الهوائيات

الهوائي هو أداة موصلة تعمل على إشعاع أو التقاط الطاقة الكهرومغناطيسية وبالتالي فإن منظومة الهوائيات تتكون من :

① هوائي الإرسال : وهو الأداة التي تمكننا من إشعاع القدرة الكهربائية من جهاز الإرسال إلى الجو على شكل أمواج كهرومغناطيسية

② هوائي الاستقبال : وهو الأداة التي تمكننا من تحويل الأمواج الكهرومغناطيسية المنتشرة في الجو إلى قدرة كهربائية توجه إلى جهاز الاستقبال .

* إن سواء هوائي الإرسال ينطبق على هوائي الاستقبال أيضاً حيث يمكن أن يستخدم الهوائي في عمليات الإرسال والاستقبال كما في هوائيات أنظمة الميكروويف وهوائيات أنظمة الاتصالات الخلوية .

* ويمكن زيادة الإشعاع من الهوائي باستخدام أكثر من واحدة أو أكثر مما يلي :

① زيادة تردد التيار في الهوائي .

② زيادة الطاقة الكهربائية للهوائي .

③ تصميم الهوائي بطول يساوي نصف طول الموجة المراد إشعاعها .

* الهوائي المرجعي النظري : هوائي نظري يمثل سلوكه الأداء في جميع الاتجاهات ويتم وضع إشعاعه في شكل كروي وتكون شدة الإشعاع عند الهوائي متساوية

عملياً : يستحيل بناء هوائي قياسي بهذه المواصفات ولكنه يستخدم كمرجع نظري للمقارنة مع أنظمة الهوائيات .

مفاهيم الهوائيات :

① الكسب : هي نسبة كثافة الطاقة المنبثقة منه في اتجاه معين إلى كثافة الطاقة المنبثقة من الهوائي القياسي عند نفس النقطة مع فرض أن الطاقة الداخلة لكليهما متساوية

② ممانعة مدخل الهوائي : يعرف مدخل الهوائي بأنه طرفا توصيل الهوائي مع خط النقل وتعرف ممانعة مدخل الهوائي بأنها النسبة بين قيمة الجهد إلى قيمة التيار عند طرفي مدخل الهوائي

③ الاتجاهية : وهي قدرة الهوائي على تركيز الطاقة المنبثقة منه في اتجاه معين أكثر من بقية الاتجاهات ويعبر الهوائي الذي يتمتع بهذه الخاصية بالهوائي الموجه للطاقة وهناك هوائيات غير موجهة للطاقة (تبث طاقتها بشكل متساوٍ في جميع الاتجاهات)

④ الكسب الاتجاهي : هي نسبة الكثافة الطاقة المنبثقة منه في اتجاه معين إلى كثافة الطاقة المنبثقة من هوائي مرجعي عند نفس النقطة مع فرض أن الطاقة المنبثقة من كليهما متساوية

$$D = \frac{P_r}{P_{ref}}$$

⑤ مقاومة الإشعاع : هي نسبة الطاقة المنبثقة من الهوائي إلى مربع التيار الداخل للهوائي عند نقطة التغذية وهي مقاومة تخيلية من حيث الوجود لأنها تستهلك الطاقة .

$$R_r = \frac{P_r}{i^2}$$

R_r مقاومة الإشعاع وحدتها (Ω)

P_r الطاقة المنبثقة من الهوائي (W)

i القيمة الفعالة للتيار عند نقطة تغذية الهوائي (A)

(6) مردود الهوائي: هي النسبة المئوية للطاقة المنبثقة من الهوائي إلى الطاقة الداخلة له

$$\eta = \left(\frac{P_r}{P_{in}}\right) \times 100\%$$

P_{in} الطاقة الداخلة للهوائي (W)

P_r الطاقة المنبثقة من الهوائي (W)

وتكون الطاقة الداخلة تساوي:

$$P_{in} = P_r + P_d$$

حيث P_d الطاقة المفقودة داخل الهوائي

$$\Leftarrow \quad \eta = \frac{P_r}{P_{in}} = \frac{P_r}{P_r + P_d} = \frac{i^2 R_r}{i^2 R_r + i^2 R_d}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{R_r}{R_r + R_d} \rightarrow R_{in}$$

وهي علاقة المردود بمقاومة الإشعاع والفقد

مثال: أوجد مقاومة الفقد لهوائي له مقاومة إشعاع 900Ω ومردود 90%

$$\eta = \frac{R_r}{R_r + R_d} \Rightarrow 0.9 = \frac{900}{900 + R_d} \Rightarrow$$

$$R_d + 900 = \frac{900}{0.9} \Rightarrow R_d = 100\,\Omega$$

مثال: أوجد مردود هوائي تدخله طاقة 1000W ومقاومة إشعاعه 900Ω ويمر داخله تيار 1A

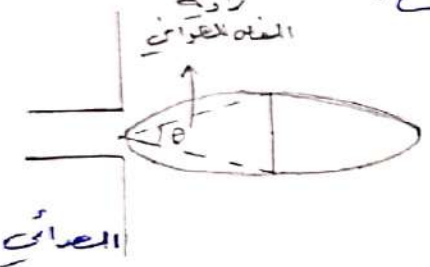
$$\eta = \frac{R_r}{R_{in}}$$

نريد حساب R_{in} من العلاقة

$$R_{in} = \frac{P_{in}}{i^2} = \frac{1000}{1} = 1000\,\Omega$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{900}{1000} = 0.9 = 90\%$$

(7) زاوية الفتح للهوائي: هي تلك الزاوية المحاسبة بين نقطتي نصف الطاقة في الفص الرئيسي لتوزيع الإشعاع.



(8) توزيع الإشعاع: يبين كيفية توزيع الطاقة المنتشرة من الهوائي إلى الجو المحيط ويكون لهذا التوزيع أهمية قصوى لأنه تحدد:

① كيفية تثبيت وتوجيه الهوائي

② التطبيق الذي يعمل به الهوائي

(9) قطبية الهوائي: يحددها المجال الكهربائي الموجود في الموجة الكهرومغناطيسية المنبثقة من الهوائي وبناءً على ذلك توجد ٣ أنواع من القطبية: خطية ودائرية وبيضاوية، وعند استخدام الهوائي في الاستقبال يجب أن يضبط ليكون له نفس القطبية الموجودة لدى الموجات المستقبلة.

مقدمة

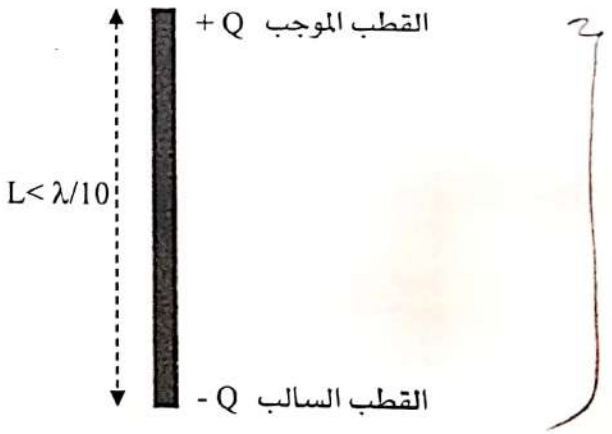
توجد آلاف الأنواع من الهوائيات. في هذه الوحدة سندرس أهم أنواع الهوائيات من حيث خصائصها الفنية وأهم استخداماتها. حيث سنتعرف على الخصائص الفنية لمجموعة من الهوائيات الأساسية والمستخدمة في معظم نظم الاتصالات. والهدف الأساسي من ذلك هو تمكين المتدرب من القدرة على الاختيار بينها، وذلك تبعًا للتطبيق الذي سيستخدم فيه الهوائي.

