Τυπολόγιο Η/Μ Κύματα – Κεραίες

$\oint \vec{E}\cdot d\vec{A} = \frac{Q_{in}}{\varepsilon_0}$ ή $\vec{\nabla}\cdot\vec{D} = \rho$ (N.*Gauss*) $\oint \vec{B}\cdot d\vec{A} = 0$ ή $\vec{\nabla}\cdot\vec{B} = 0$ (N.Gaussγια μαγνητισμό)

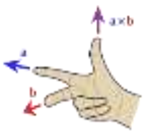
$\oint \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0(\mathrm{I}_C + \varepsilon_0 \frac{\partial \varphi_E}{\partial t})$ ή $\vec{\nabla}\times\vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{J}$ (N.*Ampere*) $\oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\frac{\partial \varphi_B}{\partial t}$ ή $\vec{\nabla}\times\vec{E} + \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$ (N.*Faraday*)

Διαφορική εξίσωση κύματος: $\nabla^2 \vec{E} = \mu_0\varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$, $\nabla^2 \vec{H} = \mu_0\varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$ $, C = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = 3\cdot 10^8 \frac{m}{sec}$

διηλεκτρική σταθερά κενού $\varepsilon_0 = 8.85\times 10^{-12}$ [F/m], μαγνητική διαπέρατότη κενού $\mu_0 = 4\pi\times 10^{-7}$ [H/m], $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r, \epsilon = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r$

Ένταση Ηλ/κου πεδίου $\vec{E} = \frac{\vec{D}}{\epsilon}$ (V/m) (**D**:πυκνότητα Ηλεκτρικής Ροής(C/m^2) Ένταση Μαγνητικού πεδίου $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu}$ (A/m) [**B**: πυκνότητα μαγνητικής ροής (T)] Σε

Η/Μ κύμα $\boxed{\vec{H} = \frac{\vec{E}}{Z_o} = \frac{\vec{E}}{\eta_o}}$



$\vec{S} = \vec{E}\times\vec{H}$ Διάνυσμα Pointing (W/m^2), $\nabla\cdot\vec{S} + \frac{\partial w}{\partial t} = -p_L = \sigma E^2$ Θεώρημα Pointing,

Μέτρο διανύσματος Pointing (μέση πυκνότητα ισχύος) ή ισχύς ανά μονάδα επιφάνειας $\boxed{|\vec{S}| = \frac{\vec{E}^2}{2\eta} = \eta\frac{\vec{H}^2}{2} \text{(για επίπεδα κύματα)}}$

Κυματική αντίσταση του μέσου $\boxed{\eta = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \text{ για το κενό } \eta_o = Z_o = \sqrt{\frac{\mu_o}{\epsilon_o}} = 377\ \Omega}$

Εξίσωση κύματος $\Psi(x,t) = A\sin(\omega t - kx) = \mathrm{Re}(Ae^{-j(kx-\omega t)})$ ή $\Psi(x,t) = Ae^{-j(kx-\omega t)}$

Η/Μ κύμα $\vec{E}(\vec{r},t) = \vec{E_o}\sin(\omega t - \vec{k}\cdot\vec{r}) = \mathrm{Re}(Ae^{-j(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t)})$ ή $\vec{E}(\vec{r},t) = \vec{E_o}e^{-j(\vec{k}\cdot\vec{r}-\omega t)}$, $k = \frac{2\pi}{\lambda}, \omega = 2\pi f, f = \frac{1}{T}, C = \lambda\cdot f$ ομοίως ισχύει και για το Μαγνητικό πεδίο.

Εξωτερικό γινόμενο μοναδιαίων διανυσμάτων $e_i\times e_i = 0, e_i\times e_{i\pm1} = \pm e_{i\pm2}$ με $e_1 = \hat{x},\ e_2 = \hat{y}, e_3 = \hat{z}, e_4 = \hat{x}$

Ζώνες ακτινοβολίας

Αντιδραστικό πεδίο $r \le 0.62\sqrt{\frac{l^3}{\lambda}} \Rightarrow kr \ll 1$: $H_\phi \approx \frac{1}{r^2}, E_r \approx \frac{1}{r^3} E_\theta \approx \frac{1}{r^3} H_r = H_\theta = E_\phi = 0$

περιοχή Fresnel: $0.62\sqrt{\frac{l^3}{\lambda}} \le r \le \frac{2l^2}{\lambda} \to kr \ge 1$ $H_\phi \approx \frac{I_o l}{r}, E_r \approx \frac{I_o l}{r^2}, E_\theta \approx \frac{I_o l}{r} H_r = H_r = E_\phi = 0$

Περιοχή μακρινού πεδίου $r > \frac{2l^2}{\lambda}$ Σε γενικές Γραμμές $H_\phi \approx \frac{1}{r}, E_\theta \approx \frac{1}{r}$ όλα τα άλλα **0**

