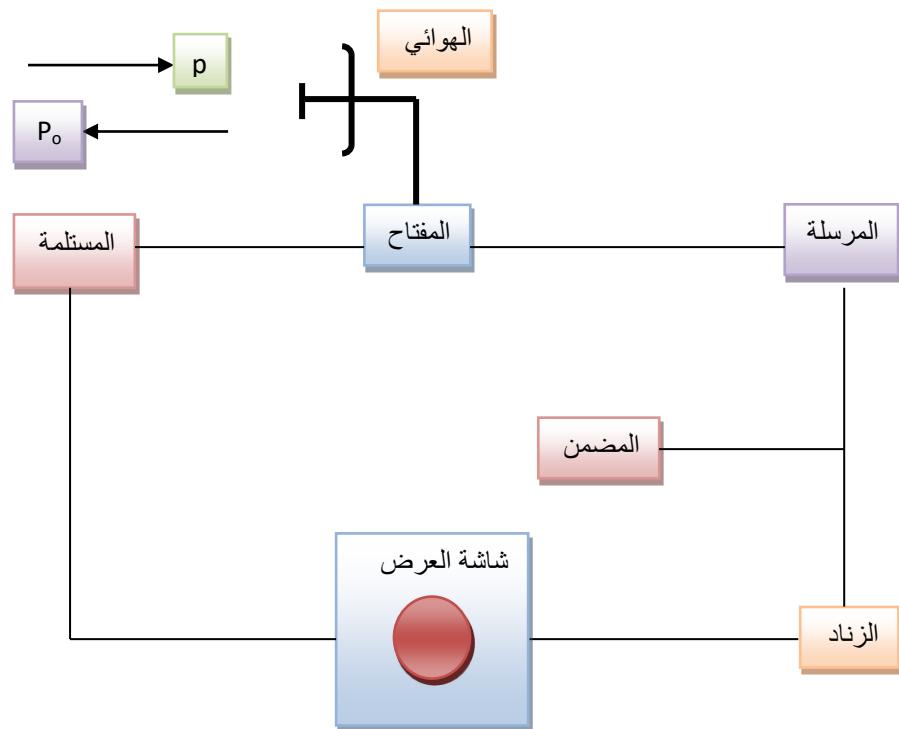


الفصل الثامن

الأنواع الرادارية

ان كلمة رادار (Radar) مشتقة اختصارا من (Radio Detection and Ranging) وتعني كشف وتعيين المدى بالاسلكي ويعتبر من اهم الاجهزه التي اكتشفت خلال الحرب العالمية الثانية ولقد اصبح الرادار من الوسائل المهمة في دراسة السحب والهطول والتحذير من الزوابع الرعدية ، ويحسب المدى في الرادار بالمعادلة: $d = ct/2$ حيث c هي سرعة الضوء (الموجة الكهرومغناطيسية) و t هو الزمن . ويكون الرادار ببساطه اشكاله من جهاز بث الذبذبات الكهرومغناطيسية العالية التردد والقدرة (30 – 3) كيكا هيرتز وبطول موجي (1 – 10cm) ومن هوائي على شكل قطع مكافئ يقوم بتركيز الطاقة على شكل حزمة ضيقة وبقدرة عالية (500 – 500 kwatt) ومن جهاز لاستلام النبضات الضعيفة (الصدى p) حيث يقوم بتضخيمها وعرضها على شاشة المذبذب المهبطي (C.R.O) كما في الشكل:



وترسل اشارات الرادار على شكل نبضات تتكرر بين (200 – 2000) مرة في الثانية تخللها فترات انتظار اطول حيث يتوقف فيها البث (1250ml.sec.) ويسمى بتردد تكرار النبضات (P.R.F) . وعند بث النبضة يكون جهاز الاستلام متوقفا وعند رجوع النبضة يكون جهاز الاستلام مستعد لاستلامها وتضخيمها وعرضها على الشاشة وتعاد العملية الالاف المرات .

معادلة الرادار:

اذا سقطت الامواج الكهرومغناطيسية المرسلة على هدف يختلف معامل عزله الكهربائي عن محيطه فأن جزء من الطاقة الساقطة على الهدف سوف يتمتصها وتتحول الى حرارة والبعض الاخر يعاد بثه بنفس طول الموجة فتصل طاقة ضعيفة الى الرادار . فإذا كانت قيمتها تتجاوز مستوى الضوضاء في الجهاز فإنه يتخصص بها واذا كانت القدرة التي يبثها الرادار هي p_0 وكان توزيعها منتظم في جميع الاتجاهات فإن القدرة التي تسقط على هدف يعرضها مساحته A وعلى بعد d من الجهاز هي:

$$P = (p_0 A) / (4\pi d^2) \dots\dots\dots(1)$$

ولكن البث في الرادار لا يكون منتظما في جميع الاتجاهات بل يتركز على شكل حزمة ضيقة وقوية على جهة واحدة لذلك فإن القدرة التي يستلمها الهدف تتضاعف بمقدار G ويسمى محسوب الهوائي (Antenna gain) فإذا بث الهدف هذه القدرة الساقطة الى جميع الجهات فإن هوائي الرادار يستلم كمية منها تساوي p :

$$P = G (p_0 A) / (4\pi d^2) (Ae / 4\pi d^2) = (G p_0 A Ae / 16\pi^2 d^4) \dots\dots\dots(2)$$

