

VYSOKÉ TATRY 1980

CELOSLOVENSKÝ DOŠKOĽOVACÍ SEMINÁR

ZBORNÍK PREDNÁŠOK



SMĚROVÉ ANTENY YAGI PRO KRÁTKOVLNNÁ PÁSMA.

Milan Dlabač - OK 1 AWZ

Běžné dvou nebo třielementové YAGI anteny jsou napohled velmi jednoduché anteny. Jsou to kusy trubiček, které jsou nějakým způsobem nařezány a sešroubovány dohromady. Ale odkud se bere zisk takové anteny, co magického je skryto v pasivních prvcích, které ač nejsou spojeny s napájeným prvkem, přece při přiblížení k němu způsobují zisk celé soustavy. To jsou otázky, na které se budeme snažit odpovědět.

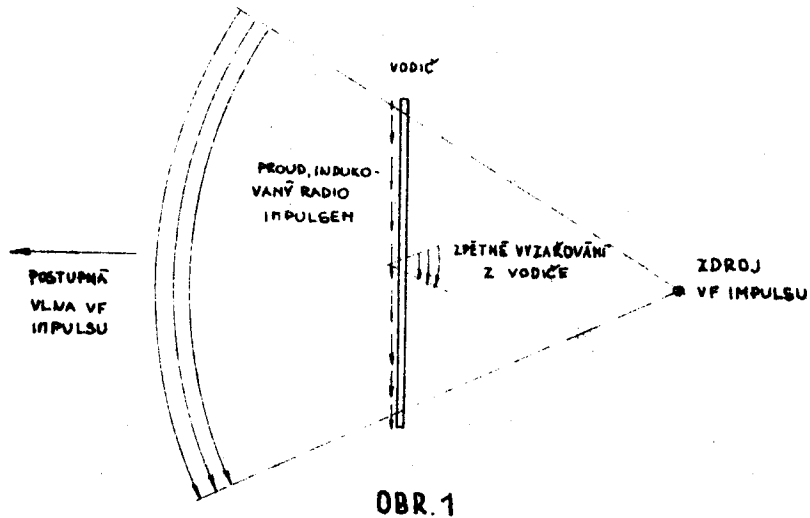
Vyhňeme se matematickému řešení komplexních rovnic, které plynou z teorie reciprocity, budeme se spíš snažit vysvětlit tyto problémy zjednodušeně pomocí základů fyziky.

A - Příjem radiových signálů a jejich zpětné vyřazování.

Radiová vlna vyzářená vysilačem se pohybuje dialektrikem jakým je atmosféra země, prakticky bez útlumu. Potká-li volné elektrony, předá jim část své energie. Tuto energii pak znovu elektron vyzáří.

Tento děj neprobíhá jen v ionosféře při odražení radiových vln, ale děje se všude tam, kde je přebytek volných elektronů, například v kovech. Jestliže radiová vlna dopadne na vodič, budou se volné elektrony ve vodiči pohybovat ve směru vektoru elektrického pole dopadající vlny.

Nyní si představme, že vysokofrekvenční impuls, který dopadá na vodič, je velice krátký. Tento impuls vyvolá ve vodiči proud, který se po odeznění impulsu velice rychle zmenšuje. Jelikož má vodič ohmický odpor, část indukované energie se promění v teplo jako ztráty I^2R , zbytek energie je pohybem elektronu znovuvyřazen do prostoru.

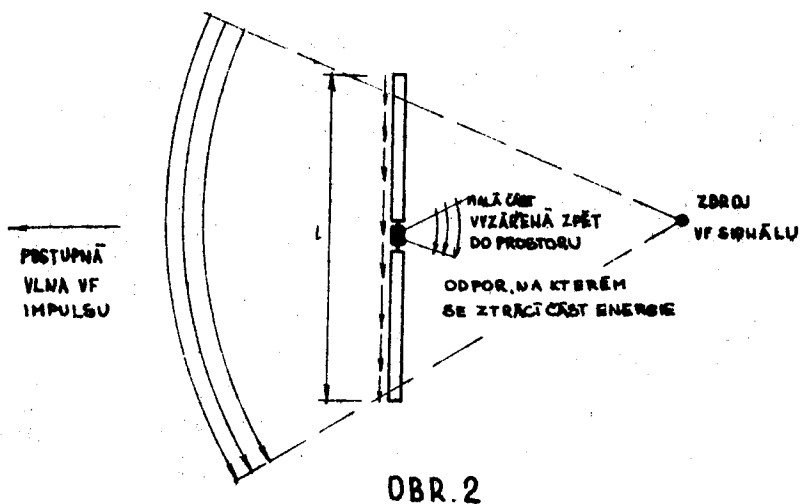


Obecně řečeno, jakékoliv vodivé prostředí odebírá část radiové energie v prostoru. Z této indukované energie zase část zpětně do prostoru vyzařuje.

Nyní, když jsme si vyložili tento základní poznatek, podíváme se na nejjednodušší antenu a prozkoumáme jak funguje.

Rezonanční anténa.

Abychom zvýšili energii, kterou odebíráme dopadající vlně, zapojíme do antény odpor.



Vysokofrekvenční vlna dopadá na anténu a vybudí v ní proud I . Tento proud, protékající zátěží R si můžeme představit jako sumu všech proudů, indukovaných v každé elementární části anteny. Pokud jsou všechny tyto proudy ve fázi, je energie odejmuta radiové vlně maximální. Tento stav správného fázování elementárních proudů se nazývá resonance. Ta nastane, pokud je správný vztah mezi délkou anteny a frekvencí dopadající vlny. Obvykle resonanční délkou myslíme délky násobků $\frac{\lambda}{2}$ někdy též $\frac{\lambda}{4}$. Pokud budeme dále mluvit o resonanční délce, bude tím myšlena půlvlnná resonance.

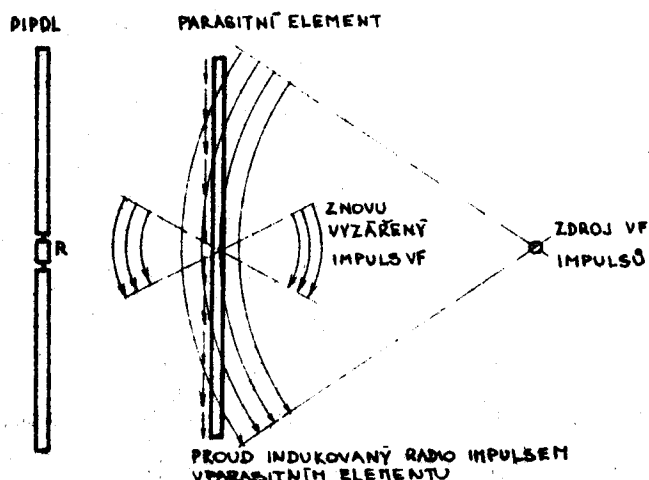
Abychom měli největší účinnost přeměny energie z anteny do zatěžovacího odporu musí být antena resonanční. Musíme však splnit ještě jeden požadavek.

Zatěžovací odpor R musí být ekvivalentní vyzařovacímu odporu anteny. Jinými slovy - systém musí být přizpůsoben. Vyzařovací odpor je fiktivní hodnota, kterou většinou nelze změřit, ale můžeme ji definovat jako hodnotu odporu, který zapojen místo anteny pohltí stejné množství energie, která by byla touto antenou vyzařena. Lze ho určit výpočtem z rozměrů anteny, konfigurace systému, výšky nad zemí a dalších faktorů. U dipolu je to hodnota odporu, kterou lze přímo změřit ve středu dipolu a rovná se vstupnímu odporu.

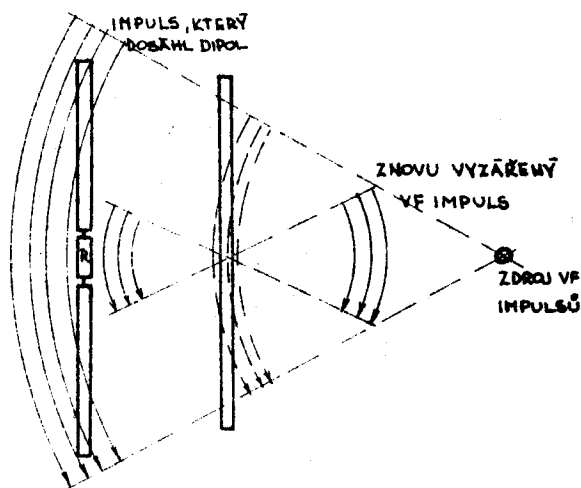
V našem případě přizpůsobená antena dodá na svorky přijímače značnou část energie, odejmuté z dopadající vlny a malou část vyzáří. Ještě si všimněme, že zátěž je umístěna v místě maximálního proudu.

Parasitní element.

Resonanční tyč, pokud nebude připojena k zátěži bude zpětně vyzařovat prakticky veškerou energii, která na ni dopadne. Nyní si představíme, že máme v prostoru správně zakončený dipol, v jehož blízkosti je umístěn parasitní element.

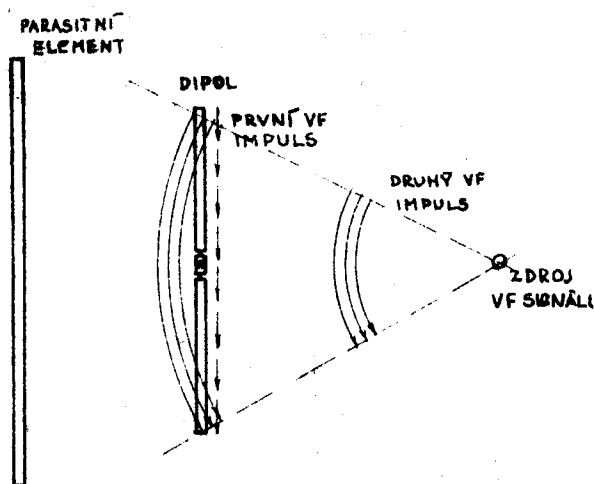


Vysokofrekvenční impuls dopadne nejdříve na parazitní prvek, který vyzáří většinu dopadající energie. Na dipol dopadne za krátký časový okamžik jak přímý vysokofrekvenční impuls, tak i energie zpětně vyzářená parazitním elementem. Pokud správným nastavením zaručíme, že energie vyzářená parazitním elementem bude ve fázi s přímým dopadajícím impulsem, energie se sečtou.



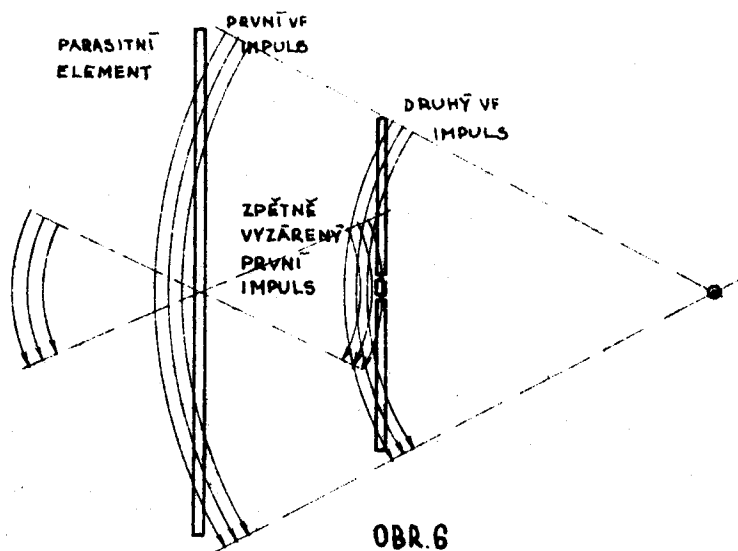
OBR.4

Parazitní element lze umístit i za dipol směrem od zdroje.



OBR.5

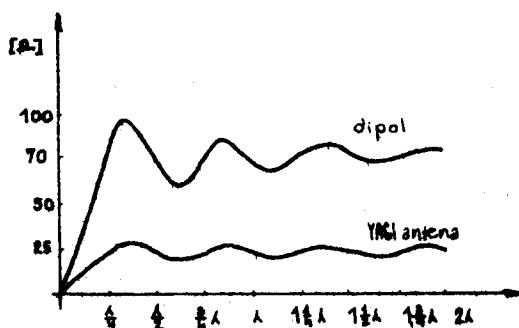
V tomto případě dopadá vf energie nejdříve na dipol. Za nějaký časový úsek první vysokofrekvenční impuls dopadne na parazitní element. Tento impuls je znovu parazitním prvkem vyzářen.



Pokud je délka a vzdálenost parazitního prvku od dipolu správná, zpětně vyzářený vf impuls se sečte s následujícím vf impulsem, který právě na dipol dopadl. Parazitní prvek, který zesiluje vf energii, která postupuje od něho k dipolu /obr. 3, 4/ se nazývá direktor prvek, který zesiluje energii opačného směru /obr. 5, 6/ se nazývá reflektor. V praxi jsou nejvíce používány dvou a tří-elementové systémy. Tyto anteny nazýváme YAGI antenami podle japonského vědce, který matematickou teorii těchto anten jako první uceleně zpracoval.

Vstupní odpor YAGI anteny.

Nejdříve si vezměme samotný dipol. Jeho vstupní odpor je asi 75 ohm a osciluje kolem této hodnoty v závislosti jeho výšky nad zemí.



