

Лабораторная работа

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ, ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ И СМЕШАННОЕ СОЕДИНЕНИЕ ПРИЕМНИКОВ

Цель работы: Экспериментальным путем проверить основные соотношения электрических величин для цепей постоянного тока с последовательным, параллельным и смешанным соединением приемников электрической энергии.

1. Общие сведения

Существуют следующие соединения приемников: последовательное, параллельное и смешанное.

Последовательным соединением приемников называется такое, при котором начало последующего приемника соединяется с концом предыдущего (рис. 1.1, а).

Часто такая цепь (или участок цепи) называется неразветвленной.

Отличительной особенностью последовательного соединения является то, что во всех приемниках протекает одинаковый ток.

При этом соединении напряжение U , приложенное к цепи, равно сумме падений напряжений на отдельных приемниках:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) = IR_3,$$

где $R_3 = R_1 + R_2 + R_3$ – эквивалентное сопротивление всей последовательной цепи, равное сумме сопротивлений отдельных приемников.

Поделив почленно падения напряжений на приемниках, получим

$$U_1:U_2:U_3 = IR_1:IR_2:IR_3 = R_1:R_2:R_3,$$

т.е. падения напряжения в отдельных приемниках пропорциональны сопротивлениям этих приемников.

Мощность, потребляемая последовательной цепью

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = I^2R_1 + I^2R_2 + I^2R_3 = IU_1 + IU_2 + IU_3 = UI.$$

Поделив почленно мощности отдельных приемников, получим:

$$P_1:P_2:P_3 = R_1:R_2:R_3,$$

т.е. развиваемая в отдельных приемниках мощность пропорциональна их сопротивлениям.

При изменении величины сопротивления одного из приемников в цепи происходит изменение тока и сопротивления, перераспределение падений напряжений между приемниками или, как говорят, изменяется режим работы всех приемников. Это является существенным недостатком последовательного соединения.

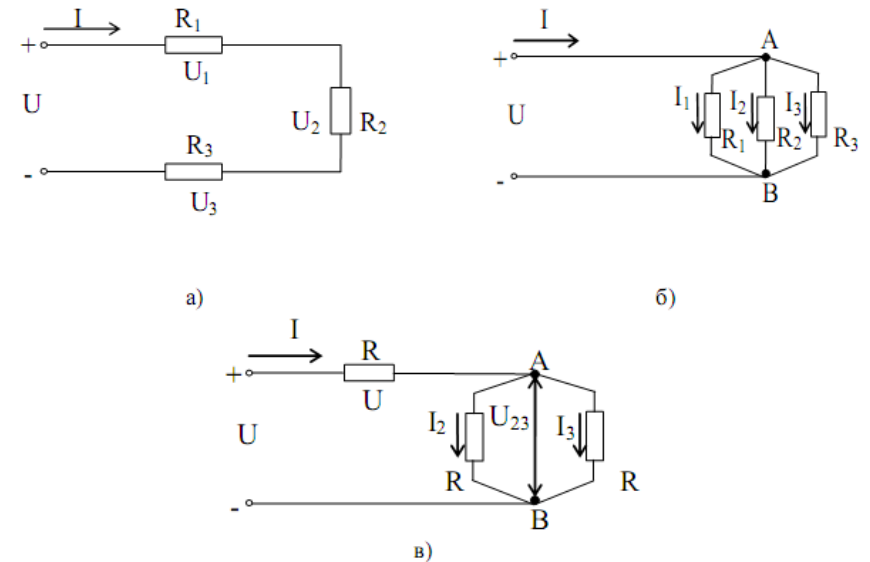


Рис. 1.1. Схемы соединения приемников:
а- последовательное соединение;
б- параллельное соединение;
в- смешанное соединение

Параллельным соединением приемников называется такое, при котором начала всех приемников соединены в один узел, а концы – в другой (рис. 1.1, б).

При таком соединении цепь получается разветвленной, а сами приемники являются ее ветвями.

Отличительной особенностью параллельного соединения является то, что все приемники находятся под одним и тем же напряжением. Токи в них равны:

$$I_1 = U/R_1 = UG_1, I_2 = U/R_2 = UG_2, I_3 = U/R_3 = UG_3,$$

где $G_1 = 1/R_1$, $G_2 = 1/R_2$, $G_3 = 1/R_3$, проводимости отдельных приемников.

Поделив почленно токи в приемниках, получим

$$I_1:I_2:I_3 = (1/R_1):(1/R_2):(1/R_3) = G_1:G_2:G_3.$$

Т.е. при параллельном соединении токи в приемниках обратно пропорциональны их сопротивлениям или прямо пропорциональны их проводимостям.

Согласно первому закону Кирхгофа ток в неразветвленной части цепи равен

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) = U \frac{1}{R_3},$$

где $\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$, величина, обратная эквивалентному сопротивлению параллельной цепи.

Переходя к проводимостям, получим

$$I = U(G_1 + G_2 + G_3) = UG_3,$$

где $G_3 = G_1 + G_2 + G_3$ – эквивалентная проводимость параллельной цепи, равная сумме проводимостей отдельных приёмников.

