Chapter 10. Microwave Communication Experiments

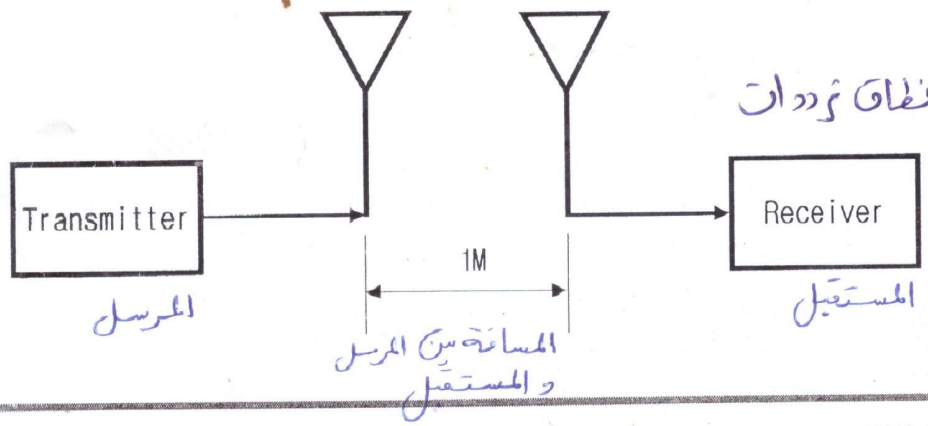
1. System Configuration

1) Install each component as shown in the system configuration below.

※ Note 1 : The distance between sender and receiver antennas is 1 meter.

※ Note 2 : 12 VDC adapter should be disconnected and power of FSK modulator and FSK demodulator should be turned off.

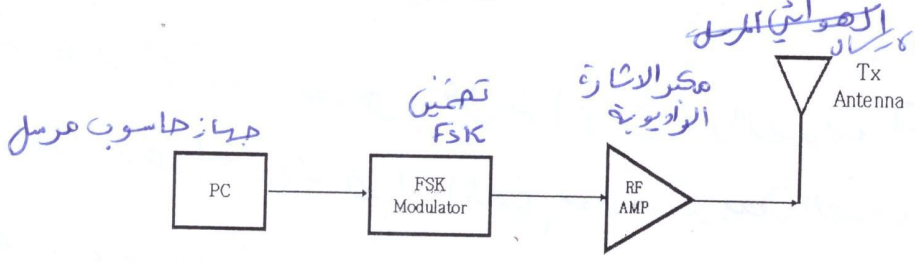
[System Configuration]



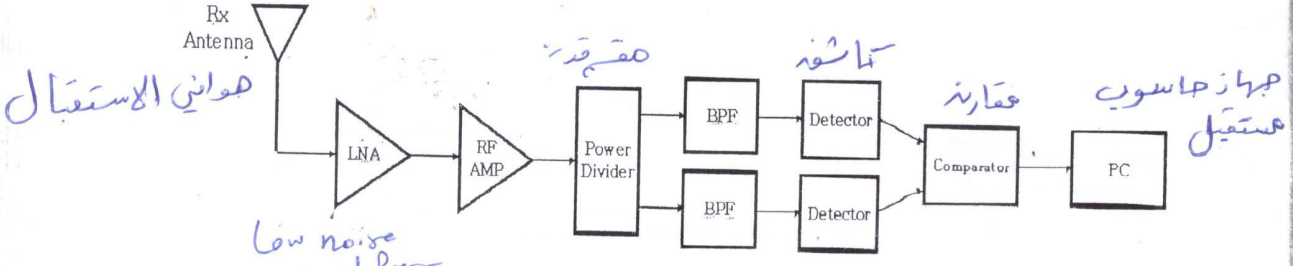
جهاز الحاسوب PC يرسل نص (Text) او ملف (file) على شكل
بيانات رقمية 1 , 0 , ثم يتم عمل تضمين للاشارة بنوع FSK , بعد ذلك ستدخل الاشارة
المضمنة على مكبر اشارة راديوية ثم يتم ارسالها عبر هوائي الارسال.

