

RADAR - historie a funkce

O. Szönyi

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

ond.szo@centrum.cz

Abstrakt

Poster (plakát) měl přiblížit veřejnému publiku zajímavé téma týkající se radaru - systému, který už od svého vynalezení byl pro člověka velkým přínosem v různých odvětvích. Ty to informace mohou poskytnout návštěvníkovi, jak vizuální představu o jeho funkci a stavbě, tak i historická fakta.

Jako každá věc, jenž nás životem provází, má i radar má hlubší problematiku. Poster složí spíše jako motivační vodítko.

Pokud byl návštěvník posterové sekce tématem zaujat, pak doufám že zmíněné odkazy na použitou literaturu mu umožní aspoň částečně nahlédnout pod pomyslnou pokličku radarových technologií.

1 Úvod

Významným stimulem pro rozvoj vysokofrekvenční elektrotechniky bylo vojenství, konkrétně pak použití radaru (RADAR-Radio Detection And Ranging) pro včasné varování před nepřátelským letectvem. Idea vojenského radaru vznikla v letech 1934-1936 a díky prostředkům vynaloženým na jeho vývoj se radar stal podstatnou součástí leteckého i námořního vojenství.

Vývoj radaru měl větší význam pro výchovu a vzdělání odborníků v oboru velmi krátkých vln než pro samotnou válku. Odborníci, se po válce uplatnili v řadě odvětvích a zasloužili se o převratné změny zejména v oblasti spojů - družicová komunikace, přenos televizního vysílání přes družice apod. Vývoj radaru je typickým příkladem tvořivého využití poznatků z různých oblastí fyziky a techniky a nedá se přisoudit jediné osobě či společnosti.

2 Technický vývoj a historické milníky

26. února 1935 provedl Sir Robert Watson-Watt poblíž anglického Doventry utajený experiment. V praxi předvedl principiální fungování radaru. Šlo o pasivní radar, který jako zdroj signálu využíval krátkovlnný vysílač BBC. Nicméně už při demonstraci se podařilo zaznamenat průlet velkého bombardéru Handley Page Heyford. V roce 1937 už byly v Británii umístěny první 3 radary a v zápětí je následovaly další stanice.

Plný význam ukázala radiolokace v bitvě o Británii roku 1940. Tehdy 700 britských stíhačů porazilo více než 2000 německých bombardérů s pomocí informace od radarového zařízení.

Spolu s vývojem samotného radaru docházelo ke zlepšování technologií a vývoje mikrovlnné techniky - generátorů, vlnovodů, antén. Díky novým vysokofrekvenčním čočkám se zdokonalovala i elektronika nezbytná pro radar.

Zlepšovaly se i postupy měření času a v neposlední řadě schopnosti zařízení. Původní rozlišovací schopnost radaru byla 0,06 μ s, což odpovídá přesnosti určení vzdálenosti na 10m. Zdokonalovala se i přijímací technika, zejména poměr signál - šum.

Watson-Watt dovedl radar až k praktické použitelnosti. Má zásluhu na první efektivně fungující infrastruktuře, která dovedla plně využít potenciál zařízení. Můžeme jej tedy považovat za otce tohoto technického pokroku.

V oblasti vývoje radaru působilo však mnoho významných osob, jimž je možné připsat podstatný přínos v této oblasti.

Jmenujme tedy aspoň pár jmen: A. M. Ampère, J. C. Maxwell, Foucault, Michelson, A. H. Taylor a další.

3 Princip

Ve vysílači jsou vytvářeny vysokofrekvenční elektromagnetické impulsy. Ty jsou vysílány anténou v určitém svazku. Šířka svazku definuje rozlišovací schopnost lokátoru a intenzitu elmag. energie ve směru, což má vliv na dosah radaru. Typický přehledový lokátor má šířku svazku v horizontální rovině cca v rozmezí $1,2^\circ$ a ve vertikální rovině v rozmezí cca $20-45^\circ$.

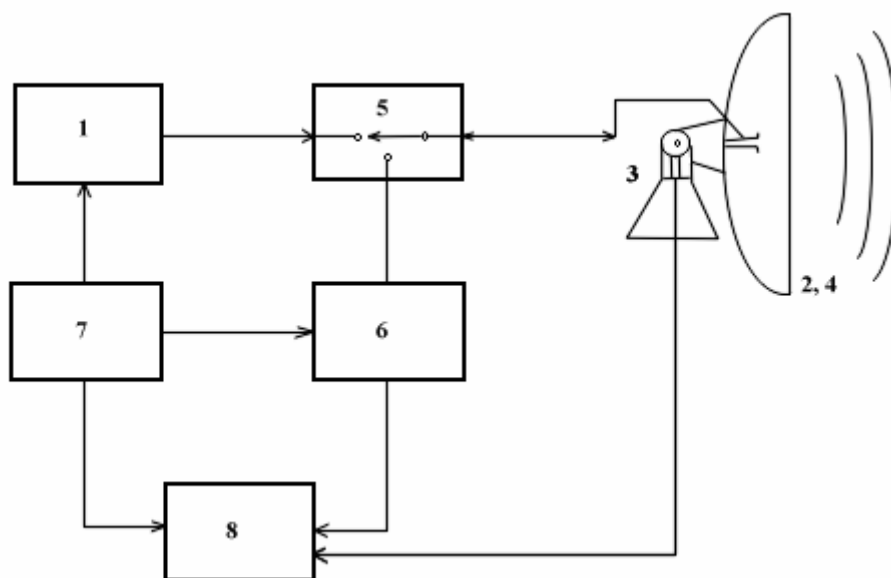
Narazí-li vlna na nějaký předmět, odrazí se pod stejným úhlem, pod kterým na předmět dopadla. Pouze vysílací impulsy, které dopadnou na objekt pod úhlem 90° , se odrazí tak, že se vrátí zpět do antény. Radarové impulsy, které nedopadnou pod tímto úhlem, jsou odvedeny do volného prostoru, tudíž nedospějí zpět do antény a nemohou proto vytvořit žádný obraz odraženého signálu.