Эквивалентное сопротивление параллельной цепи $R_3 = 1/G_3$.

Мощность, потребляемая параллельной цепью

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = U^2G_1 + U^2G_2 + U^2G_3 = UI_1 + UI_2 + UI_3 = UI.$$

Поделив почленно мощности отдельных приёмников, получим:

$$P_1:P_2:P_3 = G_1:G_2:G_3,$$

т.е. развиваемая в отдельных приёмниках мощность пропорциональна их проводимостям (или обратно пропорциональна их сопротивлениям).

При параллельном включении приёмников режим работы каждого из них не влияет на режим работы остальных.

Смешанное соединение приёмников представляет собой цепь, которая состоит из ряда последовательно и параллельно соединённых приёмников (рис. 2.1, в). Для расчёта таких цепей выделяют отдельные участки с последовательным или параллельным соединением приёмников и к ним применяют выше рассмотренные соотношения.

Для схемы на рис. 2.1, в, эквивалентное сопротивление находится следующим образом. Сначала определяется эквивалентное сопротивление параллельной цепи. Т.к.

$$\frac{1}{R_{23}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}, \text{ то } R_{23} = \frac{R_2R_3}{R_2 + R_3}.$$

Сопротивление R_1 , включено последовательно с сопротивлением R_2 , поэтому эквивалентное сопротивление всей цепи равно $R_3 = R_1 + R_2$.

Ток в неразветвлённой части цепи

$$I_1 = \frac{U}{R_3}.$$

Напряжение на сопротивлении R_1

$$U_1 = I_1R_1.$$

Напряжение на зажимах параллельных ветвей

$$U_{23} = I_1R_{23} \text{ или } U_{23} = U - U_1.$$

Токи в параллельных ветвях

$$I_2 = \frac{U_{23}}{R_2}, \quad I_3 = \frac{U_{23}}{R_3}.$$

Мощность, потребляемая всей смешанной цепью

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = U_1I_1 + U_{23}I_2 + U_{23}I_3 = UI.$$

2. Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с реостатами, которые используются в качестве приёмников электрической энергии, и приборами, необходимыми для выполнения работы; запишите их основные технические данные.

2. С помощью омметра установить сопротивления реостатов, равными: $R_1 = 5 \text{ Ом}$, $R_2 = 10 \text{ Ом}$, $R_3 = 15 \text{ Ом}$.

3. Собрать схему (рис. 1.2, а) и предъявить её для проверки преподавателю.

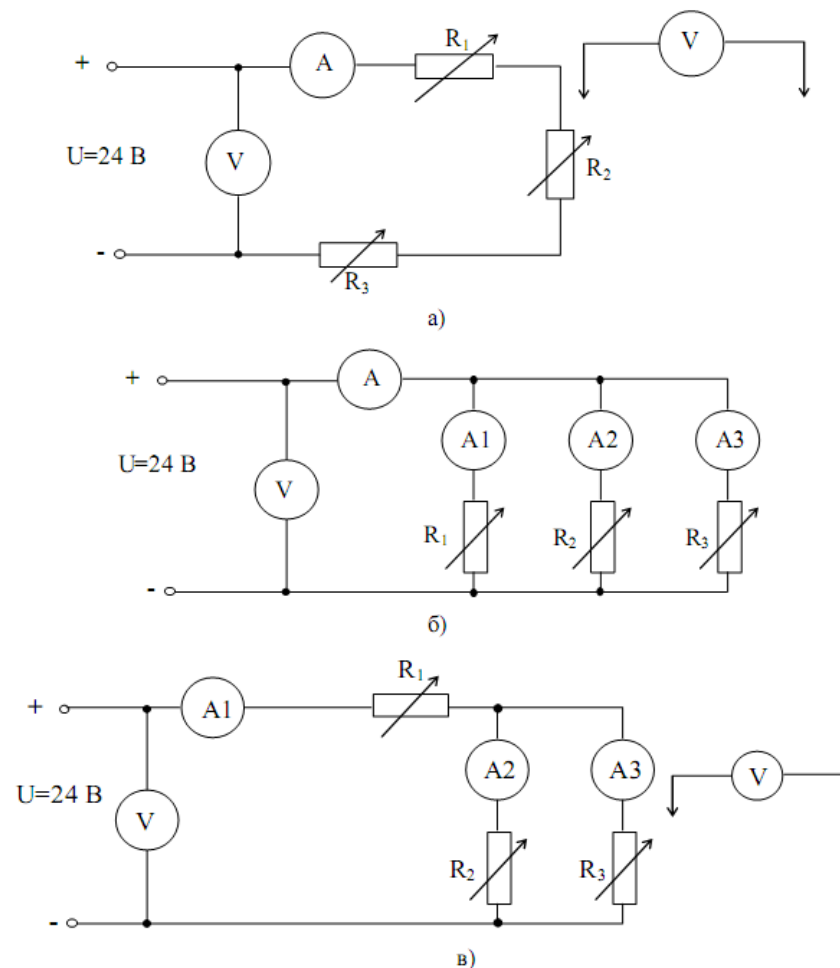


Рис. 1.2. Схемы лабораторной работы для исследований:
 а – с последовательным соединением реостатов;
 б – с параллельным соединением реостатов;
 в – со смешанным соединением реостатов.

