

PROTIRADIOLOKAČNÍ OCHRANA POZEMNÍCH CÍLŮ BEZODRAZOVÝMI VRSTVAMI

Inženýr major Luboš Srbek

Dokonalé utajení důležitých objektů před radiolokačním pozorováním se stává důležitým prostředkem v snižování účinku bojových prostředků, zvláště zbraní hromadného ničení. Zachování morálky a pracovní schopnosti obyvatel v zápolí, zabezpečení výroby a plynulého přísunu potřebného materiálu bojujícím armádám jsou úkoly, které je možno splnit jedinečně tehdy, znesnadní-li se činnost nepřátelských radiolokačních zařízení. Stejně aktuální je problém radiolokačního maskování bojové techniky, komunikačních prostředků a objektů usnadňujících orientaci nepřítele při jeho akcích na frontě. Protiradiolokační maskování se stává nedílnou součástí činnosti vojsk organisovanou veliteli všech stupňů. Protiradiolokačnímu maskování je věnována zvláštní péče, jsou-li vojska uskupena v přehledném rovinném terénu.

Snaha vytvořit podmínky ochrany proti radiolokačnímu pozorování je vedena úsilím o využití vhodných maskovacích vlastností terénu a rozložením bojové techniky v okopech a úkrytech, vytváření umělých protiradiolokačních masek a nátěrů, vytváření klamných cílů, vytváření imitačních a demonstračních zákroků k naznačení činnosti, rozložení vojsk a důležitých objektů. Nejjednodušší a často vyhovující je maskování využitím terénu. Vlastnosti terénu využívané ke skrytí vojsk před zrakovým pozorováním využitím hluchých prostorů mnohdy zabezpečují také skrytí proti radiolokačnímu pozorování. Proto v členité a lesnaté krajině a rovněž i v krajině s velkým počtem terénních předmětů jsou podmínky radiolokačního maskování příznivější ve srovnání s odkrytým rovinným terénem, kde je třeba k maskování použít ve větší míře technických prostředků. Navíc přistupuje možnost maskovat objekty menších rozměrů jejich umístěním do vzdálenosti odpovídající rozlišovací schopnosti nepřátelského radiolokátoru od terénních předmětů, které mají dostatečně velký radiolokační odraz. V rovinném terénu je poměrně snadno dostupným prostředkem, hlavně pro objekty bojové techniky, použití stínících masek. Tyto masky se pořizují buď z prostředků v přírodě běžně dostupných, na příklad z proutí, větví apod., nebo z drátěného pletiva s oky menšími než $\frac{1}{6}$ vlnové délky radiolokátoru. Stínící masky ukrývají pohyb, po případě rozmístění vojsk, samy je lze však radiolokačně zjistit. Tuto nepříjemnou vlastnost je možno částečně omezit maskami s průvěsem menším než $\frac{1}{50}$ rozpětí, skloněnými vzhledem k zemi o úhel 50 až 60°.

Využití klamných cílů, stínících masek a možnosti terénu nemůže zabezpečit potřebnou účinnost maskování, zvláště pohyblivých pozemních cílů. Úkolem tohoto článku je upozornit na možnost využít ochranných absorpčních nebo dispersních vrstev u pohybujících se, po případě stojících pozemních cílů menších rozměrů.

V některých pojednáních o této otázce je všeobecně popírána možnost použít ochranných vrstev vzhledem k různým odrazným vlastnostem zem-

ského povrchu. Toto tvrzení se zdůvodňuje různými odraznými vlastnostmi různého terénu a z toho vyplývající nutností přizpůsobovat odrazné vlastnosti maskovaného cíle terénu, na němž cíl právě je. Toto tvrzení považují za nepřesné, neboť neplatí pro takové objekty, jejichž plocha, kolmá na směr osy vyzařovaného radiolokačního svazku, je alespoň v jednom směru omezena myšlenými rovnoběžkami, jejichž vzájemná vzdálenost je rovna nebo je menší, než je velikost rozlišovací schopnosti radiolokátoru. Všimněme si nejnepříznivějšího případu, tj. použití radiolokátoru pracujícího na vlnové délce 0,86 cm, kde rozlišovací schopnost pro vzdálenost pozorování 2000 m je přibližně 10 m. To znamená, že objekty vzdálené o méně než 10 m nebude možno od sebe rozlišit, splynou v jediný objekt. Z toho je vidět, že bude-li maskovaný objekt na terénu opatřen prakticky 100% bezodrazovou vrstvou a budou-li jeho rozměry vyhovovat uvedené rozměrové podmínce, bude vlivem udané rozlišovací schopnosti ve stínu odrazů od okolního terénu. Tedy pro pulsně modulovaný radiolokátor je na první pohled zřejmé, že takto uzpůsobený cíl bude dokonale maskován bez ohledu na okamžité odrazné vlastnosti terénu. Radiolokátory pracující na Dopplerově principu, tj. zařízení se stálou vlnou indukující jen pohybující se cíle, mohou vyhodnotit tento cíl jen pomocí snížení efektivní odrazné plochy dané plochou stopy anténního svazku na terénu. Tato plocha je udána velikostí stopy anténního vyzařovacího svazku na terénu, zmenšené o plochu zakrytou maskovaným cílem. Lze si ji představit jako kruhovou plochu se sníženým odrazem, postupující v rychlosti pohybu maskovaného cíle terénem. Vzhledem k nehomogenitě odrazného koeficientu terénu a při cílech menších rozměrů, kdy procentní úbytek odražené energie je malý, je zjištění takového maskovaného cíle také Dopplerovým principem prakticky nemožné.

