

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Методические указания по выполнению лабораторных работ
для студентов специальностей

1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций»
7-07-0712-02 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Витебск
2025

УДК 621.311

Составители:

С. В. Жерносек, В. В. Дрюков, В. Ю. Мовсесян, С. А. Рудаков.

Одобрено кафедрой «Теплоэнергетика»
УО «ВГТУ», протокол № 6 от 18.02.2025.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским
советом УО «ВГТУ», протокол № 7 от 26.03.2025.

Электроснабжение промышленных предприятий : методические указания по выполнению лабораторных работ / С. В. Жерносек [и др.]. – Витебск : УО «ВГТУ», 2025. – 36 с.

В методических указаниях изложены методики и порядок выполнения лабораторных работ по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий» с использованием учебного оборудования кафедры «Теплоэнергетика» УО «Витебский государственный технологический университет».

УДК 621.311

© УО «ВГТУ», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Описание лабораторной установки	5
Лабораторная работа 1. Определение статической силовой характеристики активной нагрузки	6
Лабораторная работа 2. Моделирование установившегося режима работы однофазного трансформатора	9
Лабораторная работа 3. Моделирование установившегося режима работы фазы линии электропередачи	12
Лабораторная работа 4. Моделирование установившегося режима работы фазы электрической сети с односторонним питанием	14
Лабораторная работа 5. Моделирование установившегося режима работы фазы электрической сети с двусторонним питанием	17
Лабораторная работа 6. Встречное регулирование напряжения	21
Лабораторная работа 7. Снижение потерь электроэнергии в радиальных распределительных сетях за счет продольной емкостной компенсации	24
Лабораторная работа 8. Снижение потерь электроэнергии в радиальных распределительных сетях за счет поперечной емкостной компенсации	26
Лабораторная работа 9. Исследование режима передачи электроэнергии в радиальных распределительных сетях	28
Вопросы для самопроверки к защите	32
Список рекомендуемой литературы	34
Информация о доступе к виртуальной образовательной среде УО «ВГТУ» и электронным ресурсам кафедры «Теплоэнергетика»	35

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины является приобретение студентами знаний в области электроснабжения промышленных предприятий.

Инженеры-энергетики специальности 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» в своей практической работе связаны с вопросами освоения нового электроэнергетического оборудования и процессов; внедрения энергосберегающих технологий; повышения эффективности использования энергоресурсов.

Задачей изучения дисциплины являются получение знаний о системах электроснабжения и электрических нагрузках.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен знать: системы электроснабжения промышленных предприятий (СЭПП).

Закрепить и развить базовую профессиональную компетенцию:

СК-5 «Знать виды, технологические системы, состав основного и вспомогательного оборудования, характерные режимы работы и технико-экономические показатели источников и систем энергоснабжения, владеть методами расчета и проектирования источников и систем энергоснабжения».

Данное методическое указание содержит 9 лабораторных работ и охватывает курс дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий».

Методическая разработка позволяет закрепить знания по основным разделам дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий», освоить методики контроля систем электроснабжения, изучить основные нормативы и требования к системам электроснабжения, освоить современное программное обеспечение для решения задач проектирования систем электроснабжения. Закрепить знания по учету и контролю рациональных режимов работы электрооборудования, цеховых трансформаторов, контроля напряжения сети, распределения электроэнергии, контроля нагрузок, основ работы с программным обеспечением.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Учебный лабораторный стенд предназначен для проведения лабораторных работ по изучению качества электрической энергии в системах электроснабжения.

Конструктивно стенд состоит из корпуса, в который установлено электрооборудование, приборы и коммутационная аппаратура, лицевая панель и столешница интегрированного рабочего стола. На рисунке 1 показан внешний вид лицевой панели стенда.

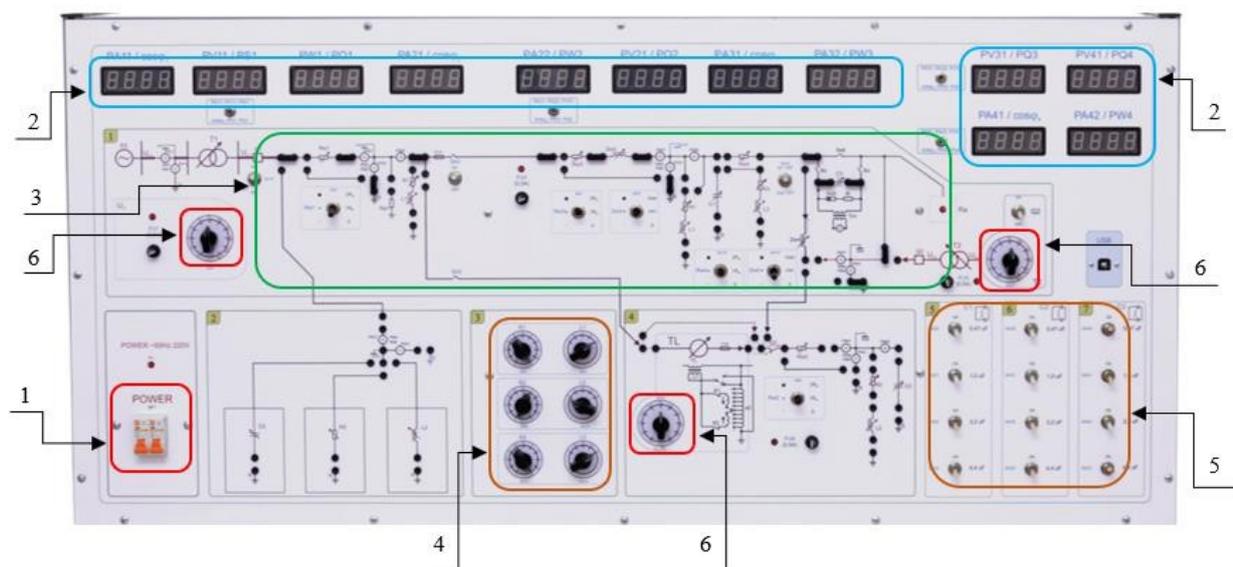


Рисунок 1 – Внешний вид лицевой панели стенда

На лицевой панели стенда размещены электрические схемы объектов исследования, которые объединены в группы, соответствующие темам проводимых работ. На панели установлены коммутационные гнезда, коммутационная аппаратура, а также органы управления, позволяющие изменять параметры исследуемых элементов при проведении лабораторных работ:

- автоматический выключатель QF1 (позиция 1 на рис. 1);
- индикаторы токов, напряжений и мощностей трансформаторов T1 и T2 (позиция 2 на рис. 1);
- схемы объектов исследования (позиция 3 на рис. 1);
- переключатели блока нагрузки (позиция 4 на рис. 1);
- тумблеры магазина конденсаторов, которые дают возможность изменять емкость в пределах 0,47–7,47 мкФ с шагом 0,47 мкФ (позиция 5 на рис. 1);
- галетные переключатели величин напряжений линейного и понижающих трансформаторов (позиция 6 на рис. 1);
- USB-порт для подключения к ПК.

В корпусе стенда размещены:

- понижающие трансформаторы;
- блок нагрузочных резисторов;
- блок конденсаторов;
- дроссели;
- силовой автотрансформатор на базе ОСМ1-0,1;
- модуль микропроцессорной измерительной системы;
- модуль микропроцессорной измерительной системы обеспечивает многоканальное проведение измерений во всех трех фазах с выводом измеренных величин тока и напряжения на цифровые индикаторы. Комплекс измеряемых параметров достаточен для эффективного исследования процессов в электроэнергетических системах без подключения стенда к компьютеру.
- Для проведения работы необходимо собрать схему объекта исследования с помощью унифицированных перемычек.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ СИЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКТИВНОЙ НАГРУЗКИ

Цель работы

1. Построение статической характеристики мощности по напряжению резистивной нагрузки.
2. Формирование практических навыков исследования режимов работы сети.

Порядок проведения работы

1. Подготовка к работе

1.1. Собрать схему, представленную на рисунке 1.1.

Перед включением стенда убедиться в том, что:

- переключатели находятся в начальном положении (вниз) и отсутствуют установленные перемычки;
- переключатель SA1 находится в положении «Ун»;
- переключатель SA9 для нагрузки R2 находится в положении «1»;
- переключатель режимов измерения 4-го канала микропроцессорной измерительной системы находится в верхнем положении («РА41; РА42; РV41»).

2. Снятие статической характеристики мощности

2.1. Включить стенд автоматическим выключателем QF1 «СЕТЬ». Проконтролировать наличие напряжения по свечению светодиода, расположенного над автоматическим выключателем.

2.2. Перевести переключатель SA1 в крайнее левое против хода часовой стрелки положение.

