Shahnaz khatoon
3rd year
Electronics
MR&E

Radar System :- Radar (Radio Detection & Ranging)

Radar का सिद्धान्त (Principle) echo के Principle से बहुत मिलता-जुलता है चित्र (a) के अनुसार इसके मुख्य दो भाग होते हैं.

① Transmitter

② Receiver

ये दोनो यन्त्र एक ही स्थान पर होते हैं तथा एक ही Aerial या Antenna से सम्बन्धित होते हैं। Radar Transmitter से सूक्ष्म अन्तराल की शक्तिशाली पल्स, Space में Transmitter की जाती है। यह रेडियो ऊर्जा जब दूर किसी लक्ष्य (Target) से टकराती है तो reflect होकर वापस receiver पर लौटती है इसी परावर्तित ऊर्जा या echo का receiver के द्वारा आकलन किया जाता है कि लक्ष्य कितनी दूर (range), किस direction में तथा किस velocity से जा रहा है।

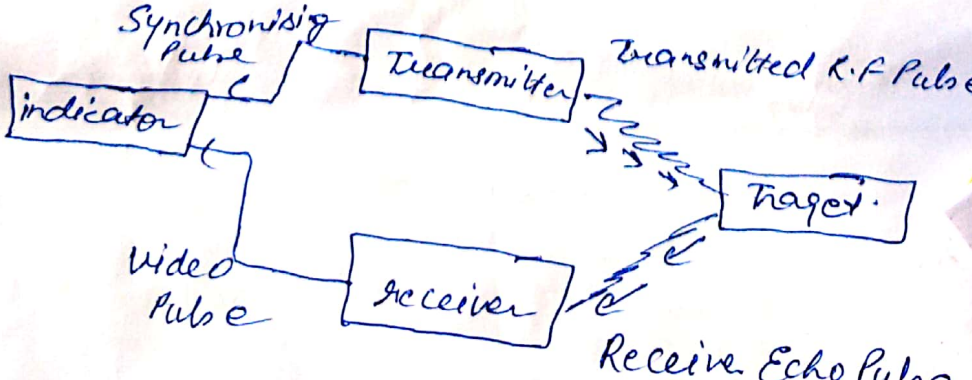


Fig (a)

Scanned by CamScanner

5.4. राडार रेन्ज समीकरण (Radar Range Equation)

मुक्त स्पेस (free space) की अवस्थाओं में यह आवश्यक है कि राडार सैट तथा टारगेट एक-दूसरे से अलग होना चाहिये। इसे व्यवहार में प्राप्त करने के लिए निम्न प्रतिबन्ध पूरे होने चाहियें—

1. एन्टीना व टारगेट के बीच लाइन ऑफ साइट (line of sight) के बीच कोई बड़ा अवरोधक नहीं होना चाहिये।
2. पूरी ट्रांसमिटिड ऊर्जा (transmitted energy) का कोई भी अंश किसी वैकल्पिक पथ (alternative path) से ट्रांसमिट नहीं होना चाहिये।
3. राडार एन्टीना के बीच माध्यम पारदर्शी (transparent) होना चाहिये। यानि लक्ष्य तक जाने व वापस आने में ऊर्जा का अवशोषण (absorption) न हो।
4. राडार आवृत्तियों पर बीच का माध्यम, अपवर्तनांक की दृष्टि से समांगी (homogeneous) होना चाहिये अर्थात् प्रकाशीय गुण सारे माध्यम में एकसमान होने चाहियें।

यदि ट्रांसमीटर की पीक पॉवर P_t है तो ट्रांसमीटर से r दूरी पर पॉवर घनत्व (power density)

$$S_D = \frac{P_t}{4\pi r^2} \text{ (for isotropic radar)} \qquad ...(5.1)$$

चूँकि सम्पूर्ण पॉवर P_t क्षेत्रफल $4\pi r^2$ में वितरित होती है अथवा r अर्धव्यास के गोले की सतह पर पॉवर घनत्व (power density)

$$S_D = \frac{P_t A_p}{4\pi r^2} \qquad ...(5.2)$$

जहाँ A_p ट्रांसमीटर एन्टीना का रेडियेटर के सापेक्ष लक्ष्य की दिशा में पॉवर गेन (power gain) है।

