

Федеральное агентство по образованию
ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет – УПИ
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»



Л.А. Федотова

ВЫБОР КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ, АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ И ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ В СЕТИ 0,4 кВ

Учебное электронное текстовое издание
Подготовлено кафедрой «Электротехника и электротехнологические системы»
Научный редактор: проф., д-р техн. наук Ф.Н. Сарапулов

2-ое издание, стереотип

Методические указания к выполнению курсовой работы по курсу «Электроснабжение и электрооборудование электротехнологических установок» для студентов всех форм обучения специальности 140605 – Электротехнологические установки и системы.

Приводится методика выбора кабельных линий, автоматических выключателей и предохранителей в сетях 0,4 кВ, что позволит значительно облегчить работу студентов при выполнении курсовой работы по дисциплине «Электроснабжение и электрооборудование электротехнологических установок».

© ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2009

Екатеринбург
2009

ЗАДАНИЕ

к выполнению курсовой работы по курсу «Электроснабжение и электрооборудование электротехнологических установок»

Выбрать сечения и марки кабельных линий 1 и 2, автоматический выключатель в линии 1, предохранитель в линии 2 сети 0,4 кВ.

Исходные данные к расчету:

- все потребители относятся к 2-й и 3-й категории надежности, т. е. не требуют резервирования питания;
- сопротивления элементов сети (трансформатора и кабелей) рекомендуется принимать по [1] или [2], для кабелей можно принимать $Z_{пт\ уд} = 2,3r_{уд}$, т. е. принимать величину удельного полного сопротивления петли фаза-нуль в 2,3 раза больше активного удельного сопротивления жилы;
- при расчетах не учитывать сопротивление внешней сети 6 (10) кВ.

Схема участка сети цеха промышленного предприятия приведена на рис. 1.

1. Расчет электрических нагрузок по коэффициенту расчетной активной мощности

Расчетный максимум нагрузки кабеля, питающего силовую нагрузку напряжением до 1 кВ, определяется по коэффициенту расчетной активной мощности

$$P_p = K_p \sum_1^m P_{ci},$$

где K_p – расчетный коэффициент активной мощности;

P_{ci} – средняя активная мощность i -го электроприемника;

m – количество электроприемников.

Средняя активная мощность электроприемника определяется следующим образом

$$P_{ci} = k_{иi} P_{ном i},$$

где $k_{иi}$ – индивидуальный коэффициент использования;

$P_{ном i}$ – установленная мощность электроприемников.

Установленная мощность электроприемников

$$P_{\text{ном } i} = P_{\text{п}} \sqrt{\text{ПВ}},$$

где $P_{\text{п}}$ – паспортная активная мощность;

ПВ – продолжительность включения.

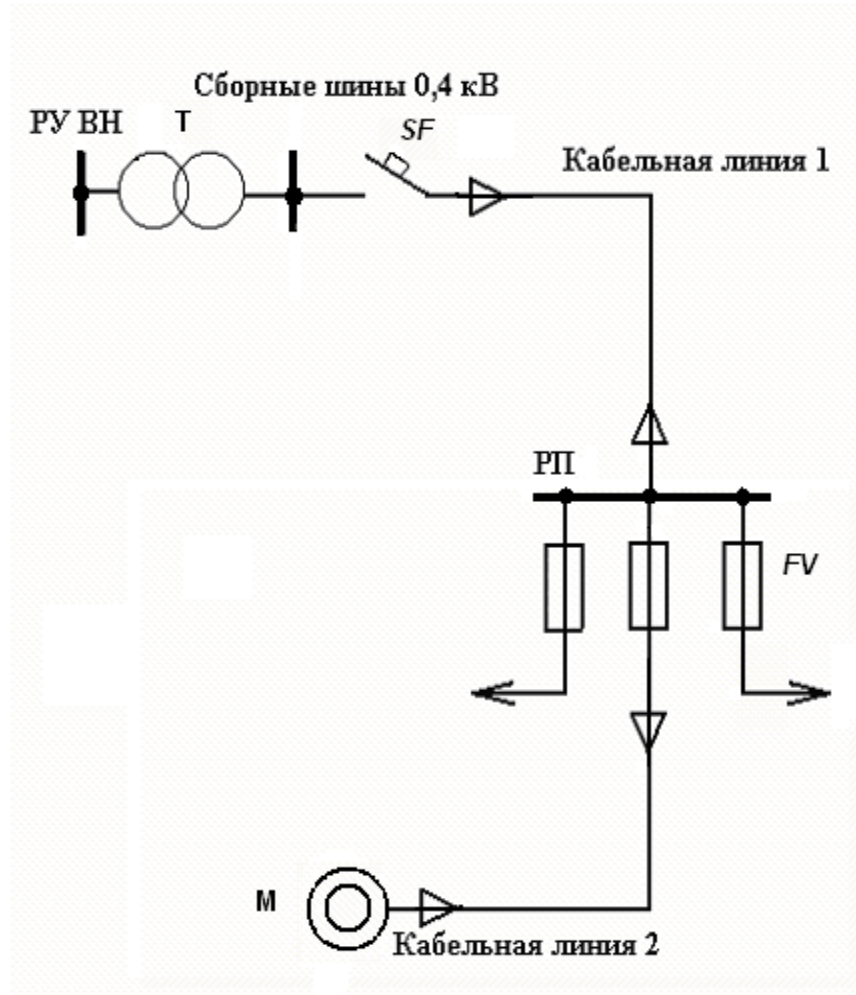


Рис. 1. Схема участка сети цеха промышленного предприятия:

РУ ВН – распределительное устройство высшего напряжения; Т – трансформатор; SF – автоматический выключатель; РП – распределительный пункт; FV – предохранитель; М – асинхронный двигатель

Средняя реактивная нагрузка $Q_{ci} = k_{\text{и}i} P_{\text{ном } i} \text{tg}\varphi_i$, где $\text{tg}\varphi_i$ – коэффициент реактивной мощности.

Величина расчетного коэффициента активной мощности $K_{\text{р}}$ находится по справочным данным (табл. П.1 в прил. 1 или табл. 9.1 [1]) в зависимости от величины группового коэффициента использования $K_{\text{и}}$ и эффективного числа электроприемников $n_{\text{э}}$.

Групповой коэффициент использования активной мощности определя-

ется по формуле

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum_1^m P_{\text{сi}}}{\sum_1^m P_{\text{ном i}}}.$$

Пример определения расчетной нагрузки

Перечень электроприемников, подключенных к РП, и их параметры заносят в таблицу.

