnosti.

Nová zesilovací souprava se osadí kanálovými konvertory – kanálovými procesory s převodem n kanál UHF do n kanálu VHF (pozor, ne do S pásma, standardní DVB-T set-top boxy neumí ladit v pásmech kabelové TV) a kanálovými zesilovači pro nové kanály multiplexů v pásmu VHF. Konvertory musí splňovat podmínku použití pro konverzi signálů DVB, například výrobky firmy Kathrein UFO352, Grundig STC1200 nebo Televés model 5179 a jiné.



Obr. 13 – kanálový konvertor Kathrein UFO 352.

Nastavení parametrů (vstupní a výstupní kanál, úroveň) se děje pomocí programátoru, připojeného ke konvertoru do konektoru PRG.

Nutno dodat, že set-top boxy jednotlivých účastníků musí být vybaveny vstupním dílem, který obsahuje i pásmo VHF, což některé prodávané set-top boxy neumožňují. Dalším rizikem je, že některé set-top boxy neumí přijímat konvertovaný signál (shodnost skutečného kmitočtu s kmitočtem signalizovaným v tabulce NIT). Pro starší rozvody menšího rozsahu je možno provést také konverzi z horních pásem UHF (například V pásmo, kanál 52) na kanály pásma IV, třeba 21 kanál atd.

### 3. remodulace z DVB-T do analogového formátu PAL v pásmech VHF

Tento typ rozvodu je velmi pohodlný pro účastníky, neboť jim ponechává stávající analogové přijímače a videorekordéry tak, jak byli zvyklí doposud bez nároků ke každému zařízení pořizovat set-top box. Hlavní nevýhodou je omezená programová nabídka, ztráta některých dalších doprovodných služeb jako programový průvodce a rozhlasové stanice a poměrně vysoké pořizovací náklady, navíc s rozšiřováním počtu multiplexů znamená další nutné investice do rozšíření, které je ale dále omezeno vzhledem k omezenému počtu kanálů v pásmech VHF, popř. S a zachování alespoň jednokanálové rezervy mezi sousedními programy. Další nevýhodou je možnost zastarání a nutné další vysoké investice v případě změn parametrů multiplexů nebo kompresních formátů s přechodem na D vysílání atd. Princip je stejný jako u skupinového satelitního příjmu, stávající rozvody se ponechají v činnosti, pouze se vyjme zesilovací souprava a osadí DVB-T remodulátory, což jsou vlastně set-top boxy, které po dekódování obrazového a zvukového signálu tento poté namodulují na některý kanál z pásma VHF nebo S nebo UHF, který se poté zesílí v příslušném kanálovém zesilovači.

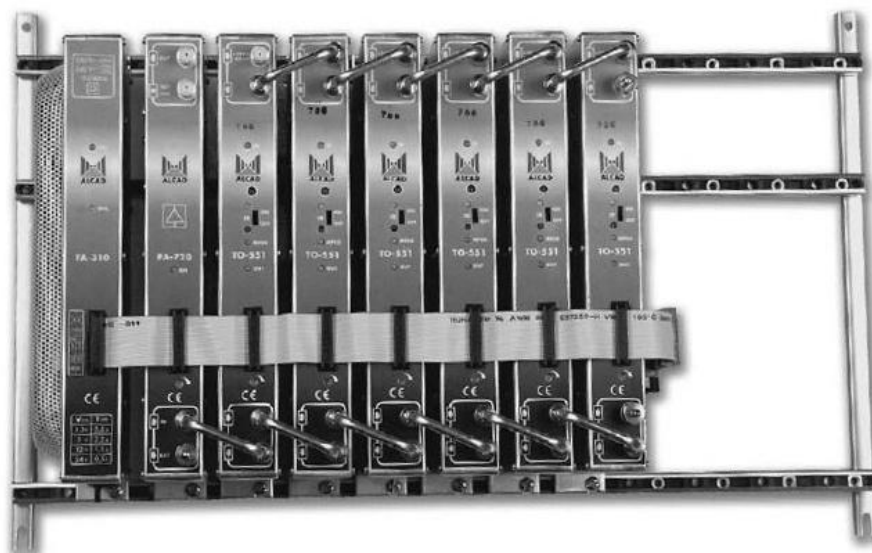
Tento systém není vhodný pro běžné bytové domy, je ale velmi vhodný například pro domovy seniorů, hotely, ubytovny, kde v prvním případě senioři zvyklí ovládat svůj televizní přijímač, se již velmi špatně učí ovládat další nové zařízení s dalším dálkovým ovladačem, ve druhém případě hotelů a ubytoven je to opět jednoduchost ovládání, minimální investice bez nutnosti nákupu velkého množství set-top boxů nebo IDTV televizorů a v neposlední řadě zabránění odcizení set-top boxu nebo dálkového ovladače nebo neustálého rozladění zvědavými hosty.

Remodulátory DVB vyrábí mnoho firem a v různých modifikacích (převody do různých pásem, různých norem, obsahující již i kanálové zesilovače nebo bez nich, se stereomodulátory, atd), na obrázcích níže jsou zástupci některých z nich.



Obr. 14 - DVB-T remodulátor finské firmy RF TUOTE OY.

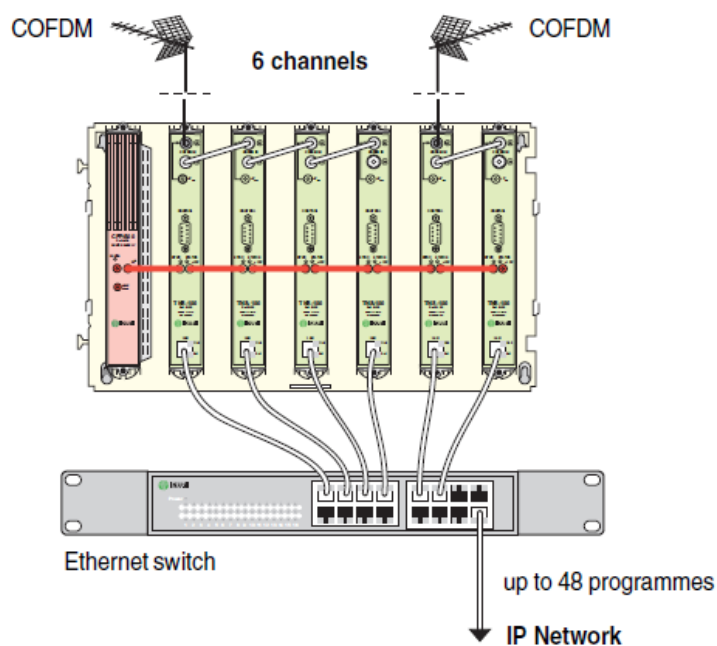
Vyrábí se v jednotunerové verzi pro maximálně 3 programy z jednoho multiplexu nebo dvoutunerové verzi pro 6 programů ze dvou mpx. Obsahují již výstupní zesilovače, modulátory přeladitelné v pásmech VHF (verze A), S nebo UHF (verze B a C).



Obr. 15 – DVB-T remodulátory modulové koncepce firmy Alcad řady TO-551.

Programování se provádí pomocí obousměrného IR přenosu programovacím terminálem se zobrazením parametrů pomocí OSD na obrazovce tv přijímače nebo monitoru. Pro velké rozvody musí být doplněny kanálovými zesilovači – výstupní úroveň jen 85 dB $\mu$ V.

Jako poslední možnost je pomocí IP streamerů přeložit jeden nebo i několik DVB-T programů do protokolu IP a tyto distribuovat v IP síti ve standardu IEEE802.3 s bitovou rychlostí více jak 100 Mb/s.



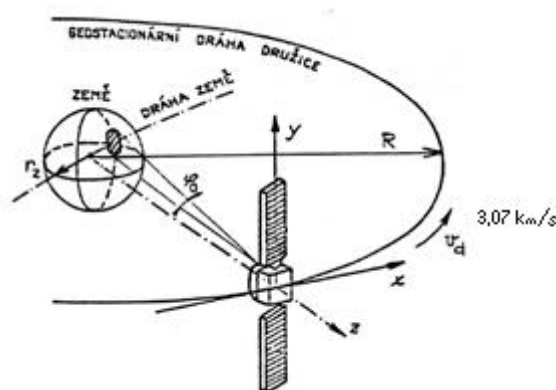
Obr. 16 – DVB-T – IPTV streamery TNS-100 firmy Ikusi.

## 11. Satelitní technika a příjem

### 11.1 Princip satelitního vysílání

Satelitní vysílání má oproti pozemnímu výhodu zejména v pokrytí velkého území (i několika států) bez jakéhokoliv vlivu terénních překážek (mimo podmínky „volného výhledu“ na družici) bez nutnosti nákladných investic do sítí pozemních vysílačů a vykrývačů. Příjem dále není ovlivněn odrazy (pro příjem se uplatňuje pouze vlna přímá), vysoká směrovost signálu dovoluje použít stejných frekvencí na různých pozicích družic na orbitě. Vysílač je umístěn ve výšce zhruba 35786 km nad zemským povrchem - rovníkem v podobě transpondéru družice na takzvané geostacionární dráze. Družice jsou na ní v rozestupu 6°, od nultého (Greenwichského) poledníku na východ se udávají jejich pozice s písmenem E (East), směrem na západ W (West).

Geostacionární dráha je taková, na které je úhlová rychlost družice shodná s rychlostí otáčení země, odstředivá síla se rovná příťažlivé síle země a doba oběhu družice je tedy 24 hodin. To znamená, že družice je v konstantní poloze vůči zemi a umožňuje tak pokrýt signálem přesně definované území. Ozáření zemského povrchu je dáno tvarem vyzařovací charakteristiky vysílací antény zpravidla ve tvaru elipsy nebo jiného tvaru podle požadavků na pokrytí daného území. Jednotlivé tvary – pokrytí daného území signálem družice se dozvíme z takzvaného vyzařovacího diagramu družice, kdy tento diagram je tvořen různými hladinami EIRP (ekvivalentně izotropně vyzářený výkon) transpondéru, udávaném v dBW, což je součet výkonu transpondéru v dB a zisku vysílací antény družice v dB.

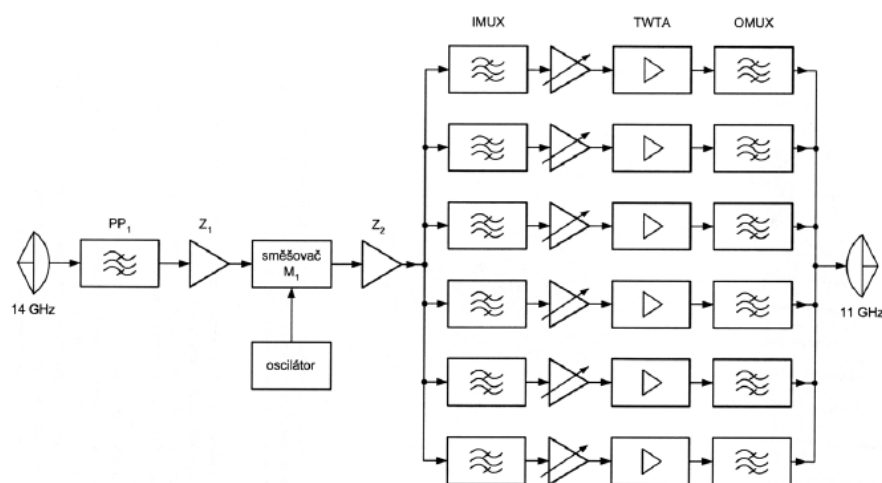


Obr. 1 – družice na geostacionární dráze.

( $r_z$  je poloměr země,  $R$  výška geostacionární dráhy,  $v_d$  je rychlost družice nad rovníkem, dobu oběhu poté můžeme vypočítat :

$$t_d = \frac{2\pi(R + r_z)}{v_d} \approx 24 \text{ hod.}$$

Družice pro rozhlas a televizi DBS (Direct Broadcast Satellite) sestává z řady transpondérů, což jsou zjednodušeně řečeno převaděče signálů. Z pozemního odbavovacího střediska jsou signály, určené pro vysílání pomocí družice vysílány v takzvaném up-link směru (vzhůru ke družici) v kmitočtovém pásmu kolem 14 GHz. Signál up-link, přijatý přijímací anténou na družici je po průchodu pásmovou propustí, která propouští jen frekvenční rozsah všech vysílaných kanálů zesílen v předzesilovači a následně celé toto pásmo je přeloženo ve směšovači do pásma kmitočtů trasy down-link (vysíláno na sestupné cestě – od družice, v pásmu Ku 11 – 12,5 GHz). Další zesilovač Z2 (viz Obr. 2) rozděluje jednotlivé frekvenční kanály do daného počtu transpondérů s koncovými stupni, osazenými elektronikami s postupnou vlnou TWTA (permaktron). Tyto koncové stupně dodávají přes slučovač vysílací výkon do společné vysílací antény. Před (IMUX) a za (OMUX) permaktronem v každém transpondéru jsou pásmové propusti IMUX a OMUX, třídící na jeho vstupu frekvenční multiplex a na výstupu potlačující nežádoucí frekvence, vzniklé na nelineární převodní charakteristice permaktronu.

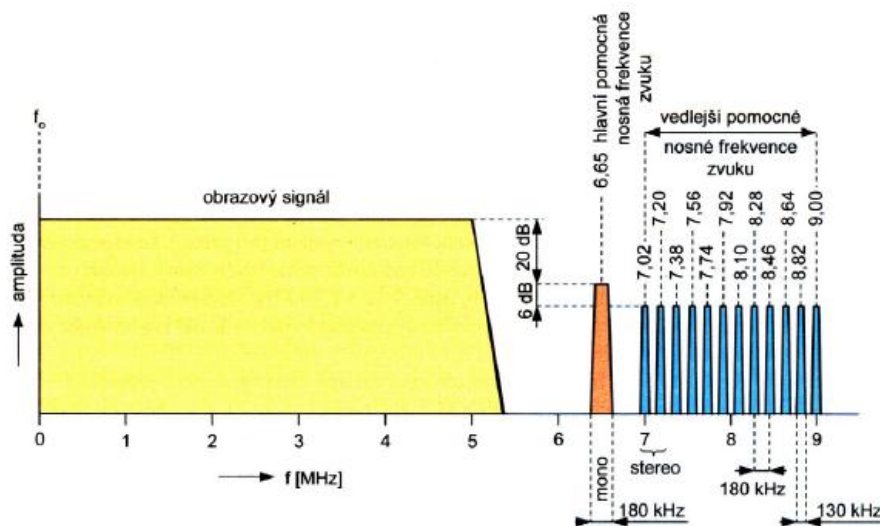


Obr. 2 – zjednodušené blokové schéma transpondérů na družici.

