

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии

Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ Ю.С. Сергеев
_____ 2021 г.

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ВИРТУАЛЬНЫХ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности
доцент

_____ С.Н. Трофимова
_____ 2021 г.

Руководитель работы
доцент

_____ С.Н. Трофимова
_____ 2021 г.

Автор работы

студент группы ФТТ-403

_____ А.К. Колин
_____ 2021 г.

Нормоконтролер

ст. преподаватель

_____ О.В. Терентьев
_____ 2021 г.

Златоуст 2021

АННОТАЦИЯ

Колин А.К. Разработка комплекса виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Электрические станции и подстанции». – Златоуст: ФГАОУ ВО ЮУрГУ филиал в г. Златоусте, кафедра «ЭАПП»; ФТТ–403; 2021, 73 с. 55 ил., библиогр. список – 25 наим.

В работе рассмотрены вопросы по внедрению в учебный процесс виртуальных лабораторных работ, реализованных программным продуктом Matlab-Simulink.

Выбранное программное обеспечение обеспечивает наработку практических навыков у студентов при выполнении предложенных работ.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы – вредные и опасные производственные факторы пагубно влияющие на здоровье, выбраны нормативные значения рабочей среды, составлена охрана труда, производственная санитария, эргономика аудитории, противопожарная безопасность и обеспечение безопасности при ЧС.

Использование материалов работы планируется в учебном процессе кафедры ЭиАПП филиала ЮУрГУ в г. Златоусте для подготовки студентов – бакалавров по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

					13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР		
Разраб.	Колин А.К.			Разработка комплекса виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Электрические станции и подстанции» Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Трофимова С.Н.				Д	4	73
Т. Контр.	Сергеев Ю.С.				Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоуст Кафедра ЭАПП		
Н. Контр.	Терентьев О.В.						
Утверд.	Сергеев Ю.С.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ	
1.1 Моделирование электротехнического оборудования	9
1.2 Основные виды моделей	9
1.3 Сравнение виртуальных и реальных лабораторных работ.....	10
2 ОПИСАНИЕ СРЕДЫ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА MATLAB SIMULINK	
2.1 Запуск Simulink	14
2.2 Порядок создания модели	16
2.3 Описание основных приемов при выполнении моделирования.....	18
2.4 Выполнение расчетов созданной модели	19
3 ОПИСАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ»	
3.1 Краткие сведения о развитии электроэнергетики	23
3.2 История развития электроэнергетики России.....	23
3.3 Электростанции и их особенности.....	25
3.4. Электрооборудование электрических станций.....	25
3.5 Схемы электрических станций и электрических соединений.....	27
3.6 Собственные нужды электрических станций	32
3.7 Оперативный ток на электростанциях.....	34
4 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	
4.1 Лабораторная работа № 1. Изучение работы синхронного генератора на инверторной дизельной подстанции.....	37
4.2 Лабораторная работа №2. Изучение работы трехфазного двухобмоточного трансформатора электрической станции	45
4.3 Лабораторная работа №3. Изучение работы трехфазного выключателя переменного тока на электрической станции	49
4.4 Лабораторная работа №4. Изучение работы однофазной линии электропередач.....	54
4.5 Лабораторная работа №5. Изучение работы трехфазной линии электропередач с учетом взаимной работы индуктивности фаз линий.	59
5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
5.1 Краткое описание производственного участка.....	64
5.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов	64
5.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса.....	64
5.4 Охрана труда.....	65
5.5 Производственная санитария.....	66
5.7 Противопожарная и взрывобезопасность при работе в аудитории	69
5.8 Экологическая безопасность	70
5.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайной ситуации.....	70

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	72

					13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-		6

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

1.1 Моделирование электротехнического оборудования

Электротехническое оборудование в виде модели, это замена существующего оборудования, которое существует в реалиях, на модель которая имитирует все свойства и задачи с требуемой точностью. Модель копирует существующее оборудование, с последующим сохранением всех элементов с определенными допущениями. Несмотря на полное копирование, модель не имеет совсем точную схожесть с оригиналом. Модель прежде всего является приближенной копией оригинальной системы, и если она максимально приближенно показывает свойства оригинала, которые требуются для получения параметров полученных экспериментальным путём, то такую модель можно считать адекватной к оригиналу.

1.2 Основные виды моделей

В настоящее время существует обширная классификация моделей, с помощью которых можно изучать различные параметры исследуемого объекта. Основной же является классификация разделяющая по степени абстрагирования от оригинала и делится на две группы: материальные (физические) и абстрактные (математические) представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Существующие модели

1.2.1 Физические модели

Физическая модель предполагает некую систему, которая схожа с оригиналом, или у которой процесс выполнения функционала такой же, что и у оригинала. Существуют следующие виды таких моделей: аналоговые, масштабные, квазинатурные, натурные.

Аналоговая модель, предполагает физическую природу, которая в сравнении с оригиналом не схожа, но процессы функционала схожи. Условие такой модели должно выполняться в чётком соответствии параметров объекта и го модели.

Квазинатурные модели включают в себя натурные модели в паре с математическими. Такие модели применяют в случае если математическая модель далека от идеальной, либо же если когда система исследуется в процессе работы с другие частями.

Масштабная модель, такая модель отличается от оригинала только масштабами. Сущность такого моделирования заключена в геометрическом подобии. Такие модели используют для проведения анализа расстановки компонентов.

Натурные модели, из названия можно понять сразу, что исследуются реальные системы. Как правило это образцы, которые в точности показывают полную схожесть с оригинальной системой. Эти модели высокоточные и достоверные.

1.2.2. Математические модели

Сущность математических моделей заключена в описании системы абстрактным языком, а также при помощи математических соотношений, которые определяют процесс работы системы. Данные модели можно разделить на детерминированные и вероятностные. Детерминированные определяют между параметрами и характеристика однозначное соответствие, тогда как вероятностные определяют статические значения этих же самых величин. Выбор между такими моделями заключен в степени нужды определения случайных факторов.

Математические модели разделяются на аналитические, имитационные, численные модели.

Для получения решения уравнения в точном виде, с использованием математического аппарата, будет использоваться аналитическая модель.

Если же нужны описание системы, внешних воздействий на системы, а так же алгоритмов работы системы или правила как меняется система под давлением на нее внешних и внутренних возмущений, то в такой случае работает имитационная модель. Алгоритмы этой модели дают возможность с имитировать сам процесс работы системы, и снимать измерения требующихся характеристик.

Для конкретных начальных условий, и параметров модели допускается использовать численную модель.

1.3 Сравнение виртуальных и реальных лабораторных работ

Целью выпускной квалификационной работы является создание комплекса виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Электрические станции и подстанции». Поэтому необходимо отметить наиболее подходящие методы проведения лабораторных работ.

При выполнении лабораторных экспериментов у студентов развивается мышление, а также представление об электрических системах, проявляются такие навыки как поиск и анализ неисправности оборудования. При выполнении таких работ коллективно, у студентов закладывается рациональная база собственной работы, они становятся более ответственными и приобретают коммуникативные навыки.

Согласно образовательной программе университета, а точнее программы бакалавриата специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», в

										Лист
										10
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-	13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР					

обучение студентов должны входить такие учебные мероприятия как лабораторные работы по специальным дисциплинам, в результате чего у студентов должна закладываться техническая база знаний.

Проведение испытаний и опытов в реальной сети среднего напряжения (6-10 кВ) является крайне опасным и дорогостоящим мероприятием, которое требует наличие сертифицированных специалистов и IV группы допуска по электробезопасности, что накладывает ряд ограничений на проведение данных работ, а также наличие специального оборудования. Поэтому для реализации задачи были выбраны виртуальные лабораторные работы, для выполнения которых, все необходимое оборудование, а точнее компьютерные аудитории с установленными программными обеспечениями, уже существуют в университете.

1.3.1 Сравнение программного обеспечения

В настоящий момент существует большое количество программного обеспечения, которое подходит для моделирования различных систем и проведения комплексов расчетов различной категории сложности и направленности. Поэтому выбор среды моделирования является важным аспектом при выполнении лабораторных работ.

1.3.1.1 NI Multisim

Одним из передовых решений на рынке является «NI Multisim». Данная среда моделирования позволяет производить быстрые визуализации и также анализ поведения электрических систем. Эта программа имеет простой интерфейс, что способствует быстрому обучению работы в данной программе. С её помощью у преподавательского состава есть возможность улучшать теоретические навыки для студентов в учебной программе. Multisim имеет серьезный симулятор схем и их анализ, что довольно таки хорошо помогает при проектировке. Имея обширную базу дано ПО позволяет составлять модели различных устройств и имитировать их работу, но она является узконаправленно системой, и в большей степени она направлена на проектирование печатных плат и устройств силовой и микроэлектроники.

1.3.1.2 ПК «МВТУ»

Более развитым из российских продуктов моделирования является пакет с названием – «Моделирование в технических устройствах» (ПК «МВТУ»), реализованный в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Данное программное обеспечение дает возможность в структурном моделировании и в проектировании разных технических систем. Создатели предполагают свою программу как альтернатива таким продуктам как Simulink, VisSim и др.

В ПК «МВТУ» предложен понятный редактор для схем, библиотека с различными блоками, а также язык программирования, что даёт возможность для реализации моделей различных сложностей, предоставляя полную наглядность. Применять его можно в различных направлениях, как и для проектирования автоматики так и для ядерных или тепловых установок. Этот программный продукт

									Лист
									11
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-	13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР				

активно используют в учебных целях, он отлично подходит для изучения явлений в электротехнике и физике.

Единственным, но важным недостатком этого продукта является отсутствие методических указаний в некоторых немало важных блоках по работе с ними. Вследствие чего при выполнении работ могут возникнуть трудности по сборке схем. При обновлении программы появляются новые блоки, которые так же имеют ряд этих же самых проблем.

1.3.1.3 Stratum 200

Stratum 2000, программный продукт с простым интерфейсом, позволяющий быстро его освоить. Для проектирования используются объекты, соединенные информационной связью. Графика используется как анимационная так и статическая. Программа богата набором функций. Библиотека простая к использованию, и имеет возможность запоминания используемых ранее объектов, которые далее могут независимо быть использованы в последующих системах.

Пользователь может спокойно выполнять расчет модели в удобном для него режиме. Среда обрабатывает исполняемый код, и дает возможность изменения модели в ходе выполнения работы. Также есть возможность просмотра и изменения переменных.

Среда Stratum 2000 имеет: высокую скорость, легко и быстро строит схемы, и минимизирует ручное программирование.

Программный продукт Stratum предназначенный для имитационного и математического моделирования имеет и ряд недостатков. Данная среда была разработана довольно много лет назад, в связи с чем она потеряла свои подходы к программированию, визуальной разработке и модифицированию.

1.3.1.4 Simulink

Simulink – программный продукт, позволяющий имитационно моделировать, строить различные модели, и различного рода и вида системы.

Библиотека этого продукта дает возможность использования уже готовых блоков для моделирования систем. Подход к сборке довольно просто, и понятен. Имеется огромное количество литературы для изучения и выполнения работ в этой среде.

Недостатком этого продукта является лишь то, что при построении сложных моделей, появляются многоуровневые блок-схемы, которые не отражают структуру моделируемой системы.

Выводы по разделу один

Таким образом, основываясь на анализе ряда существующих решений, позволяющих проводить моделирование и анализ виртуальных систем, можно сделать вывод, что повышение качества обучения в значительной степени зависит от выбора программ, на базе которых будет производиться обучение. В образова-

										Лист
										12
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-	13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР					

тельном процессе необходимо использовать передовые средства автоматизированного проектирования.

Matlab, с пакетом расширения Simulink хоть и обладает некоторыми недостатками, но в то же время нивелирует их в пользу мощности и многогранности использования в моделировании различных систем.

Так же имеется студенческая версия, предоставляемая по запросу на официальном сайте, которая позволяет выполнить все поставленные задачи.

В связи с этим в выпускной квалификационной работе ставится задача разработать лабораторные работы на базе этого программного комплекса.

					13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-		13

2 ОПИСАНИЕ СРЕДЫ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА MATLAB SIMULINK

Одной из наиболее полных библиотек и дающей множество возможностей в Simulink является библиотека с блоками SimPowerSystems. В этой библиотеке находится обширное количество различных блоков, которые можно использовать при моделировании различных устройств. Основными объектами библиотеки являются источники энергии, электродвигатели, трансформаторы и линии электропередач, все они как раз и были использованы при разработке и выполнении лабораторных работ. Совместная работа Simulink и SimPowerSystems открывает возможность для снятия различных характеристик с рабочей модели.

При одновременном использовании двух методов, а именно имитационного и структурного моделирования, можно создать модель сложной электрической системы. К слову, из блоков библиотеки SimPowerSystems можно собрать силовую часть преобразователя энергии, а с помощью стандартных блоков входящих в пакет Simulink, можно собрать систему управления. При таком виде выполнения работы, удастся повысить работоспособность модели, за счёт того что она становится гораздо проще. Функции Matlab до такой степени широки, что практически нет границ для выполнения моделирования.

При возникновении сложностей с каким то из блоков, к примеру если не удастся его найти, либо же он попросту отсутствует в библиотеке, SimPowerSystems позволяет создать блок самому, с применением тех блоков, которые уже имеются в библиотеке.

2.1 Запуск Simulink

После запуска продукта Matlab перед пользователем открывается рабочее окно, которое представлено на рисунке 2. После открытия окна, следует провести курсором по панели инструментов, где находится сам значок Simulink. Трудностей с тем, чтобы найти этот значок, возникнуть не должно, так как под курсором должно отобразиться название.

Для открытия готовой модели, с которой уже не требуется выполнения сборки, а только лишь остается выполнить моделирование, применяется команда Open меню File, и выбрать нужную модель.

При запуске Simulink через панель инструментов, откроется окно обозревателя блоков представлено на рисунке 3.

Обозреватель блоков Simulink Library Browser, состоит из следующих элементов:

- название;
- командное меню;
- часто используемые клавишные команды;
- место для оставления комментария;
- разделы;
- окно содержимого;
- строка для подсказки.

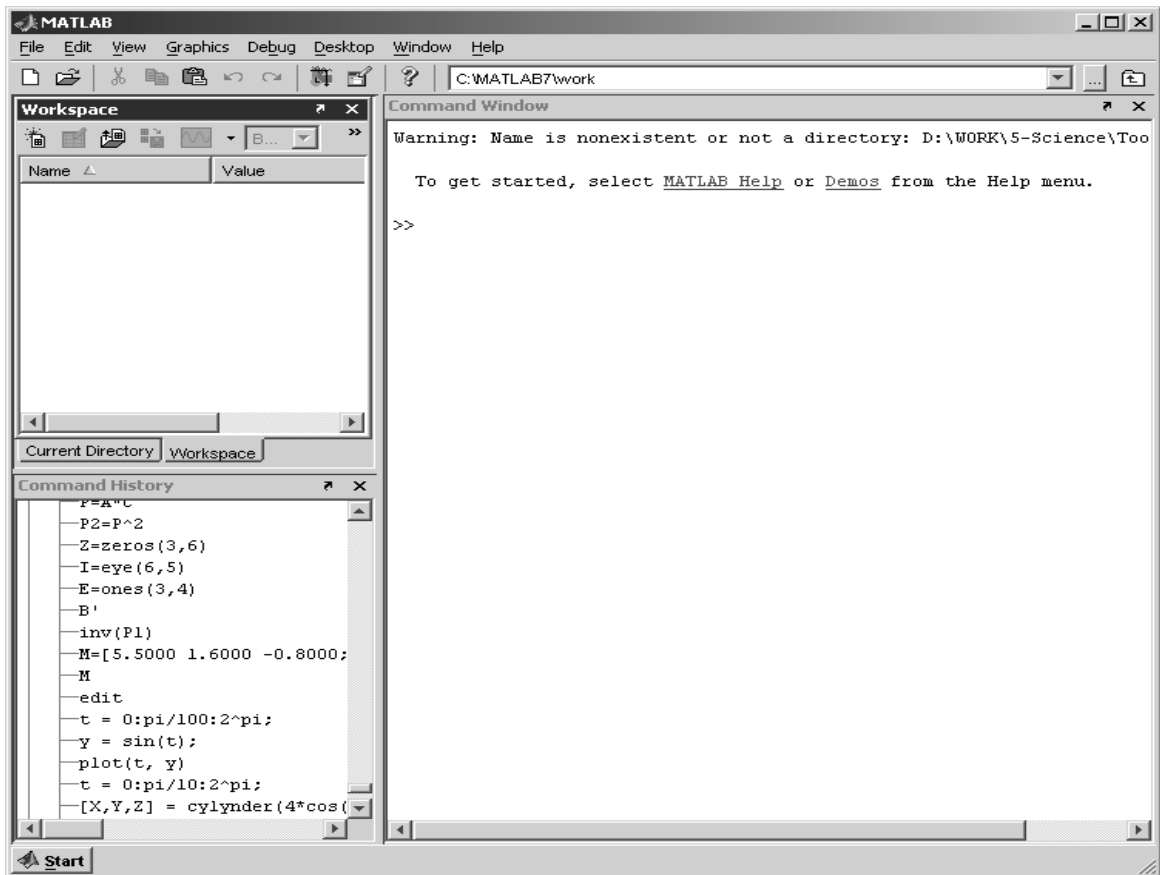


Рисунок 2 – Рабочее окно

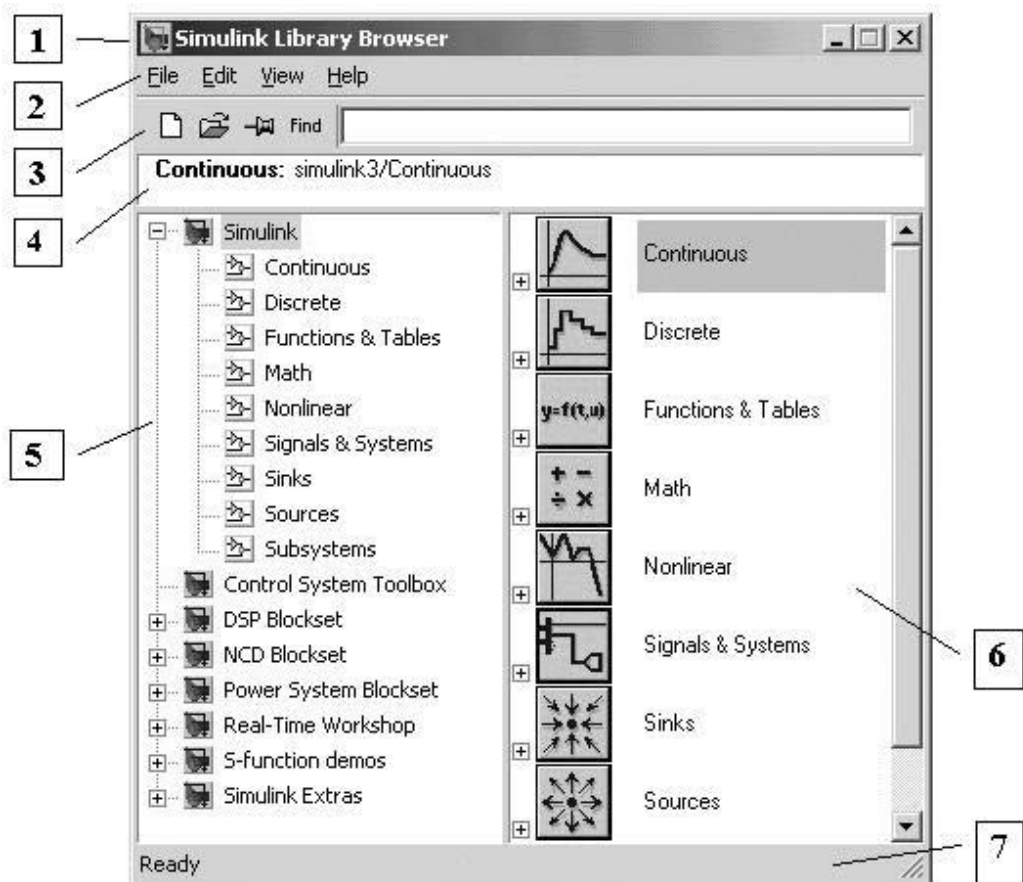


Рисунок 3 – Обзоратель блоков

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-
------	-------	-----------	------	-------

Разделы библиотеки Simulink выполнены по подобию дерева, работы с этим списком разделов осуществляются как и во многих программах, то есть свернутая часть будет иметь отображение в виде «+», и соответственно развернутая будет с отображением «-».

После того, как нужный раздел был найден, кликнув по нему, правее от раздела отобразятся находящиеся в нём элементы, которые представлены на рисунке 4.

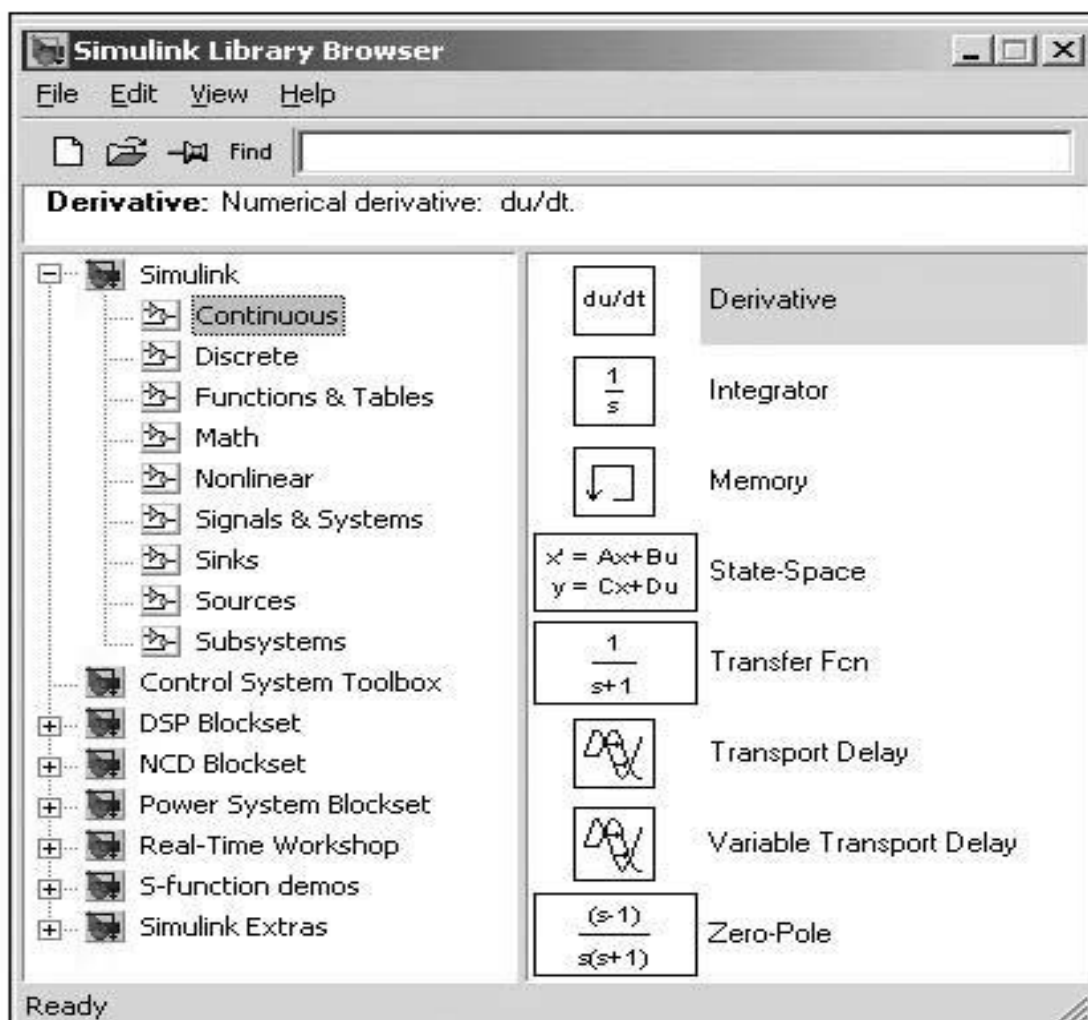


Рисунок 4 – Содержимое обозревателя

2.2 Порядок создания модели

При выполнении сборки модели должны быть соблюдены следующие действия:

При последовательном выполнении команд File – New – Model, создаётся файл, что представлено на рисунке 5.

Далее следует открыть библиотеку блоков и найти требуемый раздел, из этого же раздела выбрать интересующий блок в рабочую область окна, представленную на рисунке 6. Перетаскивание и удаление блоков происходит с помощью кнопок мыши.

После установления блока в заданное место нужно задать ему параметры, щелкнув по блоку два раза мышью, после этого открывается доступ к внесению изменений параметров. Пример установки параметров представлен на рисунке 7.

По окончанию расстановки блоков они должны последовательно соединены. Выполняется это с помощью мыши, от выхода одного блока, ведется линия ко входу следующего и т.д. Если линия соединения отображается не сплошной, а пунктирной красного цвета, это означает, что соединение не произведено, эту линию следует удалить, и провести новую. Соединение блоков показано на рисунке 8.

После выполнения всех выше описанных пунктов и собранной схемы, её следует сохранить, делается это следующим образом: File – Save As, указывается имя файла, и место для его сохранения.

