

«

»

“ ”

“ ”

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Моделирование в электроэнергетике**

: 13.03.02

, :

: 3, : 5 6

		5	6
1	()	0	5
2		0	180
3	, .	2	21
4	, .	2	4
5	, .	0	0
6	, .	0	8
7	, .	0	5
8	, .	0	2
9	, .		7
10	, .	0	157
11	(, ,)		
12			

(): 13.03.02

955 03.09.2015 ., : 25.09.2015 .

: 1, ,

(): 13.03.02

, 7 20.06.2017
, 9 20.06.2017

, 9 21.06.2017

:

,

:

,
,

:

. . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач; в части следующих результатов обучения:	
11.	
Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей; в части следующих результатов обучения:	
2.	
4.	
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике; в части следующих результатов обучения:	
4.	
Компетенция ФГОС: ПК.2 способность обрабатывать результаты экспериментов; в части следующих результатов обучения:	
4.	
5.	

2.

2.1

--	--

.1. 4	
1.о видах математических моделей на различных уровнях исследования	;
2.исследовать режимы работы линий и трансформаторов	;
3.оценивать точность математических моделей	;
4.оценки параметров режимов ЭЭС	;
.2. 11	
5.уметь применять статистический подход к исследованию процессов и решению задач	;
.2. 4	
6.уметь оценивать точность математических моделей	;
.2. 5	
7.уметь выполнять подбор структуры и параметров математических моделей при обработке экспериментальных данных	;
.3. 2	
8.математические модели основных энергетических объектов	;
9.выполнять подбор структуры и параметров математических моделей при обработке экспериментальных данных	;
.3. 4	

10.о теории графов и теории четырехполосников	;	;
11.о методах прогнозирования	;	;
12.использовать теорию графов и теорию четырехполосников при моделировании электрических сетей	;	;
13.владеть матричными преобразованиями моделей электрических сетей	;	;
14.прогнозировать изменения потребления мощности и энергии	;	;
15.расчетов режимов ЭЭС	;	;
16.эквивалентирования схем электрических сетей	;	;
17.прогнозирования основных показателей работы ЭЭС	;	;

3.

3.1

	,	.		
: 5				
:				
1.	0	2	1, 2, 3, 4	
: 6				
:				
1.	0	0,27	1	
2.	0	0,27	2, 3, 8, 9	
:				
3.	0	0,27	2, 3, 8	
:				
4.	0	0,27	10, 12, 13, 15, 8	
5.	0	0,27	13, 15, 2, 3, 4, 8	
6.	0	0,27	1, 10, 12, 15, 16, 4	
:				
7.	0	0,27	3, 4	
:				
8.	0	0,27	1	
9.	0	0,27	1, 2	

10.	0	0,27	14, 17, 9	
11.	0	0,26	1	
12.	0	0,26	11, 14, 17	
13.	0	0,26	1, 4, 8, 9	
14.	0	0,26	2, 4	
:				
15.	0	0,26	10, 12, 13, 15, 16, 3, 4	:

3.2

: 6				
:				
1.	0,5	0,67	2, 3, 7, 8, 9	
2.	0,25	0,33	2, 3, 6, 7, 8	
:				
3.	0,25	1	2, 3, 7, 9	
:				
4.	0,25	0,5	10, 12, 15, 4, 6, 8, 9	
5.	0,25	0,5	10, 12, 13, 15, 3, 4, 6, 8	
6.	0,25	0,5	12, 13, 15	
7.	0,5	0,5	10, 12, 13, 15, 16, 3, 4, 6, 8	
:				
8.	0,5	1	3, 4, 5, 7	,

9.	0,5	1	3, 5, 7, 8, 9	,
:				
10.	0,5	0,5	11, 14, 17, 5, 6, 9	
11.	0,5	0,5	11, 14, 17, 5, 6	
:				
12.	0,75	1	10, 12, 13, 15, 16, 2, 3, 4, 8	

3.3

	,	.		
: 6				
:				
1.	0	12	1, 10, 12, 13, 15, 16, 2, 3, 4, 6, 7, 8	,

4.

: 6				
1		10, 12, 13, 15, 16, 8	44	4
: [] : - . . . , [2015]. - / . . . : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631. -				
2		12, 13, 14, 15, 16, 17, 2, 3, 5, 9	60	0
: [] : - . . . , [2015]. - / . . . : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631. -				
3		11, 15, 16, 17, 2, 3, 4, 8	4	0
: [] : - . . . , [2015]. - / . . . : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631. -				
4		1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 2, 3, 4, 5, 8, 9	37	3

: []: - . . . , [2015]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631. -				
5		1, 10, 12, 13, 15, 16, 2, 3, 4, 6, 7, 8	12	0
3.3 : []: : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631. - , [2015]. -				

5.

(. 5.1).

5.1

	-
	e-mail:rusina@corp.nstu.ru; :http://dispace.edu.nstu.ru/
	e-mail:rusina@corp.nstu.ru; :http://dispace.edu.nstu.ru/;
	e-mail:rusina@corp.nstu.ru; :http://dispace.edu.nstu.ru/
	:http://dispace.edu.nstu.ru/

5.2

1		.2; .3; .1;
Формируемые умения: 32. знать математические модели основных объектов электрических систем; 34. знать методы построения математических моделей технических объектов; у11. уметь применять статистический подход к исследованию процессов и решению задач; у4. уметь исследовать режимы работы ЛЭП и трансформаторов		
Краткое описание применения: Обсуждаются результаты, полученные на лабораторных работах и в процессе самостоятельной работы		
[]: - , [2015]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631. - ."		

6.

(),

- 15- ECTS.

. 6.1.

6.1

--	--	--

: 6		
<i>Лекция: Решение задач</i>	5	10
<i>Лабораторная №1: ДЕН№1. Защита</i>	3	6
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631.-</small>		
<i>Лабораторная №2: ДЕН№2. Защита</i>	3	6
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631.-</small>		
<i>Лабораторная №3: ДЕН№3. Защита</i>	5	10
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631.-</small>		
<i>Лабораторная №4: ДЕН№4. Защита</i>	3	6
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631.-</small>		
<i>Лабораторная №5: ДЕН№5. Защита</i>	5	10
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631.-</small>		
<i>РГЗ: Выполнение</i>	3	6
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631.-</small>		
<i>РГЗ: Защита</i>	3	6
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631.-</small>		
<i>Экзамен:</i>	20	40
<small>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631.-</small>		

6.2

6.2

.2	11.		+	+
.3	2.	+		+
	4.	+	+	+
.1	4.	+	+	+
.2	4.	+	+	+
	5.	+		+

1

7.

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : [учебное пособие для вузов] / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. - М., 2007. - 490, [1] с. : ил.

2. Лыкин А. В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов : учебное пособие [по направлению 140200 - "Электроэнергетика"] / А. В. Лыкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2009. - 225, [1] с. : схемы. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2009/likin.pdf>

1. Математическое моделирование электрических систем и их элементов : лабораторный практикум : методические указания к лабораторным работам для 3 курса ФЭН по направлению 551700 "Электроэнергетика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. В. Лыкин]. - Новосибирск, 2003. - 64 с. : табл.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2003/2485.rar>

1. Электронно-библиотечная система НГТУ [Электронный ресурс] : электронно-библиотечная система. – [Россия], 2011. – Режим доступа: <http://elibrary.nstu.ru/>. – Загл. с экрана.

2. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

3. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

4. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

5. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

6. :

8.

