6- الأستقطاب Polarization

قبل أن نبدأ بدراسة انتشار الموجات الكهرومغناطيسية المستوية في الأوساط المختلفة سوف نعطي فكرة عن استقطاب الموجات الكهرومغناطيسية المستوية.

أن الاستقطاب الخطي linear polarization [والذي يسمى بعض الاحيان الاستقطاب المستوي plane polarization] و الذي يعد من أبسط أنواع الاستقطاب للموجات الكهرومغناطيسية المستوية حيث يكون فيه كل من $\vec{E}$ و $\vec{H}$ متعامدين على بعض والمستويات التي تقع بها كل من $\vec{E}$ و $\vec{H}$ تكون عمودية على أتجاه أنتشار الموجة.

فاذا تم أختيار محور z كأتجاه لأنتشار الموجه الكهرومغناطيسية المستويه فأن المتجه $\vec{E}$ اذا كان يشير الى المحور x فأن المتجه $\vec{H}$ يشير الى المحور y.

فيما يلي سوف نقتصر في دراستنا الصيغه الجيبيه للموجه الكهرومغناطيسيه المستوية وذلك لسهولة التعامل مع الدالة وكذلك عند رسم الموجة، وهي ابسط صيغه مستخدمة لتمثيل الموجه الكهرومغناطيسيه المستقطبه خطياً :

$$\vec{E} = \vec{i}\, E_{ox} \cos(\omega t - kz) \qquad --- 63$$

$$\vec{H} = \vec{j}\, H_{oy} \cos(\omega t - kz) \qquad --- 64$$

E_{ox} سعة المتجه $\vec{E}$ في الاتجاه x
H_{oy} = = $\vec{H}$ = = y

كلاهما مقدار ثابت

ويمكن أن:
يتكون المجال الكهربائي لهذا النوع من الاستقطاب من مركبتين أحداهما في الأتجاه x والأخرى في الأتجاه y ألا انهما في الطور نفسه لذلك فأن المجال المغناطيسي يتكون أيضاً من مركبتين الأولى في الأتجاه y والثانية في الأتجاه x.

وعليه يكتب المتجهين $\vec{E}$ و $\vec{H}$ كالآتي:

$$\vec{E} = \vec{i} E_{ox} \cos(\omega t - kz - \alpha) + \vec{j} E_{oy} \cos(\omega t - kz - \alpha)$$

$$\vec{E} = (\vec{i} E_{ox} + \vec{j} E_{oy}) \cos(\omega t - kz - \alpha) \quad --- 65$$

كذلك

$$\vec{H} = \vec{j} H_{oy} \cos(\omega t - kz - \alpha) - \vec{i} H_{ox} \cos(\omega t - kz - \alpha)$$

$$\vec{H} = (\vec{j} H_{oy} - \vec{i} H_{ox}) \cos(\omega t - kz - \alpha) \quad ...... 66$$

تمثل α في المعادلتين (65) و (66) زاوية الطور لكل من المجالين الكهربائي والمغناطيسي وهي مقدار ثابت

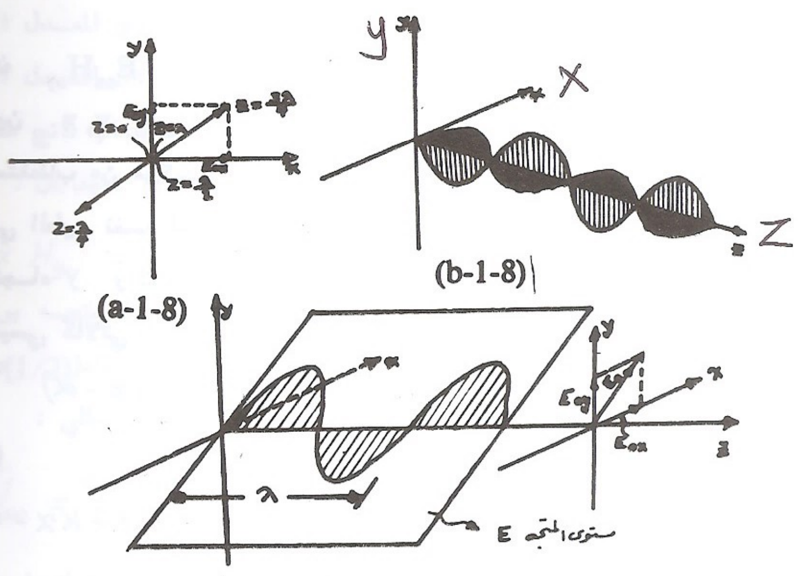
ولأجل أن نرسم هذه الدالة نفرض أن $\alpha = \frac{\pi}{2}$ وأن الزمن $t = nT$.
وبذلك نحصل على الشكل (1) على الصفحة (26).

