ANTENNAS

الفصل الثالث/ انظمة الهوائيات

Chapter Three/ Antenna Systems

(3-4) ثنائي قطب هيرتزيان (الدوبليت) Hertizian dipole or doublet

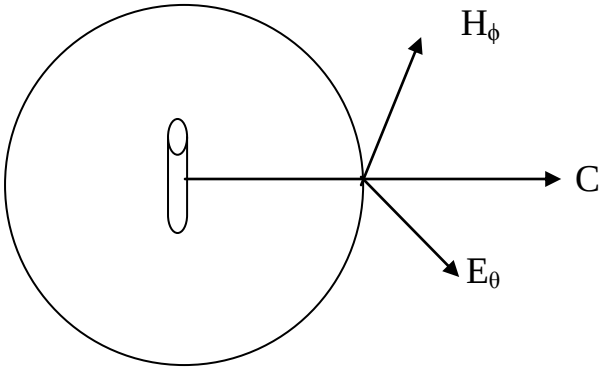
هوائي عملي بسيط يمكن تمثيله بسلك قصير جدا بفرض توزيع التيار عليه منتظم. فاذا فرضنا ان طول الهوائي هو (ℓ) فان $(\ell \ll \lambda)$ وكذلك قطر الهوائي $(d \ll \lambda)$.

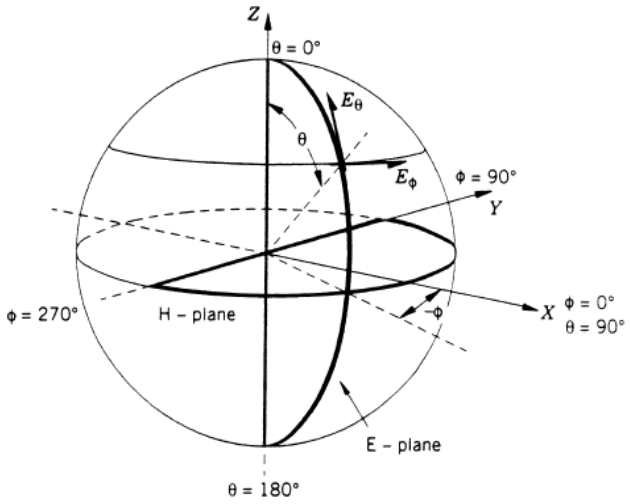
اهم الطرق المستخدمة في تغذية هذا الهوائي بالطاقة هي:

a- خط نقل مكون من موصلين.

b- شحنتين في نهاية السلك (الشحنة تنتقل دوريا بين الكرتين).

ان شكل الاشعاع الصادر من الهوائي (ثنائي قطب هيرتزيان) يكون على شكل كرة تمثل السطح ويقع الهوائي في مركزها.





شكل (3-8) شكل الاشعاع الصادر من ثنائي القطب.

قوانين ماكسويل توضح بان مثل هذا الهوائي عندما يغذى بطاقة او بتيار ذي تردد عالي فانه يتطابق مع المجال المحتث Induction field والذي يتناقص عكسيا مع مربع المسافة ، وكذلك يتطابق مع مجال الاشعاع Radiation field عندما يتناقص عكسيا مع المسافة. لذلك فان مجال الاشعاع يبقى يقاس على مسافات كبيرة من الثنائي.

اذن يكون المجال المغناطيسي على مسافة (r) كما يلي:

$$H_\varphi = \frac{I_\circ\, \ell \sin\theta}{4\pi}\left[\frac{j\omega e^{j\omega\left(t-\frac{r}{c}\right)}}{Cr} + \frac{e^{j\omega\left(t-\frac{r}{c}\right)}}{r^2}\right] \qquad (3\text{-}24)$$

الحد الاول من المعادلة يمثل مجال الاشعاع، بينما الحد الثاني يمثل مجال الحث.