سيقوم هوائي الارسال بتحويل الاشارة الى موجات كهرومغناطيسية ومن ثم يتم ارسالها.
ثم تصل الى هوائي الاستقبال بعد استقبال اشارة المرسل سوف تكون اشارة منخفضة الطاقة
(ضعيفة) سوف يتم ادخالها الى LNA ← low noise amplifier

2. MW-2000 System Configuration



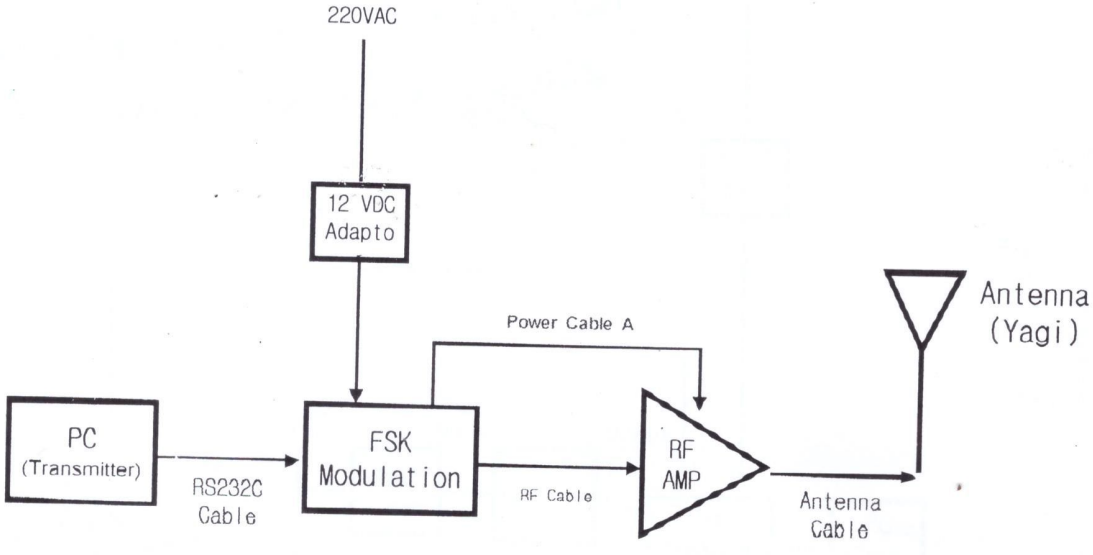
مكونات جهاز الارسال



مكونات جهاز الاستقبال

3. Objectives of Training

1) Understand microwave communication system.
2) Acquire knowledge on microwave system measuring technique.
3) Understand FSK modulation/demodulation.
4) Acquire knowledge on micro-strip line design technology.
5) Understand microwave devices.
6) Acquire knowledge on design and simulation technique for microwave devices.
7) Acquire knowledge on manufacturing and measuring technique for microwave devices.

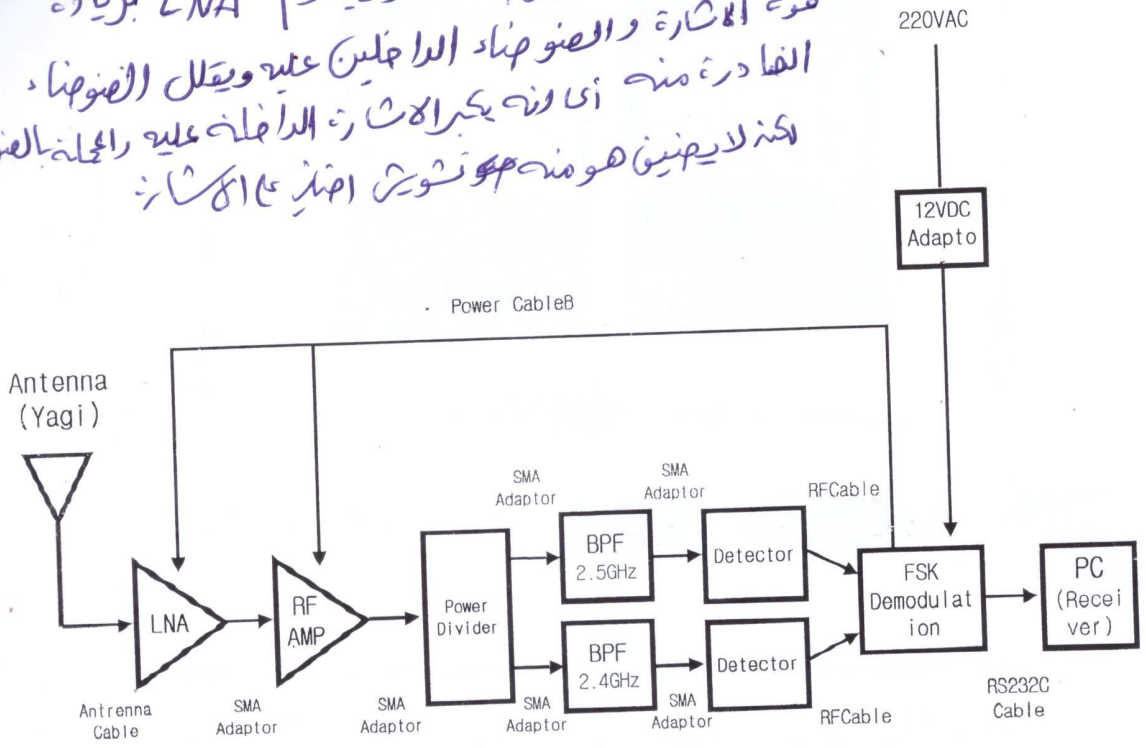


[Transmitter]

