

40 Выбор аппаратов защиты электропроводки

1 Введение

Далее описывается методика расчёта электрических сетей до 1000 вольт, бытового (и аналогичного) назначения, в частности приведены формулы расчёта тока сети, а так же порядок расчёта и выбора аппаратов защиты. Приведенная методика разработана с учетом требований ПУЭ «Правила устройства электроустановок (Издание седьмое)», ГОСТ 30331.5-95 «Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от сверхтока», ГОСТ Р50345-99 (МЭК 60898-95) «Аппаратура малогабаритная электрическая. Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения».

Примечание: при выборе аппаратов защиты необходимо соблюдать требование селективности, т.е. при возникновении аварии (короткого замыкания, перегрузки) защита должна обеспечивать отключение повреждённого участка, а не всей сети. Обеспечивается это поступательным уменьшением величины номинального тока каждого последующего, последовательно установленного, аппарата защиты.

Все приведенные в статье расчёты справедливы только для кабелей и аппаратов защиты, характеристики которых отвечают требованиям соответствующих ГОСТов.

2. Расчёт тока электросети

Ток электросети можно определить по следующим формулам:

Для однофазной сети:

$$I_p = P / (U_{\phi} \cdot \cos\varphi)$$

Для трёхфазной сети:

$$I_p = P / (\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos\varphi)$$

где:

P — Расчётная мощность сети, в ваттах (как определить расчётную мощность бытовой сети [читайте здесь](#).);

U_{ϕ} — Фазное напряжение, в вольтах (напряжение между фазой и нулём);

U_L — Линейное напряжение, в вольтах (напряжение между двумя фазами);

$\cos\varphi$ — Коэффициент мощности — отношение активной мощности к полной (принимается равным: от 0,95 до 1 — для бытовых электросетей (как правило 1); от 0,75 до 0,85 — для промышленных электросетей);

3. Выбор аппарата защиты от сверхтока

Аппаратами защиты от [сверхтоков](#) (токов короткого замыкания и перегрузки) являются [автоматические выключатели](#), [дифференциальные автоматические выключатели](#) и предохранители.

Расчёт и выбор аппарата защиты сети от перегрузки:

В соответствии с п. 433.1 ГОСТ 30331.5-95 устройства защиты должны отключать любой ток перегрузки, протекающий по проводникам, раньше, чем такой ток мог бы вызвать повышение температуры проводников, опасное для изоляции, соединений, зажимов или среды, окружающей проводники.

Поэтому необходимо обеспечить согласованность выбранных аппаратов защиты. Такая согласованность в соответствии с п.433.2 ГОСТ 30331.5-95 должна обеспечиваться выполнением следующих двух условий:

$$1) I_p \leq I_{нз} \leq I_d$$

$$2) I_{срз} \leq 1,45 \cdot I_d$$

где:

- I_p — Расчётный (рабочий) ток сети;
- $I_{нз}$ — Номинальный ток аппарата защиты;

- I_d — Допустимый длительный ток кабеля;
- $I_{срз}$ — Ток обеспечивающий надёжное срабатывание аппарата защиты, его принимают равным:
 - — Току срабатывания при заданном времени срабатывания для автоматических выключателей;
 - — Току плавления плавкой вставки при заданном времени срабатывания для предохранителей.

На токе срабатывания автоматического выключателя остановимся более подробно, для исключения разночтений данного требования:

В соответствии с п. 3.5.16 ГОСТ Р 50345-99 Установленное значение тока, вызывающее расцепление выключателя в пределах заданного времени — это так называемый **условный ток расцепления**, который согласно п. 8.6.2.3 для автоматического выключателя **равен 1,45 его номинального тока**.

Таким образом, вышеприведенное **условие №2** для автоматических выключателей будет иметь следующий вид:

$$1,45 \cdot I_{нз} \leq 1,45 \cdot I_d$$

Т.к. коэффициент 1,45 находится и в левой, и в правой частях данного уравнения его можно сократить ($1,45 I_{нз} \leq 1,45 I_d$) в результате условие №2 для автоматических выключателей примет вид:

$$I_{нав} \leq I_d$$

где: $I_{нав}$ — номинальный ток автоматического выключателя

т.е. номинальный ток автоматического выключателя должен быть меньше либо равен длительно допустимому току кабеля, что в свою очередь является частью первого условия. Таким образом **проверять автоматические выключатели по условию №2 не требуется**.

Примечание: Защита, выбранная по вышеприведенной методике в соответствии с п.433.2 ГОСТ 30331.5-95 не обеспечивает полной защиты в некоторых случаях, например от длительного сверхтока, меньшего по значению, чем $I_{СРЗ}$, и не всегда обеспечивает экономически целесообразное решение.

При этом предполагается, что электрическая сеть спроектирована так, что небольшие перегрузки с большой продолжительностью будут иметь место не часто.

Важно! В случае если в рассчитываемой сети могут иметь место небольшие перегрузки в течение длительного периода времени автоматический выключатель для её защиты следует выбирать исходя из следующих условий:

1) $I_p \leq I_{НАВ}$

2) $1,13 \cdot I_{НАВ} \leq I_d$

т.е. расчётный ток сети должен быть меньше либо равен, номинальному току автоматического выключателя, а номинальный ток автоматического выключателя, умноженный на коэффициент 1,13 должен быть меньше либо равен длительно допустимому току кабеля.