Наименование оборудования	Количество, шт.	Номинальная мощность, кВт	$k_{\text{и}}$	$\text{tg} \varphi$	$P_{\text{с}}$, кВт	$Q_{\text{с}}$, кВт·Ар
1. Токарный станок	1	2,5	0,2	1,33	0,5	0,665
2. Сварочный трансформатор	1	0,8	0,3	2,3	0,24	0,552
3. Сушильный шкаф	1	1,3	0,7	0,33	0,91	0,3003
4. Вентиляторы тепловой завесы	2	$0,4 \cdot 2 = 0,8$	0,8	1,0	0,64	0,64
<i>Итого</i>	5	5,4	0,424		2,29	2,1573

Допускается определение эффективного числа приемников по упрощенной

формуле $n_{\text{э}} = \frac{2 \sum P_{\text{ном i}}}{P_{\text{ном i max}}}$, где $P_{\text{ном i max}}$ – номинальная мощность наиболее мощного электроприемника.

Расчетная реактивная нагрузка определяется следующим образом

$Q_{\text{р}} = L_{\text{р}} \sum Q_{\text{сi}}$, где $L_{\text{р}}$ – расчетный коэффициент реактивной мощности.

Величина расчетного коэффициента реактивной мощности принимается $L_{\text{р}} = 1,1$ при $n_{\text{э}} \leq 10$; $L_{\text{р}} = 1,0$ при $n_{\text{э}} > 10$.

Полная расчетная мощность силовой нагрузки $S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2}$.

Расчетный ток нагрузки

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}},$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение рассчитываемой электрической сети.

В приведенном примере для кабельной линии 1 получаем: $K_{\text{и}} = 0,424$; $n_3 = 4$; $K_{\text{р}} = 1,82$; $P_{\text{р}} = 4,1678$ кВт; $Q_{\text{р}} = 2,373$ кВ·Ар; $S_{\text{р}} = 4,796$ кВ·А; $I_{\text{р}} = 6,93$ А.

2. Расчет пиковых нагрузок электроприемников

Пиковый ток для группы электроприемников находится как сумма токов максимального рабочего тока группы без учета тока самого мощного асинхронного двигателя и пускового тока этого (самого мощного) асинхронного двигателя по формуле

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{р}} - k_{\text{и}} I_{\text{ном АД}} + k_{\text{п}} I_{\text{ном АД}},$$

где $I_{\text{ном АД}}$ – номинальный ток самого мощного асинхронного двигателя;

$k_{\text{п}}$ – кратность пускового тока этого асинхронного двигателя (табл. П.2 прил. 2).

Номинальный ток асинхронного двигателя определяется по формуле

$$I_{\text{ном АД}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi_{\text{ном}} \eta_{\text{ном}}},$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность асинхронного двигателя;

$\cos \varphi_{\text{ном}}$ – номинальный коэффициент мощности асинхронного двигателя;

$\eta_{\text{ном}}$ – номинальный коэффициент полезного действия асинхронного двигателя.

Технические данные асинхронных двигателей приводятся в табл. П.2 прил. 2.

3. Выбор кабельных линий

Сечение кабеля выбирается по допустимому длительному току из условий нагрева. При прокладке в кабельном канале нескольких кабелей следует учесть их взаимное температурное влияние при определении допустимого длительного тока.

Допустимый длительный ток вычисляется по соотношению

$$I_p \leq k_1 k_2 I_{\text{доп}},$$

где I_p – расчетный ток;

k_1 – коэффициент, учитывающий прокладку нескольких кабелей в канале (табл. П.3.5 в прил. 3);

$k_2 = 0,92$ (k_2 учитывает тот факт, что согласно правилам устройств электроустановок в сетях 0,4 кВ запрещена прокладка кабелей без нулевой жилы);

$I_{\text{доп}}$ – допустимый длительный ток для кабеля по условиям нагрева в нормальных условиях.

Допустимый длительный ток определяется следующим образом

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{k_1 k_2}.$$

По справочным данным (табл. П.3.2 в прил. 3 или табл. 1.3.7 [5]) находится ближайшее большее сечение, выдерживающее в длительном (получасовом) режиме ток больше $I_{\text{доп}}$.

На основании анализа условий прокладки следует сделать вывод о марке прокладываемого кабеля (табл. П.3.1 в прил. 3).

Для приведенного примера принимаем к прокладке кабеля марки АВВГ. Для кабельной линии 1 можно принять сечение фазных жил кабеля 2,5 мм² (АВВГ– 4 х 2,5).

4. Расчет токов коротких замыканий

Расчет токов коротких замыканий предназначен для выбора защитной и коммутационной аппаратуры и проверки оборудования на термическую стойкость.

Расчеты выполняются при следующих условиях:

1. Параметры схемы замещения трансформатора прямой, обратной и нулевой последовательностей одинаковы и составляют

$$R_{1т} = R_{2т} = R_{0т} = \frac{\Delta P_{кз} U_{\text{нн}}^2}{S_{\text{н}}^2}; \quad X_{1т} = X_{2т} = X_{0т} = \frac{U_{\text{к}} \% U_{\text{нн}}^2}{100 S_{\text{н}}},$$

где $R_{1т} = R_{2т} = R_{0т}$ – активные сопротивления трансформатора прямой, обратной и нулевой последовательностей;

$\Delta P_{кз}$ – мощность потерь в опыте короткого замыкания (КЗ);

$U_{нн}$ – номинальное напряжение обмотки низшего напряжения трансформатора;

$X_{1т} = X_{2т} = X_{0т}$ – реактивные сопротивления трансформатора прямой, обратной и нулевой последовательностей;

$U_k\%$ – напряжение короткого замыкания, выраженное в процентах;

S_n – номинальная полная мощность трансформатора.

Данные трансформаторов приводятся в табл. П.4.1 прил. 4, либо допускается пользоваться приближенными значениями сопротивлений трансформаторов (табл. П.4.2 прил. 4).

2. Активные и реактивные сопротивления прямой последовательности кабеля и петли фаза-нуль соответственно

$$R_k = l r_{уд}; \quad X_k = l x_{уд}; \quad Z_{пт} = 2,3 r_{уд} l,$$

где l – длина кабельной линии;

$r_{уд}$, $x_{уд}$ – активное и индуктивное удельные сопротивления кабелей (табл. П.3.4 прил. 3).

