الفصل الثاني/ اساسيات الهوائيات

Chapter Two/ Fundamentals of Antennas

(2-3) خصائص الهوائيات Antenna Characteristics

يوجد لكل هوائي عدد من الخصائص المهمة التي تميزه، وتحدد مجال عمله، وبشكل عام تشترك معظم الهوائيات في هذه الخصائص سواء كانت هوائيات ارسال او استقبال، ومن اهم هذه الخصائص ما ياتي:

1- التحصيل، الاتجاهية، والكفاءة Gain, Directivity, and Efficiency

* يعرف **الكسب G** بانه النسبة بين كثافة الطاقة المنبعثة من الهوائي في اتجاه معين الى كثافة الطاقة المنبعثة من الهوائي القياسي عند نفس النقطة بافتراض ان الطاقة الداخلة اليهما متساوية. ويقاس كسب الهوائي بالديسبل dB اما الديسبل فهو عبارة عن وحدة قياسية تستخدم لقياس الكسب G. ويعبر عن الديسبل رياضيا بانه: المقياس اللوغاريتمي للنسبة بين قيمتين. $\mathbf{dB=10\ log\ (P_{out}/P_{in})}$.

* اما **الاتجاهية D** فيقصد بها قدرة الهوائي على تركيز الطاقة المنبعثة منه في اتجاه معين اكثر من بقية الاتجاهات.

* ان تحصيل الهوائي يمكن ان يعبر عنه بانه الاتجاهية مضروبا بكفاءة الفتحة للهوائي المشع η (الكفاءة هي النسبة المئوية بين القدرة المنبعثة الى القدرة الداخلة) وكما في العلاقة التالية: $G=\eta\ D$

$$\eta = \frac{P_{rad}}{P_{in}} = \frac{P_{rad}}{P_{rad}+P_{loss}}$$

P_{rad}: القدرة المنبعثة watt

P_{in}: القدرة الداخلة watt وهي تساوي $P_{rad}+P_{loss}$

P_{loss}: القدرة المفقودة داخل الهوائي watt

وكذلك يمكن التعبير عن الكفاءة بدلالة المقاومات

$$\eta = \frac{R_{rad}}{R_{in}} = \frac{R_{rad}}{R_{rad}+R_{loss}}$$

اذا كانت $\eta=100\%$ $\Longleftarrow$ تحصيل اتجاهي

ودائما $\eta \leq 1$ لذلك فان G دائما اقل بقليل من D.

مثال1/ اوجد كفاءة الهوائي الذي مقاومة الاشعاع له 900Ω والطاقة المفقودة 100watt اذا كان التيار الداخل للهوائي يساوي 1 amp ؟

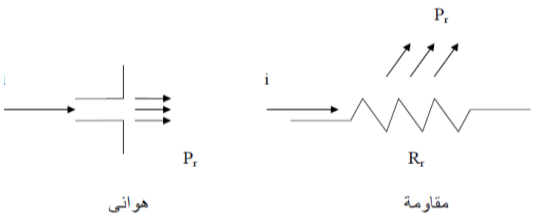
$P_{rad} = R_{rad}\ I^2=(1)^2(900)=900$ watt

$\eta = \frac{P_{rad}}{P_{in}} = \frac{P_{rad}}{P_{rad}+P_{loss}}$ =900/(900+100)=0.9

مثال2/ هوائي مقاومة الاشعاع له 900Ω مقاومة الفقد داخله تساوي 100Ω اوجد الطاقة المنبثة والطاقة المفقودة به اذا كان التيار الداخل اليه 10amp؟

2- مقاومة الاشعاع Radiation Resistance

وهي صفة من صفات الهوائي المرسل وترتبط مع القدرة المرسلة بواسطة الهوائي ، وتساوي نسبة الطاقة المنبعثة من الهوائي الى مربع التيار الداخل للهوائي عند نقطة التغذية وهذه المقاومة يمكن اعتبارها تخيلية من حيث الوجود لانها تحسب ولا تقاس.