**U analogového satelitního** vysílání se používá pro modulaci obrazu i zvuku kmitočtová modulace. U družic velkých výkonů se má přenášet jedním transpondérem pouze jeden analogový tv kanál z důvodu zamezení vzniku intermodulací na nelineární charakteristice permaktronu. Zároveň by mělo být zajištěno rovnoměrné rozložení spektra výkonové hustoty ve frekvenčním pásmu každého tv kanálu, aby dominantní nosná nerušila při příjmu stejného kmitočtu ale z jiné družice. Z tohoto důvodu se k užitečnému signálu přidává signál trojúhelníkového průběhu o kmitočtu 25 Hz, zaručující rozptýlení energie v celém pásmu – tzv disperzál.

Šířka pásma pro jeden analogový tv kanál je 27 MHz ( max. modulační  $f = 6,75$  MHz, špičkový modulační zdvih = 6,75 MHz, podle zjednodušeného Carsonova vzorce je šířka pásma rovna dvojnásobku součtu max. modulační  $f$  a špičkového frekv. zdvihu). Šířky pásma transpondérů jsou běžně 33 nebo 72 MHz.

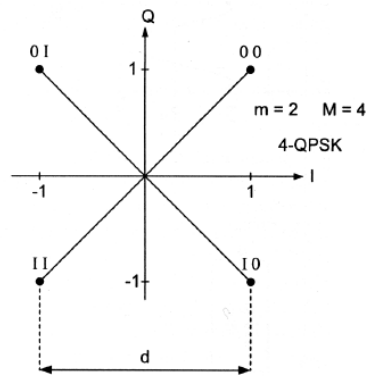
Zvuk je vysílán kmitočtovou modulací jako systém s hlavní nosnou s mono modulací a několika pomocnými nosnými frekvencemi (stereo 7,02 + 7,20, zvukové doprovody v jiných jazycích). Zvuk je poté vysílán s dvojitou frekvenční modulací FM/FM v soustavě Wegener Panda I.



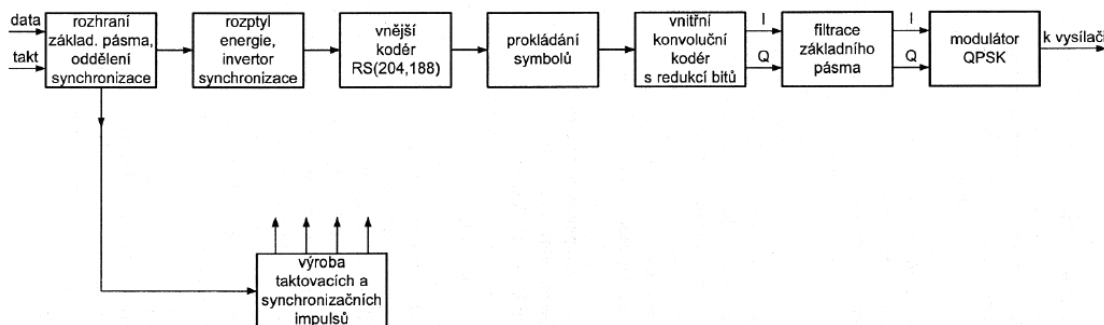
Obr. 3 – rozmístění nosných v soustavě Wegener Panda.

**Digitální satelitní vysílání** ve standardu DVB-S používá převážně MPEG-2 kompresi a QPSK modulaci. Jeden transpondér družice může přenášet podle šířky pásma, například při 33 MHz a FEC2 3/4 datový tok až 39 MBit/s. Pro zabezpečování kromě standardního zabezpečení FEC1 se užívá také konvoluční kódování FEC2 s kódovými poměry 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 a nebo 7/8. Volba parametrů FEC2 umožňuje přizpůsobit data příslušnému transpondéru nebo dosáhnout příslušného stupně ochrany.

Digitální modulace QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) je použita v systému DVB-S z důvodu zvýšené odolnosti vůči šumům, interferencím a dobrou spektrální účinností. Modulace QPSK se vytváří pomocí dvoustavového fázového klíčování BPSK (Binary Phase Shift Keying) dvou nosných vln stejného kmitočtu, ale fázově posunutých o 90°. Každému ze čtyř stavů nosné je přiřazena jedna ze čtyř možných kombinací dvou bitů. Vstupní bitová posloupnost se v sérioparalelním převodníku převádí do dvou posloupností – soufázové složky I a kvadraturní složky Q, které se ve vyvážených modulátorech modulují dvěma nosnými vlnami fázově posunutými o 90°. Sečtením výstupních signálů se vytvářejí čtyři diskrétní stavy nosné vlny, z nichž každý nese informaci o dvou bitech vstupní posloupnosti.



Obr. 4 – konstelační diagram QPSK signálu.



Obr. 5 – kanálové kódování s modulací QPSK.

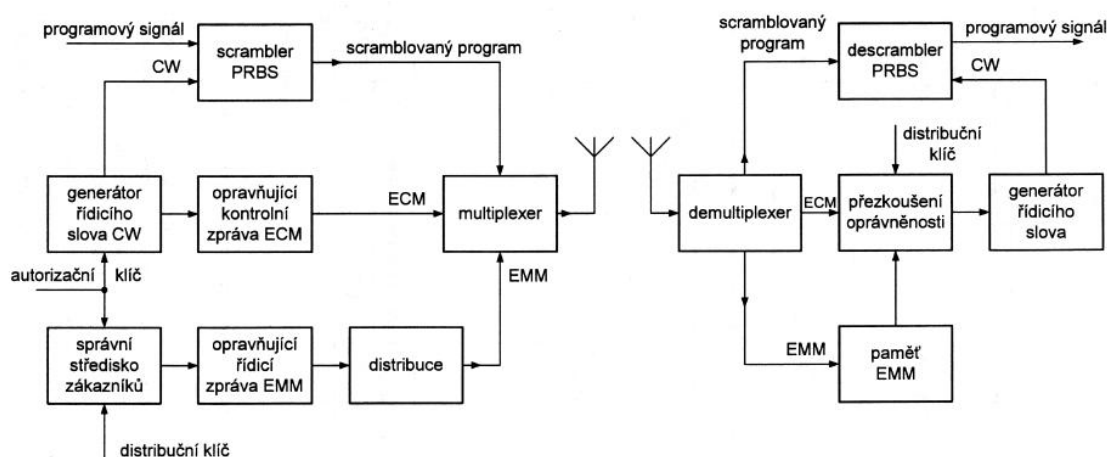
Rozptyl energie spektra výkonové hustoty se u digitálního zpracování signálu zajišťuje při kanálovém kódování přičtením posloupnosti PRBS, čímž se rozptýlí bitová energie, neboť by se při delším souvislém sledu logických 1 v transportním toku modulace QPSK zvýraznila nosná frekvence.

### Kódování pro Pay-tv příjem

U analogového satelitního vysílání bylo takzvané scamblování založeno zejména na inverzi obrazu do negativu, porušení řádkové synchronizace, popřípadě narušení komplementárnosti barev, nebo rozdělením řádku a invertováním druhé poloviny řádku o  $180^\circ$ . Toto scamblování může být trvalé nebo měnící se s časem. Dnes již nemá význam se podrobněji zabývat těmito staršími soustavami pro scamblování analogového vysílání (Videocrypt, Eurocrypt), neboť i to je již několik let na ústupu a nahrazováno digitálním vysíláním. Podrobnější popisy těchto systémů jsou například v knize Ing. V.Víta Televizní technika kniha C.



U digitálního tv vysílání spočívá scamblování ve změně sledu bitového toku digitálních signálů a je uskutečňován zpravidla pomocí posloupností náhodných čísel vůči původnímu bitovému toku. Digitální signály poskytují široké možnosti pružného a pirátsky nedekódovatelného scramblingu, kdy se algoritmus pseudonáhodné posloupnosti mění v čase a s kontrolou podmíněného přístupu. Scamblování se uplatňuje jen na obrazová data a nesmí zasahovat do záhlaví ani skupin řídicích informací bitového toku. Scamblovací posloupnost PRBS vytváří generátor pseudonáhodných čísel podle řídicího slova, jež se mění s časem a typem programu. Řídicí slovo se přenáší v transportním toku zašifrováno pomocí autorizačního klíče jako opravňující servisní zpráva ECM pro dekodér. Ten z ní odvodí původní řídicí slovo a inverzním způsobem pomocí synchronně pracujícího PRBS generátoru obnoví původní programový signál. Aby bylo možné ze zprávy ECM získat zašifrované řídicí slovo, je třeba ověřit, zda účastník má oprávnění daný program přijímat. Správní centrum poskytovatele proto vysílá v datovém toku zprávu EMM, obsahující autorizační klíč. Tato zpráva je zašifrována distribučním klíčem, který odpovídá číselnému kódu karty, vložené do dekodéru autorizačního klíče. Zpráva EMM se vysílá cyklicky, aby postupně zasáhla podle distribučního klíče všechny uživatele, kteří mají oprávnění daný program přijímat. Zpráva EMM se přenáší jako servisní informace v transportním toku jako tabulka CAT v identifikačním paketu.



Obr. 6 scamblování (vlevo) a descamblování (vpravo) v systému placené televize.

Další složitější systém je placení jen za dobu sledování (Pay per View) s dvoustupňovým scamblováním, kdy je účastník vloženou šifrovanou zprávou informován o stavu jeho účtu. Tato informace se po enkrypci ukládá do paměti a porovnává s dobou sledování a tedy i s poplatky za uvolněné programy. Po dosažení shody účtu s poplatky se přeruší cesta základního autorizačního klíče až do nového zaplacení.

## 11.2 Základní komponenty pro satelitní příjem

V této části se seznámíme se základními komponenty pro satelitní rozvody v Ku pásmu, ležícím v rozmezí 11 - 12,5 GHz. Vzhledem k množství výrobců a modifikací se jedná o stručný přehled se základními popisy použití a nastavení, které jsou ale identické i pro ostatní.

**Parabolická anténa** - slouží k zachycení a odrazu přijímaného signálu do ohniska paraboly, v němž je umístěna vnější jednotka přijímače (konvertor, LNB). Rozlišujeme vícero typů parabolických antén, pro běžný příjem satelitního vysílání se nejvíce rozšířily z velkého množství různých modifikací ale jen dva typy, a to ohnisková a offset. Jako novinku pro řešení vícedružicového příjmu i pozičně vzdálenějších satelitů si představíme ještě parabolickou anténu typu wavefrontier, která zatím není mnoho rozšířena, je spíše doménou „fajnšmekrů“ a lidí, pro které je satelitní technika a příjem koníčkem. Anténa typu cassegrain je spíše určena pro profesionální telekomunikační služby, radioteleskopy atd, podobně jako další typy parabolických antén (horn-parabola, ...), se kterými se dnes již běžně v tomto oboru příjmu nesetkáme a jejichž parametry najde zájemce v odborné literatuře.

### Ohnisková parabola (středová, prime-focus)

Tato parabolická anténa má ohnisko umístěné v geometrickém středu, do kterého soustřeďuje elmag. energii. V ohnisku je umístěna vnější jednotka s přijímací anténou (ozařovač+polarizer+dipol = vstupní části vnější jednotky), který je ale odlišný od dnes běžných univerzálních konvertorů, obsahujících ozařovač a polarizer v jednom. Zde záleží hlavně na samotném ozařovači (feedhorn), který se výraznou měrou podílí na kvalitě příjmu - musí být správně zvolený typ, kdy musíme dávat pozor na správnou hodnotu  $f/D$ , tj. se správným poměrem ohniskové vzdálenosti ku průměru paraboly k danému typu paraboly (nabývá hodnot zpravidla 0,40 až 0,42), a minimální útlum polarizeru. Účinnost těchto antén je 60%. Dnes se již sice tento typ paraboly pro satelitní příjem v Ku pásmu používá velmi zřídka, avšak nezastupitelnou úlohu zastávají tyto typy parabol v telekomunikacích, zejména ve tvorbě směrových pojítek point-to-point v horizontální rovině.



Obr. 7 - vlevo středová parabolická anténa, vpravo detail vnější jednotky s ozařovačem.

### Ofsetová parabola (offset)

Tato parabola je tvořena výsečí z prime focus paraboly velkého průměru a ohnisko tedy leží mimo geometrický střed odrazné plochy. Elektrické vlastnosti ofsetové antény jsou shodné s ohniskovou parabolou, účinnost je 65%, zisk podle průměru se pohybuje od 30 dB u 60 cm průměru po více jak 40 dB u antén průměru 120 cm a více. Výseč pro offset paraboly z ohniskové paraboly velkého průměru může být elipsovitá (obr. vlevo) nebo obdélník (vpravo - anténa Multytenne fy Technisat)



Obr. 8 - elipsovitý typ ofsetové antény vlevo a obdélníkový typ vpravo.

Výhodou offset paraboly je, že díky své konstrukci stojí kolměji k zemskému povrchu (není nasměrována přímo na satelit jako ohnisková parabola) a tudíž nehrozí hromadění sněhu a ledu na odrazné ploše, čímž by mohlo dojít až k posunu ohniska mimo ozařovač vlivem změny povrchu odrazné plochy. Nepotřebuje také tolik „volného prostoru“ za samotnou anténou, což umožňuje také pohodlnější montáž na stěnu objektu.



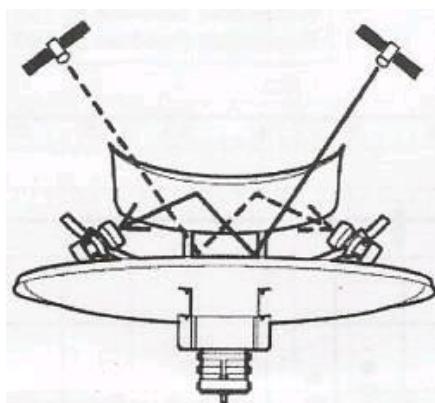
Obr. 8a – samozřejmě jsou dnes také nejrůznější barevné variace ofsetových parabolických antén (foto Triax)



Obr. 8b – ofsetová parabolická anténa s „integrovaným“ multifocus, tzv. Unique Dish (foto Triax)

#### **Wavefrontier – (toroidní parabola)**

Jedná se o novinku, anténu, která je určena pro příjem z více konvertorů a používá pomocné odrazné zrcadlo, proti kterému jsou konvertory namířeny - viz obrázky. Princip je velmi dobře vidět na prvním obrázku, praktické provedení poté na druhém. Zatím se nejedná o velmi rozšířený typ paraboly. Je určena pro příjem z širšího záběru satelitních pozic - pozičně vzdálených, než jaké umožňuje použití multifocus.



Obr. 9 - princip paraboly wavefrontier vlevo a praktické provedení vpravo.

