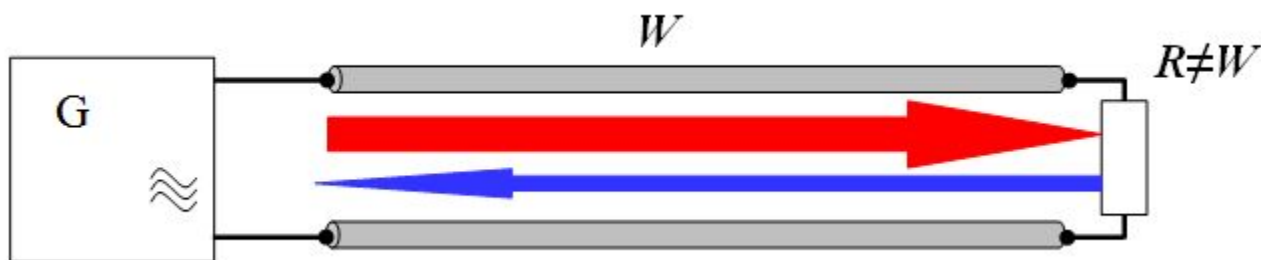


# УЗГОДЖЕННЯ ФІДЕРНОЇ ЛІНІЇ З НАВАНТАЖЕННЯМ

Якщо опір навантаження не дорівнює хвильовому опору фідерної лінії, то частина енергії НВЧ сигналу відбивається від нього, що призводить до втрат.

$$\rho = \frac{Z_H - W}{Z_H + W} \quad \rho = \frac{U_B}{U_{\Pi}} \quad \eta_{\rho} = (1 - |\rho|^2)$$