٤ -١ الهوائي القطبي القصير Short dipole antenna

من وجهة نظر نظرية الهوائيات (Antenna theory) فإن الهوائي القطبي القصير الذي يتوزع فيه التيار الكهربي بانتظام على محوره يعد من أهم وأبسط أنواع الهوائيات وهو موضح بالشكل (٤ -١). وتأتي أهمية هذا الهوائي من أنه:

أ - هوائي بسيط في التحليل

ب - يستخدم لتحليل الهوائيات الأخرى الأكثر تعقيدًا



الشكل (٤-١): الهوائي القطبي القصير

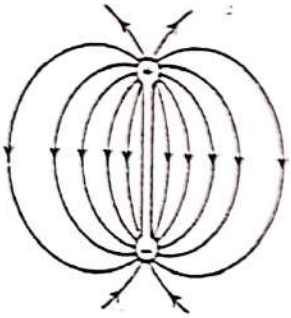
ويسمى الهوائي القطبي القصير بهذا الاسم لسببين:

أ - قطبي: لأنه توجد على طرفيه شحنتان متساويتان (+Q, -Q) ومختلفتان في الإشارة.

ب - قصير: لأن طوله لا يزيد عن عشر الطول الموجي للإشارة التي يرسلها أو يستقبلها.

الشكل (٤ -٢) يبين كيفية توزيع المجال الكهربائي ("E" Electric field) والمجال المغناطيسي ("H" Magnetic field)، المتولدان على هذا الهوائي.

Scanned with



توزيع المجال الكهربائي

توزيع المجال المغناطيسي

الشكل (٤-٢): المجال الكهربي والمجال المغناطيسي للهوائي القطبي القصير

من الشكل (٤ -٢) يتضح أن الهوائي القطبي القصير يتولد عنه مجال كهربائي تخرج منه خطوط المجال من القطب الموجب لتدخل في القطب السالب. أما المجال المغناطيسي فإنه عبارة عن مجموعة من الحلقات العمودية على محور الهوائي والتي يدور فيها المجال تبعًا لقاعدة اليد اليمنى. الموجة الكهرومغناطيسية المنبعثة من الهوائي تتكون من المجالين السابقين وتنتشر بسرعة تساوي سرعة الضوء إذا كان وسط الانتشار هو الفراغ أما في الأوساط الأخرى فإن هذه السرعة تقل عن سرعة الضوء. وهذه المجالات طاقتها تقل كلما بعدت عن الهوائي تبعا لقانون التربيع العكسي (انظر الوحدة الأولى)، وهذا يعني أنه كلما اقتربنا من الهوائي كلما زادت قيمة وطاقة الموجة الكهرومغناطيسية والعكس صحيح.

٤ -١ -١ الخصائص الفنية للهوائي القطبي القصير

أ -مقاومة الإشعاع : -

للهوائي القطبي القصير تم حساب وإيجاد قيمة هذه المقاومة كالآتي:

$$R_r = 80\pi^2(L/\lambda)^2 \qquad (4.1)$$

حيث إنّ R_r: مقاومة الإشعاع بالأوم.

L: طول الهوائي بالمتر.

λ: الطول الموجي بالمتر.

ومن هذه العلاقة فإنه يمكن إيجاد قيمة هذه المقاومة عندما يصبح طول الهوائي مساويًا لعشر قيمة الطول الموجي وقد وجد أن مقاومة الدخل في هذه الحالة مساوية "7.9 Ω" وهذه القيمة

Scanned with

صغيرة جدًا مما يؤدي بالتبعية إلى صغر قيمة الطاقة المنبعثة من الهوائي ولهذا فإن صغر هذه المقاومة يمثل عيبًا أساسيًا لهذا الهوائي.

ب -الاتجاهية : -

يتم حسابها بالطرق الرياضية وقد وجد أنها تساوي:

$$D = 1.5$$

وهذه القيمة صغيرة مما يدل على أن الطاقة المنبعثة من الهوائي تتوزع حوله باتجاهية منخفضة. حيث إنه كلما قلت قيمة الاتجاهية تقل قدرة الهوائي على بث الطاقة في اتجاه معين.

ج -زاوية الفص : -

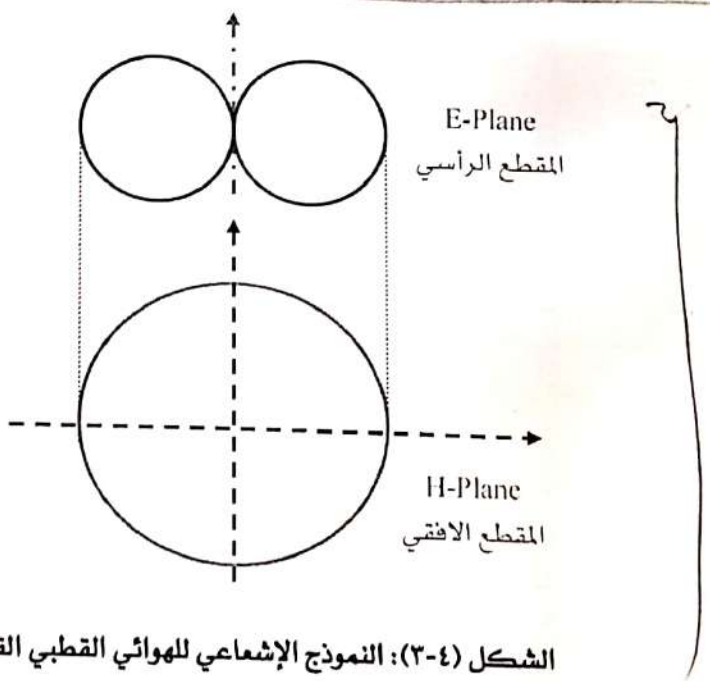
يمكن حسابها معمليًا ورياضيًا وقد وجد أنها تساوي:

$$\theta = 90^{o}$$

وهذه القيمة كبيرة مما يدل على أن الطاقة المنبعثة من الهوائي تتوزع حوله باتجاهية منخفضة. وحيث إنه كلما زادت قيمة زاوية الفص قلت قيمة الاتجاهية وبالتبعية تقل قدرة الهوائي على بث الطاقة في اتجاه معين.

د -النموذج الإشعاعي : -

الشكل (٤ -٣) يوضح النموذج الإشعاعي للهوائي القطبي القصير. ومنه نجد أن الهوائي القطبي القصير غير موجه للطاقة، وهذا ناتج عن صغر قيمة الاتجاهية وكبر زاوية الفص له.

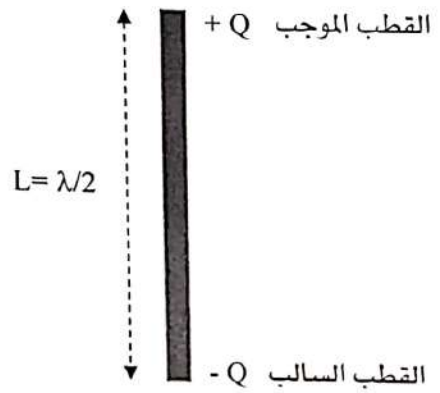


الشكل (٤-٣): النموذج الإشعاعي للهوائي القطبي القصير

Scanned with

٤ -٢ هوائي نصف الموجة القطبي Half-Wave Dipole

كما هو واضح من الشكل (٤ -٤) فإن هوائي نصف الموجة القطبي يماثل الهوائي القطبي القصير من حيث الشكل إلا أن طوله يساوي نصف طول الموجة ($\lambda/2$) التي يرسلها أو يستقبلها.



الشكل (٤-٤): هوائي نصف الموجة القطبي

٤ -٢ -١ الخصائص الفنية لهوائي نصف الموجة القطبي

أ -مقاومة الإشعاع : -

لهوائي نصف الموجة القطبي وجد أن مقاومة الإشعاع له تساوي "73.1 Ω" وهي أكبر من نظيرتها للهوائي القطبي القصير مما يدل على أن لهذا الهوائي قدرة أكبر على بث الطاقة من تلك التي يبثها الهوائي القطبي القصير. حيث إنّه كلما زادت قيمة مقاومة الإشعاع زادت قدرة الهوائي على بث طاقة أكبر.