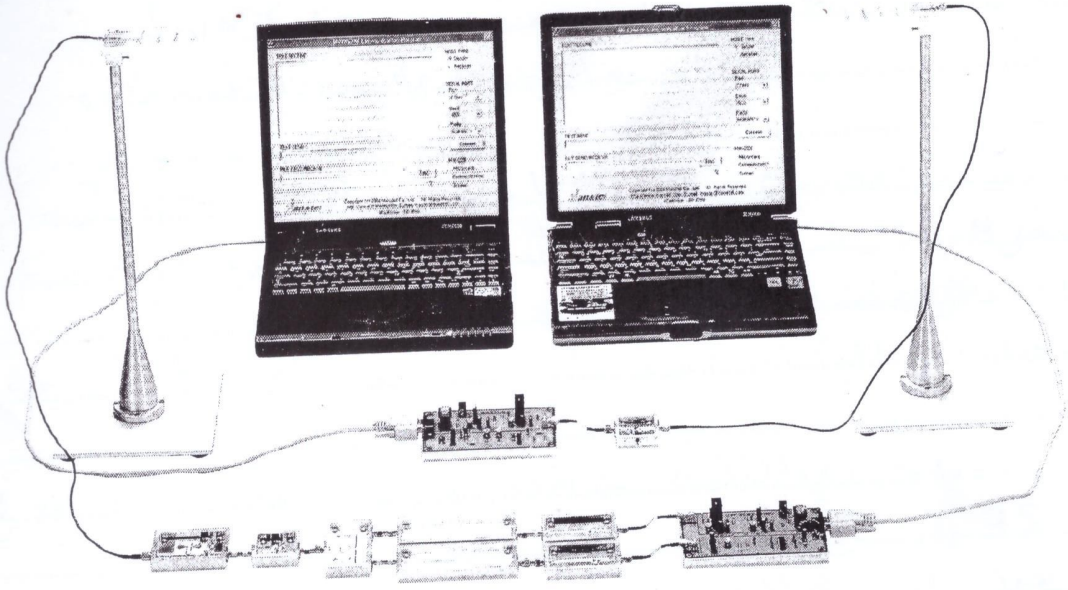
الموسل مع تحديد نوع الكوابل التي تربط بين ~~الموسل~~ المكونات

LNA ← Low Noise Amplifier ← مضخم الاشارة منخفض الضوضاء

هو مضخم الكتروني يقوم بتضخيم اشارة منخفضة الطاقة
الاشارة منخفضة الطاقة يكون عليها ضوضاء سوف يقوم LNA بزيادة
قوة الاشارة والضوضاء الداخلين عليه ويقلل الضوضاء
الصادرة منه أي انه يكبر الاشارة الداخلة عليه والمحملة بالضوضاء
لكنه لا يضيف هو منه شوشرة اضافية على الاشارة



[Receiver]



[Picture] Experiment using the MW-2000 Microwave Communication Trainer

الوحدة التدريبية MW-2000 (الارسال - الاستقبال)

- Power Cable ← يستخدم لنقل الطاقة
- RF Cable ← كبيل لنقل الاشارة الراديوية
- Antenna Cable ← هو كبل محوري يصل بين دائرة الارسال والهوائي
- RS 232C Cable ← عبارة عن Interface او معيار واجهة مادي تسلسلي

تم استخدام بين جهاز الحاسوب ودائرة Fsk modulater لنقل البيانات من جهاز الحاسوب واظهارها على دائرة تضمين Fsk وسيتم نقل البيانات بشكل متتالي.

معدل نقل البيانات الخاص بـ RS 232C يأخذ عدة قيم

50 باود في الثانية ← ممكن ينقل بيانات معدل 50 باود في الثانية
75 باود في الثانية
100 باود في الثانية
150 باود في الثانية
300 باود في الثانية
600 باود في الثانية
1200 باود في الثانية
2400 باود في الثانية
4800 باود في الثانية
9600 باود في الثانية
19200 باود في الثانية ← اقصى معدل لنقل البيانات عبره
19200 باود في الثانية

