



Негосударственное частное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Технический университет УГМК»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Профиль подготовки Электрооборудование и электрохозяйство горных и  
промышленных предприятий  
Уровень высшего образования бакалавриат  
*(бакалавриат, специалитет, магистратура)*

Автор - разработчик: Гусакин А. А., ст. преподаватель  
Рассмотрено на заседании кафедры энергетики  
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма  
2021

Лабораторные работы по дисциплине имеют целью закрепление теоретических знаний, полученных обучающимися на лекциях, на практике, под руководством преподавателя.

### Темы лабораторных работ:

Раздел	Тема занятия
5	Выполнение оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК». Вывод из работы 2 СШ 110 кВ.
5	Выполнение оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК». Ввод в работу 2 СШ 110 кВ.
5	Выполнение оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК». Ввод в работу трансформатора №2.
5	Выполнение оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК». Вывод в ремонт ВЛ 110 кВ ГПП2-ГПП4.
5	Выполнение оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК». Ввод в работу ВЛ 110 кВ ГПП2-ГПП4.
5	Выполнение оперативных переключений на ПС "Электромедь". Действия персонала при исчезновении напряжения на ВЛ 110 кВ.
5	Выполнение оперативных переключений на ПС "Электромедь". Действия персонала при исчезновении напряжения на ВЛ 110 кВ.
5	Выполнение оперативных переключений на ПС "Электромедь". Ввод в работу Т-1.

#### Лабораторная работа №1.

*Тема:* Выполнение оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК». Вывод из работы 2 СШ 110 кВ.

**Цель работы** получение навыков выполнения оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК».

#### Теоретические положения:

ГПП-4 АО «Гайский ГОК» имеет два трансформатора 110/6 кВ, две рабочих и одну обходную системы шин 110 кВ.

Электроснабжение подстанции осуществляется:

- от Орской ТЭЦ-1 по ВЛ 110 кВ «ОТЭЦ-1 – ГПП-4» (ячейка №8);
- Ириклинской ГРЭС по ВЛ 110 кВ «ИГРЭС - ГПП-4» (ячейка №9);
- от Ириклинской ГЭС и Орской ТЭЦ-1 через шины ГПП-2 АО «Гайский ГОК»

(ячейка №3).

Управление электрооборудованием ОРУ 110 кВ:

- заземляющие ножи - местно, с помощью механических приводов;
- элегазовые выключатели ячеек, шинные и линейные разъединители – местно или дистанционно из ОПУ подстанции.

В целях безопасности после всех переключений, выполненных дистанционно, производится визуальный контроль фактического положения коммутационного аппарата.

Переключения на подстанции выполняются двумя сотрудниками из числа оперативного персонала: один сотрудник непосредственно выполняет переключения, второй зачитывает бланк переключения и контролирует действия первого.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое наряд-здание и бланк переключений?
2. Перечислите требования к персоналу, выполняющему оперативные переключения. Каково количество лиц, участвующих в оперативных переключениях по бланку переключений?
3. Правила пользования указателем высокого напряжения. Порядок выполнения проверки отсутствия напряжения на токоведущих частях.
4. Порядок включения заземляющих ножей.
5. Условия параллельной работы трансформаторов.

### **Порядок выполнения работы:**

#### ***1. Общие сведения***

Работа выполняется на АРМ лаборатории с использованием 3D-модели подстанции ГПП-4.

Работа выполняется на одном АРМ двумя студентами, один из которых выполняет переключения (действия в 3D-модели), а второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

Действия в 3D-модели:

- перемещение – кнопки W, A, S, D (для ускоренного перемещения удерживайте нажатой клавишу Shift);
- вход в режим перемещения и выход из него – правая кнопка мыши;
- воздействие на объекты (открытие/закрытие дверей помещений и шкафов, воздействие на коммутационные аппараты) – левая кнопка мыши. Для воздействия на объекты необходимо выйти из режима перемещения.

При воздействии (щелчке левой кнопкой мыши) на коммутационный аппарат, появляется меню действий, в котором можно выбрать желаемое действие:

- переключить коммутационный аппарат в новое положение;
- проверить текущее положение коммутационного аппарата (будет предложено указать, в каком положении фактически находится аппарат);
- отменить действие.

Действия студента в 3D-модели протоколируются на сервере лаборатории и сравниваются с бланком переключений. Любое действие на коммутационные аппараты, не совпадающее с бланком переключений, трактуется как ошибка.

Оценка за выполнение тренинга выставляется преподавателем после просмотра протокола в зависимости от количества и степени серьезности допущенных ошибок.

#### ***2. Подготовка к выполнению работы***

2.1. Перед выполнением работы изучите теоретические положения, ознакомьтесь со схемой подстанции.

2.2. Ответьте на контрольные вопросы.

2.3. Запустите программу «Лаборатория 322» (ярлык для запуска расположен на рабочем столе), введите свое имя пользователя и пароль, выберите назначенное задание и нажмите кнопку «Приступить».

#### ***3. Исходная схема***

3.1. На момент начала переключений:

- ШСВ (яч. №7) - включен;
- ВЛ 110 кВ «ГПП-2 – ГПП-4» (яч. №3) – включена от 2 СШ;
- Т-1 (яч. №4) – включен от 1 СШ;
- обходной выключатель (яч. №5) – отключен;

- Т-2 (яч. №6) – включен от 2 СШ;
- ВЛ «ОТЭЦ-1 – ГПП-4» - включена на 1 СШ;
- ВЛ «ИГРЭС – ГПП-4» - включена на 2 СШ.

3.2. Исходное положение коммутационных аппаратов ОРУ 110 кВ приведено в таблице:

№ ячейки/ наименование присоединения	Состояние оборудования				
	ШР1	ШР2	В	ЛР	ОР
Яч.№1 ГПП-1	О	В	В	В	О
Яч.№2 Резерв	О	О	О	О	О
Яч.№3 ГПП-2	О	В	В	В	О
Яч.№4 Т-1	В	О	В	В	О
Яч.№5 ОВ	О	О	О		О
Яч.№6 Т-2	О	В	В	В	О
Яч.№7 ШСВ	В	В	В		
Яч.№8 ОТЭЦ-1	В	О	В	В	О
Яч.№3 ИГРЭС	О	В	В	В	О

#### 4. Выполнение переключений

4.1. В программе «Лаборатория 322» нажмите кнопку «Запуск 3D-модели».

4.2. Выполните переключения в следующей последовательности:

№ п/п	Последовательность выполнения операций
1	ГПП-4 ОПУ шкаф №39 «КСЗ, АПВ ВЛ 110кВ Ириклинская ГРЭС – ГПП-4 Гая с отпайкой на ПС Строительная (МФО, ДЗ, ТЗНП, ТАПВ, УРОВ) (ШЭ2607019021) Комплект А1» установить ключ SA2 «АПВ» в положение «Вывод»
2	ГПП-4 ОПУ шкаф №41 «КСЗ, АПВ ВЛ 110кВ ОТЭЦ-1 – ГПП-4 ГТОК (МФО, ДЗ, ТЗНП, ТАПВ, УРОВ) (ШЭ2607019021) Комплект А1» установить ключ SA2 «АПВ» в положение «Вывод»
3	ГПП-4 ОПУ шкаф №36 «КСЗ, АПВ ШСВ 110кВ (МТЗ, ТЗНП, ТАПВ, УРОВ) (ШЭ2607015)» установить ключ SA9 «АПВ» в положение «Вывод»
4	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) «ДЗШ 110кВ (ШЭ2607061)» установить ключ SA3 «Нарушение фиксации» в положение «Работа»
5	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№7 убедиться во включенном положении ШСВ
6	ГПП-4 ОПУ шкаф №6 (обратная сторона) отключить автомат цепей управления ШСВ 01-SF2
7	ГПП-4 ОПУ яч.№1 включить ШР1 КЛ 110кВ ГПП-1 Гая
8	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№1 проверить включенное положение ШР1 КЛ 110кВ ГПП-1 Гая
9	ГПП-4 ОПУ яч.№1 отключить ШР2 КЛ 110кВ ГПП-1 Гая

