

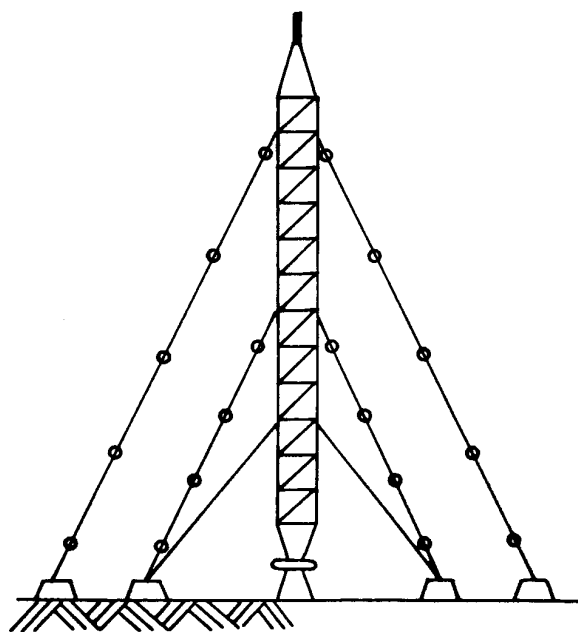
5. ANTÉNY PRO TV A ROZHLASOVÉ VYSÍLAČE

Při distribuci rozhlasových a televizních programů je třeba pokrýt vymezené území rádiovými signály tak, aby bylo možno šířené programy reprodukovat v požadované kvalitě pomocí individuálních přijímačů. Vysílací anténa obvykle maximálně vyzařuje podél zemského povrchu do určených sektorů nebo do všech směrů horizontální roviny. Minimální hodnoty intenzity pole jsou stanoveny normou a korigují se podle úrovně rušivých signálů od jiných vysílačů. Vyzářený výkon je omezen mezinárodními dohodami a povolenou úrovní intenzity pole v nejbližším okolí antény. Volba polarizace vln, provedení vysílací antény a její umístění nad terénem pak závisí především na vlastnostech šíření vln v daných podmínkách.

5.1 Antény pro pásma dlouhých a středních vln

V pásmech dlouhých a středních vln převládá šíření povrchové (přízemní) vlny. Vysílací antény proto vyzařují vertikálně polarizované vlnění s maximem záření podél zemského povrchu. V horizontální rovině je zpravidla žádáno všesměrové záření. Uvedené požadavky splňuje vertikální zářič, obvykle nesymetricky buzený vůči zemi.

5.1.1 Klasické provedení antén

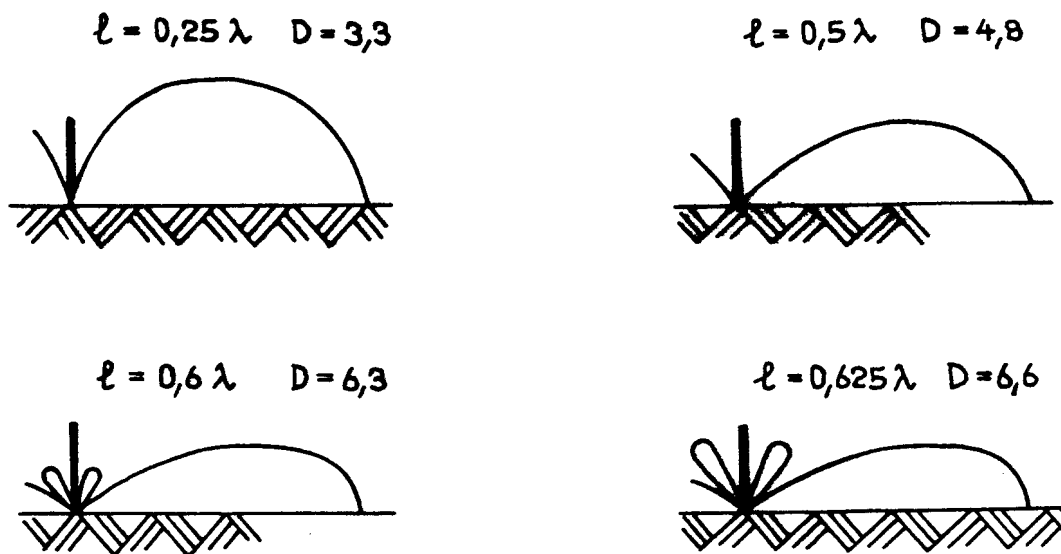


Obr. 5-1 Klasické provedení vysílací antény

Klasická vysílací anténa na obr. 5-1 je tvořena stožárovou konstrukcí, od země izolovanou patním izolátorem a kotvenou v několika patrech. Kotevní lana jsou dělena na krátké úseky lanovými izolátory, aby se omezila deformace diagramu záření antény. Výsuvná tyč na vrcholu konstrukce umožňuje v malých mezích měnit celkovou délku antény. Anténa je nesymetricky napájena v patě antény proti vodivé zemní síti.

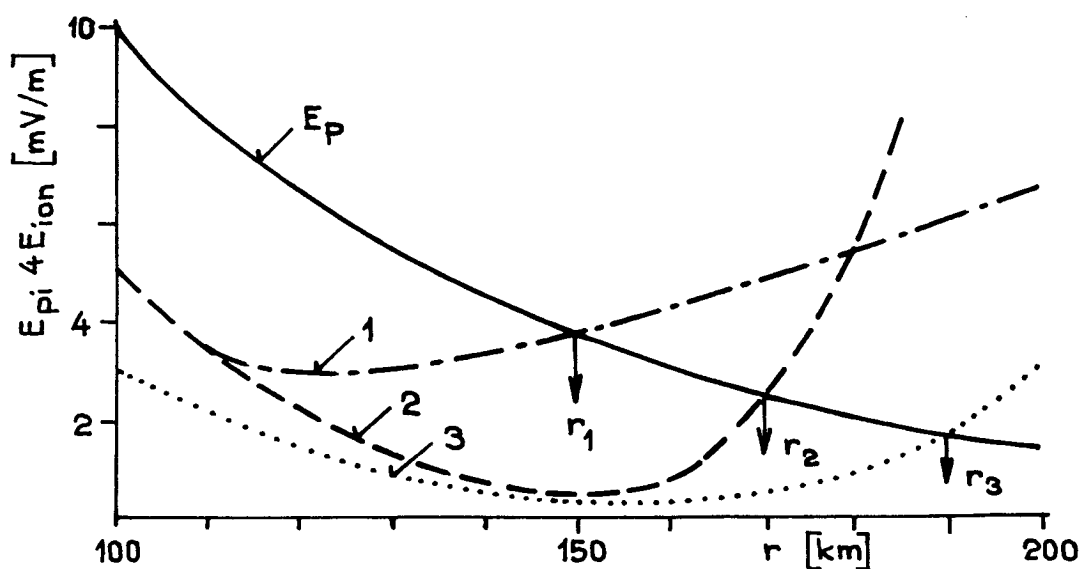
Vyzařování vertikální antény je v horizontální rovině všesměrové, ve vertikální rovině závisí na délce antény (obr. 5-2). S rostoucí délkou antény l se zužuje hlavní lalok a roste činitel směrovosti^{*)} D až k největší hodnotě $D = 6,6$ při $l = 0,625\lambda$. Při překročení délky $l = 0,5\lambda$ se objeví boční lalok, jehož úroveň rychle roste při prodlužování antény.

^{*)} Činitel směrovosti (absolutní zisk) D je směrově závislým parametrem antény, který udává směrové rozdělení vyzařovaného výkonu P_{Σ} . Jeho součin s účinností antény bývá označován jako zisk antény G , často udávaný v decibelovém vyjádření. Pak efektivní vyzářený výkon $P_{\Sigma} \cdot D$ lze nahradit součinem $P_v \cdot G$, kde P_v je výkon dodávaný do antény vysílačem. Intenzita pole E ve vzdálenosti r od antény je při šíření vln volným prostorem dána vztahem $E = \sqrt{(30P_{\Sigma}D)/r}$.



Obr. 5-2 Směrové charakteristiky vertikálního vodiče ve vertikální rovině

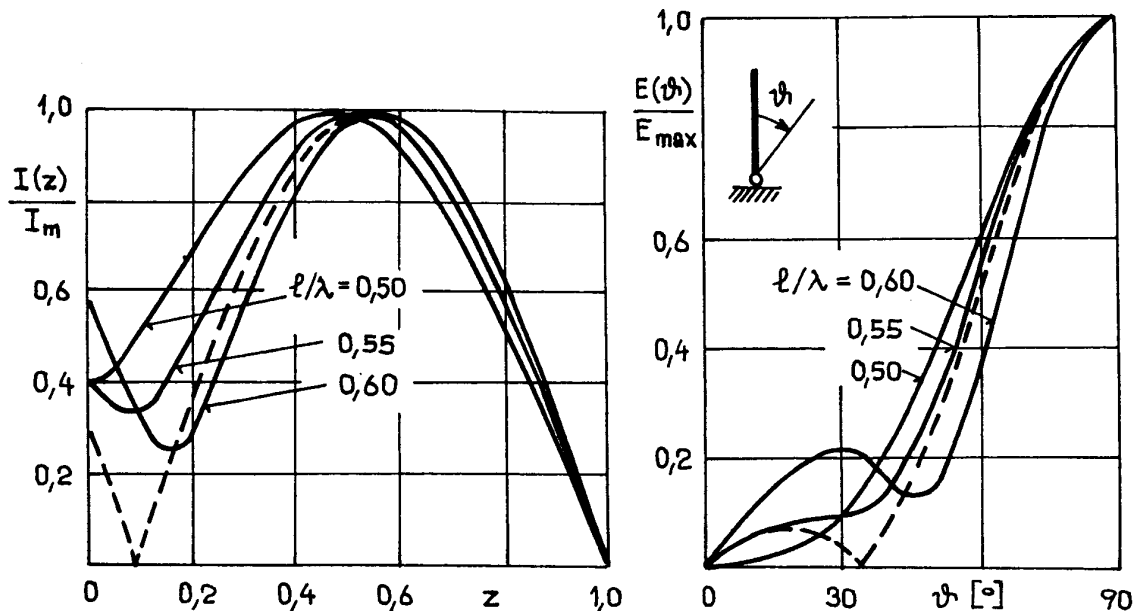
Vedle povrchové vlny se však v místě příjmu může uplatnit také vlna odražená od ionosféry (ionosférická vlna), zvláště ve velkých vzdálenostech od vysílače. Interferencí povrchové a ionosférické vlny vzniká únik, který výrazně zhoršuje kvalitu příjmu. Pro příjemný poslech se obvykle požaduje, aby podíl ionosférické vlny na výsledné intenzitě pole byl malý (např. $E_{ion} \leq 0,25 E_p$). Protože při prodlužování antény výrazně roste záření šikmo vzhůru vlivem rostoucí úrovně bočních laloků a současně mírně roste i záření v horizontálním směru, je možno hledat optimální délku antény tak, aby podmínka příjemného poslechu byla splněna do maximální vzdálenosti od antény. Tak se navrhují protiúnikové antény (antifading). Příklad situace pro různé antény ukazuje obr. 5-3, kde jsou také vyznačeny vzdálenosti příjemného poslechu r .