- SMA adapter

BW ⇐ Bandwidth ' ⇐ عرض النطاق

$BW = F_h - F_L = 2.5GHz - 2.4GHz = 0.1\ GHz$

4. General Features

خصائص النظام

Items	Specifications
Frequency Band	2.4 GHz ~ 2.5 [GHz]
Modulation	FSK
Bit Rate	4800~14400 [bps]
Output Power	+4dBm [Typ]
Impedance	50
Substrate material	Rogers RO4003C
PCB thickness	0.508 mm
Dielectric constant	3.38

ISM band

النطاق الترددي للوحدة التدريبية MW-2000

نوع التضمين للاشارة

معدل نقل البيانات

bit/sec ≡ بت / ثانية

قدرة الاشارة الخارجة من الهوائي

المعاوقة

Printed Circuit Board الوحدة الدارة المطبوعة

5. Contents

Chapter 1. Introduction to Microwave Communication Trainer
Chapter 2. FSK Modulator
Chapter 3. RF Amplifier
Chapter 4. Antenna
Chapter 5. Low Noise Amplifier
Chapter 6. Power Divider
Chapter 7. Band Pass Filter
Chapter 8. Detector
Chapter 9. FSK Demodulator
Chapter 10. System Configuration and Microwave Communication Experiments

output power = +4dBm ما معنى انه

dBm هي وحدة لقياس قدرة الاشارة (signal Power)

dB معناها ديسيبل (decibl)

m معناها ميلي واط (mWatt)

لتحويل الاشارة بدلالة dBm نستخدم القانون التالي

$$dBm = 10 \cdot \log_{10} \frac{\text{القدرة المراد تحويلها}}{1mW}$$

مثال حول 2.5mW الى وحدة dBm

$$dBm = 10 \log_{10} \frac{2.5\,mW}{1\,mW} = 4\,dBm$$

$4dB = 10\log_{10}$

$\frac{dBm}{10}$

10

معنى ذلك قدرة الاشارة الخارجة من الهوائي تساوي

Power for output signal = 2.5 mW

= 4 dBm

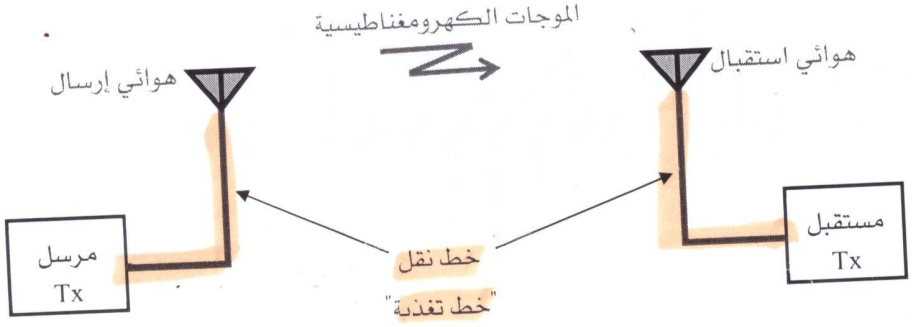
اذا كانت الاشارة سالبة يعني ذلك انه الاشارة ضعيفة ولا تتعدى نطاق المتر واحد

كلما زادت القيمة بالموجب فان الاشارة بامكانها ان تنتقل الى مدى أبعد

لامكانية الاشارة ان تنتقل الى عشرة امتار ← 1dBm - 4dBm

مقدمة

في هذه الوحدة سوف ندرس خصائص الموجات الكهرومغناطيسية وخصائص أوساط الانتشار التي تنتشر خلالها. حيث إنّ الموجات الكهرومغناطيسية هي الأساس في الاتصالات اللاسلكية حيث تستخدم للاتصال بين نقطتين (مرسل ومستقبل) أو أكثر بينهما مسافات شاسعة ولا يوجد بينهما خطوط نقل مباشرة. والاتصالات اللاسلكية لها تطبيقات عديدة مثل اتصالات الهاتف الجوال واتصالات الإرسال الإذاعي والتليفزيوني واتصالات الأقمار الاصطناعية. والشكل (١ -١) يوضح مخطط لنظام اتصال لاسلكي ومكوناته الأساسية.



الشكل (١-١): نظام اتصال لاسلكي

من الشكل (١ -١) يتضح أن الهوائيات هي العنصر الأساسي في نظم الاتصالات اللاسلكية حيث إنها تستخدم لإرسال واستقبال الموجات الكهرومغناطيسية، فعند المرسل يقوم هوائي الإرسال بتحويل الطاقة الكهربائية (تيار وجهد) القادمة إليه من المرسل إلى موجات كهرومغناطيسية والتي تنتشر في الوسط المحيط بالهوائي، وعند المستقبل يقوم هوائي الاستقبال باستقبال الموجات الكهرومغناطيسية المتواجدة حوله وتحويلها إلى طاقة كهربائية (تيار وجهد) تماثل تلك التي كانت موجودة عند المرسل.

