

NOVÁ GENERACE SPOJOVACÍCH PROSTŘEDKŮ

Technická úroveň spojovacích radioelektronických prostředků bezprostředně ovlivňuje odolnost, operativnost a spolehlivost spojovacích systémů, zejména v současném období, které je charakterizováno velmi aktivním radioelektronickým bojem (REB).

Zabezpečení spolehlivého spojení v podmínkách REB, ztížení zaměření, zarušení i zajištění spolehlivého utajení informací patří mezi přednosti rádiových stanic a systémů pracujících s rozprostřeným spektrem.

Princip přenosu rádiových signálů s rozprostřeným spektrem je znám již od 30. let, teoreticky byl řešen a ve zjednodušené formě ojediněle nasazen ve 2. světové válce. K praktickému použití se přistoupilo až od poloviny 70. let, a to zejména ve spojovacích a navigačních systémech. Příčinou pomalých aplikací byla velká složitost, nedostatečné technologické možnosti a z nich vyplývající malá spolehlivost, velké rozměry, velký příkon aj. Vývoj intenzívně pokračoval až v posledních desetiletí, po zvládnutí LSI (Large Scale Integration) a VLSI (Very Large Scale Integration) integrovaných obvodů.

U běžně používaných tzv. úzkopásmových modulací je šířka spektra modulovaného signálu uváděna v hertzech (Hz) řádově číselně rovna přenosové rychlosti uváděné v jednotkách bit/s, tzn. pro přenos dat rychlostí 1200 bit/s postačí standardní telefonní kanál s šířkou pásma 300 až 3400 Hz.

Při přenosu s rozprostřeným spektrem je šířka vysokofrekvenčního pásma několikanásobně vyšší, než je rychlost přenášené informace. Při informační rychlosti 16 kbit/s může být šířka vysokofrekvenčního pásma 16 MHz, ale i mnohem více. Důsledkem vysílání v širokém kmitočtovém spektru je snížení hustoty výkonu užitečného signálu a tím i možnost ponoření užitečného signálu až pod úroveň šumu.

Základním parametrem širokopásmových systémů je tzv. **systémový zisk**, který kvantitativně vyjadřuje schopnost systému potlačit nežádoucí rušení.

Předností rádiových stanic pracujících s rozprostřeným spektrem je snížení vlivu úzkopásmových rušičů, obtížné zjištění a zaměření. Využití signálů s rozprostřeným spektrem umožňuje konstruovat systémy odolné proti náhodnému i úmyslnému rušení a obtížné zjištění běžnými průzkumnými přijímači, nebo analyzátory spektra.

Pokles signálu až pod úroveň šumu ve spojovacím kanálu vyžaduje složitou detekci přijímačem a použití mnoha technických novinek u vysílače, které vedou k vyšší složitosti a tím také k vyšší ceně rádiové stanice.

Výkon signálu lze rozprostřít do širokého kmitočtového pásma použitím vhodných druhů modulací a kódování. Mezi nejrozšířenější prakticky používané metody patří přímá modulace kódovou posloupností (DS-Direct Sequence) a metoda kmitočtových skoků (FH-Frequency Hopping), případně jejich kombinace.

Při činnosti systému pracující metodou DS je hovorový signál převeden např. pomocí adaptivní delta modulace do číslicového tvaru, tím je získána tzv. informační posloupnost. Z generátoru pseudonáhodné posloupnosti vyjde dvojková kódová posloupnost, jejíž bitová rychlost je velkým celistvým násobkem informační posloupnosti. Po sečtení informační

a kódové posloupnosti např. logickou funkcí EXCLUSIVE-OR je tímto číslicovým signálem modulován balanční modulátor. Fáze nosného vysokofrekvenčního signálu nabývá hodnot 0 a 180 stupňů v závislosti na hodnotách obou posloupností.

Vlivem modulace kódovou posloupností z generátoru pseudonáhodné posloupnosti dochází k širokému rozptýlení výkonu signálu do pásma.

Při použití metody FH vysílač generuje signál, jehož kmitočet nabývá především stanovených hodnot určených generátorem pseudonáhodné posloupnosti. Kmitočet se přepíná po stejných okamžicích, rychlost přepínání se pohybuje od desítek skoků, až do tisíce skoků za sekundu. Určitá část doby času mezi kmitočtovými skoky je spotřebována na přepnutí a ustálení kmitočtu, obecně lze říci, že tato doba činí asi 10 %. Kmitočet nosné vlny každého úseku je určen jednak hodnotou bitu informační posloupnosti (digitalizovaný hovorový signál) a kódovým slovem pseudonáhodné posloupnosti.