8.1

1. Русина А. Г. Моделирование в электроэнергетике [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / А. Г. Русина, Н. А. Корнеева, А. В. Лыкин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000219631. - Загл. с экрана.

8.2

1 MathCAD

2 Matlab Simulink

3 MATLAB

4 Office

9.

1		
2		,

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированных электроэнергетических систем
Кафедра систем электроснабжения предприятий

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЭН
к.э.н., доцент С.С. Чернов
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование в электроэнергетике

Образовательная программа: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль:
Электроэнергетика

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Моделирование в электроэнергетике приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.2 способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	у11. уметь применять статистический подход к исследованию процессов и решению задач	Модели прогнозирования графиков нагрузки энергосистемы Модели прогнозирования электропотребления Моделирование статических характеристик нагрузки в электрических сетях	Лабораторные работы	Экзамен, вопросы из дидактических единиц 2 и 4
ОПК.3 способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	з2. знать математические модели основных объектов электрических систем	Исследование математических моделей силовых трансформаторов Исследование режимов работы ЛЭП Математические модели линии электропередачи Математические модели трансформаторов Математические модели установившихся режимов электрических сетей Методологические основы прогнозирования Моделирование несимметричных режимов электрических сетей Применение теории графов для моделирования электрических сетей Расчет режима электрической сети по линейной модели Расчет режима электрической сети по нелинейной модели Узловые уравнения установившегося режима Эквивалентирование электрической сети с использованием четырехполюсников	Лабораторные работы, РГЗ	Экзамен, вопросы из дидактических единиц 2, 3 и 4
ОПК.3	з4. знать методы построения математических моделей технических объектов	Математические модели установившихся режимов электрических сетей Методологические основы прогнозирования Модели прогнозирования графиков нагрузки энергосистемы Модели прогнозирования электропотребления Моделирование схем электрических сетей с	Лабораторные работы, РГЗ	Экзамен, вопросы из дидактических единиц 2, 3 и 4

		<p>помощью четырехполюсников</p> <p>Применение теории графов для моделирования электрических сетей</p> <p>Прогнозирование суточных графиков нагрузки</p> <p>Расчет режима электрической сети по линейной модели</p> <p>Расчет режима электрической сети по нелинейной модели</p> <p>Расчет режима электрической сети по нелинейной модели при несовпадении базисного и балансирующего узлов</p> <p>Узловые уравнения установившегося режима</p> <p>Эквивалентирование электрической сети с использованием четырехполюсников</p>		
<p>ПК.1/НИ</p> <p>способность участвовать в планировании, подготовке и выполнении типовых экспериментальных исследований по заданной методике</p>	<p>у4. уметь исследовать режимы работы ЛЭП и трансформаторов</p>	<p>Математическая модель режима электрической сети с использованием эквивалентирования</p> <p>Исследование математических моделей силовых трансформаторов</p> <p>Исследование погрешностей математических моделей ЛЭП</p> <p>Исследование режимов работы ЛЭП</p> <p>Математические модели линии электропередачи</p> <p>Математические модели трансформаторов</p> <p>Математические модели установившихся режимов электрических сетей</p> <p>Моделирование как метод познания</p> <p>Моделирование электрических нагрузок</p> <p>Построение математической модели</p> <p>Расчет режима электрической сети по линейной модели</p> <p>Расчет режима электрической сети по нелинейной модели</p> <p>Узловые уравнения установившегося режима</p> <p>Эквивалентирование электрической сети с использованием четырехполюсников</p>	<p>Лабораторные работы, РГЗ</p>	<p>Экзамен, вопросы из дидактических единиц 2, 3 и 4</p>
<p>ПК.2/НИ</p> <p>способность обрабатывать результаты экспериментов</p>	<p>у4. уметь оценивать точность математических моделей</p>	<p>Идентификация параметров схемы замещения асинхронного двигателя и верификация цифровых моделей</p> <p>Исследование погрешностей математических моделей ЛЭП</p> <p>Исследование режимов работы ЛЭП</p> <p>Математические модели линии электропередачи</p> <p>Математические модели трансформаторов</p> <p>Моделирование статических характеристик нагрузки в электрических сетях</p>	<p>Лабораторные работы, РГЗ</p>	<p>Экзамен, вопросы из дидактической единицы 2 и 3</p>

		Моделирование электрических нагрузок Построение математической модели		
ПК.2/НИ	у5. уметь выполнять подбор структуры и параметров математических моделей при обработке экспериментальных данных	Выбор структуры математической модели и вычисление её параметров Математические модели линии электропередачи Методологические основы прогнозирования Моделирование как метод познания Моделирование при решении инженерных задач Построение математической модели	Лабораторные работы	Экзамен, вопросы из дидактической единицы 1 и 4

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3, ПК.1/НИ, ПК.2/НИ.

Экзамен проводится в письменной (электронной) форме, по тестам через систему DiSpace.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.3, ПК.1/НИ, ПК.2/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Моделирование в электроэнергетике», 5 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной (электронной) форме, по тестам через систему DiSpace. Билет формируется по следующему правилу:

- Дидактическая единица №1. Тема №1 «Моделирование при решении инженерных задач» - **два вопроса**.
- Дидактическая единица №2. Тема №1 «Линия электропередачи» - **шесть вопросов**.
- Дидактическая единица №2. Тема №2 «Силовой трансформатор» - **пять вопросов**.
- Дидактическая единица №2. Тема №3 «Нагрузка» - **семь вопросов**.
- Дидактическая единица №3. Тема №1 «Математические модели электрических сетей» - **десять вопросов**.
- Дидактическая единица №4. Тема №1 «Прогнозирование» - **десять вопросов**. Список дидактических единиц и вопросов приведен ниже.

Тест содержит 40 тестовых заданий. За правильный ответ на каждое тестовое задание ставится 1 балл, возможно проставление доли 1-го балла. Среднее время, отводимое на ответ по одному тестовому заданию – 2,25 мин. Итого на экзамен отводится 90 минут.

Не допускается использование каких-либо пособий и электронных устройств во время ответов на тестовые задания. Сотовые телефоны должны быть выключены и убраны со столов.

При повторной сдаче экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Пример теста для экзамена

1

Характер формируемой модели определяется (завершите предложение, выбрав правильный ответ)

- А – поставленной целью
- Б – возникшей проблемой
- В – решаемой задачей
- Г – исследуемым объектом
- Д – мысленным образом

Ответ _____

2

Фундаментальным свойством модели является ее (завершите предложение, выбрав правильный ответ)

- А – точность
- Б – адекватность
- В – простота
- Г – эффективность

Д – область применения

Ответ _____

3

Электрические параметры моделей воздушных линий электропередачи высокого напряжения учитывают различные физические явления и процессы, связанные с преобразованием и запасанием электрической и магнитной энергии. Установите соответствие между параметрами моделей ВЛ и процессами в линии (А – 3; Б – 4, 5; ...).

