

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра энергетики и технологии металлов

ПРОВЕРКА РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТОКА

Методические указания
к выполнению лабораторной работы по дисциплине
«Электроснабжение промышленных предприятий»
для студентов специальности 140211 – «Электроснабжение»
и бакалавров по направлению
140400 – «Электротехника и электроэнергетика»

Курган 2012

Кафедра: «Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Электроснабжение промышленных предприятий»

Составил: ст. преподаватель В.А. Медведев

Утверждены на заседании кафедры «29» июня 2011 г.

Рекомендованы методическим советом университета «27» января 2012 г.

ПРОВЕРКА РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТОКА

Цель работы: ознакомиться с назначением, особенностями конструкции и работой автоматического выключателя дифференциального тока (АВДТ).

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

Обычные автоматические выключатели (автоматы, АВ) предназначены для защиты сети, электрооборудования (ЭО) и электроприемников (ЭП) от сверхтоков – токов перегрузки и короткого замыкания (КЗ), а также человека, прикасающегося к заземленным открытым проводящим частям (ОПЧ) ЭО и ЭП в момент появления фазы на ОПЧ из-за повреждения изоляции токоведущих частей ЭО и ЭП, в результате чего происходит КЗ и быстрое выключение правильно подобранного автомата за время t не более 0,1с [1, 2].

Автоматы имеют для выполнения выше перечисленных задач тепловые расцепители (ТР) или расцепители от перегрузки и электромагнитные расцепители (ЭМР) и соответствующие уставки по току.

Расцепители ТР и ЭМР могут быть и электронные [1, 2].

Автоматические выключатели дифференциального тока (дифференциальные автоматы, АВДТ) имеют в отличие от обычных автоматов еще более быстродействующее ($t \leq 0,04$ с) устройство защитного отключения (УЗО), отключающее АВДТ и, соответственно, защищающее человека от прохождения через него дифференциального тока $I_{\Delta n}$ не более тока уставки УЗО ($I_{\Delta n}$), равного 10 мА или 30 мА [1, 2]. Ток $I_{\Delta n}$ через человека может образоваться из-за одновременного его прикосновения к токоведущим частям электроустановки (ЭУ) или к ее ОПЧ с поврежденной изоляцией и к заземленным элементам ЭУ. Человек также может иметь контакт с землей через поверхность площадки, где он находится.

УЗО может иметь и другие значения уставок тока $I_{\Delta n}$, равные 100, 300 и 500 мА, предназначенные для исключения возгорания электропроводки, ограничивая токи утечки через поврежденную или устаревшую изоляцию проводников ЭУ на ее заземленные элементы или на землю [1, 2].

Уставки расцепителей от перегрузки современных автоматов, изготавливаемые компаниями ИЭК («Интерэлектрокомплект») и ЭКФ («Электротехническая компания «ФЛАВИР»), могут обозначаться буквами I_n , I_{r1} , I_{r2} или не иметь букв, а иметь только значение номинального тока I_n расцепителя, например, 16.

Уставки расцепителей ЭМР могут обозначаться буквами I_m , I_{sd} , I_{r3} , $I >$ и значениями токов срабатывания (токов отсечки) – реальных или по отношению к номинальному току I_n теплового расцепителя, например, $I_m = 10I_n$. На этих автоматах указывается также **тип время-токовой характеристики (ВТХ)** $t = f(I/I_n)$ буквами В, С, D, указывающих значения кратности (I/I_n), при котором происходит мгновенное срабатывание ЭМР за время $t \leq 0,1с$ [1, 2] (см. приложение А).

Срабатывание ЭМР автомата происходит, если его ВТХ типа:

- В и кратность $I/I_n = 3...5$;
- С и кратность $I/I_n = 5...10$;
- D и кратность $I/I_n = 10...14$.

По ВТХ также можно определить время срабатывания ТР по значению кратности токов I/I_n , например [1]:

- $I/I_n = 1,13$ – срабатывания ЭТР нет;
- $I/I_n = 1,45$ – время срабатывания $t \leq 60$ мин;
- $I/I_n = 2,55$ - $1с < t < 60с$ ($I_n \leq 32А$) и $1с < t < 120с$ ($I_n > 32А$).