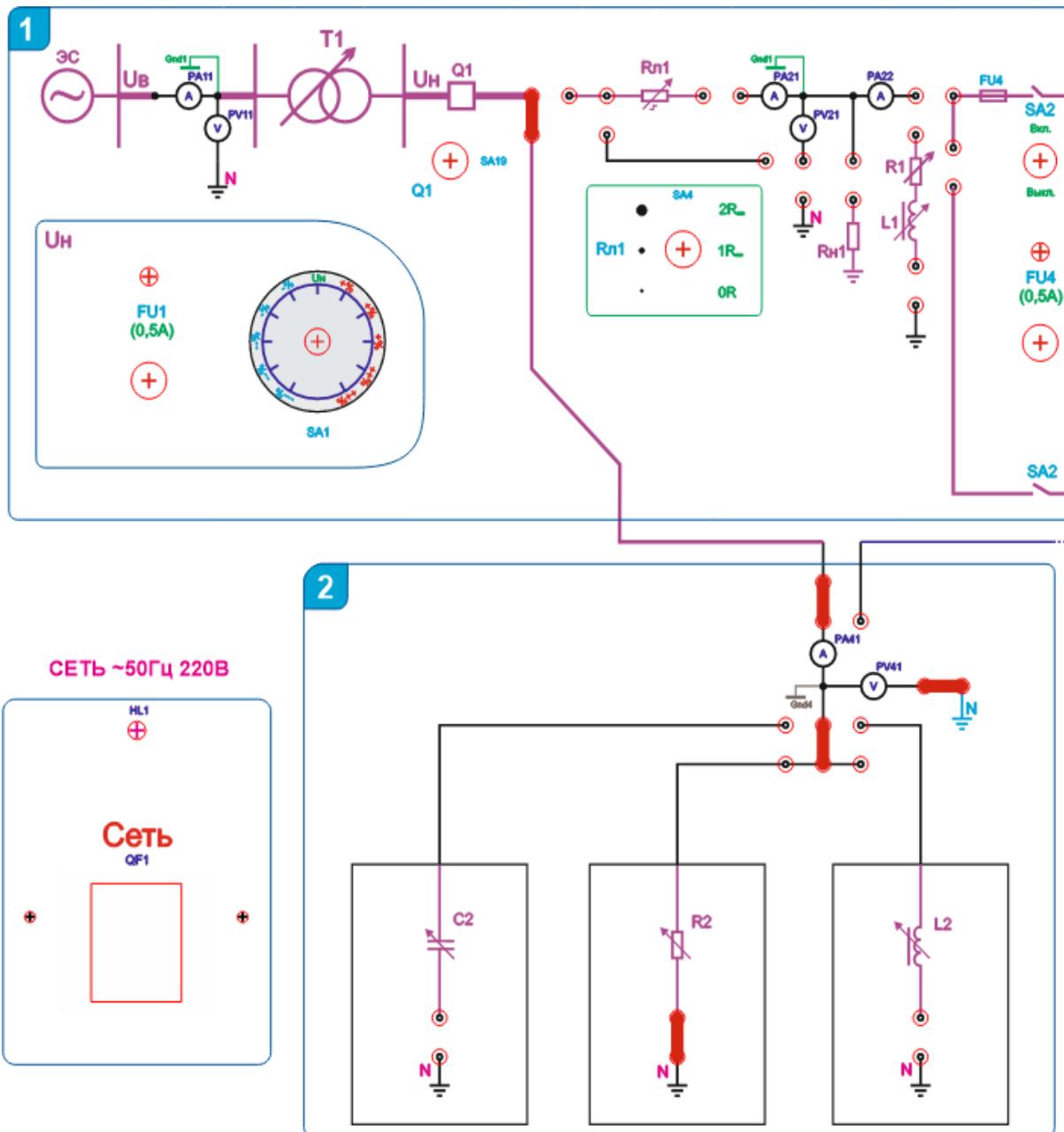


Рисунок 1.1 – Схема к выполнению работы

2.3. Выбрать одно из значений нагрузки R2, определяемой положением переключателя SA9.

2.4. Включить выключатель Q1 тумблером SA19 в верхнее положение.

2.5. Зафиксировать показания тока и напряжения на соответствующих цифровых табло («PV41/PQ4», «PA41/cosφ4») и, переключив тумблер режимов измерения 4-го канала микропроцессорной измерительной системы в положение «cosφ4;PW4;PQ4», зафиксировать показания реактивной и активной мощ-

ностей и коэффициента нагрузки («PV41/PQ4», «PA41/cosφ4», «PA42/PW4»).

2.6. Полученные данные занести в таблицу 1.1. При показаниях на PA41 близко к 0,1А и рекомендуется после 5-10 мин работы делать паузу на 3–5 мин для охлаждения резисторов нагрузки.

Таблица 1.1 – Данные для построения характеристики мощности по напряжению, для первого значения нагрузки R2

SA1, положение	U, В	I, А	Q, вар	P, Вт	cosφ₄
(№)	(PV41)	(PA41)	(PQ4)	(PW4)	(cosφ ₄)
1					
2					
...					

2.7. Переключить переключатель SA1 вправо на следующее по ходу часовой стрелки положение.

2.8. Зафиксировать показания аналогично п.2.5.

2.9. Повторить действия п.2.7 до достижения переключателем SA1 правого крайнего по ходу часовой стрелки положения и фиксировать показания табло аналогично п.2.5.

2.10. Повторить вышеописанные действия ещё для двух значений нагрузки R2, полученные данные занести в таблицы 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 – Данные для построения характеристики мощности по напряжению, для второго значения нагрузки R2

SA1, положение	U, В	I, А	Q, вар	P, Вт	cosφ₄
(№)	(PV41)	(PA41)	(PQ4)	(PW4)	(cosφ ₄)
1					
2					
...					

Таблица 1.3 – Данные для построения характеристики мощности по напряжению, для третьего значения нагрузки R2

SA1, положение	U, В	I, А	Q, вар	P, Вт	cosφ₄
(№)	(PV41)	(PA41)	(PQ4)	(PW4)	(cosφ ₄)
1					
2					
...					

2.11. Построить зависимости «Статические характеристики мощности по напряжению» в одном масштабе:

- $P = f(U)$ по данным таблицы 1.1;
- $P = f(U)$ по данным таблицы 1.2;
- $P = f(U)$ по данным таблицы 1.3.

3. Порядок завершения работы

3.1. Завершив эксперимент, выключить автоматический выключатель QF1 «Сеть» и снять перемычки.

3.2. Вернуть переключатели и тумблеры в исходное состояние.

4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2 МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ОДНОФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Цель работы

1. Исследование работы однофазного трансформатора в установившемся режиме.
2. Формирование практических навыков исследования режимов работы сети.

Порядок проведения работы

1. Подготовка к работе

1.1. Собрать схему, представленную на рисунке 2.1.

Перед включением стенда убедитесь в том, что:

- на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта перемычки;
- переключатель SA1 находится в положении «Un»;
- переключатель нагрузки R2 (SA9) находится в положении «1»;
- переключатель SA4 – в положении «0R»;
- переключатели режимов измерения 1-го и 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы находится в верхнем положении («РА11;PV11;Pw1» и «РА41;РА42;PV41»).

2. Моделирование установившегося режима работы однофазного трансформатора

2.1. Включить стенд автоматическим выключателем QF1 «СЕТЬ». Контролировать наличие напряжения по свечению светодиода, расположенного над автоматическим выключателем.

2.2. Перевести переключатель SA1 в крайнее левое против хода часовой стрелки положение.

2.3. Выбрать значение нагрузки R2, определяемое положением переключателя SA9.

2.4. Включить выключатель Q1 тумблером SA19 в верхнее положение.

2.5. Зафиксировать показания тока и напряжения на соответствующих

цифровых табло и, переключив переключатель режимов измерения 1-го и 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы в положение « $\cos\phi_1$;PS1;PQ1» и « $\cos\phi_4$;PW4;PQ4», зафиксировать показания реактивной и активной мощностей и коэффициента нагрузки.