Расчет трехфазного короткого замыкания

Схема замещения для расчета токов трехфазного короткого замыкания показана на рис. 2.

Принимаем $Z_c = 0$. Чтобы рассчитать токи короткого замыкания, необходимо знать параметры схемы замещения, т. е. Z_t , $Z_{к1}$ и $Z_{к2}$.

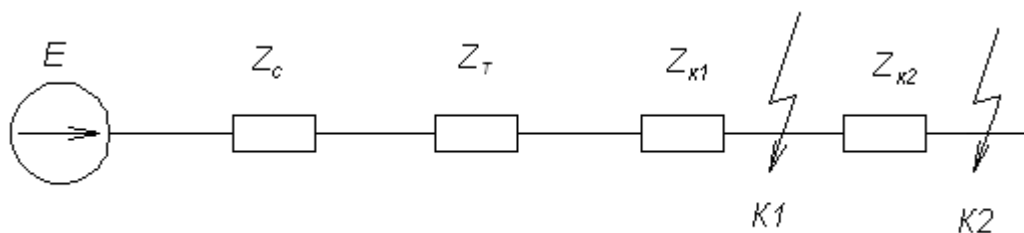


Рис. 2. Схема замещения сети:

Z_c – сопротивление системы; Z_t – сопротивление трансформатора; $Z_{к1}$ – сопротивление первого кабеля; $Z_{к2}$ – сопротивление второго кабеля

Ток трехфазного металлического короткого замыкания на землю в точке $K1$ (максимальный ток короткого замыкания) определяется по соотношению

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \sqrt{(R_{1T} + R_{к1})^2 + (X_{1T} + X_{к1})^2}}.$$

Ток трехфазного металлического короткого замыкания на землю в точке $K1$ с учетом переходного сопротивления (минимальный ток короткого замыкания) определяется по выражению

$$I_{K1R}^{(3)} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \sqrt{(R_{1T} + R_{к1} + R_{\Pi})^2 + (X_{1T} + X_{к1})^2}},$$

где R_{Π} – переходное сопротивление, включающее сопротивления контактов и сопротивление дуги в месте короткого замыкания. Переходное сопротивление принимается 30 мОм.

Расчет токов трехфазного короткого замыкания в точке $K2$ выполнен аналогично:

- без учета переходных сопротивлений

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \sqrt{(R_{1T} + R_{к1} + R_{к2})^2 + (X_{1T} + X_{к1} + X_{к2})^2}};$$

- с учетом переходных сопротивлений контактов и дуги

$$I_{K2R}^{(3)} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \sqrt{(R_{1T} + R_{к1} + R_{к2} + R_{\Pi})^2 + (X_{1T} + X_{к1} + X_{к2})^2}}.$$

Расчет однофазного короткого замыкания

Ток однофазного короткого замыкания на землю в точке $K1$ определяется по соотношению

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{U_{\text{нф}}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\text{пт}}},$$

где $U_{\text{нф}}$ – номинальное фазное напряжение сети;

$Z_{\Sigma}^{(1)}$ – полное сопротивление от источника до точки $K1$ токам однофазного короткого замыкания, которое с учетом сопротивления питающей системы рассчитывается по формуле

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = \sqrt{(R_{1\text{т}} + R_{2\text{т}} + R_{0\text{т}})^2 + (X_{1\text{т}} + X_{2\text{т}} + X_{0\text{т}} + 2X_{\text{с}})^2};$$

$Z_{\text{пт}}$ – сопротивление петли фаза-нуль первого кабеля.

С учетом переходных сопротивлений контактов и дуги суммарное сопротивление вычисляется следующим образом

$$Z_{\Sigma R}^{(1)} = \sqrt{(3R_{\text{п}} + R_{1\text{т}} + R_{2\text{т}} + R_{0\text{т}})^2 + (X_{1\text{т}} + X_{2\text{т}} + X_{0\text{т}} + 2X_{\text{с}})^2}.$$

Аналогичный расчет проводится для точки $K2$. При расчете токов необходимо учесть сопротивления петли фаза-нуль обоих кабелей.

5. Выбор защитной и коммутационной аппаратуры

Выбор предохранителей

Выбор предохранителя осуществляется по следующим условиям:

1. Номинальное напряжение предохранителя $U_{\text{н пр}}$ должно соответствовать номинальному напряжению сети $U_{\text{ном}}$

$$U_{\text{н пр}} \geq U_{\text{ном}}.$$

2. Номинальный ток плавкой вставки $I_{\text{н.вст}}$ выбирается по двум условиям:

- ток плавкой вставки должен быть не меньше максимального рабочего то-

ка $I_{\text{н.вст}} \geq I_{\text{р max}};$

- ток плавкой вставки должен превышать пиковый ток двигателей $I_{н.вст} \geq I_{пик} / k$ для групповой линии с несколькими электродвигателями, и пусковой ток двигателя $I_{н.вст} \geq I_{п} / k$ для линии с одним электродвигателем, где k – коэффициент кратковременной тепловой перегрузки плавкой вставки, который принимается равным 2,5 при легком пуске с длительностью 2-5 с и равным 1,6-2 при тяжелом пуске длительностью около 10 с.

Пусковой ток электродвигателя равен $I_{п} = k_{п} I_{ном_{АД}}$.

После выбора предохранителя (табл. П.5 прил. 5) следует выполнить его проверку:

- проверка чувствительности защиты оборудования предохранителем по минимальному току короткого замыкания (кратность минимального тока короткого замыкания по отношению к номинальному току плавкой вставки должна быть больше 3 для невзрывоопасных помещений и 4 для взрывоопасных)

$$K_{ч} = I_{к.мин} / I_{н.вст} ;$$

- проверка сечения кабеля по току вставки предохранителя (ток вставки не должен превышать максимально допустимый по нагреву ток кабеля, указанная проверка требуется только при необходимости защиты от перегрузки)

$$I_{н.вст} \leq (0,8 - 1,0) I_{доп.пров}.$$

Выбор автоматических выключателей

Автоматический выключатель должен защищать сеть от токов коротких замыканий и от перегрузки, поэтому выбирается автоматический выключатель с комбинированным расцепителем.

Принципы выбора автоматических выключателей (табл. П.6.1 и табл. П.6.2 прил. 6):

1. Значение номинального напряжения автоматического выключателя $U_{нв}$ должно соответствовать значению номинального напряжения сети $U_{ном}$

$$U_{нв} \geq U_{ном}.$$

2. Значение номинального тока расцепителя $I_{н.расц}$ должно быть больше или равно максимальному длительному расчетному значению тока группы электроприемников I_p $I_{н.расц} \geq I_p$.