4. Включить источник питания. Измерить: напряжение U на зажимах всей цепи и на каждом реостате U_1, U_2, U_3 ; ток I в цепи. Выключить источник. Установить сопротивления реостатов равными: $R_1=R_2=R_3=10$ Ом. Включить источник и снова выполнить указанные измерения.

5. Вычислить: сопротивление каждого реостата R_1, R_2, R_3 ; эквивалентное сопротивление R_3 последовательной цепи; мощности, потребляемые отдельными реостатами P_1, P_2, P_3 ; мощность, потребляемую всей цепью P .

Проверить соотношения:

$$R_3 = R_1 + R_2 + R_3; U = U_1 + U_2 + U_3; P = P_1 + P_2 + P_3; U_1:U_2:U_3 = R_1:R_2:R_3.$$

6. Результаты измерений и расчётов записать в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Условия опыта	Опытные данные					Расчетные данные								
	U	I	U_1	U_2	U_3	R_1	R_2	R_3	R_3	P_1	P_2	P_3	P	
	В	А	В	В	В	Ом	Ом	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт	Вт	
$R_1 \neq R_2 \neq R_3$														
$R_1 = R_2 = R_3$														

7. С помощью омметра установить сопротивления реостатов, равными: $R_1 = 3$ Ом, $R_2 = 8$ Ом, $R_3 = 12$ Ом.

8. Собрать схему (рис. 1.2, б) и предъявить её для проверки преподавателю.

9. Включить источник питания. Измерить: токи в параллельных ветвях I_1, I_2, I_3 и ток I в неразветвлённой части цепи; напряжение на зажимах цепи. Выключить источник. Установить сопротивления реостатов равными $R_1 = R_2 = R_3 = 12$ Ом. Включить источник и снова выполнить указанные измерения.

10. Вычислить: сопротивление каждого реостата R_1, R_2, R_3 ; эквивалентное сопротивление параллельной цепи R_3 ; мощности, потребляемые отдельными реостатами P_1, P_2, P_3 ; мощность P , потребляемую всей цепью.

Проверить соотношения: $\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$; $I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$;

$$I = I_1 + I_2 + I_3; P = P_1 + P_2 + P_3.$$

11. Результаты измерений и расчетов записать в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Условия опыта	Опытные данные					Расчетные данные								
	U	I	I_1	I_2	I_3	R_1	R_2	R_3	R_3	P_1	P_2	P_3	P	
	В	А	А	А	А	Ом	Ом	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт	Вт	
$R_1 \neq R_2 \neq R_3$														
$R_1 = R_2 = R_3$														

12. С помощью омметра установить сопротивления реостатов равными: $R_1 = 15$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 5$ Ом.

13. Собрать схему (рис. 1.2, в) и предъявить её для проверки преподавателю.

14. Включить источник питания. Измерить: токи в параллельных ветвях I_2, I_3 и в неразветвлённой части цепи I_1 ; напряжение U_1 на зажимах всей цепи; напряжение U_1 на сопротивлении R_1 ; напряжение U_{23} на разветвлённом участке цепи. Выключить источник. Установить сопротивления реостатов равными $R_1 = R_2 = R_3 = 10$ Ом. Включить источник и снова выполнить указанные измерения.

15. Вычислить: сопротивления параллельных ветвей R_2, R_3 ; сопротивление неразветвлённой части цепи R_1 ; эквивалентное сопротивление всей цепи R_3 ; мощности, потребляемые отдельными реостатами P_1, P_2, P_3 ; мощность P , потребляемую всей цепью. Проверить соотношения:

$$R_3 = R_1 + R_{23}; I_1 = I_2 + I_3; P = P_1 + P_2 + P_3$$

16. Результаты измерений и расчётов записать в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Условия опыта	Опытные данные						Расчетные данные							
	U	U_1	U_{23}	I_1	I_2	I_3	R_1	R_2	R_3	R_3	P_1	P_2	P_3	P
	В	В	В	А	А	А	Ом	Ом	Ом	Ом	Вт	Вт	Вт	Вт
$R_1 \neq R_2 \neq R_3$														
$R_1 = R_2 = R_3$														

Примечание: при установке сопротивлений реостатов и в момент измерений их омметром реостаты должны быть отключены от цепи.

3. Содержание отчёта

1. Перечень и номинальные данные используемой аппаратуры.
2. Схемы исследований (3 схемы).
3. Расчёт сопротивлений, токов и мощностей для трёх схем (шесть опытов).
4. Таблицы с опытными и расчётными данными (3 таблицы).
5. Выводы по работе.

4. Контрольные вопросы

1. Какие соединения приёмников электрической энергии называются последовательными, параллельными, смешанными?
2. Как определить общее сопротивление цепи при любом соединении, если сопротивления участков известны?
3. В чём состоит особенность последовательного и параллельного соединений приёмников?