أن سعة المتجه $\vec{E}$ يمكن أن نجدها كالآتي

$$E_o = \sqrt{(E_{ox})^2 + (E_{oy})^2} \quad --- 67$$

وهي تميل عن المحور x بزاوية مقدارها θ حيث أن

$$\theta = \tan^{-1} \frac{E_{oy}}{E_{ox}} \quad --- 68$$



الشكل (1-8)

الشكل (1)

الشكل (1a) يوضح الزاويه θ .
الشكل (1b) يوضح تغير كل من المركبتين E_x و E_y مع المحور Z ،
الشكل (1c) يوضح تغير المحصله $\vec{E}$ مع المحور Z في مستوى الاستقطاب الذي يمثل المستوي الذي يحتوي على اتجاه المحصله $\vec{E}$ والمحور $\vec{Z}$.

من الجدير بالذكر هنا أننا يمكن ترسم المتجه $\vec{H}$ فنحصل على نفس النتائج التي حصلنا عليها بالنسبه للمتجه $\vec{E}$ والفرق الوحيد بين الحالتين هو أن اتجاه محصله $\vec{H}$ يكون عمودي على اتجاه محصلة $\vec{E}$ وأن مستوى الاستقطاب للمتجه $\vec{H}$ يكون عمودي على مستوي الاستقطاب للمتجه $\vec{E}$.

الآن ماذا نحصل عندما يكون هنالك فرق في الطور بين المركبتين E_x و E_y ؟

$$\vec{E} = \vec{i}\,\underbrace{E_{ox}\cos(\omega t - kz - \alpha)}_{E_x} + \vec{j}\,\underbrace{E_{oy}\cos(\omega t - kz - \beta)}_{E_y} \qquad ---(69)$$

ويمكن كتابة علاقة مشابهة للعلاقه (69) تخص المتجه $\vec{H}$.

α و β في العلاقه (69) يمثلان فرق الطور في المركبتين E_x و E_y على التوالي .

الآن سوف ندرس حالتين :
الحاله الاولى : نفرض أن

$$\alpha = \beta + \frac{\pi}{4}$$

$$\beta = \frac{\pi}{2} \quad \text{و} \quad t = 4T$$

$$\therefore \alpha = \frac{3}{4}$$

نعوض في المعادله (69) نحصل على :

وبما أن $\omega = \frac{2\pi}{T}$ فإن :

$$\omega t = \frac{2\pi}{T} 4T = 8\pi$$

وأن $\cos(\theta_1 + n2\pi) = \cos\theta_1$

عندما تكون قيم $n = 0, 1, 2, 3, \ldots$

$$\therefore \vec{E} = \vec{i} E_{0x}\cos\left(-kz - \frac{3}{4}\pi\right) + \vec{j} E_{0y}\cos\left(-kz - \frac{\pi}{2}\right)$$

دالة زوجية $\because \cos(\theta) = \cos(-\theta)$

$$\vec{E} = \vec{i} E_{0x}\cos\left(kz + \frac{3\pi}{4}\right) + \vec{j} E_{0y}\cos\left(kz + \frac{\pi}{2}\right)$$

والتي يمكن أن تكتب كالآتي

$$\vec{E} = \vec{i} E_{0x}\cos\left(kz + \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{2}\right) + \vec{j} E_{0y}\cos\left(kz + \frac{\pi}{2}\right)$$

وبما أن $\cos\left(\theta + \frac{\pi}{2}\right) = -\sin\theta$

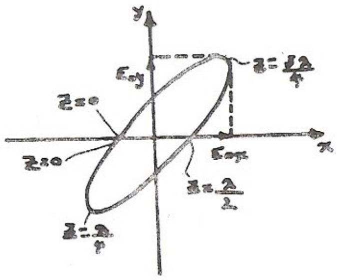
$$\therefore \vec{E} = -\vec{i} E_{0x}\sin\left(kz + \frac{\pi}{4}\right) - \vec{j} E_{0y}\sin(kz) \quad \text{----} \quad 70$$

العلاقة (70) علاقة مهمة تمثل الاستقطاب البيضوي .
هذه المعادلة هي معادلة قطع ناقص (انظر الشكل 2 على صفحة 39).

