

МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12	Утверждаю: Зав. кафедрой 09.01.22 г.
	Кафедра ВМСС	
	Дисциплина МСПИ II часть	
	Факультет ИВТ	
<p>1. Распределения напряжений и токов в длинной линии без потерь в зависимости от нагрузок на концах линии. Стоячие волны. I</p> <p>2. Особенности <u>подключения к волноведущим</u> структурам разных типов входных и выходных элементов информационных каналов.</p>		

1. Распределения напряжений и токов в длинной линии без потерь в зависимости от нагрузок на концах линии. Стоячие волны.

Распределение напряжения и тока в длинной линии без потерь рассматривается в зависимости от соотношения $\underline{k} = \frac{Z_B}{Z_H}$ (представление сопротивления нагрузки в относительных единицах). Подставив это соотношение в уравнения с тригонометрическими функциями для длинной линии без потерь, можно получить зависимость *в общем виде*:

$$\begin{aligned}
 \underline{U}(x) &= \underline{U}_2 \cos \beta x + j Z_B I_2 \sin \beta x = \underline{U}_2 \cos \beta x + j \frac{Z_B}{Z_H} Z_H I_2 \sin \beta x = \\
 &= \underline{U}_2 \cos \beta x + j \underline{k} \underline{U}_2 \sin \beta x = \\
 &= \underline{U}_2 \cos \beta x + \underline{k} \underline{U}_2 \cos \beta x - \underline{k} \underline{U}_2 \cos \beta x - j \underline{k} \underline{U}_2 \sin \beta x = \\
 &= \underline{U}_2 [\underline{k} e^{j\beta x} + (1 - \underline{k}) \cos \beta x];
 \end{aligned}$$

Аналогично выводится уравнение для тока:

$$\underline{I}(x) = \frac{\underline{U}_2}{Z_B} [\underline{k} e^{j\beta x} + j(1 - \underline{k}) \sin \beta x].$$

Напряжение и ток в каждом сечении линии формируются из двух составляющих: бегущая волна (составляющая с множителем $e^{j\beta x}$) и стоячая волна (составляющая с множителем $\cos \beta x$ или $\sin \beta x$).

В случае **активной нагрузки** (совокупность бегущей и стоячей волны), при $\underline{Z}_H = Z_H$, $\underline{k} = \frac{Z_B}{Z_H}$ уравнения принимают вид:

$$\underline{U}(x) = \underline{U}_2 [\underline{k} e^{j\beta x} + (1 - \underline{k}) \cos \beta x];$$

$$\underline{I}(x) = \frac{U}{Z_B} [k e^{j\beta x} + j(1-k) \sin \beta x].$$

Модули действующих значений тока и напряжения получаются при выделении модуля из уравнений в общем виде – корень из суммы квадратов действительной и мнимой части. Тогда для активной нагрузки (коэффициент \underline{k} – содержит только действительную часть k) справедливо:

$$U(x) = U_2 \sqrt{\cos^2 \beta x + k^2 \sin^2 \beta x};$$

$$I(x) = \frac{U_2}{Z_B} \sqrt{\sin^2 \beta x + k^2 \cos^2 \beta x}.$$

Согласованная нагрузка: $\underline{Z}_H = Z_B$, $k = 1$ (только бегущие волны).

$$\underline{U}(x) = \underline{U}_2 e^{j\beta x}; \quad U(x) = U_2;$$

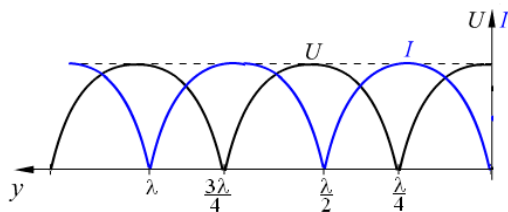
$$\underline{I}(x) = \frac{\underline{U}_2}{Z_B} e^{j\beta x}; \quad I(x) = \frac{U_2}{Z_B}.$$

Действующие значения тока и напряжения постоянны.

