



Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ
КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ**

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Профиль подготовки Электрооборудование и энергохозяйство горных и
промышленных предприятий
Уровень высшего образования бакалавриат
(бакалавриат, специалитет, магистратура)

Автор - разработчик: Гусакин А. А., ст. преподаватель
Рассмотрено на заседании кафедры энергетики
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Контрольная работа является составной частью самостоятельной работы обучающихся. Выполнение контрольных работ имеет целью закрепление обучающимися полученных на лекциях теоретических знаний и практического опыта, приобретенного на практических занятиях, путем самостоятельной работы.

Методические указания по выполнению контрольных работ

Методические указания и примеры решения контрольных работ 1 и 2.

Выбор контакторов (магистральных пускателей) – производится по следующим условиям:

- а) роду тока силовой цепи;
- б) номинальному напряжению и току в силовой цепи;
- в) числу главных и вспомогательных контактов пускателя (контакторов);
- г) категории применения и климатического исполнения аппарата: категория применения определяется условиями работы потребителя и схемой питания;
- д) режима работы.

Если выбирается пускатель, то необходимо указать наличие теплового реле и реверсивности пускателя, что определяется схемой управления двигателя.

Выбор тепловых реле – производится по условиям:

- а) номинальному напряжению реле;
- б) числу полюсов;
- в) номинальному току нагревательного элемента реле, который выбирается таким образом, чтобы отключение реле при пусковом токе двигателя происходило в интервале времени от $t_{п}$ до $1,5 \cdot t_{п}$. Если выбран пускатель со встроенным тепловым реле, то уточняется номинальный ток нагревательного элемента и по характеристике реле проверяется время его срабатывания.

Выбор предохранителей для двигателей – производится по условию:

- отстройки от пускового тока двигателя:

$$I_{н} \geq \frac{I_{пд}}{K}, \quad (1)$$

где $I_{н}$ – номинальный ток плавкой вставки предохранителя; $I_{пд}$ – пусковой ток двигателя; K – коэффициент, определяемый условиями пуска ($K = 2,5$ - легкий пуск; $K = 1,6-2$ – тяжелый пуск).

В общем случае номинальный ток плавкой вставки, через которую питаются несколько самозапускающихся двигателей, выбирают по выражению:

$$I_{н} \geq \frac{\sum_1^n I_{пд}}{K}, \quad (2)$$

где $\sum_1^n I_{пд}$ – сумма пусковых токов всех самозапускающихся двигателей.

Выбранный по условию (2) предохранитель проверяют на пуск самых крупных двигателей в нормальном режиме по выражению:

$$I_{н} \geq \frac{\sum_1^n I_{нд} + \sum_1^n I_{пд}}{K}, \quad (3)$$

где $\sum_1^n I_{нд}$ – сумма номинальных токов работающих двигателей;

$\sum_1^m I_{\text{пд}}$ – сумма пусковых токов самых крупных двигателей.

Выбор автоматических, воздушных выключателей (автоматов).

Для защиты двигателей обычно применяют автоматы с комбинированными расцепителями:

- в режиме КЗ срабатывает электромагнитный (мгновенный) расцепитель, ток срабатывания которого отстраивается от номинального тока двигателя по формуле:

$$I_{\text{ср}}^{\text{М}} \geq (1,5 \div 1,8) \cdot I_{\text{нд}}, \quad (4)$$

где $I_{\text{ср}}^{\text{М}}$ – ток срабатывания мгновенного расцепителя; $I_{\text{нд}}$ – пусковой ток двигателя.

- в режиме перегрузки срабатывает тепловой (зависимый) расцепитель, ток срабатывания которого отстраивается от номинального тока двигателя по условию:

$$I_{\text{ср}}^{\text{З}} \geq I_{\text{нд}}, \quad (5)$$

где $I_{\text{ср}}^{\text{З}}$ – ток срабатывания зависимого расцепителя; $I_{\text{нд}}$ – номинальный ток двигателя.

Если температура эксплуатации автомата ($t_{\text{э}}$) отличается от температуры, при которой расцепитель калибруется на заводе ($t_{\text{к}}$), рекомендуется сделать пересчет тока срабатывания по формуле:

$$I_{\text{ср}}^{\text{З}} \geq I_{\text{нд}} \cdot [1 + 0,006 \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{э}})], \quad (6)$$

Выбор автоматов для защиты группы двигателей – осуществляется по условиям: номинальный ток его зависимого расцепителя должен быть не меньше суммы номинальных токов группы двигателей, т. е.

$$I_{\text{ср}}^{\text{З}} \geq \sum_1^n I_{\text{нд}}, \quad (7)$$

ток срабатывания независимого расцепителя должен быть отстроен от тока самозапуска всех двигателей:

$$I_{\text{ср}}^{\text{Н}} \geq (1,5 \div 1,8) \sum_1^n I_{\text{нд}} \quad (8)$$

для обеспечения селективности с мгновенными расцепителями автоматов, защищающих двигатели, автомат, защищающий группу двигателей, должен иметь независимую выдержку времени.