Уставки УЗО для защиты человека от поражения током, протекающим через него на землю, выбираются не более: $I_{\Delta n} = 10мА$ и $I_{\Delta n} = 30мА$, в зависимости от вида помещений в отношении опасности поражения людей электрическим током.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1 Проверка работы УЗО дифференциального автомата QF(D)

Автомат QF(D) марки АД14 имеет уставку УЗО $I_{\Delta n} = 30мА$ [1].

Схема электрическая соединений находится в приложении Б.

При включенном автомате QF(D) и отключенном автомате QF1 собрать схему с электрическими элементами: QF(D), QF1, SB1 и EL, для чего соединить проводами зажимы кнопки SB1 и фазы А, а также зажимы лампы EL и N автомата QF(D). Нажать на кнопку «ТЕСТ» автомата QF(D), он должен выключиться, что означает его исправность. Нажать на кнопку «ВОЗВРАТ» автомата QF(D) и включить его. Включить автомат QF1 и нажать на кнопку SB1. Лампа EL горит до тех пор, пока нажата кнопка SB1 и электросхема исправна.

Отключить автомат QF1 и пересоединить провод с зажима N на зажим \textcircled{N} , включить автомат QF1 и нажать на кнопку SB1. Автомат QF(D) мгновенно отключится ($t \leq 0,04с$), так как любой однофазный электроприемник можно подключать к автомату QF(D) только с разрывом через него обоих проводников – фазного и нулевого рабочего.

Отключить автомат QF1 и пересоединить провод с зажима \textcircled{N} на зажим \perp , нажать на кнопку «ВОЗВРАТ» автомата QF(Д), включить автоматы QF(Д) и QF1.

Нажав на кнопку SB1, убедиться, что автомат QF(Д) мгновенно отключится, так как произошла утечка тока на землю, примерно равная 30мА.

Отключить автомат QF1 и пересоединить провод с зажима ~~на~~ зажим R1.

Нажать на кнопку «ВОЗВРАТ» на автомате QF(Д) и включить автоматы QF(Д) и QF1.

Установить рукояткой значение сопротивления R1 47кОм, нажать на кнопку SB1 и, удерживая ее, плавно уменьшать сопротивление R1 и следить за значением тока утечки I_5 по миллиамперметру PA5 до срабатывания УЗО автомата QF(Д), у которого уставка тока УЗО $I_{\Delta n} = 30\text{мА}$. Отпустить кнопку SB1.

Повторить последний опыт еще два раза.

Автомат QF1 можно не отключать, так как кнопка SB1 создает разрыв в электроцепи.

После проведения последнего опыта автомат QF(Д) включить, а QF1 отключить, отсоединить провода с зажимов А, R1, EL и SB1.

Результаты измерений занести в таблицу 1 и сделать вывод по работе УЗО автомата QF(Д).

Таблица 1 – Проверка работы УЗО автомата QF(Д)

Уставка УЗО автомата QF(Д) $I_{\Delta n}$, мА	Отключение автомата QF(Д) при значениях						Ток $I_{\Delta n.cр}$, мА
	R1, кОм			$I_{\Delta n}$, мА			
30							

2.2 Проверка работы теплового расцепителя (ТР) автомата QF3

В данном опыте проверяется работа ТР автомата QF3 типа ВА47-29, имеющего уставку тока $I_n = 2\text{А}$, вместо ТР автомата QF(Д) с уставкой тока $I_n = 16\text{А}$, так как автомат QF3 отключается при значительно меньших токах перегрузки, а принцип работы ТР автоматов одинаков.

При отключенном положении автоматов QF1 и QF3 собрать схему с элементами: QF(Д), QF1, PA0, QF3, SB2, PA6, R3, Q2 и R2, для чего соединить проводом зажимы R2 и N, а остальная часть схемы собрана на панели стенда. Установить движок реостата R2 в положение 4А согласно имеющимся на нем пометкам. Включить выключатель Q2, автоматы QF1 и QF3 и секундомер, быстро подрегулировать ток до 4А или 4,5А.