Jednoduchou úvahou lze dokázat, že odraz z plochy dané stopou anténního svazku na terénu, je-li na části této plochy maskovaný cíl, je menší o plochu zastíněnou tímto cílem.

Průměr stopy při rozlišovací schopnosti uvažovaného radiolokátoru pracujícího na vlnové délce 0,86 cm (tedy pro nás nejnepříznivější případ) je prakticky vždy větší než 10 m. Plochu stopy je možno brát v úvahu jako plochu omezenou kružnicí, tedy platí, že její velikost je dána vztahem

$$P = \pi r^2 = 3,14 \cdot 5^2 \doteq 80 \text{ m}^2$$

S dostatečnou přibližností pro tuto úvahu platí, že

$$P \doteq A_e,$$

kde A_e je efektivní plocha cíle.

Cíl opatřený bezodrazovou vrstvou, která je na ploše této stopy, nechť má rozměry 2×5 m ve směru kolmém na osu anténního svazku, tj. 10 m^2 .

Vzhledem k tomu, že odražený výkon od cíle na vstupu přijímače je

$$P_p = \frac{P_v G_a A_c A}{16 \pi^2 R^4},$$

kde R je vzdálenost cíle, P_v výkon radiolokátoru, G_a činitel zesílení antény a A efektivní plocha antény je možno brát v úvahu lineární závislost od-

raženého výkonu na velikosti cíle za velmi přibližného předpokladu, že změna geometrické plochy cíle v rovině kolmé na osu anténního svazku je úměrná změně A_c , tedy potom $P_p = A_c$ pro $R = \text{konst.}$

Z toho vyplývá, že uvažovaná plocha 80 m^2 je zmenšena vlivem přítomnosti maskovaného cíle o 10 m^2 ; tedy odražený výkon od takového místa poklesne přibližně o 12 %, což neumožní indikaci této plochy (její rozlišení od okolí) radiolokátorem využívajícím Dopplerova principu. Tedy maskování uvažovaného cíle bezodrazovou vrstvou je pro všechny vlnové délky nad $0,86 \text{ cm}$ účinné, pokud se bude vrstva pro určité frekvence chovat jako prakticky bezodrazová.

Pro účely maskování pozemních cílů, zvláště tanků, samohybných děl, vozidel apod., by byly jako prakticky bezodrazové ochranné vrstvy vhodné některé prostředky vyvinuté v zahraničí. Uvádím několik druhů, z nichž některé podle zpráv v literatuře mají ráz běžného komerčního zboží.

Vláknité vrstvy

V Naval Research Laboratory byly vyvinuty vrstvy ve tvaru vláknitých rohoží impregnovaných gumových roztokem s vodivými přísadami. Tento materiál vykazuje širokou pásmovou absorpci v rozsahu od 2500 do $35\,000 \text{ Mc/s}$ ($0,86 \text{ cm}$ až 12 cm), neboť odráží méně než 5 % energie odražené hladkou kovovou deskou. Tento materiál je pružný, houževnatý a odolává mechanickým vlivům i vlivům počasí, je však vznětlivý.

Vrstvy z lehkých kovů

Jsou to přibližně 10 mm desky z lehkých slitin, v nichž jsou vylisovány různě hluboké drážky vyplněné absorpční hmotou. Každá drážka je určena pro určité vlnové pásmo v rozsahu 1 a 10 cm .

Dispersní vrstvy

Dispersní (rozptylové) vrstvy jsou schopny snížit zpětný odraz ve směru k radiolokátoru tak, že lze tuto energii prakticky zanedbat. Převážnou část dopadající elektromagnetické energie tyto vrstvy rozptýlí do všech směrů, část energie absorbují. Takovéto vrstvy jsou tvořeny vhodným elektricky polovodivým materiálem (selén, telur v kovovém vidu nebo kysličník mědný). Tento materiál se na povrch maskovaného předmětu nanáší pomocí šelaku, pryskyřice a jiných pojidel.

Feritové vrstvy

Tyto prostředky mají většinou širokopásmový ráz a používá se jich ve formě nátěru, jejich váha bývá obvykle kolem 2 kg na 1 m^2 . V tomto oboru již v roce 1955 hlásila CISA (Kanada) vynález nátěrové barvy na ochranu proti radiolokaci. Tento prostředek obsahuje mimo jiné magnetické keramické látky (ferity) a je velmi odolný proti tepelným a chemickým vlivům.

Z toho, co bylo uvedeno, lze oprávněně předpokládat, že ochrana pozemních cílů (jejichž rozměry splňují uvedenou omezující rozměrovou podmínku) s použitím ochranných absorpčních, po případě dispersních vrstev a nátěrů je schopna plně zabezpečit úkoly maskování proti nepřátelským radiolokátorům, a to jak proti pozemnímu, tak i vzdušnému pozorování.

Tento způsob proti doposud uvažovanému použití koutových odrážeců a stínících masek má přednost v tom, že neprozrazuje prostor, v němž je cíl maskován. Lze předpokládat, že z ekonomického hlediska budou pořizovací náklady na ochranné vrstvy v budoucnu nižší, nehledě k tomu, že protiradiolokační ochrana pohybujících se cílů malých rozměrů těmito náklady je trvalejší a účinná prakticky bez ohledu na vlastnosti terénu. Při posuzování výhod a nevýhod ochranných vrstev je nutno zvážit obtížnost a složitost dopravy, ukládání a instalování dosud užívaných umělých cílů a stínících masek při maskování cílů malých rozměrů (tanků, děl apod.).

Vzhledem na nutnost maskovat cíle a objekty větších rozměrů má však i v budoucnu použití koutových odrážeců, stínících masek a jiných protiradiolokačních clon své důležité místo v maskovací radiolokační technice.