2.6. Полученные данные занести в таблицу 2.1

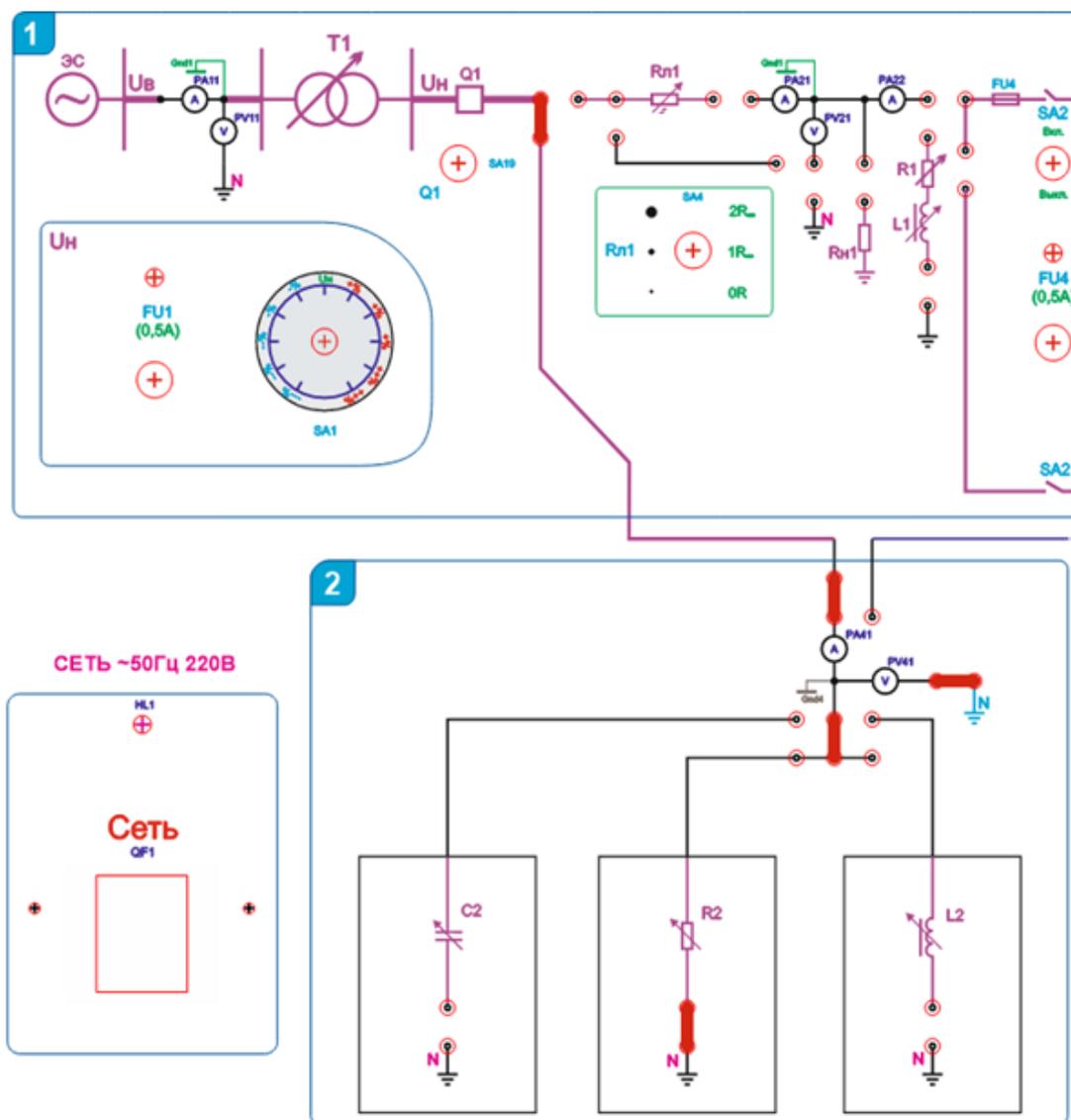


Рисунок 2.1 – Схема к выполнению работы

Таблица 2.1 – Данные при первой нагрузке

SA1, положение	U_1 , В	I_1 , А	Q_1 , вар	P_1 , Вт	$\cos\phi_1$	U_2 , В	I_2 , А	Q_2 , вар	P_2 , Вт	$\cos\phi_2$
(№)	(PV11)	(PA11)	(PQ1)	(PW1)	($\cos\phi_1$)	(PV41)	(PA41)	(PQ4)	(PW4)	($\cos\phi_4$)
1	219	0,018								
2										
...										

2.7. Переключив переключатель SA1 вправо на следующее по ходу часовой стрелки положение.

2.8. Зафиксировать показания аналогично п.2.5.

2.9. Повторить действия п.2.7 до достижения переключателем SA1 правого крайнего по ходу часовой стрелки положения и фиксировать показания табло аналогично п.2.5.

2.10. Повторить вышеописанные действия ещё для двух значений нагрузки, полученные данные занести в таблицы 2.2 и 2.3.

Таблица 2.2 – Данные при второй нагрузке

SA1, положение	U ₁ , В	I ₁ , А	Q ₁ , вар	P ₁ , Вт	cosφ ₁	U ₂ , В	I ₂ , А	Q ₂ , вар	P ₂ , Вт	cosφ ₂
(№)	(PV11)	(PA11)	(PQ1)	(PW1)	(cosφ ₁)	(PV41)	(PA41)	(PQ4)	(PW4)	(cosφ ₄)
1										
2										
...										

Таблица 2.3 – Данные при третьей нагрузке

SA1, положение	U ₁ , В	I ₁ , А	Q ₁ , вар	P ₁ , Вт	cosφ ₁	U ₂ , В	I ₂ , А	Q ₂ , вар	P ₂ , Вт	cosφ ₂
(№)	(PV11)	(PA11)	(PQ1)	(PW1)	(cosφ ₁)	(PV41)	(PA41)	(PQ4)	(PW4)	(cosφ ₄)
1										
2										
...										

3. Порядок завершения работы

3.1. Завершив эксперимент, выключить автоматический выключатель QF1 «Сеть» и разобрать схему опыта.

3.2. Вернуть переключатели и тумблеры в исходное состояние.

4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3 МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ФАЗЫ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Цель работы

1. Исследование работы фазы линии электропередачи в установившемся режиме.
2. Формирование практических навыков исследования режимов работы сети.

Порядок проведения работы

1. Подготовка к работе

Собрать схему, представленную на рисунке 3.1.

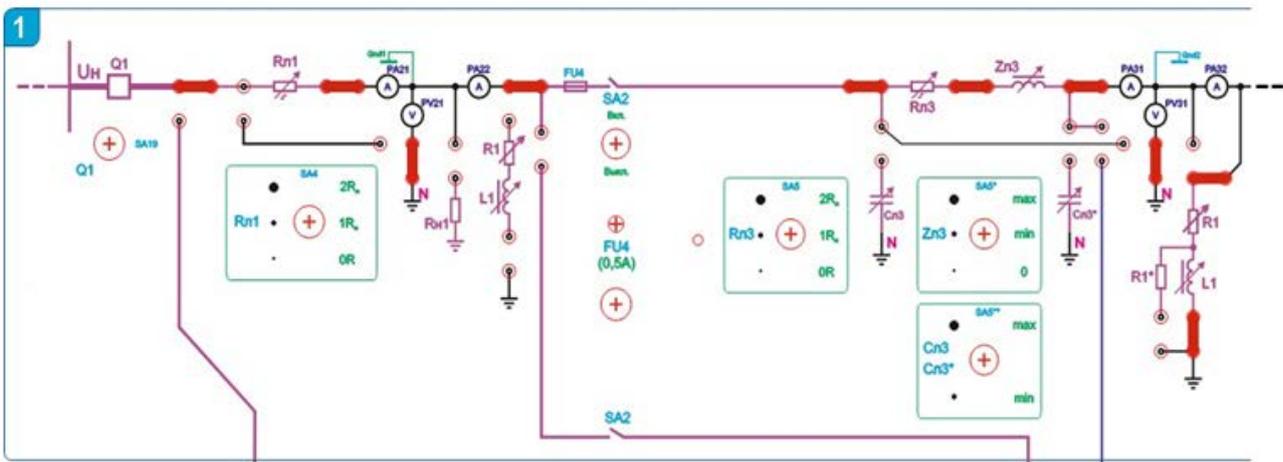


Рисунок 3.1 – Схема к выполнению работы

Перед включением стенда убедиться в том, что:

- на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки;
- переключатель SA1 находится в положении « U_n »;
- переключатели нагрузки R1 (SA7) находится в положении «7» и L1 (SA8) в положении «1»;
- переключатель режимов измерения 2-го и 3-го каналов микропроцессорной измерительной системы находится в верхнем положении: «PA21;PA22;PV21» и «PA31;PA32;PV31»;
- активное сопротивление линии Rл3 (тумблер SA5) в позиции «1Rл» и индуктивное сопротивление линии Zл3 (тумблер SA5*) – в позиции «min».

2. Моделирование установившегося режима работы фазы линии электропередачи

2.1. Включить стенд автоматическим выключателем QF1 «СЕТЬ». Проконтролировать наличие напряжения по свечению светодиода, расположенного

над автоматическим выключателем.

2.2. Перевести переключатель SA1 в крайнее левое против хода часовой стрелки положение.

2.3. Выбрать значений нагрузки R1 и L1, определяемой положением переключателей SA7 и SA8.

2.4. Включить выключатель Q1 тумблером SA19 в верхнее положение.

2.5. Включить тумблер SA2 в верхнее положение.

2.6. Зафиксировать показания тока и напряжения на соответствующих цифровых табло и, переключив переключатель режимов измерения 2-го и 3-го каналов микропроцессорной измерительной системы в положение « $\cos\phi_2$;PW2;PQ2» и « $\cos\phi_3$;PW3;PQ3», зафиксировать показания реактивной и активной мощностей и коэффициента нагрузки.

2.7. Полученные данные занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Данные при первой нагрузке

SA1, поло- жение	U ₂ , В	I ₂ , А	Q ₂ , вар	P ₂ , Вт	cosφ ₂	U ₃ , В	I ₃ , А	Q ₃ , вар	P ₃ , Вт	cosφ ₃
(№)	(PV21)	(PA21)	(PQ2)	(PW2)	(cosφ ₂)	(PV31)	(PA31)	(PQ3)	(PW3)	(cosφ ₃)
1										
2										
...										

2.8. Переключить переключатель SA1 вправо на следующее по ходу часовой стрелки положение.

2.9. Зафиксировать показания аналогично п.2.5.

2.10. Повторить действия п.2.7 до достижения переключателем SA1 правого крайнего по ходу часовой стрелки положения и фиксировать показания табло аналогично п.2.5.

2.11. Повторить вышеописанные действия ещё для двух значений нагрузки, полученные данные занести в таблицы 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2 – Данные при второй нагрузке

SA1, поло- жение	U ₂ , В	I ₂ , А	Q ₂ , вар	P ₂ , Вт	cosφ ₂	U ₃ , В	I ₃ , А	Q ₃ , вар	P ₃ , Вт	cosφ ₃
(№)	(PV21)	(PA21)	(PQ2)	(PW2)	(cosφ ₂)	(PV31)	(PA31)	(PQ3)	(PW3)	(cosφ ₃)
1										
2										
...										

Таблица 3.3 – Данные при третьей нагрузке

SA1, поло- жение	$U_2,$ В	$I_2,$ А	$Q_2,$ вар	$P_2,$ Вт	$\cos\phi_2$	$U_3,$ В	$I_3,$ А	$Q_3,$ вар	$P_3,$ Вт	$\cos\phi_3$
(№)	(PV21)	(PA21)	(PQ2)	(PW2)	($\cos\phi_2$)	(PV31)	(PA31)	(PQ3)	(PW3)	($\cos\phi_3$)
1										
2										
...										

3. Порядок завершения работы

3.1. Завершив эксперимент, выключить автоматический выключатель QF1 «Сеть» и разобрать схему опыта.

3.2. Вернуть переключатели и тумблеры в исходное состояние.

