

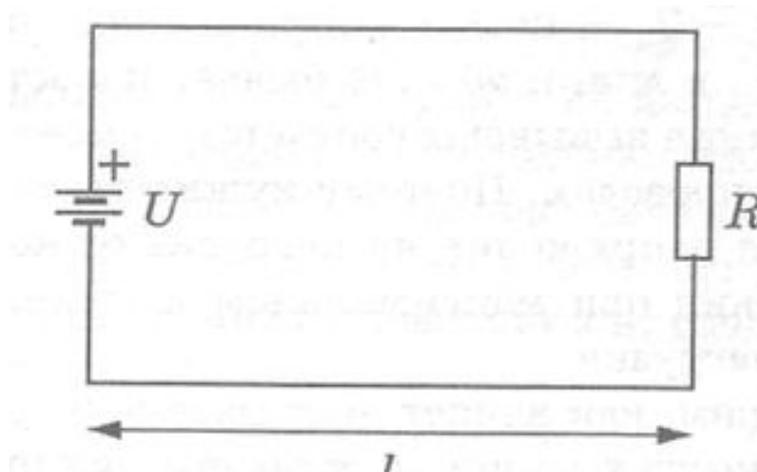


Расчет проводов на потерю напряжения

Одним из практически важных расчетов электрических цепей является расчет проводов на потерю напряжения.

При таком расчете обычно задаются:

- напряжение источника U ,
- расстояние от этого источника до приемника электроэнергии L ,
- сила тока I или мощность нагрузки P
- номинальное напряжение U_H , которое необходимо для нормальной работы приемников электроэнергии (например, электродвигателей, ламп накаливания и т.п.)



- Задача состоит в расчете такого сечения проводов, при котором обеспечивается номинальное напряжение на зажимах приемников электроэнергии.

Согласно закону Ома, напряжение источника электроэнергии равно сумме падения напряжения на проводах и напряжения на нагрузке:

- $$U = IR_{\text{п}} + U_{\text{н}} \quad (1)$$

Сопротивление проводов линии

- $$R_{\text{п}} = \rho * 2L / S \quad (2)$$

где $2L$ -общая длина линии, т.к. если расстояние между источником энергии и потребителем L , то длина двух проводов, соединяющих источник энергии с потребителем, равна $2L$;

ρ - удельное сопротивление материала проводов;

S - искомое сечение проводов.

Подставляя уравнение (2) в уравнение (1), получим

$$\mathbf{S = I \rho * 2L / \Delta U}$$

где $\Delta U = U - U_n$ - потеря напряжения в линии.

Потери напряжения ΔU в линии передачи в этом случае определяются площадью поперечного сечения проводов S .

- Вычислив S , по справочнику выбирают ближайшее стандартное значение площади поперечного сечения провода, округляя до ближайшего большего стандартного сечения провода.
- Для уменьшения потерь напряжения в проводах необходимо увеличивать площадь поперечного сечения.

Нагрузка в линии обычно бывает непостоянной, и ее колебания вызывают соответствующие изменения ΔU в проводах. Поэтому нужно рассчитывать отклонения напряжения на нагрузке от номинального значения при максимальном и минимальном режимах нагрузки.

Рассмотрим, как влияет напряжение на распределение мощности в линии электропередачи. Напряжение источника электроэнергии равно сумме падения напряжения на проводах и напряжения на нагрузке (1). Умножив это уравнение на силу тока I получим уравнение распределения мощности в цепи:

$$\bullet UI = I^2 R_{\text{п}} + U_{\text{н}} I$$

где UI - мощность, отдаваемая источником электроэнергии ($P_{\text{ист}}$);
 $I^2 R_{\text{п}}$ - потери мощности в проводах линии на нагревание ($P_{\text{п}}$);
 $U_{\text{н}} I$ - мощность, потребляемая нагрузкой ($P_{\text{н}}$).

- Одну и ту же мощность по проводам можно передавать при высоком напряжении и низком токе или при низком напряжении и высоком токе. Поскольку потери мощности в проводах пропорциональны квадрату тока $P_{\text{пр}}=I^2R_{\text{п}}$, то очевидно, что передачу энергии выгоднее осуществлять при высоком напряжении и малом токе.
- Если повысить в 2 раза напряжение источника электроэнергии, то сила тока в линии при той же передаваемой мощности уменьшится в 2 раза, а потери мощности в проводах линии уменьшатся в 4 раза, поскольку они пропорциональны I^2 . Следовательно, для уменьшения потерь в линиях передачи желательно передавать электроэнергию при возможно более высоком напряжении. Тут есть и ещё одно преимущество уменьшается сечение проводов, что экономически более выгодно.

