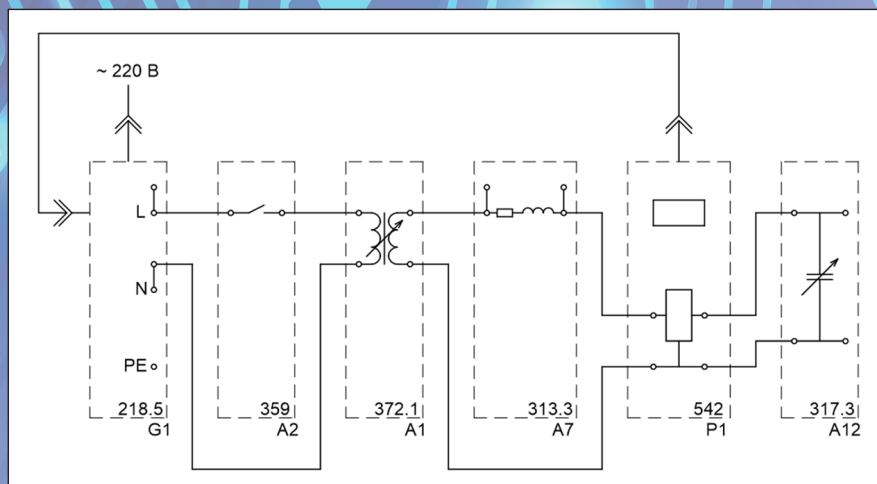


О.В. Федяй

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Лабораторный практикум



УДК 621.311(075.8)

ББК 31.27я73

Рецензенты:

канд. техн. наук, инженер отдела анализа и прогнозирования

ООО «ТольяттиЭнергосбыт» *П.А. Шастин;*

канд. техн. наук, доцент Тольяттинского государственного
университета *В.И. Платов.*

Федяй, О.В. Электроэнергетические системы и сети : лабораторный практикум / О.В. Федяй. – Тольятти : Издательство ТГУ, 2025. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1696-5.

В лабораторном практикуме изложены цель, программа выполнения лабораторных работ, приведены контрольные вопросы, список используемых источников для углубленного изучения теоретического материала.

Предназначен для обучающихся очной формы обучения по направлению подготовки бакалавра 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» основной профессиональной образовательной программы высшего образования.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8/10; PIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader; интернет-браузер.

© Федяй О.В., 2025

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», 2025

Учебное издание

Федяй Олег Валерьевич

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Редактор *Т.В. Антонова*

Технический редактор *Н.П. Крюкова*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Художественное оформление,

компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

В оформлении пособия использовано изображение
от freepik на сайте ru.freepik.com

Дата подписания к использованию 24.04.2025.

Объем издания 2,5 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск,
первичная упаковка.

Тираж 50 экз. Заказ № 1-03-24.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. 8 (8482) 44-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

Введение	5
Требования к технике безопасности при выполнении лабораторных работ	6
Лабораторная работа 1. Режимы работы электроприемников	8
Лабораторная работа 2. Установившиеся режимы элементов электрической сети	17
Лабораторная работа 3. Установившиеся режимы электрических сетей	24
Лабораторная работа 4. Регулирование напряжения в электрических сетях	33
Лабораторная работа 5. Исследование режимов нейтрали электрических сетей выше 1000 В	45
Заключение	52
Библиографический список	53
Приложение	55

ВВЕДЕНИЕ

Цель изучения дисциплины «Электроэнергетические системы и сети» — получение разносторонних знаний об электроэнергетических системах и сетях.

В ходе изучения учебного курса «Электроэнергетические системы и сети» перед студентами ставятся следующие задачи:

1. Ознакомиться с составом и характеристиками оборудования электроэнергетических систем и сетей.
2. Ознакомиться с режимами работы оборудования электроэнергетических систем и сетей.

Цель лабораторного практикума — сформировать у студентов знания в области эксплуатации электроэнергетических систем и сетей.

Задачи лабораторного практикума:

1. Получение студентом практических навыков по работе с устройствами и оборудованием, эксплуатируемыми в электроэнергетических системах и сетях.
2. Изучение методов проведения эксперимента и обработки результатов измерений при выполнении физического эксперимента.

В результате выполнения лабораторных работ студенты должны:

1. Получить практический опыт чтения и сборки электрических схем, а также работы с электрооборудованием.
2. Научиться снимать показания электроизмерительных приборов, обрабатывать полученные данные и на их основе делать выводы о характере исследуемых процессов.
3. На основе составления отчетов по лабораторным работам получить навыки оформления электротехнической документации.
4. Получить практические навыки по управлению электрооборудованием и технике безопасности при работе с ним.

ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

При работе в лаборатории во избежание несчастных случаев, а также преждевременного выхода из строя приборов и электрооборудования, студент должен строго выполнять следующие правила:

1. Приступая в лаборатории к работе, студент должен ознакомиться с правилами внутреннего распорядка и техники безопасности.

2. После ознакомления с правилами внутреннего распорядка и инструктажа по технике безопасности студент должен расписаться в соответствующем журнале.

3. Во время работы на лабораторных стендах не должно быть никаких лишних предметов, не используемых в схемах проводов и приборов.

4. В лаборатории запрещается громко разговаривать, покидать рабочие места и переходить от одного стенда к другому.

5. Приступая к работе в лаборатории, студенческая группа делится на бригады по 2—4 человека, которые затем распределяются по лабораторным стендам.

6. Монтаж схем необходимо вести при отключенном питании лабораторного стенда в строгом соответствии со схемой, представленной в лабораторном практикуме.

7. При сборке электрической цепи необходимо следить за тем, чтобы соединительные провода не перегибались и не скручивались петлями. Приборы и электрооборудование расставляются так, чтобы было удобно ими пользоваться.

8. Собранная электрическая цепь предъявляется для проверки преподавателю или учебному мастеру.

9. Включение электрической цепи под напряжение (после проверки) производится только с разрешения и в присутствии преподавателя или учебного мастера.

10. Перед включением напряжения следует предупредить об этом всех участников работы. Необходимо убедиться, что никому из них не угрожает опасность попасть под напряжение.

11. Переключения и исправления в собранной электрической цепи разрешается производить только при отключенном напряжении питания.

12. Запрещается прикасаться пальцами, карандашами и другими предметами к оголенным токоведущим частям электрической цепи, находящимся под напряжением.

13. Во время работы на лабораторных стендах запрещается отходить от приборов и оборудования, находящихся под напряжением.

14. Запрещается без разрешения преподавателя или учебного мастера переносить приборы с одного места на другое и трогать оборудование, не используемое в данной работе.

15. При работе с конденсаторами следует помнить, что на их зажимах, отключенных от сети, некоторое время сохраняется электрический заряд, могущий быть причиной поражения электрическим током.

16. После выполнения лабораторной работы необходимо выключить напряжение питания стенда, разобрать исследуемую электрическую цепь и привести в порядок рабочее место.

17. При обнаружении неисправностей в электрической цепи необходимо немедленно отключить ее от питающей сети и сообщить об этом преподавателю или учебному мастеру.

18. В случае поражения человека электрическим током необходимо немедленно обесточить стенд, выключив напряжение питания. При потере сознания и остановке дыхания необходимо немедленно освободить пострадавшего от стесняющей его одежды и делать искусственное дыхание до прибытия врача.

Лабораторная работа 1

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ

Цель работы: изучение статических характеристик различного типа нагрузок.

План проведения занятия

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы, установить, в чем состоит основная цель и задача работы.
2. Подготовить бланк отчета по лабораторной работе, который должен содержать: титульный лист, цель работы, описание лабораторной установки, алгоритм проведения эксперимента, электрическую схему соединений, необходимые таблицы.
3. Не подготовленные к работе студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Задание на подготовку лабораторной работы и оформление отчета выполняются самостоятельно во внеаудиторное время.

Выполнение лабораторной работы

К выполнению лабораторной работы студенты допускаются после проверки преподавателем наличия бланка отчета, знаний материала и порядка выполнения лабораторной работы.

Сборку электрической цепи необходимо производить в точном соответствии с заданием. По окончании сборки электрическая цепь должна быть предъявлена для проверки. Включать цепь под напряжением можно только с разрешения преподавателя или учебного мастера. Запись показаний всех приборов в процессе выполнения лабораторной работы следует производить по возможности одновременно и быстро. Результаты опыта предъявляются для проверки преподавателю до разборки электрической цепи. Разбирать электрическую цепь, а также переходить к сборке новой можно только по разрешению преподавателя при отключенном напряжении питания. После окончания работы в лаборатории рабочее место должно

быть приведено в порядок. В течение всего времени занятий в лаборатории студенты обязаны находиться на своих рабочих местах. Выходить из помещения лаборатории во время занятий можно только с разрешения преподавателя.

