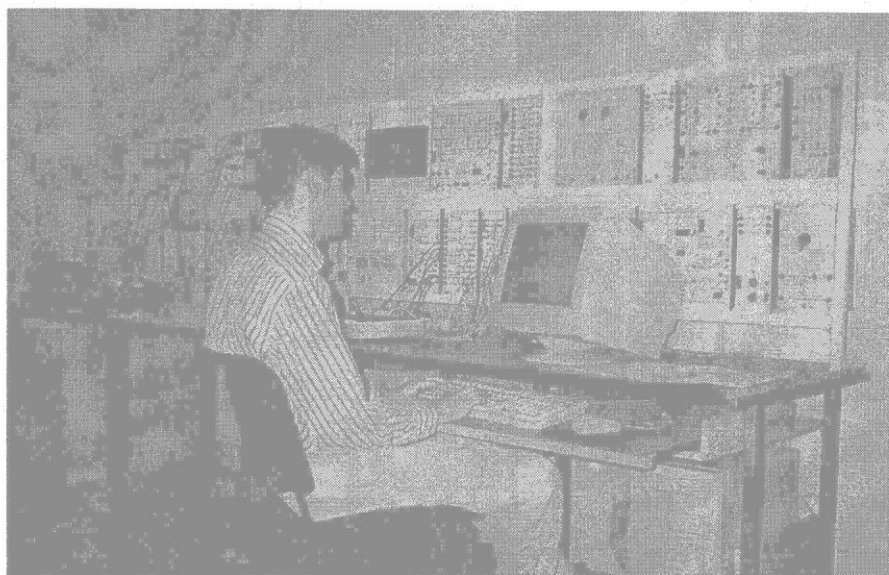


# **ЗАЩИТНОЕ ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАНУЛЕНИЕ**

**Руководство по выполнению базовых экспериментов  
333.001 РБЭ (918)**



П. Н. Сенигов. Защитное заземление и зануление. Руководство по выполнению базовых экспериментов. 333.001 РБЭ (918). - Челябинск: ООО «Учебная техника», 2006. - 22 с.

Описаны состав и отдельные компоненты комплекта типового лабораторного оборудования «Защитное заземление и зануление». Представлены электрические схемы соединений, перечни аппаратуры и указания по проведению базовых экспериментов.

Руководство предназначено для использования при подготовке к проведению лабораторных занятий по дисциплине «Основы электробезопасности» со студентами и учащимися, обучающимися в высших и средних профессиональных образовательных учреждениях, а также на курсах повышения квалификации электротехнического персонала предприятий и организаций.

## Содержание

1. Определение зависимостей, характеризующих явления при стекании тока в землю через защитный заземлитель _____	7
2. Натурное моделирование зануления электрооборудования _____	11
3. Измерение сопротивления заземления _____	15
4. Натурное моделирование защитного заземления / самозаземления электрооборудования _____	19

## Введение

В настоящем Руководстве описаны базовые эксперименты, выполняемые на комплекте типового лабораторного оборудования «Защитное заземление и зануление». В ходе их воспроизводится работа устройств, обеспечивающих безопасность электроустановок, с одновременной регистрацией параметров электромагнитных процессов в них.

Комплект типового лабораторного оборудования предназначен для проведения лабораторных работ по специальностям «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», «Безопасность технологических процессов и производств (по отраслям)» и другим инженерным специальностям.

Комплект также может быть использован в техникумах электроэнергетического профиля, на семинарах и курсах повышения квалификации электротехнического персонала предприятий и организаций.

Аппаратная часть комплекта выполнена по блочному (модульному) принципу и содержит:

- спроектированные с учебными целями натурные аналоги элементов электрической системы;
- источники питания;
- измерительные преобразователи и приборы;
- настольные рамы для установки необходимых в эксперименте функциональных блоков.

Питание комплекта осуществляется от трехфазной электрической сети напряжением 380 В с нейтральным и защитным проводниками.

Потребляемая мощность В-А, не более.....	200
Габариты (длина/ ширина / высота), мм.....	3650x900x1600
Масса, кг, не более.....	200

Методическая часть комплекта включает настоящее руководство как материалы для подготовки к проведению лабораторных работ.

Комплекту типового лабораторного оборудования «Основы электробезопасности» присущи следующие качества.

**УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ**, которая выражается в возможности воспроизведения не только базовых экспериментов, но и более широкого круга задач моделирования.