ب -الاتجاهية : -

لهذا الهوائي تم حساب الاتجاهية بالطرق الرياضية و قد وجد أنها تساوي:

$$D = 1.63$$

وهذه القيمة أكبر من تلك التي للهوائي القطبي القصير. مما يدل على أن لهذا الهوائي قدرة أكبر على بث الطاقة مركزة في اتجاه معين من تلك المتوفرة للهوائي القطبي القصير.

ج -زاوية الفص : -

لقد تم حساب و قياس زاوية الفص لهذا الهوائي وقد وجد أنها تساوي:

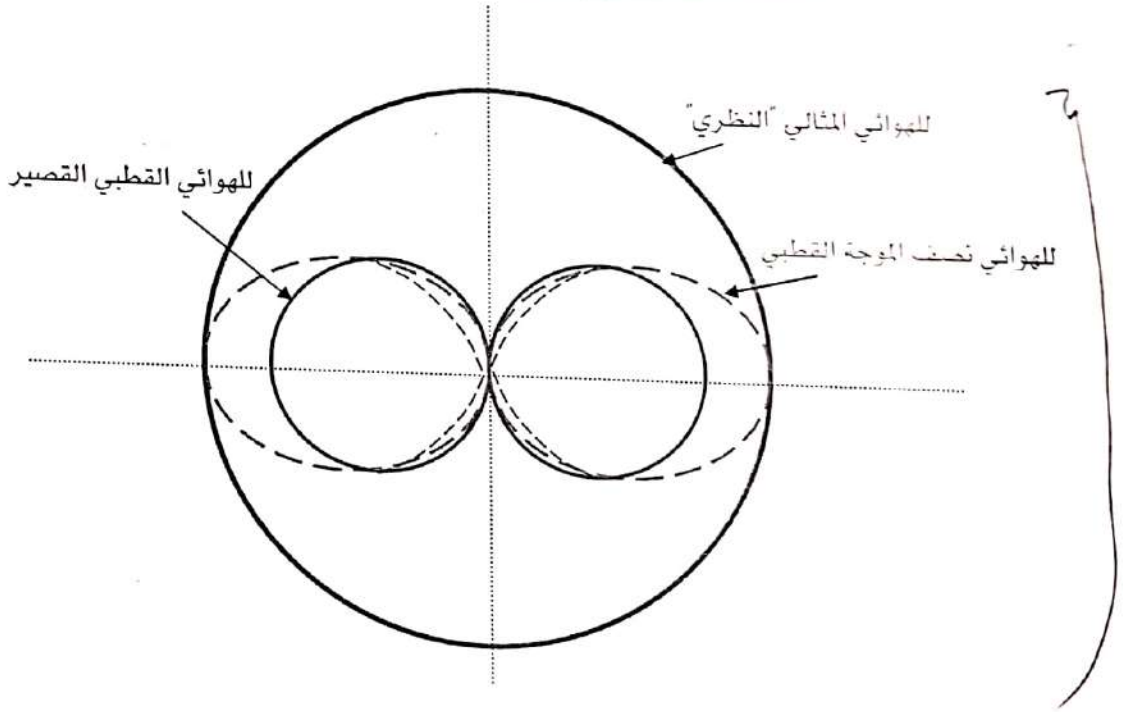
$$\theta = 78^{o}$$

Scanned with

وهذه القيمة أصغر من تلك التي للهوائي القطبي القصير مما يدل على أن الطاقة المنبعثة من هوائي نصف الموجة القطبي تتوزع حوله باتجاهية أعلى من تلك المنبعثة من الهوائي القطبي القصير. حيث إنه كلما قلت قيمة زاوية الفص زادت قيمة الاتجاهية وبالتبعية زادت قدرة الهوائي على بث الطاقة في اتجاه معين.

د -النموذج الإشعاعي : -

الشكل(٤ -٥) يبين النموذج الإشعاعي لهوائي نصف الموجة القطبي وللهوائي القطبي القصير وللهوائي المثالي "النظري" الذي يبث الطاقة في جميع الاتجاهات بالتساوي (Omnidirectional pattern). ومن هذا الشكل يتضح أن هوائي نصف الموجة القطبي له قدرة أكبر على بث الطاقة في اتجاه معين.



الشكل (٤-٥): رسم الإشعاع لهوائي نصف الموجة وللهوائي القطبي القصير وللهوائي المثالي

٤ -٣ الهوائي الحلقي Loop Antenna

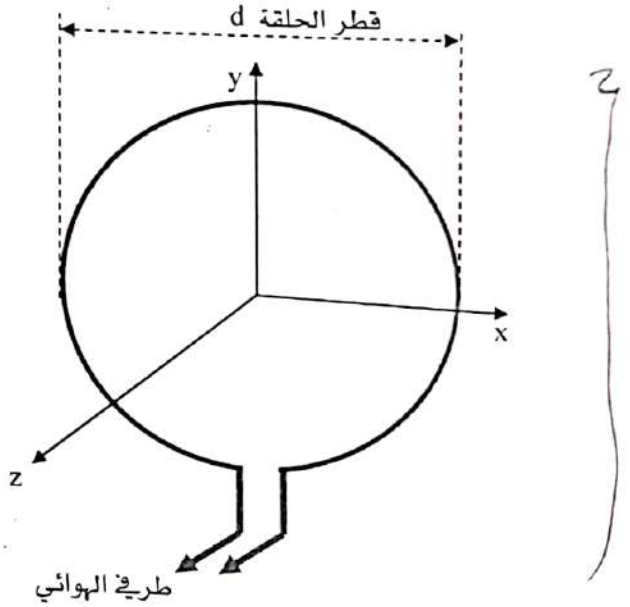
يعتبر الهوائي الحلقي من الهوائيات الأساسية، وتختلف خصائص الهوائي الحلقي بناء على قيمة قطر الحلقة بالنسبة إلى الطول الموجي للموجة المرسلة أو المستقبلة بواسطة الهوائي. لذلك فإنه يوجد نوعان من الهوائيات الحلقية وهي:

-الهوائيات الحلقية الصغيرة: وفيها يكون قطر الحلقة أصغر بكثير من الطول الموجي.

Scanned with

-الهوائيات الحلقية الكبيرة: وفيها يكون قطر الحلقة مقاربًا للطول الموجي.

وسنختص بالدراسة الهوائيات الحلقية الصغيرة. والشكل(٤ -٦) يبين الهوائي الحلقي المتكون من حلقة واحدة.



الشكل (٤-٦): الهوائي الحلقي

٤ -٣ -١ الخصائص الفنية للهوائي الحلقي

أ -مقاومة الإشعاع : -

للهوائي الحلقي ذو حلقة واحدة وجد أن مقاومة الإشعاع له تعطى بالعلاقة الرياضية:

$$R_{r1} = 1950\pi^2 d^4/\lambda^2 \qquad (4.2)$$

حيث إنّ R_{r1}: مقاومة الإشعاع لهوائي حلقى مكون من حلقة واحدة.

D: قطر الحلقة بالمتر.

λ: الطول الموجي بالمتر.

من المعادلة السابقة يتضح أنه كلما صغر قطر الحلقة فإن مقاومة الإشعاع تصغر. لذلك فإن مقاومة الإشعاع للهوائي الحلقي القصير تساوي تقريبا "2 Ω" وهذه مقاومة صغيرة جدًا مما يعني أن قدرة هذا الهوائي على بث طاقة كبيرة تكون محدودة. إلا أنه يمكن زيادة قيمة هذه المقاومة وذلك بزيادة عدد الحلقات بدلاً من حلقة واحدة. و في هذه الحالة فإن العلاقة بين مقاومة الإشعاع لهوائي من حلقة واحدة وهوائي له أكثر من حلقة هى:

Scanned with

$$R_{rN} = N^2 R_{r1} \qquad (4.3)$$

حيث إنّ R_{rN}: مقاومة الإشعاع لهوائي حلقي مكون من عدد "N" من الحلقات.