Оформление итогового отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом. Отчет по лабораторной работе должен содержать: цель работы, описание лабораторной установки, алгоритм проведения эксперимента, электрическую схему соединений, результаты эксперимента (таблицы данных, графики экспериментальных зависимостей и т. д.), выводы по работе. Все графические материалы (рисунки, чертежи, графики, схемы и т. д.) должны быть выполнены в соответствии с ЕСКД. При оформлении отчета по лабораторной работе следует руководствоваться требованиями ГОСТа 7.32–2017 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Оборудование и материалы

Таблица 1.1

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.5	~220 В / 10 А
A1	Однофазный трансформатор	372.1	80 ВА 220 / 198...242 В
A2	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В / 0,5 А
A3	Активная нагрузка	306.4	~220 В / 0...30 Вт
A5	Индуктивная нагрузка	324.4	~220 В / 0...30 Вар
A12	Емкостная нагрузка	317.3	~220 В / 0...30 вар
A7	Модель линии электропередачи	313.3	~220 В / 0,3 А
P1	Измеритель параметров однофазной сети	542	0...500 В / 0...5 А 2500 ВА

Эксперимент первый

Снятие статической характеристики мощности по напряжению резистивной нагрузки.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема соединений представлена на рис. 1.1. Она состоит из однофазного источника питания G1 (218.5); автоматического однополюсного выключателя A2 (359); однофазного трансформатора A1 (372.1); измерителя параметров однофазной сети P1 (542); активной нагрузки A3 (306.4).

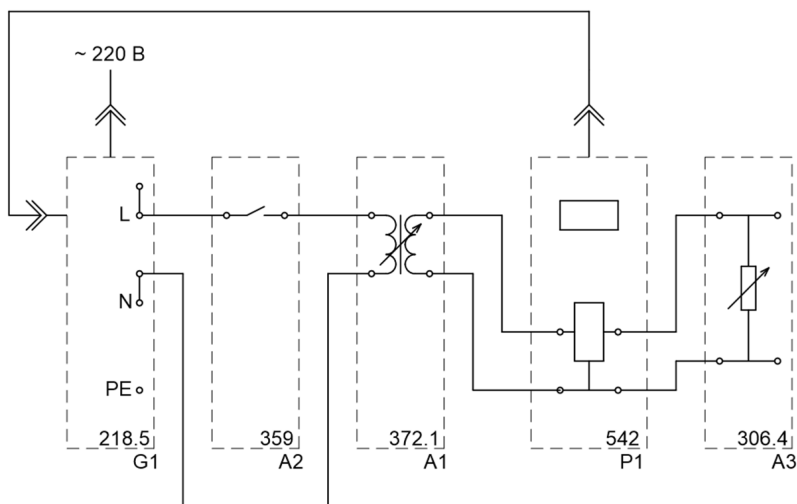


Рис. 1.1. Схема для снятия статической характеристики мощности по напряжению резистивной нагрузки

Алгоритм проведения эксперимента

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления $\oplus$ устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.
3. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, приведенной на рис. 1.1.

4. Установите переключателями желаемую величину активной нагрузки А3, например 100 %.

5. Установите максимальный коэффициент трансформации трансформатора А1.

6. Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.

7. Включите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.

8. Включите выключатель А2.

9. Уменьшая коэффициент трансформации трансформатора А1, изменяйте напряжение U на активной (резистивной) нагрузке А2 и заносите показания измерителя Р1 (напряжение U и активную мощность P , потребляемую активной (резистивной) нагрузкой А2) в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Результаты снятия статической характеристики мощности по напряжению резистивной нагрузки

U , В										
P , Вт										

10. По завершении эксперимента отключите источник G1 и выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.

11. Используя данные табл. 1.2, постройте искомую статическую характеристику по напряжению $P = f(U)$ резистивной нагрузки.

Эксперимент второй

Снятие статической характеристики мощности по напряжению реактора.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема соединений представлена на рис. 1.2. Она состоит из однофазного источника питания G1 (218.5); автоматического однополюсного выключателя А2 (359); однофазного трансформатора А1 (372.1); измерителя параметров однофазной сети Р1 (542); индуктивной нагрузки А5 (324.4).

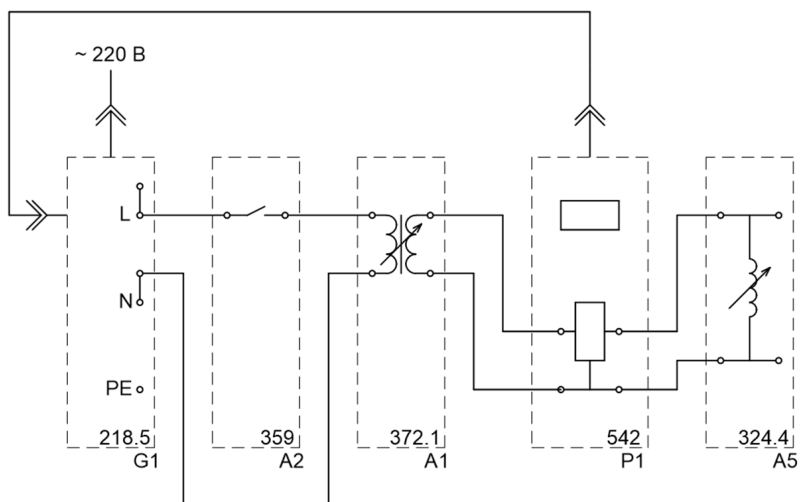


Рис. 1.2. Схема для снятия статической характеристики мощности по напряжению реактора

Алгоритм проведения эксперимента

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления $\oplus$ устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.
3. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, приведенной на рис. 1.2.
4. Установите переключателями желаемую величину индуктивной нагрузки A5, например 100 %.
5. Установите максимальный коэффициент трансформации трансформатора A1.
6. Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
7. Включите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
8. Включите выключатель A2.

9. Уменьшая коэффициент трансформации трансформатора А1, изменяйте напряжение U на индуктивной нагрузке А4 (реакторе) и заносите показания измерителя Р1 (напряжение U и реактивную мощность Q , потребляемую индуктивной нагрузкой А4 (реактором)) в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Результаты снятия статической характеристики мощности по напряжению реактора

U , В										
Q , вар										

10. По завершении эксперимента отключите источник G1 и выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.

11. Используя данные табл. 1.3, постройте искомую статическую характеристику по напряжению $Q = f(U)$ реактора.

Эксперимент третий

Снятие статической характеристики мощности по напряжению батареи конденсаторов.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема соединений представлена на рис. 1.3. Она состоит из однофазного источника питания G1 (218.5); автоматического однополюсного выключателя А2 (359); однофазного трансформатора А1 (372.1); модели линии электропередачи А7 (313.3); измерителя параметров однофазной сети Р1 (542); емкостной нагрузки А12 (317.3).

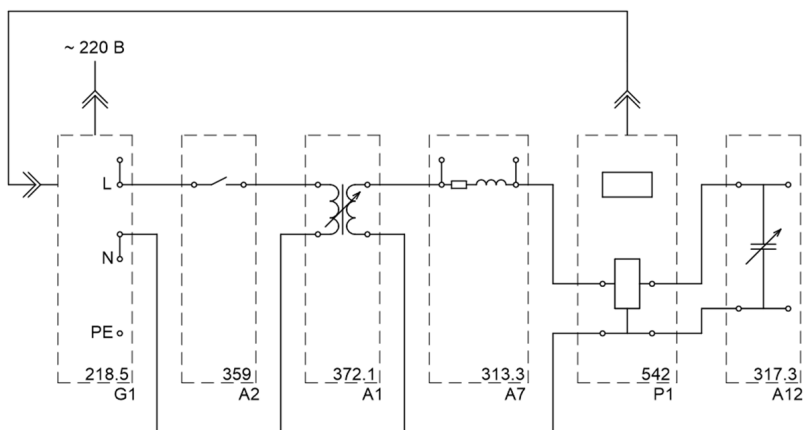


Рис. 1.3. Схема для снятия статической характеристики мощности по напряжению батареи конденсаторов

Алгоритм проведения эксперимента

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
3. Соедините гнезда защитного заземления $\oplus$ устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.
4. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, приведенной на рис. 1.3.
5. Установите переключателями желаемые параметры модели A7 линии электропередачи, например, 50 Ом; 0,15 Гн.
6. Установите переключателями желаемую величину емкостной нагрузки A12, например 100 %.
7. Установите максимальный коэффициент трансформации трансформатора A1.
8. Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
9. Включите выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.
10. Включите выключатель A2.

11. Уменьшая коэффициент трансформации трансформатора А1, изменяйте напряжение U на емкостной нагрузке А6 (батареи конденсаторов) и заносите показания измерителя Р1 (напряжение U и реактивную мощность Q , генерируемую емкостной нагрузкой А6 (батареи конденсаторов)) в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Результаты снятия статической характеристики мощности по напряжению батареи конденсаторов

U , В										
Q , вар										

12. По завершении эксперимента отключите источник G1 и выключатели «СЕТЬ» блоков, задействованных в эксперименте.

