

Антенна техніка телекомунікаційних мереж

Хвилеводні випромінювачі

Загальні положення

На дециметрових і коротших довжинах хвиль широко використовують рупорні антени, а також антени у вигляді відкритого кінця прямокутного чи круглого хвилеводів. Останні називають хвилеводними випромінювачами.

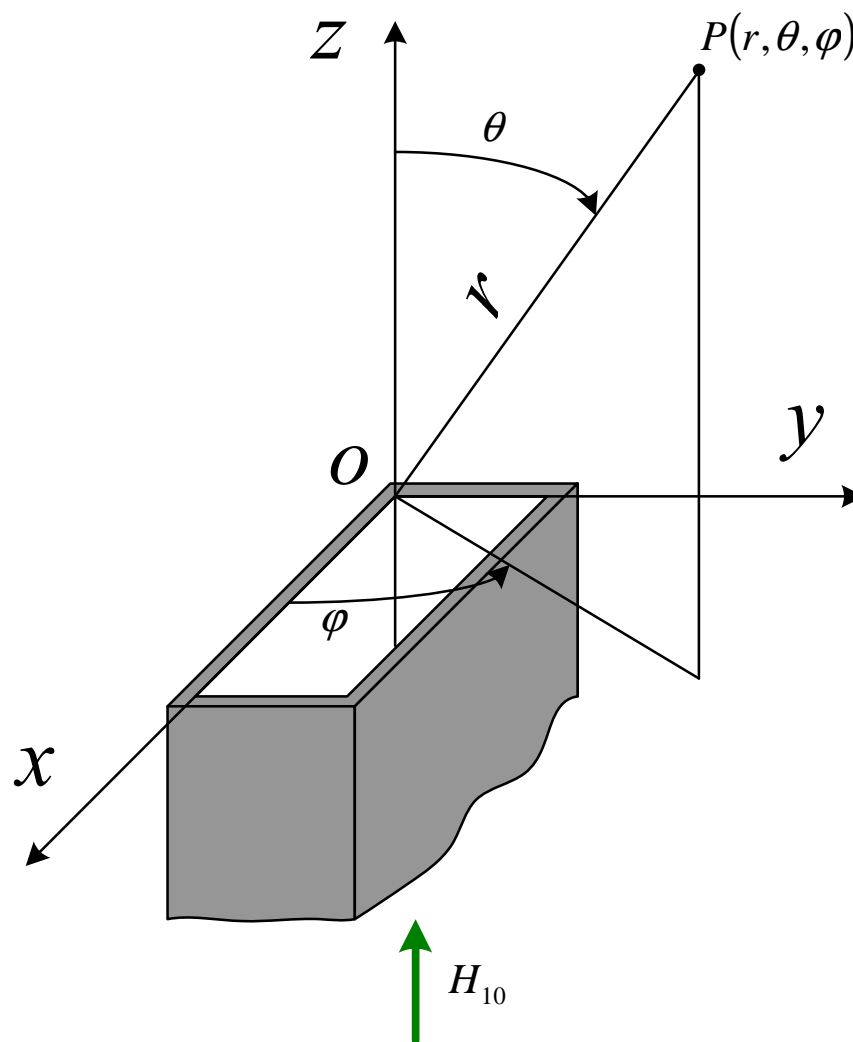
Випромінювачі такого типу використовують як самостійно, так і в якості опромінювачів дзеркальних і лінзових антен.

Відкритий кінець прямокутного хвилеводу.

Основна хвиля такого хвилеводу H_{10} , дійшовши до його відкритого кінця, частково випромінюється, а частково відбивається назад до генератора. У місці переходу від хвилеводу до відкритого простору, тобто у розкритті, з'являються хвилі вищих типів, а також з'являються поверхневі струми на зовнішніх поверхнях стінок хвилеводу.