- Любой приемник энергии очень чувствителен изменениям напряжения, т.е. отклонениям его от номинального значения. Так, например, яркость лампы накаливания примерно пропорциональна четвертой степени напряжения, т. е. при понижении напряжения на 18,5%, а при повышении напряжения на 5% сверх номинального сокращается срок службы ее вдвое.
- Колебания напряжения для осветительной нагрузки не должны превышать — 2,5 ÷ 5%, а для силовой ± 5 и иногда $\pm 10\%$ номинального значения. Следовательно, допускаемая потеря напряжения в линии не должна превышать тех же значений.
- Для защиты аппаратов, машин и приборов от чрезмерно больших токов устанавливают предохранительные устройства (предохранители, реле, автоматы), которые автоматически прерывают цепь тока, как только его значение превысит норму.

- Если температура окружающей среды будет на 20°C выше, или в жгуте будет несколько кабелей, то рекомендуется выбрать большее сечение (следующее из ряда). Особенно это касается тех случаев, когда значение рабочего тока близко к максимальному.

При любых спорных и сомнительных моментах, например:

- возможное в будущем увеличение нагрузки
- большие пусковые токи
- большие перепады температур (электрический провод на солнце)
- пожароопасные помещения

необходимо либо увеличивать толщину проводов, либо более детально подойти к выбору — обратиться к формулам, справочникам.

На практике допустимое для данного тока сечение провода определяется по таблицам допустимых длительных токовых нагрузок на провода и кабели, приведенным в Правилах устройства электроустановок (ПУЭ). Примером может служить таблица 1.

Таблица № 1.

Допустимые токовые нагрузки для изолированных проводов

Поперечные сечения проводников, мм ²	Допустимый ток, А для проводов		Поперечные сечения проводников, мм ²	Допустимый ток, А для проводов	
	Медных	Алюминиевых		Медных	Алюминиевых
0,5	11	—	6	50	36
1	17	—	10	80	55
2,5	30	24	25	140	105
4	41	32	50	215	165

Толщину провода можно узнать не только из справочных данных. Существует эмпирическое (полученное опытным путем) правило:

- Подобрать нужную площадь сечения медного провода исходя из максимального тока можно, используя такое простое правило: Необходимая площадь сечения провода равна максимальному току, деленному на 10.
- Это правило дается без запаса, впритык, поэтому полученный результат необходимо округлять в большую сторону до ближайшего типоразмера. Например, ток 32 Ампера. Нужен провод сечением $32/10 = 3,2 \text{ мм}^2$. Выбираем ближайший (естественно, в большую сторону) — 4 мм^2 . Как видно, это правило вполне укладывается в табличные данные.

- Важное примечание. Это правило работает хорошо для токов до 40 Ампер. Если токи больше (это уже за пределами обычной квартиры или дома, такие токи на вводе) — надо выбирать провод с ещё большим запасом — делить не на 10, а на 8 (до 80 А)
- То же правило можно озвучить для поиска максимального тока через медный провод при известной его площади: Максимальный ток равен площади сечения умножить на 10.

2. Режимы работы электрических цепей

Электрическая цепь может работать в четырех основных режимах.

- Номинальный режим – это режим, рекомендуемый заводом-изготовителем. Номинальные данные оговариваются в справочной литературе и паспортных данных. В этом режиме устройство может работать в течение длительного времени.

Например, для резистора оговариваются номинальные значения сопротивления и мощности, для конденсатора - номинальные значения емкости и рабочего напряжения, для генератора - номинальные значения напряжения и тока. В последнем случае под номинальным значением тока понимается такой ток, который генератор длительное время может отдавать во внешнюю цепь, не перегреваясь.

- Режим холостого хода (ХХ) - это режим, при котором через источник или приемник не протекает ток ($I_{xx} = 0$).
Напряжение на источнике в этом случае равно его ЭДС.
- Режим короткого замыкания (КЗ) - это режим, когда зажимы источника, приемника или иных элементов ЭЦ, между которыми имеется напряжение, соединены между собой или через ничтожно малое сопротивление (например, через амперметр, включенный по ошибке параллельно нагрузке).
- Режим КЗ является аварийным, поскольку ток короткого замыкания во много раз превышает номинальный ток установки и может вызвать ее повреждение. Для защиты от токов короткого замыкания используются предохранители и автоматические выключатели, рассчитанные на определенное значение тока.

- Согласованный режим - это режим, при котором мощность, передаваемая от источника к потребителю, максимальна.
- На первый взгляд, это наиболее выгодный режим. Но так как максимальная мощность от источника к нагрузке передается при $R_n=r_0$, то коэффициент полезного действия (КПД) установки будет равен 0.5. Подобный режим по меркам общей электротехники не является рациональным. Энергетические установки работают обычно в режиме, когда токи и мощности лежат в пределах от номинальных значений до их значений при холостом ходе. При этом КПД стремится к 1.