

## Doplerjev rader

Če se valovanje odbije od gibajočega telesa se frekvenca spremeni temu rečemo dopplerjev

pojav.  $f_d = 2 f_0 \frac{v_r}{c}$  če se telo premika proti izvoru valovanja dobimo  $f = f_0 + f_d$  če pa drgm je

pa –

Oscilatorjev signal ( $f_0$ ) gre preko cirkulatorja in antene v prostor. Če naleti na telo se odbije ( $f_0 + f_d$ ) in preko antene in cirkulatorja nato v mešalnik. Tam se zmeša s signalom ki pride na mešalnik preko zapore cirkulatorja. Nato gre signal preko niskega sira kjer poreže vse signale samo ( $f_d$ ) doplarjevo frekvenco ne in ta gre naprej na obdelavo. Tu iz doplarjeve frekvence izračunamo radialno hitrost cilja,

Smer dobimo tako da obrnemo oscilatorjev signal za 90 in ta signal mešamo z odbitim signalom še na dodatnem mešaliku. Tako smo dobili kvadraturni sprejemnik, iz signalov iz obeh mešalnikov pa lahko določimo smer gibanja.

## Določanje položaja

### 2 azimuta.(sistem theta-theta)

2 premici  $p_1$  in  $p_2$  greta skozi znani točki (svetilnika)  $S_1$  in  $S_2$ . Smer premice podana z azimutom  $a_1$  in  $a_2$

### 2 oddajnika. (sistem rho-rho) DME

Poznamo dva  $r$  od odajnika in narišemo krožnici okoli ter dobimo presečišča (2) problem ker nimamo cenelih daljino metrov. Možnost 3 svetilnikov ali izberemo enega ki prebližno vemo kje smo.

### Razdalja in azimut. VOR (sistem rho-theta)

### Razlik oddaljenosti do treh svetilnikov! (Hiperbolični sistem)

## Svetilnik VOR

Odajnik vrtilnega svetilnega svetilnika VOR deluje na ultrakratkovalovnem področju (108-118MHZ) s horizontalno polarizacijo. Odaja 2 signala  $f = 30\text{Mhz}$  en je referenčni drug je azimut.razlikujeta se tako da je azimutni signal fazno premaknen za azimut glede na referenčnega.

V spektru se Am. Modularan signal prenaša v področju 300-3000hz.pomanklivost vrtilnih svetilk VOR je omejenost z optično vidljivostjo, torej predvsem z radijskim horizontom (visina 6km vidnost 100km višina 1km vidnost samo 10km).VOR za nizkoleteče letala majhen doseg.

## ILS

Najprej moramo z letalom prileteti v pravi smeri na začetek pristajalne steze z uporabo daljinskih navigacijskih sistemov (NDB, VOR, DME).ker so premav natančni za pristajenje, bo letalo priletelo "izmaknjeno" na pristajalo pot. Nato vključimo ILS, katerega sprejemnik je

povezan z inštrumentom, ki kaže odstopanje lege letala od idealne pristajalne poti ki jo definira ILS.

Primer: bližamo pod prevelkim kotom (previsoko) bo sprejemnik drsnega kota ugotovil, da je stopnja modulacije 90hz signala večja od stopnje 150 hz signala. Obenem letimo preveč desno bo sprejemnik kurza ugotovil da je mod. 150hz signala večja od stopnje 90hz signala. ko je poravnana na inštrumentu pokaže da je letalo pravilno poravnano. Kako blizu steze smo opozarjajo kontrolne lučke.

### Pulzni radar

Oddaja niz pulzov. Pulzi si sledijo s ponavljalnim časom  $T_p$  (ali frekvenco  $f_p = 1/T_p$ ). Pulzi se odbijejo od tarče in zakasneni pridejo na sprejemnik preko iste antene. stikalo skrbi da je v času oddajanja odprta pod oddajnik antena, ob drugem času pa antena-sprejemnik. Od časa med oddajo in sprejemom radar določi oddaljenost cilja. smer je odvisna od smeri v katero je obrnjena antena. antena se vrti in z vrtilajom prečeše ves horizont.

S trajanjem pulzov je določena ponavljajoča frekvenca, z njo pa željeni enobelavni doseg radarja.

Šumna pasovna širina sprejemnika je odvisna od širine pulza.

Na radialno ločljivost vpliva svetlobna hitrost ter širina pulza. Kadar sta letala na isti razdalji dost bliz (širina glavnega snopa) zazna samo en letalo. Enobeljavni doseg radarja ustrezná oddaljenost zarče, pri kateri od nje pride odboj pulza v času, ki je manši od ponavljajočga časa  $T_p$ .

### MOČNOSTNI DOMET PULZNEGA RADARJA

Močnostni domet je zaradi majhne antene in zelo visokih frekvenc majhen, konkretno do 40 km. Na  $f_0$  vpliva velikost antene, dušenje ozračja in šum okolice. Dušenje ozračja s frekvenco narašča, koleno je nekje pri 10GHz, kjer dušenje rata stotinke decibelov na km. glede šuma okolice so za radarje najprimernejše frekvence mikrovalovnega ona med 1-10 GHz.