Пример I.1. Выбор контактора и магнитного пускателя для управления и защиты двигателя

Требуется выбрать магнитный пускатель (контактор) для управления и защиты асинхронного двигателя типа 4AP13284, работающего в продолжительном режиме. Схема прямого пуска и защиты приведена на рис. 1.

По типу двигателя из справочной литературы определим его технические параметры:

- номинальная мощность, $P_{\text{ном}} = 7,5$ кВт;
- коэффициент полезного действия, $\eta_{\text{ном}} = 87,5$ %;
- коэффициент мощности, $\cos \varphi = 0,86$;
- номинальное линейное напряжение на обмотке статора, $U_{\text{ном}} = 380$ В;
- коэффициент кратности пускового тока, $K_{\text{I}} = 6,5$;
- время пуска двигателя, $t_{\text{п}} = 5$ с.

Определим параметры, по которым производится выбор магнитного пускателя:

- а) род тока – переменный, частота – 50 Гц;
- б) номинальное напряжение – 380В, номинальный ток не должен быть меньше номинального тока двигателя;

в) согласно схеме включения двигателя (рис. 1) аппарат должен иметь не менее трех замыкающихся силовых контактов и одного замыкающегося вспомогательного контакта;

г) категория применения, аппарат должен работать в одной из категорий применения: АС – 3 или АС – 4 (приложение 1);

д) режим работы аппарата – продолжительный с частыми прямыми пусками двигателя.

Для выбора аппарата по основным техническим параметрам необходимо произвести предварительные расчеты номинального и пускового токов двигателя. Определим номинальный ток (действующее значение):

$$I_{\text{ном.дв}} = \frac{P_{\text{ном}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,875 \cdot 0,86} = 15,1(\text{А}),$$

Пусковой ток (действующее значение):

$$I_{\text{п}} = K_I \cdot I_{\text{ном.дв}} = 6,5 \cdot 15,1 = 98,2(\text{А}),$$

Ударный пусковой ток (амплитудное значение):

$$i_{\text{уд.п}} = (1,2 \div 1,4) \sqrt{2} \cdot I_{\text{п}}, \text{ принимаем}$$

$$i_{\text{уд.п}} = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot I_{\text{п}} = 1,3 \cdot \sqrt{2} \cdot 98,2 = 180,5(\text{А}).$$

Произведем выбор аппарата по основным техническим параметрам.

Выбираем магнитный пускатель со встроенным тепловым реле по основным техническим параметрам, приведенным в приложении 2 табл. 1, для заданного схемного решения (рис. 1) – типа ПМЛ 221002.

Проверим возможность работы выбранного аппарата в категориях применения АС – 3 и АС – 4.

Согласно данным из табл. 1 приложения 1 в категории применения АС – 3 магнитный пускатель должен включать в нормальном режиме коммутации ток:

$$I_0 = 6 \cdot I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{п}},$$

а в режиме редких коммутаций:

$$I_0 = 10 I_{\text{ном.р}} \geq i_{\text{уд.п}}.$$

Оба условия пускателя ПМЛ 221002 выполняются, так как:

$$I_0 = 6 \cdot 22 = 132(\text{А}) > I_{\text{п}} = 98,2\text{А};$$

$$I_0 = 10 \cdot 22 = 220(\text{А}) > i_{\text{уд.п}} = 180,5\text{А}.$$

В категории применения АС – 4 магнитный пускатель ПМЛ 221002 с номинальным рабочим током 10 А (табл. 1, приложение 2) должен отключать в номинальном режиме коммутации ток:

$$I_0 = 6 \cdot 10 = 60\text{А},$$

который меньше пускового тока двигателя. В режиме редких коммутаций ток:

$$I_0 = 8 \cdot 10 = 80\text{А},$$

который также ниже ударного пускового тока двигателя. Поэтому пускатель ПМЛ 221002 с номинальным током 10 А, предназначен для работы в категории АС – 4, для данной схемы (рис. 1) не пригоден.

Тепловые реле серии РТЛ, встроены в магнитные пускатели (табл. 1, приложение 2) имеют регулируемое время срабатывания $t_{\text{ср}} = (4,5 - 9) \text{ с}$, что приемлемо для заданных условий пуска двигателя: $1,5t_{\text{п}} < t_{\text{ср}} < t_{\text{п}}$.

Для реализации схем пуска двигателя (рис. 1) можно использовать контактор и дополнительное тепловое реле.

Выбор контактора аналогичен вышерассмотренному выбору магнитного пускателя. Основные технические данные контактора приведены в приложении 2, табл. 3.

