

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Курганский государственный университет

Кафедра «Экология и безопасность жизнедеятельности»

НАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО ЗАНУЛЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для студентов направлений

090303.65, 140400.62, 150700.62, 151900.62, 190100.62, 190109.65, 190110.65,
190600.62, 190700.62, 220400.62, 220700.62, 221700.62, 222000.62, 231000.62
280700.62

Курган 2012

Кафедра: «Экология и безопасность жизнедеятельности»

Дисциплина: «Безопасность жизнедеятельности», «Безопасность труда»

Составили: канд. техн. наук, доцент А.И. Микуров,
канд. техн. наук, доцент Н.К. Смирнова

Работа выполнена при равноценном участии авторов.

Утверждены на заседании кафедры 22 декабря 2011 г.

Рекомендованы методическим советом университета 26 декабря 2011 г.

ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы закрепить теоретические знания и условия применения защитного зануления, определение условий работы и характеристик элементов зануления (зануления нейтрали источника питания, нулевого защитного проводника, повторного заземления нулевого защитного проводника).

Содержание

1	Теоретическая часть.....	3
2	Изучение приборов для проведения лабораторной работы.....	8
3	Меры безопасности при проведении лабораторных работ.....	11
4	Порядок проведения работы.....	12
5	Требования к отчету.....	13
6	Контрольные вопросы.....	14
7	Список литературы.....	14
	Приложения.....	15

1 Теоретическая часть

Защитное зануление – это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей оборудования электроустановок с глухозаземленной нейтралью 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 нулевой защитный и нулевой рабочий проводник (PEN–проводник в системе TN – C) – проводник в электроустановках напряжением до 1кВ, совмещающий функции нулевого защитного и нулевого рабочего

проводника.

Нейтраль – общая точка обмоток генераторов или трансформаторов, питающих сеть; напряжения на выходных зажимах источника электроэнергии, измеренные относительно нейтрали, равны.

Глухозаземленная нейтраль источника электроэнергии – нейтраль генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока напряжением до 1 кВ, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление.

Изолированная нейтраль – нейтраль генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока напряжением до 1 кВ, не присоединенная к заземляющему устройству или присоединенная к нему через приборы сигнализации, измерения, защиты и подобные им устройства, имеющие большое сопротивление.

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:

- 1 электроустановки напряжением до 1 кВ в трехфазных сетях переменного тока с заземленной нейтралью (система **TN – S**; обычно это сети 220/127, 380/220, 660/380 В);
- 2 электроустановки напряжением до 1 кВ в однофазных сетях переменного тока с заземленным выводом нулевого провода;
- 3 электроустановки напряжением до 1 кВ в сетях постоянного тока с заземленной средней точкой источника.

Принцип действия зануления (рисунок 1). 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 (КЗ) 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. Зануление предусматривает также наличие в цепи питания электропотребителей максимальной токовой защиты (предохранитель, автоматический выключатель). Ток срабатывания этой защиты $I_{ср}$ выбирается согласно ПУЭ в зависимости от номинального тока I_N электропотребителя. При замыкании на зануленный корпус в цепи одного из фазных проводов возникает ток короткого замыкания I_K . Этот ток определяется фазным напряжением источника питания U_ϕ сопротивлением цепи фазного \underline{Z}_ϕ и нулевого \underline{Z}_H проводов:

$$\underline{I}_K = \frac{U_\phi}{\underline{Z}_\phi + \underline{Z}_H}; \quad (1.1)$$

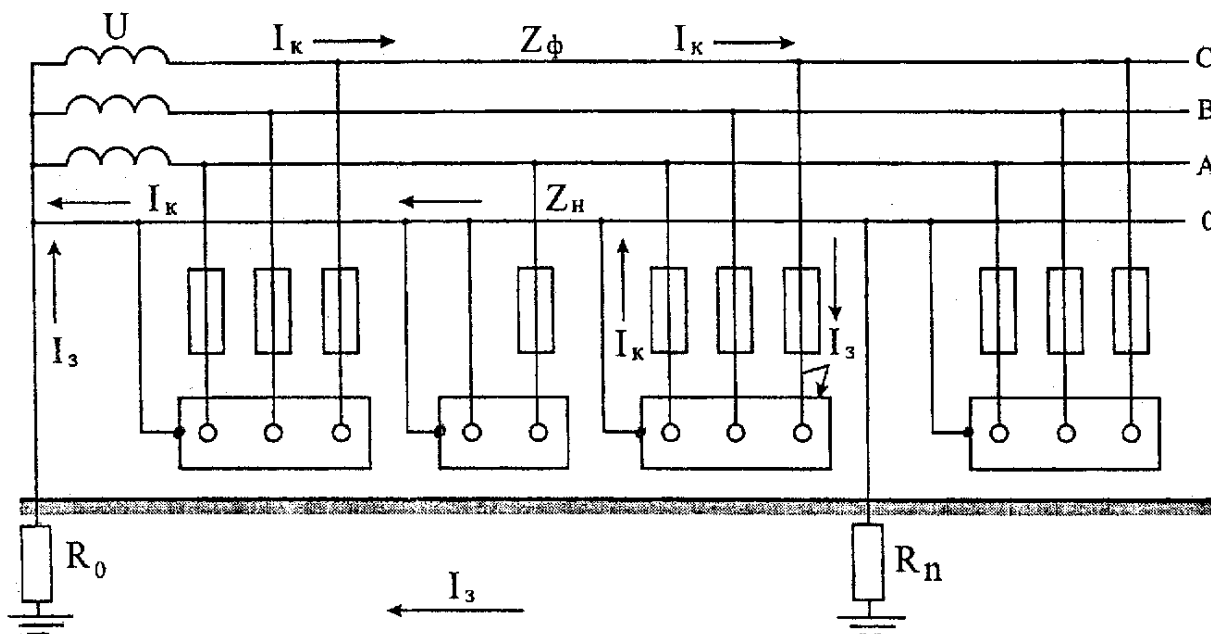


Рисунок 1 – Принципиальная схема защитного зануления

Сопротивление цепи «фаза-ноль» выражается комплексными величинами $\underline{Z}_\phi + \underline{Z}_H$. Это объясняется тем, что при протекании больших токов необходимо учитывать индуктивную составляющую сопротивления проводников.