وترتبط G بمقطع الهوائي الفعال Ae (ويساوي $3/2$ من المقطع الفعلي تقربيا) وعلى طول الموجة λ بالعلاقة:

$$G = (4\pi Ae / \lambda^2) \dots\dots\dots(3)$$

وعليه فإن القدرة التي يستلمها الرادار من هدف منفرد (طائرة مثلا) تصبح:

$$P = (p_0 G^2 \lambda^2 A / (4\pi)^3 d^4) \dots\dots\dots(4)$$

ولأن الهدف لا يثبت طاقتها بصورة متجانسة لذلك فيستعاض عن مقطعها A بالكمية σ والتي تسمى مقطع الاستطارة المرجعة (Back scattering cross section) :

$$P = (p_0 G^2 \lambda^2 \sigma / (4\pi)^3 d^4) = (p_0 A e^2 \sigma / 4\pi d^4 \lambda^2) \dots\dots\dots(5)$$

اي اننا نحتاج الى رادار قصير الموجة والى هدف كبير وقريب وهوائي كبير وجهاز بث بقدرة عالية للحصول على قدرة مرجة كبيرة.

معادلة رادار الانواع:

ان قطرات الماء والثلج و قطرات السحب هي اهداف لرادار الانواء ولأنها موزعة عشوائياً وتبث في ان واحد جزء من امواج الرادار الساقطة عليها فأن القدرة التي يستلمها الرادار تتغير مع الزمن لذلك يؤخذ معدل هذه القدرة - p لفترة (10 ml.sec)

$$P = (p_o G^2 \lambda^2 / (4\pi)^3 d^4) \Sigma \sigma \dots \dots \dots \quad (1)$$

حيث Σ مقطع الاستطارة لجميع الجسيمات في الحجم (v) الذي يعرض الامواج الرادارية وهو يرتبط بطول النسبة h وعرض الحزمة θ ذات المقطع الدائري :

$$V = \pi(\theta d)^2/2)(h/2) \dots \dots \dots (2)$$

حيث $\tau = c/h$ يمثل زمن النبضة . فإن كانت الجسيمة المسببة للاستطارة كروية الشكل وصغيرة مقارنة بطول موجة الرادار (0.1λ) فإن مقطع الاستطارة لها :

$$\sigma = (64 \pi^5 |k|^2 r^6) / \lambda^4 \dots \dots \dots \quad (3)$$

وتسمى باستطارة رايلي حيث r يمثل نصف قطر الجسيمة و k كمية معقدة تعتمد على معامل العزل الكهربائي للجسيمة وقيمتها للماء (0.93) وللثلج (0.21) اي ان قطرات الماء تعكس اكثرا من جسيمات الثلج المساوية لها في القطر بنسبة (9:2) لذلك فالسحب المائية اسهل رصدا من السحب التالجية والترابية. وبالتعويض عن σ في المعادلة (1) نحصل على:

$$P^- = \left(\frac{(P_o G^2 \pi^5 |K|^2)}{((4\pi)^3 d^4 \lambda^2)} \right) \Sigma D^6 \dots \dots \dots (4)$$

حيث D هو قطر الحسيمة حيث :

$$Z = \Sigma D^6 \dots \dots \dots (5)$$

$$Z \equiv \Sigma_v D^6 \equiv_0 \int_0^\infty N(D) D^6 dD. \dots \dots \dots (6)$$

حيث $N(D)$ يمثل عدد الجسيمات بين القطر $(D, D+dD)$ وتعتمد Z على سرعة الهطول $(R \text{ ml/hr})$ فللمطر فإن $(Z=200 R^{1.6})$ وللثلج $(Z=2000 R^{1.6})$ وبعد التصحيحات الضرورية تصبح معادلة الرادار الانوائي:

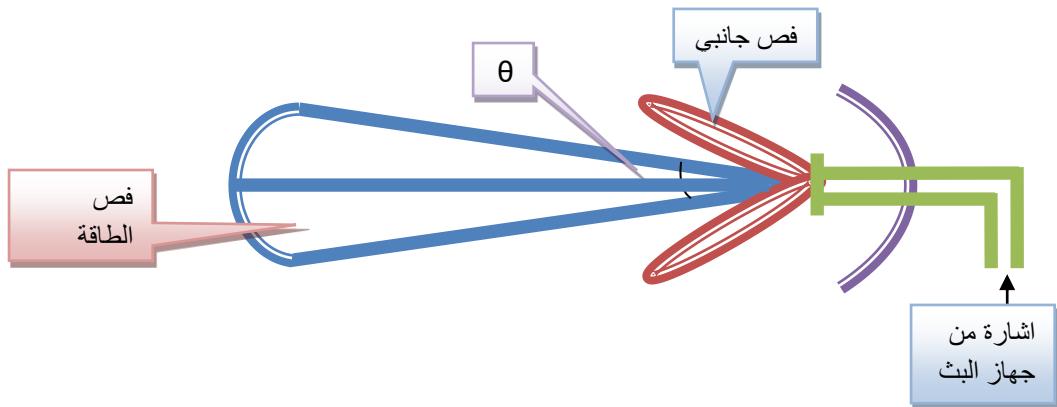
$$P = (\pi^3 c / 1024 L n^2) (p_0 \tau G^2 \theta^2 / \lambda^2) (|K|^2 Z / d^2) \dots \dots \dots (7)$$