4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4 МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ФАЗЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ОДНОСТОРОННИМ ПИТАНИЕМ

Цель работы

1. Исследование работы фазы электрической сети с односторонним питанием в установившемся режиме.
2. Формирование практических навыков исследования режимов работы сети.

Порядок проведения работы

1. Подготовка к работе

1.1. Собрать схему, представленную на рисунке 4.1.

Перед включением стенда убедиться в том, что:

- на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключатели;
- переключатель SA1 находится в положении «Ун»;
- переключатели нагрузки: R1 (SA7) – в положении «1» и L1 (SA8) – в положении «5»;
- переключатель режимов измерения 2-го, 3-го и 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы находится в верхнем положении: «РА21;РА22;PV21», «РА31;РА32;PV31» и «РА41;РА42;PV41»;
- активное сопротивление линии $R_{л3}$ (тумблер SA5) в позиции «1RJL», индуктивное сопротивление линии $Z_{л3}$ (тумблер SA5*) – в позиции «min»;
- активное сопротивление линии $R_{л4}$ (тумблер SA13*) – в позиции «1RJL», индуктивное сопротивление линии $Z_{л4}$ (тумблер SA14*) – в позиции

«min»;

– активное сопротивление линии $R_{л2}$ (тумблер SA6) – в позиции «1RЛ».

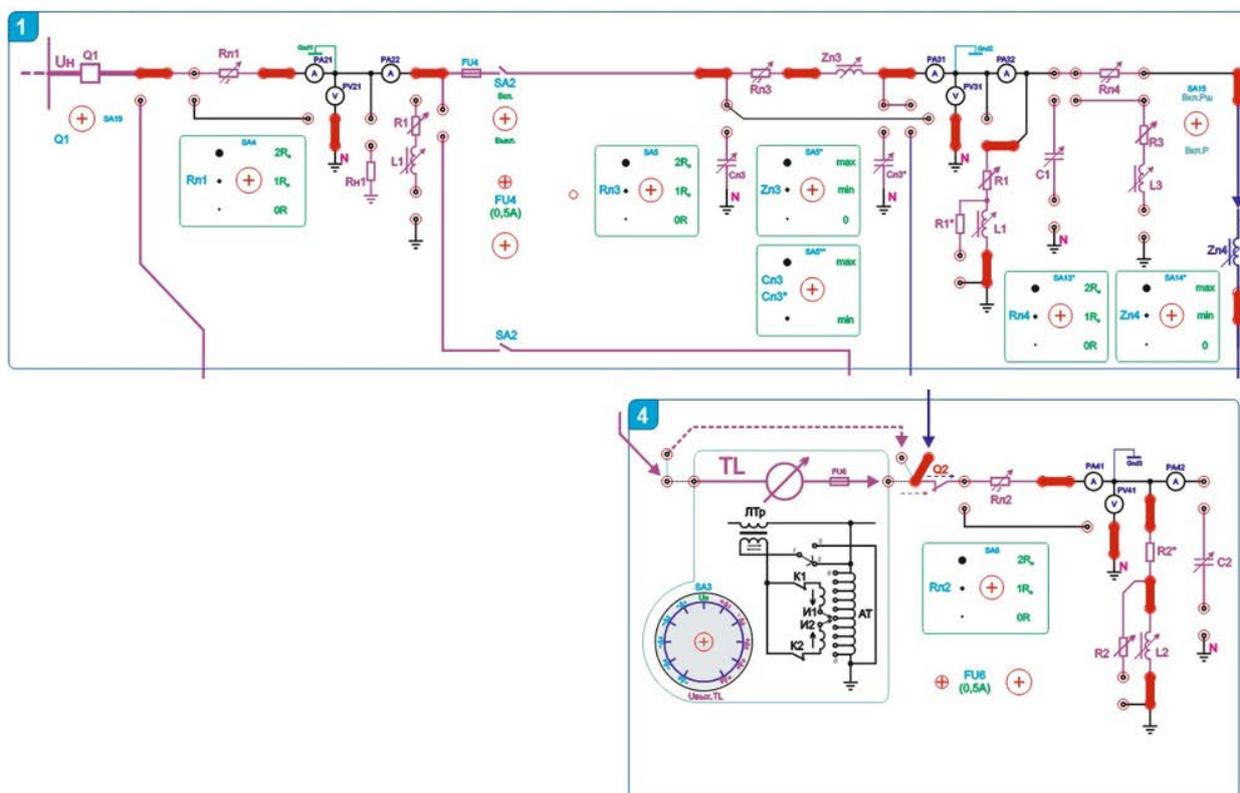


Рисунок 4.1 – Схема к выполнению работы

2. Моделирование установившегося режима работы фазы

2.1. Включить стенд автоматическим выключателем QF1 «СЕТЬ». Проверить наличие напряжения по свечению светодиода, расположенного над автоматическим выключателем.

2.2. Перевести переключатель SA1 в крайнее левое против хода часовой стрелки положение.

2.3. Выбрать значений нагрузки R2 и L2, определяемых положением переключателей SA9 и SA10.

2.4. Включить выключатель Q1 тумблером SA19 в верхнее положение.

2.5. Зафиксировать показания тока и напряжения на соответствующих цифровых табло и, переключив переключатель режимов измерения 2-го, 3-го и 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы в положение « $\cos\varphi_2;PW_2;PQ_2$ », « $\cos\varphi_3;PW_3;PQ_3$ » и « $\cos\varphi_4;PW_4;PQ_4$ », зафиксировать показания реактивной и активной мощностей и коэффициента нагрузки на соответствующих цифровых табло.

2.6. Полученные данные занести в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Данные при первой нагрузке

SA1	(№)	1	2	3	...
U₂, В	(PV21)				
I₂, А	(PA21)				
Q₂, вар	(PQ2)				
P₂, Вт	(PW2)				
cosφ₂	(cosφ ₂)				
U₃, В	(PV31)				
I₃, А	(PA31)				
Q₃, вар	(PQ3)				
P₃, Вт	(PW3)				
cosφ₃	(cosφ ₃)				
U₄, В	(PV41)				
I₄, А	(PA41)				
Q₄, вар	(PQ4)				
P₄, Вт	(PW4)				
cosφ₄	(cosφ ₄)				

2.7. Переключив переключатель SA1 вправо на следующее по ходу часовой стрелки положение.

2.8. Зафиксировать показания аналогично п.2.5.

2.9. Повторить действия п.2.7 до достижения переключателем SA1 правого крайнего по ходу часовой стрелки положения и фиксировать показания табло аналогично п.2.5.

2.10. Повторить вышеописанные действия ещё для двух значений нагрузки, полученные данные занести в таблицы 4.2 и 4.3.

Таблица 4.2 – Данные при второй нагрузке

SA1	(№)	1	2	3	...
U₂, В	(PV21)				
I₂, А	(PA21)				
Q₂, вар	(PQ2)				
P₂, Вт	(PW2)				
cosφ₂	(cosφ ₂)				
U₃, В	(PV31)				
I₃, А	(PA31)				
Q₃, вар	(PQ3)				
P₃, Вт	(PW3)				
cosφ₃	(cosφ ₃)				
U₄, В	(PV41)				
I₄, А	(PA41)				
Q₄, вар	(PQ4)				
P₄, Вт	(PW4)				
cosφ₄	(cosφ ₄)				

Таблица 4.3 – Данные при третьей нагрузке

SA1	(№)	1	2	3	...
U ₂ , В	(PV21)				
I ₂ , А	(PA21)				
Q ₂ , вар	(PQ2)				
P ₂ , Вт	(PW2)				
cosφ ₂	(cosφ ₂)				
U ₃ , В	(PV31)				
I ₃ , А	(PA31)				
Q ₃ , вар	(PQ3)				
P ₃ , Вт	(PW3)				
cosφ ₃	(cosφ ₃)				
U ₄ , В	(PV41)				
I ₄ , А	(PA41)				
Q ₄ , вар	(PQ4)				
P ₄ , Вт	(PW4)				
cosφ ₄	(cosφ ₄)				

3. Порядок завершения работы

3.1. Завершив эксперимент, выключить автоматический выключатель QF1 «Сеть» и разобрать схему опыта.

3.2. Вернуть переключатели и тумблеры в исходное состояние.

4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5 МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ФАЗЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ДВУСТОРОННИМ ПИТАНИЕМ

Цель работы

1. Исследование работы фазы электрической сети с двусторонним питанием.
2. Формирование практических навыков исследования режимов работы сети.

Порядок проведения работы

1. Подготовка к работе

1.1. Собрать схему, представленную на рисунке 5.1.

Перед включением стенда убедиться в том, что:

- на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключатели;
- переключатель SA1 находится в положении «Ун»;
- переключатель SA1* находится в положении «Ун»;
- переключатели нагрузки: R1 (SA7) – в положении «1» и L1 (SA8) – в

положении «1»;

– переключатели нагрузки: R3 (SA11) – в положении «1», L3 (SA12) – в положении «1»;

– переключатели режимов измерения 2-го, 3-го и 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы находятся в верхнем положении: «РА21;РА22;PV21», «РА31;РА32;PV31» и «РА41;РА42;PV41»;

– активное сопротивление линии Rл3 (тумблер SA5) в позиции «2Rл», индуктивное сопротивление линии Zл3 (тумблер SA5*) – в позиции «0»;

– активное сопротивление линии Rл4 (тумблер SA13*) – в позиции «2Rл», индуктивное сопротивление линии Zл4 (тумблер SA14*) – в позиции «0».

