

Условие

Задание 9-2. Изучение линии электропередачи

Часть 1. Сопротивление линии передачи

Соедините два проволочных резистора последовательно.

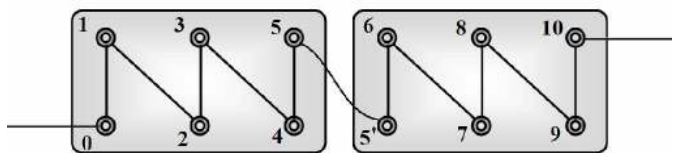


Рис. 1

1.1 Измерьте сопротивления всех звеньев резисторов $r_{01}, r_{02}, \dots, r_{910}$. Считая, что все эти сопротивления должны быть одинаковы, рассчитаете среднее значение сопротивления одного звена r_0 . Оцените погрешность найденного значения Δr_0 .

В дальнейших частях задачи расчет погрешности не требуется!

Исследованные вами проволочные резисторы далее используются как модель линии электропередач.

Источник напряжения всегда подключайте к «нулевым» клеммам.

Напряжение источника обозначим U_0 . Перед каждой серией измерений вам необходимо измерить это напряжение и привести его в своей работе, так как это напряжение может изменяться по мере разрядки источника.

В качестве моделей потребителей используются реостаты. Их также подключайте симметрично. В Части 2 изучается схема с одним потребителем (Рис. 2). Вы можете изменять сопротивление нагрузки R_1 (двигая движок реостата) и общее сопротивление цепи электропередачи r .

Под величиной r подразумевается общее сопротивление линии передачи. Так на рис. 2 это сопротивление равно $r = 4r_0$. Подключение не обязательно должно быть симметричным.

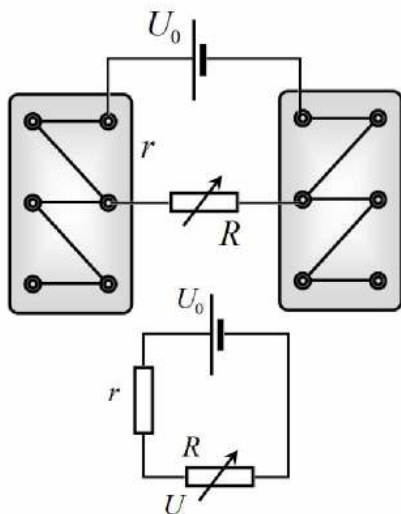


Рис. 2

В Части 3 исследуется схема с двумя потребителями (она также может быть не симметричной)

На рис.3 показано, как собрать такую установку, и приведена ее эквивалентная схема. В данной схеме вы r_1 - общее сопротивление до первого потребителя, на схеме $r_1 = 4r_0$. Общее сопротивление участка линии от первого до второго потребителя обозначено r_2 . На приведенном рисунке $r_2 = 6r_0$.

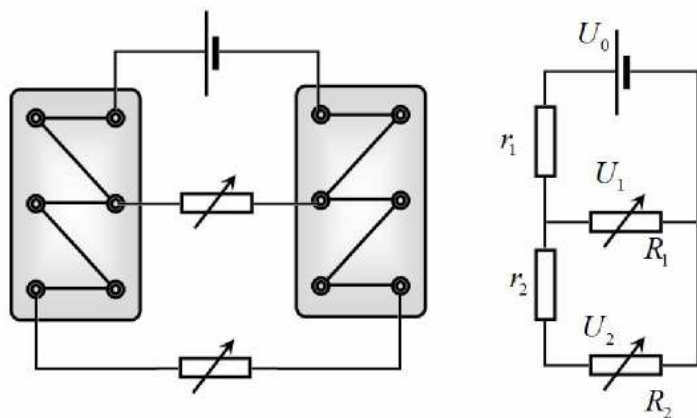


Рис. 3

Будьте внимательны! Схемы на рис. 2-3 приведены для примера, читайте условия соответствующих частей задачи, в которых указаны значения параметров, при которых вы должны проводить измерения!