**ГИБКОСТЬ**, которая обеспечивается возможностью компоновки требуемой конфигурации комплекта сообразно с задачами каждого конкретного эксперимента.

**НАГЛЯДНОСТЬ** результатов моделирования, которая обеспечивается их отображением на измерительных приборах комплекта.

**НАДЁЖНОСТЬ**, достигаемая за счет малой мощности силовых элементов, защитой электрических цепей от эксплуатационных коротких замыканий и неумелого обращения.

**ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ**, которая обеспечена выполнением элементов классом защиты от поражения электрическим током 01 и I, а также применением устройства защитного отключения.

**КОМПАКТНОСТЬ**, которая обеспечена малой установленной мощностью элементов и использованием только требуемых для данного эксперимента блоков и приборов.

**СОВРЕМЕННЫЙ ДИЗАЙН** комплекта с учетом требований эргономики, инженерной психологии и эстетики.

На комплекте может активно работать бригада из 2-3 студентов.

## Перечень аппаратуры, используемой в экспериментах

Количество аппаратуры определённого типа, используемой в конкретных экспериментах, приведено в таблице 1.

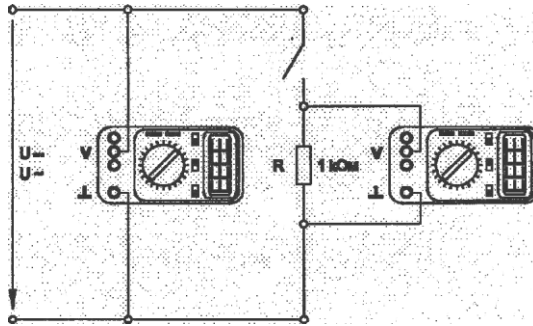
*Таблица 1*

Тип Аппа- ратуры	Номер эксперимента			
	1	2	3	4
201.2	1	1	1	1
302	1	1	1	1
303				1
310		1		
312			1	
325	1			
326	1			
327	1			
328				1
329		1		
337	1	1	1	1
508.2	1	1	1	1

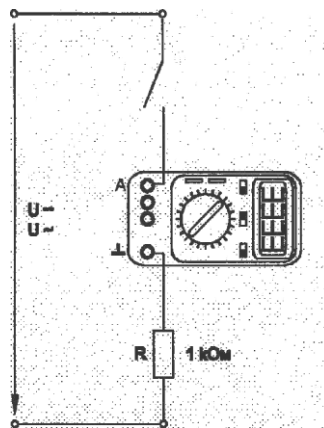
## Подготовка и проведение измерений с помощью электронного мультиметра

Для измерения трех базовых электрических величин (напряжения, тока и омического сопротивления) используется мультиметр. До его подключения к цепи необходимо выполнить следующие операции:

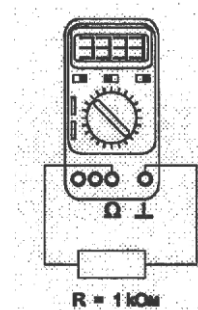
- установка рода тока (постоянный/переменный);
- выбор диапазона измерений соответственно ожидаемому результату измерений;
- правильное подсоединение зажимов мультиметра к измеряемой цепи.