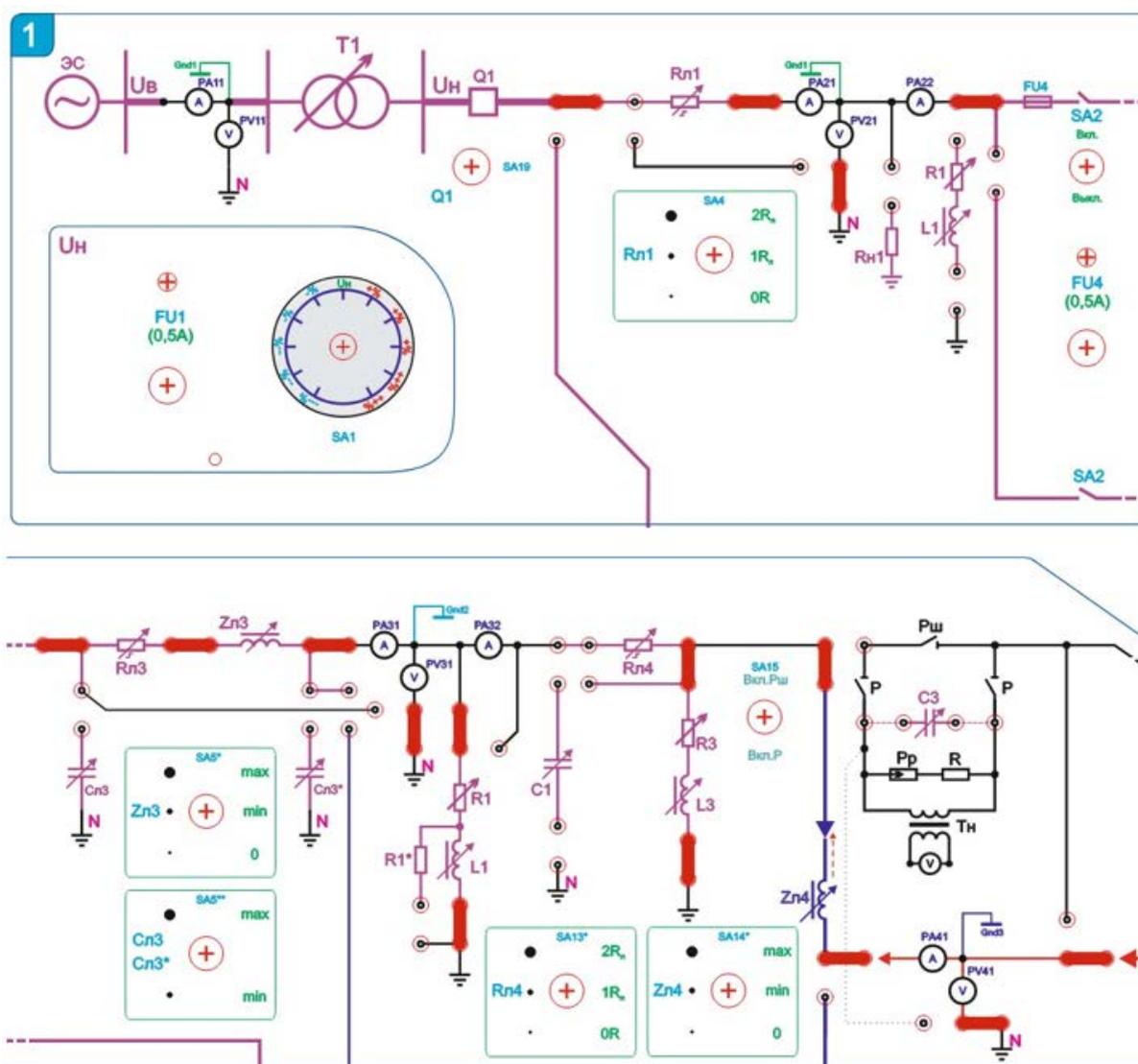


Рисунок 5.1 – Схема к выполнению работы

2. Моделирование установившегося режима работы фазы

2.1. Включить стенд автоматическим выключателем QF1 «СЕТЬ». Проверить наличие напряжения по свечению светодиода, расположенного

над автоматическим выключателем.

2.2. Перевести переключатель SA1 в крайнее левое против хода часовой стрелки положение.

2.3. Перевести переключатель SA1* в крайнее правое по ходу часовой стрелки положение.

2.4. Выбрать значения нагрузки R2 и L2, определяемых положением переключателей SA9 и SA10.

2.5. Включить выключатель Q1 тумблером SA19 в верхнее положение.

2.6. Установить переключатель SA2 в положение «Вкл».

2.7. Включить выключатель Q2 в верхнее положение.

2.8. Зафиксировать показания тока и напряжения на соответствующих цифровых табло и переключив переключатель режимов измерения 2-го, 3-го и 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы в положении « $\cos\phi_2$;PW2;PQ2», « $\cos\phi_3$;PW3;PQ3» и « $\cos\phi_4$;PW4;PQ4», зафиксировать показания реактивной и активной мощностей и коэффициента нагрузки.

2.9. Полученные данные занести в таблицу 5.1

Таблица 5.1 – Данные при первой нагрузке

SA1	(№)	1	2	3	...
U₂, В	(PV21)				
I₂, А	(PA21)				
Q₂, вар	(PQ2)				
P₂, Вт	(PW2)				
cosφ₂	(cosφ ₂)				
U₃, В	(PV31)				
I₃, А	(PA31)				
Q₃, вар	(PQ3)				
P₃, Вт	(PW3)				
cosφ₃	(cosφ ₃)				
U₄, В	(PV41)				
I₄, А	(PA41)				
Q₄, вар	(PQ4)				
P₄, Вт	(PW4)				
cosφ₄	(cosφ ₄)				

2.10. Переключив переключатель SA1 вправо на следующее по ходу часовой стрелки положение.

2.11. Зафиксировать показания аналогично п.8.

2.12. Повторить действия п.10 до достижения переключателем SA1 правого крайнего по ходу часовой стрелки положения и фиксировать показания табло аналогично п.8.

2.13. Повторить вышеописанные действия ещё для двух значений нагрузки, полученные данные занести в таблицы 5.2 и 5.3.

Таблица 5.2 – Данные при второй нагрузке

SA1	(№)	1	2	3	...
$U_2, В$	(PV21)				
$I_2, А$	(PA21)				
$Q_2, \text{вар}$	(PQ2)				
$P_2, Вт$	(PW2)				
$\cos\phi_2$	($\cos\phi_2$)				
$U_3, В$	(PV31)				
$I_3, А$	(PA31)				
$Q_3, \text{вар}$	(PQ3)				
$P_3, Вт$	(PW3)				
$\cos\phi_3$	($\cos\phi_3$)				
$U_4, В$	(PV41)				
$I_4, А$	(PA41)				
$Q_4, \text{вар}$	(PQ4)				
$P_4, Вт$	(PW4)				
$\cos\phi_4$	($\cos\phi_4$)				

Таблица 5.3 – Данные при третьей нагрузке

SA1	(№)	1	2	3	...
$U_2, В$	(PV21)				
$I_2, А$	(PA21)				
$Q_2, \text{вар}$	(PQ2)				
$P_2, Вт$	(PW2)				
$\cos\phi_2$	($\cos\phi_2$)				
$U_3, В$	(PV31)				
$I_3, А$	(PA31)				
$Q_3, \text{вар}$	(PQ3)				
$P_3, Вт$	(PW3)				
$\cos\phi_3$	($\cos\phi_3$)				
$U_4, В$	(PV41)				
$I_4, А$	(PA41)				
$Q_4, \text{вар}$	(PQ4)				
$P_4, Вт$	(PW4)				
$\cos\phi_4$	($\cos\phi_4$)				

3. Порядок завершения работы:

3.1. Завершив эксперимент, выключить автоматический выключатель QF1 «Сеть» и разобрать схему опыта.

3.2. Вернуть переключатели и тумблеры в исходное состояние.

4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

ВСТРЕЧНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Цель работы

1. Исследование работы схемы встречного регулирования напряжения.
2. Формирование практических навыков исследования режимов работы сети.

Порядок проведения работы

1. Подготовка к работе

1.1. Собрать схему, представленную на рисунке 6.1.

Перед включением стенда убедиться в том, что:

- на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки;
- переключатель SA1 находится в положении «Ун»;
- переключатель SA3 находится в положении «Ун»;
- переключатели нагрузки R2 (SA9) – в положении «1», L2 (SA10) – в положении «1»;
- переключатель режимов измерения 2-го, 3-го и 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы находится в верхнем положении («РА21;РА22;PV21», «РА31;РА32;PV31» и «РА41;РА42;PV41»);
- активное сопротивление линии Rл2 (тумблер SA6) – в позиции «2RЛ».

2. Исследование работы схемы встречного регулирования напряжения

2.1. Включить стенд автоматическим выключателем QF1 «СЕТЬ». Проверить наличие напряжения по свечению светодиода, расположенного над автоматическим выключателем.

2.2. Включить выключатель Q1 тумблером SA19 в верхнее положение.

2.3. Включить тумблер SA2 в положение «Вкл».

2.4. Выбрать значений нагрузки R2 и L2, определяемой положением переключателей SA9 и SA10.

2.5. Зафиксировать показания тока и напряжения на соответствующих цифровых табло и, переключив переключатель режимов измерения 2-го и 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы в положение « $\cos\varphi_2$;PW2;PQ2» и « $\cos\varphi_4$;PW4;PQ4», зафиксировать показания реактивной и активной мощностей и коэффициента нагрузки на соответствующих цифровых табло.

2.6. Полученные данные занести в таблицу 6.1.