OBR. 7

Je tedy možné použít přímo koax. kabel 75 ohm. Přidáme-li jeden či dva parazitní prvky, vyzařovací odpor anteny klesne na hodnotu kolem 25 ohm. Tato hodnota je funkcí výšky nad zemí, počtu parazitních prvků jejich odstupu od dipolu a nastavení každého elementu. Tyto závislosti opravdu platí i v praxi a při jejich znalosti lze každou YAGI antenu dostat poměrně bez problémů do požadovaných parametrů. Jak tyto závislosti fungují a jak jich využívat si ukážeme v dalších kapitolách.

Výkonový systém YAGI anten.

Při každém určování, či měření výkonového zisku musíme definovat antenu, ke které je tento zisk vztažen. Veškeré výkonové zisky anten budou zde uvažovány proti dipolu ve stejné výšce nad zemí.

Jaký zisk tedy můžeme prakticky očekávat od jednotlivých typů YAGI anten na krátkovlnných pásmech? U dvuelementové anteny kombinace dipol, direktor lze dosáhnout maximálního zisku 5,5 dB při nastavení na max. zisk, u kombinace dipol reflektor asi 5,0 dB. Dalším přidáním jednoho direktoru stoupne zisk na 7,0 až 8,5 dB v závislosti na délce nosného ráhna anteny. U čtyřelementové anteny lze očekávat zisk 8,5 až 9 dB. Obecně lze říci, že zdvojení počtu prvků /nadminimum dvou/ zvýší zisk o 3 dB nebo méně.

Předozadní poměr.

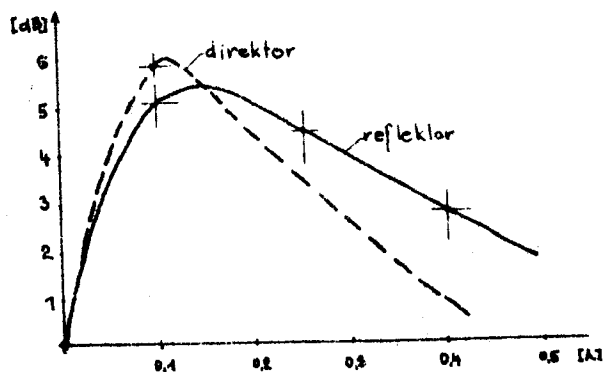
Předozadní poměr YAGI anteny je poměr výkonu vyzařovaného do požadovaného směru k výkonu vyzařovaného na opačnou stranu. Hodnota předozadního poměru se mění v závislosti na vertikálním vyzařovacím úhlu, výšce anteny nad zemí a vzdálenosti od okolních předmětů. Tento poměr se mění u tříelementové optimálně nastavené anteny od 10 do 30 dB.

Použitelná šíře pásma.

Zatím jsme se zmínili pouze o zisku a předozadním poměru. Je zde ještě třetí neméně důležitý parametr a to je použitelná šířka pásma. Z těchto tří uvedených veličin je vždy některá na úkor zbývajících. Např. při nastavení na maximální zisk se použitelná šířka pásma zmenšuje, též předozadní poměr je horší. Zjednodušeně si můžeme zapamatovat pravidlo, že pokud u tříelementové anteny označíme za dolní hranici kmitočet, na kterém je reflektor samoresonanční a horní kmitočet, na kterém je direktor samoresonanční, jsou to právě meze, kde ještě lze antenu použít. Jak uvidíme dále, je to důvod k tomu, že při návrhu volíme resonanční kmitočet reflektoru a direktoru vždy mimo, to je pod a nad okrajové kmitočty požadovaného pásma.

B - Dvouprvková YAGI antena.

Mějme dvouprvkový systém, zářič a parazitní prvek. Zářič je naladěn do středu požadovaného pásma. Nyní budeme sledovat, jak se mění zisk této anteny jako funkce vzdálenosti parazitního prvku od dipolu, přičemž pro každou vzdálenost doladíme délku parazitního prvku na maximální zisk.



OBR. 8

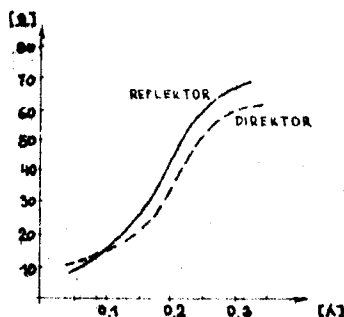
Obrázek neuvažuje ohmické ztráty v prvcích, proto je prakticky dosažený zisk menší, zvláště pro malé odstupy. Vidíme, že maxima zisku pro laděný prvek jako direktor dosáhneme při odstupu $0,11 \lambda$ a pro reflektor při odstupu $0,15 \lambda$.

Během tohoto měření bychom zjistili, že jen ve dvou případech dosáhneme maxima zisku při rezonanční délce parazitního prvku /délka direktoru - reflektoru, je stejná jako zářiče - dipolu/. Je to po odstupu $0,1 \lambda$ u direktoru a $0,25 \lambda$ u reflektoru. Je-li reflektor blíže než $0,25 \lambda$ a to je prakticky u všech YAGI anten, je nutné jeho délku prodlužovat a to tím více, čím je blíže k zářiči. V teoretickém případě lze tedy dojít k paradoxu, že při odstupu větším než $0,25 \lambda$ je reflektor kratší než zářič. Vidíme, že vžitý axiom většiny amatérů - udělá delší prvek a to je reflektor - v tomto případě neplatí. Stejnou závislost shledáme u direktoru. Abychom zachovali maximální zisk pro odstup direktoru větší než $0,1 \lambda$ je nutné jeho délku zkracovat a to tím více, čím je umístěn ve větší vzdálenosti. Při odstupech menších než $0,1 \lambda$ musí být direktor delší než zářič.

Prakticky naměřené hodnoty ukazují, že pro maximální zisk v případě direktoru musí být parazitní prvek asi o 7 % kratší a v případě reflektoru asi o 8 % delší.

Vstupní impedance anteny.

V předchozí části jsme sledovali jak se mění zisk v závislosti na vzdálenosti. Provedeme toto měření ještě jednou s tím rozdílem, že nyní budeme měřit vstupní impedanci na svorkách zářiče. Naměřené hodnoty reálné složky této impedance t. j. vyzařovacího odporu anteny jsou vyneseny v obr. 9.



OBR.9

Vidíme, že pro odstupy kolem $0,1\lambda$ je vyzařovací odpor velice malý, kolem 14 ohm. Pro tyto malé odstupy je tedy velice těžké zachovat vysokou účinnost vyzařování, protože část energie přivedené do anteny se zmaří na tepelné ztráty v konečném ztrátovém odporu systému. Tento ztrátový odpor lze snížit použitím hliníkových trubek většího průměru a pečlivým provedením všech spojů.

Též stojaté vlny napětí a proudu na prvcích anteny dosahují značných hodnot, proto je v tomto případě velice neefektivní užití drátových elementů nesených izolátory - dielektrické ztráty vysokým napětím na konci anteny.

Abychom plně postáhli vlivy parazitních prvků, je nutno říci, že vlivem vzájemné impedance mezi prvky dochází k "rozladění zářiče". Tento efekt je zase funkce vzdálenosti. Zjednodušeně lze říci, že zářič se chová jako delší při přidání parazitního prvku, přičemž vliv je větší v případě reflektoru než direktoru. Zářič je tedy pro oba případy kratší, přičemž by měl být o trochu delší v případě direktoru než v případě reflektoru. Toto rozladění je proto, že vzájemná impedance obou prvků má nejen reálnou část, což způsobuje snížení vyzařovacího odporu systému, ale i imaginární část, přes kterou je ovlivněn rezonanční kmitočet zářiče.

Má-li tedy volit z obou typů anten zářič - direktor a zářič - reflektor mnoho radioamatérů volí raději zářič-reflektor přesto, že dosažený zisk menší asi o 0,5 dB. Je to proto, že při tomto odstupu vyzařovací odpor klesne jen na hodnotu asi 25 až 30 ohm. Tím lze snadněji dosáhnout dobré účinnosti, též ladění anteny je méně citlivé na nepřesnosti při ladění a antena je širokopásmovější.

Předozadní poměr.

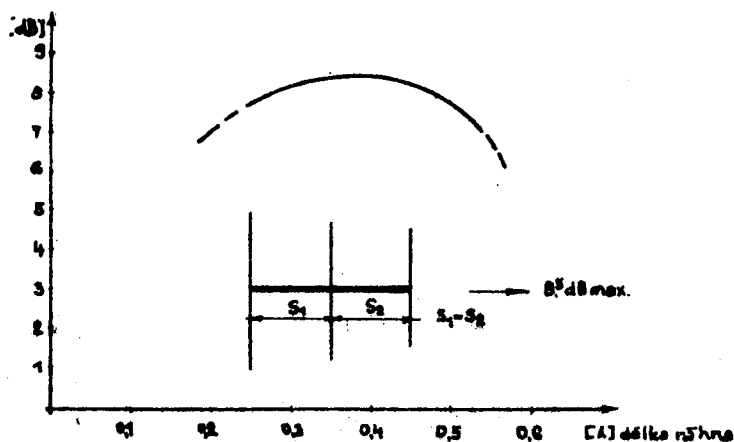
Bohužel podmínky pro nastavení na maximální zisk nedávají maximum potlačení vyzařování dozadu. Je nutné oželeť nějaký zisk na úkor dosažení maximálního předozadního poměru. K dosažení maxima potlačení dozadu je nutné v případě reflektoru nastavit jeho délku poněkud větší než by byla při nastavení na maximální zisk, přičemž je dobré užít větších odstupů - do $0,25\lambda$. V případě direktoru je

nutné zkrácení při odstupu $0,1\lambda$ a více. Dále platí, že ladění na maximální předozadní poměr je daleko více kritické, než při ladění na maximální zisk. Jako příklad uvedu typické hodnoty pro dvouprvkový systém:

S optimálně nastaveným direktorem na max. zisk při odstupu $0,11\lambda$ byl předozadní poměr $5,5$ dB. Po správném doladění na max. předozadní poměr stoupla jeho hodnota na 17 dB, zisk klesl o 1 dB.

C - Tříprvková antena YAGI.

Nyní přidáme ještě jeden element. Antena se skládá z direktoru, zářiče a reflektoru. Zisk se pohybuje v rozmezí $6 - 8,5$ dB, přičemž maxima lze dosáhnout při délce nosného ráhna $0,36\lambda$ a velice úzkopásmovém nastavení.



OBR.10

Při odstupu $0,15\lambda$ klesne zisk o jeden dB, při odstupu $0,1\lambda$ dosáhne hodnoty 7 dB. Zde je hranice použitelnosti, další zmenšování odstupu přináší prudké snížení účinnosti. Dříve byly v módě tzv. "wide spaced beams" t. j. anteny s odstupy $0,2$ až $0,25\lambda$, přičemž bylo věžito mínění, že toto řešení přináší větší hodnotu předozadního poměru a zisku. Není to tak dalece pravda. Tyto anteny mají nižší Q , t. j. jsou širokopásmovější a dosahují vyšších hodnot vyzařovacího odporu. Z toho plyne snadnější nastavení a menší nároky na znalosti při nastavení a přesnost provedení anteny. Při pečlivém návrhu a provedení systému však lze snížit tyto rozměry o 25%

při ekvivalentních parametrech. Vyzařovací odpor je velice citlivý na změny vzdálenosti a délky direktoru. Např. změna délky z 0,48 λ na 0,42 λ způsobí změnu vyzařovacího odporu z 10 na 60 ohm. Z toho pak plyne mírný pokles zisku a zvětšení šířky pásma.

Lze říci, že správně nastavený tříprvkový systém má vyzařovací odpor v rozmezí 18 až 25 ohm. Předozadní poměr kolísá mezi 15 až 25 dB. Je nutno poukázat na složitost určení tohoto poměru. Je závislý na vertikálním úhlu, pod kterým signál zezadu přichází, dále může přicházet po několika odrazech od okolních předmětů. Z těchto důvodů na různých signálech můžeme naměřit předozadní poměr od 10 do 60 dB.

D - Návrh parazitních antenních systémů YAGI.

Jak jsem již uvedl dříve, tři základní požadavky musí být splněny pro správnou funkci směrového systému:

- 1/ Napájený prvek musí rezonovat ve středu požadovaného pásma.
- 2/ Napájený prvek musí vykazovat na svých svorkách nebo na svorkách přizpůsobovacího obvodu impedanci shodnou s charakteristickou impedancí napájecího vedení.
- 3/ Žádný z parazitních prvků nesmí rezonovat s požadovaným pracovním pásmu kmitočtů.

Předladěné antenní systémy YAGI.

Je známo, že víceprvkové antenní systémy YAGI mohou být předladěny na zemi na rozměry, které byly zjištěny dlouhým výzkumem ve vývojových pracovištích a potvrzeny měřeními na modelech. Tyto rozměry dávají tak dobré výsledky, že není nutné zdlouhavé a poměrně obtížné ladění po vyzvednutí do pracovní výšky. Kdo by chtěl se pustit do přesného naladění, měl by si být vědom toho, že mu to zřídka kdy přinese znatelné zlepšení zisku. Jediným přínosem může být zlepšení předozadního poměru o několik dB. Většina z nás proto vezme s povděkem hodnoty zisku a předozadního poměru, které nám zaručí nastavené rozměry na zemi, přičemž ladění ve výšce se zúží jen na nastavení přizpůsob-

vacího členu.

Nejdříve tedy rozměry pro dvouprvkové YAGI anteny, pro 10 m platí poněkud odlišné rozměry vzhledem k větší šířce pásma.

