# اساسيات اللاسلكي والالكترونيات

## الفصل السادس

تاليف قصي الفرضي

2008

# الفصل السادس

## الهوائيات

تعتبر الهوائيات الجسر الموصل بين جهازي الارسال والاستقبال وعن طريقها يتم بث الموجات الكهرومغناطيسيه الى الفضاء واستلامها .

### الهوائي Antenna

عباره عن اداة لاشعاع الموجات الكهرومغناطيسيه بتحويلها من موجات كهربائيه من جهاز الارسال الى اهتزازات كهرومغناطيسيه تبث الى الفضاء اما الهوائي في جهاز الاستقبال فانه يقوم بتحويل الاهتزازات الكهرومغناطيسيه المستلمه الى ترددات كهربائيه .

### الطول الموجي Wave length

الطول الفيزيائي للهوائي ( نصف موجة مثلا ) يكون اقل قليلا من نصف الطول الموجي الطبيعي لأن سرعة انتشار الموجة في المعادن هي اقل ب 5% من سرعتها في الهواء او في الفراغ و سرعة انتشار الموجة في الكيبل المحوري هي اقل ايضا من سرعتها في المعادن فمثلا سرعة الموجة في كيبل نوع RG-58 (velocity factor) هو 0.66 من سرعة الضوء.
سرعة الموجة اللاسلكية في الفضاء او في الهواء هي 300 000 Km/s و هي نفس سرعة الضوء .

العلاقة التي تربط الطول الموجي بالتردد : F = التردد , C = سرعة الضوء
λ = الطول الموجي

الطول الموجي في الفضاء او في الهواء

$$\lambda 1 = \frac{C}{F} = \frac{300000000}{F}$$

الطول الموجي في المعدن ( معدن الهوائي )

$$\lambda 2 = \frac{0.95\ C}{F} = \frac{0.95 \times 300000000}{F}$$

الطول الموجي في كيبل RG-58

$$\lambda 3 = \frac{0.66\ C}{F} = \frac{0.66 \times 300000000}{F}$$

## الممانعة Impedance

الممانعة هي المعاوقة التي يبديها الموصل تجاه التيار المتناوب ( سواء كان تيار كهربائي او اشارة راديوية ) وتختلف باختلاف التردد ووحدتها الاوم . اما المقاومة فهي المعاوقة التي يبديها الموصل تجاه التيار المستمر وتكون ثابتة ولا علاقة لها بالتردد ووحدتها الاوم ايضا .
يجب ان تكون ممانعة جهاز الارسال و خطوط النقل ( الكيبلات ) و الهوائي متساوية . جهاز الارسال يصمم عادة بممانعة 50 اوم و كذلك ممانعة الكيبلات المستخدمة ( توجد انواع اخرى ممانعتها مختلفة ) و الهوائي , الهوائي الكفوء يجب ان تكون ممانعته 50 اوم لبث كامل الطاقة .
وتوجد بعض الانواع من دوائر ( موائمة الممانعة ) التي تستخدم لتحويل ممانعة الهوائي الى 50 اوم في حالة اختلافة عن هذه القيمة .

## الموجة الواقفة و القدرة المنعكسة VSWR and Reflected Power

VSWR هو اشارة الى صفة موائمة الهوائي تختصر عادة الى SWR قيمة VSWR العالية تشير الى ان الاشارة التي ارسلت عبر الهوائي قد ارتدت (رجعت) و القدرة المرتدة هي طرق مختلفة للتعبير و لقياس نفس الشيء.
VSWR ( Voltage Standing Wave Ratio ) التي قيمتها 2:1 او اقل تعتبر مقبولة والهوائيات التجارية تضبط لتكون النسبة 1.5:1 ( الحالة المثالية 1:1 ) نسبة الى جهاز ارسال 100 Watt و 1.5:1 VSWR اي ما يعادل 96 Watt القدرة الامامية و 4 Watt للقدرة المرتدة او تعطى كنسبة مئوية 4.2 من القدرة الامامية .

## عرض الحزمة Band Width

وهو مدى الترددات التي يكون عندها الهوائي فعالا وعادة يتم تصميم الهوائي عند منتصف تردد الرنين لاعطاء المجال للهوائي للاشتغال باقل واعلى من تردد الرنين ضمن الحزمة او المدى المصمم عليها وباقل SWR .
عرض الحزمة للهوائي يمكن زيادتها بعدة طرق منها استخدام عناصر هوائي اسمك او تحجيبها ليحاكي زيادة السمك بالعنصر , تقليل عدد عناصر الهوائي , جمع عدة هوائيات بهوائي واحد والسماح للممانعة الطبيعية لاختيار الهوائي الصحيح , الهوائي الصغير يفضل عادة لانه مناسب ولكن هناك حدود اساسية لعرض الحزمة هي الحجم والكفائة .

و يعبر عن عرض الحزمة عادة بدلالة النسبة المئوية لها و ذلك لأن النسبة المئوية لعرض الحزمة هي ثابتة نسبة الى التردد . اذ ان عرض الحزمة يعبر عنه بوحدات مطلقة للتردد مثال :

عرض الحزمة يختلف اعتمادا على التردد اذا كان مثلا 150 MHz او 450 MHz او 825 MHz .

و النسبة المئوية لل Band Width هي :

$$BW = 100 \times \frac{Fh - Fl}{Fc}$$

Fh = اعلى تردد في الحزمة

Fl = اقل تردد في الحزمة

Fc = التردد المركزي للحزمة $= \frac{Fh + Fl}{2}$

مثال إذا أردنا هوائي يعمل بتردد ( حزمة ) من ( 150 – 156MHz ) فنحتاج الى هوائي يغطي على الاقل 3.9% من عرض الحزمة.

$$BW = 100 \times \frac{Fh - Fl}{Fc}$$

$$BW = 100 \times \frac{156 - 150}{153} = 3.9\ \%$$ عرض الحزمة

## الديسبل Decibel

هو طريقة لوصف التحصيل ( الكسب ) او الفقد او قوة الاشارة في نظام الاتصالات او غيره . والعلاقة العامة لحساب القدرة بالديسبل .

$$dB = 10 \log \frac{Power\ A}{Power\ B}$$

A هو القدرة المجهزة الى الهوائي او الداخلة الى اي مكبر او المجهزة الى احد نهايات خطوط النقل للاشارة.
B هو القدرة الواصلة الى الجزء او النهاية الاخرى لخط النقل او الخرج للمكبر او اعظم قدرة مشعة من الهوائي.

اذا كانت A اكبر من B فالنتيجة عدد موجب وهو الكسب ( التحصيل gain )
اذا كانت A اصغر من B فالنتيجة عدد سالب وهو الفقد ( loss )

## انواع الديسبل

1- dBi وهو مرجع للهوائي النقطي ( Isotropic ) وهذا الهوائي افتراضي ونظري وغير ممكن عمليا لذا يستخدم كوحدة للقياس فقط .

2- dBd وهو مرجع للهوائي الداي بول نصف طول الموجة وهو من احد اسس التصميم للهوائيات ويقاس كسبه بال 0 dBd = 2.14 dBi .

3- dBq وهو مرجع لهوائي ربع طول الموجة العمودي وقيمة كسبه بين قيمه كسب هوائي الداي بول والهوائي النقطي وهو غير شائع الاستعمال .

4- dBc وهو وحدة تعبير عن القدرة باستخدام قدرة الموجة الحاملة كمرجع , و تشير الى العلاقة النسبية للضجيج او جزء الموجة الجانبي الاعظم (side band peak power) الى الموجة الحاملة .

5- dBm هذه الوحدة تشير الى ان الديسبل بوحدة الملي واط عبر مقاومة حمل 50 اوم وتستخدم بحسابات اجهزة الاستقبال والمكبرات .

6- dBµv هذه الوحدة تشير الى ان فولتية الاشارة بوحدة µv نسبة الى ان 1µv عبر مقاومة 50 اوم هو 0dBµv وتستخدم على الاغلب في اجهزة الاستقبال والهوائيات .

7- dB(old) كانت هذه الوحدة تستخدم في التلفونات قبل الحرب العالمية الثانية ويقاس ب 6mv بمقاومة حمل 500 اوم ويعادل 0 dB واستبدلت بوحدة VU وتعادل mv1 عبر مقاومة حمل 600 اوم وتستعمل الان في الاجهزة والتسجيلات الصوتية.

8- dBw وحدة لقياس القدرة بالواط وتشبه dBm عدا ان قياس المرجع هو 1 واط . 0dBw = +30dBm و 0 = 30dBw - وتستخدم في قياس قدرة الخروج للاجهزة عموما والصوتية خصوصا .

9- dBu وحدة لقياس الفولتية $V_{RMS}$ نسبة الى مرجع 0.775 V

10- dBv وحدة لقياس الفولتية V نسبة الى مرجع 1 فولت

11- dBmv هذه الوحدة تشير الى الديسبل بوحدة Milivolt , عبر مقاومة 75 اوم 1mv يساوي 0dBmv وتستعمل في حسابات اجهزة التلفزيون والاشارة 1mv هي اقل اشارة مستلمة لازمة لجهاز التلفزيون لعدم ظهور الثلج ( snow ) في الصورة .

12- dB(spl) (Sound Pressure Level) وحدة لقياس مستوى ضغط الصوت في الهواء و الغازات الاخرى نسبة الى 20 micropascals (مايكروباسكال) .و بالنسبة للصوت في الماء و السوائل النسبة تصبح 1 µPa .

13- dB(sil) (Sound Intensity level) وحدة لقياس كثافة الصوت نسبة الى 10^ -12 واط / متر مربع (بداية مستوى السمع البشري في الهواء) .

14- dBswl (Sound Power Level) وحدة لقياس مستوىقدرة الصوت نسبة الى 10^ -12 واط .

15- dB(A) / dB(B) / dB(C) وحدات لقياس مختلف الذبذبات لاستجابة الاذن البشرية للصوت و وحداتها نفس وحدات dB(spl) 20 µPa . تستخدم في الاغراض الطبية .dB(C) تستخدم ايضا في الاتصالات التليفونية والتلغرافية

16- dBj وحدة لقياس الطاقة نسبة الى 1 جول = 1 واط / ثا و تستخدم لقياس كثافة الضجيج ( Noise Density ) 0dBw/Hz =0dBj .

17- dBµ وحدة قياس شدة المجال الكهربائي نسبة الى 1 µv / m ( 1 مايكرو فولت / متر ) . وتستخدم في الهوائيات .

18- dBf وحدة قياس قدرة نسبة الى 1 femtowatt .

19- dBk وحدة قياس قدرة نسبة الى 1Kilowatt تستخدم لحساب القدرة .

20- dBfs وحدة قياس سعة الاشارة مقارنة باعلى تدريجة للجهاز , 0dBfs تساوي 1 في النظام الرقمي Digital system تستخدم في اجهزة الاتصالات.

21- dBo ( overload ) قياس سعة الاشارة مقارنة بأعلى تدريجة للجهاز و مشابهة لل dBfs لكنها تستخدم في النظام التماثلي analog system .

22- dB-Hz وحدة لقياس bandwidth نسبة الى 1 هيرتز تستخدم في في Link budget calculation , 20dB-Hz = 100Hz .

23- dBic ( isometric circular ) قدرة مقاسة نسبة الى هوائي مستقطب دائري قياسي . تستخدم في حسابات الهوائيات .

24- dBrn ( reference noise ) وحدة لقياس الضجيج .

## التوجيهية والكسب Directivity and Gain

التوجيهية هو قابلية الهوائي على تركيز طاقة البث في اتجاه محدد عند الارسال او لااستلام افضل طاقة باتجاه معين عند الاستلام .
هناك علاقة بين التوجيهية والكسب , ويمكن رؤية ظاهرة زيادة التوجيهية عند مقارنة ضوء مصباح كهربائي اعتيادي مع ضوء مصباح كشاف مثلا, حيث 100 واط من الضوء الموجه سيكون اكثر بكثير ولا مجال للمقارنة من 100 واط من ضوء المصباح الاعتيادي المنتشر ضوئه في كل الاتجاهات . فالضوء الموجه يقارن بانه كالهوائي مع زيادة التوجيهية .
الكسب هو القيمة العملية من التوجيهية , والعلاقة بين التحصيل والتوجيهية هي

$$G = \eta \times D$$

الكسب = G
الكفاءة = $\eta$
التوجيهية = D

## قياس الكسب Gain measurement

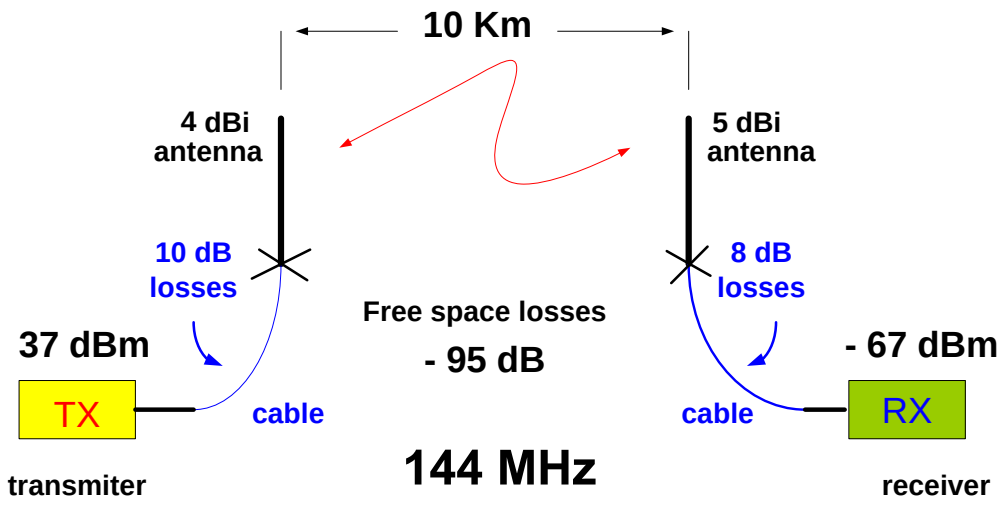
احد الطرق العملية لقياس الكسب هو مقارنة الهوائي ( تحت الفحص ) المراد قياس كسبه مع هوائي قياسي ( معلوم الكسب ) .
لقياس كسب هوائي VHF مثلا يثبت الهوائي المراد فحصه مع هوائي قياسي ( يمكن استخدام داي بول { كسب الداي بول 2.15 dBi = 0dBd } كهوائي قياسي ) على نفس العمود وبنفس الاتجاه والارتفاع ويبث من محطة صغيرة من مسافة حوالي 5 كلم بقدرة 1 او 2 واط ويقاس مقدار الاشارة المستلمة من الهوائيين ومن الفرق بينهما يمكن معرفة كسب الهوائي ( تحت الفحص ) ويراعى ان يتم فحص كل هوائي على انفراد لضمان عدم تأثير احدهما على الاخر .
وفي حالة فحص الترددات المتناهية العلو UHF و SHF يستعمل الهوائي البوقي ( Horn ) بكسب معلوم ويعتبر هوائي مرجع Standard .