При надлежащем выполнении зануления I_K должен превышать $I_{ср}$ и тем самым обеспечивать срабатывание максимальной токовой защиты и безопасность лиц, имеющих контакт с зануленным электрооборудованием. Быстродействие защиты определяется кратностью отношения $I_K / I_{ср}$.

Для анализа эффективности зануления значительный интерес представляет также напряжение прикосновения, воздействующее на человека с момента замыкания на корпус до срабатывания защиты. Оно определяется падением напряжений на R_0 (U_0) и R_n (U_n) от тока замыкания на землю $I_з$. Выражая $I_з$ через параметры сети получаем (для расчетной схемы):

- напряжение на аварийном корпусе относительно земли:

$$\underline{U}_h = \underline{U}_n = \frac{U_\phi \cdot R_n \cdot \underline{Z}_H}{(\underline{Z}_\phi + \underline{Z}_H) \cdot (R_0 + R_n)}; \quad (1.2)$$

- напряжение нейтрали относительно земли:

$$\underline{U}_0 = \frac{U_\phi \cdot R_0 \cdot \underline{Z}_H}{(\underline{Z}_\phi + \underline{Z}_H) \cdot (R_0 + R_n)}. \quad (1.3)$$

Напряжения на остальных зануленных корпусах электрооборудования не будут превышать U_n и U_0 и будут определяться потенциалом нулевого проводника относительно земли в точке их подключения. Поэтому требования к быстродействию зануления должны определяться зависимостью U_h от времени воздействия с учетом U_n и U_0 . Из (1.2) и (1.3) видно, что U_n и U_0 всегда меньше фазного напряжения источника питания, а их значения определяются в значительной степени соотношениями \underline{Z}_ϕ и \underline{Z}_H , R_n и R_0 . Следовательно,

зануление не только ограничивает время воздействия тока на организм человека при возникновении условия поражения, но и снижает напряжение прикосновения. Причем это снижение можно планировать нормированием параметров сети.

Если соотношения \underline{Z}_ϕ и \underline{Z}_H , R_{II} и R_0 определяются режимом работы зануления при замыкании на корпус, то их абсолютные значения принимаются исходя из других аварийных режимов. Основные из них — замыкание на землю, обрыв нулевого провода или переход напряжения в источнике питания с обмотки высшего напряжения на обмотку низшего напряжения. Например, в сети с занулением замыкание на землю приводит к резкому возрастанию напряжения нейтральной точки источника питания сети относительно земли, которое ведет к появлению опасного напряжения на корпусах зануленного электрооборудования относительно земли. Причем это напряжение в значительной степени зависит от сопротивления замыкания на землю, которое, как уже отмечалось, является функцией удельного сопротивления грунта в месте замыкания. Следовательно, почвенно-климатические условия эксплуатации электроустановок также влияют на эффективность зануления и выбор ее параметров.

При обрыве нулевого проводника система зануления превращается в систему заземления, поэтому опасность поражения при прикосновении к одному из корпусов за местом обрыва можно определить по выражению:

$$I_h = \frac{U_\phi \cdot R_3}{R_h \cdot (R_0 + R_3)} \quad (1.4)$$

Опасность при переходе высшего напряжения на сторону низшего напряжения прикосновения на зануленных электропотребителях будет определяться общим сопротивлением рабочего и повторных заземлителей.

Согласно современным требованиям [1] сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединена нейтраль источника питания, в любое время года должно быть не более 2, 4 и 8 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока. Общее сопротивление всех повторных заземлителей воздушной линии должно быть не более 5, 10 и 20 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В, при этом сопротивление каждого из повторных заземлителей должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при тех же напряжениях. Кроме того, при удельном электрическом сопротивлении грунта более 100 Ом·м допускается увеличение указанных выше значений R_0 и R_{II} в отношении $\rho/100$, но не более чем в 10 раз.

При выполнении зануления проводники цепи «фаза-нуль» должны быть выбраны таким образом, чтобы при замыкании на корпус возникал ток короткого замыкания, превышающий не менее чем в 3 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя и не менее чем в 4,5 раза для тока уставки автоматического выключателя, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель (отсечку), не менее номинального тока расцепителя автоматического выключателя с нерегулируемой обратно

зависящей от тока характеристикой (независимо от наличия или отсутствия отсечки).

Основные принципиальные *недостатки* зануления:

- зануление не обеспечивает безопасность при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям электроустановки;
- нулевой защитный проводник обеспечивает вынос потенциала (даже при отсутствии замыкания на корпус) на все зануленные электропотребители, что представляет опасность поражения и создает помехи для радиоэлектронного оборудования;
- в сети с занулением нельзя использовать заземление отдельных электропотребителей (без соединения их с нулевым защитным проводником), так как при замыкании на заземленный корпус зануленные электропотребители оказываются под опасным напряжением в течение длительного времени;
- одновременное прикосновение к токоведущим частям электроустановки и ее зануленному корпусу представляет большую опасность;
- одновременное прикосновение к незануленному и зануленному электрооборудованию также представляет значительную опасность;
- ошибки при монтаже и подключении электропотребителя могут привести к тому, что его корпус окажется непосредственно подключенным к фазе через нулевой защитный проводник;
- перегорание одного предохранителя при замыкании на корпус не обеспечивает полного отключения от сети трехфазного электропотребителя;
- токи короткого замыкания, токи утечки, искры при замыкании на корпус, перегревы трехфазных электропотребителей при работе на двух фазах, обусловленные наличием зануления, представляют пожарную опасность;
- трудности выполнения требований ПУЭ к занулению в протяженных сетях и при занулении мощных электропотребителей;
- трудности контроля целостности цепи зануления.

Поэтому необходимо знать условия применения и средства *обеспечения эффективного действия зануления*.