IX класс. Экспериментальный тур. Вариант 1 10

Часть 2. Один потребитель.

В данной части Вам необходимо исследовать зависимость напряжения U на нагрузке и мощности, выделяющейся на ней P , от ее сопротивления R . Измерения проводите по схеме, показанной на рис. 2.

Установите сопротивление линии передачи $r = 2r_0$. и не изменяйте его при выполнении заданий этой части!

2.1 Приведите схему измерений, на которой укажите, как вы подключали проволочные реостаты линии передачи. Также на схеме укажите положение ключа, позволяющего, не изменяя подключения омметра, измерять напряжение на нагрузке и ее сопротивление (конечно, вам необходимо переключать режим работы омметра: «измерение напряжения», «измерение сопротивления»).

2.2 Измерьте и укажите напряжение источника U_0 .

2.3 Проведите измерения зависимости напряжения на нагрузке U от ее сопротивления R . Постройте график полученной зависимости.

2.4 Используя полученные экспериментальные данные, постройте график зависимости мощности, выделяющейся на нагрузке P , от ее сопротивления R . Постройте график полученной зависимости.

2.5 Приведите теоретическую формулу $P(R)$, описывающую зависимость мощности, выделяющейся на нагрузке P , от ее сопротивления R . На том же бланке постройте график теоретической зависимости $P(R)$.

2.6 Объясните возможные причины расхождений между теоретической и экспериментальными зависимостями.

Часть 3. Два потребителя

В данной части работы вы должны показать, что нагрузка одного потребителя влияет на напряжение (следовательно, и на мощность) второго потребителя. Измерения проводите по схеме, изображенной на рис. 3. Вам необходимо измерить напряжений у первого и второго потребителей U_1 и U_2 в зависимости от сопротивления нагрузки первого потребителя R_1 , при постоянном сопротивлении нагрузки второго потребителя R_2 . При изменении и измерении сопротивлений и напряжений вам предстоит постоянно переключать подключение мультиметра.

IX класс. Экспериментальный тур. Вариант 1 11

Измерения проводите при следующих значениях параметров: Сопротивления участков линии электропередачи $r_1 = r_2 = r_0$; Сопротивление нагрузки второго потребителя $R_2 = 4,0$ Ом

3.1 Нарисуйте схему измерений, на которой укажите, где необходимо поместить ключ, чтобы при измерениях не отключать элементы от цепи. Укажите на схеме, где необходимо подключать мультиметр, для измерения напряжений на нагрузках обоих потребителей и сопротивление нагрузки первого потребителя.

3.2 Измерьте и укажите напряжение источника U_0 .

3.3 Измерьте зависимости напряжений у первого U_1 и второго потребителей U_2 от сопротивления нагрузки первого потребителя R_1 . Постройте на одном бланке графики полученных зависимостей $U_1(R_1)$, $U_2(R_1)$.

3.4 Рассчитайте мощность, выделяемые у каждого из потребителей $P_1(R_1)$, $P_2(R_1)$. Постройте графики полученных зависимостей.

3.5 При каком соотношении между сопротивлениями цепи мощности у обоих потребителей будут равны? Выполняется ли это условие в вашем эксперименте?

IX класс. Экспериментальный тур. Вариант 1 12



Республиканская физическая олимпиада 2020 год (III этап)

Экспериментальный тур

Решение

Задание 9-2. Изучение линии электропередачи

Часть 1. Сопротивление линии передачи.

Результаты измерений сопротивлений звеньев приведены в таблице 1.

Таблица 1.

n	R, Ом
1	2,90
2	3,10
3	3,00
4	3,10
5	2,90
6	3,10
7	3,00
8	2,80
9	3,10
10	2,90

Расчет среднего сопротивления и его погрешности по этим данным привел к значению:

$$R = (2,99 \pm 0,07) \text{ Ом} \quad (1)$$

Часть 2. Один потребитель.