10	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№1 проверить отключенное положение ШР2 КЛ 110кВ ГПП-1 Гая
11	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№2 «РЕЗЕРВ» проверить отключенное положение ШР2
12	ГПП-4 ОПУ яч.№3 включить ШР1 ВЛ 110кВ ГПП-2 Гая
13	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 убедиться во включенном положении ШР1 ВЛ 110кВ ГПП-2 Гая
14	ГПП-4 ОПУ яч.№3 отключить ШР2 ВЛ 110кВ ГПП-2 Гая
15	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 убедиться в отключенном положении ШР2 ВЛ 110кВ ГПП-2 Гая
16	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№4 убедиться в отключенном положении ШР2 Т1
17	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№5, убедиться в отключенном положении ШР2 ОВ
18	ГПП-4 ОПУ яч.№6 включить ШР1 Т2
19	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№6 убедиться во включенном положении ШР1 Т2
20	ГПП-4 ОПУ яч.№6 отключить ШР2 Т2
21	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№6 убедиться в отключенном положении ШР2 Т2
22	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№8 убедиться в отключенном положении ШР2 ВЛ 110кВ ОТЭЦ-1
23	ГПП-4 ОПУ яч.№9 включить ШР1 ВЛ 110кВ ИрГРЭС
24	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№9 убедиться во включенном положении ШР1 ВЛ 110кВ ИрГРЭС
25	ГПП-4 ОПУ яч.№9 отключить ШР2 ВЛ 110кВ ИрГРЭС
26	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№9 убедиться в отключенном положении ШР2 ВЛ 110кВ ИрГРЭС
27	ГПП-4 ОПУ шкаф №6 (обратная сторона) включить автоматический выключатель цепей управления ШСВ 01-SF2
28	ГПП-4 ОПУ яч.№7 отключить ШСВ
29	ГПП-4 ОПУ шкаф №6 (обратная сторона) отключить автоматический выключатель цепей управления ШСВ 01-SF2
30	ГПП-4 ОПУ яч.№7 отключить ШР2 ШСВ
31	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№7 убедиться в отключенном положении ШР2 ШСВ
32	ГПП-4 ОПУ проверить отсутствие напряжения на 2С.Ш. по киловольтметру

33	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№10 отключить автоматические выключатели вторичных цепей ТН2
34	ГПП-4 ОПУ яч.№10 отключить ШР2 ТН2
35	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№10 убедиться в отключенном положении ШР2 ТН2
36	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№10 включить ЗН 2С.Ш.

4.3. В случае, если необходим перезапуск тренинга с исходного положения, обратитесь к преподавателю.

4.4. После успешного завершения переключений закройте программу 3D-модели.

4.5. Завершите выполнение тренинга в программе «Лаборатория 322».

## **Лабораторная работа №2.**

*Тема:* Выполнение оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК». Ввод в работу 2 СШ 110 кВ.

**Цель работы** получение навыков выполнения оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК».

### **Теоретические положения:**

ГПП-4 АО «Гайский ГОК» имеет два трансформатора 110/6 кВ, две рабочих и одну обходную системы шин 110 кВ.

Электроснабжение подстанции осуществляется:

- от Орской ТЭЦ-1 по ВЛ 110 кВ «ОТЭЦ-1 – ГПП-4» (ячейка №8);
- Ириклинской ГРЭС по ВЛ 110 кВ «ИГРЭС - ГПП-4» (ячейка №9);
- от Ириклинской ГЭС и Орской ТЭЦ-1 через шины ГПП-2 АО «Гайский ГОК» (ячейка №3).

Управление электрооборудованием ОРУ 110 кВ:

- заземляющие ножи - местно, с помощью механических приводов;
- элегазовые выключатели ячеек, шинные и линейные разъединители – местно или дистанционно из ОПУ подстанции.

В целях безопасности после всех переключений, выполненных дистанционно, производится визуальный контроль фактического положения коммутационного аппарата. Переключения на подстанции выполняются двумя сотрудниками из числа оперативного персонала: один сотрудник непосредственно выполняет переключения, второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое наряд-задание и бланк переключений?
2. Перечислите требования к персоналу, выполняющему оперативные переключения. Каково количество лиц, участвующих в оперативных переключениях по бланку переключений?
3. Правила пользования указателем высокого напряжения. Порядок выполнения проверки отсутствия напряжения на токоведущих частях.
4. Порядок включения заземляющих ножей.
5. Условия параллельной работы трансформаторов.

### **Порядок выполнения работы:**

#### **1. Общие сведения:**

Работа выполняется на АРМ лаборатории с использованием 3D-модели подстанции ГПП-4.

Работа выполняется на одном АРМ двумя студентами, один из которых выполняет переключения (действия в 3D-модели), а второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

Действия в 3D-модели:

- перемещение – кнопки W, A, S, D (для ускоренного перемещения удерживайте нажатой клавишу Shift);
- вход в режим перемещения и выход из него – правая кнопка мыши;
- воздействие на объекты (открытие/закрытие дверей помещений и шкафов, воздействие на коммутационные аппараты) – левая кнопка мыши. Для воздействия на объекты необходимо выйти из режима перемещения.

При воздействии (щелчке левой кнопкой мыши) на коммутационный аппарат, появляется меню действий, в котором можно выбрать желаемое действие:

- переключить коммутационный аппарат в новое положение;
- проверить текущее положение коммутационного аппарата (будет предложено указать, в каком положении фактически находится аппарат);
- отменить действие.

Действия студента в 3D-модели протоколируются на сервере лаборатории и сравниваются с бланком переключений. Любое действие на коммутационные аппараты, не совпадающее с бланком переключений, трактуется как ошибка.

Оценка за выполнение тренинга выставляется преподавателем после просмотра протокола в зависимости от количества и степени серьезности допущенных ошибок.

## 2. Порядок выполнения работы:

- 2.1. Перед выполнением работы изучите теоретические положения, ознакомьтесь со схемой подстанции.
- 2.2. Ответьте на контрольные вопросы.
- 2.3. Запустите программу «Лаборатория 322» (ярлык для запуска расположен на рабочем столе), введите свое имя пользователя и пароль, выберите назначенное задание и нажмите кнопку «Приступить».

## 3. Исходная схема:

На момент начала переключений:

- ШСВ (яч.№7) - отключен;
- ВЛ 110 кВ «ГПП-2 – ГПП-4» (яч. №3) – включена от 1 СШ;
- Т-1 (яч. №4) – включен от 1 СШ;
- обходной выключатель (яч.№5) – отключен;
- Т-2 (яч. №6) – включен от 1 СШ;
- ВЛ «ОТЭЦ-1 – ГПП-4» - включена на 1 СШ;
- ВЛ «ИГРЭС – ГПП-4» - включена на 1 СШ;
- ТН 2СШ отключен;
- 2 СШ заземлена.

- 3.1. Исходное положение коммутационных аппаратов ОРУ 110 кВ приведено в таблице:

№ ячейки/ наименование присоединения	Состояние оборудования				
	ШР1	ШР2	В	ЛР	ОР
Яч.№1 ГПП-1	В	О	В	В	О
Яч.№2 Резерв	О	О	О	О	О
Яч.№3 ГПП-2	В	О	В	В	О
Яч.№4 Т-1	В	О	В	В	О
Яч.№5 ОВ	О	О	О		О
Яч.№6 Т-2	В	О	В	В	О
Яч.№7 ШСВ	В	О	О		
Яч.№8 ОТЭЦ-1	В	О	В	В	О
Яч.№3 ИГРЭС	В	О	В	В	О

## 4. Выполнение переключений:

В программе «Лаборатория 322» нажмите кнопку «Запуск 3D-модели».

4.1. Выполните переключения в следующей последовательности:

№ п/п	Последовательность выполнения операций
1	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№10 отключить ЗН 2СШ
2	ГПП-4 ОПУ яч.№10 включить ШР2 ТН2
3	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№10 убедиться во включенном положении ШР2 ТН2
4	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№10 включить автоматы вторичных цепей ТН2
5	ГПП-4 ОПУ яч.№7 включить ШР2 ШСВ
6	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№7 убедиться во включенном положении ШР2 ШСВ
7	ГПП-4 ОПУ шкаф №6 (обратная сторона) включить автоматический выключатель цепей управления ШСВ 01-SF2
8	ГПП-4 ОПУ яч.№7 включить ШСВ
9	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№7 убедиться во включенном положении ШСВ
10	ГПП-4 ОПУ шкаф №6 (обратная сторона) отключить автоматический выключатель цепей управления ШСВ 01-SF2
11	ГПП-4 ОПУ яч.№9 включить ШР2 ВЛ 110кВ ИрГРЭС
12	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№9 убедиться во включенном положении ШР2 ВЛ 110кВ ИрГРЭС
13	ГПП-4 ОПУ яч.№9 отключить ШР1 ВЛ 110кВ ИрГРЭС
14	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№9 убедиться в отключенном положении ШР1 ВЛ 110кВ ИрГРЭС
15	ГПП-4 ОПУ яч.№6 включить ШР2 Т2
16	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№6 убедиться во включенном положении ШР2 Т2
17	ГПП-4 ОПУ яч.№6 отключить ШР1 Т2
18	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№6 убедиться в отключенном положении ШР1 Т2
19	ГПП-4 ОПУ яч.№3 включить ШР2 ВЛ 110кВ ГПП-2 ГГОК
20	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 убедиться во включенном положении ШР2 ВЛ 110кВ ГПП-2 ГГОК
21	ГПП-4 ОПУ яч.№3 отключить ШР1 ВЛ 110кВ ГПП-2 ГГОК
22	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 убедиться в отключенном положении ШР1 ВЛ 110кВ ГПП-2 ГГОК