3. Ток срабатывания электромагнитного расцепителя I_{co} отстраивается от пускового тока $I_{пик}$ наиболее крупного двигателя $I_{co} \geq K_n I_{пик}$, где K_n – коэффициент надежности, учитывающий разброс параметров выключателя (для автоматических выключателей типа АЕ 20 $K_n = 1,5$).

Проверяем чувствительности отсечки при двухфазных и однофазных коротких замыканиях. Расчетные значения коэффициентов чувствительности при двухфазных $K_{\text{ч}}^{(2)}$ и однофазных $K_{\text{ч}}^{(1)}$ коротких замыканиях определяются по соотношениям

$$K_{\text{ч}}^{(2)} = \frac{I_{K1R}^{(2)}}{I_{co}} = \frac{0,867 I_{K1R}^{(3)}}{I_{co}} \geq 1,1 k_p; \quad K_{\text{ч}}^{(1)} = \frac{I_{K1R}^{(1)}}{I_{co}} \geq 1,1 k_p,$$

где $I_{K1R}^{(2)}$ и $I_{K1R}^{(1)}$ – минимальные токи коротких замыканий в точке $K1$;

k_p – коэффициент разброса срабатывания отсечки по току (рекомендуется принимать $1,1 k_p$ не менее $1,4-1,5$).

Временные характеристики автоматических выключателей типа АЕ 20:

- собственное время срабатывания не более $0,04$ с при значениях тока, близких к значениям тока срабатывания отсечки;

- минимальное время – $0,01$ с.

Определяем ток срабатывания защиты от перегрузки

$$I_{сп} \geq \frac{K_n I_{пик}}{K_v},$$

где K_n – коэффициент надежности, учитывающий запас по току (неточность настройки и разброс срабатывания защиты);

K_v – коэффициент возврата, равный отношению тока возврата (максимального тока, при котором тепловое реле возвращается в исходное состояние – остывает) к минимальному току срабатывания.

Защита считается эффективной, если $I_{\text{сп}} = (1,2-1,4)I_{\text{см}}$, где $I_{\text{см}}$ – минимальный ток срабатывания.

Для выключателей АЕ 20 отношение $I_{\text{сп}} / I_{\text{н.расц}} = 1,15$.

Ниже приведены данные о времени срабатывания теплового расцепителя выключателя серии АЕ 20:

- не срабатывает при $I = 1,05I_{\text{н.расц}}$ в течение 2 ч.;
- срабатывает при $I = 1,25I_{\text{н.расц}}$ в течение 25 мин.;
- срабатывает при $I = 7I_{\text{н.расц}}$.

Зависимость $\lg t = \varphi(\lg I)$ позволяет оценить время срабатывания теплового реле при любом токе (рис. 3).

Время срабатывания защиты от перегрузки должно быть выбрано больше, чем время пуска двигателей для ликвидации ложного срабатывания защиты

$$t_{\text{сп}} \geq (1,5 - 2)t_{\text{пуск}}.$$

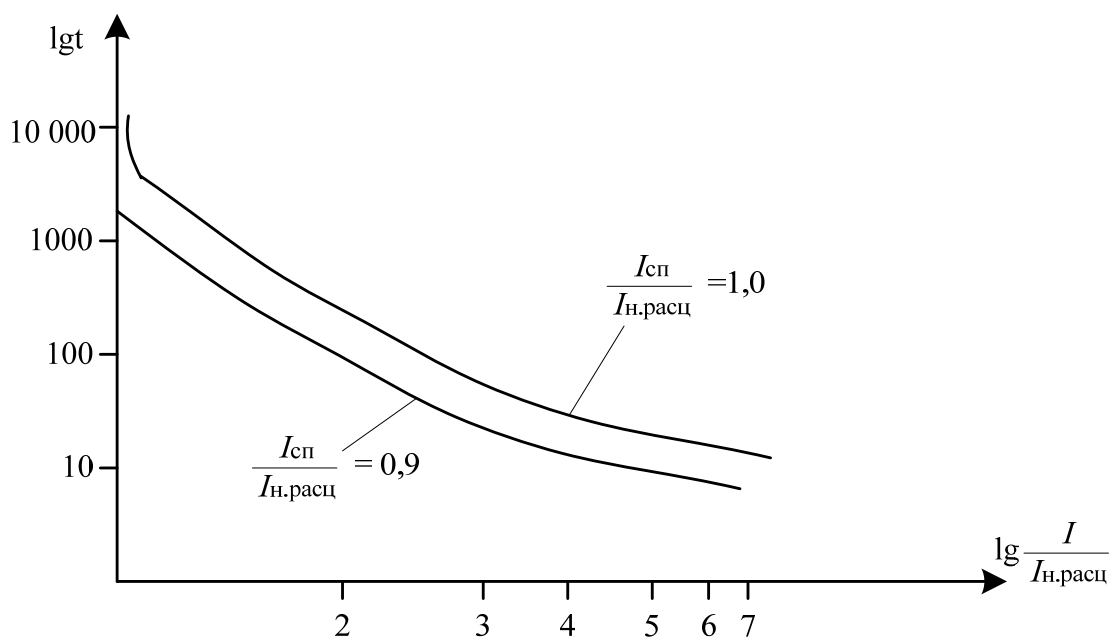


Рис. 3. Зависимость времени срабатывания от тока теплового расцепителя автомата АЕ 20

Автоматы АЕ 20 имеют в большинстве случаев встроенную регулировку величины $I_{\text{сп}} = (0,9-1,15)I_{\text{н.расц}}$. Для уменьшения времени срабатывания защиты от перегрузки необходимо снизить уставку по току срабатывания защиты от перегрузки до $0,9I_{\text{н.расц}}$.

6. Проверка кабеля на термическую стойкость

Проверка термической стойкости кабеля основана на расчете теплового импульса – количества тепла, которое выделяется в активном сопротивлении кабеля при протекании через него тока короткого замыкания за время начала короткого замыкания до полного погашения дуги при его отключении. Время действия тока зависит от параметров установленной защитной и коммутационной аппаратуры.

