

Источник ЭДС

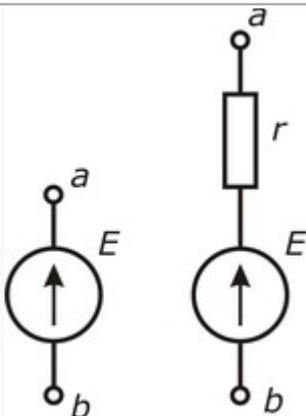


Рисунок 1 — Обозначение на схемах источника ЭДС (слева) и реального источника напряжения (справа)

Источник ЭДС (идеальный источник напряжения) — [двухполюсник](#), [напряжение](#) на зажимах которого постоянно (не зависит от тока в цепи). Напряжение может быть задано как константа, как функция времени, либо как внешнее управляющее воздействие.

В простейшем случае напряжение определено как константа, то есть напряжение источника ЭДС постоянно.

Реальные источники напряжения

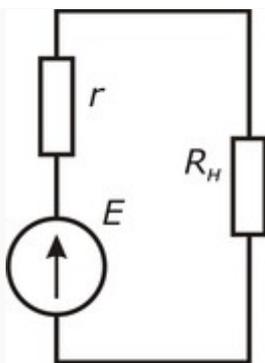


Рисунок 2

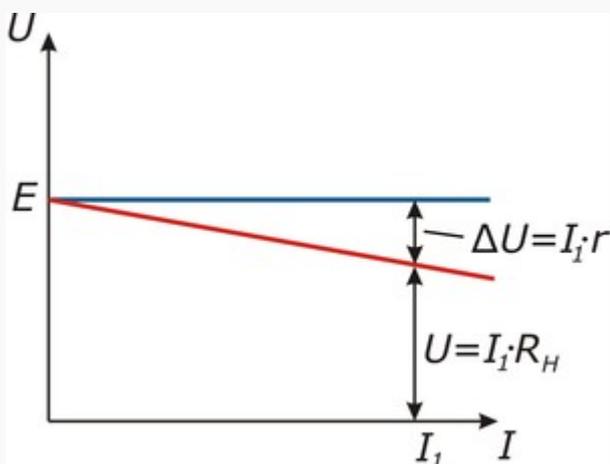


Рисунок 3 — Нагрузочная характеристика

Идеальный источник напряжения (источник ЭДС) является физической абстракцией, то есть подобное устройство не может существовать. Если допустить существование такого устройства, то [электрический ток](#) I , протекающий через него, стремился бы к бесконечности при подключении нагрузки, [сопротивление](#) R_H которой стремится к нулю. Но при этом получается, что [мощность](#) источника ЭДС также стремится к бесконечности, так как $P = EI$. Но это невозможно, по той причине, что мощность любого источника энергии конечна.

В реальности, любой источник напряжения обладает внутренним сопротивлением r , которое имеет обратную зависимость от мощности источника. То есть, чем больше мощность, тем меньше сопротивление (при заданном неизменном напряжении источника) и наоборот. Наличие внутреннего сопротивления отличает реальный источник напряжения от идеального. Следует отметить, что внутреннее сопротивление — это исключительно конструктивное свойство источника энергии. Эквивалентная схема реального источника напряжения представляет собой последовательное включение источника ЭДС — E (идеального источника напряжения) и внутреннего сопротивления — r .

На рисунке 3 приведены нагрузочные характеристики идеального источника напряжения (источника ЭДС) (синяя линия) и реального источника напряжения (красная линия).

$$E = \Delta U + U$$

где

$$\Delta U = Ir \text{ — падение напряжения на внутреннем сопротивлении;}$$

$$U = IR_H \text{ — падение напряжения на нагрузке.}$$

При коротком замыкании ($R_H = 0$) $E = \Delta U$, то есть вся мощность источника энергии рассеивается на его внутреннем сопротивлении. В этом случае ток $I_{КЗ}$ будет максимальным для данного источника ЭДС. Зная напряжение холостого хода и ток короткого замыкания, можно вычислить внутреннее сопротивление источника напряжения:

$$r = \frac{U_{ХХ}}{I_{КЗ}}$$

Источник тока.

