

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

# **ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

**Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
на учебном полигоне «Подстанция 110/10 кВ»**

**Казань 2015**

УДК 621.311  
ББК 31.16  
О75

**О75      Основы эксплуатации электроэнергетического оборудования:** методические указания к выполнению лабораторных работ на учебном полигоне «Подстанция 110/10 кВ» / Е.А. Миронова. – Казань: Каз. гос. энерг. ин-т, 2015. – 20 с.

В лабораторной работе «Оперативные переключения в электроустановках» изучается порядок переключений в схемах распределительных устройств для изменения оперативного состояния оборудования подстанции 110/10 кВ.

В лабораторной работе «Обслуживание распределительных устройств высокого напряжения» изучаются мероприятия по техническому обслуживанию оборудования распределительных устройств высокого напряжения.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по планам бакалаврской подготовки по направлению «Электроэнергетика и электротехника».

УДК 621.311  
ББК 31.16

## ВВЕДЕНИЕ

Цель методических указаний – организация работы студентов, выполняющих лабораторные работы, и методическая помощь преподавателям в организации и проведении лабораторных занятий по дисциплине «Основы эксплуатации электроэнергетического оборудования» на учебном полигоне «Подстанция 110/10 кВ». Методические указания могут быть использованы при подготовке в системе среднего профессионального образования по тем дисциплинам, в которых рассматриваются вопросы, связанные с обслуживанием и технической эксплуатацией электроэнергетического оборудования станций и подстанций.

В процессе изучения дисциплины «Основы эксплуатации электроэнергетического оборудования» рассматриваются вопросы организации эксплуатации, структуры энергетических предприятий, форм подготовки персонала; даются общие понятия об основах эксплуатации электроэнергетического оборудования, особенностях эксплуатации основных узлов оборудования, а также о видах, методах и средствах испытаний электрооборудования.

Лабораторные работы по дисциплине предусмотрены по 2 темам:

- оперативные переключения в электрических схемах;
- обслуживание распределительных устройств высокого напряжения.

Выполнение лабораторных работ в рамках изучения дисциплины «Основы эксплуатации электроэнергетического оборудования» предусматривает формирование умений:

– составлять и оформлять оперативную документацию, предусмотренную правилами эксплуатации оборудования и организации работы;

– осуществлять оперативные изменения схем, режимов работы энергетических объектов;

– проводить проверку технического состояния и оценку остаточного ресурса оборудования;

– организовывать профилактический осмотр оборудования.

В результате выполнения лабораторных работ студент должен знать:

– главную схему и схему собственных нужд подстанции;

– основные виды неисправностей электрооборудования и методы их устранения;

– правила оперативных переключений при выводе в ремонт электрических машин, трансформаторов, распределительных устройств высокого напряжения и собственных нужд;

– требования Правил технической эксплуатации электроустановок применительно к эксплуатации электроэнергетического оборудования;

– режимы работы оборудования объектов энергетики.

## Лабораторная работа № 1

### ОПЕРАТИВНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

#### Цель работы

Изучение организации и порядка переключений, последовательности основных операций при различных переключениях, основных правил составления бланка оперативных переключений на подстанции 110/10 кВ. Схема подстанции приведена в Приложении № 1.

#### Теоретические сведения

Оперативные переключения в электроустановках производятся при необходимости изменения оперативного состояния оборудования (вывод в ремонт, ввод в работу, отключение в резерв, включение из резерва) или изменения схемы первичных соединений электрической части станции.

Переключения в распределительных устройствах могут производить только лица, обученные правилам производства переключений, прошедшие проверку знаний схем, расположения оборудования, правил техники безопасности и допущенные к оперативной работе.

Проведение оперативных переключений требует от персонала серьезного внимания и высокого уровня производственной дисциплины. Небрежность, невнимательность или самовольные непродуманные действия персонала, проводящего переключения, могут привести к тяжелым авариям, представляющим опасность для людей и оборудования.