Записать значение тока I_6 по амперметру PA6 и время отключения t автомата QF3. Установить движок реостата R2 в положение 5А, включить авто-

мат QF3 и повторить опыт до срабатывания автомата QF3. Повторить опыт при установке движка реостата в положения 6А и 8А.

При отключенном автомате QF1 пересоединить провод с зажима N на зажим \perp , установить движок реостата в положение 4А.

Включить автомат QF3, при этом должно произойти мгновенное срабатывание УЗО автомата QF(Д) из-за появления тока утечки $I_{\Delta n}$ на землю.

Однако автомат QF3 не отключится и стрелка амперметра РА6 не успеет отклониться. Перегрузку в цепи «фаза А – земля» не допускает автомат QF(Д), установленный в головной части схемы.

Результаты опытов занести в таблицу 2 и сделать вывод о работе ТР автомата QF3.

Отключить автоматы QF3 и QF1.

Таблица 2 – Проверка работы ТР автомата QF3

Уставка ТР автомата QF3 I_n, A	Ток нагрузки I_6, A				Время отключения автомата QF3 t, c			
2								

2.3 Проверка работы электромагнитного расцепителя (ЭМР) автоматов QF3 и QF(Д)

Уставки ЭМР автоматов на лабораторном стенде следующие:

- QF(Д), $I_m = (5...10) \cdot I_n$, где $I_n = 16 A$ и

$$I_m = (5...10) \cdot 16 = 80...160 A;$$

- QF3, $I_m = (5...10) \cdot I_n$, где $I_n = 2 A$ и $I_m = (5...10) \cdot 2 = 10...20 A$;

- QF1, $I_m = 250 A, I_n = 25 A$.

Отключить выключатель Q2, затем поставить движок реостата в положение 4А, включить автоматы QF3, QF1 и нажать на кнопку SB2, создав однофазное КЗ в сети.

При этом должен мгновенно ($t \leq 0,1 c$) отключиться автомат QF3, возможно, также отключение и автомата QF(Д). Отпустить кнопку SB2.

Записать значение тока КЗ I_o по амперметру РА0. Если отключится автомат QF(Д), то отметить положение кнопки «ВОЗВРАТ» на нем.

Если она осталась включенной, то сработал ЭМР, а при отключенном положении кнопки «ВОЗВРАТ» - сработало УЗО автомата QF(Д).

Отключить автомат QF1, пересоединить провод с зажима N на зажим \perp , включить автоматы QF(Д), QF3, QF1 и нажать на кнопку SB2, создав однофазное КЗ на землю.

Должен мгновенно отключиться автомат QF3 и возможно отключение автомата QF(Д).

По положению его кнопки «ВОЗВРАТ» - определить какой расцепитель АВДТ сработал.

Записать значение тока КЗ на землю $I_{i.g}$ по амперметру РАО.

Отключить автомат QF1 и провода с зажимов А и $\underline{\underline{1}}$.

Результаты опытов занести в таблицу 3 и сделать вывод о работе ЭМР и УЗО автоматов QF3 и QF(Д).

Построить ВТХ автомата QF3 $t = f(I/I_n)$ с учетом результатов в таблице 2.

Таблица 3 – Проверка работы ЭМР автоматов QF3 и QF(Д)

Положение выключателей и кнопки «ВОЗВРАТ»									Ток КЗ
Кнопка SB2 отключена					Кнопка SB2 включена				
QF(Д)	QF1	QF3	Q2	Кнопка «ВОЗВРАТ»	QF(Д)	QF1	QF3	Кнопка «ВОЗВРАТ»	
ВКЛ	ВКЛ	ВКЛ	ОТКЛ	ВКЛ					в сети $I_o = \text{ А}$
									на землю $I_{o.3} = \text{ А}$

2.4 Проверка уставок ТР и ЭМР автомата QF(Д) при запуске и работе электродвигателя АК-51-4

Данные ЭД с фазным ротором: $P_{ном} = 2,8$ кВт, $U_{ном} = 380$ В, $I_{ном} = 6,7$ А, $n_{ном} = 1370$ об/мин, $\cos \varphi_{ном} = 0,82$, соединение обмоток статора и ротора – «звезда».