Пример I.2. Выбор автоматических выключателей и предохранителей для защиты двигателей (схема представлена на рис. 2 а, б).

Определим по мощности двигателей их номинальные и пусковые токи так же, как в примере I.1. Рассчитаем по выражению (1) номинальные токи вставок предохранителей, защищающие двигатели (рис.2б).

Подберем по справочным данным ближайšie к расчетным номинальным токам вставок для предохранителей разных типов: ПР. – 2, ПН. – 2, НПР, НПН и занесем все вышеуказанные расчетные и справочные величины в табл. I.1.

Для предохранителя, защищающего кабель, питающий сборку, номинальный ток рассчитаем по выражению (2):

$$I_H = \frac{22,2 + 31,9 + 56,5 + 193}{2,5} = 122(A)$$

Таблица I.1

Мощность двигателя, кВт	Ток двигателя, А		Ток вставки, А			
	номинальный	пусковой	расчетный	принятый		
				ПР-2	ПН-2	НПН, НПР
1,7	3,7	22,2	8,9	10	30	10
2,8	5,8	31,9	12,8	15	30	15
4,5	9,4	56,5	22,6	25	30	25
14	27,5	193	77	80	80	80

Выбираем по ближайшему большему значению номинального тока предохранитель типа ПР-2 ($I_H = 125 A$).

Проверяем правильность выбора по условию пуска двух самых крупных двигателей в нормальном режиме (3):

$$I_H = \frac{3,7 + 5,8 + 56,5 + 193}{2,5} = 103,6A$$

Предохранитель типа ПР-2 условию (3) удовлетворяет.

Выберем для защиты той же группы двигателей автоматические выключатели (рис.2а). Расчеты производятся по формулам (4) – (7). Расчетные и справочные данные заносим в таблицу I.2.

Таблица I.2

Мощность двигателя, кВт	Ток двигателя, А		Расчетные токи срабатывания расцепителей, А		Принятые токи срабатывания расцепителей, А	
	номинальный	пусковой	зависимые	мгновенные	зависимые	мгновенные
1,7	3,7	22,2	$3,7 \times 1,09 = 4,0$	$1,5 \times 22,2 = 33$	4	40
2,8	5,8	31,9	6,3	48	6,4	64
4,5	9,4	56,5	10,2	65	10	100
14	27,5	193	30,0	290	40	400

Все двигатели имеют номинальные токи менее 50 А, поэтому для их защиты выбираем автомат АП50 – 3МТС $I_H = 50 A$.

Номинальный ток теплового расцепителя принимается ближайший больший номинального тока двигателя с поправкой на окружающую температуру: помещение, где установлены двигатели и автоматы обычное, отапливаемое, с температурой $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; завод

калибрует автоматы АП50 при температуре +35 °С, поэтому номинальные токи зависимых расцепителей выбираются по уравнению (6):

$$I_{\text{СР}}^3 = I_{\text{НД}} [1 + 0,006(35 - 20)] = 1,09 \cdot I_{\text{НД}}$$

Ток срабатывания мгновенного расцепителя автомата принимается равным десятикратному току срабатывания теплового расцепителя.

Для защиты группы двигателей ток срабатывания независимого расцепителя автомата должен быть отстроен от тока самозапуска всех двигателей:

$$I_{\text{СР}}^{\text{Н}} \geq (1,5 \div 1,8) \sum I_{\text{П.Д}} = (1,5 \div 1,8) \cdot 503,6 = 455 - 550 \text{ А}$$

По справочным данным выбираем автомат А4100 с $I_{\text{Н}} = 80 \text{ А}$

Ток срабатывания зависимого расцепителя автомата А4100:

$$I_{\text{СР}}^3 = 1,4 \cdot I_{\text{Н}} = 1,4 \cdot 80 = 112 \text{ А}$$

что удовлетворяет требованию (7):

$$I_{\text{СР}}^3 \geq \sum_1^n I_{\text{Н.Д}}, \text{ так как } 112 \text{ А} > 46,4 \text{ А.}$$

Выдержку времени независимого расцепителя автомата А4100 приняли по справочным данным 0,15 с, что обеспечивает его селективность с мгновенными автоматами.

Ток срабатывания независимого расцепителя по справочным данным автомата А4100 равен:

$$I_{\text{СР}}^{\text{Н}} = 7 \cdot I_{\text{НА}} = 7 \cdot 80 = 560 \text{ А}$$

или с учетом разброса минимальный ток срабатывания независимого расцепителя:

$I_{\text{СР}}^{\text{Н}} = 6 \cdot I_{\text{НА}} = 6 \cdot 80 = 480 \text{ А}$, что удовлетворяет условию отстройки от токов самозапуска группы двигателей (455-550 А).