Периодически и перед сдачей в эксплуатацию объектов, получающих энергию от сетей с заземленной нейтралью, производится проверка соответствия сети зануления требованиям ПУЭ в отношении обеспечения отключения аварийного участка. Надежное отключение поврежденного участка считается обеспеченным, если ток однофазного КЗ I_K отвечает условию:

$$I_K \geq K \cdot I_{\text{ном}}, \quad (1.5)$$

где $I_{\text{ном}}$ — номинальный ток плавкой вставки предохранителя или ток уставки расцепителя автоматического выключателя;

K — коэффициент, зависящий от вида защиты.

Для определения тока однофазного короткого замыкания необходимо измерить полное сопротивление цепи однофазного замыкания на корпус или нулевой защитный проводник. Это можно осуществить несколькими способами.

Измерение полного сопротивления петли *фаза — нулевой защитный*

проводник способом амперметра-вольтметра. Этот способ применяется при отключенном испытуемом оборудовании. Измерение производится на переменном токе пониженного напряжения от трансформатора достаточной мощности. Для измерения собирается схема (рисунок 2), а затем делается искусственное замыкание одного из фазных проводов на корпус электрооборудования. После подачи напряжения в измерительную цепь измеряются ток I и напряжение U . Значение тока должно составлять 10 ... 20 А.

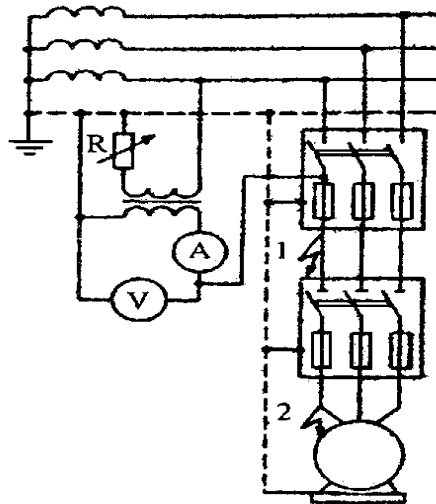


Рисунок 2 - Схема измерения сопротивления цепи *фаза - нулевой защитный проводник* методом амперметра-вольтметра, 1,2 – точки заземления для проверки состояния предохранителей

Сопротивление цепи *фаза - нулевой защитный проводник* определяется по формуле:

$$Z_n = \frac{U}{I}. \quad (1.6)$$

Ток однофазного КЗ I_K определяется по формуле:

$$I_K = \frac{U_\phi}{Z}, \quad (1.6)$$

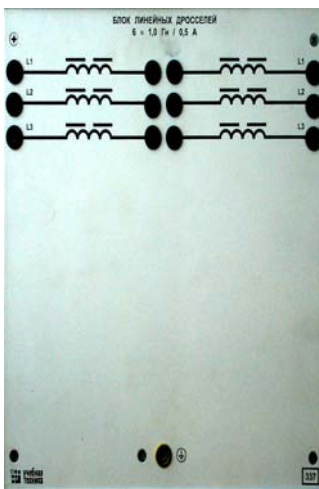
где U_ϕ — фазное напряжение сети, В.

2 Изучение приборов для проведения лабораторной работы

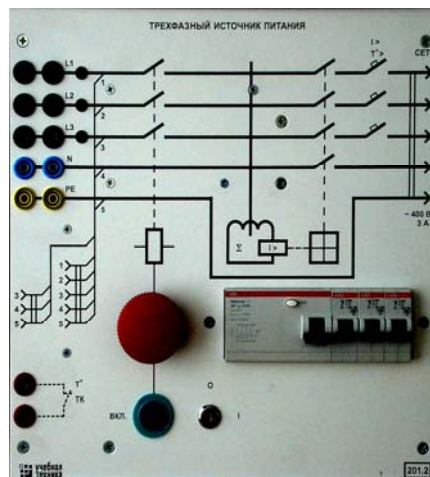
Таблица 1

Обозначение на схеме	Наименование блока	Тип	Обозначение на корпусе блока
G1	Трехфазный источник питания	ТИП 5	201.2
A1	Блок линейных дросселей	БЛД 1	337
A2	Трехфазный трансформатор	ТТ 1	302
A5	Модель замыкания на землю	МЗ 1	310
A7	Модель зануления	МЗ А1	329
P1	Блок мультиметров	БМ 8	508.2

Внешний вид блоков приведен на рисунке 3.