R_{r1}: مقاومة الإشعاع لهوائي حلقي مكون من حلقة واحدة.

مثال ٤ -١: -أوجد قيمة مقاومة الإشعاع لمجموعة من الهوائيات الحلقية الصغيرة التي لها عدد من الحلقات "5, 10, 100"

الحل

بما أن الهوائيات حلقية صغيرة فإن مقاومة الإشعاع لحلقة واحدة تساوي"2 Ω" وبالتالي يمكن حساب مقاومة الإشعاع لعدد مختلف من الحلقات باستخدام المعادلة (٤ -٣) كالتالي:

$$R_{r5} = (5)^2 \times 2 = 50\ \Omega$$

$$R_{r10} = (10)^2 \times 2 = 200\ \Omega$$

$$R_{r100} = (100)^2 \times 2 = 20000\ \Omega$$

من هذا المثال يتضح أنه يمكن لنا زيادة مقاومة الإشعاع للهوائي بزيادة عدد الحلقات وهذه الميزة لا تتوفر للهوائي القطبي القصير.

ب -الاتجاهية : -

لهذا الهوائي يتم حساب الاتجاهية بالطرق الرياضية وهي متماثلة تمامًا لتلك التي للهوائي القطبي القصير وقد وجد أنها تساوي:

$$D = 1.5$$

لذا فإن خصائص توزيع الطاقة لهذا الهوائي متماثلة تمامًا مع تلك التي للهوائي القطبي القصير.

ج -زاوية الفص : -

لهذا الهوائي يتم حساب زاوية الفص بالطرق الرياضية والمعملية وهي متماثلة تمامًا لتلك التي للهوائي القطبي القصيرو قد وجد أنها تساوي:

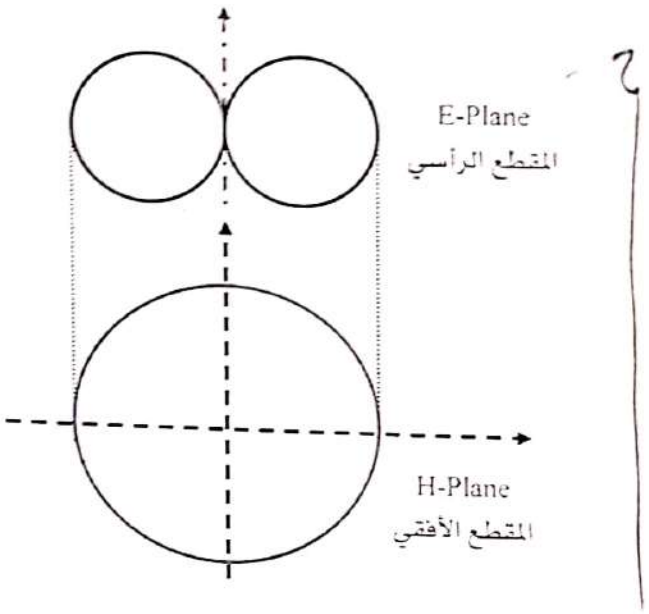
$$\theta = 90^o$$

لذا فإن خصائص توزيع الطاقة لهذا الهوائي متماثلة تمامًا مع تلك التي للهوائي القطبي القصير. ولكن يجب أن نتذكر أن لهذا الهوائي قدرة أكبر على بث طاقة أكبر.

Scanned with

د -النموذج الإشعاعي : -

الشكل (٤ -٧) يبين النموذج الإشعاعي للهوائي الحلقي الصغير وهو يماثل تمامًا رسم الإشعاع للهوائي القطبي القصير.



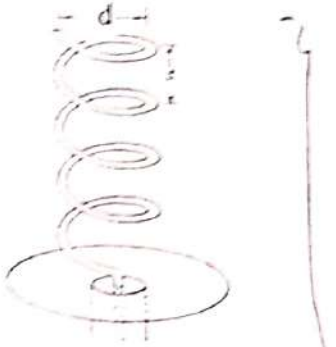
الشكل (٤-٧): النموذج الإشعاعي للهوائي الحلقي القصير

ومن الجدير بالذكر أن من اشهر استخدامات الهوائي الحلقي الصغير كهوائي استقبال في أجهزة الراديو لموجة تعديل السعة "AM" ولموجة تعديل التردد "FM" وذلك بلف الحلقات على عمود من الفيريت (مركب خليط من برادة الحديد والكربون) وذلك لزيادة كفاءة الاستقبال له.

٤ -٤ الهوائي الحلزوني Helical Antenna

الهوائي الحلزوني موضح بالشكل (٤ -٨)، وهو يستخدم في تطبيقات عديدة لإرسال واستقبال الموجات من الترددات المتوسطة (MHz) التي تستخدم في الإرسال الإذاعي حتى موجات المايكروويف (Microwaves).

Scanned with



الشكل (٤-٨): الهوائي الحلزونى

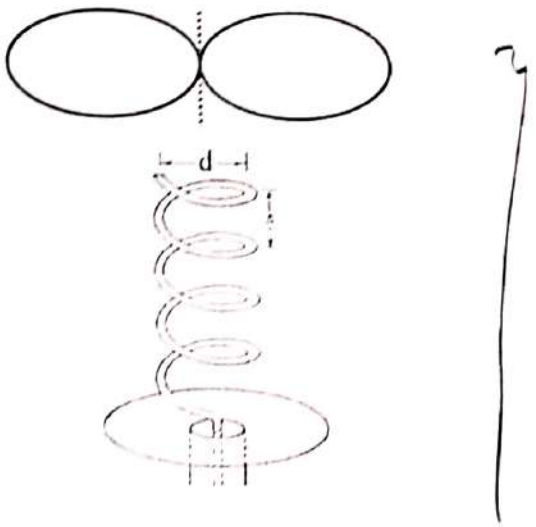
٤ -٤ -١ الخصائص الفنية للهوائي الحلزوني:

أ -النموذج الإشعاعي:

يختلف النموذج الإشعاعي للهوائي الحلزوني تبعًا لاختلاف نمط تشغيله، حيث يعتمد نمط التشغيل لهذا الهوائي على النسبة بين أبعاد الهوائي والطول الموجي الذي يعمل عنده الهوائي كالتالي:

- النمط العمودي Normal Mode :

يعمل الهوائي بالنمط العمودي عندما تكون أبعاد الهوائي صغيرة جدًا بالنسبة للطول الموجي الذي يعمل عنده الهوائي. في هذه الحالة يكون الفص الرئيسي للنموذج الإشعاعي في اتجاه متعامد على اتجاه محور الهوائي كما في الشكل (٤ -٩).

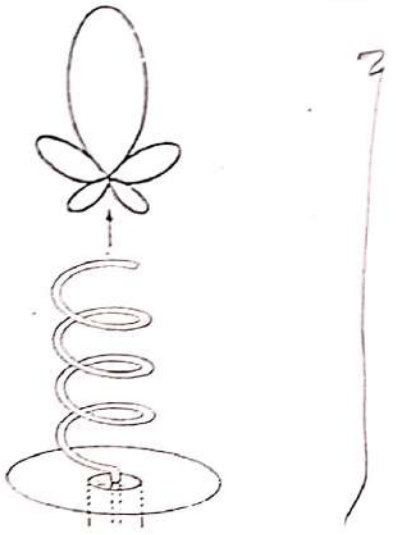


الشكل (٤-٩): رسم الإشعاع للهوائي الحلزوني ذو النمط العمودي

Scanned with

-النمط المحوري Axial Mode:

يعمل الهوائي بالنمط المحوري عندما تكون أبعاد الهوائي مقاربة للطول الموجي الذي يعمل عنده الهوائي. في هذه الحالة يكون الفص الرئيسي للنموذج الإشعاعي في نفس اتجاه محور الهوائي كما في الشكل (٤ -١٠).