2.1 Ключ должен быть подключен таким образом, чтобы при измерении сопротивления резистор отключался от остальной цепи.

2.2 Измерения проведены при $U_0 = 1,45 \text{ В}$

2.3 – 2.6 Результаты требуемых измерения, а также расчетов приведены в Таблице 2.

Измерения проведены при сопротивлении линии $r = 5,98 \text{ Ом}$

При расчетах использованы следующие формулы.

Напряжение на нагрузке

$$U = U_0 \frac{R}{R + r};$$

Мощность на нагрузке

$$P = \frac{U^2}{R}.$$

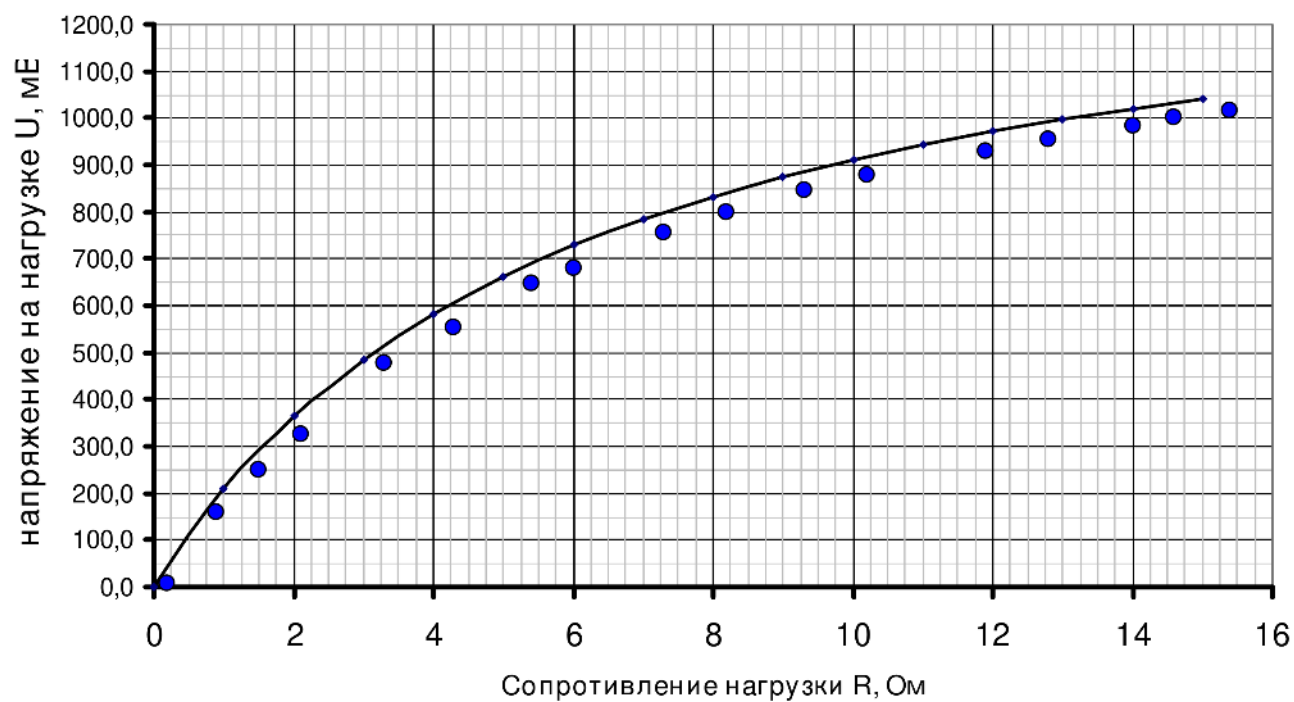
IX класс. Экспериментальный тур. Вариант 1. 4

Таблица 2.

