

7 Схемы замещения электрических устройств

Реальные источники электроэнергии изображаются в виде идеального источника электродвижущей силы E и последовательно подключённого внутреннего сопротивления r . Могут изображаться в виде идеального источника тока I с параллельно присоединённым внутренним сопротивлением r . Переход между схемами замещения прост: $I = E / r$; $E = I \cdot r$.

Схемы замещения приёмников получаются путём аппроксимации рабочих участков их вольтамперных характеристик отрезками прямых линий и выглядят как резисторы; здесь возможны также источники ЭДС.

Нагрузочная характеристика и схема замещения реального источника электроэнергии

У большинства источников (генераторов) ЭДС E холостого хода больше, чем напряжение U под нагрузкой, а допустимое значение силы тока I ограничено. Пример нагрузочной вольтамперной характеристики реального источника приведен на рисунке 1, а.

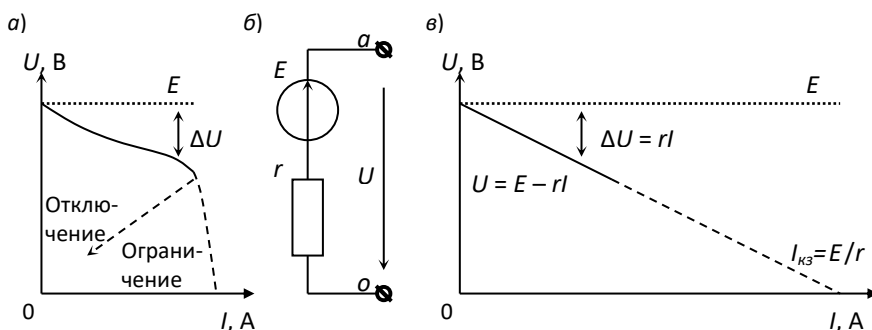


Рисунок 1 – Замена реального источника идеализированным

Здесь сплошной линией выделен рабочий участок, а штриховой – участок отключения или ограничения. На рабочем участке в расчётных целях реальный источник можно заменить последовательно соединёнными идеальным источником E с внутренним сопротивлением r , как показано на рисунке 1, б. Вольтамперная характеристика (ВАХ) идеализированного источника энергии показана на рисунке 1, в. Уменьшение напряжения под нагрузкой ΔU представлено как потеря напряжения на внутреннем сопротивлении r :

$$\Delta U = r \cdot I. \quad (1)$$

Уравнение идеализированной нагрузочной характеристики

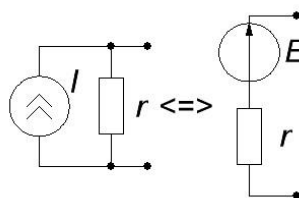
$$U = E - r \cdot I. \quad (2)$$

Она представляет собой отрезок прямой линии, пересекающей вертикальную ось ординат в точке E , а горизонтальную ось абсцисс – в точке $I_{кз}$, соответствующей короткому замыканию. Условное значение тока короткого замыкания идеализированного источника можно определить по формуле

$$I_{кз} = E / r. \quad (3)$$

Чем больше внутреннее сопротивление источника, тем больше просадка напряжения под нагрузкой и тем круче наклон ВАХ.

Реальный источник питания также может быть представлен как идеальный источник тока $I = I_{кз}$ с параллельно присоединённым внутренним сопротивлением r . Его легко преобразовать в источник ЭДС E с последовательно присоединённым внутренним сопротивлением r . $E = I \cdot r$.



Обратное преобразование также выполняется легко $I = E / r$.

Внутреннее сопротивление в схемах замещения одно и то же.

Вольтамперные характеристики и схемы замещения приёмников

Потребителями электроэнергии являются электродвигатели, осветительные лампы, электротехнологические и иные устройства.

Зависимость тока приёмника от напряжения удобно представить в виде вольтамперной характеристики (ВАХ), т. е. в виде зависимости напряжения от тока. Пример ВАХ осветительной лампы приведена на рисунке 2. Эта зависимость существенно отличается от прямой линии, однако при упрощённых расчётах этим отличием пренебрегают и представляют лампочку в виде резистора R , у которого ток пропорционален приложенному напряжению. Резисторами заменяют и другие приёмники, вольтамперные характеристики которых не очень отличаются от прямой линии. При

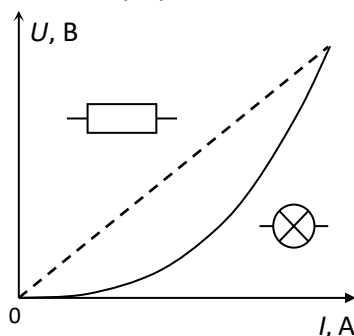


Рисунок 2 – Замена лампочки резистором

номинальном напряжении ток приёмника можно рассчитать по формуле

$$I = P / U. \quad (4)$$

Значение сопротивления приёмника

$$R = U / I = P / I^2 = U^2 / P. \quad (5)$$

В некоторых случаях схема замещения приёмника выглядит сложнее. Например, для сварочной дуги ВАХ, изображённая на рисунке 3, в

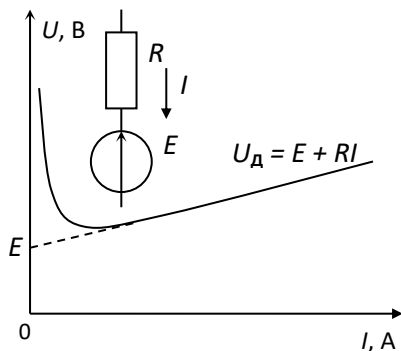


Рисунок 3 – Замена электрической дуги резистором и источником ЭДС

пределах рабочего участка может быть заменена отрезком прямой линии. Продолжение этого отрезка пересекает вертикальную ось ординат в точке E , а схема замещения представляет собой последовательно соединённые резистор R и встречный источник электродвижущей силы E . Расчётная формула напряжения U_d восходящей ветви ВАХ сварочной дуги $U_d = E + R \cdot I$, например, $U = 20 + 0,05 \cdot I$, а формула сварочного тока

$$I = (U_d - E) / R. \quad (6)$$