Velkou výhodou metody kmitočtových skoků oproti přímé metodě rozptýření je, že rádiové stanice s kmitočtovými skoky může pracovat se současnými typy VKV rádiových stanic, tzn. lze vypnout kmitočtové skákání a pracovat na jednom kmitočtu.

Rádiovým stanicím s rozptýřeným spektrem byla věnována mimořádná pozornost, zejména v Anglii u firmy RACAL-TACTICOM, která dodává rádiové stanice a elektronickou výzbroj do více než 100 států. Tato firma také jako první na světě vyrobila prakticky použitelnou rádiovou stanici JAGUAR-V (Jamming Guard Radio - VHF) - rádiovou stanici odolnou proti rušení. Současně vyřešila další dvě varianty včetně doplňků, které umožnily pokrýt potřeby spojení u taktického stupně velení.

Do praktického nasazení ve větších počtech byla rádiová stanice zavedena v roce 1982.

V USA byl vývoj zahájen s několikaletým zpožděním. Koncem 70. let byla velká pozornost věnována snížení počtů typů rádiových stanic a vytvoření víceúčelových stanic, zejména pro zabezpečení spolupráce mezi pozemními jednotkami a podpůrným letectvem. Na základě těchto požadavků byl založen program SINGARS-V (Single Channel Ground and Airborne Radio Subsystem - VHF).

V rozsáhlém programu bylo zahrnuto řešení rádiových stanic s rychlou změnou kmitočtu (až 1000 skoků/s) firem ROCKWELL a COLLINS, i řešení rádiových stanic s pomalou změnou kmitočtu - do 100 skoků/s firem CINCINNATI a ITT. Nabídka firmy RACAL přes praktické výsledky a předstih 2 až 4 roky v konkursu neuspěla.

V roce 1982 byl program vývoje na rádiových stanicích s rychlými skoky přerušen, pravděpodobně pro technologické potíže.

Na základě zkoušek prototypů přenosných rádiových stanic firem ITT a CINCINNATI byly v roce 1983 zavedeny do výzbroje rádiové stanice vyvinuté firmou ITT.

V Izraeli byly uskutečňovány práce na tomto typu rádiových stanic od roku 1972. Firma TADIRAN vyvinula a vyrábí rádiové stanice Shamir - VHF 88 ve 3 variantách.

V současném období vyvíjí a vyrábí rádiové stanice se skákáním kmitočtu mnoho výrobců - viz **tabulku**.

Některé uvedené rádiové stanice se vyrábí i ve více zemích. Základní rozdíly mezi stanicemi jsou ve způsobech synchronizace, šířky pásma, ve kterém se provádí kmitočtové skoky, v rychlosti skoků a ve způsobu organizace sítí.

Nejdříve byly zhotoveny rádiové stanice pracující ve VKV rozsahu, tzn. 30 až 80 MHz. Na základě zkušeností byly později vyřešeny i KV rádiové stanice působící v pásmu 1,5 až 30 MHz. Provoz se skákáním kmitočtu je rovněž používán u rádiových stanic působících ve druhém leteckém pásmu 225 až 400 MHz.

Ve výzbroji ozbrojených sil členských států NATO budou postupně do konce 90. let nahrazeny dosavadní klasické VKV/FM rádiové stanice rádiovými stanicemi nové generace pracujícími s rychlou pseudonáhodnou změnou kmitočtu, které mají vyšší odolnost z hlediska REB.

Typové označení	Výrobce	Stát
JAGUAR V,H,U	RACAL - TACTICOM	Velká Británie
SCIMITAR	Marconi	Velká Británie
System 4000	Plessey	Velká Británie
AN/PRC 117	Harris	USA
SINGARS V	Cincinnati, ITT	USA
Model 7680	LITTON	USA
MP 83	Rockwell, Collins	USA
SEM 172	SEL	SRN
TRC 950	Thomson - CSF	Francie
VHF 88	TADIRAN	Izrael
PRC 250	GRINAKER	Jižní Afrika

Přenos informace s přímým rozšířením spektra (metoda DS) se používá v systémech pro přenos dat pro systém řízení a uvědomování PVO AWACS, v palebně průzkumném systému PLSS, v družicovém navigačním systému NAVSTAR a v nových typech modemů pro družicové spoje.