## قياس شدة الاشارة الراديوية المستلمة والفقد في الهواء

تتعرض الاشارة الراديوية الخارجة من جهاز الارسال الى عدة عوامل فقد , تفقد الاشارة جزء من قوتها من خلال الكيبل المستخدم ولذا يجب استخدام انواع جيدة منه لتقليل الفقد لاقل مايمكن حيث ان السعة ( لكل قدم او متر ) العالية هي السبب الرئيسي في الفقد . وعموما كلما كان قطر الكيبل اكبر وثابت العزل اقل كانت السعة اقل والكيبل اكثر جودة وخصوصا بالترددات العالية جدا .

ففي المثال الاتي طريقة حساب شدة الاشارة المستلمة من جهاز ارسال 5W ( 37 dBm ) بتردد 144 MHz عبر كيبل بفقد قدره 10 dB والى هوائي بكسب 4 dBi ومن ثم تتعرض الاشارة الى فقد كبير في الهواء قدره 95 dB – حسب ما موضح بالمعادلة , ثم يضاف 5dBi كسب هوائي الاستلام ثم تفقد الاشارة المستلمة 8dB بكيبل هوائي الاسقبال لتصبح بعد اجراء العمليات الرياضية 67 dBm – .
حساب الفقد في الكيبلات يتم ببرنامج بسيط من الانترنيت cable losses calculation http://www.ocarc.ca/coax.htm
وحساب الفقد في الهوائي يتم برنامج free space losses
http://www.terabeam.com/support/calculations/free-space-loss.php#calc

او بالمعادلة المرفقة والفقد في الهواء يزداد بازدياد التردد والمسافة بين الهوائيات .




**Tx power = 37 dBm = 5 watt**
**Tx Cable losses = 10 dB**
**Tx antenna Gain = 4 dBi**
**Free space losses = 20 * $Log_{10}$ (frequency in MHz) + 20 * $Log_{10}$ (Distance in Miles) + 36.6 = -95 dB**
**Rx antenna Gain = 5 dBi**
**Rx cable losses = 8 dB**
**Rx power = - 67 dBm according to the equation below :-**

**37 dBm – 10 dB + 4 dBi – 95 dB + 5 dBi – 8 dB = - 67 dBm**

**This equation is used to calculate the losses power From transmitter to receiver through cable & antenna**

**شكل ( 6-1 ) مخطط لحساب الاشارة الراديوية المستلمة عبر الهواء**

## حساب كسب النظام ( System Gain )

**لكل جهاز لاسلكي له حساسية استلام خاصة به تسمى ( receiver sensitivity) وهي تمثل اقل مستوى للاشارة ( فولتية ) يمكن للجهاز تحسسها عند الاستلام وكلما كانت قيمتها عالية يكون الجهاز افضل , فعند حساب الكسب للنظام يتم اضافة القدرة المرسلة ( output power ) الى حساسية الجهاز . ويمكن من خلالها التمييز بين كفاءة الاجهزة المختلفة واختيار الافضل .**

**System Gain = output power + receiver sensitivity**

مثال :- اذا كانت حساسية الجهاز $-113\ dBm\ @\ BER\ 10^{-6}$ والقدرة المرسلة 37 dB فان الكسب للنظام هو 150 dB = 113 + 37

**حدود التلاشي Fade margin**

وهو الفرق بين قوة الاشارة المستلمة وبين حساسية الجهاز وكلما كانت قيمتها اعلى من 20 dB يكون افضل ,وقيمتها تعتمد على قدرة الارسال للمرسلة والمسافة بينها وبين جهاز الاستقبال .

**Fade Margin = received power - receiver sensitivity**

مثال :- اذا كانت قوة الاشارة المستلمة هي 67 dBm – وحساسية الجهاز هي -113dBm فان حدود التلاشي هي : 46 dBm = ( 113 - ) – 67 -

## الهوائيات

الهوائيات بصوره عامه تنقسم الى ثلاثة اقسام رئيسية:

1- هوائيات عمودية (Vertical omni direction) وانواعه
2- هوائيات غير موجهه مثل الدايبول ( dipole ) وانواعه
3 - هوائيات موجهه مثل الياكي ( yagi ) و الصحون اللاقطه وغيرها.

توجد انواع كثيره وتطبيقات عديده للهوائيات الا ان المبدء واحد وحجم الهوائي يعتمد على الطول الموجي للموجه ويتناسب معها تناسبا طرديا وعكسيامع ترددها فهوائيات الموجات القصيره جدا مثلا ( VHF و UHF ) تكون اصغر حجما و اسهل صنعا من هوائيات الموجات الطويله مثلا .
ولكل هوائي شكل بث وكسب خاص به يعتمد على تركيبته وتصميمه .
عند حساب الاطوال للهوائيات عامه لا تستخدم سرعه الضوء مباشره في الحسابات 300000 كلم / ثانية بل تضرب في ثابت 0.95 لان سرعه الموجه اللاسلكيه في الموصلات (المعادن) اقل من سرعتها في الفضاء ب 5% فتصبح سرعة الموجات اللاسلكية لحسابات اطوال الهوائيات 285000 كلم/ثانية .
هناك برامج تصميم لمختلف انواع الهوائيات وضعها هواة مشكورين في الانترنيت مجانا ليتمكن الجميع من صناعه ما يرغبون به من هوائيات .
هنالك البرنامج المشهور للهاوي الكندي VE3SQB والذي بواسطته يتم تصميم عدة انواع من الهوائيات بعد اعطاء بعض المعلومات اللازمه مثل التردد وعدد العناصر ( ELEMENT) وقطر الانابيب المعدنيه المتوفره .

## انواع الهوائيات العمودية : Vertical omni direction

وهي هوائيات تبث بكل الاتجاهات ( بث دائري ) وهذه بعض الانواع المشهورة منها والشائعة الاستعمال .

1 - هوائي ربع الموجة Vertical antenna with ground plane
2 - هوائي 5/8 طول الموجة ذو الملف
3 - هوائي متعدد الموجات Multi bands antenna
4 - هوائي نوع j pole
5 - هوائي نوع Supper j pole
6 - هوائي 1\4 1 طول الموجة Slim Jim antenna
7 - هوائي Collener
8 - هوائي الدسك Discone
9 - هوائي ماركوني Marconi vertical antenna
10- هوائي بازوكا Bazooka antenna

## الهوائيات غيرالموجهه

يعتبر الدايبول dipole ابسط انواع الهوائيات وخير مثال على الهوائيات غير الموجهه واغلب انواع الهوائيات العمودية والموجهه وغير الموجهة هي عبارة عن دايبول بشكل او بأخر وهو يعتبر المرجع الرئيسي للقياس في الهوائيات هو والهوائي الافتراضي isotropic ( الهوائي النقطي الذي يبث بكل الاتجاهات وبالاحداثيات الثلاثة وهو هوائي وهمي افتراضي ولا وجود له ) .

1 - هوائي دايبول $\lambda / 2$ Dipole antenna
2 - هوائي دايبول متعدد Multy dipole antenna
3- هوائي دايبول مقلوب Inverted V dipole antenna
4 - هوائي دايبول مصيدة Trap dipole antenna
6 - هوائي دايبول دائري Circular dipole antenna
7 - هوائي دايبول مطوي Folded dipole antenna
8 - هوائي سلك السماء Loop Skye wire antenna
9 - هوائي خفاقة البيض Egg Beater antenna
10- هوائي المعدن السائل Liquid metal antenna

## الهوائيات الموجهه

يعتبر الياكي من افضل الهوائيات الموجهه ويعتبر اساسيا فيها ويستعمل لمدى واسع من الترددات من HF الى SHF

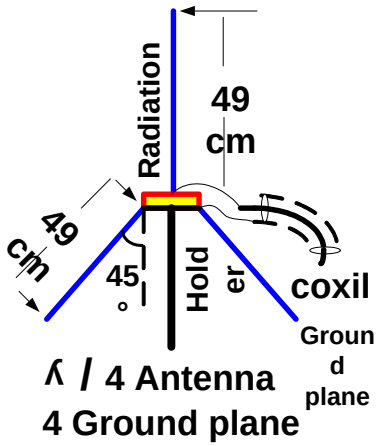
1 - هوائي ياكي تقليدي yagi antenna
2 - هوائي المكعب الرباعي Cubical quad antenna
3 - هوائي Log periodic antenna
4 - هوائي Helical antenna
5 - هوائي بوقي horn antenna
6 - هوائي صحن Dish antenna
7- هوائي قطاعي Sectoral antenna
8 - هوائي موكسون Moxon antenna
9- هوائي الستارة الرباعي Curtain Quad antenna

## الهوائيات العمودية : Vertical antenna

1 - هوائي ربع طول الموجة من الهوائيات العمودية الاساسية في ويتكون بابسط صوره من عنصر ( element ) عمودي وثلاثة او اربع او اكثر من العناصر الافقية او المائلة بزاوية كمستوى ارضي ( Ground plane ) وكلما زادت كان الهوائي اكفأ وميل الزاوية 45° تقرب ممانعة الهوائي من 50 اوم كسب هذا الهوائي 0 dBd ويعادل 2.14 dBi طول العناصر متساوي = λ / 4 مثال قياس العناصر لهوائي يعمل على التردد 145MHz تفاصيل كاملة للهوائي في موقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي http://www.iraqi-ars.org بعنوان مشاريع ( project ) هوائي VHF & UHF .

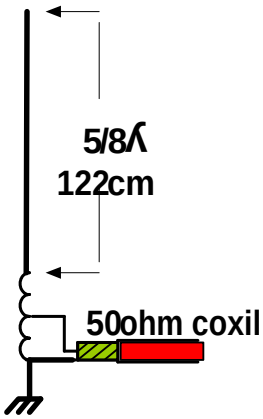
$$\lambda = \frac{300{,}000{,}000 \times 0.95}{145{,}000{,}000} = 196 \text{ cm}$$

$$\frac{\lambda}{4} = 49 \text{ cm}$$




شكل ( 6-2 ) هوائي ربع طول الموجة

**2 - هوائي 5/8 طول الموجة** من الهوائيات السوطية البسيطة والمستعملة في السيارات والزوارق يحوي على ملف موائمة ( Matching coil ) ويثبت على سطح المركبة المعدني ليعمل عمل ( ground plane ) انتشار موجاته يكون قريبا وموازيا تقريبا لسطح الارض لذا يكون ملائما للاراضي والمساحات المنبسطة ويستخدم لل VHF , UHF .



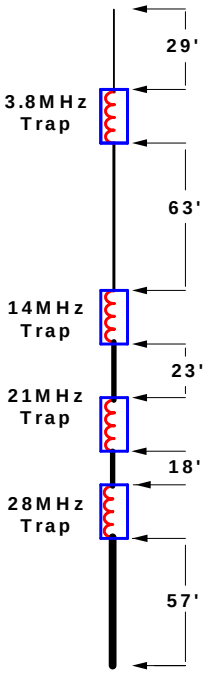

نموذج هوائي 5/8 طول الموجة بتردد 145MHz يتكون من سوط معدني بقطر مناسب ( 3 الى 6 ملمتر) بطول 122 سم ويكون مرنا قابلا للانثناء اثناء سير المركبة بتاثير الهواء . ومن ملف موائمة 10 لفات قياس 12 على عازل بقطر 3/4 انج وطول 3.5 انج ويغير موقع لحام الكيبل بالملف للحصول على اقل SWR .

5/8λ

Vertical antenna

شكل ( 6-3 ) هوائي 8/5 طول الموجة

---

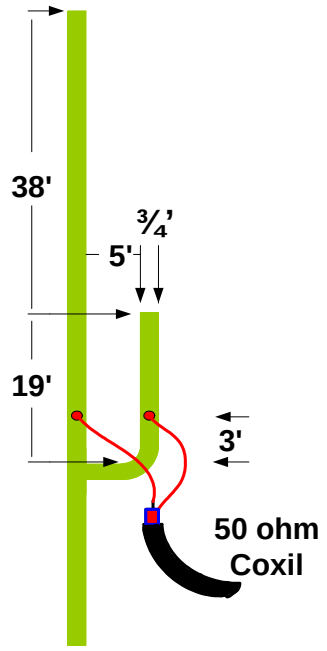



5 Band vertical antenna

**3 - هوائي متعدد الموجات** من الهوائيات المركبة والمعقدة لاحتوائها على مصائد موجات ( Trap ) لكل تردد في الحزمة . المصيدة 28MHz تمنع الموجة28MHz من الانتشار عبر طول الهوائي وتقف الموجة عند نهاية الطول الاول 57' وكانما الهوائي يمثل هذا الطول فقط اما بالنسبة للموجة 21MHz فالمصيدة 28MHz لاتمثل لها شيئا و تمر من خلالها وتقف عند المصيدة التي بنفس ترددها ويضاف الطول 18' الى 57' اليا وهكذا بالنسبة لبقية الموجات . الاطوال مثبتة في الرسم المجاور وبقياس الانج ويكون قطر العناصر السفلية اسمك من العلوية للضرورات الفيزيائية التصميمية من ناحية المتانة وقابلية الانثناء عند الرياح والوزن .

شكل ( 6-4 ) هوائي متعدد الموجات

**4 - هوائي نوع J pole** من الهوائيات الكفوءة والبسيطة التكوين يتكون مـــن قضيب او انبوب ( افضل لغرض الوزن والمتانة ) وتستعمل عادة انابيب التبريد النحاسية بقطر '1 او '3/4 او حسب الاختيار لخفتها وسهولـــة ثنيها ولحامـها بالصولدر الاعتيادي (هنالك تقاسيم على شكل T و L يمكن استخدامها بدل الثنـي ) الذراع القصير يمثل Ground plane الذي يلحم بـه الشيلد من الكيبل وقلب الكيبل يلحم على الجزء الطويل كما هو موضح في الرسم والمسافة '3 يمكن تغيرها للحصول على اقل SWR الابعاد موضحة في الرسم لهوائي على تردد 144MHz

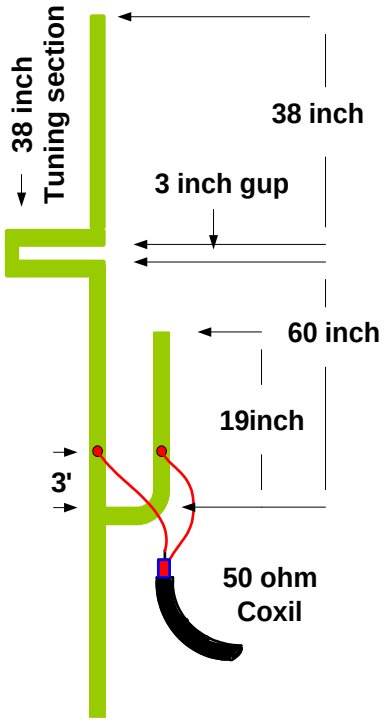



J pole antenna

شكل ( 6-5 ) هوائي J Pole

**5 - هوائي نوع Supper j pole**

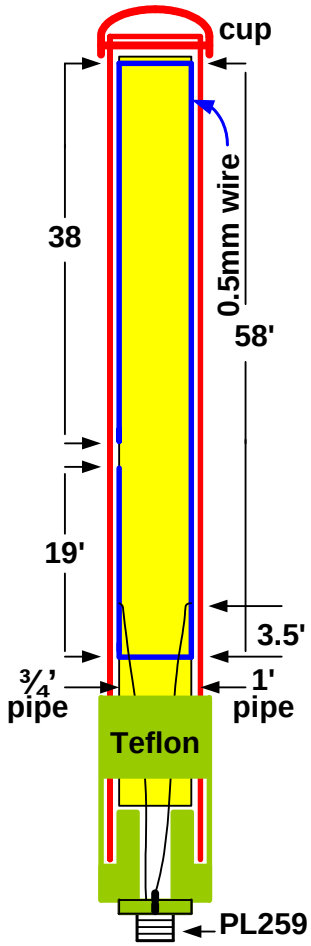
من الهوائيات الكفوءة ومن نفس تكوين J pole عدا الاضافة في الوسط وتكون على شكل دائري اوU وطـــول الانبوب الملوي '38 ويمثل هذا الرقم نصف الطول الموجي للتردد المستعمل والهوائـــي المجاور مصمم علـــى تردد 144MHz وكـــافة الابعـــــاد والقياسات موجودة بالرسم الهندســـي المجاور .




