

Условие

Задание 10-3 Подводный телеграфный кабель.

В настоящее время подавляющий поток информации передается по спутниковым и оптическим каналам связи. Однако глобальная информатизация начиналась с трансатлантических телеграфных кабелей. Историю забывать не следует, поэтому данное задание посвящено изучению некоторых физических явлений, связанных с передачей электрических сигналов по кабелям на большие расстояния.

В задаче рассматривается одножильный медный кабель, диаметр цилиндрической жилы которого равен $d = 5,0$ мм. Медная жила покрыта резиновым изоляционным слоем толщиной $h = 1,0$ мм.

Удельное электрическое сопротивление меди $\rho_0 = 1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м;

Удельное электрическое сопротивление резины $\rho_1 = 2,1 \cdot 10^{11}$ Ом·м

1. Введение.

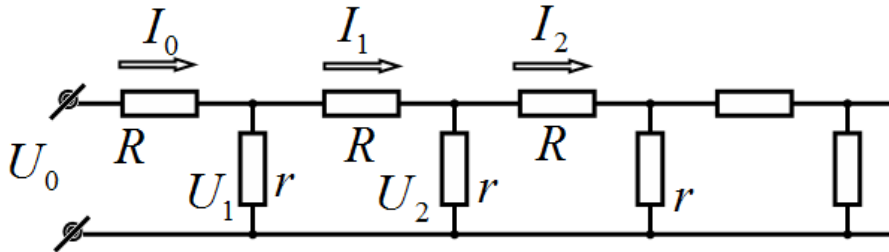
1.1 Рассчитайте электрическое сопротивление R медной жилы длины $L = 1,0$ км.

1.2 Рассчитайте электрическое сопротивление r резинового изоляционного слоя той же длины, через который возможна утечка тока в окружающую среду (например, воду для подводного кабеля).

2. Уменьшение силы тока в кабеле и его утечка.

Не смотря на высокое сопротивление изоляционного слоя, часть тока протекает через изоляционный слой, что приводит к уменьшению силы тока в кабеле. Строгое решение задачи о распределении тока в кабеле с утечкой требует вывода и решения дифференциальных уравнений.

Поэтому в данной задаче мы будем использовать дискретную модель, представляющую бесконечную цепочку резисторов, соединенных по схеме, показанной на рисунке.



В этой схеме резисторы R моделируют сопротивление центральной жилы кабеля, а резисторы r - сопротивление изоляции. Считайте, что их численные значения такие, как найдены в п. 1.1 -1.2.

Пронумеруем все звенья цепи индексом $k = 0, 1, 2, \dots$. Силы токов через резисторы R обозначим $I_0, I_1, I_2, \dots$, а напряжения на резисторах r - $U_0, U_1, U_2, \dots$. Напряжение на входе цепи обозначим U_0 .

2.1 Выразите силу тока в k -том звене I_k через напряжения U_k и U_{k+1} и параметры элементов цепи.

2.2 Получите соотношение, связывающее между собой напряжения U_{k-1}, U_k, U_{k+1} и параметры элементов цепи.

Предположим, что последовательность напряжений $U_0, U_1, U_2, \dots$ представляет собой геометрическую прогрессию. Тогда, напряжения на резисторах утечки можно записать в явном виде

$$U_k = U_0 \lambda^k \quad (1)$$

2.3 Покажите, что сделанное предположение о виде зависимости (1) выполняется, найдите значение знаменателя прогрессии λ . Рассчитайте его численное значение.

2.4 Оцените во сколько раз убывает напряжение и сила тока в кабеле на расстоянии $l = 2000$ км.

Республиканская физическая олимпиада

2021 год.

(III этап)