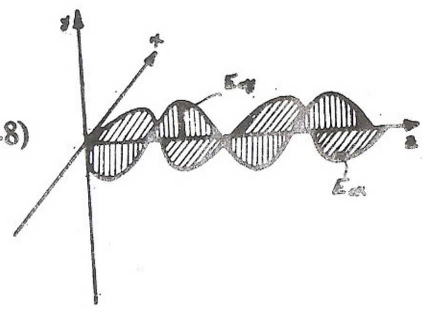
ناقش الحالة عندما $\alpha = \beta + \frac{\pi}{2}$ ؟؟ $\Rightarrow$ واجب ؟

اذا كانت $\alpha = \beta + \pi/2$ فان محوري القطع الناقص يتجهان باتجاه المحورين

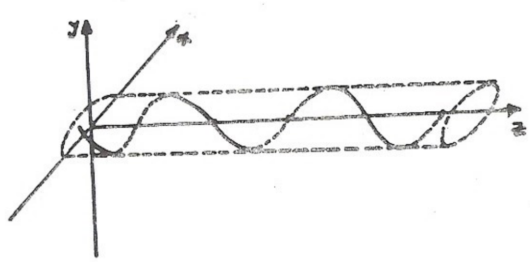
(a-2-8)



(b-2-8)



(c-2-8)



الشكل (2-8)

الشكل (2)

30

وهنالك حالة خاصة من الاستقطاب البيضوي والذي فيه

$$\beta = \frac{\pi}{2} \quad , \quad \alpha = \beta + \frac{\pi}{2} \Leftarrow \beta = \alpha - \frac{\pi}{2}$$

وكذلك يكون $E_{ox} = E_{oy} = E_o$:

$$\therefore \vec{E} = \vec{i} E_o \cos(\omega t - kz - \alpha) + \vec{j} E_o \cos(\omega t - kz - \beta)$$

وبنفس الطريقة السابقة :

$$\vec{E} = \vec{i} E_o \cos(\omega t - kz - \alpha) + \vec{j} E_o \cos(\omega t - kz - \alpha + \frac{\pi}{2})$$

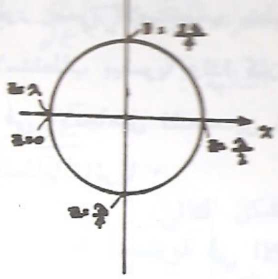
وبما أن $\cos(-\theta + \frac{\pi}{2}) = \sin\theta$

$$\therefore \vec{E} = \vec{i} E_o \cos(\omega t - kz - \alpha) + \vec{j} \sin(\omega t - kz - \alpha) \quad --- 71$$

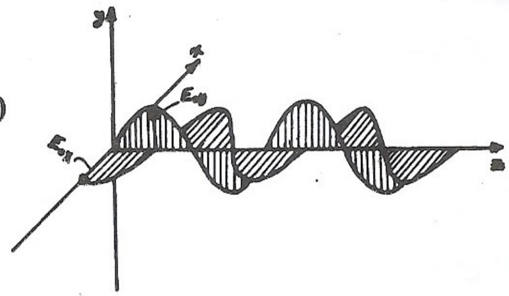
الشكل (3) يوضح هذه الحالة.
يتضح من المعادلة (71) أنها معادلة دائرة نصف قطرها E_o لذلك هذا النوع من الاستقطاب يسمى الاستقطاب الدائري.

أن أي موجة كهرومغناطيسية مستوية لابد وان تقع في نوع من الأنواع الثلاث :
اولاً : اذا كانت المركبتان E_x و E_y في نفس الطور سمي الاستقطاب خطي أو مستوي.
ثانياً : اذا كان هنالك فرق طور بينهما يسمى بالاستقطاب البيضوي.
ثالثاً : اذا كان هنالك فرق طور مساوي الى $\frac{\pi}{2}$ وكانت لسعات بالاتجاهين المتعامدين للمتجه $\vec{E}$ متساويتين فإن نوع الاستقطاب يكون دائري.

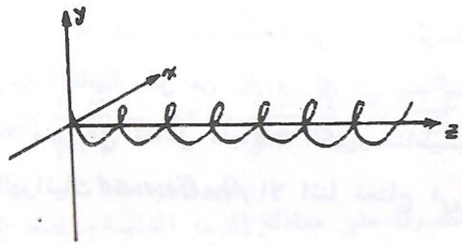
(a-3-8)



(b-3-8)



(c-3-8)



الشكل (3)