Параметры моделей ВЛ		Явления и процессы	
А	Активное сопротивление проводов фаз	1	Самоиндукция и взаиминдукция
Б	Индуктивное сопротивление фаз	2	Протекание токов смещения между фазами
В	Активная проводимость между фазами и фазами и землей	3	Коронирование
Г	Емкостная проводимость между фазами и фазами и землей	4	Нагревание проводов
		5	Поверхностный эффект
		6	Диссипация
		7	Протекание токов проводимости между фазами

А – Б – В – Г –

4

В основе математической модели линии электропередачи без учета распределенности параметров лежит допущение:

А – не учитывается активная проводимость фаз линии Б – в уравнениях длинной линии значения гиперболического синуса и гиперболического тангенса принимаются равными значениям их аргументов

В – не учитываются активное сопротивление и активная проводимость фаз линии

Г – не учитывается емкость линии Д – волновое сопротивление линии приравнивается погонному сопротивлению ее фазы

Ответ _____

5

Идеальная линия это

А – линия без потерь

Б – линия без учета распределенности параметров

В – линия без учета активных параметров $r_0 = 0, g_0 = 0$

Г – линия без учета емкостной проводимости Д –

линия без учета индуктивности линии

Ответы _____

6 Коэффициенты четырехполюсника A, B, C, D в уравнениях А-формы определяются по соответствующим математическим моделям линии электропередачи. Установите соответствие выражений для определения только одного коэффициента (коэффициента A) каждой из перечисленных ниже моделей линии электропередачи (например, А – 3; Б – 4; ...).

Модель	Выражение для коэффициента <u>A</u>
А Уравнения длиной линии	1 $\text{ch}(\gamma_0 l)$
	2 $Z_C \cdot \text{sh}(\gamma_0 l)$
Б Уравнения идеальной линии	3 $\cos(\beta_0 l) jZ$
	4 $C \cdot \sin(\beta_0 l)$

В	Модель без учета распределенности параметров П-образной схемы замещения	5	$1 + \frac{z_0 y l^2}{2}$
Г	Модель без учета распределенности параметров Г-образной схемы замещения	6	$z_0 l$
		7	1

А – Б – В – Г –
7

Волновое сопротивление линии электропередачи равно:

$$\begin{array}{ll}
 \text{А – } Z_c = \sqrt{\frac{z_0 y}{y_0}} & \text{Г – } Z_c = \frac{z_0 y l^2}{2} \\
 \text{Б – } Z_c = \sqrt{\frac{z_0}{y_0}} & \text{Д – } Z_c = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}} \\
 \text{В – } Z_c = \sqrt{\frac{y_0}{z_0}} &
 \end{array}$$

Ответы _____.

8

Уравнения длинной линии записываются для фазных значений токов и напряжений:

$$\begin{array}{l}
 \underline{U}_{1\phi} = \underline{U}_{2\phi} + \underline{I}_2 \cdot \underline{Z}_c \\
 \underline{I}_1 = \underline{I}_2 + \underline{I}_c
 \end{array}$$

Запишите в угловые скобки выражения для коэффициентов, чтобы получить уравнения длинной линии

9

Электрические параметры моделей силовых трансформаторов учитывают различные физические явления и процессы, связанные с преобразованием и запасанием электрической и магнитной энергии. Установите соответствие между параметрами моделей силовых трансформаторов и процессами в трансформаторах (А – 3; Б – 4, 5; ...).

Параметры моделей трансформаторов		Явления и процессы	
А	Активное сопротивление обмоток фаз	1	Появление магнитного поля рассеивания
Б	Индуктивное сопротивление обмоток фаз	2	Гистерезис
В	Активная проводимость холостого хода	3	Протекание вихревых токов
Г	Индуктивная проводимость холостого хода	4	Нагревание проводов обмоток
		5	Намагничивание сердечника
		6	Магнитное последствие
		7	Нагревание сердечника

А – Б – В – Г –
10

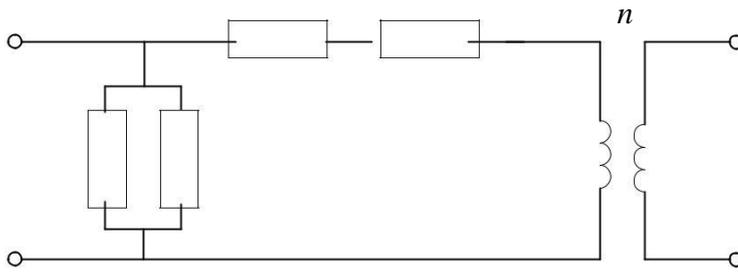
Уравнения силового трансформатора записываются для фазных значений токов и напряжений:

$$\begin{array}{l}
 \underline{U}_{1\phi} = \underline{U}_{2\phi} + \underline{I}_2 \cdot \underline{Z}_c \\
 \underline{I}_1 = \underline{I}_2 + \underline{I}_c
 \end{array}$$

(Запишите в угловые скобки выражения для коэффициентов, чтобы получить уравнения силового трансформатора)

11

Дорисуйте графические обозначения и проставьте обозначения параметров в схеме замещения трансформатора



12

При моделировании трансформаторов эквивалентными схемами для расчетов электрических сетей выполняются некоторые преобразования исходной схемы линейного трансформатора. При этом некоторые преобразования основаны на принятых допущениях, а другие преобразования допущениями не являются. В Г-образной схеме замещения трансформатора приняты допущения:

А – пренебрегают индуктивным сопротивлением обмоток Б – объединяют сопротивления обмоток по правилу последовательного соединения с приведением сопротивлений к одной из обмоток

В – Т-образную схему заменяют на Г-образную с переносом ветви проводимости холостого хода к стороне подключения питания Г – Т-образную схему заменяют на Г-образную с переносом ветви проводимости холостого хода к стороне подключения нагрузки

Д – выносят элемент идеальной трансформации из схемы соединения сопротивлений и проводимостей

Ответ _____

13

Отношения напряжений и токов обмоток трансформатора равны коэффициенту трансформации n (напишите в пустых клетках *ДА* или *НЕТ*)

Трансформатор	$\frac{U_1}{U_2}$	$\frac{I_2}{I_1}$
идеальный		
совершенный		
реальный		

14

Основные по доле потребления электрической энергии виды электрических приемников потребителей со смешанной нагрузкой – укажите три ответа А – двигатели постоянного тока Б – асинхронные двигатели В – лампы накаливания Г – энергосберегающие лампы Д – синхронные двигатели

Три ответа _____

15

Статические характеристики нагрузки отражают изменение:

А – напряжения на нагрузке в зависимости от тока нагрузки

Б – мощности нагрузки в зависимости от частоты В – частоты в зависимости от потребляемой мощности

Г – мощности нагрузки в зависимости от напряжения Д – напряжения на нагрузке в зависимости от потребляемой мощности

Ответы _____

16

У люминесцентных ламп регулирующий эффект для активной мощности примерно равен
 А – 1,6 Б – 1,7 В – 1,9 Г – 2,0 Д – 2,5

Ответ _____

17

При снижении напряжения на асинхронном двигателе реактивная мощность, вызванная потоками рассеивания, *растет (снижается)*, а намагничивающая мощность *снижается (растет)*

Зачеркните неправильные ответы.

18

Регулирующие эффекты нагрузки показывают А – степень изменения напряжения и частоты при изменении активной и реактивной мощности

Б – величину приращения активной мощности при изменении реактивной мощности В – степень изменения активной и реактивной мощности при изменении напряжения и частоты Г – величину приращения реактивной мощности при изменении активной мощности

Д – скорость изменения активной и реактивной мощности при изменении напряжения и частоты Ответы _____

19

Статические характеристики активной нагрузки (P) по напряжению (U) могут быть представлены зависимостью:

$$A \quad P(U) = \frac{S^2}{U^2} R$$

$$B \quad P(U) = \frac{U^2}{R}$$

$$B \quad P(U) = \frac{U^2}{Z}$$

Ответ _____

$$Г \quad P(U) = \sqrt{3} UI \cos \varphi$$

$$Д \quad P(U) = \frac{U^2}{G}$$

где R и G – активное сопротивление и активная проводимость схемы замещения нагрузки; Z – комплексное сопротивление схемы замещения нагрузки; I – ток нагрузки; $\cos \varphi$ – коэффициент мощности нагрузки.