١ -١ خصائص الموجات الكهرومغناطيسية Electromagnetic Waves Characteristics

الموجة هي بوجه عام حركة مترددة مثل حركة سطح الماء الساكن عند سقوط حجر فيه أو مثل الموجات الصوتية التي هي عبارة عن مجموعة من التضاغطات والتخلخلات في الهواء المحيط بمصدر الصوت. والموجات الكهرومغناطيسية مثل موجات الضوء المرئي والموجات تحت الحمراء والموجات فوق البنفسجية.

وبالاستقطاب المرغوب. والهوائي المثالي هو هوائي نظري لا يوجد إلا في كتب الهوائيات أما الهوائيات العملية فإنها لا تحقق تمامًا المواصفات الخاصة بالهوائي المثالي ولكنها تقترب وتبتعد عن هذه المواصفات تبعًا لتصميمها وطبيعة عملها.

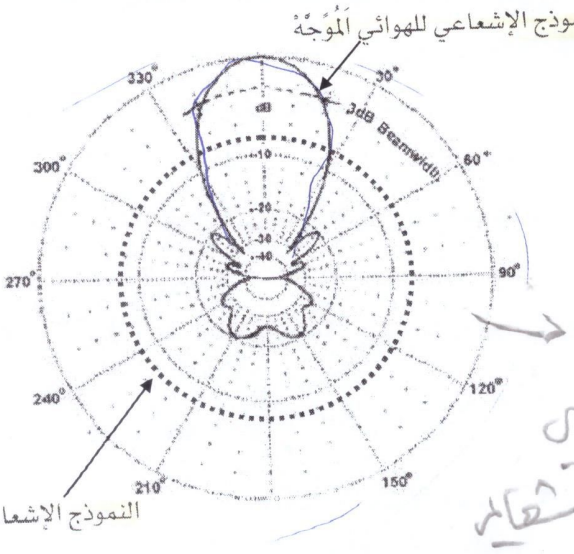
وفي الأجزاء التالية سندرس بعض النقاط التي بها يمكن أن نتعرف على خصائص الهوائي الفنية والتي يمكن من خلالها معرفة مدى قرب أو بعد الهوائي عن كونه مثاليًا.

٣ -٢ -١ استقطاب الهوائي Antenna Polarization:

كما ذكرنا في الوحدة الأولى فإن نوع الاستقطاب يحدد بقيمة واتجاه مركبة المجال الكهربائي الموجود في الموجة الكهرومغناطيسية المنبعثة من الهوائي. وبناء على ذلك توجد ثلاثة أنواع من الاستقطاب للهوائي وهي الاستقطاب الخطي والدائري والبيضاوي كما ذكر في الوحدة الأولى. وحيث إنّ الموجات الكهرومغناطيسية تنبعث من هوائي الإرسال فلذلك فهو الذي يحدد نوع استقطاب الموجة الكهرومغناطيسية المنبعثة منه. وللحصول على جودة استقبال عالية يجب أن يكون نوع استقطاب هوائي الاستقبال هو نفسه نوع استقطاب الموجات الكهرومغناطيسية المستقبلة وبالتالي هو نفس نوع استقطاب هوائي الإرسال.

٣ -٢ -٢ النموذج الإشعاعي للهوائي Antenna Radiation Pattern :

النموذج الإشعاعي للهوائي هو رسم بياني يبين كيفية توزيع الطاقة المنبعثة من الهوائي في الوسط المحيط به، كما هو مبين في الشكل (٣ -٢).



الشكل (٣ -٢): النموذج الإشعاعي للهوائي الموجه والغير موجه للطاقة

وللنموذج الإشعاعي أهمية قصوى لأنه يحدد :

أ - كيفية تثبيت وتوجيه الهوائي.

ب - التطبيق الذي يمكن أن يستخدم فيه الهوائي.

من الشكل (٣ -٢) يتضح أنه يمكن تقسيم الهوائيات تبعا لنموذجها الإشعاعي لنوعين هما :

أ - **هوائي غير مُوَجْهْ للطاقة** Omnidirectional Antenna

وهو الهوائي الذي تنبعث منه الطاقة بالتساوي في جميع الاتجاهات

ب - **هوائي مُوَجْهْ للطاقة** Directive Antenna

وهو الهوائي الذي تنبعث منه الطاقة مركزة في اتجاه معين عن بقية الاتجاهات الأخرى.