Методические указания и примеры решения задач II.1 - II.2

В задачах II.1 – II.2 требуется выбрать коммутационные и защитные аппараты, установленные со стороны высокого и низкого напряжения понижающего трансформатора. Схемы представлены на рис. 4-5, исходные данные по вариантам контрольного задания – в табл. 2-4.

Указанные аппараты выбирают по соответствию их номинальных параметров тока и напряжения расчетным параметрам сети в длительном нормальном режиме работы и проверяют по условиям наиболее тяжелого режима короткого замыкания по термической и электродинамической стойкости, включающей и отключающей способности аппарата.

Термической стойкостью называют способность аппарата выдерживать кратковременное тепловое действие тока КЗ без повреждений, препятствующих его дальнейшей исправной работе. Характеризуется током термической стойкости, который зависит от времени его прохождения, поэтому термическая стойкость относится к определенному времени в зависимости от параметров аппарата [1].

Электродинамической (динамической) стойкостью называют способность аппарата выдерживать кратковременное действие электродинамических усилий в режиме КЗ без повреждений, препятствующих его дальнейшей нормальной эксплуатации. Электродинамическая стойкость характеризуется наибольшим допустимым током КЗ для данного аппарата [4].

Отключающая способность – это значение ожидаемого тока отключения, который способен отключить коммутационный аппарат или плавкий предохранитель при установленном напряжении в предписанных условиях эксплуатации и поведения.

Для переменного тока это симметричное действующее значение периодической составляющей (ГОСТ 50030.1 - 92).

Включающая способность коммутационного аппарата – это значение ожидаемого тока включения, который способен включить коммутативный аппарат при установленном напряжении в предписанных условиях эксплуатации и поведения (ГОСТ 50030.1 - 92).

В зависимости от назначения при выборе аппарата учитывают те или иные параметры, основные из которых приведены в таблице П.1, где учитываемые параметры обозначены знаком "+"; не учитываемые – знаком "-"; параметры, отмеченные знаком "(+)" учитываются в частных случаях.

Выбор аппаратов при решении задач П.1 – П.2 с использованием таблицы П.1 соответствует требованиям ПУЭ, более подробный выбор в соответствии с ГОСТами или ТУ на каждый вид аппарата и с учетом всех составляющих токов нормальных и аварийных режимов рассматривается в специальной литературе, например, в [4].

Полный анализ схем электроснабжения с расчетом токов нормальных и аварийных режимов и времени срабатывания устройств релейной защиты и автоматики является предметом изучения специальных дисциплин. В настоящем контрольном задании рекомендуется использовать следующие расчетные формулы и допущения:

1) при защите трансформаторов, предохранителями (рис. 4) рекомендуется использовать исходные данные из табл. 2 и 3;

2) при выборе аппаратов, приведенных на схемах рис. 5, расчет номинальных токов трансформатора со стороны низкого (НН) и высокого (ВН) напряжения произвести по формулам

- для НН:

$$I = \frac{S_{\text{ном.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}}, \quad (1)$$

- для ВН:

$$I = \frac{S_{\text{ном.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НН}}}, \quad (2)$$

где $S_{\text{ном.т}}$ – номинальная мощность трансформатора; $U_{\text{НН}}$ ($U_{\text{ВН}}$) – номинальные напряжения;

Начальное действующее значение периодической составляющей токов КЗ определяется

- для НН:

$$I_{\text{по}}^{(3)} = \frac{S_{\text{к.НН}}^{(3)}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НН}}}, \quad (3)$$

- для ВН:

$$I_{\text{по}}^{(3)} = \frac{S_{\text{к.НН}}^{(3)}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}}, \quad (4)$$

$$S_{\text{к.НН}}^{(3)} = \frac{S_{\text{к.ВН}}^{(3)} \cdot S_{\text{ном.т}}}{S_{\text{ном.т}} + U_{\text{к}} \cdot S_{\text{к.НН}}^{(3)}}, \quad (5)$$

где $S_{\text{к.НН}}^{(3)}$, $S_{\text{к.ВН}}^{(3)}$ – мощность трехфазного КЗ соответственно на вводах низкого и высокого напряжения;

Для трансформаторов класса напряжения 110кВ считать $S_{\text{к.ВН}}^{(3)} = 500 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ [4]; $U_{\text{к}}$ – напряжение КЗ, %;

Действующее значение периодической составляющей токов трехфазного КЗ определяется

- для ВН:

$$I_{\text{ПТ}}^{(3)} = \frac{I_{\text{ПО(ВН)}}^{(3)}}{\sqrt{1 + 2 \cdot (K_{\text{уд}} - 1)^2}}, \quad (6)$$

- для НН:

$$I_{\text{ПТ}}^{(3)} = \frac{I_{\text{ПО(НН)}}^{(3)}}{\sqrt{1 + 2 \cdot (K_{\text{уд}} - 1)^2}}, \quad (7)$$

Мгновенное амплитудное значение полного тока КЗ (ударный ток КЗ):

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{уд}} \cdot I_{\text{ПО}}, \quad (8)$$

где $K_{\text{уд}}$ – ударный коэффициент, его значения в приближенных расчетах допускается принимать: $K_{\text{уд}} = 1,3$ – для сетей НН, $K_{\text{уд}} = 1,8$ – для сетей ВН.