*Присоединение мультиметра как вольтметра*



*Присоединение мультиметра как амперметра*

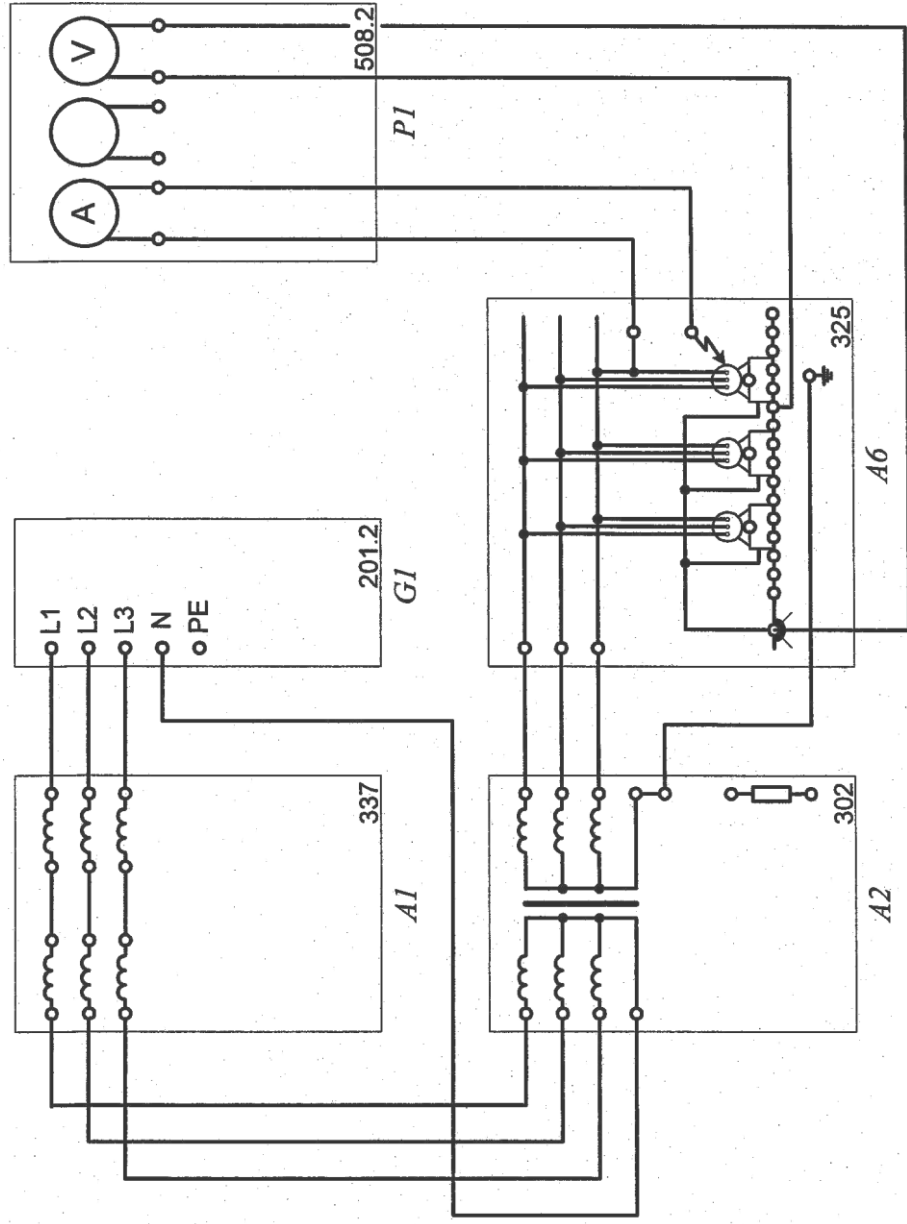


*Присоединение мультиметра как омметра*

## **1. Определение зависимостей, характеризующих явления при стекании тока в землю через защитный заземлитель**

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений






## Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры (пределные)
G1	Трехфазный источник питания	201.2	400 В ~; 16 А
A1	Блок линейных дросселей	337	6x1,0 Гн; 0,5 А
A2	Трехфазный трансформатор	302	250 В · А, 380/380 В, Y-0/Y-0
A6	Модель заземлителя с полусферическим электродом Модель заземлителя с вертикальным трубчатым электродом Модель заземлителя с протяженным трубчатым электродом на поверхности	325 326 327	380 В ~; 3x0,5 А
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра 0...1000В≅; 0...10А≅; 0...20МОм