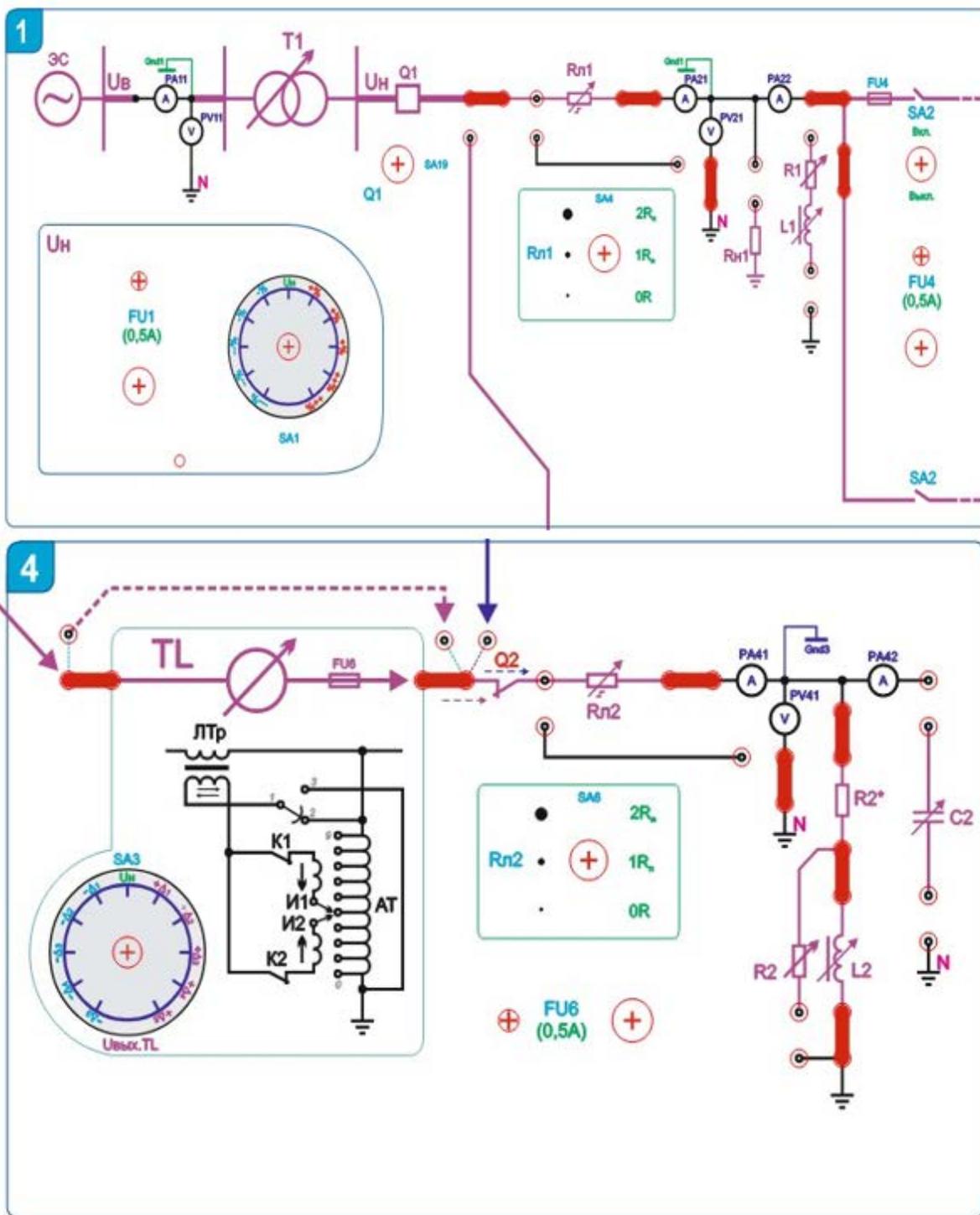


Рисунок 6.1 – Схема к выполнению работы

Таблица 6.1 – Данные при первой нагрузке

SA1	SA3	U_2 , В	I_2 , А	Q_2 , вар	P_2 , Вт	$\cos\phi_2$	U_4 , В	I_4 , А	Q_4 , вар	P_4 , Вт	$\cos\phi_4$
(№)	(№)	(PV21)	(PA21)	(PQ2)	(PW2)	($\cos\phi_2$)	(PV41)	(PA41)	(PQ4)	(PW4)	($\cos\phi_4$)
1	1										
2	2										
...	...										

- 2.7. Перевести переключатель SA1 вправо на 2 позиции по ходу часовой стрелки.
- 2.8. Зафиксировать показания аналогично п.2.5.
- 2.9. Переключить SA3 влево против хода часовой стрелки на 2 позиции
- 2.10. Зафиксировать показания аналогично п.2.5, убедиться в восстановлении нормального напряжения у потребителя нагрузки R2 и L2.
- 2.11. Установить переключатель SA1 в крайнее правое по ходу часовой стрелки положение.
- 2.12. Зафиксировать показания аналогично п.2.5.
- 2.13. Переключить SA3 в крайнее левое против хода часовой стрелки положение, убедиться в восстановлении нормального напряжения у потребителя нагрузки R2 и L2.
- 2.14. Зафиксировать показания аналогично п.2.5.
- 2.15. Повторить вышеописанные действия ещё для двух значений нагрузки, полученные данные занести в таблицы 6.2 и 6.3.

Таблица 6.2 – Данные при второй нагрузке

SA1	SA3	U ₂ , В	I ₂ , А	Q ₂ , вар	P ₂ , Вт	cosφ ₂	U ₄ , В	I ₄ , А	Q ₄ , вар	P ₄ , Вт	cosφ ₄
(№)	(№)	(PV21)	(PA21)	(PQ2)	(PW2)	(cosφ ₂)	(PV41)	(PA41)	(PQ4)	(PW4)	(cosφ ₄)
1	1										
2	2										
...	...										

Таблица 6.3 – Данные при третьей нагрузке

SA1	SA3	U ₂ , В	I ₂ , А	Q ₂ , вар	P ₂ , Вт	cosφ ₂	U ₄ , В	I ₄ , А	Q ₄ , вар	P ₄ , Вт	cosφ ₄
(№)	(№)	(PV21)	(PA21)	(PQ2)	(PW2)	(cosφ ₂)	(PV41)	(PA41)	(PQ4)	(PW4)	(cosφ ₄)
1	1										
2	2										
...	...										

3. Порядок завершения работы

- 3.1. Завершив эксперимент, выключить автоматический выключатель QF1 «Сеть» и разобрать схему опыта.
- 3.2. Вернуть переключатели и тумблеры в исходное состояние.

4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАДИАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ЗА СЧЕТ ПРОДОЛЬНОЙ ЕМКОСТНОЙ КОМПЕНСАЦИИ

Цель работы

1. Исследование регулирования напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности с помощью конденсаторной батареи.
2. Формирование практических навыков исследования режимов работы сети.

Порядок проведения работы

1. Подготовка к работе

1.1. Собрать схему, представленную на рисунке 7.1.

Перед включением стенда убедиться в том, что:

- на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки;
- переключатель режимов измерения 2-го, 3-го и 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы находится в верхнем положении («РА21;РА22;PV21», «РА31;РА32;PV31» и «РА41;РА42;PV41»);
- активное сопротивление линии Рл3 (тумблер SA5) – в позиции «1RЛ»;
- индуктивное сопротивление линии Зл3 (тумблер SA5*) – в позиции «min»;
- активное сопротивление линии Рл4 (тумблер SA13*) – в позиции «1RЛ»;
- тумблер SA15 – в положении «Вкл РШ» (вверху).

2. Регулирование напряжения путем продольной компенсации реактивной мощности

2.1. Включить стенд автоматическим выключателем QF1 «СЕТЬ». Проконтролировать наличие напряжения по свечению светодиода, расположенного над автоматическим выключателем.

2.2. Включить выключатель Q1 тумблером SA19 в верхнее положение.

2.3. Включить тумблер SA2 в положение «Вкл».

2.4. Зафиксировать показания тока и напряжения на соответствующих цифровых табло и, переключив переключатель режимов измерения 2-го, 3-го и 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы в положение « $\cos\varphi_2$;PW2;PQ2», « $\cos\varphi_3$;PW3;PQ3», зафиксировать показания реактивной и активной мощностей и коэффициента нагрузки, полученные данные занести в таблицу 7.1.

Окончание таблицы 7.1

Q₂, вар	(PQ2)				
P₂, Вт	(PW2)				
cosφ₂	(cosφ ₂)				
U₃, В	(PV31)				
I₃, А	(PA31)				
Q₃, вар	(PQ3)				
P₃, Вт	(PW3)				
cosφ₃	(cosφ ₃)				
U₄, В	(PV41)				

2.8. Построить зависимость $U_4 = f(C)$ по данным таблицы 7.1.

3. Порядок завершения работы

3.1. Завершив эксперимент, выключить автоматический выключатель QF1 «Сеть» и разобрать схему опыта.

3.2. Вернуть переключатели и тумблеры в исходное состояние.

4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8 СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАДИАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ЗА СЧЕТ ПОПЕРЕЧНОЙ ЕМКОСТНОЙ КОМПЕНСАЦИИ

Цель работы

1. Исследовать работу фазы линии электропередачи в установившемся режиме.
2. Формирование практических навыков исследования режимов работы сети.

Порядок проведения работы

1. Подготовка к работе

1.1. Собрать схему, представленную на рисунке 8.1.

