

PROBLEMATIKA A APLIKACE MILIMETROVÉHO PÁSMU ELEKTROMAGNETICKÝCH VLN

Využití milimetrového pásma spektra elektromagnetických vln. tzn. kmitočtů od 30 do 300 GHz, přináší pro radiotechnické aplikace civilního i vojenského charakteru mnoho unikátních, jinými způsoby nedosažitelných výhod.

Zájem o pásmo milimetrových vln se v posledních letech výrazně zvýšil. Je způsoben zejména pokrokem v oblasti fyziky a technologie polovodičů. Nejrozšířenější aplikací v oblasti vojenství jsou průzkumné prostředky, inteligentní munice a spojovací prostředky.

Problematika milimetrových vln

Přednosti využívané při konstrukci radiolokátorů v milimetrovém pásmu jsou dány především zvláštnostmi šíření milimetrových vln.

Krátká vlnová délka umožňuje zmenšení rozměrů antény, realizaci užších anténních svazků a tím dosažení vyšší citlivosti, lepší rozlišovací schopnosti a menšího rizika nežádoucí detekce i rušení. Současně se zmenšováním vlnové délky se zdánlivě zvětšuje efektivní odrazová plocha cílů, čímž dále roste pravděpodobnost jejich zjištění. Vyšší nosný kmitočet umožňuje využití širšího kmitočtového pásma pro přenos impulsů, které mohou mít ostřejší hrany s příznivými důsledky na rozlišovací schopnost v dálce.

S rostoucím kmitočtem vzrůstá komplexní dielektrická konstanta plynů a roste útlum šíření v atmosféře (viz obr.). Průběh útlumu není monotónní, ale obsahuje několik vrcholů odpovídajících příslušným rezonančním kmitočtům molekul, zejména vodní páry a kyslíku. Lokální minima útlumu tzv. „atmosférická okna“ jsou v okolí kmitočtů 35 GHz, 94 GHz a 140 GHz. Ze zvýšeného atmosférického útlumu plyne, ač se to zdá protismyslné, další specifická výhoda milimetrového pásma. Zvýšený útlum způsobuje snížení detekovatelnosti radiolokátoru ve větší vzdálenosti a omezuje riziko nežádoucích interferencí.

Vlastnosti radiolokátorů pracujících v milimetrovém pásmu

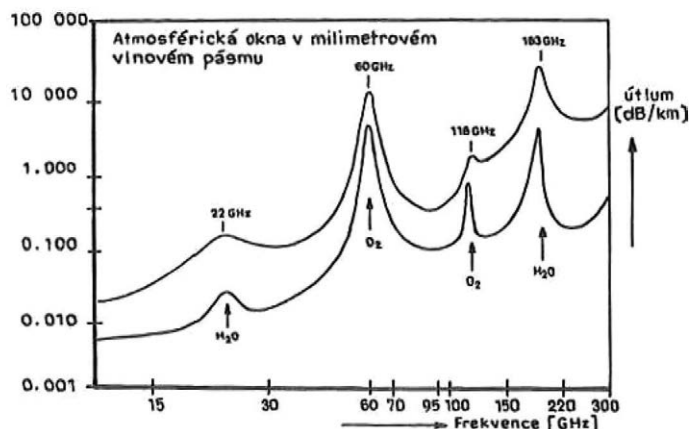
Výhody:

- malé rozměry
- vysoká rozlišovací schopnost,
- vysoká přesnost měření polohy cílů.

Nevýhody:

- kratší dosah včetně nižšího dosažitelného výkonu vysílače,
- nevhodnost pro rychlé prohledávání velkých prostorů,
- vysoké výrobní náklady.

Radiolokátory pracující v milimetrovém pásmu jsou vhodné pro kratší dosahy, řádově jednotky, výjimečně až desítky kilometrů. Některé typy radiolokátorů určených pro řízení střel jsou záměrně konstruovány do oblasti zvýšeného útlumu.



Obr.

Provedeme-li porovnání se soudobými elektrooptickými a termovizními průzkumnými prostředky, signály radiolokátorů pracujících v milimetrovém pásmu lépe pronikají mlhou a dýmem, dovolují činnost i při ztížených atmosférických podmínkách.

Z výše uvedených důvodů se radiolokátory pracující v milimetrovém pásmu používají hlavně jako součásti systémů řízení palby a palebných prostředků, průzkumné radiolokátory, jako palubní a navigační zařízení anebo jednoúčelová radiolokační čidla naváděcích soustav řízených střel i munice s navedením v konečné fázi letu.

Současný stav ve vyspělých státech

Využití pásma milimetrových vln při realizaci perspektivních systémů v civilním i vojenském sektoru je závislá především na zvládnutí technologie výroby, zejména aktivních prvků, které je limitujícím faktorem. Ve vyspělých státech je běžně zvládnuta technologie výroby polovodičových součástek přibližně do 100 GHz (Schottkyho diody, GaAs monolitické obvody, aj.), ale jsou vyráběny i obvody do 300 GHz.

V armádách NATO jsou zejména na letounech zaváděny radiolokátory pracující v milimetrovém pásmu, které umožňují mapování terénu, střelbu i bombardování. Obvykle působí v pásmech 30 až 40 GHz s dosahem 10 až 50 km. Jako příklad lze uvést radiolokátory firmy Westinghouse aj. V pásmu 95 GHz se uplatňuje další novinka tzv. vícefunkční radiolokátory.