Холостой ход: $\underline{Z}_H = \infty$, $k = 0$ (только стоячие волны).

$$\underline{U}(x) = \underline{U}_2 \cos \beta x; \quad U(x) = U_2 |\cos \beta x|;$$

$$\underline{I}(x) = j \frac{U_2}{Z_B} \sin \beta x; \quad I(x) = \frac{U_2}{Z_B} |\sin \beta x|.$$



На расстояниях $x = k \frac{\pi}{\beta} = k \frac{\pi}{2\pi} = k \frac{\lambda}{2}$ – максимумы напряжения и нули тока;

На расстояниях $x = \frac{(2k+1)\pi}{2\beta} = (2k+1) \frac{\lambda}{4}$ – максимумы тока и нули напряжения.

(Расстояние отсчитывается от конца линии; k – натуральное число.)

Входное сопротивление разомкнутой линии (чисто реактивное):

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{BX} &= Z_B \frac{Z_H + jZ_B \operatorname{tg}(\beta x)}{Z_B + jZ_H \operatorname{tg}(\beta x)} = Z_B \frac{\infty + jZ_B \operatorname{tg}(\beta x)}{Z_B + j\infty \operatorname{tg}(\beta x)} = -jZ_B \operatorname{ctg} \beta x = \\ &= -jZ_B \operatorname{ctg} \frac{2\pi}{\lambda} x. \end{aligned}$$

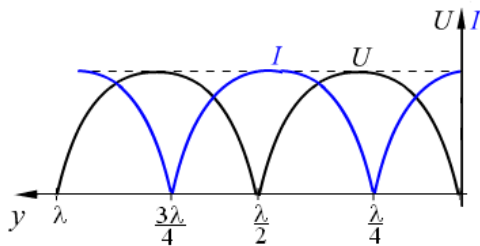
При $0 < x \leq \frac{\lambda}{4}$, $\frac{\lambda}{2} < x \leq \frac{3\lambda}{4}$ и т. д. – ёмкость;

При $\frac{\lambda}{4} \leq x < \frac{\lambda}{2}$, $\frac{3\lambda}{4} \leq x < \lambda$ и т. д. – индуктивность.

Короткое замыкание: $\underline{Z}_H = 0$, $k = \infty$ (только стоячие волны).

$$\underline{U}(x) = jI_2 Z_B \sin \beta x; \quad U(x) = I_2 Z_B |\sin \beta x|;$$

$$\underline{I}(x) = I_2 \cos \beta x; \quad I(x) = I_2 |\cos \beta x|.$$



При активной нагрузке если $k > 1$ (то есть сопротивление нагрузки меньше волнового), то напряжение на нагрузке меньше напряжения падающей волны, а если $k < 1$ (сопротивление нагрузки больше волнового), то наоборот: напряжение на нагрузке больше напряжения падающей волны.

На расстояниях $x = \frac{(2k+1)\pi}{2\beta} = (2k+1)\frac{\lambda}{4}$ – максимумы напряжения и нули тока;

На расстояниях $x = k\frac{\pi}{\beta} = k\frac{\lambda}{2}$ – максимумы тока и нули напряжения.

(Расстояние отсчитывается от конца линии; k – натуральное число.)

Входное сопротивление короткозамкнутой линии (чисто реактивное):

$$\underline{Z}_{BX} = Z_B \frac{Z_H + jZ_B \operatorname{tg}(\beta x)}{Z_B + jZ_H \operatorname{tg}(\beta x)} = Z_B \frac{0 + jZ_B \operatorname{tg}(\beta x)}{Z_B + j \cdot 0 \cdot \operatorname{tg}(\beta x)} = jZ_B \operatorname{tg} \beta x = jZ_B \operatorname{tg} \frac{2\pi}{\lambda} x$$

При $\frac{\lambda}{4} < x \leq \frac{\lambda}{2}$, $\frac{3\lambda}{4} < x \leq \lambda$ и т. д. – ёмкость;

При $0 \leq x < \frac{\lambda}{4}$, $\frac{\lambda}{2} \leq x < \frac{3\lambda}{4}$ и т. д. – индуктивность.

Основная особенность стоячих волн: активная мощность, поглощаемая приёмником, равна нулю. Передачу энергии в длинной линии осуществляет только бегущая волна. В случае стоячих волн движение энергии вдоль линии невозможно.

Случаи возникновения стоячей волны:

- 1) Холостой ход ($Z_H = 0$, $I_2 = 0$);
- 2) Короткое замыкание ($Z_H \rightarrow \infty$, $U_2 = 0$);
- 3) Чисто реактивная нагрузка ($Z_H = \pm jx$).