**Multifocus** (multifeed) - zařízení, sloužící na příjem z více družic pomocí jedné parabolické antény za pomoci dvou a více konvertorů. Princip tohoto příjmu je v umístění pouze jednoho konvertoru do přímého ohniska (zpravidla se umísťuje do ohniska konvertor pro příjem slabšího signálu ze vzdálenějšího satelitu) a umístění dalšího pomocí držáku tzv. multifocus, který bude využívat boční odraz signálu z další satelitní pozice. Takto lze přijímat i signály z více satelitních pozic, které spolu sousedí. Praktická montáž a nastavení tohoto komponentu je v kapitole, zabývající se montáží a způsoby satelitního příjmu.



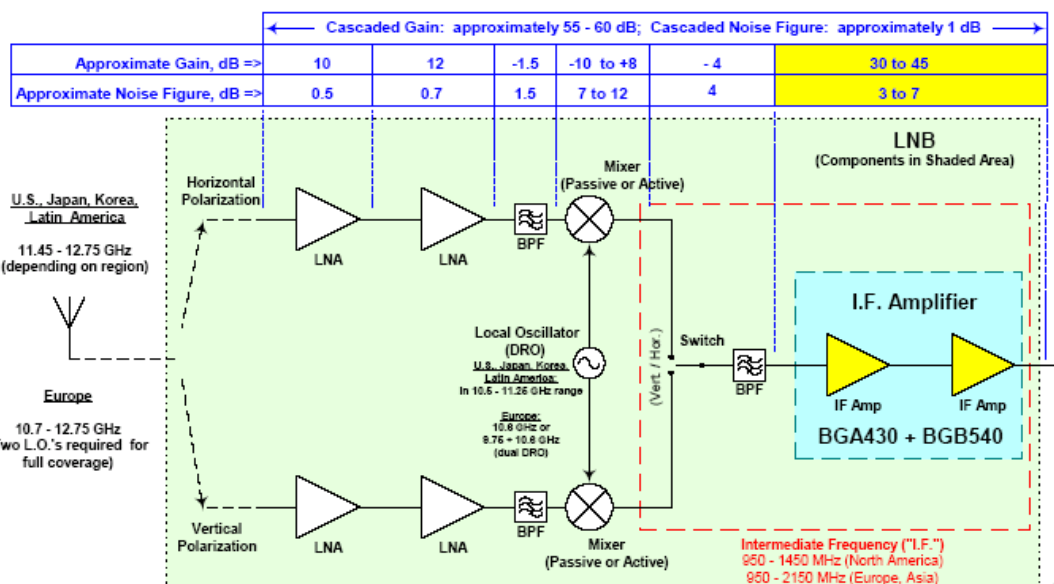
Obr. 10 - vlevo jedno z provedení multifocus, vpravo praktické použití.

Multifocus se vyrábí jako pevný pro sousední družice např. Astra 1 a Astra 3 popř. Astra a Hotbird nebo stavitelný s možností variabilního nastavení úhlu dalšího konvertoru. Také provedení může být pro dva nebo více konvertorů (více družic). Většina multifocus umožňuje příjem pouze na jednom elevačním úhlu, některé typy multifocus však umožňují také nastavení rozdílného elevačního úhlu a umožnit tak příjem i ze sousední elevační hladiny (obrázek vpravo).

Multifocus systém je určen pro offset paraboly, pro paraboly středové je nepoužitelný.

Výstupy z těchto konvertorů, umístěných na multifocus držáku se poté přepínají pomocí tzv. DiseqC relé na vstup satelitního přijímače.

**Konvertor (pro Ku pásmo)** - vnější jednotka nebo také LNB (Low Noise Block). Její funkce je zachytit, zesílit a kmitočtově konvertovat zachycený signál z Ku pásma (10,5-12,75 GHz) do pásma 1 mezifrekvence (950 - 2150 MHz). Běžné typy konvertorů tvoří dnes již jeden celek s ozařovačem, polarizační výhybkou (polarizátorem - dnes elektrickým, dříve mechanickým nebo elektromagnetickým pomocí cívky), přijímacími dipolky (pro V a H polarizaci-obvody jsou zdvojeny, tj. současně se zpracovává signál H i V polarizace - zesílí, směšuje s místním oscilátorem, přepínač polarizace přepíná až výstupy z těchto směšovačů) nízkošumovými zesilovači, pásmovými propustmi, směšovači, lokálním oscilátorem (nebo oscilátory, je-li dualband), přepínačem signálu s polarizací V nebo H a pomocnými obvody (napájení, vyhodnocení přepínacího napětí a 22 kHz atd). Přepínání polarizace se děje pomocí dvou hodnot velikosti napětí z receiveru, a to v rozsahu 13-14V pro V (vertikální polarizaci) a 17-18V pro H (horizontální polarizaci). Toto přepínací napětí slouží zároveň k napájení ostatních částí konvertoru. Moderní konvertory jsou konstruované jako Universal - dual band pro příjem v horním i spodním pásmu (obsahuje dva oscilátory s pevným kmitočtem 9,75 a 10,6 GHz, které se přepínají pomocí signálu 22 kHz, superponovaného na napájecí napětí konvertoru. Kmitočet pevného oscilátoru - pro L-band 9,75 GHz, pro H band 10,6 GHz), výstup poté obsahuje celé pásmo 1.mf (první mezifrekvence), tj 950 - 2150MHz. Spodní pásmo - příjem v pásmu 10,7 - 11,7 GHz kmitočet vnitřního oscilátoru LNB 9,75 GHz, 22kHz = off, horní pásmo 11,7 - 12,75 GHz kmitočet oscilátoru 10,6 GHz, signál 22 kHz = on.



Obr. 11 - vnitřní blokové zapojení konvertoru.

Konvertory se vyrábějí v těchto variantách :

**SINGLE** – tj. s jedním výstupem s možností příjmu H i V polarizace pro jeden receiver, jednopásmový (starší přijímače) nebo jako universal dvoupásmový (horní a dolní pásmo - přepínání vnitřního oscilátoru pomocí signálu 22 kHz).



Obr. 12 - single universal konvertor firmy Schwaiger.

**TWIN** - LNB se dvěma výstupy - každý V i H polarizace pro dva účastníky, TWIN universal jako dvoupásmové, přepínané signálem 22 kHz.

**DUAL** - LNB se dvěma výstupy - oddělená V a H polarizace (pouze jednopásmové) pro použití s multiswitch - starší "low band" jednopásmové rozvody.

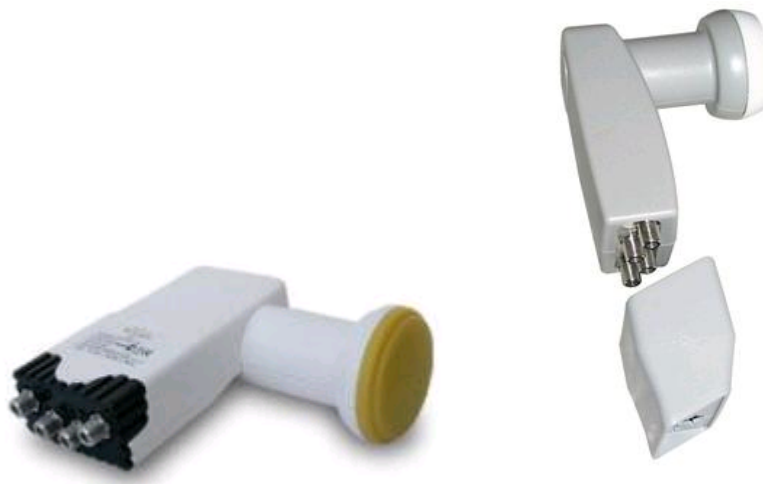


Obr. 13 - twin konvertor firmy Schwaiger.



**QUAD** - Quaduple LNB se čtyřmi výstupy pro 4 účastníky, H i V polarizace každý výstup (není potřeba multiswitch). QUAD universal = dvoupásmový (high+low band).

**QUATTRO** - LNB dvoupásmový s výstupy H high, H low, V high, V low pro rozvody s multiswitch s příjmem v obou pásmech.



Obr. 14 - příklady konvertorů typu quad a quattro.

**OCTO** - LNB s osmi výstupy pro osm nezávislých účastníků včetně horního a spodního pásma (výhoda - rozvod nepotřebuje multiswitch, nevýhoda - 8 koaxiálních vedení až k parabolické anténě).



Obr. 15 - příklady konvertorů octo.

**MONOBLOCK** - dva konvertory v jednom bloku, jejichž ozařovače svírají určitý úhel pro příjem dvou sousedních satelitních pozic, buď se dvěma výstupy a externím přepínáním pomocí DiseqC relé nebo s použitím dvouvstupového receiveru, nebo již s integrovaným DiseqC relé, a výstupem pro jednoho nebo i více účastníků (podobně jako TWIN nebo QUAD).



Obr. 16 - některé varianty konvertorů monoblok.

**OPTICAL LNB** – jedná se o novinku firmy Triax – konvertory s optickým výstupem laserovým vysílačem po optickém vlákně, kdy ve spojení s OVC (optical virtual converter) jsme schopni vytvořit jakýkoliv – twin, quad nebo quattro konvertor. Výhodou je optická cesta pouze jedním optickým vláknem (plus napájecí kabel) s minimálním útlumem bez jakéhokoliv rušení a to i pro značné vzdálenosti mezi konvertorem a dalším rozvodem sat. signálu.



Obr. 16b – konvertor s optickým výstupem a optický virtuální konvertor typu Quattro firmy Triax

**DiSEqC relé** - slouží k přepínání N vstupů (2, 4 nebo i 16) na jeden výstup při vícedružicovém příjmu. Je ovládáno povely standardu DiSEqC, kdy je příslušnému povelu přiřazen určitý vstup – určitá cesta signálu. DiSEqC relé umožňují i kaskádní řazení, kdy se specifikuje, na který povel má relé přepínat (option nebo position). Podrobnější popis signálů DiSEqC je uveden v kapitole 11.4., praktické použití pak v kapitole, zabývající se montáží a způsoby satelitního příjmu.



Obr. 17 - vlevo čtyřvstupové DiSEqC relé, vpravo 16-ti vstupové relé.

**Slučovač/rozbočovač TV-SAT** – tento díl slouží ke sloučení signálu pozemního televizního vysílání (dolní propust do 860 MHz, ss blokovaný) a signálu první mezifrekvence, vystupujícího z konvertoru. Tento vstup je opatřen horní propustí a je stejnosměrně průchozí. Slouží například při individuálním příjmu ke sloučení tv a sat signálu a vedení pomocí jediného koaxiálního kabelu z půdních prostor až k přijímači. Koaxiální kabel je poté zakončen účastnickou koncovou zásuvkou TV/SAT, ve které je zpětně rozdělen pro televizní a radio signály a satelitní signál. Může být zapojen také inverzně namísto účastnické zásuvky a zpětně rozbočit na svých výstupech signály pro satelitní a televizní přijímač.



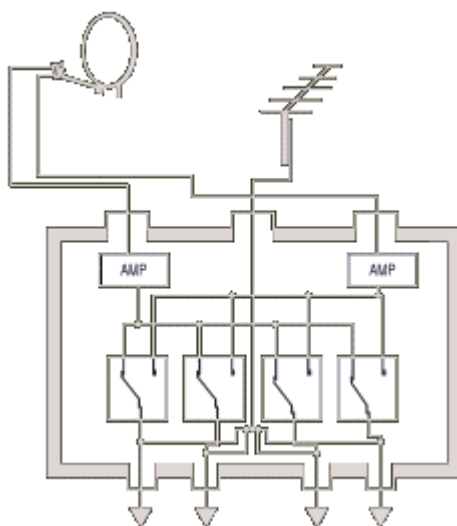
Obr. 18 - TV/SAT slučovač/rozbočovač firmy Schwaiger.

**Satelitní zásuvka** - slouží k připojení jednotlivých účastníků v rozvodu s distribucí tv a satelitního signálu hvězdicového typu, tj. je zásadně provedena jako koncová. Obsahuje rozbočovač TV, FM a SAT signálu na patřičné výstupy.



Obr. 19 - koncová satelitní zásuvka Schwaiger DSE-650.

**Multiswitch** - multipřepínač - je to vlastně přepínací matice, která umožňuje připojit více účastníků satelitního příjmu k jediné vnější jednotce.

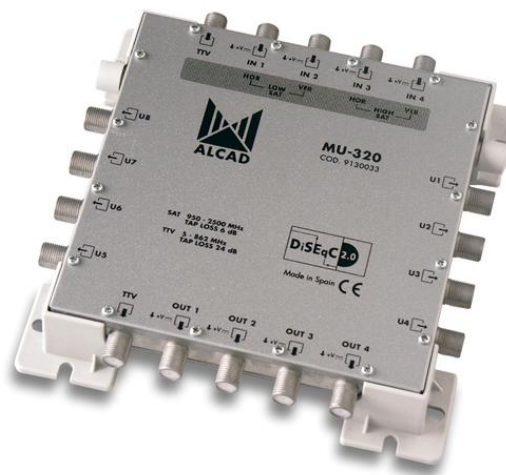


Obr. 20 - zjednodušené blokové schéma multipřepínače staršího provedení, spolupracujícího s konvertory dual.

Multiswitch spolupracuje s dvoupásmovým konvertorem quattro a umožňuje zároveň distribuovat po samostatných vedeních ke každému účastníkovi kromě signálu SAT první mezifrekvence také signály pozemního tv příjmu (vstup TERR multipřepínače pro vstup signálu z anténního rozvodu - zesilovací soupravy pozemního příjmu).

Některé multipřepínače mají pouze pasivní navázání tv signálu k jednotlivým výstupům multiswitch a musíme počítat s určitým útlumem tv signálu, některé obsahují navíc jednostupňový zesilovač tv signálu ve vstupu TERR.

Multipřepínače jsou vyráběny pro hvězdicové rozvody s konečným počtem účastníků (například 8, 16,...), nebo pro kaskádní rozvody s možností rozšíření na několik desítek účastníků (také až 128 účastníků). Některé typy multipřepínačů obsahují integrované DiseqC relé a umožňují připojit dva dvoupásmové konvertory quattro pro vícedružicový příjem.



Obr. 21 - na horním obrázku multiswitch firmy Schwaiger pro hvězdicové rozvody, na dolním multiswitch firmy Alcad pro kaskádní rozvody.

**Koaxiální kabely** – některé důležité vlastnosti pro volbu nejvhodnějšího typu koaxiálního svodu byly již zmíněny na začátku knihy v části „Anténní svody“. Zde se seznámíme s některými typy, obzvláště vhodnými pro satelitní rozvody a jejich parametry.