Вывод: Исходя из вышесказанного, номинальный ток автоматических выключателей, предназначенных для защиты сети от перегрузки, должен выбираться по следующим условиям:

- для сетей, в которых исключена возможность возникновения небольших, но продолжительных перегрузок:

$I_p \leq I_{НАВ} \leq I_d$

- для сетей, в которых могут иметь место небольшие, но продолжительные перегрузки:

1) $I_p \leq I_{НАВ}$

2) $1,13 \cdot I_{НАВ} \leq I_d$

- I_p — Расчётный (рабочий) ток сети;
- $I_{\text{НАВ}}$ — Номинальный ток автоматического выключателя;
- I_d — Допустимый длительный ток кабеля.

Выбор номинального тока автоматического выключателя производится исходя из приведенных выше условий из ряда стандартных значений, при этом согласно пункту 3.1.4. ПУЭ номинальный ток аппарата защиты **следует выбирать** по возможности наименьшим, по расчётному току сети **из ряда.**

... 6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 250; 400; 630 ... А

Расчёт и выбор аппарата защиты сети от тока короткого замыкания (тока КЗ) здесь не рассматривается, смотри:

[Расчёт тока короткого замыкания в сети 0,4 кВ](#)

4. Выбор аппарата защиты от дифференциального тока (тока утечки)

В некоторых случаях помимо защиты от сверхтоков (токов короткого замыкания и перегрузки) требуется обеспечить защиту сети от так называемого дифференциального тока или тока утечки, такая защита обеспечивается [дифференциальным автоматическим выключателем \(дифавтоматом\)](#) либо [устройством защитного отключения \(УЗО\)](#), данные устройства отключают сеть при возникновении утечки тока защищая тем самым от возникновения пожара и поражения человека электрическим током.

Расчёт номинального тока аппарата защиты от тока утечки:

Как известно [дифавтомат](#) — это устройство совмещающие в себе функции автоматического выключателя, т.е. кроме тока утечки он защищает сеть от сверхтоков, поэтому расчёт его номинального тока производится в соответствии с методикой рассмотренной в разделе 3 настоящей статьи (как для автоматического выключателя).

В отличие от дифавтомата [УЗО](#) не имеет защиты от сверхтока и в соответствии с п.7.1.76. ПУЭ [само должно быть защищено от](#)

сверхтока вышестоящим аппаратом, обеспечивающим эту защиту. Таким образом, УЗО может быть установлено в сеть только совместно с автоматическим выключателем (последовательно, после автомата), поэтому номинальный ток УЗО определяется исходя из следующего условия:

$$I_{AB} \leq I_{УЗО}$$

где:

- I_{AB} — Номинальный ток вышестоящего автоматического выключателя;
- $I_{УЗО}$ — Номинальный ток УЗО.

При этом рекомендуется, что бы номинальный ток УЗО был минимум на ступень выше номинального тока вышестоящего автомата, т.е. при установке автомата на 10 Ампер в паре с УЗО номинальный ток последнего рекомендуется принять 16 Ампер.

Номинальный ток аппарата защиты от тока утечки выбирается исходя из приведенных выше условий из следующего ряда стандартных значений:

6; 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100; 125

Расчет дифференциального тока аппарата защиты от тока утечки.

В отличие от номинального тока дифференциальный ток для УЗО и дифавтомата рассчитывается аналогично: В соответствии с пунктом 7.1.83. ПУЭ: Суммарный ток утечки сети с учётом присоединяемых стационарных и переносных электроприёмников в нормальном режиме работы не должен превосходить 1/3 номинального тока УЗО. При отсутствии данных ток утечки электроприёмников следует принимать из расчета 0,4 мА на 1 А тока нагрузки, а ток утечки сети — из расчёта 10 мкА на 1 м длины фазного проводника.

Т.е. дифференциальный ток аппарата защиты можно рассчитать по следующей формуле:

$$\Delta I_{\text{СЕТИ}} = ((0.4 \cdot I_{\text{СЕТИ}}) + (0.01 \cdot L_{\text{ПРОВОДА}})) \cdot 3, \text{ миллиампер}$$

Произведя данный расчёт необходимо выбрать ближайшее большее стандартное значение номинального отключающего дифференциального тока:

$$\Delta I_{\text{защиты}} \geq \Delta I_{\text{сети}}$$

Стандартными величинами дифференциального тока являются: 6, 10, 30, 100, 300, 500 мА.

При выборе дифференциального тока аппарата защиты следует помнить, что согласно пункту 1.7.50. ПУЭ для защиты от поражения электрическим током должны применяться устройства с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА. Таким образом, если по расчёту значение дифференциального тока сети составляет более 30 мА нагрузку необходимо разделить по нескольким линиям с установкой отдельного аппарата защиты на каждую.

Аппараты защиты с дифференциальными токами 100, 300 и 500 мА используются в качестве противопожарных, обычно их устанавливают в качестве общего аппарата защиты во вводном электрощите (они так же могут устанавливаться в распределительных щитах при необходимости).