	теория			измерения		
	R	U, мВ	P, мВт	R	U, мВ	P, мкВт
	0	0,0	0,0	0,2	8	0,3
1	1	208,5	43,5	0,9	158	27,7
2	2	364,7	66,5	1,5	249	41,3
3	3	486,1	78,8	2,1	327	50,9
4	4	583,2	85,0	3,3	478	69,2
5	5	662,6	87,8	4,3	553	71,1
6	6	728,7	88,5	5,4	646	77,3
7	7	784,7	88,0	6	680	77,1
8	8	832,6	86,7	7,3	756	78,3
9	9	874,2	84,9	8,2	797	77,5
10	10	910,5	82,9	9,3	847	77,1
11	11	942,6	80,8	10,2	880	75,9
12	12	971,1	78,6	11,9	928	72,4
13	13	996,6	76,4	12,8	956	71,4
14	14	1 019,5	74,2	14	982	68,9
15	15	1 040,3	72,1	14,6	1001	68,6
				15,4	1014	66,8

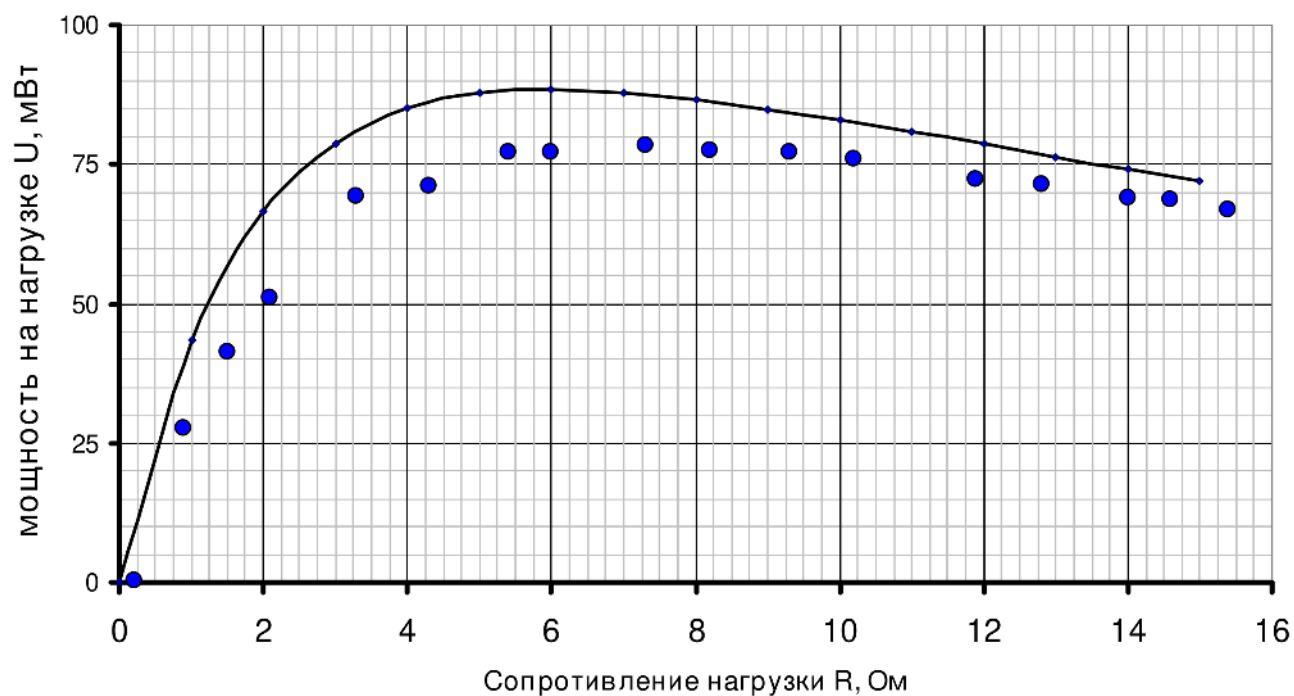
Эти данные также представлены в виде графиков.