Строгий розв'язок такої задачі відсутній. В інженерних же розрахунках вважають, що дотичні складові поля у розкритті хвилеводу, і, відповідно, еквівалентні електричні та магнітні струми, є сумою падаючої та відбитої хвиль основного типу коливань:

Хвилеводний випромінювач



Хвилеводний випромінювач у вигляді
відкритого кінця прямокутного хвилеводу

Хвилеводний випромінювач

$$\dot{E}_{my} = -j_{mx}^M = (1 + \dot{R}) \sin \frac{\pi x}{a},$$

$$\dot{H}_{mx} = -j_{my}^M = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}}{W_0} (1 - \dot{R}) \sin \frac{\pi x}{a},$$

\dot{R} - коефіцієнт відбиття від відкритого кінця хвилеводу;

$$W_0 = \sqrt{\mu_0 / \varepsilon_0} = 120\pi \text{ Ом.}$$

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що для прямокутного хвилеводу зі співвідношенням сторін $b/a=0,45$ коефіцієнт відбиття становить $0,3 \dots 0,2$ та має фазу $\pi/3 \dots \pi/2$, причому перші цифри стосуються нижньої робочої частоти хвилеводу, другі – верхньої.

Хвилеводний випромінювач

ДН відкритого кінця хвилеводу для передньої півсфери для площин yOz (площина E) та xOz (площина H) з належною точністю описують вирази:

$$F_E(\theta) = \frac{1 + (\lambda/\Lambda) \cos \theta}{1 + \lambda/\Lambda} \frac{\sin\left(\frac{kb}{2} \sin \theta\right)}{\frac{kb}{2} \sin \theta}, \quad (1)$$

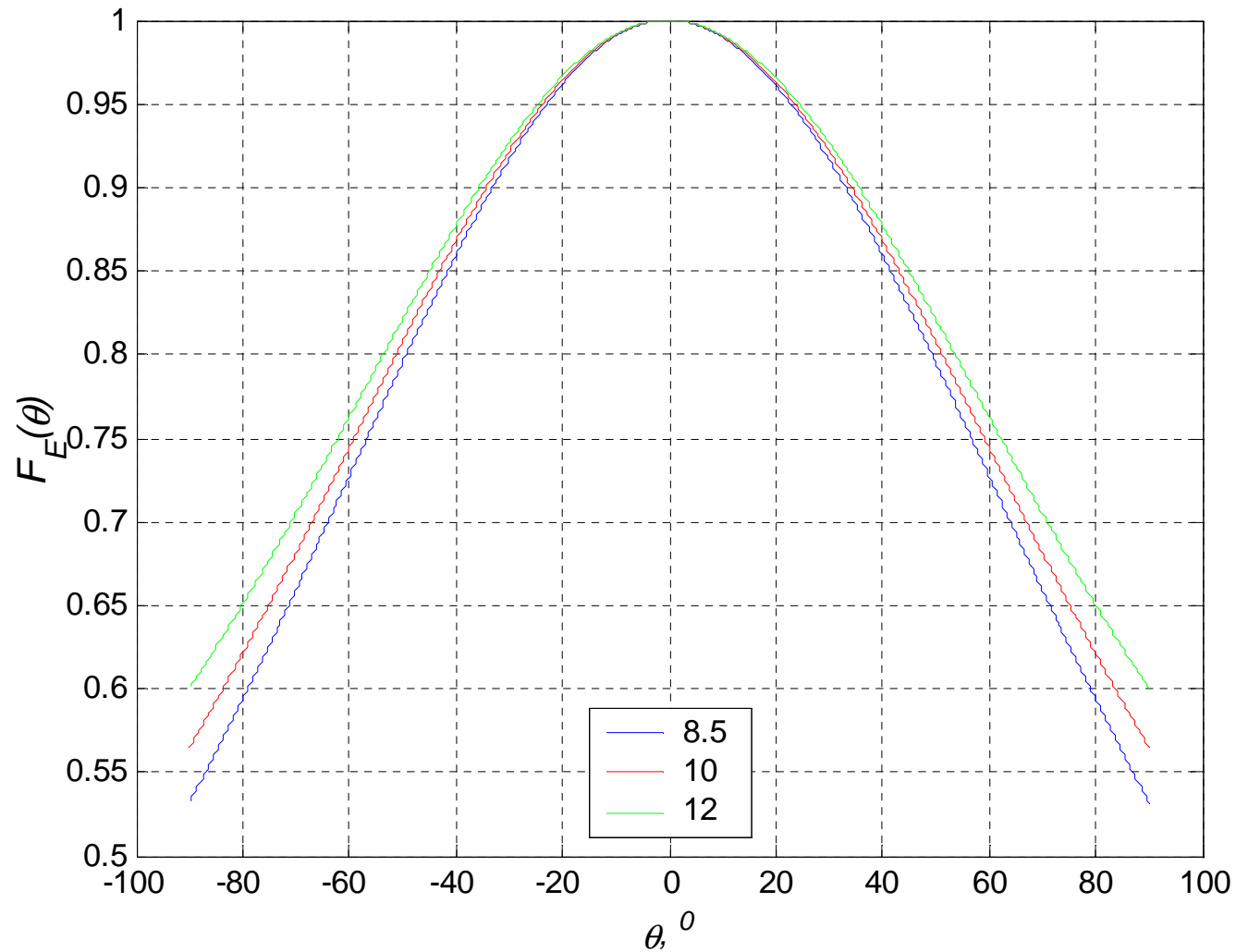
$$F_H(\theta) = \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 \frac{\cos\left(\frac{ka}{2} \sin \theta\right)}{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 - \left(\frac{ka}{2} \sin \theta\right)^2} \cos \theta, \quad (2)$$