TAB.1

DVOUPRVKOVÝ PARASIT SYSTEM PRO 10 m	DVOUPRVKOVÝ PARASIT SYSTEM PRO 40, 20, 15, 10 m
VÝKONOVÝ ZISK : 4,8 dB PŘEDOZADNÍ POMĚR : 12 dB VYZAROVACÍ ODPOR : 20 Ω	VÝKONOVÝ ZISK : 5,8 dB PŘEDOZADNÍ POMĚR : 12 dB VYZAROVACÍ ODPOR : 18 Ω
ZÁŘEČ DĚLKA = $\frac{100}{f [MHz]}$ DIREKTOR DĚLKA = $\frac{130}{f [MHz]}$ VZDÁLENOST PRVKŮ = $\frac{26,37}{f [MHz]}$	ZÁŘEČ DĚLKA [m] = $\frac{100}{f [MHz]}$ DIREKTOR DĚLKA = $\frac{130}{f [MHz]}$ VZDÁLENOST PRVKŮ = $\frac{26,37}{f [MHz]}$
ŠÍŘKA PÁSMO pro ČSV 1,75/1 1,6 MHz	ŠÍŘKA PÁSMO PRO ČSV 1,75/1 180 kHz pro 40m 495 kHz pro 20m 700 kHz pro 15m 875 kHz pro 10m
PRŮMĚR PRVKŮ 30 mm	PRŮMĚR PRVKŮ 50 mm pro 40m 30 mm pro 20m 25 mm pro 15m 20 mm pro 10m

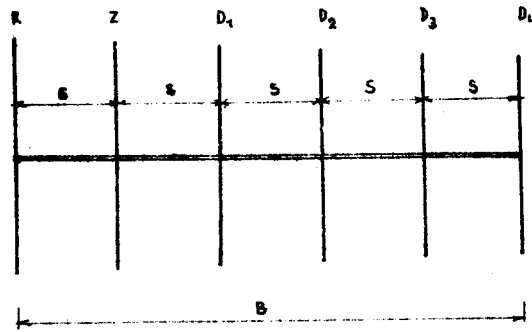
Šířka pásma pro ČSV 1,75/1 platí pro gamma přizpůsobení. Při použití skládaného dipolu nebo omega přizpůsobení bude šířka pásma o něco větší. Též délka zářiče při použití omega přizpůsobení bude menší, viz kap. přizpůsobení. Přidáním dalších direktorů lze zisk zvyšovat. Pro tříprvkový systém platí tabulka číslo 2.

TAB. 2

3 PRVKOVÝ ANTENNÍ SYSTEM PRO 10 M	3 PRVKOVÝ ANTENNÍ SYSTEM PRO 20, 15, 10 M
VÝKONOVÝ ZISK = 7,5-8 dB PŘEDOZADNÍ POMĚR = 20 dB VYZAROVACÍ ODPOR = 22 Ω	VÝKONOVÝ ZISK = 8-8,5 dB PŘEDOZADNÍ POMĚR = 25 dB VYZAROVACÍ ODPOR = 20 Ω
ZÁŘEČ DĚLKA [m] = $\frac{100}{f [MHz]}$ DIREKTOR DĚLKA [m] = $\frac{128,89}{f [MHz]}$ REFLEKTOR DĚLKA [m] = $\frac{152,82}{f [MHz]}$ VZDÁLENOST PRVKŮ [m] = $\frac{36,37}{f [MHz]}$	ZÁŘEČ DĚLKA [m] = $\frac{100}{f [MHz]}$ DIREKTOR DĚLKA [m] = $\frac{128,84}{f [MHz]}$ REFLEKTOR DĚLKA [m] = $\frac{152,77}{f [MHz]}$ VZDÁLENOST PRVKŮ [m] = $\frac{36,37}{f [MHz]}$
ŠÍŘKA PÁSMO PRO 1,75/1 1,25 MHz	ŠÍŘKA PÁSMO PRO 1,75/1 400 kHz pro 20m 800 kHz pro 15m 1000 kHz pro 10m
PRŮMĚR PRVKŮ 30 mm	PRŮMĚR PRVKŮ 30 mm pro 20m 25 mm pro 15m 20 mm pro 10m

Přidáním dalších direktorů lze zisk dále zvyšovat, např. rozšíření tříprvkové YAGI pro 10 m o 3 direktory přinese další zvýšení zisku o 3 dB, t. j. lze předpokládat celkový zisk 10,5 až 11 dB, přičemž šířka pásma klesne asi na 70 % z uváděné hodnoty pro 10 m pásma.

Pro antenní fandy uvádím rozměry anten " LONG JOHN " :

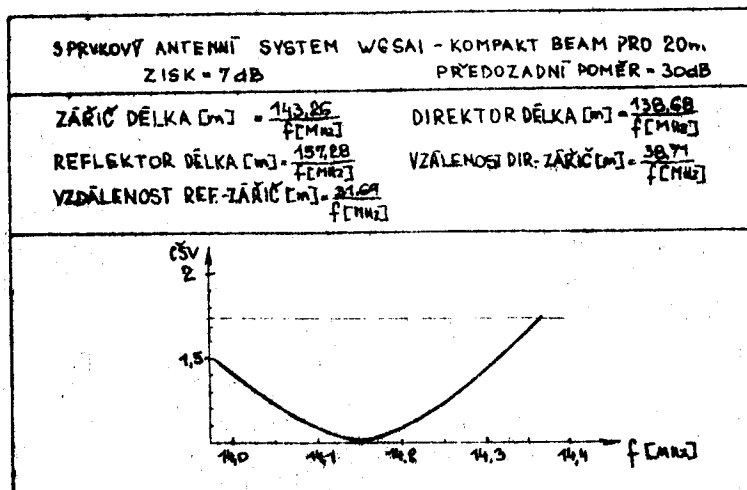


MSMO	R	Z	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	S	B
20m	10,16	10,21	9,55	9,15	2,74	14,08		
15m	7,16	6,88	6,25	6,09	2,13	10,82		
10m	5,38	5,05	4,63	4,52	1,60	8,07		

OBR.11

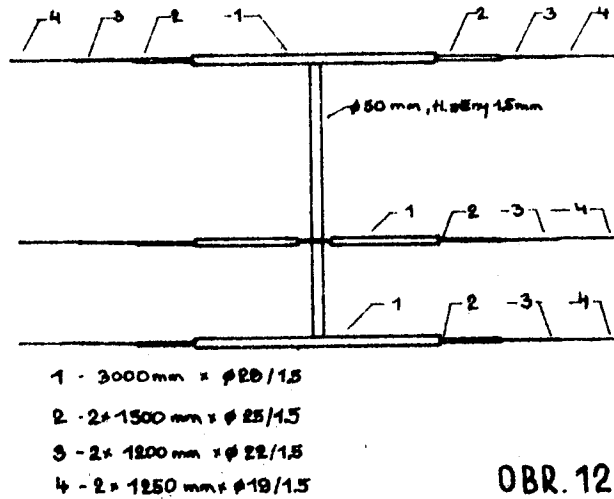
Jako posledního typu si všimneme anten, jejichž rozměry jsou zmenšeny. Popíši zde tak zvaný kompaktní 3prvkový systém, jehož autorem je W6SAI.

Jak jsem již uvedl, pozdější a přesnější měření ukázala, že při snížení délky nosného ráhna z 0,5λ na 0,2λ zmenší se zisk anteny o 0,5 dB. Spolu se snížením zisku se samozřejmě zužuje pásmo použitelných kmitočtů, ale 20m pásmo je naštěstí relativně úzké, takže právě toto pásmo je pro zmenšování rozměrů, v tomto případě délky ráhna vhodné. Dalším přínosem této anteny je vyšší předozadní poměr, který je daný větší vzájemnou vazbou prvků. Elektrické parametry kompaktního beamu W6SAI uvádí tabulka 3.



TAB.3

Mechanicky je antena provedena takto:



OBR. 12

Obdobně jsou provedeny ostatní prvky. Zářič je středu přerušen a je zde použit indukto-match, nebo-li beta přizpůsobení.

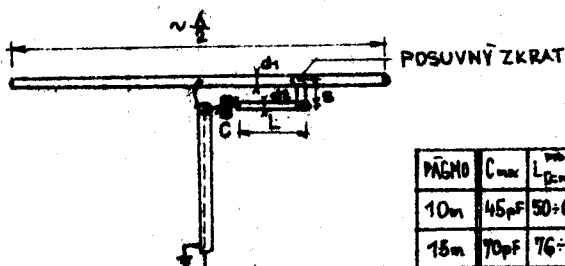
Dále by do této kapitoly patřily různým způsobem zkracované anteny pro 40m pásmo - antena 402BA firmy MY-GAIN, která užívá lineárně skládaných prvků, antena TBA402 firmy SWAN, která užívá indukčnosti ve středu elementů atd. Rozsah článku by překročil požadovaný rámec, tyto anteny se budu snažit zvěřejnit v Radioamaterském zpravodaji později.

Nyní se podíváme jakým způsobem vstupní odpor systému přetransformujeme na požadovanou charakteristickou impedanci napaječe.

E - Přizpůsobovací články pro YAGI anteny.

Z množství různých typů přizpůsobovacích článků určených pro různé typy napájecích vedení, vybírám 3, které si popíšeme a rozebereme jejich výhody, či nevýhody. Jsou to přizpůsobovací články gama, omega a beta. Beta článek bývá v literatuře nazýván též indukto-match.

Gama článek.



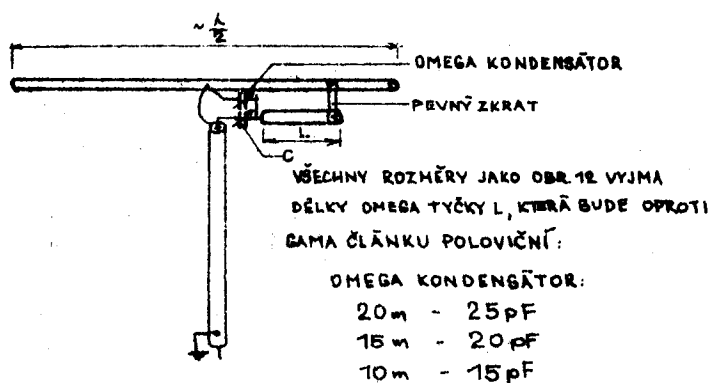
PÁSMO	Cmax	L [pF]	L [mH]	S [dB]	d1 [cm]	d2 [cm]
10m	45 pF	50-61	80	10	25-30	6
15m	70 pF	76-91	120	13	2,5	10
20m	130 pF	101-122	170	15	3,5	12-13

OBR. 13

Článek zaručuje transformaci vyzařovacího odporu YAGI anteny na charakteristickou impedanci napájecího vedení, rozměry jsou uvedeny pro 52 a 75 ohm. Gama článek zaručuje možnost plynulého nastavení transformačního poměru posouváním zkratu a zrušení indukčnosti gama tyčky resonanční kondensátorem C.

Impedanční transformace je definována délkou gama tyčky vzdáleností S a poměrem průměrů d 1 a d 2. Dokud je průměr gama tyčky větší nebo vzdálenost S menší, je nutné pro dosažení správné transformace délku gama tyčky prodloužit. Průměr gama tyčky by měl být asi 4 x menší a její vzdálenost S rovná 4 průměrům napájeného prvku. Postup nastavení si popíšeme později.

Omega článek.

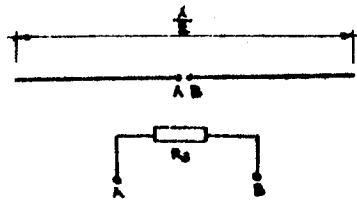


OBR. 14

Porovnáme-li obrázky 13 až 14, vidíme, že omega článek je zlepšenou verzí gama článku. Má jednu velkou výhodu při nastavování, není třeba pohybovat zkratem, odpadá tedy pracné manipulování na stožáru či střeše, stačí jen zatočit šroubovákem.

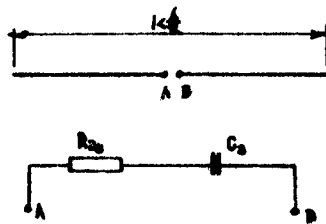
Beta článek.

Tento přizpůsobovací článek je poměrně novou záležitostí a pro svoje nesporné výhody ho používá stále větší množství antenních firem. Rozebereme si jej trochu podrobněji. Představme si zářič YAGI anteny, který je uprostřed přerušen a upevněn na izolátorech. Na jeho svorkách A - B lze naměřit vstupní impedanci systému. Je-li antena v rezonanci, naměříme zde přímo vyzařovací odpor anteny. Viz obr. 15.



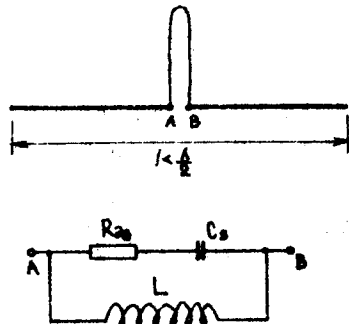
OBR.15

Tato hodnota vyzařovacího odporu se může pohybovat v rozmezí 10 - 40 ohm pro 2 - 4 el systémy. Nyní zářič zkrátíme:



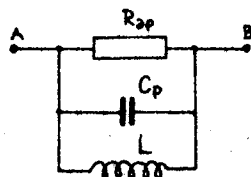
OBR.16

Zářič se o málo kratší, na svorkách AB naměříme nyní seriové složky vstupní impedance R_{as} a C_s . R_{as} je 10 - 40 ohm, C_s stovky až tisíce pF. Nyní přes svorky AB připojíme smyčku drátu, která representuje indukčnost L .