3) время протекания тока КЗ (t_{τ}) определяется суммарным временем срабатывания аппарата и устройств автоматики, в данных расчетах примем $t_{\tau} = 2$ с.

Таблица II.1. Основные параметры выбора аппаратов

Аппарат	Номинальные		В режиме КЗ			
	напряжени е	ток	стойкость		способность	
			термическа я	динамическа я	отключающа я	включающа я
Автомат	+	+	-	(+)	+	-
Предохранитель	+	+	-	-	+	-
Рубильник	+	+	+	+	-	-
Выключатель	+	+	+	+	+	+
Разъединитель	+	+	+	+	-	-
Короткозамыкатель	+	-	+	+	-	-
Отделитель	+	+	+	+	-	-
Выключатель нагрузки	+	+	+	+	-	-

Пример II.1. Выбор низковольтных аппаратов системах электроснабжения.

Требуется выбрать автомат для установки на стороне низкого напряжения трансформатора в сети с номинальными параметрами:

$$U_{\text{Н}}^{\text{с}} = 380\text{В}; I_{\text{Н}}^{\text{с}} = 250\text{А}; I_{\text{КЗ}}^{\text{с}} = 18\text{кА};$$

В контрольном задании указанные параметры сети выбираются согласно номеру индивидуального варианта из табл. 2 и 3, где указаны действующие значения трехфазного КЗ, номинального тока и напряжение сети. Оформим табл. II.2 выбора автомата, где в графу "Параметры" запишем используемые при выборе аппарата параметры согласно указаниям из табл. II.1.

В графу "Условия выбора" запишем условия, соответствующие методическим рекомендациям данного параграфа.

По справочной литературе [3] выбираем автомат с параметрами, значения которых соответствуют условиям выбора и наиболее близки к параметрам сети. Значение параметров и тип аппарата заносим в соответствующие графы табл. II.2.

Таблица II.2

Параметры	Значения параметров		Условия выбора	Тип аппарата
	сети	аппарата		
Номинальные - напряжение $U_H, В$; - ток $I_H, А$. Отключающая способность - ток отключения $I_{откл}, кА$	380 250 18	380 1000 40	$U_H^a \geq U_H^c$ $I_H^a \geq I_H^c$ $I_{откл}^a \geq I_{кз}^c$	Автоматический выключатель серии Э "Электрон" [3].

Аналогично выбирают другие низковольтные аппараты, указанные в задаче П.1.

Пример П.2. Выбор высоковольтных аппаратов в системах электроснабжения.

Выбрать выключатель, установленный за трансформатором типа ТДН – - 16000/110 в

сети с номинальным напряжением $U_H = 6кВ$.

Для заданного типа трансформатора выпишем его основные технические параметры:

$$S_{ном.т} = 16000кВ \cdot А; U_{ВН} = 115кВ;$$

$$U_{НН} = 6,3кВ; U_K = 10,5\%.$$

Определим номинальный ток на стороне НН:

$$I_{H(НН)} = \frac{16000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 1468А$$

Мощность трехфазного КЗ на выводах НН:

$$S_{к.НН}^{(3)} = \frac{5000 \cdot 16}{16 + 0,105 \cdot 5000} = 148МВ \cdot А$$

Начальное действующее значение периодической составляющей тока при трехфазном КЗ на выводах НН трансформатора:

$$I_{по}^{(3)} = \frac{148}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 13,5кА$$

Действующее значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ:

$$I_{пт}^{(3)} = \frac{I_{по}^{(3)}}{\sqrt{1 + 2 \cdot (K_{уд} - 1)^2}} = \frac{13,5}{\sqrt{2,28}} = 9кА$$

Амплитудное значение полного тока КЗ (ударный ток КЗ):

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot 13,5 = 34,02кА$$

Заполним табл. П.2 для выбора выключателя, записав в неё расчетные параметры сети и справочные значения параметров выключателя [4].

Так же, как в рассмотренном примере, нужно выбрать и другие, указанные в контрольном задании, высоковольтные аппараты. результаты выбора записать в таблицу.