20

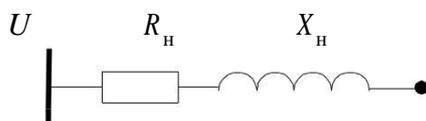


Схема замещения нагрузки представлена последовательно соединенными активным и реактивным сопротивлениями. Запишите формулы для вычисления этих сопротивлений, если известны напряжение на шинах нагрузки U и мощность нагрузки S_n .

(запишите две формулы – для R_n и X_n)

Формулы: _____

21

Составьте первую матрицу соединений M для графа сети (на графе нанесены номера вершин и ребер – в кружочках).



$\mathbf{M} =$

22

Первый закон Кирхгофа в матричной форме записывается в виде:

А $\mathbf{M}^T \mathbf{I} = \mathbf{J}$

Б $\mathbf{I} \mathbf{M} = \mathbf{J}$

В $\mathbf{M} \mathbf{J} = \mathbf{I}$

Г $\mathbf{M} \mathbf{I} = \mathbf{J}$

Д $\mathbf{M}^T \mathbf{J} = \mathbf{I}$

Ответ _____

23

Базисный узел это узел, в котором из 4-х режимных параметров (U, δ, P, Q) А – задана величина модуля напряжения и реактивная мощность U, Q

Б – заданы величины модуля и фазы напряжения U, δ ,

В – ничего не задано из перечисленных параметров

Г – заданы все из перечисленных параметров U, δ, P, Q

Д – заданы активная и реактивная мощности P, Q

Ответы _____

24

Задающий ток в узле i электрической сети складывается из токов: генерации (g), нагрузки (n) и тока в проводимости шунта узла (Y_N) и определяются по формуле:

А) $\underline{J}_i = \frac{S_{ri}^*}{\sqrt{3}U_i^*} + \frac{S_{ni}^*}{\sqrt{3}U_i^*} + \frac{UY_{Ni}}{\sqrt{3}}$

Г) $\underline{J}_i = \frac{S_{ri}^*}{\sqrt{3}U_i^*} - \frac{S_{ni}^*}{\sqrt{3}U_i^*} - \frac{UY_{Ni}}{\sqrt{3}}$

Б) $\underline{J}_i = \frac{S_{ri}^*}{\sqrt{3}U_i^*} - \frac{S_{ni}^*}{\sqrt{3}U_i^*} + \frac{UY_{Ni}}{\sqrt{3}}$

Д) $\underline{J}_i = \frac{S_{ri}^*}{\sqrt{3}U_i^*} + \frac{S_{ni}^*}{\sqrt{3}U_i^*} - \frac{UY_{Ni}}{\sqrt{3}}$

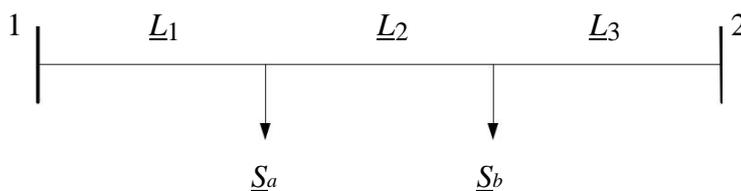
В) $\underline{J}_i = -\frac{S_{ri}^*}{\sqrt{3}U_i^*} + \frac{S_{ni}^*}{\sqrt{3}U_i^*} - \frac{UY_{Ni}}{\sqrt{3}}$

Ответ _____

25

Для эквивалентирования электрической сети, см. рис., между пунктами 1 и 2 выполняется преобразование схемы из четырехполюсников линий $\underline{L}_1, \underline{L}_2, \underline{L}_3$ и нагрузок \underline{S}_a и \underline{S}_b .

Полагая, что эти обозначения являются и обозначениями матриц коэффициентов уравнений четырехполюсников, записанных в А-форме, формула, по которой можно вычислить элементы матрицы коэффициентов эквивалентного четырехполюсника \underline{A} , запишется в виде:



Запишите формулу: $\underline{A} =$ _____

26

Чтобы записать уравнения четырехполюсника в Y -форме необходимо их выразить относительно:

A – $\underline{U}_1, \underline{I}_1$ Б – $\underline{U}_1, \underline{I}_2$ В – $\underline{U}_2, \underline{I}_2$ Г – $\underline{I}_1, \underline{I}_2$ Д – $\underline{U}_1, \underline{U}_2$

Ответ _____

27

5. Определение проводимости нагрузки, моделируемой схемой замещения, для узла i выполняется по формуле:

$$A \underline{Y}_{Ni} = \frac{\underline{S}_i^*}{\sqrt{3} \underline{U}_i^*}$$

$$Г \underline{Y}_{Ni} = \frac{\underline{S}_i}{\underline{U}_i^2}$$

$$Б \underline{Y}_{Ni} = \frac{\underline{S}_i^*}{\underline{U}_i^2}$$

$$Д \underline{Y}_{Ni} = \frac{\underline{S}_i^*}{\underline{U}_i^2}$$

$$В \underline{Y}_{Ni} = \frac{\underline{S}_i}{\underline{U}_i}$$

Ответ _____

28

Для уравнений четырехполюсника нагрузки, записанных в A -форме, матрица коэффициентов определяется в виде:

$$A \underline{A}_Y = \begin{pmatrix} \underline{Y}_N & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$Г \underline{A}_Y = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ \underline{Y}_N & 1 \end{pmatrix}$$

$$Б \underline{A}_Y = \begin{pmatrix} 1 & \underline{Y}_N \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$Д \underline{A}_Y = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \underline{Y}_N & 1 \end{pmatrix}$$

$$В \underline{A}_Y = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \underline{Y}_N \end{pmatrix}$$

Ответ _____

29

Существуют детерминированные и случайные физические процессы, которые принято подразделять на различные виды. Распределите названия видов процессов в пустых клетках, чтобы получилась классификация детерминированных и случайных процессов.

Детерминированные				Случайные		

30

Математическое ожидание и ковариационная функция случайного процесса могут быть найдены по реализациям случайного процесса осреднением по реализациям

$$m_X(t) =$$

$$R_X(t) =$$

Допишите формулы.

31

Установите соответствие примеров различных процессов их названиям, приведенным слева

Вид процесса

| |

Пример процесса

А $W(t) = W_0 e^{\frac{\alpha_0}{\gamma} (e^{-\gamma(t-t_0)} - 1)}$
 Б $y = \frac{a}{1 + be^{-cx}}$
 В $\ln W(t) = \ln W_0 + \alpha_0 e^{-\gamma t}$
 Г $\ln W(t) = \ln W_0 + \alpha_0 (t - t_0)$
 Д $\frac{d \ln W(t)}{dt} = \alpha_0 e^{-\gamma(t-t_0)}$

Неправильный ответ _____

37

График реактивной мощности А – всегда в точности повторяет конфигурацию графика активной мощности
 Б – определяется потреблением реактивной мощности асинхронными двигателями В – для промышленной нагрузки имеет утренний максимум больше вечернего Г – для бытовой нагрузки имеет утренний максимум больше вечернего Д – для бытовой нагрузки имеет утренний максимум меньше вечернего

Ответы _____

38

Прогнозирование суточного графика нагрузки производится путем прогнозирования выделенных А – тренда и периодической составляющей
 Б – тренда и случайной составляющей В – тренда, периодической и случайной составляющей
 Г – периодической и случайной составляющей Д – регулярных составляющих