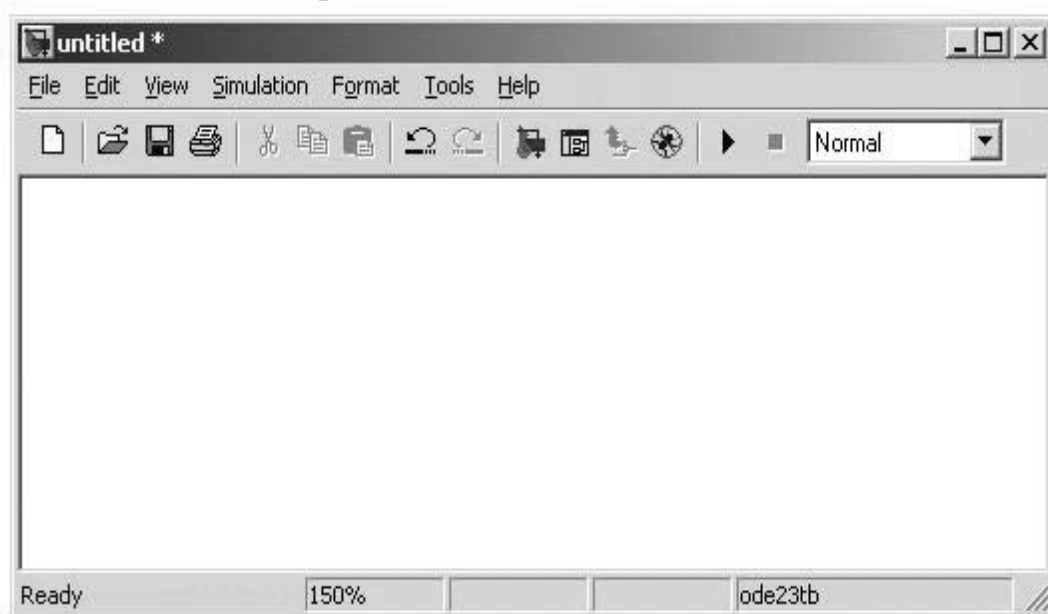


Рисунок 5 – Окно создания новой модели

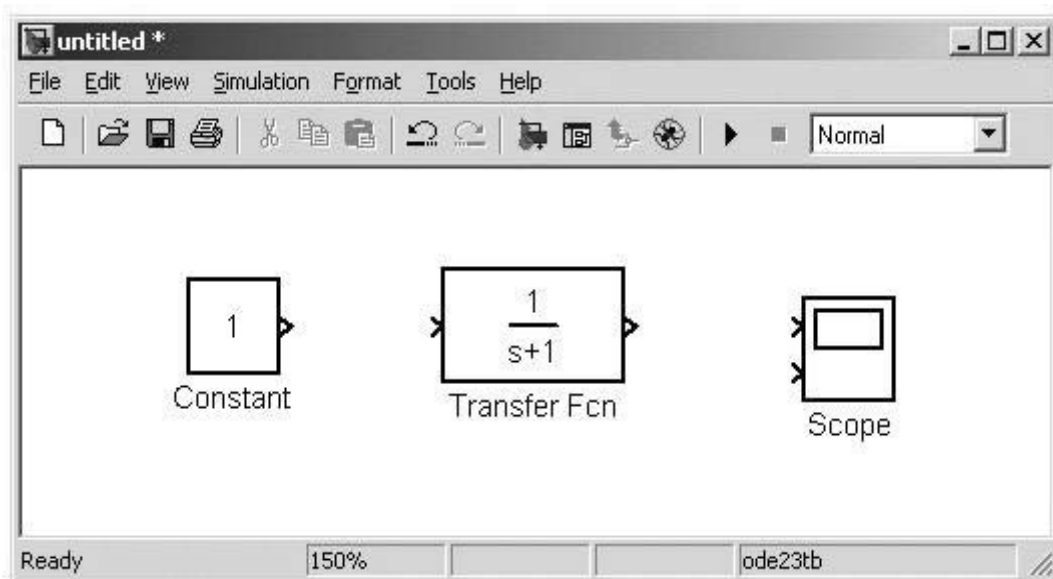


Рисунок 6 – Окно с расставленными блоками

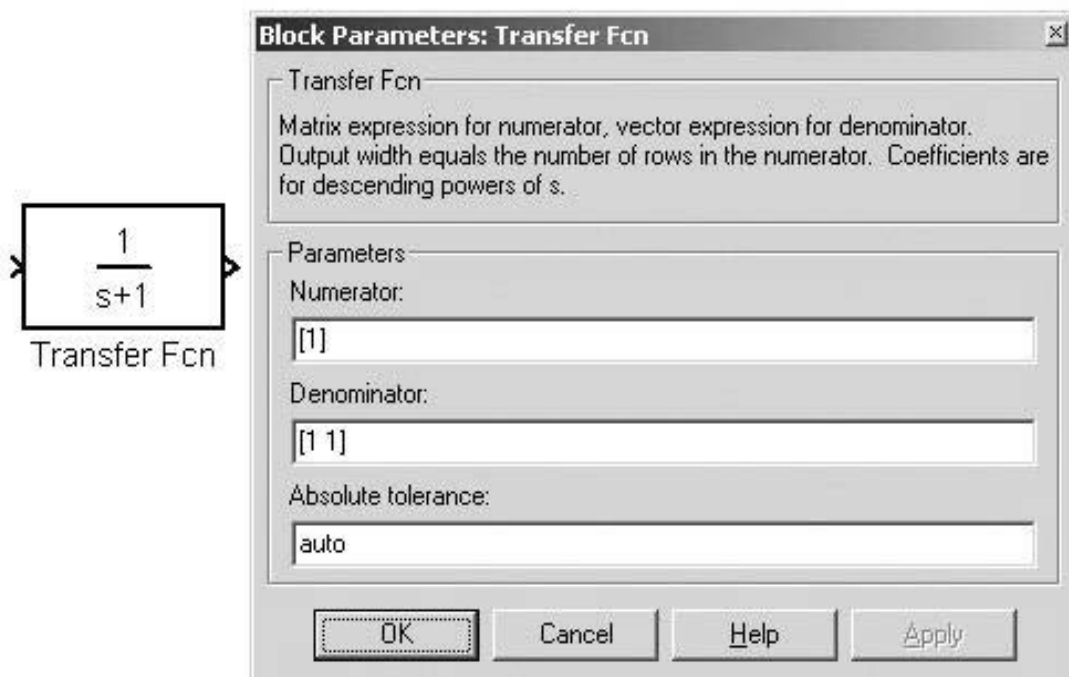


Рисунок 7 – Окно настройки параметров блока

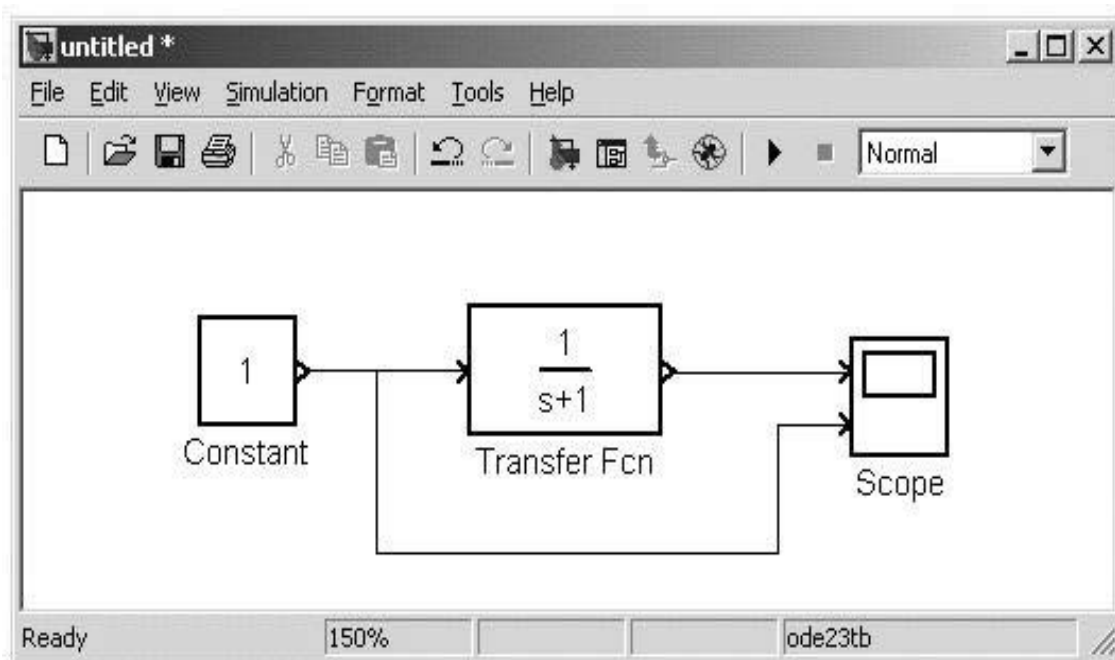


Рисунок 8 – Соединенные блоки, готовая модель

2.3 Описание основных приемов при выполнении моделирования

2.3.1 Текстовые надписи

Для более комфортной работы с моделью есть возможность применять надписи. Чтобы воспользоваться таким не хитрым, но удобным приемом, нужно всего определить место, куда будет добавляться надпись, сделать несколько щелчков, после чего отобразится курсор для ввода текста. Помимо этого также можно поменять наименование самого блока, используемого в модели.

2.3.2 Выделение элементов

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-
------	-------	-----------	------	-------

Этот прием позволяет копировать и перемещать элементы в буфер хранения. Выполняется все при помощи мыши, устанавливается курсор на том объекте, который необходим, нажать по нему один раз, после чего он выделится маркерами в углах. При необходимости, есть возможность выделения группы нескольких блоков, или же целой модели сразу, для этого после нажатия на кнопку мыши, требуется протянуть её, пока не будет выделена необходимая область. Чтобы не проводить манипуляции с мышью, можно воспользоваться командой Edit – Select All.

2.3.3 Копирование в буфер

Чтобы воспользоваться этим приемом, потребуется воспользоваться предыдущим. Для начала тот объект, который подвергается копированию выделяется, и при помощи инструмента панели инструментов выполняется копирование.

2.3.4 Увеличение, уменьшения блоков на схеме

В результате выполнения сборки работы может возникнуть необходимость в увеличении либо же уменьшении объекта, он же блок. При помощи мыши происходит выделение объекта, по результату которого следует курсор поставить на угол маркера, после изменения формы курсора мыши в двухстороннюю стрелку нужно начать растягивать или сужать объект.

2.4 Выполнение расчетов созданной модели

В панели Simulation/Parameter изображенной на рисунке 9, задаются параметры, по которым будут далее выполняться расчеты.

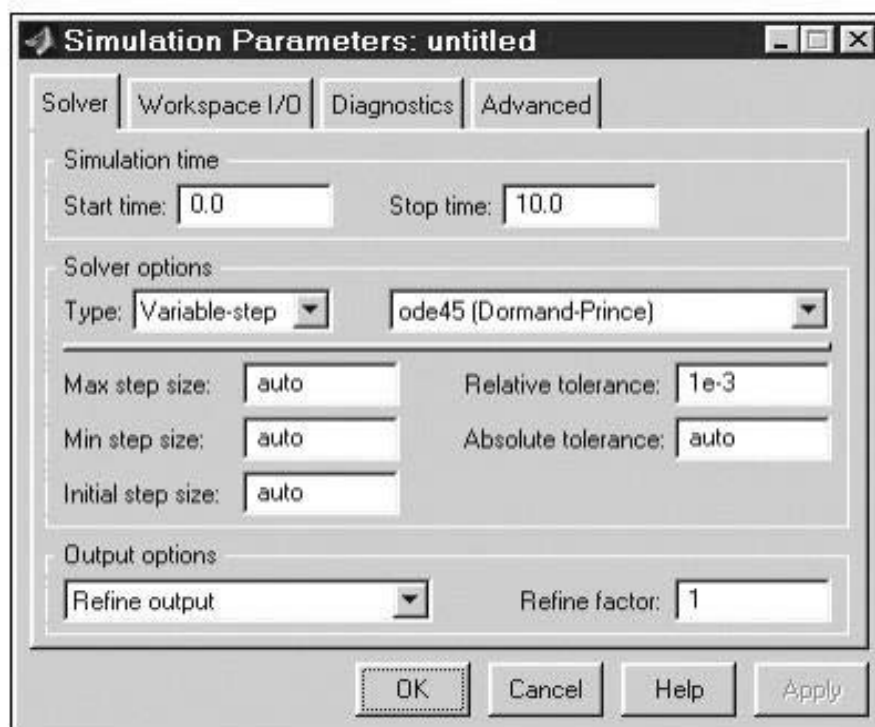


Рисунок 9 – Панель параметров

Из рисунка 9 можно увидеть, что панель настройки параметров имеет 4 вкладки, но именно установка требуемых параметров, для выполнения в дальнейшем расчетов, находится на первой вкладке под названием Solver.

Первый параметр, который задается, это параметр времени. Следует задать начальный и конечный параметр, но исходя из того что начальное время всегда задается как нуль, остается только лишь заполнить конечное время, которое берется либо по желанию, либо же из каких то условий.

В следующем шаге выбираются параметры расчета. Для того, чтобы определиться со способом моделирования, необходимо предварительно ознакомиться и определиться, каким вариантом следует воспользоваться, фиксированным или переменным шагом, вкладка выбора параметров представлена на рисунке 10.

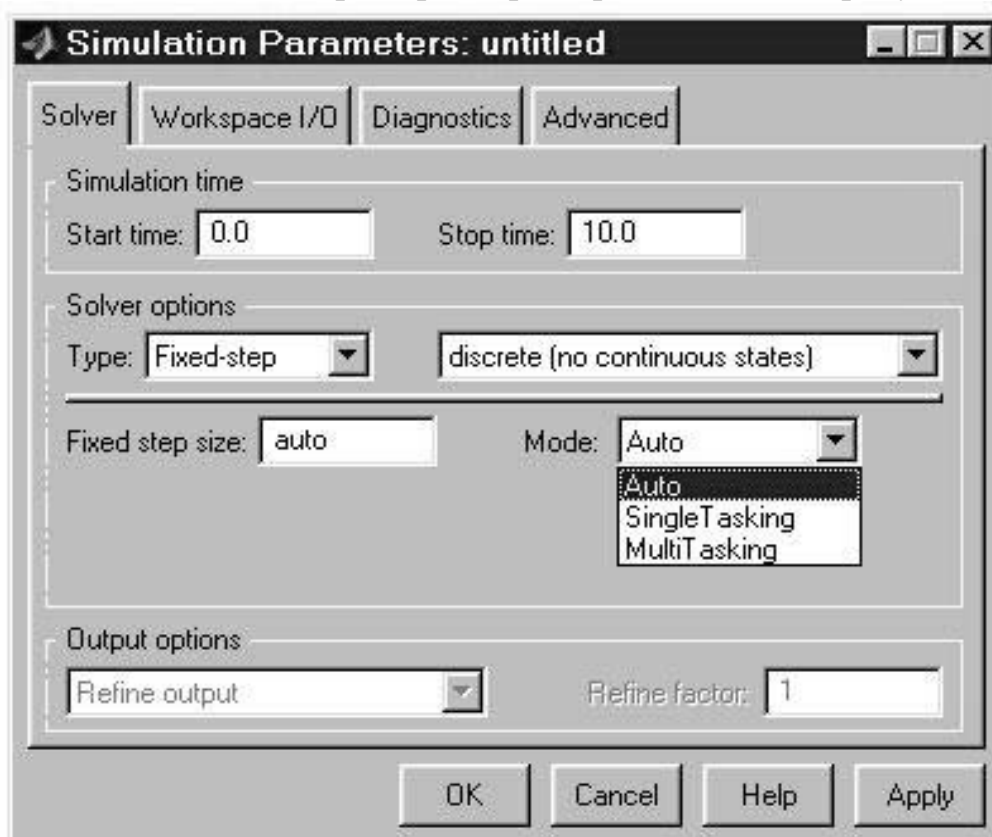


Рисунок 10 – Пример выбора фиксированного шага

Выбран фиксированный шаг, после его выбора ниже появилось текстовое поле Fixed step size, в этом поле устанавливается значение величины шага, система сразу же предлагает сделать автоматический выбор, но так же может быть установлена определенно необходимая величина.

Выходные сигналы задаются настройкой параметра Output options.

2.4.1 Обмен параметров

Для того, чтобы установить элементы отвечающие за управление ввода и вывода результатов, полученных из моделей, требуется воспользоваться следующей вкладкой Workspace I/O панели параметров, представленной на рисунке 11.

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-
------	-------	-----------	------	-------

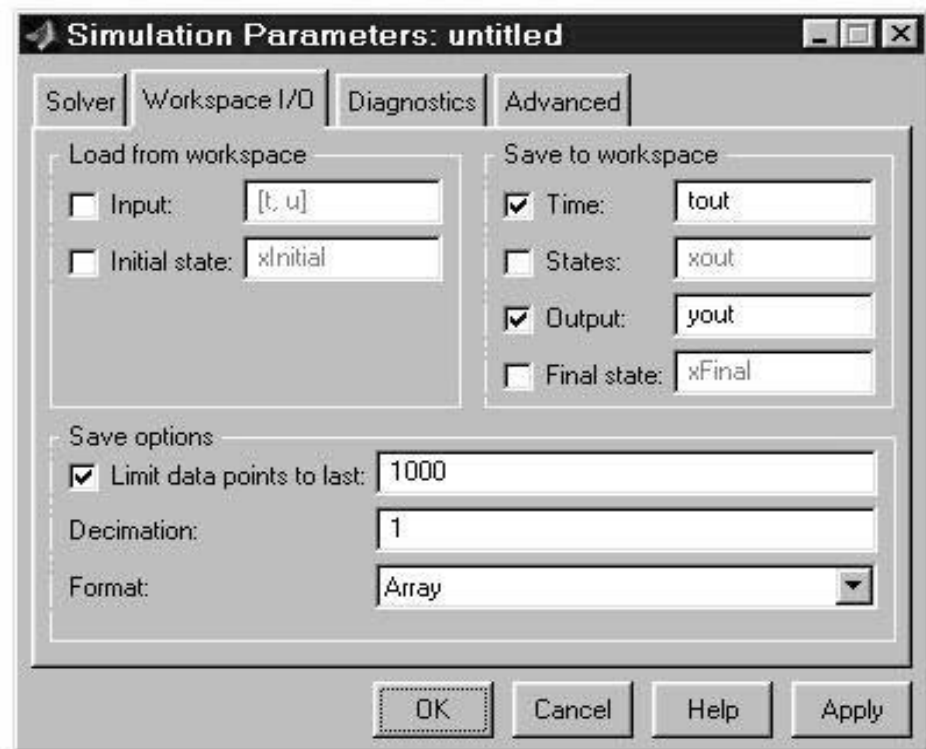


Рисунок 11 – Параметры присутствующие во вкладке Workspace I/O

2.4.2 Диагностические параметры

Во вкладке Diagnostics на рисунке 12 появляется отображение тех проблем, которые были обнаружены Simulink в результате выполнения моделирования. Данная вкладка дает возможность по разному настраивать сообщения об происхождении неисправностей и установить дополнительные параметры отвечающие за диагностику.

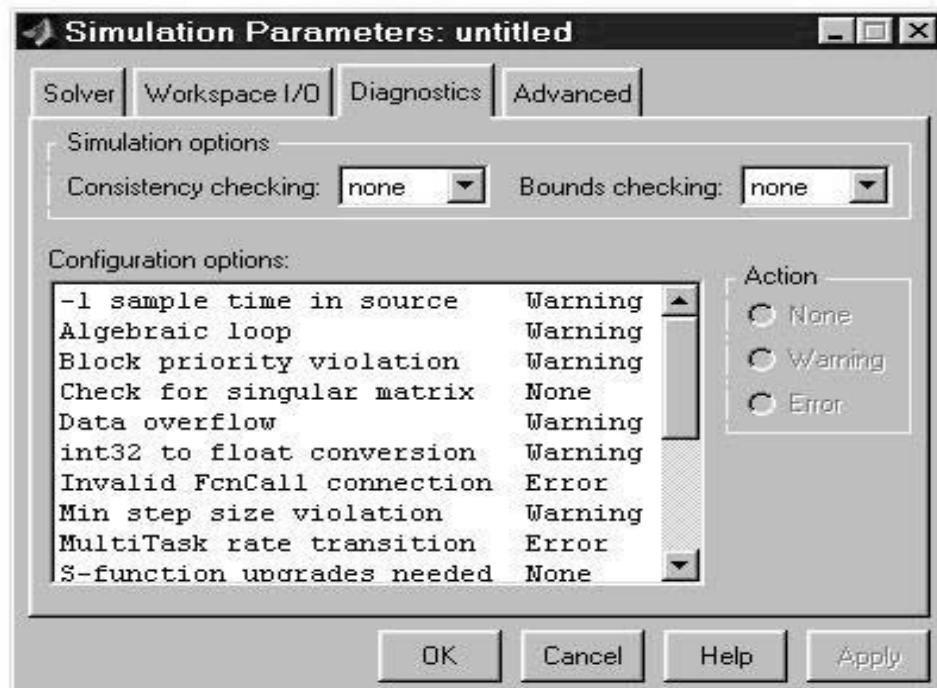


Рисунок 12 – Diagnostics

2.4.3 Расчёт

Для начала выполнения расчёта можно воспользоваться либо инструментом на панели инструментов, либо через клик в пункте меню поочередно кликнуть Simulation/Start. В случае появления необходимости остановить расчёт следует в пункте меню поочередно кликнуть Simulation/Stop.

Выводы по разделу два

Была рассмотрена основная библиотека SimPowerSystems, рассмотрены ее возможности и составляющие компоненты.

Также были описаны основные действия и порядок выполнения лабораторных работ с помощью программы Matlab с расширением Simulink. Рассмотрены основные окна, в которых задаются параметры настроек и окна выбора элементов.

									Лист
									22
Изм.	Лист-	№ докум.	№	Под-	Дата-	13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР			

3 ОПИСАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ И ПОДСТАНЦИИ»

3.1 Краткие сведения о развитии электроэнергетики

Энергетика - неотъемлемая часть жизнеобеспечения. Экономическая, политическая часть государства, а также хозяйственная деятельность напрямую связаны с энергетикой. И глядя на это, можно сказать, что это сложная отрасль, в которую необходимо вкладывать огромные денежные средства для развития. Около 15% государственных средств уходит на развитие энергетики.

Электроэнергетика - это большая система, в которой взаимосвязано действуют подсистемы, обеспечивающие потребности народа топливом, электрической и тепловой энергией. На рисунке 13 представлена структура большой энергетической системы.

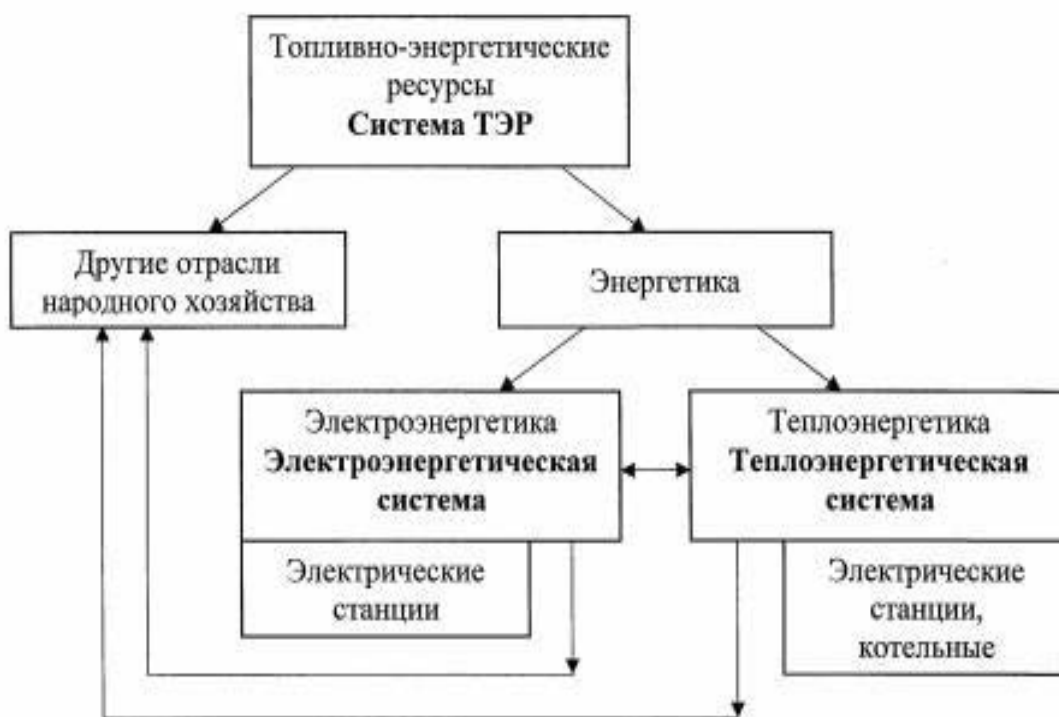


Рисунок 13 – Структура энергетической системы

Система топливо-энергетических ресурсов (ТЭР) служит для поддержки народного хозяйства органическим и ядерным топливом, гидроэнергией и др. Основной задачей электроэнергетики является обеспечение потребителей энергией как электрической, так и тепловой.

3.2 История развития электроэнергетики России

Основной тип электростанций в России - тепловые электростанции, они работают на органическом топливе и производят около 70% всей электроэнергии страны. Главную роль в обеспечении потребности экономического района играют ГРЭС - государственные районные электростанции.

Отличительной чертой ТЭС в сравнении с иными электростанциями является дешевая электроэнергия, полученная на агрегатах с высокой производительностью. Также на ТЭС с определенным типом - теплоэлектроцентраль - связанная с производством и подачей тепла горячей воды для снабжения отоплением промышленного и коммунального хозяйства.

Размещают тепловые электростанции вблизи топливных и потребительских факторов. Наиболее мощные по выработке энергии станции располагают непосредственно у места добычи топлива, ведь чем больше электростанция, тем на большее расстояние она сможет передать электроэнергию. Потребительский спрос имеют электростанции на высококалорийном топливе, которое экономически выгодно для транспортировки.

Таблица 3.1 – Крупные ГРЭС страны

Федеральный округ	ГРЭС	Установленная мощность, млн кВт	Топливо
Центральный	Костромская	3,6	Мазут
	Рязановская	2,8	Уголь
	Конаковская	3,6	Мазут, газ
Уральский	Сургутская 1	3,3	Газ
	Сургутская 2	4,8	Газ
	Рефтинская	3,8	Уголь
	Троицкая	2,4	Уголь
	Ириклинская	2,4	Мазут
Приволжский	Заинская	2,4	Мазут
Сибирский	Назаровская	6,0	Уголь
Южный	Ставропольская	2,1	Мазут, газ
Северо-Западный	Киришская	2,1	Мазут

В ближайшем будущем теплоэнергетика будет держать ведущую роль в выработке энергии и тепла в стране. Несмотря на положительные стороны теплоэнергетики, она приводит к серьезному ухудшению среды для жизни человека. Электростанции вбрасывают в окружающую среду пыль, углекислый газ и тепло, что образует некий парниковый эффект.

Россия в производстве энергии на ГЭС занимает третье место, уступая лишь Канаде и США. 12% запасов всего мира гидроэнергии находится на территории нашей страны, и экономический потенциал при своевременном развитии оценивается в 1100 млрд кВт-ч.