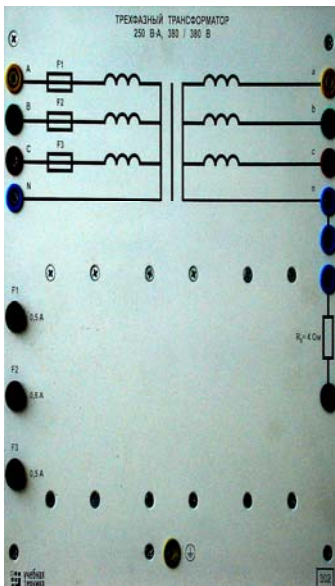
337



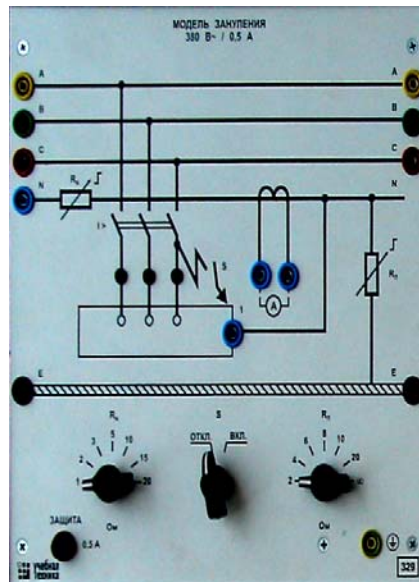
201.2



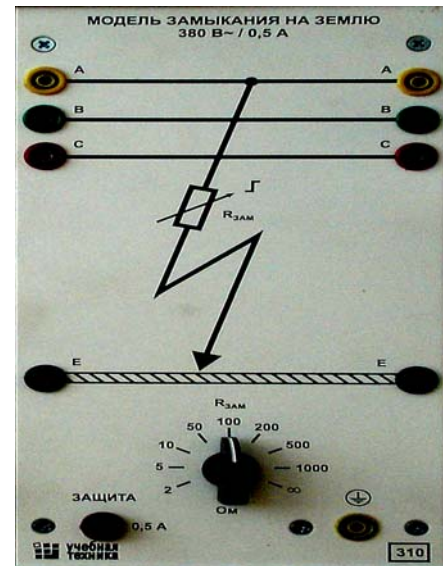
508.2



302



329



310

Рисунок 3 – Внешний вид блоков для сборки электрической схемы

Трехфазный источник питания ТИП5 предназначен для питания трехфазным и однофазным напряжением переменного тока модулей (блоков) комплекса. Конструктивно источник выполнен в виде коробки с лицевой панелью и кожухом. На лицевой панели нанесена электрическая мнемосхема соединений источника. На панели размещены три однофазных автоматических выключателя, устройство защитного отключения.

Блок линейных дросселей БЛД 1 (далее блок) предназначен для моделирования индуктивного сопротивления электрической цепи. Конструктивно блок выполнен в виде коробки с лицевой панелью и кожухом. На лицевой панели нанесена мнемосхема электрическая соединений блока и в соответствии с ней размещены гнезда для присоединения внешних устройств. В качестве рабочих элементов в блоке использованы дроссели.

Трехфазный трансформатор ТТ 1 предназначен для гальванического развязывания цепей трехфазного тока промышленной частоты. Конструктивно

трансформатор выполнен в виде коробки с лицевой панелью с кожухом. На лицевой панели нанесена мнемосхема электрических соединений трансформатора и в соответствии с ней размещены гнезда, соединенные с выводами обмоток трансформаторов и гнездо защитного заземления. Рабочими элементами трансформатора являются классические однофазные двухобмоточные трансформаторы.

Модель замыкания на землю МЗ 1 предназначена для моделирования сопротивления замыкания на землю фазы электрической сети. Конструктивно модель выполнена в виде коробки с лицевой панелью и кожухом, на лицевой панели нанесена мнемосхема электрических соединений модели и в соответствии с ней размещены гнезда для присоединения внешних устройств и переключатель для изменения сопротивления замыкания на землю модели. В качестве рабочих элементов в модели использованы резисторы.

Модель зануления МЗ А1 предназначена для изучения защитных свойств зануления. Конструктивно модель выполнена в виде коробки с лицевой панелью и кожухом. На лицевой панели нанесена мнемосхема электрических соединений модели и в соответствии с ней размещены гнезда для присоединения внешних устройств и переключатели для изменения удельного сопротивления нулевого провода и цепи повторного заземления, а также замыкания фазы на корпус моделируемого объекта модели. В качестве рабочих элементов в модели использованы резисторы.

Блок мультиметров БМ 8 предназначен для измерения активного сопротивления элементов электрической цепи, токов и напряжений в этой цепи. Конструктивно блок мультиметров выполнен в виде коробки с лицевой панелью и кожухом. На лицевой панели закреплены мультиметры, сетевой выключатель и держатели с предохранителями. На верхней боковой грани кожуха расположена вилка для присоединения шнура питания.

Схема электрических соединений блоков для выполнения лабораторной работы приведена на рисунке 4.

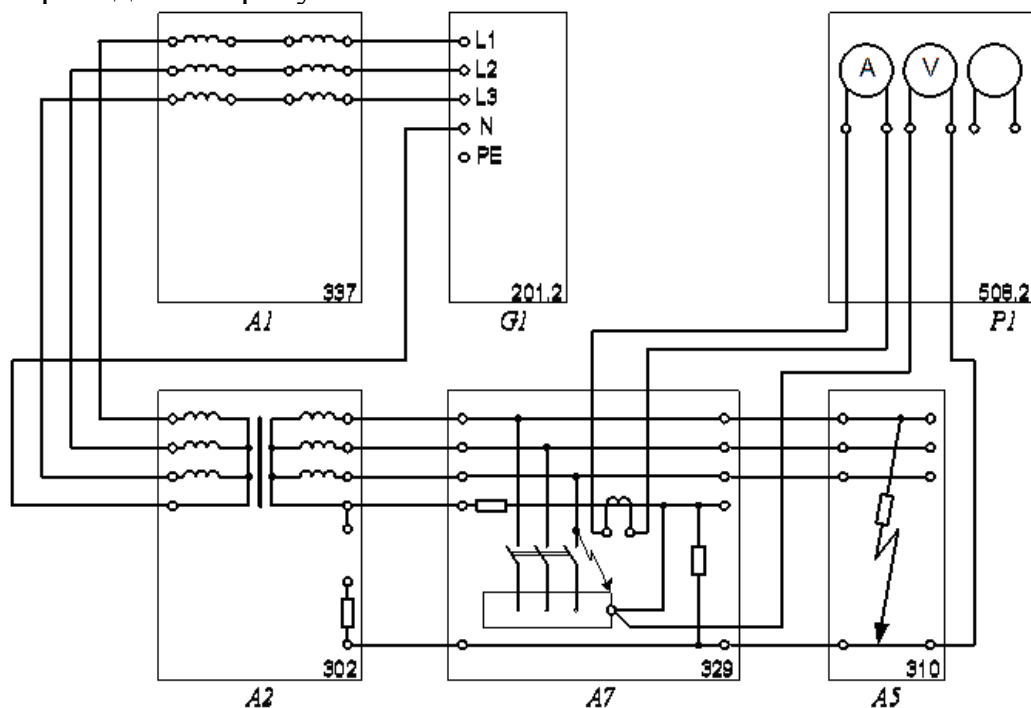


Рисунок 4 - Схема электрических соединений для проведения лабораторной работы

3 Меры безопасности при проведении лабораторных работ


1 К работе со стендом и входящими в комплект блоками допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом работы и мерами безопасности при выполнении данной работы.

2 Без разрешения преподавателя к работе не приступать.