Jako první parametr správné volby je co nejnižší měrný útlum (dB/100m) pro kmitočty do 2150 MHz (horní pásmo). Pro menší rozvody vystačíme s kabely s měrným útlumem ca 28 dB/100m, u větších rozvodů a vzdáleností nejlépe pod 25 dB/100m (např. Nordix Cablesat nebo Cavel DG163 s 20,1 dB/100m na kmitočtu 2150 MHz).

Druhou důležitou vlastností je tlumení stíněním, což nabývá na důležitosti zejména v rozvodech digitálního příjmu, kdy musíme zajistit tlumení lepší jak 85 dB na kmitočtu 2150 MHz kabely s kvalitním provedením stínící vrstvy (nejlépe 90 dB a více) .

Nesmíme také zapomínat na mechanické vlastnosti, jako je nehořlavé provedení, jedná-li se o stoupací vedení společnými prostory a různými šachtami (nehořlavost i ve směru vertikálním – při svislé montáži kabelu), odolnost vůči slunečnímu záření (jeho UV složce) a povětrnostním vlivům při venkovní montáži (nesmí se zapomínat, že právě svody od konvertoru k multiswitch jsou vystaveny vnějším vlivům).



Obr. 22 – konstrukce koax. kabelu Nordix Cablesat

Konektory v rozvodu se podobně jako v rozvodech STA pozemního příjmu připouští pouze kompresní typy F. Také samotné účastnické šňůry pro spojení TV-SAT účastnické zásuvky a receiveru je nejlépe použít profesionální hotové výrobky nebo za užití kompresních konektorů, vyvarujeme se užití šroubovacích konektorů.

Ostatní prvky jako DiseqC motory a další natáčecí zařízení popřípadě skupinové přijímače a jiné komponenty jsou popsány v jednotlivých částech, zabývajících se jejich montáží a užitím.

## Dekodéry, CA moduly, přístupové karty

O principu kódování v systémech placené digitální televize jsme se seznámili v kapitole „Princip satelitního vysílání“. Různí poskytovatelé placené nebo národní televize (národní proto, že je určena pouze pro příjem na území určitého státu a je zapotřebí zejména z důvodu licencí a autorských poplatků pro daný stát znepřístupnit příjem na území sousedních států) používají různé systémy zabezpečení. Mimo zatím nepoužívanější kódování v systému Cryptoworks (CW), který používají i naši nejrozšířenější poskytovatelé – společnosti Skylink (dříve T&T a Czechlink), CSlink a Gital se ve světě používá velké množství jiných kódovacích systémů, jako například Nagravisión, Viaccess, Dreamcrypt, Conax, Seca, Betacrypt a další.

Některé satelitní receivery mají integrovaný dekodér příslušného systému uvnitř přístroje a samotná přístupová karta se vloží do slotu přijímače. Toto je převážně rozšířeno u jednodušších přístrojů pro systém Cryptoworks, kde již tento přístroj, pokud neobsahuje CI slot (Common Interface) pro externí dekodér, tzv. CA modul (Common Access module), neumožňuje dekódování stanic, používajících jiné kódování.



Obr. 23 – receiver s integrovaným dekodérem CW – slot pro dekódovací kartu

Vhodnější je zejména z důvodu jednoduché změny dekodéru ať již vlivem změny kódování ze strany poskytovatele placené televize nebo z důvodu sledování jiných programů, kódovaných v jiném systému použít satelitní receiver, vybavený CI sloty. Do nich se vloží dekodér v podobě CA modulu a do něj zasune příslušná dekódovací karta.

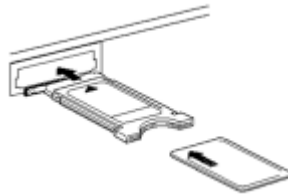


Obr. 24 – CA modul – dekodér Irdeto pro systém Cryptoworks





Obr. 25 – CA modul se zasunutou dekódovací kartou



Obr. 26 - vložení CA modulu s kartou do CI slotu

Některé dekódovací CA moduly jsou určeny pro profesionální použití v zařízeních skupinového příjmu, popřípadě umí dekódovat i více kódovacích systémů včetně možnosti upgrade CA modulu ať již přímo ze satelitního vysílání (např. moduly Irdeto CW ze satelitu Astra na pozici 19,2° E) nebo pomocí programátoru a počítače.



Obr. 27 – CA modul PowerCam pro profesionální použití

Některé dekódovací karty umožňují vyloupnutí čipu do formátu klasické SIM karty a CA moduly jsou poté vybaveny i slotem pro tuto velikost karty.



Obr. 28 – dekódovací karta s možností úpravy do velikosti SIM karty a CA modul se slotem pro tuto velikost

Firma Irdeto koupila v roce 2006 systém Cryptoworks (CW) od společnosti Philips CryptoTech a okamžitě zahájila postupný útlum systému Cryptoworks. V roce 2012 již tento systém nebude technicky podporován, což znamená, že nebudou vysílány autorizační instrukce na karty CW, čehož následkem bude nejprve výpadek placené nabídky a po uplynutí autorizačního období neplacených nabídek i výpadek těchto neplacených programů. Společnost Irdeto pro tyto přijímače, vybavené integrovaným CW dekodérem nabízí karty ICE (Irdeto Cryptoworks Embedded card), které umí emulovat systém Cryptoworks a pracovat jak s novým dekodérem Irdeto PI-sys, tak prodloužit životnost starších receiverů s integrovaným CW dekodérem. Toto období je pouze přechodné stejně jako výroba a prodej ICE karet postupně s nabíhající výrobou receiverů s integrovaným Irdeto PI-sys dekodérem.

## 11.3 Základní způsoby montáže a varianty příjmu

Po přehledu základních prvků satelitního rozvodu a jejich popisu funkce se nyní seznámíme s jejich správným užitím, vhodným výběrem, montáží a nastavením.

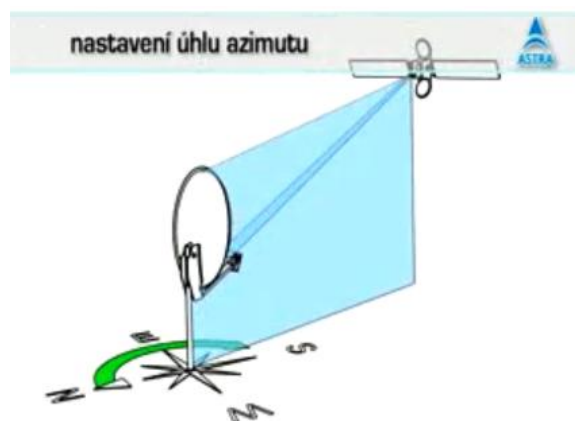
Upozorňuji, že se jedná o příjem v Ku pásmu 11 - 12,5 GHz, kterým se budeme po celou dobu zabývat. Požadavky pro C pásmo s příslušnými komponenty pro případné zájemce jsou k dispozici v různé odborné literatuře.

Nejprve si před vlastní montáží musíme objasnit několik základních skutečností, aby jsme mohli zvolit příslušný typ rozvodu a použité prvky od stanoviště a rozměru parabolické antény přes typ konvertoru, užití pomocných prvků atd.

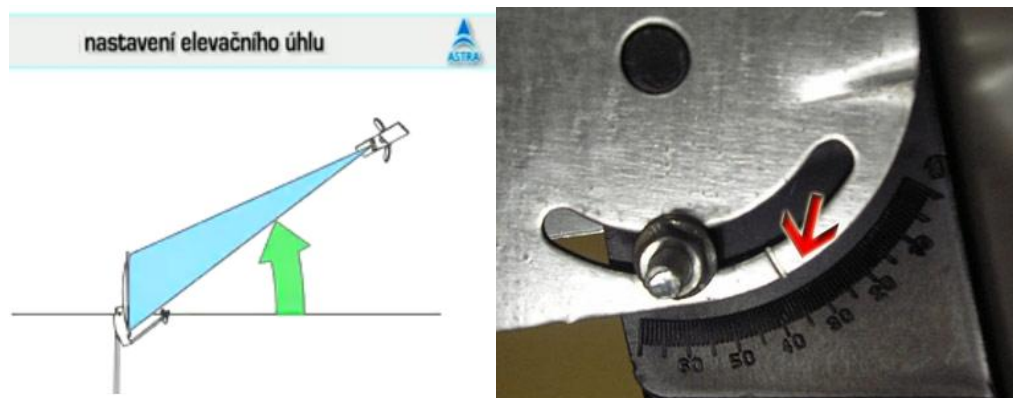
Mezi nejzákladnější body před realizací patří :

- o příjem jakého satelitu se bude jednat ?
- jak velkou parabolu budu potřebovat ?

toto je důležité zejména z důvodu požadavku na příjem některých exotických satelitů, kdy prvním krokem je zjištění, zda vyzařovací laloky pokrývají nebo alespoň svými krajními hladinami zasahují do místa příjmu. Tento vyzařovací diagram příslušného satelitu zjistíme nejlépe z www stránek buď přímo provozovatele satelitu (astra-ses, eutelsat, ...), nebo ještě lépe ze stránek, zabývajících se satelitním příjmem (například satcentrum, parabola, atd), kde naleznete i mnoho dalších užitečných informací. Nastavení parabolické antény na příslušnou družici provádíme v horizontální rovině – azimutu, tj. natočení antény ve směru sever – jih (například pro družici Astra 3A 23,5° E je azimut 166,7° pro stanoviště Plzeň – Skvrňany), a dále v elevačním úhlu (sklon paraboly vzhledem ke kolmici k zemskému povrchu), který se nastaví na stupnici parabolické antény na jejím upevňovacím třmenu (nemusí vždy souhlasit – nekvalitní paraboly). Hodnotu elevace podobně jako hodnotu azimutu zjistíme buďto pomocí jednoduchých programů jako například SMW link, který je jako free verze volně k dispozici nebo pomocí vyhledávače Dishpointer, který spolupracuje s fotomapami dané lokality a vypočítává automaticky při zadání stanoviště antény pro vybraný satelit veškeré potřebné údaje – azimut, elevaci, LNB skew. Například pro družici Astra 3A je elevační úhel 32,2° (stanoviště Plzeň – Skvrňany).



Obr. 29 – nastavení azimutu



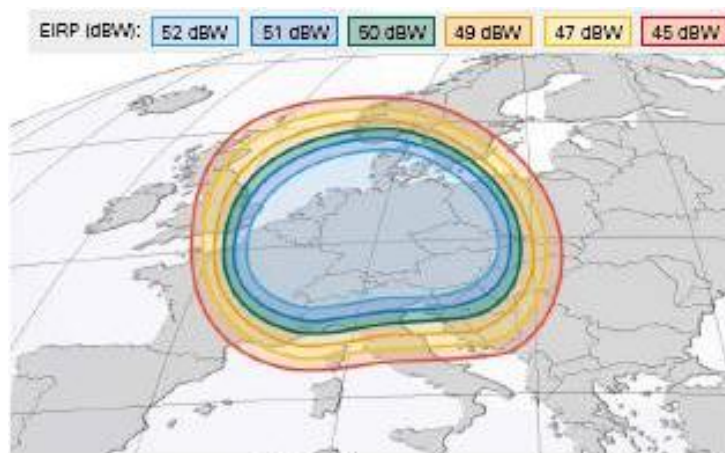
Obr. 30 – elevační úhel a stupnice pro nastavení elevačního úhlu na upevňovacím třmenu parabolické antény

Poslední údaj pro správné nastavení parabolické antény je takzvaný LNB SKEW, což je korekce sklonu polarizační roviny, nebo-li úhel, o který pootočíme konvertor v držáku tak, aby souhlasila polarizační rovina konvertoru s vysílací anténou družice. Tento údaj opět zjistíme pomocí výše popsaných aplikací a například pro námi zvolenou družici Astra 3A a pro danou polohu stanoviště přijímací antény má hodnotu  $-1,0^\circ$ . U satelitů, umístěných západně nabývá skew kladných hodnot, směrem východním záporných. Při neznámé hodnotě skew nastavujeme pootočením na max. úroveň signálu.



Obr. 31 – stupnice SKEW u single konvertoru a monobloku

#### Vyzařovací diagram satelitu – mapa pokrytí



Obr. 32 - vyzařovací diagram satelitu Astra-3A na pozici  $23,5^\circ$  E

Tento vyzařovací diagram je tvořen různými energetickými hladinami, udávanými jako EIRP v dBW (ekvivalentní izotropně vyzářený výkon), kdy uprostřed laloku je hodnota přibližně 52 dBW a směrem k okrajům postupně klesá.

Některé vyzařovací diagramy mívají tyto hodnoty již přepočtené na doporučený průměr parabolické antény. Pro snadný převod EIRP - průměr antény slouží tato tabulka :

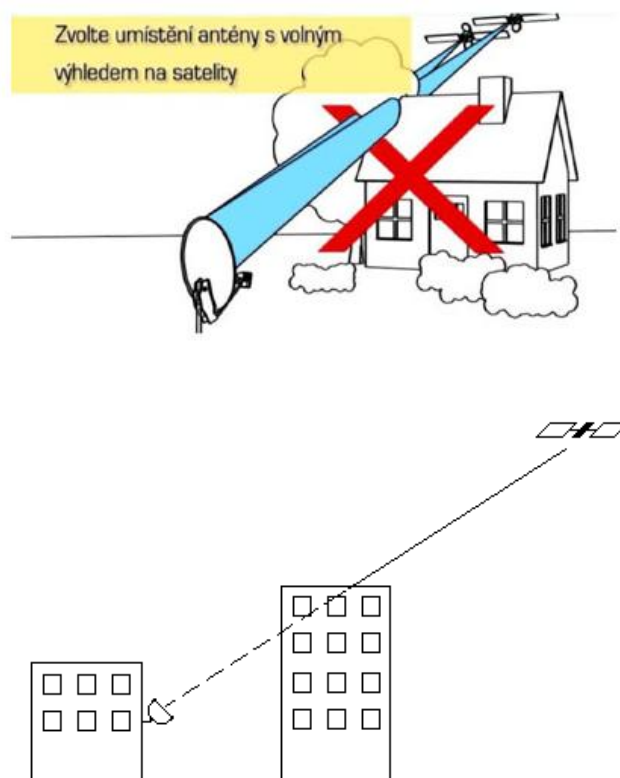
EIRP (dBW)	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
anténa (m)	3,38	3	2,68	2,39	2,13	1,9	1,69	1,5	1,34	1,2	1,07	0,95	0,85	0,75	0,67	0,6	0,54	0,49

Tab. 1 – průměr parabolické antény, odvozený od EIRP.

Podle příslušného vyzařovacího diagramu požadovaného satelitu a pomocí této tabulky zjistíme optimální velikost parabolické antény pro příjem.