Гидроэлектростанции - довольно эффективный источник энергии, так как ресурсы обновляются, а самое важное, что они легко управляются, и имеют высокий КПД - свыше 80%. Поэтому можно сказать, что энергия ГЭС самая дешевая. И еще один из немалых достоинств, это возможность автоматического запуска и отключение нужно числа агрегатов.

При размещении электростанций, большое значение играет то, что ГЭС и тепловые электростанции желательно кооперировать. Объясняется это тем, что выработка электроэнергии на ГЭС изменяется в течении года, так как изменяются водный режим рек. При соединении ТЭС и ГЭС в одну систему, компенсируется недостаток выработки энергии на гидростанции в маловодный сезон за счет электроэнергии, получаемый от тепловой электростанции.

В 70-е годы, было решено создать крупномасштабную ядерную энергетику. На тот период, считали, что за атомными электростанциями будет будущее. Развитие ядерной энергетики шло очень быстро в нашей стране, пока не случилась Чернобыльская катастрофа, которая коснулась 11 областей бывшего СССР, с численностью населения свыше 17 млн человек. В результате катастрофы, темп развития атомной энергетики был приостановлен. В нынешнее время правительство утвердило программу строительства новых АЭС.

3.3 Электростанции и их особенности

Основная часть электроснабжения производится от тепловых и гидравлических электростанций, вырабатывающих энергию. Располагаться электростанции могут как и поблизости к потребителю, так и на отдаленном расстоянии. В любом случае, электроэнергия к потребителю поступает по линиям электропередач. В случаях если потребитель слишком сильно удален от электростанции, тогда до этого потребителя электроэнергия добирается посредством повышенного напряжения, в этом случае появляются подстанции, которые повышают или понижают напряжение.

Часто случается так, что энергетические источники расположены в удалении от центра потребления. Появляется необходимость использования газопроводов и нефтепроводов для транспортировки топлива. Более востребованное топливо, уголь, переправляют по железным дорогам. В большинстве случаев, перевозка угля оказывается нерентабельной, и более выгодным считается соорудить электростанции близ бассейнов с топливом и передавать энергию по линиям электропередач. Большая часть потребителей нашей страны рассредоточена в разных её частях, следовательно это большие расстояния, на которые нужно переправлять эту энергию, поэтому появляется необходимость в строительстве более мощнейших линии высокого напряжения.

Электростанции соединены между собой подстанциями, сделано это для того, чтобы они на общую нагрузку. Всё вместе это называется энергетической системой.

3.4 Электрооборудование электрических станций

Составляющей частью электрической станции являются такие элементы как: турбогенераторы, гидрогенераторы, в которые входят турбины и электрические синхронные генераторы.

3.4.1. Турбогенераторы

Турбогенератором называется электрическая машина, которая за счет частоты вращения увеличивает работу паровых турбин.

В турбогенераторе находится неявнополюсный ротор, в который укладывается обмотка возбуждения из меди с изоляцией.

От скорости вращения ротора и его механической поковки зависит максимальный диаметр.

3.4.2. Гидрогенераторы

Гидрогенератор - это тихоходная машина, он напрямую зависит от напора воды. Если учесть то, что частота вращения турбины такого генератора зависит от потенциала реки, то генератор изготавливается из разного количества пар полюсов и он не имеет какой то стандартной мощности, изготовления генераторов для ГЭС происходит по заказу.

В зависимости от расположения вала гидрогенератора, их определяют по двум видам, горизонтальный, предусматривается на малую мощность, и вертикальный, соответственно он предполагает большую мощность. Основная масса гидрогенераторов предрасполагает вертикальное расположение, где генератор устанавливается над турбиной.

Вертикальное исполнение машины имеет два основных элемента, это подпятник и направляющие подшипники.

Различают два вида гидрогенераторов, подвесного и зонтичного типа, вид зависит от того как расположен подпятник, представлено на рисунке 14.

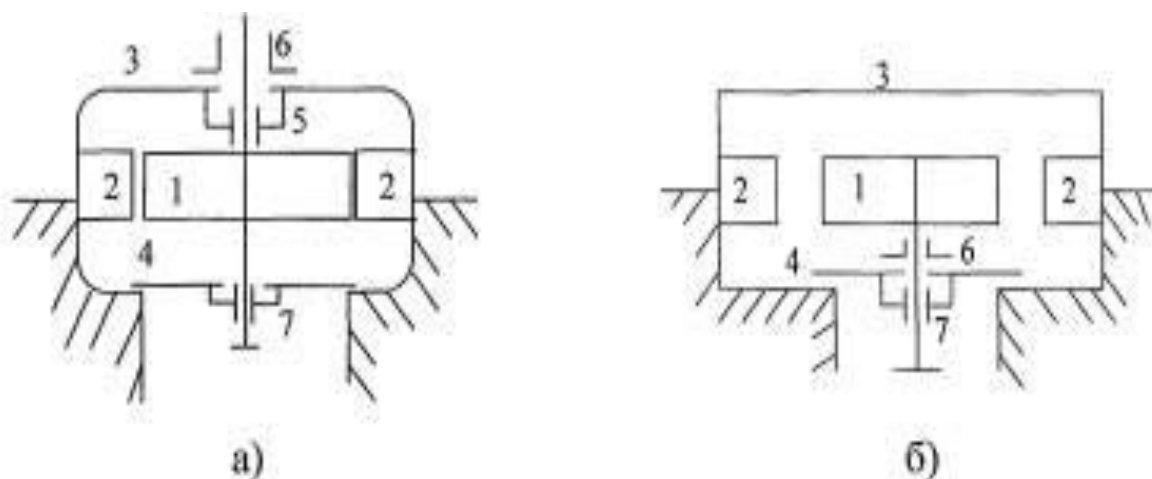


Рисунок 14 – Гидрогенераторы: а – подвесной тип; б - зонтичный тип; 1 – ротор, 2 – статор, 3 – верхняя крестовина, 4 – нижняя крестовина, 5 – верхний направляющий подшипник, 6 – подпятник, 7 – нижний направляющий подшипник

Для высокой механической устойчивости и свободного доступа к подпятнику используют подвесной вид исполнения. При больших мощностях, есть необходимость в меньшем размере крестовины, и конечно высоты сооружения здания, для этого подходит зонтичный вид исполнения.

3.4.3. Система охлаждения генератора

Нагрев элементов генератора вызывается потерями энергии. Повышение температуры обуславливается потерями достигаемыми в машине.

Для избегания перегрева генераторы оснащаются охлаждением, синхронный же генератор оснащен искусственным.

Внутри машины, или вне её, устанавливается вентилятор. Этот вентилятор прогоняет через зазор охлаждающий газ, который через изоляцию обмоток принимает тепло на себя, это характерно для косвенного или поверхностного охлаждения.

В свою очередь, косвенная система охлаждения подразделяется на воздушную и водородную. Далее, воздушная система разделяется на проточную и замкнутую систему охлаждения.

Проточная система охлаждения подразумевает под собой забор воздуха из окружающей среды, посредством прогона его через фильтр, он поступает к машине, охлаждает её, и нагретый воздух выходит наружу. Наиболее актуально применять такое охлаждение для генераторов не слишком больших мощностей.

Замкнутая система охлаждения применима к более мощным генераторам, в данном случае воздух не меняется, а один и тот же циркулирует по кругу. Холодный поток воздуха при помощи воздухоохладителя, подается в камеру для охлаждения машины, оттуда же, уже нагретый воздух, поступает в камеру для последующего охлаждения. В таком порядке и происходит вся работа циркуляции по замкнутому кругу.

Наиболее выгодная система охлаждения, для крупных генератором, водородная система охлаждения. В связи с тем что водород хорошо теплопроводим, эта система более уязвимо подходит для охлаждения крупных машин.

При водородном охлаждении:

- снижаются потери на трение ротора;
- менее подвержена к повреждению изоляция;
- наименьшая вероятность возникновения пожара.

Непосредственное охлаждение позволило увеличивать мощностную способность турбогенераторов. Ведь именно водород применяется для системы охлаждения.

3.5 Схемы электрических станций и электрических соединений

Чертежом принято называть схему соединения электрооборудования. На чертеже показывают основную часть элементов, которые расположены в определенном порядке, который соответствует реальному расположению этих частей..

При наглядном изображении однофазного соединения, применяются однолинейные схемы. Они просты в своём изображении, и доступно дают информацию о схеме.

Для наглядного изображения цепи по которой электроэнергию передают от источника электроэнергии до потребителя, применяются главные схемы.

					13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-		27

Помимо полного комплекта главного и основного оборудования, на станциях и подстанциях также есть дополнительное оборудование, это различного рода измерительные приборы, защита автоматики и т.д. Если на первичной цепи изображается основное оборудование электростанции, то в схемах вторичной цепи, изображается дополнительное оборудование.

Факторы, влияющие на выбор главной схемы:

- значимость электростанции в системе;
- важность потребителей в зависимости от электроэнергии;
- возможность расширения.

Требования, предъявляемые к главным схемам:

- бесперебойное снабжение потребителей электроэнергией;
- проведение ремонта для основного оборудования, без прекращения питания потребителей;
- гибкая приспособленность для проведения переключений минимальным количеством операций;
- экономичность.

Связь генераторов с трансформаторами разных напряжений отображается на структурных схемах электрических станций.

3.5.1 Виды схем

Схема с секционированным выключателем с одной рабочей системой шин

Схему, представленную на рисунке 15, применяют для РУ 6, 10, 35 кВ электрических станций и подстанций.

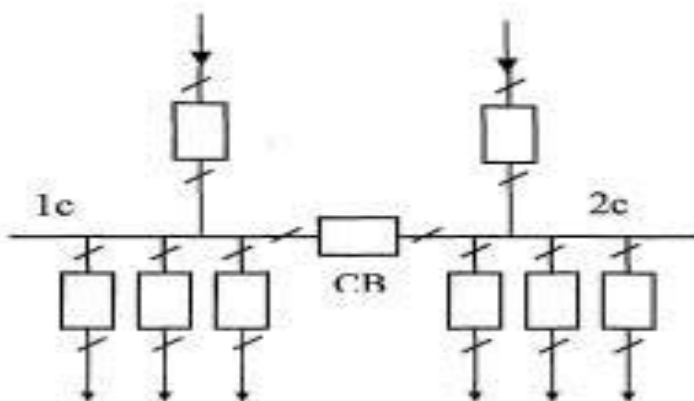


Рисунок 15 – Структурная схема одной рабочей системы шин, секционированной выключателем

В штатном, бесперебойном режиме работы, секционный выключатель отключен. Срабатывает он только в том случае, если вдруг пропадает напряжение хотя бы на одной секции, своим включением он вводит резерв. В случае необходимости управлять выключателем можно с пульта управления, то есть дежурным оператором. Если появляется необходимость введения в работу выключателя оператором, функционирование схемы продолжается.

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-

В случае выполнения ремонтных работ электроэнергия продолжает поступать до потребителя, потому как есть вторая ветвь, через которую может пройти напряжение.

Блочные схемы

Такие схемы применяют только в сетях с высокими напряжениями 35-220 кВ. В случае если мощность не превышает значения в 25 МВА, используются схемы с отделителем для РУ 110 кВ.

Данные трансформаторы в случае необходимости возможно отключить от делителем, потому как у них небольшой ток холостого хода. Но не исключен вариант обращения на электростанцию или подстанции, за просьбой для отключения трансформатора, такая необходимость была бы если ток холостого хода имел большее значение. Так называемая ремонтная перемычка применяется при ремонте одной из линий электропередач, в самой же перемычке предусмотрены два разъединителя, они помогают полностью не выводить подстанцию из строя.

Мостиковые схемы

Для пропускной способности напряжения 35-220 кВ применяются мостиковые схемы. Схема с выключателем подстанции и схема с отделителями трансформаторов приведены на рисунке 16. Последний вариант используется для транзита на подстанциях 110 кВ.

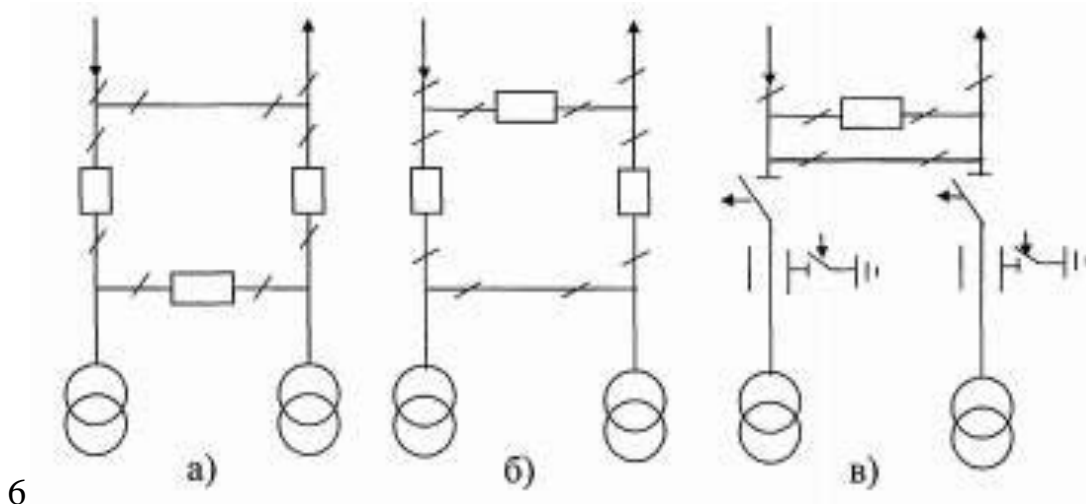


Рисунок 16 – Мостиковая схема: а, б – с выключателями в цепях трансформаторов; в – схема с отделителями в цепях трансформаторов

Для продолжения транзита в случае ремонта выключателя рабочей перемычки, применяется ремонтная.

Если посмотреть на схемы, изображенные выше, то можно сделать вывод, что схема «б» продолжит осуществлять передачу энергии, так как в этой схеме задействована ремонтная перемычка. На схеме «а» при возникновении аварийной ситуации произойдет отключение и передача энергии прекратится до того момента, пока не будет восстановлено соединение.

Схема квадрата

Схема квадрата, представленная на рисунке 17, должна быть одна из надежных схем. Эта схема имеет простое исполнение, но в тоже время, наблюдается яс-

3.5.3 Теплофикационные станции (ТЭЦ)

На теплофикационных станциях генераторы, трансформаторы связи, линии потребителей подключены к сборным шинам распределительных устройств. Трансформаторы связи работают так, что при лишней генерируемой мощности они передают её в сеть, и если же случается так, что происходит нехватка этой самой же мощности, он (трансформатор) принимает ее на себя. При установке на ТЭЦ турбогенератора, его подключают к шинам ВН, генератор – трансформатор, представлено на рисунке 18.

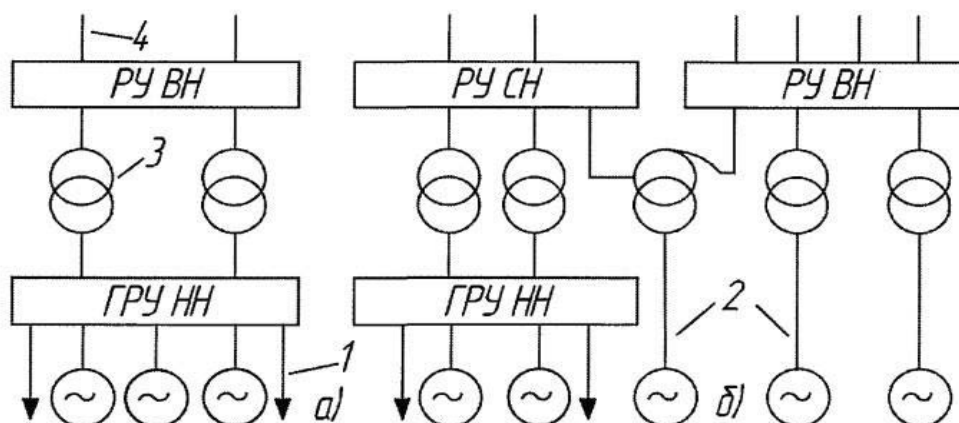
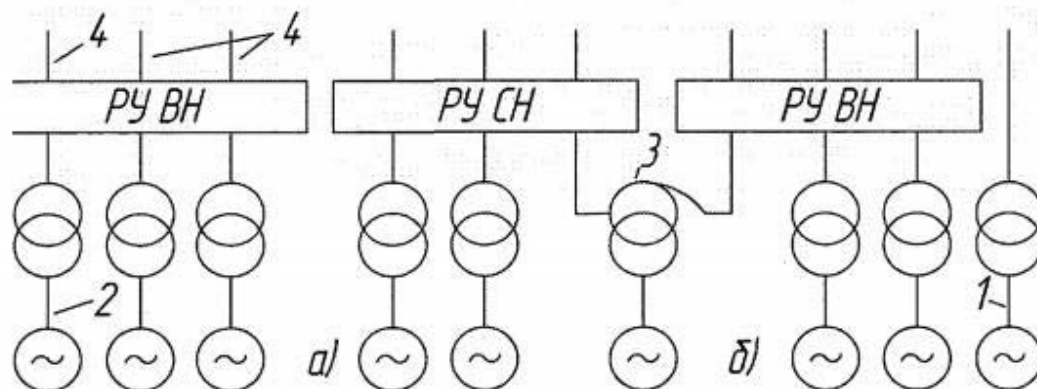


Рисунок 18 – Структурные схемы ТЭЦ: а – связь с энергосистемой на стороне высокого напряжения; б – связь на стороне высокого напряжения и среднего напряжения; 1 – линия потребителей; 2 – блок генератор – трансформатор; 3 – трансформатор связи; 4 – линия связи с энергосистемой

3.5.4 Конденсационные станции (КЭС)

КЭС, это ныне переименованная государственная районная электрическая станция – ГРЭС. Полученную электроэнергию подают в сеть на повышенном напряжении. Структурная схема КЭС приведена на рисунке 19, её особенность заключается в том, что она не имеет ГРУ. На рисунке: 1 – блок генератор – трансформатор - линия; 2 – блок генератор – трансформатор; 3 – автотрансформатор связи РУ ВН и РУ СН; 4 – линии связи с энергосистемой. Схемы блочного принципа с питанием собственных нужд.



ли энергоблоков в системе уже три или же более, то тогда используется один подключенный и один резервный.

На схеме приведенной на рисунке 20 потребители собственных нужд напряжения 0,4 кВ первого энергоблока получают питание от полусекций 1СА, 1СВ, 1СС и 1СD. Ответственные потребители подключены к полусекциям 1СА, 1СВ, которые отделены автоматическим выключателем. Для поддержания на шинах РУ необходимого напряжения применяются трансформаторы с регулированием напряжения под нагрузкой.

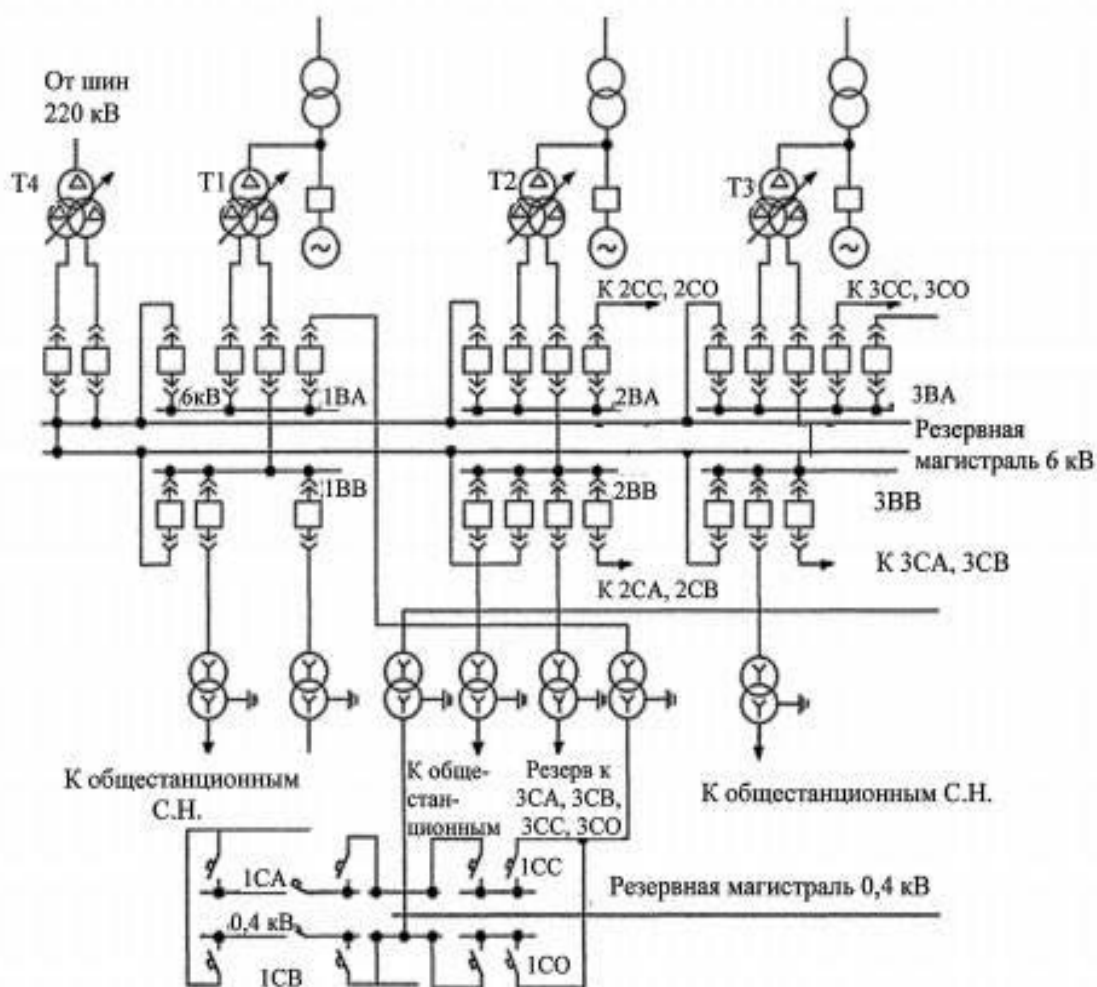


Рисунок 20 – Схема электроснабжения собственных нужд с тремя энергоблоками

На подстанции осуществляется питание потребителей собственных нужд, таких как: электродвигатели систем охлаждения трансформаторов и синхронных компенсаторов; приводы компрессоров; устройства обогрева выключателей; электрическое отопление; системы пожаротушения, связи, релейной защиты и т.д.

Наиболее важные потребители собственных нужд подстанции питаются через стабилизаторы напряжения и выпрямители, от сетей переменного тока, или же от аккумуляторной батареи. Если же будет использована аккумуляторная батарея, то предполагает место быть преобразователю для её заряда. Он в свою оче-

редь беспрестанно работает в режиме подзаряда передачи запасенной энергии. Выпрямительное устройство, которое служит подзарядом аккумулятора подключено между шинами АБ и шинами 0,4 кВ системы собственных нужд.

На схеме питания электростанции и подстанции, представленной на рисунке 21, показано питания собственных нужд подстанции. Подстанции на напряжении 35-220 кВ без выключателей, трансформаторы при помощи отпайки присоединены к главным трансформаторам.

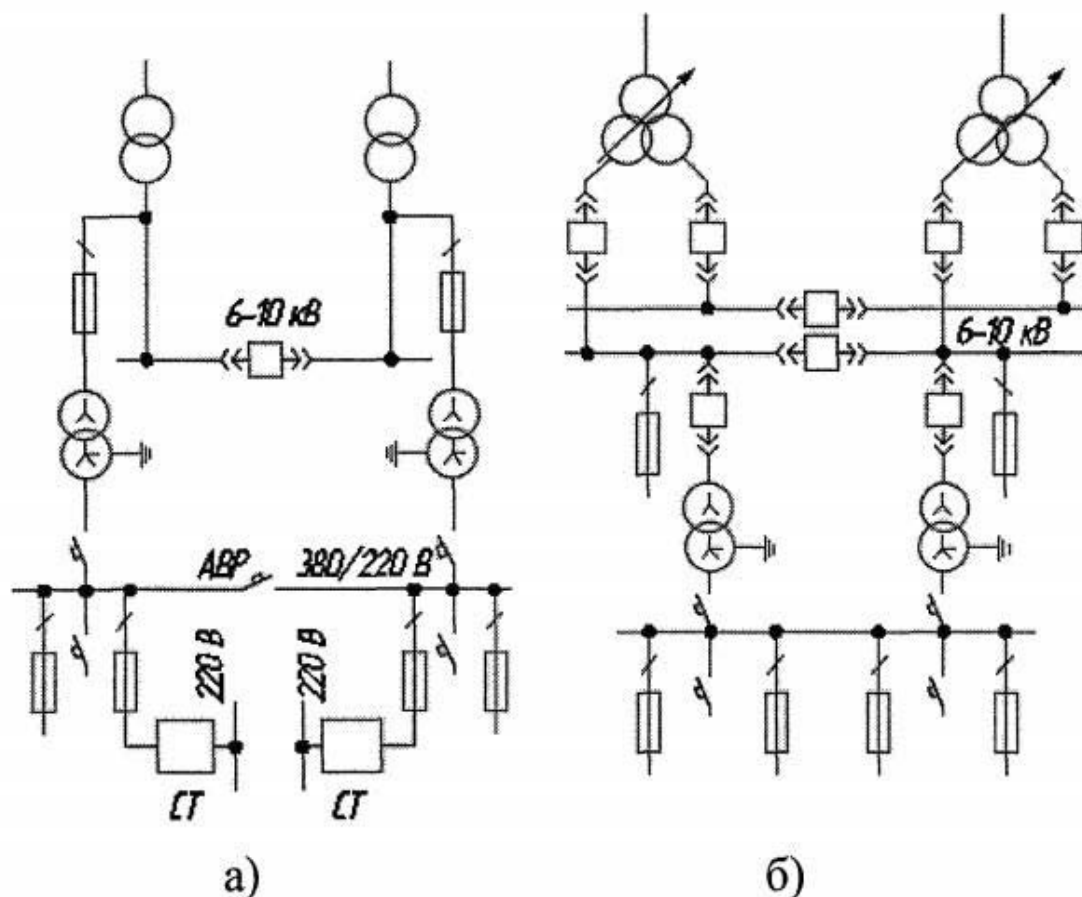


Рисунок 21 – Схема питания собственных нужд подстанции: а – питание оперативным переменным током; б – питание постоянным оперативным током

На подстанции соединены шины 6-10 кВ РУ с оперативным постоянным током трансформаторов, шины же в свою очередь питают электроэнергией местную нагрузку. Постоянный оперативный ток может быть задействован только на подстанциях с высшим напряжением 110-220 кВ с масляными выключателями, которых должно быть не менее трех единиц, 35-220 кВ с воздушными выключателями, 330-750 кВ.