إن الهوائيات التي لها إمكانية لبث الطاقة في جميع الاتجاهات بالتساوي لها تطبيقات عديدة في مجالات الاتصالات المتحركة (Mobile Communications) أما الهوائيات التي لها إمكانية لبث الطاقة في اتجاه معين بتركيز أكبر من الاتجاهات الأخرى فلها تطبيقات عديدة في كل أنواع الاتصالات ما عدا المتحرك منها.

- **مكونات النموذج الإشعاعي للهوائي**

الشكل (٣ -٣) يوضح نموذج إشعاعي لهوائي موجه للطاقة وفيه نجد أن الطاقة المنبعثة من الهوائي الموجه للطاقة تتركز في فصوص (Lobes)، وأن معظم الطاقة موجودة في الفص الأمامي (Front Lobe)، أما الفص الخلفي (Back Lobe)، والفصوص الجانبية (Side Lobes) فتحتوي على جزء أصغر من الطاقة.

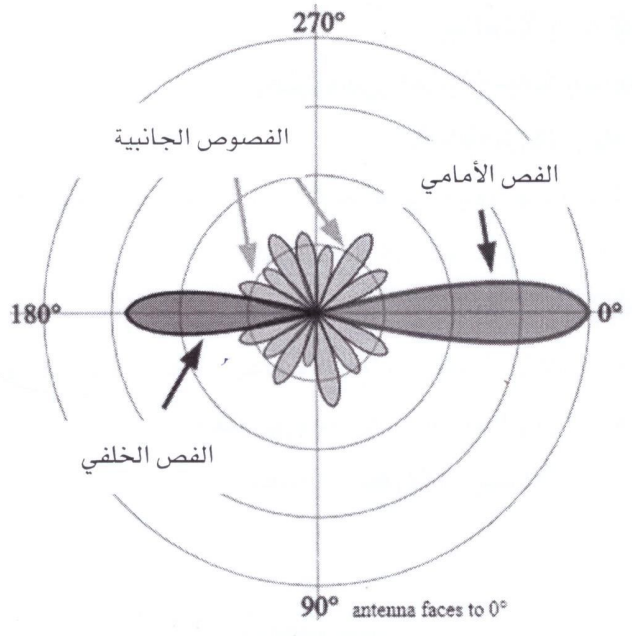
كلما زادت الطاقة في الفص الأمامي على حساب الطاقة في الفصوص الأخرى فإن الهوائي يصبح أكثر اتجاهية. وعندما تتساوي الطاقة في الفص الأمامي والخلفي يصبح الهوائي غير موجه للطاقة حيث ستكون الطاقة متساوية في جميع الاتجاهات. لهذا فقد عرفت قيمة لقياس نسبة توزيع الطاقة أمام وخلف الهوائي، وكلما زادت هذه النسبة كلما زادت الاتجاهية للهوائي، وسميت بنسبة الأمام إلى الخلف (Front-to-Back ratio "*F/B*") وهي:

$$F/B = \frac{P_{Fl}}{P_{Bl}}$$

حيث إنّ F/B: نسبة الأمام إلى الخلف.

P_{Fl} : طاقة الفص الأمامي.

P_{Bl} : طاقة الفص الخلفي.



الشكل (٣-٣): اجزاء النموذج الإشعاعي للهوائي الموجه للطاقة

ويتم الحصول على رسم الإشعاع بطريقتين:

أ - الطريقة الحسابية:

وفي هذه الطريقة يتم تحليل الهوائي رياضيًا والحصول على معادلات تعبر عن كثافة توزيع الطاقة من الهوائي ومن ثم تستخدم للحصول على بيانات رسم النموذج الإشعاعي للهوائي.

ب - الطريقة العملية:

كيف يتم رسم النموذج الاشعاعي للهوائي عملياً

وفي هذه الطريقة يتم استخدام أجهزة لقياس قيمة المجال الكهربائي (Electrical Field Strength) للموجات الكهرومغناطيسية المنبعثة من الهوائي وذلك بالدوران حول الهوائي دورة كاملة وعند مواقع معلومة المسافة من الهوائي ومعلوم زاويتها بالنسبة للشمال الجغرافي ومن هذه البيانات يتم رسم النموذج الإشعاعي الفعلي للهوائي.

ويتم عمل محاكاة لهذه الطريقة بمعامل الهوائيات للحصول على رسم النموذج الإشعاعي وذلك باستخدام الهوائي المراد رسم النموذج الإشعاعي له كمرسل ونستخدم هوائيًا آخر كمستقبل، يدور المستقبل حول المرسل دورة كاملة (360^{o}) وعند كل زاوية يقيس المستقبل كمية الطاقة الموجودة عند هذه الزاوية لنحصل في النهاية على جدول به عمودان

لكل من الزاوية وكمية الطاقة عند هذه الزاوية. ويتم رسم العلاقة بين الزاوية والطاقة لنحصل على رسم النموذج الإشعاعي.

