

# Длинная Линия

Каспаров Николай, Б01-304

December 7, 2024

**Цель работы:** Ознакомится и проверить на практике теорию распространения электрических сигналов вдоль длинной линии; измерить амплитудо- и фазово-частотные характеристики коаксиальной линии; определить погонные характеристики такой линии; на примере модели длинной линии изучить вопрос распределения амплитуды колебаний сигнала по длине линии.

**В работе используются:** Осциллограф; генератор сигналов; коаксиальный кабель; схематический блок "модель длинной линии"; магазин сопротивления РЗЗ, соединительные провода.

## 1 Ход работы

### 1.1 Определение параметров коаксиального кабеля

Для определения характеристик коаксиального кабеля удобно записать следующее уравнение:

$$y_1 = \frac{L_x C_x}{c^2} x_1, \quad (1)$$

где

$$x_1 = \omega^2 \quad (2)$$

$$y_1 = k(\omega)^2 - \alpha(\omega)^2 \quad (3)$$

Занесем данные в таблицу:

Отсюда найдем  $L_x C_x$ :

$$\beta = L_x C_x = (2.34 \pm 0.02) \quad (4)$$

Т.к. линия согласована:

$$L_x = cR_0 \cdot \sqrt{\beta} = (2.55 \pm 0.03) \quad (5)$$

$$C_x = \sqrt{\beta}/cR_0 = (0.92 \pm 0.01) \quad (6)$$

Также для коаксиального каабля верно:

$$L_x = 2\mu \ln(r_2/r_1) \quad (7)$$

$$C_x = \frac{\varepsilon}{2 \ln(r_2/r_1)} \quad (8)$$

Отсюда получаем:

$$\mu = \frac{L_x}{2 \ln(r_2/r_1)} = (1.13 \pm 0.01) \quad (9)$$

$$\varepsilon = 2 \ln(r_2/r_1) \cdot C_x = (2.06 \pm 0.02) \quad (10)$$

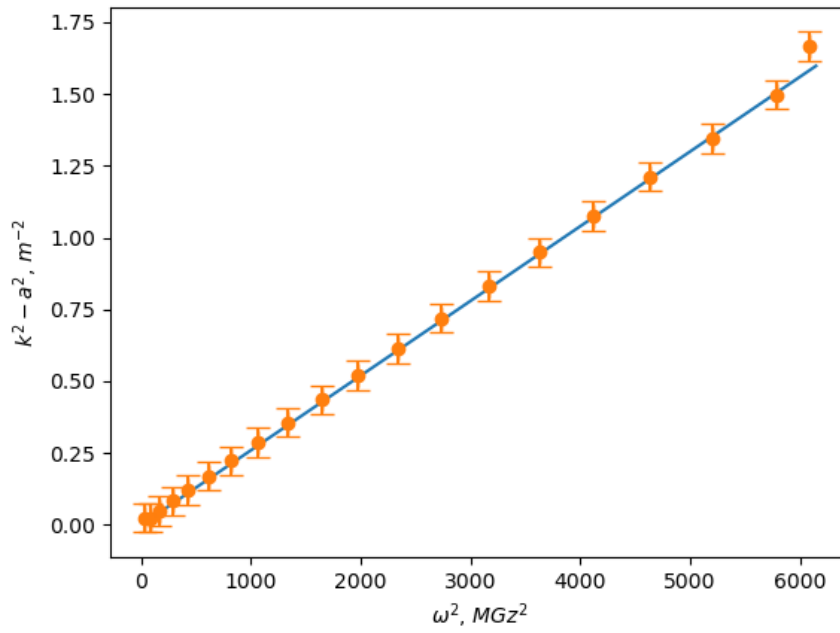


Рисунок 1: Определение параметров коаксиального кабеля

## 1.2 Оценка фазовой скорости

Подадим синусоидальный сигнал на длинную линию и будем регистрировать резонансные частоты.