Για το Στοιχειώδες Δίπολο $\ll\lambda(<\lambda/10)$

$$H_\phi = j\frac{kI_o l e^{j(\omega - kr)}}{4\pi r}\sin\theta, \quad \vec{S} = \frac{\mu_o}{8c}\frac{f^2 I_o^2 l^2}{r^2} sin^2\theta\hat{r}, \quad P_{rad} = R_{rad} I_{rms}{}^2 = \eta\frac{2\pi}{3}\left(\frac{l}{\lambda}\right)^2 \frac{I_o^2}{2} = 80\pi^2\left(\frac{l}{\lambda}\right)^2\frac{I_o^2}{2}$$

$$E_\theta = j\eta\frac{kI_o l e^{j(\omega - kr)}}{4\pi r}\sin\theta \qquad R_{rad} = 80\pi^2\left(\frac{l}{\lambda}\right)^2$$

Κατ/κο Κερδος: $D_g = \frac{3}{2}(\sin\theta)^2$, Κατ/τα $D_{mx} = \frac{3}{2} = 1,76dB, HPBW = 90^o$, Κέρδος: $G = e_t D = \frac{R_{rad}}{R_{rad} + R_{loss}}\frac{3}{2}$ Μέγιστη Ενεργός επιφάνεια $A_{eff} = 0.119\lambda^2$

Για κεραία λ/2

$$\tilde{E}_\theta = j\,60\,I_0\left[\frac{\cos\left[\frac{\pi}{2}\cos\theta\right]}{\sin\theta}\right]\left(\frac{e^{j(\omega t - kr)}}{r}\right)$$ Μέτρο Διαν/τος Pointing $|\vec{S}(r,\theta)| = \frac{15\, I_0^2}{\pi r^2}\left[\frac{\cos^2\left[\frac{\pi}{2}\cos\theta\right]}{\sin^2\theta}\right]$ $P_{rad} = 73\frac{I_o^2}{2} = 73 I_{rms}^2$, $R_{rad} = 73\Omega$, Κατ/τα $D_{mx} = 1,64 = 2.15dB$, $HPBW = 78^o$

$\tilde{H}_\phi = \frac{\tilde{E}_\theta}{\eta_0}$ Ενεργός επιφάνεια $A_{eff} = 0.13\lambda^2$

Για μικρή βροχοκεραία $R_{rad} = 31200\left(\frac{A}{\lambda^2}\right)^2, D = \frac{3}{2} = 1,76dB, A_{eff} = 0,199\lambda^2$

Εμπέδηση κεραίας ως στοιχείο $Z_A = R_A + jX_A$ με $R_A = R_{rad} + R_{loss}$ σε περίπτωση συν/μού $\mathrm{Im}\{Z_\alpha(\omega_0)\} = X_a(\omega_0) = 0$

Ενεργός επιφάνεια κεραίας $A_{eff} \equiv \frac{P_r}{S}$ άρα $A_{eff} = \frac{V_r^2 R_T}{S\cdot[(R_r + R_L + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2]}$ με R_T το φορτίο της κεραίας & $S = S_{ins}(W/m^2)$.

Κέρδος κατευθυντικότητα και Ενεργός επιφάνεια $\boxed{G = \frac{4\pi}{\lambda^2}A_{eff} \text{ αν } R_L = 0 \text{ τότε και } D = \frac{4\pi}{\lambda^2}A_{eff} \Leftrightarrow A_{eff} = \frac{D\lambda^2}{4\pi}}$,

Ενεργός επιφάνεια σε σχέση με το ενεργό μήκος: $\boxed{A_{eff} = \frac{l_e^2\eta}{4R_r}}$, Απόδοση επιφανείας : $\alpha = \frac{A_{eff}}{A_g}$ (A_g : πραγματική επιφάνεια) ,

Τύπος του Friis $\boxed{P_r = P_t\frac{A_{efft}A_{effr}}{r^2\lambda^2}}$ $\frac{P_r}{P_T} = \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi r)^2} = \frac{G_t G_r}{(4\pi t_l)^2 f^2}$ (t_l:δευτερόλεπτα φωτός) σε dB: $10\log\frac{P_r}{P_T} = 20\log\frac{\lambda}{4\pi r} + G_{r(dB)} + G_{t(dB)}$,

Μέγιστη απόσταση Μετάδοσης $r_{mx} = \sqrt{\frac{P_T}{P_{rmn}}}\sqrt{\frac{G_T G_R \lambda^2}{4\pi}} = \lambda\sqrt{A_t A_T}\sqrt{\frac{P_T}{P_{rmn}}}$ Εξίσωση Radar $d_{mx} = \left[\frac{\sigma G_T G_r \lambda^2}{(4\pi)^3}\frac{P_T}{P_{rmn}}\right]^{1/4}$