Supper J pole antenna

شكل ( 6 -6 ) هوائي Supper j pole

## 6 - هوائي λ 1 1/4 Slim jim




145MHz
Slim jim antenna

مـن الهوائيـات الكفـؤه جـدا والمجربـة والعمليـة والبـسيطة التكوين ولايحوي على ملفات و Ground plane وشكله يشبه مصباح الفلورسنت تم اختبار زوج منه المسافة بينهما حوالي 20 كيلومتر داخل المدينة وبارتفاع 9 متر لكل هوائي وبقدرة 3 واط لكل جهاز وكانت النتيجة جيدة جدا وتم تأمين الاتصال بوضوح وبلغت قوة الاشارة 5/6 لكل منهما . كسب هذا الهوائي 4.5 dBi .

يتكون من انبوب بلاستيكي بقطر 3/4 او 1 انج ويلف على طوله سلك نحاسي بقطر 0.5 او 1 ملم وتترك فجوة 1 انج وكما في الرسم التوضيحي ويلحم الكيبل على بعد حوالي 3.5 انـج مـن الاسـفل ويـتم ضـبط SWR بتغييـر هـذه المـسافة صعودا او نزولا . يلحم قلب الكيبل على الجهة الطويلة من الهوائي والشيلد يلحم على الطرف القصير . من الممكن تغطية هذه المحتويات بانبوب بلاستيكي اخر اكبر حجما بقليل 1 او 1.25 انج لاعطاء المتانة والجمالية للهوائي ويلصق كب بلاستيكي من الاعلى لمنع دخول الاتربة والمطر الى الداخل وتضاف قطعة من التفلون العازل كقاعدة من الاسفل لتثبت فيها الفيشة ويثبت بها الهوائي الى العمود . التفاصيل الفنية في الرسم التوضيحي المجاور ,

رسوم توضيحية وتفصيلية في موقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي ( مشاريع / بعنوان هوائي VHF )
http://www.iraqi-ars.org

شكل ( 7 -6 ) هوائي Slim jim

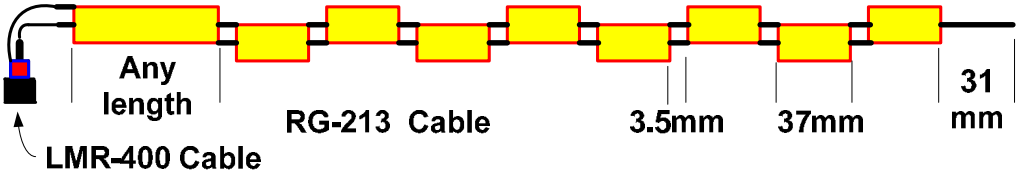
---

## 7 - هوائي collener

هوائي جيد جدا بالحجم والكسب ويغلب استعماله في الترددات فوق العالية جدا الا ان هذا لايمنع استخدامه ببقية الترددات كسب هذا الهوائي يكون مرتفع عادة لتكونه من عدة هوائيات مجتمعة على التوالي وهو باشكال وتطبيقات كثيرة وسنتناول هوائي 2.4GHz للانترنيت وهو هوائي جيد جدا الا انه يحتاج الى دقة في الصناعة لحراجة الاطوال بسبب كون التردد عالي جدا 2.4 GHz . يتكون من 8 قطع من كيبل RG-213 او اي كيبل مماثل ويجب ان تكون سرعة الانتشار للكيبل ( Velocity factor ) 0.66 لان القياسات المعطاة حسب هذا الرقم وتلحم هذه الكيبلات بصورة

مخالفة الواحد مع الاخر ( الشلد بالقلب والقلب بالشلد ) لتكوين مجموعة من الدايبولات والكسب الكلي هو مجموع كسب كل قطعة من الدايبول الشكل المجاور يبين التفصيلات والقياسات للهوائي وتم تجربته مع مجهز انترنيت يبعد حوالي 400 متر وكان الاتصال جيدا وقوة الاشارة 80% وكسبه 9 dBi وهو صغير الحجم وبطول 50 سم فقط .

رسوم توضيحية وتفصيلية في موقع جمعية العراق لهواة اللاسلكي ( مشاريع / بعنوان هوائي 2.4GHz ) http://www.iraqi-ars.org

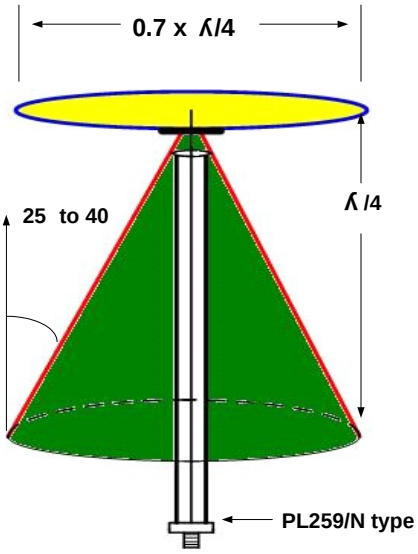



2.4 GHz collinear antenna

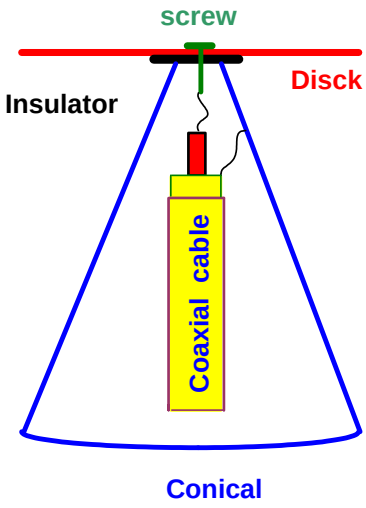
شكل ( 8 -6 ) هوائي انترنيت نوع collener

8 - هوائي القرص Discone من الهوائيات النموذجية له 3 تراكيب القرص والمخروط والعازل .

القرص يجب ان يكون بقطر كلي يعادل 0.7 من ربع طول الموجة للتردد الواطيء للهوائي . نقطة التغذية (feed point ) للهوائي يجب ان تكون في مركز القرص وتربط عادة بكيبل 50 اوم ( يربط قلب الكيبل بالقرص والشيلد بالمخروط ) . طول المخروط يجب ان يكون ربع طول الموجة للتردد الواطيء المستعمل في الهوائي . وزاوية المخروط تكون عادة بين 25 الى 40 درجة .




Discone Antenna



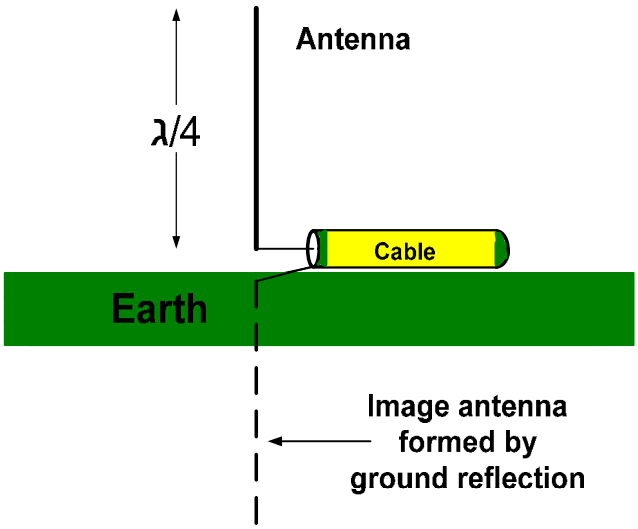

شكل ( 9 -6 ) هوائي القرص

## 9 – هوائي ماركوني Marconi antenna

من اغلب الهوائيات العمودية الشائعة هو هوائي ماركوني وهو هوائي λ\4 ويستخدم كدايبول عمودي ويعتبر الارض كمرأة عاكسة له Ground plane .

في الترددات الواطئة (اقل من 2MHz ) من الصعوبة عمل هوائي دايبول افقي بسبب طوله الكبير واحتياجه الى نصف الطول الموجي على الاقل فوق سطح الارض فعلى سبيل المثال هوائي 2MHz يحتاج الى طول حوالي 75m وهذا غير منطقي من الناحية العملية اضافة الى ذلك ان الموجة الارضية لل 2MHz تحتاج الى قطبية عمودية للبث وهذا ما لا يتوفر في الهوائي الافقي كما نوهنا سابقا , و انه من غير الممكن عمليا وضع هوائي بطول 75m على مركبة متحركة باستقطاب افقي لذا برزت الحاجة الماسة الى استخدام الهوائيات العمودية

مثال على ذلك هوائي عمودي يثبت على سطح الارض بطول λ\4 ويستخدم الارض كمراة عاكسة بطول الهوائي كما في الرسم المرفق .



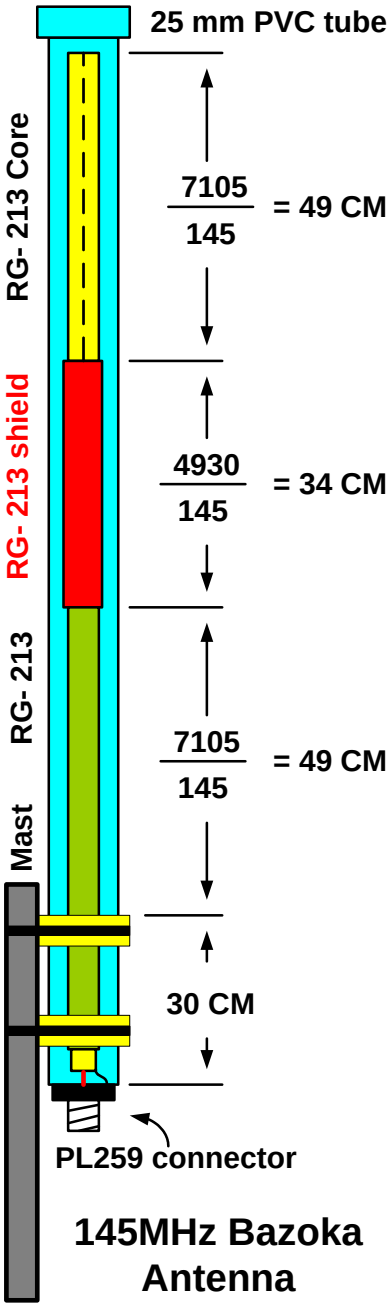

**The image antenna formed in the ground under a Marconi antenna**

شكل ( 10 -6 ) هوائي ماركوني

## 10 – هوائي بازوكا Bazooka antenna

من الهوائيات البسيطة والسهلة التكوين وهو عبارة عن دايبول عمودي يتكون من قطعة من كيبل RG-213 او RG-8 او اي كيبل بنفس Velocity factor ( 0.66 ) .

يقشط اعلى الكيبل بالطول المبين بالرسم التوضيحي وحسب التردد 145MHz بطول 49cm ويستخدم القلب كمشع اما الشيلد فيقلب الى الاسفل كما هو موضح وبالطول 34cm وتعتبر هذه النقطة هي نقطة التغذية ( feed point ثم يضاف طول 49cm ( ربع الطول الموجي ) للبعد عن الشيلد ويضاف 30cm لمرحلة التثبيت كما هو موضح بالرسم ثم يستعمل انبوب بلاستيكي من PVC بقطر 1 انج ( 25mm )



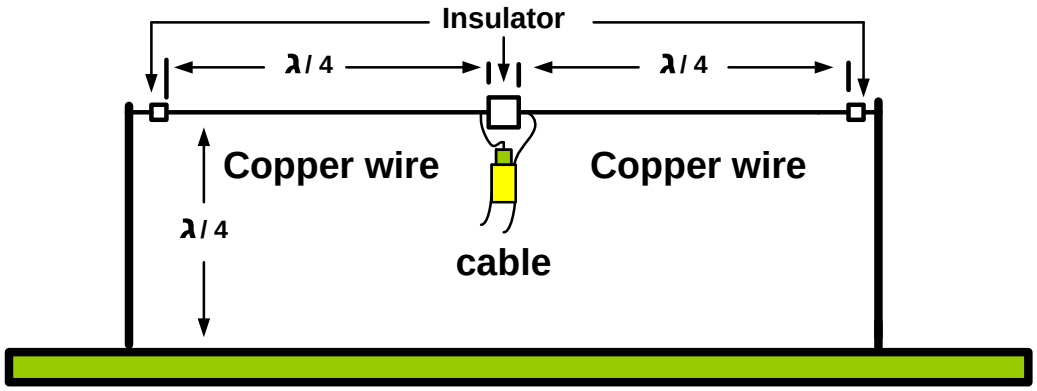

شكل ( 11 -6 ) هوائي بازوكا

## الهوائيات غير الموجهة

### 1 - هوائي الدايبول نصف طول الموجة λ / 2

من اشهر واسهل انواع الهوائيات واكثرها انتشارا واستخداما ويتكون من جزئين كل جزء يمثل ربع طول الموجة ويثبت بصورة افقية بواسطة ساريتين خشبيتين او معدنيتين ( وتفضل الخشبية لغرض العزل التام عن الارض) معزولتين عنه ولضمان عمله بصورة جيدة يجب ان يرتفع عن سطح الارض بما لايقل ربع طول الموجة . يتكون من سلك نحاسي من المستخدم في التأسيسات الكهربائية و بقطر مناسب ( من 1 الى 6 ملم ) ولايهم ان يكون عاريا او مغلف ويفضل المغلف لضمان عدم تاثير الظروف الجوية عليه من رطوبة ومطر وحصول التأكسد الذي يؤثر على اداءه .