3.7 Оперативный ток на электростанциях

Оперативный ток составляет систему из элементов питания кабельных линий и шин. Его задача заключается в осуществлении питания вторичного оборудования, к которому относят цепи защиты, автоматики и телемеханики, аппарата дистанционного управления, аварийная и предупредительная сигнализация.

При сбое на подстанции, оперативный ток задействован в аварийном освещении и снабжении питанием электродвигателей.

Система оперативного тока должна быть высоконадежной при коротких замыканиях и других аварийных режимах работы главного тока.

На подстанциях используются такие системы, как:

- постоянный оперативных ток, в данном случае источником питания выступает аккумуляторная батарея;
- переменный оперативный ток, в качестве источника питания используется измерительный трансформатор тока защищаемых присоединений, трансформаторы напряжения, трансформаторы собственных нужд. Также используются предварительно подготовленные, заряженные конденсаторы.
- выпрямительный оперативный ток, в данной системе посредством блоков питания и выпрямительных силовых устройств, переменный ток преобразуется в постоянный;
- смешанная система, в ней используются разные системы.

На подстанциях 110-220 кВ со сборными шинами, а также на подстанциях 35-220 кВ без сборных шин с масляными выключателями, применяется постоянный оперативный ток.

Переменный оперативный ток применяют на подстанциях 36/6(10) кВ с масляными выключателями 35 кВ, на подстанциях 35-220/6(10) и 110-220/35/6(10) кВ без выключателей на стороне высокого напряжения, в случае если выключатели 6(10)-35 кВ сооружены с пружинными приводами.

Выпрямительный оперативный ток применяется: на подстанциях 35/6(10) кВ с масляными выключателями 35 кВ, на подстанциях 35-220/6(10) и 110-220/35/6(10) кВ без выключателей на стороне высокого напряжения.

Смешанная система тока служит для уменьшения емкости аккумуляторной батареи, с помощью силовых выпрямительных устройств для питания цепей электромагнитов. Применяется такая система на подстанциях с переменным оперативным током, если на них установлены выключатели на питании ввода с электромагнитным приводом. На подстанциях 35-220 кВ, также используется такая система, в случае если нет выключателей на стороне высокого напряжения, если нет надежной работы защит от блоков питания при трёхфазных коротких замыканиях. В таком случае защита трансформаторов осуществляется на переменном токе с применением заряженных конденсаторов, а другие компоненты подстанции работают на выпрямленном оперативном токе.

Выводы по разделу три

Для выполнения лабораторных работ с оборудованием, входящим в состав электрических станций и подстанций, работающих на высоком напряжении, требуется закупка этого оборудования и специально подготовленное место для создания учебной лаборатории. Учебное здание не располагает таким местом, поэтому возникает вопрос по расположению такой лаборатории. Также для выпол-

									Лист
									35
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-	13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР				

нения работ на таком оборудовании необходимо, чтобы была соответствующая группа по электробезопасности.

Работа с высоким напряжением представляет большую угрозу для здоровья человека, тем более неопытного студента. Поэтому изучение основного электрического оборудования, входящего в состав станций и подстанций, целесообразно будет изучать при помощи виртуальных лабораторных работ.

					13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-		36

4 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

4.1 Лабораторная работа № 1. Изучение работы синхронного генератора на инверторной дизельной подстанции

Цель: Изучить характеристики синхронного генератора инверторной дизельной подстанции

Задачи:

1. изучить теоретический материал по теме;
2. ответить на контрольные вопросы;
3. построить математическую модель синхронного генератора в рабочем режиме на длительных интервалах времени;
4. определить выходные характеристики синхронного генератора при заданных входных параметрах;
5. построить график изменения скорости двигателя при питании от трехфазного источника напряжения, график изменения фазных токов статора синхронного двигателя, график изменения электромагнитного момента двигателя;
6. сделать выводы.

Теоретический материал

Работа синхронного генератора подразумевает под собой преобразование механической энергии в электрическую. Синхронным он называется, потому что частота вращения ротора, равна частоте вращения магнитного поля статора. Магнитное поле статора создается трехфазной системой тока статора, поэтому магнитные поля определяются частотой сети и числом пар полюсов обмотки.

Синхронный генератор – основной тип генератора переменного тока, применяемый в процессе производства электроэнергии. Как все электрические машины, синхронные машины представлены как генераторами, так и двигателями. Синхронные двигатели обладают особенностью, они имеют постоянную частоту вращения, не зависящую от нагрузки. Применяются в тех случаях, когда требуется обеспечить постоянную частоту на нагрузке двигателя. Синхронные машины имеют еще одно применение – в качестве синхронного компенсатора. Синхронный компенсатор – это синхронная машина, не имеющая активной нагрузки и нагруженная реактивным током. Они применяются для повышения коэффициента мощности сети и поддержания нормального уровня напряжения в сети в узлах сосредоточения нагрузок.

Генераторы большой мощности, имеющие частоту вращения 1500 и 3000 об/мин (число полюсов $p=2$ или 4) изготавливают с неявнополюсным ротором из-за необходимости обеспечения механической прочности крепления полюсов и обмотки возбуждения. Обмотку возбуждения в неявнополюсной машине в пазах сердечника ротора. Для получения синусоидального распределения магнитной индукции обмотку возбуждения укладывают в пазы, занимающие $2/3$ полюсного деления. Неявнополюсными являются турбогенераторы. Явнополюсный ротор используют в машинах, с числом полюсов более 4-х. Обмотка возбуждения в них

					13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-		37

Порядок выполнения работы

1. Добавить из библиотеки SimscapePowerSystems источник переменного трехфазного напряжения Three-PhaseSource. Настроить его как показано на рисунке 22.

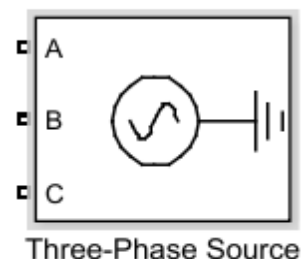
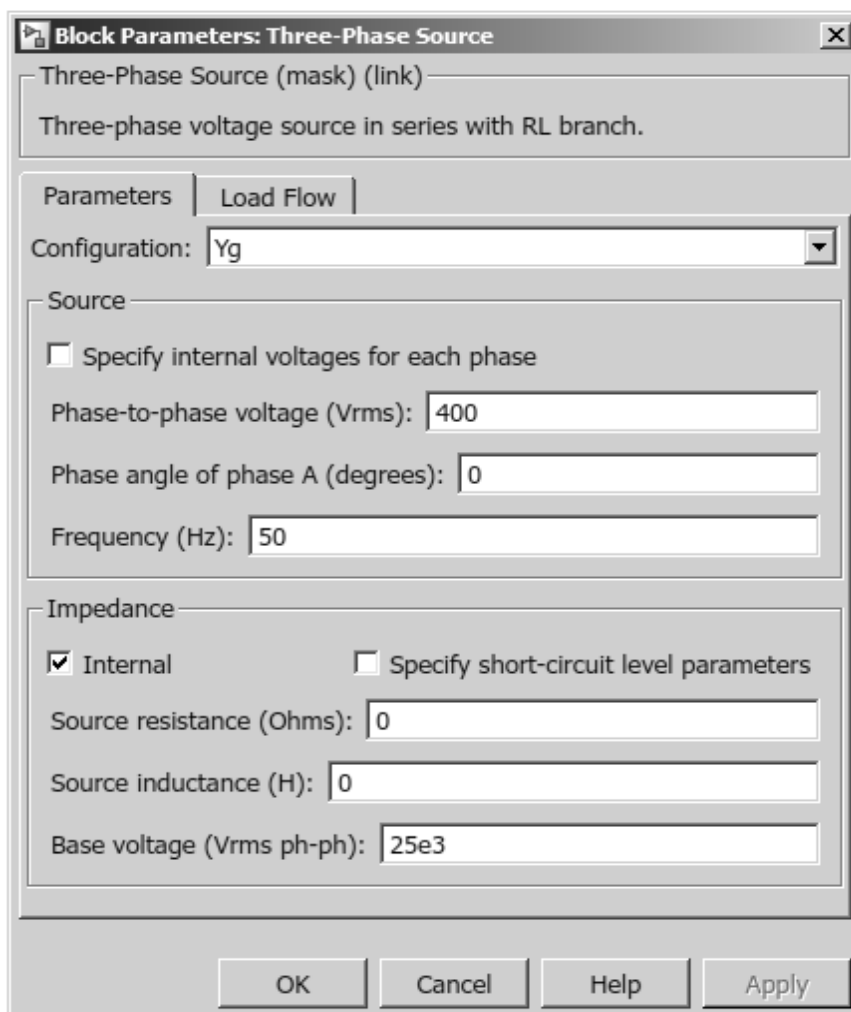


Рисунок 22 – Настройка трехфазного переменного источника

2. Присоединить к источнику переменного напряжения синхронный электродвигатель, представленный элементом Synchronous Machine SI Fundamental библиотеки SimscapePowerSystems. Настройки двигателя приведены на рисунке 23.

3. Выбрать из списка “PresetModel” модель синхронного двигателя под номером 01. Данный двигатель имеет следующие характеристики:

- номинальная частота питающей сети: 50 Гц;
- линейное напряжение питающей сети: 400В;
- полная мощность, потребляемая двигателем: 8,1 кВА;
- номинальная частота вращения: 1500 об/мин.

4. На вкладке “Parameters” настроек двигателя, приведены характеристики выбранной модели, показано на рисунке 24. Ниже перечислены основные из них:

- сопротивление фазы статора $R_s = 1,62$ Ом;
- индуктивность рассеяния $L_l = 0,004527$ Гн;

Изм.	Лист-	№ докум.	№	Дата-

- индуктивность по продольной оси $L_{md} = 0,1086$ Гн;
- индуктивность по поперечной оси $L_{mq} = 0,05175$ Гн;
- сопротивление обмотки возбуждения $R_f' = 1,208$ Ом;
- индуктивность обмотки возбуждения $L_{fd}' = 0,01132$ Гн;
- сопротивление демпферной обмотки по продольной оси $R_{kd}' = 3,142$ Ом;
- сопротивление демпферной обмотки по поперечной оси $R_{kq1}' = 4,772$ Ом;
- индуктивность демпферной обмотки по продольной оси $L_{kd}' = 0,007334$ Гн;
- индуктивность демпферной обмотки по поперечной оси $L_{kq1} = 0,01015$ Гн;
- момент инерции двигателя $J = 0,0923$ кг·м²;
- коэффициент трения в подшипниках $F = 0,009$ Н·м·с;
- число пар полюсов $p = 2$;

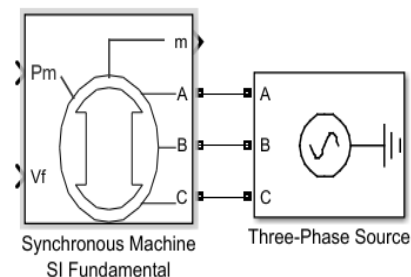
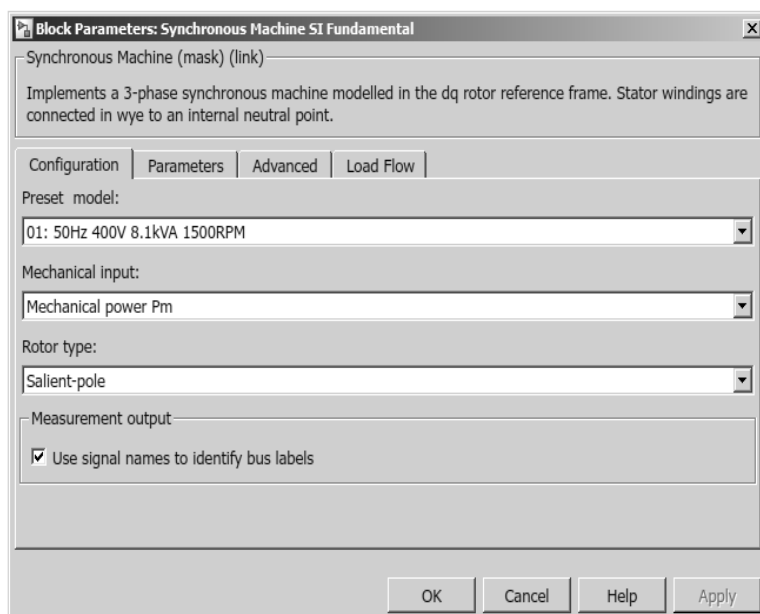


Рисунок 23 – Настройка синхронного электродвигателя

5. Добавить элемент Bus_Selector и подключить его к выводу “m” синхронного двигателя. Данный элемент позволяет вывести текущие значения токов, напряжений, скорости и т.п. для их измерения.

Выбрать для измерения следующие координаты двигателя:

- угловую скорость;
- фазные токи;
- активную мощность;
- электромагнитный момент.

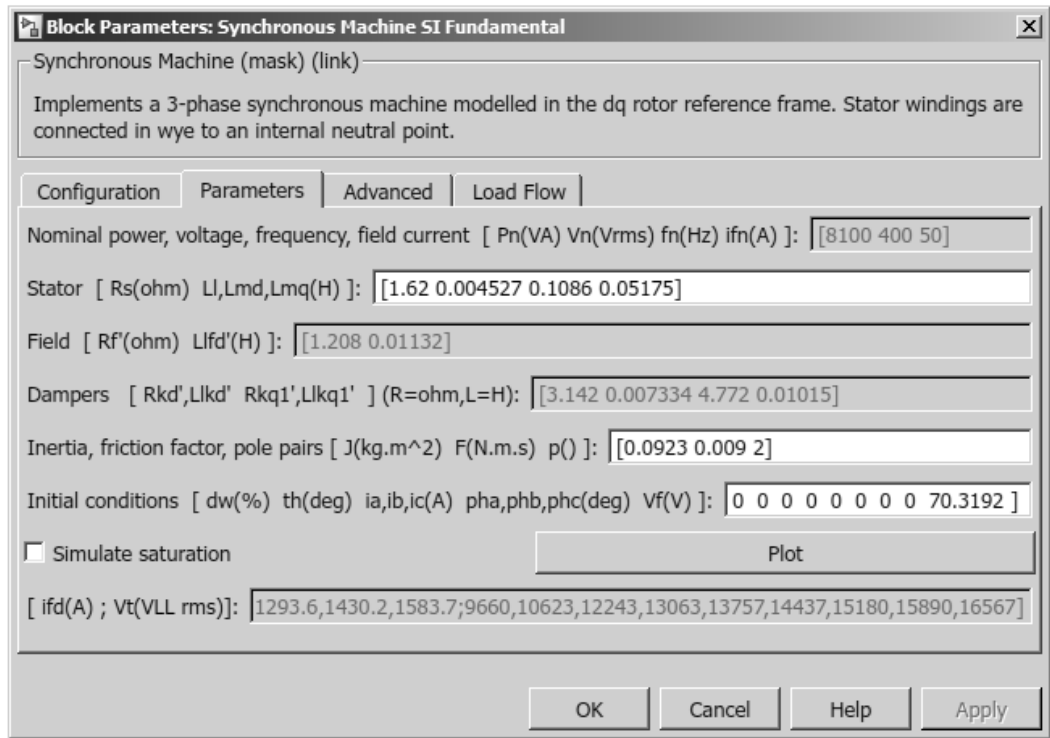


Рисунок 24 – Вкладка настройки параметров двигателя

Выбор измеряемых величин через элемент Bus Selector приведен на рисунке 25.

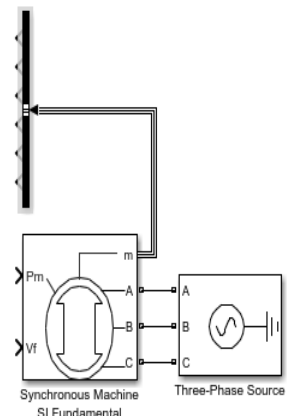
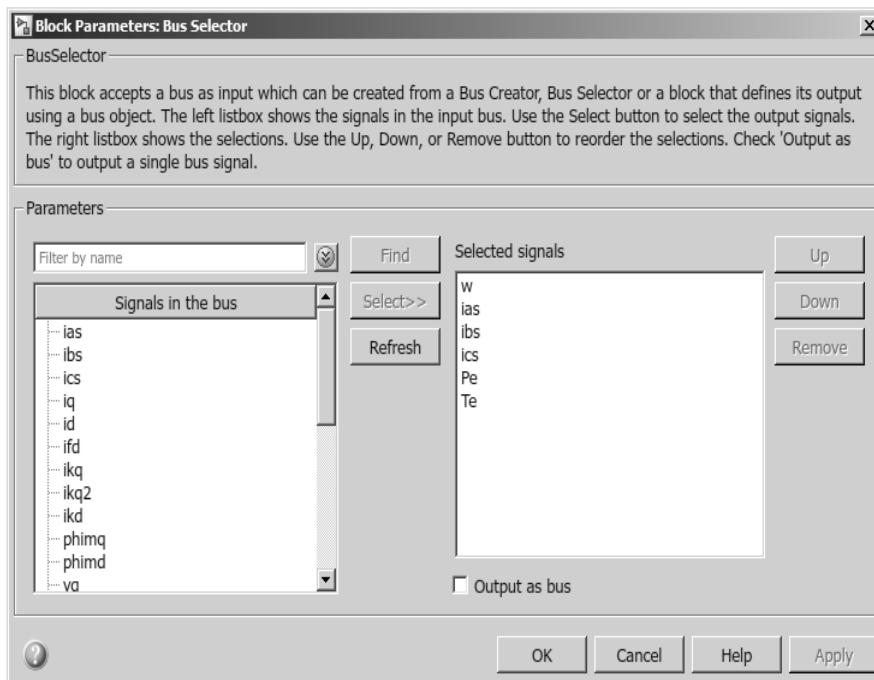


Рисунок 25 – Измеряемые величины

6. На вход “Pm” двигателя подается значение мощности на валу. Добавить элемент Step, приведено на рисунке 26, чтобы скачком подать на двигатель нагрузку. Значение подаваемого момента и время активации приведены на рисунке ниже. Перемножив значение момента сопротивления Tm на угловую скорость двигателя, и вычтя текущую активную мощность двигателя, получится величина мощности на валу.

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-
------	-------	-----------	------	-------

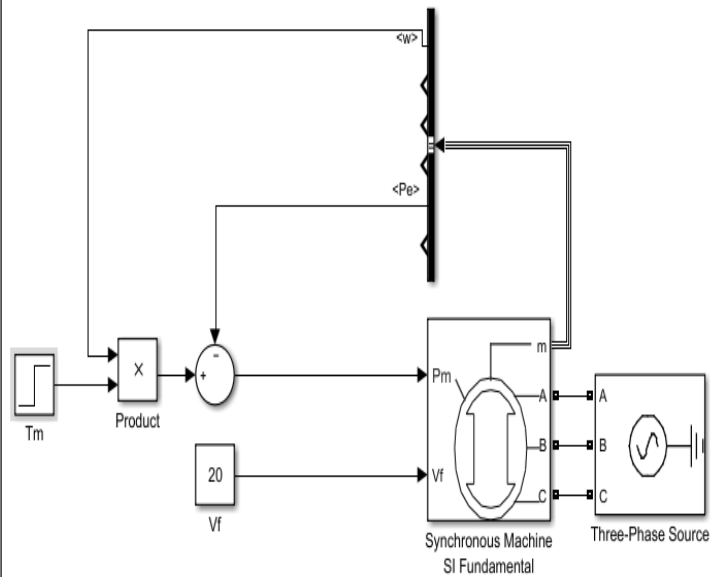
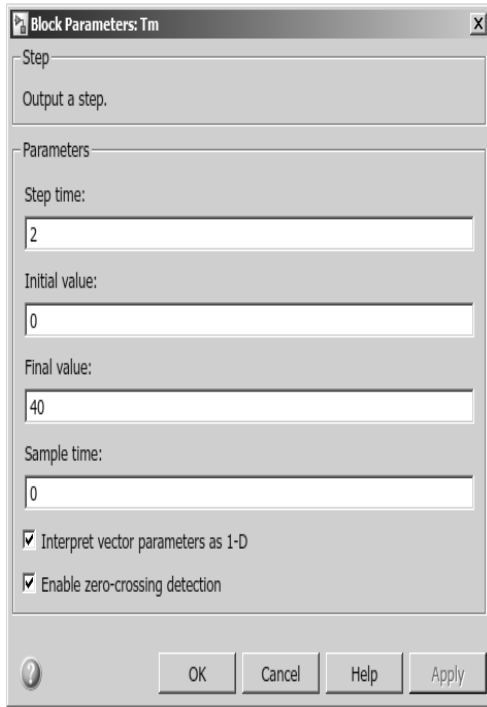


Рисунок 26 – Блок Tm, установление параметров

7. Добавить элемент Powergui и осциллографы для измерения координат двигателя. На рисунке 27 приведен окончательный вид схемы.

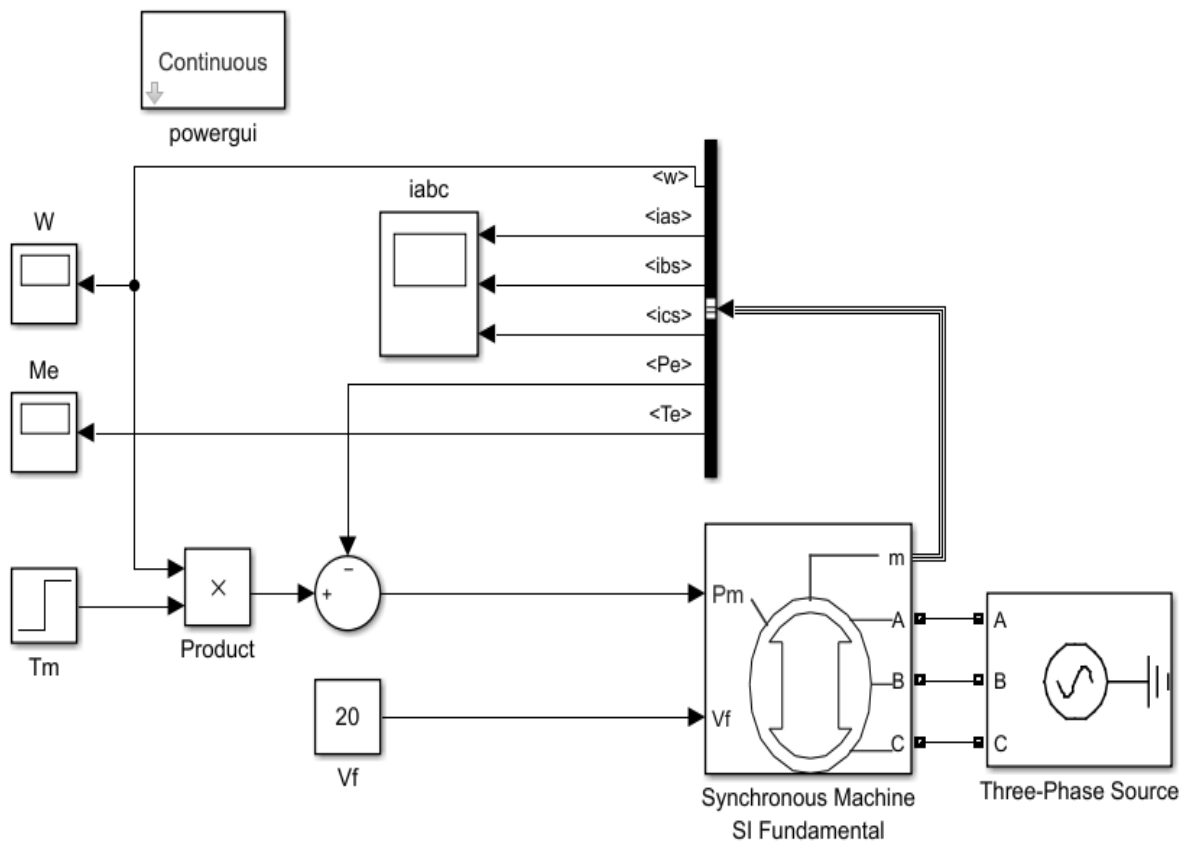


Рисунок 27 – Окончательный вид схемы

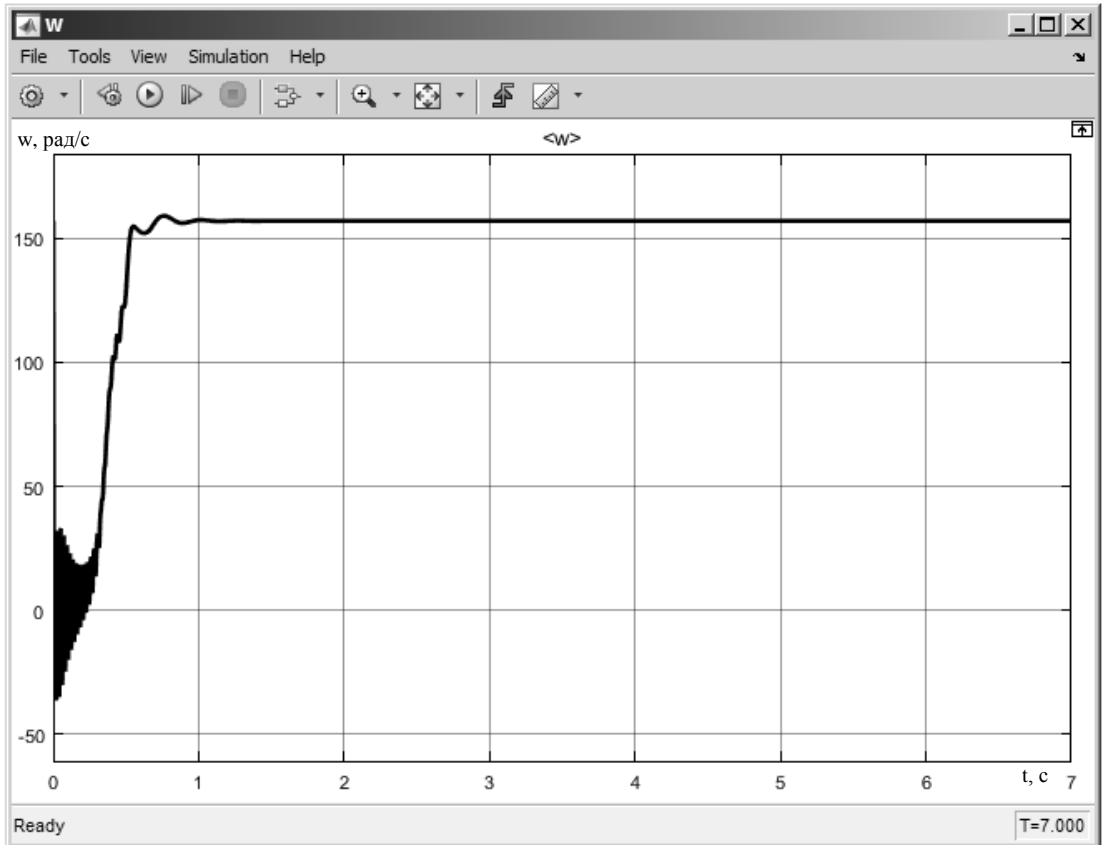


Рисунок 28 - График изменения скорости двигателя при питании от трех-фазного источника напряжения