Порядок проведения опыта

При отключенном автомате QF1 и включенном автомате QF(Д) собрать схему, состоящую из элементов: QF(Д), QF1, РАО, М и R_п.

Запустить двигатель М, включив автомат QF1, измерить ток $I_{пуск.1}$ по амперметру РАО и время запуска t_1 от момента включения автомата QF1 до набора ЭД установившихся оборотов n_1 , примерно равных $n_{ном}$, определяемых по тахометру. Правильно выбранные уставки ТР и ЭМР автомата QF(Д) обеспечат запуск ЭД без ложного его отключения.

Отключить автомат QF1.

Исключить из схемы реостат $R_{п}$, соединив зажимы ротора P1, P2 и P3 перемычками. Включить автомат QF1, замерить ток $I_{пуск.2}$, время запуска t_2 и обороты n_2 .

Автомат QF(Д) не должен отключаться и при значениях тока $I_{пуск.2} > I_{пуск.1}$.

Отключить автомат QF1 и разобрать электрическую схему.

Результаты опыта занести в таблицу 4 и сделать вывод о соответствии уставок АВДТ и назначении реостата $R_{п}$.

Таблица 4 – Проверка уставок ТР и ЭМР автомата QF(Д) при работе ЭД

Ток уставки расцепителя автомата QF(Д)		Номинальный ток ЭД (из паспорта)	Пусковой ток ЭД		Установившиеся обороты ЭД		Время запуска	
ТР	ЭМР		$I_{ном}$	$I_{пуск.1}$, $I_{пуск.2}$	n_1	n_2	t_1	t_2
А		А	А		об/мин		с	
16	80...160	6,7						

Пояснения

Прежде чем сделать вывод по уставкам ТР и ЭМР автомата QF(Д), необходимо знать:

- 1 Одно из основных условий при выборе автомата – это отсутствие его срабатывания при запуске ЭД, что будет обеспечено при уставке ЭМР $I_m > I_{пуск}$ – для ЭД с легким пуском ($t_{пуск} < 2с$) и $I_m \geq 1,25 \cdot I_{пуск}$ – для ЭД с тяжелым пуском ($t_{пуск} \geq 2,5с$). При этом должно соблюдаться условие $I_m \leq 4,5 \cdot I_{доп.}$, где $I_{доп.}$ – длительно допустимый ток проводников сети [3,4].
- 2 Пусковой ток ЭД с фазным ротором имеет значение $I_{пуск} = (2,5...3) \cdot I_{ном.д}$ [4] с накоротко замкнутой обмоткой ротора.
- 3 Пусковой ток этого ЭД с реостатом в цепи ротора имеет меньшие значения и зависит от сопротивления реостата.
- 4 Пусковой ток ЭД с короткозамкнутым ротором составляет $I_{пуск} = (5...7) \cdot I_{ном.д}$ [4].
- 5 Номинальный ток I_n теплового расцепителя (ТР) автомата выбирается из условия $I_{ном.д} \leq I_n \leq I_{доп.}$ [3, 4].

6 Для окончательного выбора уставок ТР и ЭМР автомата необходимо пользоваться ВТХ конкретного типа автомата и знать пусковые токи, а также время запуска двигателя.

Контрольные вопросы

- 1 Какое назначение ТР, ЭМР и УЗО автоматов?
- 2 Зачем нужно знать ВТХ автомата?
- 3 Почему автомат с УЗО называется дифференциальным?
- 4 Изготавливается ли УЗО как отдельное изделие?
- 5 Какие еще коммутационно-защитные аппараты необходимы, если в сети установлено отдельное УЗО?
- 6 Что означают надписи на АВДТ: С16 и $I_{\Delta n} = 30$ мА?
- 7 Какое время срабатывания расцепителей ТР, ЭМР и УЗО автоматов?
- 8 Почему для защиты человека от поражения током применяются уставки УЗО $I_{\Delta n} \leq 30$ мА?
- 9 Какие возможные значения сопротивления тела человека, от чего оно зависит?
- 10 Зачем заземляются электроприемники и электрооборудование?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Каталог электротехнической продукции. – М.: Изд-во компании «Интерэлектрокомплект», 2007. – 334 с.
- 2 Каталог электротехнической продукции. – М.: Изд-во компании «ФЛАВИР», 2009. – 320 с.
- 3 Правила устройства электроустановок. – 6-е и 7-е изд. – Новосибирск: Изд-во Сибирского гос.ун-та, 2007. – 853 с.
- 4 Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения: Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2005. – 214 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