ثابت

للـ ادـارـ

للهدف

اختيار مواصفات الرادار: ان قدرة التحسس تزداد بزيادة مساحة الهوائي (A_e) وان اوطاً اشاره هي مستوى طاقة الضوضاء في الجهاز وهي تزداد كلما قصرت الموجة حيث تكون حساسية الجهاز ($watt^{13}$) اما القدرة المرسلة فهي تتراوح بين (4mega watt – 100kwatt) ويجب ان يكون بعد الهدف لا يقل عن نصف طول النبضة h وان الخواص التوجيهية تعتمد على ضيق حزمة الامواج θ والتي تكون فيها القدرة نصف القدرة المحورية حسب الشكل التالي:



$$\theta = 65(\lambda/L)$$

وتحسب θ من المعادلة :

حيث θ تقام بالدرجات و [قطر الهوائي] للحصول على حزمة سعتها (1°) ولطول موجة (10cm) فأناحتاج الى هوائي بقطر (6.5m).

ان اختيار طول الموجة مهم لان ذلك يؤثر على الطاقة المستطارة نحو الرادار, فالامواج القصيرة تعطي صدى اكبر من الطويلة لكنها تعاني ضياعا اكبر في الطاقة والامواج الشائعة الاستعمال في الانواء الجوية هي (0.9,3.5,6,10cm) حيث تستخدم الامواج ذات الطول (10cm) لدراسة الامطار و(3cm) لدراسة الثلوج و (0.9cm) لدراسة السحب غير الممطرة . ويجب ان توضع محطة الرادار على منطقة مرتفعة محاطة بارض منبسطة وقليلة النباتات والاشجار لكي تحجب السحب والاهداف البعيدة.

عرض معلومات الرادار:

1- العرض الافقى: (PPI) وهي طريقة لعرض موقع الاهداف العاكسة (السحب الممطرة) حول المحطة حيث يدور هوائي الرادار بزاوية (360°) وبمعدل دورة كل (3-20 sec) وبزاوية ارتفاع ثابتة ويمكن بهذه الطريقة قياس بعد الاهداف واتجاهها.

2- العرض الشاقولي : (RHI) في هذه الحالة يوجه هوائي الرادار الى اتجاه ثابت ثم يتحرك الهوائي في مستوى شاقولي حيث يتم قياس ارتفاع وبعد الهدف . ومن هذا العرض يمكن معرفة نوعية السحب وارتفاعها وتميز السحب الممطرة من غير الممطرة .

3- عرض السعة: تعتمد شدة الصدى على شاشة الرادار على طبيعة الهدف وتكون سعة الموجة المستلمة دالة لارتفاع او بعد الهدف ويستفاد منها لمعرفة طبيعة العاكس.

توضيح أمواج الرادار بالهطول والسحب: ان مرور امواج الرادار داخل السحب وخلال الجو يسبب ضياع بعض طاقتها بالاستطارة والامتصاص . ان اعلى نسبة امتصاص مصدرها بخار الماء عند الموجة ذات الطول (1.35cm) وان الضياع للامواج القصيرة يكون كبيرا جدا ، اما بالنسبة للهطول فأنه يعتمد على شدة المطر حسب الجدول التالي:

$\lambda(cm)$				R (ml/hr)
0.9	3.2	5.7	10	
0.22	0.006	0.002	0.0003	0.5
2.2	0.122	0.03	0.003	5
44	6.16	0.962	0.06	100

إضعاف شدة الموجة اعلاه بوحدات (الديسي بل) وهي وحدة قياس مستوى الشدة بين طاقتين . ونلاحظ من الجدول اعلاه ان المطر لا يؤثر على الامواج الطويلة (10cm) ولكنه سيء للغاية للامواج القصيرة (0.9ml) .

قياس المطر بواسطة الرادار: يمكن استخدام الرادار لقياس كمية المطر وتوزيعها على مساحات واسعة حول منطقة الرادار وال فكرة المستخدمة هي ايجاد العلاقة بين Z في معادلة الرادار وشدة المطر R حسب المعادلة:

$$Z = a R^n$$

حيث n تراوح بين (1.4 – 2.3) و a بين (30 – 500) والرقم الشائع ل a هو (200) و n هو (1.6) ، اما بالنسبة لهطول الثلج فأن (n=2) (a=2000) .