### - kde bude stanoviště parabolické antény ?

Další důležitý parametr - musíme mít volný výhled jižním směrem (pro většinu satelitů) s přímým "výhledem" na satelit a nesmí nám stínit nejenom stromy, ale i sousední budovy, terénní překážky atd. Problém stínění okolními budovami je aktuální například na sídlištích, místech s hustou zástavbou a při příjmu v nižších patrech domu, kdy může způsobovat problémy s příjmem protěžší stavba. Řešení takovéto situace je změna stanoviště antény do vyšších pater, na jiné místo nebo na střechu budovy.



Obr. 33 - stín, způsobující sousední výškový budova, popř. u horního obrázku strom a roh budovy.

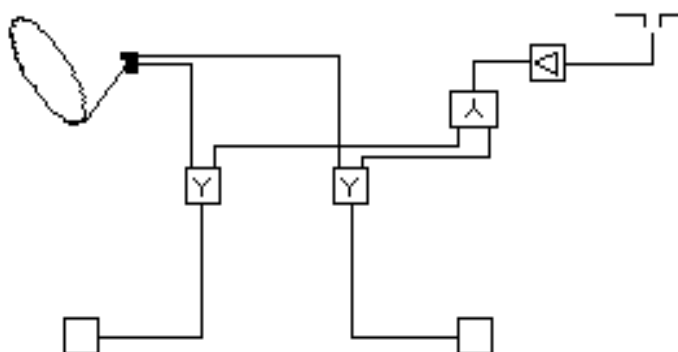
### - pro kolik účastníků bude příjem uskutečněn ?

Toto je důležité pro správnou volbu typu rozvodu a souvisí i s dispozicí budovy (jejím řešením a jak a kudy rozvod provést), zvolíme-li pro více účastníků příjem pomocí vícenásobného konvertoru twin, quad nebo octo popřípadě multiswitch v hvězdicovém nebo kaskádním zapojení pro větší rozvody v patrových budovách.

Jedná-li se o příjem v bytě nebo menším rodinném domku, zvolíme rozvod signálu v 1.mf. pásmu z vícenásobného konvertoru do počtu 4 účastníků. Pro více účastníků (například větší domek, rodinný pension) je vhodnější použití multiswitch. Rozvody od výstupu konvertoru nebo multiswitch jsou provedeny jako koncové, tzn. výstup konvertoru nebo multiswitch – coax. vedení, zakončené vždy pouze koncovou zásuvkou. Nevýhodu nutnosti samostatného koaxiálního vedení zvláště ke každému účastníkovi můžeme vykompenzovat vložením signálů pozemního tv vysílání do tohoto rozvodu buď pomocí slučovače TV-SAT signálu při užití vícenásobného konvertoru quad, nebo twin nebo připojením pozemního tv signálu na vstup TERR multiswitch.

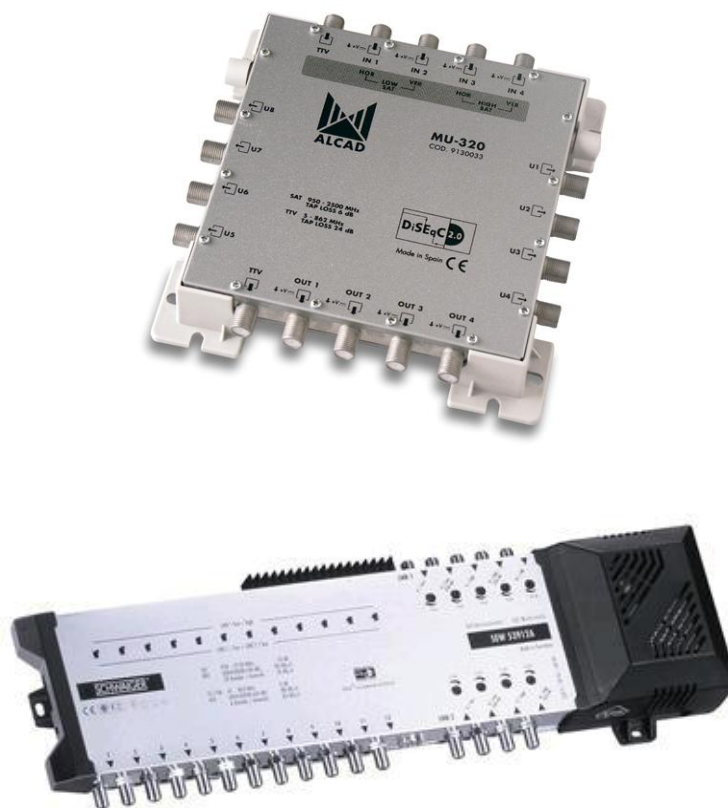


Obr. 34 - slučovač ASW800 firmy Schwaiger pro sloučení tv a satelitního (1 mf) signálu (tyto slučovače jsou DC propustné ve směru SAT vstup - výstup s horní propustí 950-2400 MHz v tomto směru a dolní propustí 5 - 862 MHz tv vstup).

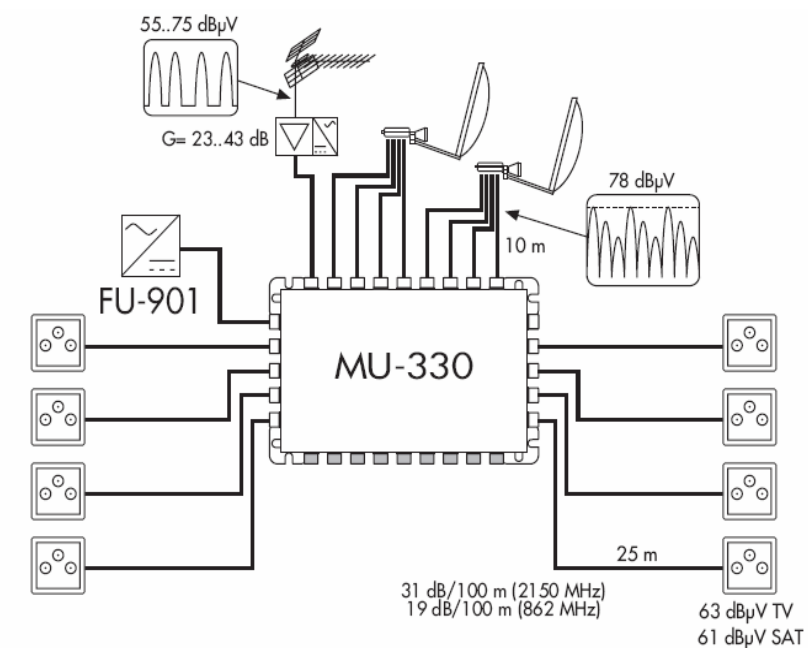


Obr. 35 - příklad užití dvou slučovačů TV-SAT pro rozvod pro dva účastníky.

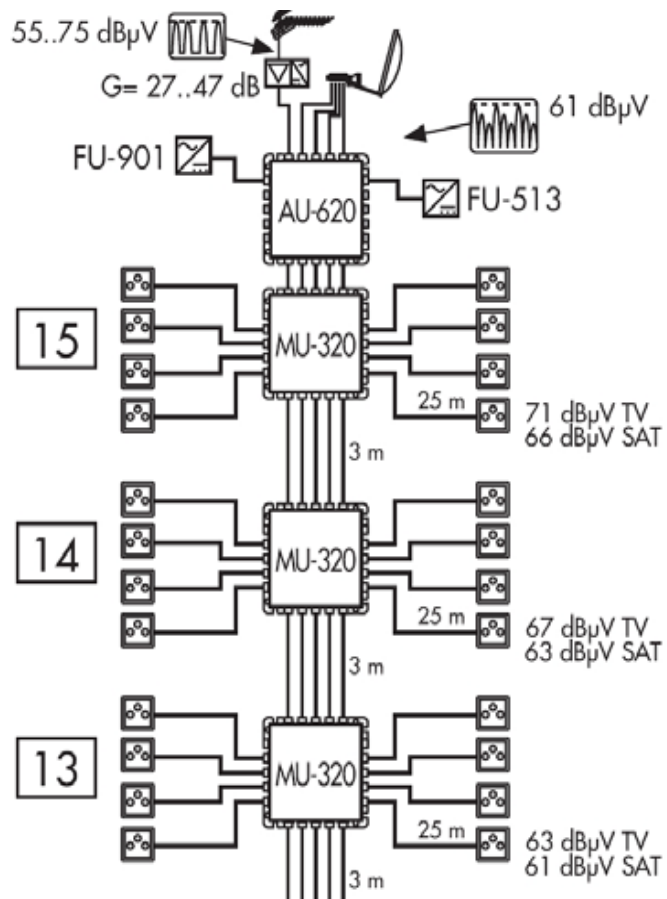




Obr. 36 - multiswitch nahoře firmy Alcad pro kaskádní rozvody, dole firmy Schwaiger pro hvězdicové rozvody.



Obr. 37 - příklad použití multiswitch firmy Alcad v hvězdicovém rozvodu pro 8 účastníků a příjem ze dvou satelitních pozic (multiswitch obsahuje také DiseqC relé).



Obr. 38 - ukázka části schématu užití multiswitch firmy Alcad pro kaskádní rozvod (v posledním patře jsou výstupy do stoupacího vedení zakončeny zakonč. členy).

## **- kolik satelitních pozic budeme chtít přijímat ?**

chceme-li přijímat signály z více satelitních pozic, máme na výběr z několika možností, z nichž každá má své výhody a nevýhody.

**1. užití polohovacího zařízení**, tzv. DiSEqC motoru (rotátoru) je vhodné zejména pro středové paraboly, kde užití multifocus nepřípadá v úvahu, je možné ho použít ale také pro ofsetové paraboly. Jeho výhodou je také možnost velkého záběru satelitních pozic. Umožňuje změnu nastavení azimutu zpravidla +/- 75°, některé umožňují i změnu elevace například v rozmezí 10° - 75°. Jejich ovládání je řízeno pomocí povelů DiSEqC úrovně 1.2.

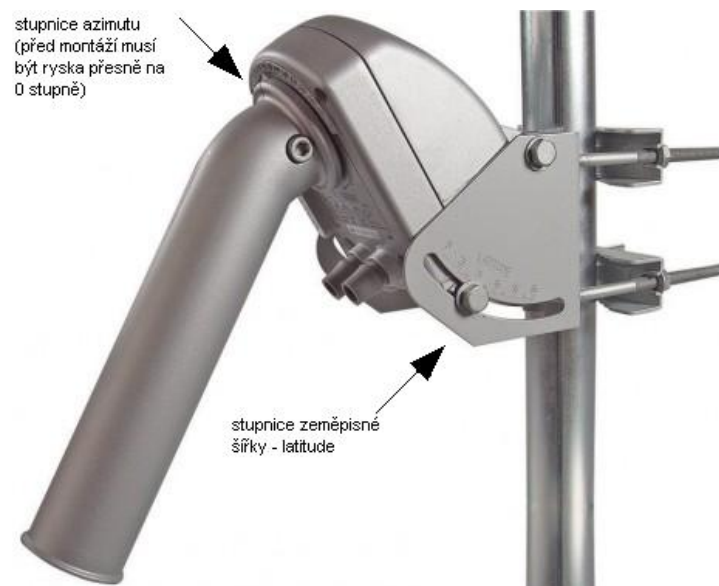
Při výběru vhodného typu je třeba orientovat se podle maximálního průměru natáčené paraboly, aby nedošlo k přetížení DiSEqC motoru nebo zničení převodovky. Je také vhodné vybrat kvalitní a spolehlivé provedení s celokovovou převodovkou bez plastových mezikol.

Nevýhoda tohoto způsobu příjmu je hlavně velká doba reakce na změnu typu satelitu, daná rychlostí natáčecího zařízení (zpravidla kolem 2°/sec). Ovládání natáčecího zařízení je možné pouze z jednoho přijímače. Montáž natáčecího zařízení se provede následovně :

- nejprve si musíme ověřit, zda konzole nebo stožár je skutečně přesně kolmý například pomocí vodováhy (není-li totiž přesně kolmý, musíme s odchylkou počítat při nastavení úhlu elevace), poté zkompletujeme motor a nastavíme úhel na stupnici z boku motoru, odpovídající zeměpisné šířce (latitude). Nyní celý komplet nasadíme na stožár a zatím jen zlehka dotáhneme.

Od motoru odšroubujeme trubici, na které bude připevněna parabola (bývá připevněna jedním nebo dvěma imbus šrouby k motoru) a tuto trubici připevníme ke třmenu paraboly. Trubice musí být přesně v rovině s osou paraboly. Na třmenu paraboly nastavíme elevační úhel, odpovídající našemu stanovišti (32 - 34°, zpravidla 32,4°), dotáhneme a celou sestavu s parabolou nasadíme zpět na tělo motoru a dotáhneme. Nyní povolíme celou sestavu na stožáru a jejím natočením nasměrujeme přesně na jih (0°). Tím je celá montáž úspěšně za námi a nyní po připojení k satelitnímu receiveru (koax. vedení od receiveru k motoru - vstup REC a od motoru k LNB - vstup LNB) a zadání do menu přijímače našich zeměpisných souřadnic bychom měli zkusit vyhledat satelit nejbližší jihu. Po nastavení motorem jemně dokorigujeme pohybem kompletu v azimutu, popřípadě jemně elevačním úhlem na maximum užitečného signálu. Poté napevno dotáhneme a celá instalace je dokončena.

Nutno dodat, že například tento typ motoru - STAB HH-90 je možno řídit jak pomocí DiSEqC 1.2 signálu, tak také pomocí USALS, což umožňuje jeho širší využití.



Obr. 39 - DiSEqC motor STAB typ HH-90 s příslušnými stupnicemi.



Obr. 40 - detail hotové montáže DiSEqC motoru a parabolické antény.

Samostatnou kapitolou v natáčecích zařízeních jsou polární závěsy s táhlovými motory, určené pro středové paraboly. Byly velmi rozšířené při analogovém příjmu, kdy se ovládaly pomocí dalších vodičů přímo se satelitního receiveru, který umožňoval-li ovládání natáčecího zařízení měl na zadním panelu svorky, označené positioner.



Obr. 41 - táhlový motor pro parabolické antény.



Obr. 42 - pozicionér firmy Strong pro ovládání táhlového motoru novými typy přijímačů (s přijímačem komunikuje pomocí DiSEqC 1.2).

**2. užití multifocus** (multifeed) pro vícedružicový příjem - jeho výhodou je rychlost odezvy na změnu satelitní pozice se stacionární polohou paraboly bez jakéhokoliv natáčecího zařízení, jednoduchá instalace, variabilita s možností příjmu i na více přijímačů. Nevýhodou nutnost použití paraboly většího průměru (min. 85 cm) a užití většího množství LNB podle počtu satelitních pozic spolu s pomocnými prvky jako DiSEqC relé. Také u standardní paraboly s multifocus držákem možnost užití jen pro pozičně blízké satelity cca +/- 15 - 25° podle typu multifocus oproti záběru 150 - 170° u natáčecího zařízení.