Перед включением стенда убедиться в том, что:

- на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключатели;
- переключатель SA1 находится в положении «Ун»;
- переключатели нагрузки R1 (SA7) и L1 (SA8) находятся в положении «3»;
- переключатель режимов измерения 2-го и 3-го каналов микропроцессорной измерительной системы находится в верхнем положении («РА21; РА22; PV21» и «РА31; РА32; PV31»);

- активное сопротивление линии $R_{Л3}$ (тумблер SA5) – в позиции «1RJ» и индуктивное сопротивление линии $Z_{Л3}$ (тумблер SA5*) – в позиции «0».

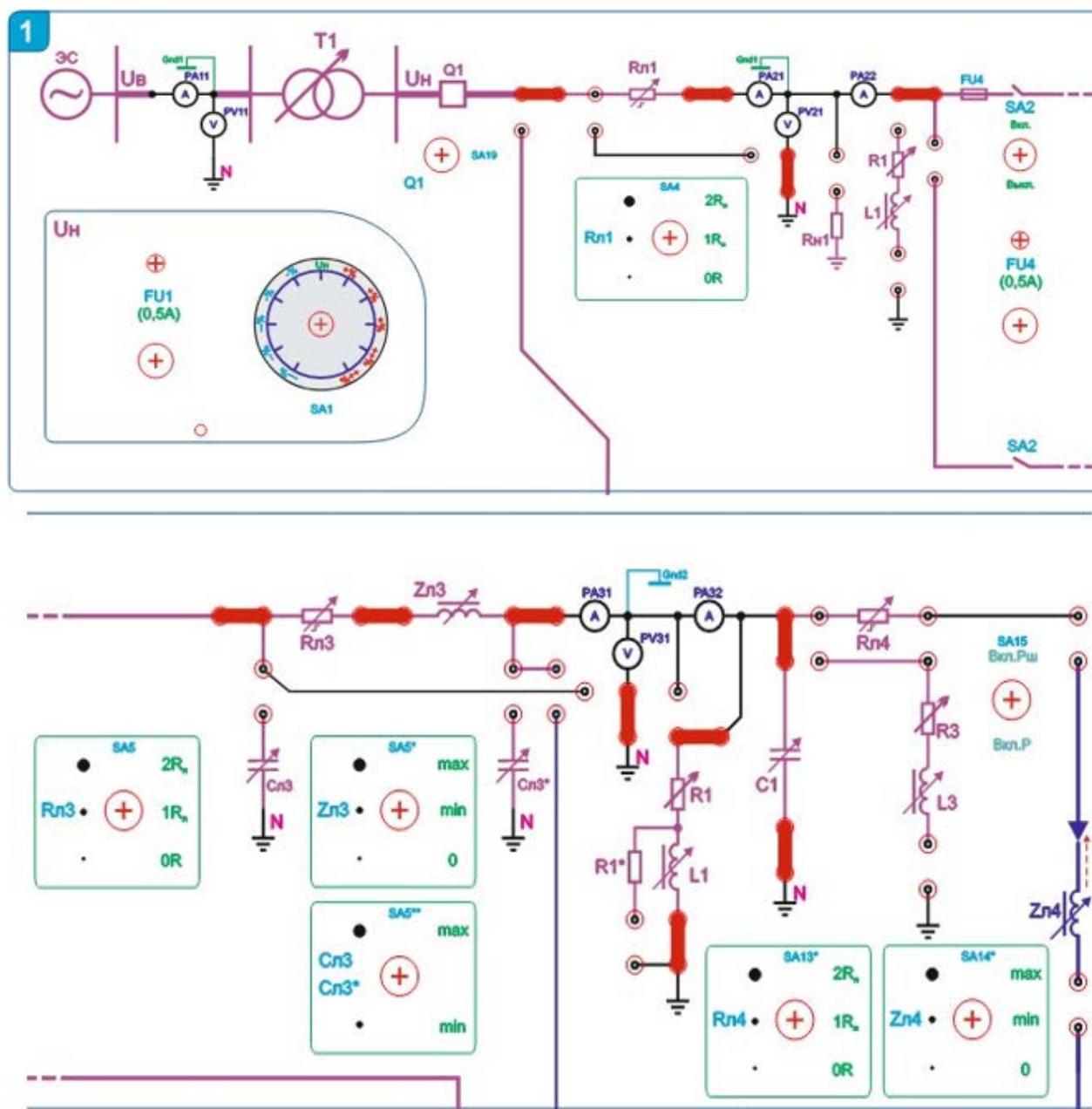


Рисунок 8.1 – Схема к выполнению работы

2. Моделирование установившегося режима работы фазы линии электропередачи

2.1. Включить стенд автоматическим выключателем QF1 «СЕТЬ». Проверить наличие напряжения по свечению светодиода, расположенного над автоматическим выключателем.

2.2. Включить выключатель Q1 тумблером SA19 в верхнее положение.

2.3. Включить тумблер SA2 в положение «Вкл».

2.4. Зафиксировать показания тока и напряжения на соответствующих цифровых табло и, переключив переключатель режимов измерения 2-го и 3-го каналов микропроцессорной измерительной системы в положение « $\cos\phi_2;P_2;PQ_2$ », « $\cos\phi_3;P_3;PQ_3$ », зафиксировать показания реактивной и активной мощностей и коэффициента нагрузки, полученные данные занести в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Показания реактивной и активной мощностей и коэффициента нагрузки

С, мкФ	U ₂ , В	I ₂ , А	Q ₂ , вар	P ₂ , Вт	cosφ ₂	U ₃ , В	I ₃ , А	Q ₃ , вар	P ₃ , Вт	cosφ ₃
SA20-SA23	(PV21)	(PA21)	(PQ2)	(PW2)	(cosφ ₂)	(PV31)	(PA31)	(PQ3)	(PW3)	(cosφ ₃)
...										

2.5. Установить тумблерами SA20...SA23 емкость конденсаторной батареи С1 несколько больше.

2.6. Зафиксировать показания аналогично п.2.4.

2.7. Повторить действия п.2.5 и зафиксировать показания табло аналогично п.2.4.

2.8. Построить зависимость $U_3 = f(C)$ по данным таблицы 8.1.

3. Порядок завершения работы

3.1. Завершив эксперимент, выключить автоматический выключатель QF1 «Сеть» и разобрать схему опыта.

3.2. Вернуть переключатели и тумблеры в исходное состояние.

4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9 ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАДИАЛЬНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ

Цель работы

1. Исследование режима передачи электроэнергии в радиальных распределительных сетях.
2. Формирование практических навыков исследования режимов работы сети.

Порядок проведения работы

1. Подготовка к работе

1.1. Собрать схему, представленную на рисунке 9.1.

Перед включением стенда убедиться в том, что:

- на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта перемычки;
- переключатель SA1 находится в положении «Ун»;
- переключатель SA3 находится в положении «Ун»;
- переключатель нагрузки R1 (SA7) – в положении «5»;
- переключатель нагрузки R2 (SA9) – в положении «5»;
- переключатели нагрузки R3 (SA11) – в положении «5», L3 (SA12) – в положении «3»;
- переключатель режимов измерения 2-го, 3-го и 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы находится в верхнем положении («РА21;РА22;PV21», «РА31;РА32;PV31» и «РА41;РА42;PV41»);
- активное сопротивление линии Rл2 (тумблер SA6) – в позиции «1РЛ»;
- активное сопротивление линии Rл3 (тумблер SA5) – в позиции «1РЛ»;
- активное сопротивление линии Rл4 (тумблер SA13*) – в позиции «1РЛ»;
- индуктивное сопротивление линии Zл3 (тумблер SA5*) – в позиции «0».

2. Исследование работы схемы встречного регулирования напряжения

2.1. Включить стенд автоматическим выключателем QF1 «СЕТЬ». Проверить наличие напряжения по свечению светодиода, расположенного над автоматическим выключателем.

2.2. Включить выключатель Q1 тумблером SA19 в верхнее положение.

2.3. Включить тумблер SA2 в положение «Вкл».

2.4. Выбрать значения нагрузки R2, определяемой положением переключателей SA9.

2.5. Полученные данные занести в таблицу 9.1.

