

жет отбросить провод от себя и оказывается как бы прикованным к токоведущей части. Такой ток называется пороговым неотпускающим.

При 25–50 мА действие тока распространяется на мышцы грудной клетки, что приводит к затруднению и даже прекращению дыхания. При длительном воздействии этого тока – в течение нескольких минут – может наступить смерть вследствие прекращения работы легких.

При 100 мА ток оказывает непосредственное влияние также и на мышцу сердца; при длительности протекания более 0,5 секунд ток может вызвать остановку или фибрилляцию сердца, т.е. быстрые хаотические и разновременные сокращения волокон сердечной мышцы (фибрилл), при которых сердце перестает работать как насос. В результате в организме прекращается кровообращение и наступает смерть. Этот ток называется фибрилляционным.

Длительность протекания тока через тело человека влияет на исход поражения вследствие того, что со временем резко повышается ток за счет уменьшения сопротивления тела и накапливаются отрицательные последствия воздействия тока на организм.

Род и частота тока в значительной степени определяют исход поражения. Наиболее опасным является переменный ток с частотой 20–100 Гц. При частоте меньше 20 или больше 100 Гц опасность поражения током заметно снижается.

Токи частотой свыше 0,5 МГц не оказывают раздражающего действия на ткани и поэтому не вызывают электрического удара. Однако они могут вызвать термические ожоги.

При постоянном токе пороговый ощутимый ток повышается до 6–7 мА, пороговый неотпускающий ток – до 50–70 мА, а фибрилляционный при длительности воздействия более 0,5 секунд – до 300 мА.

Часть 1. Определение силы электрического тока через тело человека

При прямом прикосновении к частям, находящимся под напряжением

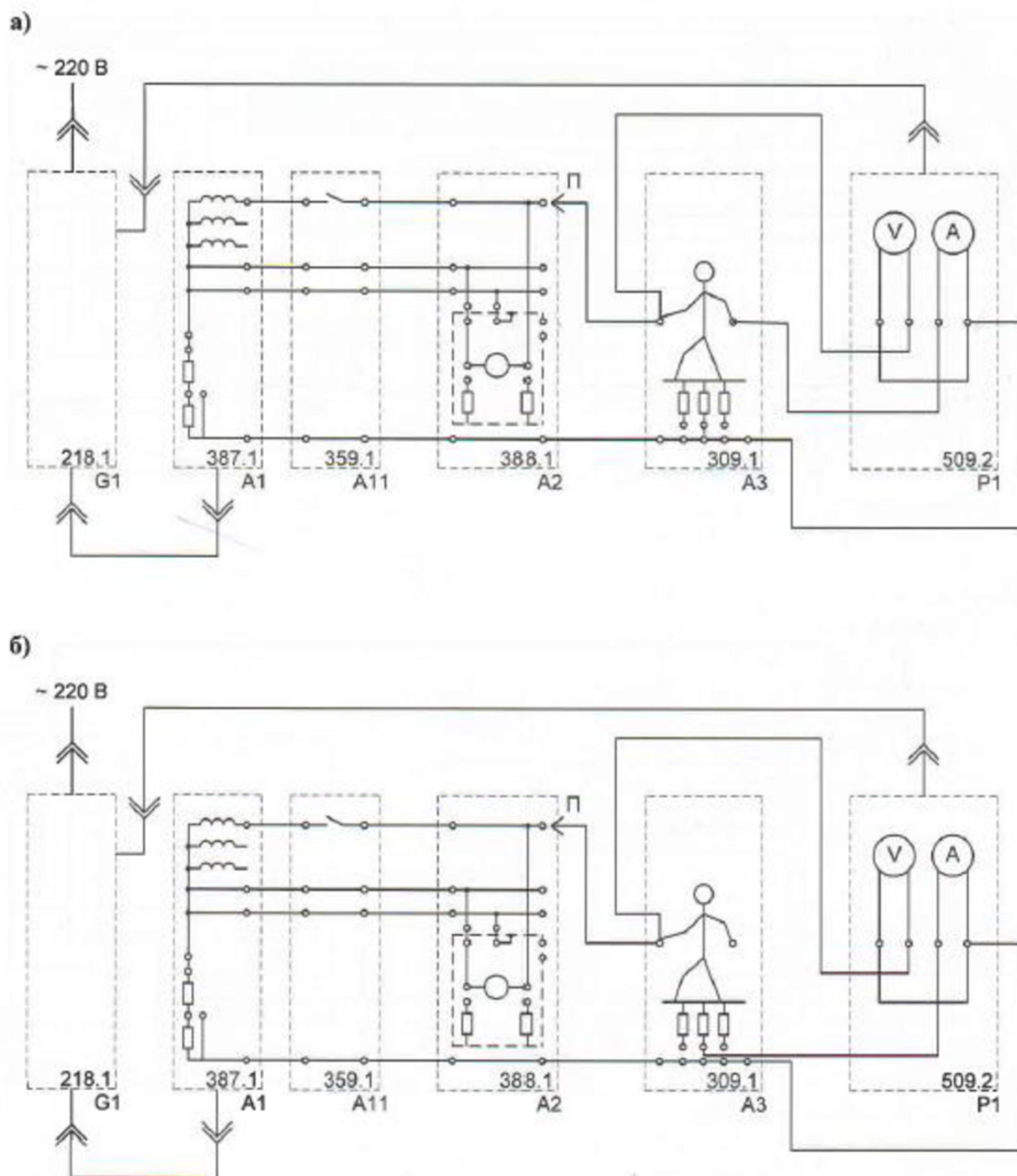


Рис. 1.1. Схема для определения силы электрического тока через тело человека при прямом прикосновении его к частям, находящимся под напряжением:

а) путь тока в теле человека «рука – рука»;

б) путь тока в теле человека «рука – ноги».

Перечень аппаратуры

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.1	~ 220 В / 16 А
A1	Модель питающей электрической сети	387.1	~ 220 В / 50 ВА
A2	Модель электроприемника с рабочей изоляцией	388.1	~ 220 В
A3	Модель человека	309.1	~ 220 В / 1 кОм
A11	Автоматический однополюсный выключатель	359.1	~ 220 В / 0,5 А
P1	Блок мультиметров	509.2	2 мультиметра 0...1000 В $\approx$; 0...10 А $\approx$; 0...20 МОм

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторной работы представлены в Приложении 1.

Порядок проведения работы

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, приведенной на рис. 1.1.
- Отключите (если включен) выключатель «ПИТАНИЕ» модели A1 питающей электрической сети.
- Включите автоматические выключатели и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте используемые мультиметры.
- Включите выключатель «ПИТАНИЕ» модели A1.
- Включите автоматический выключатель A11. При этом должна загореться индикаторная лампа модели электроприемника A2.
- Смоделируйте прямое прикосновение человека к частям, находящимся под напряжением, втыканием конца проводника «П», в гнездо фазы «L» электроприемника A2, как это показано на рис 1.1.
- С помощью амперметра и вольтметра блока мультиметров P1 измерьте ток через тело человека и напряжение прикосновения.
- По завершении эксперимента отключите выключатель A11 и автоматические выключатели однофазного источника питания G1, выключатели «ПИТАНИЕ» модели A1 питающей электрической сети и «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Вид обуви человека и тип пола, на котором он стоит, можно варьировать, проводя эксперименты с другими сопротивлениями стеканию тока с ног человека в землю.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Часть 2. Определение силы электрического тока через тело человека При косвенном прикосновении к частям, находящимся под напряжением

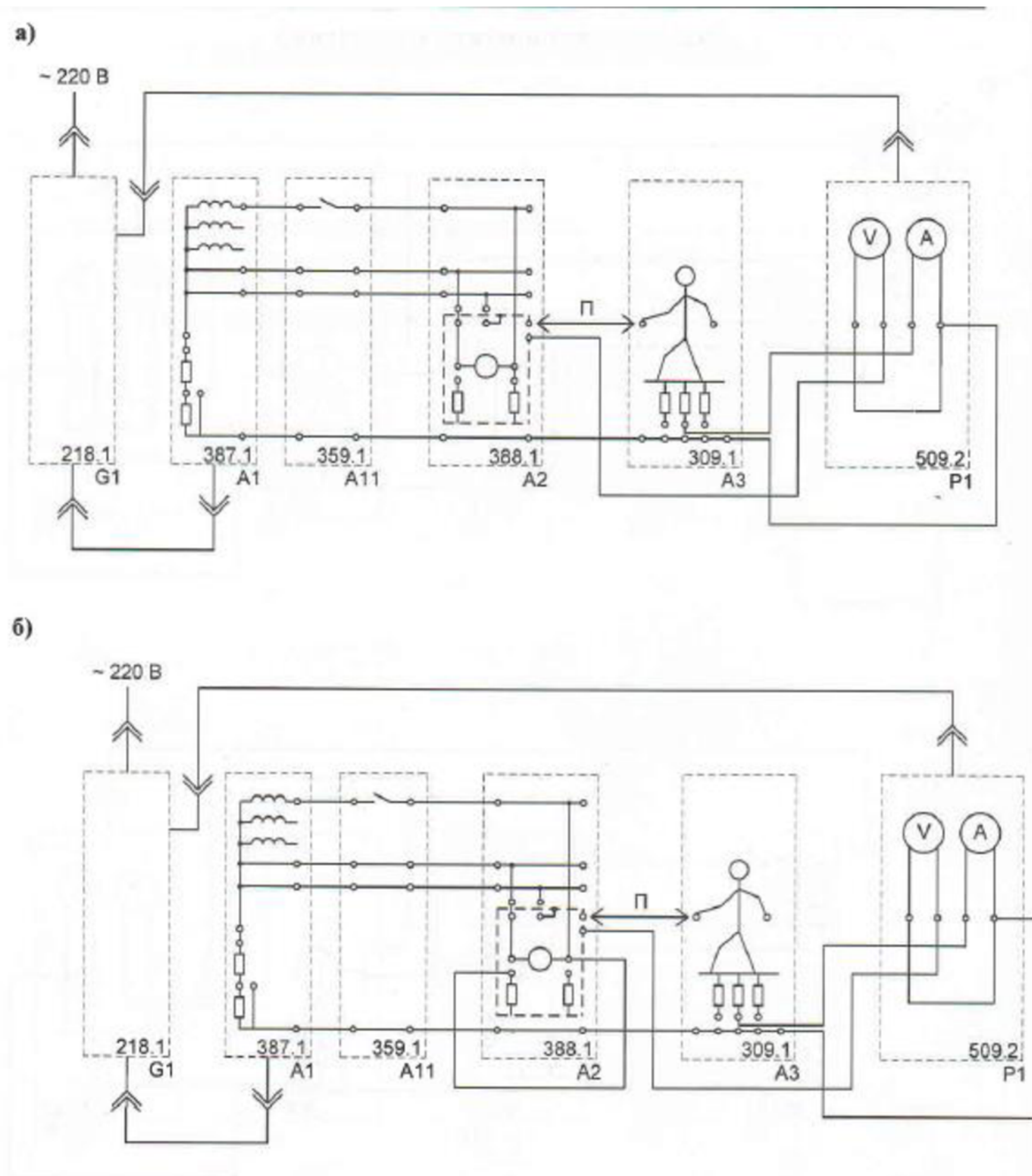


Рис. 1.2. Схема для определения силы электрического тока через тело человека при косвенном прикосновении его к частям, находящимся под напряжением:

а) при снижении сопротивления основной изоляции электроприемника до 15 кОм;

б) при снижении сопротивления основной изоляции электроприемника до 10 Ом.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Порядок проведения работы

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
 - Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений, приведенной на рис. 1.2, а (1.2, б).
 - Отключите (если включен) выключатель «ПИТАНИЕ» модели А1 питающей электрической сети.
 - Включите автоматические выключатели и устройство защитного отключения в однофазном источнике питания G1.
 - Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
 - Активизируйте используемые мультиметры.
 - Включите выключатель «ПИТАНИЕ» модели А1.
 - Включите автоматический выключатель А11. При этом должна загореться индикаторная лампа модели электроприемника А2.
-
- Смоделируйте косвенное прикосновение человека к частям, находящимся под напряжением, втыканием перемычки (конца проводника) «П», в гнездо электроприемника А2, как это показано на рис 1.2, а (1.2, б).
 - С помощью амперметра и вольтметра блока мультиметров P1 измерьте ток через тело человека и напряжение прикосновения.
 - По завершении эксперимента отключите автоматические выключатели А11 и однофазного источника питания G1, выключатели «ПИТАНИЕ» модели А1 питающей электрической сети и «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
 - Вид обуви человека и тип пола, на котором он стоит, можно варьировать, проводя эксперименты с другими сопротивлениями стеканию тока с ног человека в землю.

Требования к отчету

В отчет по лабораторной работе вносится:

- Наименование и цель работы.
- Применяемые приборы и оборудование.
- Общие выводы по результатам сделанной работы.

Лабораторная работа №4

Моделирование зануления электрооборудования

Цель работы: Изучить на лабораторном стенде принцип работы защитного зануления, назначение элементов зануления (зануления) нейтрали источника питания, соединения корпуса электроустановки

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

с нулевым проводником, повторного заземления нулевого проводника)

Основы теории:

Зануление – это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановок с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Для соединения открытых проводящих частей потребителя электроэнергии с глухозаземленной нейтральной точкой источника используется нулевой защитный проводник.

Нулевым защитным проводником (**РЕ** – проводник в системе **TN – S**) называется проводник, соединяющий зануляемые части (открытые проводящие части) с глухозаземленной нейтральной точкой источника питания трехфазного тока или с заземленным выводом источника питания однофазного тока, или с заземленной средней точкой источника питания в сетях постоянного тока.

Нулевой защитный проводник следует отличать от нулевого рабочего и **PEN** – проводников.

Нулевой рабочий проводник (**N** – проводник в системе **TN – S**) – проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников соединенный с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока.

Совмещенный (**PEN** – проводник в системе **TN – C**) нулевой защитный и нулевой рабочий проводник – проводник в электроустановках напряжением до 1 кВ, совмещающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводника.

Зануление необходимо для обеспечения защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении за счет снижения напряжения корпуса относительно земли и быстрого отключения электроустановки от сети.

Область применения зануления:

У электроустановки напряжением до 1 кВ в трехфазных сетях переменного тока с заземленной нейтралью (система **TN – S**; обычно это

сети 380/220 В (60/380 В);

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

- У** электроустановки напряжением до 1 кВ в однофазных сетях переменного тока с заземленным выводом;
- У** электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях постоянного тока с заземленной средней точкой источника.

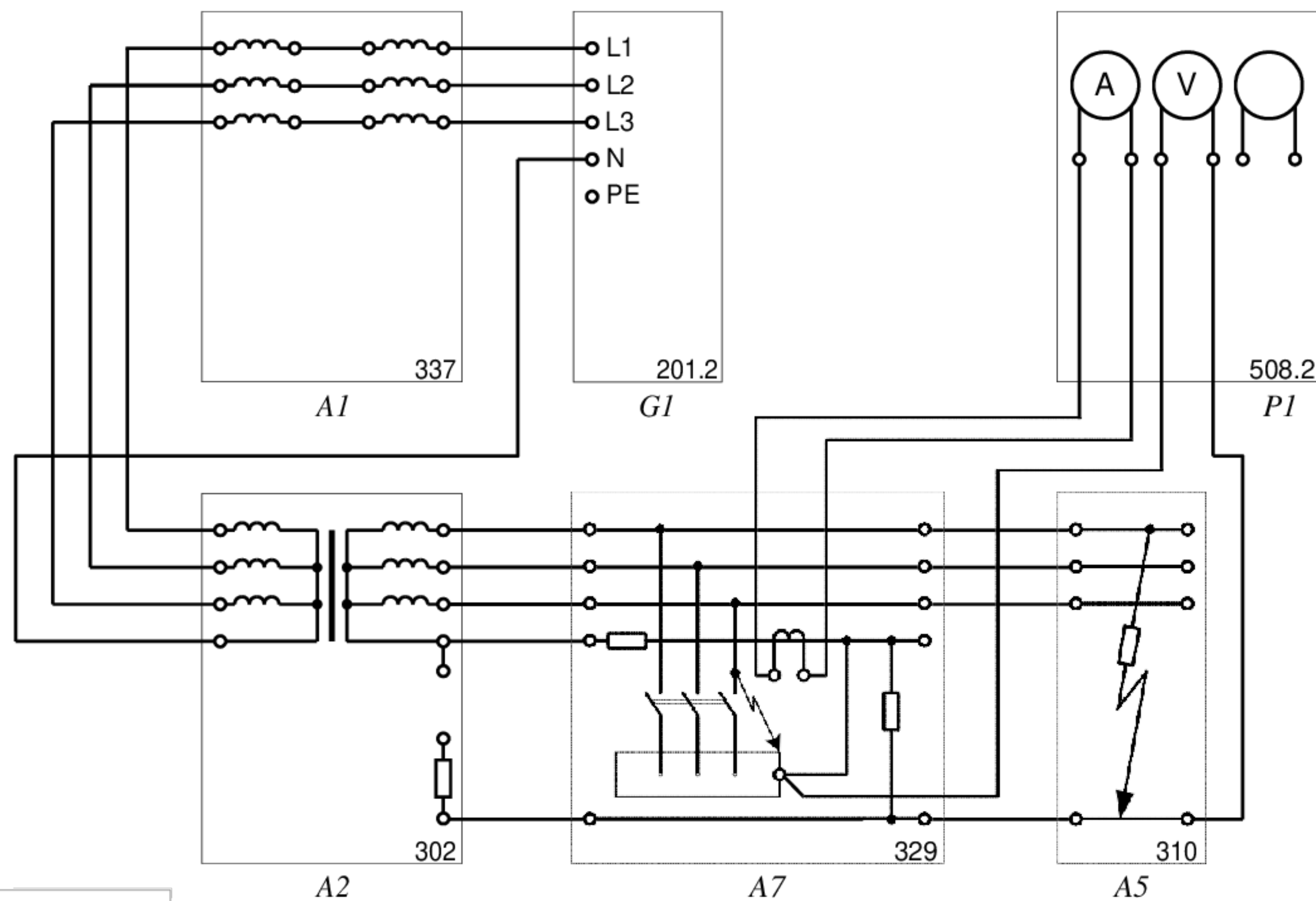
Принцип действия зануления. При замыкании фазного провода на зануленный корпус электропотребителя образуется цепь тока однофазного короткого замыкания (то есть замыкания между фазным и нулевым защитным проводниками). Ток однофазного короткого замыкания вызывает срабатывание максимальной токовой защиты, в результате чего происходит отключение поврежденной электроустановки от питающей сети. Кроме того, до срабатывания максимальной токовой защиты происходит снижение напряжения поврежденного корпуса относительно земли, что связано с защитным действием повторного заземления нулевого защитного проводника и перераспределением напряжений в сети при протекании тока короткого замыкания.