Минимально допустимое сечение кабеля $S_{\text{мин}}$ по термической стойкости определяется по выражению

$$S_{\text{мин}} = \frac{I^{(3)} \sqrt{t_{\text{откл}} + T_a}}{C},$$

где $I^{(3)}$ – максимальное значение расчетного тока короткого замыкания;

$t_{\text{откл}}$ – собственное время отключения защитного аппарата;

T_a – среднее значение постоянной времени апериодической слагающей тока короткого замыкания ($T_a = 0,01$ с);

C – постоянная времени, зависящая от вида изоляции и материала жил кабеля, определяется при условии, что температура нагрева проводников при коротком замыкании не превышает допустимую – 150 °С для поливинилхлоридной и резиновой изоляции (табл. П.3.3 прил. 3 или [6]).

7. Проверка допустимости перегрева кабеля при протекании по нему пикового тока в течение времени срабатывания защиты

Значение температуры кабеля не должно превышать критическое для данных типов кабеля и изоляции. Допустимая температура для кабеля АВВГ составляет 150 °С.

Расчет перегрева кабеля от пиковых токов проводится по упрощенному алгоритму, который дает несколько завышенное значение температуры кабеля.

1. Определяется масса m проводникового материала $m = \rho sl$, где ρ – плотность материала (для алюминия $\rho = 2,703 \text{ г/см}^3$, для меди $\rho = 8,89 \text{ г/см}^3$); s – сечение жилы кабеля; l – длина кабеля.

2. Определяется количество теплоты, необходимое для нагрева массы проводникового материала m от начального значения температуры t_n до критического значения температуры t_k (табл. П.3.3 прил. 3), по формуле $Q = mc(t_k - t_n)$, где c – удельная теплоемкость (для алюминия $c = 920 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$, для меди $c = 386 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$); $t_n = 65 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. Определяются потери активной мощности при протекании пикового тока, выделяющиеся в виде тепла и нагревающие кабель, $P = 3I_{\text{пик}}^2 \rho \frac{l}{s}$, где ρ – удельное сопротивление (для алюминия $\rho = 0,028 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$, для меди $\rho = 0,017 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$) материала жил кабеля.

4. Находится время, в течение которого при мощности P в кабеле будет выделено найденное (п. 3) количество теплоты:

$$T = \frac{0,0028Q}{P}, \text{ ч.}$$

5. Сравнивается реальное время нагрева кабеля при протекании пикового тока (рис. 3 или рис. П.5 прил. 5) со временем T (п. 4). Если время протекания пикового тока меньше времени T , то делается вывод о том, что кабель и его изоляция не нагреются до недопустимого уровня температур, и, следовательно, время срабатывания тепловой защиты от перегрузки выбрано правильно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конюхова Е. А. Электроснабжение объектов / Е. А. Конюхова. М.: Академия, 2005. 416 с.
2. Электротехнический справочник. В 3 т. Т. 3. В 2 кн. Кн. 1. Производство и распределение электрической энергии / под общ. ред. проф. МЭИ В. Г. Герасимова. 7-е изд., испр. и доп. М.: Энергоиздат, 1988. 656 с.
3. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: метод. пособие для курсового проектирования / В. П. Шеховцов. М.: ФОРУМ – ИНФРА-М, 2005. 214 с.
4. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / под ред. В. И. Круповича. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоиздат, 1988. 656 с.
5. Справочник по проектированию электроснабжения / под ред. Ю. Г. Барыбина. М.: Энергоатомиздат, 1990. 576 с.
6. Федоров А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: учеб. для вузов / А. А. Федоров, В. В. Каменева. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1984. 472 с.
7. Алексеев А. А. Основы электроснабжения: учеб. пособие по дисциплине «Электроснабжение» / А. А. Алексеев, С. С. Ананичева, А. С. Бердин. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. 91 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ **ПРИЛОЖЕНИЕ 1**

Таблица П.1

Значения коэффициентов расчетной нагрузки K_p для питающих сетей
напряжением до 1000 В

n_3	Коэффициент использования K_H								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14	1,00
2	6,22	4,33	3,39	2,45	1,98	1,60	1,33	1,14	1,00
3	4,05	2,89	2,31	1,74	1,45	1,34	1,22	1,14	1,00
4	3,24	2,35	1,91	1,47	1,25	1,21	1,12	1,06	1,00
5	2,84	2,09	1,72	1,35	1,16	1,16	1,08	1,03	1,00
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,14	1,13	1,06	1,01	1,00
7	2,49	1,86	1,54	1,23	1,12	1,10	1,04	1,00	1,00
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,10	1,08	1,02	1,00	1,00
9	2,27	1,71	1,43	1,16	1,09	1,07	1,01	1,00	1,00
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,07	1,05	1,00	1,00	1,00
11	2,11	1,61	1,35	1,10	1,06	1,04	1,00	1,00	1,00
12	2,04	1,56	1,32	1,08	1,05	1,03	1,00	1,00	1,00
13	1,99	1,52	1,29	1,06	1,04	1,01	1,00	1,00	1,00
14	1,94	1,49	1,27	1,05	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00
15	1,89	1,46	1,25	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
16	1,85	1,43	1,23	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
17	1,81	1,41	1,21	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
18	1,78	1,39	1,19	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
19	1,75	1,36	1,17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	1,72	1,35	1,16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	1,69	1,33	1,15	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
22	1,67	1,31	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
23	1,64	1,30	1,12	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
24	1,62	1,28	1,11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
25	1,60	1,27	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30	1,51	1,21	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
35	1,44	1,16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
40	1,40	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
45	1,35	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
50	1,30	1,07	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
60	1,25	1,03	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
70	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
80	1,16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
90	1,13	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	1,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П.2

Технические данные асинхронных электродвигателей
с короткозамкнутым ротором серии 4А основного исполнения
(закрытые обдуваемые)