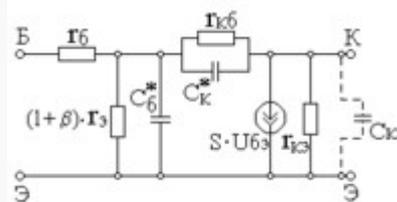


Рисунок 1 — схема с условным обозначением источника тока^[1]



Рисунок 2.1 — Обозначение на схемах источника тока

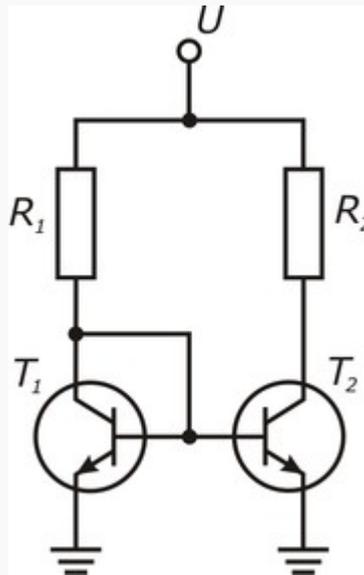


Рисунок 3 — Генератор тока типа [токовое зеркало](#), собранный на [биполярных транзисторах](#)

Источник тока (также *генератор тока*) — [двухполюсник](#), который создаёт ток $I = I_k$, не зависящий от сопротивления нагрузки, к которой он присоединён. В быту «источником тока» часто неточно называют любой источник электрического напряжения (батарею, генератор, розетку), но в строго физическом смысле это не так, более того, обычно используемые в быту источники напряжения по своим характеристикам гораздо ближе [к источнику ЭДС](#), чем к источнику тока.

На рисунке 1 представлена схема замещения биполярного транзистора, содержащая источник тока (с указанием $S \cdot U_{бэ}$; стрелка в кружке указывает положительное направление тока источника тока), генерирующий ток $S \cdot U_{бэ}$, т. е. ток, зависящий от напряжения на другом участке схемы.

Идеальный источник тока

Напряжение на клеммах идеального источника тока зависит только от сопротивления внешней цепи:

$$U = \mathcal{I} \cdot R$$

Мощность, отдаваемая источником тока в сеть, равна:

$$P = \mathcal{I}^2 \cdot R$$

Так как для источника тока $\mathcal{I} = \text{const}$, напряжение и мощность, выделяемая им, неограниченно растут при росте сопротивления..

Реальный источник тока

Реальный источник тока, так же как и источник ЭДС, в линейном приближении может быть описан таким параметром, как внутреннее сопротивление r . Отличие состоит в том, что чем больше внутреннее сопротивление, тем ближе источник тока к идеальному (источник ЭДС, наоборот, чем ближе к идеальному, тем меньше его внутреннее сопротивление). Реальный источник тока с внутренним сопротивлением r эквивалентен реальному источнику ЭДС, имеющему внутреннее сопротивление r и ЭДС $\mathcal{E} = \mathcal{I} \cdot r$.

Напряжение на клеммах реального источника тока равно:

$$U = \mathcal{I} \frac{R \cdot r}{R + r} = \mathcal{I} \frac{R}{1 + R/r}$$

Сила тока в цепи равна:

$$I = \mathcal{I} \frac{r}{R + r} = \mathcal{I} \frac{1}{1 + R/r}$$

Мощность, отдаваемая реальным источником тока в сеть, равна:

$$P = \mathcal{I}^2 \frac{R}{(1 + R/r)^2}$$

Примеры

Источником тока является катушка индуктивности, по которой шёл ток от внешнего источника, в течение некоторого времени ($t \ll \frac{L}{R}$) после отключения источника.

Этим объясняется искрение контактов при быстром отключении индуктивной нагрузки: стремление к сохранению тока при резком возрастании сопротивления (появление воздушного зазора) ведёт к пробое зазора .

Вторичная обмотка трансформатора тока, первичная обмотка которого последовательно включена в мощную линию переменного тока, может рассматриваться как почти идеальный источник тока, только не постоянного, а переменного. Поэтому размыкание вторичной цепи трансформатора тока

недопустимо; вместо этого при необходимости перекоммутации в цепи вторичной обмотки без отключения линии эту обмотку предварительно [шунтируют](#).

Применение

Реальные генераторы тока имеют различные ограничения (например по напряжению на его выходе), а также нелинейные зависимости от внешних условий. Например, реальные генераторы тока создают электрический ток только в некотором диапазоне напряжений, верхний порог которого зависит от напряжения питания источника. Таким образом, реальные источники тока имеют ограничения по нагрузке.

Источники тока широко используются в [аналоговой схемотехнике](#), например, для питания [измерительных мостов](#), для питания каскадов [дифференциальных усилителей](#), в частности [операционных усилителей](#).

Концепция генератора тока используется для представления реальных электронных компонентов в виде [эквивалентных схем](#). Для описания активных элементов для них вводятся эквивалентные схемы, содержащие управляемые генераторы:

- Источник тока, управляемый напряжением (сокращенно ИТУН)
- Источник тока, управляемый током (сокращенно ИТУТ)