Obr. 5-3 Intenzita pole povrchové (křivka E_p) a ionosférické vlny (křivky 1-3) na trase.
 (1) $l = 0,55\lambda$ skutečná (2) $l = 0,55\lambda$ velmi tenká (3) $l = 0,736\lambda$ superantifading

Optimální poměry zřejmě nastanou, když záření vyvolané postranním lalokem právě dosáhne největší povolené hodnoty. Optimální délka takto navržené protiúnikové antény závisí na vodivosti půdy a bývá blízká hodnotě $l = 0,55\lambda$. Např. pro kmitočet 639 kHz byl při respektování reálných podmínek (vodivost půdy, průměr antény ap.) určen optimální poměr $l/\lambda = 0,54$ a vzdálenost příjmného poslechu $r = 143$ km. Při použití čtvrtvlnné antény ($l = 0,25\lambda$) klesne tato vzdálenost za stejných podmínek na $r = 58$ km vlivem výrazně větší šířky hlavního laloku.

Vlastnosti antény závisí rovněž na příčném rozměru anténní konstrukce. Štíhlost antény, vyjádřená poměrem l/d (d je průměr náhradního válcového vodiče), bývá u užívaných antén v mezích od $l/d = 130$ do $l/d = 35$. U „tlustších“ antén se rozložení proudu na anténě liší od sinusového průběhu především v okolí uzlů (obr. 5-4a) a způsobí změny směrového diagramu (obr. 5-4b). V těch je patrné jen neostré minimum mezi hlavním a bočním lalokem, jehož poloha odpovídá směru nulového záření tenké antény. Důsledkem jsou vyšší hodnoty intenzity pole ionosférické vlny v přechodné oblasti, případně i zmenšení vzdálenosti příjmného poslechu (obr. 5-3, křivka 1).



Obr. 5-4 Rozložení proudu (a) a směrové charakteristiky (b) vertikálních antén respektující tloušťku vodiče (konstrukce) antény. Čárkovaně tenká anténa $l/\lambda = 0,55$.

Štíhlost antény má rozhodující vliv také na změny vstupní impedance při změnách kmitočtu a ovlivňuje tak i šířku pásma v provozním kanále. Situace je kritická v pásmu DV a ve spodní oblasti pásma SV zejména u štíhlých antén, kdy bývá obtížné dosáhnout požadované hodnoty $PSV \leq 1,3$ v celém kanálu.

Se štíhlostí antény souvisí rovněž nároky na izolační příslušenství anténního systému. U tenkých antén klesá hmotnost konstrukce a tlak na patní izolátor, roste však vf. napětí v patě i podél antény. Tak se mění napěťové namáhání patního izolátoru i izolátorů v kotevních lanec, které se dimenzují s ohledem na současné působení vf. napětí i potenciálu elektrostatického pole Země ($E_o = 100$ V/m, v bouřkách až 16krát více). Při překročení elektrické pevnosti dojde k přeskokům na izolátorech kotevních lan (příp. vzniku oblouku), změní se vstupní impedance antény a ochrana krátkodobě zablokuje vysílač. Tím se přeruší oblouky na izolátorech, ale v poslechu se projeví mžikové výpadky signálu.

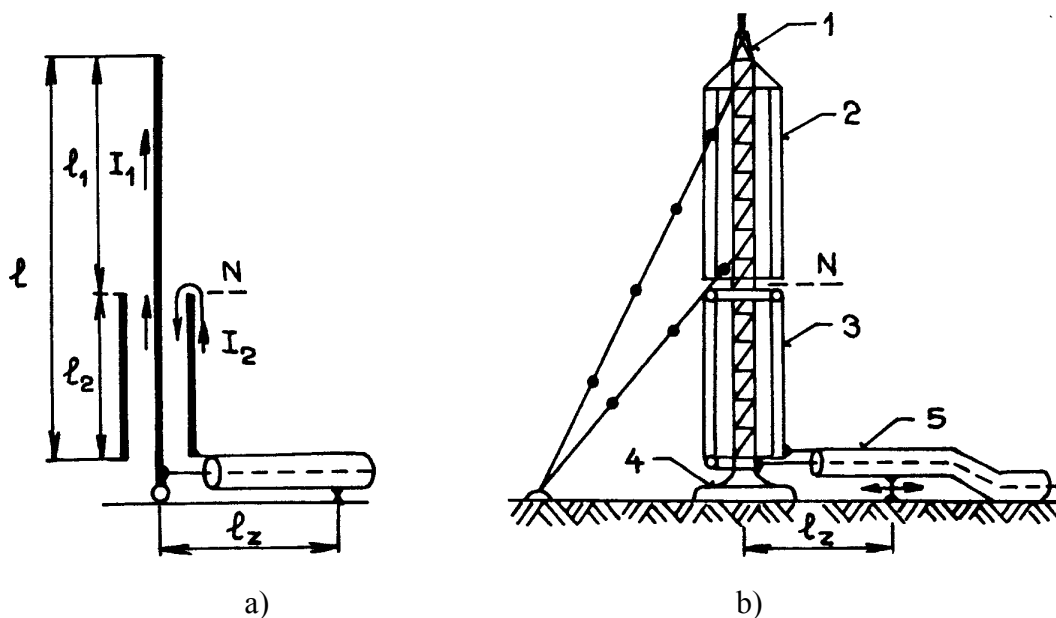
Anténa je vybavena rozsáhlou soustavou zemních vodičů, tvořenou radiálními paprsky v délce přibližně shodné s délkou anténního zářiče. Soustava vodičů je v patě antény spojena s pláštěm napáječe a umožní dosažení vysoké účinnosti antény podstatným snížením ztrát v půdě. Blízko paty antény jsou rovněž umístěny obvody přizpůsobení antény k napájecí, soustředěné v tzv. anténním domku.

Náklady na zřízení anténního systému zahrnují cenu ocelové konstrukce (21%) a její montáže (14%), izolační výstroj (24%) s montáží (14%), zemní soustavu (6%), betonové bloky (8%) a anténní domek s obvodou (13%). Z uvedeného rozdělení nákladů vyplývá, že izolační výstroj anténního systému je nejnákladnější (38%) a provozně nejchoulostivější částí anténního systému.

Snaha zvýšit provozní spolehlivost antén a zlevnit jejich stavbu vedla ke zkoumání antén bez patního izolátoru, využití kotevních vodičů jako prvků vyzařovacího systému a optimalizace zbylé izolační výstroje. Dále byla pozornost zaměřena na možnost využití anténního systému na více kmitočtech při zachování základních parametrů.

5.1.2 Přeladitelné protiúnikové antény

U klasických antén je protiúnikový režim záření podmíněn velmi přesným nastavením správného poměru l/λ , který závisí na vodivosti půdy, ale také na aštitlosti antény. Změna vysunutí vrcholové tyče dovoluje měnit délku antény jen v malých mezích a neumožní správné nastavení antény pro provoz na jiném pracovním kmitočtu. Vyzařování antény závisí na rozložení proudu podél antény a jeho změnou lze dosáhnout odlišných vyzařovacích vlastností antény na témže kmitočtu nebo nastavit protiúnikový režim vyzařování na různých kmitočtech. Toho se využívá u antén s regulovatelným proudovým obložením (ARPO).

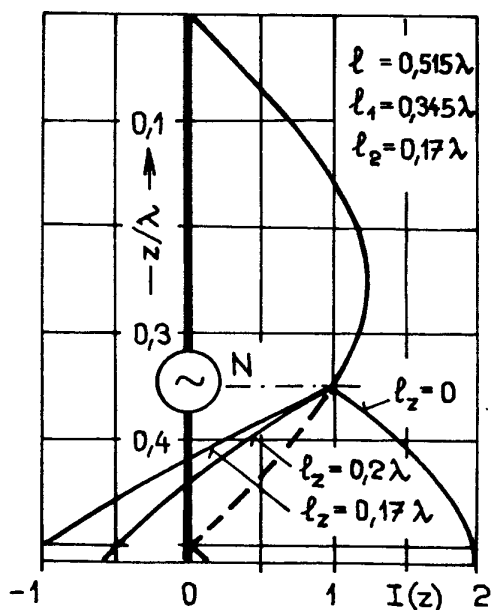


Obr. 5-5 Anténa ARPO. a) principiální uspořádání b) konstrukční provedení antény

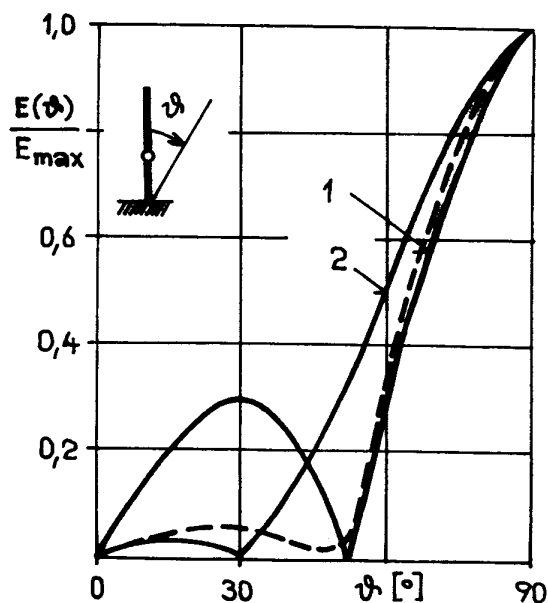
Principiální uspořádání antény ARPO je nakresleno na obr. 5-5. Anténa je buzena mezi třetinou a polovinou své délky v bodě N, kde jsou spojeny oba úseky antény l_1 a l_2 . Úsek l_2 tvoří koaxiální vedení, v patě antény připojené oběma vodiči k napájecí antény. Plášť tohoto napáječe ale není spojen se zemí v patě antény, ale až ve vzdálenosti l_z od ní, takže se zemí tvoří zkratovaný úsek vedení s reaktancí X , zapojený mezi pláštěm úseku l_2 a zemí. Posouváním zkratu podél napáječe antény je možno měnit reaktanci X v širokých mezích a tím i rozložení proudu na obou částech antény. V napájecím bodě N jsou proudy I_1 a I_2 stejně velké a na vnějším povrchu vodičů antény mají stejný směr.