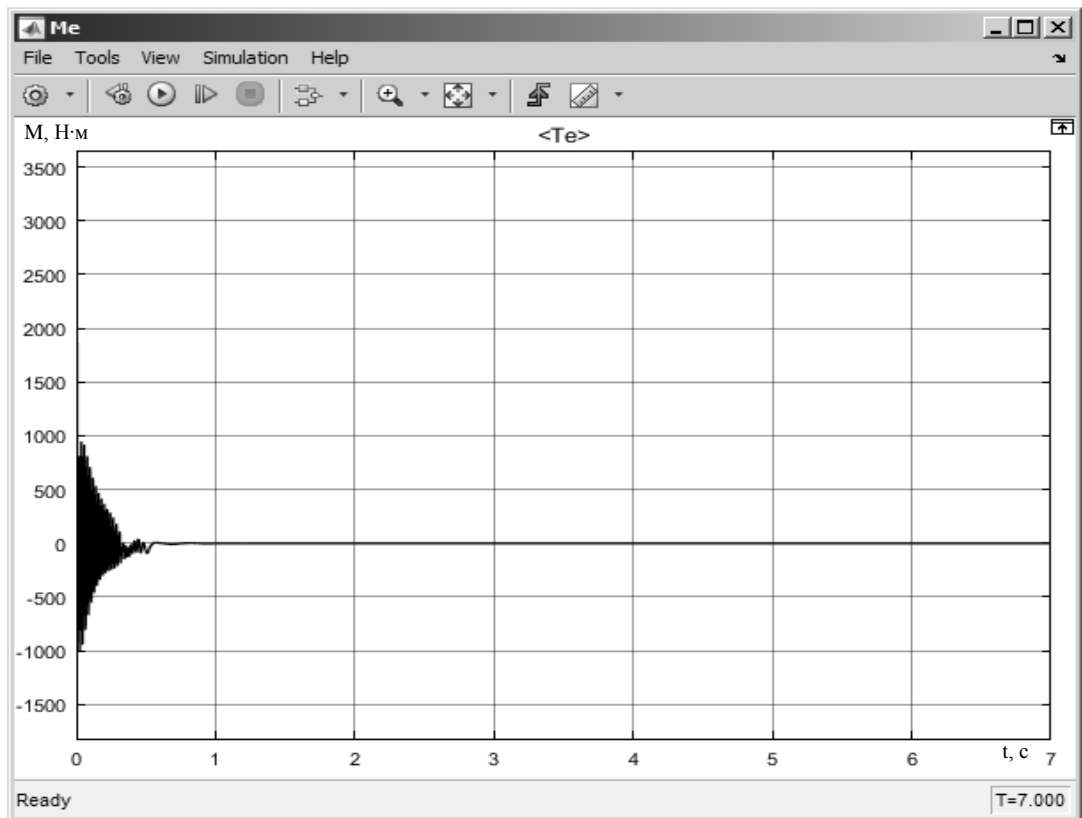


Рисунок 29 - График изменения электромагнитного момента двигателя

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-

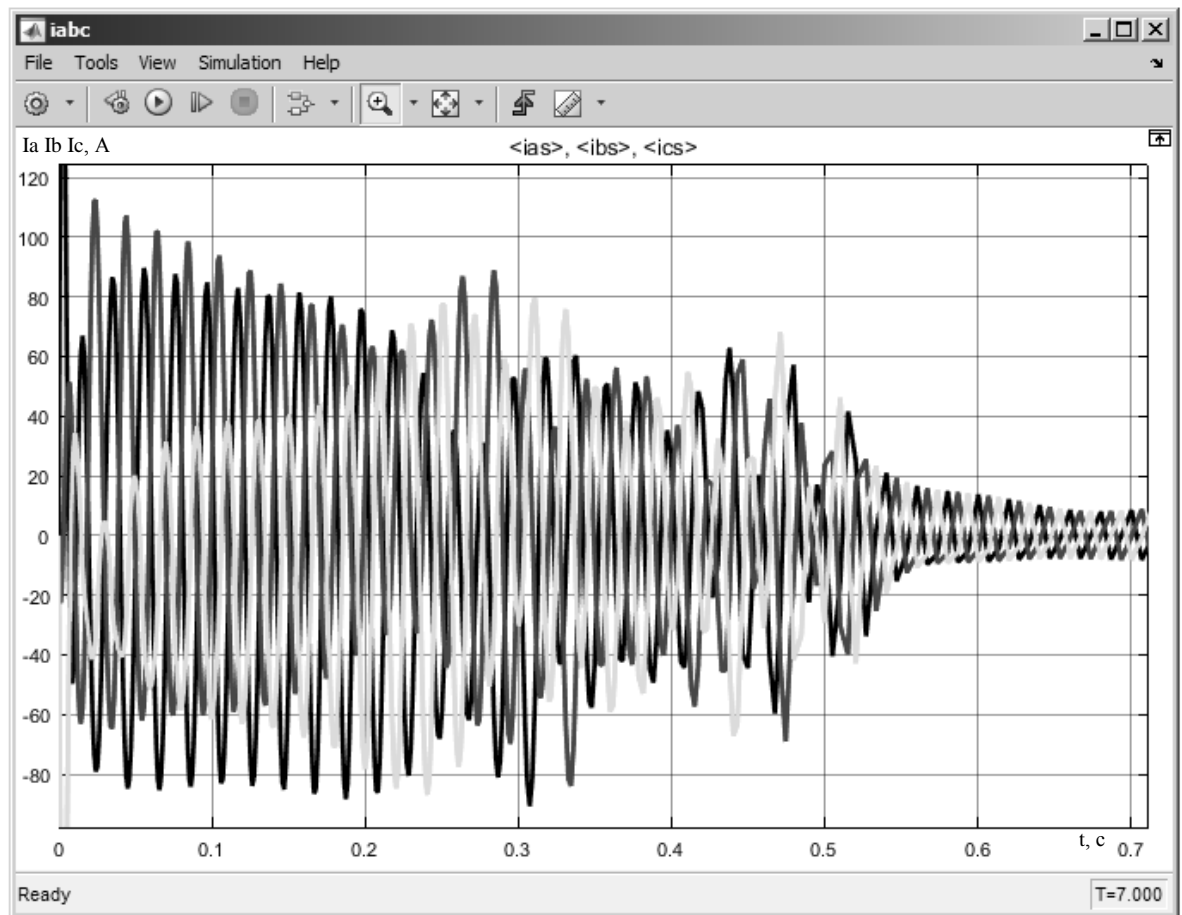


Рисунок 30 - График изменения фазных токов статора синхронного двигателя

Требования к отчету

В отчёте должны быть:

- цель работы;
- ход поэтапного выполнения работы;
- присутствие иллюстраций выполнения ходов работы;
- присутствие графика снятых характеристик;
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое синхронный генератор?
2. Какие конструкции роторов применяются в синхронных машинах и в чем заключается их разница?
3. Что такое обмотка возбуждения и ЭДС якоря обмотки?
4. Что представляет из себя дизельная электростанция?
5. Нарисовать структурную схему дизельной подстанции, дать характеристику основных элементов.

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-
------	-------	-----------	------	-------

4.2 Лабораторная работа №2. Изучение работы трехфазного двухобмоточного трансформатора электрической станции

Цель: Исследовать работу трансформатора на активную нагрузку

Задачи:

1. изучить теоретический материал по теме;
2. ответить на контрольные вопросы;
3. построить модель силового двухобмоточного трансформатора;
4. смоделировать работу трансформатора в системе;
5. получить осциллограмму напряжения на фазе нагрузки;
6. сделать выводы.

Теоретический материал

Трансформатор представляет большую электрическую установку, которая преобразует значение напряжения из одного значения в другое.

Количество фаз определяет вид трансформатора, будет он однофазным или трехфазным.

Изготавливают трехфазные трансформаторы мощностью до 1000МВА на напряжение 220 кВ, 1250 МВА на 330 кВ. В единичных случаях выбор мощности трансформатора зависит напрямую от его габаритов, массы и какими условиями он будет транспортироваться. Трехфазные трансформаторы более распространены благодаря меньшему количеству потерь, это примерно на 12-15%, а также из за расхода материалов и их стоимости, которые тоже значительно меньше.

Трансформаторы могут быть двухобмоточные и трехобмоточные. Работа любого трансформатора основывается на законе об электромагнитной индукции.

Параметры трансформатора: номинальная мощность, напряжение, ток, напряжение короткого замыкания, ток холостого хода, потери холостого хода и короткого замыкания.

Значение номинальной мощности трансформатора указывается в заводском паспорте, и представляет полную мощность, на которую максимально может быть нагружен трансформатор.

У двухобмоточного трансформатора, номинальная мощность подается на обе его обмотки. Трехобмоточные трансформаторы могут выполняться с обмотками одинаковых, а также разных мощностей.

Напряжение обмоток при работе трансформатора на холостом ходе есть номинальное напряжение обмоток.

При работе трансформатора на высоком напряжении, происходит нагрев обмоток и магнитопровода, от перегрева предусматривается охлаждение.

Виды охладений:

- естественное воздушное охлаждение;
- естественное масляное охлаждение;
- масляное охлаждение с дутьем и естественной циркуляцией масла;
- масляное охлаждение с принудительной циркуляцией;
- масляно-водяное охлаждение с принудительной циркуляцией.

									Лист
									45
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-	13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР				

Порядок выполнения работы

1. Добавить из библиотеки SimscapePowerSystems источник переменного трехфазного напряжения Three-Phase Source. Настроить его как показано на рисунке 31.

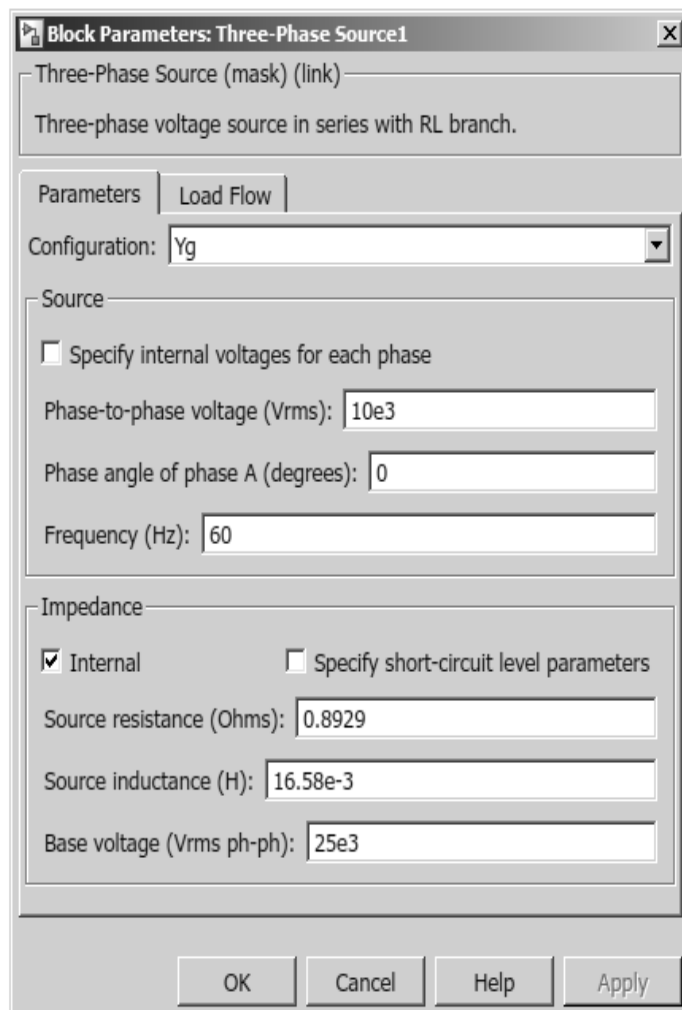
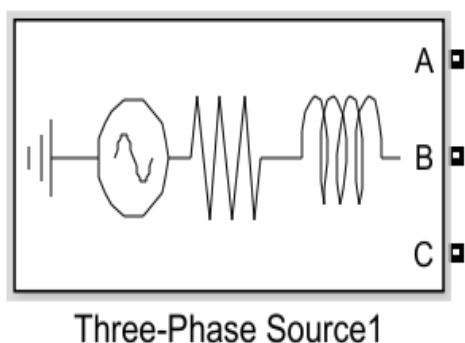


Рисунок 31 – Настройка источника напряжения

2. Из библиотеки SimscapePower Systems добавить последовательно в цепь двухобмоточный трансформатор, представленный элементом Three-Phase Transformer (Two Windings). Его настройки приведены на рисунке 32.

3. К вторичной обмотке трансформатора подсоединить активную нагрузку, моделируемую элементом Three-PhaseSeries RLC Branch из библиотеки SimscapePowerSystems. Настроить его как показано на рисунке 33. Выводы активной нагрузки соединить звездой и заземлим.

4. Добавить блок Powergui для проведения имитационного моделирования. Для получения графика напряжения на одной из фаз нагрузки добавить вольтметр Voltage Measurement из библиотеки SimscapePowerSystems.

Окончательный вид схемы приведен на рисунке 34.

5. Проведя моделирование работы схемы получить посредством элемента Scope осциллограмму напряжения на фазе нагрузки, представленную на рисунке 35.

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-

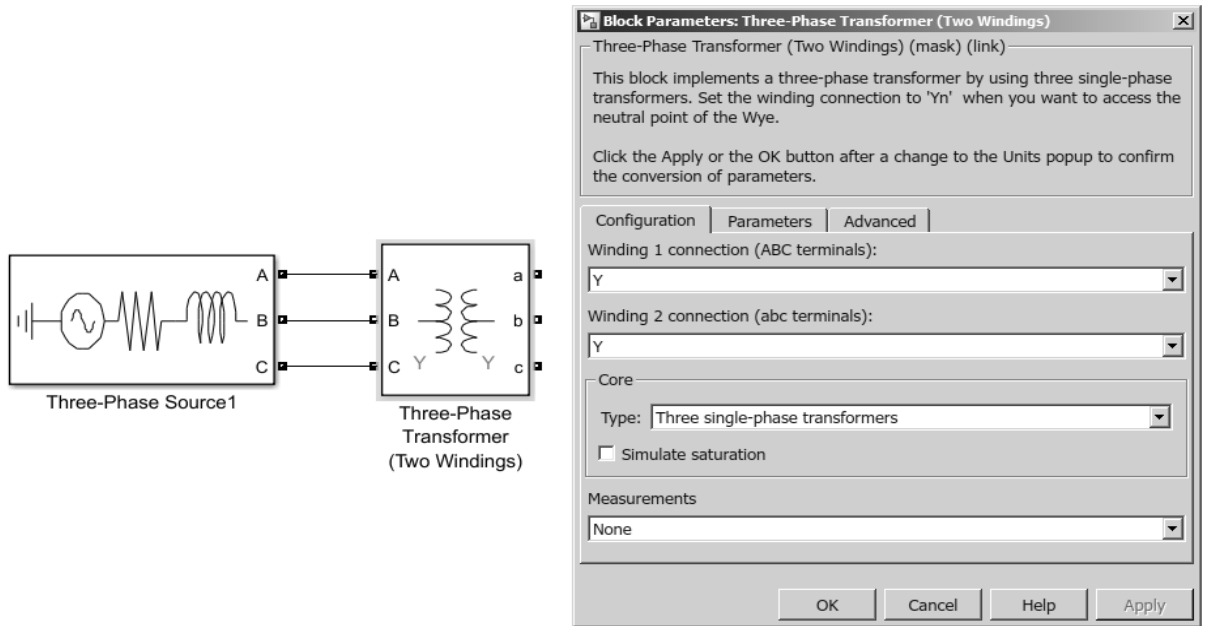


Рисунок 32 – Настройка двухобмоточного трансформатора

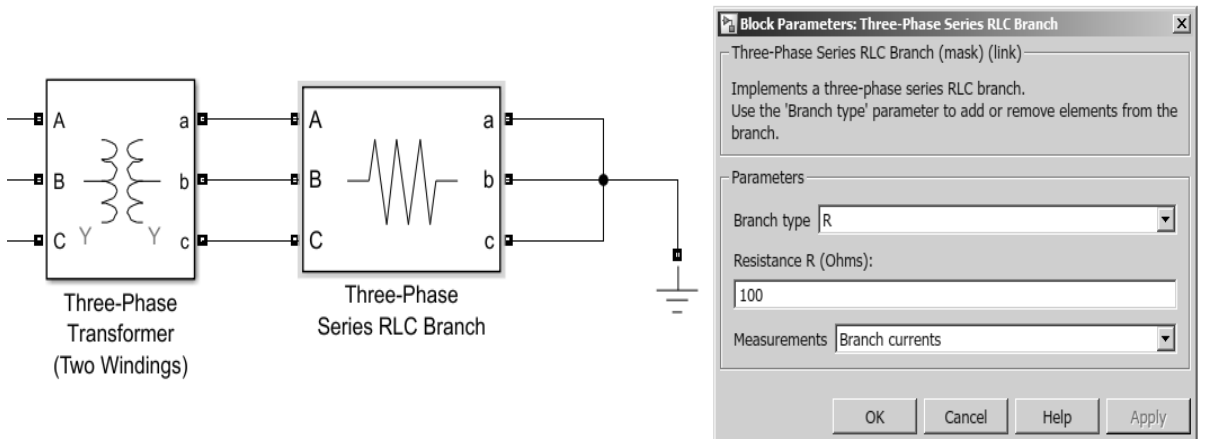


Рисунок 33 – Настройка блока активной нагрузки

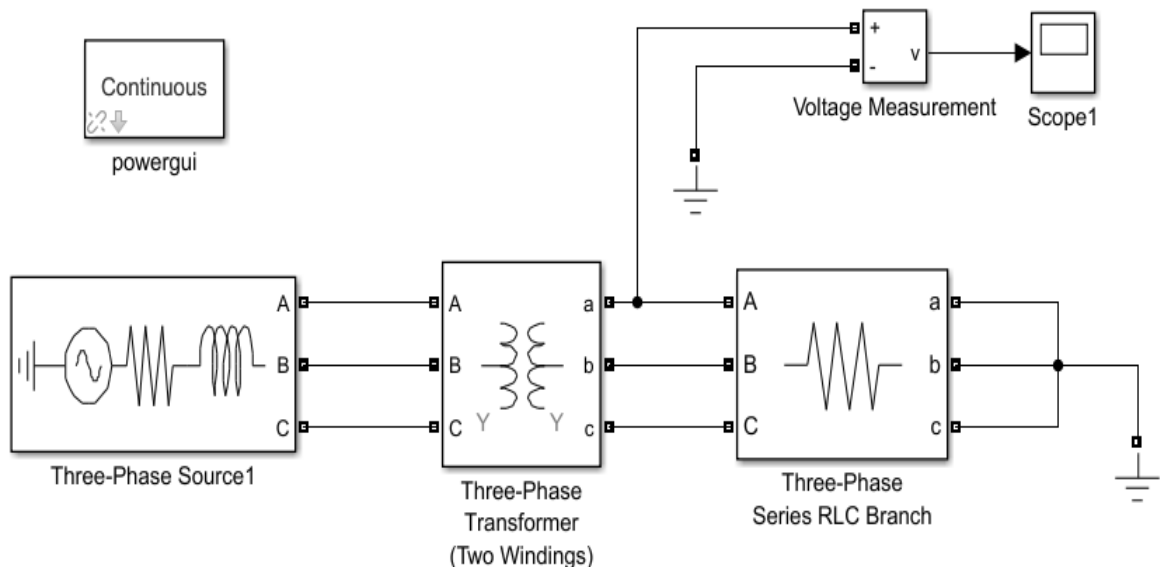


Рисунок 34 – Окончательный вид собранной модели

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-
------	-------	-----------	------	-------

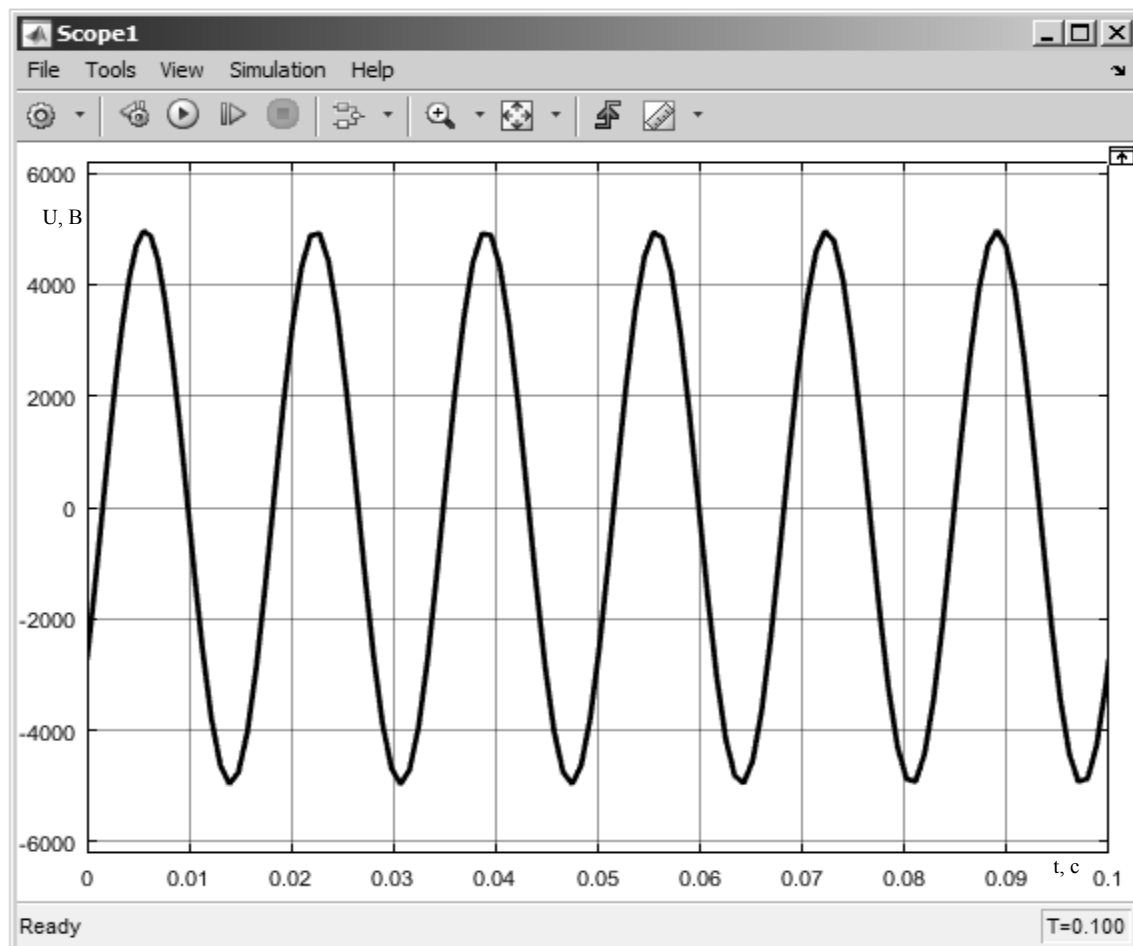


Рисунок 35 – Напряжения на фазе нагрузки

Требования к отчету

В отчёте должны быть:

- цель работы;
- ход поэтапного выполнения работы;
- присутствие иллюстраций выполнения ходов работы;
- присутствие графика снятых характеристик;
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое трансформатор?
2. Какие бывают трансформаторы, в чем особенности разных видов трансформаторов?
3. Что называется номинальным напряжением обмотки?
4. Какие существуют виды охлаждения трансформаторов?
5. Что способствует более широкому применению трехфазных двухобмоточных трансформаторов? В чем заключается их техническая особенность?

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-

оно переходит в газообразное состояние. Масляные выключатели бывают мало-масляными, которые используются только для гашения дуги, и баковые выключатели, в них масло помимо гашения души, изолирует токоведущие части от заземленного бака.

В случае с элегазовым выключателем, охлаждение происходит с помощью электрического газа, который представляет из себя химическое соединение - гексафторид серы. Благодаря этому химическому соединению, происходит быстрый «захват» электронов. Элегаз обладает высокой теплоемкостью, он отлично охлаждает образующуюся дугу.

Вакуумный выключатель, благодаря своей конструктивности обладает быстродействием, высокой надежностью, низкими затратами на обслуживание, поэтому вакуумный выключатель все больше и чаще заменяет масляный и воздушный выключатели.

Порядок выполнения работы

1. Добавить из библиотеки SimscapePowerSystems источник переменного трехфазного напряжения Three-PhaseSource. Настроить его как показано на рисунке 36.

2. Последовательно с источником переменного напряжения добавить из библиотеки SimscapePowerSystems трехфазный разъединитель Three-PhaseSource. Настройки элемента приведены на рисунке 37.