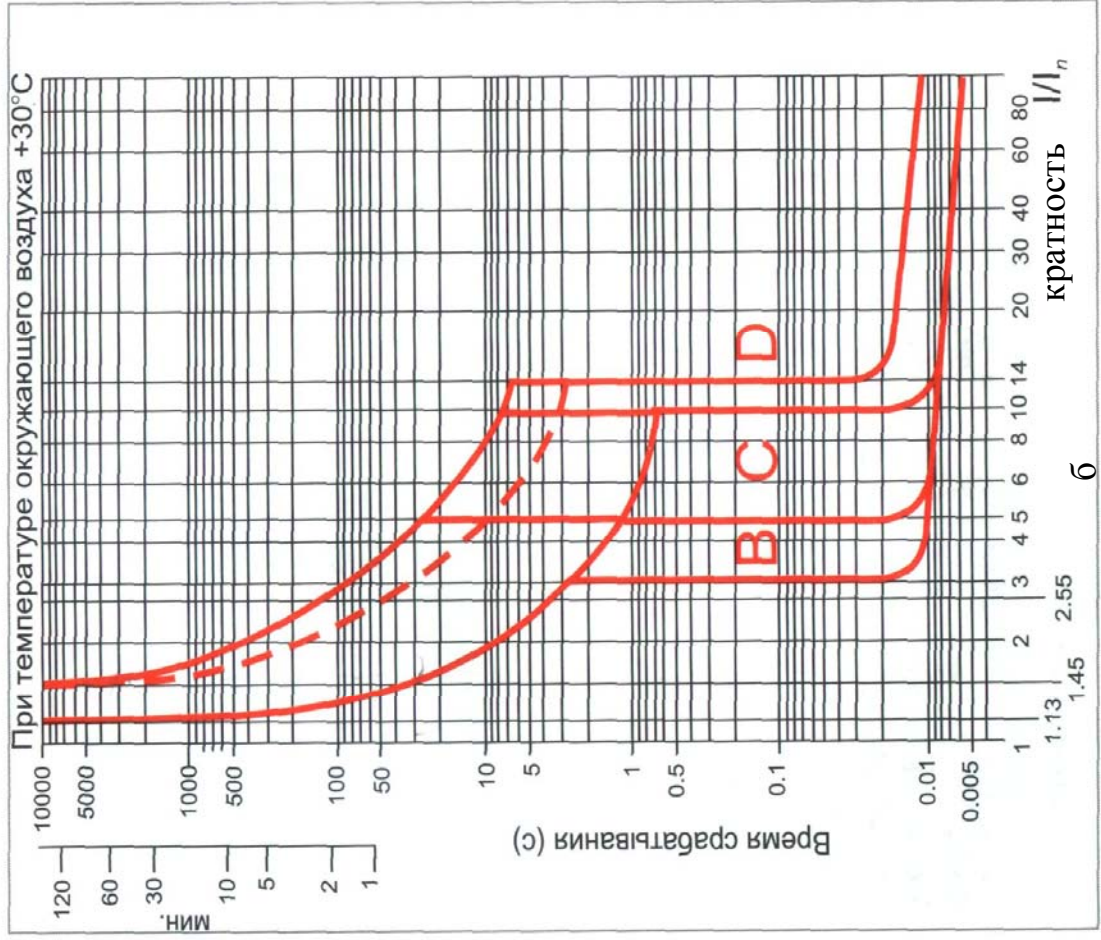