من الممكن ربط عدة دايبولات سوية كل منها بطول موجي مختلف على نفس العمود وبنفس الكيبل , وتوضع ثلاثة عوازل كهربائية اثنان في الاطراف وواحدة في الوسط لعزل الهوائي عن الارض كما هو موضح بالرسم .



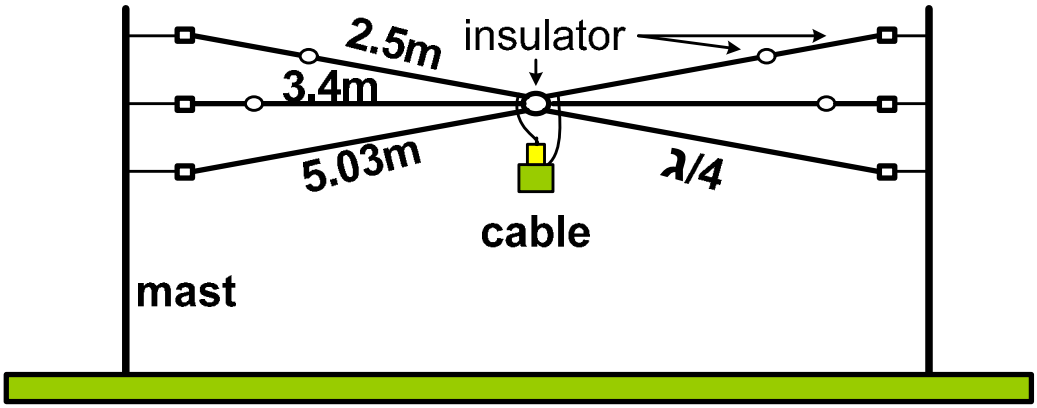

$$\lambda / 4 = \frac{71.5}{f\ MHz}\ \text{Meter}$$

**Simple dipole**

شكل ( 12 -6 ) هوائي دايبول نصف طول الموجة λ / 2

## 2 - هوائي دايبول متعدد

هذا الهوائي يستخدم عدة اطوال موجية لعدة ترددات وتربط سوية في المنتصف وتربط بكيبل واحد ولكل جزء منها طول يمثل ربع الطول الموجي لكل تردد مستعمل ولا تتاثر بقية الاطوال بهذا النوع من الربط اذ ان كل تردد سواء كان مرسل او مستقبل سيختار الجزء الملائم له ( الهوائي المناسب) والذي يكون فيه ال SWR اقل ما يمكن باعتبار ان الهوائي مصمم على ذلك التردد, فالشكل يوضح هوائي متكون من ثلاثة دايبولات ( ممكن اكثر او اقل ) بثلاثة ترددات الاسفل بتردد 14 MHz ويكون اكثرها طولا والوسط بتردد 21 MHz والاعلى بتردد 28 MHz وهو الاقل طولا . وتربط سوية من كل طرفي العازل الوسطي بكيبل التغذية والذي تكون في العادة ممانعته 50 ohm وهي نفس ممانعة الهوائي ويجب استعمال كيبل مناسب مثل RG213 or RG8 او الاقل كفاءة RG58 ذو السعة الداخلية الكبيرة والفقد الاكبر ويجب استخدام اقصر طول ملائم من الكبيل لتقليل الفقد في الاشارة .

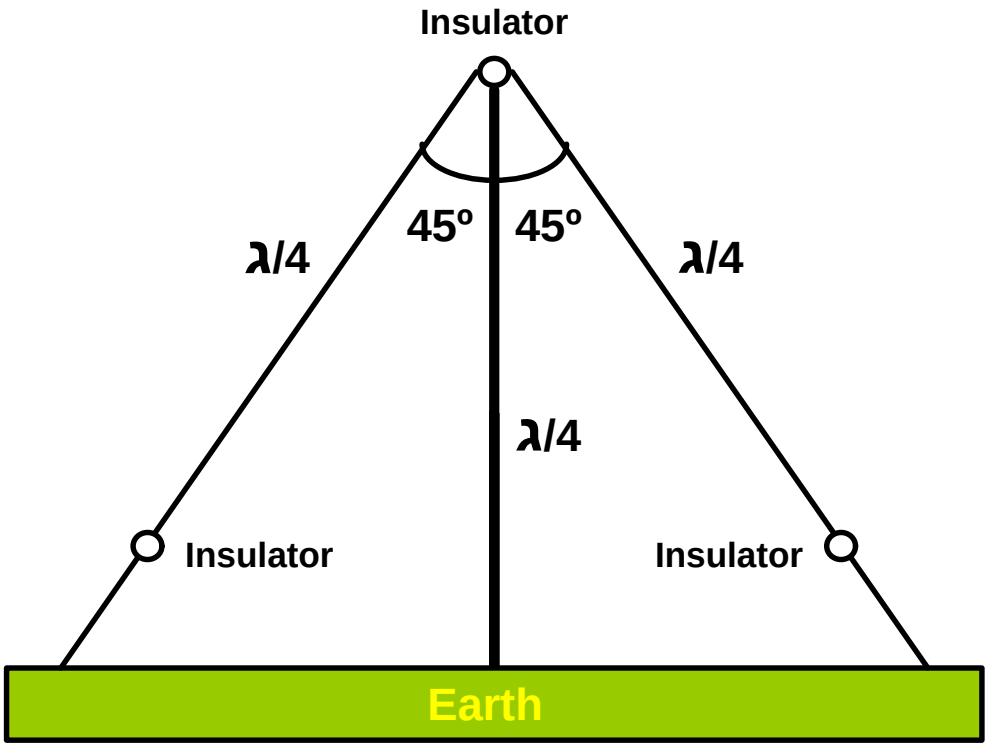



**Multiband dipole**

شكل ( 13 -6 ) هوائي دايبول متعدد

## 3 – هوائي دايبول مقلوب inverted V

هذا الهوائي شبيه بالدايبول الاعتيادي الا انه يركب بصورة مقلوبة على شكل Λ ويستخدم عمود واحد للتثبيت وتكون الزاوية بين طرفيه اكبر من 90 يستخدم هذا الهوائي في الاماكن الضيقة والتي ليس بها فسحة لربط دايبول اعتيادي وطول العمود يجب ان لا يقل عن ربع طول الموجة ويربط بعوازل من الاطراف وتبعد نهاياته السفلى عن الارض قدر الامكان . طول الدايبول المقلوب هو اقصر بنسبة 4% من الدايبول الاعتيادي ولنفس التردد .




# Inverted V dipole

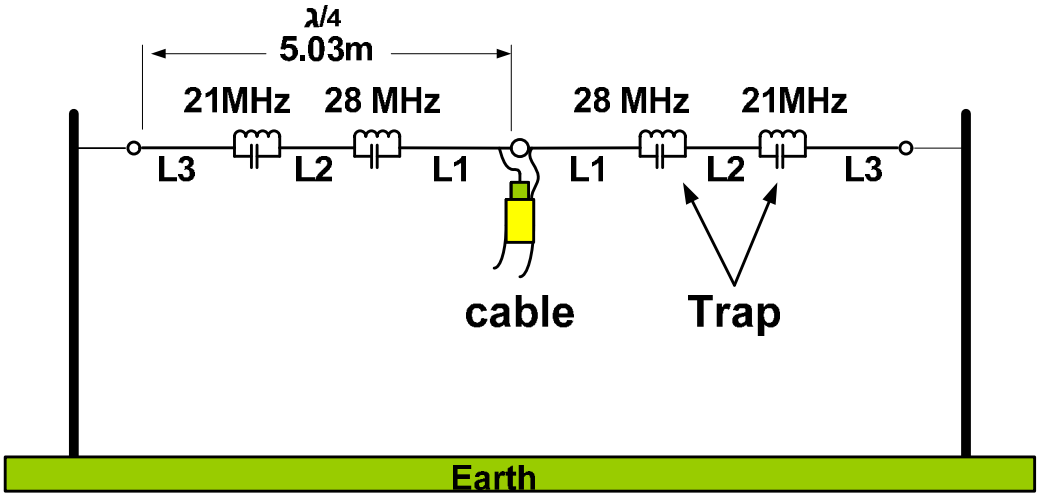
شكل ( 14 -6 ) هوائي دايبول مقلوب

**4 - هوائي دايبول مصيدة Trap antenna**

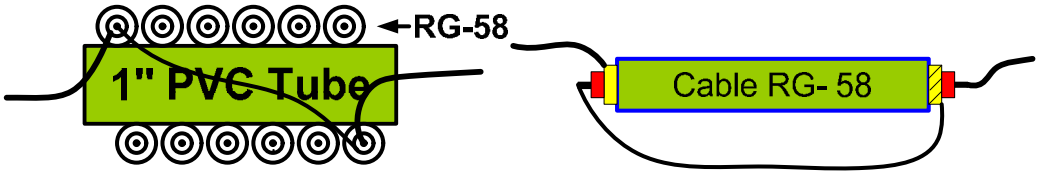
هذا الهوائي شبيه بهوائي الدايبول المتعدد الا انه يحوي على دوائر رنين تعمل كمصيدة لترددات مصمم عليها ليكون فعالا على اكثر من تردد بدلا من استخدام هوائي منفصل لكل تردد , دوائر الرنين عبارة عن ملف ومتسعة منغمة على تردد معين وهذه الدوائر تتعرض للتغيرات الجوية من حرارة ورطوبة مما يؤدى الى تغير ترددها وتقليل كفاءة الهوائى مما حدا الى استخدام طريقة مبتكرة ثابتة التردد باستخدام ملف مـن كيبل 58-RG واستخدام سعته الداخـــلية الثابتة ( باعتبار ان طولة ثابت ) كمتسعة لدائرة الرنين مما ينتج عنه دائرة رنين ثابتة التردد لا تتاثر بالظروف الجوية .

الهوائي التالي هو هوائي بثلاث ترددات 28 MHz & 21 MHz & 14 MHz ويحتوي على دائرتي رنين الاولى 28 MHz والثانية 21 MHz

الدائرة الاولى تقوم بقطع التردد 28 MHz وتمنعه من المرور الى دائرة الرنين الثانية ليبقى الجزء L1 هو الجزء الفعال من الهوائي والذى يمثل λ /4 من طول الموجه 28 MHz والموضوع نفسه بالنسبه للتردد21 MHz حيث يكون L1 + L2 هو الجزء الفعال اما بالنسبه للتردد 14 MHz فلا يلقى اي ممانعة من دائرتي الرنين السابقتين حيث يكون L1 + L2 + L3 هو الجزء الفعال لهذا التردد والذي يمثل ربع طول الموجة ( 5.03 m ) .




# Tri band antenna

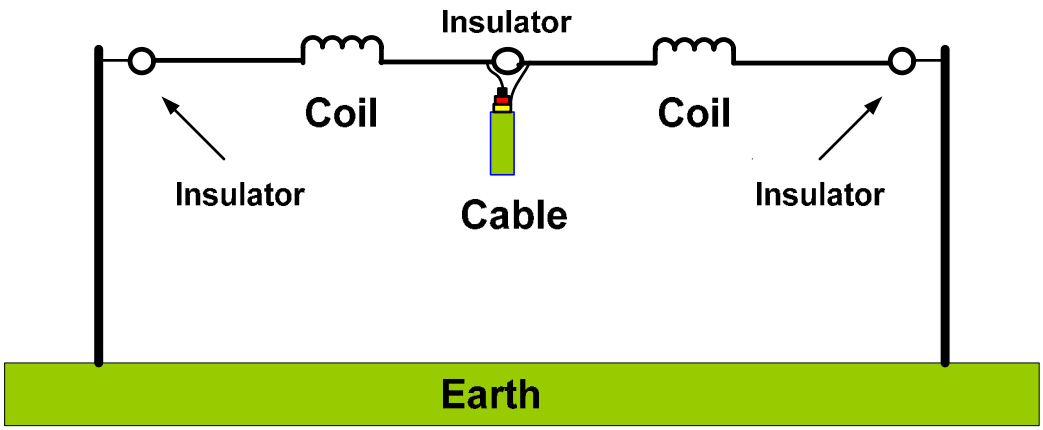



**Trap ( tuning circuit ) L + C**

شكل ( 15 -6 ) هوائي دايبول مصيدة

**5 – هوائي ملف**

هذا الهوائي عبارة عن دايبول بسيط الا انه يستخدم ملف لعمل توافق Matching لتقصير طول الهوائي شائع الاستعمال وخصوصا في ترددات HF الواطئة حيث ان الطول الموجي بعشرات الامتار مما لايكون عمليا صنع هوائي بهذا الحجم .

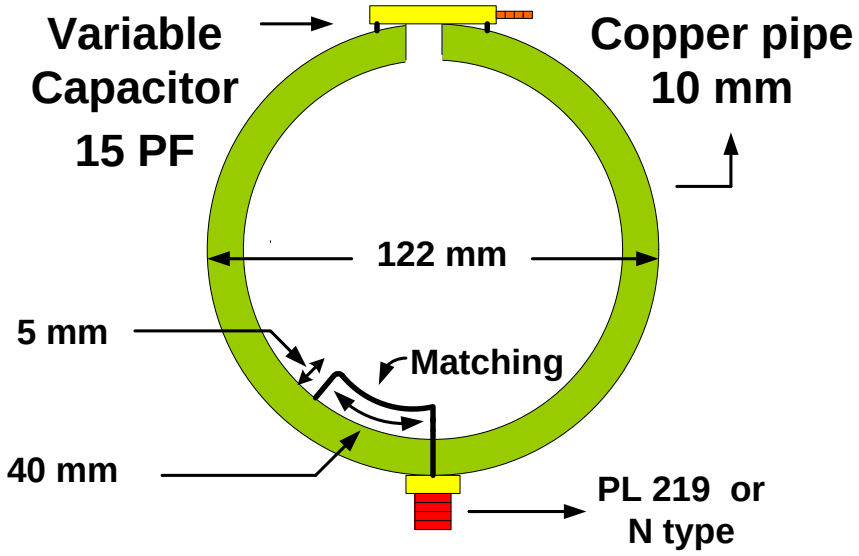



# Dipole with coil

شكل ( 16 -16 ) هوائي ملف

## 6 – هوائي دايبول دائري circular dipole antenna

هذا الهوائي من الهوائيات الصغيرة الحجم والسهلة الصنع ويستخدم في ترددات VHF & UHF صغير الحجم ووخفيف الوزن وذو كفاءة جيدة الشكل ادناه لهوائي بتردد 144 MHz يستعمل انبوب من النحاس الخاص بمنظومات التبريد بقطر 10 cmوبقطر 12.2 cm من الخارج ومتسعة متغيرة بمقدار 15 pf خط الموازنه ( matching) يبعد عن مركز خط التغذية بمقدار 40 ملم وعن الانبوب النحاسي 5 ملم .