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трехфазный источник питания	201.2
A1	Блок линейных дросселей	337
A2	Трехфазный трансформатор	302
A5	Модель замыкания на землю	310
A7	Модель зануления	329
P1	Блок мультиметров	508.2

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторной работы представлены в Приложении 1.

Электрическая схема соединений



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Порядок проведения работы

1. Перед началом работы необходимо убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Гнезда защитного заземления «» устройств, используемых в эксперименте, соединяются с гнездом «РЕ» источника G1.
3. Аппаратура соединяется в соответствии с электрической схемой.
4. В модели А5 сопротивление замыкания на землю устанавливается равным бесконечности: $R_{\text{зам}} = \infty$.
5. Включается источник G1 и питание блока мультиметров P1.
6. Режим глухозаземленной (изолированной) нейтрали питающей электрической сети моделируется установкой (отсутствием) перемычки между гнездом нейтральной точки трансформатора и гнездом сопротивления заземлителя R_0 в блоке трехфазного трансформатора А2.
7. Замыкание фазы на корпус электрооборудования моделируется установкой выключателя S в положение «ВКЛ.».
8. Ток короткого замыкания измеряется с помощью амперметра блока мультиметров P1.
9. При величинах сопротивления цепи короткого замыкания $R_N = 1, 2, 3$ Ом и возникновении короткого замыкания фазы на корпус электрооборудования (выключатель S включен) защита отключает электрооборудование от сети, что проявляется в отсутствии свечения светодиодов в фазах подходящих к нему проводов.
10. При величинах сопротивления цепи короткого замыкания $R_N = 5, 10, 15, 20$ Ом и возникновении короткого замыкания фазы на корпус электрооборудования (выключатель S включен) защита не отключает электрооборудование от сети, что проявляется в наличии свечения светодиодов в фазах подходящих к нему проводов.
11. Наличие повторного заземления моделируется установкой любого его значимого сопротивления.
12. Напряжение на корпусе электрооборудования измеряется с помощью вольтметра блока мультиметров P1.
13. Сопротивление замыкания на землю « $R_{\text{зам}} \neq \infty$ » устанавливается только при моделировании режима изолированной нейтрали питающей электрической сети.
14. По завершении эксперимента источник G1 и питание блока мультиметров P1 отключается.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Требования к отчету

1. По п. 9 необходимо отразить результат замыкания на землю через $R_N = 1, 2, 3$ Ом и срабатывания защиты.
2. По п. 10. необходимо описать действие защитного зануления при величинах сопротивления цепи короткого замыкания $R_N = 5, 10, 15, 20$ Ом, акцентируя внимание на проявление действия защитного зануления.
3. По п. 11 необходимо описать влияние на действие зануления сопротивления повторного заземления нулевого проводника.
4. Необходимо сделать выводы по всем выполненным экспериментам согласно указаниям по проведению эксперимента.

Лабораторная работа №5

Контроль изоляции в электрической сети с изолированной нейтралью

Цель работы : контроль неисправности изоляции в электрической сети с изолированной нейтралью.

Основы теории:

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер. Они регламентированы действующими правилами устройства электроустановок (ПУЭ, 2001).

Конструкция, исполнение, способ установки, класс и характеристики изоляции применяемых машин, аппаратов, приборов и прочего электрооборудования, а также кабелей и проводов должны соответствовать параметрам сети или электроустановки, режимам работы, условиям окружающей среды и требованиям соответствующих глав ПУЭ.

Изоляция токоведущих частей (защитное изолирование) – способ защиты от прикосновения к токоведущим частям. Принцип его действия основан на покрытии токоведущих частей изоляционным материалом. Изоляция токопроводящих частей –

одна из основ техники безопасности.

В сетях переменного тока выше 1 кВ с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью, в сетях переменного тока до 1 кВ с изолированной нейтралью и в сетях постоянного тока с изолированными полюсами или с изолированной средней точкой, как правило, должен выполняться автоматический контроль изоляции, действующий на сигнал при снижении сопротивления изоляции одной из фаз (или полюса) ниже заданного значения, с последующим контролем асимметрии напряжения при помощи показывающего прибора (с переключением).

Допускается осуществлять контроль изоляции путем периодических измерений напряжений с целью визуального контроля асимметрии напряжения.

Согласно ПУЭ сопротивление изоляции токопроводящих частей электрических установок относительно земли должно быть не менее 0,5–10 МОм. Различают рабочую, двойную и усиленную рабочую изоляцию.

Рабочей называется изоляция, обеспечивающая нормальную работу электрической установки и защиту персонала от поражения электрическим током. Двойная изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной, используется в тех случаях, когда требуется обеспечить повышенную электробезопасность оборудования (например, ручного электроинструмента, бытовых электрических приборов и т. д.). Сопротивление двойной изоляции должно быть не менее 5 МОм, что в 10 раз превышает сопротивление обычной рабочей. В ряде случаев рабочую изоляцию выполняют настолько надежно, что ее электросопротивление составляет не менее 5 МОм и потому она обеспечивает такую же защиту от поражения током, как и двойная изоляция. Такую изоляцию называют усиленной рабочей изоляцией.

Перечень аппаратуры, используемой в лабораторной работе

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трехфазный источник питания	201.2
A1	Блок линейных дросселей	337
A2	Трехфазный трансформатор	302
A3	Модель участка электрической сети	303
A7	Модель сопротивления изоляции	311
A8	Устройство контроля изоляции	316
	Блок мультиметров	508.2

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторной работы представлены в Приложении 1.

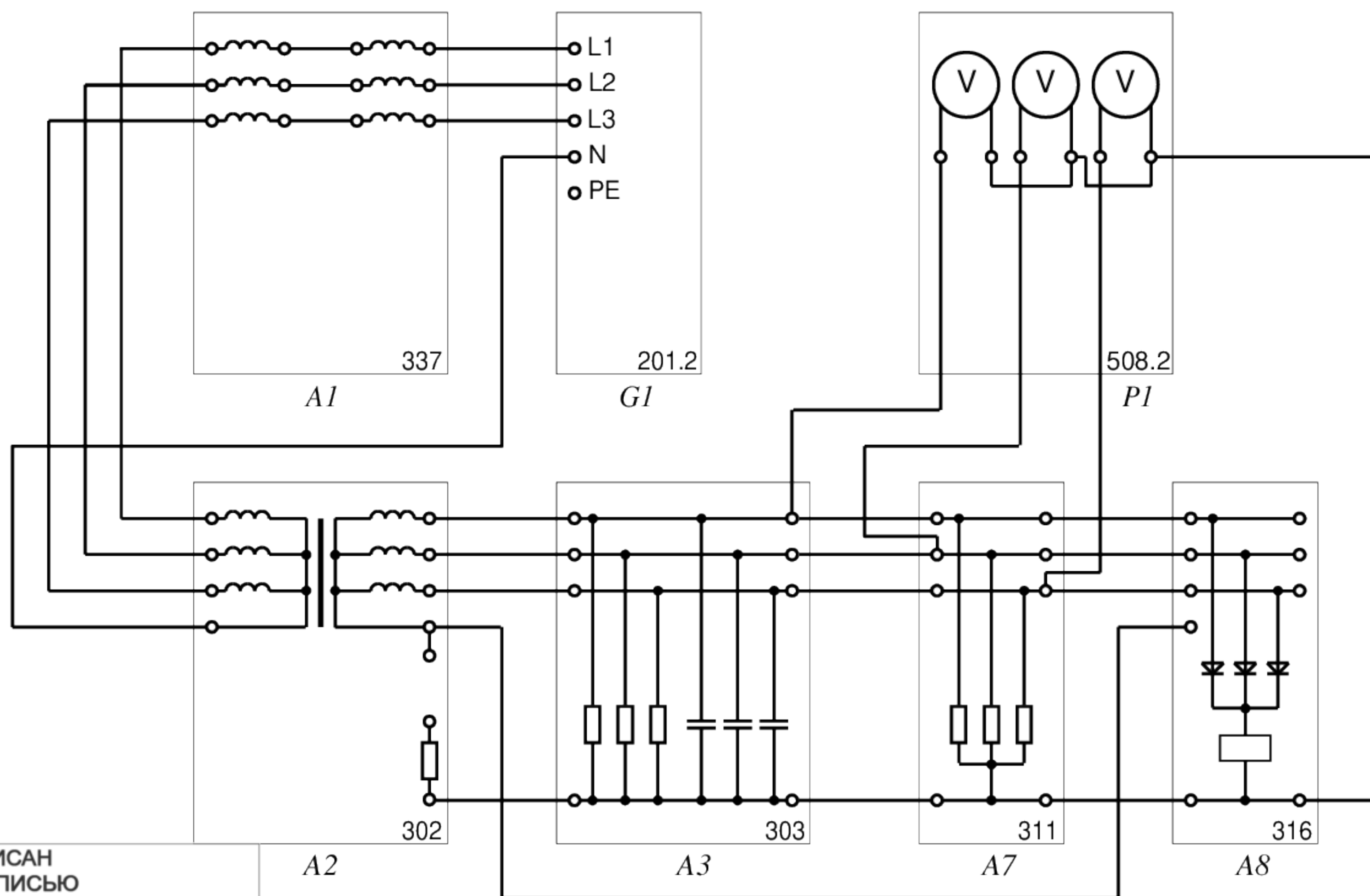
**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Электрическая схема соединений



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Порядок проведения работы

- Перед началом работы необходимо убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Гнезда защитного заземления «» устройств, используемых в эксперименте, соединяются с гнездом «РЕ» источника G1.
- Аппаратура соединяется в соответствии с электрической схемой.
- Емкости фаз модели А3 устанавливаются равными нулю $C_A = C_B = C_C = 0$.
- Устанавливаются желаемые сопротивления R_A, R_B, R_C изоляции фаз модели А3 и сопротивления R изоляции модели А7.
- Включается источник G1 и питание блока мультиметров P1.
- С помощью вольтметров блока мультиметров P1 измеряются напряжения фаз электрической сети. По ним судят о соотношении сопротивлений изоляции этих фаз.
- Величину, равную параллельно соединенным сопротивлениям изоляции всех трех фаз, считывают с индикатора устройства контроля изоляции.
- По завершении эксперимента источник G1 и питание блока мультиметров P1 отключается.

Требования к оформлению отчета

В отчет по лабораторной работе вносятся:

1. Наименование и цель работы.
2. Применяемые приборы и оборудование.
3. Заполненные таблицы с необходимыми расчетными формулами.
4. Общие выводы по результатам сделанной работы.

Результаты экспериментов заносятся в табл. 12.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица 5.1

Экспериментальная таблица

Фазы сети	Сопротивление изоляции	Сила тока, А	Напряжение, В
R_A			
R_B			
R_C			

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Лабораторная работа №6

Измерение сопротивления заземления

Цель работы: измерение тока стекающего в землю через заземлитель и напряжения между ним и потенциальным электродом на различном удалении от заземлителя. Формулировка вывода о эффективности защитного заземления.

Основы теории:

Все случаи поражения человека током в результате электрического удара возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело человека или, иначе говоря, при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует некоторое напряжение.

Опасность такого прикосновения, оцениваемая значением тока, проходящего через тело человека, или же напряжением прикосновения, зависит от ряда факторов: схемы замыкания цепи тока через тело человека, напряжение сети, схемой самой сети, режима ее нейтрали (т. е. заземлена или изолирована нейтраль), степени изоляции токоведущих частей от земли, а также от значений емкости токоведущих частей относительно земли и т. п.

Следовательно, указанная опасность не является однозначной: в одних случаях замыкание цепи тока через тело человека будет сопровождаться прохождением через него малых токов и окажется не опасным, в других – токи могут достигать больших значений, способных вызвать смертельное поражение человека.

Одной из основных причин несчастных случаев от электрического тока является появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования, которые нормально не находятся под напряжением, – на корпусах, кожухах, ограждениях и т. п.. Напряжение на этих частях может появиться как результат: повреждения изоляции токоведущих частей электрооборудования (вследствие механических воздействий, электрического пробоя, естественного старения и т. п.); падения провода, находящегося под напряжением, на конструктивные части электрооборудования; замыкания фазы сети на землю. Опасность поражения током в этих случаях устраняется с помощью защитного заземления, зануления, защитного отключения, выравнивания потенциала, двойной изоляцией, а также благодаря применению малых напряжений

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

и специальных защитных средств – переносных приборов и приспособлений.

Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние, вынос потенциала и т. п.).

Принцип действия защитного заземления – снижение напряжения между корпусом, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасного значения. Данное напряжение называется напряжением прикосновения $U_{\text{пр}}$. Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования, а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования, за счет появления потенциалов на поверхности земли при стекании тока в землю. Данные потенциалы возникают из-за сравнительно большого удельного сопротивления грунта ($1 \times 10^3 - 1 \times 10^4$ Ом м.) и уменьшаются по мере удаления от места стекания тока в землю. В непосредственной близости от места стекания тока в землю потенциал основания, на котором стоит человек, практически равен потенциалу заземленного оборудования. При этом разность потенциалов, определяющая напряжение прикосновения, минимальна. По мере удаления данного основания от места стекания тока в землю указанная разность потенциалов возрастает, то есть эффект выравнивания потенциалов ослабевает. При удалении человека от места стекания тока в землю на 20 метров и более напряжение прикосновения практически равно потенциалу корпуса электроустановки оказавшейся под напряжением.

Если корпус электрооборудования не заземлен, и он оказался в контакте с фазой, то прикосновение человека к такому корпусу равносильно прикосновению к фазе. В этом случае величина тока в комплексной форме, проходящего через тело человека, прикоснувшегося к фазному проводу трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью (рис. 22), определяется соотношением:

$$\bar{I}_{\text{ч}} = \bar{U}_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\text{п}} + \dot{Z}_{\text{н}} / 3), \quad (6.1)$$

где $\bar{I}_{\text{ч}}$, $\bar{U}_{\text{ф}}$, $\dot{Z}_{\text{н}}$ – комплексы тока, А, фазного напряжения, В и сопротивления изоляции одной фазы, Ом; $R_{\text{ч}}$ – сопротивление тела человека, Ом; $R_{\text{об}}$ – сопротивление обуви человека, Ом; $R_{\text{п}}$ – сопротивление пола (основания), Ом.

При малом сопротивлении обуви, пола и изоляции проводов отно-

сительно **ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН** может достигать опасных значений.

