МЭИ	**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 24** Кафедра ВМСС Дисциплина МСПИ II часть Факультет ИВТ	Утверждаю: Зав. кафедрой 09.01.22 г.

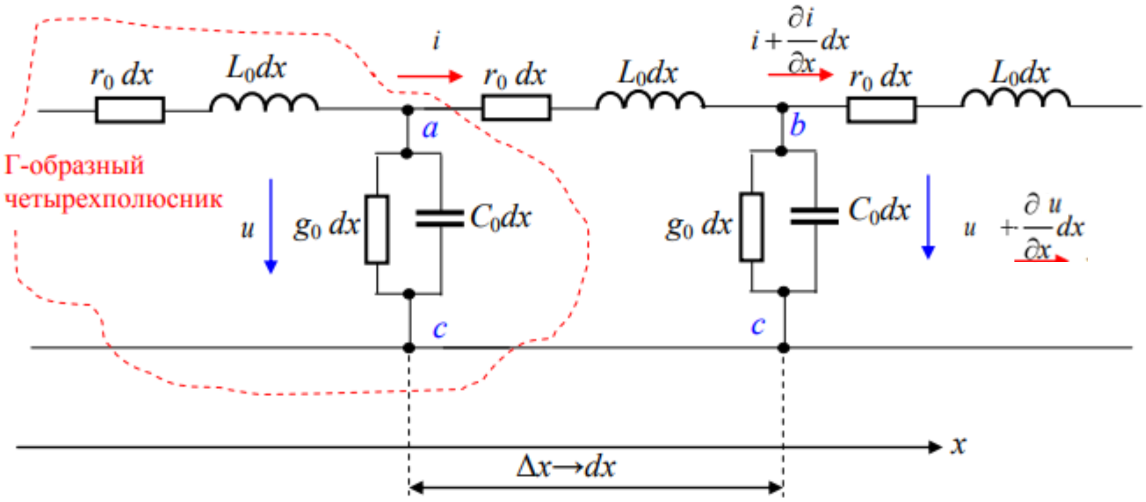
1. Эквивалентная схема однородной длинной линии и метод расчета режима в линии.

2. Области (частотные и функциональные) применения различных линий.

1. Эквивалентная схема однородной длинной линии и метод расчета режима в линии.

Эквивалентная схема модели линии – каскадное соединение бесконечного множества одинаковых Г-образных четырехполюсников.

В схеме r_0 – сопротивление прямого и обратного провода; L_0 – это рабочая индуктивность петли; g_0 – проводимость между проводами длинной линии; C_0 – ёмкость между проводами; r_0dx– продольное сопротивление, L_0dx– продольная индуктивность, g_0dx– поперечная проводимость, C_0dx– поперечная емкость.



Расчет режима в длинной линии направлен на определение мгновенных и действующих значений напряжения и тока вдоль длинной линии. Алгоритм расчета режима в длинной линии основан на применении уравнений состояния (уравнений Кирхгофа) к расчету эквивалентной схемы модели длинной линии.

Составим дифференциальные уравнения. Мгновенные значения напряжения и тока в начале выбранного элемента dx обозначим через u и i, а в конце этого элемента, т.е. в начале следующего элемента dx – через $u + \frac{\partial u}{\partial x} dx$ и $i + \frac{\partial i}{\partial x} dx$.

Для элемента линии длиной dx уравнения по второму закону Кирхгофа для контура a–b–c запишем в виде:

$$u - \left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx\right) = \left(r_0 dx\right) i + \left(L_0 dx\right) \frac{\partial i}{\partial x};$$

а по первому закону Кирхгофа для узла b в виде:

$$i - \left(i + \frac{\partial i}{\partial x} dx\right) = \left(g_0 dx\right)\left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx\right) + \left(C_0 dx\right)\left(u + \frac{\partial u}{\partial x} dx\right).$$

Приводим подобные члены, сокращаем на dx и учитываем, что $u \gg \frac{\partial u}{\partial x} dx$ и получаем:

$$\begin{cases} -\frac{\partial u}{\partial x} = r_0 i + L_0 \frac{\partial i}{\partial t}; \\ -\frac{\partial i}{\partial x} = g_0 u + C_0 \frac{\partial u}{\partial t}\,. \end{cases}$$

Рассмотрим установившийся режим в длинной линии при синусоидальном напряжении источника питания и перейдём в частотную область.

С учетом представления синусоидальной функции $f(t)$, $u_L = L \frac{\partial i}{\partial t}$ и после сокращения на $e^{j\omega t}$получаем: $U_{m\,L} e^{j\varphi_u} = j\omega L I_{m\,L} e^{j\varphi_i}$.

Аналогично из $u = \frac{1}{C} \int i\, dt$ и ,сокращая на $e^{j\omega t}$, получаем: $U_{m\,L} e^{j\varphi_u} = \frac{1}{j\omega C} I_{m\,L} e^{j\varphi_i}$.