OBR.17

To je základní schema beta přizpůsobení. Lze je překreslit a přepočítat na paralelní složky:



OBR.18

Pro obrázek 18 platí: $R_{ap} = R_{as} \times (1 + Q^2)$

$$Q = \frac{1}{\omega R_{as} C_s}$$

$$C_p = \frac{C_s}{1 + \frac{1}{Q^2}}$$

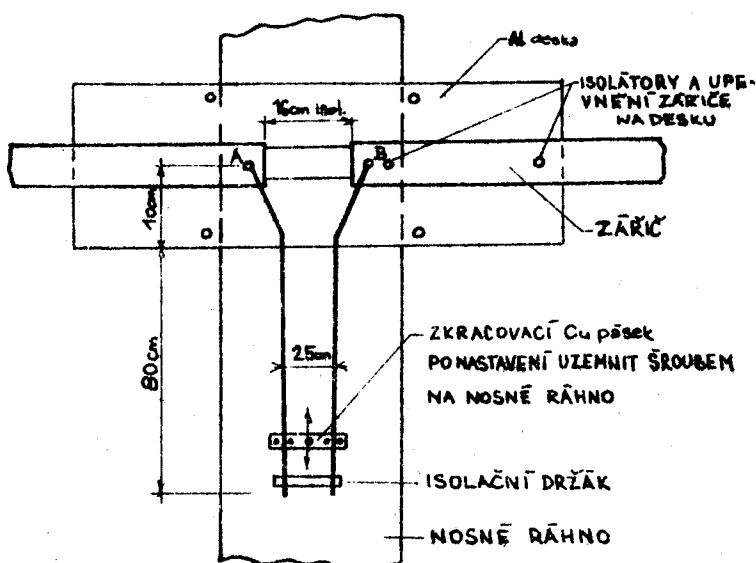
Pokud nám na našem požadovaném kmitočtu bude rezonovat C_p a L , zůstane nám na svorkách jen R_{ap} .

My však potřebujeme, aby R_{ap} byl 75 ohm. Z toho vyplývá, že Q musí být řádově jednotky, aby se nám R_{as} transformoval na 75 ohm. To nám ale opravdu obvod splňuje. Pokud bychom dosadili informativní hodnoty, které byly uvedeny výše, vidíme, že Q je opravdu nízké.

Velikostí Q tedy měníme transformační poměr $/Q$ ovlivňujeme délkou zářiče, čím kratší, tím větší Q a změnou indukčnosti L doladuje obvod do resonance. V praxi se celé nastavování beta článku zúží jen na změny indukčnosti posuvným zkratem. Tento článek je bezesporu nejlepším způsobem, jak přizpůsobit YAGI antenu. Oproti gama či omega článku je daleko širokopásmovější, např. gama článek na 20m u 4el YAGI pracoval uspokojivě jen v pásmu 150 - 200 kHz, kdežto beta článek spolehlivě po celém pásmu. Je fakt, že beta článek je pracnější, vyžaduje izolované mechanické uchycení obou půlek zářiče, ale výsledky hovoří za vše.

Dalším problémem, o kterém se ještě nehovořilo, je šilhání a nebezpečí vyzařování pláště koaxiálu u nesymetrických gama a omega. U bety je vstup antenního systému symetrický, toto nebezpečí tedy odpadá. Beta článek však vyžaduje použití symetrisátoru.

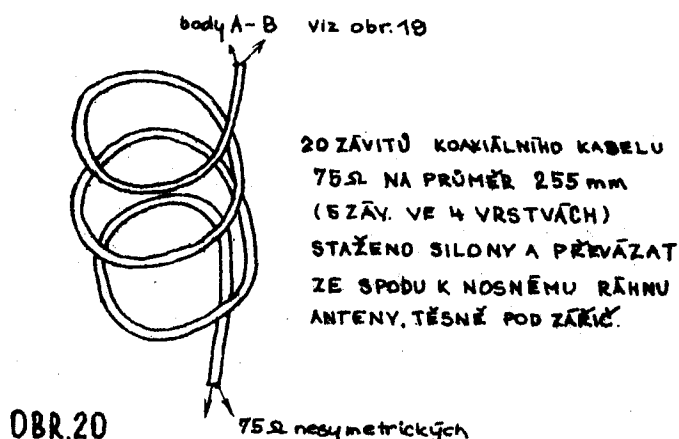
Nyní tedy praktické provedení beta článku, které je v tomto provedení možno užít beze změn u kompaktního beamu W6SA1:



OBR.19

Výška přizpůsobení nad ráhno je 3 cm a je držena isolačním držákem. Vstupní impedance 75 ohm symetrických je mezi body AB. Je možné užít jednoduchého symetrisátoru navinutého z koaxiálního kabelu, nebo jen

jednoduše udělat cívku, která svou indukčností zamezí vf proudu téci po plášti.



F - Měření a nastavování YAGI anten.

K nastavení antenního systému budeme potřebovat samozřejmě určité nejnужnější vybavení měřicími přístroji. Bez nich to prostě nejde. Jsou to: měřič činitele stojatého vlnění /ČSV metr/ grid-dip metr, přesný přijímač a dobrým pomocníkem je i Antennascop. Tento zjednodušený impedanční můstek byl již popsán též v Amatérském radiu, chtěl bych jen zdůraznit, že měří jen reálnou složku impedance a pokud je na svorkách obecná impedance, lze velikost imaginární složky určovat jen z ostrosti poklesu výchylky měřidla.

Nyní se můžeme pustit do měření, které lze rozdělit na dvě části;

- 1/ Kontrola zářiče
- 2/ Kontrola přizpůsobovacího článku

Toto měření se provádí rozdílně podle toho máme-li zářič uprostřed přerušen nebo používáme-li gama či omega přizpůsobení.

F 1 Zářič je uprostřed přerušen a upevněn izolovaně.

1/ Kontrola zářiče:

Antena by měla být umístěna ve výšce, ve které bude užívána. Pokud to není možné z důvodu přístupu, lze antenu umístit na pomocný sloup nebo šebřík v minimální výšce 5 - 6 m. V blízkosti anteny by neměly být žádná vedení a rozměrnější kovové předměty do vzdálenosti asi 10m.

Pokud to není možné, je nutno alespoň natočit antenu během měření tak, aby k vodičům, či kovovým předmětům směřoval reflektor, který je na okolní vlivy méně háklivý. Nyní vstup napaječe zkratujeme jedním závitem vodiče a navážeme volně GDO. Pokles indikuje rezonanční kmitočet zářiče. Tento kmitočet kontrolujeme přijímačem, protože GDO bývá strháván. V případě, že budeme používat beta článek, kmitočet musí být výše, než je střed pásma, řádově o stovky kHz.

Pokud měříme antenu nízko nad zemí, řádově 5 - 6 metrů, rezonanční kmitočet bude 25 - 50 kHz níže než po vyzvednutí anteny do výšky.

Nízké a nevýrazné poklesy můžeme zaznamenat na nižším a vyšším kmitočtu, než je rezonanční kmitočet napaječe. Jsou to rezonanční kmitočty reflektoru a direktoru a vyznačují nám maximální hranice použitelnosti měřené anteny. Pokud se nacházejí v pásmu, je nutné změnou délky /reflektor prodloužit, direktor zkrátit/ dostat tyto resonance vně pásma.

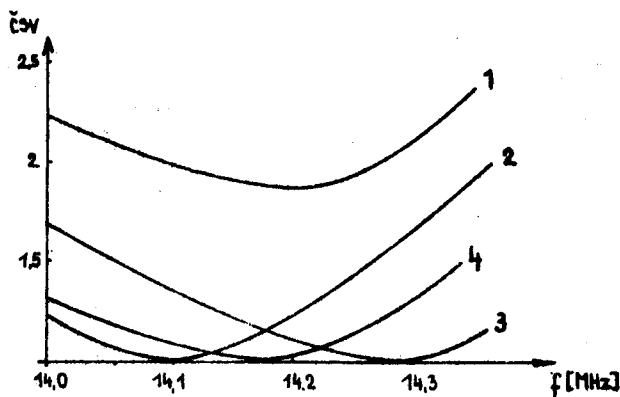
Pokud máme k dispozici měřič impedancí, máme naši úlohu značně ulehčenu. Provedeme měření přes celé pásmo po 50 kHz a imaginární složka by měla z jednoho konce pásma klesat až do nuly /seriové složky/. Tento kmitočet prohlásíme za rezonanční. Na tomto kmitočtu by měla být reálná složka asi 15 až 40 ohm, podle toho jaký systém nastavujeme. U 3 - 4 el bychom měli naměřit kolem 20 ohm. Pokud je tato hodnota větší, prodloužíme první direktor, pokud je nižší direktor zkrátíme. Stačí tedy provádět změnu jen na prvním direktoru, který má vstupní impedanci největší vliv. Změny délky by neměly být větší než 3 cm na každé straně v jednom kroku.

Pokud není po ruce impedanční můstek, lze použít antenascop. Zde je též nutné zjistit předem rezonanční kmitočet grid dip metrem, jak bylo popsáno výše. Připojíme antenascop a vybudíme ho GDO. Na odporové stupnici nastavíme 20 ohm a pomalu projedeme pásmo v okolí rezonančního kmitočtu. Antenascop vykáže pokles. Nyní proladíme rozsah odporu v okolí 20 ohm a najdeme nejprudší a nejhlubší pokles. Jemnou změnou obou prvků, kmitočtem na GDO a odporem na antenascopu najdeme nejmenší pokles. Tato hodnota by měla být vyzařovacím odporem anteny.

Kontrola přízpusobovacího článku.

Nejdříve si popíšeme jak postupovat v případě, že máme k dispozici jen měřič CSV.

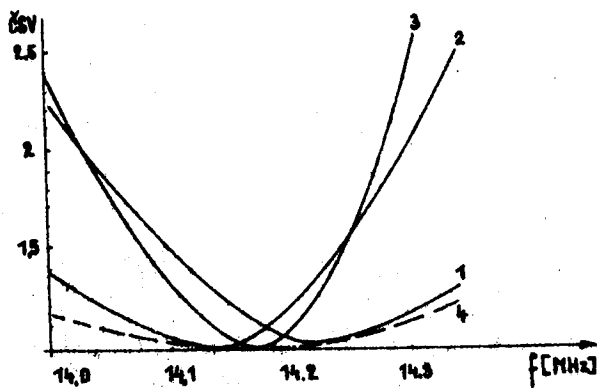
Připojíme k bodu AB antenního systému symetrisátor nebo oddělovací cívku podle obr. 20 a napájecí vedení. V tomto případě nezáleží na jeho délce, protože měření je zkresleno symetrisátorem. Můžeme tedy měření provádět od vysilače. Nyní si proměříme průběh ČSV přes celé pásmo:



OBR.21

Dostaneme průběh 1. Nyní se posouváním zkratu snažíme najít minimum ČSV, prodlužování zkratu snižuje rezonanční kmitočet, zkracování zvyšuje rezonanční kmitočet. Může tedy nastat situace 2, kterou bychom dostali prodlužováním zkratu beta článku z výchozí polohy 1. V tomto případě je nutné mírně délku zářiče zkrátit. Dostaneme-li průběh 3 po dostavení beta článku z počátečního stavu, je nutné zářič prodloužit. Správný průběh ČSV ukazuje 4.

Co vše lze z průběhu ČSV vyčíst. Na průběhu 4 vidíme, že ČSV na dolním konci pásma má nižší hodnotu než na horním konci pásma. Toto zhoršení je způsobeno vlivem blízkosti resonance parazitních prvků. Na dolním konci reflektorů, na horním direktorů. Mohou nám tedy nastat tyto případy:



OBR.22

Graf 1 :

Příliš krátký reflektor, nutno prodloužit. Pravděpodobně i zhoršený předozadní poměr.

Graf 2 :

Příliš dlouhý direktor, u vícepásmových systémů pravděpodobně první od zářiče. Nutno zkrátit. Pravděpodobně i zhoršený zisk.

Graf 3:

Příliš úzkopásmové naladění anteny. Antena vykazuje dobrý zisk i předozadní poměr v úzkém pásmu kolem rezonančního kmity. Tento průběh je též typický pro kompromisní vícepásmové anteny, nebo anteny se zkrácenými prvky - cívkou, skládáním. Reflektor nutno prodloužit a zároveň direktory zkrátit. V tomto případě bychom asi naměřili vyzařovací odpor 10 - 15 ohm.

Graf 4 :

Příliš širokopásmové naladění anteny. Nutno podotknout, že není příliš na škodu. Antena vykazuje snížený zisk /asi o 1 - 2 dB/, má však dobrou účinnost vzhledem k vyšší hodnotě vyzařovacího odporu a dobrý předozadní poměr. Chceme-li však doladit antenní systém, reflektor zkrátíme a direktory prodloužíme.

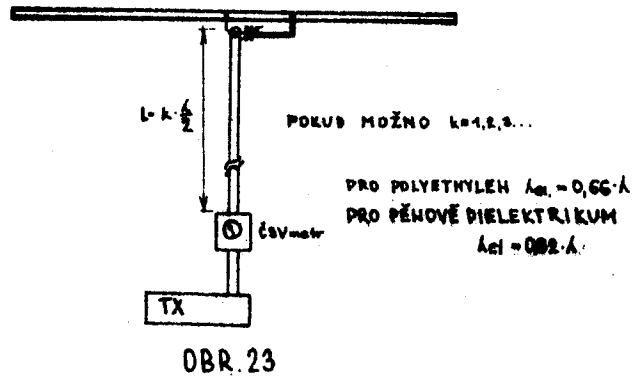
Tím jsme probrali všechny případy, které mohou nastat. Pokud nám nenastane ani jeden případ, udělali jsme někde hrubou chybu v měření délek prvků nebo ve výpočtu.