V ČSA není doposud rádiová stanice pracující s rozprostřeným spektrem zavedena, ani se neuskutečnil její vývoj. Tento stav souvisí se složitou situací ve spojovacím vojsku. Většina spojovacích prostředků ČSA je morálně a fyzicky zastaralá a bude muset být nahrazena nebo modernizována. To neumožňuje soustředit finanční prostředky na vývoj rádiových stanic tohoto typu, zejména při snížení objemu finančních prostředků přidělených FMO.

Další příčinou je slabá připravenost československého průmyslu řešit obdobný úkol, zejména jeho nízká technologická úroveň.

V minulosti byly vypracovány některé studijní a teoretické práce v dílčích oblastech tohoto oboru různými organizacemi a zařízeními např. v Tesle VÚST, ČVUT, ale i ve vědecko-výzkumné základně (VVZ) ČSA.

Nejlépších výsledků bylo dosaženo na VA v Brně při výzkumných pracích na úpravě rádiové stanice RF-10 pro pomalé skákání kmitočtu.

Na základě dosažených kladných výsledků se orgány ČSA snažily zadat vývoj rádiové stanice pracující metodou kmitočtových skoků československému průmyslu. Úkol byl však po dvou letech rozborování, prodlužování termínů a zvyšování finančních požadavků na řešení zastaven.

Při zastavení řešení úkolu rádiové stanice s kmitočtovými skoky bylo rozhodnuto nahradit zastaralé VKV a KV rádiové stanice pracující na taktickém stupni optimální rádiovou stanicí Radmila, ovšem bez kmitočtových skoků.

Dosažitelná technologická úroveň a použitá součástková základna je rozhodující pro možné systémové řešení, ovlivňuje rozměry, hmotnost, odběr elektrické energie, odolnost apod. U nových rádiových stanic se široce používají obvody vyrobené technologií LSI a VLSI např. mikroprocesory, generátory pseudonáhodných posloupností poznatků a další speciální obvody, jako jsou konvelvery a prvky vyrobené na základě poznatků o povrchových akustických vlnách.

Rozhodující při návrhu a vytvoření systému jsou otázky synchronizace. Pokud není zabezpečen synchronní chod generátorů pseudonáhodné posloupnosti jak ve vysílači, tak v přijímači, nelze využít tohoto způsobu přenosu informace.

V této souvislosti je nutné zdůraznit potřebu vysokých požadavků, které jsou kladeny na přesnost a nezávadnost generátorů posloupnosti, ale i na ostatní funkční prvky rádiové

stanice, např. kmitočtový syntezátor, filtry vytvořené na základě poznatků o povrchových akustických vlnách aj.

Konstrukčně jsou všechny typy zahraničních rádiových stanic řešeny především s ohledem na spolehlivost, robustnost, vysokou mechanickou a klimatickou odolnost, a to i za cenu vyšší hmotnosti. Přísně je dodržován modulární princip, umožňující vytváření různých sestav z jednotlivých zařízení podle potřeb uživatele nebo zástavby. Je také dodržována zásada jednoduchosti výrobních dílů, příslušenství apod., čímž jsou zjednodušeny problémy se zásobováním náhradními díly i s opravami.

Možnosti elektronického řešení jsou téměř neomezené, problémem je sladění taktických požadavků s technologickými možnostmi a přijatelnou cenou.

Vlastní výzkum a vývoj je vzhledem ke složitosti systému, nutnosti zavedení nových technologií, vývoje speciálních součástek velmi nákladný a dlouhodobý. Většina světových špičkových výrobních společností na něm pracovala zhruba 10 let a náklady na vývoj do stádia zavedení do výroby dosáhly až 100 miliónů dolarů.

Na rozdíl od klasických rádiových stanic, které působí v pevně určeném kmitočtu s co nejúžším pásmem, vyžaduje nový systém řadu kmitočtů v širokém spektru. Tím dochází ke změně provozních podmínek především při provozu velkého počtu sítí a velké plošné hustotě rádiových stanic.

Zhodnocení těchto okolností bude možné jen na základě dlouhodobých provozních zkoušek a hromadného nasazení.

K posouzení vlivu účinků opatření REB protivníka na činnost vlastních jednotek vytvořila firma RACAL počítačový model spojovací sítě odpovídající rozvinutí tří divizí. U každé divize bylo modelováno 256 místních sítí, vybavených spojovacími prostředky pracujícími v pásmu velmi krátkých vln. U divizí prvního sledu působilo současně 100 % sítí s výkonem rádiových stanic do 50 W. Podobně bylo modelováno rozmístění a prostředky protivníka. Bylo předpokládáno, že 75 % všech rádiových stanic působí v režimu stálého kmitočtu.