Признак стоячей волны – возникновение узлов (нулей) и пучностей (максимумов) тока и напряжения. Узлы тока совпадают с пучностями напряжения и наоборот, так как фазы волн напряжения и тока отличаются на 90° .

Стоячая волна получается от наложения прямой и обратной волн с одинаковыми амплитудами.

В режиме реактивной нагрузки также наблюдаются только стоячие волны, и линия с реактивной нагрузкой может быть заменена отрезком разомкнутой или короткозамкнутой линии.

Стоит помнить, что в реальной линии пучности и узлы токов и напряжений не совпадают с концом линии и с расстояниями $\frac{\lambda}{4}$, $\frac{\lambda}{2}$, $\frac{3\lambda}{4}$ и т. д.

2. Особенности подключения к волноведущим структурам разных типов входных и выходных элементов информационных каналов.

(Реальные направляющие системы нерегулярны.) Все системы соединяются с генератором и приемником. Второй является “нагрузкой”, принимающей энергию (часто с помощью специальных элементов связи). Между генератором и приемником могут включаться различные устройства, предназначенные для регулирования и контроля передачи.

Элементы связи, предназначенные для возбуждения (т.е. формирования) волны в направляющей структуре обычно представляют собой элементарные излучатели (электрический диполь Герца (а), магнитный диполь Фитцджеральда (б), квазистационарная дифракционная антенна (отверстие или продольная щель в стенке линии (в))

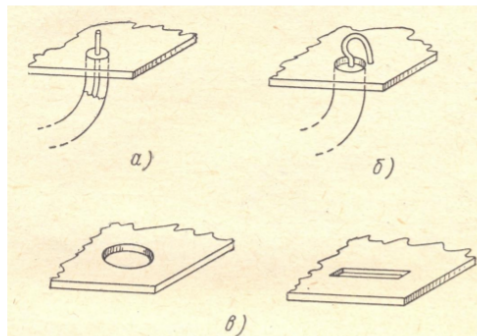


Рисунок 13.3 – Виды возбуждателей электромагнитных волн в направляющих системах

Электрический диполь (штырь) должен быть параллелен электрическим силовым линиям волны желательного типа.

Магнитный диполь (петля с током) помещается в плоскости, перпендикулярной её магнитным силовым линиям.

Щели в металлической оболочке – не требуют размещения дополнительных компонентов.

Ее свойства меняются в зависимости от расположения (если отверстие на стенке направляющей системы – щель излучает вторичные поля; если располагается параллельно направлению поверхностного тока на стенки направляющей системы (т.е. ортогонально магнитным силовым линиям на оболочке) – почти ничего не излучает; если пересекает путь тока под прямым углом (идущая по магнитной силовой линии)- излучает наиболее интенсивно). Этим правилом пользуются при создании элементов связи линий передачи, а также при создании элементов связи линий передачи со свободным пространством, которые называются антенны (приемо/передающие).

Особенностью подключения элементов связи является также то, что отверстие соединяет возбуждающее устройство с направляющей системой в той области, где их поля имеют аналогичное строение.

Таким же путем можно осуществить и связь приемного устройства с направляющей системой. На это указывает теорема взаимности.

Теорема взаимности: Независимо от свойств всего промежуточного пространства (лишь бы оно не содержало анизотропных и нелинейных элементов) условия передачи из области V_1 в область V_2 , как и в обратном направлении – одинаковы.



Рисунок 13.5 – К теореме взаимности

Также при подключении диполя нужно учитывать, что амплитуда возмущаемой волны пропорциональна моменту диполя и зависит от его расположения и длины волны λ . Эти свойства показывает приведенная формула:

$$\underline{D} = -j \frac{\lambda}{2a} \frac{I_m h}{ab} \frac{\sin \frac{\pi x_1}{a}}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}} = -j \frac{\pi c}{a} \frac{p_m}{S} \frac{\sin \frac{\pi x_1}{a}}{\sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}}$$

Где S – площадь диполя, а $p_m = \frac{I_m h}{\omega}$ – момент диполя,

Возбуждение отсутствует, когда излучатель находится у стенки ($x_1 = 0$ или $x_1 = a$), оно максимально при $x_1 = a/2$.

Амплитуда обращается в бесконечность при $\lambda \rightarrow 2a$, когда ширина горизонтальной стенки волновода становится равной 0.5λ и наступает «поперечный резонанс».

Стоит учитывать, что данная формула не будет корректно работать вблизи критичной частоты