Тип двигателя	P_n , кВт	При номинальной нагрузке		K_n
		η , %	$\cos\varphi$	
3000 об/мин				
4AA56B2Y3	0,25	68,0	0,77	5,0
4AA63A2Y3	0,37	70,0	0,86	5,0
4AA63B2Y3	0,56	73,0	0,86	5,0
4A71A2Y3	0,75	77,0	0,87	5,5
4A71B2Y3	1,10	77,5	0,87	5,5
4A80A2Y3	1,50	81,0	0,85	6,5
4A80B2Y3	2,20	83,0	0,87	6,5
4A90L2Y3	3,00	84,5	0,88	6,5
4A100S2Y3	4,00	86,5	0,89	7,5
4A100L2Y3	5,50	87,5	0,91	7,5
4A112M2Y3	7,50	87,5	0,88	7,5
4A132M2Y3	11,0	88,0	0,90	7,5
4A160S2Y3	15,0	88,0	0,91	7,5
4A160M2Y3	18,5	88,5	0,92	7,5
4A180S2Y3	22,0	88,5	0,91	7,5
4A180M2Y3	30,0	90,0	0,92	7,5
4A200M2Y3	37,0	90,0	0,89	7,5
4A200L2Y3	45,0	91,0	0,90	7,5
4A225M2Y3	55,0	91,0	0,92	7,5
4A250S2Y3	75,0	91,0	0,89	7,5
4A250M2Y3	90,0	92,0	0,90	7,5
1500 об/мин				
4A80A4Y3	1,10	75,0	0,81	5,0
4A80B4Y3	1,50	77,0	0,83	5,0
4A90L4Y3	2,20	80,0	0,83	6,0
4A100S4Y3	3,0	82,0	0,83	6,5
4A100L4Y3	4,0	84,0	0,84	6,5
4A112M4Y3	5,5	85,5	0,85	7,0
4A132S4Y3	7,5	87,5	0,86	7,0
4A132M4Y3	11,0	87,5	0,87	7,0
4A160S4Y3	15,0	88,5	0,88	7,0
4A160M4Y3	18,5	89,5	0,88	7,0
4A180S4Y3	22,0	90,0	0,90	7,0
4A180M4Y3	30,0	90,5	0,90	7,0
4A200M4Y3	37,0	91,0	0,90	7,0
4A200L4Y3	45,0	92,0	0,90	7,0
4A225M4Y3	55,0	92,5	0,90	7,0
4A250S4Y3	75,0	93,0	0,90	7,0
4A250M4Y3	90,0	93,0	0,91	7,0

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица П.3.1

Марки, конструкция и назначение силовых кабелей

Марки		Конструкция и назначение
меди	алюминия	
СБ АБ ОСБ СП	АСБ ААБ АОСБ АСП	Кабели с изоляцией из пропитанной бумаги с медными и алюминиевыми (А) жилами, в свинцовой (С) или алюминиевой (А) оболочке, с отдельно освинцованными (О) жилами, бронированные стальными лентами (Б) или стальными оцинкованными проволоками (П) с наружным защитным покровом – для прокладки в земле (в траншее)
СВГ АБГ ОСБГ	АСВГ ААБГ АОСБГ	То же, но без наружного покрова (Г) – для прокладки внутри помещений, в каналах, тоннелях, при возможных механических воздействиях на кабель
АГ	ААГ	То же, в алюминиевой оболочке, небронированный – для прокладки внутри помещений, в каналах, тоннелях при отсутствии механических воздействий на кабель
СГТ	АСГТ	То же, в свинцовой утолщенной (Т) оболочке, небронированный – для прокладки в трубах, блоках, тоннелях, каналах, внутри помещений при отсутствии механических воздействий на кабель
СБВ АБВ СБГВ ЦСБ ЦСБГ	АСБВ ААБВ АСБГВ ЦАСБ ЦААБГ	То же, что и кабели марок СБ, АСБ, АБ, ААБ, СБГ, АСБГ, ААБГ, но с обедненной (В) и нестекающей (Ц) массой – для прокладки на вертикальных трассах и с большой разностью уровней
СРБ ВРБ НРБ ВВБ ВПБ ВОВБ ПОВБ	АСРБ АВРБ АНРБ АВВБ АВПБ АВОВБ АПОВБ	Кабели с медными и алюминиевыми (А) жилами с резиновой (Р), поливинилхлоридной (В) и полиэтиленовой (П) изоляцией. В свинцовой (С), поливинилхлоридной (В), полиэтиленовой (П), резиновой негорючей (Н) оболочке, с отдельно экранированными (О) жилами, бронированный стальными лентами (Б), с защитным наружным покровом – для прокладки в земле в траншее
СРБГ ВРБГ ВВБГ НРБГ	АСРБГ АВРБГ АВВБГ АНРБГ	То же, но без наружного покрова (Г) – для прокладки внутри помещений, в каналах, тоннелях
СРГ ВРГ НРГ ВВГ ПВГ	АСРГ АВРГ АНРГ АВВГ АПВГ	То же, небронированные – для прокладки внутри помещений, каналах, тоннелях при отсутствии механических воздействий на кабель

Таблица П.3.2

Длительно допустимые токовые нагрузки на кабели с алюминиевыми жилами, с резиновой или пластмассовой изоляцией до 1000 В, в свинцовой, поливинилхлоридной или негорючей резиновой оболочке, бронированные и небронированные

Сечение жилы, мм ²	Нагрузка, А, при прокладке кабелей				
	одножильных в воздухе	двухжильных		трехжильных	
		в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	106	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	395	310	440	270	385
240	465	—	—	—	—

Таблица П.3.3

Значения функции C и расчетных значений температуры для кабелей

Кабель	Функция C , $A \cdot c^{1/2} / \text{мм}^2$	Расчетное значение температуры проводника, °C	
		начальная	конечная
Кабели с алюминиевыми однопроволочными жилами и бумажной изоляцией	92	65	200
То же, с многопроволочными жилами	98	65	200
Кабели с медными однопроволочными жилами и бумажной изоляцией	140	65	200
То же, с многопроволочными жилами	147	65	200
Кабели с алюминиевыми жилами и поливинилхлоридной или резиновой изоляцией	75	65	150
То же, с медными жилами	114	65	150
Кабели с алюминиевыми жилами и полиэтиленовой изоляцией	62	65	120
То же, с медными жилами	94	65	120

Таблица П.3.4

Значения сопротивлений кабелей напряжением 1 кВ

Сечение жилы, мм ²	Активное сопротивление при 20 °С жилы, мОм/м		Индуктивное сопротивление, мОм/м	
	алюминиевой	медной	кабеля с поясной бумажной изоляцией	трех проводов в трубе, кабеля с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией
1	—	18,5	—	0,133
1,5	—	12,3	—	0,126
2,5	12,5	7,4	0,104	0,116
4	7,81	4,63	0,095	0,107
6	5,21	3,09	0,090	0,100
10	3,12	1,84	0,073	0,099
16	1,95	1,16	0,0675	0,095
25	1,25	0,74	0,0662	0,091
35	0,894	0,53	0,0637	0,088
50	0,625	0,37	0,0625	0,085
70	0,447	0,265	0,0612	0,082
95	0,329	0,195	0,0602	0,081
120	0,261	0,154	0,0602	0,080
150	0,208	0,124	0,0596	0,079
185	0,169	0,100	0,0596	0,078
240	0,130	0,077	0,0587	0,077