Nosnou konstrukcí antény ARPO (obr. 5-5b) je kotvený anténní stožár (1), na kterém jsou zavěšeny vlastní zářiče. V horní části antény tvoří paralelně spojená lana hranol (2) o průměru 8 - 10 m, ve spodní části jsou pak zavěšeny ploché systémy vodičů (harfy) (3), izolované na obou koncích od nosné konstrukce. Celá konstrukce antény je nesena patním izolátorem (4) a kotvena děleným kotevními lany. Anténa je v patě napájena koaxiálním napáječem (5), jehož vnější vodič je spojen se zemí ve vzdálenosti l_z od paty antény.

Příklady rozložení proudu na anténě ARPO ($l = 0,515\lambda$) jsou na obr. 5-6. Průběhy proudu jsou normovány k velikosti proudu v bodě N a nezahrnují vliv záření antény. Proud na nižším úseku l_2 má kmitnu v místě zkratu na ladicím vedení. Při uzemnění pláště napáječe přímo u paty antény ($l_z = 0$) roste proud na úseku l_2 až ke zkratu a má na celém úseku stejnou fázi. Při $(l_2 + l_z) > 0,25\lambda$ proud naopak směrem k patě antény klesá a může mít v její blízkosti opačnou fázi. Pro srovnání je v obrázku čárkovaně zakreslen také průběh proudu na klasicky napájené anténě (u patního izolátoru) stejné délky.



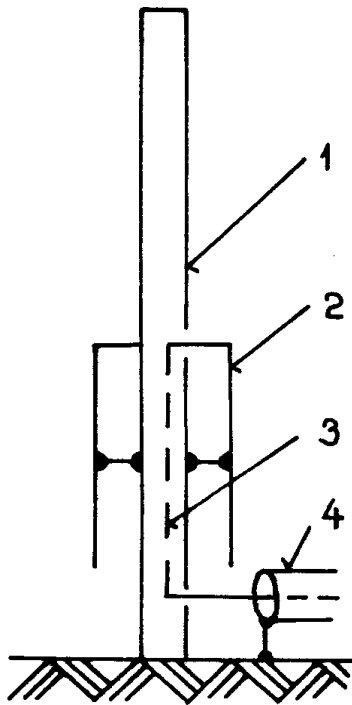
Obr. 5-6 Rozložení proudu na anténě ARPO



Obr. 5-7 Směrové charakteristiky antény ARPO ve vertikální rovině

Směrové charakteristiky záření ve vertikální rovině, zakreslené v obr. 5-7, ukazují změny vyzařování antény při změně polohy zkratu. Tak je možno nastavit i dva typické režimy vyzařování - maximum činitele směrovosti D v horizontální rovině (křivka 1 s velkou úrovní bočního laloku) nebo protiúnikový režim (křivka 2). Při délkách antény $l > 0,6\lambda$ mají antény ARPO, nastavené do protiúnikového režimu, dokonce užší hlavní lalok i větší zisk v horizontálních směrech (až o 2 dB) a o třetinu větší vzdálenost příjemného poslechu než klasicky napájené antény. Tento stav je označován jako superantifading (čárkovaný průběh).

Princip výškového napájení a ladění antén ARPO je využíván ve dvou základních modifikacích. Popsané soustavy (obr. 5-5) bývají označovány jako ARPO I a jsou řešeny jako kotvené stožáry s aktivními lany podél celé konstrukce, jejichž nedílnou součástí jsou i dělená kotevní lana, ladicí vedení a obvykle i patní izolátor. Tak jsou řešeny např. anténní systémy vysílačů Liblice a Topolná.



Obr. 5-8 Anténa ARPO II.

U druhé varianty ARPO II je stožár uzemněn a základní uspořádání antény je patrné z obr. 5-8a. Anténu tvoří dutá vodivá konstrukce (1), doplněná ve spodní části soustavou paralelních vodičů (2). Tyto obvodové vodiče jsou v polovině své délky vodivě spojeny s nosnou konstrukcí a tvoří tak dvě dutiny. Spodní dutina je využita jako ladicí reaktance X , horní dutina je součástí přizpůsobení. Napáječ antény (4) je připojen na koaxiální vedení uvnitř nosné konstrukce (3), kterým je anténa buzena v bodě N nad zemí.

Konstrukčně je anténa ARPO II, použitá např. pro vysílač Mělník (1233 kHz), řešena jako štíhlá samonosná věž čtvercového profilu ($l = 150$ m, $l/d = 21$), v patě upevněná v betonovém bloku a spojená s paprskovou zemní soustavou. Do výšky 60 m sahá soustava paralelních vodičů (lan), která tvoří plášť obou dutin antény. Doplnkovou výbavou obou dutin jsou tzv. C-lana, která umožní operativní přeladění antény v pásmu kmitočtů od 900 kHz do 1650 kHz při zachování optimálního nastavení protiúnikového režimu. Obvody anténního domku jsou instalovány uvnitř anténní konstrukce. Po změně místa napájení je možno tuto anténu využít i pro provoz na kmitočtech od 600 kHz do 1300 kHz se sníženým výkonem. Anténa je pak buzena na spodním konci pláště dutin, kdy vnitřní koaxiální vedení je zkratováno u paty antény.

Antény ARPO umožňují v širokých mezích měnit rozložení proudu na anténě změnou reaktance v patě antény. Tak je možno nastavit protiúnikový režim vyzařování u antén s délkou od $l = 0,25\lambda$ do $l = 1,1\lambda$, nebo těchto vlastností dosáhnout u antény dané délky v kmitočtovém pásmu 4,4:1. Nejmenší délka antény ($0,25\lambda$) s protiúnikovým charakterem vyzařování je tedy menší než poloviční proti délce optimalizované protiúnikové antény klasického provedení. Při větších délkách antén ($l > 0,6\lambda$) mají antény ARPO větší zisk v horizontálním směru a výrazně větší vzdálenost příjemného poslechu než klasické protiúnikové antény. Provedení ARPO II navíc nevyžaduje patní izolátor ani kotvení stožáru. Důsledkem jsou nižší pořizovací i provozní náklady a zvýšená provozní spolehlivost včetně ojedinělého výskytu mžikových výpadků i během lokálních bouřek. Tento typ anténního systému je pro svoji velkou přeladitelnost využitelný prakticky v celém pásmu SV. Nevýhodou antén ARPO je nutnost instalace a izolovaného upevnění vodičových soustav na nosné konstrukci.

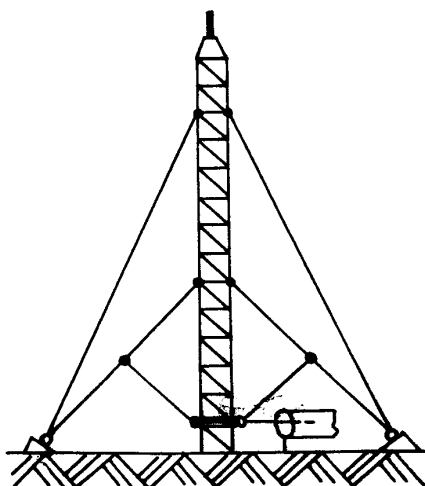
5.1.3 Antény s redukovanou izolační výstrojí

Patní izolátor a izolátory kotevních lan, tvořící izolační výstroj klasických anténních systémů, jsou nákladnými prvky s omezenou spolehlivostí. Značné provozní namáhání, nutnost pravidelné kontroly a problémy s tím spojené vedly ke zkoumání možností redukovat izolační výstroj anténních systémů bez zhoršení vyzařovacích a impedančních vlastností antény. Příkladem radikálního řešení tohoto problému je popsáný systém ARPO II, který nevyžaduje patní izolátor a v řadě případů ani přídatné kotvení konstrukce. Jeho nevýhodou je poměrně složitá soustava vodičů zavěšených na nosné konstrukci a proto byla zkoumána i řada jiných modifikací klasického uspořádání anténního systému s cílem snížit počet a především provozní namáhání izolačních prvků bez narušení funkce antény.

Úkolem lanových izolátorů je rozdělit vodivá kotevní lana na kratší úseky, které pak podstatně neovlivňují vyzařování ani impedanci antény. Délka kotevních úseků se volí tak, aby superpozice vř. a elektrostatických polí nepřesáhla elektrickou pevnost izolátorů. Z hlediska vyzařování pak úseky vodičů nemají být delší než asi $(0,15 \div 0,2)$ provozní vlnové délky. Využití lákavé možnosti náhrady kovových lan dielektrickými (Parafil) brání především hořlavost obalu těchto lan.

Počet a elektrické namáhání izolátorů se radikálně sníží při použití jediného izolátoru v každé kotvě. Pak oba úseky kotevního lana jsou staticky uzemněny (u kotevního bloku a přes statickou tlumivku stožáru) a izolátor je namáhán jen vř. napětím. Optimalizací umístění izolátorů na kotvě lze minimalizovat ovlivnění vyzařovacích charakteristik i impedance antény a dosáhnout překvapivě dobrých výsledků. Nevýhodou tohoto přístupu je značná výpočetní náročnost postupu a platnost výsledků jen pro daný kmitočet, výšku stožáru a konkrétní uspořádání kotev.

Anténní systémy bez patního izolátoru bývají řešeny jako bočníkově napájené zářiče nebo jako varianty skládaného dipólu. V prvním případě je třeba respektovat deformace směrového diagramu antény vlivem záření proudu v bočníku a odlišné impedanční vlastnosti. Případné kotvení stožáru opět přináší problémy s nutností dělit lana na krátké úseky.