Ответы _____

39

Суточные графики промышленной нагрузки имеют А – сильно выраженные утренний и вечерний максимумы Б – вечерний максимум больше утреннего В – утренний максимум больше вечернего
 Г – минимальную нагрузку 70-80 % от максимальной Д – минимальную нагрузку 50-60 % от максимальной

Ответы _____

40

Коэффициент заполнения суточного графика нагрузки вычисляется по формуле (укажите один правильный ответ)

А) $\beta = \frac{W_{\text{а.сут}}}{24P_{\text{ср}}}$ Б) $\beta = \frac{W_{\text{а.сут}}}{P_{\text{ср}}}$ В) $\beta = \frac{W_{\text{а.сут}}}{24P_{\text{max}}}$ Г) $\beta = \frac{W_{\text{а.сут}}}{P_{\text{max}}}$ Д)

$\beta = \frac{P_{\text{max}}}{W_{\text{а.сут}}}$

Ответ _____

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный тест считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на тестовые задания не дает правильных ответов для большинства тестовых заданий

(ответы даны менее, чем на 50% вопросов), оценка составляет *от 0 до 19 баллов*.

- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на пороговом уровне, если студент при ответе на тестовые задания для большинства тестовых заданий дает правильные ответы, например, вычислительные, оценка составляет *от 20 до 29 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **базовом** уровне, если при ответе на тестовые задания указывает правильные ответы в закрытых тестовых заданиях, в общем правильно формулирует ответы и выполняет задания в открытых тестовых заданиях, оценка составляет *от 30 до 35 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на продвинутом уровне, если на тестовые задания указывает все правильные ответы в закрытых тестовых заданиях, правильно формулирует ответы и выполняет задания в открытых тестовых заданиях, оценка составляет от 36 до 40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Моделирование в электроэнергетике»

Дидактическая единица №1.

1. *Процесс решения задач. Роль моделей при решении задач. Схема познания человеком окружающего мира. «Заместитель» объекта – модель. Понятие модели и решаемые задачи. Фундаментальное свойство модели. «Точная» модель. Условия и требования задачи.*
2. *Классификация моделей. Способы классификации моделей. Классификация по классам задач. Классификация по области использования модели. Классификация по представлению моделей. Физические модели. Идеальные модели. Математические модели.*
3. *Переменные в математических моделях. Признаки, по которым различают переменные, входящие в математическую модель. Входные и выходные переменные. Прямые и обратные задачи исследования объекта по его математической модели. Подверженность переменных воздействию случайных факторов. Дискретные и непрерывные переменные. Наблюдаемые и ненаблюдаемые переменные. Типы ограничений, накладываемых на модельные переменные.*
4. *Адекватность и эффективность моделей. Требование полноты соответствия модели объекту-оригиналу. Простота модели. Эффективная (практически полезная) модель. Оценки точности модели.*
5. *Свойства объектов моделирования. Структура объекта моделирования Структура модели объекта. Свойства объектов с точки зрения моделирования. Время внутренней памяти объекта.*
6. *Математические модели объектов на микроуровне. Распределенные объекты – объекты с распределенными параметрами. Фундаментальные физические законы. Общая формулировка фундаментальных законов. Общий вид уравнений большинства распределенных моделей. Вид уравнения непрерывности гидродинамики. Вид уравнения теплопроводности. Уравнение непрерывности электрического тока.*
7. *Моделирование на макроуровне. Переход от распределенных параметров к сосредоточенным.. Фазовые переменные для различных физических систем.*

Компонентные и топологические уравнения электрических, механических, механических вращательных, гидравлических и тепловых систем.

8. *Моделирование на метауровне.* Допущения, вводимые при моделировании объектов на метауровне. Факторные модели, функциональное моделирование и эквивалентирование.
9. *Физические процессы и их классификация.* Физические процессы. Детерминированные и случайные физические процессы. Классификация
10. *Свойства детерминированных и случайных физических процессов.* Характеристики детерминированных процессов. Основные понятия случайных процессов. Определение числовых характеристик случайных процессов.
11. *Процесс описания объектов моделирования.* Процесс модельного исследования. Формулировка целей и задачи. Аналитическое описание или идентификация? Особенности процесса моделирования.
12. *Аналитические модели технических объектов.* Факторы, определяющие возможность теоретического подхода к построению модели.
13. *Метод идентификации технических объектов.* Понятие черного ящика. Степени прозрачности черного ящика и задачи идентификации. Два различных подхода к задаче идентификации. Схема идентификации объекта.
14. *Выбор структуры математической модели и вычисление ее параметров.* Оценка погрешности математической модели. Обобщенный многочлен. Степенной и тригонометрический полиномы. Задачи интерполяции и аппроксимации. Линейная, общая (нелинейная) и полиномиальная регрессии. Подбор аппроксимирующих функций. Функции, допускающие преобразование к линейной форме относительно коэффициентов в задаче аппроксимации.

Дидактическая единица №2.

15. *Математическая модель линии с распределенными параметрами.* Свойства воздушной ЛЭП. Уравнения Кирхгофа для выделенного бесконечно малого участка линии. Запись уравнений длинной линии. Расчетные параметры, входящие в уравнения длинной линии. Длина волны и скорость перемещения волн в длинной линии. Идеальная линия электропередачи. Уравнения идеальной линии.
16. *Математические модели линии в виде схем замещения.* Уравнение четырехполюсника для ЛЭП. Связь между параметрами уравнений четырехполюсника и параметрами П-образной схемы замещения.
17. *Упрощенные модели ЛЭП.* Уравнения ЛЭП без учета распределенности параметров линии. Модель с сосредоточенными параметрами Г-образной схемы замещения.
18. *Электрические и магнитные свойства и параметры силового трансформатора.* Основные элементы силового трансформатора. Конструкции и виды охлаждения трансформаторов. Физические процессы в трансформаторе.
19. *Математические модели силовых трансформаторов.* Уравнения Кирхгофа для обмоток трансформатора. Переход к Т-образной схеме замещения. Параметры схемы замещения, учитывающие потери в магнитопроводе. Идеальный, совершенный и реальный трансформаторы.
20. *Г-образная и П-образная схемы замещения трансформатора.* Схема замещения двузобмоточного трансформатора с эквивалентным сопротивлением его обмоток – Г-образна схема замещения. Упрощенная Г-образная схема замещения трансформатора. П-образная схема замещения трансформатора.

21. *Статические характеристики электрической нагрузки.* Виды электрических приемников и электрических нагрузок. Понятие статических характеристик нагрузок по частоте и напряжению. Регулирующие эффекты. Статические характеристики и регулирующие эффекты асинхронных двигателей, синхронных двигателей, осветительной нагрузки, печей сопротивления и дуговых печей, компенсирующих устройств.
22. *Моделирование электрических нагрузок.* Вид математических моделей статических характеристик нагрузок. Схемы замещения нагрузок. Области использования различных моделей нагрузок.

Дидактическая единица №3.