الشكل (٤-١٠): رسم الإشعاع للهوائي الحلزوني ذو النمط المحوري

ب -الاتجاهية : -

للهوائي الحلزوني تم حساب الاتجاهية بالطرق الرياضية و قد وجد أنها تعطى بالعلاقة: -

$$D = 15NS\left(\frac{\pi^2 d^2}{\lambda^3}\right) \qquad (4.4)$$

حيث إنّ N: عدد الحلقات.

S: المسافة بين الحلقات بالمتر.

d: قطر الحلقة بالمتر.

λ: الطول الموجي بالمتر.

وهذه العلاقة تبين أن الاتجاهية للهوائي الحلزوني تعتمد على عدد الحلقات وقطر الحلقة والمسافة بين الحلقات والطول الموجي للموجة المستخدمة. فكلما زاد عدد الحلقات أو زادت المسافة بين الحلقات أو زاد قطر الحلقة أو قل الطول الموجي فإن الاتجاهية للهوائي الحلزوني تزيد والعكس صحيح.

Scanned with

ج -زاوية الفص : -

للهوائي الحلزوني تم حساب زاوية الفص بالطرق الرياضية وقد وجد أنها تعطى بالعلاقة: -

$$\theta = \frac{52\lambda^{3/2}}{\pi D\sqrt{NS}} \qquad (4.5)$$

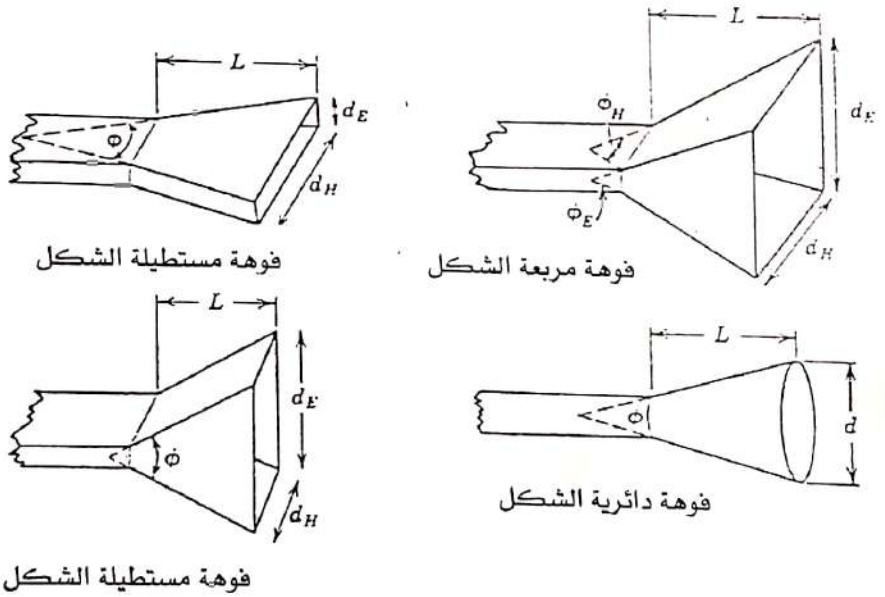
وهذه العلاقة تبين أن زاوية الفص للهوائي الحلزوني تعتمد على عدد الحلقات وقطر الحلقة والمسافة بين الحلقات والطول الموجي للموجة المستخدمة وذلك مثلها مثل الاتجاهية لهذا الهوائي. فكلما زاد عدد الحلقات أو زادت المسافة بين الحلقات أو زاد قطر الحلقة أو قل الطول الموجي فإن الاتجاهية للهوائي الحلزوني تقل والعكس صحيح.

مما سبق يتضح أن الخصائص الفنية للهوائي الحلزوني تعتمد على أبعاد الهوائي التالية:

- عدد الحلقات "N".
- المسافة بين الحلقات "S".
- قطر الحلقة "d".

٤ -٥ هوائي البوق Horn Antenna

هوائي البوق من الهوائيات الواسعة الانتشار والاستخدام في نطاق موجات الميكروويف (Microwave Band). والشكل (٤ -١١) يبين الأنواع الأساسية لهوائي البوق. وهذه الهوائيات تتم تغذيتها بواسطة المرشدات الموجية (Waveguides).



الشكل (٤-١١): هوائي البوق

Scanned with

ولهوائي البوق مميزات عديدة منها:

- الكسب العالي.
- له نطاق ترددي كبير.
- وزنه الخفيف.
- سهولة تركيبه.

٤ -٥ -١ الخصائص الفنية لهوائي البوق

أ -الكسب:

و يعطى الكسب بالعلاقة الآتية:

$$G = \frac{10A}{\lambda^2} \qquad (4.6)$$

حيث إنّ A: مساحة مقطع الفوهة بالمتر المربع.

λ: الطول الموجي بالمتر.

من المعادلة السابقة يتضح أن كسب هوائي البوق يعتمد أساسًا على:

- مساحة مقطع فوهة البوق.
- تردد الإشارة التي يعمل عندها الهوائي.

والكسب يتناسب طرديًا مع مساحة مقطع فوهة البوق وعكسيًا مع مربع الطول الموجي وهذا يعني أنه كلما زادت مساحة الفوهة فإن كسب الهوائي يزيد.

ب -الاتجاهية: -

وجد أن الاتجاهية لهوائي البوق تعتمد أيضًا على مساحة فوهته والطول الموجي مثل الكسب، وتحسب الاتجاهية بالعلاقة:

$$D = \frac{7.5A}{\lambda^2} \qquad (4.7)$$

مثال ٤ -٢: -احسب الكسب والاتجاهية لهوائي البوق الذي له مقطع فوهة على شكل مستطيل بعداه "20 cm, 50 cm" و ذلك عندما يعمل عند الترددات الآتية:

أ - 3 GHz

ب - 30 GHz

الحل

بما أن مقطع فوهة البوق على شكل مستطيل فإن مساحة مقطعه تساوي:

$$A = 0.10 \times 0.50 = 0.1\ m^2$$

Scanned with

أولا يتم حساب قيمة الطول الموجي المقابل للتردد المعطى ثم يتم استخدام المعادلة (٤ -٦) لحساب الكسب والمعادلة (٤ -٧) لحساب الاتجاهية كالتالي:

أ -عند f =3 GHz:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^9} = 0.1\ m$$

$$G = \frac{10A}{\lambda^2} = \frac{10 \times 0.1}{0.1^2} = 100$$

$$D = \frac{7.5A}{\lambda^2} = \frac{7.5 \times 0.1}{0.1^2} = 75$$

ب -عند f =30 GHz:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{30 \times 10^9} = 0.01\ m$$

$$G = \frac{10A}{\lambda^2} = \frac{10 \times 0.1}{0.01^2} = 10000$$

$$G = \frac{7.5A}{\lambda^2} = \frac{7.5 \times 0.1}{0.01^2} = 75000$$

ج -زاوية الفص: -

تختلف قيمة زاوية الفص لهوائي البوق باختلاف شكل فوهة المقطع و لذلك فإن قيمة الزاوية لهوائي البوق المستطيل المقطع يحسب بالعلاقة الآتية:

$$\theta_E = 56\,\lambda/dE$$

$$\theta_H = 56\,\lambda/dH$$

حيث "dE" و "dH" هي أبعاد المستطيل الموضحة في الشكل (٤ -١١).