# 144 MHz VHF Circular Antenna

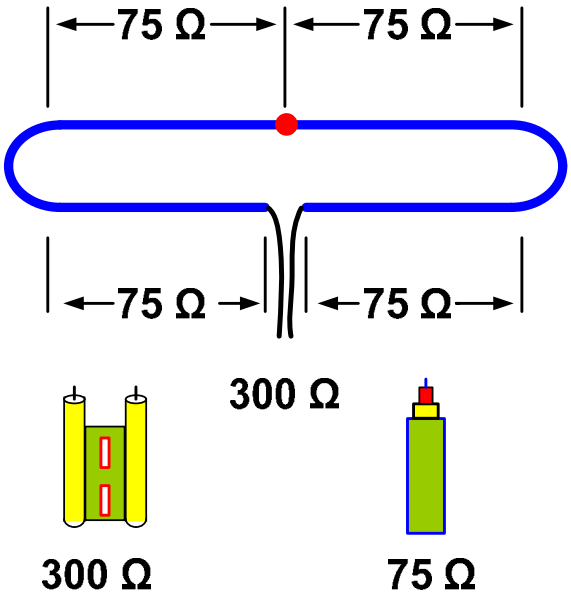
شكل ( 17-6 ) هوائي دايبول دائري

## 7 – هوائي دايبول مطوي Folded dipole

من الهوائيات الشائعة الاستعمال وخصوصا في VHF & UHF وهو عبارة عن انبوب مطوي كما في الشكل المرفق ويثبت من المنتصف ( النقطة الحمراء ) وبدون عازل لكون الفولتية صفر في المنتصف وتستعمل انابيب الالمنيوم في بنائه كونها خفيفه الوزن وغير قابله للصدأ وقابله للانثناء ممانعة هذا الهوائي 300 Ω مما يجعله غير مناسب للاستخدام مباشرة في اجهزة الاتصالات الا بعد استعمال محولة موائمة ( balun ) من 6:1 او 4:1 لجعل ممانعته 50Ω او 75Ω حسب الحاجة .

يستخدم هذا الهوائي عموما مع اجهزة الاستقبال التلفزيونية الا ان هذا لا يمنع من استخدامه مع اجهزة الاتصالات بعد اضافة محول موائم 6:1 لجعل ممانعته 50 Ω كممانعة الاجهزة مع استخدام كيبيل محوري ذو 50Ω . ومن الممكن استخدامه بقطبية افقية ( موازي للارض ) او بقطبية عمودية ( عمودي على الارض ) .

عند عدم استخدام محولة الموائمة يستخدم الكيبل الشريطي (300Ω ) مباشرة وكان هذا الكيبل يستخدم سابقا في اجهزة التلفزيونات الابيض والاسود حيث كانت ممانعة الدخول لها 300Ω اما التلفزيونات الحديثة (الملونة ) فان ممانعة الدخول لها 75 Ω لذلك يستخدم الكيبل المحوري coaxial cable ذو 75 Ω مثل ( RG- 59 ) بعد اضافة محول موائمة من 4:1 .




**Folded dipole**

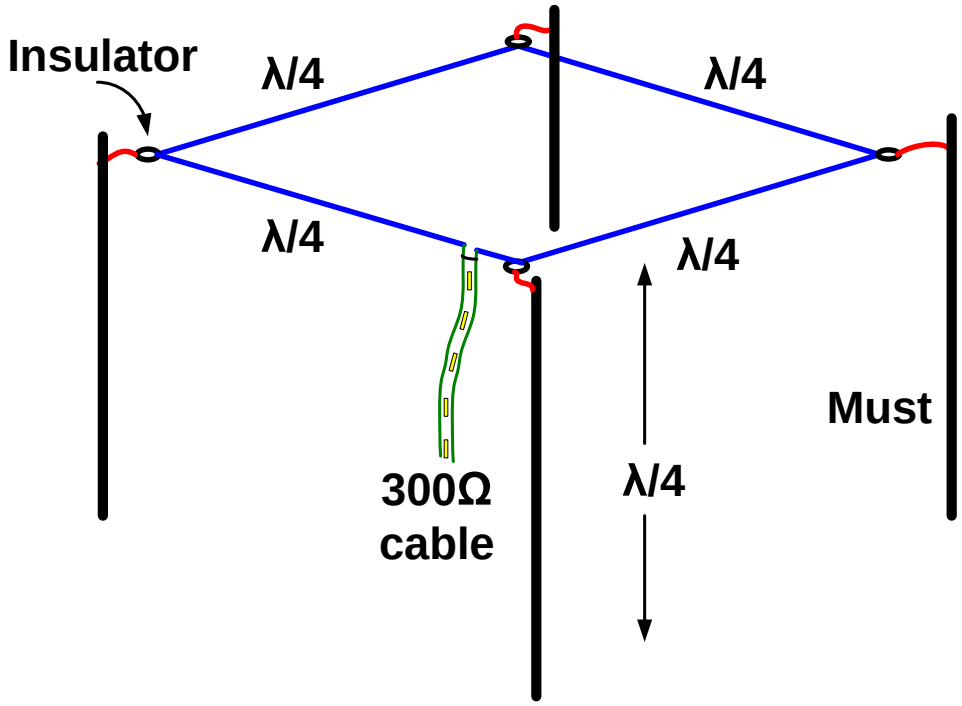
**300 Ω**

شكل ( 18 -6) هوائي دايبول مطوي

## 8 - هوائي سلك السماء Loop Skye wire antenna

من الهوائيات الكفوءة جدا والسهلة الصنع يتكون من سلك نحاسي بطول الموجة كاملا و على شكل مربع كل ضلع منه يمثل ربع طول الموجه λ /4 ويثبت من اركانه على اربعة اعمدة ارتفاعها لايقل عن ربع طول الموجة يستخدم عادة في ترددات HF وامكن به تحقيق اتصالات جيدة DX مع نيوزيلندا واستراليا وكندا . ويعتبر من الهوائيات الدائرية الانتشار Omni direction وامكن العمل به على الترددات 14MHz و 21 MHz و 28 MHz بواسطة MFJ Antenna tuner (الهوائي مصمم على التردد 7MHz ) .

يبلغ طول كـــل ضلع منه 10m ويفضل ان يرتفع اكثر مايمكن عن سطح الارض ( في التجربة كان ارتفاع العمود 5m ) ممانعة الهوائي 300Ω لذا يجب استعمال كيبل شريطي ذو ممانعة 300Ω ثم استخدام محولة موائمة Balun 4:1 او 6:1 حسب الحاجة او استعمال قطعة بطول 10m من كيبل RG59 ذو ممانعة 75Ω بدلا من الكيبل الشريطي لتغيير ممانعة الهوائي بدلا من البالون ثم ربط كيبل اعتيادي بعده ( ممانعته 50Ω ) باي طول . قطر سلك الهوائي 2.5mm او اكثر ولايهم ان كان مغلفا ( اسلاك التاسيس الكهربائية المفردة ) .




# Sky wire antenna

شكل ( 19 -6 ) هوائي سلك السماء

## 9 - هوائي خفاقة البيض Egg Beater antenna

من الهوائيات الجيدة والصغيرة الحجم ووسهلة الاستعمال الاستقطاب لهذا الهوائي هو استقطاب دائري وهو مناسب جدا للاتصالات مـع الاقمار الصناعية اذ هذا النوع من الاتصالات يحتاج الى الاستقطاب الدائري لان القمر الصناعي في حالة دوران مستمر وكذلك حركة الكرة الارضية .

شكل الانبعاث ( pattern ) له عبارة عن نصف كرة تقريبا اذ يمكنه الارسال والاستلام من كل الجهات ومن فوقه تحديدا وهذا ما لاتستطيعه اغلب الهوائيات التقليدية , فشكل الانبعاث لهوائي ال Vertical مثلا عبارة عن شكل شبيه باطار السيارة المطاطي الداخلي حول الهوائي ولاتوجد تغطية عمودية له .

ففي حاله مرور القمر فوق الهوائي لايستطيع Vertical الاستلام بعكس الهوائي الدائري موضوع البحث .

الهوائي سهل الصنع ولا يحتوي على ملفات او اجزاء اضافية وذو استقطاب دائري , يتكون من حلقتين بالطول الموجي + 4% ( في VHF و 10% في حالة UHF) متعامدتين على بعضهما مع موجهات ارضية ( ground plane ) عدد اربعة او اكثر ويمكن استخدام المشبك الخاص بالشبابيك(مانع البعوض ) على شكل قرص محل الموجهات الارضية لزيادة الكفاءة.

وهناك برامج لحسابات اطواله وضعها بعض الهواة مشكورين على الانترنيت مثل برنامج الهاويين البلجيكي ON6WG والفرنسي F5VIF

http://pagesperso-orange.fr/on6wg/Doc/Antenne%20Eggbeater-Engl-Part1-Full.pdf

مواصفات الهوائي :

1- التردد 137.6 MHz ( تردد اقمار Nawa ) على سبيل المثال .

2- طول القوس ( محيطه ) 226cm = 218 cm + 8 = 300 / 137.6

3 – قطر القوس = 72 cm انبوب نحاسي او المونيوم قطر 10 mm

4- طول الموجه الارضي ((ground plane = 1/4 λ = (54.5 cm )

5- بعد الموجه عن قاعدة القوس = 1/8λ = 27.25 cm

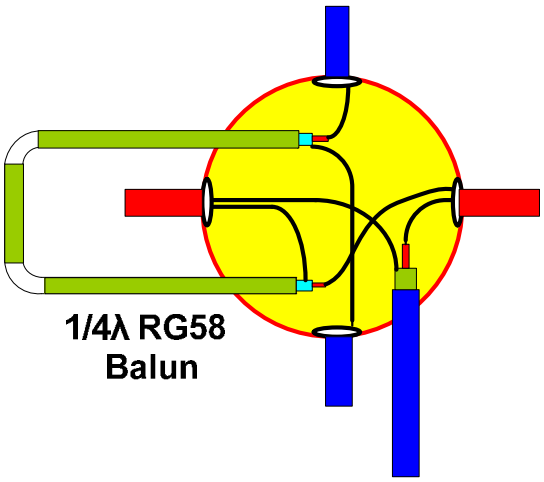
6- الزاوية بين القوسين = 90

7- طول كبيل تحويل الهوائي الى استقطاب دائري ¼λ x 0.66 = 36 cm

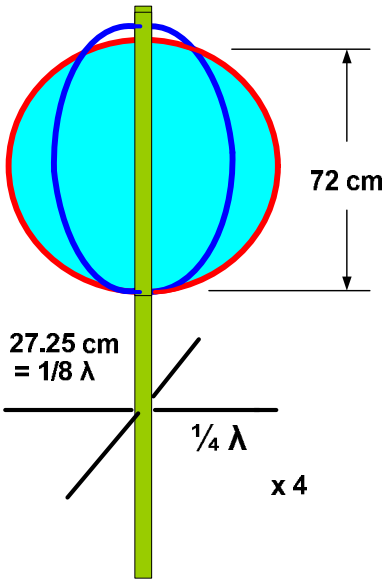
نوع الكيبل RG58 ( 0.66 معامل السرعة للكيبل Velocity factor )

8 - انبوب PVC بقطر 40 mm وطول 150 cm

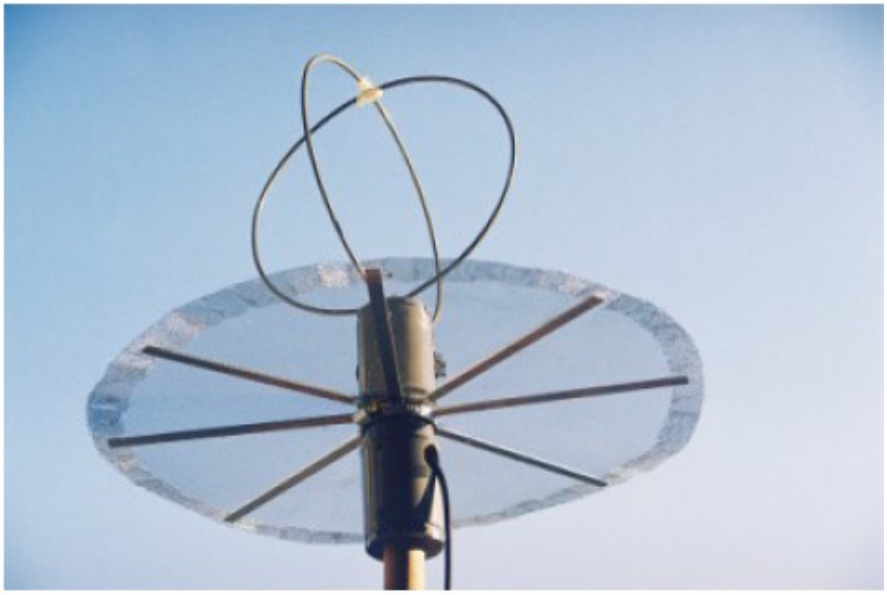
دائرتي الهوائي rink لكل منهما ممانعة 100 وتربط على التوازي لتصبح ممانعتها 50Ω وباستقطاب دائـــري باضافة قطعة مـــن الكيبل RG58 بطول 1/4 λ وتوضع 4 موجهات ارضية على بعد 1/8 λ من اسفل القوسين كما هو موضح بالرسم .




Bottom side to conver to right hand circular polorization




VHF Egg Beater antenna

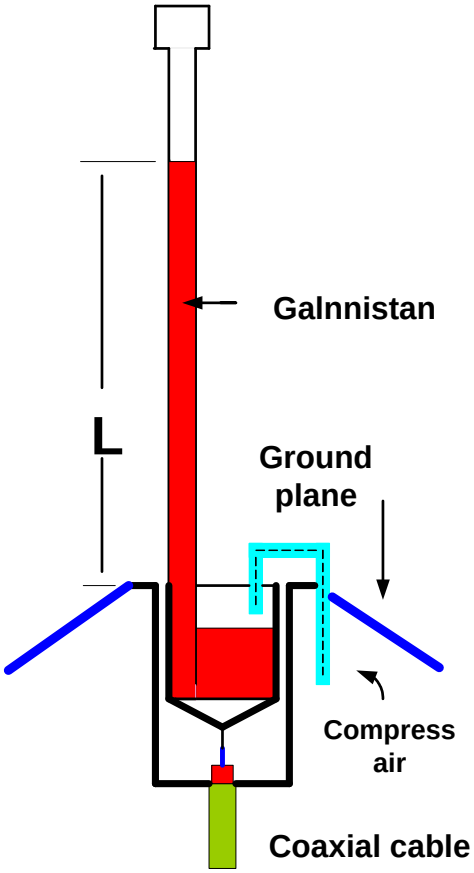


شكل ( 20 -6) هوائي خفاقة البيض مع موجه ارضي من سلك مانع البعوض الخاص بالشبابيك

## 10- هوائي المعدن السائل Liquid metal antenna

من الهوائيات المبتكرة حديثا والغير منتشرة, من الهواة الذين عملو عليه وطوروه الهاوي Mike Lake KD8CIK واثرنا التطرق اليه لغرابته وفكرته المميزة الجديدة . يسمى هذا الهوائي ايضا LM Antenna الفكرة الاساسية لهذا الهوائي تتكون من معدن سائل كالزئبق مثلا يتحرك خلال انبوب عمودي مع خزان صغير له شبيهه بالثرموميتر (ميزان الحرارة ) وهذا الخزان يتصل بمضخة للهواء لتحديد ارتفاع الزئبق في الانبوب العمودي وهذا الارتفاع يمثل طول الهوائي الذي يمكن تغييره وضبط التردد وال SWR بواسطة تغيير الضغط في الخزان . وقد صنع نفس الهاوي هوائي ياكي بنفس الطريقة ويتم تغير الاطوال بصورة كلية ( جماعية ) بنفس المضخة الا انه يحتاج الى تقنية ميكانيكي عالية .