$$k = \frac{2\pi(n + n_0)}{l}, \quad (11)$$

или через фазовую скорость:

$$\nu_n = \frac{V_\phi}{l}(n + n_0) \quad (12)$$

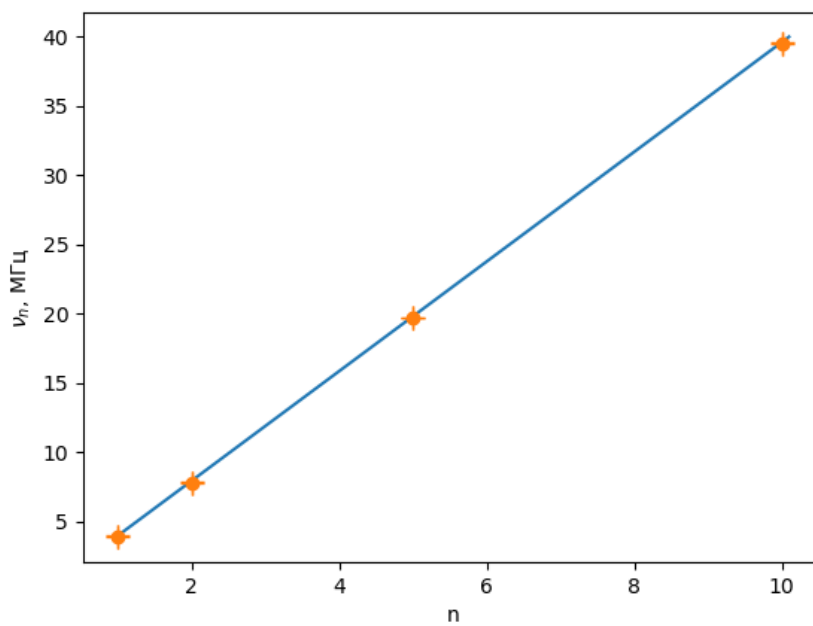


Рисунок 2: Оценка фазовой скорости

Полученный коэффициент наклона:

$$\frac{V_\phi}{l} = (3.958 \pm 0.004) \text{ МГц}, \quad (13)$$

отсюда

$$V_\phi = (1.98 \pm 0.01) \cdot 10^{10} \frac{\text{см}}{\text{с}} \quad (14)$$

### 1.3 Определение удельной проводимости проводников. Метод А

Имеем соотношение

$$\alpha = \frac{4}{\sqrt{\sigma}d} C_x \frac{V_\phi}{c} \sqrt{\nu} + \alpha_0 \quad (15)$$

Построим зависимость  $y_2(x_2)$ , где  $y_2 = \alpha$ , а  $x_2 = \sqrt{\nu}$ , отсюда:

$$\sigma_1 = \left( \frac{4C_x V_\phi}{cd \left( \frac{\Delta y}{\Delta x} \right)} \right)^2 \quad (16)$$

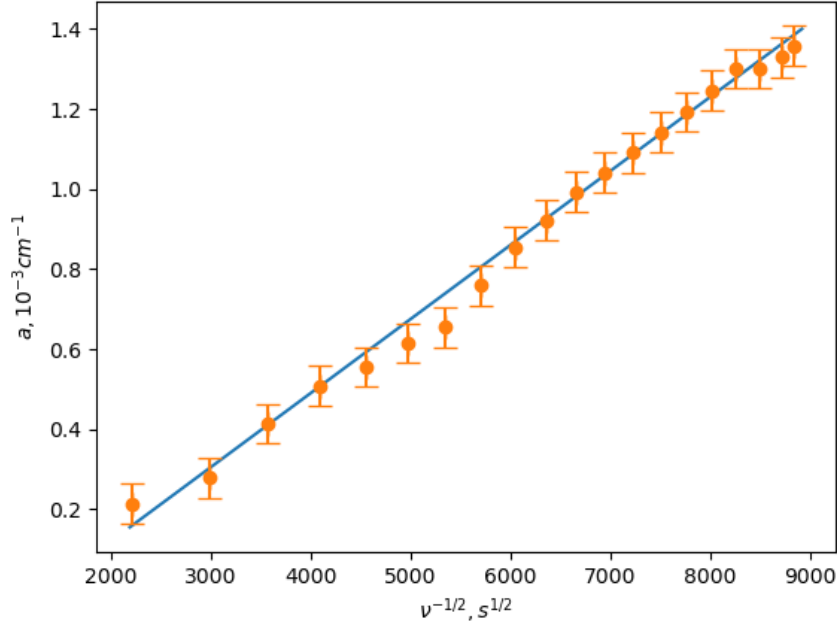


Рисунок 3: Метод А

Отсюда имеем:

$$\sigma_1 = (5.4 \pm 0.1) \cdot 10^{18} \quad (17)$$

### 1.4 Определение удельной проводимости проводников. Метод Б

Для данного метода построим зависимость  $\alpha k$  от  $\nu^{3/2}$ :

$$y_3 = \frac{4\pi C_x}{cd\sqrt{\sigma}} x_3 \quad (18)$$

Отсюда

$$\sigma_2 = \left( \frac{4\pi C_x}{cd \left( \frac{\Delta y}{\Delta x} \right)} \right)^2 = (6.7 \pm 0.3) \cdot 10^{18} \quad (19)$$

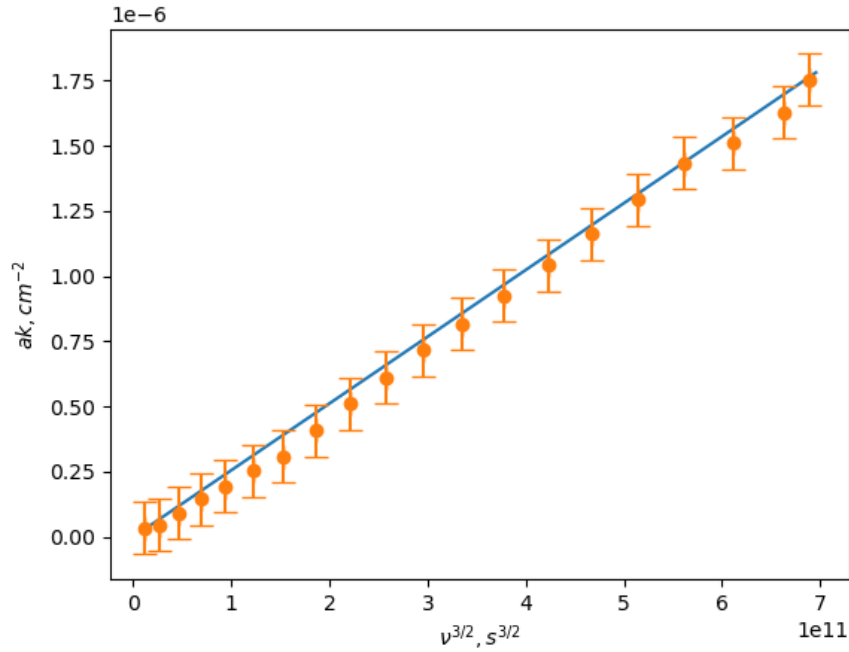


Рисунок 4: Метод Б

## 2 Вывод

В ходе данной работы была изучена теория распространения электрических сигналов вдоль длинной линии, а также экспериментально проверены её основные положения. Измерены амплитудно- и фазово-частотные характеристики коаксиальной линии, определены её погонные параметры: индуктивность  $L_x = (2.55 \pm 0.03)$ , ёмкость  $C_x = (0.92 \pm 0.01)$ , а также магнитная проницаемость  $\mu = (1.13 \pm 0.01)$  и диэлектрическая проницаемость  $\varepsilon = (2.06 \pm 0.02)$  диэлектрика. Оценена фазовая скорость распространения сигнала в линии  $V_\phi = (1.98 \pm 0.01) \cdot 10^{10}$  см/с.

Двумя различными методами (А и Б) определена удельная проводимость проводников коаксиального кабеля. Метод А дал значение  $\sigma_1 = (5.4 \pm 0.1) \cdot 10^{18}$ , в то время как метод Б показал  $\sigma_2 = (6.7 \pm 0.3) \cdot 10^{18}$ .

Таким образом, работа позволила на практике изучить теорию длинной линии, исследовать её характеристики и проверить экспериментальные методы измерения параметров электрических цепей.