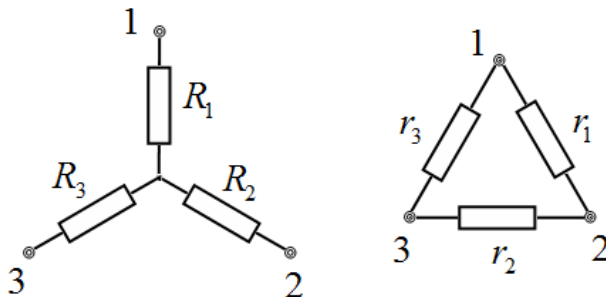


Условие

Задание 9-1. «Звезда» и «треугольник».

Оборудование: Мультиметр, работающий в режиме омметра; два реостата с общим сопротивлением 10-15 Ом с тремя выводами (крайние и средняя точка); резистор с сопротивлением 2-3 Ом; соединительные провода.

В электрических схемах часто встречаются соединения трех резисторов, которые называются «звездой» и «треугольником» (см. рис.). Каждая из этих схем имеет три резистора и три вывода. Сопротивления резисторов в «звезде» будем обозначать большими буквами R_1, R_2, R_3 , а в «треугольнике» - малыми r_1, r_2, r_3 . Общие сопротивления между выводами будем нумеровать двумя индексами, указывающими между какими выводами, измеряется данное сопротивление.



Схемы называются эквивалентными, если сопротивления между выводами равны:

$$\begin{aligned} R_{12} &= r_{12} \\ R_{23} &= r_{23} \\ R_{31} &= r_{31} \end{aligned} \quad (1)$$

Часть 1. Схемы по отдельности.

1.1 Выразите сопротивления между выводами через сопротивления элементов схемы (для «звезды» и для «треугольника») через сопротивления элементов схемы.

1.2 Проведите измерения, доказывающие правильность полученных вами формул. Для этого: 1.2.1 Измерьте сопротивления выданных вам резисторов (одного постоянного и двух реостатов – для них измерьте полное сопротивление).

1.2.2 В качестве резисторов R_1 и r_1 используйте постоянный резистор; в качестве резисторов R_2 и r_2 используйте один переменный резистор (реостат), установив его сопротивление в 5,0 Ом (в ходе измерений в этой части его сопротивление не изменяйте), в качестве резисторов R_3 и r_3 используйте второй переменный резистор. Проведите измерения зависимости измерения зависимостей сопротивлений между выводами в обеих схемах в зависимости от сопротивления третьего резистора (всего 6 зависимостей). Постройте графики полученных зависимостей.

1.2.3 На тех же бланках постройте графики соответствующих теоретических зависимостей.

1.2.4 Если экспериментальные и теоретические зависимости совпадают, то объясните причины возможных расхождений между ними.

Часть 2. Эквивалентность схем.

2.1 Пусть вам известны сопротивления резисторов в схеме «треугольник» r_1, r_2, r_3 . Выведите формулы для сопротивлений в схеме звезда R_1, R_2, R_3 , такие, чтобы схемы были эквивалентными.

2.2 Соберите две схемы - «звезду» и «треугольник» с такими сопротивлениями, чтобы обе схемы были эквивалентными. Приведите результаты измерений сопротивлений отдельных резисторов (6 значений) в каждой схеме (6 значений), а также сопротивлений между выводами схем (еще 6 значений).

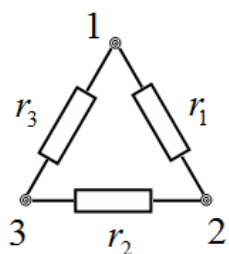
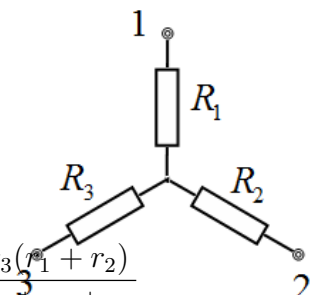
Решение

Задание 9-1. «Звезда» и «треугольник».

Часть 1. Схемы по отдельности.

1.1 Расчет схем проводится элементарно с использованием законов параллельного и последовательного соединения проводников.

Так сопротивления между выводами подчиняются соотношениям:

$$R_{12} = R_1 + R_2, \quad R_{23} = R_2 + R_3, \quad R_{31} = R_3 + R_1$$

$$r_{12} = \frac{r_1(r_2 + r_3)}{r_1 + r_2 + r_3}, \quad r_{23} = \frac{r_2(r_1 + r_3)}{r_1 + r_2 + r_3}, \quad r_{31} = \frac{r_3(r_1 + r_2)}{r_1 + r_2 + r_3} \quad (1)$$

1.2 Экспериментальные измерения в данном случае предельно просты. Однако, численные значения зависят от сопротивлений предоставленных приборов. Результаты измерений соответствуют записанным теоретическим зависимостям, поэтому их легко проверять «на глаз». Незначительные отклонения от теоретических зависимостей могут быть обусловлены сопротивлением соединительных проводов. Поэтому желательно их проверить, перед тем как выдавать участникам олимпиады.

Часть 2. Эквивалентность схем.

2.1 Формулы для пересчета «треугольника» в «звезду» следуют из определения эквивалентности, приведенными в условии задачи. После небольших алгебраических усилий, можно получить формулы пересчета:

$$R_1 = \frac{r_1 r_3}{r_1 + r_2 + r_3}, \quad R_2 = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2 + r_3}, \quad R_3 = \frac{r_2 r_3}{r_1 + r_2 + r_3}. \quad (2)$$

2.2 Вариантов подбора необходимых сопротивлений бесконечно много, поэтому следует просто приведенные участниками олимпиады данные проверить по формулам (2), соответствуют ли они им. Заметим, что подобрать нужные сопротивления схем методом «научного тыка» достаточно сложно, необходимы предварительные теоретические оценки.