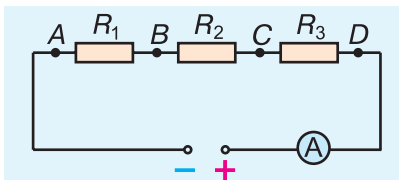




§ 24.

Паслядоўнае злучэнне праваднікоў. Рэзэстат

У найпрасцейшым ланцугу да крыніцы падключаецца адзін спажывец электраэнергіі (лямпачка, электрарухавік, электразванок і г. д.). Але, як вы ўжо ведаеце, у ланцуг можна ўключыць адначасова і некалькі спажывцоў, злучыўшы іх пэўным чынам. Якім заканамернасцям падпарадкоўваюцца ланцугі, якія змяшчаюць некалькі спажывцоў? Як выгадна іх злучаць?



Мал. 153

Самым простым відам злучэння некалькіх спажывцоў (праваднікоў) з'яўляецца паслядоўнае, пры якім злучаныя праваднікі маюць па адным агульным пункце (мал. 153): B — для праваднікоў R_1 і R_2 , C — для праваднікоў R_2 і R_3 . Паслядоўна

мы ўключаем амперметр. Для паслядоўнага злучэння выконваюцца тры галоўныя заканамернасці.

1. Сіла току ва ўсіх правадніках аднолькавая:

$$I_1 = I_2 = I_3 = I. \quad (1)$$

2. Напружанне на ўчастку з паслядоўна злучаных праваднікоў роўна суме напружанняў на кожным з іх:

$$U = U_1 + U_2 + U_3. \quad (2)$$

Гэта заканамернасць вынікае з фізічнага сэнсу напружання. Поўная работа электрычных сіл на ўчастку AD роўна суме работ, выкананых на ўчастках AB , BC і CD (мал. 153).

3. Па законе Ома $U = IR$, дзе R — супраціўленне ўсяго ўчастка AD , $U_1 = IR_1$, $U_2 = IR_2$, $U_3 = IR_3$. Падставіўшы гэтыя выразы ў формулу (2), атрымаем: $IR = I(R_1 + R_2 + R_3)$, або

$$R = R_1 + R_2 + R_3. \quad (3)$$

Поўнае супраціўленне ўчастка ланцуга з паслядоўна злучаных праваднікоў роўна суме супраціўленняў асобных праваднікоў.

Для выпадку аднолькавых праваднікоў разлік спрашчаецца:

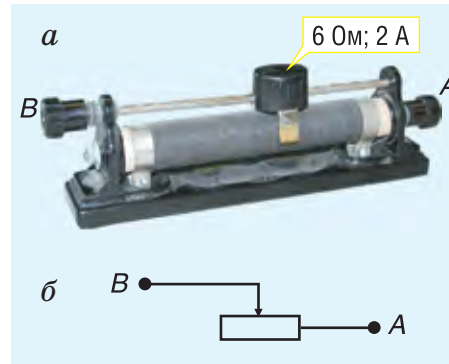
$$R = NR_1,$$

дзе N — колькасць аднолькавых праваднікоў, супраціўленнем R_1 кожны.

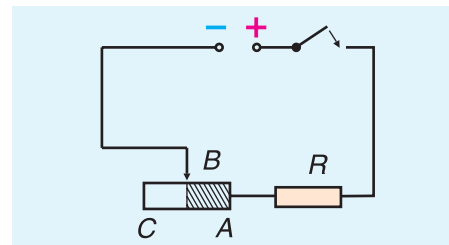
Рост супраціўлення ўчастка ланцуга пры дабаўленні ў яго новых праваднікоў тлумачыцца павелічэннем *даўжыні праводзячай часткі*. Гэту ўласцівасць можна выкарыстоўваць для *памяншэння*

сілы току ў ланцугу без зніжэння напружання крыніцы. Для практычнага рэгулявання сілы току ў ланцугу зручна выкарыстоўваць спецыяльнае ўстройства — **рэастат**.

На малюнку 154, *a* паказаны паўзунковы лабараторны рэастат. Доўгі дрот з вялікім удзельным супраціўленнем, намотаны на керамічны цыліндр. Адзін канец гэтага дроту выведзены на клему *A*. Па металічным стрыжні (мал. 154, *a*) вельмі малага супраціўлення слізгае латунны паўзунок. Ён шчыльна прыціскаецца да віткаў дроту. Паўзунок злучаны з клемай *B*. На малюнку 154, *b* схематычна намалюваны рэастат, які ўключаецца ў электрычны ланцуг праз клему *A* і *B*. На малюнку 155 добра бачны прынцып работы рэастата. Поўнае супраціўленне ланцуга складаецца з супраціўлення R рэзістара і супраціўлення ўключанай у ланцуг часткі (на малюнку яна заштрыхавана) рэастата. Незаштрыхаваная частка рэастата ў ланцуг не ўключана. Калі змяніць становішча паўзунка, то зменіцца даўжыня ўключанай у ланцуг часткі рэастата. Гэта прывядзе да змянення сілы току. Так, калі перасунуць паўзунок у крайняе левае становішча (пункт *C*), то ў ланцуг будзе ўключаны ўвесь рэастат. Супраціўленне ланцуга стане найбольшым, а сіла току — найменшай.