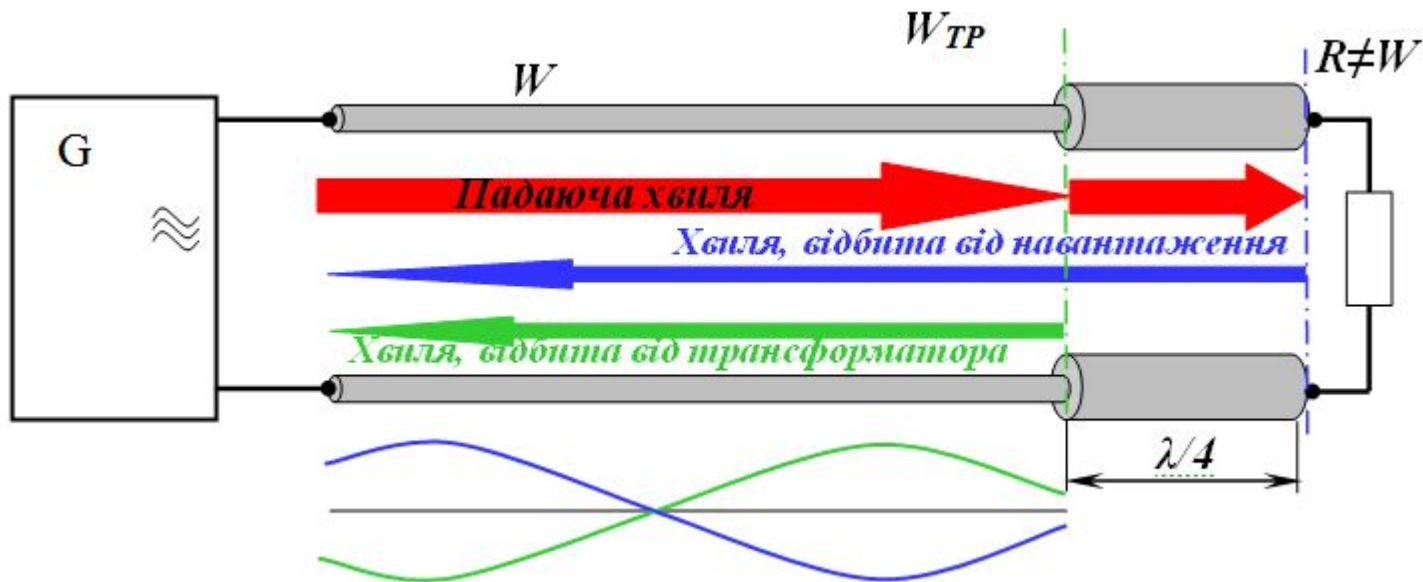


$$P_H = P_{\Pi} - P_B = \frac{U_{\Pi}^2}{W} - \frac{U_B^2}{W} = \frac{U_{\Pi}^2}{W} \cdot \left(1 - \frac{U_B^2}{U_{\Pi}^2}\right) = \frac{U_{\Pi}^2}{W} \cdot (1 - |\rho|^2) = P_{\Pi} \cdot (1 - |\rho|^2)$$

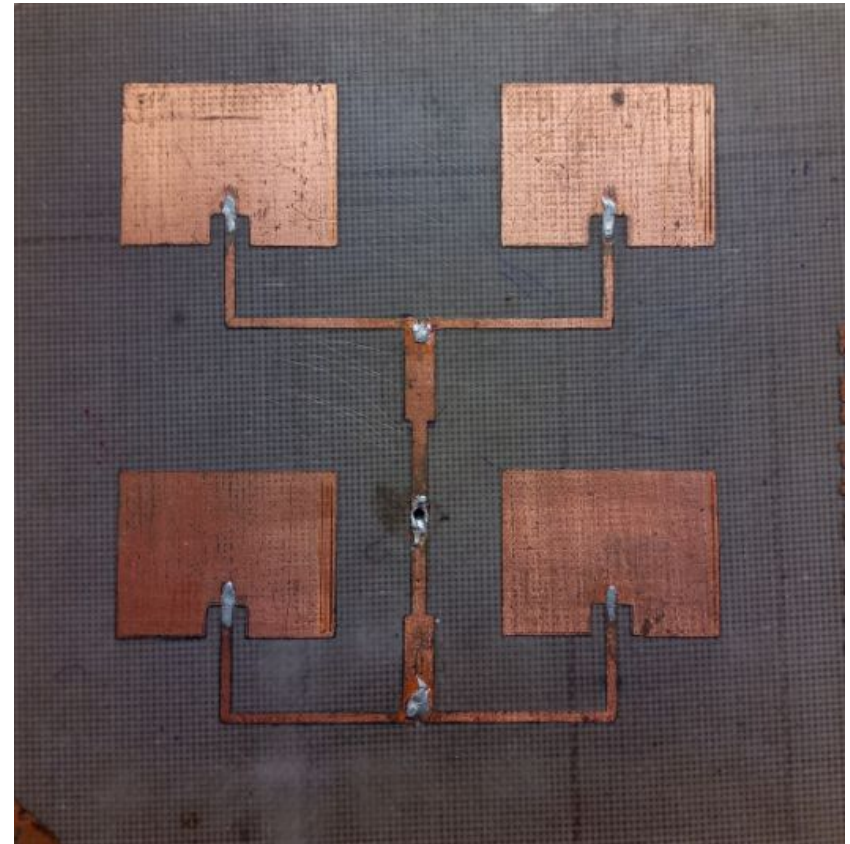
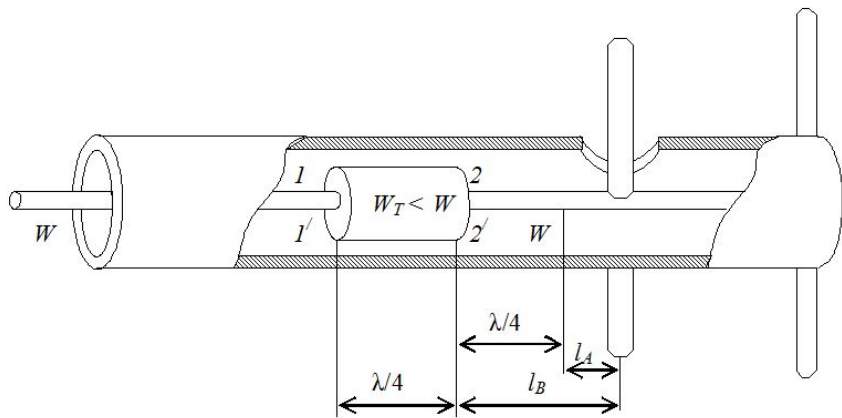
З метою узгодження опору навантаження з фідерною лінією використовуються чвертьхвильові трансформатори та шлейфи.