Nyní jak postupovat s antenascope. Pokud ho máme po ruce nebo dokonce můžeme-li si vypůjčit impedanční můstek, je nastavení rychlejší. Beta článek připojíme mezi body AB, kde je též připojen antenascope nebo impedanční můstek. Změříme hodnotu vstupní impedance na požadovaném kmity - většinou střed pásma a vyrušíme zbývající imaginární složku posuvným zkratem. Známkou toho je, že antenascope vykazuje nejostřejší a nejhlubší pokles. Pokud je hodnota vstupního odporu nižší než charakteristické impedance napaječe, zářič zkrátíme. Pokud je hodnota vstupního odporu nižší, zářič prodloužíme. Po každé změně délky je nutno doladit posuvný zkrat. Ve většině případů to však nebude nutné. Pokud dodržíme správné rozměry a neuděláme někde chybu, celé nastavení se zúží na doladění posuvného zkratu na minimum ČSV.

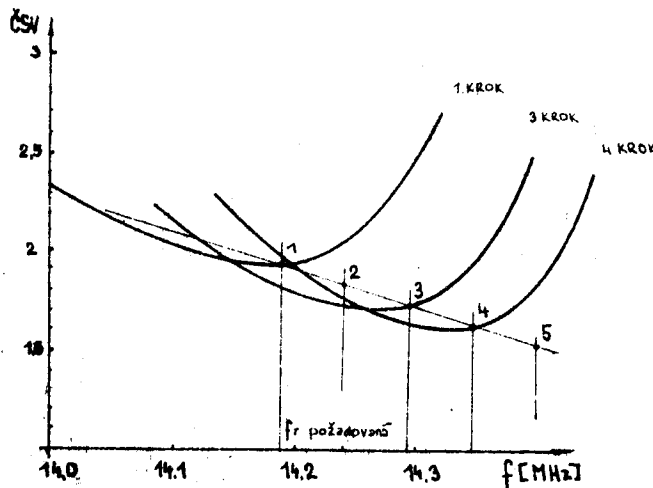
F2 - Zářič je nepřerušen - ve středu uzemněn.

V tomto případě je velmi těžké určit resonanci zářiče pomocí GDO. Musíme najít nepřímo. Existuje totiž jen jedno nastavení, kdy

obdržíme na výstupu přizpůsobovacího článku čistých odporových 75 ohm a to jen na rezonančním kmitočtu. Nejdříve tedy na to s pomocí ČSV metru.



Antenu máme v pracovní poloze, gama nebo omega článek je připojen k napaječi, napájecí vedení má délku násobku . Nyní předpokládáme, že zářič máme kratší.

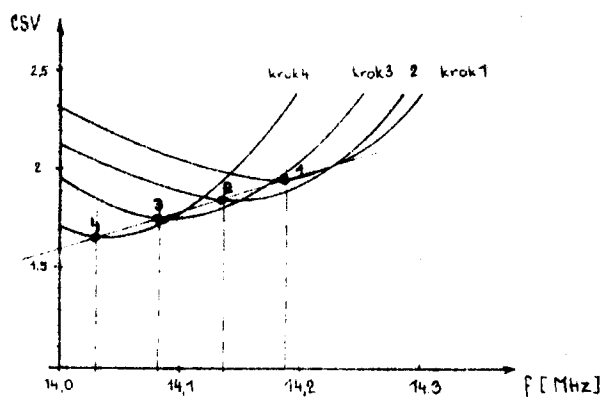


První krok: antenu vybudíme na požadovaném rezonančním kmitočtu podle zapojení na obr. 23 a změnou délky gama tyčky a rezonančním kondensátorem se snažíme nastavit minimum ČSV. Jako nejlepší stav obdržíme hodnotu ČSV 1,9 viz obr. 24. Po proměření průběhu ČSV v celém pásmu obdržíme graf kroku 1. Protože žádnou změnou délky gama tyče a rezonančního kondensátoru jsme neobdrželi lepší ČSV, můžeme soudit, že zářič má chybnou délku.

Druhý krok: změním kmitočet o 50 kHz výše a snažíme se změnou délky gama tyče a rezonančním kondensátorem dosáhnout lepšího ČSV. Snažíme se měřit pokud možno přesně, vždy za stejných podmínek. Dokonce přítomnost pracovníka blízko anteny dokáže měření znehodnotit. V našem případě bychom obdrželi ČSV - 1,8, bod 2. Kdyby byl zářič delší, nedo-

kázali bychom vůbec lepší ČSV najít a museli bychom nastavit kmitočet o 50 kHz níže.

Třetí krok: dalších 50 kHz. ČSV - 1,7, bod atd. ... Již jsme se chytli. Vidíme, že minimum ČSV klesá přibližně po přímce a po dalších dvou krocích - body 4, 5 dokážeme aproximovat, kde se rezonanční kmitočet zářiče nachází. V krocích 2 - 5 už není nutné měřit celý průběh ČSV v celém pásmu, ale pro zajímavost byl dokreslen krok 3 a krok 4. Průběhy jsou podobné, liší se jen v minimu. Po aproximaci rezonančního kmitočtu opravíme délku zářiče a nastavíme minimum ČSV gama tyčí a kondensátorem. Tato hodnota by měla tentokrát dosáhnout hodnota blízké 1. V případě omega přizpůsobení je nastavení obdobné, jen se mechanicky neposunuje zkrat, ale mění se velikost omega kondensátoru. Pro úplnost ještě uvádím průběh ČSV v případě, že máme zářič delší:

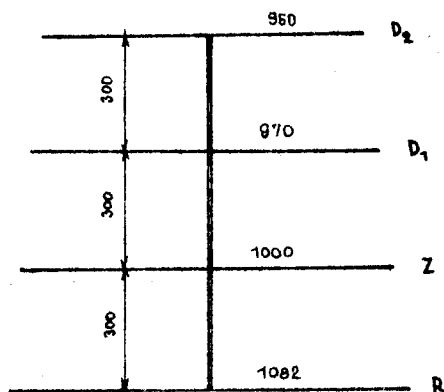


OBR. 25

Vidíme, že nastavení gama či omega přizpůsobení je pracnější a je nutno postupovat systematicky, jinak se v množství naměřených hodnot zamotáme a nevíme kudy kam. Bezesporu beta článek je lepší, než gama a omega a neklade takové nároky na nastavení jako gama a omega. Je sice pracnější, náročnější na mechanické řešení, ale přináší daleko vyšší účinnost systému a větší širokopásmovost.

Závěrem uvádím praktické řešení čtyřprvkové YAGI anteny pro 20m pásmo, kterou užívám asi 2 roky v mém QTH v Klánovicích. Antena je umístěna ve výšce 20 m, obrázek byl otištěn v RZ číslo 3/80 na str. 19. Antena vykazuje velice dobrou směrovost. Předozadní poměr, měření statisticky s DX stanicemi dosahuje v průměru 30 až 45 dB. Mnoho radioamatérů, kteří přišli ke mně na návštěvu, bylo velmi překvapeno, když stanice o síle S7 na komerčním transceiveru

bylo možno na bok vymazat do šumu. Ve směru dozadu lze spolehlivě odečíst 4 - 6S potlačení v závislosti na vertikálním úhlu přicházejícího signálu. Antena nevykazuje parazitní laloky a vyzařovací diagram díky symetrickému napájení je též osově symetrický - antena nešilhá.



OBR. 26

Jednotlivé prvky jsou teleskopické, střední délky jsou z duralových trubek průměr 32 mm, délky 3 m, ze čtyř průměrů postupně až na koncích je trubka o průměru 18 mm. Napájený prvek je ve středu přerušen, použito beta přizpůsobení, zespodu nosného ráhna jsou přivázány cívky z koax. kabelu. Uchycení zářiče je z teflonu, ale jako materiál vyhoví i silon, jelikož v tomto místě je nízká impedance.

Mohu říci závěrem, že během doby své amatérské práce jsem vyzkoušel řadu směrových anten. Z počátku jsem byl zaměřen na Cubical Qua dy. Vyzkoušel jsem 2 a 3 prvkové, tedy mohu porovnávat. Qua dy dosahují opravdu dobrých zisků. Srovnávací měření dokazují, že dvouprvkový Qua d vykazuje zisk srovnatelný s tříprvkovou YAGI antenou, ale směrovost jako dosahují YAGI anteny s Qua dem nikdy nedosáhneme. U Qua du po pracovním nastavení - doba nastavení je v průměru asi 3 x delší, dosáhneme 15, maximálně 20 dB. U Qua du je běžné, že např. v době CQ World wide contestu při směrování na sever přicházejí na CQ současně stanice z W, JA i UA. Není výjimkou zavolá-li nás stanice zezadu. Toto se u YAGI anten stává velice zřídka. Další a to asi podstatnou nevýhodou je plocha anteny vůči větru. Qua d má tento parametr 2,5 krát větší, z čehož plyne nutnost dimensování ložisek rotátoru atd.

Nechci tím hanět CQ anteny. Ale rozhodnete-li se pro YAGI antenu a nestane se hrubá chyba při nastavení délek nebo výpočtu, antena bude vykazovat vždy minimálně zaručené parametry. Pustíme-li se do Qua du, je to vždy sázka do loterie jak se nám povede.

Ve svém obsáhlejší článku jsem se snažil vyplnit mezeru v literatuře, která u nás zůstává nevyplněna řadu let. Nemohl jsem samozřejmě vyčerpat všechny otázky, které s problematikou souvisejí. Pokud by byly dotazy, stačí zaslat dopis, rád na něj odpovím pokud to bude v mých silách.

S amaterským pozdravem: ať nám táhnou anteny a YAGINY zvlášť !

Literature:

Beam Antenna handbook - W6SAI William I. Orr.
ARRL Antenna book.

RADIOKOMUNIKAČNÝ TERMINÁL RTTY - MORZE - ASCII

Alternatíva riešenia amatérskeho elektronického dialnopisu

Tento príspevok volne naväzuje na problematiku, o ktorej bolo pojednané na našom stretnutí minulého roku, t.j. na rozbor uplatnenia číslicovej techniky v rádiodamatérskej praxi. Vlni predvedený modul, ktorý premení bežný TV prijímač na abecedne číslicovú jednotku, sa spolu s klávesnicou stali súčasťou komunikačného systému, ktorý umožňuje príjem, vysielanie a zobrazenie signálov v kodoch: MORZE, BAUDOT (dialnopisný kód), a ASCII (najpoužívanejší kód v počítačových a mikropočítačových systémoch). Aj keď zatiaľ nemôžem poskytnúť mnoho skúseností z praktickej prevádzky tohoto zariadenia, môžem naznačiť aké predpokladám uplatnenia po jeho dobudovaní. Ťažiskom bude prevádzka RTTY, v tomto režime zariadenie umožní príjem a zpracovanie dialnopisných signálov a signálov v kóde ASCII rychlosťami od 45,45 do 1.200 Baudov, zobrazenie jednej stránky textu o 1.000 znakov na obrazovke, záznam zobrazeného textu na magnetickú pásku, vysielanie v ďalekopisnom kóde a samozrejme i pripojenie mechanického dialnopisu pre kontrolný písomný záznam textu. V režime spolupráce s mikropočítačom, umožňuje zariadenie obojstrannú komunikáciu, dialog, t.j. napr. zadávanie príkazov, dotazov a čítanie odpovedí, číslodovanie činnosti mikropočítačového systému. Posledný režim pre zpracovávanie signálov telegrafnej abecedy MORZE, je po technickej stránke zaujímavý, ale i relatívne komplikovaný. V žiadnom prípade nejde o to, nahradiť mimoriadne schopnosti a dispozície človeka vo funkcii operátora na prijmačej strane, ale tieto vhodne doplniť a rozvinuť, lebo veď nie každý z nás dokáže "dekodovať" morze signály o rychlosti 200 - 300 zn./min. Stupeň rozlíšenia signálov od šumu je daný technickou kvalitou prevodníka analogových signálov z Rx na číslicové, v tomto smere sú ešte možnosti zlepšenia. Zatiaľ zariadenie zpracováva signály od cca S 5 - 6. Vysielacia časť pre CW i RTTY je doplnená tzv. identifikátorom obsahujúcim pamäte PROM 74188 s rôznymi zápsmi: CQ, QTH a typických dialnopisných signálov (RY, THE,

QUICK BROWN FOX.....atp.) a automatický klíč s polovodičovou pamäťou RAM. Blokové schema celého zariadenia je na obr. č. 1. Funkcie jednotlivých modulov M 1 až M 4 detailne, ako aj schematá zapojenia budú vysvetlené na prednáške a čiastočne i publikované v RZ 1981.

Využijem túto možnosť a uvediem stručný popis dvoch typov IO a príslušných pomocných obvodov, ktoré

- sú v zariadení viackrát použité (takže bude dobre, ak sa čitateľ s nimi soznámi ešte pred prednáškou),
- môžu sa použiť aj v iných zariadeniach (pre iné účely) číslicovej techniky
- objavujú sa (v historicky krátkej dobe) i na našom trhu, t. zn. že v tomto období sú zavádzané do sériovej výroby.