13. Используя данные табл. 1.4, постройте искомую статическую характеристику по напряжению $Q = f(U)$ батареи конденсаторов.

Сравнительный анализ результатов эксперимента

После проведения работы проанализируйте полученные статические характеристики.

Форма отчета по лабораторной работе

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Используемое оборудование и материалы.
4. Описание лабораторной установки.
5. Алгоритм проведения эксперимента.
6. Результаты измерений.
7. Вывод.

Вывод по лабораторной работе

По результатам лабораторной работы сделайте выводы о характере изменения активной и реактивной мощности различными электроприемниками при отклонении напряжения от номинального значения.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под нагрузкой в электроэнергетической системе?
2. Что такое электроприемник?
3. Перечислите основные виды электроприемников в электроэнергетической системе.
4. Что такое реактор и его назначение в электрических сетях?
5. Что такое батарея конденсаторов и ее назначение в электрических сетях?
6. Что понимается под статической характеристикой нагрузки?
7. Что такое регулирующий эффект нагрузки?
8. Какие существуют методы получения статических характеристик нагрузки?

Лабораторная работа 2

УСТАНОВИВШИЕСЯ РЕЖИМЫ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Цель работы: исследование установившихся режимов элементов электрической сети.

План проведения занятия

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы, установить, в чем состоит основная цель и задача работы.
2. Подготовить бланк отчета по лабораторной работе, который должен содержать: титульный лист, цель работы, описание лабораторной установки, алгоритм проведения эксперимента, электрическую схему соединений, необходимые таблицы.
3. Неподготовленные к работе студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Задание на подготовку лабораторной работы и оформление отчета выполняются самостоятельно во внеаудиторное время.

Выполнение лабораторной работы

К выполнению лабораторной работы студенты допускаются после проверки преподавателем наличия бланка отчета, знаний материала и порядка выполнения лабораторной работы.

Сборку электрической цепи необходимо производить в точном соответствии с заданием. По окончании сборки электрическая цепь должна быть предъявлена для проверки. Включать цепь под напряжением можно только с разрешения преподавателя или учебного мастера. Запись показаний всех приборов в процессе выполнения лабораторной работы следует производить по возможности одновременно и быстро. Результаты опыта предъявляются для проверки преподавателю до разборки электрической цепи. Разбирать электрическую цепь, а также переходить к сборке новой можно только по разрешению преподавателя при отключенном напряжении пита-

ния. После окончания работы в лаборатории рабочее место должно быть приведено в порядок. В течение всего времени занятий в лаборатории студенты обязаны находиться на своих рабочих местах. Выходить из помещения лаборатории во время занятий можно только с разрешения преподавателя.

Оформление итогового отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом. Отчет по лабораторной работе должен содержать: цель работы, описание лабораторной установки, алгоритм проведения эксперимента, электрическую схему соединений, результаты эксперимента (таблицы данных, графики экспериментальных зависимостей и т. д.), выводы по работе. Все графические материалы (рисунки, чертежи, графики, схемы и т. д.) должны быть выполнены в соответствии с ЕСКД. При оформлении отчета по лабораторной работе следует руководствоваться требованиями ГОСТа 7.32–2017 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Оборудование и материалы

Таблица 2.1

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.5	~220 В / 10 А
A1	Однофазный трансформатор	372.1	80 ВА 220 / 198...242 В
A2	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В / 0,5 А
A3, A4	Активная нагрузка	306.4	~220 В / 0...30 Вт
A5, A6	Индуктивная нагрузка	324.4	~220 В / 0...30 вар
A7	Модель линии электропередачи	313.3	~220 В / 0,3 А
P1, P2	Измеритель параметров однофазной сети	542	0...500 В / 0...5 А 2500 ВА

Эксперимент первый

Натурное моделирование установившегося режима работы однофазного трансформатора.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема соединений представлена на рис. 2.1. Она состоит из однофазного источника питания G1 (218.5); автоматического однополюсного выключателя A2 (359); измерителя параметров однофазной сети P1, P2 (542); однофазного трансформатора A1 (372.1); активной нагрузки A3, A4 (306.4); индуктивной нагрузки A5, A6 (324.4).

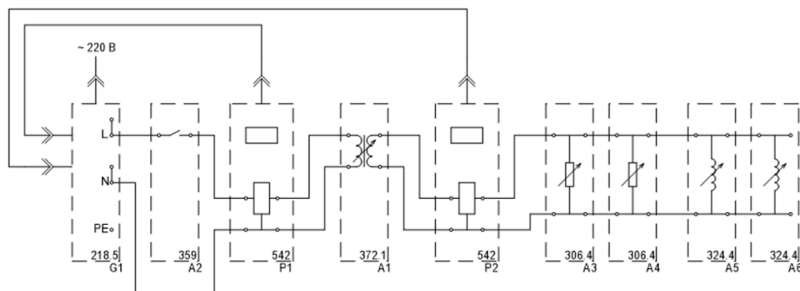


Рис. 2.1. Схема для измерения параметров установившегося режима работы однофазного трансформатора [7, с. 1]

Алгоритм проведения эксперимента

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления $\oplus$ устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.
3. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, приведенной на рис. 2.1.
4. Отключите (если включен) выключатель A2.
5. Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1, например равным 1,0.
6. Установите переключателями желаемые параметры нагрузок A3...A6 равными, например, 50 %.

7. Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.

8. Включите выключатели «СЕТЬ» измерителей параметров P1 и P2.

9. Включите выключатель A2.

10. Кнопкой «<» измерителей P1 и P2 выберите и запишите в табл. 2.2 отображаемые параметры режима на первичной и вторичной сторонах трансформатора A1 (напряжения, токи, активные, реактивные, полные мощности, коэффициенты мощности).

Таблица 2.2

Результаты снятия параметров установившегося режима работы
однофазного трансформатора

	U , В	I , А	P , Вт	Q , вар	S , ВА	$\cos \varphi$
Первичная сторона						
Вторичная сторона						

11. По завершении эксперимента отключите выключатель A2, источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителей параметров P1 и P2.

Эксперимент второй

Натурное моделирование установившегося режима работы фазы линии электропередачи.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема соединений представлена на рис. 2.2. Она состоит из однофазного источника питания G1 (218.5); автоматического однополюсного выключателя A2 (359); измерителя параметров однофазной сети P1, P2 (542); модели линии электропередачи A7 (313.3); активной нагрузки A3, A4 (306.4); индуктивной нагрузки A5, A6 (324.4).

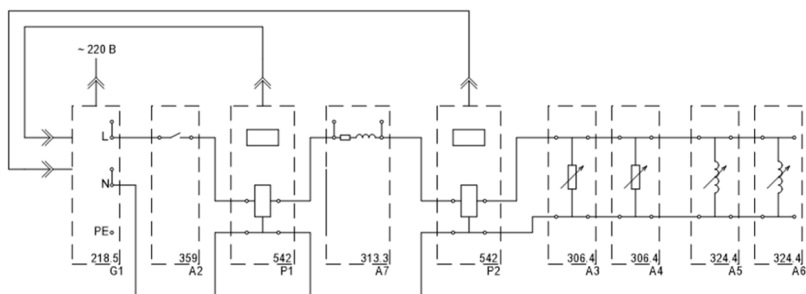


Рис. 2.2. Схема для измерения параметров установившегося режима работы фазы линии электропередачи

Алгоритм проведения эксперимента

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления $\oplus$ устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.
3. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, приведенной на рис. 2.2.
4. Отключите (если включен) выключатель A2.
5. Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1, например равным 1,0.
6. Установите переключателями желаемые параметры модели A7, линии электропередачи и нагрузок A3...A6 соответственно равными, например, 50 Ом; 0,15 Гн и 50 %.
7. Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
8. Включите выключатели «СЕТЬ» измерителей параметров P1 и P2.
9. Включите выключатель A2.
10. Кнопкой «<» измерителей P1 и P2 выберите и запишите в табл. 2.3 отображаемые параметры режима в начале и конце модели A7 линии электропередачи (напряжения, токи, активные, реактивные и полные мощности).

Таблица 2.3

Результаты снятия параметров установившегося режима работы
однофазного трансформатора

	U , В	I , А	P , Вт	Q , вар	S , ВА
Начало линии					
Конец линии					

11. По завершении эксперимента отключите выключатель А2, источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителей параметров Р1 и Р2.

Сравнительный анализ результатов эксперимента

После проведения работы проанализируйте полученные данные установившихся режимов.

Форма отчета по лабораторной работе

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Используемое оборудование и материалы.
4. Описание лабораторной установки.
5. Алгоритм проведения эксперимента.
6. Результаты измерений.
7. Вывод.

Вывод по лабораторной работе

По результатам лабораторной работы охарактеризуйте установившийся режим каждого исследуемого объекта.