В нормальных условиях переключения производятся по распоряжению или с ведома вышестоящего лица. В случаях, не терпящих отлагательства (стихийные бедствия, угроза жизни людей, аварийное состояние оборудования), допускается производство переключений без разрешения вышестоящего лица, но с последующим его уведомлением.

Ликвидация системных аварий, связанных с включением транзитных линий электропередачи, производится только по распоряжению диспетчера энергосистемы.

При проведении оперативных переключений должны строго выполняться организационные и технические положения, способствующие исключению возможных ошибок персонала. Плановые переключения должны производиться в часы минимальных нагрузок.

Операции с коммутационными аппаратами, установленными в одной электрической цепи, проводятся в последовательности, учитывающей

назначение этих аппаратов и обеспечивающей безопасность для выполняющих переключения. Всякое нарушение установленного порядка переключений, неоправданная поспешность при операциях приводят к авариям и угрожают жизни людей.

Производство основных операций с выключателями и разъединителями должно происходить в следующей последовательности.

Последовательность типовых операций с коммутационными аппаратами при включении и отключении присоединений воздушных и кабельных линий:

**Включение:**

- а) проверяется отключенное положение выключателя;
- б) включается шинный разъединитель;
- в) включается линейный разъединитель;
- в) включается выключатель.

**Отключение:**

- а) отключается выключатель;
- б) отключается линейный разъединитель;
- в) отключается шинный разъединитель.

Последовательность операций в КРУ с выкатными элементами при включении и отключении присоединений воздушных и кабельных линий:

**Включение:**

- а) проверяется, отключенное положение выключателя;
- б) тележка выключателя перемещается из контрольного в рабочее положение;
- в) включается выключатель.

**Отключение:**

- а) отключается выключатель;
- б) проверяется, отключен ли выключатель;
- в) перемещается тележка с выключателем в контрольное или ремонтное положение.

Последовательность операций при включении и отключении двухобмоточного трансформатора:

**Включение:**

- а) включаются шинные и трансформаторные разъединители высшего напряжения;
- б) включаются шинные и трансформаторные разъединители низшего напряжения (если они есть);
- в) включаются выключатели со стороны высшего и низшего напряжений трансформатора.

**Отключение:**

- а) отключаются выключатели со стороны низшего и высшего напряжений трансформатора;
- б) отключаются трансформаторные и шинные разъединители низшего напряжения;
- в) отключаются трансформаторные и шинные разъединители высшего напряжения.

**Бланк переключений**

В соответствии с распоряжением о переключении дежурный заполняет оперативный бланк переключений.

Бланк переключений – оперативный документ, в котором приводится строгая последовательность операций с коммутационными аппаратами, заземляющими разъединителями (ножами), цепями оперативного тока, устройствами релейной защиты, противоаварийной и режимной автоматики, операций по проверке отсутствия напряжения, наложению и снятию переносных заземлений, вывешиванию и снятию плакатов, а также необходимых (по условиям безопасности персонала и сохранности оборудования) проверочных операций.

Бланк переключения, составляемый для предупреждения возможных неправильных операций, является основным оперативным документом, определяющим содержание задания и последовательность производства особо опасных и сложных переключений. По бланкам переключения производятся операции в схемах электроустановок напряжением выше 1000 В, когда РУ не оборудованы или оборудованы не полностью блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, и сложные переключения.

В Приложении №1 показана примерная форма бланка переключений.

Бланк заполняется непосредственно перед началом переключений после получения распоряжения тем лицом, которое его получило.

Каждая операция или действие, вносимое в бланк, должно иметь порядковый номер, каждый бланк переключений проверяется и подписывается.