V druhém případě antén s aktivně využitými kotvami se soustava kotevních vodičů stává součástí vyzařujícího systému (obr. 5-9) Stožár antény je uzemněn a kotven vodičově připojenými lany ve více úrovních. Kotevní lana jednotlivých pater jsou spolu spojena u kotevních bloků a izolována od země. Lana spodního patra jsou napájena asi uprostřed své délky ze společného izolovaného bodu blízko paty antény (prsteneček u paty stožáru v obr. 5-9). I tato varianta vyžaduje optimalizaci umístění napájecích bodů, nevyžaduje však patní izolátor a izolátory kotev jsou snadno přístupné pro kontrolu a údržbu. Malé odchylky konstrukce od klasického provedení umožňují využít tohoto řešení při rekonstrukci stávající anténních systémů.

Obr. 5-9 Anténa s aktivně využitými kotvami

5.2 Antény pro pásmo metrových a decimetrových vln

V pásmu metrových a decimetrových vln převažuje šíření prostorovou vlnou. Používá se horizontální nebo vertikální polarizace vln, ve zvláštních případech i kruhová. Záření má být koncentrováno ve směrech podél zemského povrchu do všech nebo vybraných sektorů horizontální roviny. Často je žádána možnost využití jednoho anténního systému pro více signálů daného pásma, někdy dokonce s rozdílným směrovým diagramem v dílčích kanálech. Pokrytí rozsáhlého území signálem vyžaduje umístění vysílací antény na vhodném stožáru ve značné výšce nad zemí. Vedle vyzařování antény je nutno sledovat i problémy napájení, vliv stožáru, anténních krytů aj. Velmi přísné jsou rovněž požadavky na přizpůsobení antény k napájecí.

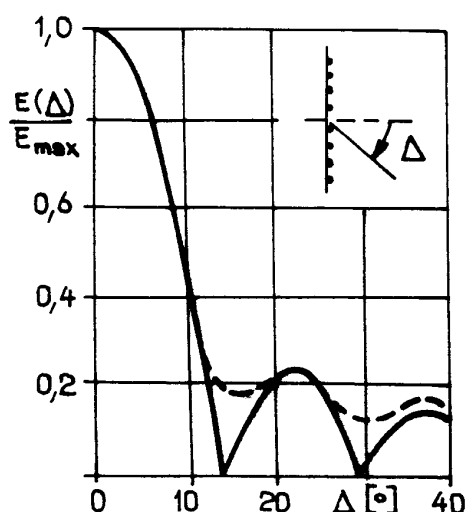
5.2.1 Vyzařování anténních soustav

Účinné tvarování směrového diagramu záření antény podle uvedených požadavků umožní vhodné uspořádání anténní soustavy. Vertikální řada zářičů účinně koncentruje záření do směrů podél země a neovlivní záření v horizontální rovině (kolmé na osu řady). Rozmístěním dílčích vertikálních řad kolem nosné konstrukce (stožáru) pak lze získat požadovaný průběh vyzařování v horizontální rovině.

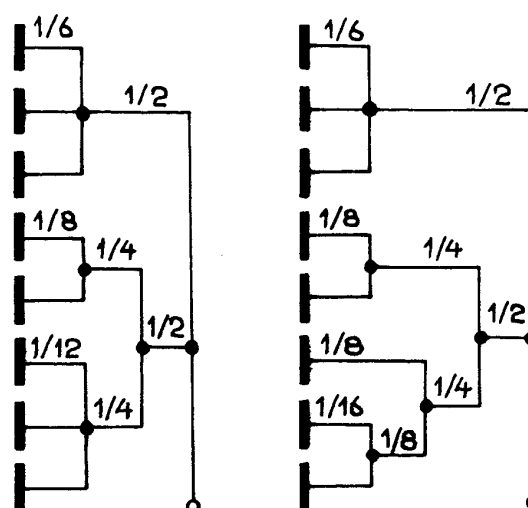
Požadovaného diagramu záření ve vertikální rovině je možno dosáhnout volbou uspořádání zářičů (počet a vzdálenosti) a jejich buzení (amplitudy a fáze proudů). Při stejné vzdálenosti d mezi N zářiči řady a stejné amplitudě proudů bude řadová soustava vyzařovat maximálně ve směru θ_{max} (od osy řady), pro který platí podmínka $kd \cos\theta_{max} = \Phi$. Zde Φ je fázový posuv mezi proudy v sousedních zářičích a $k = 2\pi/\lambda$ je vlnové číslo. Při soufázovém buzení ($\Phi = 0$) září soustava kolmo na osu řady, při $\Phi \neq 0$ se maximum záření přiklání k zářičům se zpožděnou fází proudu. Tak je možno elektronicky, změnou fází buzení, vychylovat směr maxima záření soustavy antén v rovině procházející osou řady a směřovat je do žádané oblasti (k zemskému povrchu). Při větší vzdálenosti prvků ($d > \lambda/2$) pak vznikají další, obvykle nežádoucí, maxima záření v jiných směrech.

Mimo směr θ_{max} úroveň záření klesá a soustava nezáří vůbec do směrů θ_{min} určených podmínkou $N/2(kd \cos\theta_{min} - \Phi) = m\pi$, kde m je celé číslo. Při větším počtu prvků N existuje řada směrů θ_{min} , kam soustava nezáří (obr. 5-10). Pak blízko antény vznikají oblasti s velmi malou úrovní signálu ^{x)}, která neumožní kvalitní příjem. Situace je tíživá především ve vyšších kmitočtových pásmech při velké výšce antény nad okolním terénem nebo při umístění antény v zástavbě. Úpravou anténní soustavy je možno do těchto oblastí soustředit část vyzařované energie, jak ukazuje čárkovaný průběh na obr. 5-10 (soustavy s vyplněním nul vertikálního diagramu záření). V praxi nebývá nutné vyrovnat úroveň záření až k obalové křivce vrcholů bočních maxim a přijatelnou mezí bývá vyplnění nad 50% zmíněné úrovně.

^{x)} Minima intenzity pole vznikají blízko antény také vlivem odrazu vln od země, zvláště při velké výšce vysílací antény



Obr. 5-10 Směrové charakteristiky řadové soustavy antén ($N = 8$, $d = \lambda/2$, $\Phi = 0$)



Obr. 5-11 Dělení výkonu v soustavách s vyplněním nul záření

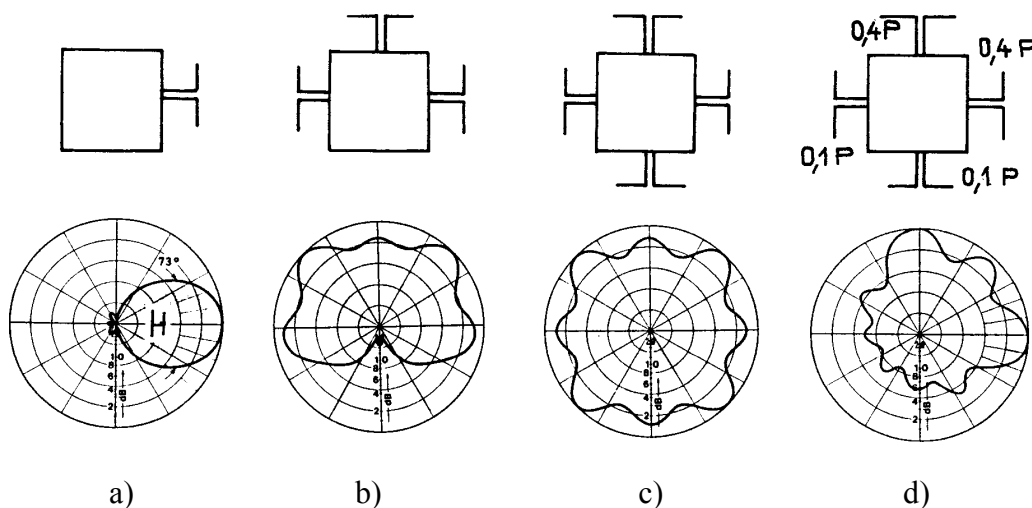
Ostrá a hluboká minima jsou důsledkem pravidelného uspořádání a buzení řadové soustavy a vznikají ve směrech, kde součet příspěvků od všech zářičů (s respektováním jejich fází) má nulovou velikost. Změnou vzdáleností zářičů, jejich vysunutím v radiálním směru nebo změnou fáze buzení u několika dílčích antén se změní fáze některých příspěvků a vzniklá minima pak nejsou tak hluboká. S ohledem na realizaci se často posouvá fáze buzení několika (někdy jen jednoho) zářičů změnou délky úseků napájecích vedení, kdy lze současně sklonit maximum záření k zemi. Jinou možností pro vyplnění nul záření je soustředit do těchto směrů část vyzařované energie další anténou se širším diagramem záření ve vertikální rovině, umístěné tak, aby jejich fázové středy byly shodné. Při tzv. „měkkém vyplnění nul“ je střední zářič soustavy buzen výrazně vyšším výkonem a účinně září i do směrů, kde se příspěvky ostatních zářičů navzájem ruší. Podobný důsledek má i sklonění několika zářičů (dílčího bloku antén) soustavy od vertikály, užívané k vyplnění nul záření směřujících do blízkosti stožáru (v zástavbě ap.). Dalším užívaným způsobem je nerovnoměrné rozdělení výkonu mezi anténní jednotky. Zmenšením buzení u několika (obvykle spodních) zářičů se opět dosáhne vyplnění nul záření bez výrazných konstrukčních komplikací. Příklady zapojení napájecích obvodů jsou nakresleny na obr. 5-11. Vyplňování nul záření je obecně provázeno poklesem zisku soustavy (asi 1 dB při vyplnění 50%). Vzhledem k dalším důsledkům těchto úprav je proto vhodné uvážit, kdy mnohaprvková soustava s vysokým ziskem je skutečně v konkrétní situaci výhodnější než jednodušší systém bez vyplnění nul.