यह ऊर्जा लक्ष्य पर टकराती है तथा लक्ष्य से अनेक दिशाओं में प्रकीर्णित (scattered) होती है। इस ऊर्जा का एक भाग एन्टीना की ओर परावर्तित होकर वापिस लौटता है। लक्ष्य को आमतौर पर उस समतुल्य परिच्छेद क्षेत्रफल (cross-section area) S से प्रकट किया जाता है जिसे लक्ष्य की स्थिति में रखने पर उससे उत्सर्जित ऊर्जा का उतना ही भाग रिसीवर एन्टीना पर पहुँचता है जितना कि लक्ष्य द्वारा उत्पन्न वास्तविक echo की पॉवर होती है। क्षेत्रफल S को प्रभावी ईको क्षेत्रफल (effective echo area) कहते हैं। राडार रिसीवर पर तरंगाग्र की ईको पॉवर (प्रतिवर्ग मीटर पॉवर) निम्न सूत्र से प्राप्त होती है—

रिसीवर पर प्रतिवर्ग मीटर रिसीव की गयी पॉवर (echo power)—

$$P_R = \frac{S_D S}{4\pi r^2}$$

$$= \frac{P_t A_P}{4\pi r^2} \cdot \frac{S}{4\pi r^2} \qquad ...(5.3)$$

अतः रिसीविंग एन्टीना को दी गयी (delivered) पॉवर

$$P_R = \frac{P_t . A_P . S}{(4\pi r^2)^2} A_0 \qquad ...(5.4)$$

जहाँ A_0 रिसीवर एन्टीना का कैपचर क्षेत्रफल (capture area) है।

उपर्युक्त समीकरण (5.4) राडार की मुक्त स्पेस समीकरण (free space radar range equation) है।

यदि एक ही एन्टीना का उपयोग ट्रांसमिशन तथा रिसैप्शन के लिए किया जाता है तो अधिकतम पॉवर गेन (maximum power gain)

Scanned by CamScanner

$$A_P = \frac{4\pi A_0}{\lambda^2} \qquad ...(5.5)$$

A_P का मान समीकरण (5.4) में रखने पर

$$P_R = \frac{4\pi A_0}{\lambda^2} \cdot \frac{P_t S A_0}{4\pi (r^2)^2} = \frac{P_t A_0^2 S}{4\pi r^4 \lambda^2} \qquad ...(5.6)$$

यदि रिसीव की गयी पॉवर P_R का न्यूनतम मान P_{min} है तब अधिकतम रेन्ज (R_{max}) ज्ञात करने के लिए minimum received signal भी होना चाहिये।

$$r_{max} = \left[\frac{P_t A_0^2 S}{4\pi\lambda^2 P_{min}}\right]^{1/4} \qquad ...(5.7)$$

यदि $A_0 = \frac{A_P \lambda^2}{4\pi}$ हो तो,

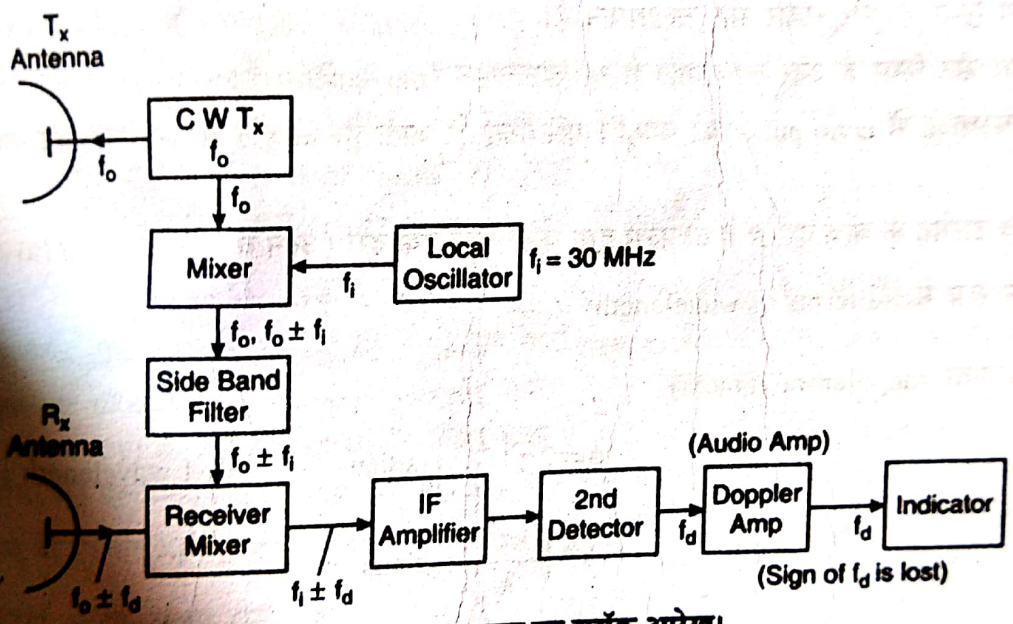
$$r_{max} = \left[\frac{P_t A_P^2 \lambda^2 S}{(4\pi)^3 P_{min}}\right]^{1/4} \qquad ...(5.8)$$