3 Перед началом работы проверяется состояние лабораторного стенда и используемых измерительных приборов: осмотреть электрические провода, находящиеся в комплекте стенда, питающие кабели, пусковые кнопки и др. устройства, электроизмерительные приборы, защитные средства, убедиться в наличии заземления, в отсутствии оголенных проводов, не закрытых клеммных коробок, соединений.

4 При выполнении работы использовать только необходимые для проведения измерений блоки, соединительные провода и клеммные соединители. Недопустимо использовать провода и соединители с поврежденной изоляцией.

5 Перед эксплуатацией лабораторного стола проверить присоединение его к контуру заземления лаборатории в соответствии с требованиями ПУЭ пп. 1.7.76, 1.7.110, 1.7.121, 1.7.122, 1.7.123 (Приложение Б).

6 Перед эксплуатацией любого блока соединить гнездо защитного заземления, обозначенное символом с гнездом  PE трехфазного источника питания.

7 При установке монтажных проводов соблюдать аккуратность и наглядность монтажа (схема должна просматриваться с первого взгляда). Недопустимо проводить монтаж схемы с натяжением проводов.

8 Перед включением эл. схемы для проведения лабораторной работы необходимо получить разрешение преподавателя. **Самостоятельное включение схемы в работу студентам не допускается.**

9 Во время работы студент обязан регулярно производить осмотр обслуживаемого им оборудования, рабочего места. Недопустимо присутствие на рабочем месте посторонних лиц.

10 Выполнение работ на лабораторном стенде производить в соответствии с порядком выполнения лабораторной работы согласно методическим указаниям к выполнению лабораторных работ.

11 Выполнение необходимых изменений в лабораторном стенде (сборка электрической схемы эксперимента) производить на отключенном стенде.

12 По завершении эксперимента отключить автоматические выключатели однофазного источника питания G1 и A11, а также – выключатель **ПИТАНИЕ** модели A1 питающей электрической сети, собрать в связку монтажные провода и упаковать соединительные перемычки.

13 При обнаружении каких-либо неисправностей необходимо сообщить о них руководителю лабораторной работы или персоналу лаборатории.

14 Извлечение/замена плавких предохранителей из блоков стенда, регулировка или ремонт блоков, панелей управления, выключателей, системы блокировки или каких-либо других частей стенда производится только специалистами.

4 Порядок проведения работы

- 1 Изучить теоретические основы проведения лабораторной работы и устройство блоков, используемых для выполнения лабораторной работы, а также меры безопасности при проведении лабораторных работ (с. 3 – 12 настоящих методических указаний).
- 2 После проверки знаний теоретических основ проведения лабораторной работы преподавателем приступить к работе на стенде.
- 3 Перед началом работы необходимо убедиться, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- 4 Гнезда защитного заземления \oplus устройств, используемых в эксперименте, соединяются с гнездом **PE** источника **G1**.
- 5 Аппаратура соединяется в соответствии с электрической схемой.
- 6 В модели **A5** сопротивление замыкания на землю устанавливается равным бесконечности: $R_{\text{зам}} = \infty$.
- 7 Включается источник **G1** и питание блока мультиметров **P1**.
- 8 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**.
- 9 Замыкание фазы на корпус электрооборудования моделируется установкой выключателя **S** в положение **ВКЛ**.
- 10 Ток короткого замыкания измеряется с помощью амперметра блока мультиметров **P1**.
- 11 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.
- 12 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.
- 13 Наличие повторного заземления моделируется установкой любого его значимого сопротивления.
- 14 Напряжение на корпусе электрооборудования измеряется с помощью вольтметра блока мультиметров **P1**.
- 15 **Сопротивление замыкания на землю $R_{\text{зам}} \neq \infty$ устанавливается только при моделировании режима изолированной нейтрали питающей электрической сети.**
- 16 По завершении эксперимента источник **G1** и питание блока мультиметров **P1** отключается.

Порядок проведения измерений:

Опыт 1: Короткое замыкание на корпус электрооборудования в сети с глухозаземлённой нейтралью.

После сборки схемы по рисунку 1 установить сопротивление замыкания на землю $R_{зам} = \infty$. Режим глухозаземлённой нейтрали питающей электрической сети моделируется установкой переключки между гнездом нейтральной точки трансформатора и гнездом сопротивления заземлителя R_0 в блоке трёхфазного трансформатора А2. Замеры напряжения и тока короткого замыкания производить, изменяя сопротивление цепи короткого замыкания $R_N = 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20$ Ом. Замыкание фазы на корпус электрооборудования моделируйте установкой выключателя S в положение «ВКЛ.». Напряжение и ток короткого замыкания измеряется с помощью вольтметра и амперметра блока мультиметров Р1. При величинах сопротивления цепи короткого замыкания $R_N = 1, 2, 3$ Ом и возникновении короткого замыкания фазы на корпус электрооборудования (выключатель S включён) защита отключает электрооборудование от сети, что проявляется в отсутствии свечения светодиодов в фазах подходящих к нему проводов. При $R_N = 5, 10, 15, 20$ Ом отключения не происходит, что проявляется в наличии свечения светодиодов в фазах подходящих к нему проводов. Наличие повторного заземления моделируйте установкой любого его значимого сопротивления $R_{П} \neq \infty$. Результаты опыта занести в таблицу А1 (Приложение А).

Опыт 2: Короткое замыкание на корпус электрооборудования в сети с изолированной нейтралью.

Схема и алгоритм проведения опыта остаётся прежней. Режим изолированной нейтрали питающей электрической сети моделируется отсутствием переключки между гнездом нейтральной точки трансформатора и гнездом сопротивления заземлителя R_0 в блоке трёхфазного трансформатора А2. При этом устанавливается значение сопротивления замыкания на землю $R_{зам} \neq \infty$. Результаты опыта занести в таблицу 2 (Приложение А).

После проведения опытов построить графики зависимостей $U=f(R_N)$ и $I=f(R_N)$ при установленных значениях $R_{П}$.