Контрольные вопросы

1. Что такое режим энергетической системы?
2. Назовите основные значения параметров режима.
3. Назовите основные виды режимов электроэнергетических систем.
4. Какой режим работы называется установившимся?
5. Дайте определение воздушной линии электропередачи.
6. Дайте определение кабельной линии электропередачи.
7. Назовите основные преимущества и недостатки воздушной линии электропередачи (в сравнении с кабельными линиями).
8. Назовите основные преимущества и недостатки кабельной линии электропередачи (в сравнении с воздушными линиями).
9. Что такое силовой трансформатор? Поясните принцип работы силового трансформатора.

Лабораторная работа 3

УСТАНОВИВШИЕСЯ РЕЖИМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Цель работы: изучение установившихся режимов электрических сетей.

План проведения занятия

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы, установить, в чем состоит основная цель и задача работы.
2. Подготовить бланк отчета по лабораторной работе, который должен содержать: титульный лист, цель работы, описание лабораторной установки, алгоритм проведения эксперимента, электрическую схему соединений, необходимые таблицы.
3. Неподготовленные к работе студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Задание на подготовку лабораторной работы и оформление отчета выполняются самостоятельно во внеаудиторное время.

Выполнение лабораторной работы

К выполнению лабораторной работы студенты допускаются после проверки преподавателем наличия бланка отчета, знаний материала и порядка выполнения лабораторной работы.

Сборку электрической цепи необходимо производить в точном соответствии с заданием. По окончании сборки электрическая цепь должна быть предъявлена для проверки. Включать цепь под напряжением можно только с разрешения преподавателя или учебного мастера. Запись показаний всех приборов в процессе выполнения лабораторной работы следует производить по возможности одновременно и быстро. Результаты опыта предъявляются для проверки преподавателю до разборки электрической цепи. Разбирать электрическую цепь, а также переходить к сборке новой можно только по разрешению преподавателя при отключенном напряжении пита-

ния. После окончания работы в лаборатории рабочее место должно быть приведено в порядок. В течение всего времени занятий в лаборатории студенты обязаны находиться на своих рабочих местах. Выходить из помещения лаборатории во время занятий можно только с разрешения преподавателя.

Оформление итогового отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом. Отчет по лабораторной работе должен содержать: цель работы, описание лабораторной установки, алгоритм проведения эксперимента, электрическую схему соединений, результаты эксперимента (таблицы данных, графики экспериментальных зависимостей и т. д.), выводы по работе. Все графические материалы (рисунки, чертежи, графики, схемы и т. д.) должны быть выполнены в соответствии с ЕСКД. При оформлении отчета по лабораторной работе следует руководствоваться требованиями ГОСТа 7.32–2017 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Оборудование и материалы

Таблица 3.1

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.5	~220 В / 10 А
A1	Однофазный трансформатор	372.1	80 ВА 220 / 198...242 В
A2	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В / 0,5 А
A3, A4	Активная нагрузка	306.4	~220 В / 0...30 Вт
A5, A6	Индуктивная нагрузка	324.4	~220 В / 0...30 вар
A7...A9	Модель линии электропередачи	313.3	~220 В / 0,3 А

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A10	Коммутатор измерителя мощностей	349	5 положений
P1, P2	Измеритель параметров однофазной сети	542	0...500 В / 0...5 А 2500 ВА

Эксперимент первый

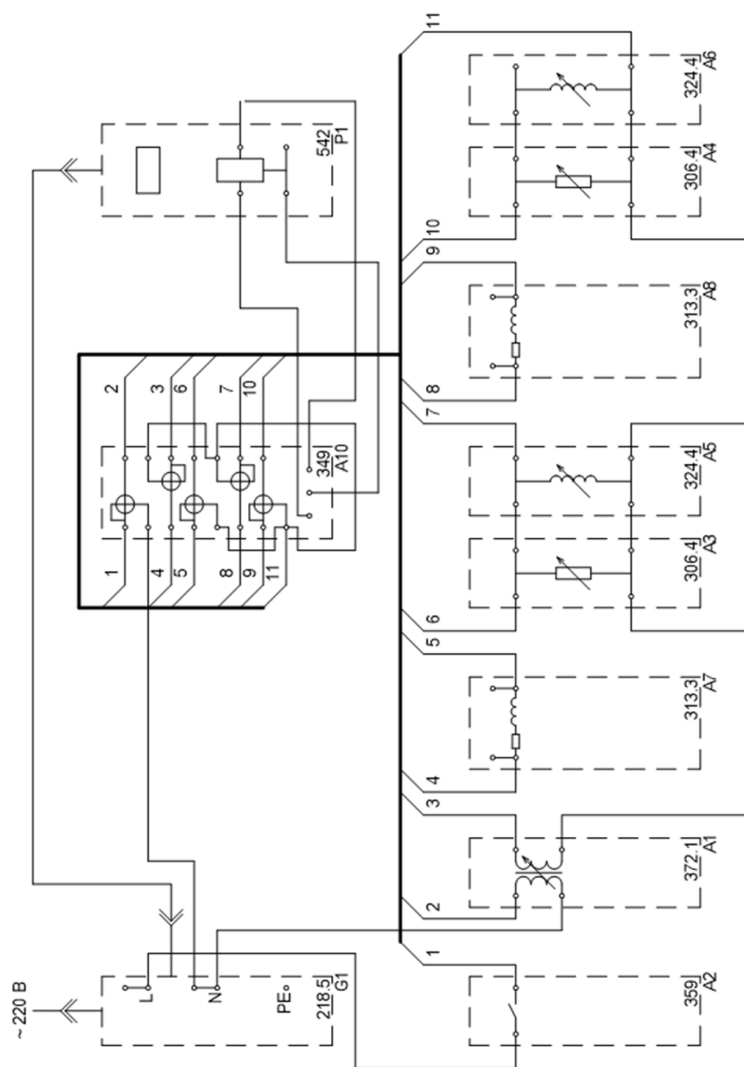
Натурное моделирование установившегося режима работы фазы электрической сети с односторонним питанием.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема соединений представлена на рис. 3.1. Она состоит из однофазного источника питания G1 (218.5); автоматического однополюсного выключателя A2 (359); однофазного трансформатора A1 (372.1); модели линии электропередачи A7, A8, A9 (313.3); активной нагрузки A3, A4 (306.4); индуктивной нагрузки A5, A6 (324.4); измерителя параметров однофазной сети P1, P2 (542); коммутатора измерителя мощностей A10 (349).

Алгоритм проведения эксперимента

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления $\oplus$ устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.
3. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, приведенной на рис. 3.1.
4. Отключите (если включен) выключатель A2.
5. Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1, например равным 1,0.
6. Установите переключателями желаемые параметры моделей A7, A8 линий электропередачи и нагрузок A3...A6 соответственно равными, например, 50 Ом; 0,15 Гн и 50 %.
7. Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.



8. Включите выключатель «СЕТЬ» измерителя P1.

9. Включите выключатель A2.

10. Меняя положение переключателя коммутатора A10, с помощью измерителя P1, манипулируя кнопкой «<», определяйте величины напряжения, токов, потоков активной, реактивной и полной мощностей на интересующих участках исследуемой сети (при положениях 1, 2, 3, 4, 5 переключателя коммутатора A10 измеряются параметры режима соответственно на входе трансформатора A1, в начале и конце линии электропередачи A7, начале и конце линии электропередачи A8) и занесите их в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Результаты снятия параметров установившегося режима работы фазы электрической сети с односторонним питанием

	Положение коммутатора измерителя мощностей				
	1	2	3	4	5
U , В					
I , А					
P , Вт					
Q , вар					
S , ВА					

11. По завершении эксперимента отключите выключатель A2, источник G1, выключатель «СЕТЬ» измерителя P1.

Эксперимент второй

Натурное моделирование установившегося режима работы фазы электрической сети с двухсторонним питанием.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема соединений представлена на рисунке 3.2. Она состоит из однофазного источника питания G1 (218.5); автоматического однополюсного выключателя A2 (359); однофазного трансформатора A1 (372.1); модели линии электропередачи A7, A8, A9 (313.3); активной нагрузки A3, A4 (306.4); индуктивной нагрузки A5, A6 (324.4); измерителя параметров однофазной сети P1, P2 (542); коммутатора измерителя мощностей A10 (349).