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Для трехфазной электрической сети с глухо заземленной нейтралью проводимость изоляции фазных проводов относительно земли пренебрежимо мала по сравнению с проводимостью заземления нейтрали, поэтому величина тока через тело человека практически не зависит от сопротивления изоляции и равна

$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\text{П}} + R_{\text{з}}), \quad (6.2)$$

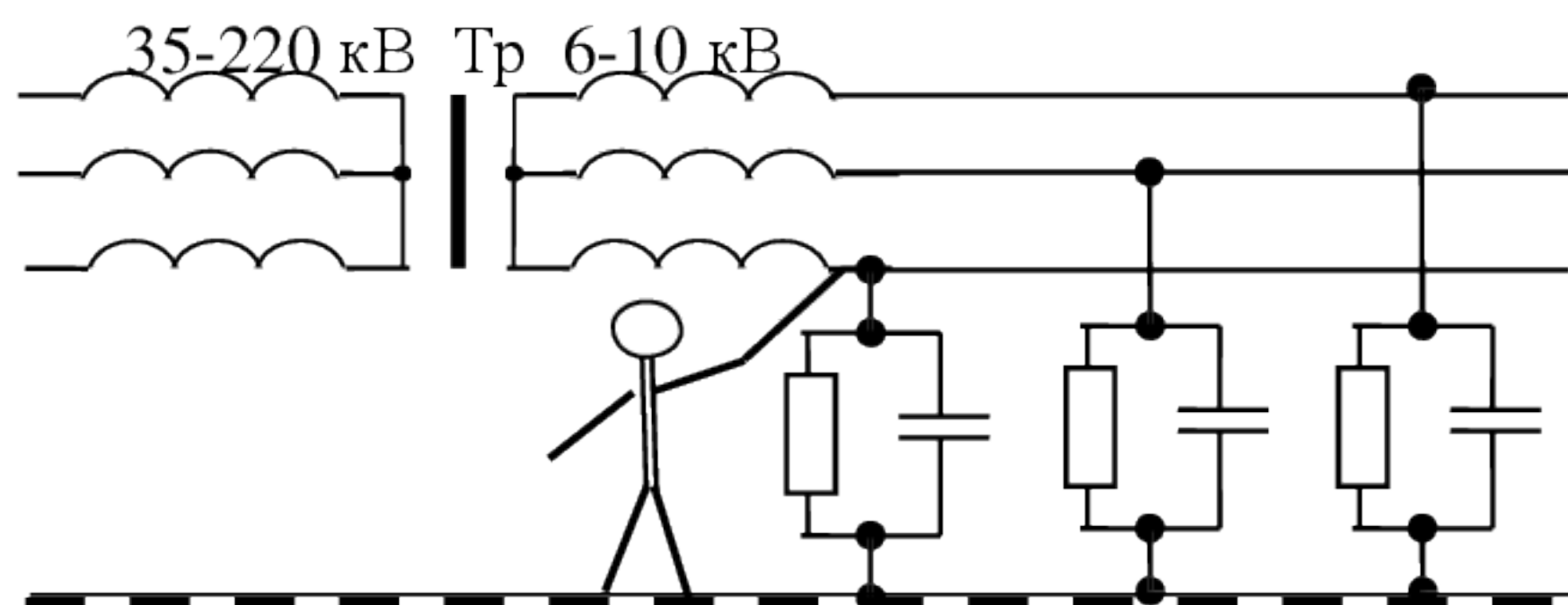


Рис. 6.1 – Прикосновение человека к фазному проводу трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью

Наиболее неблагоприятный случай будет, когда человек прикоснувшийся к фазе имеет на ногах токопроводящую обувь – сырую или подбитую металлическими гвоздями и стоит непосредственно на сырой земле или на проводящем основании – на металлическом полу, на заземленной металлической конструкции, т. е. когда можно принять $R_{\text{об}}=0$ и $R_{\text{П}}=0$. Сопротивление заземления нейтрали R_0 обычно во много раз меньше сопротивления тела человека (как правило, R_0 не превышает 10 Ом) и им можно пренебречь. При этих условиях величина тока через тело человека достигает опасной величины. Например, при $R_{\text{ч}}=1000$ Ом (вполне вероятная величина) и $R_{\text{з}}=4$ Ом $I_{\text{ч}}=220/(1000+4)\approx 0,22$ А.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя – металлических проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей, и заземляющих проводников, соединяющих заземляющие части с заземлителем.

Заземлители бывают искусственные, предназначенные исключительно для целей заземления и естественные, находящиеся в земле металлические предметы иного назначения.

Для искусственных заземлителей применяются обычно вертикальные и горизонтальные электроды, т.е. одиночные заземлители.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

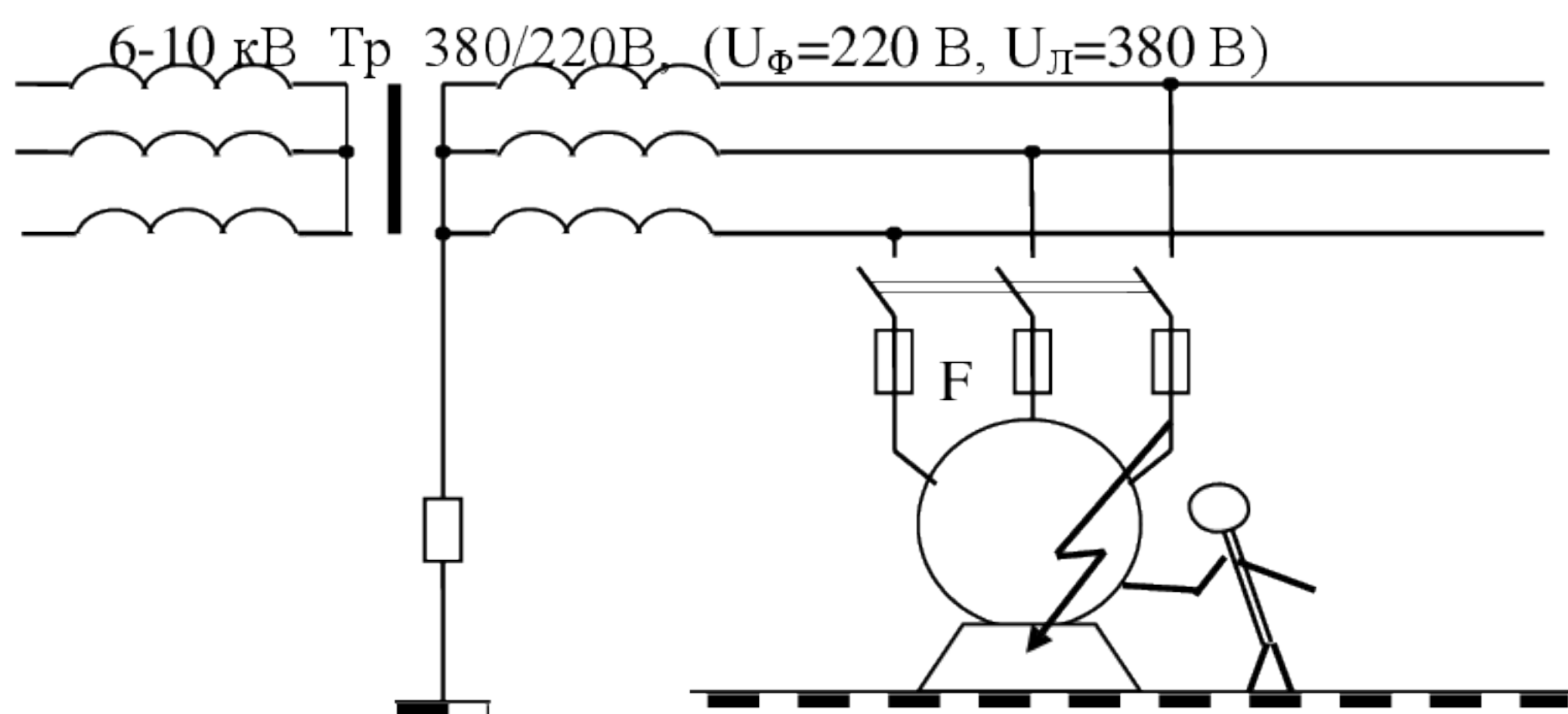


Рис. 6.2 – Прикосновение человека к фазному проводу трехфазной электрической сети с глухо заземленной нейтралью

В качестве вертикальных электродов используются стальные трубы диаметром 3–5 см и угловая сталь размером от 40×40 до 60×60 мм длиной 2,5–3 м, а также стальные прутки диаметром 10–12 мм и длиной до десяти метров.

Для соединения вертикальных электродов между собой и в качестве самостоятельного горизонтального электрода применяется полосовая сталь сечением не менее 4×12 мм или сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

Для погружения в землю вертикальных электродов предварительно роют траншею глубиной 0,7–0,8 м, после чего их забивают и верхние концы соединяют стальной полосой с помощью сварки. В таких же траншеях прокладывают и горизонтальные электроды. Траншею засыпают землей, очищенной от строительного мусора, а затем тщательно утрамбовывают, что обеспечивает лучшую проводимость грунта, а следовательно, уменьшает расход металла на устройство заземления.

В зависимости от места размещения заземлителя относительно заземляющего оборудования различают два типа заземляющих устройств (ЗУ) – выносное ЗУ и контурное ЗУ. У выносного ЗУ заземлитель вынесен за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование. Это приводит к тому, что практически не происходит выравнивание потенциала основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования. Эффективность применения такого ЗУ обусловлена только снижением потенциала заземленного оборудования. При этом оказывается несущественным число и схема расположения заземляющих электродов, рис. 24.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

При замыкании фазы на корпус и стекании тока I_3 через заземлитель $\phi_3(X)$ достигает максимума в точке поверхности над заземлителем и практически затухает через 20 метров. При этом на руку человека, прикоснувшегося к корпусу электрооборудования, действует потенциал заземлителя ϕ_3 , а ноги находятся под потенциалом, близким к нулю. Напряжение прикосновения $U_{ПР}$, равное разности потенциалов руки и ног, в данном случае практически равно ϕ_3 .

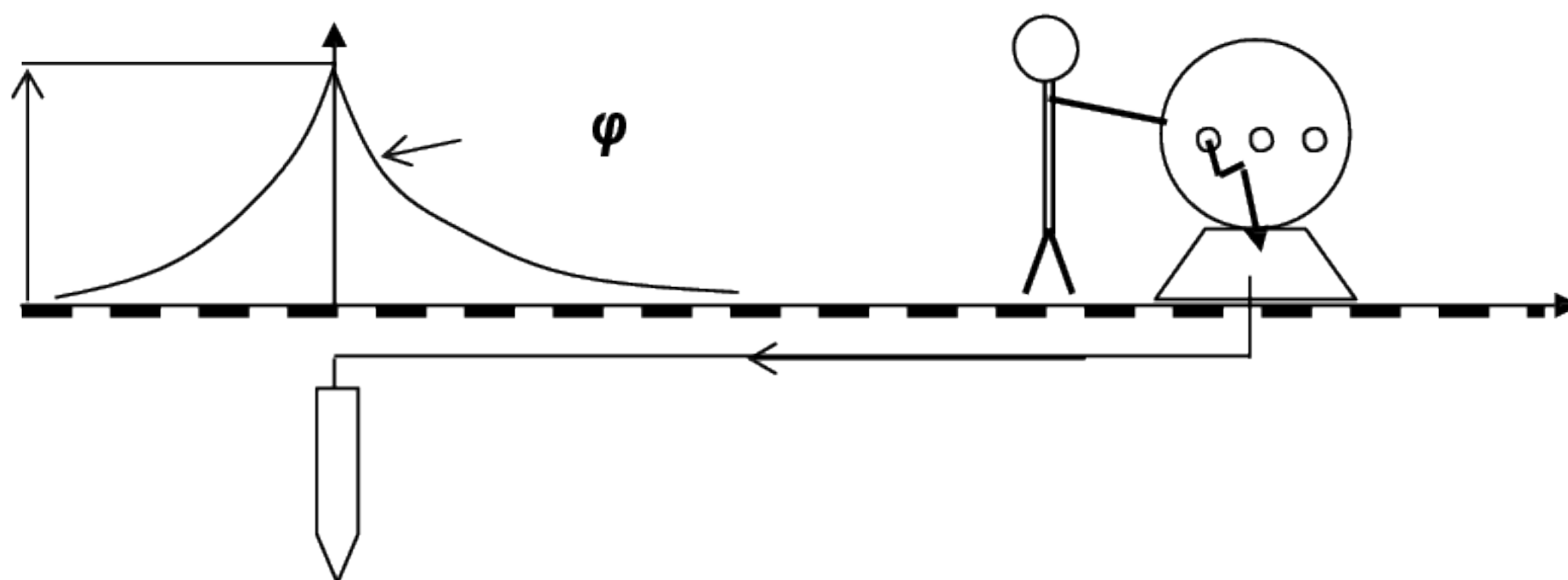


Рис. 6.3 – Выносной (сосредоточенный) заземлитель

Контурные ЗУ характеризуются по возможности равномерным размещением заземляющих электродов по площадке, на которой установлено электрооборудование. Такое ЗУ называется распределенным. Снижение напряжения прикосновения в этом случае обусловлено не только перераспределением падения напряжения источника, но и выравниванием потенциалов заземленного корпуса электроустановки и основания, на котором стоит человек, как это показано на рис. 25. При этом распределения потенциалов отдельных заземлителей складываются, получается суммарное распределение потенциала $\phi_3\Sigma(X)$. Таким образом, потенциалы в точках рабочей площадки по своей величине приближаются к потенциалу заземленного корпуса оборудования, поэтому напряжение прикосновения $U_{ПР}$ значительно уменьшается и составляет доли ϕ_3 .

В качестве естественных заземлителей могут использоваться: проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов); обсадные трубы артезианских колодцев, скважин, шурфов и т.п.; металлические конструкции и арматура железобетонных конструкций зданий и сооружений, имеющие соединение с землей; металлические шпунты гидротехнических сооружений; свинцовые

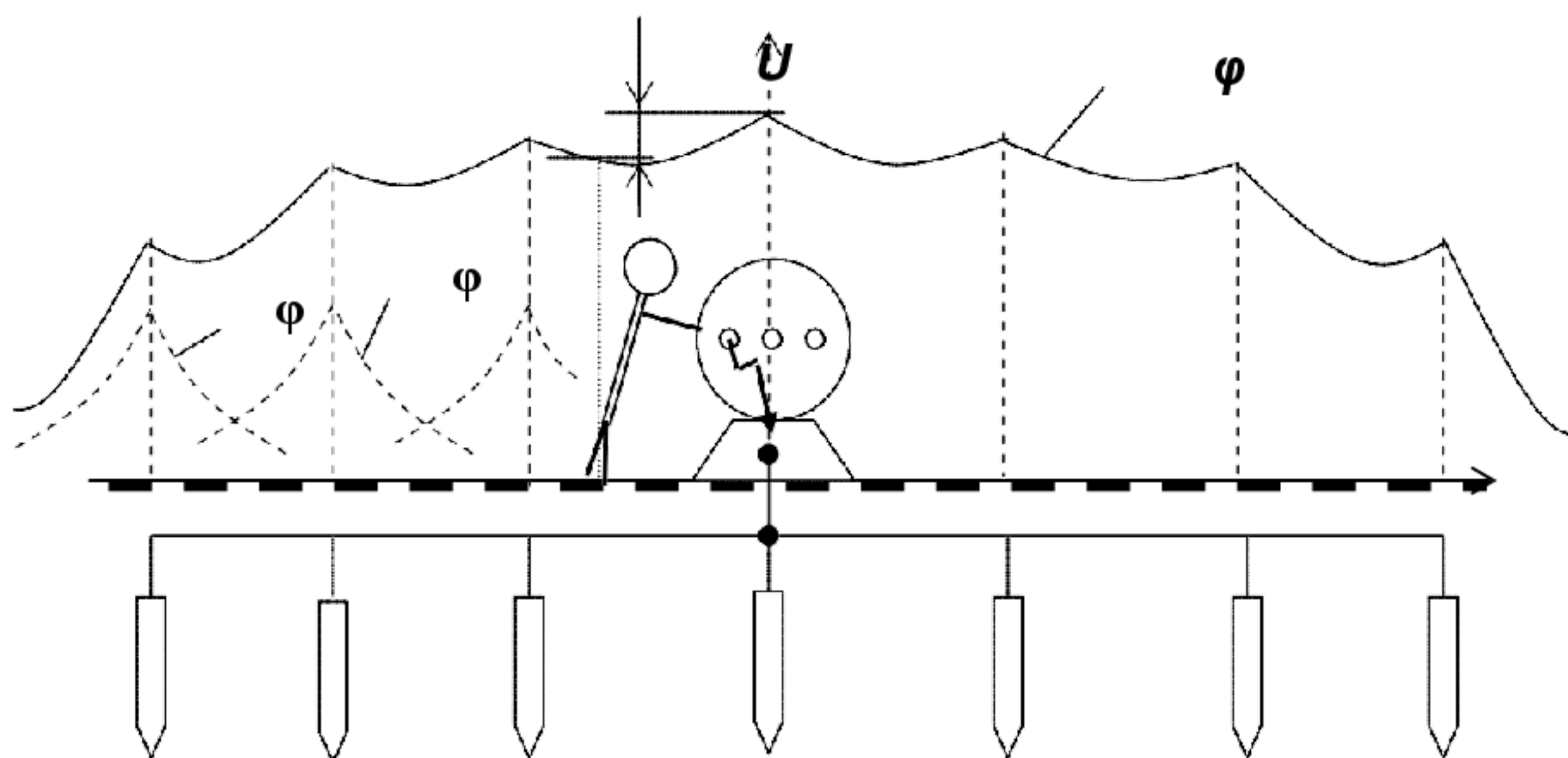


Рис. 6.4 – Случай контурного (распределенного) заземлителя

Алюминиевые оболочки кабелей и алюминиевые проводники не допускается использовать в качестве естественных заземлителей.