5 Требования к отчету

При формировании отчета, форма которого приведена в приложении А, нужно отразить следующие моменты:

- 1 По п. 9 порядка проведения лабораторной работы необходимо отразить результат замыкания на землю через $R_N = 1, 2, 3$ Ом и срабатывания защиты.
- 2 По п. 10 порядка проведения лабораторной работы 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 порядка проведения лабораторной работы необходимо описать влияние на действие зануления сопротивления повторного заземления нулевого проводника.
- 4 Необходимо сделать выводы по всем выполненным экспериментам согласно указаниям по проведению эксперимента (Приложение А: таблицы А1 и А2, результаты представить в виде графиков – по аналогии с рисунками А2 и А3).

6 Контрольные вопросы

- 1 Что такое защитное зануление?
- 2 В каких сетях используют зануление для обеспечения электробезопасности?
- 3 Каково назначение нулевого защитного проводника?
- 4 Дать определение «нейтралю».
- 5 В чем заключается разница между сетями с глухозаземленной и изолированной нейтралью?
- 6 Для чего предназначены повторные заземлители?
- 7 Каким должно быть время срабатывания защитной автоматики, предназначенной для отключения питающей сети с защитным занулением?

7 Список литературы

- 1 Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. доп. и испр. – М., 2005. – 640с.
- 2 Сенигов П.Н. Основы электробезопасности. Руководство по выполнению базовых экспериментов. ОЭБ.001 РБЭ (912). – Челябинск: ООО «Учебная техника», 2004. – 39 с.
- 3 Долин, П. А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Знак, 2000. – 440 с.
- 4 Межотраслевые правила по охране труда (Правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ РМ-016-2001. РД-153-34.003.150-0.090 (с изм. и доп.). – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 210 с.
- 5 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП). – М.: ЗАО «Энергосервис», 2003. – 286 с.
- 6 ГОСТ 12.1.009-76. ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 6 с.
- 7 ГОСТ 12.0.003-74, ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 4 с.

Приложения

Приложение А

Отчет по лабораторной работе НАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО ЗАНУЛЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Выполнили: _____

Цель работы: _____

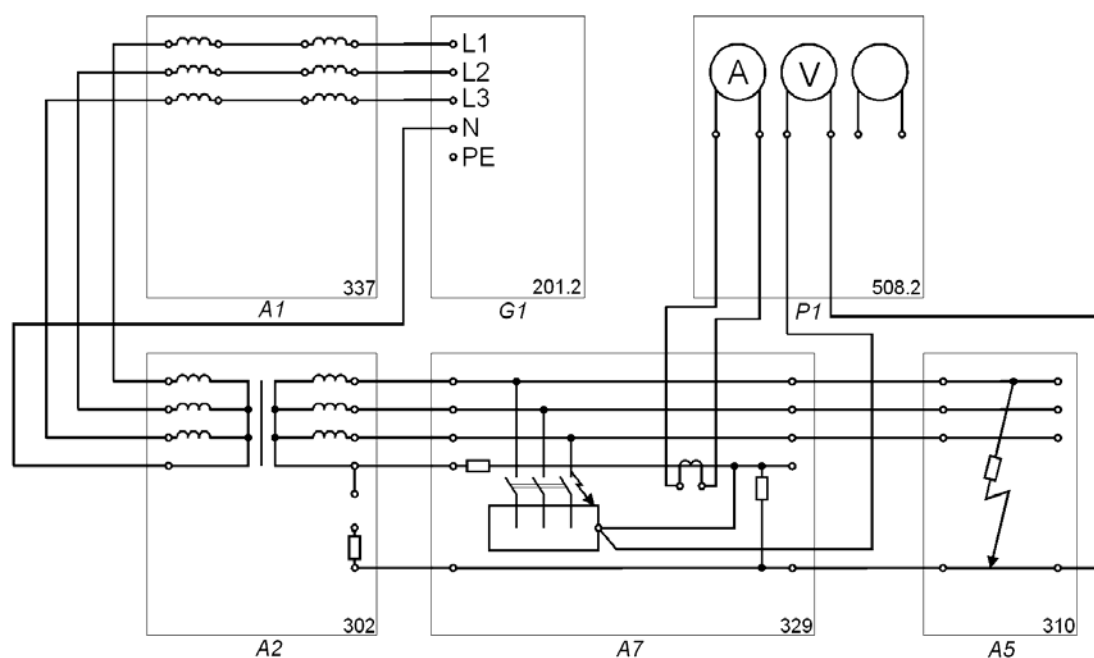


Рисунок А1 - Электрическая схема соединений

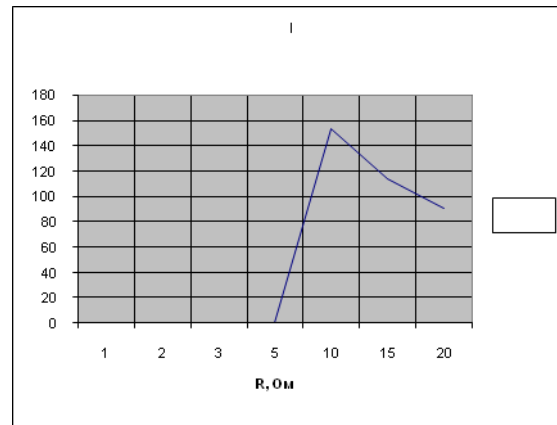
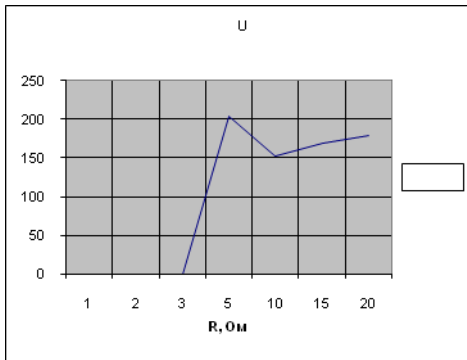
Опыт 1. Короткое замыкание на корпус электрооборудования в сети с глухозаземлённой нейтралью.