Зависимость напряжения от сопротивления



IX класс. Экспериментальный тур. Вариант 1. 5

Зависимость мощности от сопротивления



Экспериментальные точки легли ниже теоретических кривых, что объясняется пренебрежением внутренним сопротивлением источника в теоретических расчетах. Т.е. занижено значе-

ние величины r .

Часть 3. Два потребителя Результаты измерений при указанных значениях параметров приведены в Таблице 3. Там же указаны рассчитанные значения мощностей у разных потребителей.

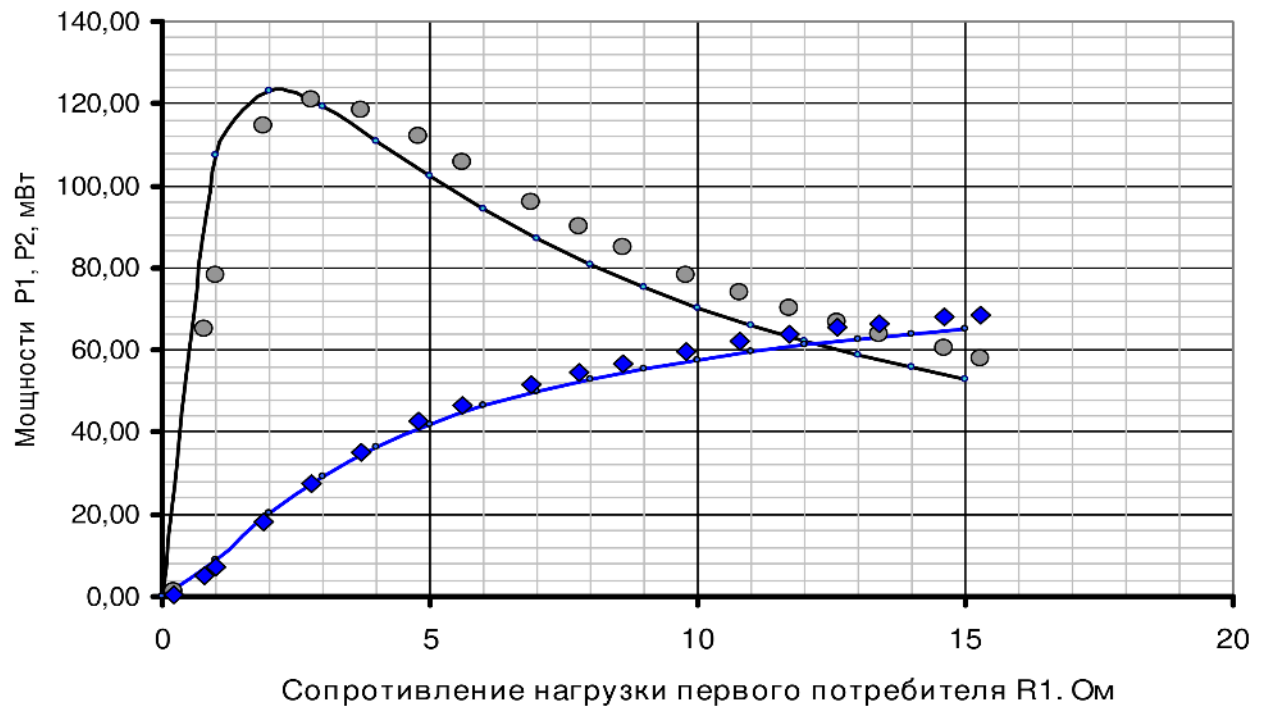
Таблица 3.