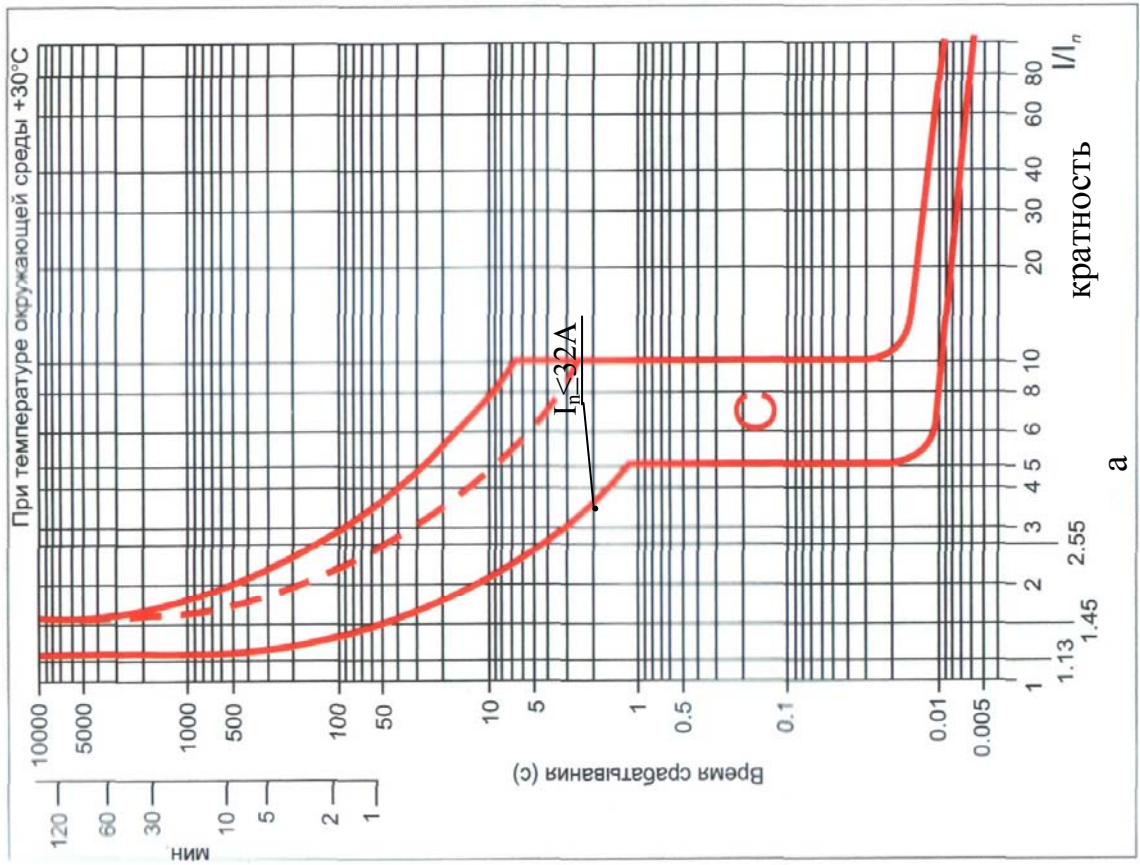