اذن مجال الاشعاع يساوي:

$$\therefore\ H_\varphi = \frac{j\, I_\circ\, \ell \sin\theta\, e^{j\omega\left(t-\frac{r}{c}\right)}}{4\pi}\left({}^{\omega}/_{c\, r}\right)$$

$$= \frac{j\, I_\circ\, \ell \sin\theta\, e^{j\omega\left(t-\frac{r}{c}\right)}}{2\lambda \cdot r} \qquad (3\text{-}25)$$

حيث: $\omega = 2\pi c / \lambda$

$$\because\ \frac{E_\theta}{H_\varphi} = 120\,\pi$$

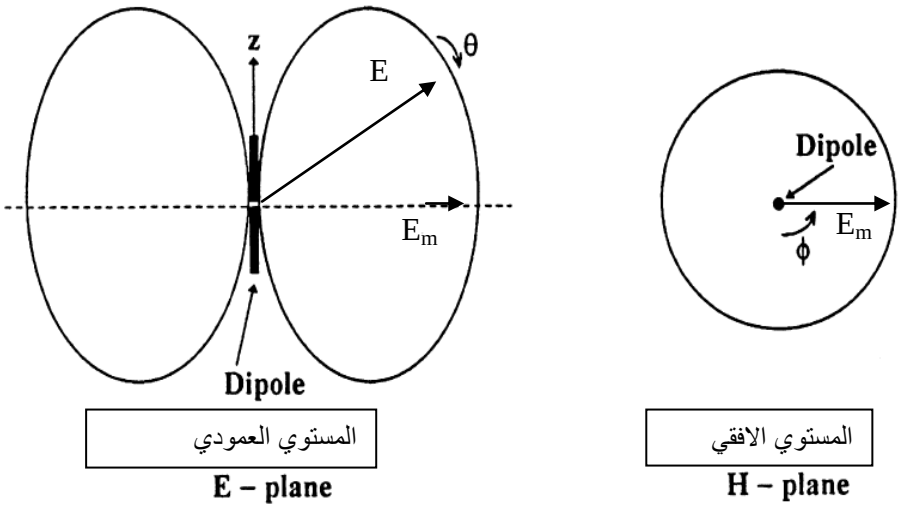
$$E_\theta = \frac{j60\, I_\circ \pi\, \ell\, sin\theta\, e^{j\omega\left(t-\frac{r}{c}\right)}}{\lambda \cdot r} \qquad (3\text{-}26)$$

واذا كان التيار الفعال يساوي I فان القيمة الفعالة لـ E_θ ستكون

$$E = \frac{60 I\pi\, \ell\, sin\theta}{\lambda \cdot r}$$
$$= E_m sin\theta \qquad (3\text{-}27)$$

حيث ان : $E_m = \frac{60 I\pi\, \ell}{\lambda \cdot r}$ وان اعلى قيمة لـ E عندما $E=E_m$ اي ان θ=90 .

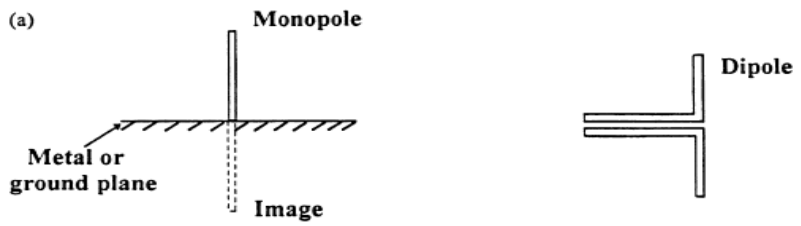
هذه النتيجة عندما تقاس في الفضاء يكون هيكل الاشعاع في المستوي العمودي يشبه الرقم 8 ويكون عبارة عن دائرة في المستوي الافقي.



يكون تحصيل هذا النوع من الهوائي (G=1.5 dB) او تساوي (1.76 dB) نسبة للمصدر النقطي.