٤ -٦ هوائي الطبق Dish "Parabolic" Antenna

الهوائي الطبق أحد اهم الهوائيات ذات العواكس حيث يعتبر من أكثر أنواع الهوائيات استخداما في أنظمة الميكروويف (Microwave Band) وفي أنظمة اتصالات الأقمار الاصطناعية، وفي التطبيقات العسكرية خاصة أنظمة الرادار. والشكل (٤ -١٢) يوضح أشكال مختلفة للهوائي الطبق. ويتكون من طبق معدني جزء من شكل بيضاوي وفي بؤرته

Scanned with

مقدمة

تتكون مصفوفة الهوائيات عندما يتحد هوائيان أو أكثر ليكوِّنا هوائيًا واحدًا. وكل هوائي من الهوائيات المكونة للمصفوفة يسمى عنصرًا من عناصر المصفوفة (Array element). و قد يكون هذا العنصر أي نوع من أنواع الهوائيات التي درسناها في الوحدة السابقة مثل الهوائيات القطبية أو الهوائيات الشريطية أو غيرهما.

والهدف من صناعة المصفوفة هو الحصول على خصائص فنية لا يمكن الحصول عليها من عنصر واحد ، مثل زيادة الاتجاهية لتركيز الطاقة المنبعثة من المصفوفة في مساحة جغرافية صغيرة، حيث إنّ المجال الكلي للمصفوفة يتكون نتيجة الجمع الاتجاهي لمجالات عناصرها لذلك فإن طريقة رص العناصر تؤثر تأثيرًا كبيرًا على شكل وطبيعة المجال الكلي للمصفوفة و بالتبعية على الخصائص الفنية لها. لذلك فإن العناصر ترص بطريقة معينة حتى تتفاعل (تتجمع) المجالات المنبعثة من كل منها لنحصل على مجال كلي يحقق الخصائص الفنية المطلوبة من المصفوفة والتي لا يمكن أن نحصل عليها من عنصر واحد من عناصر المصفوفة.

٥ - ٢ أنواع عناصر المصفوفة

تنقسم عناصر المصفوفة إلى قسمين أساسيين:

أ - عناصر متحكمة Driven elements

هي تلك العناصر من المصفوفة التي تتصل مباشرة بخط التغذية (Feeding line)، الذي ينقل الطاقة من المرسل إلى الهوائي أو من الهوائي إلى المستقبل.

ب - عناصر غير متحكمة (طفيلية) Non-driven (Parasitic) elements

هي العناصر التي لا تتصل مباشرة بخط التغذية (Feeding line)، ولكن الطاقة تنتقل إليها (في حالة الإرسال)، أو منها (في حالة الاستقبال) عن طريق الحث التبادلي (Mutual induction) بينها وبين العناصر المتحكمة.

وتنقسم العناصر الطفيلية إلى نوعين:

أولا: العواكس Reflectors

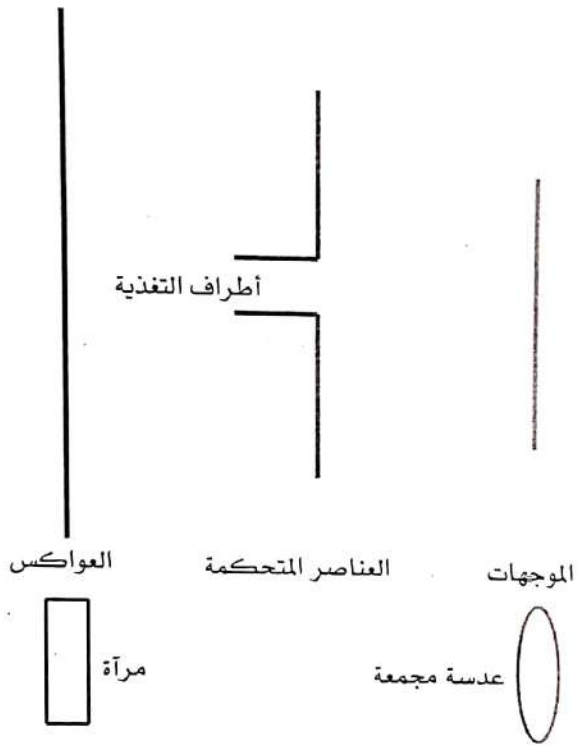
هي العناصر التي لها أبعاد أكبر من أبعاد العناصر المتحكمة، وتستخدم لتعكس الموجات الكهرومغناطيسية التي تصل إليها لترجع ثانية في اتجاه العناصر المتحكمة. أي أن العواكس تعمل نفس عمل المرآة بالنسبة للضوء و يوضح ذلك الشكل (٥ - ١).

Scanned with

ثانيا: الموجهات Directors

الموجهات هي العناصر التي تكون لها أبعاد أصغر من أبعاد العناصر المتحكمة. وتستخدم لتجميع الموجات الكهرومغناطيسية لتسقط على العناصر المتحكمة. أي أن الموجهات تعمل نفس عمل العدسة المجمعة بالنسبة للضوء كما يتضح في الشكل (٥ -١).

في الأجزاء التالية من هذه الوحدة سنعرض لبعض من أنواع المصفوفات لنوضح كيف تتغير خصائص المصفوفة تبعًا لتغير وضع العناصر وتغذيتها.



الشكل (٥-١): عناصر المصفوفة

٥ -٣ المصفوفة التي تبث جانبيا Broadside Array

المصفوفة التي تبث جانبيا تعد من أبسط أنواع المصفوفات، وتتكون من مجموعة من العناصر التي كل منها عبارة عن هوائي نصف الموجة القطبي. وكما هو موضح في الشكل (٥ -٢)، ترص هذه الهوائيات على مسافات متساوية تساوي نصف الطول الموجي، ويتم تغذية عناصر المصفوفة من نفس المصدر، ويتم توصيل العناصر المرصوصة في نفس الاتجاه مع طريقة التغذية بطريقة تبادلية. وسبب تسميتها أن الطاقة تنبعث منها في اتجاه متعامد على محورها.

Scanned with

سعوية، لذا في هذه الحالة يجب أن نقلل بقدر الإمكان قيمة هذه المفاعلة السعوية لنصل الي الحالة المثالية ويتم ذلك بطريقتين هما:

أ - توصيل ملف على التوالي مع الهوائي

وهذا ينتج عنه مفاعلة حثية وتكون المعاوقة في هذه الحالة هي قيمة المقاومة بالإضافة إلى الفرق بين المفاعلة الحثية للملف والمفاعلة السعوية للهوائي وكلما قل هذا الفرق اقترب الطول الكهربائي للهوائي من الطول المثالي.

ب - توصيل مكثف على التوازي مع الهوائي

وهذا يقلل من قيمة المفاعلة السعوية الكلية للدائرة وبالتالي تقترب الدائرة من الحالة المثالية.

٦ -٣ نماذج للهوائيات العملية

٦ -٣ -١ هوائيات الجوال

يجب أن تكون للهوائيات المستخدمة في أنظمة الجوال الخصائص التالية:

- صغر الحجم.
- خفة الوزن.
- بث الطاقة الكهرومغناطيسية في جميع الاتجاهات بالتساوي تقريبًا.
- قلة التكلفة.

وتوجد أنواع كثيرة من الهوائيات توفر الخصائص السابقة نذكر منها بعض الهوائيات التي تم دراستها في الوحدة الرابعة مثل:

- الهوائي القطبي القصير.
- الهوائيات الشريطية.