Рисунок А.1 – Время-токовые характеристики автоматических выключателей типа С(а) и В, С, D(б)

Приложение Б

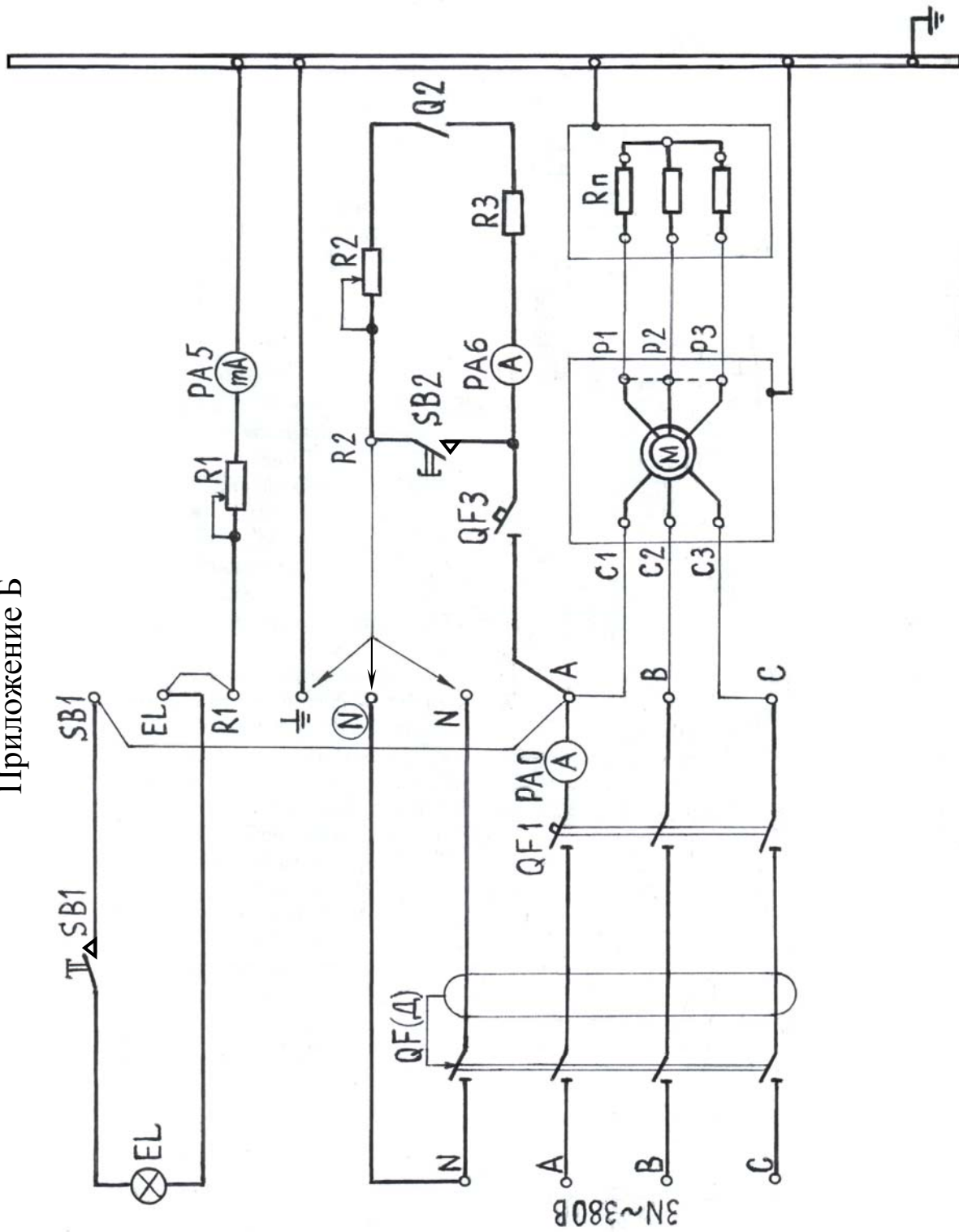


Рисунок Б.1 – Схема электрическая соединений для проверки работы АВДТ

Приложение В

Принятые сокращения

АВДТ – автоматический выключатель дифференциального тока;
АВ – автоматический выключатель;
ЭО – электрооборудование;
ЭП – электроприемник;
КЗ – короткое замыкание;
ОПЧ – открытые проводящие части;
ТР – тепловой расцепитель;
ЭМР – электромагнитный расцепитель;
УЗО – устройство защитного отключения;
ЭУ – электроустановка;
ВТХ – время-токовая характеристика;
ЭД – электродвигатель.

Медведев Вячеслав Александрович

**ПРОВЕРКА РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ТОКА**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы по дисциплине
«Электроснабжение промышленных предприятий»
для студентов специальности 140211 – «Электроснабжение»
и бакалавров по направлению
140400 – «Электротехника и электроэнергетика»

Редактор Е.А. Устюгова

Подписано к печати
Печать трафаретная
Заказ

Формат 60x84 1/16
Усл.печ.л. 1,0
Тираж 50

Бумага тип. № 1
Уч.-изд. л. 1,0
Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.