$R_r = P_r / I^2$

R_r: مقاومة الاشعاع Ω / P_r : الطاقة المنبعثة من الهوائي watt

I: القيمة الفعلية للتيار عند نقطة التغذية Amp.

3- الفتحة المؤثرة Effective Aperture

تكون القدرة المستلمة بواسطة الهوائي مرتبطة بالمساحة التي يتم تجميع القدرة خلالها.
تعريف/ كل هوائي مصمم بحيث يحتوي على مساحة تجميع معينة تسمى الفتحة المؤثرة.
فاذا كانت كثافة القدرة P_d على الهوائي وكانت P_r القدرة المستلمة فان:

$P_r = P_d A$

$A = P_r / P_d$

بالنسبة للهوائي الذي يكون تحصيله G تكون الفتحة المؤثرة A تساوي $A = G\frac{\lambda^2}{4\pi}$

λ: الطول الموجي المستعمل في القياس.

4- نسبة الموجة الواقفة الداخلة وممانعة الادخال Input VSWR and input impedance

في دائرة المدخل الواحد يوصف الهوائي بدلالة معامل الانعكاس والذي يعطي الاشارة المنعكسة ويحدد عدم التطابق للممانعة بين المصدر والهوائي . ويمكن التعبير عن نسبة الموجة الواقفة وخسارة العودة return loss كما يلي:

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}$$

$$RL \text{ in dB} = -20\log|\Gamma|$$

$$\text{or : } RL \text{ in dB} = 20\log\frac{VSWR}{VSWR-1}$$

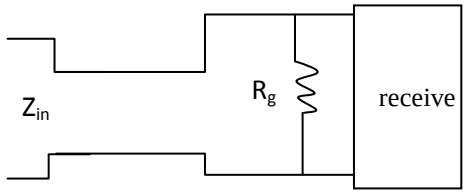
الحالة المثالية VSWR=1 او $\Gamma = 0$

بينما ممانعة الادخال $Z_{in} = Z_o\frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|}$

Z_o : الممانعة المميزة لخط النقل المتصل. والحالة المثالية $Z_{in}=Z_o$ (اعظم نقل للطاقة)

5- القدرة المنقولة Power transfer

لاجل ان يتم اعظم نقل للقدرة من الهوائي المستقبل الى جهاز الاستقبال يجب ان تكون ممانعة الهوائي موائمة الى ممانعة ادخال جهاز الاستقبال وتكون كل منهما مقاومة اعتيادية.



Z_{in}: ممانعة الهوائي

R_g: مقاومة داخلية لجهاز الاستقبال

اذا كانت V تمثل الفولتية المؤثرة في الهوائي فان التيار I يعطى بالعلاقة التالية:

$$I = \frac{V}{Z_{in+}R_g}$$

فان القدرة المنقولة الى جهاز الاستقبال P_r هي:

$$P_r = I^2 R_g = \frac{R_g V^2}{(Z_{in+}R_g)^2}$$

القيمة العظمى للقدرة المنقولة تحدث عندما $\frac{dP_r}{dR_g} = 0$

$$\frac{(Z_{in+}R_g)^2 - 2R_g(Z_{in+}R_g)}{(Z_{in+}R_g)^4} = 0$$

$$Z_{in+}R_g = 2R_g$$

لكي يكون اعظم نقل للقدرة

$$Z_{in} = R_g$$

وعليه فان

$$P_r(max) = \frac{V^2 R_g}{4R_g^2}$$

$$P_r(max) = \frac{V^2 R_g}{4R_g^2}$$

6- الاستقطاب Polarization

ان الموجة الكهرومغناطيسية (المرسلة او المستلمة) تكون مستقطبة اما عموديا او افقيا، في الحالة الاعتيادية يكون المتجه E عموديا ويحتاج الى هوائي عمودي للتطابق معه. وفي بعض الحالات الاخرى يكون المتجه E افقيا لذلك يحتاج الى هوائي افقي للتطابق معه (اي يستلم منه).