Postup montáže multifocus je následovný :

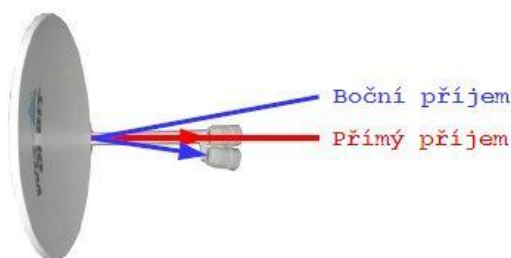
pozn. : záleží na typu multifocus, některý se montuje na místo odstraněného původního držáku konvertoru, jiný naopak k němu například svrchu, běžné typy navíc umožňují příjem pouze v jedné elevační hladině, některé naopak umožňují nastavit jednotlivé LNB i výškově.

- odstraníme původní držák konvertoru v ohnisku paraboly a namontujeme multifeed. Osadíme konvertory, do osy umístíme konvertor buď pro družici se slabším signálem, nebo pro dominantní příjem, například českých programů v paketu Czechlink ze satelitu Astra 3A na pozici 23,5° E.



Obr. 43 - multifeed Gibertiny.

Nesmíme zapomenout, že při bočním příjmu, který je principem u zařízení multifocus, jsou konvertory umístěné tak, že při pohledu od zadní části paraboly na multifocus je konvertor pro Astru 1 na pozici 19,2° umístěn nalevo, nikoli blíže jihu, jedná se totiž o odraz.

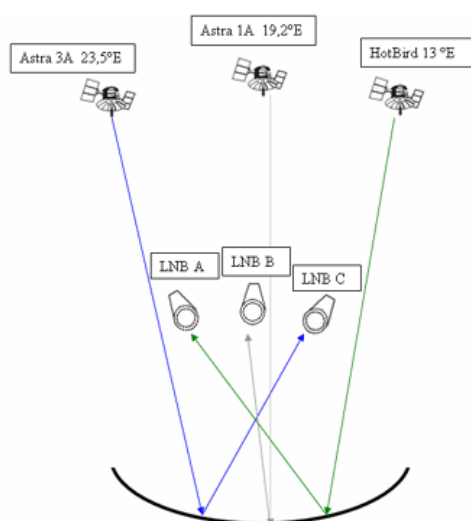


Obr. 44 - princip bočního příjmu pomocí multifocus.

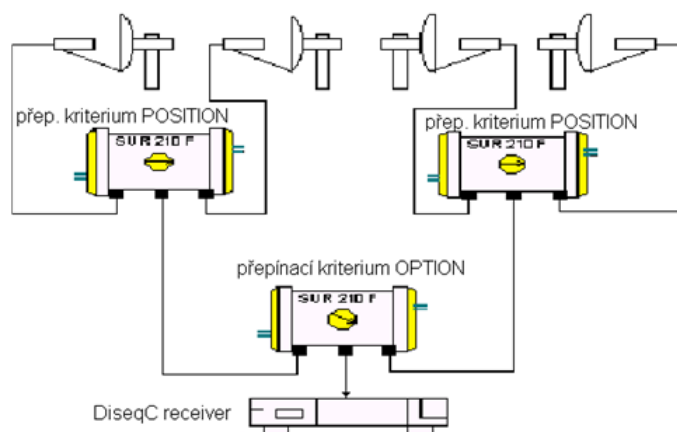
Nyní připojíme konvertor v ose hlavního příjmu k měřicímu přístroji, popřípadě v jednodušším případě k receiveru a nastavíme parabolu jako u individuálního příjmu na pozici 23,5° na max. signál (nesmíme zapomenout nastavit i LNB skew úhel) a poté připojíme druhý konvertor a pomalu posunujeme po držáku opět na max. signál a dostavíme včetně natočení konvertoru. Poté připojíme výstupy jednotlivých konvertorů do vstupů DiSEqC relé a jeho výstup připojíme k receiveru.

Je-li DiSEqC relé opatřeno přepínačem option/position (užíváno při řazení relé do kaskády), přepneme v tomto případě do polohy position. V menu receiveru poté nastavíme pro jednu satelitní pozici DiSEqC A, pro druhou DiSEqC B.

Pokud budeme chtít přijímat více satelitních pozic, postup nastavení je obdobný, v případě 3 - 4 konvertorů použijeme 4 vstupové relé (pro paraboly typu wavefrontier jsou k dispozici i 16-ti vstupové relé), při užití dvouvstupových relé nebo dvou N-vstupových a jednoho dvouvstupového je řadíme do kaskády, kdy první relé (nejblíže receiveru) přepíná směr podle povelu option, další již přepínají podle povelů position.



Obr. 45 - příklad rozmístění konvertorů při příjmu 3 satelitních pozic.



Obr. 46 - příklad kaskádního řazení DiSEqC relé pro 4 LNB.

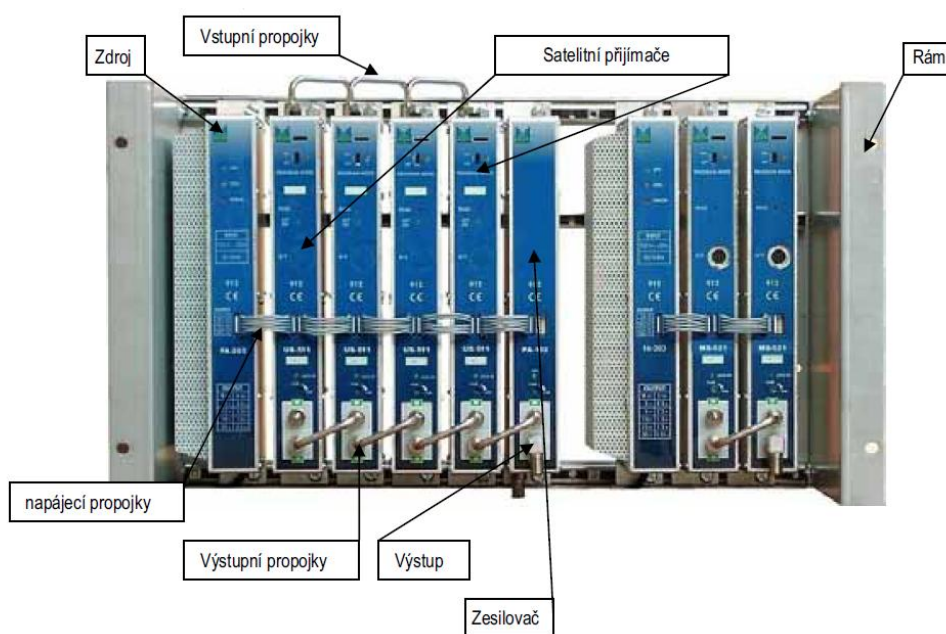


**3. užití monobloku** v jednodušších případech pro příjem dvou sousedních pozic, například Astra 3A a Astra 1 je místo multifocus a DiseqC relé jednodušší použít monoblok, který obsahuje již relé uvnitř a vyrábí se i v provedeních twin, quad nebo octo. Montáž tohoto typu spočívá v umístění do osy paraboly ozařovače konvertoru, určeného pro příjem 23,5°, po nasazení na parabolu nastavíte skew úhel natočení LNB na hodnotu -8,4° (přesnou hodnotu zjistíte podle polohy buď z tabulek a mapy nebo pomocí jednoduchých programů, například SMW link, který je jako freeware volně k dispozici na internetu - velmi užitečný program!). Nyní nastavíme azimut a elevaci pro astru 23,5° standardním způsobem na max. úroveň signálu (některé monobloky musí mít zapnuto DiseqC pro Astra 3A), po jemném nastavení pevně zafixujte anténu v dané poloze a přepněte konvertor pro boční příjem Astra 1 (DiseqC = off) a dostavte LNB skew na max. intenzitu signálu. Konvertor poté napevno zafixujte. Tím máme montáž monobloku hotovou, v instalačním menu receiveru poté aktivujeme řízení pomocí DiseqC.



Obr. 47 - monoblok, umístěný v držáku.

Další specifickou formou satelitního příjmu je užití skupinového přijímače. Ten sestává z několika analogových nebo digitálních satelitních přijímačů, které po demodulaci nebo dekódování obrazových a zvukových signálů určitého programu provede jejich modulaci pomocí interního modulátoru na zvolený tv kanál a umožňuje jejich distribuci v rozvodu STA. Tato forma je podobně jako DVB-T remodulace vhodná spíše pro hotely, pensiony atd. Nevýhodou tohoto řešení je omezená programová nabídka, kdy jsme omezeni kapacitou tv pásma při zachování minimálních kanálových odstupů a také poměrně vysoké pořizovací náklady.



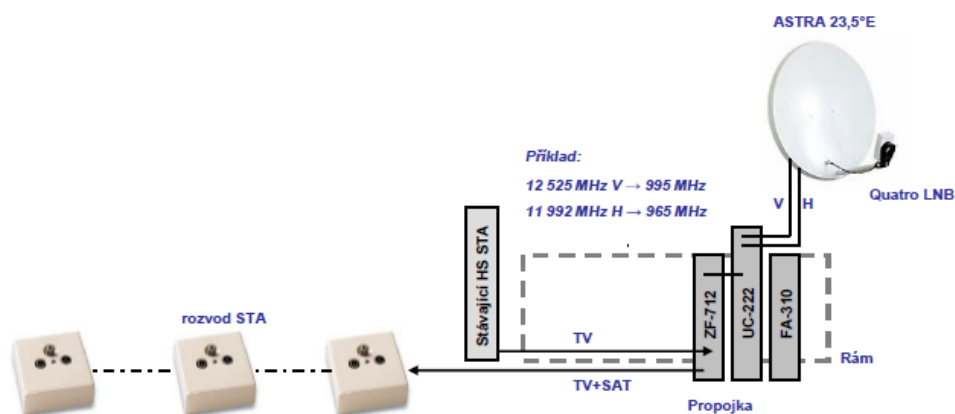
Obr. 48 - analogová satelitní stanice Alcad.

Jednotlivé moduly přijímačů buď obsahují modulátory, a poté po nasmyčkování výstupů jsou výstupní signály na požadovanou úroveň zesíleny širokopásmovým zesilovačem, (viz obr. 38 ) nebo používají každý svůj externí modulátor (starší skupinové přijímače) popřípadě modulátory nemají dostatečnou výstupní úroveň a musí spolupracovat s kanálovými zesilovači.



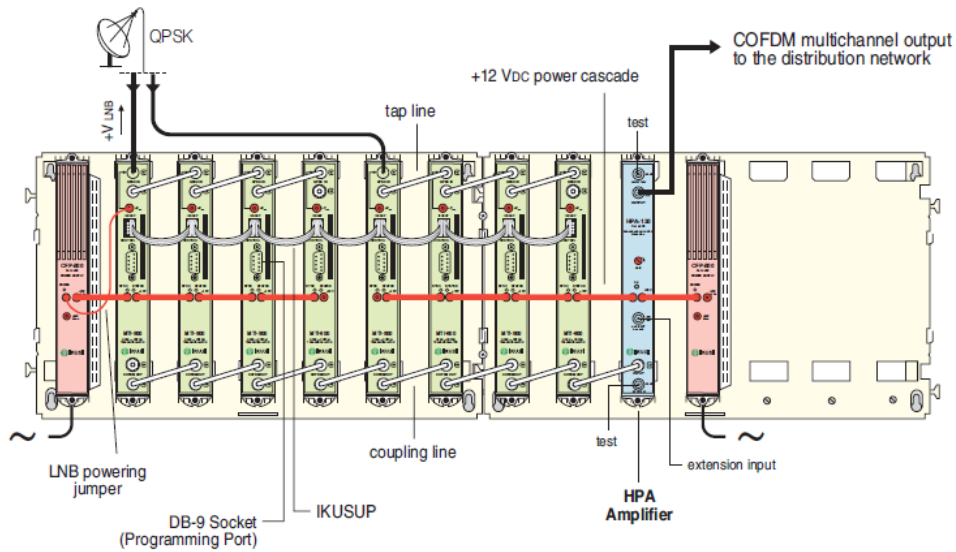
Obr. 49 - digitální skupinový satelitní přijímač TP-569 s CI sloty pro dekodéry kódovaných programů. Verze TP-551 nemá CI sloty a je určena pouze pro příjem volných programů. Výstupy jsou po nasmyčkování na požadovanou úroveň zesíleny širokopásmovým zesilovačem.

Další možností příjmu je šíření satelitních signálů v pásmu první mezifrekvence ve stávající STA bez nutnosti použití multiswitch. Toto spočívá v přeložení kmitočtů dvou transpondérů do nižších kmitočtů pásma první mezifrekvence. Tyto mohou být přijímány z různých satelitních pozic, polarizací a pásem. Podmínkou je schopnost rozvodu šířit signály do 1000 MHz. Rozvody se osadí TV&SAT průběžnými zásuvkami a každý účastník si může připojit svůj vlastní receiver. Systém lze dále rozšiřovat až na 8 satelitních procesorů.



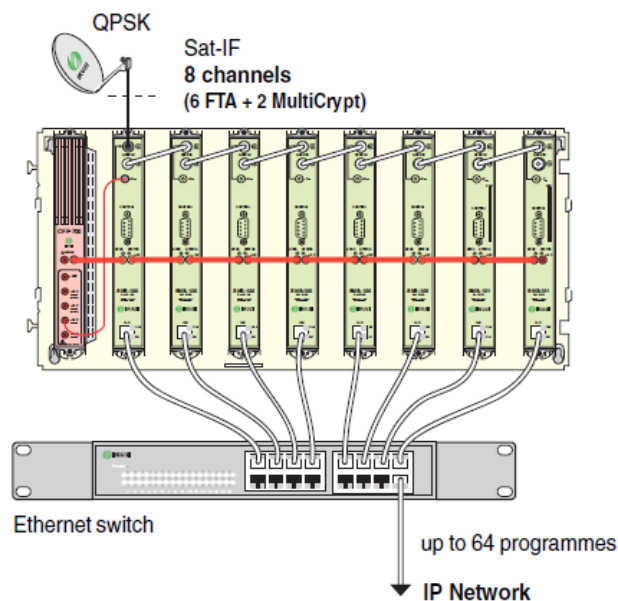
Obr. 50 - princip konverze pomocí satelitního procesoru Alcad UC-222.

Poslední možností je převod vybraných multiplexů v DVB-S do multiplexů standardu DVB-C. Nevýhodou je však poměrně malá nabídka set-top boxů pro kabelové standardy DVB-C. K dispozici jsou také transmodulátory DVB-S do DVB-T COFDM s možností příjmu vybraných programů satelitního vysílání běžnými DVB-T set-top boxy ve standardním rozvodu STA.