R1, Ом	U1, мВ	U2, мВ	P1, мВт	P2, мВт
0,2	17	35	1,4	0,3
0,8	228	145	65,0	5,3
1,0	280	171	78,4	7,3
1,9	467	271	114,8	18,4
2,8	582	332	121,0	27,6
3,7	662	374	118,4	35,0
4,8	733	413	111,9	42,6
5,6	770	432	105,9	46,7
6,9	814	455	96,0	51,8
7,8	838	468	90,0	54,8
8,6	856	477	85,2	56,9
9,8	876	488	78,3	59,5
10,8	895	499	74,2	62,3
11,7	907	505	70,3	63,8
12,6	919	512	67,0	65,5
13,4	926	515	64,0	66,3
14,6	939	522	60,4	68,1
15,3	943	524	58,1	68,6

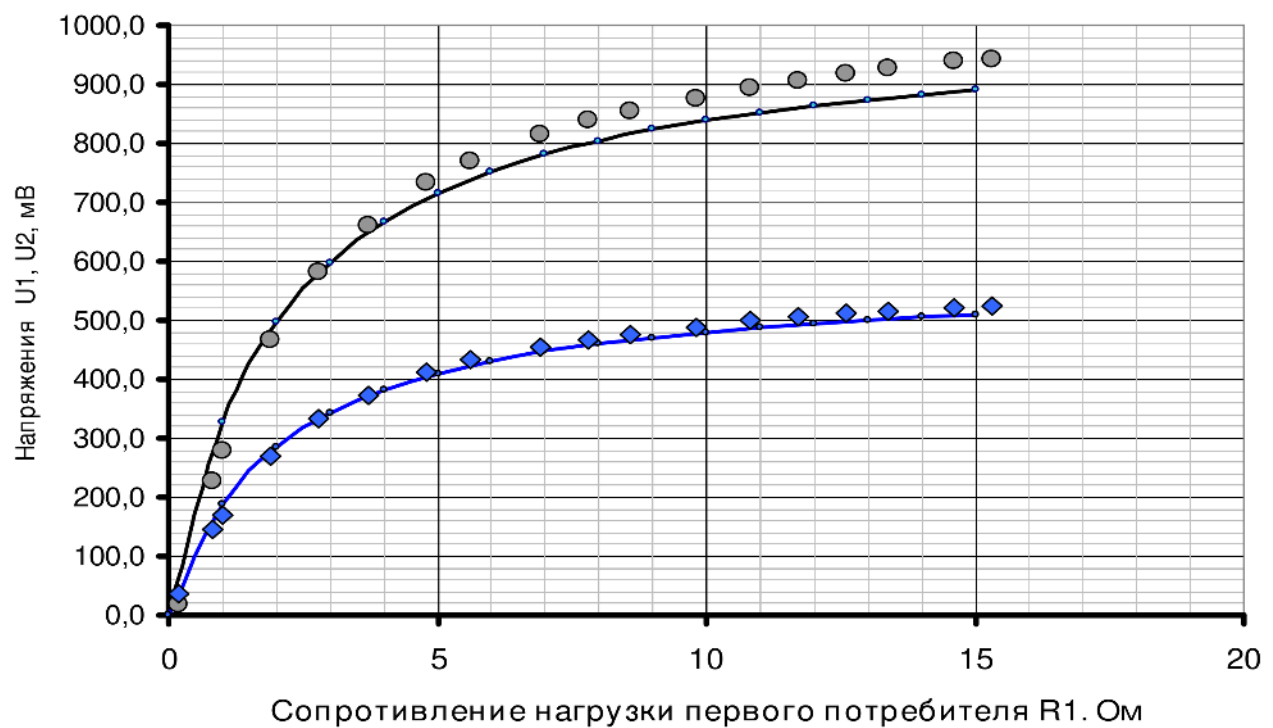
IX класс. Экспериментальный тур. Вариант 1. 6

Ниже приведены графики полученных зависимостей. На графиках сплошные линии – теоретические зависимости. их расчет от участников олимпиады не требуется.

Зависимости мощностей потребителей
от сопротивления



Зависимости напряжений потребителей
от сопротивления



IX класс. Экспериментальный тур. Вариант 1. 7

Мощности у обоих потребителей будут одинаковы при выполнении условия

$$R_1 = \frac{R_2}{(r_2 + R_2)^2},$$

Что хорошо подтверждается в проведенном эксперименте.

IX класс. Экспериментальный тур. Вариант 1. 8

Решения задач. 10 класс