В электрических распределительных устройствах высокого напряжения в качестве естественного заземлителя используется заземление опор отходящих воздушных линий с грозозащитными тросами при условии, что тросы не изолированы от опор.

Естественные заземлители обладают, как правило, малым сопротивлением растеканию тока, поэтому использование их для целей заземления экономически весьма целесообразно.

Заземляющие проводники, т. е. проводники, соединяющие заземляемое оборудование с заземлителем выполняются обычно из полосовой стали. Прокладка их производится по стенам и другим конструкциям зданий. В качестве заземляющих проводников допускается использовать различные металлические конструкции.

Присоединение заземляемого оборудования к магистралям заземления, т. е. к основному заземляющему проводнику, идущему от заземлителя, осуществляется с помощью отдельных проводников. При этом последовательное включение заземляемого оборудования не допускается.

Соединения заземляющих проводников между собой, а также заземлителями и заземляемыми конструкциями выполняются, как правило, сваркой, а с корпусами аппаратов, машин и другого оборудования – сваркой или с помощью болтов.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Отличительной окраской заземляющей сети является черный цвет, которым должны быть окрашены все открыто расположенные заземляющие проводники, конструкции и полосы сети заземления.

Область применения защитного заземления – трехфазные сети до 1 кВ с изолированной нейтралью и выше 1 кВ. с любым режимом работы нейтрали.

Требования к устройству защитного заземления и зануления определены Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), в соответствии с которыми защитному заземлению или занулению подлежат все металлические и другие токопроводящие части электроустановок и оборудования, которые случайно в аварийном режиме могут оказаться под напряжением (ССБТ ГОСТ 12.1.030–81):

- при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока, 440 В и выше постоянного тока – во всех электроустановках;
- при номинальном напряжении выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока – только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных помещениях и в наружных электроустановках;
- во взрывоопасных помещениях необходимо заземлять все оборудование независимо от напряжения.

При номинальных напряжениях менее 42 В переменного тока или 110 В постоянного тока заземления или зануления электроустановок не требуется.

Для заземления установок, которые питаются от одной сети, целесообразно проектировать общее заземляющее устройство. Если имеется несколько заземляющих устройств, они должны быть электрически соединены между собой.

Для осуществления эффективной защиты величина сопротивления защитного заземления не должна превышать значений, при которых напряжение прикосновения или шаговое напряжение достигают опасных величин (табл. 6.1).

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица 6.1

Максимально допустимые значения сопротивления защитного заземления в зависимости от характеристик электрических сетей

Допустимое сопротивление заземляющего устройства R, Ом	Характеристика электроустановок
Электроустановки напряжением до 1000 В (нейтраль изолирована)	
4	Для электроустановок мощностью источника более 100 кВА
10	Для электроустановок при мощности генераторов и трансформаторов до 100 кВА
$125/I_z$, но не более 10 (I_z – расчетный ток замыкания на землю, А)	Если заземляющее устройство является общим для электроустановок напряжением до 1000 В и выше 1000 В
Электроустановки напряжением выше 1000 В	
$250/I_z$, но не более 10	Если заземляющее устройство используется в сети с изолированной нейтралью
0,5	Если заземляющее устройство используется в сети с эффективно заземленной нейтралью

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трехфазный источник питания	201.2
A1	Блок линейных дросселей	337
A2	Трехфазный трансформатор	302
A9	Модель измерения заземления	312
P1	Блок мультиметров	508.2

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторной работы представлены в Приложении 1.

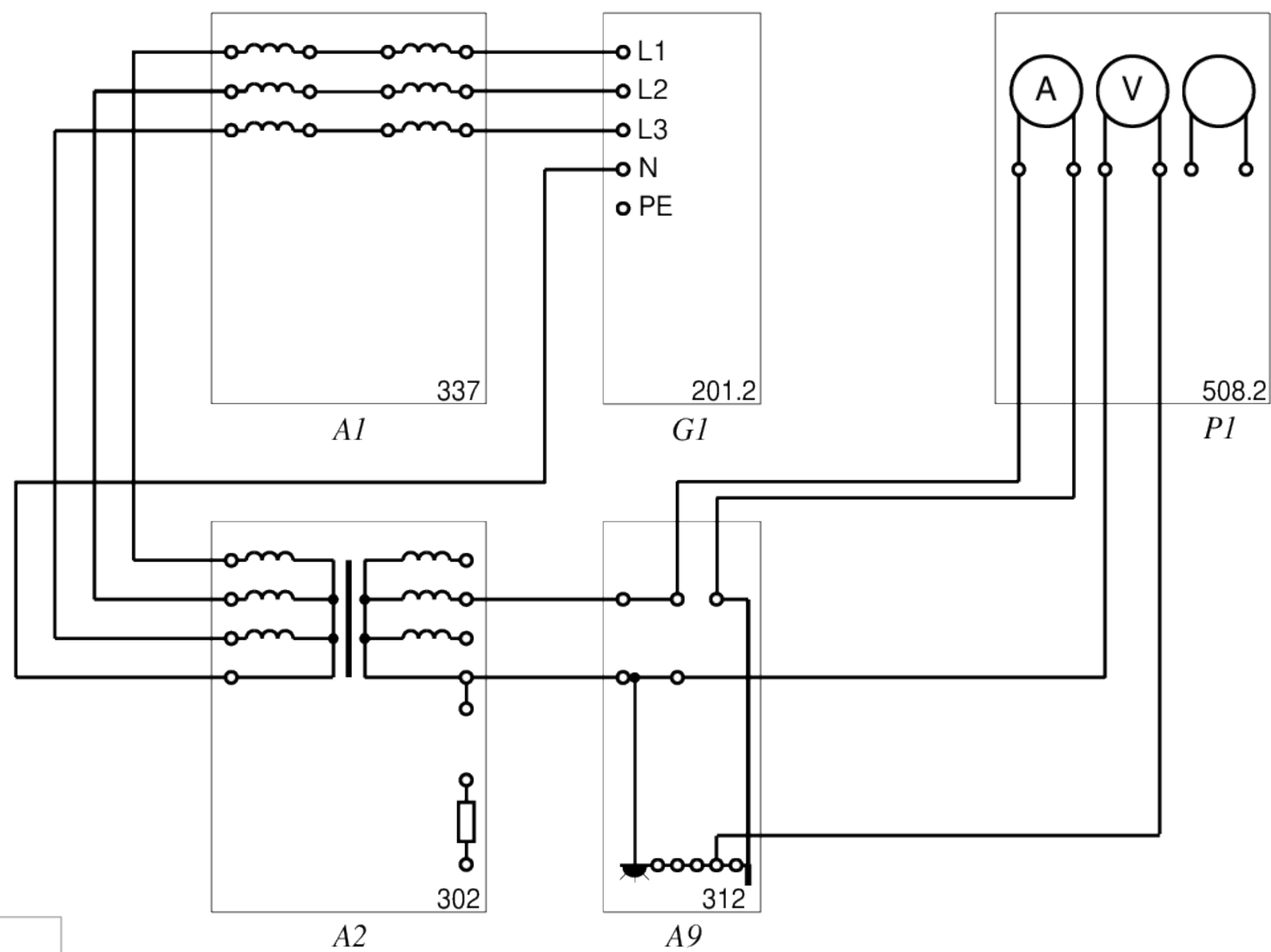
**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Электрическая схема соединений



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Порядок проведения работы

- Необходимо убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Гнезда защитного заземления «» устройств, используемых в эксперименте, соединяются с гнездом «РЕ» источника G1.
- Аппаратура соединяется в соответствии с электрической схемой.
- Переключателем устанавливается желаемое удельное сопротивление грунта ρ в модели А9.
- Включается источник G1 и питание блока мультиметров P1.
- С помощью амперметра и вольтметра блока мультиметров P1 измеряется ток стекающий в землю через заземлитель и напряжение между ним и потенциальным электродом на различном удалении от заземлителя.
- Измеренные значения токов и напряжений используются для определения правильного расположения потенциального электрода относительно заземлителя и последующего расчета сопротивления заземления.
- По завершении эксперимента источник G1 и питание блока мультиметров P1 отключается.

Требования к отчёту по лабораторной работе

При проведении эксперимента с помощью амперметра и вольтметра блока мультиметров P1 при измерении тока стекающего в землю через заземлитель и напряжения между ним и потенциальным электродом на различном удалении от заземлителя, результаты отразить в форме таблицы.

Необходимо сделать вывод о эффективности защитного заземления.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Лабораторная работа №7

Моделирование действия защитного заземления (самозаземления) электрооборудования

Цель работы: моделирование и исследование действия защитного заземления и самозаземления электрооборудования.

Основы теории:

Все случаи поражения человека током в результате электрического удара возможны лишь при замыкании электрической цепи через тело человека или, иначе говоря, при прикосновении человека не менее чем к двум точкам цепи, между которыми существует некоторое напряжение.

Опасность такого прикосновения, оцениваемая значением тока, проходящего через тело человека, или же напряжением прикосновения, зависит от ряда факторов: схемы замыкания цепи тока через тело человека, напряжение сети, схемой самой сети, режима ее нейтрали (т. е. заземлена или изолирована нейтраль), степени изоляции токоведущих частей от земли, а также от значений емкости токоведущих частей относительно земли и т. п.

Следовательно, указанная опасность не является однозначной: в одних случаях замыкание цепи тока через тело человека будет сопровождаться прохождением через него малых токов и окажется не опасным, в других – токи могут достигать больших значений, способных вызвать смертельное поражение человека.

Одной из основных причин несчастных случаев от электрического тока является появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования, которые нормально не находятся под напряжением, – на корпусах, кожухах, ограждениях и т. п.. Напряжение на этих частях может появиться как результат: повреждения изоляции токоведущих частей электрооборудования (вследствие механических воздействий, электрического пробоя, естественного старения и т. п.); падения провода, находящегося под напряжением, на конструктивные части электрооборудования; замыкания фазы сети на землю. Опасность поражения током в этих случаях устраняется с помощью защитного заземления, зануления, защитного отключения, выравнивания потенциала, двойной изоляцией, а также благодаря применению малых напряжений и специальных защитных средств – переносных приборов и приспособлений.

Защитным заземлением называется преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние, вынос потенциала и т. п.).

Принцип действия защитного заземления – снижение напряжения между корпусом, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасного значения. Данное напряжение называется напряжением прикосновения $U_{ПР}$. Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования, а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования, за счет появления потенциалов на поверхности земли при стекании тока в землю. Данные потенциалы возникают из-за сравнительно большого удельного сопротивления грунта ($1 \times 10^3 - 1 \times 10^4$ Ом м.) и уменьшаются по мере удаления от места стекания тока в землю. В непосредственной близости от места стекания тока в землю потенциал основания, на котором стоит человек, практически равен потенциалу заземленного оборудования. При этом разность потенциалов, определяющая напряжение прикосновения, минимальна. По мере удаления данного основания от места стекания тока в землю указанная разность потенциалов возрастает, то есть эффект выравнивания потенциалов ослабевает. При удалении человека от места стекания тока в землю на 20 метров и более напряжение прикосновения практически равно потенциалу корпуса электроустановки оказавшейся под напряжением.

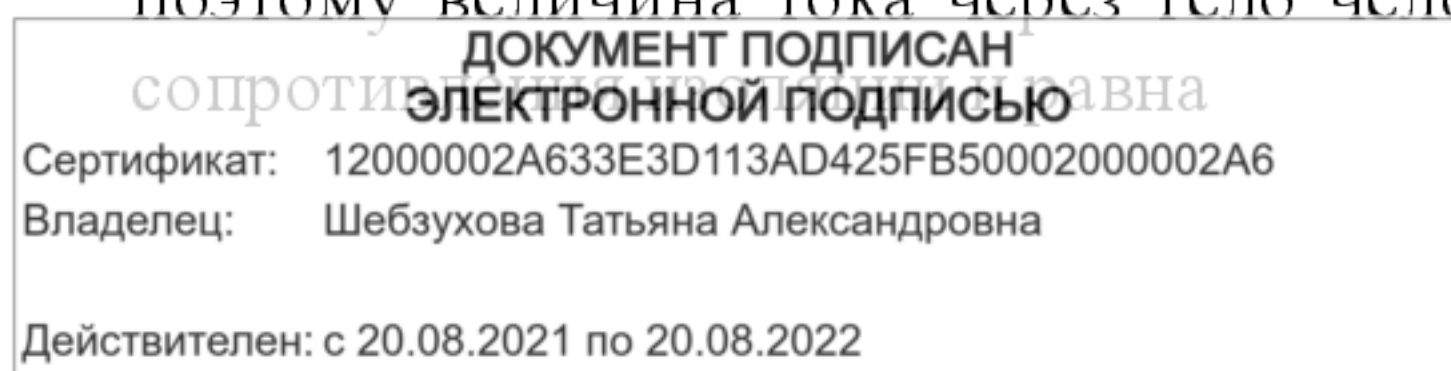
Если корпус электрооборудования не заземлен, и он оказался в контакте с фазой, то прикосновение человека к такому корпусу равносильно прикосновению к фазе. В этом случае величина тока в комплексной форме, проходящего через тело человека, прикоснувшегося к фазному проводу трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью (рис. 26), определяется соотношением:

$$\bar{I}_ч = \bar{U}_ф / (R_ч + R_{об} + R_п + \bar{Z}_и / 3), \quad (41)$$

где $\bar{I}_ч$, $\bar{U}_ф$, $\bar{Z}_и$ – комплексы тока, А, фазного напряжения, В и сопротивления изоляции одной фазы, Ом; $R_ч$ – сопротивление тела человека, Ом; $R_{об}$ – сопротивление обуви человека, Ом; $R_п$ – сопротивление пола (основания), Ом.

При малом сопротивлении обуви, пола и изоляции проводов относительно земли этот ток может достигать опасных значений.

Для трехфазной электрической сети с глухо заземленной нейтралью проводимость изоляции фазных проводов относительно земли пренебрежимо мала по сравнению с проводимостью заземления нейтрали, поэтому величина тока через тело человека практически не зависит от



$$I_{\text{ч}} = U_{\text{ф}} / (R_{\text{ч}} + R_{\text{об}} + R_{\text{п}} + R_3),$$

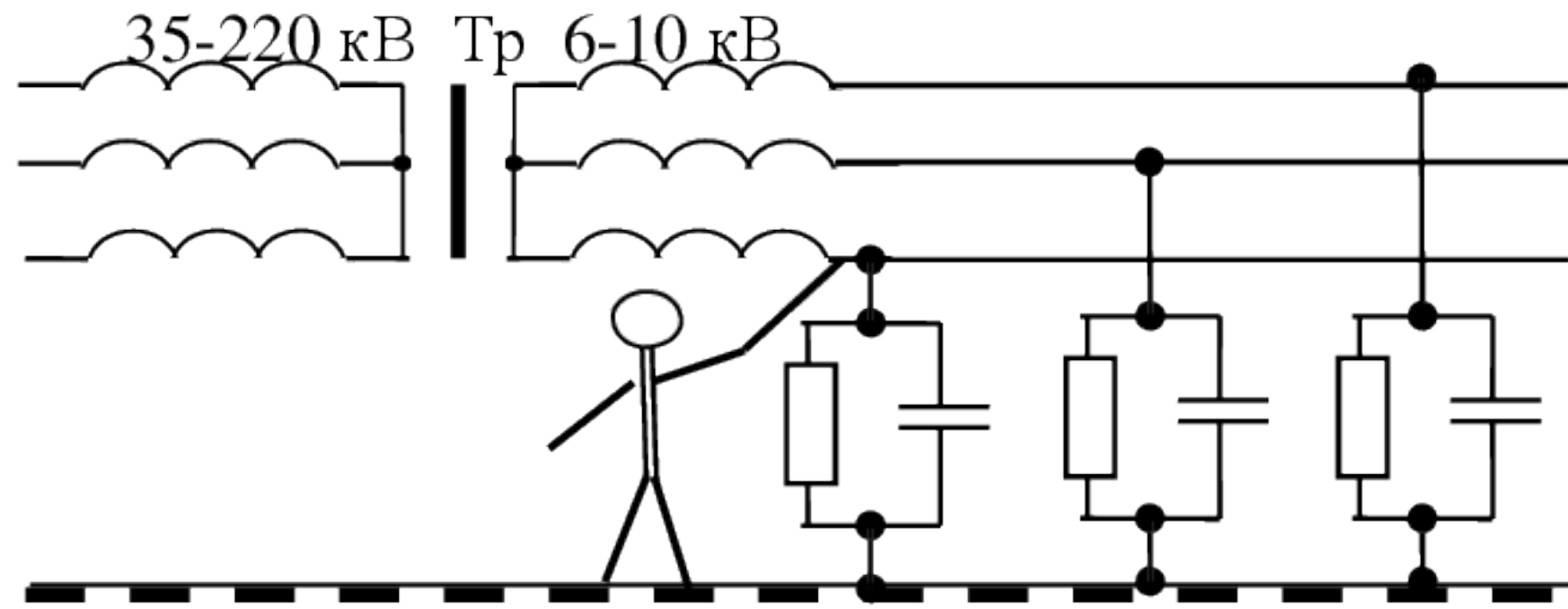


Рис. 7.1 – Прикосновение человека к фазному проводу трехфазной электрической сети с изолированной нейтралью

Наиболее неблагоприятный случай будет, когда человек прикоснувшийся к фазе имеет на ногах токопроводящую обувь – сырую или подбитую металлическими гвоздями и стоит непосредственно на сырой земле или на проводящем основании – на металлическом полу, на заземленной металлической конструкции, т. е. когда можно принять $R_{\text{об}}=0$ и $R_{\text{п}}=0$. Сопротивление заземления нейтрали R_0 обычно во много раз меньше сопротивления тела человека (как правило, R_0 не превышает 10 Ом) и им можно пренебречь. При этих условиях величина тока через тело человека достигает опасной величины. Например, при $R_{\text{ч}}=1000$ Ом (вполне вероятная величина) и $R_3=4$ Ом $I_{\text{ч}}=220/(1000+4)\approx 0,22$ А.