a, b - внутрішні розміри ххвилеводу;

Λ - довжина ххвилу хвилеводу;

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$; кут θ відраховують від вісі z .

Хвилеводний випромінювач

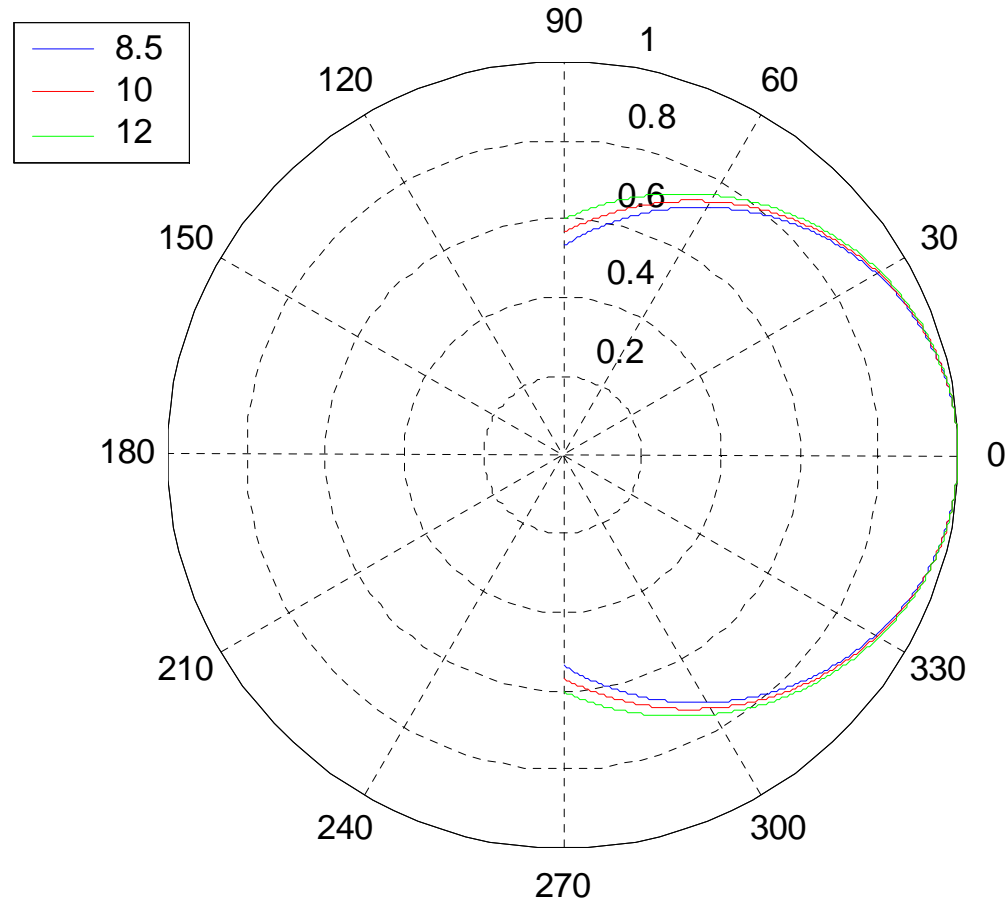


ДН відкритого кінця прямокутного хвилеводу

(розміри хвилеводу 23*10 мм, частоти вказано у ГГц на графіку)