23. *Основы теории графов.* Определение графа. Основные понятия теории графов. Матрицы соединений и смежности.
24. *Применение теории графов для моделирования электрических сетей.* Представление элементов схем электрических сетей с помощью графов. Моделирование топологии схем электрических сетей. Многослойные графы.
25. *Матричные формы моделей электрических сетей и их режимов.* Матрицы параметров схем электрических сетей и их режимов. Модель узла электрической сети.
26. *Узловые уравнения установившегося режима.* Законы линейных электрических цепей в матричной форме. Уравнение узловых напряжений в матричной форме записи. Понятие задающего тока. Понятия балансирующего и базисного узлов.
27. *Формы линейных уравнений узловых напряжений и их решение.* Уравнения с представлением нагрузок в виде схем замещения – проводимостями нагрузки. Блочные уравнения с вещественными переменными.
28. *Нелинейные уравнения установившегося режима электрической сети.* Матричная запись задающей мощности в узле электрической сети. Матричное уравнение установившегося режима в нелинейной форме. Разделение уравнений с комплексными переменными на уравнения с вещественными переменными. Полярная и тригонометрическая формы записи уравнений установившегося режима.
29. *Моделирование генераторных узлов электрической сети.* Способы моделирования генераторных узлов. Запись уравнений установившегося режима при несовпадении базисного и балансирующего узлов.
30. *Эквивалентирование схем электрических сетей.* Понятие эквивалента, узлы примыкания и ветви примыкания. Критерии эквивалентности.
31. *Моделирование схем электрических сетей с помощью четырехполюсников.* Виды записи уравнений четырехполюсников. Схемы замещения четырехполюсников, используемые в расчетах электрических сетей
32. *Использование четырехполюсников для эквивалентирования схем электрических сетей.* Каскадно-параллельные преобразования. Представление нагрузки в виде четырехполюсника.

Дидактическая единица №4.

33. *Методологические основы прогнозирования.* Переменные состояния и интенсивности. Разделение прогноза по срокам прогнозирования. Характеристики различных видов прогноза. Методы прогнозирования.
34. *Экспоненциальная модель прогнозирования энергопотребления.* Исходное уравнение для построения экспоненциальной модели. Определение константы - параметра, отражающего темп процесса. Применение экспоненциальной модели для

прогнозирования годового электропотребления.

35. *Логистическая модель прогнозирования энергопотребления.* Исходные предпосылки появления логистической модели. Вывод логистической модели. Другие виды логистической модели.
36. *Прогнозирование случайных процессов.* Время корреляции. Дисперсия ошибки прогноза. Три простых метода прогнозирования случайных процессов. Оценка погрешности методов. Сравнительная характеристика и области использования методов.
37. *Прогнозирование суточных графиков электрической нагрузки ЭЭС.* Факторы, влияющие на режим потребления электрической энергии. Суточные графики нагрузок: суточные и летние, бытовой и промышленной нагрузки. Влияние сезонных и погодных условий. Суточные графики реактивной мощности.
38. *Анализ временных рядов.* Понятие временного ряда. Разделения временного ряда на регулярные и случайную составляющие. Понятие тренда. Дисперсии гармоник периодической составляющей. Ошибка прогноза.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Моделирование в электроэнергетике», 6 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны построить математическую модель простейшей электрической сети в виде эквивалентного четырехполюсника и вычислить напряжение и ток в начале (конце) эквивалентной схемы. Сопоставить величины мощностей пункта питания (генерации) и нагрузки и оценить потери мощности в сети (активной и реактивной). Построить линейную математическую модель режима электрической сети и вычислить напряжения в узлах схемы сети.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны провести анализ структуры заданной сети, освоить принципы определения параметров элементов сети (линии электропередачи, трансформатора, нагрузки) в соответствии с исходными данными, найти параметры четырехполюсников, выполнить эквивалентирование и определить параметры эквивалентного четырехполюсника.

Студенты должны рассчитать режим электрической сети по заданному графу сети, по линейной модели установившегося режима. Вычислить модули узловых напряжений, токи в продольных ветвях графа сети, потоки мощности в начале и конце ЛЭП и потери в ЛЭП. Проверить баланс мощности в сети.

Обязательные структурные части РГЗ.

РГЗ состоит из двух блоков: блок 1, блок 2. Каждому из блоков соответствует свое задание (см. пункт 4) и порядок его выполнения. РГЗ в целом состоит из перечисленных ниже структурных частей.

1. Исходные данные
Определение коэффициентов четырехполюсников элементов сети в А-форме.
2. Определение порядка перемножения матриц коэффициентов.
3. Определение параметров эквивалентного четырехполюсника.
4. Сопоставление величины мощностей пункта питания (генерации) и нагрузки и оценка потерь мощности в сети (активной и реактивной).
5. Матрицы инцидентий узлов и ветвей для заданного графа электрической сети.
6. Матрица узловых проводимостей.
7. Матрицы напряжений в начале и конце ветвей, токов ветвей.
8. Мощности начал и концов ветвей.
9. Потери мощностей ветвей.
10. Определение погрешностей.
11. Выводы.

Оцениваемые позиции:

1. Выполнение и оформление пояснительной записки.
2. Устная защита РГЗ(Р) по приведённым ниже вопросам:
 - 2.1. Цель РГР.
 - 2.2. Представление элементов сети четырехполюсниками, определение параметров эквивалентного четырехполюсника.
 - Операции с четырехполюсниками.

- Расчет параметров режима методом многополюсника.
- 2.3. Применение теории графов в расчете режимов электрической сети.
- Матрицы инциденций.
 - Матрица узловых проводимостей.
 - Расчет режима электрической сети с применением теории графов.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует блок №1 или блок №2, нет промежуточных результатов, расчетные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям (Mathcad), оценка составляет 0 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: анализ объекта выполнен без рекомендуемых составных частей, промежуточные результаты не вполне отвечают физическим представлениям, даны ответы менее, чем на 50% вопросов или защита состоялась не в срок, оценка составляет от 0 до 10 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, промежуточные результаты обоснованы и не противоречат физическим представлениям, алгоритмы не оптимизированы, при устной защите РГЗ(Р) даны ответы большую часть вопросов, оценка составляет от 11 до 15 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, промежуточные результаты обоснованы и не противоречат физическим представлениям, расчеты соответствуют заданию и оптимизированы, при устной защите РГЗ(Р) даны исчерпывающие ответы на вопросы, оценка составляет от 16 до 20 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень тем РГЗ(Р).

Блок № 1

Расчет режима электрической сети методом многополюсника

Цель. Ознакомление с моделированием элементов электрических сетей четырехполюсниками, эквивалентированием и расчетом параметров установившегося режима с применением метода многополюсника.

Задание

Построить математическую модель простейшей электрической сети в виде эквивалентного четырехполюсника и вычислить напряжение и ток в начале (конце) эквивалентной схемы. Сопоставить величины мощностей пункта питания (генерации) и нагрузки и оценить потери мощности в сети (активной и реактивной).

Указания

1. Предварительно следует вычислить коэффициенты четырехполюсников всех элементов сети в А-форме и определить порядок перемножения матриц коэффициентов. Рекомендуется свести рассчитанные коэффициенты четырехполюсников в таблицу.
2. При перемножении матриц комплексных коэффициентов четырехполюсников их можно представить в форме матриц с вещественными элементами, тогда каждое комплексное число будет матрицей второго порядка, например,
3. В случае, когда в четырехполюснике вход и выход меняются местами, то в уравнении четырехполюсника с А-параметрами следует поменять местами коэффициенты A и D . Для симметричных схем (ЛЭП) это не имеет значения, так как $A = D$, а для трансформаторов,

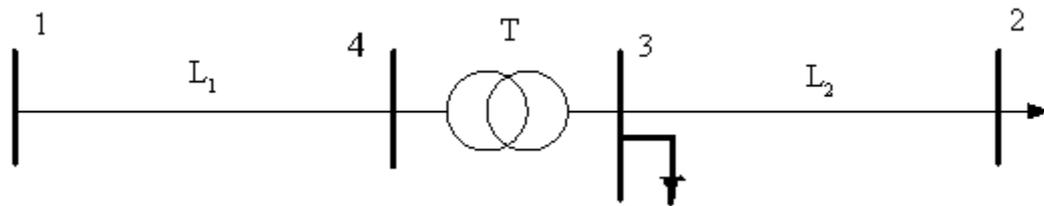
когда, например, вместо понижающего трансформатора устанавливается повышающий ($a > 1$), коэффициенты следует изменить.