Заземляющим устройством называется совокупность заземлителя – металлических проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей, и заземляющих проводников, соединяющих заземляющие части с заземлителем.

Заземлители бывают искусственные, предназначенные исключительно для целей заземления и естественные, находящиеся в земле металлические предметы иного назначения.

Для искусственных заземлителей применяются обычно вертикальные и горизонтальные электроды, т.е. одиночные заземлители.

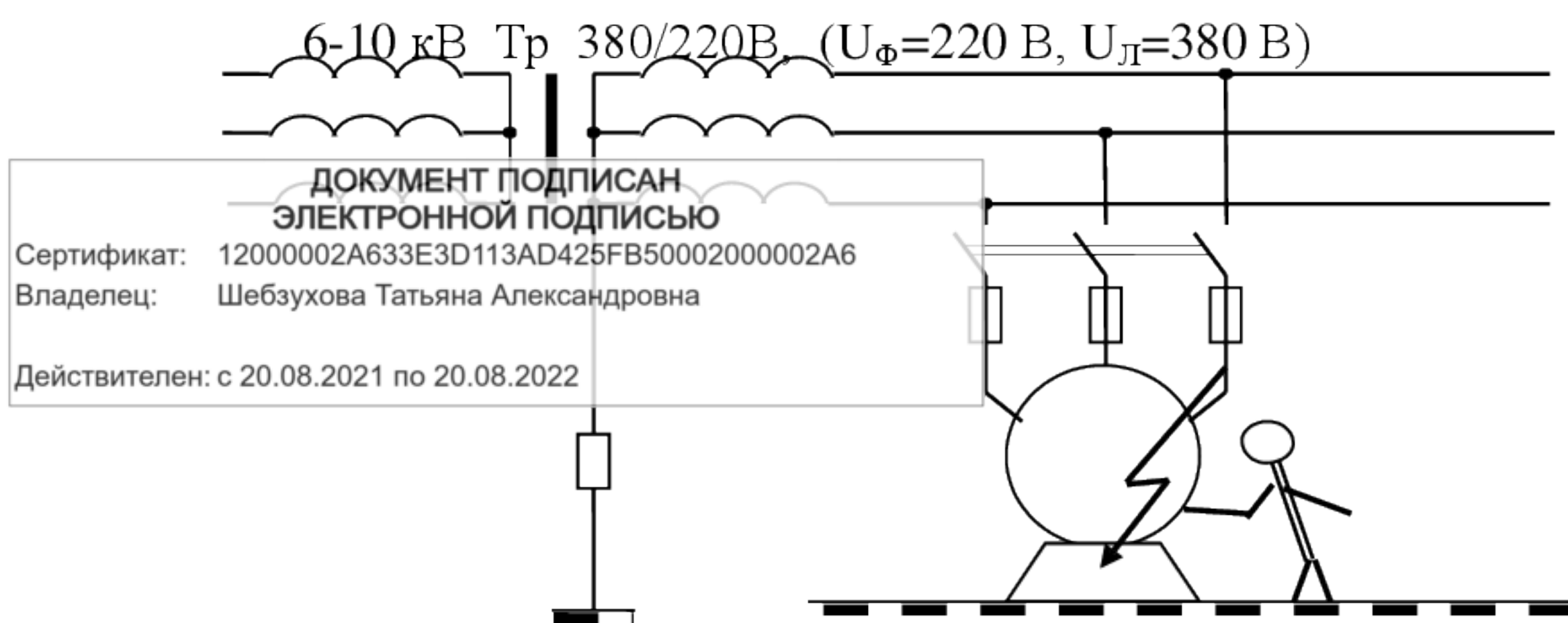


Рис. 7.2– Прикосновение человека к фазному проводу трехфазной электрической сети с глухо заземленной нейтралью

В качестве вертикальных электродов используются стальные трубы диаметром 3–5 см и угловая сталь размером от 40×40 до 60×60 мм длиной 2,5–3 м, а также стальные прутки диаметром 10–12 мм и длиной до десяти метров.

Для соединения вертикальных электродов между собой и в качестве самостоятельного горизонтального электрода применяется полосовая сталь сечением не менее 4×12 мм или сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

Для погружения в землю вертикальных электродов предварительно роют траншею глубиной 0,7–0,8 м, после чего их забивают и верхние концы соединяют стальной полосой с помощью сварки. В таких же траншеях прокладывают и горизонтальные электроды. Траншею засыпают землей, очищенной от строительного мусора, а затем тщательно утрамбовывают, что обеспечивает лучшую проводимость грунта, а следовательно, уменьшает расход металла на устройство заземления.

В зависимости от места размещения заземлителя относительно заземляющего оборудования различают два типа заземляющих устройств (ЗУ) – выносное ЗУ и контурное ЗУ. У выносного ЗУ заземлитель вынесен за пределы площадки, на которой размещено заземляемое оборудование. Это приводит к тому, что практически не происходит выравнивание потенциала основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования. Эффективность применения такого ЗУ обусловлена только снижением потенциала заземленного оборудования. При этом оказывается несущественным число и схема расположения заземляющих электродов, рис. 28.

При замыкании фазы на корпус и стекании тока I_3 через заземлитель ф3(X) достигает максимума в точке поверхности над заземлителем и практически затухает через 20 метров. При этом на руку человека, прикоснувшегося к корпусу электрооборудования, действует потенциал заземлителя ф3, а ноги находятся под потенциалом, близким к нулю.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Напряжение прикосновения $U_{ПР}$, равное разности потенциалов руки и ног, в данном случае практически равно ϕ_3 .

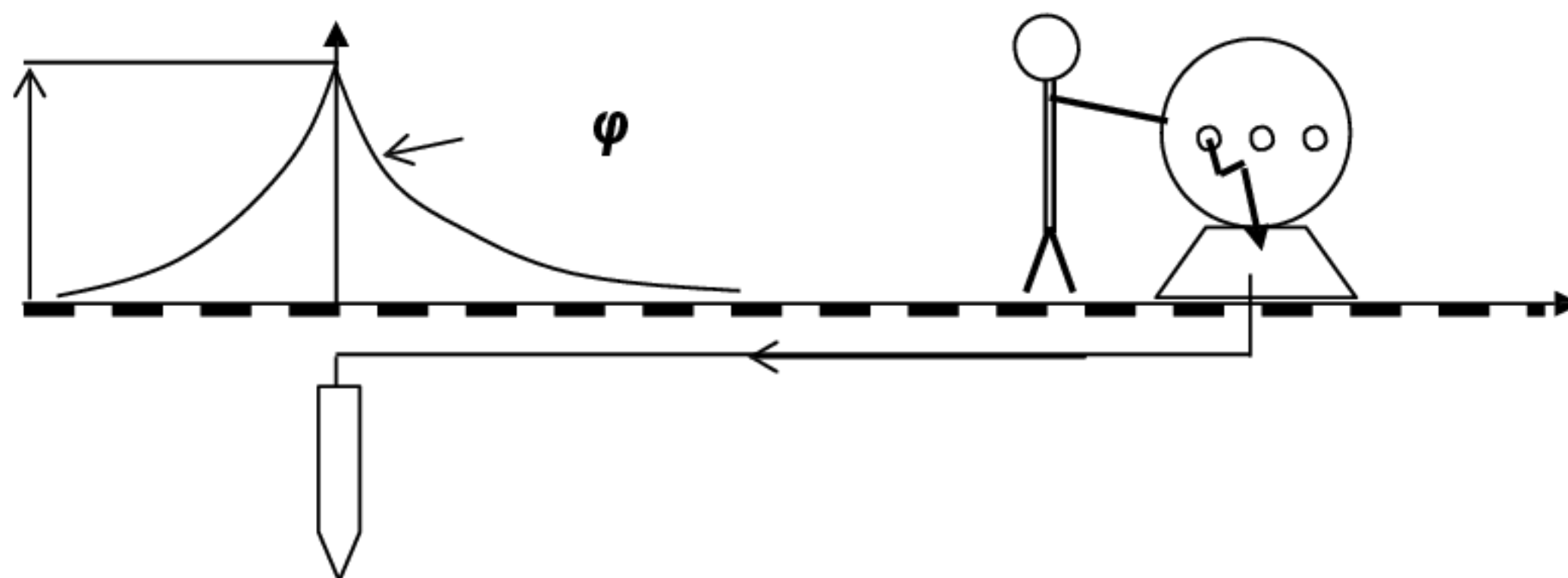
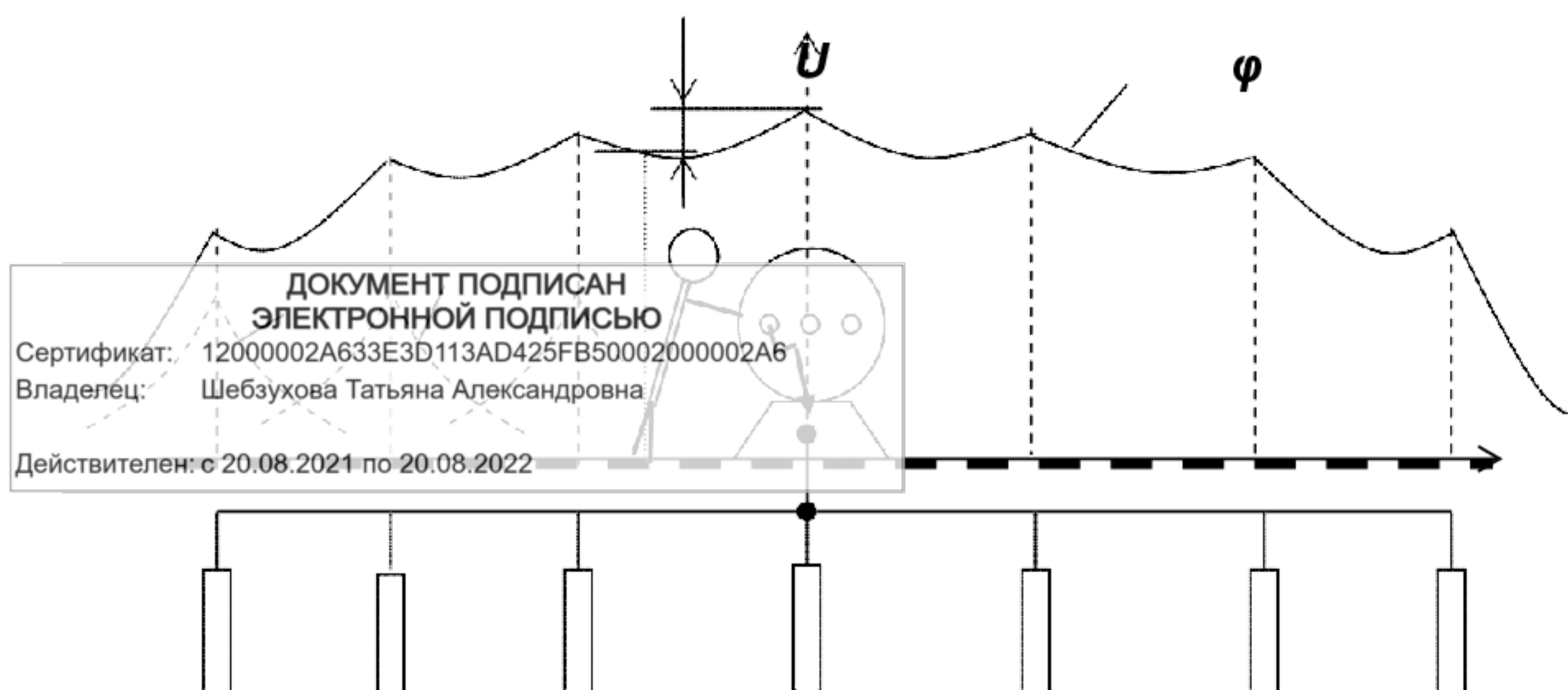


Рис. 7.3 – Выносной (сосредоточенный) заземлитель

Контурные ЗУ характеризуются по возможности равномерным размещением заземляющих электродов по площадке, на которой установлено электрооборудование. Такое ЗУ называется распределенным. Снижение напряжения прикосновения в этом случае обусловлено не только перераспределением падения напряжения источника, но и выравниванием потенциалов заземленного корпуса электроустановки и основания, на котором стоит человек, как это показано на рис. 29. При этом распределения потенциалов отдельных заземлителей складываются, получается суммарное распределение потенциала $\phi_{\Sigma}(X)$. Таким образом, потенциалы в точках рабочей площадки по своей величине приближаются к потенциалу заземленного корпуса оборудования, поэтому напряжение прикосновения $U_{ПР}$ значительно уменьшается и составляет доли ϕ_3 .

В качестве естественных заземлителей могут использоваться: проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов); обсадные трубы артезианских колодцев, скважин, шурфов и т.п.; металлические конструкции и арматура железобетонных конструкций зданий и сооружений, имеющие соединение с землей; металлические шпунты гидротехнических сооружений; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле.



Ф Ф

Рис. 7.4 – Случай контурного (распределенного) заземлителя

Алюминиевые оболочки кабелей и алюминиевые проводники не допускается использовать в качестве естественных заземлителей.

В электрических распределительных устройствах высокого напряжения в качестве естественного заземлителя используется заземление опор отходящих воздушных линий с грозозащитными тросами при условии, что тросы не изолированы от опор.

Естественные заземлители обладают, как правило, малым сопротивлением растеканию тока, поэтому использование их для целей заземления экономически весьма целесообразно.

Заземляющие проводники, т. е. проводники, соединяющие заземляемое оборудование с заземлителем выполняются обычно из полосовой стали. Прокладка их производится по стенам и другим конструкциям зданий. В качестве заземляющих проводников допускается использовать различные металлические конструкции.

Присоединение заземляемого оборудования к магистралям заземления, т. е. к основному заземляющему проводнику, идущему от заземлителя, осуществляется с помощью отдельных проводников. При этом последовательное включение заземляемого оборудования не допускается.

Соединения заземляющих проводников между собой, а также заземлителями и заземляемыми конструкциями выполняются, как правило, сваркой, а с корпусами аппаратов, машин и другого оборудования – сваркой или с помощью болтов.

Отличительной окраской заземляющей сети является черный цвет, которым должны быть окрашены все открыто расположенные заземляющие проводники, конструкции и полосы сети заземления.

Область применения защитного заземления – трехфазные сети до 1 кВ с изолированной нейтралью и выше 1 кВ. с любым режимом работы нейтрали.

с которыми защитному заземлению или занулению подлежат все металлические и другие токопроводящие части электроустановок и оборудования, которые случайно в аварийном режиме могут оказаться под напряжением (ССБТ ГОСТ 12.1.030–81):

- при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока, 440 В и выше постоянного тока – во всех электроустановках;
- при номинальном напряжении выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока – только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных помещениях и в наружных электроустановках;
- во взрывоопасных помещениях необходимо заземлять все оборудование независимо от напряжения.

При номинальных напряжениях менее 42 В переменного тока или 110 В постоянного тока заземления или зануления электроустановок не требуется.

Для заземления установок, которые питаются от одной сети, целесообразно проектировать общее заземляющее устройство. Если имеется несколько заземляющих устройств, они должны быть электрически соединены между собой.

Для осуществления эффективной защиты величина сопротивления защитного заземления не должна превышать значений, при которых напряжение прикосновения или шаговое напряжение достигают опасных величин (табл. 14).

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица 7.1

Максимально допустимые значения сопротивления защитного заземления в зависимости от характеристик электрических сетей

Допустимое сопротивление заземляющего устройства R, Ом	Характеристика электроустановок
Электроустановки напряжением до 1000 В (нейтраль изолирована)	
4	Для электроустановок мощностью источника более 100 кВА
10	Для электроустановок при мощности генераторов и трансформаторов до 100 кВА
$125/I_3$, но не более 10 (I_3 – расчетный ток замыкания на землю, А)	Если заземляющее устройство является общим для электроустановок напряжением до 1000 В и выше 1000 В
Электроустановки напряжением выше 1000 В	
$250/I_3$, но не более 10	Если заземляющее устройство используется в сети с изолированной нейтралью
0,5	Если заземляющее устройство используется в сети с эффективно заземленной нейтралью

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трехфазный источник питания	201.2
A1	Блок линейных дросселей	337
A2	Трехфазный трансформатор	302
A3	Модель участка электрической сети	303
A10	Модель защитного заземления/самозаземления	328
P1	Блок мультиметров	508.2

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторной работы представлены в Приложении 1.