عمليا لايمكن استخدام الزئبق بهذه الصورة لكميته الكبيرة وارتفاع سعره وتاثيره السمي لذا استعيض عنه بمركب يدعى Galinstan يتكون من عنصر الكاليوم ومواد اخرى وله قابلية توصيلية ويتصرف كالمعدن السائل الا انه يحذر من استخدام مادة الالمنيوم معه لسهوله ذوبان الالمنيوم فيه ويستعاض عن الالمنيوم بالزجاج او البلاستك ومن الممكن استعمال الماء المالح او الحوامض المعتدلة الطبيعية كالخل او التارتاريك او حامض الليمون ويترك الامر للتجربة واختيار الافضل والشكل المرفق يوضح شكل خزان الكالينستان والانبوب البلاستيكي ومكان دخول الهواء المضغوط .




**Liquid metal antenna**

شكل ( 6-21 ) هوائي المعدن السائل

## الهوائيات الموجهة Directional antenna

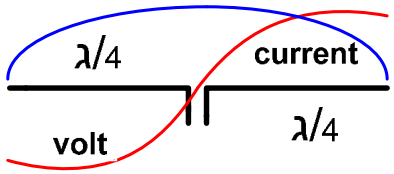
يعتبر هوائي الياكي ( Yagi ) خير مثال للهوائيات الموجهة يتكون هوائي الياكي من انبوب رئيسي طويل (boom) وتثبت عليه عدد من الموجهات وعنصر الاشعاع والعاكس . يكون العاكس عاده اطول العناصر ويليه طولا عنصر الاشعاع (radiation element ) ثم الموجهات المسافات بين هذه العناصر تخضع لمعادلات حسابيه تعتمد اساسا على التردد .هوائيات الياكي عموما تصمم للعمل على ذبذبه واحده الا ان هذا لا يمنع من وجود هوائيات ياكي في ال HF تبث على اكثر من تردد باستخدام دوائر رنين تسمى دوائر المصيده ( Trap ) حيث يوضع لكل تردد مستخدم دائره رنين ( Trap ) خاصه به .

كلما ازداد عدد الموجهات زاد كسب الهوائي وضاقت عرض حزمه البث مما يزيد من كفاءة الهوائي وزيادة مدى الارسال و الاستقبال .

هناك نوعين من عنصر الاشعاع في الياكي النوع الاول هو الدايبول المطوي ( Folded Dipole ) وتكون ممانعته بحدود 300 اوم .و النوع الثاني الدايبول الاعتيادي وتكون ممانعته بحدود (50 الى 75 )اوم .

النوع الاول يحتاج لمحول موائمه ( Balun ) 6:1 او 4:1 لان ممانعه اجهزه الارسال و الاستقبال عاده هي 50 اوم .

من الممكن ربط عناصر الياكي (عاكس وموجهات و اشعاع) مباشره على المحور الرئيسي ال(boom) بدون عوازل بسبب ان الفولتيه تكون صفرا في منتصف العنصر .




Dipole antenna

يضاف عنصر العاكس (الخلفي ) لزياده الكسب بالاتجاه الامامي و منع البث بالاتجاه الخلفي لغرض تركيز وحصر قدره البث كلها بالاتجاه الامامي تثبت الياكيات الكبيره المتحركه ( HF ) على محركات لتدويرها بالاتجاه المطلوب ويوجد مؤشر خاص في جهاز سيطره الهوائي يبين اتجاه الهوائي بالارقام بالنسبه للاتجاهات الاربعه .

ومن الممكن جمع اكثر من هوائي ياكي على التوازي ( الواحد فوق الاخر ) بمسافات محسوبة وعلى شرط تماثل جميع الهوائيات في الشكل والكسب لزيادة الكسب الكلي للمجموعة بصورة كبيرة . لانه من الافضل والمنطقي زيادة كسب الهوائي على زيادة قدرة الارسال فما فائدة ان يسمعك الاخرون ولاتستطيع سماعهم .....

## 1 – هوائي ياكي تقليدي

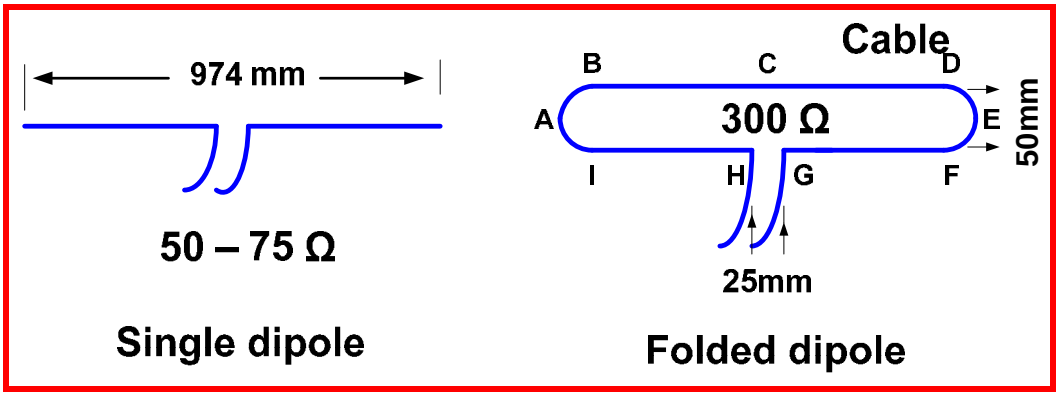
نتناول تصميم لهوائي ياكي على التردد 145 MHz والخاص بالهواة وعادة يختار التردد التصميمي فـي منتصف الحزمة ليتمكن الهوائي مـــن الاشتغال ب SWR مناسب ( اقل من 1.5 ) على طول الحزمة . يمكن استخدام الياكي بقطبية افقية او عمودية حسب وضعية النصب والتشغيل.
توجد عدة برامج وضعها هواة على شبكة الانترنيت لعمل تصاميم دقيقة لمختلف انواع الهوائيات ومنها الياكي ومن البرامج الجيدة في هذا الموضوع برنامج تصميم هوائي الياكي للهاويين DL6WU & VK5DJ .

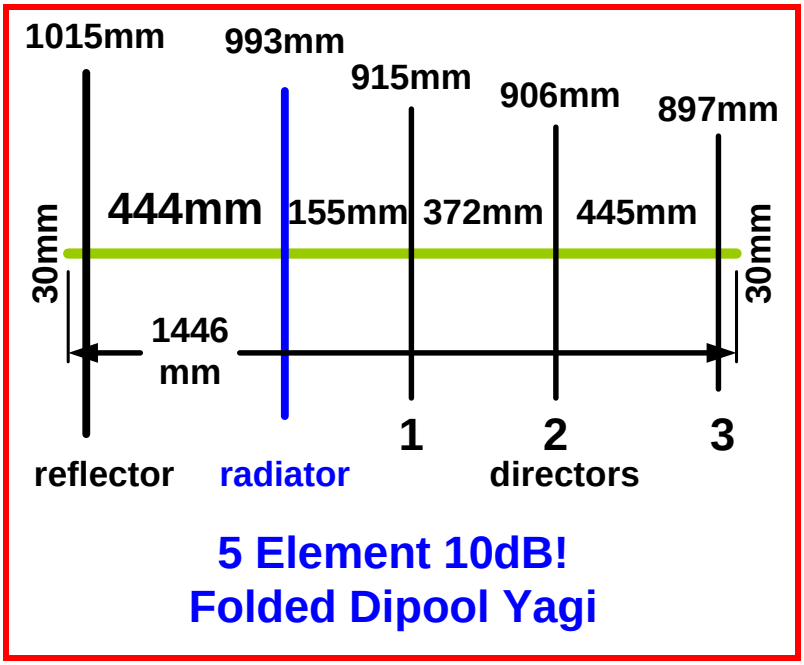
http://vk5dj.mountgambier.org/Yagi/Yagi.html

التردد = 145 MHz
كسب الهوائي = 10dBi
الطول الموجي = 208.8 cm
عرض حزمة البث beam width ب 3 dB = 64 deg
قطر البوم المعدني = 25 mm
قطر العاكس والموجهات = 10 mm
طول البوم الكلي = 1446 mm
طول العاكس = 1015 mm يثبت على بعد 30 mm من نهاية البوم الخلفية.
طول المشع = دايبول مفرد 974 mm يثبت على بعد 444 mm من نهاية البوم الخلفية .
طول المشع = دايبول مطوي 993 mm يثبت على بعد 444 mm من نهاية البوم الخلفية .
طول الموجه 1 = 915 mm المسافة بينه وبين المشع 155 mm وبين نهاية البوم الخلفية 599 mm .
طول الموجه 2 = 906 mm المسافة بينه وبين الموجه 1 372 mm وبين نهاية البوم الخلفية 971 mm .
طول الموجه 3 = 897 mm المسافة بينه وبين الموجه 2 445 mm وبين نهاية البوم الخلفية 1415 mm
تضاف مسافة 30 mm في مقدمة البوم ليصبح طول البوم الكلي 1446mm ويتضمن النهايات المضافة الامامية والخلفية .

قياسات الدايبول المطوي مقاسة من داخل الانحناء :

طول قطعة الدايبول المطوي الكلية ( المشع ) = 2019 mm
منتصف الدايبول = 1009 mm
الفتحة بين نهايتيه = 25 mm
قطر الانحناء ( الثني ) = 50 mm
المسافة HI = GF = 459 mm
المسافة HA = GE = 498 mm
المسافة GD = HB = 538 mm
المسافة GC = HC = 1009 mm



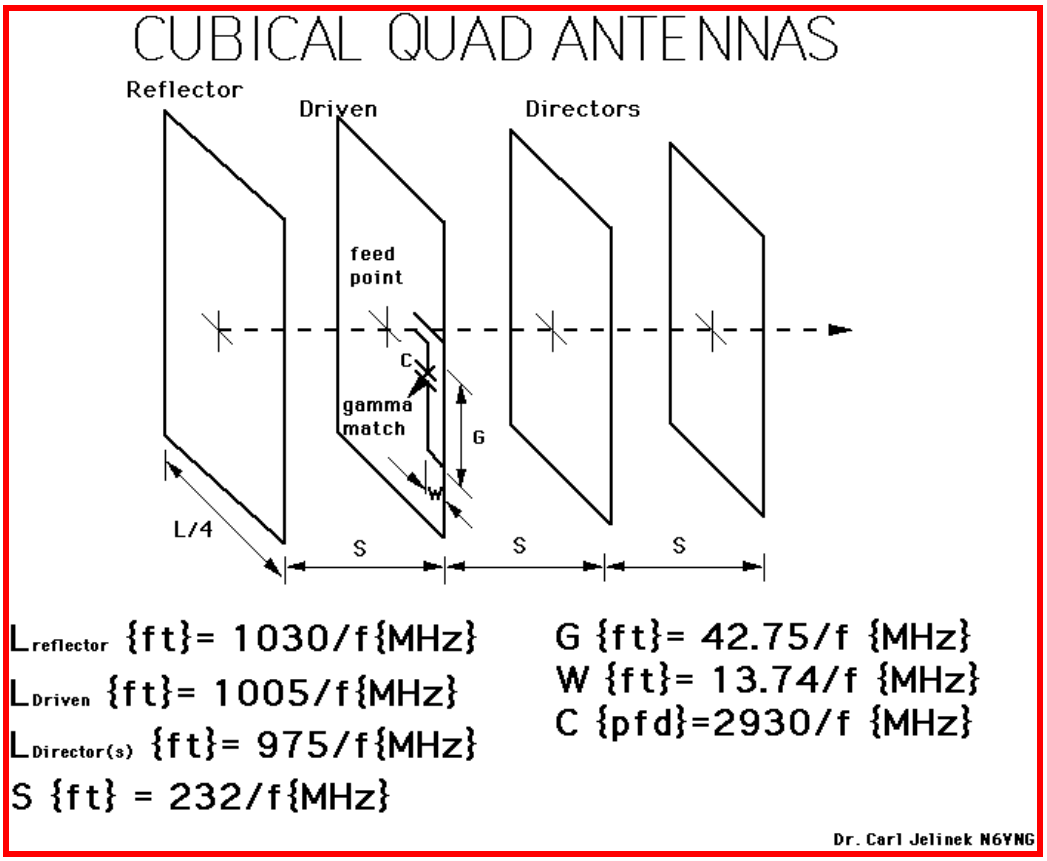

شكل ( 6-22 ) هوائي ياكي

## 2 - هوائي المكعب الرباعي Cubical quad antenna

من الهوائيات الجيدة وذات الكفاءة العالية وهي تشبه الياكي الى حد ما وتتكون عناصرها من مجموعة من الموجهات والعاكس والمشع المربعة الشكل والتي تصمم بنفس المقاييس وتكون المسافات بينها متساوية ويستعمل gamma tuner والتي تكون عبارة عن متسعة متغيرة للحصول على اقل SWR يستخدم هذا الهوائي في ال VHF & UHF وخصوصا في ال 2m و 70 cm لصغر طول الموجة وصغر الهوائي .