V horizontální rovině se průběh diagramu záření vertikální řadové soustavy nemění při změně počtu zářičů, závisí však na jejich orientaci. U soustav půlvlnných dipólů s reflektorem klesá záření na polovinu při odchylce asi 40° od maxima záření (obr. 5-12a) pro horizontální a při 70° pro vertikální dipóly. Pro větší úhlový sektor nebo všesměrové vyzařování je třeba rozmístit více dílčích anténních soustav kolem stožáru. V oblastech ozařovaných současně více anténami se jejich záření sčítá a výsledná úroveň záření závisí na úrovních i vzájemných fázích dílčích polí. Fáze příspěvků záření jsou určeny fázemi proudů v dílčích anténách a posuvem fáze v důsledku rozdílných délek drah vln od dílčích antén k místu příjmu. Odchyłky od kruhovosti horizontálního diagramu záření by neměly překročit 2 dB v horizontální rovině a 3 dB v úhlech sklonu až do poloviny šířky svazku vertikálního diagramu.

Dráhové rozdíly narušují rovnoměrné vyzařování anténního systému v horizontální rovině hlavně v případech, kdy příčný rozměr nosné konstrukce R není malý proti vlnové délce. Fáze příspěvků záření se pak v jednotlivých směrech značně liší a v diagramu záření soustavy vznikají výrazná minima ve směrech, kde jsou příspěvky velikostí srovnatelné a navzájem protifázové. Ve směrech půlicích směry maxim záření sousedních jednotek je dráhový rozdíl nulový a při soufázovém buzení antén zde vznikne další maximum záření. U soustavy na čtyřbokém nosiči má při $R/\lambda = 1$ horizontální diagram záření v každém kvadrantu dvě minima o úrovni asi 80%, při $R/\lambda = 2$ už záření v těchto minimech klesá téměř na polovinu.

Základním předpokladem omezení deformací diagramu záření je minimální vzdálenost fázových středů dílčích antén daná především příčným rozměrem nosné konstrukce. Úpravami uspořádání antén je možno poněkud zlepšit kruhovost horizontálního diagramu záření i při větším rozměru stožáru. Víceboké systémy ($n > 4$) jsou nákladným řešením a jejich šířka pásma omezují především vlastnosti úzce směrových antén (Yagi ap.). Výhodnější je uspořádání s proloženými patry, kdy maxima záření jednoho patra směřují do směrů minim sousedních pater. Vedle výrazného poklesu zisku takové soustavy je zde však také deformován vertikální diagram záření, takže lze použít jednotky s nejvýše dvěma dipóly nad sebou.

Změnou umístění zářičů (dílčích antén) je možno vyrovnat vliv nestejných fází buzení zářičů v patře, nutný např. pro dosažení fázové kompenzace v soustavě. Posunutím antén k vrcholům půdorysného obrazce nosné konstrukce vzniknou ve směrech půlicích směry maxim záření sousedních antén rozdíly drah vln Δr , které v těchto směrech vyrovnají posuv fáze buzení Φ sousedních antén. Pro splnění podmínky $\Phi = k\Delta r$ je nutno posunout antény od středu o $\sqrt{2}\lambda/8$ u čtyřboké konstrukce a o $\sqrt{3}\lambda/6$ u tříbokého stožáru. Posuvem antén se zkrátí dráha paprsku u antény buzené zpožděným proudem.



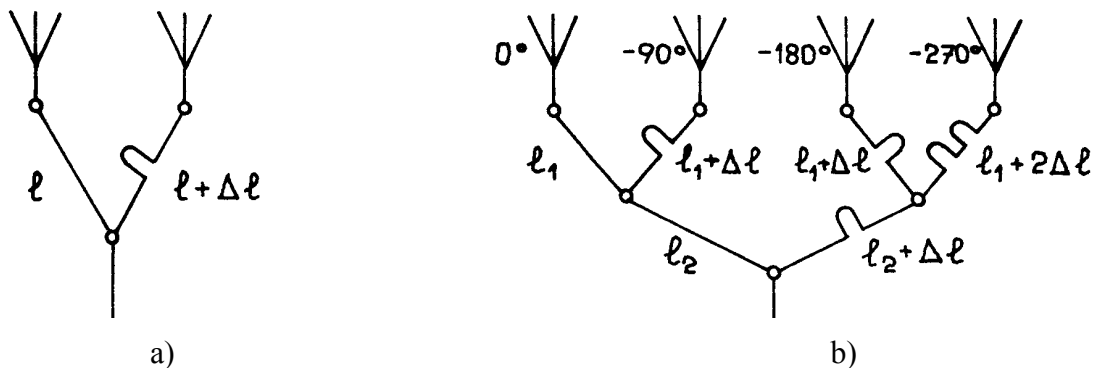
Obr. 5-12 Horizontální diagramy záření skupin antén

Příklady směrových diagramů záření v horizontální rovině pro vybraná uspořádání antén jsou nakresleny na obr. 5-12. Dílčí soustavy na obr. 5-12a-c jsou buzeny stejně velkými výkony. Vhodným překrytím jejich sektorů záření je možno dosáhnout téměř rovnoměrného pokrytí celé požadované oblasti. Další tvarování směrového diagramu umožňuje nerovnoměrné rozdělení výkonu mezi dílčí antény (obr. 5-12d). Využitím této možnosti lze poměrně dobře splnit požadavky na pokrytí území nepravidelného tvaru vyzařovaným signálem.

5.2.2 Fázová kompenzace v soustavách antén

Vedle požadavků na vyzařování, které lze splnit využitím výše uvedených zásad, je nutno při konstrukci anténního systému respektovat i přísné požadavky na jeho přizpůsobení k napáječi. U antén pro FM rozhlas je nutné, aby poměr stojatých vln $PSV \leq 1,15$ a pro TV vysílání dokonce $PSV \leq 1,05$ v celém pásmu každého přenášeného kanálu. U seriově vyráběných širokopásmových anténních jednotek bývá hodnota $PSV = 1,02$ až $1,15$ i větší a poněkud se mění i vlivem teploty, námrazy ap. Při soufázovém zapojení více jednotek je možno výrazně zlepšit průběh výsledné vstupní impedance soustavy antén fázovou kompenzací.

Princip fázové kompenzace ukazuje obr. 5-13a. Dvě anténní jednotky jsou na společný (kmenový) napáječ připojeny úseky vedení o různých délkách l a $l+\Delta l$. Vstupní impedance jednotek jsou shodné, ale nejsou dokonale přizpůsobené k napájecímu vedení. Odražené vlny se od jednotek šíří ke spoji obou úseků vedení a při $\Delta l = \lambda/4$ jsou zde přesně v protifázi. Výsledná odražená vlna pak má nulovou velikost a na kmenovém napáječi se šíří jen postupná vlna. Energie odražených vln se v místě spoje úseků opět odráží a po průchodu úseky vedení k anténám je z velké části znovu vyzářena, avšak s časovým zpožděním úměrným délkám $2l$ resp. $2(l+\Delta l)$. Aby nedošlo k rozostření obrazu nebo jeho zdvojení, musí být úsek $l+\Delta l$ kratší než asi 15 až 20 m.



Obr. 5-13 Fázová kompenzace. a) princip činnosti b) dvoustupňová kompenzace

Vedle kmitočtové závislosti a omezení délky úseků vedení je limitována i odchylka impedance anténní jednotky od impedance napáječe. Impedance anténních jednotek se do společného bodu transformují na rozdílné hodnoty (ve Smithově diagramu do bodů souměrných podle středu) a dělení výkonu mezi oba úseky vedení není rovnoměrné. Pak i odražené vlny na obou zátěžích se liší velikostí a po průchodu zpět ke spoji úseků se zcela nekompensují. Odražená vlna o velikosti dané rozdílem dílčích vln se pak šíří kmenovým napáječem ke zdroji.

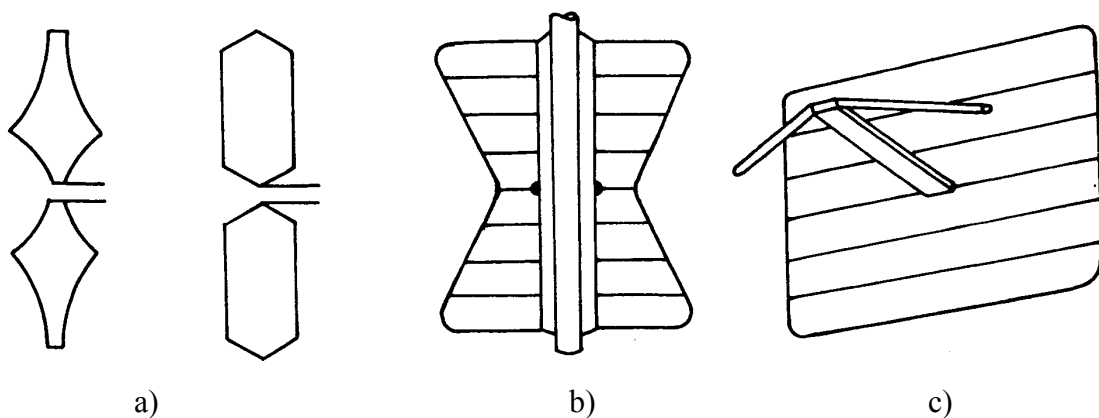
Fázová kompenzace je využitelná i při větším počtu anténních jednotek napájených soufázově z jednoho bodu. Délky úseků vedení se pak liší o λ/n nebo $\lambda/2n$. Postup lze použít i při lichém počtu jednotek n , kdy se dokonce dosáhne lepšího výsledného přizpůsobení.

U anténních systémů s větším počtem antén je možné skupiny fázově kompenzovaných jednotek dále spojovat pomocí úseků vedení rozdílné délky a tak dosáhnout dvoustupňové fázové kompenzace (obr. 5-13b). Pak ovšem součet délek úseků vedení v obou stupních nesmí překročit uvedených 15 - 20 m. Tak je možno hodnotu PSV = 1,5 zátěže snížit na $PSV \leq 1,01$, zatímco při jednostupňové kompenzaci se dosáhne jen hodnoty $PSV = 1,09$. S ohledem na rozdílné úrovně buzení nepřizpůsobených jednotek nemá jejich PSV překročit hodnotu 1,33.

Fázové posuvy buzení antén, způsobené rozdílnou délkou napájecích vedení, ovlivní tvar diagramu záření a jejich vliv je třeba vyrovnat změnou umístění anténních jednotek. U směrově zářících systémů postačí radiální předsunutí jednotek napájených zpožděnou fází. U všesměrově zářících soustav pak příčné vysunutí dílčích antén patra obnoví podmínky pro vznik maxima záření ve směrech půlčích směry maxima záření sousedních antén. Vliv nerovnoměrného dělení výkonu mezi anténní jednotky je možno při dvoustupňové kompenzaci omezit střídáním jednotek buzených větším a menším výkonem v patrech systému. I zde však dochází k poklesu zisku systému, který při $PSV = 2$ antén může dosahovat až 2 dB.