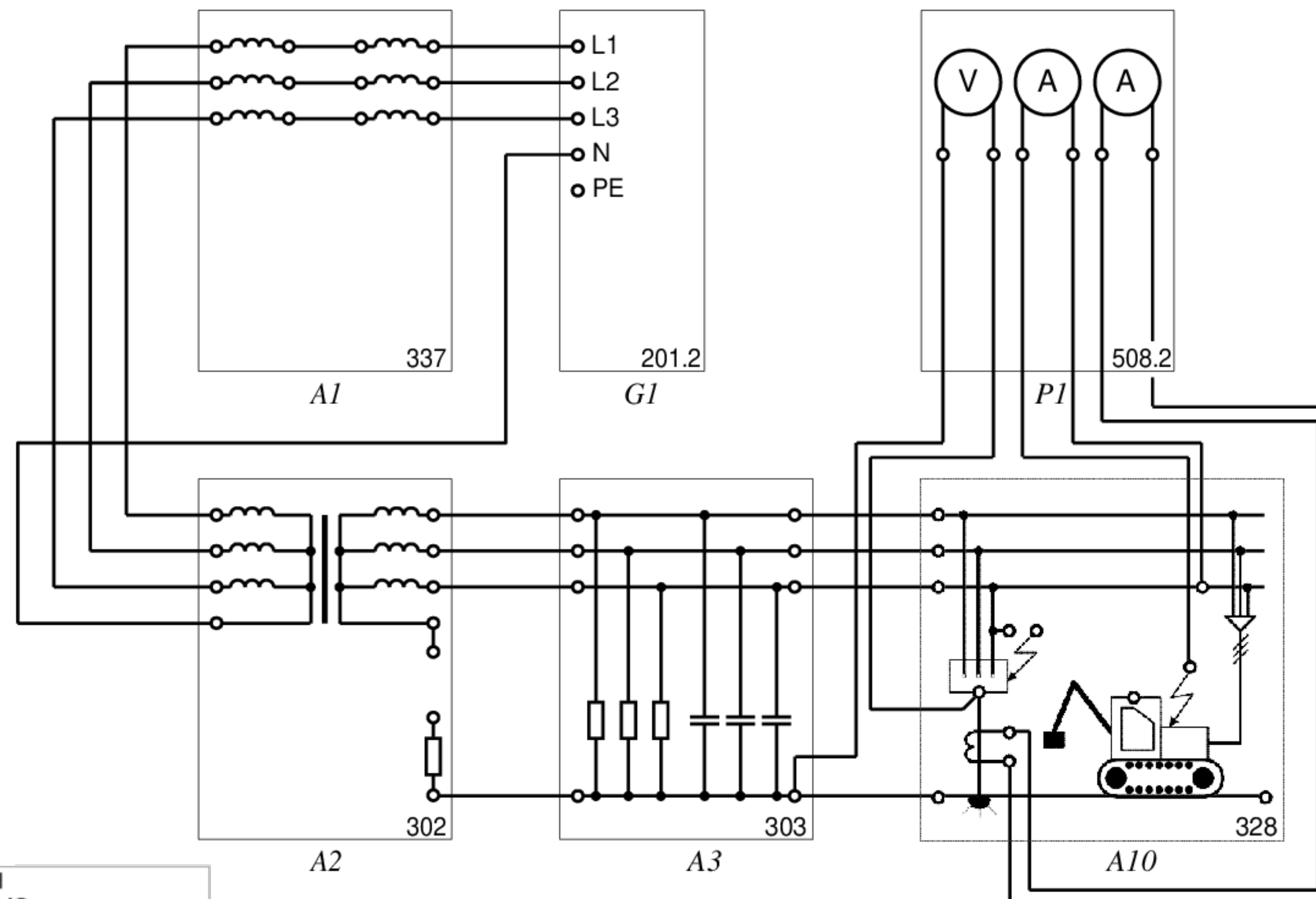
**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Электрическая схема соединений



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Порядок проведения работы

- Необходимо убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Гнезда защитного заземления "" устройств, используемых в эксперименте, соединяются с гнездом "РЕ" источника G1.
- Аппаратура соединяется в соответствии с электрической схемой.
- Включается источник G1 и питание блока мультиметров P1.
- Режим глухозаземленной (изолированной) нейтрали питающей электрической сети моделируется установкой (отсутствием) перемычки между гнездом нейтральной точки трансформатора и гнездом сопротивления заземлителя **R0** в блоке трехфазного трансформатора A2.
- Замыкание фазы на корпус электрооборудования моделируется установкой перемычки между гнездами 3 и 4 модели A10.
- Ток короткого замыкания измеряется с помощью амперметров блока мультиметров P1, включенных между гнездами 5, 6 и 7, 8 модели A10.
- Напряжения на корпусах электрооборудования и экскаватора измеряются с помощью вольтметра, включенного его между гнездами 1, Е и 2, Е модели A10.
- Грунт, в котором проложен заземлитель, характеризуется удельным электрическим сопротивлением **p1**, а грунт, на котором стоит экскаватор, – удельным электрическим сопротивлением **p2**.
- По завершении эксперимента источник G1 и питание блока мультиметров P1 отключается.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Лабораторная работа №8

Моделирование защитного отключения электрической сети

Цель работы: защитное отключение электрической сети с различным режимом нейтрали.

Основы теории:

Защитное отключение – быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током.

Такая опасность может возникнуть при замыкании фазы на корпус электрооборудования; при снижении сопротивления изоляции фаз относительно земли ниже определенного предела; появлении в сети более высокого напряжения; прикосновении человека к токоведущей части, находящейся под напряжением. В этих случаях в сети происходит изменение некоторых электрических параметров: например, могут измениться напряжение корпуса относительно земли, напряжение фаз относительно земли, напряжение нулевой последовательности и др. Любой из этих параметров, а точнее говоря – изменение его до определенного предела, при котором возникает опасность поражения человека током, может служить импульсом, вызывающим срабатывание защитно-отключающего устройства, т. е. автоматическое отключение опасного участка сети.

Прибор защитного отключения – совокупность отдельных элементов, которые реагируют на изменение какого-либо параметра электрической сети и дают сигнал на отключение автоматического выключателя. Этими элементами являются:

- Датчик – устройство, воспринимающее изменение параметра и преобразующее его в соответствующий сигнал (обычно датчиками служат реле соответствующего типа);
- Усилитель, предназначенный для усиления сигнала датчика, если он оказывается недостаточно мощным;
- Цепи контроля, служащие для периодической проверки исправности схемы защитно-отключающего устройства;
- Вспомогательные элементы – сигнальные лампы, измерительные приборы, характеризующие состояние установки, и

Т. П. ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Автоматический выключатель – устройство, служащее для включения и отключения цепей, находящихся под нагрузкой, при коротких замыканиях. Он должен отключать цепь автоматически при поступлении сигнала от прибора защитного отключения.

Устройство защитного отключения в зависимости от параметра, на который оно реагирует, можно отнести к тому или иному типу, в том числе к типам устройств, реагирующих на напряжение корпуса относительно земли, ток замыкания на землю, напряжение фазы относительно земли, напряжение нулевой последовательности, ток нулевой последовательности, оперативный ток и др.

Назначение защитного отключения заключается в том, чтобы одним прибором осуществлять совокупность защиты либо некоторые из следующих ее видов:

- от однофазных замыканий на землю или на элементы эл. оборудования, нормально изолированные от напряжения;
- от не полных замыканий, когда снижение изоляции одной из фаз создает опасность поражения человека;
- от поражения при прикосновении человека к одной из фаз эл. оборудования, если прикосновение произошло в зоне действия защиты прибора.

УЗО применяют в электроустановках до 1 кВ:

- в передвижных эл. установках с изолированной нейтралью. (особенно если затруднено создание заземляющего устройства. Может применяться как в виде самостоятельной защиты, так и в сочетании с заземлением);
- в стационарных электроустановках с изолированной нейтралью для защиты ручных электрических машин в качестве единственной защиты, и в дополнение к другим;
- в условиях повышенной опасности поражения электрическим током и взрывоопасности в стационарных и передвижных электроустановках с различными режимами нейтрали;
- в стационарных электроустановках с глухозаземленной нейтралью на отдельных удаленных потребителях электрической энергии и потребителя большой номинальной мощности, на которых защита занулением не достаточно эффективна.

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип
G1	Трехфазный источник питания	201.2
A1	Блок линейных дросселей	337
	Трехфазный трансформатор	302

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

A3	Модель участка электрической сети	303
A4	Модель человека	309
A11	Устройство защитного отключения	321
P1	Блок мультиметров	508.2

Основы теории:

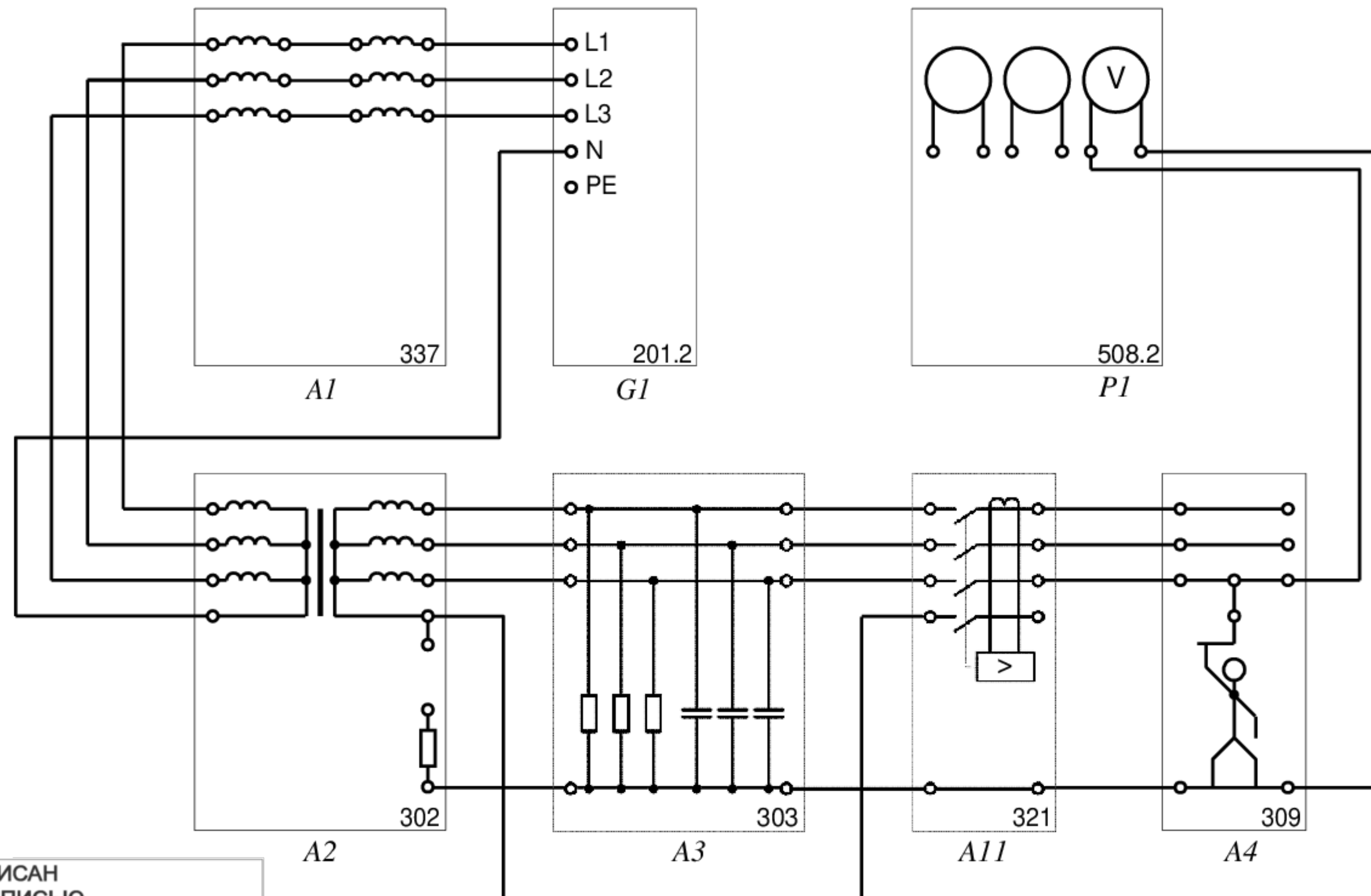
**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Электрическая схема соединений



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Порядок проведения работы

1. Перед началом работы необходимо убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Гнезда защитного заземления « $\oplus$ » устройств, используемых в эксперименте, соединяются с гнездом «РЕ» источника G1.
3. Аппаратура соединяется в соответствии с электрической схемой.
4. Включается источник G1 и питание блока мультиметров P1.
5. Режим глухозаземленной (изолированной) нейтрали питающей электрической сети моделируется установкой (отсутствием) перемычки между гнездом нейтральной точки трансформатора и гнездом сопротивления заземлителя R_0 в блоке трехфазного трансформатора A2.
6. При проведении эксперимента в сети с изолированной нейтралью сопротивления R_A , R_B , R_C изоляции фаз модели A3 обязательно должны иметь значимые величины.
7. Желаемые значения сопротивлений обуви человека и пола, на котором он стоит, устанавливаются на модели человека A4.
8. Временная и токовая уставка срабатывания устройства защитного отключения A11 устанавливается с помощью кнопок «<» и «>» на его лицевой панели.
9. Включение устройства защитного отключения A11 производится нажатием кнопки «ВКЛ.» на его лицевой панели.
10. На верхнем индикаторе устройства защитного отключения A11 можно наблюдать текущее значение тока утечки через человека.
11. Если после включения устройство защитного отключения A11 отключилось, то на его верхнем индикаторе высветится значение тока утечки, при котором произошло это отключение. Произведение этого значения тока утечки и времени срабатывания (уставки по времени) устройства защитного отключения используется для оценки эффективности последнего.
12. Напряжение фазы, которой касается человек, измеряется с помощью вольтметра блока мультиметров P1.
13. По завершении эксперимента источник G1 и питание блока мультиметров P1 отключается.

Требования к отчету по лабораторной работе

- По п.п. 7–8, для режима глухозаземлённой нейтрали питающей

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

электрической сети необходимо отразить величины тока утечки и времени срабатывания устройства защитного отключения при различных величинах сопротивления обуви: 1; 10; 300; 3000 Ом и пола $R_{\text{пола}}=1; 100; 900; 2500$ Ом (по заданию преподавателя).

- По п.п. 7–8, для режима с изолированной нейтралью, когда сопротивления изоляций будут иметь значимые значения $R_A=R_B=R_C=1; 2; 5; 10; 100; 500$ кОм (по заданию преподавателя), также необходимо отразить величины тока утечки и времени срабатывания УЗО при различных величинах сопротивления обуви $R_{\text{обуви}}=1; 10; 300; 3000$ кОм и пола $R_{\text{пола}}=1; 100; 900; 2500$ кОм (по заданию преподавателя), а также определить напряжение фазы, которой касается человек.
- Необходимо сделать выводы по всем выполненным экспериментам.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1.1 Перечень основной литературы:

1. Электробезопасность / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош ; под ред. Е.Е. Привалова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 210 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493604>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-9698-9. – DOI 10.23681/493604. – Текст : электронный.

2. Привалов, Е.Е. Основы электробезопасности : в 3 ч. / Е.Е. Привалов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – Ч. 3. Защита от напряжения прикосновения и шага в электрических сетях. – 180 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436756> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-7618-9. – DOI 10.23681/436756. – Текст : электронный.

3. Привалов, Е.Е. Основы электробезопасности : в 3 ч. / Е.Е. Привалов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – Ч. 2. Заземление электроустановок систем электроснабжения. – 156 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436755>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-7617-2. – DOI 10.23681/436755. – Текст : электронный.

4. Сибикин Ю.Д. Охрана труда и электробезопасность: Учебное пособие – М: Директ –Медиа, 2014.- 360 с. [Электронный ресурс] режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=235424

5.1.2. Перечень дополнительной литературы:

1. Сибикин, Ю.Д. Безопасность труда при монтаже, обслуживании и ремонте электрооборудования предприятий / Ю.Д. Сибикин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. – 338 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256581>. – Библиогр.: . с. 332. – ISBN 978-5-4475-2508-8. – DOI 10.23681/256581. – Текст : электронный.

2. Электробезопасность работников электрических сетей / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош ; под ред. Е.Е. Привалова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 371 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493605>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-9697-2. – DOI 10.23681/493605. – Текст : электронный.

3. Сибикин, Ю.Д. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – 8-е изд., испр. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. – 235 с. : табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=253964>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4458-8880-2. – DOI 10.23681/253964. – Текст : электронный.