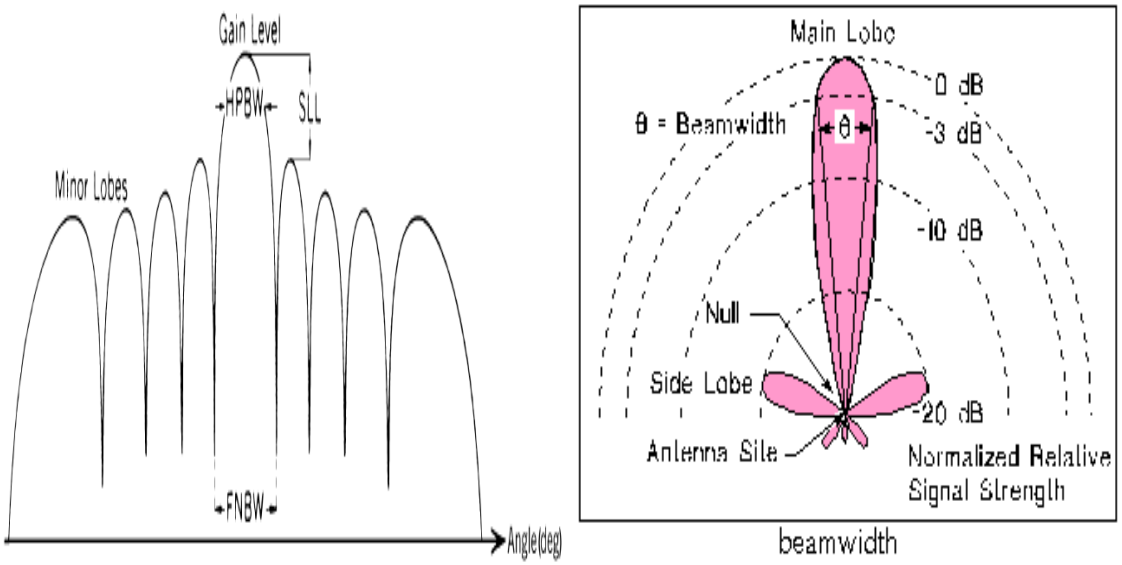
هناك بعض الحالات الخاصة يكون الاستقطاب دائري ولذلك يكون مركب من الاستقطاب العمودي والافقي.

7- هيكل الاشعاع Radiation Pattern

وهو عبارة عن مخطط يوضح كيفية توزيع الطاقة الصادرة من الهوائي الى المحيط ، ويمثل اهم صفة من صفات الهوائي وهو كمية ثلاثية الابعاد . وتكمن فائدة هيكل الاشعاع في تحديد التطبيقات العملية لهذا الهوائي وفي كيفية توجيهه.

يجب ان يكون هيكل الاشعاع في المستوي العمودي او الافقي لذلك يسمى هيكل الاشعاع العمودي او هيكل الاشعاع الافقي.

ونفس الوصف اعلاه ينطبق على كلا الهوائيين المرسل او المستلم حسب خاصية الابدال.



شكل (2-4) هيكل الاشعاع

HPBW(عرض القدرة النصفية): هي الزاوية او مدى الدرجات التي تهبط فيها قدرة الاشعاع الى نصف القيمة الحقيقية او (3dB).

Bandwidth(عرض الحزمة)_ وهو مدى الترددات التي من الممكن ان يعمل خلالها الهوائي بشكل صحيح

$1 \leq VSWR \leq 1$

$$BW = 100 \times \frac{F_H - F_L}{F_C}$$

where F_H is the highest frequency in the band, F_L is the lowest frequency in the band, and F_C is the center frequency in the band.

8- خاصية الابدال Reciprocity

تكون صفات الهوائي المرسل متشابهة جدا لخواص الهوائي اذا استعمل كمستلم بسبب نظرية الابدال او خاصية الابدال والتي تنص على ان:

"ق.د.ك المضافة الى اقطاب دائرة كهربائية A وينتج عنها تيار معين في دائرة اخرى B. فان نفس ق.د.ك لو اضيفت الى الدائرة B لولدت نفس قيمة التيار في اقطاب الدائرة A".