هناك عدة برامج لتصاميم هذا الهوائي ومنها هذا البرنامج

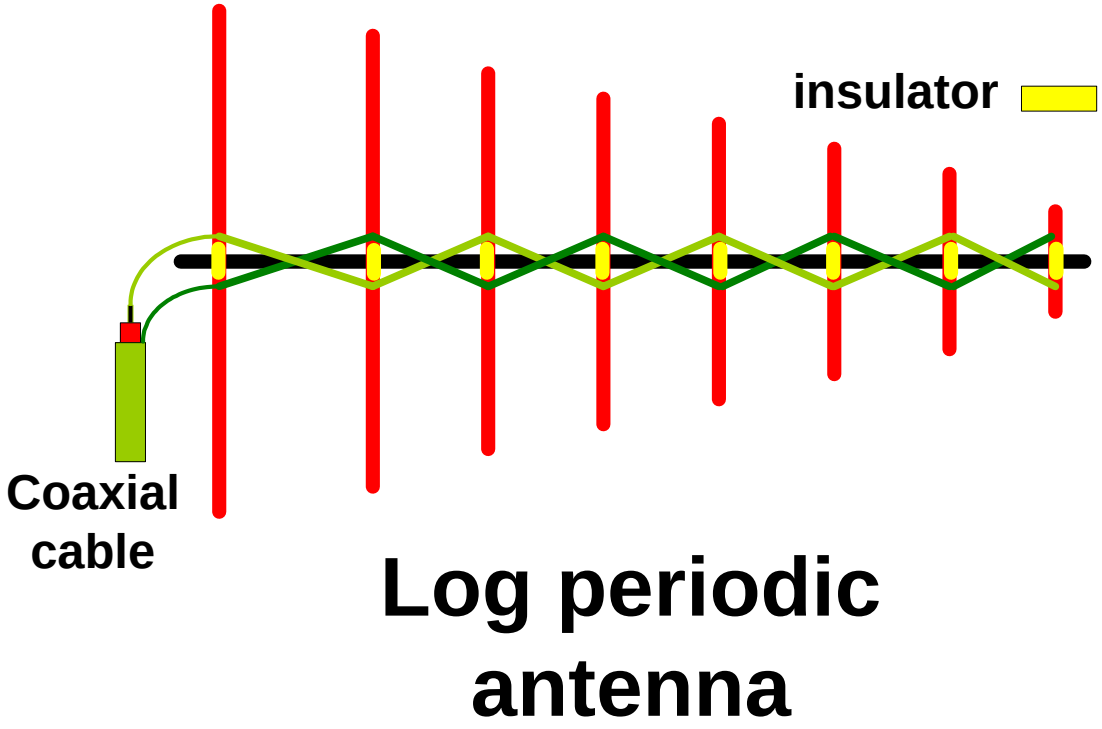
http://www.csgnetwork.com/antennae5q2calc.html




شكل ( 23 -6 ) هوائي المكعب الرباعي

## 3 - هوائي Log periodic antenna

هذا الهوائي هو احد انواع الياكي والفرق بينه وبين الياكي ان الموجهات عبارة عن مصفوفة باطوال تتناقص اطوالها تدريجيا باتجاه مقدمة الهوائي وفقا للتصميم وبعلاقة لوغارتمية بين الواحد والاخر , يكون فرق الطور بين العناصر ( الموجهات والمشع والعاكس ) 180 وذلك بعكس خط التغذية بين عنصر والذي يليه وخط التغذية لايكون من المشع كما في الياكي بل يكون من مقدمة او مؤخرة الهوائي و حسب التصميم , يعمل هذا الهوائي على مدى واسع من الترددات ( broad band ) ويستخدم في ال HF & VHF & UHF .
توجد عدة مواقع على الانترنيت لتصميم هذا النوع من الهوائيات مثل هذا الموقع




شكل ( 6-24 ) هوائي log periodic

## 4 - هوائي Helical antenna

من الهوائيات الخاصة بال VHF & UHF & Micro wave وذلك لقصر اطوالهما الموجية وهو صغير الحجم وذو كسب عالى , ويستعمل كذلك لااتصالات الاقمار الصناعية لانه ذو استقطاب دائري وهذا مايتطلبه هذا النوع من الاتصالات لان القمر الصناعي هي دوران دائم وكذلك حركة الكرة الارضية .
لذا لايمكن استعمال الهوائيات التقليدية ذات الاستقطاب الواحد كالدايبول وماشابهه . الاستقطاب الدائري لهذا الهوائي على نوعين الاول باتجاه عقرب الساعة ويسمى ( Clock wise polarization ) والاخر عكس اتجاه عقرب الساعة ويسمى (Anti Clock wise polarization ) ويجب ان يتماثل نوعي الاستقطاب بين المرسل والمستقبل ( القمر الصناعي والمحطة الارضية ) لضمان الاستقبال الجيد .

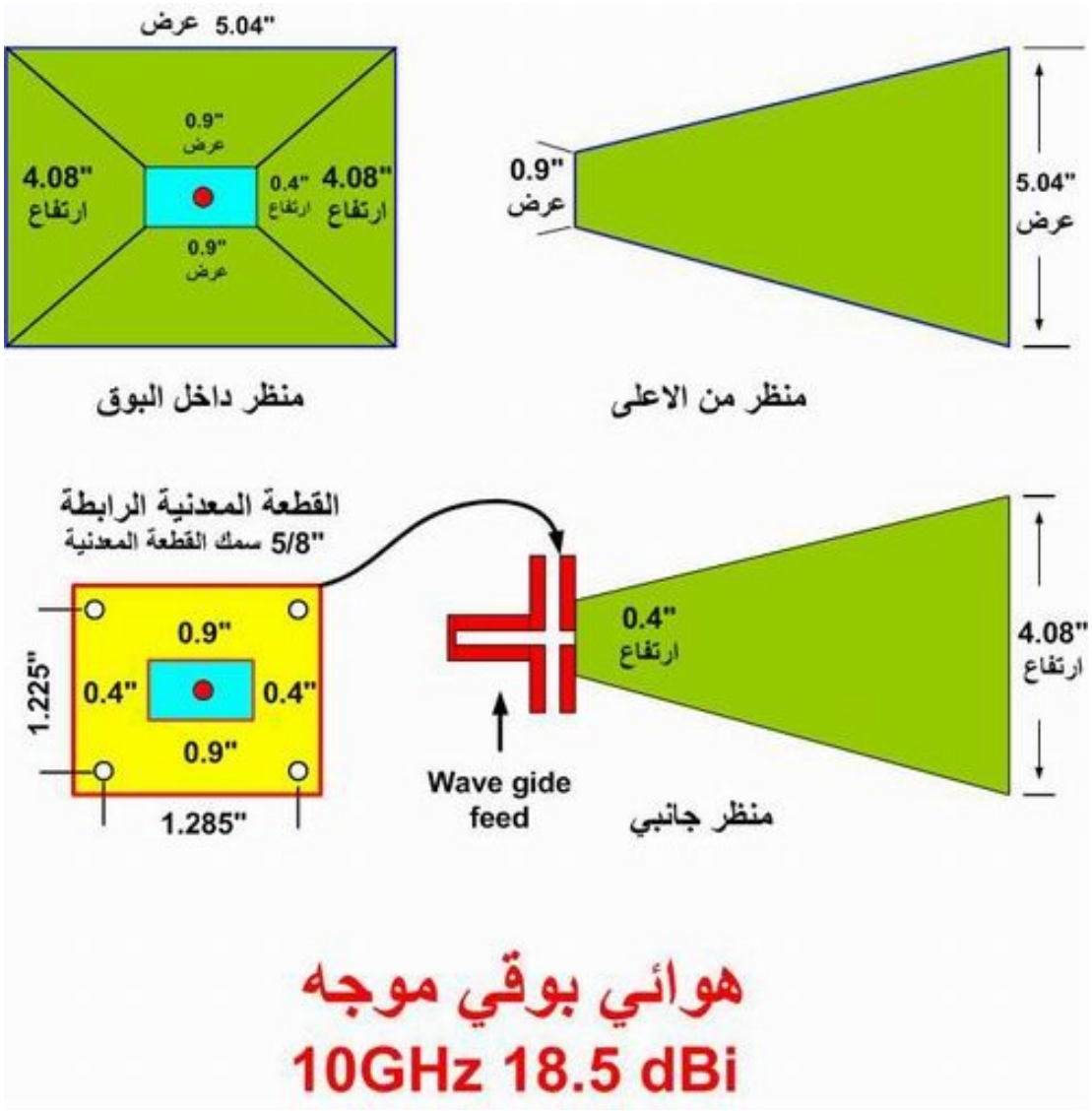
نموذج لهوائي 2.4GHz وبكسب 18dBi يتكون من انبوب PVC بطول 550mm وقطر خارجي 42mm وقطر داخلي 40mm وقطعة نحاس بقطر 130mm وسمك حوالي 0.7mm كعاكس خلفي وسلك نحاسي بقطر 1mm يلف 12 لفة وغطائي انبوب PVC قطر 40mm و 150mm وقفيصين على شكل U للتثبيت من الخلف كما في الشكل . الموضوع من كتاب ARRL ولمزيد من التفاصيل الفنية ادخل على هذا الموقع :

/http://www.wireless.org.au/~jhecker/helix

شكل ( 6-25 ) هوائي Helical

## 5 - هوائي بوقي A horn antenna

يستخدم هذا الهوائي لمدى واسع من الترددات VHF& UHF microwave ومن الممكن استخدامه مع ترددات اقل الا ان كبر الحجم هي المشكلة الرئيسية كسبه عالي وصغير الحجم وحجمة يتناسب عكسيا مع التردد يحتاج الى خبرة ميكانيكية عالية ودقة في قطع الابعاد ولحامها بصورة صحيحة هذا النموذج لهوائي بوقي 10GHz بكسب 18.5dBi ويستعمل بقطبية افقية او عمودية حسب الحاجة , الابعاد والقياسات موجودة في الرسم الهندسي المرفق .




شكل ( 6-26 ) هوائي بوقي موجه

## 6 - هوائي صحن Dish antenna

من الهوائيات الواسعة الانتشار والمستعملة بكثرة في المايكروويف والاتصالات الفضائية وخاصة مع اجهزة الاستقبال للقنوات الفضائية وهي على نوعين الاول دائري وتكون بؤرته في مركز الدائرة وتبعد بمسافة تعتمد على تصميم الصحن والاخر اهليجي ( بيضوي ) وتكون بؤرته خارج محيطه ويدعى ايضا Offset antenna ويكون في العادة اكثر كفاءة من الصحن الدائري لان LNB سيحجب جزء من الاشارة بسبب وجوده في منتصف الصحن وعلى العكس من الصحن البيضوي فان وجود LNB خارج الصحن سوف لا يحجب اي جزء من الاشارة .

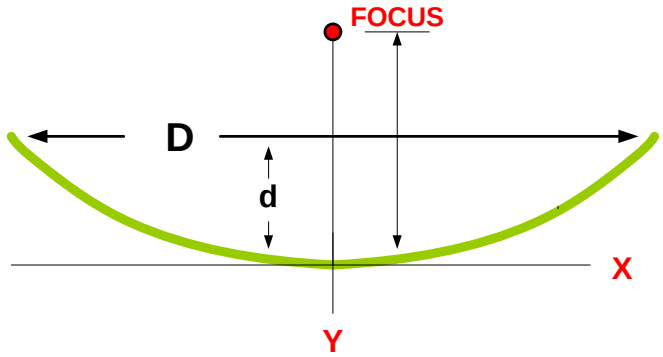
ويمكن اضافة اكثر من LNB واحد على نفس الصحن البيضوي باستعمال مسطرة خاصة و يوضع LNB الرئيسي في منتصف المسطرة ويوجه الصحن نحو القمر الاوسط وال LNB يمين الرئيسي يستقبل القمر الذي يقع يسار القمر الاوسط وبالعكس . الشكل الهندسي لهذه الهوائيات هو Parabolic .

لحساب البؤرة للصحن الدائري تستخدم العلاقة الاتية :

F = البعد البؤري

D = قطر الصحن من الاعلى

d = المسافة من قعر الصحن الى حافته العليا




$$F = \frac{D^2}{16\,d}$$

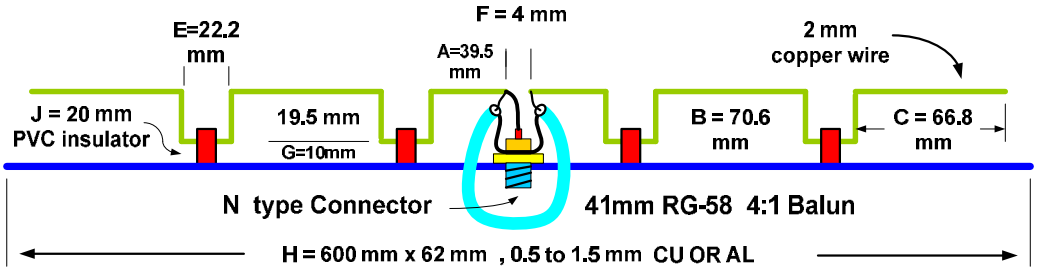
Parabolic antenna

شكل ( 6-27 ) هوائي صحن دائري ومعادلة ايجاد البعد البؤري للصحن

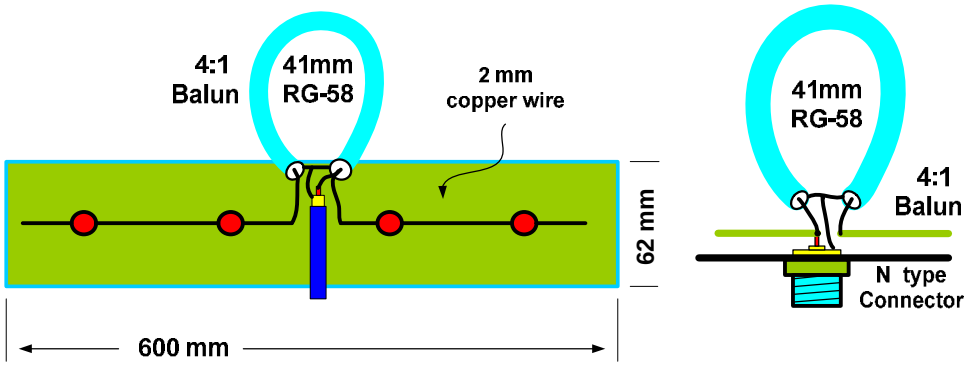
## 7- هوائي قطاعي Sect oral antenna

من الهوائيات الشائعة الحديثة والكفوءة جدا وتستخدم في الانترنيت والهواتف الخلوية ( Mobil ) يغطي كل هوائي عادة زاوية قدرها 120 وتستخدم 3 هوائيات لتغطية دائرة كاملة 360 ومن الممكن زيادة العدد الى اربعة هوائيات ليغطي بزاوية 90 ويتم اماله الهوائي من 8 الى 15 مع العمود لعمل التغطية اللازمة للبث .

نتناول تصميم هوائي بتردد 2.4 GHz والخاص بمنظومات الانترنيت لسهولة صنعه وصغر حجمه وكفاءته العالية يتكون من قاعدة 600 x 62mm من الالمنيوم او النحاس او PCB المطلي بالنحاس ومن سلك نحاسي بقطر 2 mm واربعة عوازل PVC يمكن ان ناخذها من قلب كيبل RG-213 بطول 10mm للقطعة وفيشة نوع N type وقطعة من كيبل RG-58 بطول 41mm لعمل Balun 4:1 لان ممانعة الهوائي 200 Ω ولتحويله الى 50 Ω كافة التفاصيل الفنية موجودة في الرسم المرفق .