23	ГПП-4 ОПУ яч.№1 включить ШР2 ВЛ 110кВ ГПП-1 ГГОК
24	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№1 убедиться во включенном положении ШР2 ВЛ 110кВ ГПП-1 ГГОК
25	ГПП-4 ОПУ яч.№1 отключить ШР1 ВЛ 110кВ ГПП-1 ГГОК
26	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№1 убедиться в отключенном положении ШР1 ВЛ 110кВ ГПП-1 ГГОК
27	ГПП-4 ОПУ шкаф №6 (обратная сторона) включить автомат цепей управления ШСВ 01-SF2
28	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) «ДЗШ 110кВ (ШЭ2607061)» установить ключ SA3 «Нарушение фиксации» в положение «Вывод»
29	ГПП-4 ОПУ шкаф №36 «КСЗ, АПВ ШСВ 110кВ (МТЗ, ТЗНП, ТАПВ, УРОВ) (ШЭ2607015)» установить ключ SA9 «АПВ» в положение «Работа»
30	ГПП-4 ОПУ шкаф №39 «КСЗ, АПВ ВЛ 110кВ Ириклинская ГРЭС – ГПП-4 ГГОК с отпайкой на ПС Строительная (МФО, ДЗ, ТЗНП, ТАПВ, УРОВ) (ШЭ2607019021) Комплект А1» установить ключ SA2 «АПВ» в положение «Работа»
31	ГПП-4 ОПУ шкаф №41 «КСЗ, АПВ ВЛ 110кВ ОТЭЦ-1 – ГПП-4 ГГОК (МФО, ДЗ, ТЗНП, ТАПВ, УРОВ) (ШЭ2607019021) Комплект А1» установить ключ SA2 «АПВ» в положение «Работа»

4.2. В случае, если необходим перезапуск тренинга с исходного положения, обратитесь к преподавателю.

4.3. После успешного завершения переключений закройте программу 3D-модели.

4.4. Завершите выполнение тренинга в программе «Лаборатория 322». После успешного завершения переключений закройте программу 3D-модели.

### **Лабораторная работа №3.**

**Тема:** Выполнение оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК». Ввод в работу трансформатора №2.

**Цель работы** получение навыков выполнения оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК».

#### **Теоретические положения:**

ГПП-4 АО «Гайский ГОК» имеет два трансформатора 110/6 кВ, две рабочих и одну обходную системы шин 110 кВ.

Электроснабжение подстанции осуществляется:

- от Орской ТЭЦ-1 по ВЛ 110 кВ «ОТЭЦ-1 – ГПП-4» (ячейка №8);
- Ириклинской ГРЭС по ВЛ 110 кВ «ИГРЭС - ГПП-4» (ячейка №9);
- от Ириклинской ГЭС и Орской ТЭЦ-1 через шины ГПП-2 АО «Гайский ГОК» (ячейка №3).

Управление электрооборудованием ОРУ 110 кВ:

- заземляющие ножи - местно, с помощью механических приводов;
- элегазовые выключатели ячеек, шинные и линейные разъединители – местно или дистанционно из ОПУ подстанции.

В целях безопасности после всех переключений, выполненных дистанционно, производится визуальный контроль фактического положения коммутационного аппарата.

Переключения на подстанции выполняются двумя сотрудниками из числа оперативного персонала: один сотрудник непосредственно выполняет переключения, второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое наряд-здание и бланк переключений?
2. Перечислите требования к персоналу, выполняющему оперативные переключения. Каково количество лиц, участвующих в оперативных переключениях по бланку переключений?
3. Правила пользования указателем высокого напряжения. Порядок выполнения проверки отсутствия напряжения на токоведущих частях.
4. Порядок включения заземляющих ножей.
5. Условия параллельной работы трансформаторов.

#### **Порядок выполнения работы:**

##### **1. Общие сведения**

Работа выполняется на АРМ лаборатории с использованием 3D-модели подстанции ГПП-4.

Работа выполняется на одном АРМ двумя студентами, один из которых выполняет переключения (действия в 3D-модели), а второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

Действия в 3D-модели:

- перемещение – кнопки W, A, S, D (для ускоренного перемещения удерживайте нажатой клавишу Shift);
- вход в режим перемещения и выход из него – правая кнопка мыши;

- воздействие на объекты (открытие/закрытие дверей помещений и шкафов, воздействие на коммутационные аппараты) – левая кнопка мыши. Для воздействия на объекты необходимо выйти из режима перемещения.

При воздействии (щелчке левой кнопкой мыши) на коммутационный аппарат, появляется меню действий, в котором можно выбрать желаемое действие:

- переключить коммутационный аппарат в новое положение;
- проверить текущее положение коммутационного аппарата (будет предложено указать, в каком положении фактически находится аппарат);
- отменить действие.

Действия студента в 3D-модели протоколируются на сервере лаборатории и сравниваются с бланком переключений. Любое действие на коммутационные аппараты, не совпадающее с бланком переключений, трактуется как ошибка.

Оценка за выполнение тренинга выставляется преподавателем после просмотра протокола в зависимости от количества и степени серьезности допущенных ошибок.

## **2. Подготовка к выполнению работы**

- 2.1. Перед выполнением работы изучите теоретические положения, ознакомьтесь со схемой подстанции.
- 2.2. Ответьте на контрольные вопросы.
- 2.3. Запустите программу «Лаборатория 322» (ярлык для запуска расположен на рабочем столе), введите свое имя пользователя и пароль, выберите назначенное задание и нажмите кнопку «Приступить».

## **3. Исходная схема.**

3.1. На момент начала переключений:

- по стороне 110 кВ отключены элегазовый выключатель и линейный разъединитель Т-2, включены заземляющие ножи;
- по стороне 6 кВ – отключены вводные ячейки №№4.1, 2.7, включены заземляющие ножи;
- включены секционные выключатели яч.№№1.8, 4.14;
- выведено АВР 1-2 и 3-4 СШ.
- 

## **4. Выполнение переключений:**

4.1. В программе «Лаборатория 322» нажмите кнопку «Запуск 3D-модели».

4.2. Выполните переключения в следующей последовательности:

№ п/п	Последовательность выполнения операций
1	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№4.1 отключить з/н в сторону трансформатора №2х25МВА
2	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№4.1 проверить отключенное положение з/н в сторону трансформатора №2х25МВА
3	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№2.7 отключить з/н в сторону трансформатора №2х25МВА
4	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№2.7 проверить отключенное положение з/н в сторону трансформатора №2х25МВА

5	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№6 отключить ЛЗР Т2
6	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№6 проверить отключенное положение ЛЗР Т2
7	ГПП-4 ОПУ включить ЛР яч.№6 ОРУ-110кВ ГПП-4
8	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№6 проверить включенное положение ЛР
9	ГПП-4 ОПУ шкаф №5 (обратная сторона) включить автоматический выключатель 01-SF2 ЭМВ В яч.№6 Т-2
10	ГПП-4 ОПУ включить В яч.№6 ОРУ-110кВ ГПП-4
11	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№6 проверить включенное положение В
12	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№4.1 (релейный отсек) включить автоматический выключатель SF21 питания двигателя вката/выката выкатного элемента
13	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№4.1 вкатить выкатной элемент с ВВ в рабочее положение
14	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№4.1 (релейный отсек) включить цепи управления автоматическим выключателем SF1
15	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№4.1 включить ВВ
16	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№4.1 проверить включенное положение ВВ
17	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№4.14 отключить СВВ
18	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№4.14 проверить отключенное положение СВВ
19	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№4.14 ввести АВР СВВ
20	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№2.7 (релейный отсек) включить автоматический выключатель SF21 питания двигателя вката/выката выкатного элемента
21	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№2.7 вкатить выкатной элемент с ВВ в рабочее положение
22	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№2.7 (релейный отсек) включить цепи управления автоматическим выключателем SF1
23	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№2.7 включить ВВ
24	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№2.7 проверить включенное положение ВВ
25	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№1.8 отключить СВВ
26	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№1.8 проверить отключенное положение СВВ
27	ГПП-4 ЗРУ-6кВ яч.№1.8 ввести АВР СВВ

4.3. В случае, если необходим перезапуск тренинга с исходного положения, обратитесь к преподавателю.