5.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

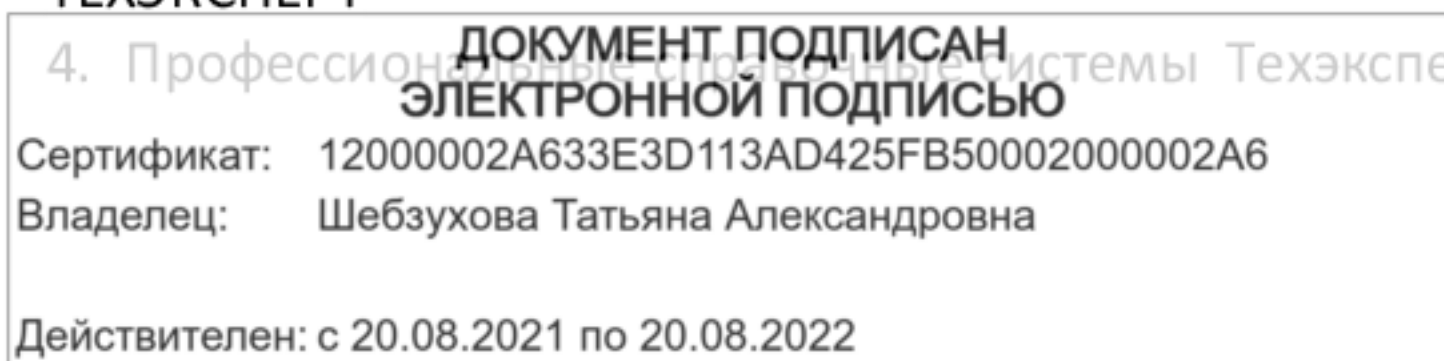
1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"

2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

3. <http://e.lanbooks.com> - Электронно-библиотечная система Лань

3. <http://docs.cntd.ru/> Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации
ТЕХЭКСПЕРТ

4. Профессиональные информационные системы Техэксперт <http://vuz.kodeks.ru/>



Приложение 1

Указание по технике безопасности:

До начала работы студенты обязаны изучить правила техники безопасности при работе с электроустановками. Об изучении правил техники безопасности и получении инструктажа студенты расписываются в специальном журнале. Студенты, не изучившие правила техники безопасности и не прошедшие инструктаж, к выполнению лабораторных работ не допускаются.

Учебная группа (или подгруппа) разбивается на бригады, число которых указывается преподавателем, а состав бригад комплектуется студентами на добровольных началах. Список группы (подгруппы), разбитой на бригады, староста предоставляет преподавателю, ведущему лабораторные занятия.

Каждая из бригад выполняет лабораторную работу в соответствии с графиком, находящемся в лаборатории.

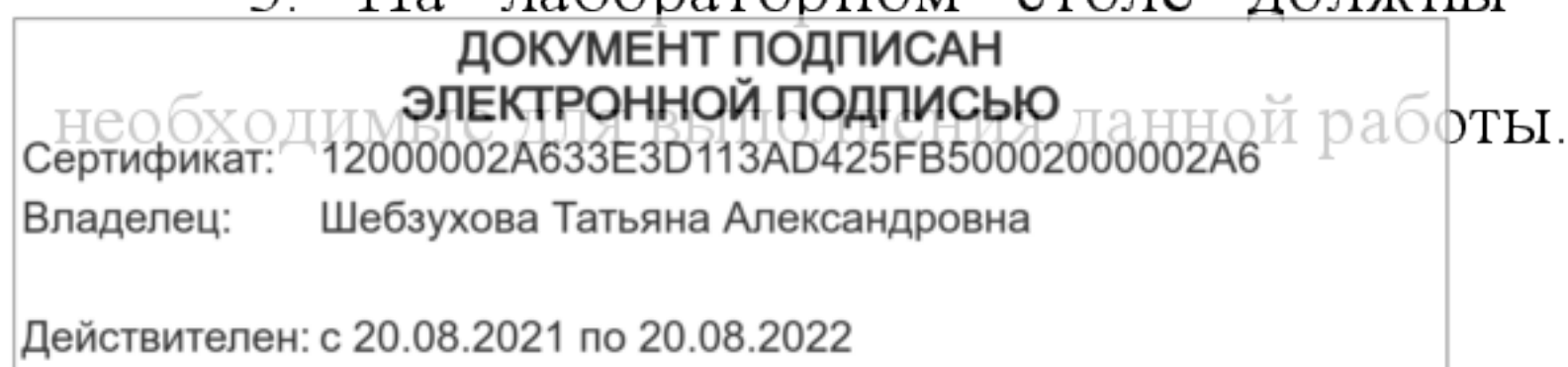
Перед каждым занятием студент обязан подготовиться к выполнению лабораторной работы по данному методическому пособию и рекомендуемой литературе. Перед началом работы преподаватель проверяет знания студентов по содержанию выполняемой работы. Плохо подготовленные студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Работая в лаборатории, необходимо соблюдать следующие правила:

К выполнению лабораторной работы следует приступать только после полного уяснения ее содержания и получения допуска к ней.

2. Начинать работу следует с ознакомления с приборами и оборудованием, применяемыми в данной работе.

3. На лабораторном столе должны находиться только предметы,



4. Расположение аппаратуры на рабочем столе должно быть таким, чтобы схема соединений получилась наиболее простой, наглядной и работа с аппаратурой была удобной.

5. Желательно, чтобы схему собирал один из членов бригады, а другие контролировали.

6. При сборке сложных схем следует вначале соединить главную, последовательную цепь, начиная сборку от одного зажима источника тока и заканчивая на другом, а затем уже подключить параллельные цепи.

7. После того, как схема будет собрана, необходимо убедиться в правильной установке движков реостатов, автотрансформаторов и рукояток других регулирующих устройств.

8. Собранная схема обязательно должна быть проверена преподавателем или старшим лаборантом и только с их разрешения может быть включена под напряжение.

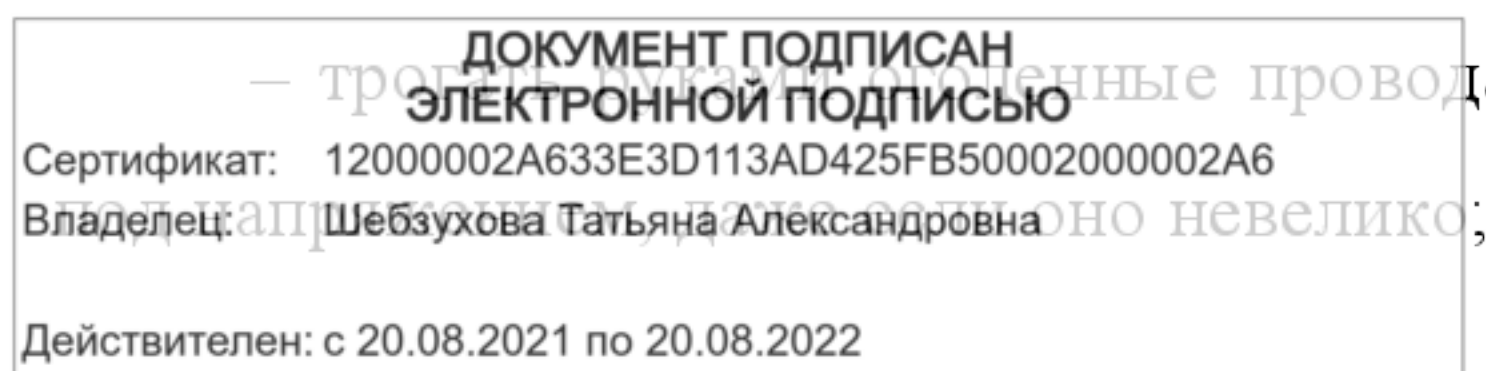
9. При включении схемы особое внимание следует обратить на показания амперметров и других измерительных приборов. В случае резкого движения стрелки амперметра к концу шкалы схему необходимо немедленно отключить от источника напряжения.

10. Необходимо бережно относиться к аппаратуре, используемой в работе. Обо всех замеченных неисправностях или повреждениях студент должен немедленно сообщить преподавателю или лаборанту.

11. После выполнения работы студент обязан, не разбирая схемы показать полученные данные преподавателю. Если результаты измерений верны, то преподаватель их подписывает. Эксперимент с неправильными результатами следует повторить.

12. Схему следует разбирать только после ее отключения от сети.

13. Категорически запрещается:

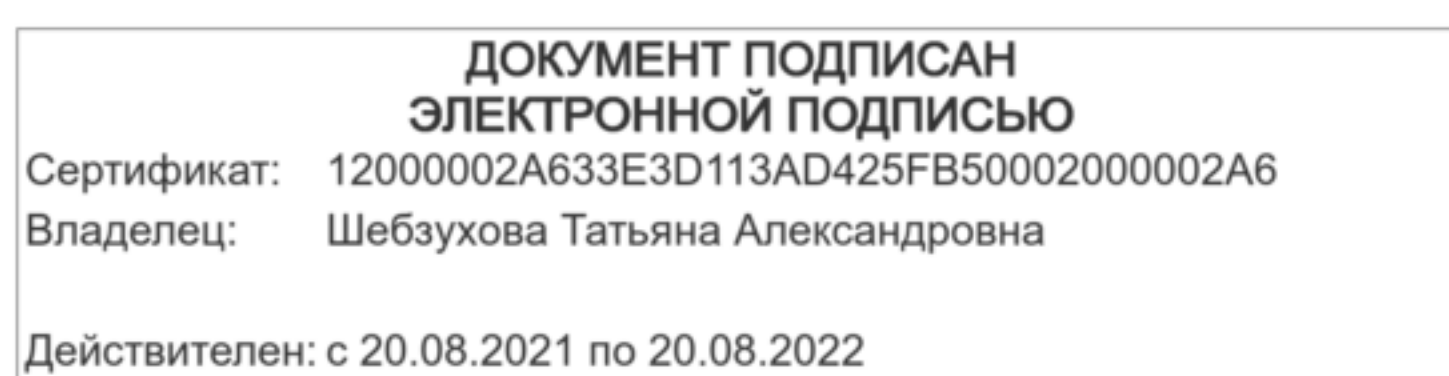


— трогать оголенные провода и части приборов, находящиеся под напряжением, даже если оно невелико;

- производить изменения в схеме при подключенном источнике питания;
- заменять или брать оборудование, или приборы с других рабочих мест
- без разрешения преподавателя или лаборанта;
- отходить от приборов и машин, находящихся под напряжением или оставлять схему под напряжением при обработке результатов измерений;
- перегружать приборы током или напряжением, превышающим номинальное значение.

Проверку наличия, подаваемого к схеме или элементам схемы напряжения необходимо производить только контрольной лампочкой или вольтметром, соблюдая правила техники безопасности.

При работе в лаборатории следует строго соблюдать меры предосторожности, так как электрический ток, проходящий через тело человека, величиной в 0,025 А уже является опасным для жизни.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению контрольной работы
по дисциплине «ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Контрольная работа состоит из ответов на пять вопросов по дисциплине «Электробезопасность» и решения задачи.

Перечень вопросов приведён в Таблице 2. В Таблице 1 приведены варианты и номера вопросов, на которые необходимо дать ответ в письменной форме. Номер варианта соответствует предпоследней цифре зачётной книжки студента.

В Таблице 3 приведены номера вариантов и исходные данные для решения задачи. Номер варианта задачи соответствует последней цифре зачётной книжки студента.

Оформление контрольной работы должно соответствовать утверждённой форме.

Таблица 1

№ вариант а	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ вопроса	1,11,21 31,41	2,12,22 32,42	3,13,23 33,43	4,14,24 34,44	5,15,25 35,45	6,16,26 36,46	7,17,27 37,47	8,18,28 38,48	9,19,29 39,49	10,20,30 40,50

Таблица 2

1	Что называется электроустановкой?
2	Какие помещения относятся к электропомещениям?
3	Как классифицируются помещения в отношении опасности поражения людей электрическим током?
4	Какие помещения относятся к помещениям с повышенной опасностью?
5	К каким помещениям в отношении опасности поражения людей электрическим током приравнивается территория открытых электроустановок?
6	Как обозначаются нулевые рабочие (нейтральные) проводники?
7	Какое буквенное и цветовое обозначение должны иметь проводники защитного заземления в электроустановках?
8	Какое буквенное и цветовое обозначение должны иметь совмещённые нулевые защитные и нулевые рабочие проводники?
9	Какое буквенное и цветовое обозначение должны иметь шины при переменном трёхфазном токе?
10	Какие буквенные и цветовые обозначения должны иметь шины при постоянном токе?
11	Что применяется в электроустановке для предотвращения ошибочных операций?
12	Как подразделяются электроустановки по условиям электробезопасности?
13	Какие требования предъявляют к устройствам для ограждения и закрытия токоведущих частей в жилых и общественных помещениях?
14	В цепях с каким напряжением должно производиться измерение тока?
15	В цепях с каким напряжением производится измерение напряжения?
16	Какая система заземления относится к системе TN?
17	Какая система заземления относится к системе TN-C?
18	Какая система заземления относится к системе TN-S?
19	Какая система заземления относится к системе TT?

20	Какая система заземления относится к системе IT?
21	Какая система заземления относится к системе TN-C-S?
22	Что понимается под косвенным прикосновением?
23	Что понимается под напряжением прикосновения?
24	Что понимается под напряжением шага?
25	Что понимается под защитным заземлением?
26	Что понимается под рабочим заземлением?
27	Что следует применять для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ?
28	Какие защитные меры применяются для защиты людей от поражения электрическим током при косвенном прикосновении в случае повреждения изоляции?
29	Когда следует выполнять защиту при косвенном прикосновении?
30	В каком случае не требуется выполнять защиту от прямого прикосновения в помещениях без повышенной опасности с электроустановками переменного тока?
31	В какой системе (системах) рекомендуется выполнять повторное заземление РЕ и PEN проводников на вводе в электроустановки здания?
32	Допускается или нет применять УЗО, реагирующее на дифференциальный ток, в четырёхпроводных трехфазных цепях (система TN-C)?
33	Как следует прокладывать поперечные заземлители заземляющих устройств электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземлённой нейтралью?
34	Каким должно быть сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединена нейтраль генератора или трансформатора при линейном напряжении 380В источника трёхфазного тока?
35	Что может быть использовано в качестве естественных заземлителей?
36	В каком случае разрешается использовать алюминиевые оболочки кабелей в качестве естественных заземлителей?
37	Допускается или нет использование трубопроводов центрального отопления в качестве естественных заземлителей?
38	Из какого материала должны изготавливаться искусственные заземлители?
39	Какое сечение должен иметь стальной заземляющий проводник, присоединяющий заземлитель рабочего заземления к главной заземляющей шине в электроустановках напряжением до 1000 В?
40	Из какого материала должна изготавливаться главная заземляющая шина?
41	Что может использоваться в качестве РЕ-проводников в электроустановках напряжением до 1000 В?
45	К какой шине в месте разделения PEN-проводника на нулевой защитный и нулевой рабочий проводники должен подключаться PEN-проводник питающей линии?
43	Какая измерительная цепь производится измерение сопротивления изоляции при испытании цепей напряжением до 500 В?
44	Каким мегаомметром производится измерение сопротивления изоляции при испытании цепей напряжением от 500 до 1000 В?

45	Каким образом проводится проверка цепи фаза-ноль в электроустановках до 1 кВ с системой TN?
46	Что должно быть нанесено на опорах воздушной линии напряжением 0,4 кВ?
47	Каким образом осуществляется защитное заземление металлических корпусов светильников общего освещения в сетях с глухозаземлённой нейтралью?
48	Какое расстояние от трубопроводов (водопровод, отопление, канализация, внутренние водостоки) должно быть до места установки ВУ, ВРУ, ГРЩ?
49	Какие наименьшие сечения медных кабелей и проводов должны применяться в линиях групповых сетей жилых зданий?
50	Каким проводом, кабелем прокладываются линии групповых сетей от этажных и квартирных щитков до светильников общего освещения?

Задача 1

По заданным в Таблице 3 значениям напряжения сети, сопротивления изоляции $R_{из}$, ёмкости фазных проводов относительно земли C , и сопротивления человека R_h , определить ток прямого прикосновения.

