Рассмотрим простейшую полную (т. е. замкнутую) цепь, состоящую из источника тока (гальванического элемента, аккумулятора или генератора) и резистора сопротивлением R (рис. 15.10). Источник тока имеет ЭДС W и сопротивление r.

В генераторе r - это сопротивление обмоток, а в гальваническом элементе сопротивление раствора электролита и электродов.

Сопротивление источника называют внутренним сопротивлением в отличие от внешнего сопротивления R цепи.

Закон Ома для замкнутой цепи связывает силу тока в цепи, ЭДС и полное сопротивление цепи R + r. Эта связь может быть установлена теоретически, если использовать закон сохранения энергии и закон Джоуля-Ленца (15.14).

Пусть за время через поперечное сечение проводника проходит электрический заряд Лq. Тогда работу сторонних сил при перемещении заряда Лq можно записать так: Аст = 'f; Лq. Согласно определению силы тока (15.1) Лq = IЛt. Поэтому.

При совершении этой работы на внутреннем и внешнем участках цепи, сопротивления которых r и R, выделяется некоторое количество теплоты. По закону Джоуля- Ленца оно равно.

По закону сохранения энергии Лт.., = Q, откуда получаем.

Произведение силы тока и сопротивления участка цепи называют падением напряжения на этом участке.

Таким образом, ЭДС равна сумме падений напряжения на внутреннем и внешнем участках замкнутой цепи.

Сила тока в замкнутой цепи равна отношению ЭД С источника тока к полному сопротивлению цепи.

Согласно этому закону сила тока в цепи зависит от трёх величин: ЭДС сопротивлений R внешнего и r внутреннего участков цепи. Внутреннее сопротивление источника тока не оказывает заметного влияния на силу тока, если оно мало по сравнению с сопротивлением внешней части цепи (R » r). При этом напряжение на зажимах источника примерно равно ЭДС: И = IR = '$ - Ir ""

При коротком замыкании, когда R "' О, сила тока в цепи Iк. з = r и определяется именно внутренним сопротивлением источника и при электродвижущей силе в несколько вольт может оказаться очень большой, если r мало (например, у аккумулятора 0,001 Ом). Провода могут расплавиться, а сам источник выйти из строя.

Если цепь содержит несколько последовательно соединённых элементов с ЭДС W1 , 12, з и т.д., то полная ЭДС цепи равна алгебраической сумме ЭДС отдельных элементов.

Для определения знака ЭДС любого источника нужно вначале условиться относительно выбора положительного направления обхода контура. На рисунке 15.11 положительным (произвольно) считают направление обхода против часовой стрелки.

Если при обходе цепи данный источник стремится вызвать ток в направлении обхода, то его ЭДС считается положительной: i > О. Сторонние силы внутри источника совершают при этом положительную работу.

Если же при обходе цепи данный источник вызывает ток против направления обхода цепи, то его ЭДС будет отрицательной: i < О. Сторонние силы внутри источника совершают отрицательную работу. Так, для цепи, изображённой на рисунке 15.11, при обходе контура против часовой стрелки получаем следующее уравнение.

Если п > О, то согласно формуле (15.20) сила тока I > О, т. е. направление тока совпадает с выбранным направлением обхода контура. При п < О, наоборот, направление тока противоположно выбранному направлению обхода контура. Полное сопротивление цепи Rп равно сумме всех сопротивлений (см. рис. 15.11).

Для любого замкнутого участка цепи, содержащего несколько источников токов, справедливо следующее правило: алгебраическая сумма падений напряжения равна алгебраической сумме ЭДС на этом участке (второе правило Кирхгофа).