- 4.4. После успешного завершения переключений закройте программу 3D-модели.
- 4.5. Завершите выполнение тренинга в программе «Лаборатория 322».

## **Лабораторная работа №4.**

*Тема:* Выполнение оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК». Вывод в ремонт ВЛ 110 кВ ГПП2-ГПП4.

**Цель работы** получение навыков выполнения оперативных переключений на ГПП-4 ПАО «Гайский ГОК».

### **Теоретические положения:**

ГПП-4 АО «Гайский ГОК» имеет два трансформатора 110/6 кВ, две рабочих и одну обходную системы шин 110 кВ.

Электроснабжение подстанции осуществляется:

- от Орской ТЭЦ-1 по ВЛ 110 кВ «ОТЭЦ-1 – ГПП-4» (ячейка №8);
- Ириклинской ГРЭС по ВЛ 110 кВ «ИГРЭС - ГПП-4» (ячейка №9);
- от Ириклинской ГЭС и Орской ТЭЦ-1 через шины ГПП-2 АО «Гайский ГОК» (ячейка №3).

Управление электрооборудованием ОРУ 110 кВ:

- заземляющие ножи - местно, с помощью механических приводов;
- элегазовые выключатели ячеек, шинные и линейные разъединители – местно или дистанционно из ОПУ подстанции.

В целях безопасности после всех переключений, выполненных дистанционно, производится визуальный контроль фактического положения коммутационного аппарата. Переключения на подстанции выполняются двумя сотрудниками из числа оперативного и (или) административно-технического персонала: один сотрудник непосредственно выполняет переключения, второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое наряд-здание и бланк переключений?
2. Перечислите требования к персоналу, выполняющему оперативные переключения. Каково количество лиц, участвующих в оперативных переключениях по бланку переключений?
3. Правила пользования указателем высокого напряжения. Порядок выполнения проверки отсутствия напряжения на токоведущих частях.
4. Порядок включения заземляющих ножей.
5. Условия параллельной работы трансформаторов.

### **Порядок выполнения работы:**

#### **1. Общие сведения:**

Работа выполняется на АРМ лаборатории с использованием 3D-модели подстанции ГПП-4.

Работа выполняется на одном АРМ двумя студентами, один из которых выполняет переключения (действия в 3D-модели), а второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

Действия в 3D-модели:

- перемещение – кнопки W, A, S, D (для ускоренного

перемещения удерживайте нажатой клавишу Shift);

- вход в режим перемещения и выход из него – правая кнопка мыши;
- воздействие на объекты (открытие/закрытие дверей помещений и шкафов, воздействие на коммутационные аппараты) – левая кнопка мыши. Для воздействия на объекты необходимо выйти из режима перемещения.

При воздействии (щелчке левой кнопкой мыши) на коммутационный аппарат, появляется меню действий, в котором можно выбрать желаемое действие:

- переключить коммутационный аппарат в новое положение;
- проверить текущее положение коммутационного аппарата (будет предложено указать, в каком положении фактически находится аппарат);
- отменить действие.

Действия студента в 3D-модели протоколируются на сервере лаборатории и сравниваются с бланком переключений. Любое действие на коммутационные аппараты, не совпадающее с бланком переключений, трактуется как ошибка.

Оценка за выполнение тренинга выставляется преподавателем после просмотра протокола в зависимости от количества и степени серьезности допущенных ошибок.

## **2. Подготовка к выполнению работы**

2.1 Перед выполнением работы изучите теоретические положения, ознакомьтесь со схемой подстанции.

2.2. Ответьте на контрольные вопросы.

2.3. Запустите программу «Лаборатория 322» (ярлык для запуска расположен на рабочем столе), введите свое имя пользователя и пароль, выберите назначенное задание и нажмите кнопку «Приступить».

## **3. Исходная схема**

3.1. На момент начала переключений:

- ШСВ (яч.№7) – включен согласно нормальной схемы;
- КЛ 110 кВ «ГПП-4 – ГПП-1» (яч. №1) – включена от 2 СШ;
- ВЛ 110 кВ «ГПП-2 – ГПП-4» (яч. №3) – включена от 2 СШ;
- Т-1 (яч. №4) – включен от 1 СШ;
- обходной выключатель (яч.№5) – отключен;
- Т-2 (яч. №6) – включен от 2 СШ;
- ВЛ «ОТЭЦ-1 – ГПП-4» - включена на 1 СШ;
- ВЛ «ИГРЭС – ГПП-4» - включена на 2 СШ.

3.2. Исходное положение коммутационных аппаратов ОРУ 110 кВ приведено в таблице:

№ ячейки/ наименование присоединения	Состояние оборудования				
	ШР1	ШР2	В	ЛР	ОР
Яч.№1 ГПП-1	О	В	В	В	О
Яч.№2 Резерв	О	О	О	О	О
Яч.№3 ГПП-2	О	В	В	В	О
Яч.№4 Т-1	В	О	В	В	О
Яч.№5 ОВ	О	О	О		О
Яч.№6 Т-2	О	В	В	В	О

№ ячейки/ наименование присоединения	Состояние оборудования				
	ШР1	ШР2	В	ЛР	ОР
Яч.№7 ШСВ	В	В	В		
Яч.№8 ОТЭЦ-1	В	О	В	В	О
Яч.№9 ИГРЭС	О	В	В	В	О

**Выполнение переключений:**

3.3. В программе «Лаборатория 322» нажмите кнопку «Запуск 3D-модели».

3.4. Выполните переключения в следующей последовательности:

№ п/п	Последовательность выполнения операций
1	ГПП-4 ОПУ шкаф №34 перевести ключ А1/SA5 в положение «Работа»
2	ГПП-4 ОПУ шкаф №34 перевести ключ А1/SA12 в положение «Работа»
3	ГПП-4 ОПУ шкаф №34 перевести ключ А2/SA5 в положение «Работа»
4	ГПП-4 ОПУ шкаф №34 перевести ключ А2/SA12 в положение «Работа»
5	ГПП-4 ОПУ шкаф №34 перевести ключ А1/SA13 в положение «1»
6	ГПП-4 ОПУ шкаф №34 перевести ключ А2/SA10 в положение «1»
7	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) перевести ключ SA16 в положение «Работа»
8	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) перевести ключ SA7 в положение «2с.ш.»
9	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) вставить блок SG5
10	ГПП-4 ОПУ шкаф №38 вставить блок SG3
11	ГПП-4 ОПУ шкаф №33 вынуть блок SG12
12	ГПП-4 ОПУ яч.№5 включить ШР2 ОВ
13	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№5 проверить включенное положение ШР2 ОВ
14	ГПП-4 ОПУ яч.№5 включить ШР ОСШ ОВ
15	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№5 проверить включенное положение ШР ОСШ ОВ
16	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) перевести ключ SA6 в положение «Работа»
17	ГПП-4 ОПУ яч.№3 включить ОР ВЛ-110кВ ГПП-2 Гая
18	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 проверить включенное положение ОР
19	ГПП-4 ОПУ яч.№5 включить ОВ
20	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№5 проверить включенное положение ОВ
21	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) перевести ключ SA6 в положение «Вывод»

№ п/п	Последовательность выполнения операций
22	ГПП-4 ОПУ яч.№3 отключить В ВЛ-110кВ ГПП-2 Гая
23	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 проверить отключенное положение В ВЛ-110кВ ГПП-2 Гая
24	ГПП-4 ОПУ шкаф №2 (обратная сторона) отключить автомат 04-SF2 ЭМВ В ВЛ-110кВ ГПП-2 Гая
25	ГПП-4 ОПУ шкаф №38 вынуть блок SG1
26	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) перевести ключ SA17 в положение «Вывод»
27	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) вынуть блок SG6
28	ГПП-4 ОПУ яч.№3 отключить ЛР ВЛ-110кВ ГПП-2 Гая
29	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 проверить отключенное положение ЛР ВЛ-110кВ ГПП-2 Гая
30	ГПП-4 ОПУ яч.№3 отключить ШР2 ВЛ-110кВ ГПП-2 Гая
31	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 проверить отключенное положение ШР2 ВЛ-110кВ ГПП-2 Гая
32	ГПП-4 ОПУ шкаф №37 перевести ключ A1/SA1 в положение «Вывод»
33	ГПП-4 ОПУ шкаф №37 перевести ключ A1/SA6 в положение «Вывод»
34	ГПП-4 ОПУ шкаф №37 перевести ключ A2/SA5 в положение «Вывод»
35	ГПП-4 ОПУ шкаф №37 перевести ключ A2/SA12 в положение «Вывод»
36	ГПП-4 ОПУ шкаф №38 перевести ключ SA2 в положение «Обходной»
37	ГПП-4 ОПУ шкаф №38 перевести ключ SA3 в положение «Обходной»

3.5. В случае, если необходим перезапуск тренинга с исходного положения, обратитесь к преподавателю.