Vzhledem k omezenému dosahu těchto radiolokátorů bude zjišťování, zaměřování a rušení na větší vzdálenosti neúčelné.

Významnou oblastí výhodného uplatnění milimetrových vln je oblast tzv. inteligentní munice, která zabezpečuje podstatné zvýšení účinnosti bojových prostředků. Použití v této oblasti si vyžaduje superminiaturizaci a zejména vysokou mechanickou odolnost z hlediska přetížení, které může dosáhnout u střel až několik tisíc g.

Radiolokátor, který je vestavěn ve střele ve vyhledávací fázi prohledává terén, vyhodnocuje přítomnost cíle a provádí jeho identifikaci. V naváděcí fázi zabezpečuje radiolokátor navedení na cíl a volbu okamžiku výbuchu munice. Anténní systém musí být plně přizpůsobený velikosti a druhu munice. Radiolokátory pracují se stálou kmitočtově modulovanou vlnou, nebo s impulsní modulací. Pro navádění na cíl se používá kombinace pasivního a aktivního navádění. Problematika inteligentní munice se obvykle řeší v pásmu 35 a 95 GHz.

Jako příklad lze uvést firmu Thomson, která nabízí radiolokační hlavici pro ráži nad 100 mm se samonavedením do 2 km.

Další velkou oblastí využití speciálních vlastností milimetrových vln je oblast spojení. Zde opět vyniká již uvedená vlastnost milimetrových vln tzn. se zvětšující se vzdáleností se zvyšuje útlum a z toho vyplývající nemožnost odposlechu. Důsledkem toho je i snížení požadavků na utajení vlastního přenosu. Například pro utajené směrové spoje s dosahem 3 km se využívá i pásmo zvýšené pohltivosti atmosféry v okolí 60 GHz. Předností systému je jeho širokopásmový přenos, řádově desítky Mbitů a malé rozměry anténního systému.

K přenosu informací jsou využívány i tzv. radiodalekohledy, což jsou spojovací zařízení, u kterých je anténa a vysokofrekvenční část přenosové soustavy montována s dalekohledem do jediného konstrukčního celku. Předností je kromě snížení možnosti odposlechu, zejména malá cena a rozměry. Pracovní kmitočet bývá okolo 70 GHz.

Obecně můžeme říci, že velké uplatnění milimetrových vln ve vyspělých armádách, je v oblasti průzkumných systémů jak pozemních, tak leteckých, či kosmických. Rovněž oblast milimetrových vln je využívána v prostředcích radioelektronického boje umístěných na palubách letounů.

Další neméně významná civilní aplikace je v oblasti dozoru nad silniční dopravou. V zahraničí je tomuto problému věnována značná pozornost. Dozor je zaměřen především na místa se zvýšeným kolizním nebezpečím a k dodržování předepsaných rychlostí. Radiolokační měřič rychlosti vozidel je další z možných aplikací využití milimetrových vln nejenom pro ryze vojenské účely.

Současný stav v ČSFR

V minulém období se výzkumem v oboru milimetrových vln zabývalo několik pracovišť na vysokých školách a pracovištích ČSAV i SAV. Aplikovaný výzkum probíhal zejména v Tesle VÚST, Tesle Blatná, ÚVR Opočíněk, ale i VVZ Čs. armády.

Těžiště prací bylo orientováno na studijní a experimentální práce v oblasti šíření, vedení a generování milimetrových vln, návrhy konstrukce aktivních i pasivních obvodů. Tato pracoviště jsou vybavena měřicí technikou pro kmitočtové pásmo do 40 GHz.

Nejvýraznějších výsledků v oboru bylo dosaženo ve VVZ Čs. armády, kde pro potřeby FMV byl zabezpečován vývoj radiolokačního měřiče rychlosti vozidel.



Oblast milimetrových vln je velmi perspektivní. V budoucnosti lze očekávat další prudký rozvoj tohoto oboru, který pronikne do mnoha aplikací v civilním i vojenském použití.

Problematika oboru milimetrových vln byla v minulosti několikrát analyzována. Z usku-
tečněných rozborů vyplývá, že náklady na zvládnutí potřebných technologií a vývoj sorti-
mentu komponent pro mm pásmo jsou řádově desítky až stovky miliónu Kčs. Tyto prostředky
není možné v současné době pro progresivní rozvoj oboru zabezpečit, obzvláště ne z roz-
počtu FMO.

Z analýz dále vyplývá, že je účelné postupně vybudovat pracoviště, které by se syste-
maticky zabývalo rozvojem milimetrových vln jak pro civilní, tak i vojenské aplikace. Jednotlivá
kmitočtová pásma byla zvládnuta postupně, s tím, že se nepředpokládá vyvíjet aktivní prvky
pro tato pásma.

**Přes uvedené limitující faktory je účelné nadále rozvíjet a podporovat rozvoj mili-
metrových vln, zejména některých komponent, které jsme schopni v ČSFR techno-
logicky zvládnout.** Jako příklad lze uvést Teslu Pardubice, která má dostatečné zkušenosti
z vývoje a výroby radiolokátorů v mikrovlnném pásmu. Lze očekávat, že po poskytnutí kri-
tických komponent, např. formou dovozu z vyspělých zemí, bude schopná realizovat moderní
zařízení pro civilní i vojenské aplikace.