Таблица П.2

Параметры	Значение параметра		Условие выбора	Тип аппарата
	сети	аппарата		

<u>Номинальные</u> - напряжение, кВ; - ток, А;	$U_N^c = 6\text{кВ},$ $I_N^c = 1468\text{А}.$	$U_N^a = 6\text{кВ},$ $I_N^a = 1600\text{А}.$	$U_N^a \geq U_N^c,$ $I_N^a \geq I_N^c.$	Выключатель с электромагнитным гашением дуги (для КРУ) типа ВЭ- 6-40/1600 УЗ[4]
<u>Электродинамическая</u> стойкость - амплитудное значение полного тока КЗ, кА; - начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ, кА;	$i_{уд} = 34,02\text{кА},$ $I_{по}^{(3)} = 13,5\text{кА}.$	$i_{эдс} = 128\text{кА},$ $I_{эдс} = 40\text{кА}.$	$i_{эдс} \geq i_{уд},$ $I_{эдс} \geq I_{по}^{(3)}.$	
<u>Термическая</u> стойкость - действующее значение тока КЗ, кА, приведенное ко времени термической стойкости - $t_{тс},$ с.	$I_{тс}^p = I_{пг} \sqrt{\frac{t_c}{t_{тс}}} =$ $= 9 \cdot \sqrt{\frac{2}{4}} = 6,43\text{кА}$	$I_{тс} = 40\text{кА},$ $t_{тс} = 4\text{с}$	$I_{тс}^p \geq I_{тс}.$	
<u>Отключающая</u> способность - действующее значение периодической составляющей тока КЗ, кА;	$I_{пг}^{(3)} = 9\text{кА}$	$I_{откл} = 40\text{кА}$	$I_{откл} \geq I_{пг}^{(3)}$	
<u>Выключающая</u> способность - начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ, кА.	$I_{по}^{(3)} = 13,5\text{кА}$	$I_{вкл} \geq I_{откл} =$ $= 40\text{кА}$	$I_{вкл} \geq I_{по}^{(3)}$	

Исходные данные для контрольных работ

Исходные данные по вариантам расчетного задания по курсу "Электрические и электронные аппараты" представлены в табл. 1-4.

Таблица 1. Электродвигатели асинхронные

№ варианта	Тип двигателя	$P_{ном}, \text{кВт}$	$U_{ном}, \text{В}$	Примечание
1	4А 112 М2 УЗ	7,5	380	Условия пуска двигателей легкие: $t_{п} = (2-5) \text{с}$
2	4А 132 М2 УЗ	11	660	
3	4А 132 М2 УЗ	11	380	
4	4А 132 S4 УЗ	7,5	380	
5	4А 132 М4 УЗ	11	660	
6	4А 132 М4 УЗ	11	380	
7	4А 132 М6 УЗ	7,5	380	
8	4А 160 S6 УЗ	11	380	
9	4А 160 S6 УЗ	11	660	

10	4А 160 S8 У3	7,5	380
----	--------------	-----	-----

Таблица 2. Токи при трехфазном КЗ за трансформаторами с $U_k = 5,5 \%$, выполненными по ГОСТу 401 – 41

№ варианта	Мощность трансформатора, кВА	Ток трехфазного КЗ (А), отнесенного к напряжению	
		0,4 кВ	10,5кВ
1	10	263	10,5
2	20	525	21
3	30	790	31,4
4	50	1350	52,5
5	75	1970	79
6	100	2630	105
7	135	3540	142
8	180	4730	188
9	240	6300	254
10	320	8400	336

Таблица 3. Номинальные токи на стороне высокого и низкого напряжения трансформаторов, выполненных по ГОСТу 401 - 41

№ варианта	Мощность трансформатора, кВ·А	Номинальные токи (А), на стороне	
		0,4 кВ	10,5кВ
1	10	15	2
2	20	30	3
3	30	50	5
4	50	80	7,5
5	75	125	10
6	100	150	15
7	135	200	15
8	180	300	20
9	240	400	30
10	320	500	40

Таблица 4. Типы трехфазных масляных двухобмоточных трансформаторов общего назначения класса напряжения 110 кВ

№ варианта	Тип трансформатора	Примечание
1	ТМН – 2500/110	Технические данные указанных типов трансформаторов приведены в [3,4].
2	ТМН – 6300/110	
3	ТДН – 10000/110	
4	ТДН – 16000/110	
5	ТДН – 25000/110	
6	ТДН – 40000/110	
7	ТРДН – 25000/110	
8	ТРДН – 40000/110	
9	ТРДН – 63000/110	
10	ТРДН – 80000/110	

Контрольная работа №1

Выбор контакторов и магнитного пускателя для управления и защиты асинхронного двигателя.

Время выполнения: 4 часа (ОФО), 16 часов (ЗФО)

Задание: Необходимо выбрать контактор, магнитный пускатель и тепловое реле для управления и защиты асинхронного двигателя серии 4А, работающего в продолжительном режиме. Тип двигателя в соответствии с индивидуальным вариантом контрольного задания выбрать из табл. 1. Схема прямого пуска и защиты асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором представлена на рис. 1.