Výsledkem modelu bylo, že rádiové stanice pracující se skokovou změnou kmitočtu jsou schopny u 90 % případů udržet spojení vyhovující kvality. Rovněž při modelování působení úzkopásmových rušičů o výkonu 2 kW ve vzdálenosti 3 km od čáry dotyku bylo zjištěno, že u rádiových stanic s pevným kmitočtem došlo ke snížení dosahu pod 10 % vzdálenosti, kdežto u rádiových stanic, pracujících se skokovou změnou kmitočtu, se dosah prakticky nezměnil.

Odposlech rádiových stanic pracujících s rozprostřeným spektrem je prakticky velmi těžko možný (zejména u metody DS), i když jsou již ve světě analyzátory schopné vyhodnocovat přenos s kmitočtovými skoky. Lze uvést např. analyzátor společnosti Rhode-Schwarz, který je schopen vyhodnocovat až 1600 skoků za sekundu.



Systém s rozprostřeným spektrem nabyly na významu v souvislosti s potřebou hospodárněji využít kmitočtový rozsah. V roce 1979 se sešla v Ženevě Světová správní radio-komunikační konference, která byla jednou z nejvýznamnějších konferencí Mezinárodní telekomunikační unie v poslední době. Stanovila geostacionární družicové dráhy platné do konce 20. století a zásady využívání kmitočtového rozsahu.

V souvislosti s jednáním konference byla v příslušných vědeckých organizacích a v odborném tisku nastolena otázka, zda tradiční způsob kmitočtového členění je nejučelnějším způsobem využití kmitočtového rozsahu. Možností jsou sdělovací systémy s rozprostřeným spektrem, které představují nové řešení, umožňující nejvýhodnější využití rozsahu velkým počtem uživatelů.

Rádiové stanice a systémy s rozprostřeným spektrem jsou velmi perspektivní, mají oproti rádiovým stanicím pracujícím s úzkopásmovou modulací mnoho výhod. Pro tyto vlastnosti jsou uplatňovány zejména v armádách.

Mezi nejdůležitější výhody patří:

- malá výkonnost spektrální hustota a obtížná zjistitelnost přítomnosti signálu obvyklými spektrálními analyzátory,
- velká odolnost proti rušení,
- možnost kvalitního utajení přenosu,
- možný provoz s kódovým dělením a mnohokanálovým přístupem,
- měření vzdáleností a času s velkou přesností.

K nevýhodám těchto systémů lze uvést technicky a technologicky složitě řešení, vyšší cenu zařízení, potřebu změn v organizaci spojení.

Základním cílem výzkumných a vývojových prací v počátečním období přestavby ČSA bude, kromě nezbytné modernizace již zavedené výzbroje a vojenské techniky (VVT), především výzkumné a vývojové rozvinutí perspektivních oborů nové techniky tak, aby mohl být ve druhé polovině 90. let vývojově zabezpečován a následně dodávkami zajištěn přechod armády na stav, charakterizovaný kvalitativně vyšší úrovní VVT.

Proto bude účelné podporovat rozvoj tohoto oboru, zejména ve VVZ a u vojenských opravárenských podniků (VOP) ČSA, kde jsou největší zkušenosti, které dávají předpoklad úspěšného zvládnutí úkolu.

Podplukovník Ing. Jaroslav Krbec

TERMORIZNÍ TECHNIKA

Termovizní systémy představují v současné době nejdokonalejší prostředek pro pozorování a zaměřování v noci.

Československá armáda je obecně nedostatečně vybavena prostředky pro výzkum a vedení bojové činnosti v noci. Tyto prostředky jsou ve většině případů morálně a technicky zastaralé, dosah systémů z hlediska požadavků průzkumu je nedostatečný.

Termovizní prostředky využívají ke své činnosti tepelné vyzařování objektů, resp. rozdílu teplot (tepelného kontrastu) mezi objektem a jeho pozadím. Termovize je proto zcela nezávislá na úrovni osvětlení terénu.

Jde o poměrně složitá zařízení s vysokou cenou. Jejich výhodou je možnost provozu jak ve dne, tak i v noci. Na rozdíl od optických a optoelektronických prostředků je jimi možné pozorovat (s omezením dosahu i kvality) i v podmínkách mlhy, dýmu a prachu.

Hlavními částmi termovizního systému jsou:

- optický přijímací systém,
- soustava čidel infračerveného (IČ) záření,
- chladič zařízení,
- procesor pro zpracování signálů,
- převaděč obrazu do viditelné části spektra.