Таблица А1 - Результаты измерения сети с глухозаземлённой нейтралью

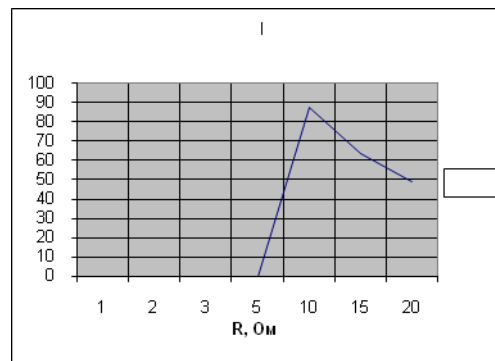
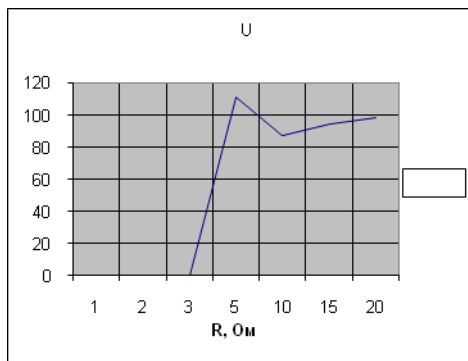
$R_N, \text{ Ом}$	$R_{\Pi}, \text{ Ом}$	$U, \text{ В}$	$I, \text{ А}$
1	∞		
2			
3			
5			
10			
15			
20			

Продолжение таблицы А1

$R_N, \text{ Ом}$	$R_{II}, \text{ Ом}$	$U, \text{ В}$	$I, \text{ А}$
1	20		
2			
3			
5			
10			
15			
20			
1	10		
2			
3			
5			
10			
15			
20			
1	8		
2			
3			
5			
10			
15			
20			
1	6		
2			
3			
5			
10			
15			
20			
1	4		
2			
3			
5			
10			
15			
20			
1	2		
2			
3			
5			
10			
15			
20			



$U=f(R_N)$ и $I=f(R_N)$ при $R_{\Pi} = 20 \text{ Ом}$ (опыт 1).



$U=f(R_N)$ и $I=f(R_N)$ при $R_{\Pi} = 4 \text{ Ом}$ (опыт 1).

Рисунок А2 – Характеристики короткого замыкания на корпус электрооборудования в сети с глухозаземлённой нейтралью

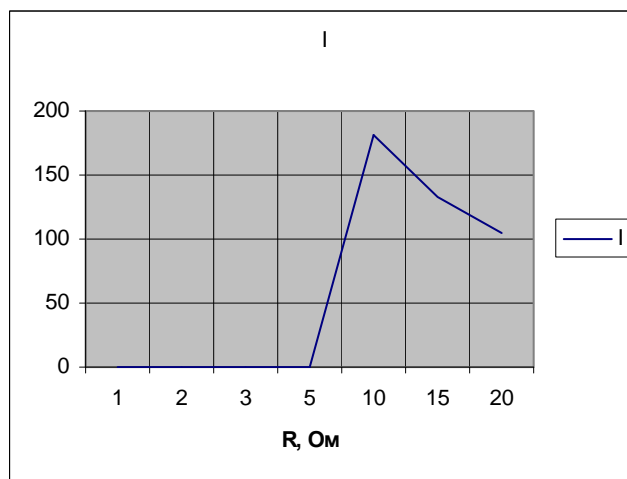
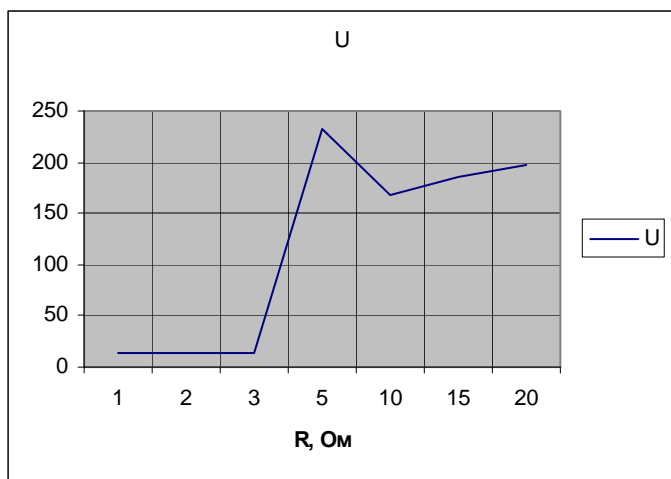
Опыт 2. Короткое замыкание на корпус электрооборудования в сети с изолированной нейтралью (при $R_{зам} = 1000 \text{ Ом}$).

Таблица А2 – результаты измерения в сети с изолированной нейтралью

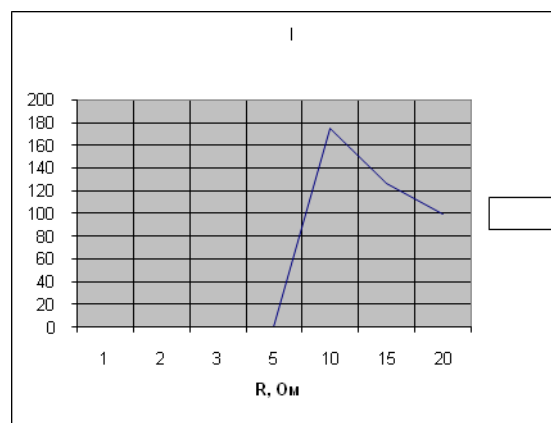
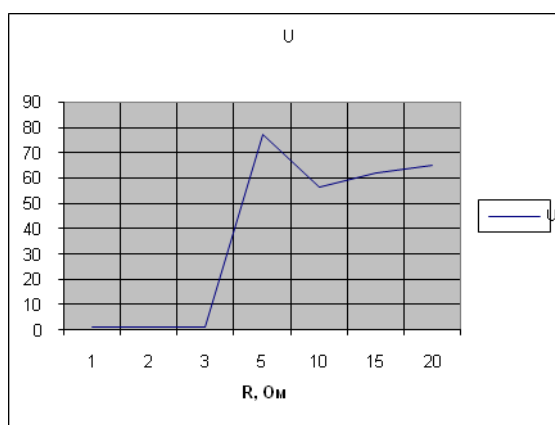
$R_N, \text{ Ом}$	$R_{\Pi}, \text{ Ом}$	$U, \text{ В}$	$I, \text{ А}$
1	∞		
2			
3			
5			
10			
15			
20			
1	20		
2			
3			
5			
10			
15			
20			