**Оборудование для проведения исследования**

- силовой трансформатор ТМТН 6300/110-У1;
- оборудование ОРУ110: выключатель ВГТ-110, разъединители РГНП.2-110/1000, РГНП.1а-110/1000, трансформатор тока ТОГФ-110;

– оборудование КРУ–10 кВ: предохранитель ПНО-10.1-10, выключатель Sion 10кВ/20кА-800А, трансформатор напряжения ЗНОЛП-1а У2;

– оборудование распределительной сети схемы собственных нужд 10/0,4 кВ: КТП-10/0,4 кВ, ТСН-160 кВА; РВА/TEL-10-16/630У1, разъединитель РЛНД1-10-Б/4000У1, проводники: СИП, АС-50, АСБ-50.

### **Задание на предварительную подготовку**

Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить материал из рекомендованной литературы [1, 2].

В процессе предварительной подготовки к выполнению лабораторной работы необходимо:

- 1) ознакомиться с главной электрической схемой подстанции;
- 2) ознакомиться по справочной литературе с назначением, типами, характеристиками оборудования подстанции;
- 3) изучить схемы и конструкции распределительных устройств 110 и 10 кВ.

### **Рабочее задание**

В ходе выполнения лабораторной работы каждому студенту необходимо:

- 1) описать схему РУ, схему собственных нужд и начертить электрическую схему электроустановки;
- 2) изучить инструкции по оперативным переключениям и внести необходимые изменения в электрических схемах;
- 3) составить бланки оперативных переключений для следующих операций:
  - отключение и включение воздушной линии;
  - отключение и включение кабельной линии;
  - отключение и включение силового трансформатора;
  - отключение и включение ТСН;
  - отключение и включение ячейки КРУ;
  - вывод в ремонт воздушной линии;
  - вывод в ремонт силового трансформатора;
  - вывод в ремонт ТСН;
  - вывод в ремонт ячейки КРУ;
  - вывод в ремонт высоковольтного выключателя;
  - вывод в ремонт сборных шин 10 кВ;
  - вывод в ремонт кабельной линии.

## **Методика проведения исследования**

В первой части практической работы производится описание схем РУ, собственных нужд и доработка схем в соответствии с инструкциями по оперативным переключениям.

Во второй части составляются бланки оперативных переключений.

### **Указания по выполнению работы**

1. Начертить электрическую схему электроустановки.
2. Сделать описание схем распределительных устройств.
3. Изучить инструкции по оперативным переключениям и внести необходимые изменения в электрических схемах.
4. Составить бланки оперативных переключений для операций, указанных преподавателем.

### **Указания по технике безопасности**

Лабораторная работа выполняется согласно Правилам техники безопасности (ПТБ) при работе на ОРУ подстанций.

Проведение лабораторной работы разрешается только под руководством работника подстанции с квалификационной группой по технике безопасности не ниже четвертой.

Перед началом лабораторной работы проводится инструктаж по ТБ, после которого студенты расписываются в специальной ведомости.

Студенты должны неукоснительно соблюдать правила техники безопасности. Во время работы не разрешается самостоятельно передвигаться по территории подстанции, покидать место занятия.

### **Указания по оформлению отчета**

Отчет оформляется каждым студентом индивидуально и включает в себя теоретические сведения, электрическую схему соединений, бланки оперативных переключений, ответы на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Что следует понимать под оперативным состоянием оборудования?
2. Что такое бланк оперативных переключений?

3. Порядок выполнения оперативных переключений в электрических распределительных устройствах.

3. Как и для чего в процессе переключений осуществляется проверка действительных положений коммутационных аппаратов?

4. Какое основное условие должно быть выполнено при переводе присоединений с одной системы шин на другую?

5. Перечислите группы операций при замене выключателя цепи обходным выключателем.

6. Перечислите группы операций при замене выключателя цепи шиносоединительным выключателем.

7. Техника операций с коммутационными аппаратами.

8. Как осуществляется организация распоряжения о переключении?

### **Библиографический список**

1. Инструкция по переключениям в электроустановках. – СПб.: ДЕАН, 2006.

2. Оперативные переключения в электроустановках: учеб. пособие / О.Г. Губаева, Е.А. Миронова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2011.

4. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. РД 34.20.501.95. – 15-е изд. – М.: ОРГРЭС, 1996.

### **Лабораторная работа № 2**

#### **ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

#### **Цель работы**

Изучение схемы, конструкции, правил технической эксплуатации оборудования открытого распределительного устройства (ОРУ) подстанции 110/10 кВ.

#### **Теоретическая часть**

Распределительное устройство (РУ) подстанции представляет собой комплекс сооружений и оборудования, предназначенный для приема и распределения электрической энергии. Основным оборудованием РУ являются коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины. РУ рассматриваемой подстанции 110/10 кВ учебного полигона выполнено открытым.

Задачами эксплуатации РУ являются:

- обеспечение соответствия режимов работы РУ и отдельных цепей техническим характеристикам оборудования;
- поддержание схемы РУ подстанции, обеспечивающей надежную работу оборудования и безотказную селективную работу устройств релейной защиты и автоматики;
- обеспечение надзора и ухода за оборудованием и помещениями РУ, а также устранение в кратчайший срок неисправностей, так как развитие их может привести к аварии;
- своевременное производство испытаний и ремонта оборудования;
- соблюдение установленного порядка и последовательности выполнения переключений в РУ.

К оборудованию и помещениям РУ всех напряжений предъявляются следующие основные требования:

- оборудование РУ по своим паспортным данным должно удовлетворять условиям работы, как при номинальном режиме, так и при КЗ. Аппараты и шины должны обладать необходимой термической и динамической стойкостью;
- изоляция оборудования должна выдерживать возможные повышения напряжения при атмосферных и внутренних перенапряжениях;
- все оборудование должно надежно работать при допустимых перегрузках.

Надзор за работой оборудования выполняется при наружных осмотрах РУ дежурным и эксплуатационным персоналом.

Высоковольтные выключатели

Выключатели служат для коммутации электрических цепей во всех эксплуатационных режимах: включения и отключения токов нагрузки, токов КЗ, токов намагничивания трансформаторов, зарядных токов линий и шин. Наиболее тяжелым режимом для выключателя является отключение токов КЗ. При прохождении токов КЗ выключатель подвергается воздействию значительных электродинамических сил и высоких температур. Кроме того, всякое автоматическое или ручное повторное включение на неустранившееся КЗ связано с пробоем промежутка между сходящимися контактами и прохождением ударного тока при малом давлении на контакте, что приводит к их преждевременному износу. Для увеличения срока службы контакты выполняют из металлокерамики.

В конструкции выключателей заложены различные принципы гашения дуги и используются различные материалы гасящей среды (трансформаторное масло, сжатый воздух, элегаз, твердые газогенерирующие материалы

и т.д.). Применяемые на подстанции выключатели разделяют на следующие группы: масляные выключатели с большим объемом масла (серий ВМ, МКП, У, С); масляные выключатели с малым объемом масла (серий ВМГ, ВМП, МГГ, МГ, ВМК, ВГМ и др.); элегазовые выключатели; вакуумные выключатели; выключатели нагрузки.

Каждая из групп выключателей обладает определенными техническими характеристиками, указанными в каталогах, и имеет преимущества и недостатки, определяющие области их применения.

### **Разъединители**

Основное назначение разъединителей – создание видимого разрыва, отделяющего выводимое в ремонт оборудование от сборных шин и других частей установки, находящихся под напряжением, для безопасного производства работ. Разъединители не имеют дугогасительных устройств, позволяющих отключать более или менее значительные токи. Поэтому для непосредственного отключения и включения разъединители применяют, если ток в коммутируемой цепи значительно меньше их номинального тока. Кроме того, разъединители используются при различных переключениях электрических цепей в схемах РУ, например при переводе присоединений с одной системы шин на другую.

При отключенном выключателе проведение операций с разъединителями под напряжением сопровождается разрывом цепи зарядного тока, обусловленного ёмкостью присоединенных токоведущих частей. Зарядные токи оборудования и сборных шин всех напряжений (кроме конденсаторных батарей) невелики, и отключение и включение их разъединителями не опасно.