Мал. 154



Мал. 155

▼ Для дапытлівых

У тэхніцы, у электратранспарце рэгуляванне сілы току рэастатам выцясняецца іншымі, больш выгаднымі электроннымі рэгулятарамі. Справа ў тым, што, змяняючы сілу току ў ланцугу, рэастат награвяецца, на што расходуюцца значная энергія. Пры вялікім значэнні сілы току дрот рэастата можа перагрэцца і рэастат перастане працаваць. У электронных рэгулятарах гэтыя страты ў сотні разоў меншыя.

Паслядоўнае злучэнне электрапрыбораў у побыце практычна не выкарыстоўваецца. Адкажыце самастойна чаму.

Галоўныя вывады

1. Сіла току ў паслядоўна злучаных правадніках аднолькавая.
2. Напружанне на ўчастку з паслядоўна злучаных праваднікоў роўна суме напружанняў на кожным правадніку.
3. Супраціўленне ўчастку з паслядоўна злучаных праваднікоў роўна суме супраціўленняў асобных праваднікоў.
4. Рэаэстат дазваляе рэгуляваць сілу току ў ланцугу.

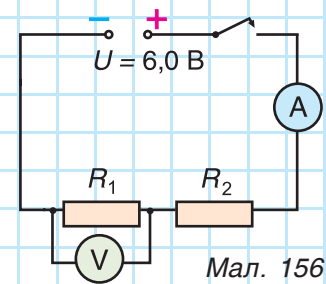
Кантрольныя пытанні

1. Як звязана напружанне на ўчастку з паслядоўна злучаных праваднікоў і на асобных правадніках? Чаму?
2. Як і чаму змяняецца супраціўленне ўчастку з паслядоўна злучаных праваднікоў пры дабаўленні ў яго новых праваднікоў?
3. Які прынцып рэгулявання сілы току ў ланцугу пры дапамозе рэаэстата?
4. Што азначаюць надпісы «6 Ом; 2 А» на лабараторным рэаэстаце?



Прыклад рашэння задачы

Вызначыце паказанні прыбораў у ланцугу, паказаным на малюнку 156. Супраціўленні рэзістараў $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 40 \text{ Ом}$. Супраціўленне амперметра зусім малое. Супраціўленне вальтметра лічыць бесканечна вялікім.



Мал. 156

Дадзена:

$$U = 6,0 \text{ В}$$

$$R_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 40 \text{ Ом}$$

$$I \text{ — ?}$$

$$U_1 \text{ — ?}$$

Рашэнне

Поўнае супраціўленне ланцуга: $R = R_1 + R_2 = 60 \text{ Ом}$.

Супраціўленне вальтметра не ўлічваем, паколькі ток праз яго практычна не ідзе. Сіла току:

$$I = I_1 = I_2 = \frac{U}{R} = \frac{6,0 \text{ В}}{60 \text{ Ом}} = 0,10 \text{ А}, \text{ г. зн. паказанні}$$

амперметра $I = 0,10 \text{ А}$.

Паказанне вальтметра роўна напружанню на першым рэзістары:

$$U_1 = IR_1 = 0,10 \text{ А} \cdot 20 \text{ Ом} = 2,0 \text{ В}.$$

Адказ: $I = 0,10 \text{ А}$; $U_1 = 2,0 \text{ В}$.

Практыкаванне 16

1. Чаму роўна поўнае супраціўленне ўчастка ланцуга, які складаецца з паслядоўна злучаных рэзістараў $R_1 = 200 \text{ Ом}$, $R_2 = 0,40 \text{ кОм}$, $R_3 = 500 \text{ Ом}$?

2. Да крыніцы з напружаннем $U = 12 \text{ В}$ падключаны паслядоўна рэзістары супраціўленнем $R_1 = 8,0 \text{ Ом}$ і $R_2 = 16 \text{ Ом}$. Чаму роўна поўнае супраціўленне ланцуга? Якая сіла току ў кожным рэзістары? Якое напружанне на кожным рэзістары?