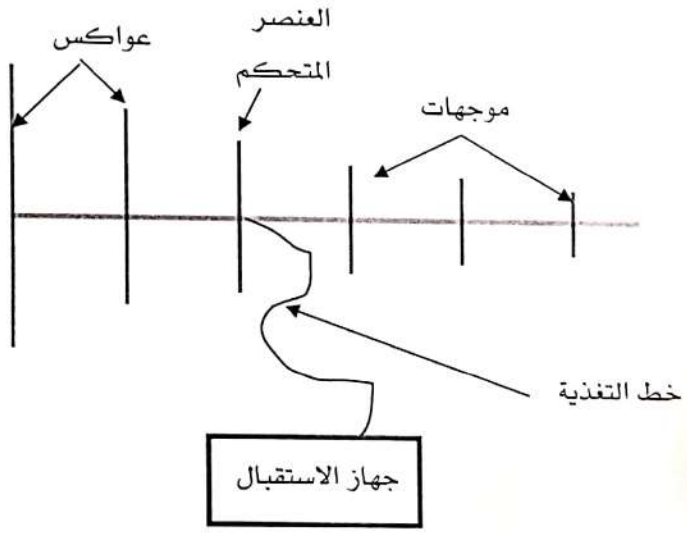
يتم تثبيت هذه الهوائيات على جسم الجوال أو داخله. ومن خلال دراستنا في الوحدة الثالثة من أنه كلما ارتفع التردد قلت أبعاد الهوائي نجد أن لأجهزة الجوال القديمة عندما كان النطاق الترددي لأنظمة الجوال منخفضة نسبيا كانت لها هوائيات واضحة للمستخدم، أما في أجهزة الجوال الحديثة حيث إنّ أنظمة الجوال لها نطاقات ترددية عالية نسبيا نجد أن الهوائي صغرت أبعاده بحيث امكن تثبيته داخل جهاز الجوال بدون أن يكون واضح للمستخدم.

Scanned with

٦ -٣ -٢ هوائي الياجي

هذا الهوائي يستخدم على نطاق واسع في استقبال الإرسال التليفزيوني الأرضي، وهو من الهوائيات الموجهة للطاقة الكهرومغناطيسية. وهو عبارة عن مصفوفة من الهوائيات القطبية كما في الشكل (٦ -١). وفي هذه المصفوفة يكون العنصر المتحكم عبارة عن هوائي نصف الموجة القطبي مع عنصرين أو أكثر من نفس هذه الهوائيات القطبية، والتي تعمل كعناصر غير متحكمة. والعناصر غير المتحكمة منها ما يعمل كموجهات و منها ما يعمل كعواكس.

العواكس أكبر من العنصر المتحكم طولاً بنسبة ٦٪ تقريبًا على التوالي كما في الشكل (٦ -١)، وتكون المسافات بينهما خمس الطول الموجي ($\lambda/5$). بينما الموجهات تكون أصغر من العنصر المتحكم بنسبة ٦٪ و على نفس الأبعاد كما مع العواكس.



الشكل (٦-١): هوائى الياجى

٦ -٣ -٣ هوائيات السيارات:

تستخدم هوائيات السيارات على نطاق واسع في استقبال برامج موجات الإذاعة. وتصميم هذه الهوائيات يعاني من بعض المشاكل مثل:

أ - عدم ملائمتها لاستقبال محطات الإذاعة المختلفة التردد لموجة (AM) ولموجة (FM).

ب - عدم تفادي تأثير التشويش المتولد من محرك السيارة.

Scanned with

ولتفادي المشكلة الأولى فإن الهوائي يصمم بطول أصغر من نصف الطول الموجي وكذلك يمكن التحكم في طوله بالنسبة للطول الموجي الذي يستقبله الهوائي. وصغر أبعاد الهوائي يجعل الطاقة التي يستقبلها صغيرة مما يستلزم استخدام مكبر بعد مرحلة الهوائي مباشرة لتكبير الإشارة المستقبلة ذات الطاقة الصغيرة قبل دخولها إلي مرحلة فصل إشارة المعلومات من الإشارة الحاملة.

ويمكن تفادى تأثير التشويش الذي يسببه المحرك بتثبيت الهوائي في مكان مناسب على جسم السيارة بحيث يكون عنده التشويش أقل ما يمكن، وكذلك يمكن استخدام المرشحات لتقليل هذا التشويش.

Scanned with

نظام الـ GSM

يسمح GSM للمستخدمين بالتجوال بين البلدان حيث يطلبون ويستلمون النداءات على هاتفهم الخاص وبأرقامهم الخاصة ومن العوامل التي ساعدت في تطور هذا النظام:

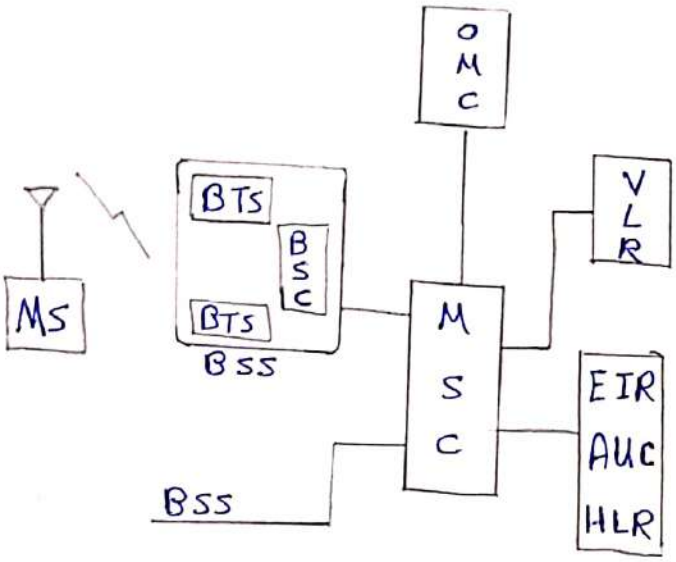
1. الحاجة إلى التجوال الدولي
2. الحاجة إلى قدرة أكبر وسعة أكبر
3. الحاجة إلى أجهزة وعملاء مختلفة التكاليف

والحاجة إلى خدمات كثيرة.

ويعمل الـ GSM مع نحو ثمانية من الشبكة الذاعية الخلوية الحالية والاختلاف الرئيسي هو أن مشتركي GSM سيحملون وحدة بطاقة هوية مشترك مزيدة بتدوين على ذاكرة معالج وتتيح لخزن المعلومات الشخصية مثل رقم الهاتف النقال ويتم تشغيل الهاتف النقال بإدخال بطاقة وحدة المشترك التي تعني بأن المشترك يمكنه أن يجري

أو عند السفر ليس هناك حاجة لحمل الهاتف النقال ولكن كل ما تحتاجه هو حمل البطاقة الذكية SIM)

مكونات نظام الـ GSM:



أولاً: المحطة المتنقلة MS: وهي الجهزة والمعدات التي يستعملها المشترك ليتمكن من الدخول لنظام الـ GSM وله ٢ أنواع أساسية:

- المحطات المخصصة بالسيارات
- المحمولة أو المتنقلة
- المحمولة باليد (الجوال)

وكما تستخدم لإجراء واستقبال المكالمات وتتكون من:

P - بطاقة تعريف المشترك SIM:

لا يمكن إجراء أي اتصال بدون هذه البطاقة الذكية حيث يتم إدخالها في المعدات المتنقلة وتحتوي على معلومات عن المشترك بالإضافة إلى بيانات مهمة للعمليات السرية والتشفير والخطوط للمشترك

ومن أهم المعلومات التي تخزن في بطاقة SIM:

Scanned with

- رقم الهوية الشخصية PIN
- مفتاح فك القفل لرقم الهوية الشخصية PUK
- معلومات عن الخدمات الإضافية
- معلومات عن التجوالات المستخدمة من قبل المشتركة المشتركة .