3.6. После успешного завершения переключений закройте программу 3D-модели.

3.7. Завершите выполнение тренинга в программе «Лаборатория 322».

## **Лабораторная работа №5.**

*Тема:* Выполнение оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК». Ввод в работу ВЛ 110 кВ ГПП2-ГПП4.

**Цель работы:** Получение навыков выполнения оперативных переключений на ГПП-4 АО «Гайский ГОК».

### **Теоретические положения:**

ГПП-4 АО «Гайский ГОК» имеет два трансформатора 110/6 кВ, две рабочих и одну обходную системы шин 110 кВ.

Электроснабжение подстанции осуществляется:

- от Орской ТЭЦ-1 по ВЛ 110 кВ «ОТЭЦ-1 – ГПП-4» (ячейка №8);
- Ириклинской ГРЭС по ВЛ 110 кВ «ИГРЭС - ГПП-4» (ячейка №9);
- от Ириклинской ГЭС и Орской ТЭЦ-1 через шины ГПП-2 АО «Гайский ГОК» (ячейка №3).

Управление электрооборудованием ОРУ 110 кВ:

- заземляющие ножи - местно, с помощью механических приводов;
- элегазовые выключатели ячеек, шинные и линейные разъединители – местно или дистанционно из ОПУ подстанции.

В целях безопасности после всех переключений, выполненных дистанционно, производится визуальный контроль фактического положения коммутационного аппарата.

Переключения на подстанции выполняются двумя сотрудниками из числа оперативного персонала: один сотрудник непосредственно выполняет переключения, второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое наряд-задание и бланк переключений?
2. Перечислите требования к персоналу, выполняющему оперативные переключения. Каково количество лиц, участвующих в оперативных переключениях по бланку переключений?
3. Правила пользования указателем высокого напряжения. Порядок выполнения проверки отсутствия напряжения на токоведущих частях.
4. Порядок включения заземляющих ножей.
5. Условия параллельной работы трансформаторов.

### **Порядок выполнения работы:**

#### **1. Общие сведения:**

Работа выполняется на АРМ лаборатории с использованием 3D-модели подстанции ГПП-4.

Работа выполняется на одном АРМ двумя студентами, один из которых выполняет переключения (действия в 3D-модели), а второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

Действия в 3D-модели:

- перемещение – кнопки W, A, S, D (для ускоренного перемещения удерживайте нажатой клавишу Shift);
- вход в режим перемещения и выход из него – правая кнопка мыши;
- воздействие на объекты (открытие/закрытие дверей помещений и шкафов,

воздействие на коммутационные аппараты) – левая кнопка мыши. Для воздействия на объекты необходимо выйти из режима перемещения.

При воздействии (щелчке левой кнопкой мыши) на коммутационный аппарат, появляется меню действий, в котором можно выбрать желаемое действие:

- переключить коммутационный аппарат в новое положение;
- проверить текущее положение коммутационного аппарата (будет предложено указать, в каком положении фактически находится аппарат);
- отменить действие.

Действия студента в 3D-модели протоколируются на сервере лаборатории и сравниваются с бланком переключений. Любое действие на коммутационные аппараты, не совпадающее с бланком переключений, трактуется как ошибка.

Оценка за выполнение тренинга выставляется преподавателем после просмотра протокола в зависимости от количества и степени серьезности допущенных ошибок.

## **2. Подготовка к выполнению работы:**

- 2.1. Перед выполнением работы изучите теоретические положения, ознакомьтесь со схемой подстанции.
- 2.2. Ответьте на контрольные вопросы.
- 2.3. Запустите программу «Лаборатория 322» (ярлык для запуска расположен на рабочем столе), введите свое имя пользователя и пароль, выберите назначенное задание и нажмите кнопку «Приступить».

## **3. Исходная схема:**

- 3.1. На момент начала переключений:
  - ШСВ (яч.№7) – включен;
  - ВЛ 110 кВ «ГПП-2 – ГПП-4» (яч. №3) – включена от ОСШ;
  - Т-1 (яч. №4) – включен от 1 СШ;
  - обходной выключатель (яч.№5) – включен;
  - Т-2 (яч. №6) – включен от 2 СШ;
  - ВЛ «ОТЭЦ-1 – ГПП-4» - включена на 1 СШ;
  - ВЛ «ИГРЭС – ГПП-4» - включена на 2 СШ.
- 3.2. Исходное положение коммутационных аппаратов ОРУ 110 кВ приведено в таблице:

№ ячейки/ наименование присоединения	Состояние оборудования				
	ШР1	ШР2	В	ЛР	ОР
Яч.№1 ГПП-1	О	В	В	В	О
Яч.№2 Резерв	О	О	О	О	О
Яч.№3 ГПП-2	О	О	О	О	В
Яч.№4 Т-1	В	О	В	В	О
Яч.№5 ОВ	О	В	В		В
Яч.№6 Т-2	О	В	В	В	О
Яч.№7 ШСВ	В	В	В		
Яч.№8 ОТЭЦ-1	В	О	В	В	О
Яч.№3 ИГРЭС	О	В	В	В	О

## **4. Выполнение переключений:**

4.1. В программе «Лаборатория 322» нажмите кнопку «Запуск 3D-модели».

4.2. Выполните переключения в следующей последовательности:

№ п/п	Последовательность выполнения операций
1	ГПП-4 ОПУ шкаф №38 перевести ключ SA2 в положение «Линейный»
2	ГПП-4 ОПУ шкаф №38 перевести ключ SA3 в положение «Линейный»
3	ГПП-4 ОПУ шкаф №37 перевести ключ A1/SA1 в положение «Работа»
4	ГПП-4 ОПУ шкаф №37 перевести ключ A1/SA6 в положение «Работа»
5	ГПП-4 ОПУ шкаф №37 перевести ключ A2/SA5 в положение «Работа»
6	ГПП-4 ОПУ шкаф №37 перевести ключ A2/SA12 в положение «Работа»
7	ГПП-4 ОПУ яч.№3 включить ШР2 ВЛ-110кВ ГПП-2 – ГПП-4 Гая
8	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 проверить включенное положение ШР2 ВЛ-110кВ ГПП-2 – ГПП-4 Гая
9	ГПП-4 ОПУ яч.№3 включить ЛР ВЛ-110кВ ГПП-2 – ГПП-4 Гая
10	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 проверить включенное положение ЛР ВЛ-110кВ ГПП-2 – ГПП-4 Гая
11	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) вставить блок SG6
12	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) перевести ключ SA17 в положение «2С.Ш.»
13	ГПП-4 ОПУ шкаф №38 вставить блок SG1
14	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) перевести ключ SA6 в положение «Работа»
15	ГПП-4 ОПУ шкаф №2 (обратная сторона) включить автоматический выключатель 04-SF2 ЭМВ В ВЛ-110кВ ГПП-2 – ГПП-4 Гая
16	ГПП-4 ОПУ яч.№3 включить В ВЛ-110кВ ГПП-2 – ГПП-4 Гая
17	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 проверить включенное положение В ВЛ-110кВ ГПП-2 – ГПП-4 Гая
18	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) перевести ключ SA6 в положение «Вывод»
19	ГПП-4 ОПУ яч.№5 отключить ОВ
20	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№5 проверить отключенное положение ОВ
21	ГПП-4 ОПУ яч.№3 отключить ОР ВЛ-110кВ ГПП-2 – ГПП-4 Гая
22	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№3 проверить отключенное положение ОР ВЛ-110кВ ГПП-2 – ГПП-4 Гая

№ п/п	Последовательность выполнения операций
23	ГПП-4 ОПУ шкаф №33 вставить блок SG12
24	ГПП-4 ОПУ шкаф №38 вынуть блок SG3
25	ГПП-4 ОПУ яч.№5 отключить ШР ОСШ ОВ
26	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№5 проверить отключенное положение ШР ОСШ ОВ
27	ГПП-4 ОПУ яч.№5 отключить ШР2 ОВ
28	ГПП-4 ОРУ-110кВ яч.№5 проверить отключенное положение ШР2 ОВ
29	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) вынуть блок SG5
30	ГПП-4 ОПУ шкаф №35 (правый) перевести ключ SA16 в положение «Вывод»

- 4.3. После успешного завершения переключений закройте программу 3D-модели.
- 4.4. В случае, если необходим перезапуск тренинга с исходного положения, обратитесь к преподавателю.