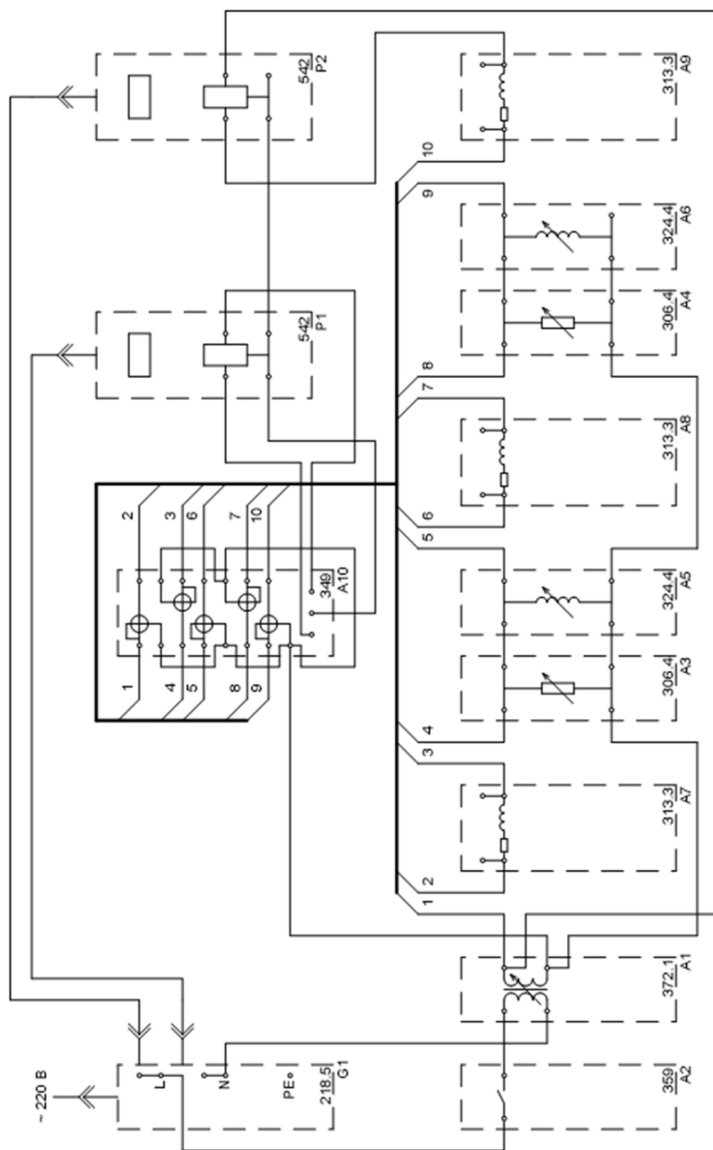


Рис. 3.2. Схема для измерения параметров установившегося режима работы фазы электрической сети с двусторонним питанием [7, с. 3]

Алгоритм проведения эксперимента

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления $\oplus$ устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.
3. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, приведенной на рис. 3.2.
4. Отключите (если включен) выключатель A2.
5. Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1, например равным 1,0.
6. Установите переключателями желаемые параметры моделей A7...A9 линий электропередачи и нагрузок A3...A6 соответственно равными, например, 50 Ом; 0,15 Гн и 50 %.
7. Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
8. Включите выключатели «СЕТЬ» измерителей P1 и P2.
9. Включите выключатель A2.
10. Меняя положение переключателя коммутатора A10, с помощью измерителя P1, манипулируя кнопкой «<», определяйте величины напряжения, токов, потоков активной, реактивной и полной мощностей на интересующих участках исследуемой сети (при положениях 1, 2, 3, 4, 5 переключателя коммутатора A10 измеряются параметры режима соответственно в начале и конце линии электропередачи A7, начале и конце линии электропередачи A8, начале линии электропередачи A9) и занесите их в табл. 3.3.
11. С помощью измерителя P2, манипулируя кнопкой «<», определяйте величины напряжения, токов, потоков активной, реактивной и полной мощностей в конце линии электропередачи A9. Полученные данные занесите в табл. 3.3.
12. По завершении эксперимента отключите выключатель A2, источник G1, выключатели измерителей P1 и P2.

Таблица 3.3

Результаты снятия параметров установившегося режима работы фазы электрической сети с двухсторонним питанием

	Положение коммутатора измерителя мощностей P1					Измеритель P2
	1	2	3	4	5	
U , В						
I , А						
P , Вт						
Q , вар						
S , ВА						

Сравнительный анализ результатов эксперимента

По окончании экспериментов выявите различия в работе сетей с односторонним и двухсторонним питанием.

Форма отчета по лабораторной работе

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Используемое оборудование и материалы.
4. Описание лабораторной установки.
5. Алгоритм проведения эксперимента.
6. Результаты измерений.
7. Вывод.

Вывод по лабораторной работе

По результатам лабораторной работы охарактеризуйте электрические сети с односторонним и двухсторонним питанием.

Контрольные вопросы

1. Как классифицируют электрические сети по виду тока?
2. Как классифицируют электрические сети по номинальному напряжению?
3. Как классифицируют электрические сети по функциональному назначению?
4. Каково предназначение питающих сетей?
5. Каково предназначение распределительных сетей?
6. Каково предназначение системообразующих сетей?
7. Каково предназначение районных сетей?
8. Каково предназначение местных сетей?
9. Как классифицируют электрические сети по конфигурации?

Лабораторная работа 4

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Цель работы: исследование способов регулирования напряжения в электрических сетях.

План проведения занятия

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы, установить, в чем состоит основная цель и задача работы.
2. Подготовить бланк отчета по лабораторной работе, который должен содержать: титульный лист, цель работы, описание лабораторной установки, алгоритм проведения эксперимента, электрическую схему соединений, необходимые таблицы.
3. Неподготовленные к работе студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Задание на подготовку лабораторной работы и оформление отчета выполняются самостоятельно во внеаудиторное время.

Выполнение лабораторной работы

К выполнению лабораторной работы студенты допускаются после проверки преподавателем наличия бланка отчета, знаний материала и порядка выполнения лабораторной работы.

Сборку электрической цепи необходимо производить в точном соответствии с заданием. По окончании сборки электрическая цепь должна быть предъявлена для проверки. Включать цепь под напряжением можно только с разрешения преподавателя или учебного мастера. Запись показаний всех приборов в процессе выполнения лабораторной работы следует производить по возможности одновременно и быстро. Результаты опыта предъявляются для проверки преподавателю до разборки электрической цепи. Разбирать электрическую цепь, а также переходить к сборке новой можно только по разрешению преподавателя при отключенном напряжении пита-

ния. После окончания работы в лаборатории рабочее место должно быть приведено в порядок. В течение всего времени занятий в лаборатории студенты обязаны находиться на своих рабочих местах. Выходить из помещения лаборатории во время занятий можно только с разрешения преподавателя.

Оформление итогового отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом. Отчет должен содержать: цель работы, описание лабораторной установки, алгоритм проведения эксперимента, электрическую схему соединений, результаты эксперимента (таблицы данных, графики экспериментальных зависимостей и т. д.), выводы по работе. Все графические материалы (рисунки, чертежи, графики, схемы и т. д.) должны быть выполнены в соответствии с ЕСКД. При оформлении отчета по лабораторной работе следует руководствоваться требованиями ГОСТа 7.32–2017 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Оборудование и материалы

Таблица 4.1

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Однофазный источник питания	218.5	~220 В / 10 А
A1	Однофазный трансформатор	372.1	80 ВА 220 / 198...242 В
A2	Автоматический однополюсный выключатель	359	~230 В / 0,5 А
A3	Активная нагрузка	306.4	~220 В / 0...30 Вт
A5	Индуктивная нагрузка	324.4	~220 В / 0...30 вар
A12	Емкостная нагрузка	317.3	~220 В / 0...30 вар
A7, A8	Модель линии электропередачи	313.3	~220 В / 0,3 А

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A11	Устройство продольной емкостной компенсации	315.3	0; 44; 88; 132; 176 мкФ / 0,3 А
P1	Измеритель параметров однофазной сети	542	0...500 В / 0...5 А 2500 ВА
P3	Блок мультиметров	509.2	2 мультиметра 0...1000 В; 0...20 А; 0...60 МОм

Эксперимент первый

Встречное регулирование напряжения.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема соединений представлена на рис. 4.1. Она состоит из однофазного источника питания G1 (218.5); автоматического однополюсного выключателя A2 (359); модели линии электропередачи A7, A8, (313.3); однофазного трансформатора A1 (372.1); активной нагрузки A3 (306.4); индуктивной нагрузки A5 (324.4); измерителя параметров однофазной сети P1 (542); блока мультиметров P3 (509.2).

Алгоритм проведения эксперимента

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления $\oplus$ устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.
3. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, приведенной на рис. 4.1.
4. Отключите (если включен) выключатель A2.
5. Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1, например равным 1,0.
6. Установите переключателями желаемые параметры моделей A7, A8 линий электропередачи и нагрузок A3, A5 соответственно равными, например, 50 Ом; 0,15 Гн и 50 %.