Продолжение таблицы А2

$R_N, \text{ Ом}$	$R_{II}, \text{ Ом}$	$U, \text{ В}$	$I, \text{ А}$
1	10		
2			
3			
5			
10			
15			
20			
20			
1	8		
2			
3			
5			
10			
15			
20			
20			
1	6		
2			
3			
5			
10			
15			
20			
20			
1	4		
2			
3			
5			
10			
15			
20			
20			



$U=f(R_N)$ и $I=f(R_N)$ при $R_{II} = 20$ Ом и $R_{зам} = 1000$ Ом (опыт 2).



$U=f(R_N)$ и $I=f(R_N)$ при $R_{II} = 4$ Ом и $R_{зам} = 1000$ Ом (опыт 2).

Рисунок А3 – Характеристики короткого замыкания на корпус электрооборудования в сети с изолированной нейтралью

Вывод:

ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Седьмое издание

Глава 1.7

ЗАЗЕМЛЕНИЕ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРЫ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ

(извлечения)

1.7.76 Требования защиты при косвенном прикосновении распространяются на:

- 1) корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т.п.;
- 2) приводы электрических аппаратов;
- 3) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемных или открывающихся частей, если на последних установлено электрооборудование напряжением выше 50 В переменного или 120 В постоянного тока (в случаях, предусмотренных соответствующими главами ПУЭ - выше 25 В переменного или 60 В постоянного тока);
- 4) металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции, кабельные муфты, оболочки и броню контрольных и силовых кабелей, оболочки проводов, рукава и трубы электропроводки, оболочки и опорные конструкции шинопроводов (токопроводов), лотки, короба, струны, тросы и полосы, на которых укреплены кабели и провода (кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с зануленной или заземленной металлической оболочкой или броней), а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;
- 5) металлические оболочки и броню контрольных и силовых кабелей и проводов на напряжения, не превышающие указанные в 1.7.53, проложенные на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т.п., с кабелями и проводами на более высокие напряжения;
- 6) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;
- 7) электрооборудование, установленное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

При применении в качестве защитной меры автоматического отключения питания указанные открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания в системе **TN** и заземлены в системах **IT** и **TT**.

1.7.110 Не допускается использовать в качестве заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей и трубопроводов канализации и центрального отопления. Указанные ограничения не исключают необходимости присоединения таких трубопроводов к заземляющему устройству с целью уравнивания потенциалов в соответствии с 1.7.82.

Не следует использовать в качестве заземлителей железобетонные конструкции зданий и сооружений с предварительно напряженной арматурой, однако это ограничение не распространяется на опоры ВЛ и опорные конструкции ОРУ.

Возможность использования естественных заземлителей по условию плотности протекающих по ним токов, необходимость сварки арматурных стержней железобетонных фундаментов и конструкций, приварки анкерных болтов стальных колонн к арматурным стержням железобетонных фундаментов, а также возможность пользования фундаментов в сильноагрессивных средах

должны быть определены расчетом.

1.7.121 В качестве **PE**-проводников в электроустановках напряжением до 1 кВ могут использоваться:

1) специально предусмотренные проводники:

- жилы многожильных кабелей;
- изолированные или неизолированные провода в общей оболочке с фазными проводами;
- стационарно проложенные изолированные или неизолированные проводники;

2) открытые проводящие части электроустановок:

- алюминиевые оболочки кабелей;
- стальные трубы электропроводок;
- металлические оболочки и опорные конструкции шинпроводов и комплектных устройств заводского изготовления.

Металлические короба и лотки электропроводок можно использовать в качестве защитных проводников при условии, что конструкцией коробов и лотков предусмотрено такое использование, о чем имеется указание в документации изготовителя, а их расположение исключает возможность механического повреждения;

3) некоторые сторонние проводящие части:

- металлические строительные конструкции зданий и сооружений (фермы, колонны и т.п.);
- арматура железобетонных строительных конструкций зданий при условии выполнения требований 1.7.122;
- металлические конструкции производственного назначения (подкрановые рельсы, галереи, площадки, шахты лифтов, подъемников, элеваторов, обрамления каналов и т.п.).

1.7.122 Использование открытых и сторонних проводящих частей в качестве **PE**-проводников допускается, если они отвечают требованиям настоящей главы к проводимости и непрерывности электрической цепи.

Сторонние проводящие части могут быть использованы в качестве **PE**-проводников, если они, кроме того, одновременно отвечают следующим требованиям:

- 1) непрерывность электрической цепи обеспечивается либо их конструкцией, либо соответствующими соединениями, защищенными от механических, химических и других повреждений;
- 2) их демонтаж невозможен, если не предусмотрены меры по сохранению непрерывности цепи и ее проводимости.

1.7.123 Не допускается использовать в качестве **PE**-проводников:

- металлические оболочки изоляционных трубок и трубчатых проводов, несущие тросы при тросовой электропроводке, металлорукава, а также свинцовые оболочки проводов и кабелей;
- трубопроводы газоснабжения и другие трубопроводы горючих и взрывоопасных веществ и смесей, трубы канализации и центрального отопления;
- водопроводные трубы при наличии в них изолирующих вставок.

Микуров Алексей Иванович

Смирнова Нина Калиновна

НАТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАЩИТНОГО ЗАНУЛЕНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для студентов направлений

090303.65, 140400.62, 150700.62, 151900.62, 190100.62, 190109.65, 190110.65,
190600.62, 190700.62, 220400.62, 220700.62, 221700.62, 222000.62, 231000.62
280700.62

Редактор Е.А. Устюгова

Подписано к печати	Формат 60x84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл. печ. л. 1,5	Уч.-изд.л. 1,5
Заказ	Тираж 90	Цена свободная

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