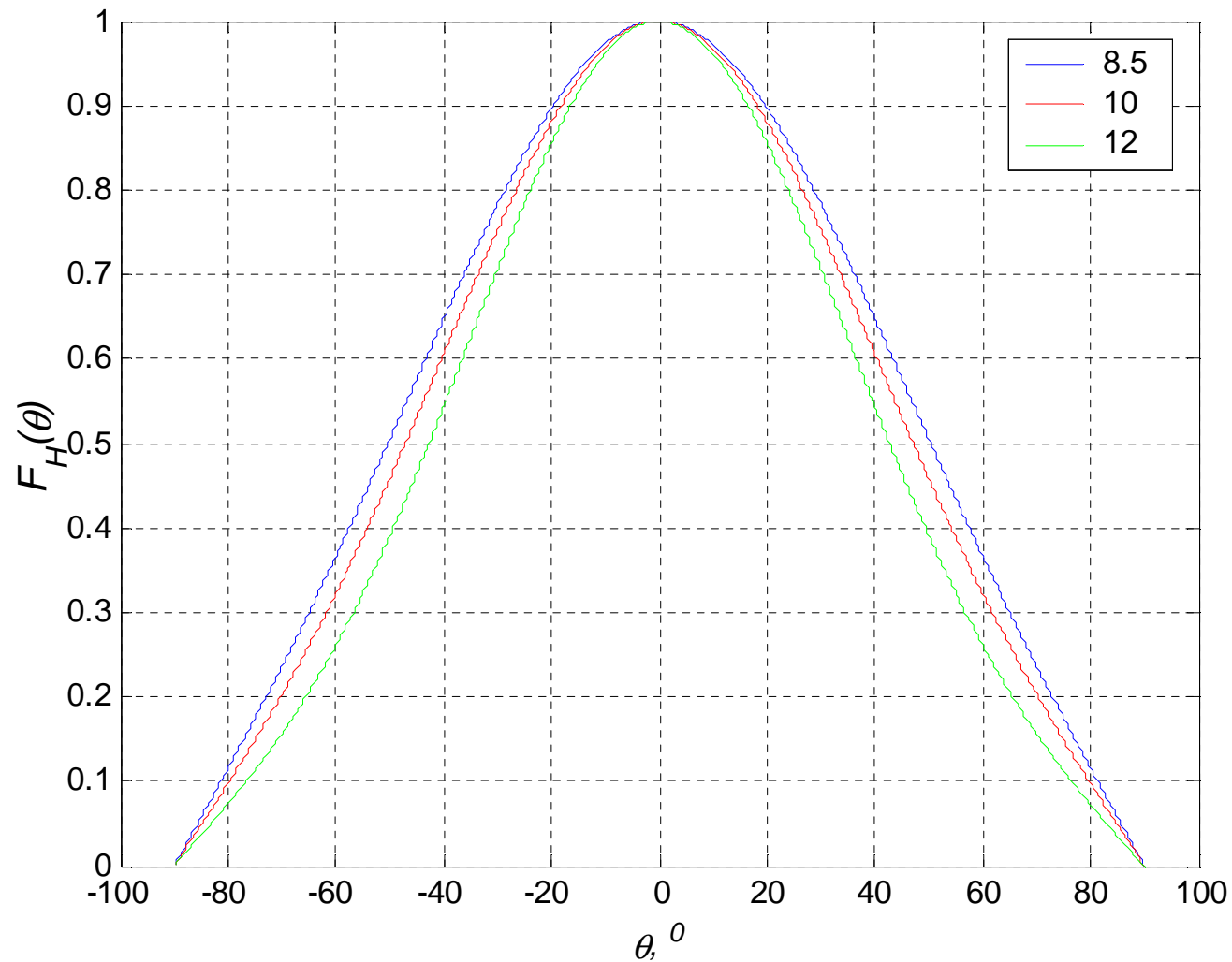
Вельми схожі результати будуть і для відкритого кінця круглого хвилеводу.