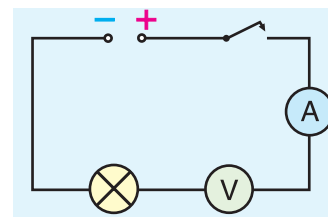
3. Участак электрычнага ланцуга складаецца з паслядоўна злучаных рэзістара супраціўленнем $R = 8,0 \text{ Ом}$ і ніхромавага дроту сячэннем $S = 0,22 \text{ мм}^2$ і даўжынёй $l = 80 \text{ см}$. Вызначыце сілу току ва ўчастку ланцуга пры падачы на яго напружання $U = 12 \text{ В}$. Якім будзе напружанне на рэзістары і на дроте?

4. Да крыніцы, якая дае напружанне $U = 4,0 \text{ В}$, далучылі рэзістар супраціўленнем $R_1 = 8,0 \text{ Ом}$ і паслядоўна з ім другі рэзістар з невядомым супраціўленнем. Вызначыце супраціўленне другога рэзістара, калі сіла току ў ланцугу $I = 0,20 \text{ А}$.

5. Лямпачку супраціўленнем $R_1 = 4,0 \text{ Ом}$, разлічаную на намінальнае напружанне $U_1 = 12 \text{ В}$, трэба падключыць да крыніцы, якая мае напружанне $U = 15 \text{ В}$. Якое дадатковае супраціўленне трэба ўключыць у ланцуг? Ці прыдатны для гэтай мэты школьны лабараторны рэастант?

6. Рэзістар супраціўленнем $R = 12 \text{ Ом}$ падключаны паслядоўна з лабараторным рэастантам (мал. 154, 155) да крыніцы напружанням $U = 4,5 \text{ В}$. Якой будзе сіла току ў ланцугу пры крайніх становішчах паўзунка рэастанта і пры ўстаноўцы яго на сярэдзіну?

7. Вымяраючы напружанне на лямпачцы, вучань памылкова ўключыў вальтметр не паралельна, а паслядоўна з ёй (мал. 157). Як адаб'ецца такое ўключэнне на свячэнні лямпачкі і на паказаннях амперметра?



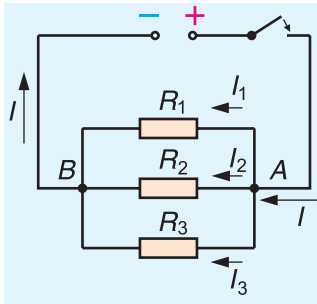
Мал. 157



§ 25.

Паралельнае злучэнне праваднікоў

Паслядоўна ў ланцуг можна злучаць толькі спажывыцы (праваднікі), разлічаныя на аднолькавую сілу току. Акрамя таго, калі ў такім ланцугу выключыць ток у адным спажывыцы, то разарвецца ўвесь ланцуг. Гэтых недахопаў пазбаўлены ланцуг, у якім спажывыцы злучаны паралельна.



Мал. 158

Пры паралельным злучэнні праваднікоў яны маюць па два агульныя пункты — пункты A і B на малюнку 158. Вынікам гэтага з'яўляецца тое, што напружанне U паміж пунктамі A і B ёсць напружанне на кожным з праваднікоў, г. зн.

$$U_1 = U_2 = U_3 = U. \quad (1)$$

Гэта першая заканамернасць паралельнага злучэння. **Напружанне на кожным з паралельна злучаных праваднікоў аднолькавае і роўна напружанню на ўсім участку паралельна злучаных праваднікоў.**

Другая заканамернасць паралельнага злучэння вынікае з таго, што электрычны зарад, які накіравана рухаецца ў ланцугу, не знікае і не ўзнікае з нічога. Ён толькі дзеліцца на часткі (у пункце A на малюнку 158) з наступным аб'яднаннем (у пункце B). Такім чынам,

$$I = I_1 + I_2 + I_3. \quad (2)$$

Сіла току ў неразгалінаванай частцы ланцуга роўна суме сіл току ў яе галінах (у кожным з паралельна злучаных праваднікоў). Звярніце ўвагу на прынятую тэрміналогію: «галіны ланцуга», «неразгалінаваная частка». Самастойна вызначыце, ці будуць сілы току I_1 , I_2 , I_3 у галінах (мал. 158) аднолькавымі, калі супраціўленні галін розныя.

Трэцяя заканамернасць паралельнага злучэння вызначае агульнае супраціўленне разгалінаванага ўчастка (участка AB на малюнку 158). Улічым, што сіла току $I = I_1 + I_2 + I_3$, а напружанне $U = U_1 = U_2 = U_3$. Выкарыстаўшы закон Ома, атрымаем: $\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3}$, адкуль

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}. \quad (3)$$

Велічыня, адваротная супраціўленню ўчастка паралельна злучаных праваднікоў, роўна суме велічынь, адваротных супраціўленню асобных праваднікоў.