Разъединителями разрешаются операции отключения и включения дугогасящих реакторов при отсутствии в сети замыкания на землю, нейтралей силовых трансформаторов, а также намагничивающего тока трансформаторов и автотрансформаторов, зарядного тока кабельных и воздушных линий.

В эксплуатации к разъединителям предъявляются следующие требования:

– разъединители должны создавать явно видимый разрыв электрической цепи, длина которого должна соответствовать классу напряжения электроустановки;

– при длительной работе с номинальным током контактные соединения разъединителей не должны нагреваться свыше 75 °С;

– контактная система должна обладать необходимой термической и динамической стойкостью;

– при прохождении токов КЗ ножи разъединителей должны удерживаться во включенном положении (запирающим приспособлением привода, механическим или магнитным замком). Необходимое расстояние между контактами полюса разъединителя, находящегося в отключенном положении, должно надежно фиксироваться механическим запором;

– изоляция разъединителей должна обеспечивать надежную работу при дожде, гололеде, запыленности воздуха. Опорные изоляторы и изолирующие тяги должны выдерживать механические нагрузки при операциях;

– механизм главных ножей разъединителей должен иметь блокировку с выключателем и заземляющими ножами.

#### Измерительные трансформаторы

Трансформаторы тока предназначены для передачи измерительной информации измерительным приборам, устройствам защиты и автоматики. При помощи трансформаторов тока первичный ток пропорционально уменьшается до значений, наиболее выгодных для эксплуатации (номинальные значения вторичных токов 1 или 5 А). Первичные обмотки трансформаторов тока включаются в рассечку электрической цепи, а вторичные замыкаются на нагрузку: приборы, реле.

Трансформаторы напряжения служат для преобразования высокого напряжения в низкое стандартное напряжение 100 или  $100/\sqrt{3}$ В. В эксплуатации находятся как однофазные, так и трехфазные трансформаторы напряжения, включаемые в зависимости от назначения по разным схемам. Применяются схемы соединения вторичных обмоток в открытый треугольник, звезду и разомкнутый треугольник.

Трансформаторы напряжения работают в режиме, близком к холостому ходу. Для защиты от токов КЗ во вторичных цепях устанавливают предохранители или автоматические выключатели с электромагнитным расцепителем на номинальные токи от 2,5 А и выше. Перегорание предохранителей или срабатывание автоматических выключателей контролируется сигнальными устройствами. Для безопасности персонала один из выводов вторичной обмотки трансформатора напряжения обязательно заземляется.

#### **Оборудование для проведения исследования**

– силовой трансформатор ТМТН 6300/110-У1;

– оборудование ОРУ110: выключатель ВГТ-110, разъединители РГНП.2-110/1000, РГНП.1а-110/1000, трансформатор тока ТОГФ-110;

– оборудование КРУ-10 кВ: предохранитель ПНО-10.1-10, выключатель Sion 10кВ/20кА-800А, трансформатор напряжения ЗНОЛП-1а У2;

– оборудование распределительной сети схемы собственных нужд 10/0,4 кВ: КТП-10/0,4 кВ, ТСН-160 кВА; РВА/TEL-10-16/630У1, разъединитель РЛНД1-10-Б/4000У1, проводники: СИП, АС-50, АСБ-50.

### **Задание на предварительную подготовку**

Перед выполнением лабораторной работы необходимо изучить материал из рекомендованной литературы [1, 4].

Для предварительной подготовки к выполнению лабораторной работы необходимо:

1) ознакомиться со схемами РУ 110, 10,0,4 кВ подстанции (рис. 1), выявить основные достоинства и недостатки схем;

2) ознакомиться с конструкцией ОРУ 110 кВ подстанции, подготовить конструктивные чертежи (план и разрез ячейки РУ 110 кВ);

3) изучить установленное оборудование схемы РУ (назначение, типы, характеристики)

4) изучить правила технической эксплуатации оборудования открытых распределительных устройств.