مثال/ محطة راديو Am تعمل عند 600 kHz وترسل قدرة 100 kw تستخدم هوائي احادي القطب الموضح بالشكل :(a) ما هو طول الهوائي (ℓ)اذا كان مكافئ الى ثنائي القطب ذات نصف الطول الموجي. (b) ما هي اعظم قيمة للمجال الكهربائي عند مسافة 100 km من المحطة اذا علمت ان تحصيل هوائي ثنائي القطب هو 1.64 ؟

Solution/



(a): $\lambda_0 = c / f = 3x10^8 / 600x10^3 = 500$ m

$2\,\ell$ = monopole and its image = $\frac{1}{2}\lambda_o$

$\ell = \frac{1}{4}\lambda_o = 125m$

(b): the power density from isotropic antenna= $P_d = \frac{P_t}{4\pi R^2}$

the power density from dipole = $P_d = \frac{P_t G}{4\pi R^2}$

$$P_d = 1.64 \frac{100\times 10^3}{4\times 3.14\times(100\times 10^3)^2} = 1.31\times 10^{-6}\ w/m^2$$

$$P_d = \frac{E^2}{Z_\circ} \Longrightarrow E = \sqrt{P_d Z_\circ} = \sqrt{1.31\times 10^{-6}\times 120\pi} = 22.2\ mv/m$$

(3-4-1) مقاومة الاشعاع Radiation resistence

هي صفة من صفات الهوائي المرسل وترتبط مع القدرة المرسلة .

لمعرفة مجموع القدرة المشعة من هوائي ثنائي قطب هيرتزيان قصير فاننا ناخذ التكامل السطحي لمعدل متجه بوينتك على اي سطح مغلق يحيط بهذا الهوائي كما يلي:

$$P = \int_s \bar{S}_{av}\cdot d\bar{S} \qquad (3\text{-}28)$$

حيث ان P تمثل القدرة المشعة بوحدات الواط بينما $\bar{S}_{av}$ يمثل معدل متجه بوينتك يقاس بوحدات (W/m^2).

نفرض ان الهوائي يقع في مركز كره (ابسط انواع السطوح) ذات نصف قطر كبير جدا مقارنة مع ابعاد الهوائي وبهذه الطريقة فان سطح هذه الكرة سوف يقع في منطقة المجال البعيد وبالتالي نحتاج الى مركبات المجال البعيد فقط.

لناخذ حالة الهوائي بدون خسارة، وبالتالي فان القدرة المشعة من الهوائي تكون مساوية الى معدل القدرة الموزعة الى نهايات الهوائي فان القدرة المشعة تاخذ الصيغة التالية:

$$P = \frac{1}{2} I_\circ^2 R \qquad (3\text{-}29)$$

حيث ان I_0 يمثل اعظم سعة للتيار وان R تمثل مقاومة الاشعاع الناتجة عند الاطراف وتقاس بوحدات الاوم.

لحساب مقاومة الاشعاع لثنائي قطب هيرتزيان نبدأ بحساب القدرة المشعة من المعادلة (3-28) حيث:

$$P = \frac{1}{2}\int_s Re\,(\bar{E}\times\bar{H}^*)\cdot d\bar{S} \qquad (3\text{-}30)$$

حيث $\bar{H}^*$ هي المرافق العقدي لـ $\bar{H}$. في منطقة المجال البعيد فان المركبتين E_θ و H_φ لا تساوي صفر وبالتالي فان المعادلة (3-30) تختصر الى :

$$P = \frac{1}{2}\int_s Re\,(\bar{E}\times\bar{H}^*\,\hat{r})\cdot d\bar{S} \qquad (3\text{-}31)$$

من المعادلة (3-31) يتبين ان القدرة المتدفقة في المجال البعيد هي تماما قطرية (اي عمودية على سطح تكامل الكرة) حيث ان $\hat{r}$ تمثل وحدة المتجه في الاتجاه القطري اي

$$\hat{r}\cdot d\bar{S} = dS$$

$$\therefore P = \frac{1}{2}\int_s Re\, E_\theta H_\varphi^* \, ds \qquad (3\text{-}32)$$

$$\because E_\theta = Z H_\varphi$$

$$\therefore P = \frac{1}{2}\int_s Re\, Z\, H_\varphi H_\varphi^* \, ds$$

$$= \frac{1}{2}\int_s |H_\varphi|^2 \mathrm{Re}\, Z \, ds \qquad (3\text{-}33)$$

$$\because \left.\begin{array}{l} \mathrm{Re}\, Z = \sqrt{\mu_\circ/\epsilon_\circ} \approx 120\pi \\ ds = r^2 \sin\theta \, d\theta \, d\varphi \end{array}\right] \qquad (3\text{-}34)$$

