

## СПОСОБ УЧЕТА ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ НАГРЕВА ПРИ ВЫБОРЕ ПРОВОДНИКОВ И ИХ СОГЛАСОВАНИИ С ЗАЩИТНЫМ АППАРАТОМ

**Ю.Н. КОЛЕСНИК, Д.С. СМЯГЛИКОВ**

*Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»,  
Республика Беларусь*

Условием согласования проводников с током срабатывания защитного аппарата (например, предохранителя в цеховой электросети)  $I_{\text{пл.вст}}$  является следующее [1]:

$$I_{\text{пл.вст}} \leq \frac{I_{\text{д.доп}}}{K_3}, \quad (1)$$

где  $K_3$  – кратность длительно допустимого тока проводника  $I_{\text{д.доп}}$  к току срабатывания защитного аппарата.

Длительно допустимый ток проводника определяется расчетным током группы электроприемников. При этом известно, что расчетный ток зависит не только от показателей работы электроприемников, но и от постоянной времени нагрева проводника  $T_0$  [2]. Следовательно, от постоянной времени нагрева проводника зависит и максимально допустимый ток срабатывания защитного аппарата  $I_{\text{пл.вст}}$ . Для установления этой зависимости разработан алгоритм, позволивший получить номограммы для определения максимально допустимого тока срабатывания защитного аппарата с учетом постоянной времени нагрева  $T_0$  защищаемой сети.

Алгоритм реализован на основе метода упорядоченных диаграмм, сущность которого заключается в установлении связи между расчетной мощностью нагрузки и показателями режима работы отдельных электроприемников. Согласно этому методу расчетная нагрузка от группы электроприемников определяется по формуле [3]:

$$P_p = K_p P_{\text{см}} = K_p K_u P_n; \quad (2)$$

$$P_n = \sum_1^n p_{ni}; \quad K_u = \frac{\sum_1^n p_{ni} k_{ui}}{\sum_1^n p_{ni}}. \quad (3)$$

Коэффициент расчетной мощности  $K_p$  зависит от эффективного числа электроприемников и группового (средневзвешенного) коэффициента использования  $K_u$ , а также от постоянной времени нагрева сети  $T_0$ , на которую рассчитывается электрическая нагрузка:  $K_p = f(K_u; n_{\text{э}}; T_0)$ .

Для определения значений  $K_p$  существуют номограммы, в которых приняты следующие постоянные времени нагрева [3]:

$T_0 = 10$  мин – для сетей напряжением до 1 кВ, питающих распределительные шинопроводы, пункты, сборки, щиты;

$T_0 = 2,5$  ч – для магистральных шинопроводов, вводно-распределительных устройств и цеховых трансформаторов;

$T_0 \geq 30$  мин – для кабелей напряжением 6 кВ и выше, питающих цеховые трансформаторные подстанции и распределительные устройства. Расчетная мощность нагрузки для этих элементов определяется при  $K_p = 1$ .

Однако установлено, что постоянная времени нагрева определяется более сложным законом. В частности, для открыто проложенных проводов с резиновой изоляцией постоянная времени нагрева изменяется в зависимости от сечения проводника по закону, представленному в табл. 1 [4].

Таблица 1

Зависимость постоянной времени нагрева провода от его сечения

Сечение, мм <sup>2</sup>	6	10	16	25	35	50	70	95	120
Постоянная времени нагрева, мин	3	4,2	5,5	7,2	9	12	15	18,4	21,4

Для учета постоянной времени нагрева проводников при их выборе и согласовании с током срабатывания защитного аппарата разработан способ, основанный на итерационном алгоритме (рис. 1).

Предложенный алгоритм (рис. 1) предполагает, что после нескольких итераций расчетная нагрузка группы электроприемников будет соответствовать длительно допустимому току питающей сети с *реальной* постоянной времени нагрева. Более точно принятый таким образом длительно допустимый ток проводника приводит к уточнению максимально допустимого тока срабатывания защитного аппарата (см. выражение (1)).

Представленный алгоритм реализован в виде программы для ПЭВМ.

Проиллюстрируем работу алгоритма на примере.

1. Пусть методом упорядоченных диаграмм [3] определено: расчетный ток группы электроприемников  $I_p = 69$  А при  $K_p = 2$  и  $T_0 = 10$  мин.

Тогда, руководствуясь условием допустимого нагрева проводника ( $I_{д.доп} \geq I_p$ ), по справочнику принимаем электропроводку сечением  $F = 25$  мм<sup>2</sup>,  $I_{д.доп} = 70$  А,  $T_0 = 7,2$  мин.

2. Постоянная времени нагрева выбранного проводника составляет:  $T_0 = 7,2$  мин (табл. 1).