Исходные данные:

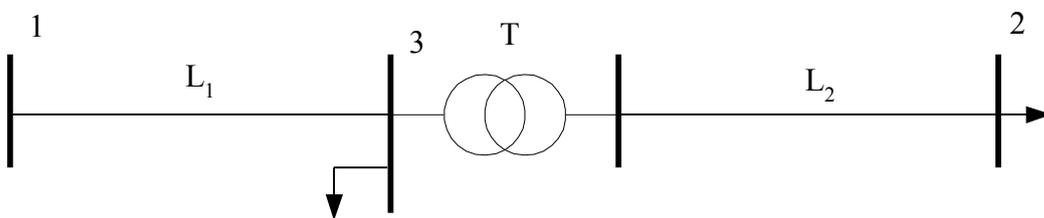
- Схема сети, состоящий из ЛЭП, трансформаторов и нагрузок.
- Длины ЛЭП и удельные параметры ЛЭП.
- Паспортные параметры трансформаторов.
- Мощности нагрузок и напряжения на их шинах.

ВАРИАНТЫ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ К БЛОКУ № 1

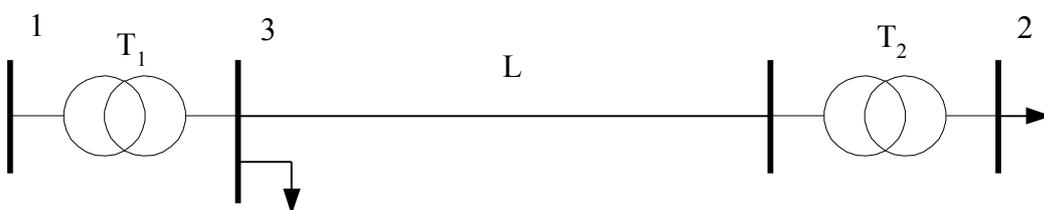
Вариант I



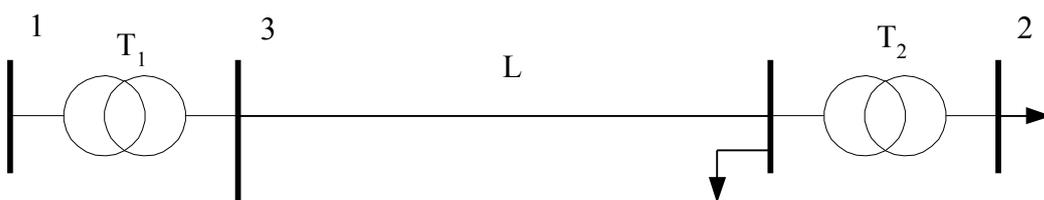
Вариант II



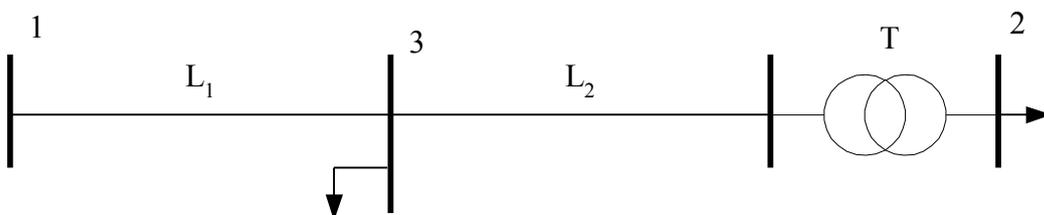
Вариант III



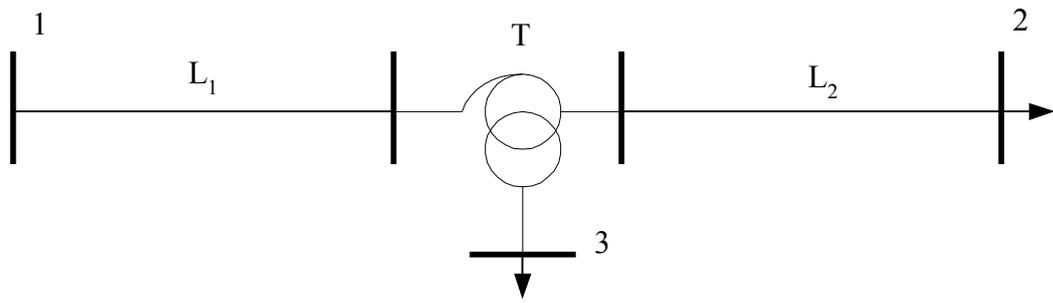
Вариант IV



Вариант V



Вариант VI



ВАРИАНТЫ ПАРАМЕТРОВ ЛЭП И ТРАНСФОРМАТОРОВ ДЛЯ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ К БЛОКУ № 1

Вариант I.1 Схема: L₁ - Т - L₂

Трансформатор - Т

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _х , кВт	ΔQ _х , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-167000	1	3x167000	500	230	3x125	3x2004	1,0	61,1

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 500	3АС-500/64	230	1	0,02	0,304	0,08	3,64
L ₂ - 220	АС-300/66	160	1	0,098	0,429	0	2,6

Мощности нагрузок: S₂ = 70 + j40 МВ·А, S₃ = 170 + j60 МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 210 кВ.

Вариант I.2 Схема: L₁ - Т - L₂

Трансформатор - Т

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _х , кВт	ΔQ _х , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-267000	1	3x267000	500	230	3x160	3x2803	0,6	39,0

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 500	3АС-300/66	270	1	0,034	0,310	0,15	3,97
L ₂ - 220	3АС-300/66	60	1	0,098	0,429	0	2,6

Мощности нагрузок: S₂ = 80 + j50 МВ·А, S₃ = 160 + j70 МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 214 кВ.

Вариант I.3 Схема: L₁ - Т - L₂

Трансформатор - Т

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _х , кВт	ΔQ _х , квар	R, Ом	X, Ом
АТДЦТН-125000	1	125000	230	121	85	625	1,1	59,2

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 220	АС-300/39	70	1	0,098	0,429	0	2,64
L ₂ - 110	АС-185/29	40	1	0,162	0,413	0	2,81

Мощности нагрузок: S₂ = 30 + j20 МВ·А, S₃ = 50 + j30 МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 112 кВ.

Вариант II.1 Схема: L₁ - Т - L₂

Трансформатор - Т

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _х , кВт	ΔQ _х , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-167000	1	3x167000	500	230	3x125	3x2004	1,0	61,1

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 500	3АС-500/64	220	1	0,02	0,304	0,08	3,64

L ₂ - 220	АС-300/66	160	1	0,098	0,429	0	2,6
----------------------	-----------	-----	---	-------	-------	---	-----

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 60 + j30$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 210 + j110$ МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: $U_2 = 208$ кВ.

Вариант II.2 Схема: L₁ - Т - L₂

Трансформатор - Т

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _x , кВт	ΔQ _x , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-267000	1	3x267000	500	230	3x160	3x2803	0,6	39,0

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 500	3АС-300/66	250	1	0,034	0,310	0,15	3,97
L ₂ - 220	АС-300/66	60	1	0,098	0,429	0	2,6

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 70 + j50$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 180 + j90$ МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: $U_2 = 212$ кВ.