**Чвертьхвильовий трансформатор** – це відрізок фідерної лінії, який встановлюється між навантаженням і фідерною лінією. Його електрична довжина складає  $\lambda/4$ , а хвильовий опір визначається за допомогою виразу при умові, що опір навантаження є активний.

$$W_{TP} = \sqrt{R \cdot W}$$



# Приклади застосування $\lambda/4$ трансформаторів



Якщо опір навантаження містить реактивну складову, то існує два способи узгодження:

1. Спочатку скомпенсувати реактивну складову навантаження за допомогою шлейфа і розрахувати хвильовий опір традиційним способом
2. Встановити трансформатор на певній відстані від навантаження, а саме у максимумі, або мінімумі розподілу напруги в лінії.

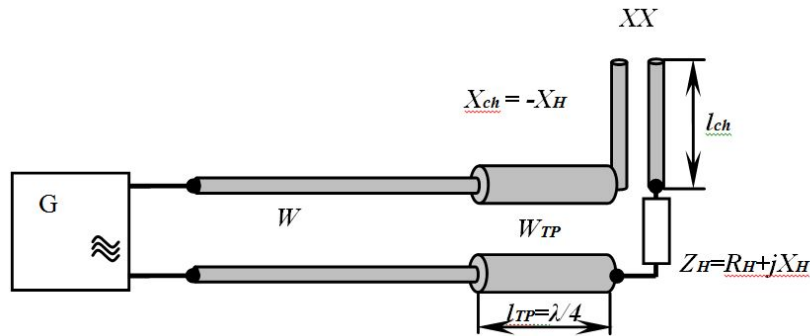
# ЗАДАЧА

Перший спосіб

На частоті  $f = 600$  МГц комплексний опір антени складає  $Z_H = R_H + jX_H = 100 + j100$  Ом. Антена підключена до фідерної лінії з повітряним заповненням і хвильовим опором  $W = 50$  Ом.

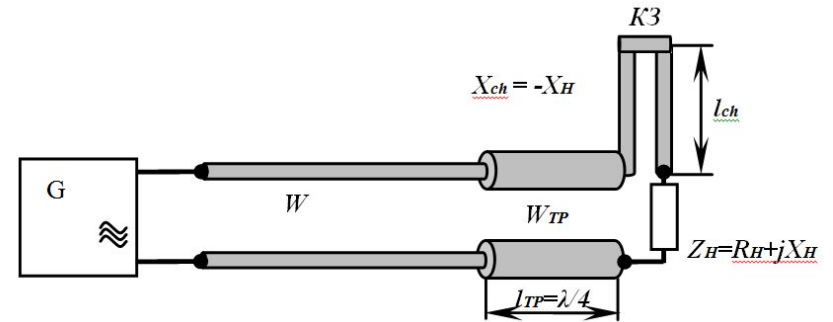
1. Розрахувати коефіцієнт стоячої хвилі в лінії.
  2. Вибрати тип послідовного шлейфа і розрахувати його довжину для компенсації реактивної складової опору навантаження. Вважати, що хвильовий опір шлейфа  $W_c$  дорівнює хвильовому опору фідерної лінії  $W$ .
  3. Розрахувати хвильовий опір та геометричну довжину чверьхвильового трансформатора для забезпечення режиму узгодження цієї антени з фідерною лінією.
- Остаточні результати заокруглити до одного знаку після коми.

На частоті  $f=600$  МГц комплексний опір антени складає  $Z_H=R_H+jX_H=100+j100$  Ом. Антена підключена до фідерної лінії з повітряним заповненням і хвильовим опором  $W=50$  Ом.