بتعويض معادلات (3-34) في (3-33) نحصل على:

$$P = 60\pi \int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} |H_\varphi|^2 r^2 \sin\theta \, d\theta \, d\varphi \qquad (3\text{-}35)$$

بما ان المطاقة لمركبة المجال المغناطيسي H_φ تعطى بالمعادلة ادناه:

$$|H_\varphi|^2 = \left(\frac{\omega I_{av} \ell \sin\theta}{4\pi\, Cr}\right)^2 \qquad (3\text{-}36)$$

حيث ان I_{av} يمثل معدل التيار على ثنائي القطب. بتعويض المعادلتين (3-35) و (3-36) في (3-29) نحصل على:

$$R = 80\,\pi^2 \left(\frac{\ell}{\lambda}\right)^2 \left(\frac{I_{av}}{I_\circ}\right)^2$$

اذا كان التيار منتظم فان: $I_{av} = I_0$

$$\mathbf{R = 80\,\pi^2 \left(\frac{\ell}{\lambda}\right)^2} \qquad (3\text{-}37)$$

هذه العلاقة تطبق فقط عندما يكون طول الهوائي صغير جدا.

مثال/ اذا كانت شدة المجال الكهربائي المشع بواسطة سلك طوله (ℓ) يحمل تيار I وعلى مسافة r من مركز السلك تساوي $E = \frac{60\,\pi\, I\, l\, \sin\theta\, e^{-2\pi j r/\lambda}}{\lambda \cdot r}$ حيث θ تمثل اتجاه النقطة التي تقاس عندها E نسبة الى محور السلك و λ الطول الموجي في الفراغ، فاذا استعمل ثنائي قطب طوله (1 m) وبطول موجي (λ=10 m). احسب مقاومة الاشعاع R_r للثنائي؟

الحل/ لحساب مقاومة الاشعاع لثنائي القطب نبدأ بحساب القدرة المشعة من المعادلة:

$$P = \frac{1}{2}\int_s \mathrm{Re}\,(\bar{E} \times \bar{H}^*) \cdot d\bar{S}$$

$$P = \int_s |E_\theta|^2 \frac{ds}{\mathrm{Re}\, Z}$$

$$\because \left.\begin{array}{l} \mathrm{Re}\, Z = \sqrt{\mu_\circ/\epsilon_\circ} \approx 120\pi \\ ds = r^2 \sin\theta \, d\theta \, d\varphi \end{array}\right]$$

$$P = \frac{1}{120\pi}\int_0^{2\pi}\int_0^{\pi} \left(\frac{60\pi I \ell \sin\theta}{\lambda \cdot r}\right)^2 r^2 \sin\theta \, d\theta \, d\varphi$$

$$= \frac{60 \times 60\ \pi^2}{120\pi}\left(\frac{I\ell}{\lambda}\right)^2 \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\pi} \sin\theta^3\ d\theta$$

$$P = 30\pi\left(\frac{I\ell}{\lambda}\right)^2 * 2\pi * \frac{4}{3}$$

$$P = 80\pi^2\left(\frac{I\ell}{\lambda}\right)^2$$

$$\because P = I^2 R_r$$

$$80\pi^2\left(\frac{I\ell}{\lambda}\right)^2 = I^2 R_r$$

$$R_r = 80\pi^2\left(\frac{\ell}{\lambda}\right)^2$$

$$R_r = 80\pi^2\left(\frac{1}{10}\right)^2 = 0.8\pi^2\Omega$$