Пересчитываем коэффициент  $K_{pt}$  с учетом полученной постоянной времени нагрева относительно начальной постоянной времени нагрева:

$$K_{pt} = 1 + \frac{K_p - 1}{\sqrt{\frac{3 \cdot T_0}{30}}} = 1 + \frac{2 - 1}{\sqrt{\frac{3 \cdot 7,2}{30}}} = 2,18.$$

3. Уточняем исходный расчетный ток  $I_p$ :

$$I'_p = I_p \frac{K_{pt}}{K_p} = 69 \cdot \frac{2,18}{2} = 75,2 \text{ А}.$$

4. Используя уточненное значение расчетного тока  $I'_p$ , выбираем проводник:

$F' = 35$  мм<sup>2</sup>;  $I_{д.доп} = 85$  А,  $T_0 = 9$  мин.

Так как  $F' \neq F$ , расчет по пунктам 2–4 алгоритма повторяется:

– пересчитываем коэффициент  $K_{pt}$  при  $T_0 = 9$  мин:

$$K_{pt} = 1 + \frac{2,18 - 1}{\sqrt{\frac{3 \cdot 9}{3 \cdot 7,2}}} = 2,055;$$

– уточняем расчетный ток:

$$I_p'' = I_p' \cdot \frac{K_{pt}}{K_p} = 75,2 \cdot \frac{2,055}{2,18} = 70,9 \text{ A};$$

– по условию допустимого нагрева выбираем проводник:  $F^{II} = 35 \text{ мм}^2$ ;  $I_{д.доп} = 85 \text{ A}$ .

5. Поскольку  $F' = F''$ , определяется максимально допустимый ток защитного аппарата (например, предохранителя при  $K_3 = 0,33$ ) по условию (1):

$$I_{пл.вст} \leq \frac{85}{0,33} = 215 \text{ A}.$$

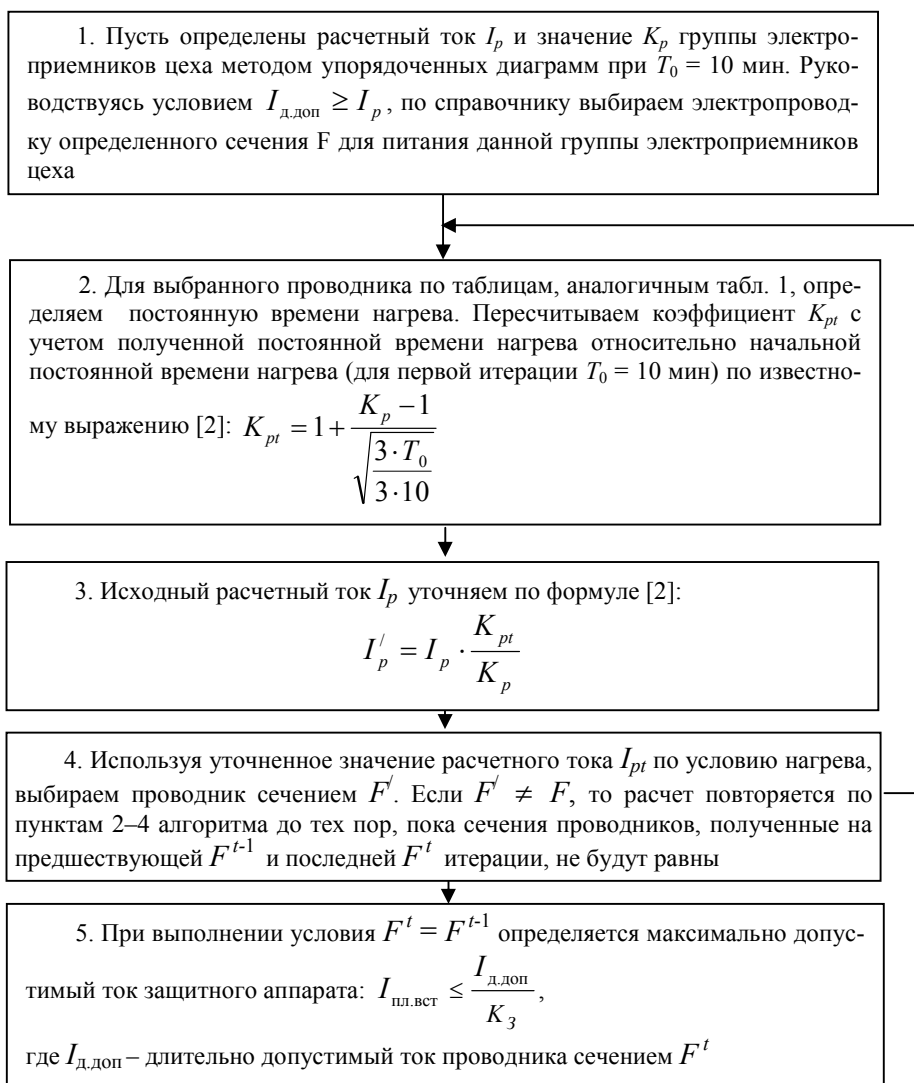


Рис. 1. Алгоритм выбора проводника и его согласования с защитным аппаратом с учетом постоянной времени нагрева

Аналогичным образом были определены диапазоны расчетных токов, соответствующие стандартным сечениям электропроводки (п. 1–4 алгоритма), а также диапазоны расчетных токов, соответствующие максимально допустимым стандартным значениям тока срабатывания защитного аппарата (п. 5 алгоритма).