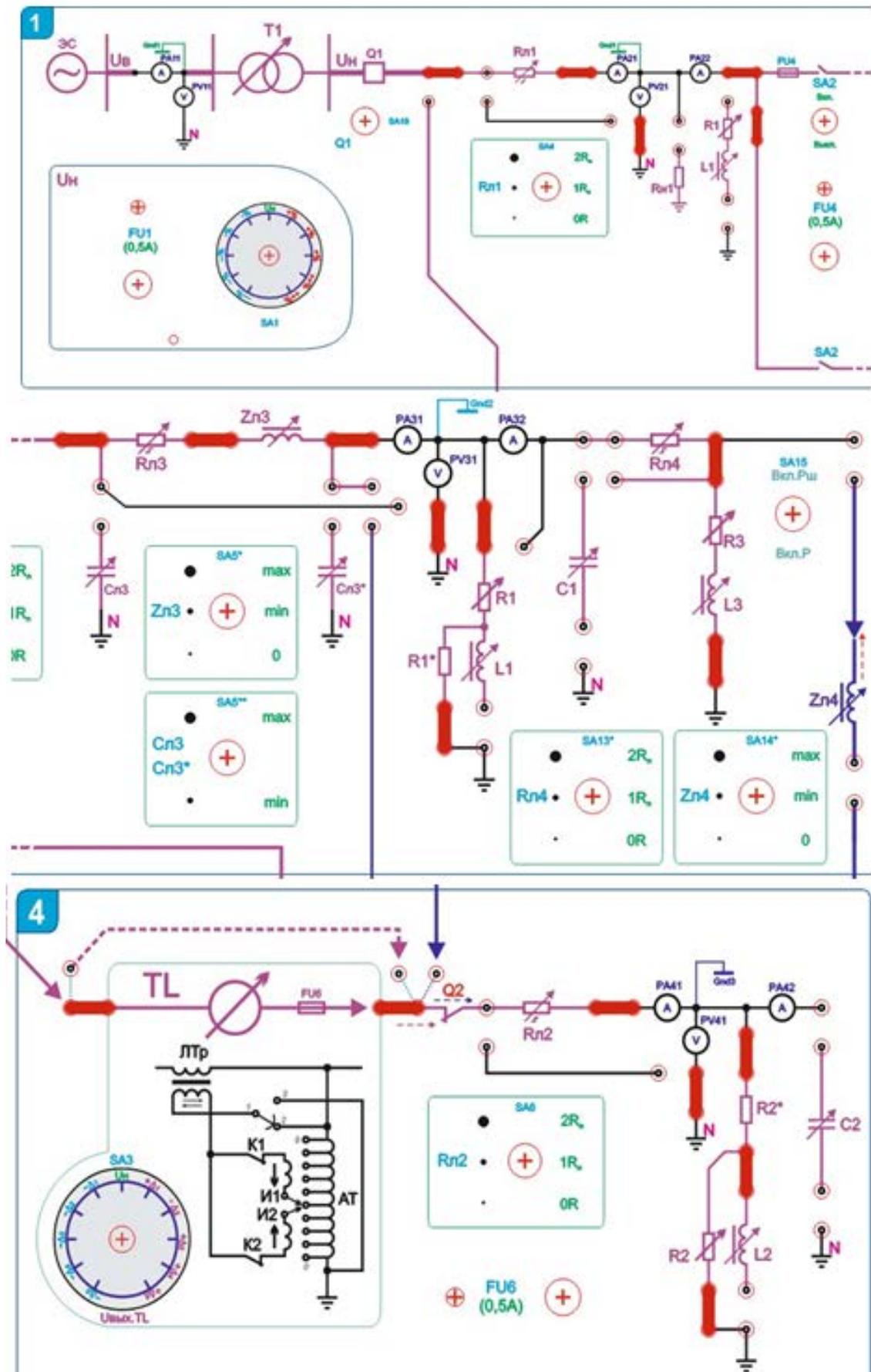


Рисунок 9.1 – Схема к выполнению работы

2.6. Зафиксировать показания тока и напряжения на соответствующих цифровых табло и, переключив переключатель режимов измерения 2-го – 4-го каналов микропроцессорной измерительной системы в положение « $\cos\phi_2;PW_2;PQ_2$ » - « $\cos\phi_4;PW_4;PQ_4$ », зафиксировать показания реактивной и активной мощностей и коэффициента нагрузки на соответствующих цифровых табло.

Таблица 9.1 – Показания реактивной и активной мощностей и коэффициента нагрузки

SA1	SA3	U₂, В	I₂, А	Q₂, вар	P₂, Вт	cosφ₂	U₄, В	I₄, А	Q₄, вар	P₄, Вт	cosφ₄
(№)	(№)	(PV21)	(PA21)	(PQ2)	(PW2)	(cosφ ₂)	(PV41)	(PA41)	(PQ4)	(PW4)	(cosφ ₄)
U _H	U _H										
...	...										

2.7. Перевести переключатель SA1 вправо на 2 позиции по ходу часовой стрелки.

2.8. Зафиксировать показания аналогично п.2.5.

2.9. Переключить SA3 влево против хода часовой стрелки на 2 позиции.

2.10. Зафиксировать показания аналогично п.2.5, убедиться в восстановлении нормального напряжения у потребителя нагрузки R2.

2.11. Установить переключатель SA1 в крайнее правое по ходу часовой стрелки положение.

2.12. Зафиксировать показания аналогично п.2.5.

2.13. Переключить SA3 в крайнее левое против хода часовой стрелки положение, убедиться в восстановлении нормального напряжения у потребителя нагрузки R2.

2.14. Зафиксировать показания аналогично п.2.5.

2.15. Сравнить режимы работы ветвей распределительной сети при уменьшении и увеличении питающего напряжения и сделать выводы о наличии возможности поднять напряжение с помощью линейного регулятора напряжения и нормализовать сеть у потребителя при падении питающего напряжения в линии и о его понижении при небезопасном повышенном питающем напряжении в линии.

3. Порядок завершения работы

3.1. Завершив эксперимент, выключить автоматический выключатель QF1 «Сеть» и разобрать схему опыта.

3.2. Вернуть переключатели и тумблеры в исходное состояние.

4. Подготовить отчет по лабораторной работе.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ К ЗАЩИТЕ

1. Что является источником питания промышленных предприятий?
2. В каких случаях целесообразно сооружение собственной электрической станции на предприятии?
3. Какие сооружения являются приемными пунктами электроэнергии на промышленных предприятиях?
4. Что включает в себя система внешнего электроснабжения предприятия?
5. Что включает в себя система внутреннего электроснабжения предприятия?
6. Задачи и функции оперативного управления.
7. На базе чего организуется оперативное управление системами электроснабжения?
8. От чего зависят организационные формы и структура оперативного управления?
9. Что называется оперативным управлением системы электроснабжения.
10. Порядок производства оперативных переключений при выводе в ремонт элементов схем электроснабжения.
11. Порядок локализации точки К.З. на элементах схемы электроснабжения.
12. В каких оперативных состояниях может находиться оборудование систем электроснабжения?
13. Когда оборудование считается находящимся только под напряжением в работе, выведенным в ремонт и в резерв?
14. Назначение каждого элемента схемы электроснабжения предприятия.
15. Причины отклонения и колебаний напряжения в системах электроснабжения промышленных предприятий?
16. Какие факторы оказывают влияние на потери электрической мощности и энергии в системах электроснабжения?
17. Какими методами определяются потери мощности и электроэнергии?
18. Какие способы снижения потерь мощности и электроэнергии в системах электроснабжения вы знаете?
19. Какими техническими средствами достигается снижение потребления реактивной мощности нагрузки?
20. Для чего применяют регулирование напряжения?
21. Какие методы регулирования напряжения используют в электрических сетях?
22. Как осуществляется регулирование напряжения трансформаторами?
23. Как определить напряжение на участках сети в трансформаторах по экспериментальным данным?
24. Какие физические величины нагрузок подлежат определению и для чего?
25. Какие основные методы определения расчетных нагрузок применяются при проектировании СЭ?
26. Какими методами определяется расчетная нагрузка (активная и реактивная)?

27. Что такое эффективное (приведенное) число электроприемников и как оно определяется в т.ч. и частными случаями?
28. Как и с какой целью определяют пиковые нагрузки?

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гужов, Н. П. Системы электроснабжения : учебник / Н. П. Гужов, В. Я. Ольховский, Д. А. Павлюченко. – Новосибирск : НГТУ, 2015. – 258 с.
2. Основы современной энергетики : учебник в 2-х томах / И. М. Бортник, А. П. Бурман, П. А. Бутырин и др.; под общ. ред. Е. В. Аметистова. – 6-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2016. – Т. 2 : Современная электроэнергетика. – 677 с.
3. Щеглов, Н. В. Электрооборудование высокого напряжения и его эксплуатация : учебное пособие / Н. В. Щеглов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : НГТУ, 2017. – 139 с.
4. Электрические системы и сети : учебник / А. В. Лыкин. – Новосибирск : НГТУ, 2017. – 363 с.
5. Грунтович Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования : учебное пособие / Н. В. Грунтович. – Минск : Новое знание ; Москва : Инфра-М, 2013. – 270 с.
6. Калентионок, Е. В. Оперативное управление в энергосистемах : учебное пособие / Е. В. Калентионок, В. Г. Прокопенко, В. Т. Федин ; под общ. ред. В. Т. Федина. – Минск : Вышэйшая школа, 2007. – 351 с.
7. Киреева, Э. А. Справочник энергетика предприятий, учреждений и организаций / Э. А. Киреева, Г. Ф. Быстрицкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Колос, 2010. – 803 с.
8. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий / Т. В. Анчарова, С. С. Бодрухина, А. Б. Буре и др. ; под общ. ред. С. И. Гамазина, Б. И. Кудрина, С. А. Цырука. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2010. – 745 с.
9. Филиппова, Т. А. Оптимизация режимов электростанций и энергосистем : учебник / Т. А. Филиппова, Ю. М. Сидоркин, А. Г. Русина; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. – 3-е изд. – Новосибирск : НГТУ, 2018. – 356 с.
10. Электрооборудование высокого напряжения и его эксплуатация : учебное пособие / Н. В. Щеглов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : НГТУ, 2017. – 139 с.

ИНФОРМАЦИЯ О ДОСТУПЕ К ВИРТУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ УО «ВГТУ» И ЭЛЕКТРОННЫМ РЕСУРСАМ КАФЕДРЫ «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»

Для удобства работы и развития навыков в работе с удаленными ресурсами студентам рекомендуется использовать материалы по учебной дисциплине, размещенные в виртуальной образовательной среде УО «ВГТУ» (sdo.vstu.by) и на сайте кафедры «Теплоэнергетика».

Учебное издание

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Составители:

Жерносек Сергей Васильевич
Дрюков Василий Васильевич
Мовсесян Владимир Юрьевич
Рудаков Святослав Андреевич

Редактор *Р.А. Никифорова*
Корректор *А.С. Прокопюк*
Компьютерная верстка *С.В. Жерносек*

Подписано к печати 02.04.2025. Формат 60x90¹/₁₆. Усл. печ. листов 2,3.
Уч.-изд. листов 2,7. Тираж 30 экз. Заказ № 73.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.