## **Лабораторная работа №6.**

*Тема:* Выполнение оперативных переключений на ПС "Электромедь". Действия персонала при исчезновении напряжения на ВЛ 110 кВ.

**Цель работы:** получение навыков выполнения оперативных переключений на ПС 110/6 кВ Электромедь.

### **Теоретические положения:**

ПС Электромедь имеет два трансформатора 110/6 кВ и четыре секции шин 6 кВ.

Электроснабжение подстанции осуществляется:

- от Среднеуральской ГРЭС по отпайке от ВЛ 110 кВ «СУГРЭС-Школьная»;
- от ПС 110 кВ Сварочная по ВЛ 110 кВ «Сварочная-Электромедь».

Электроснабжение резервируется двумя КЛ 6 кВ от подстанции 110/6 кВ «Пышма» (ЦРП), подключенными к ячейкам 1А (фидер №1) и 54 (фидер №2).

На подстанции установлено три трансформатора собственных нужд:

- основные ТСН-1 и ТСН-2, запитанные от вводов 6 кВ Т-1 и Т-2;
- резервный ТСН-3, запитанный от резервирующего фидера 6 кВ ЦРП-Электромедь №1.

На подстанции предусмотрено дистанционное управление из ОПУ:

- выключателями вводов 110 кВ Т-1 и Т-2;
- выключателями вводных ячеек секций шин 6 кВ;
- секционными выключателями 6 кВ №1 и №2.

Остальные коммутационные аппараты управляются местно.

Питание цепей оперативного напряжения осуществляется через блоки питания стабилизированным напряжением БПНС-1, БПНС-2, БПНС-3, каждый из которых запитан от соответствующего трансформатора собственных нужд.

Переключения на подстанции выполняются двумя сотрудниками из числа оперативного персонала: один сотрудник непосредственно выполняет переключения, второй зачитывает бланк переключения и контролирует действия первого.

### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислите возможные источники питания ПС Электромедь.
2. Перечислите требования к персоналу, выполняющему оперативные переключения.

### **Порядок выполнения работы:**

#### **1. Общие сведения:**

Работа выполняется на АРМ лаборатории с использованием 3D-модели подстанции Электромедь.

Работа выполняется на одном АРМ двумя студентами, один из которых выполняет переключения (действия в 3D-модели), а второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

Действия в 3D-модели:

- перемещение – кнопки W, A, S, D (для ускоренного перемещения удерживайте нажатой клавишу Shift);

- вход в режим перемещения и выход из него – правая кнопка мыши;
- воздействие на объекты (открытие/закрытие дверей помещений и шкафов, воздействие на коммутационные аппараты) – левая кнопка мыши. Для воздействия на объекты необходимо выйти из режима перемещения.

При воздействии (щелчке левой кнопкой мыши) на коммутационный аппарат, появляется меню действий, в котором можно выбрать желаемое действие:

- переключить коммутационный аппарат в новое положение;
- проверить текущее положение коммутационного аппарата (будет предложено указать, в каком положении фактически находится аппарат);
- отменить действие.

Для ведения оперативных переговоров используется телефон, расположенный в помещении ОПУ подстанции.

Действия студента в 3D-модели протоколируются на сервере лаборатории и сравниваются с бланком переключений. Любое действие на коммутационные аппараты, не совпадающее с бланком переключений, трактуется как ошибка.

Оценка за выполнение тренинга выставляется преподавателем после просмотра протокола в зависимости от количества и степени серьезности допущенных ошибок.

## **2. Подготовка к выполнению работы:**

- 2.1. Перед выполнением работы изучите теоретические положения, ознакомьтесь со схемой подстанции.
- 2.2. Ответьте на контрольные вопросы.
- 2.3. Запустите программу «Лаборатория 322» (ярлык для запуска расположен на рабочем столе), введите свое имя пользователя и пароль, выберите назначенное задание и нажмите кнопку «Приступить».

## **3. Исходная схема:**

- 3.1. Схема на момент начала переключений:

На ПС Электромедь:

- выключатели вводов 110 кВ трансформаторов Т-1, Т-2 – включены;
- вводные ячейки секций шин 6 кВ №№1, 2, 3, 4 - включены;
- выкатные элементы ячеек №1А и №54 – вкаты в рабочее положение, вакуумные выключатели ячеек – отключены;
- трансформаторы собственных нужд №1, №2 – включены;
- ТСН №3 (яч. № 56) – вкаты в рабочее положение, автоматический выключатель 0,4 кВ ТСН №3 – отключен.

На ПС ЦРП:

- ячейки №16 и №26 – ШР включены, ЛР – отключены, вакуумные выключатели – отключены;
- вводные ВМ №1, 2, 3, 4, 5, 6 – включены;
- секционные выключатели №1, 2, 3, 4 – отключены.

## **4. Выполнение переключений:**

- 4.1. В программе «Лаборатория 322» нажмите кнопку «Запуск 3D-модели».

4.2. В исходном состоянии смоделирована ситуация исчезновения напряжения на обеих питающих ВЛ 110 кВ. Выполните действия по восстановлению электроснабжения:

1	Доложить по телефону оперативную обстановку диспетчеру завода. Соблюдать регламент переговоров: позвонить, представиться (должность и ФИО), сделать доклад.
2	Доложить по телефону оперативную обстановку непосредственному руководителю.
3	Запросить по телефону у диспетчера ЦЭС причину отключения и получить команду на выполнение переключений (отключение вводов 110 кВ, включение перемычек с ЦРП).
4	ЗРУ 6 кВ. Отключить вакуумный выключатель ячейки №1А (фидер 1 ЦРП). Проконтролировать состояние по положению выключателя.
5	ЗРУ 6 кВ. Отключить вакуумный выключатель ячейки №54 (фидер 2 ЦРП). Проконтролировать состояние по положению выключателя.
6	Дать по телефону команду дежурному ЦРП: включить линейные разъединители и вакуумные выключатели на ячейках №16 и №26. Принять от дежурного ЦРП доклад о выполнении переключений.
7	ЗРУ 6 кВ. Проконтролировать наличие напряжения на фидере 1 ЦРП (яч. 1А) по прибору Seram, установленному на яч.1А. – выполнение невозможно.
8	ЗРУ 6 кВ. Проконтролировать наличие напряжения на фидере 2 ЦРП (яч. 54) по прибору Seram, установленному на яч.54. – выполнение невозможно.
9	ЗРУ 6 кВ. Отключить автоматический выключатель 0,4 кВ ТСН-1 (яч.№7)
10	ЗРУ 6 кВ. Отключить автоматический выключатель 0,4 кВ ТСН-2 (яч.№44).
11	ЗРУ 6 кВ. Включить автоматический выключатель 0,4 кВ ТСН-3 (яч.№56).
12	ОПУ. Проверить положение АВ вводов №№1, 2 ЩСН. При необходимости включить.
13	ОПУ. Отключить АВР 0,4 кВ.
14	ОПУ. Включить секционный АВ ЩСН.
15	ОПУ. Отключить БПНС-11.
16	ОПУ. Отключить БПНС-21.
17	ОПУ. Включить БПНС-31.
18	Отключить (либо контролировать отсутствие напряжения) последовательно ячейки: 57, <b>51</b> , 49, <b>47</b> , 45, 43, 41, 39, 37, 35, 21, <b>19</b> , 17, 15, 13, 11, 9, <b>1</b> , 1Б, 2Б, 2А, 2, 1Б, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 35, 37, 39, 41, 43, 45, 49, 57, 2А, 2, 4, 8, 16, 18, 20, 34, 36, 38, 42, 50, 52, 58. После отключения контролировать состояние по сигнальной арматуре.