**120º 13 dBi sector antenna**




**Top view** **Side view**

شكل ( 28 -6) هوائي قطاعي

## 8 – هوائي موكسن Moxon antenna

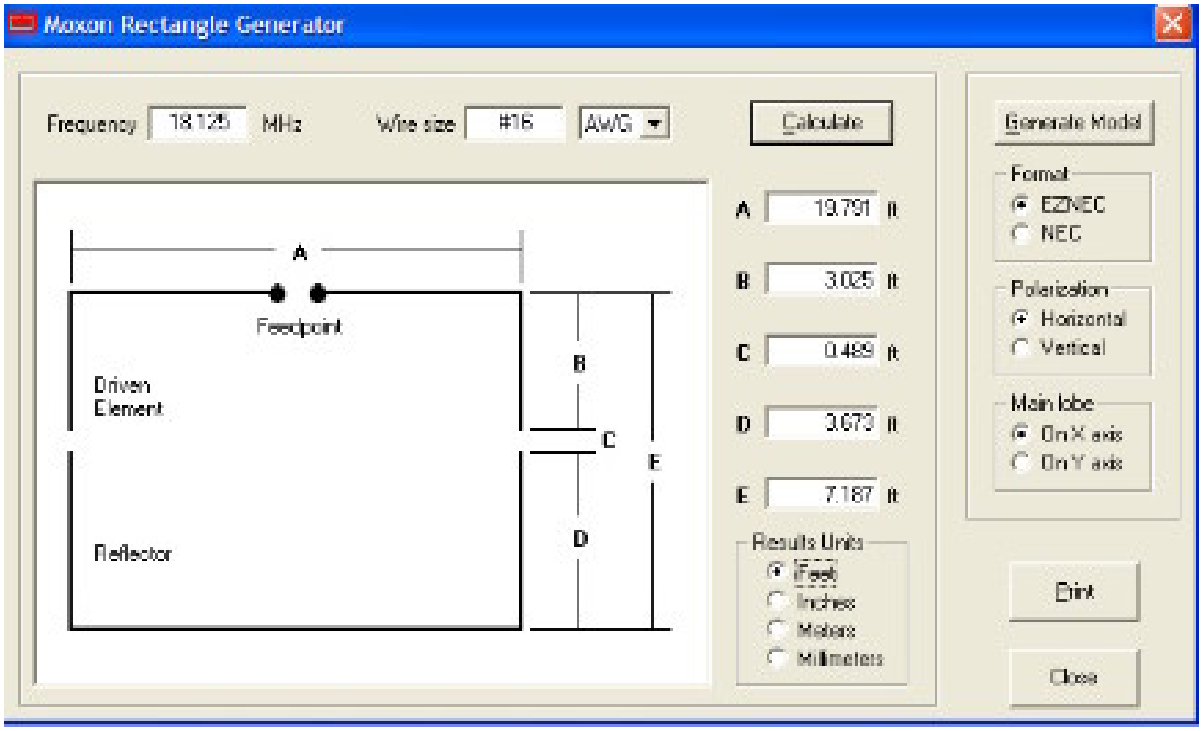
من الهوائيات الحديثة والبسيطة الصنع والكفوءة في عملها وصممت لاستعمالها في نطاق HF لاول مرة ,ابتكره الهاوي الانكليزي ليز موكسن Les Moxon, G6XN وعمل عليه هواه كثيرون وطوروه باشكال وترددات عديدة يمتاز هذا الهوائي بصغر حجمه وخفة وزنه وامكانية تدويره 360 ويمكن ان يعمل بقطبية افقية وعمودية كذلك يمتاز بنسبة عالية لل Forward to back ratio emition والتي تعني بان اشعاعه للجهه الخلفية قليل جدا مما يزيد في كفاءته بالاتجاه الامامي . SWR له في منتصف التردد لايزيد على 1.1 مما يضعه في مصاف الهوائيات الممتازة ويراعى دقة القياسات المعطاة للحصول على نتائج جيدة. يمكن استخدام هذا الهوائي بالقطبية الافقية او العمودية حسب الاستعمال كسب هذا الهوائي حوالي 5.5dBi

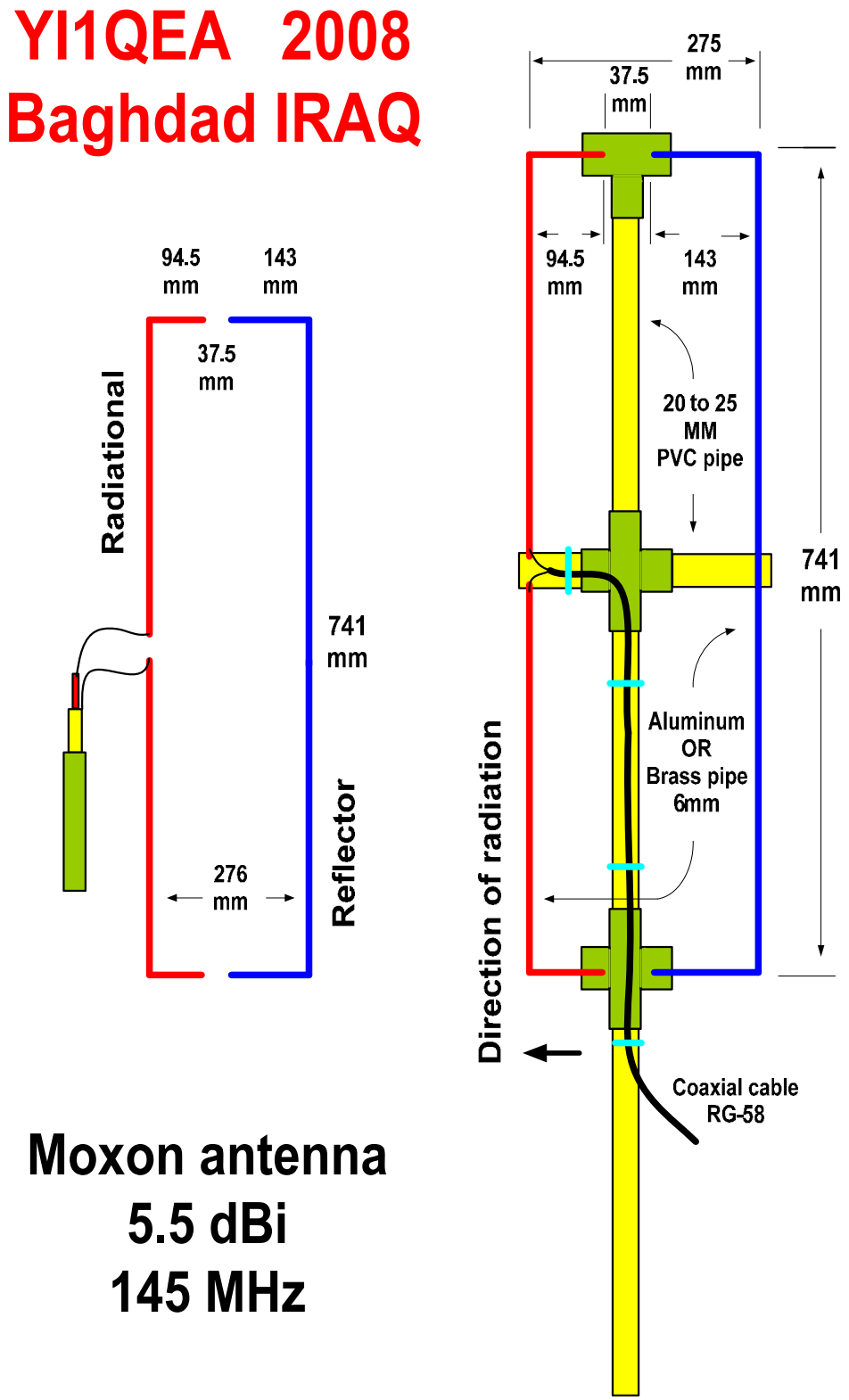
هذا الرابط للهاوي KD6WD ويحوي على برنامج شامل لحساب ابعاد هذا الهوائي بمختلف الترددات واقطار الاسلاك او الانابيب المتوفرة لدى الهاوي :

http://www.moxonantennaproject.com/design.htm

تتناول نموذج منه صمم على التردد 145 MHz ويستعمل انابيب بلاستيكية PVC كحامل وكافة القياسات والتفصيلات الفنية في الرسم الهندسي:

صفحة برنامج التصميم ويثبت فيها التردد وقطر السلك او الانبوب المعدني المستعمل واختيار نظام الابعاد بالانج او الملمتر : موجودة في الرابط اعلاه

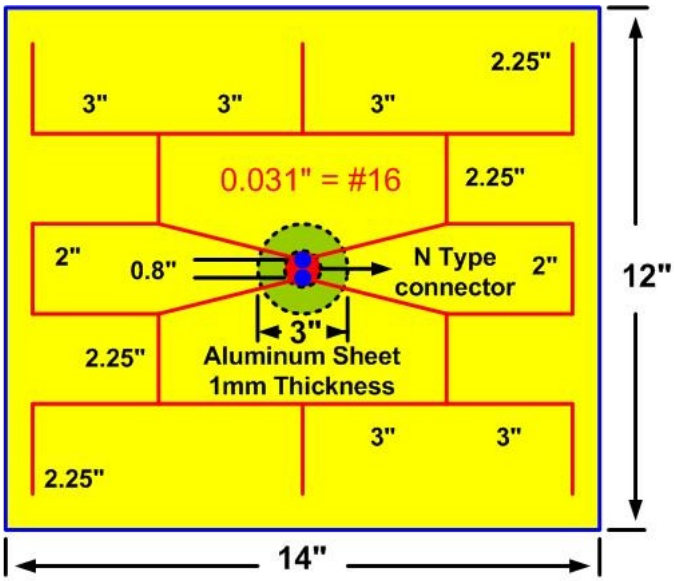


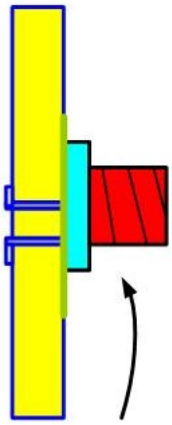



شكل ( 6-29 ) هوائي موكسون VHF بتردد 145 MHz وكسب 5.5 dBi

## 9 - هوائي الستارة الرباعي Curtain Quad antenna

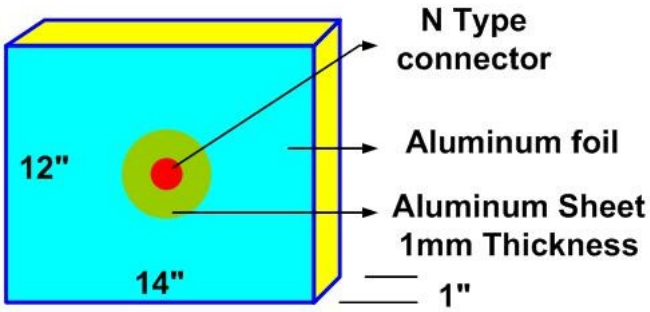
من الهوائيات البسيطة والكفوءة جدا يمتاز ببساطته وكسبه العالي وصغر حجمه وعدم احتواءه على أجزاء معقدة ويمكن صناعته بكل سهولة على قطعة من الفوم بسمك 1 انج مغلفة من الخلف بورق الألمنيوم (foil ) ومثبت عليها قطعة الألمنيوم الدائرية .كسبه 17dBi ويعتبر من الهوائيات الموجهة . الهوائي منقول عن الهاوي Ross Anderson W1HBQ كافة التفاصيل الفنية موجودة في الرسم الهندسي المرفق .



منظر جانبي وتبدو الفيشة مثبتة من الخلف على طبقة الالمنيوم وتخترق توصيلاتها طبقة الفوم العازلة وتلحم بالاسلاك المعدنية في وجه الهوائي

منظر امامي لوجه الهوائي وعليه الابعاد من سلك معدني نحاسي او مغلون والقطعة الخضراء الدائرية في الوسط تمثل قطعة الالمنيوم والدائرة الحمراء تمثل الفيشة من الخلف




1"=25.4mm

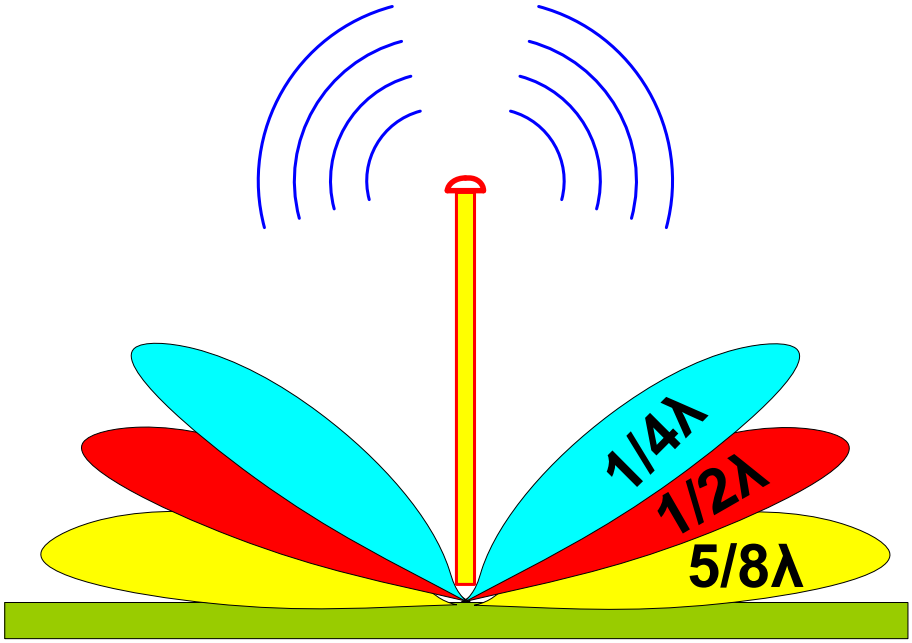
منظر خلفي وتبدو قطعة الالمنيوم في الوسط مع الفيشة مثبتة على قطعة من الستايروبور (الفوم) بسمك 1 انج وبالإبعاد 12" x 14" ومغطاة بطبقة من الالمنيوم الرقيق (الفويل)

**2.4 GHz Curtain Quad 17dBi**
**YI1QEA 2008**

**شكل ( 6-30 ) هوائي الستارة الرباعي 2.4GHz وكسب 17dBi**

**شكل (6-31) صور متنوعة للهوائي**

شكل البث والتغطية له علاقة وثيقة بنوع الهوائي المستعمل وخصوصا في نطاق VHF & UHF لذا يجب اختيار نوع الهوائي الملائم للتغطية بصورة صحيحة وحسب طبيعة المنطقة فالمناطق التي تحوي مرتفعات عالية وغير منبسطة يفضل استعمال هوائيات 1/4λ لكون زاوية البث لها كبيرة مع الارض .
اما المناطق التي تكون طبيعتها غير منبسطة ومتموجة يفضل استخدام هوائيات 1/2λ حيث تكون زاوية البث مع الارض اقل من النوع الاول .
المناطق المستوية والمنبسطة تماما يفضل استخدام هوائيات 5/8λ كون زاوية بثها مع الارض صغيرة والتغطية تكون بموازاة الارض تقريبا .
والشكل يوضح الحالات الثلاثة لذلك .




شكل ( 6-30 ) إشكال بث الهوائي بالنسبة للطول ألموجي