Зависимости сечения открыто проложенных проводов с резиновой изоляцией от расчетного тока, учитывающие постоянную времени нагрева, представлены в таблице 2. Данные таблицы 2 позволяют выбирать сечение открыто проложенных проводов с резиновой изоляцией с учетом постоянной времени нагрева по известным значениям расчетного тока и коэффициента расчетной нагрузки  $K_p$ , определенных при постоянной

времени нагрева  $T_0 = 10$  мин. Подобные таблицы могут быть получены для выбора проводов любых типов, а также для выбора шинопроводов, распределительных пунктов и других токоведущих частей системы электроснабжения с учетом постоянной времени нагрева.

Таблица 2

**Номограмма для выбора сечения открыто проложенных проводов с резиновой изоляцией с учетом постоянной времени нагрева**

Сечение, мм <sup>2</sup>	$I_{д.доп}$ , А	Интервалы расчетных токов $I_p$ , определенных при $T_0 = 10$ мин				
		$K_p = 1$	$K_p = 2$	$K_p = 3$	$K_p = 4$	$K_p = 5$
2	15	1...15	1...10	1...9	1...9	1...9
2,5	19	16...19	11...13	10...12	10...11	10...11
3	21	20...21	13...14	12...13	11...12	11...12
4	23	22...23	15...16	13...14	13...14	12...13
5	27	24...27	17...19	15...17	15...16	14...16
6	30	28...30	20...21	18...19	17...18	17...18
8	37	31...37	22...28	20...26	19...25	19...25
10	39	38...39	28...29	26...27	26...27	25...26
16	55	40...55	30...46	28...44	28...43	27...43
25	70	56...70	47...64	45...62	44...61	44...61
35	85	71...85	65...82	63...82	62...81	62...81
50	120	86...120	83...124	83...126	82...127	82...128
70	140	121...140	125...152	127...158	128...161	129...163
95	175	141...175	153...200	159...200	162...200	164...200
120	200	176...200	—	—	—	—

Как видно из таблицы 2, в области малых сечений полученные с помощью алгоритма (рис. 1) значения расчетного тока меньше длительно допустимого тока проводника, а в области больших сечений больше. Стоит заметить, что это происходит только лишь за счет уточнения расчетной нагрузки. В области малых сечений постоянная времени нагрева менее 10 мин, и это ведет к завышению расчетного тока. Так как ток увеличился, нужно увеличить и сечение. В области больших сечений происходит совершенно обратное. Таким образом, при выборе сечения питающей электропроводки без учета постоянной времени нагрева, в области малых сечений значение нагрузки занижено и это приведет к ускоренному износу электропроводки и увеличению аварийности, а в области больших сечений завышенное значение нагрузки ведет к увеличению капитальных затрат.

В таблице 3 представлена номограмма для определения максимального тока плавкой вставки с учетом постоянной времени нагрева защищаемой сети.

Таблица 3

**Номограмма для определения максимально допустимого тока плавкой вставки предохранителя с учетом постоянной времени нагрева**

Ток плавкой вставки предохранителя, А	Интервалы расчетных токов $I_p$ , определенных при $T_0 = 10$ мин				
	$K_p = 1$	$K_p = 2$	$K_p = 3$	$K_p = 4$	$K_p = 5$
50	1...15	1...10	1...9	1...9	1...9
63	16...21	11...14	10...13	10...12	10...12
80	22...23	15...16	13...14	13...14	12...13
100	24...30	17...21	15...19	15...18	14...18

125	31...39	22...29	20...27	19...27	19...26
200	40...55	30...46	28...44	28...43	27...43
250	56...70	47...64	45...62	44...61	44...61
315	71...85	65...82	63...82	62...81	62...81
400	86...120	83...124	83...126	82...127	82...128
500	121...140	125...152	127...158	128...161	129...163
600	141...200	153...200	159...200	162...200	164...200

Номограмма получена для сетей, выполненных открыто проложенными проводами с резиновой изоляцией, защищаемых предохранителями и не требующих защиты от перегрузки ( $K_3 = 0,33$ ). Подобные номограммы несложно получить и для других сетей и защитных аппаратов, основываясь на разработанном алгоритме (рис. 1).

Таким образом, учет постоянной времени нагрева электропроводки при выборе и согласовании с током срабатывания защитного аппарата позволяет уточнить его максимально допустимый ток срабатывания и сечение электропроводки, что способствует более надежному, экономичному и безопасному электроснабжению.

### **Литература**

1. Ус А.Г., Евминов Л.И. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий: Учебное пособие. – Мн.: «Пион», 2002. – 457 с.
2. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – 4-е изд., перераб. и доп.– М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с., ил.
3. Указания по расчету электрических нагрузок. ВНИПИ ТЯЖПРОМЭЛЕКТРОПРОЕКТ; РТМ 36.18.34.4-92.
4. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 416 с.

*Получено 22.07.2004 г.*