<b>19</b>	ОПУ. Щит РЗ. Отключить АВР-1.
<b>20</b>	ОПУ. Щит РЗ. Отключить АВР-2.
<b>21</b>	ОПУ. Отключить ввод 1 СШ 6 кВ. После отключения контролировать состояние по сигнальной арматуре.
<b>22</b>	ОПУ. Отключить ввод 2 СШ 6 кВ. После отключения контролировать состояние по сигнальной арматуре.
<b>23</b>	ОПУ. Отключить ввод 3 СШ 6 кВ. После отключения контролировать состояние по сигнальной арматуре.
<b>24</b>	ОПУ. Отключить ввод 4 СШ 6 кВ. После отключения контролировать состояние по сигнальной арматуре.
<b>25</b>	ОПУ. Включить СВ-1 6 кВ. После включения контролировать состояние по сигнальной арматуре.
<b>26</b>	ОПУ. Включить СВ-2 6 кВ. После включения контролировать состояние по сигнальной арматуре.
<b>27</b>	ЗРУ 6 кВ. Включить вакуумный выключатель ячейки №1А (фидер 1 ЦРП). Проконтролировать включение по сигнальной арматуре.
<b>28</b>	ЗРУ 6 кВ. Включить вакуумный выключатель ячейки №54 (фидер 2 ЦРП). Проконтролировать включение по сигнальной арматуре.
<b>29</b>	Включить вакуумный выключатель яч.№9 (ПС 6 ф.1). Проконтролировать включение по сигнальной арматуре.
<b>30</b>	Включить вакуумный выключатель яч.№37 (ПС 6 ф.2). Проконтролировать включение по сигнальной арматуре.
<b>31</b>	Включить вакуумный выключатель яч.№42 (ПС 7 ф.1). Проконтролировать включение по сигнальной арматуре.
<b>32</b>	Включить вакуумный выключатель яч.№6 (ПС 7 ф.2). Проконтролировать включение по сигнальной арматуре.
<b>33</b>	Включить вакуумный выключатель яч.№13 (ПС 15 ф.1). Проконтролировать включение по сигнальной арматуре.
<b>34</b>	Включить вакуумный выключатель яч.№41 (ПС 15 ф.2). Проконтролировать включение по сигнальной арматуре.
<b>35</b>	Включить вакуумный выключатель яч.№21 (ПС Газоочистка МПЦ ф.1). Проконтролировать включение по сигнальной арматуре.
<b>36</b>	Включить вакуумный выключатель яч.№35 (ПС Газоочистка МПЦ ф.2). Проконтролировать включение по сигнальной арматуре.

37	Доложить по телефону об окончании переключений непосредственному руководителю.
38	Доложить по телефону об окончании переключений диспетчеру завода.

- 4.3. В случае, если необходим перезапуск тренинга с исходного положения, обратитесь к преподавателю.
- 4.4. После успешного завершения переключений закройте программу 3D-модели.
- 4.5. Завершите выполнение тренинга в программе «Лаборатория 322».

## **Лабораторная работа №7.**

*Тема:* Выполнение оперативных переключений на ПС "Электромедь". Вывод в ремонт Т-1.

**Цель работы:** получение навыков выполнения оперативных переключений на ПС 110/6 кВ Электромедь.

### **Теоретические положения:**

ПС Электромедь имеет два трансформатора 110/6 кВ и четыре секции шин 6 кВ. Электроснабжение подстанции осуществляется:

- от Среднеуральской ГРЭС по отпайке от ВЛ 110 кВ «СУГРЭС-Школьная»;
- от ПС 110 кВ Сварочная по ВЛ 110 кВ «Сварочная-Электромедь».

Электроснабжение резервируется двумя КЛ 6 кВ от подстанции 110/6 кВ «Пышма» (ЦРП), подключенными к ячейкам 1А (фидер №1) и 54 (фидер №2).

На подстанции установлено три трансформатора собственных нужд:

- основные ТСН-1 и ТСН-2, запитанные от вводов 6 кВ Т-1 и Т-2;
- резервный ТСН-3, запитанный от резервирующего фидера 6 кВ ЦРП-Электромедь №1.

На подстанции предусмотрено дистанционное управление из ОПУ:

- выключателями вводов 110 кВ Т-1 и Т-2;
- выключателями вводных ячеек секций шин 6 кВ;
- секционными выключателями 6 кВ №1 и №2.

Остальные коммутационные аппараты управляются местно.

Питание цепей оперативного напряжения осуществляется через блоки питания стабилизированным напряжением БПНС-1, БПНС-2, БПНС-3, каждый из которых запитан от соответствующего трансформатора собственных нужд.

Переключения на подстанции выполняются двумя сотрудниками из числа оперативного персонала: один сотрудник непосредственно выполняет переключения, второй зачитывает бланк переключения и контролирует действия первого.

### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислите возможные источники питания ПС Электромедь.
2. Перечислите требования к персоналу, выполняющему оперативные переключения.

### **Порядок выполнения работы:**

#### **1. Общие сведения:**

Работа выполняется на АРМ лаборатории с использованием 3D-модели подстанции Электромедь.

Работа выполняется на одном АРМ двумя студентами, один из которых выполняет переключения (действия в 3D-модели), а второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

Действия в 3D-модели:

- перемещение – кнопки W, A, S, D (для ускоренного перемещения удерживайте нажатой клавишу Shift);
- вход в режим перемещения и выход из него – правая кнопка мыши;

- воздействие на объекты (открытие/закрытие дверей помещений и шкафов, воздействие на коммутационные аппараты) – левая кнопка мыши. Для воздействия на объекты необходимо выйти из режима перемещения.

При воздействии (щелчке левой кнопкой мыши) на коммутационный аппарат, появляется меню действий, в котором можно выбрать желаемое действие:

- переключить коммутационный аппарат в новое положение;
- проверить текущее положение коммутационного аппарата (будет предложено указать, в каком положении фактически находится аппарат);
- отменить действие.

Для ведения оперативных переговоров используется телефон, расположенный в помещении ОПУ подстанции.

Действия студента в 3D-модели протоколируются на сервере лаборатории и сравниваются с бланком переключений. Любое действие на коммутационные аппараты, не совпадающее с бланком переключений, трактуется как ошибка.

Оценка за выполнение тренинга выставляется преподавателем после просмотра протокола в зависимости от количества и степени серьезности допущенных ошибок.

## **2. Подготовка к выполнению работы:**

- 2.1. Перед выполнением работы изучите теоретические положения, ознакомьтесь со схемой подстанции.
- 2.2. Ответьте на контрольные вопросы.
- 2.3. Запустите программу «Лаборатория 322» (ярлык для запуска расположен на рабочем столе), введите свое имя пользователя и пароль, выберите назначенное задание и нажмите кнопку «Приступить».

## **3. Исходная схема:**

- 3.1. Схема на момент начала переключений:
  - выключатели вводов 110 кВ трансформаторов Т-1, Т-2 – включены;
  - вводные ячейки секций шин 6 кВ №№1, 2, 3, 4 - включены;
  - выкатные элементы ячеек №1А и №54 – вкаты в рабочее положение, вакуумные выключатели ячеек – отключены;
  - трансформаторы собственных нужд №1, №2 – включены;
  - ТСН №3 (яч. № 56) – вкаты в рабочее положение, автоматический выключатель 0,4 кВ ТСН №3 – отключен.

## **4. Выполнение переключений:**

- 4.1. В программе «Лаборатория 322» нажмите кнопку «Запуск 3D-модели».
- 4.2. Выполните действия по выводу из работы силового трансформатора Т-2:

1	Запросить диспетчера ЗЭС об отключении Т-1.
2	ОРУ 110 кВ. Включить ЗОН-1 Т-1.
3	ОПУ. Панель 11Р. Отключить АВР-1.
4	ОПУ. Панель 12Р. Отключить АВР-2.

5	ОПУ. Панель 4У. Включить СВ-1 6 кВ. По приборам убедиться, что СВ включился и произошло перераспределение нагрузки.
6	ОПУ. Панель 4У. Включить СВ-2 6 кВ. По приборам убедиться, что СВ включился и произошло перераспределение нагрузки.
7	Панель 3У. Отключить ввод 1 СШ 6 кВ. После отключения контролировать состояние по сигнальной арматуре.
8	Панель 3У. Отключить ввод 3 СШ 6 кВ. После отключения контролировать состояние по сигнальной арматуре.
9	ОПУ. Отключить БПНС-11.
10	ОПУ. Включить БПНС-31.
11	ОПУ. ЩСН. Отключить АВР.
12	ОПУ. ЩСН. Включить СВ 0,4 кВ, при этом следить за приборами.
13	ОПУ. ЩСН. Отключить ввод 1 СШ 0,4 кВ.
14	На приводах отключенного электрооборудования вывесить плакаты согласно МПОТ (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
15	ЗРУ 6 кВ. Проконтролировать по указательному флажку состояние выключателя ввода 1 СШ.
16	ЗРУ 6 кВ. Проконтролировать по указательному флажку состояние выключателя ввода 3 СШ.
17	ЗРУ 6 кВ. Отключить автоматический выключатель 0,4 кВ ТСН-1.
18	ЗРУ 6 кВ. На места отключения и соседнее оборудование вывесить плакаты согласно МПОТ (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.
19	ОПУ. Отключить ЭВ Т1.
20	ОРУ 110 кВ. Отключить ЛР-1 Т1.
21	ОРУ 110 кВ. Включить ЗН-2 ЛР-1 в сторону Т-1.
22	ОРУ 110 кВ. Включить ЗН-5 перемычки 110 кВ.
23	ЗРУ 6 кВ. Включить ЗН ввода 1 СШ.
24	ЗРУ 6 кВ. Включить ЗН ввода 3 СШ.
25	ЗРУ 6 кВ. Отключить ТСН-1 - открытием двери с предохранителями по стороне 6 кВ.
26	Вывесить необходимые плакаты.