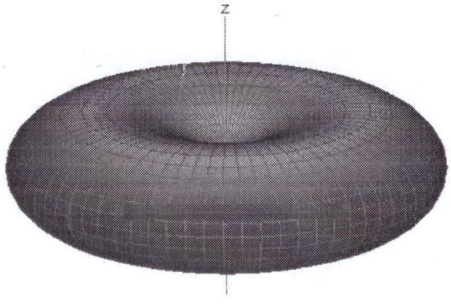
ويتم رسم النموذج الإشعاعي بطريقتين:

أ - **الرسم القطبي** Polar diagram

في هذه الطريقة يتم توقيع قيمة الطاقة عند الزاوية المصاحبة في رسم دائري أي أن تقاس الزاوية على دائرة. كما في الشكل (٣ -٢).

ب - **الرسم الكرتيزي** Cartesian diagram

وهو رسم مجسم ثلاثي الأبعاد للنموذج الإشعاعي كما في الشكل (٣ -٤)، وفيه يتم توقيع قيمة الطاقة عند الزاوية المصاحبة على محورين متعامدين أحدهما يمثل الزاوية(المحور الأفقي) والآخر (المحور الرأسي) يمثل قيمة الطاقة. وفي هذه الحقيبة سنعتمد على رسم الإشعاع القطبي.



الشكل (٣ -٤): الرسم الكرتيزي للنموذج الإشعاعي

وتقاس الطاقة المنبعثة من الهوائي بوحدتين هما:

-**الوات** Watt "w"

وهي الوحدة الأساسية لقياس الطاقة

-**الديسبل** Decibel "dB"

وهي وحدة قياس نسبية حيث يتم حساب الطاقة بوحدة الديسبل من العلاقة الآتية:

$$P_{dB} = 10\log(\frac{P}{P_{max}}) \qquad (3.3)$$

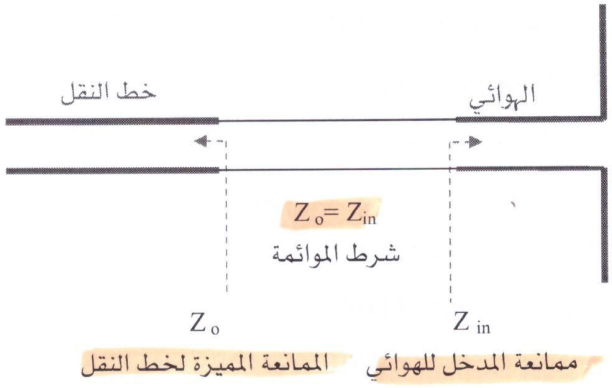
حيث إنّ : P: الطاقة بالوات

P_{dB}: الطاقة بوحدة الديسبل

P_{max}: أكبر طاقة مقاسه بالوات

-شرط الموائمة Matching Condition

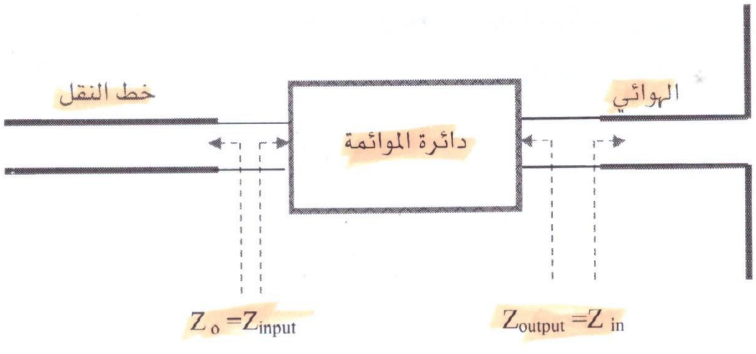
عند توصيل خطوط النقل بالهوائيات يجب أن يتوفر شرط الموائمة عند نقاط التوصيل. وهذا الشرط ينص على أنه يجب أن تكون الممانعة على جانبي نقاط التوصيل متساوية كما في الشكل (٣ -٩).



الشكل (٣-٩): شرط الموائمة

هذا الشرط يجب أن يتوفر عند نقاط الاتصال بين أي عنصرين كهربائيين (دائرتين)، أي أنه يجب أن تتساوى ممانعة المدخل للهوائي وممانعة خط النقل من ناحية وبين ممانعة خط النقل وممانعة الخرج للمرسل من الناحية الأخرى.