Jedná sa o polovodičové pamäte typu PROM MH 74188 a o prvok zvaný UART.

PROM MH 74188 je polovodičová, pevne naprogramovateľná pamäť o obsahu 256 bitov. Má päť vstupov, pomocou ktorých sa určuje adresa požadovanej pamäťovej bunky tak, že na päť "adresových vstupov" pripojíme príslušnú kombináciu úrovní H (+5V) a L (0 V). Táto kombinácia sa získava napr. v dvojkových čítačoch 7493, ale i inak. Obsah pamäte, t. j. 256 bitov je organizovaný do 32 slov po 8 bitoch. Pamäť má teda osem výstupov s otvoreným kolektorom. Po pripojení ôsmich kolektorov, cez vhodné zaťažovacie odpory na $U=+5V$ a po pripojení $L=0$ na vývod (15) pamäte zistíme, že nenaprogramovaná (tzv. čerstvá, alebo panenská) pamäť má na všetkých výstupoch úroveň $L=0$. Programovanie je nevratné. Takže z úrovne L môžeme kedykoľvek a ktorýkoľvek výstup uviesť na úroveň H, nikdy však opačne. Výrobca pamätí predpisuje spôsob programovania, ktorý je dosť náročný. Akákoľvek odchylka od receptu predstavuje potenciálne riziko buďto deštrukcie IO, alebo nesprávneho naprogramovania. I pri tomto nebezpečí sa objavil v anglickom amatérskom časopise RADIO-COMMUNICATION i vo francúzskom RADIO-REF návod na jednoduchý programovací prípravok, ktorý bez zmeny (a bez záruky) uvádzam na obr. č. 2 a doporučujem

k vyzkúšanju hlavne na tých pracovništiach, kde netrpia nedostatkom PROM. V mojom zariadení sú pamäte PROM použité v týchto funkciách:

- a.) - Prevod kodu BAUDOT na ASCII (2x74188)
- b.) - Prevod kodu CW na ASCII (2x74188)
- c.) - Identifikátor t.j. zdroj signálov v kodoch CW a BAUDOT (2-8x74188)

V prípadoch ad a.), b.) sa prevod kodov dosahuje tak, že signály na adresových vstupoch pamäte predstavujú originálny kód, ktorý pomocou vhodného naprogramovania výstupov prevádzame na nový, žiadaný kód (ASCII) dovoľujúci ďalej zobrazenie na displeji. V prípade ad c.) su v PROM zaznamenané krátke zprávy v kodoch CW (bodka = 1 bit, čiarka 3 bity, medzery 1,3,5 bitové) alebo v kodoch BAUDOT (štart impuls = 1 bit, vlastný kód = 5 bitov, stop impuls = 2 bity, takže v jednom IO zaznamenáme 32 znakov). Otvorené kolektory umožňujú paralelné zapojenie viacerých PROM. Výstupy každej dvojice PROM = v prípade c.) sú pripojené k 16 bitovému multiplexonu typu MH 74150, ktorý "prečítá" obsah každého 2x osmibitového slova a prevedie ho z paralelnej na sériovú formu. Podobné zariadenie bolo už uverejnené v RZ tam záujemcovia najdu ďalšie podrobnosti. Pre úplnosť a na dokreslenie užitočnosti týchto typov PROM niekoľko ďalších aplikácií v amatérskych konštrukciách:

- Ovládanie zmeny frekvenčného posuvu u FM VKV RxTx a \pm 600 KHz a pohotovú voľbu vybraných kanálov v syntenzátorovej kmitočtovej ústredni.

- Kodovacie a dekodovacie funkcie: napr. v období nedostatku dekodérov 1 po 7 typu MH 7447 = pre ovládanie 7 segmentových zobrazovacích prvkov, je možné túto funkciu naprogramovať do MH 74188.

- Ovládací prvok v najroznejších systémoch riadenia, kde povely (v dvojkovej sústave) predstavujú adresy PROM.

Ďalší, pre komunikačné zariadenie dôležitý IO je typu UART (univerzálny asynchrónny prijímač, vysielateľ), je určený pre číslicové spracovanie TTY signálov. Má dve skoro nezávislé funkčné časti :

- v prijímacej časti sa seriový kód (napr. z demodulátoru RTTY) prevádza na paralelný pre ďalšie spracovanie
- vo vysielacej časti sa paralelný kód (napr. z klávesnice) zmení na seriový (vhodný pre priame ovládanie obvodov AFSK, FSK).

Medzi prijímacou a vysielacou časťou nie je zavedená synchronizácia hod. pulzov. V Tx časti UART samostatne zavedie START bit a jeden alebo dva STOP bity na správne miesto v znaku a v pravý čas. Navyše UART dodáva ešte kontrolný paritný bit. V Rx časti UART posúdi, či prijatý znak má správne impulzy START, STOP (prípadne PARITA), prevedie znak na paralelnú formu a vyšle zvláštny kontrolný impulz (STROBE).

Pre správnu funkciu UART - u je nutné, aby dostával hodinové impulzy 16x vyššej frekvencie (F_{cp}), než prijímaná či vysielaná rýchlosť (pre rýchlosť 50 BAUDOV je $F_{cp} = 800\text{Hz}$). Ďalšie vynikajúce vlastnosti UARTU:

- Rx i Tx časť môžu pracovať s roznými frekvenciami hod. impulsov.
- Je možné voliť dĺžku slova na 5,6,7,8 bitov (pre TTY je to 5 bitov).
- Je možné pracovať s kontrolným paritným impulzom, ktorý indikuje správnosť prijatej značky.
- Je možné voliť počet STOP bitov (1,2).
- UART indikuje nesprávnosť prijatých STOP impulzov.
- UART indikuje nečitateľnosť prijatej značky.

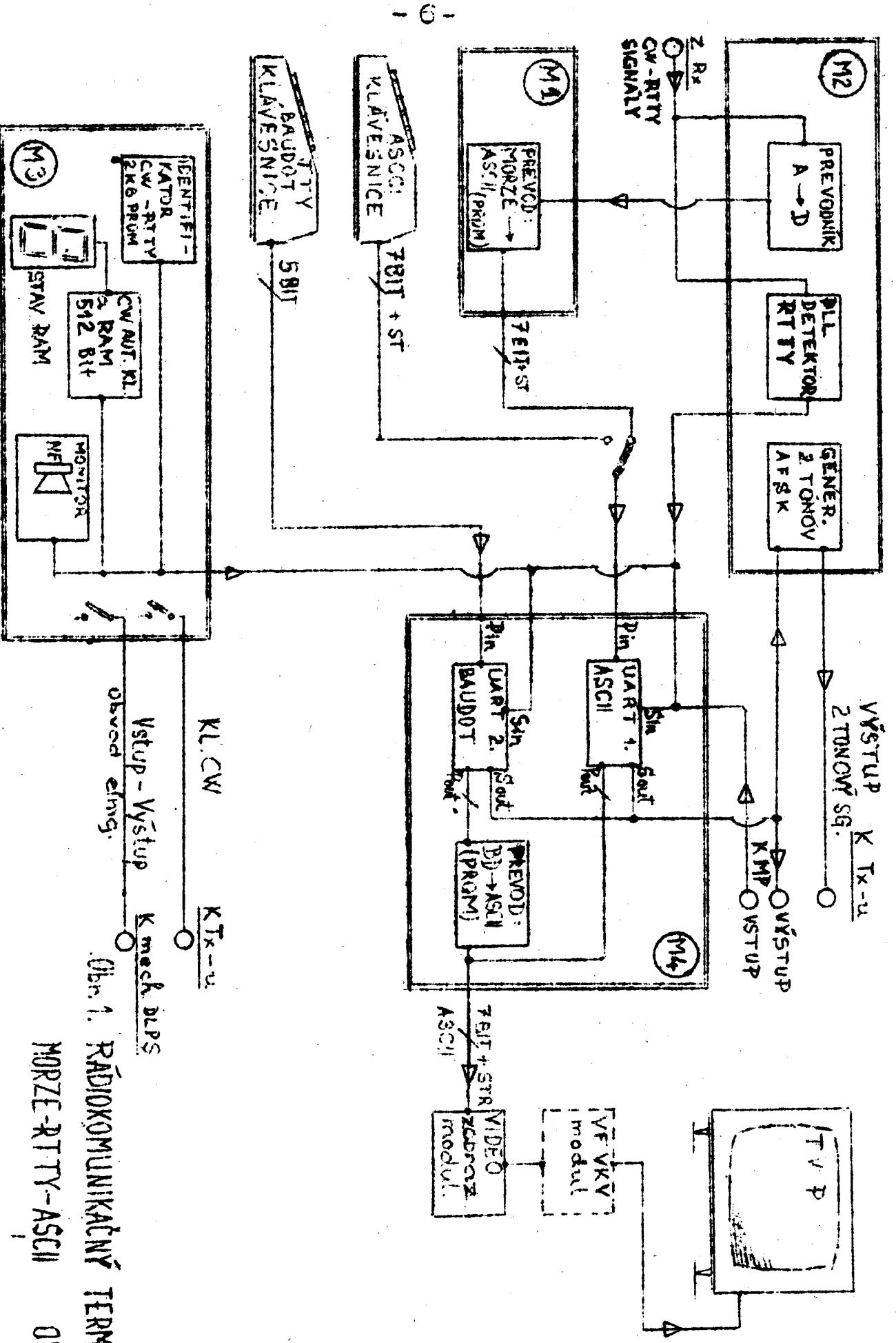
Vidíme, že UART umožňuje plynule a nezávisle meniť rýchlosť prijímania a vysielania TTY signálov zmenou F_{cp} . V kombinácii s obrazovkovým displejom je možné potom prijímať i rýchle TTY signály až do rýchlosti 1200 BAUDOV .

A nakoniec: malé obvodárska "lahôdka" . Staršie mechanické ďalekopisy, ktoré majú amatéri k dispozícii, sú pôvodne nastavené na rýchlosť 50 BAUDOV. (vyššia rýchlosť im robí potiaže.)

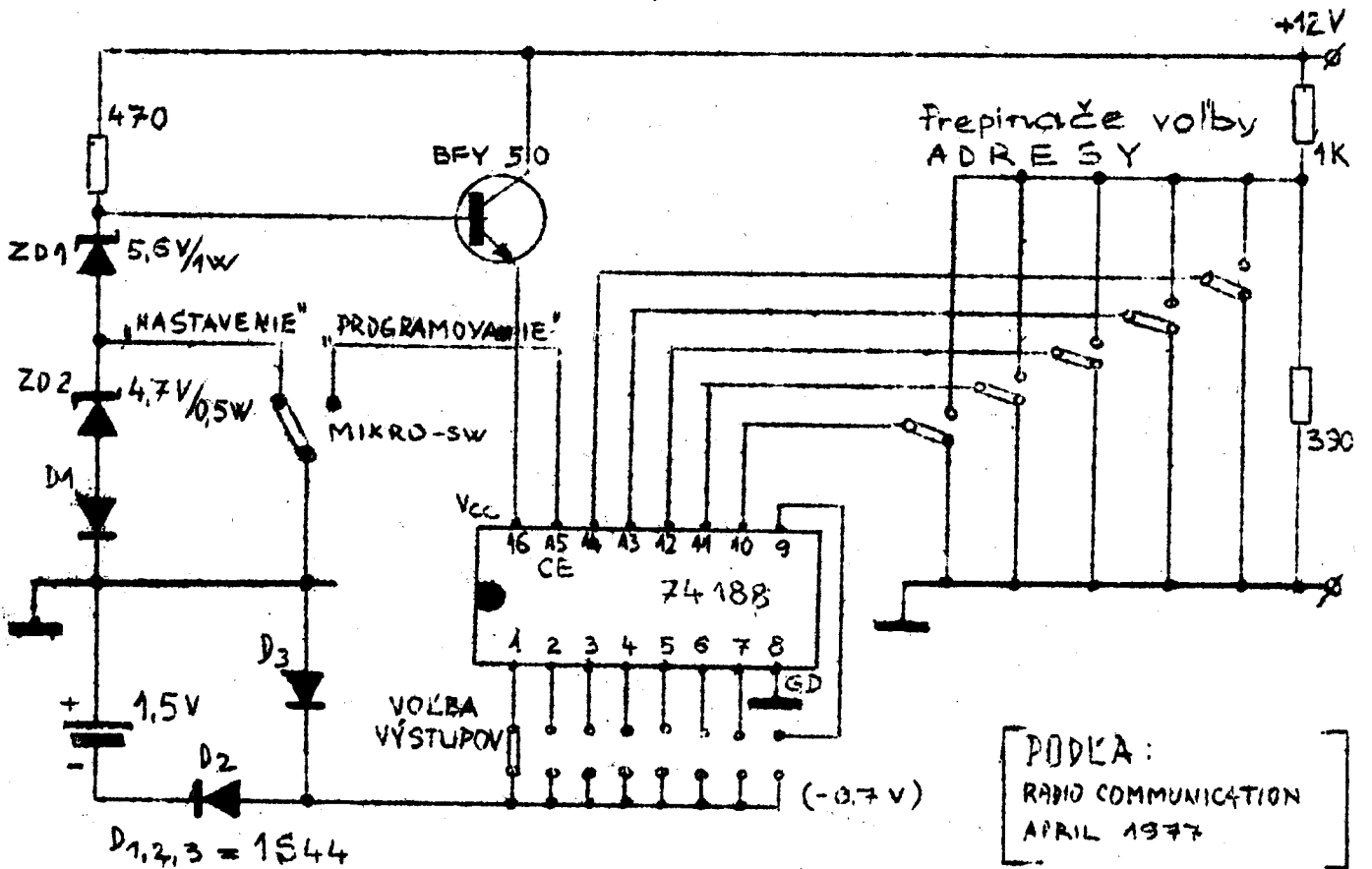
Pomocou UARTu sa umožní-bez akéhokolvek zásahu do mechanickej časti ďalekopisu - prijímať nielen rýchlosťou 50 BAUDOV ale i "amatérskou" rýchlosťou 45,45 BAUDOV. Ak ale máme k dispozícii modernější stroj písíci napr. rýchlosťou 100 BAUDOV, potom môžeme zariadenie elektronické prepínať na všetky normované rýchlosti pod max. rýchlosťou 100 BAUDOV (t.j. 45,45; 50; 70;). Schema zapojenia je na obr. č. 3.