▼ Для дапытлівых

Велічыню $\frac{1}{R}$, адваротную супраціўленню правадніка, называюць праводнасцю правадніка. Такая назва лагічная. Яна падкрэслівае, што калі праваднік мае вялікае супраціўленне, то ў правадніка малая праводнасць. З улікам гэтага трэцюю заканамернасць можна сфармуляваць так: праводнасць разгалінаванага ўчастка ланцуга роўна суме праводнасцей галін.

З формулы (3) вынікае, што дабаўленне да паралельнага ўчастка новых праваднікоў памяншае супраціўленне R участка. Гэта тлумачыцца тым, што падключэнне паралельна дадатковага правадніка не мяняе даўжыню ўчастка электрычнага ланцуга, але павялічвае плошчу папярочнага сячэння ланцуга. Супраціўленне $R = \rho \frac{l}{S}$ адваротна прапарцыянальна плошчы.

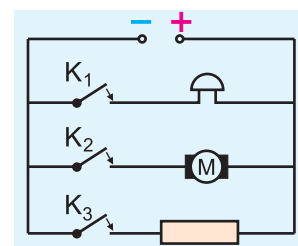
Калі злучаемыя праваднікі аднолькавыя ($R_1 = R_2 = \dots = R_N$), то разлік супраціўлення ўчастка спрашчаецца: $\frac{1}{R} = N \cdot \frac{1}{R_1}$, або

$$R = \frac{R_1}{N}. \quad (4)$$

Паралельнае злучэнне дазваляе падключаць да крыніцы і адключаць ад яе незалежна адзін ад аднаго розныя спажывы (мал. 159). Менавіта таму паралельна злучаны ўсе электрапрыборы ў нашых кватэрах, у аўтамабілях, на прадпрыемствах і г. д. Пры адключэнні адной галіны астатняя частка ланцуга працуе.

Калі паралельна злучаны толькі два праваднікі, то $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2}$, што прыводзіць да простага выразу для разліку супраціўлення такога ўчастка:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}. \quad (5)$$



Мал. 159

Галоўныя вывады

1. Напружанне на паралельна злучаных правадніках аднолькавае.
2. Сіла току ў неразгалінаванай частцы ланцуга роўна суме сіл току ў галінах.
3. Велічыня, адваротная супраціўленню разгалінаванага ўчастка, роўна суме велічынь, адваротных супраціўленню асобных галін.
4. Паралельна можна злучаць праваднікі, разлічаныя на аднолькавае напружанне.
5. Чым больш паралельна злучаных праваднікоў уваходзіць ва ўчастак ланцуга, тым меншае яго супраціўленне.

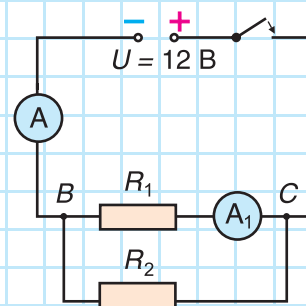
Кантрольныя пытанні

1. Чаму напружанне на паралельна злучаных правадніках аднолькавае?
2. Чаму супраціўленне ўчастка ланцуга памяншаецца пры паралельным падключэнні дадатковых праваднікоў?
3. Чаму ў кватэрнай і аўтамабільнай праводках практычна заўсёды выкарыстоўваецца паралельнае злучэнне спажываўцоў?
4. Ці роўныя сілы току ў паралельна злучаных правадніках? Ад чаго залежаць іх значэнні?



Прыклад рашэння задачы

У ланцугу, паказаным на малюнку 160, супраціўленне рэзістара $R_1 = 60 \text{ Ом}$. Амперметр A паказвае сілу току $I = 0,50 \text{ А}$. Знайдзіце паказанні амперметра A_1 ; поўнае супраціўленне ўчастка BC ; супраціўленне рэзістара R_2 .



Мал. 160

Дадзена:

$$U = 12 \text{ В}$$

$$R_1 = 60 \text{ Ом}$$

$$I = 0,50 \text{ А}$$

$$I_1 - ?$$

$$R_{BC} - ?$$

$$R_2 - ?$$

Рашэнне

Паколькі рэзістары падключаны да пунктаў B і C , напружанне на іх роўна напружанню крыніцы:

$$U_1 = U_2 = U_{BC} = U = 12 \text{ В.}$$

Адсюль сіла току ў першым рэзістары:

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{12 \text{ В}}{60 \text{ Ом}} = 0,20 \text{ А.}$$