وإذا لم يتوفر خط نقل له نفس قيمة ممانعة المدخل للهوائي فإنه يلزم استخدام دائرة موائمة بين خط النقل والهوائي كما في الشكل (٣ -١٠). ففي الشكل (٣ -١٠) مقاومة دائرة الموائمة من جهة الهوائي تكون مساوية لممانعة المدخل للهوائي أما من الجهة الأخرى فتكون مساوية للممانعة المميزة لخط النقل.



الشكل (٣-١٠): استخدام دائرة موائمة لتحقيق شرط الموائمة

مثال ٣ -٧: -اختر لكل هوائي من الهوائيات التالية خط النقل المناسب له:

أ - هوائي له ممانعة مدخل "70 Ω"

خطوط النقل المتاحة لها ممانعات (70-75-100-150-300)

ب - هوائي له ممانعة مدخل "150 Ω"

خطوط النقل المتاحة لها ممانعات (70-75-100-150-300)

ج - هوائي له ممانعة مدخل "95 Ω"

خطوط النقل المتاحة لها ممانعات (70-75-100-150-300)

الحل

أ - خط النقل الذي له ممانعة "70 Ω"

ب - خط النقل الذي له ممانعة "150 Ω"

ج - خط النقل الذي له ممانعة "100 Ω" لأنه الاقرب لقيمة ممانعة المدخل للهوائي.

٣ -٣ خطوط تغذية الهوائي Feed Lines

خطوط التغذية هي خطوط النقل التي تصل بين الهوائي والمرسل أو بين الهوائي والمستقبل. ويعتمد اختيار خط تغذية الهوائي على:

أ - نوع الهوائي (ممانعة المدخل للهوائي).

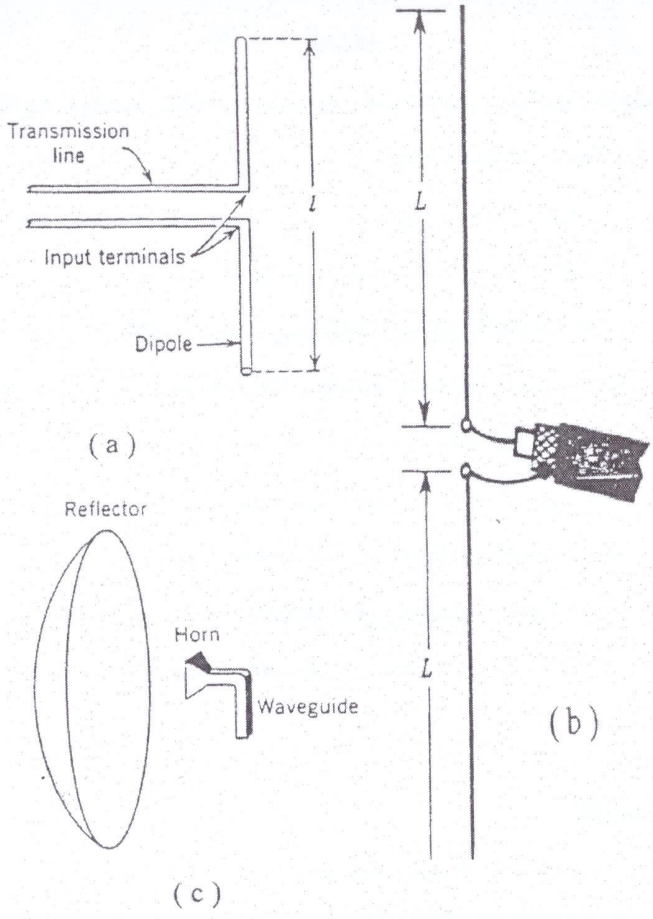
ب - التردد الذي يعمل عنده الهوائي.

وتوجد أنواع مختلفة من خطوط التغذية، منها ثلاثة خطوط تغذية شهيرة موضحة في الشكل (٣ -١١) وهي:

أ - خط النقل الثنائي (Tow wire Transmission line) ويستخدم حتى تردد "200 MHz"

ب - الكيبل المحوري (Coaxial cable)، وستخدم حتى تردد "3 GHz"

ج - هوائي البوق (Horn antenna)، ويستخدم للترددات الأعلى من "3 GHz"



الشكل (٣ -١١): خطوط التغذية للهوائي

٣ -٤ نظرية التبادل

تنص على أنه يمكن أن يتم استخدام نفس الهوائي كهوائي إرسال وهوائي استقبال في نفس الوقت بشرط اختلاف تردد الإرسال عن تردد الاستقبال. وهذا يوفر من تكلفة أنظمة الاتصالات ويقلل من حجمها وذلك خاصة في أجهزة الاتصالات المتنقلة مثل الجوال ويلزم عند تطبيق نظرية التبادل استخدام دائرة لفصل عملية الإرسال عن عملية الاستقبال.