Na záver ešte malú poznámku k terminológii; lebo je otázka, či v nadpise uvedený termín "elektronický dialnopis" je úplne oprávnený? Vývoj v dialnopisnej technike má niekoľko smerov, ale opoločným znakom všetkých je, že mechanickej časť je riadená mikroprogramovým spôsobom, dnes už väčšinou mikroprocesorom, zatiaľ čo v prípade popisovanej amatérskej konštrukcie sa jedná o tzv. "zadrátovanú logiku" kde celý problém je riešený výlučne elektronickými obvodami. Pri tejto koncepcii prístroj dokáže síce prijímať a vysielat' TTY znaky, dokáže ich i zobrazit', ale nevie ich napísat'. Malá náhrada za tento nedostatok je možnosť záznamu na magnetofonový pások a opätovného zobrazenia a ďalej je tu výhoda bezhlučného chodu a presnosti. Takže posúďte sami, či označenie "Elektronický dialnopis" je na mieste.

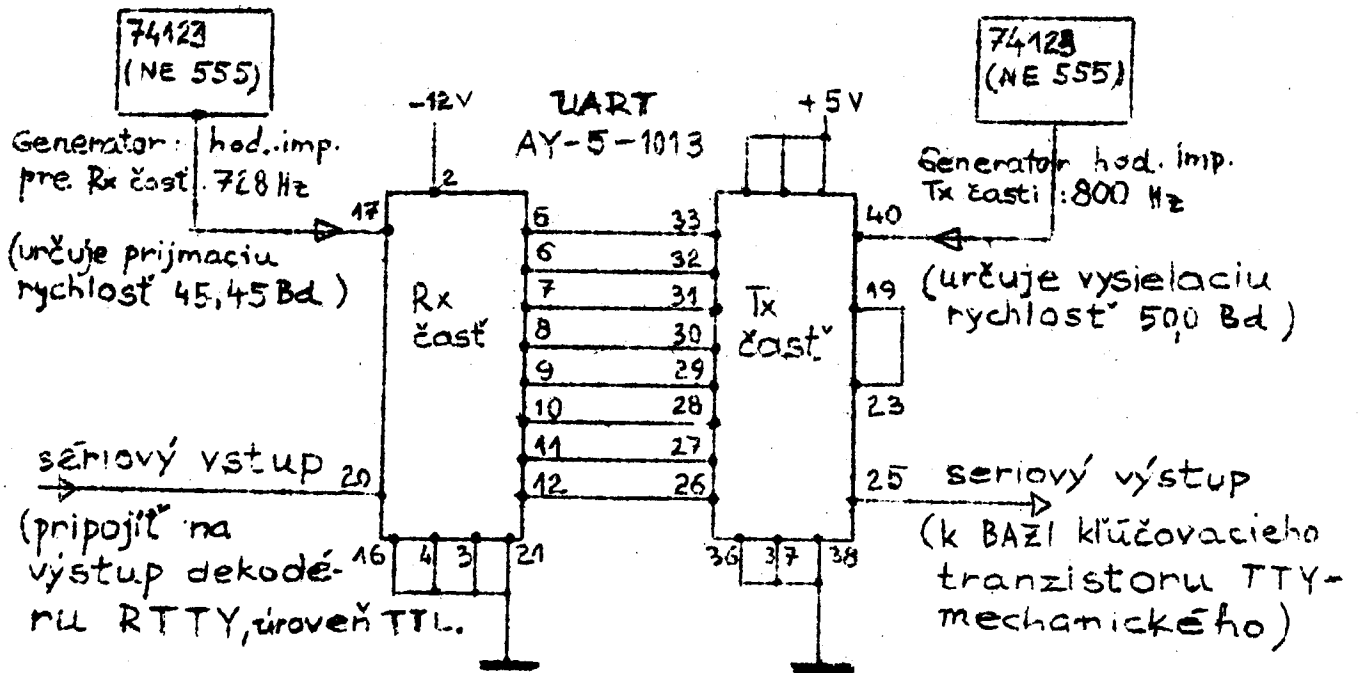
Nech mi čitatelia a prípadne poslucháči prepáčia, že týmto príspevkom uvádzam elektronické prvky, ktoré nie sú na našom trhu dosiaľ bežné. Považujeme to za súčasť prípravy na budúcu, priaznivejšiu éru. Lepšie skôr ako prineskoro, raz sa predsa začať musí.



Obn. 1. RÁDIOKOMUNIKAČNÝ TERMINÁL
MORZE-RTTY-ASCII OK1WJG



Obr.2. PRÍPRAVOK PRE RUČNÉ PROGRAMOVANIE PROM 74188



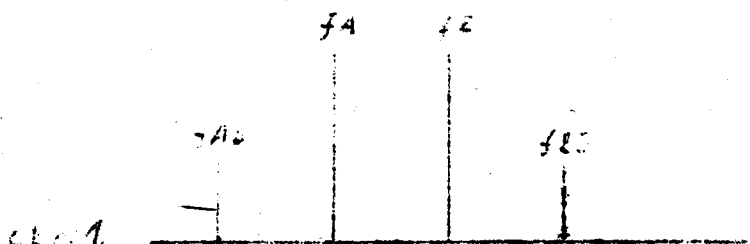
Obr.3. PRÍKLAD POUŽITIA UART-u V ZAPOJENÍ PRE ZMENU PRÚM. RYCHLOSTI MECH. DLPS. Z 50 Bd NA 45,45 Bd.

Intermodulační odolnost vstupních částí přijimačů.

V současné době kdy stále stoupá počet radioamatérů pracujících v pásmech KV a VKV vzniká situace kdy radiamatéřská pásma bývají přeplněna řadou silných signálů. K této situaci přispívá též zvýšení vyzařovacího výkonu, jak použitím výkonějších vysílačů tak směrových antén ze ziskem. Vzniklá situace klade zvýšené nároky na přijímací zařízení radioamatérských stanic. Řadu vlastností přijímače určuje konstrukce prvního stupně přijímače. Ve většině případů to bývá vstupní zesilovač, pozornost je však třeba věnovat i směšovači a prvnímu stupni mezifrekvenčního zesilovače. První stupeň přijímače určuje minimální a maximální výkon signálu, který přijímač zpracuje. Minimální výkon je určen šumovým číslem přijímače a odstupem signálu od šumu, pro určitý typ modulace případně typem detektoru. O maximálním výkonu rozhoduje linearita prvního stupně přijímače. Žádný zesilovač není ovšem ideálně lineární, to znamená že signál na vstupu neodpovídá signálu na výstupu. Každý zesilovač obsahuje určitou nelinearitu, vždy to bývá aktivní prvek použitý v zesilovači. U tohoto prvku si lze představit nelinearitu jako odchylku převodní charakteristiky od přímky. Zesílujeme-li harmonický signál v takovém zesilovači, vzniká nelineární zkreslení, výsledný signál bude obsahovat mimo základního kmitočtu i jeho vyšší harmonické. Budeme-li přivádět do takového zesilovače dva signály bude výstupní signál obsahovat jednak základní kmitočty, jejich vyšší harmonické a produkty vzniklé směšováním těchto dvou kmitočtů. Tomuto jevu se říká intermodulace, princip je totožný se směšováním o proto se hovoří intermodulačním produktem určitého řádu. Řád je součet násobků obou kmitočtů. Dále se budeme zabývat pouze produkty třetího řádu, které jsou nejsilnější a s největší pravděpodobností podnou do propustného pásma přijímače. Na obr. 1 je znázorněno kmitočtové spektrum, které vzniká na výstupu zesilovače. Mimo dvou vstupních signálů f_A a f_B vznikají na výstupu zesilovače též intermodulační produkty třetího řádu f_{A3} a f_{B3} při čemž platí:

$$f_{A3} = 2f_A - f_B$$

$$f_{B3} = 2f_B - f_A$$



V praxi postupujeme tak, že na vstup měřeného zesilovače přivedeme dva signály, u kterých lze měnit jejich úroveň (např. dva generátory). Úroveň signálů na vstupu a výstupu je vyjádřena v dBm.

0 dBm = 1mW na dané impedanci

V našem případě připadají v úvahu:

1mW na 50 Ω = 0,224V

1mW na 75 Ω = 0,274V

Kmitočty vstupních signálů musí být vzdáleny tak, aby spadaly do propustné části přijmače a přitom se daly dobře rozlišit selektivním voltmetrem který je použit. Na VKV to bývá obvykle 100 až 200 kHz na KV to může být menší. Výstupní úrovně zesilovače měříme selektivním voltmetrem, popřípadě analyzátozem. Oba signály které přivádíme na vstup jsou stejné úrovně. Při nižších vstupních úrovních zesilovač pracuje lineárně, to znamená, že úroveň na vstupu odpovídá úrovni na výstupu zvětšená o zisk zesilovače. Při zvyšování vstupních úrovní na výstupu zjistíme mimo základních signálů, též signály intermodulačních produktů třetího řádu na kmitočtech podle výše uvedených vzorců. Výsledky měření vynášíme do grafu, jako kontrola správnosti měření je že úrovně intermodulačních produktů leží na přímce. Bod kdy se závislost výstupní úrovně odchýlí od lineární závislosti (od přímky) o 1dBm se vyjadřuje výstupní úrovní v dBm. Tato hodnota nám může posloužit při posouzení dynamického rozsahu a linearity zesilovače, případně pro porovnání, vzhledem k tomu, že ji řada výrobců uvádí jak u zesilovačů tak u aktivních prvků. (Power output for 1dBm gain compression). Tuto hodnotu můžeme získat i proměření zesilovače jedním signálem, což bývá v praxi dostupnější. Generátory dvou signálů vhodné pro měření intermodulační odolnosti a postup měření byly již publikovány v radioamatérských časopisech (1,2,3). V grafu do kterého vynášíme závislost vstupních a výstupních úrovní část křivky která je lineární (přímka) až dostaneme průsečík s přímkou znázorňující závislost intermodulačních produktů. Výsledný bod (průsečík) se nazývá v zahraniční literatuře intercept point (možno přeložit jako bod zahrazení) dále jen IP, a jeho hodnotu zjistíme na ose výstupní úrovně. Je to vlastně hodnota kdy úrovně užitečných signálů a intermodulačních produktů jsou si rovny. Prakticky tohoto stavu nedocílíme, protože zesilovač v této oblasti je již v saturaci. Úrovně IP jsou jednoznačně popsány intermodulační poměry v zesilovači, pomocí IP můžeme určit potlačení intermodulačních produktů pro různé úrovně budících signálů. Vztahy mezi jednotlivými parametry jsou určeny následovně:

$$IPin = 0,5 \cdot a_{im} + Pin$$

$$a_{im} = 2 (IPin - Pin)$$

$$a_{im} = Pout - Pim$$

$$IPout = IPin + G$$

$$IPin = IPout - G$$

a_{im} - intermodulační odstup

IPin - intercept point (na vstupu)

Pin - vstupní úroveň užitečného signálu

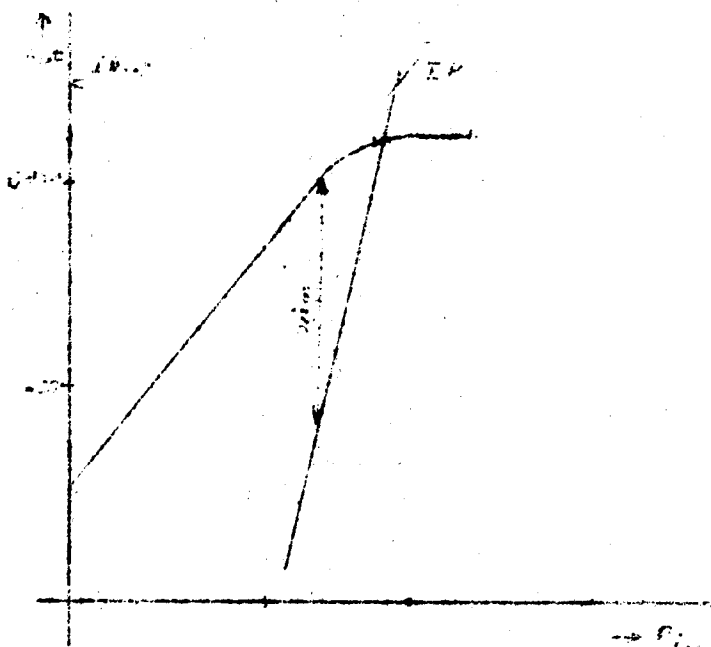
Pim - výstupní úroveň intermodulačních produktů

G - zisk zesilovače

IPout - intercept point (na výstupu)

všechny hodnoty jsou udávány v dBm

Grafické znázornění poměrů v typickém zesilovači je znázorněno na obr.2 a o měření intermodulační odolnosti byly uveřejněny publikace v různých radioamatérských časopisech (4,5,6).



