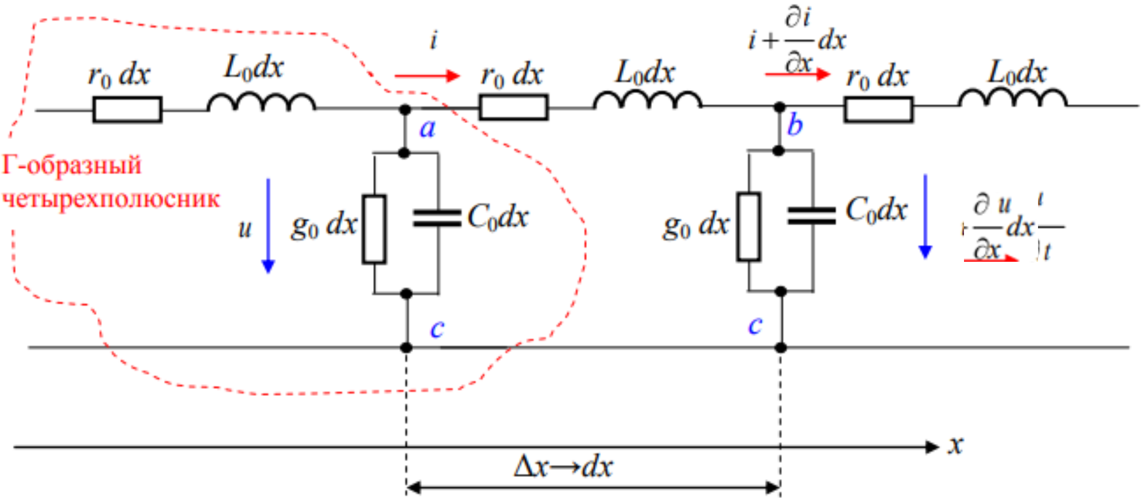
МЭИ	ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4 Кафедра ВМСС	Утверждаю: Зав.кафедрой
	Дисциплина МСПИ II часть	09.01.22 г.
	Факультет ИВТ	

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

2. Радиоканал передачи информационных сигналов.

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

Эквивалентная схема модели линии (представление однородной длинной 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:

$$u-\left(u+\frac{\partial u}{\partial x}dx\right)=\left(r_0dx\right)i+\left(L_0dx\right)\frac{\partial i}{\partial x};$$

а по первому закону Кирхгофа для узла b в виде:

$$i-\left(i+\frac{\partial i}{\partial x}dx\right)=\left(g_0dx\right)\left(u+\frac{\partial u}{\partial x}dx\right)+\left(C_0dx\right)\left(u+\frac{\partial u}{\partial x}dx\right).$$

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

$$\begin{cases}-\dfrac{\partial u}{\partial x}=r_0i+L_0\dfrac{\partial i}{\partial t};\\ -\dfrac{\partial i}{\partial x}=g_0u+C_0\dfrac{\partial u}{\partial t}\,.\end{cases}$$

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

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

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

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

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

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

$$\theta = \frac{1}{2}\left[\arg\left(r_0 + j\omega L_0\right) - \arg\left(g_0 + j\omega C_0\right)\right] = arctg\frac{\omega L_0}{r_0} - arctg\frac{\omega C_0}{g_0} = arctg\frac{\omega(g_0L_0 - r_0C_0)}{r_0g_0 + \omega^2L_0C_0}$$

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

Выражая $\underline{A_1} = A_1e^{j\Psi_1}$ и $\underline{A_2} = A_2e^{j\Psi_2}$, запишем мгновенные значения напряжения и тока:

$$u(x,t) = \sqrt{2}A_1e^{-\alpha x}\sin\left(\omega t - \beta x + \Psi_1\right) + \sqrt{2}A_2e^{\alpha x}\sin(\omega t + \beta x + \Psi_2).$$

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

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. Радиоканал передачи информационных сигналов.

Радиоканал передачи информационных сигналов формируется на основе радиолинии, состоящей из передатчика, заканчивающегося передающей антенной, связанной с свободным пространства распространения электромагнитной волны, приемной антенны и узлов усиления и обработки сигналов, подключенных к приемной антенне.

Амплитуды излучаемых полей в дальней зоне уменьшаются обратно пропорционально квадрату расстояния от излучателя, то есть пропорционально $\frac{1}{r^2}$, что соответствует делению передаваемой мощности на площадь сферической поверхности $4\pi r^2$. Таким образом, в первом приближении уровень сигнала на принимающем устройстве можно оценить по следующей формуле:

$$P_{np} = \frac{P_{nep}}{4\pi r^2}S$$

Здесь:

P_{nep} – мощность, излучаемая передающей антенной

P_{np} – мощность, принимаемая антенной приемника

r – расстояние между антеннами

S – эффективная «площадь» принимающей антенны

Данная формула является верной только в первом приближении, поскольку не учитывает множество факторов, таких как, например, климатические и погодные условия передающей среды. Также она не содержит информации и о взаимосвязи эффективной площади приемной антенны с ее конструктивными особенностями. Все эти детали надо учитывать при реализации алгоритма расчета радиолинии, учитывающего все этапы ее проектирования.