Хвилеводний випромінювач



ДН відкритого кінця прямокутного хвилеводу у полярній СК
(розміри хвилеводу 23*10 мм, частоти вказано у ГГц на графіку)

Хвелеводний випромінювач

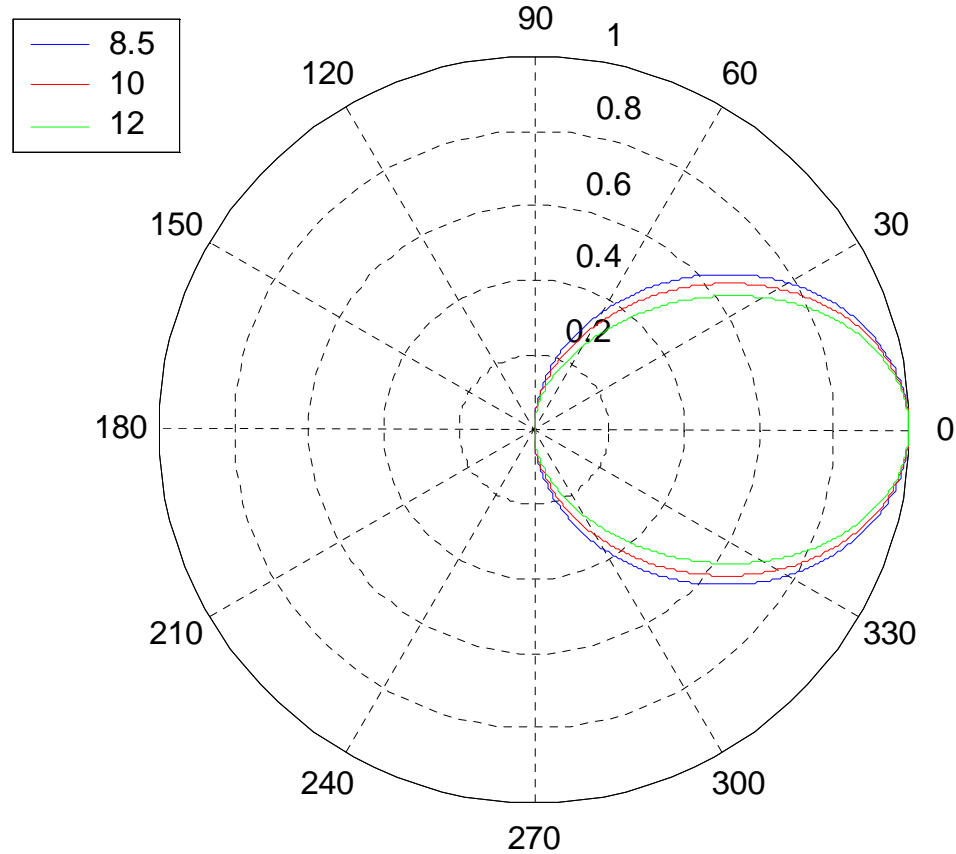


ДН відкритого кінця прямокутного хвелеводу

(розміри хвелеводу 23*10 мм, частоти вказано у ГГц на графіку)

Вельми схожі результати будуть і для відкритого кінця круглого хвелеводу.

Волноводный излучатель



ДН відкритого кінця прямокутного хвилеводу у полярній СК
(розміри хвилеводу 23*10 мм, частоти вказано у ГГц на графіку)

Хвилеводний випромінювач

Властивості цих результатів:

1) Обидві функції (1), (2) максимальні $F_{E,H}(\theta) = 1$ у напрямі $\theta = 0$, а у протилежному напрямі $F_{E,H}(180^\circ) = 0$. Таким чином, синфазне збудження плоского розкриву, як і лінійної антени, створює режим поперечного випромінювання з головним максимумом при $\theta = 0$, та відсутністю випромінювання при $\theta = 180^\circ$.

2) Форма ДН такого випромінювача залежить від відношення до довжини хвилі лише того розміру розкриву, який відраховують у даній площині.

3) Максимуми випромінювання будуть у напрямках:

$$\sin \theta_{a \max} = (2n + 1)\lambda/2a = \lambda/2a, 3\lambda/2a, 5\lambda/2a, \dots;$$

$$\sin \theta_{b \max} = (2n + 1)\lambda/2b = \lambda/2b, 3\lambda/2b, 5\lambda/2b, \dots;$$

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

4) Ширина ДН:

$$2\theta_{a0,5} = 51\lambda/a \text{ (у градусах)} = 0,89\lambda/a \text{ (у радіанах)};$$

$$2\theta_{b0,5} = 51\lambda/b \text{ (у градусах)} = 0,89\lambda/b \text{ (у радіанах)}.$$