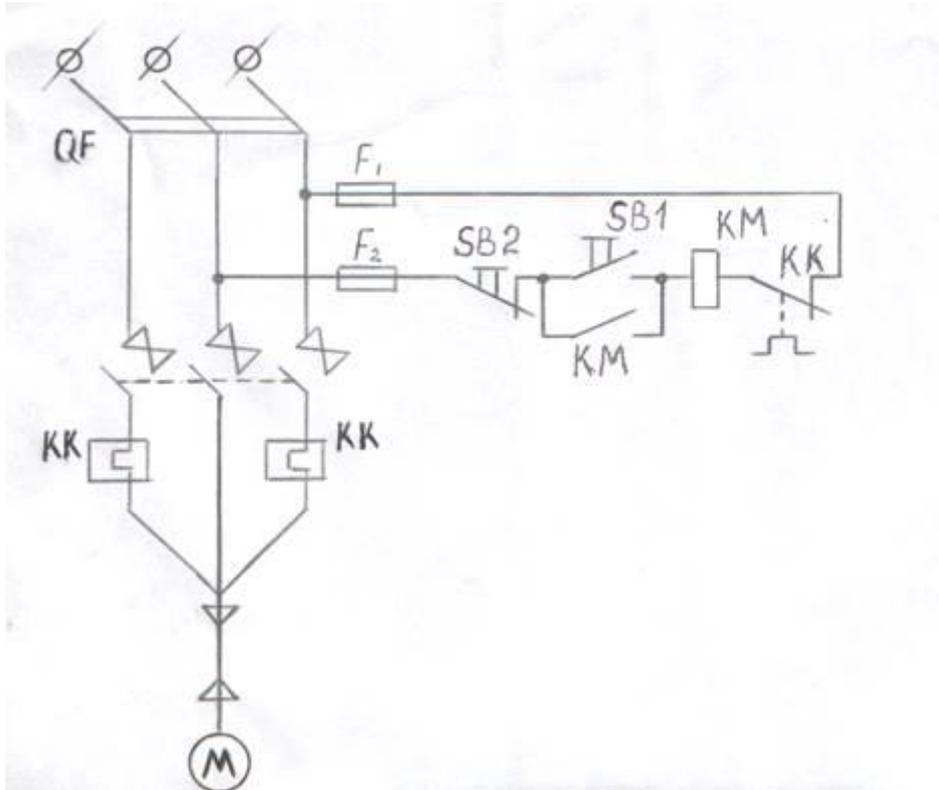


Рис. 1. Схема пуска и защиты двигателя

Контрольная работа №2

Выбор автоматических выключателей и предохранителей для защиты двигателей.

Время выполнения: 8 часов (ОФО), 32 часа (ЗФО)

Задание: От цехового трансформатора кабелем питается сборка механической мастерской, к которой подключены четыре двигателя. Напряжение сети 380 В. Все двигатели работают одновременно. Типы двигателей приведены в табл. 1; рекомендуется использовать для расчета двигатель, выбранный в задаче I.1 и ближайший к нему; два других двигателя выбрать из противоположного конца таблицы 1. В тех случаях, когда номинальное напряжение выбранных двигателей 660 В, необходимо изменить его на напряжение, заданное в условии задачи I.2 (380 В). Схема цеховой электрической сети, питающей сборку механической мастерской, приведена на рис.2. Требуется выбрать аппараты защиты двигателей и кабеля, питающего сборку:

а) автоматические выключатели $QF_1 - QF_5$ (рис. 2 (а));

б) плавкие предохранители $F_1 - F_5$ (рис. 2(б)).

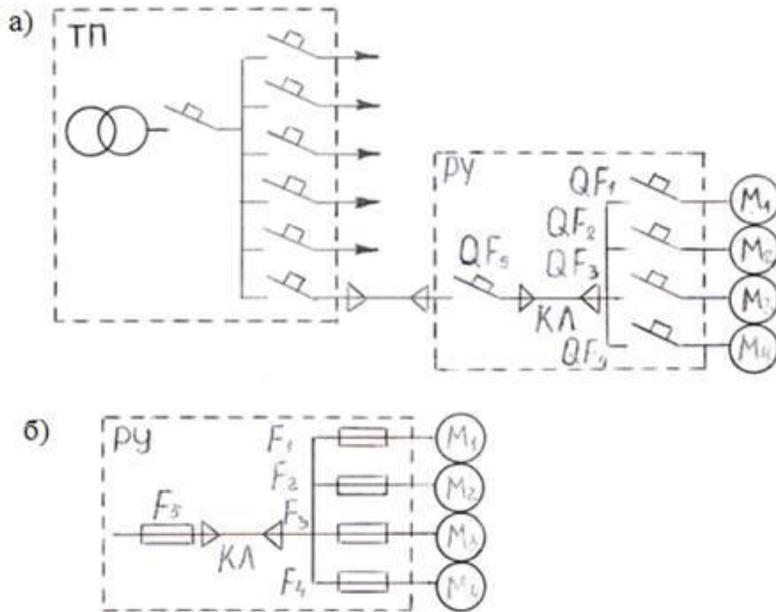


Рис. 2. Участок радиальной схемы цеховой электрической сети (ТП – трансформаторная подстанция; РУ – распределительное устройство; КЛ - кабель; $QF_1 - QF_5$ – автоматы; $M_1 - M_4$ – двигатели; $F_1 - F_5$ – плавкие предохранители)