Вираз для розрахунку довжини розімкненого шлейфа

$$l_{XX} = \frac{\operatorname{arctg}\left(-\frac{W_{ch}}{X_{ch}}\right)}{\beta}$$



Вираз для розрахунку довжини замкненого шлейфа

$$l_{K3} = \frac{\operatorname{arctg}\left(\frac{X_{ch}}{W_{ch}}\right)}{\beta}$$

## РОЗВ'ЯЗОК

Спочатку розраховуємо допоміжні дані.

На частоті 600 МГц довжина хвилі в лінії, яка заповнена повітрям, дорівнює:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{600 \cdot 10^6} = 0,5 \text{ м}$$

постійна поширення в лінії:

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{0,5} = 4\pi \approx 12,566 \text{ рад/м}$$

1. розраховуємо параметри узгодження:

$$\rho = \frac{Z_H - W}{Z_H + W} = \frac{100 + j100 - 50}{100 + j100 + 50} = \frac{50 + j100}{150 + j100} \approx 0,538 + j0,308 \quad |\rho| = \sqrt{0,538^2 + 0,308^2} = 0,62$$

$$КСХ = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|} = \frac{1 + 0,62}{1 - 0,62} = 4,26$$

$$\eta_\rho = 1 - |\rho|^2 = 1 - 0,62^2 = 0,616$$

**Приблизно 40% потужності втрачається!**

2. В даному прикладі реактивна складова опору навантаження має індуктивний характер, тому вибираємо розімкнений шлейф. Опір шлейфа має бути рівний:

$$X_{ch} = -X_H = -100 \text{ Ом,}$$

а довжина шлейфа:

$$l_{xx} = \frac{\arctg\left(-\frac{W_{ch}}{X_{ch}}\right)}{\beta} = \frac{\arctg\left(-\frac{50}{-100}\right)}{12,566} = \frac{0,464}{12,566} = 0,037 \text{ м ( або 37 мм).}$$

Такий шлейф має бути увімкнений безпосередньо біля навантаження (антени) і послідовно з нею



3. Після компенсації реактивної складової навантаження шлейфом застосуємо чвертьхвильовий трансформатор для узгодження активної складової опору антени з фідерною лінією. Хвильовий опір трансформатора визначається виразом:

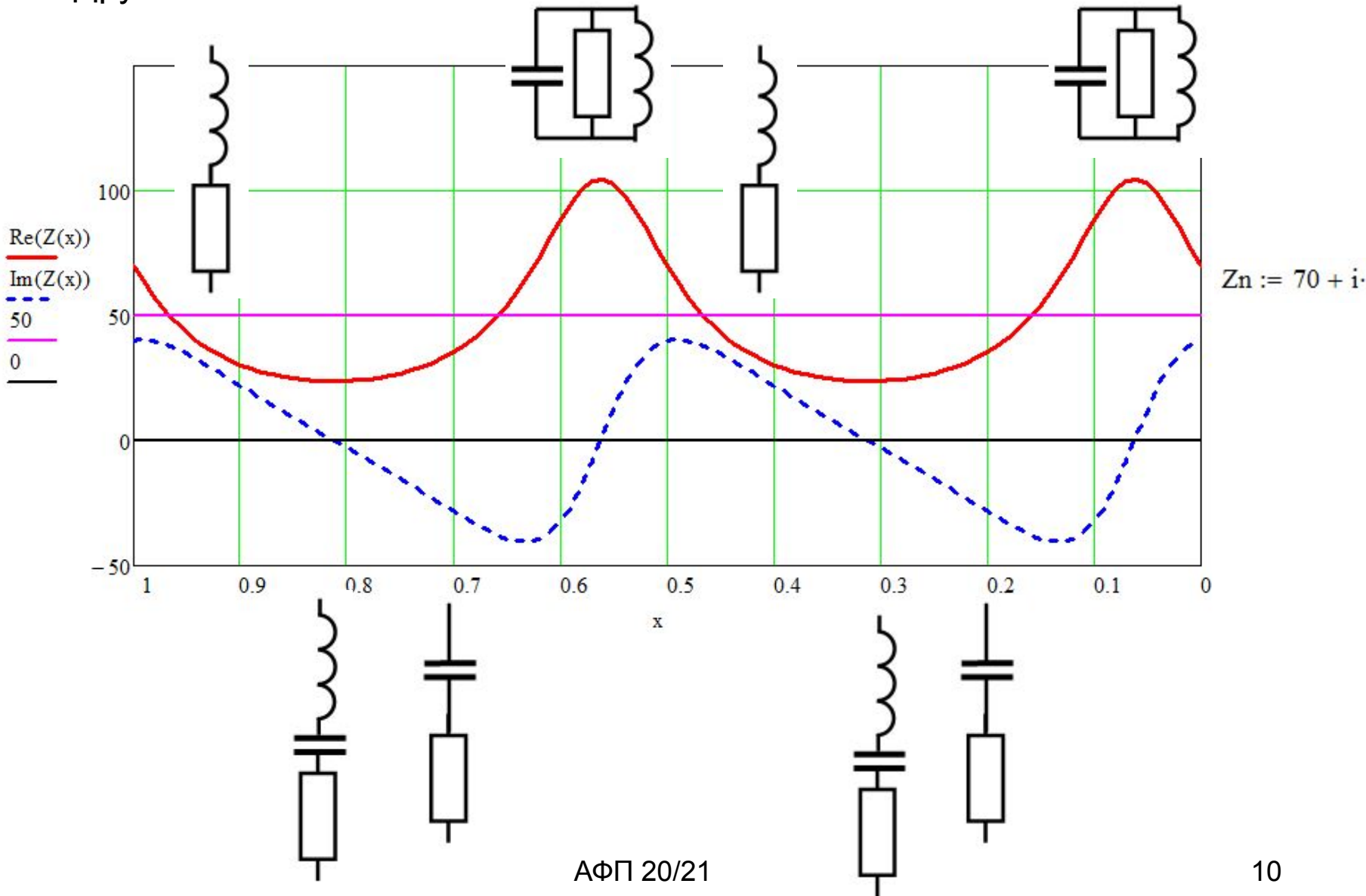
$$W_{\text{ТР}} = \sqrt{R_H \cdot W} = \sqrt{100 \cdot 50} \approx 70,7 \text{ Ом}$$

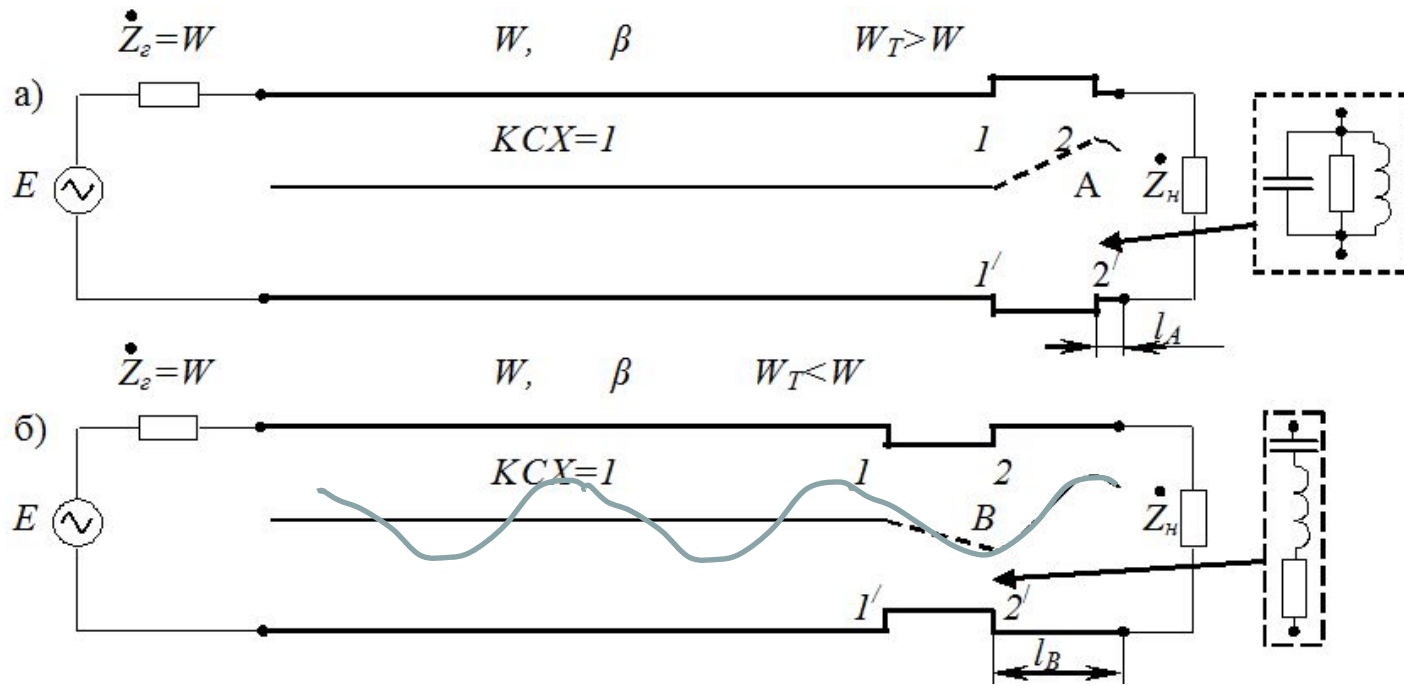
довжина чвертьхвильового трансформатора складає