Таблица 3

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Напряжение сети, В	380/ 220	380/ 220	380/ 220	380/ 220	380/ 220	220/ 127	220/ 127	220/ 127	220/ 127	220/ 127
$R_{из}$, кОм	25	27,5	30	32,5	35	25	27,5	30	32,5	35
C , мкф	0,075	0,09	1,0	1,015	1,025	0,075	0,09	1,0	1,015	1,025
R_h , кОм	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Электробезопасность / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош ; под ред. Е.Е. Привалова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 210 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493604>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-9698-9. – DOI 10.23681/493604. – Текст : электронный.
2. Привалов, Е.Е. Основы электробезопасности : в 3 ч. / Е.Е. Привалов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – Ч. 3. Защита от напряжения прикосновения и шага в электрических сетях. – 180 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436756> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-7618-9. – DOI 10.23681/436756. – Текст : электронный.
3. Привалов, Е.Е. Основы электробезопасности : в 3 ч. / Е.Е. Привалов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – Ч. 2. Заземление электроустановок систем электроснабжения. – 156 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436755>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-7617-2. – DOI 10.23681/436755. – Текст : электронный.
4. Сибикин Ю.Д. Охрана труда и электробезопасность: Учебное пособие – М: Директ –Медиа, 2014.- 360 с. [Электронный ресурс] режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=235424

Дополнительная литература:

1. Сибикин, Ю.Д. Безопасность труда при монтаже, обслуживании и ремонте электрооборудования предприятий / Ю.Д. Сибикин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. – 338 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256581>. – Библиогр.: . с. 332. – ISBN 978-5-4475-2508-8. – DOI 10.23681/256581. – Текст : электронный.
2. Электробезопасность работников электрических сетей / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош ; под ред. Е.Е. Привалова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 371 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493605>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-9697-2. – DOI 10.23681/493605. – Текст : электронный.
3. Сибикин, Ю.Д. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – 8-е изд., испр. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. – 235 с. : табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=253964>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4458-8880-2. – DOI 10.23681/253964. – Текст : электронный.

Информационные справочные системы:

1. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации ТЕХЭКСПЕРТ <http://docs.cntd.ru/>
2. Официальный сайт компании "КонсультантПлюс" <http://www.consultant.ru/>

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине «ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

Введение

- 1 Общая характеристика самостоятельной работы обучающегося при изучении дисциплины «Электробезопасность»
- 2 План-график выполнения самостоятельной работы
- 3 Методические рекомендации по изучению теоретического материала
- 4 Список рекомендуемой литературы.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента.

Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности. Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня.

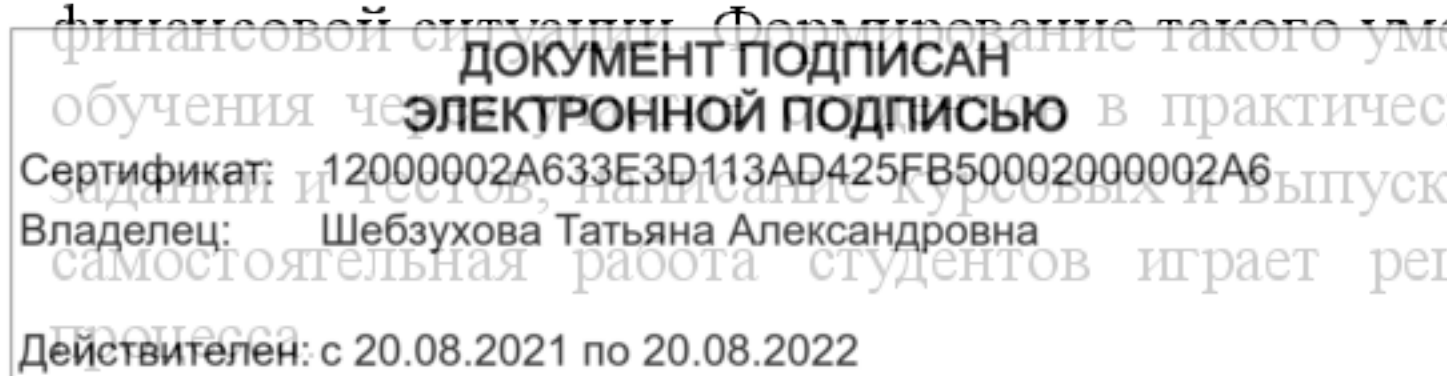
В учебной дисциплине «Электробезопасность» рассматриваются вопросы безопасного взаимодействия человека с электричеством и электромагнитными полями промышленной частоты. Изучение студентами дисциплины позволяет сформировать у будущих специалистов специальные знания в области электробезопасности. Реализация на практике этих знаний обеспечит сохранение работоспособности, здоровья и жизни человека.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ»

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия (при частичном непосредственном участии преподавателя, оставляющем ведущую роль за работой студентов).

Самостоятельная работа студентов в ВУЗе является важным видом учебной и научной деятельности студента. Самостоятельная работа студентов играет значительную роль в рейтинговой технологии обучения. В связи с этим, обучение в ВУЗе включает в себя две, практически одинаковые по объему и взаимовлиянию части – процесса обучения и процесса самообучения. Поэтому СРС должна стать эффективной и целенаправленной работой студента.

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых немаловажное значение имеет наличие у выпускников определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения, чему способствует участие в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.



Ведущая цель организации и осуществления СРС должна совпадать с целью обучения студента – подготовкой специалиста и бакалавра с высшим образованием. При организации СРС важным и необходимым условием становятся формирование умения самостоятельной работы для приобретения знаний, навыков и возможности организации учебной и научной деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов разнообразны. В соответствии с рабочей программой дисциплины «Электромагнитная совместимость в электроэнергетических системах» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы студента:

- самостоятельное изучение литературы;
- выполнение контрольной работы
- выполнение индивидуальных творческих заданий.

Цель самостоятельного изучения литературы – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.

Задачами самостоятельного изучения литературы являются:

- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

Цель самостоятельного выполнения контрольной работы - овладение профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю будущей деятельности.

Задачами самостоятельного проведения расчетов являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений.

Цель подготовки индивидуального задания – самостоятельное овладение знаниями, опытом исследовательской деятельности.

Задачами подготовки индивидуального творческого задания являются:

- углубление и расширение теоретических знаний в рамках конкретной темы;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие исследовательских умений.
- развитие познавательных способностей и активности студентов.

Целью самостоятельного выполнения курсовой работы по дисциплине является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю, опытом творческой, исследовательской деятельности.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Код, формулировка компетенции	Код, формулировка индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций, индикаторов
УК-8 Способен создавать и поддерживать электронную подпись	ИД-2ук-8 Оценивает возможность возникновения потенциальной опасности в повседневной жизни и профессиональной	Знает нормативные правовые акты по организации безопасной эксплуатации электроустановок

условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	деятельности и принимает меры по ее предупреждению	Анализирует опасности поражения током в различных электрических сетях. Владеет навыками применения электротехнических защитных средств.
ПК-1 Способен участвовать в проектировании систем электроснабжения	ИД-2 _{ПК-1} Выбирает типовые проектные решения систем электроснабжения	Знает назначение, принцип действия и область применения защитных заземлений, занулений и защитных отключений. Владеет навыками планирования мероприятий по обеспечению электробезопасности.

2. ПЛАН-ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Технологическая карта самостоятельной работы студента

Код реализуемых компетенций	Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки*	Объем часов, в том числе (астр)		
				СРС	Контактная работа с преподавателем	Всего
9 семестр						
УК-8 ИД-2 УК-8 ПК-1 ИД-2 ПК-1	Самостоятельное изучение литературы по разделам №1-9	Конспект	Собеседование	52,695	5,855	58,55
	Подготовка к лабораторным работам	Отчет по лабораторной работе	Собеседование	1,215	0,135	1,35
	Подготовка к практическим занятиям	Проект с презентацией	Презентация проекта	0,54	0,06	0,6
	Выполнение контрольной работы	Отчет	Собеседование	9,0	1	10
Итого за 9 семестр				63,45	7,05	70,5

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Изучение каждой темы следует начинать с внимательного ознакомления с набором вопросов. Они ориентируют студента, показывают, что он должен знать по данной теме.

Вопросы темы как бы накладываются на соответствующую главу избранного учебника или учебного пособия. В итоге должно быть ясным, какие вопросы темы учебного курса и с какой глубиной раскрыты в конкретном учебном материале, а какие вообще опущены. Требуется творческое отношение и к самому содержанию дисциплины.

Вопросы, составляющие ее содержание, обладают разной степенью важности. Есть вопросы, выполняющие функцию логической связки содержания темы и всего курса, имеются вопросы описательного или разъяснительного характера, а также исторического экскурса в область изучаемой дисциплины. Все эти вопросы не составляют сути понятийного, концептуального содержания темы, но необходимы для целостного восприятия изучаемых проблем.

Изучаемая дисциплина имеет свой категориально-понятийный аппарат. Научные понятия — это та база, на которой строится каждая наука. Понятия — узловые, опорные пункты как научного, так и учебного познания, логические ступени движения в учебе от простого к сложному, от явления к сущности. Без ясного понимания понятий учеба крайне затрудняется, а содержание приобретенных знаний становится тусклым, расплывчатым.

Студент должен понимать, что самостоятельное овладение знаниями является главным, определяющим. Высшая школа создает для этого необходимые условия, помогает будущему высококвалифицированному специалисту овладеть технологией самостоятельного производства знаний.

В самостоятельной работе студентам приходится использовать литературу различных видов: первоисточники, монографии, научные сборники, хрестоматии, учебники, учебные пособия, журналы и др. Изучение курса предполагает знакомство студентов с большим объемом научной и учебной литературы, что, в свою очередь, порождает необходимость выработки у них рационально-критического подхода к изучаемым источникам.

Чтобы не «утонуть» в огромном объеме рекомендованных ему для изучения источников, студент, прежде всего, должен научиться правильно их читать. Правильное чтение рекомендованных источников предполагает следование нескольким несложным, но весьма полезным правилам.

Предварительный просмотр книги включает ознакомление с титульным листом книги, аннотацией, предисловием, оглавлением. При ознакомлении с оглавлением необходимо выделить разделы, главы, параграфы, представляющие для вас интерес, бегло их просмотреть, найти места, относящиеся к теме (абзацы, страницы, параграфы), и познакомиться с ними в общих чертах.

Научные издания сопровождаются различными вспомогательными материалами — научным аппаратом, поэтому важно знать, из каких основных элементов он состоит, каковы его функции.

Знакомство с книгой лучше всего начинать с изучения аннотации — краткой характеристики книги, раскрывающей ее содержание, идейную, тематическую и жанровую направленность, сведения об авторе, назначение и другие особенности. Аннотация помогает составить предварительное мнение о книге.

Глубже понять содержание книги позволяют вступительная статья, в которой дается оценка содержания книги, затрагиваемой в ней проблематики, содержится информация о жизненной и творческой биографии автора, высказываются полемические замечания, разъясняются отдельные положения книги, даются комментарии и т.д. Вот почему знакомство с вступительной статьей представляется очень важным: оно помогает

студенту сортировать материал по степени важности, обратить внимание на ее наиболее ценные и важные разделы. Той же цели способствует знакомство с оглавлением, предисловием, послесловием. Весьма полезными элементами научного аппарата являются сноски, комментарии, таблицы, графики, списки литературы. Они не только иллюстрируют отдельные

положения книги или статьи, но и сами по себе являются дополнительным источником информации для читателя.

Если читателя заинтересовала какая-то высказанная автором мысль, не нашедшая подробного освещения в данном источнике, он может обратиться к тексту источника, упоминаемого в сноске, либо к источнику, который он может найти в списке литературы, рекомендованной автором для самостоятельного изучения.

Существует несколько форм ведения записей:

— план (простой и развернутый) — наиболее краткая форма записи прочитанного, представляющая собой перечень вопросов, рассматриваемых в книге или статье. Развернутый план представляет собой более подробную запись прочитанного, с детализацией отдельных положений и выводов, с выпиской цитат, статистических данных и т.д. Развернутый план — неоценимый помощник при выступлении с докладом на конкретную тему на семинаре, конференции;

— тезисы — кратко сформулированные положения, основные положения книги, статьи. Как правило, тезисы составляются после предварительного знакомства с текстом источника, при его повторном прочтении. Они помогают запомнить и систематизировать информацию.

Составление конспектов

Большую роль в усвоении и повторении пройденного материала играет хороший конспект, содержащий основные идеи прочитанного в учебнике и услышанного в лекции. Конспект — это, по существу, набросок, развернутый план связного рассказа по основным вопросам темы.

В какой-то мере конспект рассчитан (в зависимости от индивидуальных особенностей студента) не только на интеллектуальную и эмоциональную, но и на зрительную память, причем текст конспекта нередко ассоциируется еще и с текстом учебника или записью лекции. Поэтому легче запоминается содержание конспектов, написанных разборчиво, с подчеркиванием или выделением разрядкой ключевых слов и фраз.

4 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ ТВОРЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Прежде чем приниматься за создание презентации, нужно определить, что именно требуется создать, какова будет последовательность действий, а также составить план. Необходимо понимать, что речь идет о научной презентации, и как всякая научная *деятельность* презентация составляется посредством некоего алгоритма. Поэтому сначала следует определить этот *алгоритм* действий, который требуется для создания презентации.

Создание презентации включает в себя следующие этапы:

- определение целей и задачи презентации;
- определение состава аудитории;
- определение времени, которое займет презентация;
- составление плана презентации;
- выбор средств представления для презентации;
- выбор помощника;
- составление доклада для презентации;
- подготовка раздаточных материалов.

Составление презентации. Ваша презентация, как доклад должна иметь вступление, основную часть и заключение. Каждой части должны соответствовать какие-то слайды. Нужно помнить о нескольких правилах создания презентации:

- шрифт в презентации должен быть большим;
- таблицы понятными;

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

- как можно меньше текста, только основные положения или определения;
- правильно подобранные графики;
- оптимальные цвета (не нужно злоупотреблять красным цветом);
- эффекты анимации должны быть к месту.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Перечень основной литературы:

1. Электробезопасность / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош ; под ред. Е.Е. Привалова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 210 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493604> . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-9698-9. – DOI 10.23681/493604. – Текст : электронный.
2. Привалов, Е.Е. Основы электробезопасности : в 3 ч. / Е.Е. Привалов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – Ч. 3. Защита от напряжения прикосновения и шага в электрических сетях. – 180 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436756> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-7618-9. – DOI 10.23681/436756. – Текст : электронный.
3. Привалов, Е.Е. Основы электробезопасности : в 3 ч. / Е.Е. Привалов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. – Ч. 2. Заземление электроустановок систем электроснабжения. – 156 с. : ил., схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436755> . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-7617-2. – DOI 10.23681/436755. – Текст : электронный.
4. Сибикин Ю.Д. Охрана труда и электробезопасность: Учебное пособие – М: Директ –Медиа, 2014.- 360 с. [Электронный ресурс] режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=235424

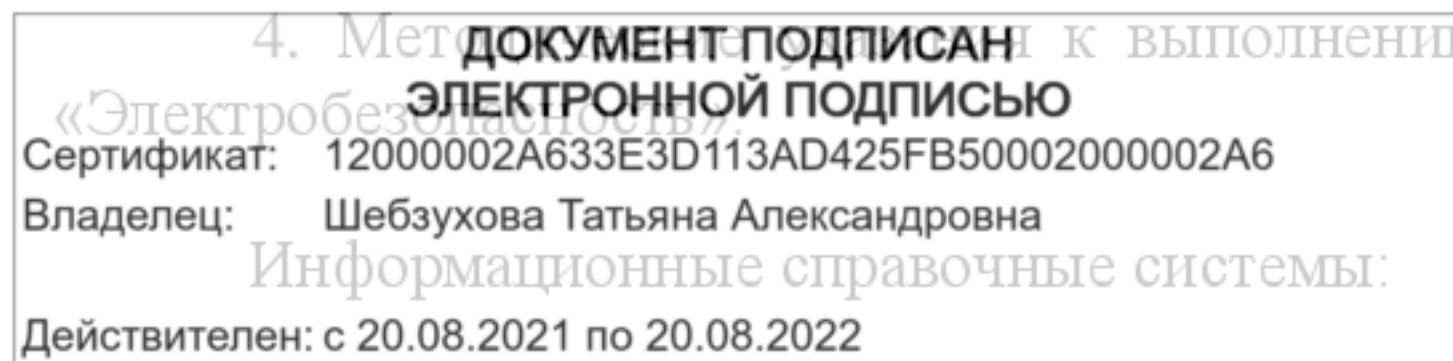
Перечень дополнительной литературы:

1. Сибикин, Ю.Д. Безопасность труда при монтаже, обслуживании и ремонте электрооборудования предприятий / Ю.Д. Сибикин. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. – 338 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256581> . – Библиогр.: . с. 332. – ISBN 978-5-4475-2508-8. – DOI 10.23681/256581. – Текст : электронный.
2. Электробезопасность работников электрических сетей / Е.Е. Привалов, А.В. Ефанов, С.С. Ястребов, В.А. Ярош ; под ред. Е.Е. Привалова. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2018. – 371 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493605> . – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-9697-2. – DOI 10.23681/493605. – Текст : электронный.
3. Сибикин, Ю.Д. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок промышленных предприятий / Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин. – 8-е изд., испр. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2014. – 235 с. : табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=253964>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4458-8880-2. – DOI 10.23681/253964. – Текст : электронный.

Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Электробезопасность».
2. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Электробезопасность».
3. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Электробезопасность».

4. Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине



3. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации
ТЕХЭКСПЕРТ <http://docs.cntd.ru/>
4. Профессиональные справочные системы Техэксперт <http://vuz.kodeks.ru/>
5. Официальный сайт компании "КонсультантПлюс" <http://www.consultant.ru/>

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022