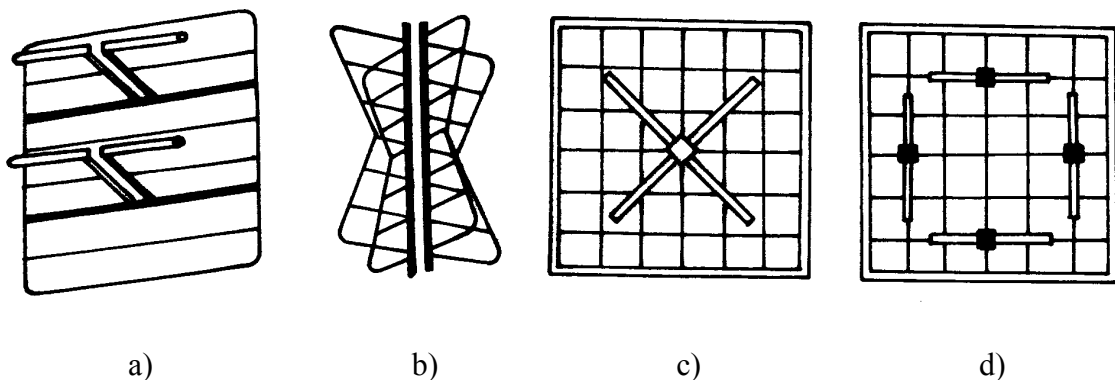
5.2.3 Konstrukční provedení antén

Záříčem anténních soustav je nejčastěji symetrický dipól s délkou ramene blízkou $\lambda/4$, resp. $\lambda/2$. V úzkopásmových soustavách může být účelné změnou délky dipólu kompenzovat reaktance vnesené dalšími prvky soustavy. Pro rozšíření kmitočtového pásma se dipóly navrhují s velkým příčným rozměrem. Vedle „tlustých“ válcových vodičů se také používají ploché dipóly různých tvarů (obr. 5-14a). U křídélkové antény (obr. 5-14b) tvoří ramena antény řada rovnoběžných dipólů, připojených ke dvojici vedení $\lambda/4$ na konci nakrátko. Rozšířený vnější okraj ramen pak je kapacitní zátěží dipólů. Anténa je napájena uprostřed na styku obou vedení. Napětí na vstupech dipólů je určeno rozložením napětí na napájecích vedeních křídélka a proudy v dipólech jsou zčásti vyrovnány rozdílnou délkou vodičů. Reálná složka vstupní impedanace křídélkové antény bývá od 70Ω do 140Ω a klesá při zvětšování mezery mezi nosnou konstrukcí a rameny. Šířka pásma této antény se blíží hodnotě 1,6 při $PSV \leq 1,15$. Dipól s lomenými rameny (V-dipól) na obr. 5-14c září i do směrů svých ramen. Má širší sektor vyzařování a používá se zejména u soustav umístěných na tříboké nosné konstrukci (stožáru).



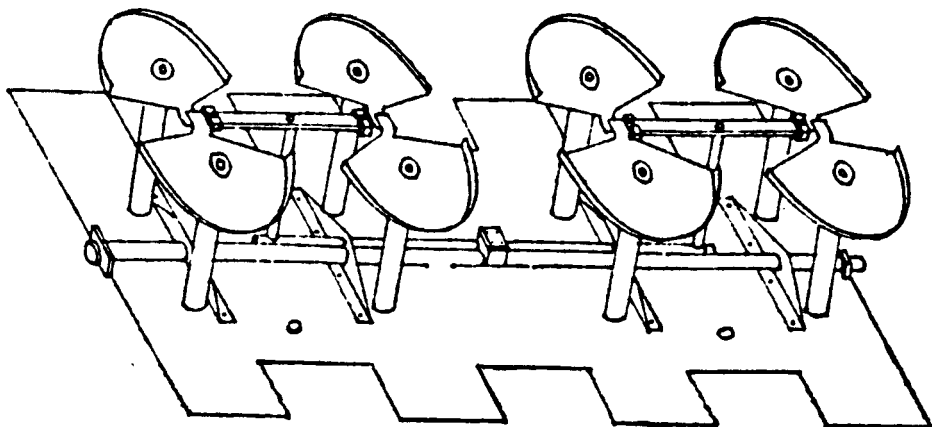
Obr. 5-14 Varianty dipólů. a) ploché dipóly b) křídélková anténa c) V-dipól

Anténní systémy se sestavují z dílčích soustav antén, tvořených obvykle dvěma nebo čtyřmi dipóly a reflektorem. Některá užívaná provedení jsou nakreslena na obr. 5-15. Nejčastěji užívaným uspořádáním je dvojice válcových dipólů s rovinným reflektorem (obr. 5-15a). Vstupy obou dipólů mohou být zapojeny na společný výstup nebo vyvedeny samostatně. V prvním případě vznikne kompaktní jednotka využitelná samostatně, druhé řešení umožňuje dosáhnout vyššího výkonového zatížení a větší variability při sestavování výsledné sestavy. Turniketovou anténu na obr. 5-15b tvoří dva zkřížené dipóly napájené proudy s fázovým posuvem 90° . Tato anténa vyzařuje v horizontální rovině (v rovině ramen) téměř všesměrově vlnu s horizontální polarizací. Anténa se zkříženými dipóly (obr. 5-15c) má zářiče rovněž buzeny s fázovým posuvem 90° a v rovině kolmé na dipóly (horizontálně) vyzařuje vlnu kruhově polarizovanou. Soustava se dvěma páry navzájem kolmých dipólů (obr. 5-15d) může budít vlny obou polarizací V a H současně nebo při fázovém posuvu $\pi/2$ proudů v dílčích párech dipólů vyzařovat vlnu kruhově polarizovanou.



Obr. 5-15 Uspořádání dílčích anténních soustav. a) dva dipóly s reflektorem
b) turniketová anténa c) zkřížené dipóly d) dva páry zkřížených dipólů

Snaha dosáhnout vhodných vlastností zářiče v extrémně širokém kmitočtovém pásmu UHF (470-790 MHz) vedla k využití talířkových dipólů. Základním blokem anténních systémů je soufázová soustava čtyř plochých zářičů (talířků o průměru asi 140 mm) s rovinným reflektorem (obr. 5-16), doplněná podle potřeby laminátovým krytem. Dvojice dipólů jsou spojeny symetrickým vedením a ty jsou pak na napájecí systém jednotky připojeny přes symetrizační a přizpůsobovací obvody.



Obr. 5-16 Anténní soustava s talířkovými zářiči

Podobně jsou řešeny i bloky velkých anténních systémů, určené k vestavbě do laminátového válce, který je současně i nosnou konstrukcí. Zmenšení příčného rozměru pomocné nosné konstrukce při zachování šířky odrazné plochy umožňují zářezy v okrajích reflektorových ploch, do kterých zapadnou odpovídající vystupující části reflektorů kolmo postavených jednotek. Sousední jednotky patra jsou pak vzájemně výškově posunuty.

Montáží antén na nosnou konstrukci dojde k ovlivnění impedančních i vyzařovacích vlastností dílčích soustav antén. Impedance může být výrazně ovlivněna blízkou vodivou konstrukcí stožáru, zvláště u vertikálních antén bez plošného reflektoru, a vazbou se sousedními anténami. Tato vazba zářením bývá přiměřeně slabá mezi anténami vzdálenými více než o vlnovou délku a mezi anténami (s rovinným reflektorem) navzájem kolmými nebo protisměrně orientovanými. Tyto vlivy je nutno uvážit již při návrhu dílčích antén nebo omezit jejich působení např. zvětšením vzdálenosti mezi anténami. Větší vzdálenosti antén však narušují vyzařování v horizontální rovině podobně jako u nosných konstrukcí s velkým příčným rozměrem.

Radikálním řešením problému vlivu rozměrné nosné konstrukce na vyzařování systému v horizontální rovině, zvláště v pásmu UHF, je využití dielektrického krytu jako nosného prvku anténního systému. Uvnitř sklolaminátového válce o velkém průměru (asi 1,9m) je umístěna pomocná příhradová konstrukce s co nejmenším příčným rozměrem, na které jsou instalovány dílčí anténní jednotky sekce. Celý anténní systém je pak sestaven ze sekcí o délce do 5 m, spojených přírubami. Dielektrický kryt tak současně chrání anténní systém proti povětrnostním vlivům a nese na vrcholu tlumič mechanických kmitů celé konstrukce.

Napájecí soustava anténního systému zajišťuje rozdělení příkonu mezi jeho patra i mezi dílčí jednotky v každém patře, včetně požadovaných fázových posuvů buzení. V rozsáhlejších anténních systémech je na kmenový napáječ připojen dělič výkonu pro napájení jednotlivých pater systému. V patrech se pak výkon dále dělí k anténním jednotkám, kde požadované fázové posuvy zajistí vhodné délky kabelů. Výhodou postupného větvení je snadné zavedení dvoustupňové fázové kompenzace a větší šířka pásma použitých děličů výkonu. Pro větší provozní spolehlivost je možno velké anténní systémy dělit na dvě přibližně rovnocenné provozní poloviny, napájené vlastním kmenovým napáječem a propojované v objektu vysílače. Při údržbě nebo v případě poruchy je využita jen jedna polovina systému.

Fázové posunutí buzení anténních jednotek, realizované změnou délky vedení, je kmitočtově závislé a konstrukčně velmi jednoduché. Kmitočtově nezávislý posuv 90° je možno získat pomocí směrové vazby, protifázové záření pak mechanickým otočením jednotky o 180° . To je třeba respektovat při volbě obvodů posuvu fáze buzení, zejména u soustav využívaných v širším pásmu kmitočtů.

5.2.4 Kompenzované dielektrické kryty

Měřením bylo zjištěno, že umístěním anténního systému do dielektrického krytu dojde k deformaci tvaru směrového diagramu, především v horizontální rovině. Anténní systém, navržený pro rovnoměrné vyzařování do všech směrů, pak má diagram záření deformovaný do tvaru několikaramenné zaoblené hvězdice a to i v případě, že tloušťka krytu je asi o řád menší než délka vlny. Předpoklad existence pouze dominantního vidu TEM ve vybuzeném poli, kterému odpovídá kruhový diagram záření, je v této situaci zřejmě nesprávný.