V přijímači jsou impulsy odražených signálů zpracovány a následně na indikátoru zobrazeny jako kresba světlých skvrn.

Čím je anténa větší oproti vlnové délce vysílané energie, tím dokáže vyslat užší paprsek a obraz je přesnější. O rozlišovací schopnosti ve vzdálenosti pak rozhoduje délka (čas generování vf. energie) vyslaného impulsu a způsob zpracování (např. impuls délky 1 mikrosekundy umožňuje bez použití komprese impulsu měřit s rozlišovací schopností 150m).

Dosah radiolokátoru je dán výkonem vysílače, intenzitou šířící se energie (dáno charakteristikami antény), velikostí efektivní odrazné plochy cíle, charakterem vysílaného signálu (parametry a zpracování), útlumem v prostředí a citlivostí přijímače, jež určují možnost detekce cíle vzhledem k energetickým poměrům.

Jednoznačný dosah vyplývá z frekvence opakování vysílání a její případnou změnou. Pokud je tedy zachycen odražený impuls později nežli je vyslán další, nelze jednoznačně stanovit vzdálenost cíle. Některé složitější radiolokátory naopak využívají tuto změnu frekvence opakování vysílání k odstranění nejednoznačnosti měření vzdálenosti.



Obr. 1 Schéma radaru

- 1 - zdroj velmi krátkých, výkonných vf. pulsů časovaných z centrálního časovače (7).
- 2 - anténa formující úzký svazek elmag. vln, který má známý tvar a rozložení energie.
- 3 - servomechanický systém pohybující anténou podle el. řídicího napětí (které pak udává směrovou souřadnici).

- 4 - přijímací anténa obvykle stejná s vysílací anténou.
- 5 - přepínací systém (nikoliv mechanický), který brání proniknutí vysokého výkonu do přijímače.
- 6 - přijímač na principu superhitu (nadzvukový směšovací přijímač).
- 7 - časovač - řídí celý systém a měří čas od vyslání impulsu do jeho přijetí po odrazu od objektu.
- 8 - indikátor – zobrazovač.

4 Typy radarů

4.1 Aktivní radar – aktivní radar můžeme rozdělit na primární a sekundární.

- *Primární* - klasický aktivní radar. Vysílač (pozemní nebo palubní) vysílá mikrovlnnou energii ve formě impulsů nebo stálé vlny a v čase mimo vysílání přijímá odrazy od objektů (letadel, vzducholodí, mraků, země ...), jež se nacházejí ve směru kam je energie vysílána.
V případě, že nejsou vysílány impulsy ale stálá vlna, bývají anténní systémy pro vysílání a příjem zpravidla oddělené. Použití stálé vlny umožňuje precizní měření radiální rychlosti (rychlost objektu vůči vysílači) na základě Dopplerova jevu (změna vlnové délky v závislosti na rychlosti objektu a rychlosti šíření elektromagnetických vln v prostoru). Stejný efekt je využíván i u impulsních radarů pro rozlišení pohybujících se cílů (např. nízkoletícího letounu mezi odrazy od země atd.)
- *Sekundární* - aktivní radar, který potřebuje ke své činnosti další zařízení na palubě letadla, tzv. odpovídač. Na zemi je umístěno zařízení, které se nazývá dotazovač a přijímač sekundárního radaru. Dotazovač se v pravidelných intervalech „ptá“ a každý odpovídač odpovídá svým kódem, který má přidělený pro daný let od řízení letového provozu.
Sekundární radar tedy dokáže identifikovat jednotlivá letadla a navíc odpovídač je spojen s palubním výškoměrem, takže do odpovědi může být zakódována i výška letadla.
Tohoto se využívá, jak v civilním (norma ICAO - International Civil Aviation Organization), tak i v armádním sektoru (IFF - Identification friend or foe).

4.2 Pasivní radar - pouze sleduje veškerou rádiovou komunikaci letadla,

elektromagnetické rušení a vyzařování způsobované motorem a další elektronikou v letadle.

Nejčastěji je využíváno signálů z odpovídačů SIF a palubních radiolokátorů. Při použití více antén na různých místech lze opět určit polohu a výšku letadla.