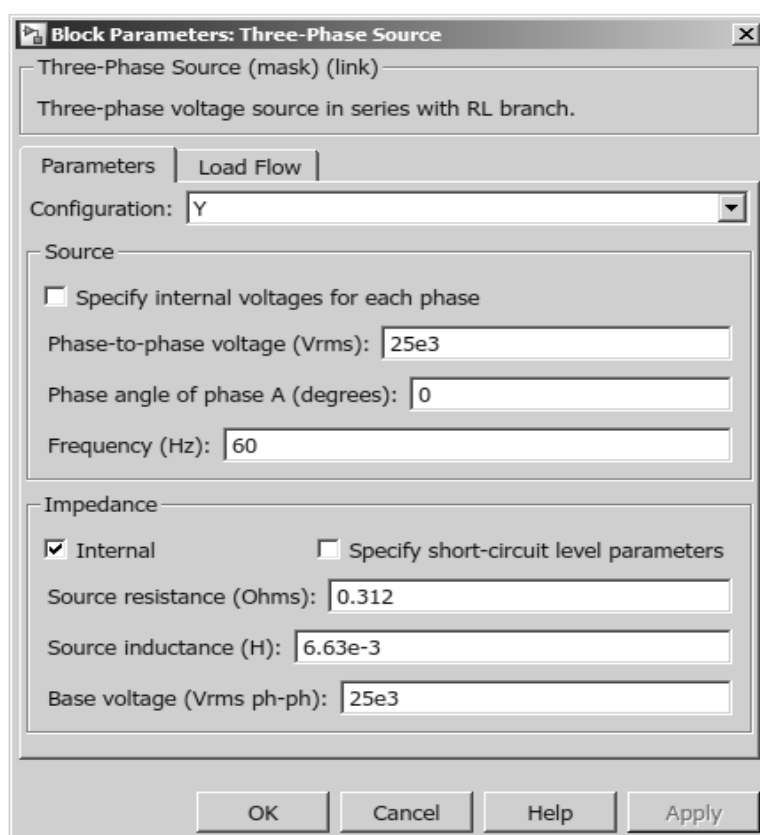
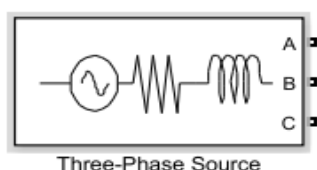


Рисунок 36 – Настройка источника переменного трехфазного напряжения

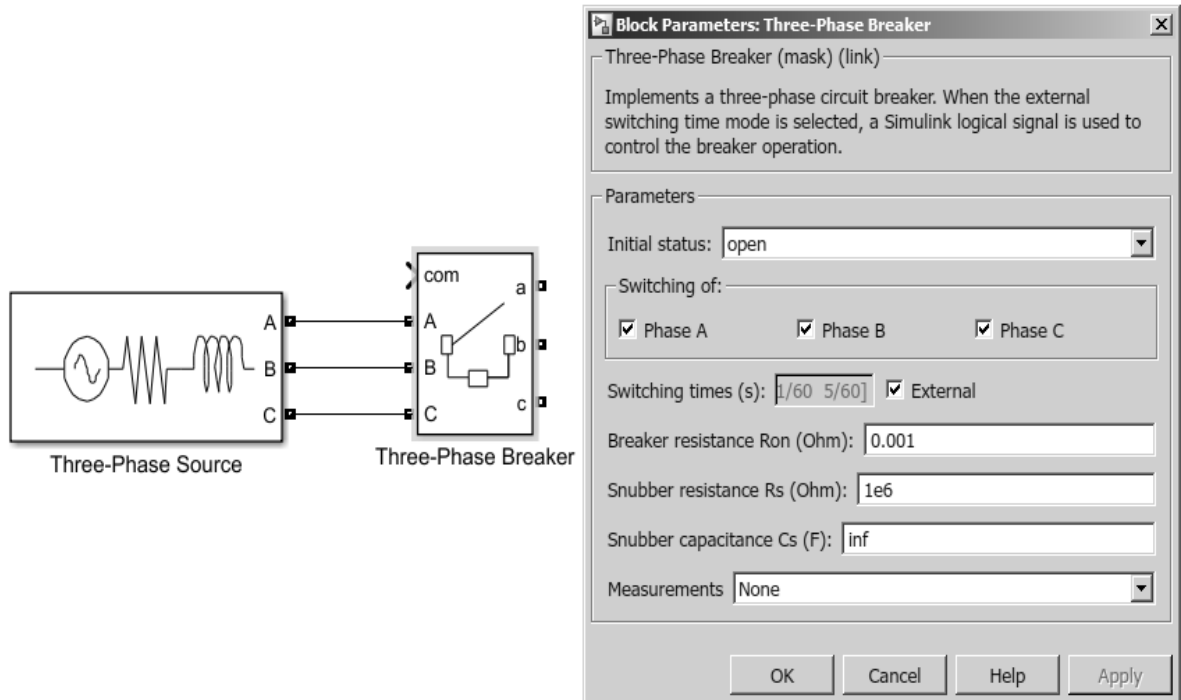


Рисунок 37 – Настройка трехфазного разъединителя

3. Далее последовательно добавить трехфазную активную нагрузку, моделируемую элементом Three-Phase Series RLC Branch из библиотеки SimscapePowerSystems. В нашем случае нагрузка будет активно-индуктивной. Ее настройки приведены на рисунке 38.

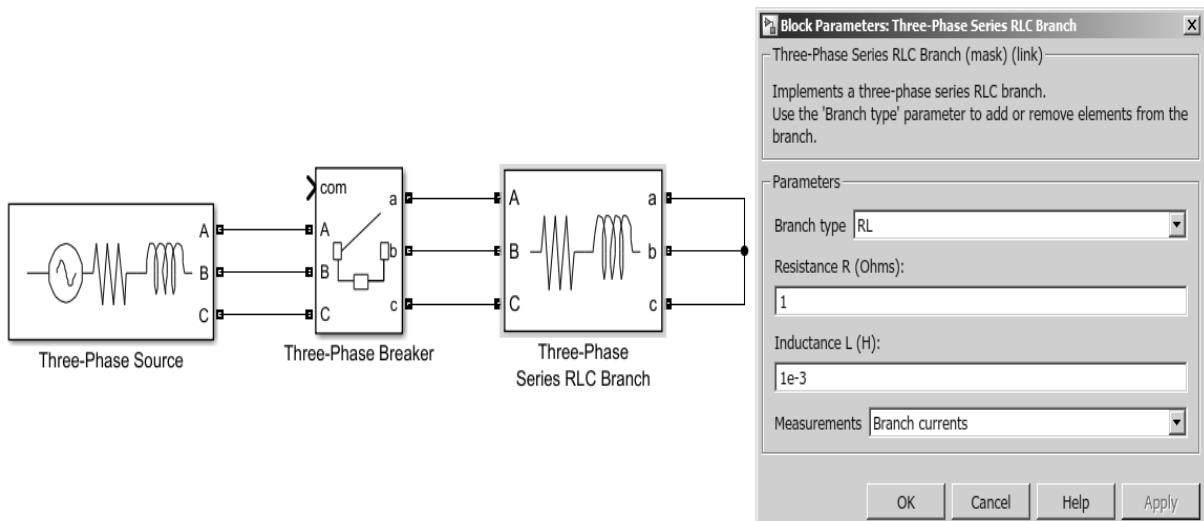


Рисунок 38 - Настройка трехфазной активно-индуктивной нагрузки

4. Для управления трехфазным разъединителем через вход “com” воспользоваться генератором сигналов StairGenerator из библиотеки SimscapePowerSystems. Параметры выходного сигнала показаны на рисунке 39.

5. Для измерения токов в активно-индуктивной нагрузке воспользоваться блоком Multimeter из библиотеки SimscapePowerSystems. В настройках данного блока выбрать все три фазных тока нагрузки для измерения. На рисунке 40 приведены настройки блока Multimeter.

6. Добавить блок powergui для проведения имитационного моделирования. Окончательный вид схемы приведен на рисунке 41.

7. С помощью блока Scope получить осциллограммы токов в нагрузке и график управляющего сигнала, который приводит к замыканию цепи посредством элемента Breaker, приведено на рисунке 42.

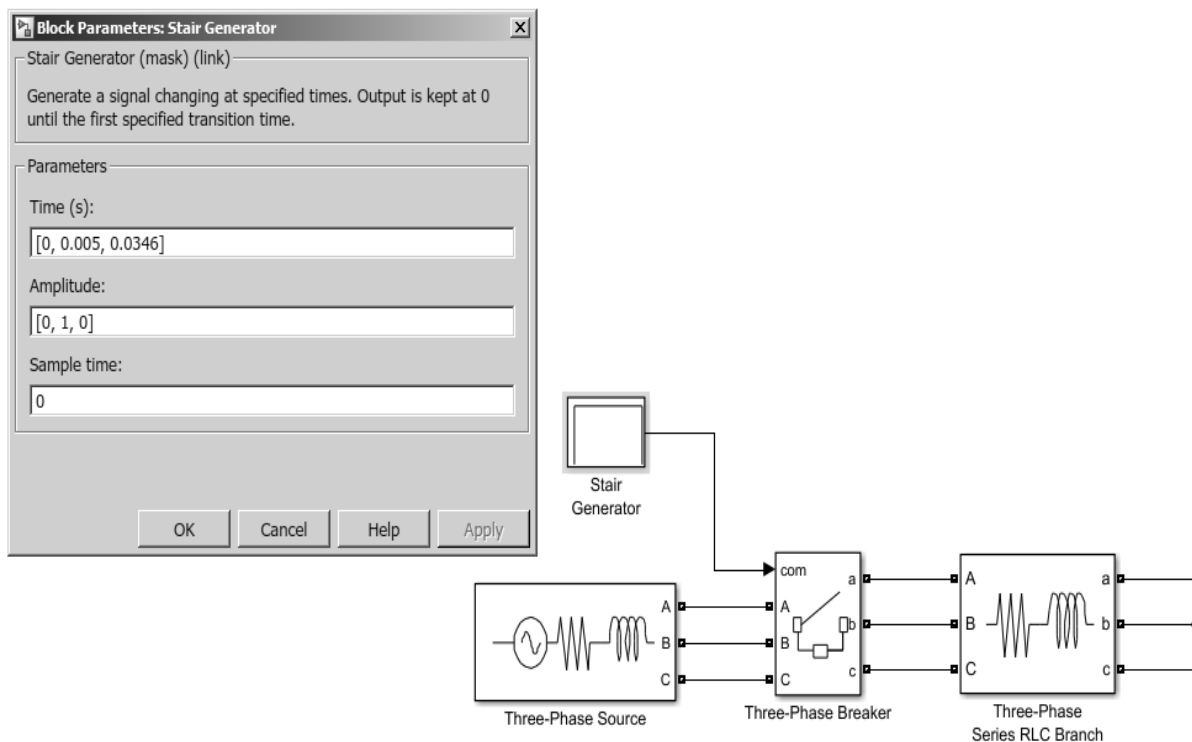


Рисунок 39 – Настройка параметров выходного сигнала

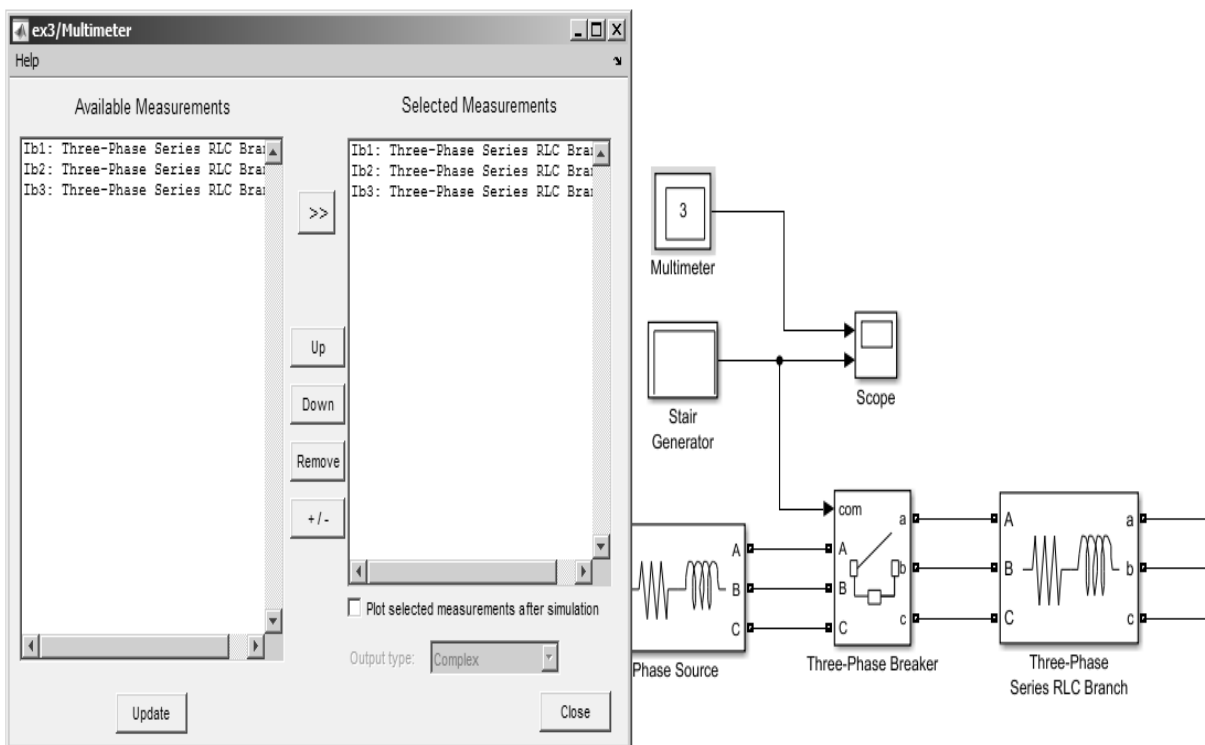


Рисунок 40 - Настройки блока Multimeter

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-
------	-------	-----------	------	-------

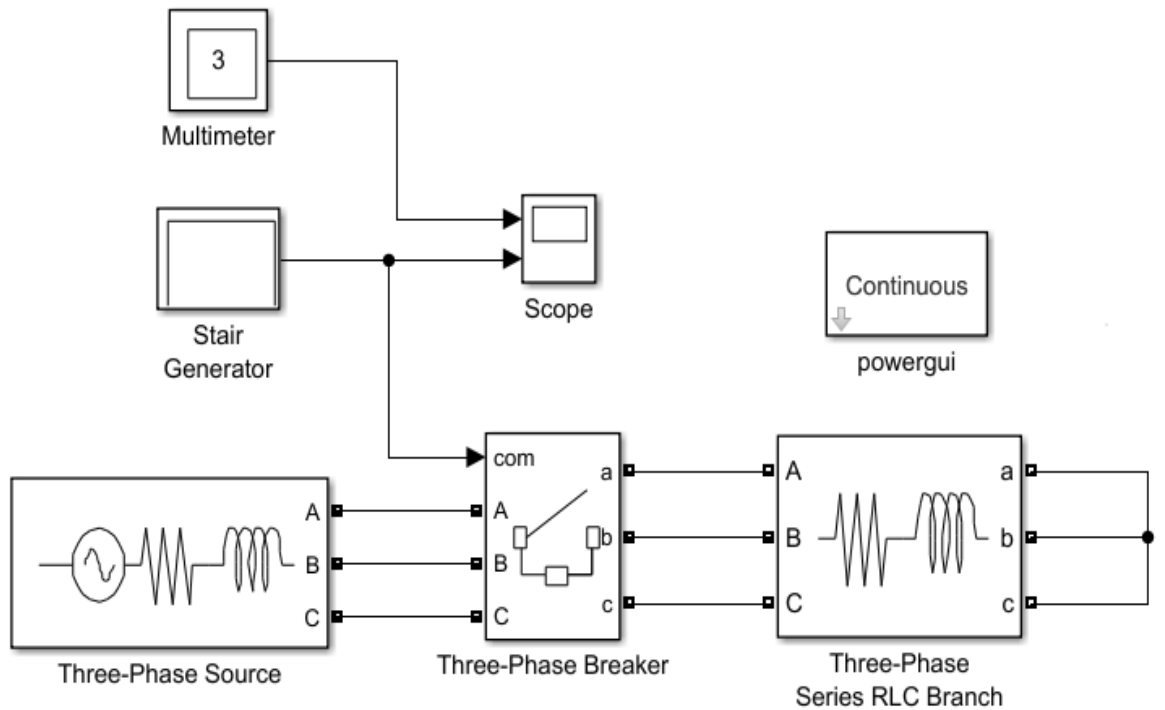


Рисунок 41 – Окончательный вид собранной схемы для моделирования

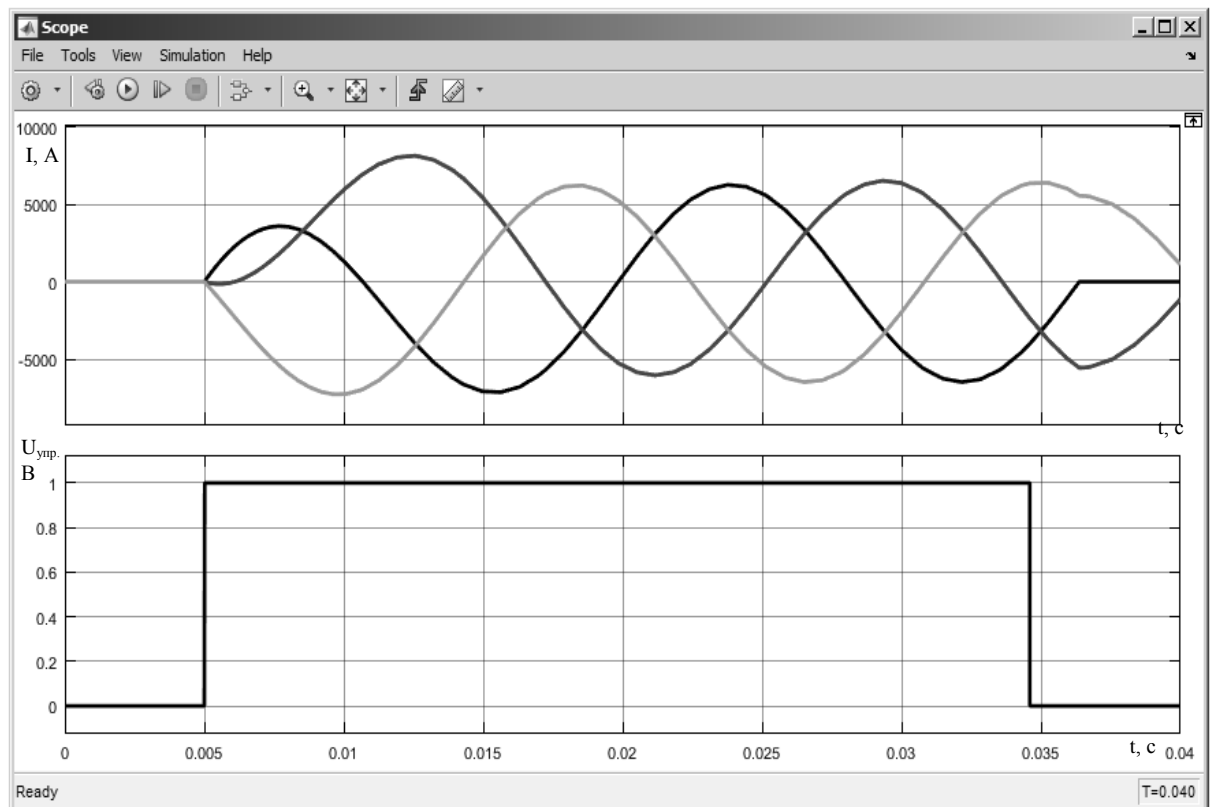


Рисунок 42 - Осциллограмма токов в нагрузке и график управляющего сигнала

Требования к отчету

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-
------	-------	-----------	------	-------

В отчёте должны быть:

- цель работы;
- ход поэтапного выполнения работы;
- присутствие иллюстраций выполнения ходов работы;
- присутствие графика снятых характеристик;
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое высоковольтный выключатель, его назначение?
2. Каким требованиям должен соответствовать выключатель?
3. Основные элементы, входящие в состав любого выключателя?
4. Какие существуют виды выключателей, их принципы работы?
5. Какие выключатели более эффективны в работе на электростанциях и подстанциях?

4.4 Лабораторная работа №4. Изучение работы однофазной линии электропередач

Цель: Изучить процессы происходящие в линиях электропередач в момент коммутации

Задачи:

1. изучить теоретический материал по теме;
2. ответить на контрольные вопросы;
3. собрать математическую модель линии электропередач;
4. снять осциллограммы напряжений;
5. сделать выводы.

Теоретический материал

Однофазные линии электропередач на электростанциях и подстанциях используются крайне редко, для обслуживания старых зданий.

В однофазных электрических сетях происходит подача электроэнергии к потребителю по одной фазной линии и линии нулевого провода. Рабочее напряжение таких сетей составляет 220 В. Однофазные сети разделяются на однофазную двухпроводную и однофазную трехпроводную.

При самом простом варианте однофазном двухпроводном питании, уже заведомо понятно что используется два провода: фазный (L) и нулевой (N). Данная сеть не имеет высокой безопасности и, как правило, используется в частных жилых секторах, также там, где возникновение опасного фактора минимизировано, потому что в такой электрической сети не используется и не предусматривается заземление электроприборов.

В однофазном трехпроводном питании предусмотрено использование трех проводов: фазный (L), нулевой (N), и защитный заземляющий провод. Такая линия электропередач наиболее безопасна, так как третий провод предусмотрен для

дополнительной защиты человека от поражения его электрическим током. Заземляющий провод выполняется соединением с корпусом электроприбора. Что дает возможность отключения питания энергии, при замыкании. Заземление спасает не только человека, но и электроприборы от перегорания.

Порядок выполнения работы

1. Из библиотеки SimscapePowerSystems взять источник переменного напряжения AC Voltage Source. Настроить его параметры, как показано на рисунке 43.

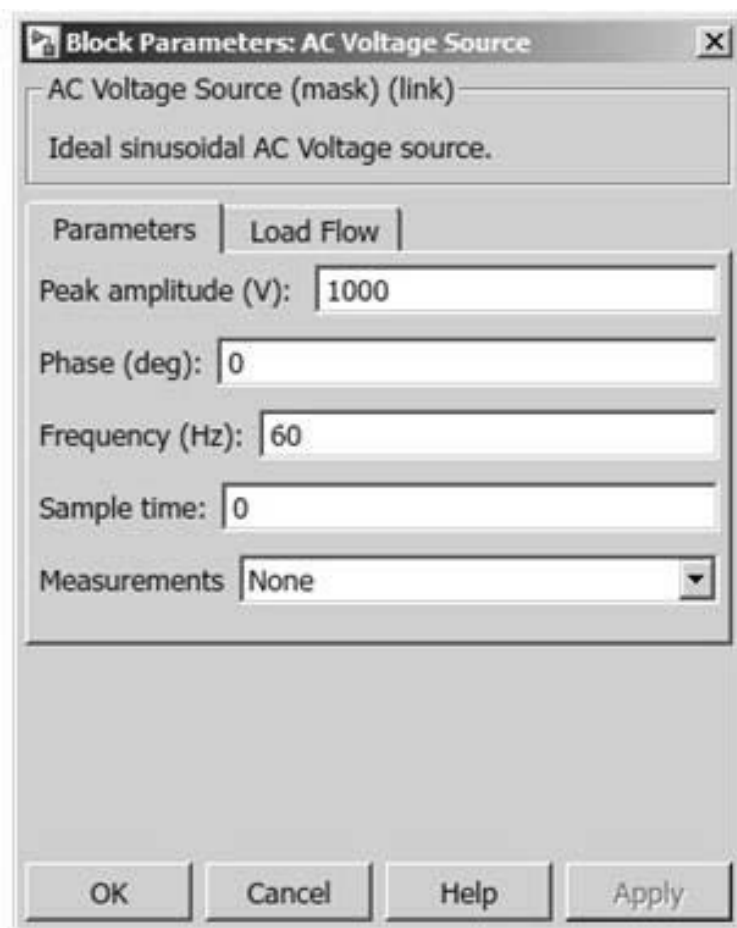


Рисунок 43 – Окно настройки источника переменного напряжения

2. Добавить в цепь последовательно с источником напряжения разъединитель Breaker из библиотеки SimscapePowerSystems. Настроить его как показано на рисунке 44.

3. Добавить последовательно в цепь элемент, имитирующий линию электропередачи с сосредоточенными параметрами PI SectionLine из библиотеки SimscapePowerSystems. Настроить ее как показано на рисунке 45.

4. Из библиотеки SimscapePowerSystems добавить элемент Ground и соединить один выход источника напряжения с ним. Добавить два измерителя напряжения VoltageMeasurement (Vin и Vout) из библиотеки SimscapePowerSystems, и соединить их с выводами элемента PI SectionLine, и землить как показано на рисунке 46. Выходы измерителей напряжения подключить к осциллографу Scope.