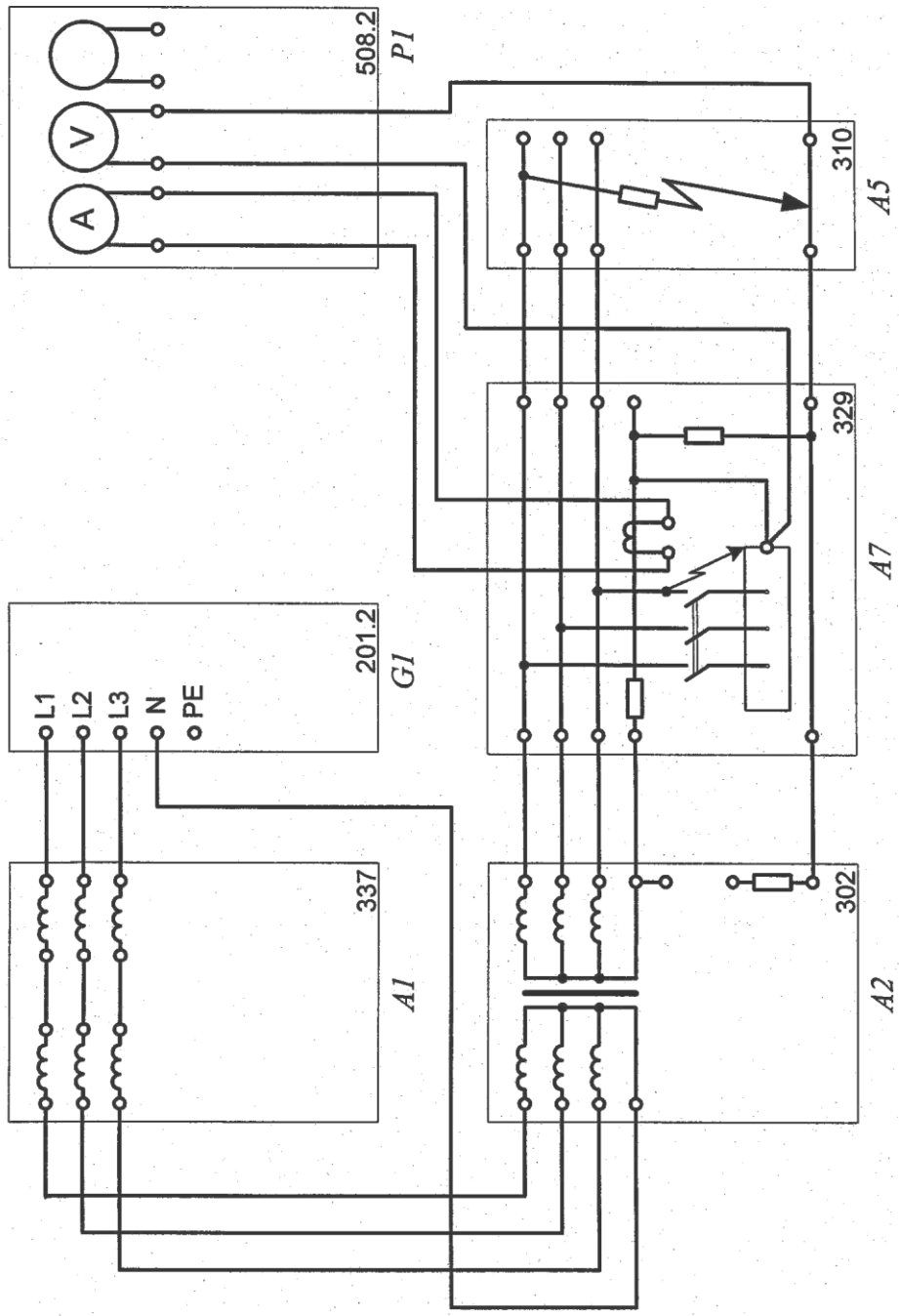
### Указания по проведению эксперимента

- Используйте первоначально в эксперименте, например, модель А6 заземлителя с полусферическим электродом (код 325).
- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления «» устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Включите источник G1 и питание блока мультиметров P1.
- При заданных сопротивлениях грунта  $\rho$  модели заземлителя А6, снимите с помощью вольтметра блока P1 зависимости от расстояния  $x$ : потенциала основания электрооборудования  $\varphi_{осн} = f(x)$  (вольтметр включать между гнездом « $\perp$ » и гнездами, соответствующими расстоянию  $x$ ), напряжения прикосновения  $U_{пр} = f(x)$  (вольтметр включать между гнездом «0» и гнездами, соответствующими расстоянию  $x$ ), шагового напряжения  $U_{ш} = f(x)$  (вольтметр включать между соседними гнездами, соответствующими расстоянию  $x$ ).
- Ток стекания в землю контролируйте с помощью амперметра блока P1. Он не должен превышать **0,5 А!**
- Отключите источник G1 и замените в электрической схеме модель А6 заземлителя с полусферическим электродом (код 325) на модель А6 заземлителя с вертикальным трубчатым электродом (код 326).
- Включите источник G1 и вновь снимите вышеупомянутые зависимости.
- Еще раз отключите источник G1 и замените в электрической схеме модель А6 заземлителя с вертикальным трубчатым электродом (код 326) на модель А6 заземлителя с протяженным трубчатым электродом на поверхности (код 327).
- Вновь включите источник G1 и в третий раз снимите вышеупомянутые зависимости.
- По завершении эксперимента отключите источник G1 и питание блока мультиметров PL.
- Используйте полученные зависимости для формулирования выводов о влиянии на электробезопасность типа заземлителя, удельного сопротивления грунта, в котором он заложен, и расстояния от заземлителя до места установки защищаемого электрооборудования.