Vedle dominantního vidu TEM jsou ve vybuzeném poli obsaženy i vyšší příčné magnetické vidy TM_{n0} ($n = 1, 2, 3, \dots$), které mají jiné vlastnosti i odlišný tvar diagramu záření. Dielektrický kryt působí rozdílně na jednotlivé vidy a mění i poměr výkonů v dílčích videch pole. Tím se mění i struktura pole vně krytu a současně i charakter a míra deformací směrového diagramu antény s krytem. V okolí antény existují souosé oblasti, kde dielektrický kryt střídavě zvětšuje a zmenšuje podíl vidů TM a tím zvýrazňuje (resp. omezuje) odpovídající deformace směrového diagramu. Poloměry těchto oblastí závisí na provedení krytu (permitivita, tloušťka stěny) a na vlnové délce buzeného záření. Ve větších vzdálenostech od antén (několik vlnových délek) tento vliv krytu krytu slábne a zaniká. Pro daný kryt existuje řada kmitočtových oblastí, kde vznikají výrazné deformace horizontálního směrového diagramu anténního systému s krytem. Předpokladem vzniku popsaných deformací diagramu i v případě dokonale kruhového a souose umístěného dielektrického krytu je alespoň mírná nekruhovitost vlnoploch vlny vybuzené anténou bez krytu. Pak např. při čtvercovém uspořádání antén je hlavním deformačním videm vid TM_{40} a horizontální diagramu záření je čtyřramenný.

Vzniku popsaných deformací směrového diagramu antény s krytem je možno zabránit dvojitým způsobem. Pro známý pracovní kmitočet je možno volit průměr dielektrického krytu tak, aby zmenšoval podíl deformačních vidů pole. Častěji je užívána kompenzace vlivu dielektrika indukčností, která je jako vodivá síť (rovnoběžné kruhy nebo šroubovice) umístěna na povrchu nebo uvnitř silnostěnného válce krytu. Tak se zmenší podíl vidů TM ve vybuzeném poli a tím i deformace směrového diagramu. V případě kruhových vodičů může rušivě působit jejich rezonanční charakter (obvod kruhu násobkem λ). Ten je možno eliminovat další sítí svislých vodičů, které, při spojení s uzemněním, slouží i jako ochrana proti elektrostatickým výbojům. Induktivní kompenzace má příznivý vliv i na impedanční vlastnosti antény, kdy se zmenšuje změny vstupní impedance způsobené krytem.

Přítomnost spojovacích přírub sekcí krytu a jeho výztuh narušuje vyzařovací diagram ve vertikální rovině. Tyto prvky, obvykle pravidelně rozmístěné, působí jako nehomogenity s efektem podobným optické mřížce. Ve vertikálním diagramu záření tak vzniknou další ostrá minima záření, závislá na počtu a rozmístění nehomogenit. Je proto výhodné sestavit kryt z malého počtu dílů a prvků, především výztuhy, rozmístit nerovnoměrně (kvazináhodně) tak, aby současně co nejméně stínily. Příznivý vliv má i vodičová síť, určená ke kompenzaci deformací v horizontální rovině.

5.3 Sdružovače

Sdružovače jsou pasivní obvody pro sloučení signálů více vysílačů do společné zátěže (antény). Mají umožnit bezeztrátový přenos výkonu z dílčích zdrojů do zátěže při zajištění jejich výkonového přizpůsobení, minimální přenos signálů mezi zdroji signálu navzájem i potlačení odrazů od zátěže.

Používané obvody obsahují pásmové propusti a sdružovací mosty (směrové vazební členy) nebo hvězdicové členy. Výběr zapojení sdružovače závisí na počtu a typu vstupních signálů, jejich kmitočtech a výkonových úrovních. I pro tuto část vf. traktu platí přísné požadavky na kvalitu přizpůsobení ($PSV \leq 1,15$ resp. $1,05$).

5.3.1 Obvodové prvky sdružovačů

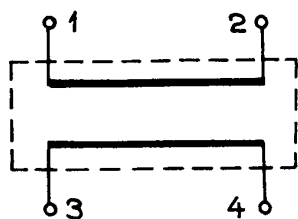
a) pásmové filtry

Pásmové filtry určují kmitočtově selektivní vlastnosti sdružovačů. V pásmu metrových a decimetrových vln jsou pro velké výkony konstruovány jako dvojice nebo trojice vázaných dutinových rezonátorů pro menší výkony i s větším počtem stupňů. Změnou délky vodiče rezonátoru lze měnit rezonanční kmitočet, změnou stupně vazby s vnějšími obvody a mezi rezonátory pak filtr impedančně přizpůsobit a nastavit požadovaný kmitočtový průběh útlumu filtru.

V propustném pásmu je průchozí útlum filtru velmi malý (desetiny dB) a impedance na vstupních i výstupních svorkách je blízká impedanci připojených vedení. Mimo propustné pásmo jsou impedance velmi malé (vazební smyčka nakrátko) a útlum filtru strmě roste do vysokých hodnot. Strmost boků útlumové křivky filtru vně propustného pásma pak limituje odstup kmitočtů sdružovaných signálů. Při slučování kmitočtově blízkých signálů se proto používá víceobvodových filtrů i přes jejich poněkud větší útlum v propustném pásmu.

b) sdružovací můstek (směrová vazba)

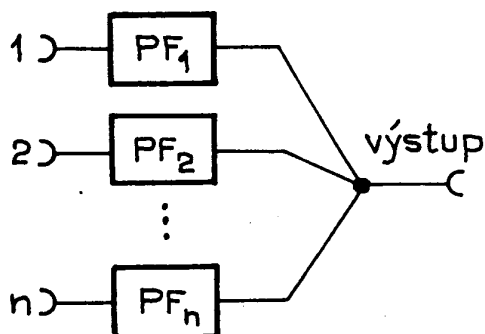
Sdružovací můstek je reciprokový čtyřbran, často realizovaný dvojicí vázaných vedení, jak ukazuje obr. 5-17. Výkon P_1 , vstupující do obvodu bránou 1, se dělí na výkony P_2 a P_3 na odpovídajících branách. Na bráně 4 je zapojen absorber (přizpůsobená zátěž), který při správné činnosti obvodu není výkonově zatěžován. Ve sdružovačích se používají tzv. 3dB můstky, kde výkony signálů P_2 a P_3 jsou stejně velké a fáze signálu na bráně 2 je zpožděna o $\pi/2$ proti signálům na branách 1 a 3. Při bezodrazovém zakončení na branách se vazební útlum (přenos 1-3) mění jen málo ($3\text{dB} \pm 0,4\text{ dB}$) v širokém pásmu kmitočtů (2:1), zpětný útlum (přenos 2-3) bývá větší než 30 dB.



Obr. 5-17 Sdružovací můstek

5.3.2 Hvězdicový sdužovač

Hvězdicový sdužovač pro n signálů (obr. 5-18) tvoří n pásmových propustí $PF_1 \div PF_n$, jejichž výstupy jsou pomocí úseků vedení zapojeny paralelně na společný výstup. Signály ležící v propustném pásmu filtru daného kanálu prochází na výstup sdužovače s malým útlumem a spojovací vedení je i na straně filtru přizpůsobeně zakončeno výstupní impedancí filtru. Signály jiných kmitočtů jsou při průchodu filtrem značně tlumeny a úsek vedení je na



straně filtru téměř nakrátko. Volbou vhodné délky spojovacího vedení ($\lambda/4$) je možno tento zkrat transformovat na vysokou hodnotu impedance na společném výstupu, kdy paralelně připojená vedení významně nezatěžují výstup sdužovače. Při sdužování více než dvou kanálů nemohou být úseky vedení přesně čtvrtvlnné pro kmitočty všech ostatních kanálů a jejich délky je pak nutno volit kompromisem.

Obr. 5-18 Hvězdicový sdužovač

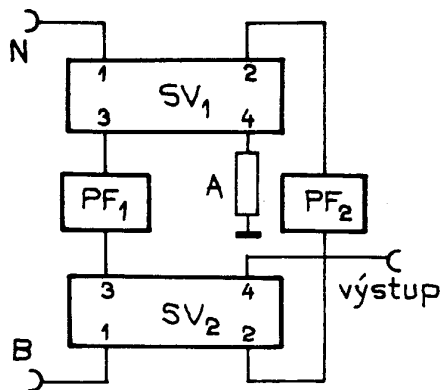
Průchozí útlum sdužovače je určen především útlumem filtru v pásmu propustnosti, přenos mezi kanálovými vstupy je omezen filtry a dále zmenšen útlumem na silně nepřizpůsobených úsecích vedení na výstupech filtrů. Všechny vstupy sdužovače jsou úzkopásmové, přizpůsobené jen v pásmu propustnosti filtru každého kanálu.

Minimální kmitočtová vzdálenost sdužovaných kanálů je omezena selektivitou použitých filtrů a v pásmu metrových vln bývá asi 2 MHz a na vyšších kmitočtech pak větší než dvojnásobek šířky pásma TV kanálu. Počet sdužovaných signálů závisí na jejich kmitočtech a možnosti volit délky úseků vedení s ohledem na impedance na výstupu sdužovače. Dodatečné zvětšení počtu vstupů sdužovače je možné, obvykle však vyžaduje výměnu kabeláže (jiné délky úseků vedení).

Při sdužování signálů zdrojů s výrazně rozdílnými výkony je třeba uvážit, že výstupní vazební obvod filtru (vazební smyčka) není namáhána jen procházejícím výkonem (vlastního kanálu), ale úměrně celkovému výkonu na výstupu sdužovače.

5.3.3 Můstkové sdužovače

Můstkový sdužovač (se směrovou vazbou, hybridní) na obr. 5-19 tvoří dva sdužovací můstky (směrové vazby) SV_1 a SV_2 , dvě pásmové propusti PF_1 a PF_2 a absorber A. Jeden ze vstupů sdužovače (N) je úzkopásmový, využitelný pro signály v pásmu propustnosti pásmových filtrů. Druhý vstup (B) je širokopásmový, omezený jen kmitočtovým rozsahem použitých mostů (směrových vazeb).

