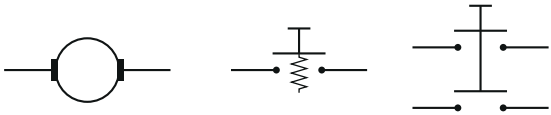
Реверсивное подключение двигателя

Задача 5. [ИОШ 2023/24, отборочный этап, 9 класс, задача 5] Необходимо обеспечить такое подключение электродвигателя постоянного тока к источнику, которое может обеспечить вращение двигателя в двух направлениях (реверсное подключение). Предложите простейшую цепь подключения, в состав которой входят: источник постоянного напряжения, электродвигатель постоянного тока, провода и две кнопки-выключателя с самовозвратом на один или два провода (при нажатии на кнопку-выключатель с самовозвратом на один или два провода замыкается один или два провода, при отпускании — размыкаются; см. рисунок). Цепь должна работать так. При не нажатых кнопках двигатель не вращается. При нажатой одной кнопке и не нажатой второй двигатель вращается в одном направлении. При нажатой второй кнопке и не нажатой первой двигатель вращается в противоположном направлении, при нажатых обеих кнопках — не вращается. Нарисуйте схему такой цепи, используя данные выше обозначения.

Указание. При смене полярности подключения электродвигателя постоянного тока меняется направление его вращения.



электродвигатель постоянного тока

кнопки-выключатели с самовозвратом на один или два провода

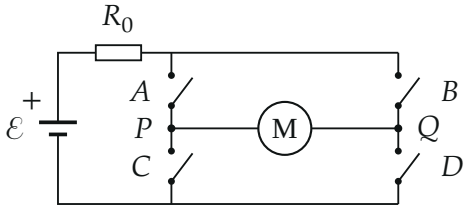
Обозначения условия: двигатель, кнопка на один провод, кнопка на два провода (обе пары контактов замыкаются одним нажатием).

▲ **Решение. Что происходит.** Направление вращения двигателя постоянного тока задаётся направлением тока через него. Значит, нужна цепь, которая одной кнопкой подключает левый вывод двигателя к «+», а правый к «−», а другой кнопкой — наоборот. Это классический «мост» из четырёх ключей с двигателем в диагонали (в технике — Н-мост). Класс

задачи — перебор состояний ключей: проверяем все четыре комбинации нажатий.

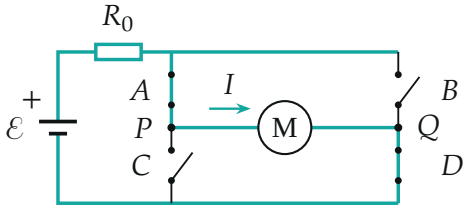
Обозначения. P и Q — выводы двигателя; A, B, C, D — четыре пары контактов: A соединяет P с «+», C — P с «−», B — Q с «+», D — Q с «−»; K_1, K_2 — кнопки; R_0 — сопротивление, ограничивающее ток (о нём — в «Обратите внимание»).

1. Мост. Каждый вывод двигателя должен уметь подключаться и к «+», и к «−». Поэтому к каждому выводу идут два ключа: от верхнего провода («+») и от нижнего («−»). Получается мост из четырёх ключей, двигатель — в его перемычке PQ.



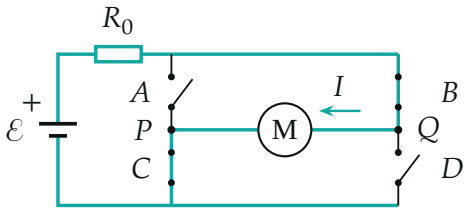
Мост из четырёх ключей: двигатель M — в перемычке между точками P и Q. Все ключи разомкнуты — тока нет.

2. Первое направление. Замкнём A и D. Ток идёт: «+» → A → P → двигатель → Q → D → «−», через двигатель — от P к Q.



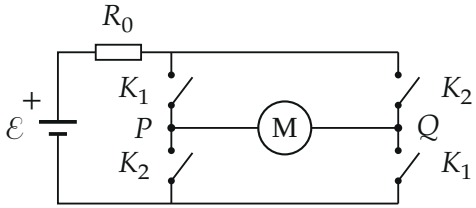
Замкнуты A и D: ток (бирюзовый путь) проходит двигатель слева направо.

3. Второе направление. Замкнём B и C. Ток: «+» → B → Q → двигатель → P → C → «−» — через двигатель от Q к P, полярность сменилась, двигатель вращается в обратную сторону.



Замкнуты B и C: ток через двигатель идёт справа налево.

4. Кнопки. Пары A, D и B, C должны замыкаться одновременно, поэтому каждая пара — одна кнопка на два провода: K_1 замыкает A и D, K_2 — B и C. Это и есть искомая схема (ключи подписаны кнопкой, к которой они принадлежат).

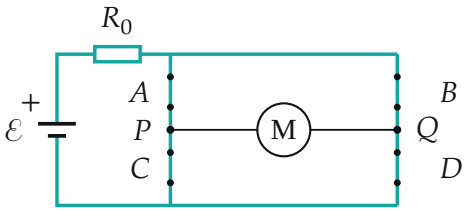


Искомая цепь. Контакты с одной подписью — две пары контактов одной кнопки на два провода: K_1 — верхний левый и нижний правый, K_2 — верхний правый и нижний левый.

5. Проверка всех четырёх состояний.

нажаты	замкнуты	двигатель
ничего	ничего	P, Q отключены, стоит
K_1	$A,\ D$	ток $P \to Q$, вращается
K_2	$B,\ C$	ток $Q \to P$, вращается обратно
K_1, K_2	A, B, C, D	$\varphi_P = \varphi_Q$, стоит

При обеих нажатых кнопках каждый вывод двигателя соединён и с «+», и с «−», поэтому выводы имеют одинаковый потенциал, напряжение на двигателе ноль — он не вращается, как и требует условие.



Нажаты обе кнопки: ток идёт мимо двигателя по ключам A, C и B, D (бирюзовые пути); напряжение между P и Q равно нулю.

Обратите внимание. В последнем состоянии источник замкнут накоротко через ключи. С одними замыкающими кнопками этого не избежать: нажатие только добавляет соединения, поэтому при двух нажатых кнопках замкнуто всё, что замыкает каждая по отдельности, — и путь «+»→ P, и путь P →«−». Ток короткого замыкания ограничивает внутреннее сопротивление источника; чтобы не испортить источник и контакты, в цепь ставят ограничивающий резистор R_0, как на схеме организаторов.

Проверка. Все четыре требования условия выполнены (таблица пункта 5). Второй взгляд: схема симметрична — замена $K_1 \leftrightarrow K_2$ равносильна перестановке выводов двигателя, то есть смене направления вращения, как и должно быть.

Ответ. Двигатель включается в перемычку моста из четырёх пар контактов (Н-мост). Кнопка K_1 на два провода замыкает пары «+ — левый вывод» и «правый вывод — −», кнопка K_2 — пары «+ — правый вывод» и «левый вывод — −». При K_1 ток через двигатель течёт в одну сторону, при K_2 — в другую, без нажатий и при обеих нажатых напряжение на двигателе равно нулю (во втором случае источник замкнут через ключи, ток ограничивает резистор R_0 или внутреннее сопротивление источника).