### **Рабочее задание**

В ходе выполнения лабораторной работы каждому студенту необходимо:

1) ознакомиться с оборудованием распределительных устройств 110, 10, 0,4 кВ и записать номинальные параметры аппаратов;

2) выполнить эскизы высоковольтных аппаратов и сделать пояснение принципов действия;

3) выявить и обосновать возможные перегрузки оборудования;

4) составить перечень мероприятий по обеспечению надзора и ухода за оборудованием и помещениями РУ;

5) выявить возможные неисправности оборудования, так как развитие их может привести к аварии;

6) составить перечень мероприятий по проведению испытаний и ремонту оборудования;

7) провести надзор за работой оборудования при наружном осмотре РУ;

8) ответить на контрольные вопросы (по указанию преподавателя).

### **Методика проведения исследования**

В первой части лабораторной работы производится знакомство с схемой, конструкциями РУ 110, 10, 0,4 кВ подстанции, принципом действия, характеристиками оборудования подстанции.

Во второй части лабораторной работы необходимо ознакомиться с оборудованием РУ подстанции, провести наружный осмотр, выявить возможные неисправности.

В третьей части лабораторной работы необходимо выполнить требуемые эскизы аппаратов и ячеек, провести анализ состояния оборудования, ответить на контрольные вопросы.

### **Указания по выполнению работы**

1. Начертить электрическую схему электроустановки.
2. Ознакомиться с характеристиками оборудования, привести на схеме.
3. Провести наружный осмотр.
3. Выполнить эскизы оборудования.
4. Провести анализ состояния оборудования.

### **Указания по технике безопасности**

Лабораторная работа выполняется согласно Правилам техники безопасности (ПТБ) при работе в ОРУ подстанций.

Проведение лабораторной работы разрешается только под руководством работника подстанции с квалификационной группой по технике безопасности не ниже четвертой.

Перед началом лабораторной работы проводится инструктаж по ТБ, после которого студенты расписываются в специальной ведомости.

Студенты должны неукоснительно соблюдать правила техники безопасности. Во время работы не разрешается самостоятельно передвигаться по территории подстанции, покидать место занятия.

### **Указания по оформлению отчета**

Отчет оформляется каждым студентом индивидуально и включает в себя выполненное предварительное задание, результаты лабораторного исследования в виде эскизов, планов, схем, выводы по результатам проделанной работы. Отчет должен содержать следующие пункты.

- 1) перечень оборудования распределительных устройств 110, 10, 0,4 кВ с номинальными параметрами аппаратов;
- 2) эскизы высоковольтных аппаратов с пояснениями принципа действия;
- 3) перечень мероприятий по обеспечению надзора и ухода за оборудованием и помещениями РУ;
- 5) причины возможных неисправностей оборудования;
- 6) перечень мероприятий по проведению испытаний и ремонту оборудования;
- 7) результаты наружного осмотра РУ;
- 8) ответы на контрольные вопросы (по указанию преподавателя).

### **Контрольные вопросы**

1. Какие требования предъявляются к РУ?
2. В чем состоят задачи эксплуатации РУ?
3. Что проверяется при внешнем осмотре оборудования РУ?
4. Какие требования предъявляются к разъединителям?
5. Для чего заземляются выводы вторичных обмоток измерительных трансформаторов тока и напряжения?
6. Перечислите нормативную литературу, на основе которой осуществляется монтаж, наладка и эксплуатация высоковольтных выключателей.
7. Как часто должен производиться осмотр выключателей?
8. Кому разрешается производить осмотр высоковольтных выключателей?