## **2. Натурное моделирование зануления электрооборудования**

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Указания по проведению эксперимента


Электрическая схема соединений



### Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры (пре-дельные)
G1	Трехфазный источник питания	201.2	400 В ~; 16 А
A1	Блок линейных дросселей	337	6x1,0 Гн; 0,5 А
A2	Трехфазный трансформатор	302	250 В · А, 380/380В, Y-0/Y-0
A5	Модель замыкания на землю	310	380 В ~; 3 x 0.5 А
A7	Модель зануления	329	380 В ~; 3 x 0.5 А
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра 0...1000В $\cong$ ; 0...10А $\cong$ ; 0...20МОм

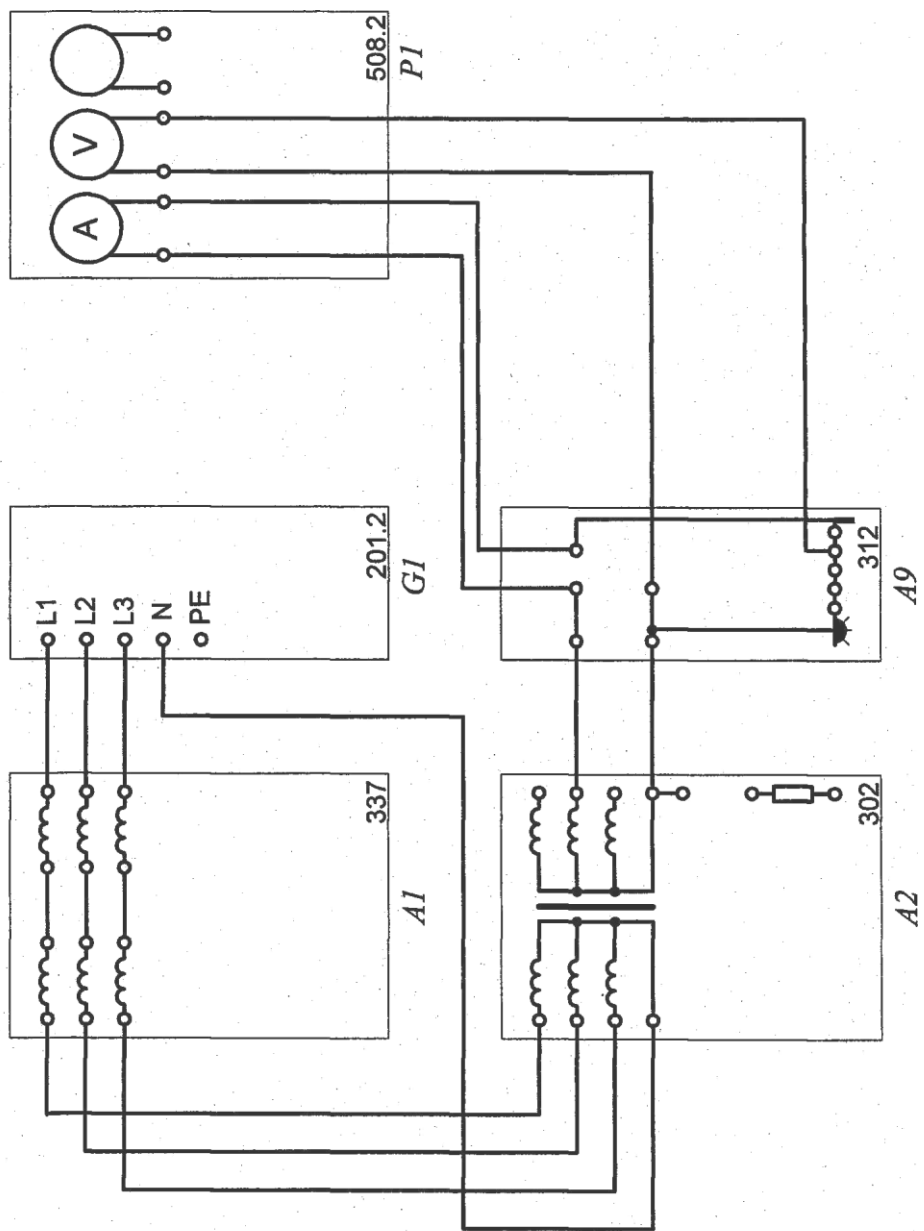
## Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления " " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Установите у модели A5 сопротивление замыкания на землю  $R_{\text{ЗАМ}} = \infty$ .
- Включите источник G1 и питание блока мультиметров P1.
- Режим глухозаземленной (изолированной) нейтрали питающей электрической сети моделируйте установкой (отсутствием) переключки между гнездом нейтральной точки трансформатора и гнездом сопротивления заземлителя  $R_0$  в блоке трехфазного трансформатора A2.
- Замыкание фазы на корпус электрооборудования моделируйте установкой выключателя S в положение «ВКЛ.».
- Ток короткого замыкания измеряйте с помощью амперметра блока мультиметров P1.
- При величинах сопротивления цепи короткого замыкания  $R_N = 1, 2, 3 \text{ Ом}$  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.
- При величинах сопротивления цепи короткого замыкания  $R_N = 5, 10, 15, 20 \text{ Ом}$  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.
- Наличие повторного заземления моделируйте установкой любого его значимого сопротивления  $R_{\text{П}} \neq \infty$ .
- Напряжение на корпусе электрооборудования измеряйте с помощью вольтметра блока мультиметров P1.
- Сопротивление замыкания на землю  $R_{\text{ЗАМ}} \neq \infty$  устанавливайте только при моделировании режима изолированной нейтрали питающей электрической сети.
- По завершении эксперимента отключите источник G1 и питание блока мультиметров P1.