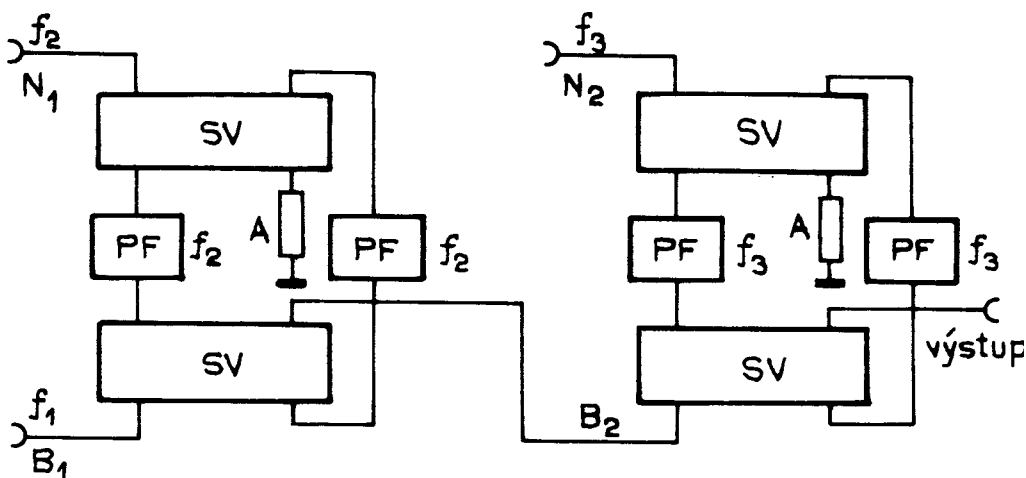


Obr. 5-19 Můstkový sdužovač

signály se sečtou soufázově na výstupu sdužovače (brána 4 můstku SV_2). Pronikání signálu do úzkopásmového vstupu N je omezeno můstkem SV_1 i útlumem filtrů. Signál na vstupu B s kmitočtem v pásmu propustnosti filtrů by však oběma filtry prošel s malým útlumem a byl by můstkem SV_1 přiveden na absorber, který tak může být i zničen.

Minimální kmitočtová vzdálenost sdužovaných signálů závisí na strmosti nárůstu útlumu filtrů a na jejich výstupní impedanci vně pásma propustnosti. Obvyklé hodnoty jsou menší než 1 MHz na nižších kmitočtech a opět asi dvojnásobkem šířky pásma TV kanálu ve vyšších kmitočtových pásmech. Oba vstupy sdužovače jsou širokopásmově přizpůsobeny a jejich vzájemné ovlivňování je velmi malé. Přenos z úzkopásmového do širokopásmového vstupu je omezen zpětným přenosem můstku, v ostatních případech navíc i útlumem filtru v nepropustném pásmu.

Popsaný sdužovací modul umožňuje sloučit dva vstupní signály výše uvedených vlastností. Pro větší počet vstupních signálů je možno kaskádně řadit dílčí moduly, kdy výstup každého modulu je připojen na širokopásmový vstup následujícího modulu v kaskádě, jak ukazuje obr. 5-20. Celkový počet vstupů sdužovače je omezen minimálním kmitočtovým odstupem mezi signály, prakticky však také nárůstem průchozího útlumu (asi o 0,1 dB pro každý další modul), případně i výkonovým přetížením sdužovacího můstku na výstupu kaskády součtem výkonů všech zdrojů.



Obr. 5-20 Kaskáda můstkových sdužovačů

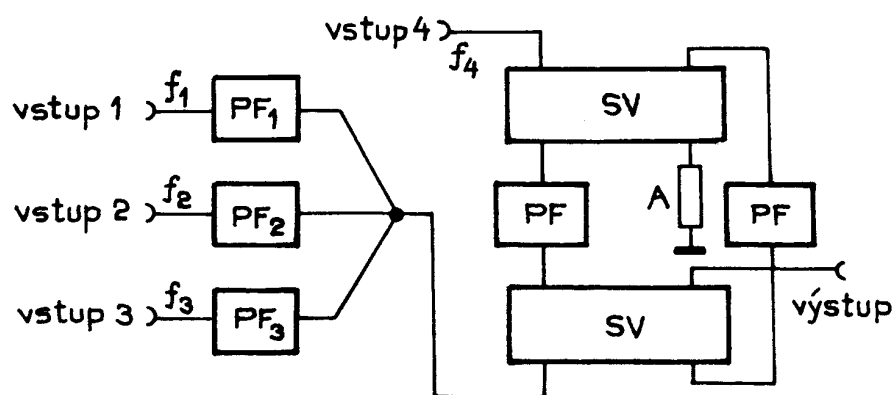
Signál, přivedený na úzkopásmový vstup N můstku SV_1 (brána 1) je rozdělen na dva stejně velké signály do bran 2 a 3. Ty pak procházejí pásmovými filtry PF_1 a PF_2 a po průchodu druhým můstkem SV_2 se soufázově skládají na jeho bráně 4 (výstup sdužovače). Na širokopásmovém vstupu B (brána 1 můstku SV_2) jsou však oba signály v protifázi a přenos do tohoto vstupu je minimální, stejně jako do absorberu na bráně 4 můstku SV_1 .

Kmitočet signálu na širokopásmovém vstupu B musí ležet mimo propustné pásmo filtrů. Tento signál (na bráně 1 můstku SV_2) je rozdělen do bran 2 a 3 tohoto můstku. Na filtrech PF_1 a PF_2 se však oba dílčí signály odráží (impedance na jejich svorkách je velmi malá) a oba odražené

I přes větší složitost a nákladnost proti předchozím mají můstkové sružovače cenné přednosti. Vedle vysokých hodnot útlumu mezi vstupy a jejich přizpůsobení v širokém pásmu kmitočtů je zvláště výhodná možnost dodatečného rozšiřování sružovače o další vstupy bez změn kabeláže či dalších prvků původního obvodu.

5.3.4 Kombinované sružovače

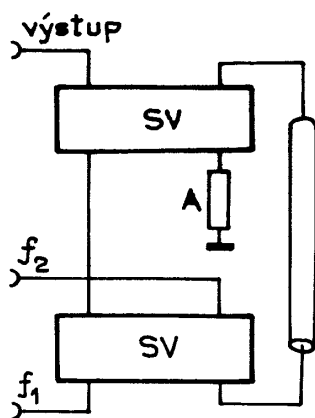
Kombinovaný sružovač (obr. 5-21) vznikne kaskádním spojením hvězdicového sružovače a jednoho nebo více můstkových sružovačů. Výstup hvězdicového sružovače se zapojí na širokopásmový vstup můstkového sružovače, na úzkopásmové vstupy můstku jsou pak připojeny další slučované signály. Oddělení úzkopásmových vstupů od vstupů hvězdicového sružovače zajišťuje sružovací můstky a je dále zvětšeno útlumem filtrů mimo propustné pásmo. Vlastnosti vstupů jsou dány jejich pozicí v obvodu, dodatečné zvětšení počtu vstupů je možné, obvykle zvětšením počtu modulů můstkového sružovače.



Obr. 5-21 Kombinovaný sružovač

5.3.5 Sružovače s vloženým vedením

Pro sloučení dvou signálů s větším odstupem kmitočtů je vhodný obvod na obr. 5-22. Jeden z pásmových filtrů můstkového sružovače je nahrazen vloženým vedením délky l , druhý pak přímým propojením odpovídajících bran můstku.



Obr. 5-22 Sružovač s vloženým vedením

Signál o kmitočtu f_1 je na bráně 1 můstku SV_1 rozdělen na poloviny. První z dílčích signálů přichází na můstek SV_2 přímo, druhý prochází vloženým vedením l . Když vložené vedení posune fázi procházejícího signálu o π , oba dílčí signály se na výstupu sružovače SV_2 sečtou ve fázi a do absorberu se nepřenese žádný výkon. Stejná situace nastane pro signál s kmitočtem f_2 na bráně 4, pokud vložené vedení posouvá při tomto kmitočtu fázi procházejícího signálu o $2m\pi$. Obě podmínky jsou splněny, když délka vedení $l = (n+1/2)\lambda_1 = n\lambda_2$, kde λ_1 a λ_2 jsou délky vlny na vloženém vedení při kmitočtech f_1 a f_2 . Délka vloženého vedení vychází velká při malém odstupě kmitočtů sružovaných signálů a současně roste útlum tohoto vedení a realizační nároky.

Sdružovač s vloženým vedením je konstrukčně jednoduchý a neobsahuje nákladné pásmové propusti. Při změně kmitočtu některého ze slučovaných signálů je však nutno vyměnit vložené vedení. Oba vstupy sdružovače jsou širokopásmově přizpůsobeny a průchozí útlum určují především vlastnosti sdružovacích můstků. Mimo propustné pásmo je však útlum velký jen na kmitočtu signálu na zbývajícím vstupu a mimo propouštěné pásmo kanálu narůstá poměrně pomalu.

Popsané sdružovače umožňují sloučení signálů vysílačů s předem známými kmitočty. Pro připojení přeladitelného záložního vysílače lze rozšířit kaskádu můstkových sdružovačů o jeden stupeň a na širokopásmový vstup prvního můstku kaskády připojit trvale záložní vysílač. V případě poruchy některého z provozních vysílačů se přepínačem odpojí a překlene blok sdružovače s vadným vysílačem, aby nedošlo k poškození jeho absorberu. Na výstup sdružovače pak přichází signál záložního vysílače a vadný vysílač včetně bloku sdružovače je možno opravit.

Literatura

- [1] Hauška, M.: Klasický antifading či ARPO? Telekomunikace, 1979, č.5, s. 67-70, č.6, s. 83-86
- [2] Hauška, M.: Co je ARPO II. Telekomunikace, 1985, č.6, s.84-86
- [3] Svoboda, M.: Antény se sníženým počtem izolátorů. Telekomunikace, 1986, č.7, s. 99-100
- [4] Šimíček, B.: Antény pro televizní a rozhlasové vysílání na VKV. Praha, NADAS, 1989
- [5] Roztočil, M.-Šimíček, B.: Výstavba rozhlasových atenních systémů v pásmu VKV II u vysílacích zařízení Českých radiokomunikací, a.s. Telekomunikace, 1996,č. 12, s. 183-184
- [6] Vrba, J.: Řešení laminátových krytů. Telekomunikace, 1985, č.5, s. 69-70