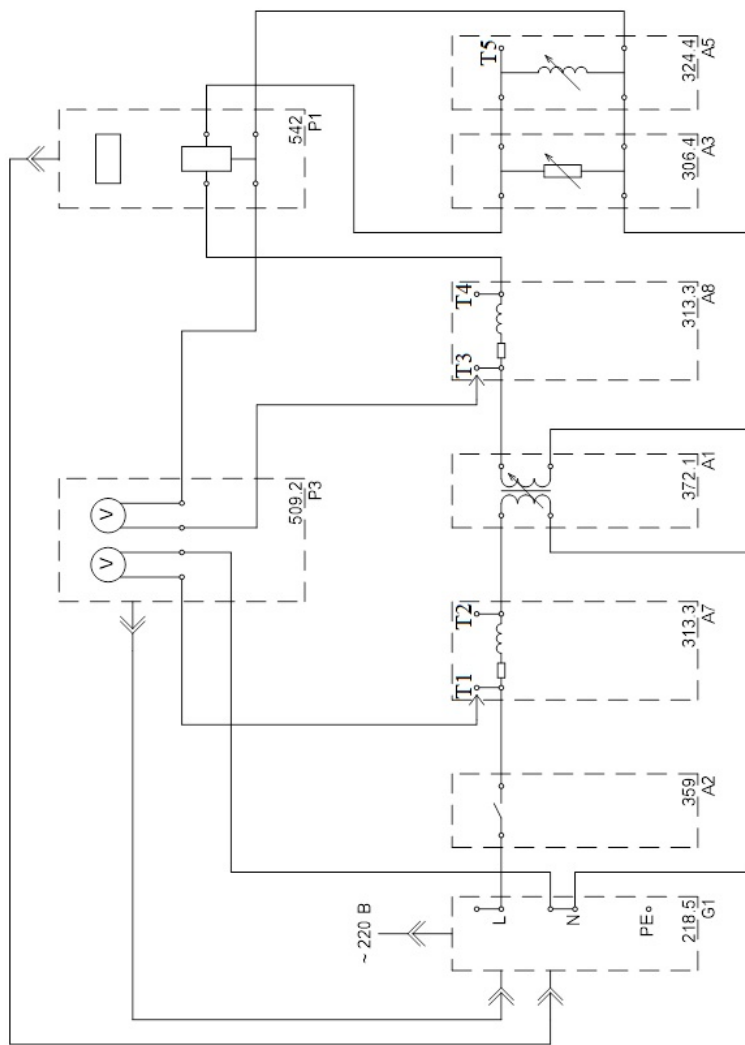


Рис. 4.1. Схема для изучения встречного регулирования напряжения [7, с. 4]

7. Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.

8. Включите выключатели «СЕТЬ» измерителя P1 и блока мультиметров P3.

9. Активизируйте используемые мультиметры.

10. Включите выключатель A2.

11. С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока P3 измеряйте напряжения в интересующих точках исследуемой сети.

12. С помощью измерителя P1 определяйте величины тока, активной, реактивной и полной мощностей, потребляемых нагрузкой.

13. Встречное регулирование напряжения осуществляйте изменением коэффициента трансформации трансформатора A1.

14. По завершении эксперимента отключите выключатель A2, источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя P1 и блока мультиметров P3.

Таблица 4.2

Результаты измерений при встречном регулировании напряжения

K_{TP}	$U_{T1}, В$	$U_{T2}, В$	$U_{T3}, В$	$U_{T4}, В$	$U_{T5}, В$	$I, А$	$P, Вт$	$Q, вар$	$S, ВА$
1,1									
1,05									
1,0									
0,975									
0,95									
0,925									
0,9									

Эксперимент второй

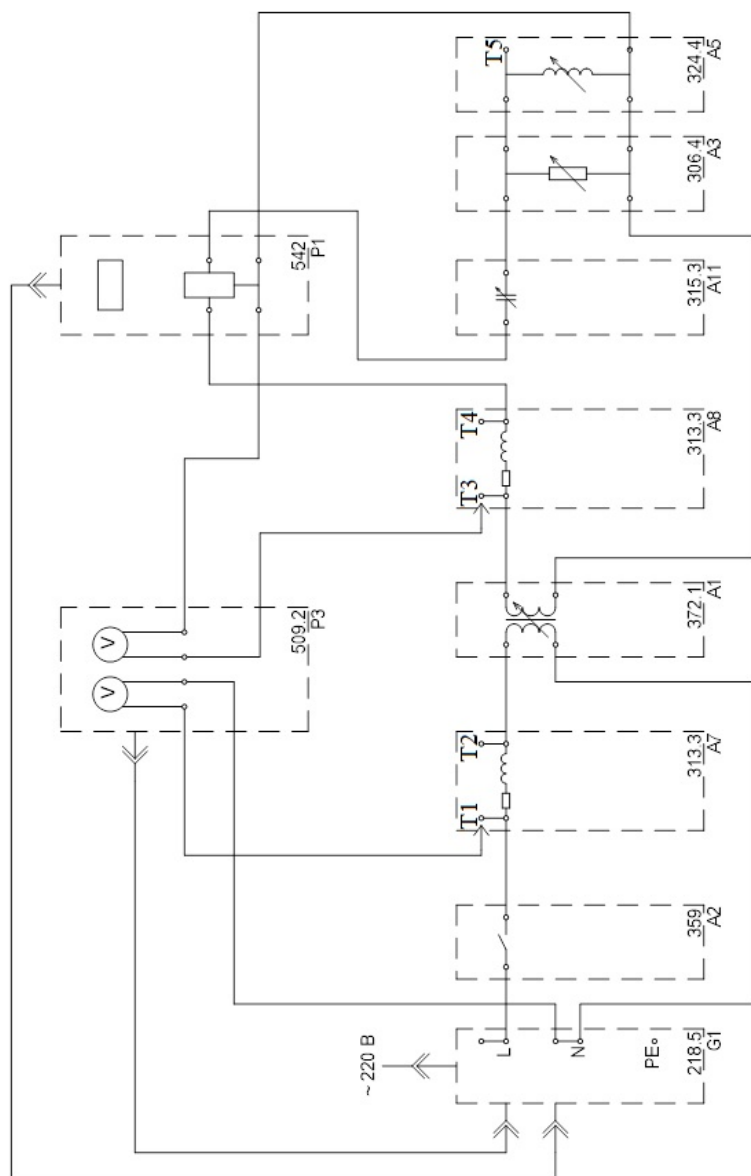
Регулирование напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема соединений представлена на рис. 4.2. Она состоит из однофазного источника питания G1 (218.5); автоматического однополюсного выключателя A2 (359); модели линии электропередачи A7, A8, (313.3); однофазного трансформатора A1 (372.1); устройства продольной емкостной компенсации A11 (315.3); активной нагрузки A3 (306.4); индуктивной нагрузки A5 (324.4); измерителя параметров однофазной сети P1 (542); блока мультиметров P3 (509.2).

Алгоритм проведения эксперимента

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления $\oplus$ устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.
3. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, приведенной на рис. 4.2.
4. Отключите (если включен) выключатель A2.
5. Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1, например равным 1,0.
6. Установите переключателями желаемые параметры моделей A7, A8 линий электропередачи и нагрузок A3, A5 соответственно равными, например, 50 Ом; 0,15 Гн и 50 %.
7. Переключатель устройства продольной емкостной компенсации A11 установите в положение «0 мкФ».
8. Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
9. Включите выключатели «СЕТЬ» измерителя P1 и блока мультиметров P3.
10. Активизируйте используемые мультиметры.
11. Включите выключатель A2.



12. С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока РЗ измеряйте напряжения в интересующих точках исследуемой сети.

13. С помощью измерителя Р1 определяйте величины тока, активной, реактивной и полной мощностей, потребляемых нагрузкой.

14. Регулирование напряжения осуществляйте изменением величины емкости устройства продольной емкостной компенсации А11.

15. По завершении эксперимента отключите выключатель А2, источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя Р1 и блока мультиметров РЗ.

Таблица 4.3

Результаты измерений при регулировании напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности

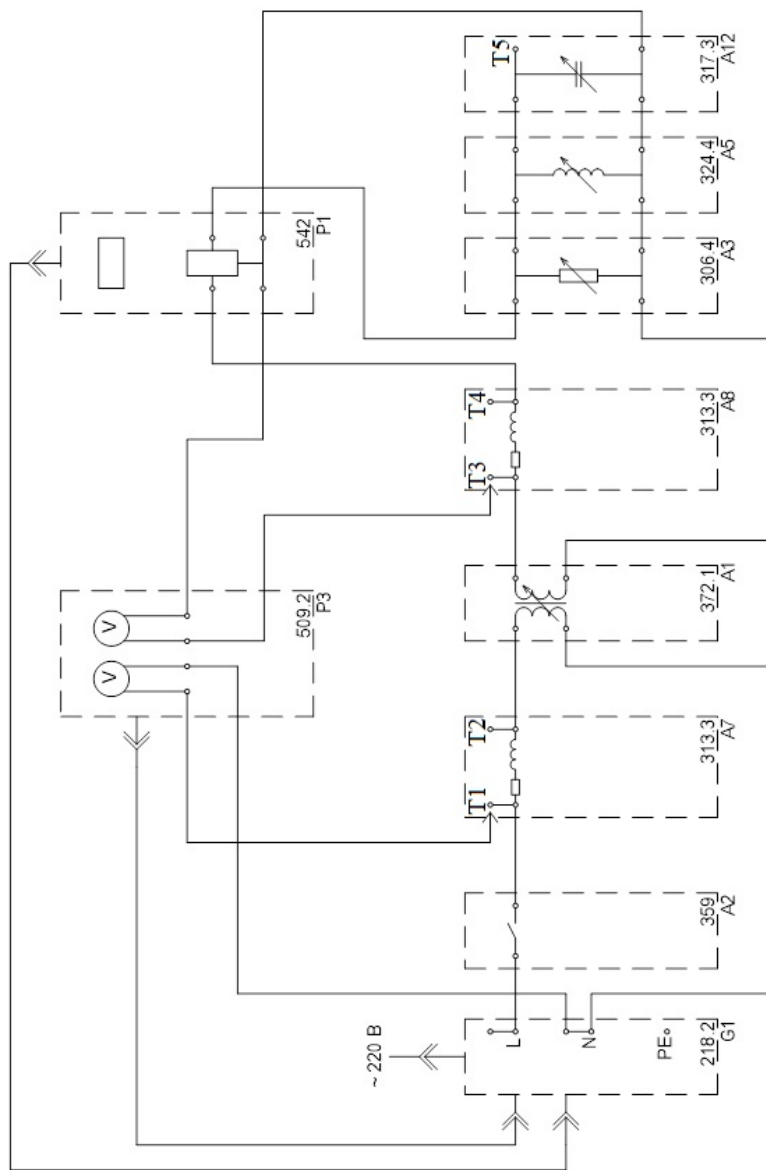
$C, \text{ мкФ}$	$U_{T1}, \text{ В}$	$U_{T2}, \text{ В}$	$U_{T3}, \text{ В}$	$U_{T4}, \text{ В}$	$U_{T5}, \text{ В}$	$I, \text{ А}$	$P, \text{ Вт}$	$Q, \text{ вар}$	$S, \text{ ВА}$
0									
176									
132									
88									
44									

Эксперимент третий

Регулирование напряжения путем поперечной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи.

Описание лабораторной установки

Электрическая схема соединений представлена на рис. 4.3. Она состоит из однофазного источника питания G1 (218.5); автоматического однополюсного выключателя А2 (359); модели линии электропередачи А7, А8, (313.3); однофазного трансформатора А1 (372.1); активной нагрузки А3 (306.4); индуктивной нагрузки А5 (324.4); емкостной нагрузки А12 (317.3); измерителя параметров однофазной сети Р1 (542); блока мультиметров РЗ (509.2).



Алгоритм проведения эксперимента

1. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
2. Соедините гнезда защитного заземления $\oplus$ устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» однофазного источника питания G1.
3. Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрических соединений, приведенной на рис. 4.3.
4. Отключите (если включен) выключатель A2.
5. Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1, например равным 1,0.
6. Установите переключателями желаемые параметры моделей A7, A8 линий электропередачи и нагрузок A3, A5 соответственно равными, например, 50 Ом; 0,15 Гн и 50 %.
7. Переключатель емкостной нагрузки A12 установите в положение «0 %».
8. Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.
9. Включите выключатели «СЕТЬ» измерителя P1 и блока мультиметров P3.
10. Активизируйте используемые мультиметры.
11. Включите выключатель A2.
12. С помощью мультиметров, включенных как вольтметры, блока P3 измеряйте напряжения в интересующих точках исследуемой сети.
13. С помощью измерителя P1 определяйте величины тока, активной, реактивной и полной мощностей, потребляемых нагрузкой.
14. Регулирование напряжения осуществляйте изменением реактивной мощности, генерируемой емкостной нагрузкой A12.
15. По завершении эксперимента отключите выключатель A2, источник G1, выключатели «СЕТЬ» измерителя P1 и блока мультиметров P3.

Таблица 4.4

Результаты измерений при регулировании напряжения
путем поперечной компенсации реактивной мощности

$C, \%$	$U_{T1}, В$	$U_{T2}, В$	$U_{T3}, В$	$U_{T4}, В$	$U_{T5}, В$	$I, А$	$P, Вт$	$Q, вар$	$S, ВА$
0									
10									
20									
30									
40									
50									
60									
70									
80									
90									
100									

Сравнительный анализ результатов эксперимента

По окончании экспериментов отметьте наиболее оптимальный способ регулирования напряжения в исследуемой конфигурации сети.

Форма отчета по лабораторной работе

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Используемое оборудование и материалы.
4. Описание лабораторной установки.
5. Алгоритм проведения эксперимента.
6. Результаты измерений.
7. Вывод.

Вывод по лабораторной работе

По результатам лабораторной работы сделайте выводы об эффективности того или иного способа регулирования напряжения в электроэнергетических сетях.

Контрольные вопросы

1. Задачи регулирования напряжения.
2. Назовите устройства, с помощью которых возможно регулирование напряжения в электрических сетях.
3. Когда применяются регулирующие, а когда компенсирующие устройства?
4. Каковы основные показатели качества напряжения?
5. Какие отклонения напряжения допускаются согласно ГОСТу 32144–2013?
6. Какое влияние оказывает параллельное включение конденсаторов на режим работы электрической сети?
7. Как изменится напряжение при включении конденсаторной батареи в сеть?
8. Что такое ПБВ и РПН? Опишите их назначение и принцип работы.

Лабораторная работа 5

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ НЕЙТРАЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ВЫШЕ 1000 В

Цель работы: исследование режимов работы нейтрали в электрических сетях напряжением выше 1000 В.

План проведения занятия

При подготовке к лабораторной работе необходимо:

1. Ознакомиться с описанием лабораторной работы, установить, в чем состоит основная цель и задача работы.
2. Подготовить бланк отчета по лабораторной работе, который должен содержать: титульный лист, цель работы, описание лабораторной установки, алгоритм проведения эксперимента, электрическую схему соединений, необходимые таблицы.
3. Неподготовленные к работе студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Задание на подготовку лабораторной работы и оформление отчета выполняются самостоятельно во внеаудиторное время.

Выполнение лабораторной работы

К выполнению лабораторной работы студенты допускаются после проверки преподавателем наличия бланка отчета, знаний материала и порядка выполнения лабораторной работы.

Сборку электрической цепи необходимо производить в точном соответствии с заданием. По окончании сборки электрическая цепь должна быть предъявлена для проверки. Включать цепь под напряжением можно только с разрешения преподавателя или учебного мастера. Запись показаний всех приборов в процессе выполнения лабораторной работы следует производить по возможности одновременно и быстро. Результаты опыта предъявляются для проверки преподавателю до разборки электрической цепи. Разбирать электрическую цепь, а также переходить к сборке новой можно только по разрешению преподавателя при отключенном напряжении пита-

ния. После окончания работы в лаборатории рабочее место должно быть приведено в порядок. В течение всего времени занятий в лаборатории студенты обязаны находиться на своих рабочих местах. Выходить из помещения лаборатории во время занятий можно только с разрешения преподавателя.

Оформление итогового отчета по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе оформляется индивидуально каждым студентом. Отчет должен содержать: цель работы, описание лабораторной установки, алгоритм проведения эксперимента, электрическую схему соединений, результаты эксперимента (таблицы данных, графики экспериментальных зависимостей и т. д.), выводы по работе. Все графические материалы (рисунки, чертежи, графики, схемы и т. д.) должны быть выполнены в соответствии с ЕСКД. При оформлении отчета по лабораторной работе следует руководствоваться требованиями ГОСТа 7.32–2017 «Межгосударственный стандарт. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Оборудование и материалы

Таблица 5.1

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трехфазный источник питания	201.2	~400 В / 16 А
A1	Регулировочный трансформатор	338	250 ВА 3×220 / 3×90...140 В
A2	Модель линии электропередачи	313.2	~400 В / 3×0,5 А
A3	Трехфазная трансформаторная группа	347.2	3×80 ВА 242, 235, 230, 226, 220, 133, 127 В / 230 В

Окончание табл. 5.1

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A4	Осветительная нагрузка	340	~220 / 380 В; 3×0...45 Вт
A5	Индуктивная нагрузка	324.2	~220 / 380 В; 3×0...40 вар
A6, A7	Трехполюсный выключатель	301.1	~380 В / 10 А
A8	Активная нагрузка	306.1	~220 / 380 В; 3×0...50 Вт
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра 0...1000 В; 0...10 А; 0...200 МОм
P2	Измеритель напряжений и частот	504.2	0...500 В; 45...55 Гц, 220 В

Описание лабораторной установки

Электрическая схема соединений представлена на рис. 5.1. Она состоит из трехфазного источника питания G1 (201.2); регулировочного трансформатора A1 (338); модели эквивалентной линии электропередачи A2 (313.2); трехфазной трансформаторной группы A3 (347.2); трехфазной нагрузки A4 (340); узла создания однофазного короткого замыкания на землю A8 (306.1); узла создания различных режимов работы нейтрали A5 (324.1) и A8 (306.1); коммутационных аппаратов A6, A7 (301.1); блока мультиметров P1, P2 (509.2).