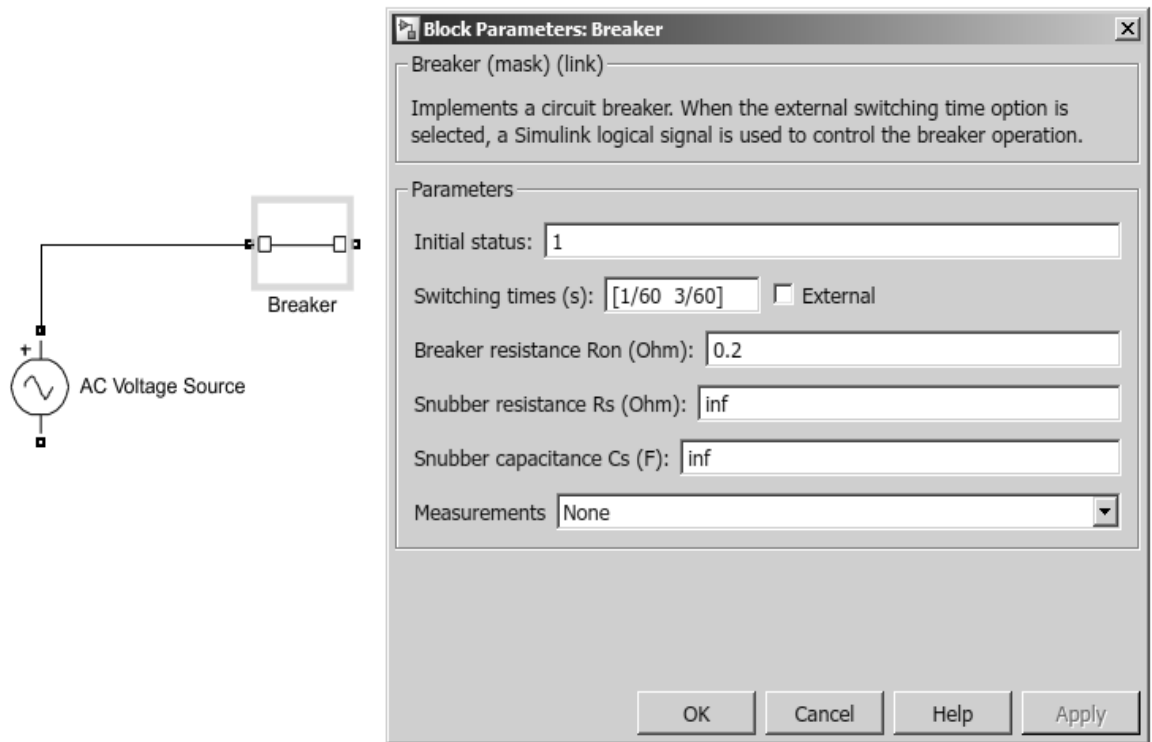


Рисунок 44 – Окно настройки разъединителя Breaker

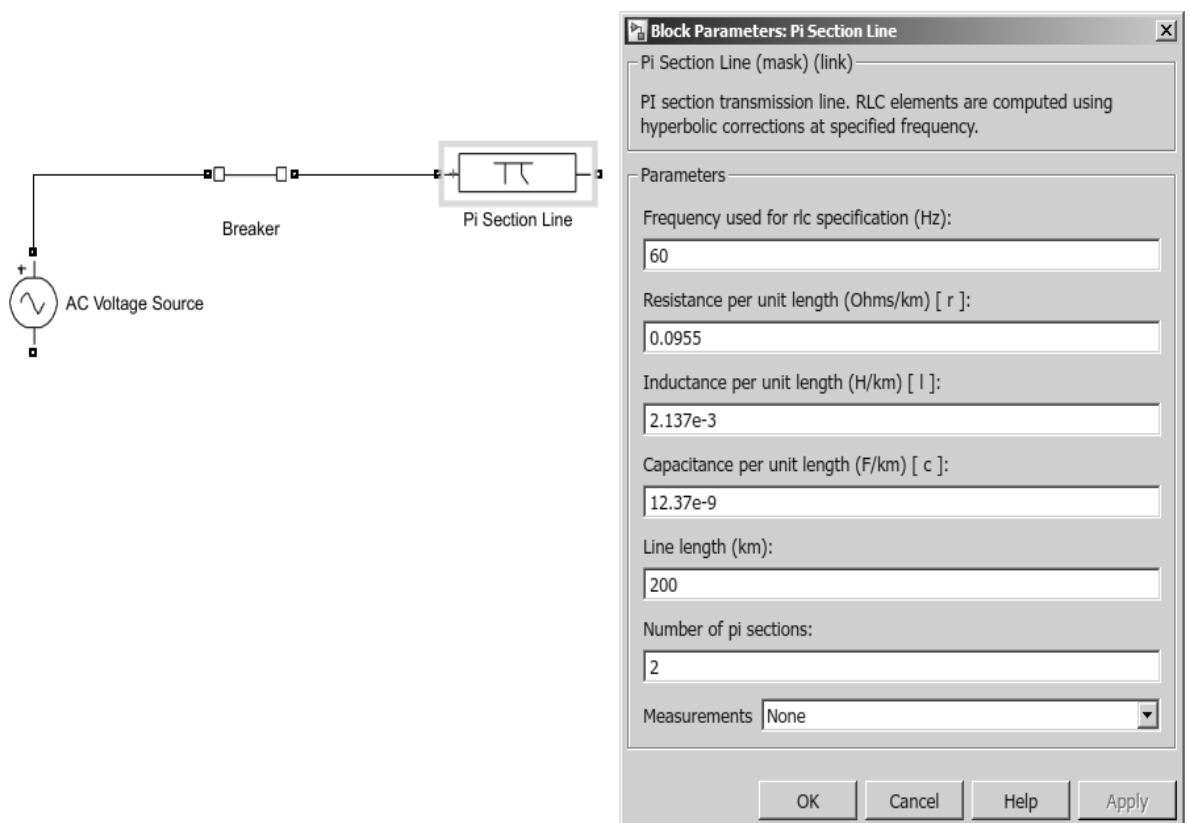


Рисунок 45 – Окно настройки имитирующего элемента линии электропередач

5. Для проведения моделирования добавить элемент Powergui из библиотеки Simscape/PowerSystems, как показано на рисунке 48.

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-
------	-------	-----------	------	-------

6. Провести анализ работы схемы и снять осциллограммы напряжений как на рисунке 49.

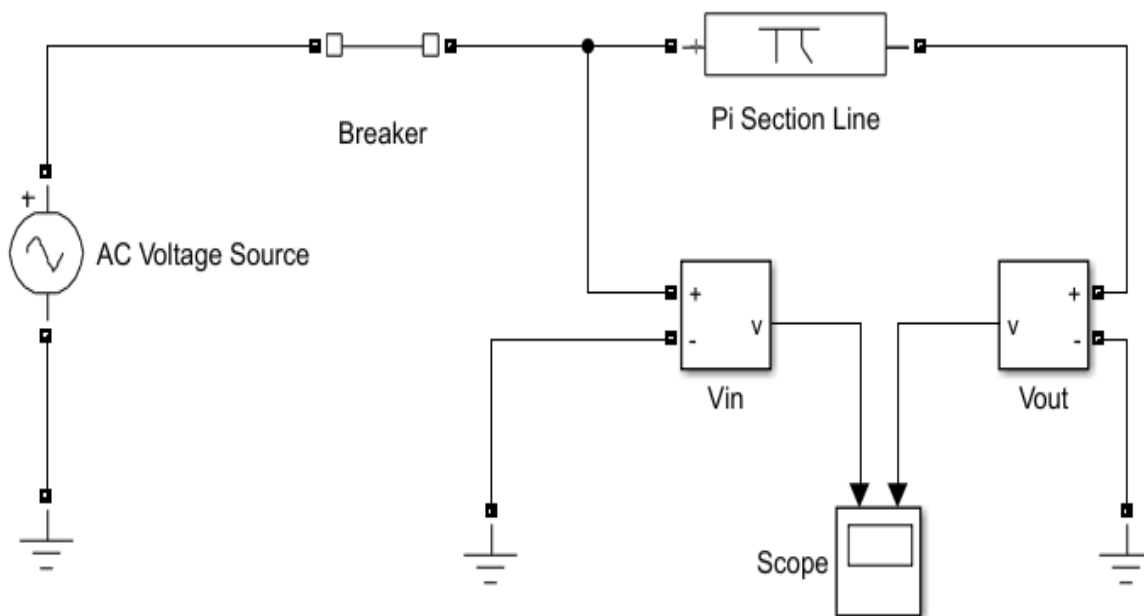


Рисунок 46 – Включение в схему двух измерителей напряжения и присоединения их к заземлению

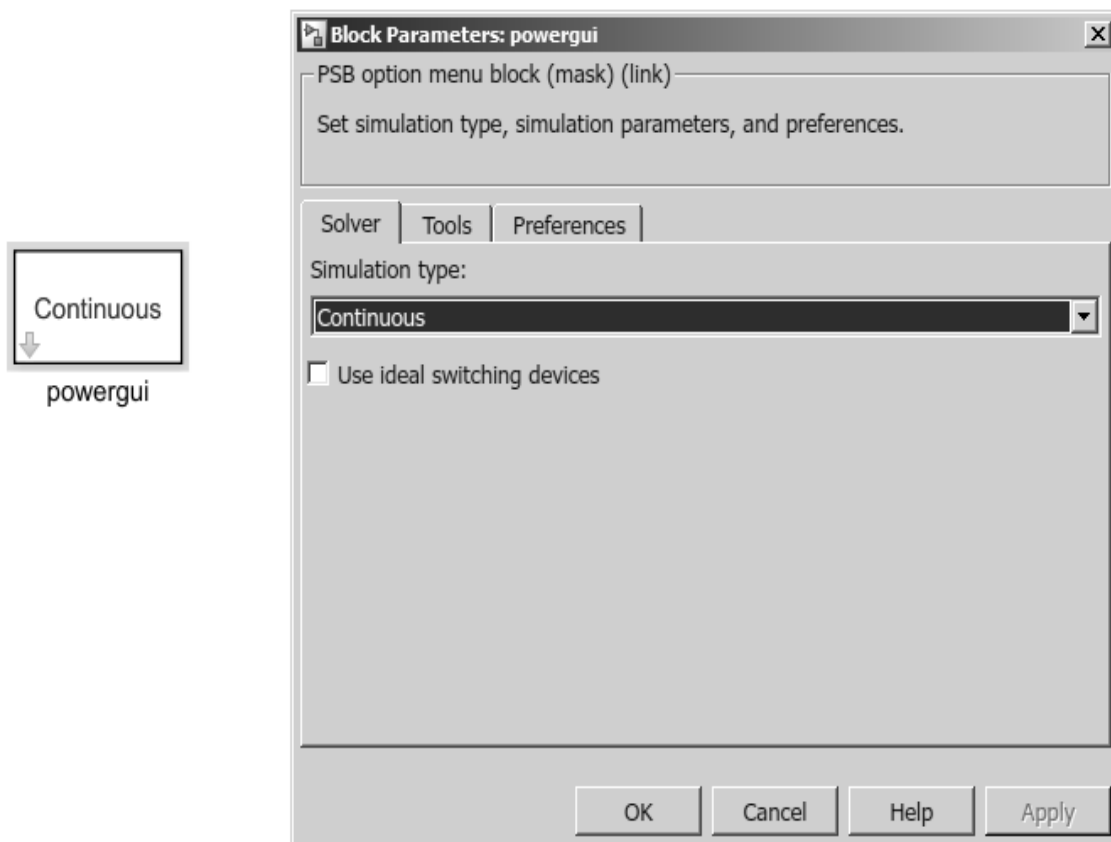


Рисунок 47 - добавление элемента Powergui

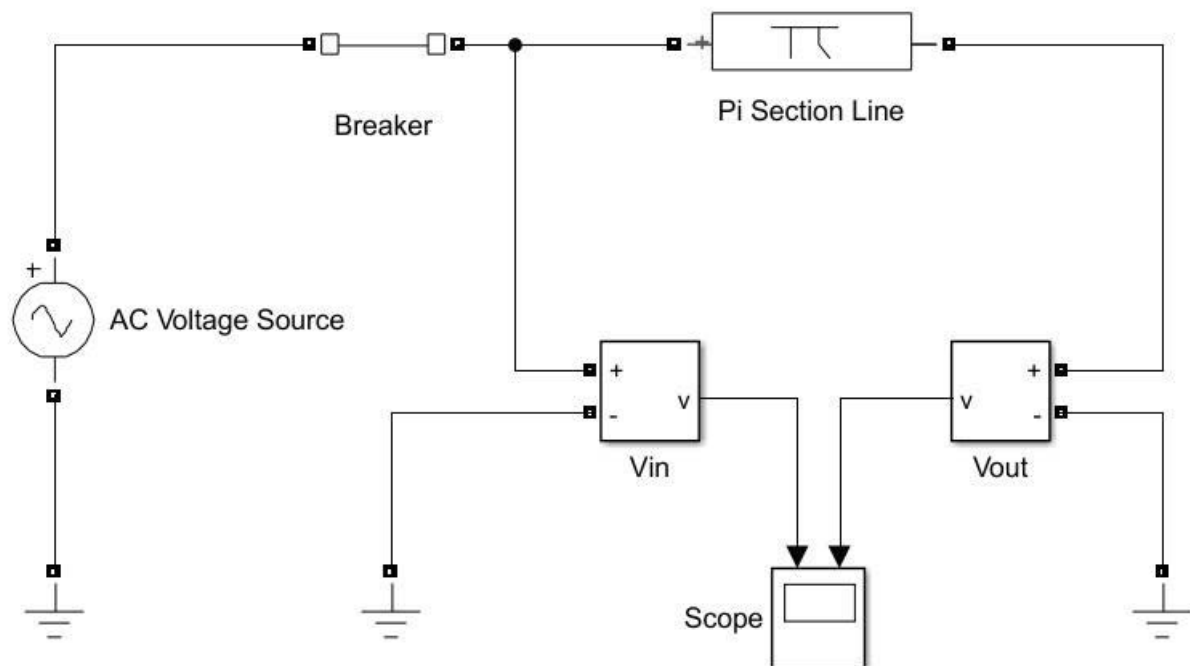


Рисунок 48 – Окончательный вид собранной модели однофазной линии электропередач

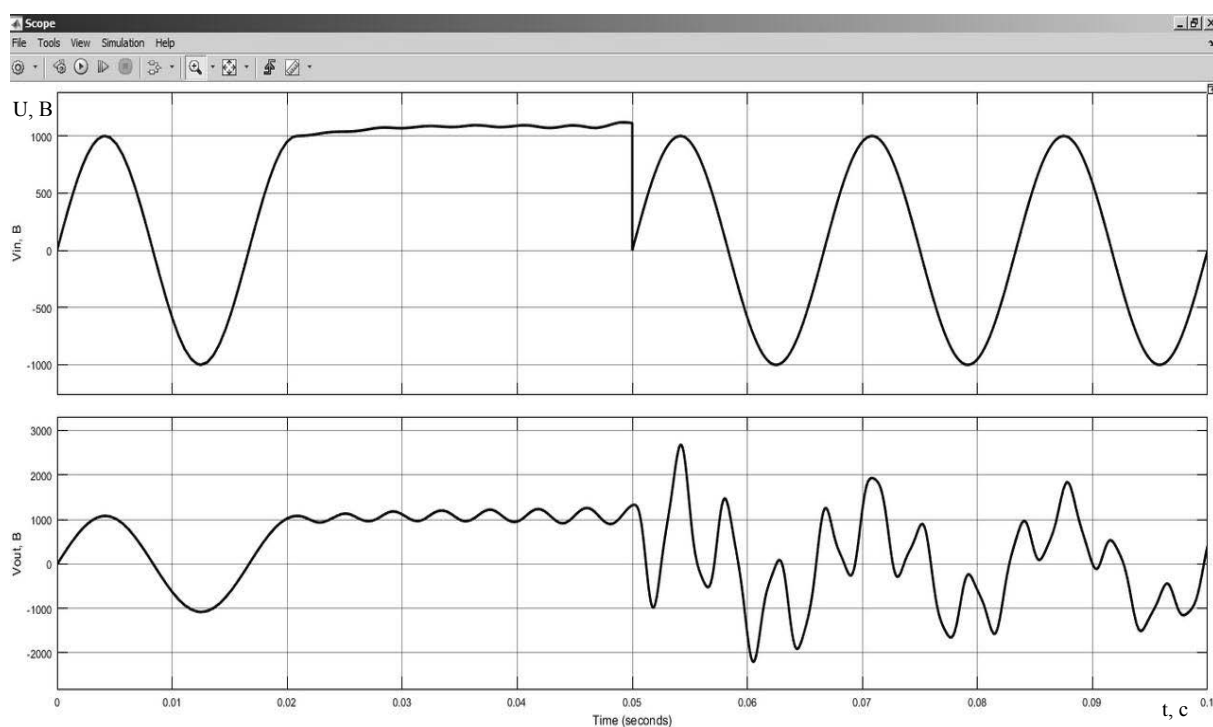


Рисунок 49 – Осциллограммы напряжения

Требования к отчету

В отчёте должны быть:

- цель работы;
- ход поэтапного выполнения работы;
- присутствие иллюстраций выполнения ходов работы;

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-

- присутствие графика снятых характеристик;
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что называется линией электропередач?
2. Виды питания при однофазном электрическом питании?
3. Дайте характеристику подстанций, служащих для приема электроэнергии однофазного тока?
4. Какое исполнение однофазной ЛЭП более безопасно и почему?
5. Привести примеры схем однофазной ЛЭП.

4.5 Лабораторная работа №5. Изучение работы трехфазной линии электропередач с учетом взаимной работы индуктивности фаз линий.

Цель: Изучить процесс подключения источника к линии электропередач заданной длины

Задачи:

1. изучить теоретический материал по теме;
2. ответить на контрольные вопросы;
3. собрать математическую модель трехфазной линии электропередач;
4. снять осциллограммы напряжения в момент подключения к источнику;
5. сделать выводы.

Теоретический материал

Трехфазная линия электропередач связывает электрооборудование и элементы электрических станций и подстанций, предусматривает три питающих фазы, и один нулевой проводник. Напряжение между фазными проводами составляет 380 В, а между фазным проводом и нулем будет 220 В, и в случае необходимости оно может быть 380 В.

Важным моментом в такой сети является, правильное, равномерное распределение нагрузки между всеми фазами. В случае неравномерного распределения, произойдет перекоп ваз, результатом чего станет аварийная ситуация, или обгорание одной из фаз, что приведет к довольно дорогостоящему ремонту.

Трехфазная система имеет широкое применение в современном мире, так как эта система производит, передает, распределяет и поставляет электроэнергию потребителю. От источников энергии по электрическим сетям различных напряжений включающих в свой состав и линии передач и трансформаторные подстанции, электроэнергия трехфазного переменного тока передается к трехфазным и однофазным приемникам электрической энергии потребителей, где в конечном виде получается – световая, тепловая, механическая, звуковая виды энергии.

Порядок выполнения работы

					13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-		59

1. Добавить из библиотеки SimscapePowerSystems источник переменного трехфазного напряжения Three-PhaseSource. Настроить его как показано на рисунке 50.

2. Последовательно с источником переменного напряжения добавить из библиотеки SimscapePowerSystems трехфазный разъединитель Three-PhaseBreaker. Настройки элемента приведены на рисунке 51.

3. После разъединителя добавить в цепь элемент, моделирующий трехфазную линию электропередачи с сосредоточенными параметрами Three-Phase PI SectionLine из библиотеки Simscape/PowerSystems. Настройки элемента приведены на рисунке 52.

4. Далее последовательно добавить трехфазную активную нагрузку, моделируемую элементом Three-PhaseSeries RLC Branch библиотеки SimscapePowerSystems. В нашем случае нагрузка будет только активной. Ее настройки приведены на рисунке 53.

5. После этого добавить два измерителя напряжения VoltageMeasurement для того, чтобы замерить напряжение между выводами элемента Three-Phase PI SectionLine (фазы C) и землей, приведено на рисунке 54. Осциллограммы напряжений получим с помощью элемента Scope.

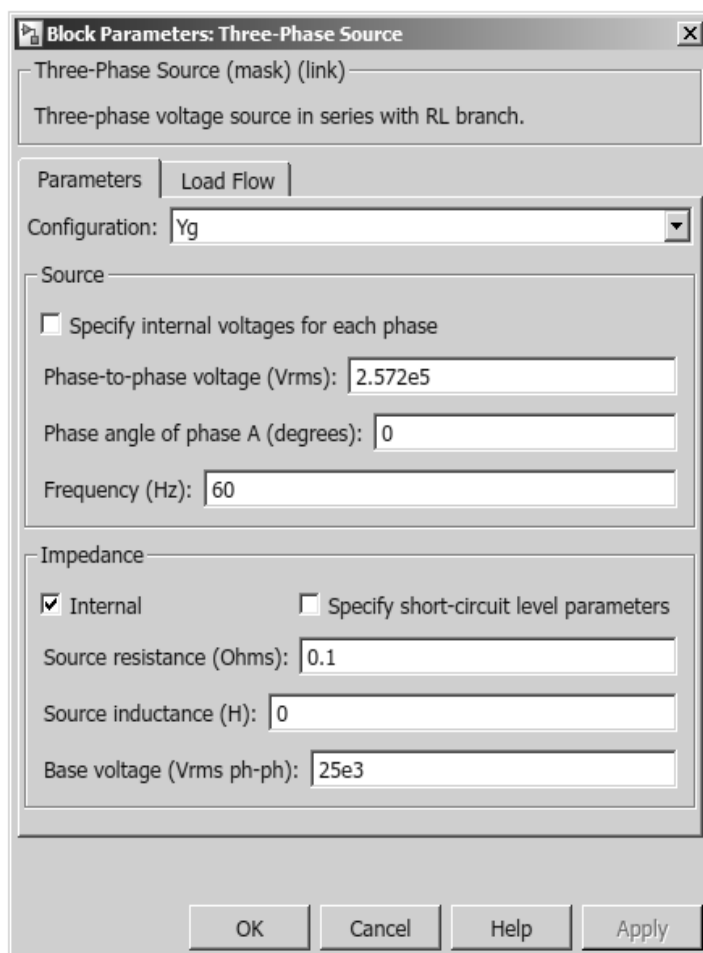


Рисунок 50 – Окно настройки источника переменного трехфазного напряжения

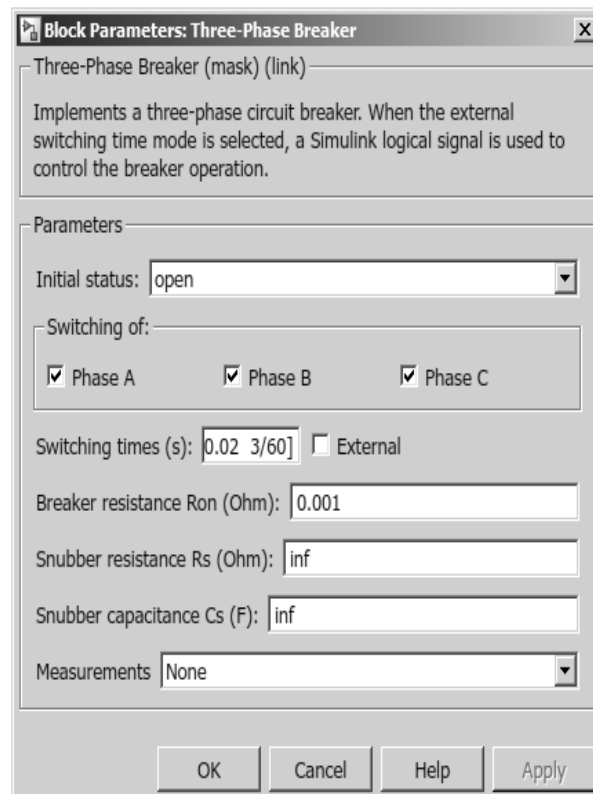
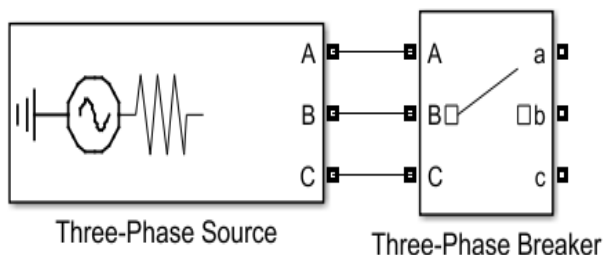


Рисунок 51 – Окно настройки трехфазного разъединителя

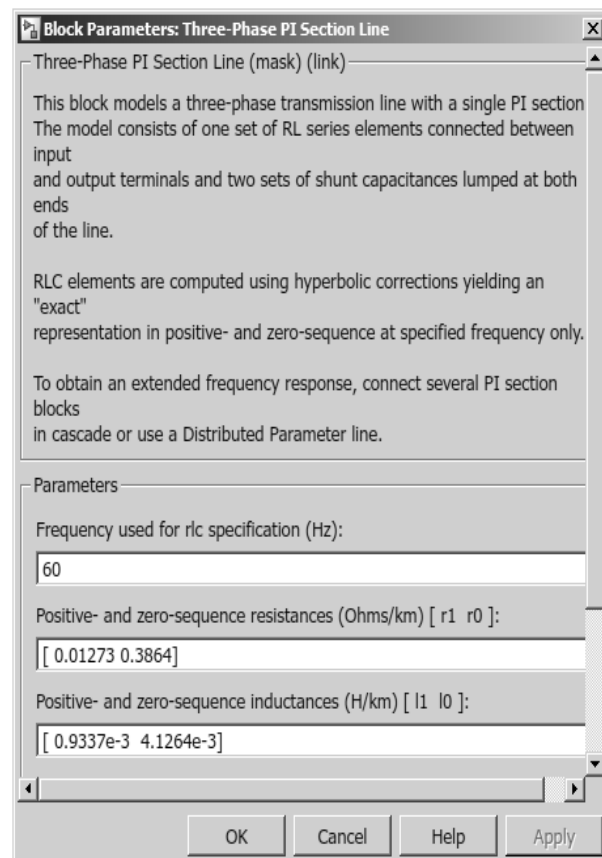
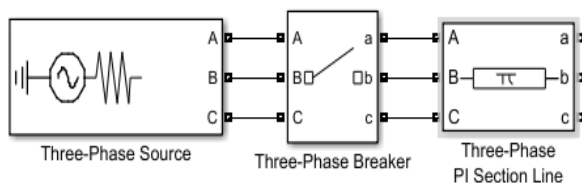


Рисунок 52 – Окно настройки элемента моделирования линии электропередач

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-
------	-------	-----------	------	-------

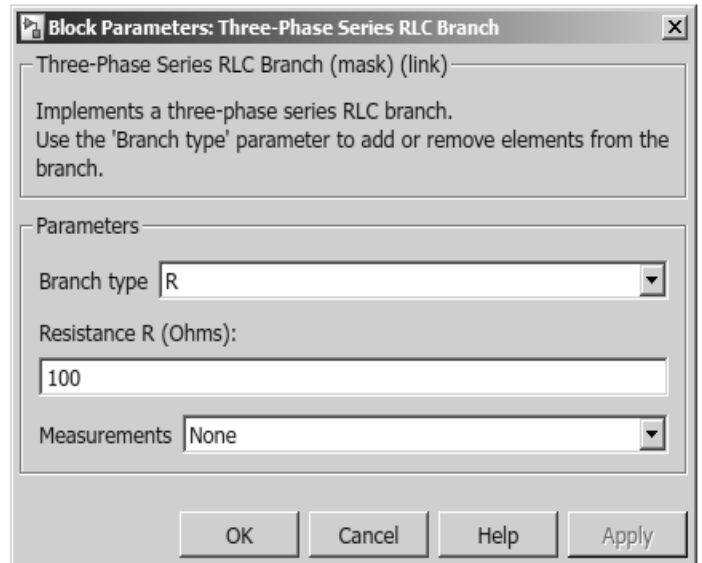
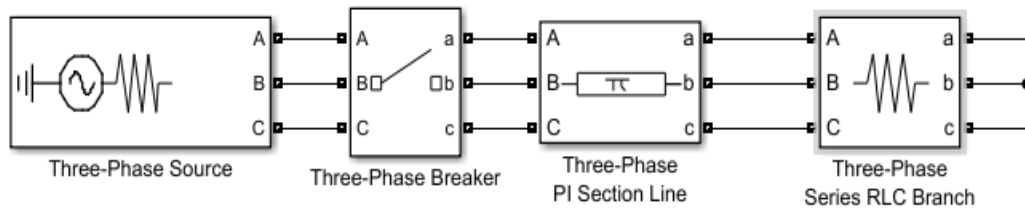


Рисунок 53 – Окно настройки трехфазной активной нагрузки

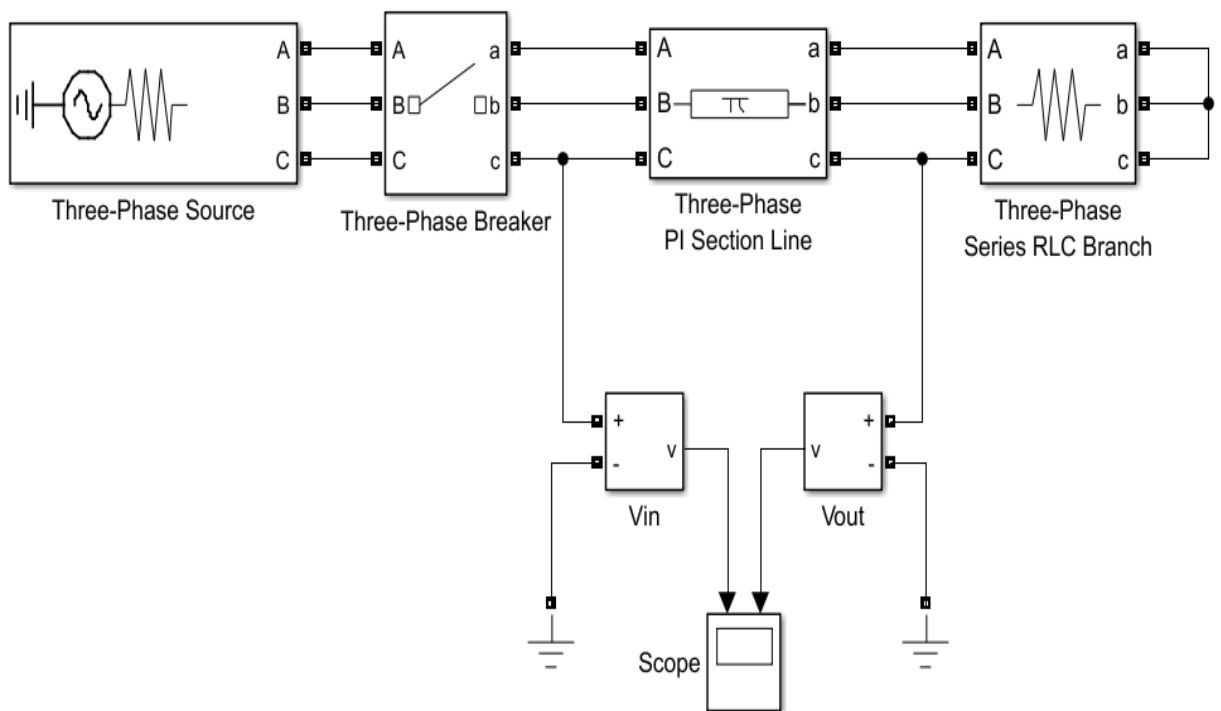


Рисунок 54 - Окончательный вид собранной модели трехфазной линии электропередач

6. Выполнив моделирование данной схемы, получатся осциллограммы показанные на рисунке 55.