Таблица П.3.5

Поправочные коэффициенты на число работающих кабелей, лежащих рядом в земле (в трубах и без труб)

Расстояние между кабелями, мм	Коэффициент при числе кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100		0,90	0,85	0,78	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,82	0,82	0,81
300		0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица П.4.1

Трансформаторы трехфазные силовые общего назначения двухобмоточные
с охлаждением естественным масляным (М)

Тип	$U_k, \%$	Потери, кВт		$I_o, \%$
		P_x	P_k	
ТМ-25/10	4,5	0,125	0,600	3,2
ТМ-40/10	4,5	0,180	0,880	3,0
ТМ-63/10	4,5	0,265	1,280	2,8
ТМ-100/10	4,5	0,365	1,970	2,6
ТМ-160/10	4,5	0,540	2,650	2,4
ТМ-250/10	4,5	0,780	3,700	2,3
ТМ-400/10	4,5	1,080	5,500	2,1
ТМ-630/10	5,5	1,680	7,600	2,0
ТМ-1000/10	5,5	2,450	12,20	1,4
ТМ-1600/10	5,5	3,300	18,00	1,3
ТМ-2500/10	5,5	4,600	25,00	1,0
ТМ-4000/10	6,5	6,400	33,50	0,9
ТМ-6300/10	6,5	9,000	46,50	0,8

Таблица П.4.2

Сопротивления понижающих трансформаторов с вторичным напряжением 0,4
кВ

Номи- нальная мощность, кВ·А	Схема соеди- нения обмоток	Значение сопротивлений, мОм					
		прямой последовательности		нулевой последовательности		току однофазного КЗ	
		R_{1T}	X_{1T}	R_{0T}	X_{0T}	$R_T^{(1)}$	$X_T^{(1)}$
25	Y/Y _н	154	244	1650	1930	1958	2418
40	Y/Y _н	88	157	952	1269	1128	1583
63	Y/Y _н	52	102	504	873	608	1077
100	Y/Y _н	31,5	65	254	582	317	712
160	Y/Y _н	16,6	41,7	151	367	184	450
250	Y/Y _н	9,4	27,2	96,5	235	115	289
400	Y/Y _н	5,5	17,1	55,6	149	66,6	183
630	Y/Y _н	3,1	13,6	30,2	95,8	36,4	123
1000	Y/Y _н	1,7	8,6	19,6	60,6	2,3	77,8
1600	Y/Y _н	1	5,4	16,3	50	18,3	60,8
2500	Δ/Y _н	0,64	3,46	0,64	3,46	1,92	10,38

Примечание. Указанные в табл. П.4.2 значения сопротивлений масляных трансформаторов приведены к напряжению 0,4 кВ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица П.5

Технические данные предохранителей

Тип предохранителя	Номинальный ток патрона, А	Номинальный ток плавкой вставки, А	Характеристика предохранителя
ПР-2	15	6, 10, 15	Трубчатый, с закрытым разборным патроном, без наполнителя, токоограничивающий
	60	15, 20, 25, 35, 45, 60	
	100	60, 80, 100	
	200	100, 125, 160, 200	
	350	200, 225, 260, 300, 350	
	600	350, 430, 500, 600	
	1000	600, 700, 850, 1000	
НПН-2	15	6, 10, 15	Трубчатый, с закрытым неразборным патроном, с наполнителем, безынерционный
	60	15, 20, 25, 35, 45, 60	
ПН-2	100	30, 40, 50, 60, 80, 100	Трубчатый, с закрытым разборным патроном, с наполнителем, безынерционный
	250	80, 100, 120, 150, 200, 250	
	400	200, 250, 300, 350, 400	
	600	300, 400, 500, 600	
	1000	500, 600, 750, 800, 1000	
ПНБ-3	100	63, 100	Трубчатый, с закрытым патроном, с наполнителем, быстродействующий
	150	150	
	200	200	
	300	250, 300	
	500	400, 500	
ПНБ-5	100	40, 63, 100	
	250	160, 250	
	400	315, 400	
	630	500, 630	