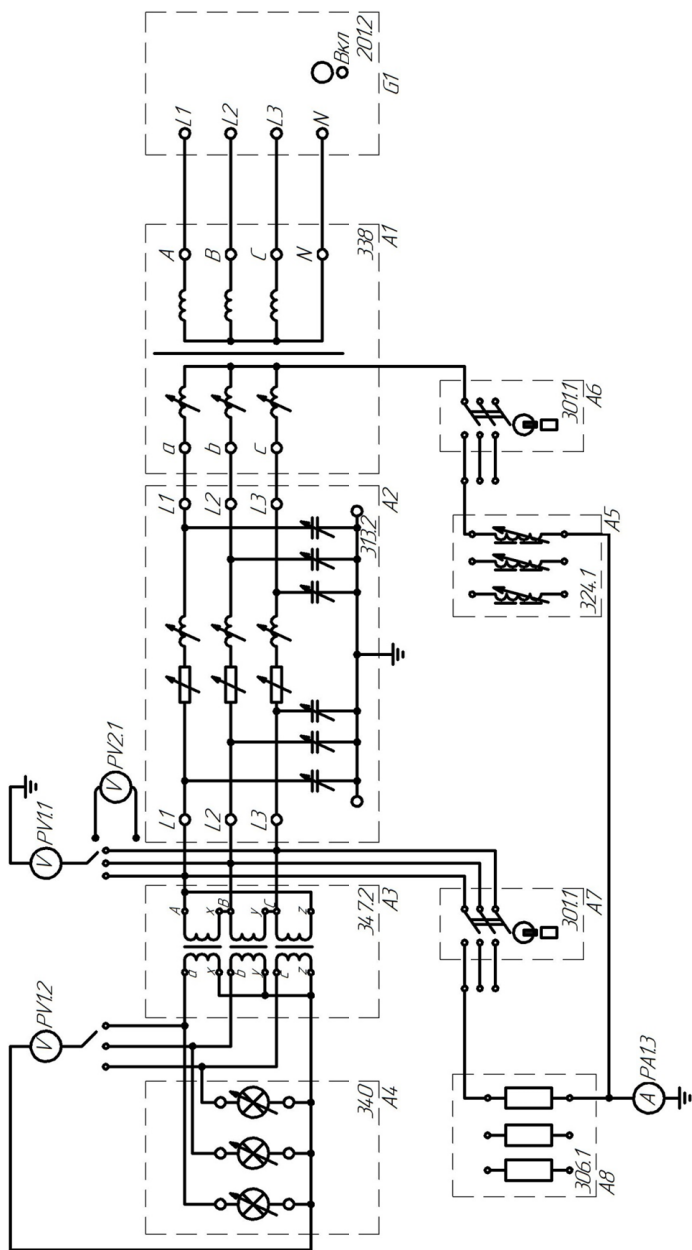


Рис. 5.1. Электрическая схема соединений

Алгоритм проведения эксперимента

1. Ознакомьтесь со стендом и оборудованием, необходимым для проведения эксперимента.
2. Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети.
3. Соберите электрическую схему для исследования режимов работы нейтрали электрической сети.
4. Переключатели режима работы выключателей А6 и А7 установите в положение «РУЧН».
5. Установите необходимые параметры блоков А1...А4.
6. Включите выключатель «СЕТЬ» указателя Р1. Выберите максимальный диапазон электронных приборов по току и по напряжению.
7. Включите источник питания G1. О наличии напряжения на его выходе должны сигнализировать индикаторы.
8. Исследуйте нормальный режим работы сети с изолированной нейтралью. При этом трехполюсные выключатели А6 и А7 должны быть обесточены. Измерьте ток и напряжение и занесите их в табл. 5.2.
9. Исследуйте режим однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью. Для этого выключите выключатель А7. Запишите показания приборов в табл. 5.2 при двух различных положениях рукоятки блока А8.
10. Исследуйте режим однофазного замыкания на землю в сети с компенсированной нейтралью. Для этого включите выключатель А6. Запишите показания приборов в табл. 5.2 при двух различных положениях рукоятки блока А5.
11. Исследуйте режим однофазного замыкания на землю в сети с резистивным заземлением нейтрали. Для этого используйте незадействованные элементы блока А8. Запишите показания приборов в табл. 5.2 при двух различных положениях рукоятки блока А8.

Таблица 5.2

Результаты исследования режимов работы нейтралей

№	PV1.1			PV1.2			PA3	PV2.1			Положение рукояток A5 или A8	Сеть
	U_A , В	U_B , В	U_C , В	U_A , В	U_B , В	U_C , В	I , мА	U_{AB} , В	U_{BC} , В	U_{AC} , В		
1											—	Изолированная нейтраль
2												Однофазное КЗ на землю в сети с изолированной нейтралью
3												Компенсированная ней- траль
4												Резистивное заземление нейтралей
5												
6												
7												

Сравнительный анализ результатов эксперимента

Проанализируйте данные, полученные при проведении экспериментов с различными режимами работы нейтрали. Выявите особенности каждого способа заземления нейтрали.

Форма отчета по лабораторной работе

1. Титульный лист.
2. Цель работы.
3. Используемое оборудование и материалы.
4. Описание лабораторной установки.
5. Алгоритм проведения эксперимента.
6. Результаты измерений.
7. Вывод.

Вывод по лабораторной работе

По результатам лабораторной работы сделайте выводы о влиянии режима работы нейтрали на условия эксплуатации сети, уровень изоляции и надежность электроснабжения.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные режимы работы нейтрали электрической сети.
2. Дайте определение короткого замыкания.
3. Электрические сети с малыми токами замыкания на землю.
4. Электрические сети с большими токами замыкания на землю.
5. С какой целью производят компенсацию емкостных токов замыкания на землю?
6. Как производят компенсацию емкостных токов замыкания на землю?
7. В чем различие между глухозаземленной и эффективно заземленной нейтралью?
8. Что такое коэффициент замыкания на землю в трехфазной электрической сети?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Работы данного лабораторного практикума позволяют сформировать у студентов знания в области эксплуатации электроэнергетических систем и сетей.

По результатам выполнения лабораторных работ студенты:

- получают практические навыки по работе с устройствами и оборудованием, эксплуатируемыми в электроэнергетических системах и сетях;
- изучают методы проведения эксперимента и обработки результатов измерений при выполнении физического эксперимента;
- получают практический опыт чтения и сборки электрических схем;
- учатся снимать показания электроизмерительных приборов, обрабатывать полученные данные и на их основе делать выводы о характере исследуемых процессов;
- на основе составления отчетов по лабораторным работам получают навыки оформления электротехнической документации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елгин, А. А. Производство и передача электроэнергии : метод. указания к выполнению лабораторных работ / А. А. Елгин, О. В. Самолина ; Тольяттинский государственный университет. — Тольятти : ТГУ, 2007. — 34 с.
2. Правила устройства электроустановок : действующие разделы 6-го и 7-го изданий. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 831 с. — URL: znanium.ru/catalog/document?id=423011 (дата обращения: 02.02.2024). — Режим доступа: по подписке. — ISBN 978-5-16-111175-8.
3. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. — 2-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 434, [1] с. — URL: znanium.ru/catalog/document?id=417580 (дата обращения: 02.02.2024). — Режим доступа: по подписке. — ISBN 978-5-16-109778-6.
4. ГОСТ 32144—2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : межгосударственный стандарт : издание официальное : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол №-55 П от 25 марта 2013 года) : введен впервые : дата введения 2014-07-01 / разработан Обществом с ограниченной ответственностью «ЛИНВИТ» и Техническим комитетом по стандартизации ТК 30 «Электромагнитная совместимость технических средств». — Москва : Стандартиформ, 2014. — III, 15, [1] с. — URL: internet-law.ru/gosts/gost/54884/ (дата обращения: 02.04.2024). — С изменением № 1.
5. Электроэнергетика — Электроэнергетические системы : Руководство по выполнению базовых экспериментов : ЭЭС.001 РБЭ (924.1) / под ред. П. Н. Сенигова. — Челябинск : ИПЦ «Учебная техника», 2012. — 29 с.

6. Электроэнергетические системы и сети : учеб. пособие / О. М. Ларин, В. И. Бирюлин, А. Н. Горлов [и др.]. — 3-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 130 с. — URL: new.znanium.com/catalog/product/1058860 (дата обращения: 27.12.2023). — Режим доступа: по подписке. — ISBN 978-5-16-108184-6.
7. Бурмистрова, Е. А. Методическое пособие по дисциплине «Электроэнергетические системы и сети» / Е. А. Бурмистрова, Д. П. Антипин ; Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа. — Сургут, 2016. — URL: lektsii.org/15-73335.html (дата обращения: 01.04.2024).

Форма титульного листа

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт химии и энергетики
Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

**ОТЧЕТ
ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № __**

« _____ »

Студент: _____

Группа: _____

Преподаватель: _____

Отметка о допуске _____ Дата _____

Отметка о выполнении _____ Дата _____

Отметка о защите _____ Дата _____

Тольятти 20__