Obr. 51 – QPSK – COFDM transmodulátory řady MTI-900 firmy Ikusi.

Další možností je podobně jako u DVB-T i zde převod DVB-S – IPTV pomocí IP streamerů. Přijímací části umožňují jak příjem volných FTA satelitních programů, tak pomocí dekodérů různých kódovacích standardů, vložených do přijímačů CI sloty. Výstupy odpovídají standardu IEEE802.3 s bitovou rychlostí více jak 100Mb/s, vysílací protokoly UDP/RTP. Na obrázku 41 je principiální uspořádání DVB-S IP streamerů firmy Ikusi typů SNS 100 a SNS101.



Obr. 52 – DVB-S – IP streamery firmy Ikusi.

## 11.4 DiSEqC systém

**DiSEqC** – nebo-li Digital Satellite Equipment Control je systém elektronické komunikace a řízení podřízených periférií satelitním receiverem. Tato periférie mohou být přepínací DiSEqC relé nebo konvertory typu monoblok popřípadě natáčecích zařízení v podobě DiSEqC motoru. Tento standard se začal prosazovat počátkem 90. let (spolupráce firem Philips a Eutelsat, standardizace 1998) a prošel postupně vývojem v několika úrovních, které jsou zpětně kompatibilní.

DiSEqC 1.0 - první, nejstarší verze ovládání umožňovala jednosměrně vyslat pouze 4 přepínací povely.

DiSEqC 1.1 - tato verze umožňovala vyslat až 16 přepínacích povelů, opět jako jednosměrná komunikace.

DiSEqC 1.2 - podobná jako 1.1, navíc umožňovala ovládání natáčecího zařízení.

FRAMING	P	ADDRESS	P	COMMAND	P	DATA	P
---------	---	---------	---	---------	---	------	---

Formát dat při jednosměrné komunikaci Master (receiver) > Slave (podřízený)

Další varianty DiSEqC 2.x vyšší úrovně jsou již obousměrné oproti verzím 1.x, tzn. podřízené zařízení není již jen příjemcem příkazu, ale zpětně potvrdí vykonání instrukce.

DiSEqC 2.0 - odpovídá verzi 1.0

DiSEqC 2.1 - odpovídá jednosměrné verzi 1.1

DiSEqC 2.2 - odpovídá verzi 1.2

Master Command:

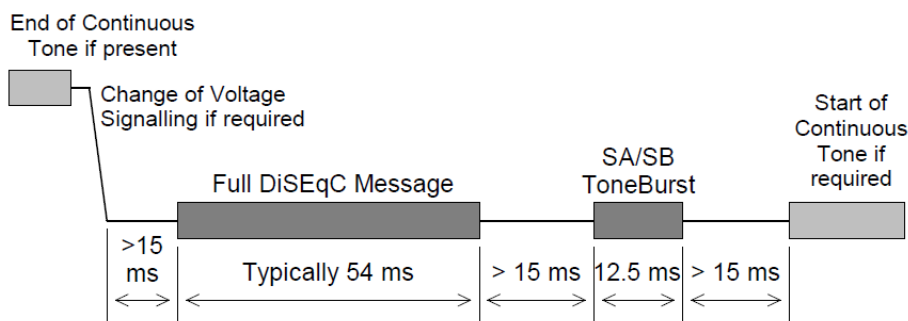
FRAMING	P	ADDRESS	P	COMMAND	P	DATA	P
---------	---	---------	---	---------	---	------	---

Slave Reply:

FRAMING	P	DATA	P	DATA	P
---------	---	------	---	------	---

Obousměrná komunikace – formát dat z receiveru – master a odpověď z podřízeného zařízení – slave.

Komunikace probíhá po koaxiálním kabelu kmitočtem 22 kHz, který ale jinak slouží jako přepínací pro interní oscilátor LNB ve dvoupásmovém režimu. Pro DiSEqC se používá tento kmitočet jako nosný pro datovou informaci. Je-li současně trvale vysílán kmitočet 22 kHz (LNB přepnut na horní pásmo Ku), přeruší se tento signál a po určité době (15 mS) se začne vysílat DiSEqC povel. Po jeho vyslání se u verzí 1.x opět obnoví kmitočet 22 kHz.



Časový diagram signálu DiSEqC úrovně 1.x

U verzí 2.x čeká Master na přijetí zprávy od podřízeného zařízení, popřípadě neobdrží-li ji do určitého času (ca 130 mS), obnoví poté opět kmitočet 22 kHz, byl-li zapnut.

Zpětná kompatibilita různých verzí DiSEqC spočívá v možnosti ovládat zařízením typu 2.0 periferii nižší úrovně, ale pouze sestupně. Zařízení s DiSEqC 1.0 neumí ovládat natáčecí zařízení, určené úrovni 1.2.



## 12 Elektromagnetické záření, elektrosmog, EMC, ekologie

Tato poslední kapitola by měla objasnit některá tvrzení a hypotézy, týkající se škodlivosti elektromagnetického záření a poskytnout odpovědi na některé otázky, které jsou v poslední době stále více diskutované.

V poslední době se objevily i snahy některých členských zemí EU jako například Francie o zákaz používání a výstavby mikrovlnných vysílačů a pojítek pro telekomunikační (GSM) a datové služby v okolí škol, proto se budeme zabývat i otázkou škodlivosti mikrovlnného záření mobilních telefonů a těchto pojítek operátorů.

Tato stať by měla také objasnit, co je to elektrosmog, co rozumíme pod pojmem elektromagnetická kompatibilita (EMC) a jaké testy a certifikace ohledně EMC musí každý výrobek, uváděný na trh splňovat a vlivy elektromagnetických polí na živé organismy.

Další kapitolou je popis bezolovnatých technologií pájení a nároky na výrobky z hlediska ochrany životního prostředí.



Obr. 1 – vlevo vysílač Praha-město uprostřed městské zástavby s výkonem 31,6 kW ERP, vpravo mikrovlnné GSM pojítko.



## Elektromagnetický smog

Elektromagnetický smog, zkráceně elektrosmog se nazývá časově i místně proměnná směs vysokofrekvenčního záření, jejíž vliv může mít dle ekologů nepříznivý vliv na živé organismy, dlouhodobé působení proměnných elektromagnetických polí na genetickou informaci v buňkách živých organismů atd.

Mnoho těchto nových informací není zatím nijak vědecky prokázáno, popřípadě chybí výsledky dlouhodobých pozorování vlivů na lidský organismus, takže stále chybí jednoznačné odpovědi typu ANO, záření mobilního telefonu vyvolává rakovinu nebo narušuje genetickou informaci jedince, nebo NE, je to jen populistický výkřik několika ekologických aktivistů a elektromagnetické pole neškodí. Ať již jednotlivé studie podporují ten či onen názor, je tam vždy to slovíčko "možná".

Při vyhledávání informací pro zájemce o tuto problematiku doporučuji studovat informace odborných společností a fundovaných institucí a odborníků, neboť se zároveň i s rozvojem internetu a svobodného podnikání vyskytlo množství "odborníků", nabízejících zaručeně funkční přístroje pro odrušení elektromagnetického smogu v podobě spirál, antének a podobně, které Vám zaručí, že se Vás elektromagnetické vlny ani netknou. Toto jsou schopni doložit i různými pseudostudii, zakládajícími se na škodlivém vlivu elektromagnetického vyzařování na energetické hladiny člověka, rozladění jeho bioelektricity, čaker a podobně. Setkáte se s různými přístroji jako detektory smogu, spirály, kameny, solními lampami jako zaručenými pohlcovači, dokonce i mastmi atd.



Obr. 2 - Jeden ze zaručeně funkčních "stíničů" elektromagnetického smogu, nabízených na internetových obchodech.



Obr. 3 - náhrdelník z Avanturínu zaručeně pohlcuje elektromagnetický smog a záření z mobilního telefonu (dle stránek internetového prodejce).

Nyní ale vážně - elektromagnetická pole provází člověka odnepaměti, aniž by byly používány jakékoliv zařízení, a to zejména coby přírodní fenomény, kdy nejsilnějším zářičem je slunce, způsobující svoji aktivitou a erupcemi elektromagnetické bouře, které jsou svým působením a intenzitou schopny vyřadit z činnosti energetické distribuční soustavy, televizní a rozhlasové vysílání, komunikační spoje atd (USA, Kanada, Aljaška). Přidávají se i různé další přírodní fenomény jako pole vzniklá při přeskoku - úderu blesku, záření z kosmu a další, jemuž je člověk vystaven po celý svůj život.

Ovšem s rozvojem různých komunikačních technologií, přenosných vysílačů, elektroniky, mobilních telefonů a v neposlední řadě i americkým radarem protiraketové obrany na našem území nastal i tento další problém - zdali skutečně elektromagnetická energie škodí.

Co se mobilních telefonů týče, bylo v devadesátých letech 20. století provedeno velké množství výzkumů a pokusů na zvířatech, jež byly sponzorovány nejrůznějšími výrobci a jejichž jediným "ekologickým" výsledkem bylo zbytečné usmrcení několika set tisíc pokusných zvířat, které byly vystavovány různým elektromagnetickým polím a následně pitvány - výsledkem bylo množství chaotických dat, které byly stejně nepřenositelné na člověka.

Ve snaze dát výrobcům alespoň nějaké vodítko stanovením maximálních dovolených hodnot vysokofrekvenčního pole v blízkosti hlavy a omezit tak možnost vzniku **eventuálních** zdravotních problémů (slovíčko eventuálních je zde důležité - není tím totiž nic řečeno jednomyslně), zahájila evropská normalizační komise CENELEC práci na definici normy, stanovující maximální intenzitu vysokofrekvenční energie, vyzařované mobilními telefony v různých režimech činnosti (podobně jako americká FCC), norma je v platnosti od roku 2002, pro výrobce to například znamená přesně definovat vysokofrekvenční parametry přístrojů.

Závěr vědeckých studií, které zároveň byly jako podklad pro zavedení závazných norem pro výrobce mobilních telefonů je tento:

- záření, které vysílá anténa mobilního telefonu je neionizující elektromagnetické záření, o kmitočtu 900 MHz spodního pásma nebo 1800 MHz horního pásma, tj. vlnová délka 33 nebo 17 cm. Jediný zjištěný nepříznivý účinek pro lidský organismus, vystavený elektromagnetickým polím s vlnovou délkou od desítek metrů do zlomků milimetrů je ohřívání tkáně v místě vystavení elektromagnetickému poli způsobené absorpcí vlnové energie tělem osoby. Vzhledem k tomu, že se jedná o neionizující záření, nebyla nikdy ani teoreticky ani prakticky prokázána kumulace tohoto záření v těle organismu (podobně jako je tomu u ionizujících radioaktivních zářeních, jež se v těle kumulují zejména v kostech).

-ohřívání tkáně vysokofrekvenčním elektromagnetickým polem může být zdraví škodlivé, dokonce i životu nebezpečné, ovšem překročí-li dovolenou hodnotu tzv. měrného absorbovaného výkonu SAR (Specific Absorption Rate). Při exponování malé části lidského těla, jako je tomu u volání mobilním telefonem se k posouzení používá tzv. přípustná hodnota měrného lokálně absorbovaného výkonu, stanovená pro obyvatelstvo, jejíž hodnota je 2W/kg.

V České republice je tato hodnota zavedena závazně jako nejvyšší přípustná hodnota pro obyvatelstvo od roku 2001. Tato hodnota je ale přibližně **padesátkrát nižší než hodnota, která by způsobila ohřev příslušné části těla o jeden stupeň Celsia**. Tuto hodnotu pokládá i světová zdravotnická organizace za bezpečné zajištění ochrany zdraví obyvatelstva.

-žádné v Evropě a USA schválené zařízení tuto hodnotu nepřekračuje, tudíž jej nelze považovat za zdraví škodlivé.

### **Elektromagnetický smog a radar v Brdech**

Obecně se jedná o radiolokační zařízení, které v úzkém svazku generuje vysokofrekvenční mikrovlnný signál pulsního charakteru s vysokým výkonem, řádově až MW. Dlužno dodat, že obdobné radary již léta na našem území pracují, a to i podstatně blíže obydlenému území než radar ve vojenském újezdu, a tím i veřejnosti nepřístupné oblasti. Oznámením výstavby se rozhořel boj spíše politického charakteru, do kterého bylo vtaženo i mnoho odborníků, snažících se dokázat jeho škodlivost či neškodlivost z hlediska elektromagnetického rušení a nebezpečných vysokofrekvenčních polí.

Co se radaru v Brdech týče, jedná se o mikrovlnné zařízení s pevnou nepohyblivou anténou a výkonem ca 170 kW, 4MW pulsně na kmitočtu 9-12 GHz, kdy vychylování v rovině horizontální i vertikální bude zajištěno časově zpožděným přiváděním signálu do jednotlivých mikrovlnných anténních modulů. Signál bude vysílán na jihovýchod s rozptylem cca 12,5 stupně, minimální elevační úhel 2 stupně.

Podle některých studií například Národní referenční laboratoře pro neionizující záření pod vedením Doc. Pekárka nebo zprávy VUT Brno - fakulty komunikačních technologií Prof. Raida a Ing. Šebesty a hlavního hygienika ČR MUDr. Víta, týkající se posouzení vlivu radiolokačního zařízení na zdraví obyvatel a zejména týkající se vyloučení poplašných zpráv o zvýšení výskytu rakovinného onemocnění vyplývá, že radar by ani v nejmenším elevačním úhlu nezasáhl žádné místo v terénu a expozice obyvatel od hlavního paprsku je zanedbatelná.

Zasažení bočními laloky, vyzářenými z antény je nepravděpodobné, neboť jednak jejich úroveň je o 40dB slabší než hlavní svazek a jednak překročení hygienické normy pro zaměstnance  $50W \cdot m^{-2}$  při expozici trvající 6 minut nebo déle hrozí ve vzdálenosti několika set metrů od antény, tedy v prostoru veřejnosti nepřístupném.

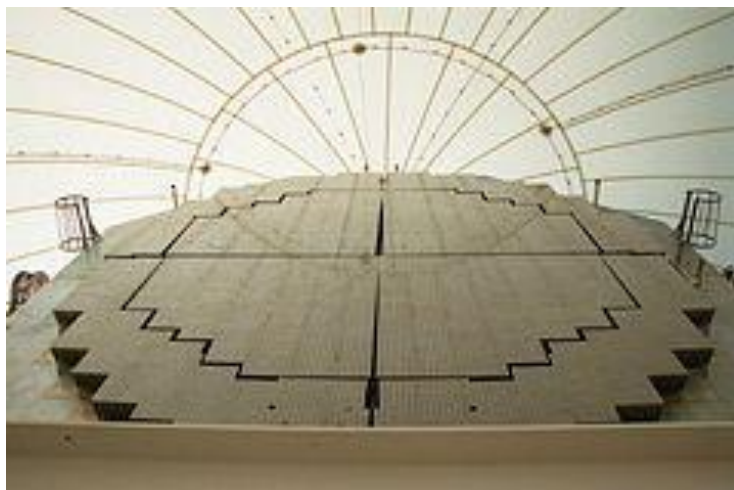


Obr. 4 – typ radaru, podobný tomu Brdskému.