अर्थात् लक्ष्य से लौटी हुई ऊर्जा (echo power), रेंज की चतुर्थ घात d^4 के व्युत्क्रमानुपाती होती है। अत: रेंज को दुगना करने के लिए ट्रांसमीटर की आवश्यक कुल शक्ति (peak power) 16 गुना करनी होगी।

Scanned by CamScanner

5.7.2. C.W. डॉप्लर राडार (Continuous wave doppler radar)

C.W. राडार का ब्लॉक डायग्राम चित्र 5.6 में प्रदर्शित किया गया है। इसमें ट्रांसमीटर, सतत् तरंगें (continuous wave) स्पेस में विकिरित करता है। विकिरित ऊर्जा का कुछ भाग लक्ष्य से परावर्तित होकर रिसीवर पर पहुँचता है। ट्रांसमीटर की आउटपुट शक्ति के सूक्ष्म भाग को एक स्थानीय दोलित्र (local oscillator) की आउटपुट के साथ मिक्सर में मिलाया (mix) जाता है। मिक्सर की आउटपुट में f_0 तथा साइड बैन्ड्स $f_0 \pm f_i$ फ्रीक्वैन्सी कम्पोनैन्ट होते हैं। इन कम्पोनैन्ट्स में से $f_o \pm f_i$ कम्पोनैन्ट को साइड बैन्ड फिल्टर द्वारा अलग कर रिसीवर के मिक्सर (mixer) में फीड किया जाता है। मिक्सर, एन्टीना से



चित्र 5.6–CW राडार का ब्लॉक आरेख।

Scanned by CamScanner

डॉप्लर शिफ्ट सिगनल (doppler shift signal) भी प्राप्त करता है तथा अलग आवृत्ति की आउटपुट ($f_i \pm f_d$) उत्पन्न करता है जैसा कि चित्र 5.11 में दिखाया गया है। इस आउटपुट को एम्प्लीफाई व पुन: मॉडुलेट किया जाता है तथा द्वितीय डिटैक्टर (2nd detector) को दिया जाता है। डिटैक्टर की आउटपुट में जो doppler frequency होती है चिह्न (+ or –) समाप्त हो जाता है जिससे यह पता करना मुश्किल होता है कि लक्ष्य पास आ रहा है या दूर जा रहा है। इस राडार पद्धति में दो एन्टीना प्रयोग किये जाते हैं। इन्डीकेटर एक ईयरफोन या फ्रीक्वैन्सी मीटर होता है।

माना राडार व टारगेट के बीच दूरी (distance from radar to target) = R

आने व जाने की दोनों ओर की कुल दूरी (two way path length) = $2R$

तरंगदैर्ध्य (wavelength) के पदों में यह दूरी = $\frac{2R}{\lambda}$

चूँकि एक तरंगदैर्ध्य (λ) द्वारा 2π रेडियन का फेज डिफरैन्स उत्पन्न होता है अत: $\frac{2R}{\lambda}$ तरंगों द्वारा उत्पन्न फेज डिफरैन्स

$$\phi = 2\pi \times \frac{2R}{\lambda} = \frac{4\pi R}{\lambda}$$

यदि लक्ष्य गतिमान है तथा t समय में ΔR दूरी तय करता है तब वापस आने वाली ईको (echoes) में फेज शिफ्ट हो जायेगा।

ईको के फेज में इस निरन्तर परिवर्तन $d\phi$ से इको की फ्रीक्वैन्सी, ट्रांसमिट की गयी फ्रीक्वैन्सी से अलग होगी। यह फ्रीक्वैन्सी शिफ्ट 'fd' डॉप्लर शिफ्ट कहलाता है।

$\therefore$
$$\omega_d = 2\pi f_d = \frac{d\phi}{dt}$$

$$= \frac{4\pi}{\lambda} \cdot \frac{dR}{dt} = \frac{4\pi v_r}{\lambda} \qquad \left(\because \frac{dR}{dr} = v_r = \text{Radial velocity}\right)$$

$\therefore$
$$f_d = \frac{2v_r}{\lambda}$$

5.7.2.1. डॉप्लर प्रभाव (Doppler Eff...

Scanned by CamScanner