Контрольная работа №3

Выбор низковольтных аппаратов в системах электроснабжения.

Время выполнения: 4 часа (ОФО), 20 часов (ЗФО)

Задание: Для схем соединения понижающих трансформаторов со сборными шинами низкого напряжения, приведенных на рис. 3, выбрать рубильник QS, предохранитель F и автоматические воздушные выключатели QF в соответствии с исходными данными индивидуального варианта, приведенными в табл. 2 и 3. Номинальное напряжение $U_H = 380$ В. Условия выбора, расчетные и справочные значения проверяемых величин записать в таблицу, приведённую в примере II.1.

Контрольная работа №4

Выбор высоковольтных аппаратов в системах электроснабжения.

Время выполнения: 5 часов (ОФО), 29 часов (ЗФО)

Задание: Для схемы питания понижающего трансформатора от магистральной линии, приведенной на рис. 4, выбрать разъединитель QS и предохранитель F в соответствии с исходными данными индивидуального варианта, приведенными в табл. 2-3. Для схем, приведенных на рис. 5, выбрать предохранитель F, короткозамыкатель QN и выключатель Q в соответствии с исходными данными индивидуального варианта, приведенными в табл. 4. Условия выбора, расчетные и справочные значения проверяемых величин записать в таблицу, аналогично приведенной в примере II.2.

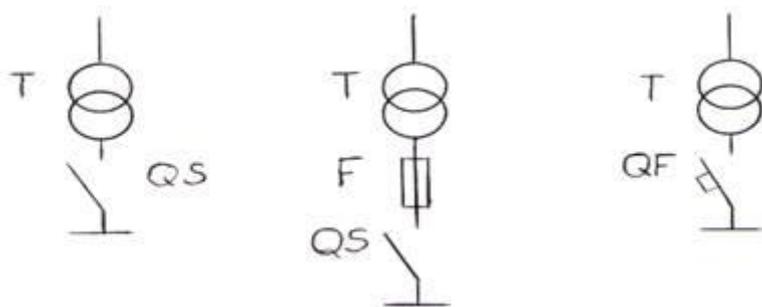


Рис. 3. Схемы соединения трансформаторов со сборными шинами низкого напряжения

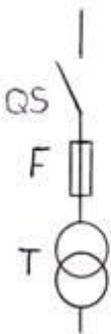


Рис. 4. Схема питания трансформатора от магистральной линии

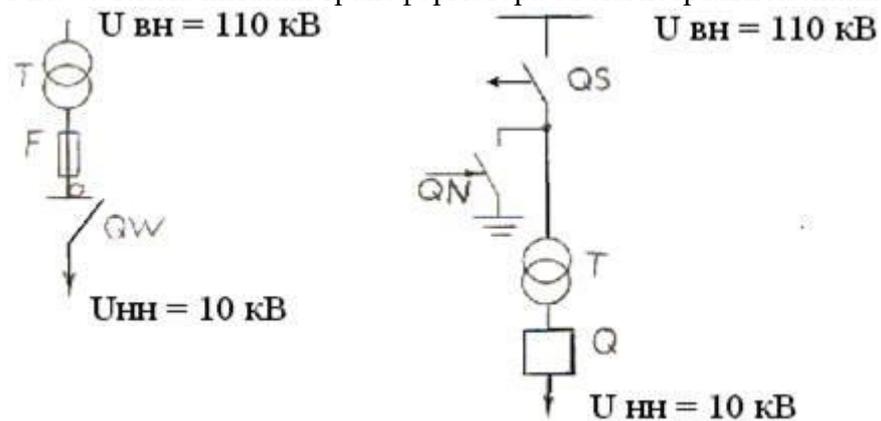


Рис. 5. Фрагменты схем электроснабжения промышленных предприятий

Критерии оценки контрольных работ:

«удовлетворительно» - выполнены необходимые расчеты, использована предложенная методика.

«хорошо» - выполнены необходимые расчеты, сделан вывод, использована предложенная методика и дополнительная литература.

«отлично» - правильно выполнены все задания, сделан вывод, оформлен и представлен полный развернутый отчет.