### **Элегазовые выключатели**

1. Элегаз, основные свойства
2. Почему габариты элегазовых выключателей меньше чем габариты других типов выключателей на это же напряжение?
3. Устройство элегазовых выключателей серии ВГТ.
4. Как осуществляется контроль давления элегаза?
5. Как осуществляется очистка в ДГК от продуктов разложения элегаза?
6. Приведите эскиз полюса выключателя серии ВГТ и опишите принцип действия.
7. Каковы допустимые нормы концентрации элегаза в помещениях?
8. Достоинства и недостатки элегазовых выключателей.
9. Приведите технические характеристики выключателя ВГТ.

### **Вакуумные выключатели**

1. Назначение вакуумных выключателей.
2. Достоинства и недостатки выключателей.
3. Приведите конструкцию полюса ВВ/TEL, опишите принцип действия.
4. Из какого материала выполняются контакты вакуумного выключателя?
5. Как происходит возникновение, горение и гашение электрической дуги?
6. Основные условия эксплуатации вакуумных выключателей.
7. Приведите технические характеристики вакуумного выключателя серии ВВ/TEL.

### **Библиографический список**

1. Электрооборудование высокого напряжения и его надежность: учеб. пособие / Е.А. Миронова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010.
2. Макаров Е.Ф. Обслуживание и ремонт электрооборудования электростанций и сетей: учебник для нач. проф. образ. / Е.Ф. Макаров – М.: ИРПО: Академия, 2003.
3. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – М.: НЦ ЭНАС, 2001.
4. Основы эксплуатации электрооборудования станций и подстанций: учеб. пособие / Е.А. Миронова. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2011. – 124 с.
5. Основы современной энергетики: учебник для вузов / под ред. чл.-корр. РАН Е.В. Аметистова. – М.: МЭИ, 2003.
6. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. РД 34.20.501.95. – 15-е изд. – М.: ОРГРЭС, 1996.

### Схема и описание подстанции

Оборудование учебного полигона КГЭУ, используемое при выполнении лабораторных работ:

– однострансформаторная подстанция 110/10 кВ с открытым распределительным устройством 110 кВ, выполненным по блочной схеме, и комплектным распределительным устройством 10 кВ, выполненным по схеме «Одна система сборных шин», системой питания собственных нужд 10/0,4 кВ с КТП-10/0,4 кВ;

– высоковольтные выключатели: элегазовые баковые, многообъемные масляные.