С учетом комплексных напряжения и тока, сопротивления и проводимости, получаем:

$$\begin{cases} -\frac{\partial \underline{U}}{\partial x} = \left(r_0 + j\omega L_0\right) \underline{I} = \underline{Z_0} \underline{I}; \\ -\frac{\partial \underline{I}}{\partial x} = (g_0 + j\omega C_0) \underline{U} = \underline{Y_0} \underline{U}\,. \end{cases}$$

Продифференцировав уравнения, приведенные выше, и заменив $\frac{\partial \underline{I}}{\partial x}$ и $\frac{\partial \underline{U}}{\partial x}$, получим:

$$\frac{\partial^2 \underline{U}}{\partial x^2} = \underline{Z_0}\ \underline{Y_0} \underline{U}\ ; (1)$$

$$\frac{\partial^2 \underline{I}}{\partial x^2} = \underline{Z_0}\ \underline{Y_0} \underline{I}\,.$$

Решение уравнения (1) имеет вид: $\underline{U} = \underline{A_1} e^{-\underline{\gamma} x} + \underline{A_2}\ e^{\underline{\gamma} x} = \underline{A_1} e^{-\alpha x} e^{-j\beta x} + \underline{A_2}\ e^{\alpha x} e^{j\beta x}$

,

где $\underline{\gamma} = \alpha + \beta x = \sqrt{\underline{Z_0}\ \underline{Y_0}} = \sqrt{\left(r_0 + j\omega L_0\right)(g_0 + j\omega C_0)}$ и $\underline{A}_1$, $\underline{A}_2$ − комплексные постоянные интегрирования, которые находят из граничных условий на концах линии.

$$\underline{Z_B} = \sqrt{\frac{\underline{Z_0}}{\underline{Y_0}}} = Ze^{j\theta} = r_B + jx_B = \sqrt{\frac{Z_0}{Y_0}} e^{j\theta},$$

где

$$\theta = \frac{1}{2}\left[\arg\left(\mathrm{r_0} + \mathrm{j\omega L_0}\right) - \arg\left(\mathrm{g_0} + \mathrm{j\omega C_0}\right)\right] = arctg\frac{\omega \mathrm{L_0}}{\mathrm{r_0}} - arctg\frac{\omega \mathrm{C_0}}{\mathrm{g_0}} = arctg\frac{\omega(\mathrm{g_0 L_0} - \mathrm{r_0 C_0})}{\mathrm{r_0 g_0} + \omega^2 \mathrm{L_0 C_0}}$$

Из формулы тока равной: $\underline{I} = \frac{\underline{I}}{\underline{Z_B}}\left(\underline{A_1} e^{-\underline{\gamma} x} + \underline{A_2}\ e^{\underline{\gamma} x}\right) = \frac{\underline{A_1}}{Z_B} e^{-\alpha x} e^{-j\beta x} + \frac{\underline{A_2}}{Z_B}\ e^{\alpha x} e^{j\beta x}$.

Выражая $\underline{A_1} = A_1 e^{j\Psi_1}$ и $\underline{A_2} = A_2 e^{j\Psi_2}$, запишем мгновенные значения напряжения и тока:

$$u(x,t) = \sqrt{2} A_1 e^{-\alpha x} \sin\left(\omega t - \beta x + \Psi_1\right) + \sqrt{2} A_2 e^{\alpha x} \sin(\omega t + \beta x + \Psi_2).$$

$$u(x,t) = \sqrt{2}\frac{A_1}{Z_B} e^{-\alpha x} \sin\left(\omega t - \beta x + \Psi_1 - \theta\right) + \sqrt{2}\frac{A_2}{Z_B} e^{\alpha x} \sin(\omega t + \beta x + \Psi_2 - \theta).$$

Каждое из слагаемых в правой части в формулах выше можно рассматривать как электромагнитную волну, распространяющуюся («бегущие волны») в направлении возрастания или убывания координаты x. Первые слагаемые в обеих формулах соответствуют волне распространяющейся в направлении оси x (прямая волна), а вторые слагаемые − описывают волну распространяющуюся (бегущую) в обратном направлении (обратная волна).

2.Области (частотные и функциональные) применения различных линий.

Частотный диапазон указывает на функциональную область возможного применения различных видов линий передачи.

Коаксиальные линии применяют:

- для создания систем GPS или ГЛОНАСС (с частотным диапазоном от 1,5 ГГц до 2 ГГц);
- для создания кабельных локальных сетей с применением радио удлинителей (Wi-Fi или Blutuse системами) (с частотами около 2,5 ГГц).

Волновые линии применяют:

- в системах MMDS (связь точка-точка) и LMDS (связь точка-многоточка или «раздаток» с частотным диапазоном до 8 ГГц);

- в оптоволоконных линиях передачи - особых видах диэлектрических волноводов, применяемых в оптическом диапазоне длин волн. Минусом данных линий является единственность приемлемого вида модуляции информационных сигналов – импульсной модуляции. Также они не взаимодействуют с низкочастотными полями и широко используются в средах, насыщенных сильными электромагнитными полями, которые являются помехами в отношении полезных сигналов цифровой информации.