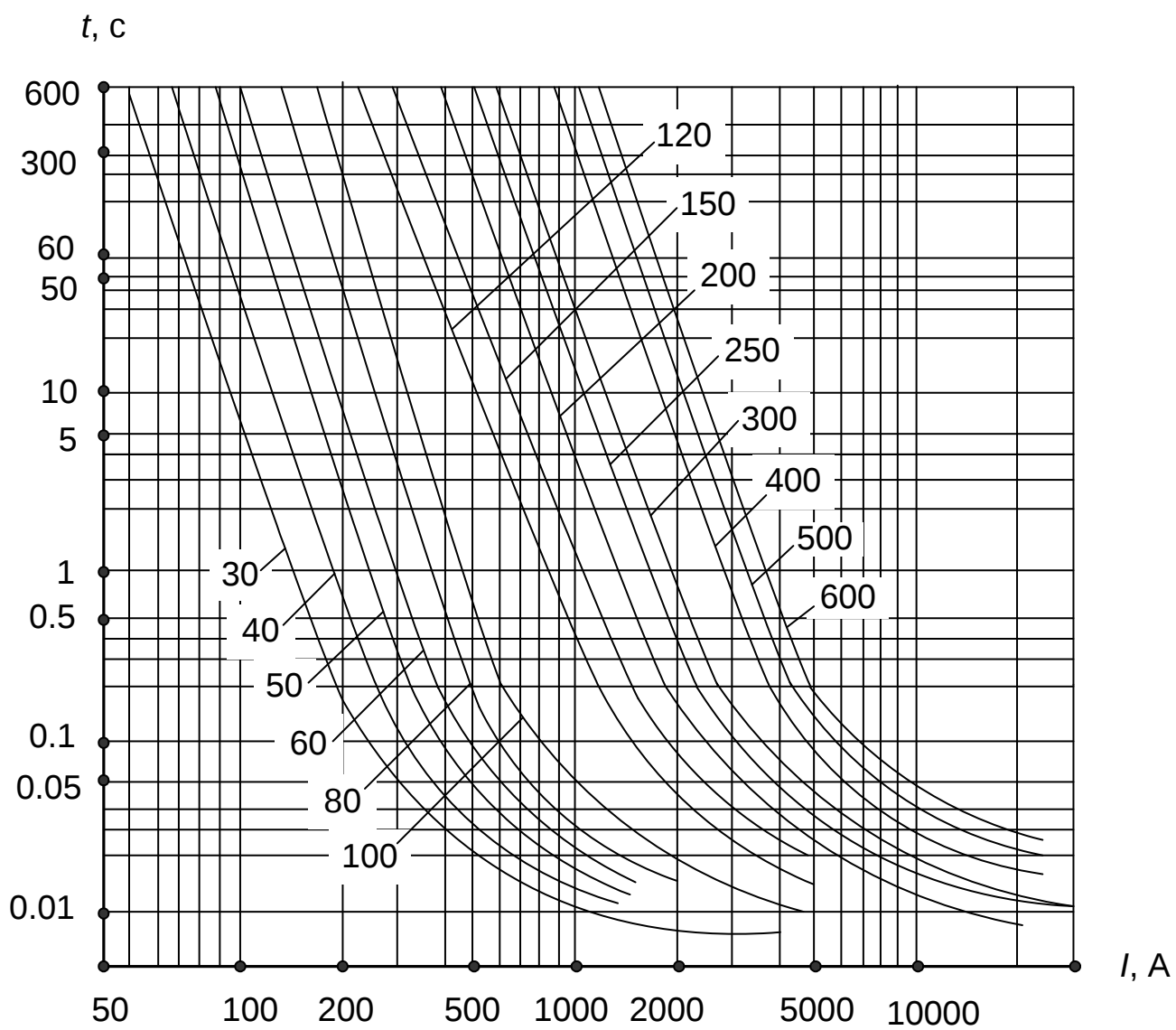


Рис. П.5. Семейство защитных характеристик плавких вставок предохранителей

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Таблица П.6.1

Технические данные автоматических выключателей

Серия автомата	Число полюсов	Номинальный ток автомата, А	Номинальный ток теплового расцепителя $I_{н.т.}$, А	Пределы тока мгновенного срабатывания электромагнитного расцепителя (отсечка), А
AE-1000	1	10 25	0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4 6; 10; 16; 25	$(12-18)I_{н.т.}$
AE-20	3	25 63 100	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63; 80; 100	$12I_{н.т.}$
A3110	2, 3	100	15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 80; 100	$10I_{н.т.}$
A3120	2, 3	100	15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 80; 100	430 – 800
A3130	2, 3	200	120; 140; 170; 200	840 – 1400
A3140	2, 3	600	250; 300; 350; 400; 500; 600	1750 – 4200
A3710	2, 3	160	20 – 160	400 – 1600
A3720	2, 3	250	160 – 250	1600 – 2500
A3730	2, 3	400	160 – 400	2500 – 4000
A3740	2, 3	400 630	160 – 400 250 – 630	4000 – 6300
ABM-10	3	750	500; 600; 750	4000 – 8000
ABM-15	3	1500	1000; 1150; 1200; 1400; 1500	8000; 10 000
ABM-20	3	2000	1000; 1200; 1500; 1800; 2000	8000; 10 000

Таблица П.6.2

Технические данные автоматических выключателей серии ВА

Тип	Номинальный ток, А		Кратность уставки		$I_{откл},$ кА
	выключа- теля $I_{н.а}$	расцепителя $I_{н.р}$	теплого расцепи- теля $K_{у(тр)}$	электро- магнитного расцепите- ля $K_{у(эмр)}$	
ВА 51-25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5	1,2	1,4	3 1,5
ВА 51-25		6,3; 8 10; 12,5	1,35	7; 10	2 2,5
ВА 51Г-31	100	16; 20; 25 6,3; 8; 10; 12 10 20; 25 31,5; 40; 50; 63 80; 100		3; 7; 10	3,0 2 2,5 3,5 5 0
ВА 51-31 ВА 51Г-31		6,3; 8 10; 12,5 31,5; 40; 50; 63 80; 100			2 2,5; 3,8 6
ВА 51-33 ВА 51Г-33	160	80; 100; 125; 160	1,25	10	7 12,5
ВА 51-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250		12	15
ВА 51-37	400	250; 320; 400		10	25
ВА 51-39	630	400; 500; 630			35
ВА 52-31 ВА 52Г-31	100	16; 20; 25 31,5; 40 50; 63 80; 100	1,35	3; 7; 10	12 15 18 25
ВА 52-33 ВА 52Г-33	160	80; 100 125; 160	1,25	10	28 35
ВА 52-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250		12	30
ВА 52-37	400	250; 320; 400		10	
ВА 52-39	630	250; 320; 400; 500; 630			40
ВА 53-37 ВА 55-37	160 250	Регулируется ступенями 0,63 – 0,8 – 1,0 от $I_{н.а}$	1,25	2; 3; 5; 7; 10	20
ВА 53-39 ВА 55-39	400 250				25
ВА 53-41 ВА 55-41	630 1000			2; 3; 5; 7	

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЗАДАНИЕ к выполнению курсовой работы по курсу «Электроснабжение и электрооборудование электротехнологических установок»	2
1. Расчет электрических нагрузок по коэффициенту расчетной активной мощности.....	2
2. Расчет пиковых нагрузок электроприемников.....	5
3. Выбор кабельных линий.....	5
4. Расчет токов коротких замыканий.....	6
5. Выбор защитной и коммутационной аппаратуры.....	9
6. Проверка кабеля на термическую стойкость.....	12
7. Проверка допустимости перегрева кабеля при протекании по нему пикового тока в течение времени срабатывания защиты.....	13
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	15
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	16
Приложение 1.....	16
Приложение 2.....	17
Приложение 3.....	18
Приложение 4.....	21
Приложение 5.....	22
Приложение 6.....	24

Учебное электронное текстовое издание

Федотова Лидия Адамовна

**ВЫБОР КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ, АВТОМАТИЧЕСКИХ
ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ И ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ В СЕТИ 0,4 кВ**

Редактор *И. В. Меркурьева*

Компьютерная верстка *Л.А.Федотовой*

Подготовка к публикации *Н.В. Лутовой*

Рекомендовано РИС ГОУ ВПО УГТУ – УПИ

Разрешено к публикации 10.02.10

Электронный формат – pdf

Объем 1,35 уч.-изд. л.

Издательство ГОУ ВПО УГТУ - УПИ

620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19

Информационный портал

ГОУ ВПО УГТУ – УПИ

<http://www.ustu.ru>