- 4.3. В случае, если необходим перезапуск тренинга с исходного положения, обратитесь к преподавателю.
- 4.4. После успешного завершения переключений закройте программу 3D-модели.
- 4.5. Завершите выполнение тренинга в программе «Лаборатория 322».

## **Лабораторная работа №8.**

*Тема:* Выполнение оперативных переключений на ПС "Электромедь". Ввод в работу Т-1.

**Цель работы:** получение навыков выполнения оперативных переключений на ПС 110/6 кВ Электромедь.

### **Теоретические положения:**

ПС Электромедь имеет два трансформатора 110/6 кВ и четыре секции шин 6 кВ.

Электроснабжение подстанции осуществляется:

- от Среднеуральской ГРЭС по отпайке от ВЛ 110 кВ «СУГРЭС-Школьная»;
- от ПС 110 кВ Сварочная по ВЛ 110 кВ «Сварочная-Электромедь».

Электроснабжение резервируется двумя КЛ 6 кВ от подстанции 110/6 кВ «Пышма» (ЦРП), подключенными к ячейкам 1А (фидер №1) и 54 (фидер №2).

На подстанции установлено три трансформатора собственных нужд:

- основные ТСН-1 и ТСН-2, запитанные от вводов 6 кВ Т-1 и Т-2;
- резервный ТСН-3, запитанный от резервирующего фидера 6 кВ ЦРП-Электромедь №1.

На подстанции предусмотрено дистанционное управление из ОПУ:

- выключателями вводов 110 кВ Т-1 и Т-2;
- выключателями вводных ячеек секций шин 6 кВ;
- секционными выключателями 6 кВ №1 и №2.

Остальные коммутационные аппараты управляются местно.

Питание цепей оперативного напряжения осуществляется через блоки питания стабилизированным напряжением БПНС-1, БПНС-2, БПНС-3, каждый из которых запитан от соответствующего трансформатора собственных нужд.

Переключения на подстанции выполняются двумя сотрудниками из числа оперативного персонала: один сотрудник непосредственно выполняет переключения, второй зачитывает бланк переключения и контролирует действия первого.

### **Контрольные вопросы:**

1. Перечислите возможные источники питания ПС Электромедь.
2. Перечислите требования к персоналу, выполняющему оперативные переключения.

### **Порядок выполнения работы:**

#### **1. Общие сведения:**

Работа выполняется на АРМ лаборатории с использованием 3D-модели подстанции Электромедь.

Работа выполняется на одном АРМ двумя студентами, один из которых выполняет переключения (действия в 3D-модели), а второй зачитывает бланк переключений и контролирует действия первого.

Действия в 3D-модели:

- перемещение – кнопки W, A, S, D (для ускоренного перемещения удерживайте нажатой клавишу Shift);
- вход в режим перемещения и выход из него – правая кнопка мыши;

- воздействие на объекты (открытие/закрытие дверей помещений и шкафов, воздействие на коммутационные аппараты) – левая кнопка мыши. Для воздействия на объекты необходимо выйти из режима перемещения.

При воздействии (щелчке левой кнопкой мыши) на коммутационный аппарат, появляется меню действий, в котором можно выбрать желаемое действие:

- переключить коммутационный аппарат в новое положение;
- проверить текущее положение коммутационного аппарата (будет предложено указать, в каком положении фактически находится аппарат);
- отменить действие.

Для ведения оперативных переговоров используется телефон, расположенный в помещении ОПУ подстанции.

Действия студента в 3D-модели протоколируются на сервере лаборатории и сравниваются с бланком переключений. Любое действие на коммутационные аппараты, не совпадающее с бланком переключений, трактуется как ошибка.

Оценка за выполнение тренинга выставляется преподавателем после просмотра протокола в зависимости от количества и степени серьезности допущенных ошибок.

## **2. Подготовка к выполнению работы:**

- 2.1. Перед выполнением работы изучите теоретические положения, ознакомьтесь со схемой подстанции.
- 2.2. Ответьте на контрольные вопросы.
- 2.3. Запустите программу «Лаборатория 322» (ярлык для запуска расположен на рабочем столе), введите свое имя пользователя и пароль, выберите назначенное задание и нажмите кнопку «Приступить».

## **3. Исходная схема:**

- 3.1. Схема на момент начала переключений:
  - вводные ячейки секций шин 6 кВ №№1, 3 – отключены, выкатные элементы в контрольном положении, заземляющие ножи включены;
  - вводные ячейки секций шин 6 кВ №№2, 4 - включены;
  - выкатные элементы ячеек №1А и №54 – вкаты в рабочее положение, вакуумные выключатели ячеек – отключены;
  - секционные выключатели №1 и 2 – включены;
  - трансформаторы собственных нужд №1 – отключен с обеих сторон;
  - трансформатор собственных нужд №2 – включен;
  - ТСН №3 (яч. № 56) – вкаты в рабочее положение, автоматический выключатель 0,4 кВ ТСН №3 – отключен;
  - автоматический выключатель ввода 1 СШ щита собственных нужд - отключен;
  - автоматический выключатель ввода 2 СШ щита собственных нужд - включен;
  - секционный выключатель щита собственных нужд – включен.

## **4. Выполнение переключений:**

- 4.1. В программе «Лаборатория 322» нажмите кнопку «Запуск 3D-модели».

4.2. Выполните действия по вводу в работу трансформатора Т-1:

1	Запросить диспетчера ЗЭС о включении Т-1 в работу.
2	ОРУ 110 кВ. Отключить ЗН-2 на ЛР -110 кВ в сторону Т-1.
3	ОРУ 110 кВ. Отключить ЗН-5 перемычки 110 кВ.
4	ЗРУ 6 кВ. Отключить ЗН ввода 1 СШ 6 кВ.
5	ЗРУ 6 кВ. Отключить ЗН ввода 3 СШ 6 кВ.
6	ЗРУ 6 кВ. Закрытием двери с предохранителями собрать схему ТСН-1.
7	ОРУ 110 кВ. Включить ЛР-1 Т-1.
8	ОПУ. Включить ЭВ Т-1. При этом убедиться, что ножи включились ровно, без всяких видимых отклонений
9	ОПУ. Проконтролировать наличие напряжения на Т-1 110 кВ.
10	ЗРУ 6 кВ. Вкатить ВВ ячейки ввода 1 СШ в рабочее положение. Через смотровое окошко произвести осмотр и по указательному флажку убедиться, что ячейка готова к включению.
11	ЗРУ 6 кВ. Вкатить ВВ ячейки ввода 3 СШ в рабочее положение. Через смотровое окошко произвести осмотр и по указательному флажку убедиться, что ячейка готова к включению.
12	ЗРУ 6 кВ. Включить автоматический выключатель 0,4 кВ ТСН-1.
13	ОПУ. Панель 3У. Включить ввод 1 СШ 6 кВ. После включения контролировать состояние по сигнальной арматуре.
14	ОПУ. Панель 3У. Включить ввод 3 СШ 6 кВ. После включения контролировать состояние по сигнальной арматуре.
15	Следить за приборами, убеждаясь о перераспределении нагрузки.
16	ОПУ. Панель 4У. Отключить СВ-1. По приборам контролировать наличие напряжения на секциях 6 кВ.
17	ОПУ. Панель 4У. Отключить СВ-2. По приборам контролировать наличие напряжения на секциях 6 кВ.
18	ОПУ. Панель 11Р. Включить АВР-1.
19	ОПУ. Панель 12Р. Включить АВР-2.
20	ОПУ. Отключить БПНС-31.
21	ОПУ. Включить БПНС-11.
22	ОПУ. ЩСН. Включить АВР.

23	ОПУ. ЩСН. Проверить включенное состояние ввода №1.
24	ОПУ. ЩСН. Проверить отключенное состояние СВ.
25	ОПУ. ЩСН. Проверить показания приборов.
26	ОРУ 110 кВ. Отключить ЗОН-1 Т-1.
27	Сообщить диспетчеру ЗЭС через ЦРП об окончании переключений

4.3. В случае, если необходим перезапуск тренинга с исходного положения, обратитесь к преподавателю.

4.4. После успешного завершения переключений закройте программу 3D-модели.

4.5. Завершите выполнение тренинга в программе «Лаборатория 322».