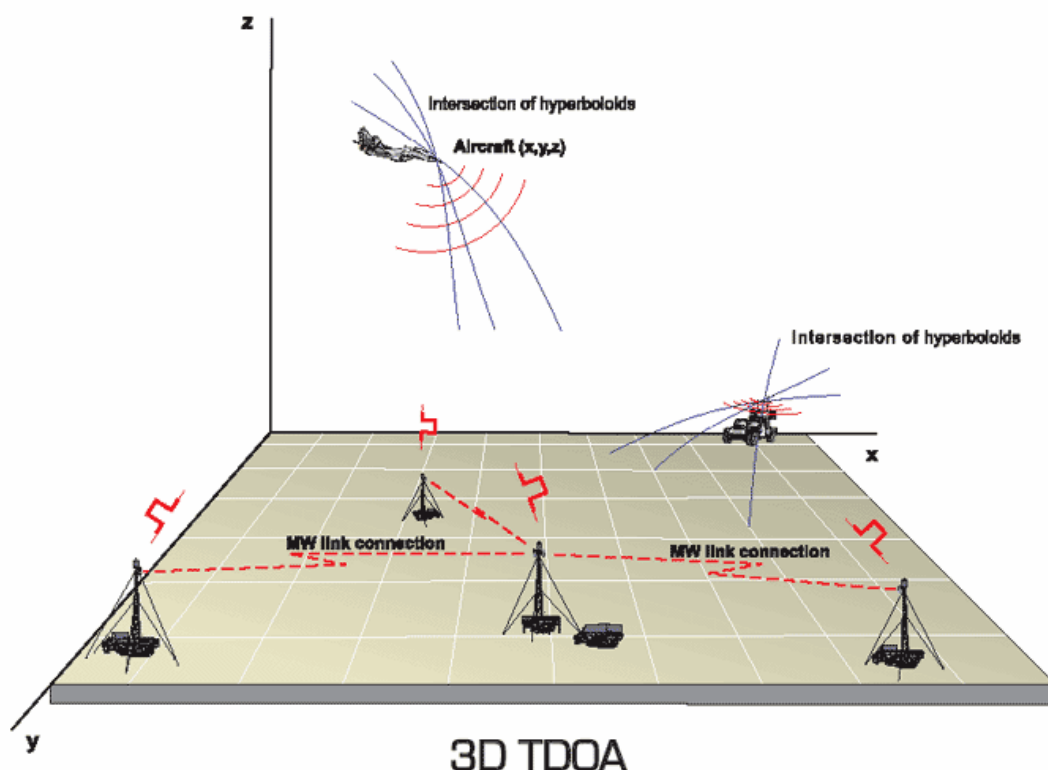
V praxi se tyto radary v civilní sféře kombinují a výsledná situace je zobrazována na jednom monitoru.

Z hlediska metody určení polohy lze tyto systémy rozlišit na ty které měří směr příchodu a ty které měří čas příchodu signálu.

- *Směroměrné systémy* (DOA - direct of arrival nebo AOA - angle of arr.) - zjišťují směr příchodu signálu na (minimálně) dvou stanovištích. Pomocí triangulace určí místo, kde se nachází zdroj signálu.
- *Časoměrné systémy* (TOA - time of arr. nebo TDOA - time difference of arr.) – využívají měření času příchodu impulsu přijímaného signálu na tři stanoviště.
Z časových rozdílů a rychlosti šíření signálu (konstantní, cca rychlost světla) se určí dráhový rozdíl mezi vzdálenostmi, které musel signál urazit

k jednotlivým stanovištím. Pomocí známých poloh a vzdáleností mezi místy příjmu se určí poloha zdroje.

Pro měření polohy ve 3D je potřeba minimálně 4 stanovišť. Na principu měření časových rozdílů příchodu signálu na jednotlivá stanoviště (TDOA) pracuje například systém Tamara.



Obr. 2 Schéma předávání informací v systému radaru Věra

5 Poděkování

Chtěl bych na tomto místě poděkovat všem, kteří mi pomohli při tvorbě práce. Nápomocny mi byly nové, zajímavé materiály, i diskuze s kolegy na dané téma. Dále bych chtěl projevit své díky autorům internetových článků, ze kterých jsem čerpal nebo se jimi inspiroval.

6 Reference

- [1] M. Šrubař, Pasivní radary jako strategická zbraň ,
<http://www.techblog.cz/technologie/pasivni-radary-jako-strategicka-zbran.html>
- [2] M. Tichý, Vysokofrekvenční elektrotechnika,
http://lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/vfel/01_2.html
- [3] kol. autorů, Radiolokátor, <http://cs.wikipedia.org/wiki/Radiolokátor>
- [4] kol. autorů, Meteorologický radar, http://cs.wikipedia.org/wiki/meteorologický_radar
- [5] kol. autorů, Radar, <http://en.wikipedia.org/wiki/Radar>
- [6] Český Rozhlas Leonardo, Třetí dimenze - Radarová technika ,
http://media.rozhlas.cz/radionaprani/archiv/_audio/00511942.mp3