$$l_{\text{ТР}} = \frac{\lambda}{4} = \frac{0,5}{4} \approx 0,125 \text{ м (125 мм)}$$

**Відповідь:** Коефіцієнт стоячої хвилі в лінії до узгодження КСХ=4,26; довжина розімкненого шлейфа  $l_{\text{ХХ}}=37$  мм хвильовий опір чвертьхвильового трансформатора  $W_{\text{ТР}}=70,7$  Ом, довжина трансформатора  $l_{\text{ТР}}=125$  мм.

# Другий спосіб





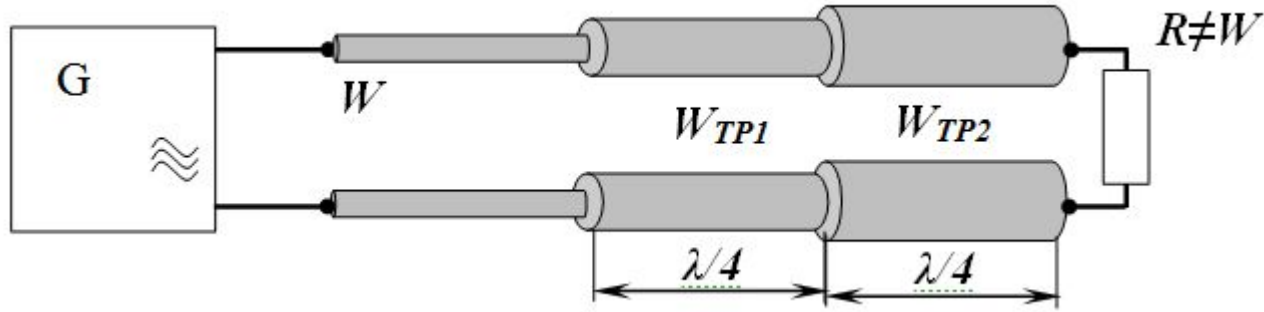
Для точки **A** (максимум напруги в лінії на відстані  $l_A$  від навантаження):

$$W_{TA} = W \cdot \sqrt{KCX}$$

Для точки **B** (мінімум напруги в лінії на відстані  $l_B$  від навантаження):

$$W_{TB} = \frac{W}{\sqrt{KCX}}$$

# Двоступінчастий $\lambda/4$ трансформатор



$$W_{TP1} = \sqrt{W \sqrt{R_H \cdot W}}$$

$$W_{TP2} = \sqrt{R_H \sqrt{R_H \cdot W}}$$