### SLEDILNI RADAR S PREKLAPLJANJEM SMERNEGA DIAGRAMA

Radar ma med sabo speti anteni, ki ju obrača hkrati, katerih glavni snop je rahlo izmaknjen. obe anteni oddajati (in sprejemati) in tista katera dobi močnejši signal je v smeri cilja. Ko je odziv iz obeh anten enak je cilj točno na sredini (osi). cilj vodenja antene je da je poravnana proti cilju z osjo. premikamo levo in desno če je tarča prehitra pade iz snopa mehanizem odpove in izgubimo cilj. 3 demenzije moramo na 2 anteni pravokotno dodati še 2 anteni. os med 4 antenami.

### SLEDILNI RADAR S STORŽČASTIM ODČITAVCEM

Pri tem mehanizmu imamo le eno anteno ki se vrti okoli osi, ki je izmaknjena od osi glavnega snopa antena. ko je cilj izmaknjen iz osi vrtenja antene, se odziv radarja z vrtenjem antene

spreminja. Cilj vodenja antene je, da se poravna proti cilju z osjo vrtenja. kadar proces zazna, da se odziv s časom spreminja, iz lege maximuma v odzivu določi v kateri smeri je cilj in anteno poravna v to smer. Če je prehitra tarča pade iz snopa antene, mehanizem odpove in radar izgubi cilj in ga je potrebno ponovno poiskati.

### POMANKLIVOST RADARJEV

Pomanklivost obeh radarjev, da med seboj primerjata jakost sosednjih pulzov in iz različnosti določamo položaj tarče. Vendar jakost pulzov ni odvisna le od lege tarče ampak še druge stvari. Od pulza do pulza se spreminja odmevna površina, pa tudi pogoji širjenja valov. tako radar primerja neprimeljivo. bol bi blo če bi če bi lego razbral iz informacije vsebovane v enem in istem pulzu (monopulzni radar)

### DME

Sistem za merjenje oddaljenosti DME je sestavljen iz oddajnika in sprejemnika na letalu na svetilniku. Deluje na fre. Okol 1GHz z vertikalno polariziranimi valovi. oddajnik na letalu oda impulz svetilnik sprejme in signal spet odda ter letalo ga sprejme. Razlika iz časovne razlike izračuna oddaljenost.

V načinu iskanja letalo neve oddaljenosti zato generela 150 impulzov/s. Ponavljalni čas je psevdonaključno. V načinu sledenja ni potrebna tako visoka fre. Povpraševanja saj sprejemni že prebližno ve kako daleč od svetilnika je.

### FM(FM-CW)

Pri tem radarju je visokofrekvenčni signal frekvenčno moduliran. Fre. oddajnega signala se spreminja s časom. Fre. sprejemnega signala je različna od fre. Oddajnega signala iz 2 vzrokov: ker je signal zakasnjjen in zaradi dopplerjevaga pojava. Radarski sprejemnik signal na mešalniku meša z oddajnim signalom in z nizkim sitom odstrani vse razen raliike frekvence  $f_c$ .  $\Delta f$  in  $T_m$  sta izbrana tako da je sprememba fre. Zaradi časovne razlike večja od dopplarjeve frekvence. + hitrost približuje –hitrost oddaljuje.  $\Delta f$  in  $f_0$  sta si zelo podobna. Kot dopplarjev radar FM nemore procesoraz signala več tarč. Radar na letalu usmerjen v tla meri višino in vertikalno hitrost letala.

Pasovna širina B frekvenčno moduliranega radarja je stvar sledeča. Kadar je modulacijska frekvenca mnogo manša od nosilne frekvence, je širina frekvenčnega spektra B kar enaka frekventi  $\Delta f$ . Ločljivost radarja je torej obratno sorazmerna s pasovno širino.

### VOR-DME

Za določanje letala je prav posebeh pripravna metoda merjenja oddaljenosti in azimuta letala, saj za določanje položaja zadošča en sam svetilnik. Zato je odzivnik sistema DME pogosto nameščen na isto mesto koz svetilnik VOR ali DVO. Za določanje položaja se sistem VOR uporablja v kombinaciji VOR/DME.

### KAKO NA SPREJEMNI STRANI DOLOČIMO V KATERI SMERI SE NAHAJA NEUSMERJEN SVETILNIK

na letalu se nahaja sprejemnik, ki s pomočjo usmerjene antene določi azimut svetilnika. Določimo azimut na sprejemni strani. Položaj določimo z 2 ali več azimutu.za svetilnik lahko služi kater kol radiski oddajnik,moduliran ali nedomuliran.

Neusmerjen svetilni (NDB) odda signalsrednje valovnem področju. Moč oddajnikov so od 10-250W doseg znaša od 20-300 km