#### Однолинейная электрическая схема учебного полигона "Подстанция 110/10 кВ"

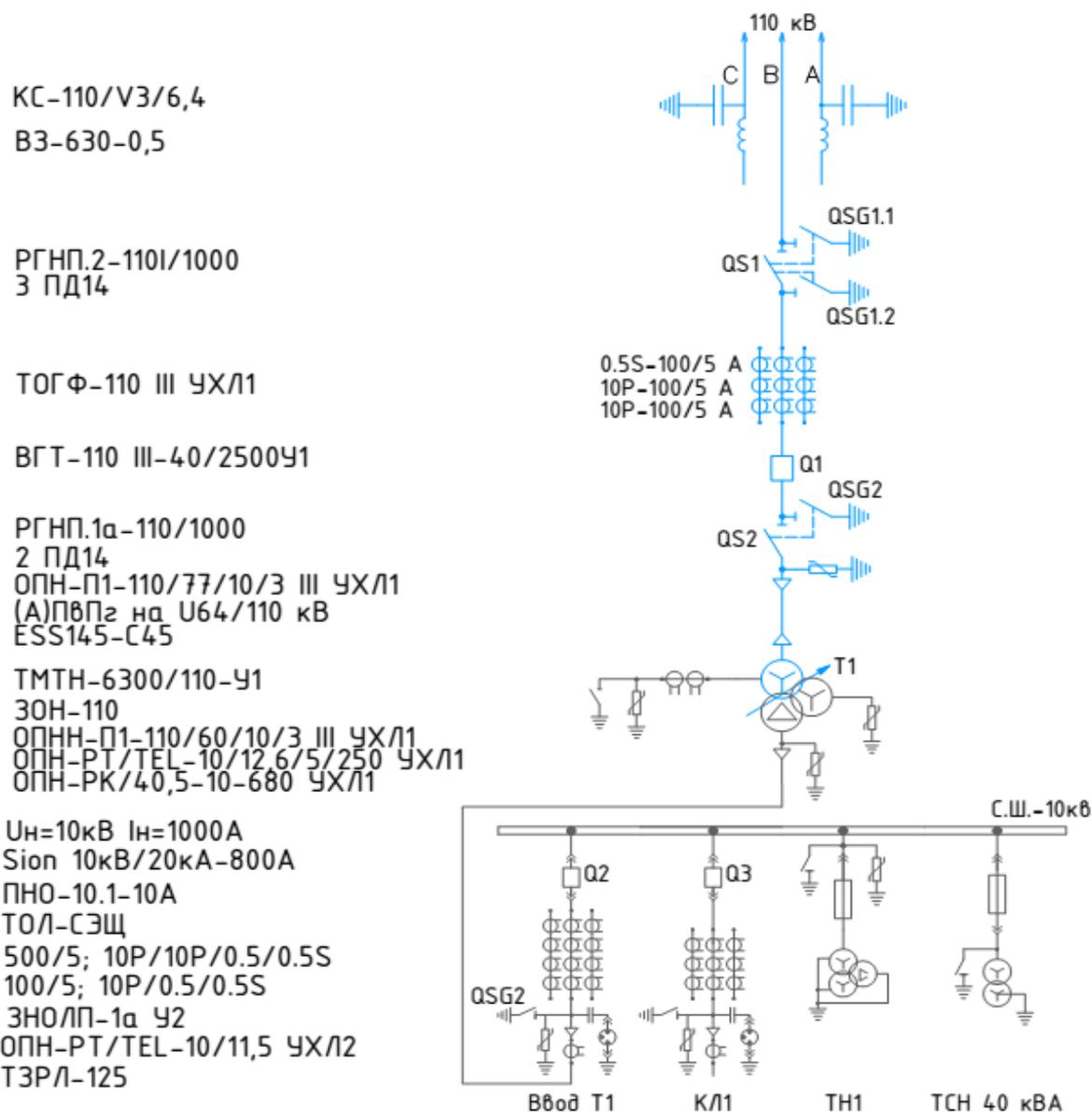


Рис. 1. Электрическая схема подстанции 110/10 кВ

## Форма бланка переключения

## БЛАНК ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ № \_\_\_\_\_

Электростанция \_\_\_\_\_ начало \_\_\_\_\_ ч \_\_\_\_\_ мин  
дата \_\_\_\_\_ 201 \_\_\_\_\_ г.  
Подстанция \_\_\_\_\_  
Исходная схема \_\_\_\_\_  
Задание \_\_\_\_\_

---

---

Последовательность производства операций при переключении

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

n-1 \_\_\_\_\_

n \_\_\_\_\_

Бланк заполнил  
и переключение  
производит

\_\_\_\_\_  
подпись

Бланк проверил  
и переключение  
контролирует

\_\_\_\_\_  
подпись

Переключения  
разрешаю

\_\_\_\_\_  
подпись

---

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение. ....	3
Лабораторная работа № 1 . . . . .	4
Библиографический список. ....	9
Лабораторная работа № 2 . . . . .	9
Библиографический список. ....	16
Приложение 1 . . . . .	17
Приложение 2. . . . .	18

*Учебное издание*

**Миронова Елена Анатольевна**

**ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ  
на учебном полигоне «Подстанция 110/10 кВ»

Кафедра «Электрические станции»

Редактор издательского отдела *К.В. Аршинова*  
Компьютерная верстка *Ю.Ф. Мухаметшина*

Подписано в печать 20.02.15.

Формат 60×84/16. Бумага «Business». Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.  
Усл. печ. л. 1,16. Уч.-изд. л. 1,29. Тираж 500 экз. Заказ №

Издательство КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51  
Типография КГЭУ, 420066, Казань, Красносельская, 51