ب - الأجهزة المتنقلة ME : وهي أجهزة الهواتف المتنقلة التي يستخدمها المشتركون لإجراء المكالمات بعد أن يقوم بوضع SIM بداخلها وتمتاز هذه الأجهزة بهوية خاصة تميز كل واحدة عن غيرها تسمى بالهوية الدولية للأجهزة المتنقلة IMEI

ثانياً : نظام المحطات القاعدية BSS :
وهو عبارة عن الأجهزة التي تستخدم لتوفير التغطية الراديوية الضرورية لربط المحطات المتنقلة بالشبكة فهو حلقة الوصل بين المحطات المتنقلة MS وشبكة نظام GSM ومن أهم المهام التي يقوم بها :
- إجراء الاتصال الراديوي بالمحطات المتنقلة
- إجراء عملية التسليم والمناداة للمكالمات

* وينقسم هذا النظام وظيفياً إلى :

(1) نظام المحطة القاعدية للاتصال BTS
ويتولى كل جميع المهام اللازمة لتغطية وخدمة خلية واحدة أو عدة خلايا تغطية راديوية ومن أهم وظائفه :
• تحديد تريدات الإرسال وتريدات الاستقبال المستخدمة
• تحديد أعلى قدرة يمكن إرسالها بناء على حجم الخلية .

(2) وحدة تحكم المحطات القاعدية BSC
تتحكم هذه الوحدة في جميع الوظائف الراديوية لشبكة الـ GSM وهي المسؤولة عن التحكم بجودة التوصيل وانشاء الاتصال

ثالثاً : نظام التبديل SS :
هو المسؤول عن إجراء المكالمات حيث يقوم بوصل الشبكة اللاسلكية مع شبكة الـ GSM ومع الشبكات اللاسلكية الأخرى ويقوم أيضاً بتنظيم فواتير المستخدمين ويتكون من :

(1) مركز تبديل خدمات المتنقل MSC :
هو عبارة عن مقسم هاتفي رقمي متطور ينظم الاتصال مع المقاسم الأخرى

(2) سجل الموقع المحلي HLR : هو عبارة عن قاعدة بيانات مركزية يتم تخزين جميع البيانات الخاصة بجميع المشتركين المسجلين والتابعين لشبكة متنقلات واحدة فعندما يجري المشترك مكالمة ترسل بعض المعلومات الموجودة في SIM لتتعرف على المشترك وتميزه عن المشترك الآخر

(3) سجل موقع الزائر VLR : مخزن للمعلومات المؤقتة والمتعلقة بجميع المشتركين الزائرين

(4) سجل هوية للمعدات EIR : يكون دوره في التأكد من شرعية أجهزة الموبايل الموجودة في كل جهاز عن طريق الرقم (IMEI)

(5) مركز التوصيل AUC : يتمتع بدرجة عالية من الأمن المعلوماتي مهمته حماية الشبكة من المستخدمين المحتالين أو المتطفلين .

رابعاً: مركز مراقبة الشبكة MMC

ويتكون من:

① مركز التشغيل والصيانة OMC:

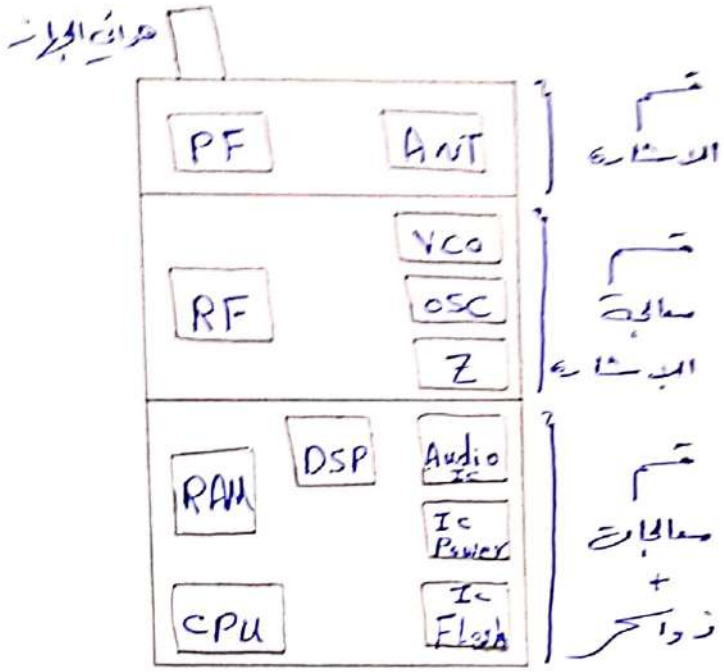
يزود طاقم المراقبة بمعلومات عن حالة الشبكة ومعلومات أخرى مثل نوعية الخدمة المقدمة في الشبكة

② مركز ادارة الشبكة NMC:

تتم عملية التحكم بجميع اجزاء الشبكة ويتحكم كذلك بمراكز التشغيل والصيانة

الهاتف النقال

* المخطط الوظيفي للهاتف النقال:



* العمل الأساسي لهذه العناصر:

• هوائي الجهاز: التقاط كافة أنواع الإشارات اللاسلكية (موبايل - بلوتوث - راديو ...)

• قسم الإشارة: ← مصانع الاستطاعة PF: يعمل في الإرسال على تنظيم التردد الحامل

← ناقف الإشارة ANT: يعمل على نقي إشارة الموبايل
وفرز هذه الإشارة حسب نوع التردد
وإلغاء الإشارات غير المطلوبة.

• قسم معالجة الإشارة: ← معالج الإشارة الترددية RF: يعمل على نقل تعديل الإشارة في الإستقبال وتعديل الإشارة في الإرسال
والتحكم بعمل عناصر الإشارة.

← كريستال الإشارة VCO: يعطي تردد لمعالج الإشارة الترددية

← كريستال الجهاز OSC: تستقبل الغذاء وتنتج إشارة تماس بالميلي ثولت

← فلتر الإشارة Z: تصفية الإشارة لتردد معين.

• قسم المعالجات والذاكرة: ← المعالج الرئيس CPU: يعمل على قراءة الذاكرة ويعطي تردد تشغيل لأغلب العناصر وهو عبارة عن برنامج أولي للـ Software

← معالج الرمجيات DSP: تشفير الرمجيات بالإرسال وفك التشفير الرمجية بالإستقبال

معالج الصوت Audio Ic : تحويل إشارة الرقمية الصوتية لإشارة كهربائية صوتية في عملية الإرسال وتحويل الإشارة الكهربائية الصوتية لإشارة رقمية في الاستقبال.

معالج تنظيم الشحن Ic charge : يرسل تنبيه لبدء الشحن عند وصول الشاحن وقراءة حالة شحن البطارية لحظياً أثناء الشحن والتشغيل وفصل جهد الشحن عند امتلاء البطارية

ذاكرة البرنامج Ic Flash : قوي برنامج تشغيل الجهاز software

ذاكرة التشغيل المؤقتة RAM : موجودة داخل الـ flash أو داخل الـ hard

* العناصر المكونة لعمل الجهاز :

يوجد لكل عنصر دارة مناسبة داخل كل بورد :

① الشاشة LCD ② سماعة الجهاز ③ الميكروفون الداخلي MIC

④ الجرس ⑤ الرجاج ⑥ هوائي الجهاز (من هوائي إلى 5 هوائيات)

⑦ كاميرا أمامية وخلفية ⑧ لوحة المفاتيح العادية أو اللمس.

* الدارات البرمجية في الموبايل :

لعدد من 1 إلى 10 متوفر نسبياً حسب الجهاز غالباً دوائر مستقلة عن الجهاز.

① دارة البلوتوث : هوائي خاص - معالج خاص - كريستالة تردد خاصة 2440MHz

② دارة wifi : هوائي خاص أو مع البلوتوث - معالج خاص - كريستالة 2450MHz -
مضاعف استطاعة PF خاص بالـ wifi

③ دارة Gbs : هوائي خاص - معالج خاص - مضاعف استطاعة - كريستالة 1550MHz

④ دارة الكاميرا : تحوي مجموعة عناصر أو تدمج داخل عنصر واحد حسب مواصفات كاميرا الجهاز ودارة معالج خاص ووحدة تبديل بين الكاميرات ووحدة الإنارة وذاكرة خاصة

⑤ دارة USB : مدخل مناسب غالباً Micro USB - معالج هو غالباً CPU

⑥ ماسح ضوئي : داخل الـ scanar