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-
------	-------	-----------	------	-------

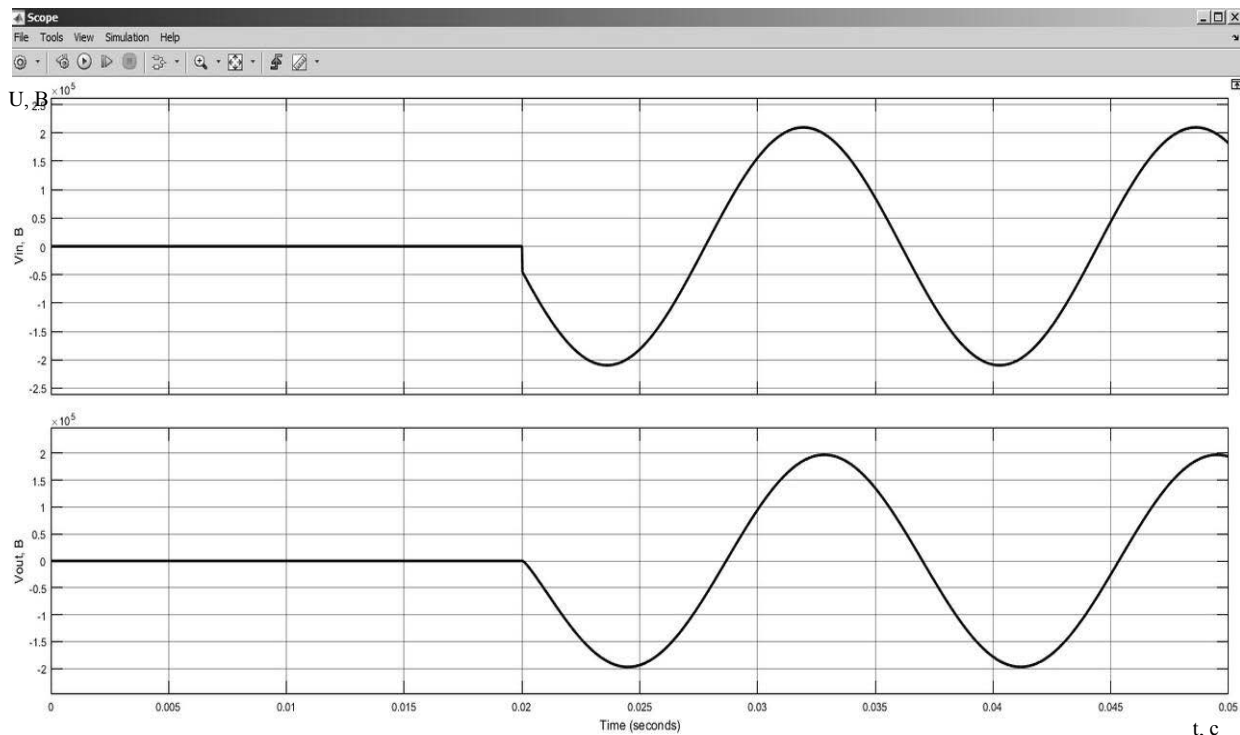


Рисунок 55 - Осциллограммы напряжений

Требования к отчету

В отчёте должны быть:

- цель работы;
- ход поэтапного выполнения работы;
- иллюстрации выполнения ходов работы;
- график снятых характеристик;
- выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются различия между однофазной и трехфазной ЛЭП?
2. Какая схема подключения трехфазной ЛЭП самая надежная?
3. Какое напряжение и как может передаваться по трехфазной ЛЭП?
4. Какое основное электрооборудование электрических станций и подстанций питается от трехфазной и однофазной электрической сетей?
5. Почему трехфазные сети широко распространены?

Выводы по разделу четыре

Было разработано пять лабораторных работ, включающие в себя изучение оборудования электрических станций и подстанций, а также линии электропередач. К лабораторным работам составлены методические указания с порядком выполнения работ, контрольные вопросы, которые являются допуском к выполнению работ, и требования к составлению отчета.

Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

5.1 Краткое описание производственного участка

Аудитория располагается в здании университета филиала ЮУрГУ в городе Златоусте в кабинете 2-402 «Электролаборатория кафедры ЭАПП». Аудитория специализирована для выполнения лабораторных работ на учебных компьютерах.

В Лаборатории могут заниматься преподаватели, лаборанты и студенты, занимающиеся научно-исследовательской работой, в том числе и над выпускной квалификационной работой.

5.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Во время нахождения студентов в учебной аудитории, на них воздействуют физические факторы:

- температура, влажность;
- электрически заряженные частицы воздуха;
- тепловое излучение;
- электромагнитные поля и излучения: электростатические поля, постоянные магнитные поля, электрические;
- шум, вибрации;
- освещение: естественное (отсутствие или недостаточность), искусственное (недостаточная освещенность), прямая и отраженная слепящая местность, пульсация освещенности;
- Помимо упомянутых физических факторов на студентов действуют психофизиологические факторы, такие как:
- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки (эмоциональное, умственное перенапряжение, перенапряжение анализаторов (слуха, зрения, кожи), монотонность труда).

Влияние всех неблагоприятных факторов, которые отмечены выше, приводит к быстрому утомлению, уменьшению трудоспособности, а также раздражению и возникновению недомогания и головных болей.

5.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

В целях благоприятной и высокопроизводительной работы студента в помещении лаборатории должны быть соблюдены метеорологические условия (температура, влажность и скорость движения воздуха) находились в определенных соотношениях.

В аудитории 2-402 используется оконная вентиляция, посредством открывания окон и последующим проветриванием. Изменение микроклимата в помещении учебного класса вызывается изменением температурного режима. Температура корректируется в зависимости от времени года. Нормы микроклимата (ГОСТ 12.0.003-2015) приведены в таблице 5.1.

										Лист
										64
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-	13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР					

Таблица 5.1 - Нормы микроклимата для учебной аудитории

Период года	Температура воздуха °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость воздуха, м/с
	22	24	40	60	
Холодный	22	24	40	60	0,1
Тёплый	23	25	40	60	0,1

В аудитории также находятся устройства производящие шум. Стандартом установлены допустимые уровни шума на рабочих местах при использовании компьютерной техники. Допустимые значения приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Допустимые уровни шума

Категории рабочего места	Допустимое значение дБ не более	Устройства, которыми обустроены рабочие места
Рабочие места с использованием устройств в аудиториях	До 60	Компьютеры
Рабочие места с использованием устройств для проведения лабораторных работ	До 50	Дисплеи, клавиатуры, настольные вычислительные машины

Одним из неблагоприятных факторов является электромагнитное поле, создаваемое вокруг рабочего места. В таблице 5.3 приведены параметры допустимых значений электромагнитных излучений.

Таблица 5.3 - Предельные значения электромагнитного излучения

Наименование параметров	Допустимые значения
Электромагнитная напряженность на расстоянии 45 см от монитора	10 В/м
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 45 см от поверхности монитора	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля	20 кВ/м

5.4 Охрана труда

Перед тем как приступить к выполнению работ студенты должны ознакомиться с инструкцией по охране труда, а также должны быть проверены на знания правил нормативно - технических документов (правила и инструкции по технической эксплуатации, пожарной безопасности).

К работе в учебной лаборатории допускаются те студенты, которые прошли:

- вводный инструктаж по охране труда;
- инструктаж по пожарной безопасности;
- проверку знаний требования охраны труда.

Для избегания поражения электрическим током студентов в учебной аудитории, следует соблюдать перечень мер безопасности:

- не использовать не исправный ПК;
- не тянуть шнуры из розеток;
- не прикасаться мокрыми руками к токоведущим частям ПК;
- не отсоединять от источника питания компьютер без необходимости;
- не передвигать компьютер;
- не включать компьютер, который находится в разобранном состоянии;
- не использовать компьютер с неисправным кабелем питания.

Электропитание компьютера должно подключаться с помощью автоматических выключателей, которые следует устанавливать в месте, подходящем в случае чрезвычайного реагирования быстро отключить питание рабочего места.

Определенной чертой учебной лаборатории считаются разрядные токи статического электричества, которые образуются при прикосновении студентов к некоторым элементам компьютера. Данные разряды не представляют опасности, однако может привести к неблагоприятным ощущениям в виде удара или толчка. Для уменьшения возникновения зарядов статического электричества, следует покрывать полы в учебных аудиториях из антистатического материала.

5.5 Производственная санитария

Учебная лаборатория, в которой работают студенты, относится к помещению без повышенной опасности. В такую категорию включаются помещения, у которых низкая влажность воздуха, присутствует вентиляционная система и отопление. Полы должны выполняться из не токопроводных материалов.

В аудитории 2-402 применяется естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществлено через оконные проемы в боковой части здания филиала ЮУрГУ. При недостаточном количестве естественного освещения, в учебной аудитории применяются люминесцентные источники света в потолочных светильниках.

Освещение требуется организовать так, чтобы избежать эффекта блескости, отражения и бликов на мониторе. Располагать столы следует таким образом, чтобы дисплеи находились боковой стороной к световым проемам, и естественный свет падал слева.

Освещенность рабочего места должна быть 300-500 лк, общая освещенность помещения - не менее 400 лк. Данная величина соответствует СНиП 52.13330.2016.

										Лист
										66
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-	13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР					

Освещение искусственным светом в аудитории осуществляется общим количеством светильников, находящихся в верхней зоне помещения равномерно или же применительно расположению компьютеров.

Требуется рассчитать освещение помещения в учебной аудитории. Система освещения общая равномерная, используются светильники типа ЛВО с светодиодными лампами, со следующими характеристиками: мощность лампы $W = 22$ Вт, напряжение питания $U = 220$ В. Расчет выполняется методом коэффициента использования светового потока.

Световой поток лампы Φ , вычисляется по формуле (5.1):

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \gamma \cdot \eta_H}$$

E_n – нормированная освещенность, лк;

S – площадь помещения, m^2 ;

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий запыление светильников и износ источников света в процессе эксплуатации;

Z – поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность освещения, $Z=1,1$;

N – количество светильников;

n – количество ламп в светильнике;

γ – коэффициент затенения рабочего места работающим человеком, $\gamma=0,9$;

η_H – коэффициент использования светового потока.

Выбираем лампы необходимой мощности, обладающую требуемым световым потоком, которая обеспечит нормативную освещенность. Для учебной аудитории нормированная освещенность составляет 400лк. Световой поток лампы берётся $\Phi=1800$ лм, коэффициенты отражения стен, потолка и пола принимаются 50%, 70%, 10%. Количество ламп будет определено из формулы (5.1), выразив оттуда N :

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi \cdot n \cdot \gamma \cdot \eta_H}$$

Коэффициент использования светового потока определяется от типа светильников, и коэффициента отражения, определяется по формуле (5.3):

$$i = \frac{A \cdot B}{h_0 \cdot (A + B)}$$

A - длина аудитории, м;

B - ширина аудитории, м;

h_0 - высота от светильника до рабочей поверхности, м.

Расчет производится по формуле (5.3):

$$i = \frac{10 \cdot 5}{2,7 \cdot (10 + 5)} = 1,2$$

Исходя из индекса помещения, получается коэффициент использования светового потока 0,42. Получив все необходимые цифры, определяем количество светильников по формуле (5.2):

$$N = \frac{400 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{1800 \cdot 4 \cdot 0,9 \cdot 0,4} = 10,5$$

Из полученного значения, принимаем что требуемое количество светильников для необходимого освещения равно 10.

5.6 Эргономика

Определяющую роль играет планировка рабочей зоны. От правильной настройки и организации рабочего места студента, будет зависеть комфортность, эффективность и производительность труда.

Экран монитора в ходе работы, должен находиться на расстоянии 600-700 мм от глаз. Для удобства работы с документами можно применять подвижные подставки, размещенные в одной плоскости и высоте с экраном.

В аудиториях, где студенты непрерывно находятся более 1,5 часов работы, должно быть естественное освещение. Рабочее место должно быть комфортным, с достаточным количеством освещения, но при этом лучи солнца не должны падать в глаза. Поэтому располагать рабочий стол с ПК лицом к окну не рекомендуется.

Монитор необходимо настроить так, чтобы верхний край был на уровне глаз или немного ниже. Если ведется работа с текстовыми документами на бумаге, листы следует расположить ближе к экрану, чтобы не было частых движений головой и глазами.

Мебель, в компьютерных аудиториях должна быть удобной, так как это влияет на оптимальное расположение рук, ног и позвоночника. Правильно подобранная мебель способствует меньшему утомлению, дает возможность более длительное время держать внимание на уровне, обеспечивает стабильную работу опорно-двигательного аппарата и сердечной системы человека, и обеспеченность чувств комфорта в течении всего занятия.

Высота поверхности стола должна быть такой, чтобы экран был размещен ниже линии взгляда.

Под столом должно быть достаточное место для ног, желательно применять подставку для ног. Ширина не менее 300 мм, глубина не менее 400 мм, с регулировкой по высоте 150 мм с углом наклона до 20 градусов.

Стул должен быть эргономичным, с удобной спинкой. Спинка служит опорой для поясничного и нижней половины грудного отдела позвоночника.

Важный элемент, наличие у спинки специального регулятора наклона.

					13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-		68

Конструкция стула:

- ширина и глубина стула не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закруглением;
- регулировка высоты в пределах 400-550мм;
- высота опорной спинки 300+-20 мм;
- угол наклона спинки в пределах 30 градусов.

Клавиатура должна быть расположена 100-300 мм от края, обращенного к студенту.

Однообразная поза утомительна для глаз, шеи и спины, поэтому в процессе работы рекомендуется делать небольшой отдых. Не забывать про гимнастику глаз, а так же разминку шеи.

Основные правила, для профилактики зрительного утомления:

- Правильно организованное рабочее место;
- Ограничение по продолжительности работы;
- Перерыв в ходе выполнения работ.

Расположения элементов находящихся на рабочей поверхности зависит от частоты использования в пределах зрительного пространства.

Все оставшиеся не упомянутые компоненты ранжируются и располагаются рационально слева или справа от студента.

5.7 Противопожарная и взрывобезопасность при работе в аудитории

Пожарная безопасность направлена на безопасность не только студентов, а также лаборантов и преподавательского состава. Сбережение оборудования аудитории также учитывается пожарной безопасностью.

Возникновение пожара в аудитории представляет собой угрозу жизни человека. Основная черта аудитории, это её небольшое пространство. Пламя может возникнуть от горючих веществ, так и от короткого замыкания. Аудитория наполнена горючими элементами, это - дверь на входе в аудиторию, изоляция силовых протянут кабелей, столы, стулья, жалюзи и другие элементы находящиеся внутри.

Причины, в результате которых может возникнуть пожар в помещении аудитории:

- неправильная эксплуатация электроустановок (компьютеров);
- повреждение места токоведущих частей;
- несоблюдение правил пожарной безопасности.

Для избегания непредвиденных ситуаций, должен проводиться инструктаж, а также проводиться визуальный контроль преподавателя эксплуатации аппаратуры и оборудования.

Основным источником пожара в аудитории вступает электронное оборудование, которое используется для получения навыков, то могут быть, устройства питания.

Своевременное предотвращение пожара может быть достигнуто следующими мероприятиями:

- установка противопожарной сигнализации;

- установка охлаждения на платы компьютеров;
- не оставлять компьютер в работающем состоянии без присмотра;
- не допускать попадание посторонних предметов в ПК;
- не перегибать и не выдергивать питающие кабели;
- не закрывать вентиляционные отверстия у компьютеров.

В случае возникновения ЧС, в здании филиала ЮУрГУ для ликвидации пожаров применяются пожарные краны, которые установлены в доступных местах. Также используются огнетушители типа ОХП - 10 и ОУ-2, ОУ-5, ОУ - 8, ОП - 5 - 01.

5.8 Экологическая безопасность

При выполнении лабораторных работ в учебной аудитории не происходит никаких вредных выбросов в атмосферу.

5.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайной ситуации

Во время проведения лабораторных работ, при первых же признаках пожарной ситуации (появление дыма или запах), требуется отключить ПК от питающей сети.

Для увеличения безопасности студентов, лаборантов и преподавателей, ответственное лицо за безопасность аудитории 2-402, должно проводить подготовку, инструктажи по действиям, которые следует выполнять в экстренной ситуации.

При звуке сигнала тревоги, следует отключить питание во всей аудитории, для не опускания аварийной ситуации при коротком замыкании. При покидании аудитории, необходимо осмотреть её, на отсутствие там кого-либо, а так же на наличие повреждений. После этих действий закрыть дверь, для предотвращения проникновения посторонних лиц. Следуя за преподавателем покинуть университет согласно планам эвакуации.

Вывод по разделу пять

В разделе рассмотрены вредные и негативные факторы, которые воздействуют на студента в ходе выполнения им работы. Произведен расчет для качественного освещения в аудитории, описана эргономика постановки рабочего места, для уменьшения утомления студента. Задачи рассмотренные в данном разделе, обеспечивают безопасность студентов, выполняющих лабораторные работы.

										Лист
										70
Изм.	Лист-	№ докум.№	Под-	Дата-	13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР					

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе были рассмотрены несколько продуктов программных обеспечений, в сравнении которых был выбран наиболее подходящий для реализации цели - Matlab с расширением Simulink. Данный продукт открывает широкие возможности по реализации поставленных задач, для решения которых в открытом доступе имеются различные руководства для ознакомления с работой в программе. Библиотека с огромным выбором объектов позволяет не останавливаться на элементарных решениях, а безгранично расширять знания. При помощи данного продукта был разработан комплекс виртуальных лабораторных работ для дисциплины «Электрические станции и подстанции».

В результате проделанной работы были разработаны пять виртуальных работ, которые максимально точно моделируют оборудование электрических сетей. При выполнении работ студенты смогут виртуально изучить процессы работы и принцип работы электрооборудования.

Главными преимуществами этого комплекса являются:

- отсутствие риска получения травм;
- отсутствие материальных затрат на покупку дорогостоящего оборудования для реальных учебных лабораторий;
- возможность выполнения работ в домашних условиях.

Разработанный комплекс поможет повысить качество профессиональной подготовки студентов – бакалавров. А также внедрение цифровых технологий повысит интерес абитуриентов для поступления на кафедру «Электрооборудование и автоматизация производственных процессов».

										Лист
										71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.
2. Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink: учебник / И.В.Черных. – Питер: Изд-во ДМК Пресс, 2008. – 288 с.
3. Стефанова, И.А. Моделирование устройств телекоммуникаций в системе Matlab+Simulink: учебное пособие / И.А. Стефанова. – Самара: Изд-во ПГУТИ, 2016. – 148 с.
4. Трофимова, С.Н. Электрические станции и подстанции: учебное пособие / С.Н. Трофимова, Е.В. Шведова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2016. – Ч.1. – 71 с.
5. Куль, Т.П. Информационные технологии и основы вычислительной техники: учебник / Т. П. Куль. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 264 с.
6. Немировский, А. Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций: учебное пособие / А. Е. Немировский, И. Ю. Сергиевская, Л. Ю. Крепышева. — 4-е изд., доп. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2020. — 174 с.
7. Коломиец, Н. В. Режимы работы и эксплуатация электрооборудования электрических станций: учебное пособие / Н. В. Коломиец, Н. Р. Пономарчук, Г. А. Елгина. — Томск: ТПУ, 2015. — 72 с.
8. Коломийцев, Ю. Н. Электрические трансформаторы: учебное пособие / Ю. Н. Коломийцев, А. И. Шимаров. — Самара: АСИ СамГТУ, 2017. — 83 с.
9. Колесников, В. В. Моделирование характеристик и дефектов трехфазных асинхронных машин: учебное пособие / В. В. Колесников. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 144 с.
10. Николаева, С. И. Системы возбуждения синхронных генераторов: учебное пособие / С. И. Николаева. — Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2019. — 72 с.
11. Аверьянова, С. А. Теория гашения дуги в электрических аппаратах. Взаимодействие дуги отключения с газовым потоком в выключателях высокого напряжения: учебное пособие / С. А. Аверьянова. — Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2015. — 68 с.
12. Криворотова, В. В. Электрические линии с распределенными параметрами в установившемся режиме работы: учебно-методическое пособие / В. В. Криворотова, М. Э. Кузнецова. — Иркутск: ИрГУПС, 2019. — 68 с.
13. Ключкова, Н. Н. Электрооборудование подстанций: учебное пособие / Н. Н. Ключкова, А. В. Обухова. — 2-е изд. — Самара: АСИ СамГТУ, 2018. — 90 с.
14. Электрическая часть тепловых электрических станций: учебник / М. А. Купарев, И. И. Литвинов, В. Е. Глазырин [и др.]. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 275 с.
15. Муравьев, О. А. Переходные процессы на гидроэлектростанциях: учебное пособие / О. А. Муравьев. — Москва: МИСИ – МГСУ, 2020. — 78 с.

					13.03.02.2021.391.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

16. Профстандарт 20.032: Работник по обслуживанию подстанций электрических сетей. - <https://classinform.ru/profstandarty/20.032-rabotnik-po-obsluzhivaniiu-oborudovaniia-podstantcii-elektricheskikh-setei>.

17. Литвинов, В. И. Безопасность жизнедеятельности на производстве: учебное пособие / В. И. Литвинов, И. Н. Кружкова. — Вологда: ВГМХА им. Н.В. Верещагина, 2016. — 202 с.

18. Белокопытов, В. Н. Теоретические и практические основы безопасности жизнедеятельности на производстве: учебное пособие / В. Н. Белокопытов. — Смоленск: Смоленская ГСХА, 2015. — 124 с.

19. Гордеев, А. С. Энергосбережение в сельском хозяйстве: учебное пособие / А. С. Гордеев, Д. Д. Огородников, И. В. Юдаев. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 400 с.

20. Гамрекели, М. Н. Безопасность жизнедеятельности и охрана труда на предприятии: учебное пособие / М. Н. Гамрекели. — Екатеринбург: УГЛТУ, 2018. — 108 с.

21. Герман-Галкин, С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink: учебно-методическое пособие / С. Г. Герман-Галкин. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 448 с.

22. Диагностика электрооборудования электрических станций и подстанций: учебное пособие / А. И. Хальясмаа, С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков. — Екатеринбург: УрФУ, 2015. — 64 с.

23. Михеев, Г. М. Электростанции и электрические сети. Диагностика и контроль электрооборудования: учебник / Г. М. Михеев. — Москва: , 2010. — 297 с.

24. Каширин, Д. Е. Эксплуатация электрооборудования: учебное пособие / Д. Е. Каширин. — Рязань: РГАТУ, 2019. — 125 с.

25. Угарова, Л. А. Охрана труда: учебно-методическое пособие / Л. А. Угарова, Л. Н. Горина. — Тольятти: ТГУ, 2017. — 241 с.