### **3. Измерение сопротивления заземления**

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений






## Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры (пределные)
G1	Трёхфазный источник питания	201.2	400 В ~; 16 А
A1	Блок линейных дросселей	337	6x1,0 Гн; 0,5 А
A2	Трёхфазный трансформатор	302	250 В·А, 380/380 В, Y-0/Y-0
A9	Модель измерения заземления	312	220 В ~; 0.5 А
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра 0...1000В $\cong$ ; 0...10 А $\cong$ ; 0...20МОм

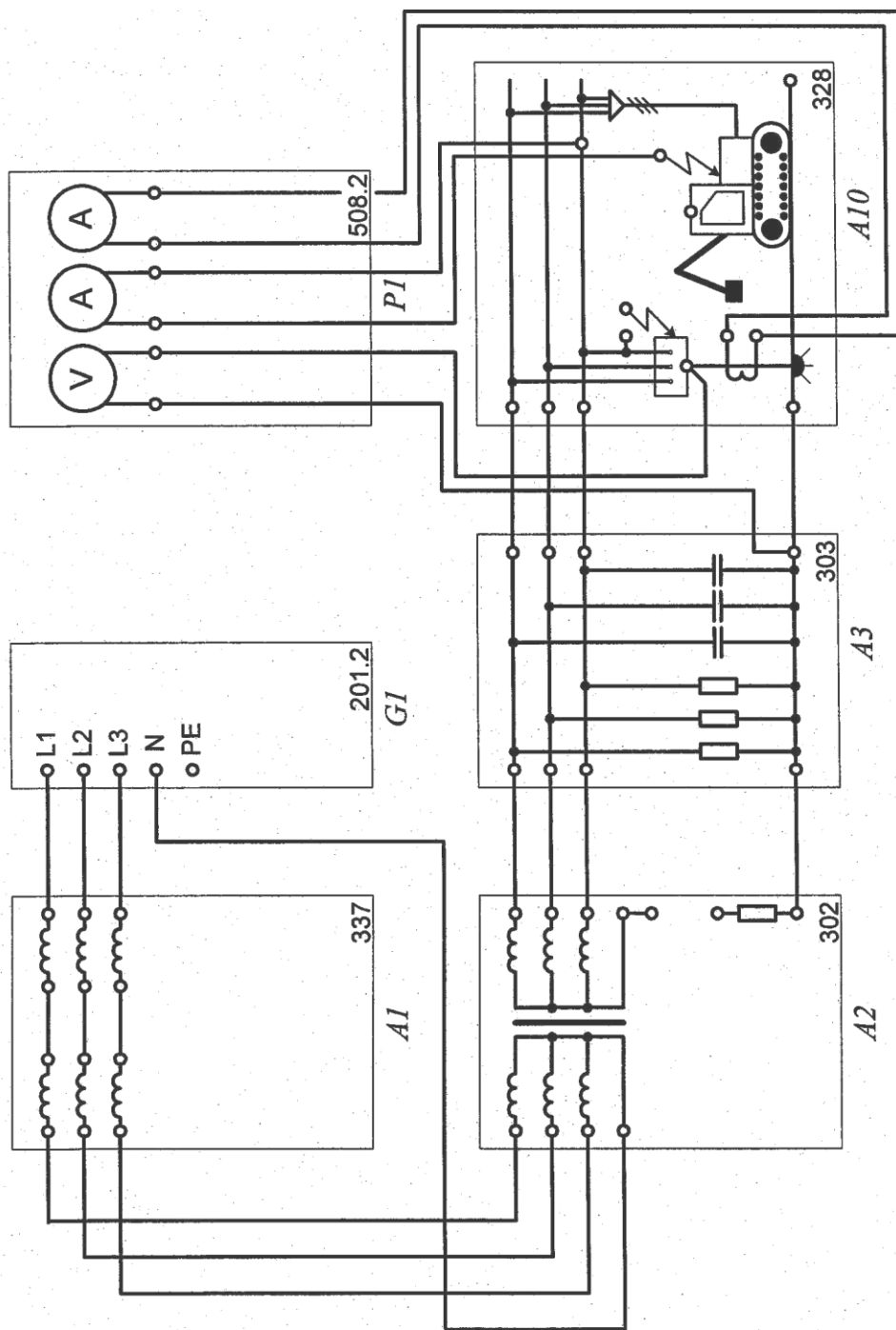
## Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления "" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключателем установите у модели А9 желаемое удельное сопротивление грунта  $\rho$ .
- Включите источник G1 и питание блока мультиметров P1.
- С помощью амперметра и вольтметра блока мультиметров P1 измерьте ток стекающий в землю через заземлитель и напряжения между ним и потенциальным электродом на различном удалении от заземлителя.
- Используйте измеренные значения тока и напряжений для определения правильного расположения потенциального электрода относительно заземлителя и последующего расчета сопротивления заземления.
- По завершении эксперимента отключите источник G1 и питание блока мультиметров P1.

#### **4. Натурное моделирование защитного заземления / самозаземления электрооборудования**

- Электрическая схема соединений
- Перечень аппаратуры
- Указания по проведению эксперимента

Электрическая схема соединений



### Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры (пре-дельные)
G1	Трехфазный источник питания	201.2	400В ~; 16 А
A1	Блок линейных дросселей	337	6x1,0 Гн; 0,5 А
A2	Трехфазный трансформатор	302	250 В·А, 380/380 В, Y-0/Y-0
A3	Модель участка электрической сети	303	380 В ~; 3 x 0.5 А
A10	Модель защитного заземления/самозаземления	328	380 В ~; 3x0.5 А
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра 0...1000В $\cong$ ; 0...10А $\cong$ ; 0...20МОм

## Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Включите источник G1 и питание блока мультиметров P1.
- Режим глухозаземленной (изолированной) нейтрали питающей электрической сети моделируйте установкой (отсутствием) перемычки между гнездом нейтральной точки трансформатора и гнездом сопротивления заземлителя  $R_0$  в блоке трехфазного трансформатора A2.
- Замыкание фазы на корпус электрооборудования моделируйте установкой перемычки между гнездами 3 и 4 модели A10.
- Токи короткого замыкания измеряйте с помощью амперметров блока мультиметров P1, включенных между гнездами 5,6 и 7, 8 модели A10.
- Напряжения на корпусах электрооборудования и экскаватора измеряйте с помощью вольтметра блока мультиметров P1, включая его между гнездами 1, E и 2, E модели A10.
- Грунт, в котором проложен заземлитель, характеризуется удельным электрическим сопротивлением  $\rho_1$ , а грунт, на котором стоит экскаватор, - удельным электрическим сопротивлением  $\rho_2$ .
- По завершении эксперимента отключите источник G1 и питание блока мультиметров P1.