V další části tohoto článku se budu zabývat konkrétními výsledky. Proměřil jsem řadu zesilovačů osazených různými polovodičovými prvky jak rozsahu VKV tak KV. Na VKV to byly zesilovače určené pro pásmo 136-138 MHz nebo pro pásmo 144-146 MHz. Některé výsledky jsou shrnuty v srovnávací tabulce. Nadále je uváděn IP a je tím míněn IP na vstupu zesilovače (jak to bývá běžně zvykem).

Vstupní prvek	Zisk (dBm)	Šumové číslo (dB)	IP (dBm)	1dB kompr. (dBm)	Odstup užít. signálu od IM produktů při vstupu 1mV	10mV
2N2857	34	3	-28	-10	-38	+2
2N4416	25	1,7	-16	-1	-62	-22
BFT66	25	1,5	-8	-15	-78	-38
3N200	22	2	+6	+9	-109	-66
GPD462	13	6	+18	+6	-120	-80

Z výše uvedené tabulky je patrné, že nejvhodnější je použití na vstupním zesilovači dvoukatového fetu, ovšem ze správně nastavenými pracovními podmínkami (4,5). Velice vhodné a amatérskými prostředky nejlepší výsledky byly dosaženy použitím tranzistoru BFT66 v širokopásmovém zapojení (7). Toto zapojení je použitelné jak pro pásmo 145 tak 432 MHz (8,9), bohužel ferity použité v tomto zapojení se v ČSSR nevyrábí. Jednou z posledních novinek v polovodičích jsou výkonové fety t.zv. V-MOS Fety. V pásmu VKV jsem neměl zatím možnost měřit zesilovač osazený vhodným V-MOS fetem, ale výsledky dosažené na KV a změření převodové charakteristiky, která je velice lineární, lze očekávat dobré výsledky i na VKV. Některé firmy se zabývají výrobou širokopásmových zesilovačů technikou hybridních obvodů. Nejznámější představitel je firma AVANTEK (USA) jejíž představitel GPD462 je uveden v tabulce.

Protože se zabývám jak profesionálně tak amatérsky technikou VKV, neměl jsem možnost měření na KV uskutečnit v takovém rozsahu. Platí ovšem vše co již bylo řečeno pro VKV. Změřil jsem zesilovač popsany OK1BI (12) a výsledná hodnota byla IP= +15dBm, což je hodnota dobrá. Lepší výsledky lze dosáhnout v širokopásmovém zesilovači 3-30 MHz osazeném V-MOS fetem, kde bylo naměřeno IP= +39DBm (13). Právě širokopásmovými zapojeními lze dosáhnout nejlepších výsledků.

Na závěr lze říci, že měření intermodulační odolnosti je amatérskými prostředky dost obtížné, ale známe-li některé zákonitosti lze za dodržení výše uvedených zásad zkonstruovat zesilovač s vysokou intermodulační odolností a tím podstatně vylepšit stávající zařízení.

Seznam literatury:

1. Dynamický rozsah přijímače a jeho měření. RZ 1/77.
2. Hochfrequenz-zweitongenerator: Waxweiler CQ DL 9/80.
- 3.
4. Ing. Briggmann: Intermodulation in VHF Vorstufen Funkschau 21/77.
5. Přijímače pro VKV a intermodulace. RZ 3/78.
- 6.
7. M. Martin: Neuartiger vorverstärker für 145 und 433 MHz Empfänger UKW Berichte 17 4/77.
8. M. Martin: Modernes Eingangsteil für 2m Empfänger. UKW Berichte 2 /78.
9. M. Laas: Modernes Eingangsteil für 70 cm Empfänger. UKW Berichte 1 /80.
10. ing. V. Žalud Csc: V-MOS fety a jejich použití. ST 8/80.
11. 144 MHz Vorstufe mit power FET . DUBUS 3/78.
12. J. Borovička: Vstupní obvody přijímačů s velkou odolností. AR 4/79.
13. V MOS Breitbandverstärker mit extrem hohem dynamik bereich. CQ DL 1/80.

NF OBMEDZOVAČ

Nastavovací predpis

Na vstup privedieme signál 50mV 2KHz. Na výstupe IO 1 je signál 10 krát zosilnený, na výstupe IO 2 sú obdĺžniky 0,5 V_g a na výstupe IO 3. je opäť sínusový signál.

Skontrolujeme amplitúdovú charakteristiku pri $U_{vst} = 0,5$ mV.

Skontrolujeme závislosť zmeny výstupného napätia na vstupnom napätí.

Na vstup privedieme signál 50 mV 200 Hz až 5 kHz. Asi od 1,2 kHz do 3 kHz na výstupe je sínus. Od 200 Hz do 1,2 kHz je signál viac či menej skreslený. Nad 3 kHz sa signál neprenáša.

Návod na použitie

Zásadne používame kryštálové či keramické mikrofóny, ktoré dodávajú špičkové napätie pri normálnej reči asi 100 mV. Nepoužívame dynamické mikrofóny!!

Potenciometrom P_1 meníme úroveň obmedzenia a potenciometrom P_2 výstupné napätie.

Pri nastavovaní postupujeme takto:

1. Vypneme obmedzovač, vyladíme vysielateľ a nastavíme zisk mikrofónu
2. Zapneme obmedzovač, potenciometrom P_2 nastavíme rovnakú výchylku ALC ako bez obmedzovača, potenciometer P_1 nastavíme na požadovanú úroveň obmedzenia /Prakticky vychádza P_1 nastavený na 11 hodín/.

Potenciometrom P_1 nastavíme kompromis medzi účinnosťou, skreslením a pozadím. Prakticky pridávame úroveň obmedzenia pokiaľ nám protistanica neoznami, že už vystupuje pozadie.

VF OBMEDZOVAČ

Úrovně napětí v merných bodech při $U_{VST}=100 \text{ mV}_{\text{eff}}$
a $U_A = 1,1 \text{ V}_{\text{eff}}$

- I dióda D8 bliká
- B při zatlačení TUNE - $200 \text{ mV}_{\text{g}} 1,8 \text{ kHz}$ obdĺžniky
- C $0,8 \text{ V}$ sínus 200 kHz
- D $0,7$ sínus 200 kHz
- E při zatlačení $24 \text{ dB} - 1 \text{ V}$ DSB signál
- F " " " " - $0,5 \text{ V}$ sínus 201 kHz
- G $1,5 \text{ V}$ sínus 201 kHz
- H 100 mV sínus 1 kHz

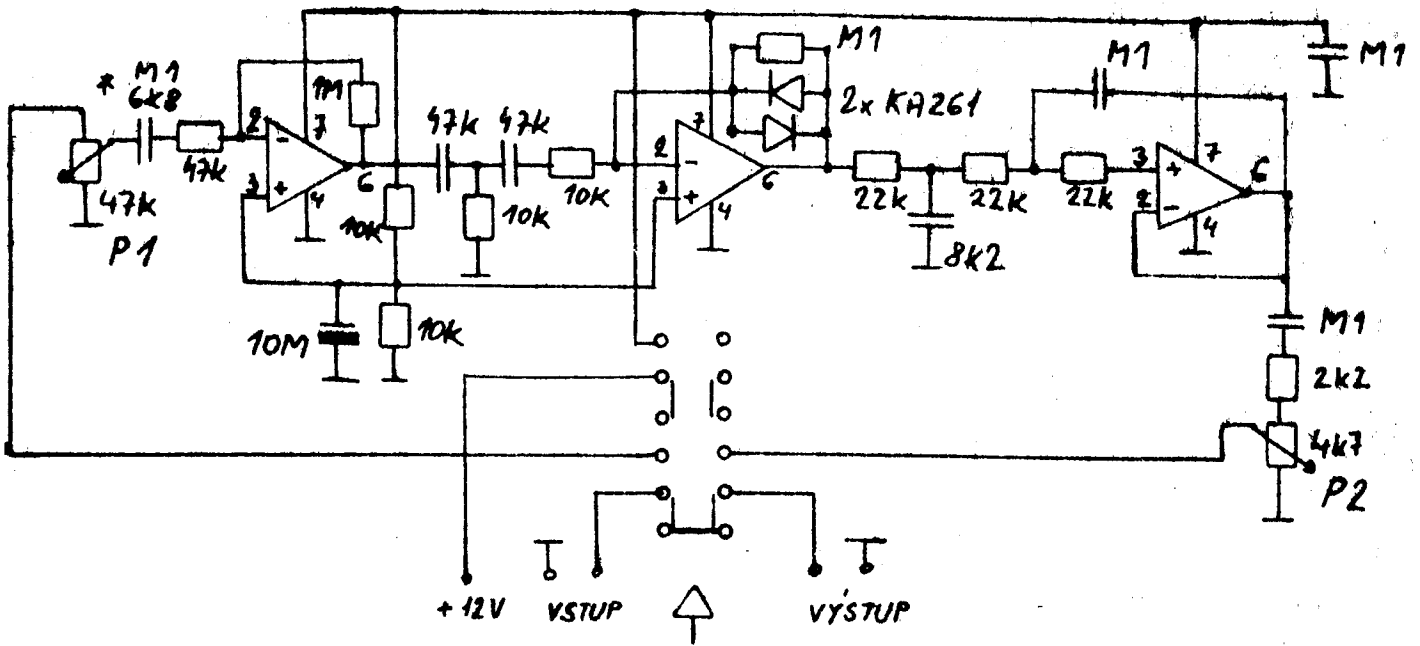
Nastavovací predpis

Na nf. vstup privedieme $U_{VST}=100 \text{ mV}$ 1 kHz , potenciometrom GAIN nastavíme blikanie diódy D8. V bode A je asi $1,1 \text{ V}$ 1 kHz . Skontrolujeme úrovně v bodech C a D. Osciloskop pripojíme do bodu E, cievku L_1 naladíme na maximálne napätie. Osciloskop zapojíme do bodu F a potenciometrom P3 nastavíme minimálne zvlnenie obálky. Osciloskop pripojíme do bodu G a cievku L_2 naladíme na maximum. Osciloskop prepójme do bodu H a cievku L_3 naladíme na maximum. Musíme dostať $300 \text{ mV}_{\text{g}}$ signál 1 kHz s minimálnym skreslením. Veľkosť a skreslenie výstupného napätia môžeme zmerať kondenzátorom 1800 pF v emitore predchádzajúceho tranzistora.

Ďalej nastavíme požadované úrovně obmedzenia kondenzátormi paralelne pripojenými k odporu 680 ohm . Vyberieme vždy taký kondenzátor, aby platilo :

keď zmenšíme vstupné napätie o požadovanú úroveň obmedzenia, musí sa výstupné napätie znížiť o 4 dB . Napr. chceme nastaviť úroveň obmedzenia 18 dB . Vstupné napätie 100 mV zmenšíme o 18 dB a vyberieme taký kondenzátor, aby výstupné napätie kleslo o 4 dB .

3x MAA 741



$f = 1200 \text{ Hz}$

$U_{VST_0} 50 \text{ mV}$	-10dB	-20dB	-30dB
$U_{VST_0} 300 \text{ mV}$	-9,5dB	-1,5dB	-2,5dB

$U_{VST} = 0,5 \text{ mV}$

$0 \text{ dB} \cong 150 \text{ mV}$

	300 Hz	500 Hz	700 Hz	1k	2k	2,5k	3k	4k
M1	-12 dB	-8 dB	-6 dB	-5 dB	-1 dB	0	-6 dB	-20 dB
6k8	-20	-10	-9	-6	-1	0	-6	-20

NF OBMEDZOVAC^Y
AUDIO CLIPPER

3LU79

VF OBMEDZOVAČ

Návod na použitie

Zo zásady používame vysokoimpedančné mikrofóny kryštálové alebo keramické, ktoré dodávajú špičkové napätie pri normálnej reči asi 100 mV. Rozdiel v zrozumiteľnosti v porovnaní s dynamickým mikrofónom je markantný.

Potenciometer GAIN nastavíme tak, aby LED dióda pri reči blikala.

Potenciometrom BASS nastavíme úroveň potlačenia nízkych kmitočtov. Potenciometrom OUT nastavíme potrebné výstupné napätie. Prepínačom PROCES si volíme buď priamo signál z mikrofónu alebo z obmedzovača.

Keď zatlačíme tlačítko TUNE, na výstupe dostaneme signál asi 1,8 kHz so špičkovou amplitúdou presne zhodnou ako pri reči. Kombináciou prepínačov 6,12 a 24 dB si môžeme zvoliť úroveň obmedzenia 0,6,12,18,24, 30 dB.

Pri vlastnej prevádzke postupujeme nasledovne:

- 1/ Zasunieme mikrofón, zvolíme si úroveň obmedzenia /optimum 18 dB/, zapneme tlačítko PROCES. Rozprávame do mikrofónu a potenciometer GAIN nastavíme tak, aby LED dióda práve začala blikat. Potenciometer BASS nastavíme na maximálny odpor.
- 2/ Výstup z obmedzovača zapojíme do MIC vstupu vysielača, zatlačíme tlačítko TUNE a potenciometrom OUT pridávame výstupný signál pokiaľ nám lineárne stúpa výkon. /Vysielač máme vyladený/.
- 3/ Potenciometer BASS nastavíme na najlepšiu zrozumiteľnosť pomocou prijímača, alebo pomocou protistanice.