V předcházející části bylo hodnocení radaru ohledně hygieny a ovlivnění živých organismů elektromagnetickým vlněním v blízkém okolí. Zajímavé ale je i hodnocení vlivu záření na technické prostředky jako televizní příjem, satelitní příjem, GSM a datová pojítka a směrové spoje.

Dle ujištění ČTÚ ale i provozovatelů satelitního vysílání jako SES-Astra ohrožení například satelitního příjmu nehrozí, co se týče zasažení pozemních objektů odraženým hlavním paprskem například v atmosférickém útvaru nebo od překážek, zde ohledně vlivu na příjem a možném rušení, zde se žádné odborné fundované názory zjistit nepodařilo. Podle provozovatele satelitního vysílání Trade&Technology by mohlo teoreticky dojít k rušení odraženým paprskem, ale vzhledem k rozdílnému typu modulace toto vylučují. Jiní naopak tvrdí, že může dojít k přehlcení vstupních přijímacích dílů různých mikrovlnných pojítek nezávisle na typu modulace, jiní toto zase striktně odmítají.

Faktem je, že tento XBR radar v Brdech by měl být nejvýkonnějším typem svého druhu, vlivem ale politických a ekonomických změn v USA k jeho výstavbě zřejmě nedojde.



Obr. 5 - celkový pohled na fázovanou anténu radaru (skutečné rozměry jsou 10 x 10 metrů).



Obr. 6 - detail jednotlivých mikrovlnných zářičů radarové antény.

## Elektromagnetická kompatibilita EMC - co to je ??

Elektromagnetická kompatibilita je schopnost zařízení odolávat vnějšímu elektromagnetickému rušení, působícímu na zařízení a vykazovat stále bezchybnou činnost nebo naopak svou vlastní činností nepřípustně ovlivňovat své okolí, zejména vyzařováním elektromagnetického rušení do okolí narušovat správnou funkci ostatních zařízení. EMC kompatibilita je definována včetně postupů testů a nároků na jednotlivá zařízení mezinárodními normami, v ČR je to ČSN EN 61000.

Celé testování obsahuje řadu testů například odolnosti proti rázovým vlnám, vysokofrekvenčním signálům s různými druhy modulace, proti výbojům statické elektřiny, impulsnímu rušení v napájecí síti, simulací průmyslového rušení a tak dále. Při nedodržení EMC kompatibility zařízení mohou nastat až fatální chyby a havárie, ať již průmyslového nebo jiného charakteru. Na Náchodsku například připojení těžebního stroje s tyristorovou regulací a o příkonu 3,4 MW na síť 35 kV bez EMC filtrace napájení způsobilo kolaps distribuční sítě a kolizi systému hromadného dálkového ovládání HDO v celé oblasti Náchodska. O tom, že se nejedná jen o průmyslovou oblast svědčí případ, kdy na jednotce intenzivní péče v pražské nemocnici způsoboval na EKG monitoru, jež nesplňoval EMC testy, vadný zářivkový startér chybová hlášení o překročení meze tepů a spínání silových zařízení způsobovalo na monitoru jevy podobné srdeční arytmií.



Obr. 7 - mobilní souprava pro provádění testů EMC firmy Rohde&Schwarz.



EMC se ale týká i životního prostředí – tzv. elektromagnetická kompatibilita biologických systémů, jejíž náplní je zabývat se celkovým elektromagnetickým pozadím našeho životního prostředí a přípustnými úrovněmi rušivých i užitečných elektromagnetických signálů s ohledem na jejich vlivy na živé organismy. Biologické účinky elektromagnetického pole závisí jednak na jeho parametrech (frekvence, výkon...), době působení a vlastností organismu. Protože každý člověk reaguje na účinky elektromagnetického pole jinak, je velmi obtížné stanovit obecná pravidla, týkající se škodlivých vlivů na lidský organismus. U vysokofrekvenčních a mikrovlňných polí jsou zatím nejvíce objasněny tepelné účinky, to znamená ohřev tkání, které byly vystaveny působení těchto polí.

Tepelné účinky jsou tedy zatím jediným prokázaným vlivem na člověka při expozici elektromagnetickým zářením s vlnovou délkou větší než 1 mm a menší než 30 metrů, tedy do frekvence 10 MHz. Hloubka pronikání elektromagnetického záření do těla člověka se se snižující frekvencí zvětšuje, takže u elektromagnetické vlny s kmitočtem 10 MHz značná část energie tělem člověka projde, aniž by vyvolala tepelné účinky.

Netepelné účinky elektromagnetických polí při déle trvající expozici polí s nízkou výkonovou úrovní, tzn. nepřekračující příslušné hygienické normy a limity, čímž rozumíme účinky na nervovou soustavu, srdečně-cévní, krevtovorný nebo imunitní systém, stejně jako na genetické vady, či karcinogenní účinky nebyly zatím nijak prokázány. Rizikem, které při netepelných účincích elektromagnetického záření vysokých úrovní s kmitočty pod 10 MHz hrozí, je indukování elektrických proudů v těle člověka, a tímto proudem poté i stimulace nervového systému člověka a tento systém poté při velkých prouděch i zcela paralyzovat včetně porušení srdečního rytmu podobně jako při zasažení proudem při dotyku nebo přeskoku. Toto je ale pouze extrémní případ netepelného účinku elektromagnetických polí na člověka.

Všechny tyto skutečnosti jsou příčinou toho, že v příslušných hygienických normách v jednotlivých státech jsou až řádové rozdíly, například v přípustných dávkách elektromagnetického záření nebo expoziční době.

V České republice tuto problematiku řeší vyhláška Ministerstva zdravotnictví č.480/2000 Sb. s účinností od 1.1.2001. Tato vyhláška se zabývá elektromagnetickými poli s frekvencí od 0 Hz až do 300 GHz a stanovuje přípustné hodnoty expozice zvláště pro zaměstnance, tj. obsluhy a údržbu vysílačů, radiolokátorů atd. a pro ostatní obyvatelstvo.

Pro kmitočty v intervalu 10 MHz až 10 GHz limity měrného absorbovaného výkonu (SAR) pro zaměstnance nesmí překročit hodnotu 0,4W/kg, pro ostatní obyvatelstvo 0,08W/kg (rozumí se absorbovaný výkon v celém těle, vztažený na 1 kg hmotnosti po dobu 6-ti minut).

Pro kmitočty do 300 GHz se udává hodnota tzv. plošné hustoty zářivého toku na ploše 20 cm<sup>2</sup> libovolné části těla pro zaměstnance 50 W/m<sup>2</sup> a pro ostatní osoby 10 W/m<sup>2</sup>, maximální průměrná hodnota nesmí překročit dvacetinásobek těchto hodnot.



## Elektronické výrobky a životní prostředí – RoHS a Pb free technologie

Jedná se o technologie bezolovnatého pájení, spočívající ve vyloučení olova z cínové pájky pro jeho nebezpečnost a vliv na ekosystém znečišťováním podzemních vod při jeho rozpouštění a uvolňování působením kyselých dešťů atd. To vedlo k postupnému zavádění bezolovnatého pájení do výroby velkých výrobců od konce devadesátých let a počátkem roku 2000.

Odbourávání olova z pájek a pájecích past vedlo k zavedení směrnice EU tzv. RoHS s účinností od 1. července 2006 o úplném zákazu používání olovnatých pájecích technologií (mimo výjimky, kde je nutná zvýšená spolehlivost jako letectví, vojenství atd.).

S tímto ale souvisí i řada technologických problémů při pájení bezolovnatou pájkou oproti původním typům s obsahem olova, např. Sn60Pb40. Je to například o cca 20 – 45 stupňů Celsia vyšší bod tavení oproti SnPb pájkám, které taví při 340 stupních u bezolovnatých to znamená cca 380 stupňů Celsia. To má za následek při špatném zavádění nové technologie a nevytavení pájecích postupů příčiny od snížení životnosti pájecího hrotu (původní pájecí hroty nebyly navrženy pro trvalou vysokou teplotu bezolovnatého pájení a docházelo ke zvýšené oxidaci a erozi) až po možné poškození desky plošných spojů vysokou teplotou, popřípadě osazovaných součástí, rozstříkávání tavidla a pájky, možné vady pájeného místa jako tvorby můstek, přehřívání pájky, odlupování, popraskání spoje atd. Tyto problémy jsou již dnes technologicky zvládnuty zaváděním nových pájecích stanic, pecí pro přetavení past a cínových lázní pro Pb free pájení.

Daleko významnější je problém, týkající se životnosti bezolovnatého pájení, kdy se objevily problémy některých slitin s tvorbou tzv studených spojů buď samotným pájením, nebo postupným vyhřátím během provozu zařízení, spoje jsou křehčí a nesnášejí vibrace, zejména u větších součástí. Tyto vady se u SnPb pájek neobjevovaly a příměs Pb tvořila spoj „odolnějším“ vůči tvorbě těchto vad, neboť olovo tvořilo spoj pružnějším a odolnějším vůči vibracím, což u Pb free technologii je dosažitelné velmi špatně, a to navíc za prodražení pájky přidáváním směsí stříbra, india, mědi, zinku, popřípadě germania nebo dalších prvků. Úlohou těchto náhrad je odstranění těchto nedostatků, aby se svými vlastnostmi co nejvíce přiblížila SnPb pájkám.

Dle některých studií a názorů odborníků z tohoto oboru je i ekologičnost tohoto postupu sporadická, bude-li se elektrošrot likvidovat tak, jak má, to je odložením ve sběrných dvorech a na místech k tomu určených (tím se vylučuje kontaminace okolí a spodních vod, což byla původní myšlenka ochrany životního prostředí zavedením této normy), je při hlubším rozboru až proti vlastní myšlence ekologičnosti výroby. Počínaje zvýšenou těžbou a zpracováním dalších prvků a vzácných kovů do směsi, vyšší teplotou pájení, což má za následek zvýšení spotřeby elektrické energie, nutné k ohřevu a správnému zapájení, tím ale zároveň zvýšení emisí CO<sub>2</sub> oproti stavu před zavedením směrnice RoHS, investici do nového vybavení, a tím dalšího ekologického zatížení spojeného s jeho výrobou jako reflow pece, cínové vlny atd, likvidaci součástí a zařízení, vyrobených olovnatou technologií a nutnost vyrobit nové, nutnost pájení v ochranné dusíkové atmosféře. Další důležitou vlastností je i snížená životnost výrobků a větší poruchovitost a tím i jejich následná likvidace, kdy životnost spotřebního zboží je odhadována na cca 2 až 5 let oproti výrobkům s příměsí olova v pájce, vysokými náklady vynaloženými na vývoj nových slitin atd. Ekologičnost a šetrnost k životnímu

prostředí je potom dosti sporadická a mívá se účinkem, ba spíše naopak. Proti logice věci je totiž právě velmi malá životnost výrobků, zejména z levných asijských zemí, tímto směrem by bylo žádoucí obrátit ekologickou politiku EU snižováním produkce elektrošrotu výrobou kvalitních zařízení s garantovanou životností výrobků, které nebudou muset pro nekvalitní výrobu a vysokou poruchovost skončit v lepším případě na sběrném dvoře.



Obr. 8 - označení technologie bezolovnatého pájení na deskách plošných spojů.

## ROHS

Direktiva RoHS znamená "zákaz používání určitých nebezpečných substancí v elektrických zařízeních i v elektronice". Tato směrnice zakazuje umísťování nových elektrických či elektronických zařízení na trh evropské unie, které obsahují více než povolené množství olova, kadmia, rtuti, šestimocného chromu, polybromované bifenylly (PBB) a polybromované difenyl-etry (PBDE).



Obr. 9 - různá označení výrobků, splňujících RoHS direktivu.

## WEEE

Tato směrnice má zajistit snížení elektronického odpadu (WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment), který se v dnešní době vytváří. Nabádá každého, aby recykloval. Toto zároveň směřuje k menšímu znečištění životního prostředí a upřednostňuje ty, co vyrábí z recyklovaných materiálů, či recyklují nebo obnovují elektronické vybavení.



Obr. 10 - označení WEEE – ekologické likvidace výrobku recyklací.

## Použitá a doporučená literatura k dalšímu studiu

Ing. Vladimír Vít – Televizní technika – díly 1 až 4 a, b, c

Martin Legiň – Televizní technika DVB-T

Jiří Bednář – Digitální televize

Jindřich Bradáč – Satelitní technika populárně

Ing. Václav Tůma – Systémy pro společný příjem a rozvod signálů TV a R

J. Bednář, P. Gregora – Příjem DVB-T

Tomáš Český – Antény pro příjem televize

Jan Klabal – Příjem družicové televize

Ing S. Ďurovič – Rozhlasová družicová služba

Prof. Václav Říčný – Základy televizní techniky – skripta VUT Brno

Doc. Václav Žalud – Radioelektronika – skripta ČVUT Praha

Ing Karel Pikart – Měření digitální tv – skripta Mikromkom Praha

Rudolf Mäusl – Television technology – skripta Rohde&Schwarz

[www.CRa.cz](http://www.CRa.cz) – www stránky Českých Radiokomunikací

[www.antech.cz](http://www.antech.cz) – www stránky Antech Břeclav

[www.schwaiger.cz](http://www.schwaiger.cz) – www stránky zastoupení firmy Schwaiger

[www.teroz.cz](http://www.teroz.cz) – www stránky firmy Teroz Loštice

[www.fracarro.com](http://www.fracarro.com) – www stránky firmy Fracarro

[www.triax.com](http://www.triax.com) – www stránky firmy Triax multimedia

[www.johansson.be](http://www.johansson.be) – www stránky výrobce firmy Johansson

[www.Alcad.net](http://www.Alcad.net) – stránky výrobce firmy Alcad

[www.digitalnitemelivize.cz](http://www.digitalnitemelivize.cz)

[www.parabola.cz](http://www.parabola.cz)

[www.satcentrum.cz](http://www.satcentrum.cz)

[www.czech-tv.cz](http://www.czech-tv.cz)

[www.astra-ses.com](http://www.astra-ses.com)

ČSN 36 7211

ČSN 34 2820

ČSN 34 1390

ČSN EN 607 28

ČSN EN 623 05