Вариант II.3 Схема: L₁ - Т - L₂

Трансформатор - Т

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _x , кВт	ΔQ _x , квар	R, Ом	X, Ом
АТДЦТН-125000	1	125000	230	121	85	625	1,1	59,2

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 220	АС-300/39	60	1	0,098	0,429	0	2,64
L ₂ - 110	АС-185/29	40	1	0,162	0,413	0	2,81

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 40 + j20$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 60 + j30$ МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: $U_2 = 112$ кВ.

Вариант III.1 Схема: T₁ - L - T₂

Трансформаторы – T₁ и T₂

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _x , кВт	ΔQ _x , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-167000	1	3x167000	500	230	3x125	3x2004	1,0	61,1
3АОДЦТН-167000	1	3x167000	500	230	3x125	3x2004	1,0	61,1

Линия электропередачи – L

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L - 500	3АС-500/64	220	1	0,02	0,304	0,08	3,64

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 60 + j30$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 210 + j110$ МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 208 кВ.

Вариант III.2 Схема: T₁ - L - T₂

Трансформаторы – T₁ и T₂

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _x , кВт	ΔQ _x , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-267000	1	3x267000	500	230	3x160	3x2803	0,6	39,0
3АОДЦТН-267000	1	3x267000	500	230	3x160	3x2803	0,6	39,0

Линия электропередачи – L

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L - 500	3АС-500/64	180	1	0,02	0,304	0,08	3,64

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 60 + j30$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 210 + j110$ МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 210 кВ.

Вариант III.3 Схема: T₁ - L - T₂

Трансформаторы – T₁ и T₂

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _x , кВт	ΔQ _x , квар	R, Ом	X, Ом
АТДЦТН-125000	1	125000	230	121	85	625	1,1	59,2
АТДЦТН-125000	1	125000	230	121	85	625	1,1	59,2

Линия электропередачи – L

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L - 220	АС-300/39	60	1	0,098	0,429	0	2,64

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 60 + j30$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 68 + j42$ МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 118 кВ.

Вариант IV.1 Схема: T₁ - L - T₂

Трансформаторы – T₁ и T₂

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _х , кВт	ΔQ _х , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-167000	1	3x167000	500	230	3x125	3x2004	1,0	61,1
3АОДЦТН-167000	1	3x167000	500	230	3x125	3x2004	1,0	61,1

Линия электропередачи – L

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L - 500	3АС-500/64	200	1	0,02	0,304	0,08	3,64

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 80 + j40$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 220 + j140$ МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 205 кВ.

Вариант IV.2 Схема: T₁ - L - T₂

Трансформаторы – T₁ и T₂

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _х , кВт	ΔQ _х , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-267000	1	3x267000	500	230	3x160	3x2803	0,6	39,0
3АОДЦТН-267000	1	3x267000	500	230	3x160	3x2803	0,6	39,0

Линия электропередачи – L

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L - 500	3АС-500/64	160	1	0,02	0,304	0,08	3,64

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 60 + j30$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 270 + j110$ МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 212 кВ.

Вариант IV.3 Схема: T₁ - L - T₂

Трансформаторы – T₁ и T₂

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _х , кВт	ΔQ _х , квар	R, Ом	X, Ом
АТДЦТН-125000	2	125000	230	121	85	625	1,1	59,2
АТДЦТН-125000	2	125000	230	121	85	625	1,1	59,2

Линия электропередачи – L

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L - 220	АС-300/39	70	2	0,098	0,429	0	2,64

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 120 + j60$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 70 + j40$ МВ·А.

Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 110 кВ.

Вариант V.1 Схема: L₁ - L₂ - T

Трансформатор - T

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _x , кВт	ΔQ _x , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-167000	1	3x167000	500	230	3x125	3x2004	1,0	61,1

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 500	3АС-500/64	220	1	0,02	0,304	0,08	3,64
L ₂ - 500	3АС-500/64	160	1	0,02	0,304	0,08	3,64

Мощности нагрузок: S₂ = 70 + j30 МВ·А, S₃ = 200 + j100 МВ·А.Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 208 кВ.**Вариант V.2 Схема: L₁ - L₂ - T**

Трансформатор - T

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _x , кВт	ΔQ _x , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-267000	1	3x267000	500	230	3x160	3x2803	0,6	39,0

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 500	3АС-300/66	250	1	0,034	0,310	0,15	3,97
L ₂ - 500	3АС-300/66	120	1	0,034	0,310	0,15	3,97

Мощности нагрузок: S₂ = 80 + j40 МВ·А, S₃ = 170 + j80 МВ·А.Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 212 кВ.**Вариант V.3 Схема: L₁ - L₂ - T**

Трансформатор - T

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _x , кВт	ΔQ _x , квар	R, Ом	X, Ом
АТДЦТН-125000	1	125000	230	121	85	625	1,1	59,2

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 220	АС-300/39	60	1	0,098	0,429	0	2,64
L ₂ - 220	АС-240/32	40	1	0,121	0,435	0	2,6

Мощности нагрузок: S₂ = 50 + j20 МВ·А, S₃ = 70 + j30 МВ·А.Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 112 кВ.

Вариант VI.1 Схема: L₁ – Т – L₂

Трансформатор - Т

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _х , кВт	ΔQ _х , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-167000	1	3x167000	500	230	3x125	3x2004	1,0	61,1

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 500	3АС-500/64	220	1	0,02	0,304	0,08	3,64
L ₂ - 500	3АС-500/64	160	1	0,02	0,304	0,08	3,64

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 70 + j30$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 200 + j100$ МВ·А.Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 208 кВ.**Вариант VI.2 Схема: L₁ – Т – L₂**

Трансформатор - Т

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _х , кВт	ΔQ _х , квар	R, Ом	X, Ом
3АОДЦТН-267000	1	3x267000	500	230	3x160	3x2803	0,6	39,0

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 500	3АС-300/66	250	1	0,034	0,310	0,15	3,97
L ₂ - 500	3АС-300/66	120	1	0,034	0,310	0,15	3,97

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 80 + j40$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 170 + j80$ МВ·А.Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 212 кВ.**Вариант VI.3 Схема: L₁ – Т – L₂**

Трансформатор - Т

Тип	Количество	S _{ном} , кВА	U _{вн} , кВ	U _{нн} , кВ	ΔP _х , кВт	ΔQ _х , квар	R, Ом	X, Ом
АТДЦТН-125000	1	125000	230	121	85	625	1,1	59,2

Линии электропередачи – L₁ и L₂

ЛЭП - U _{ном} , кВ	Марка провода	Длина, км	Количество цепей	r ₀ , Ом/км	x ₀ , Ом/км	g ₀ , мкСм/км	b ₀ , мкСм/км
L ₁ - 220	АС-300/39	60	1	0,098	0,429	0	2,64
L ₂ - 220	АС-240/32	40	1	0,121	0,435	0	2,6

Мощности нагрузок: $\underline{S}_2 = 50 + j20$ МВ·А, $\underline{S}_3 = 70 + j30$ МВ·А.Напряжение на шинах нагрузки 2: U₂ = 112 кВ.

Блок № 2

Расчет режима электрической сети по линейной модели

Цель. Ознакомление с линейной математической моделью режима электрической сети и расчетом параметров установившегося режима с применением теории графов.

Задание

Рассчитать режим электрической сети по линейной модели установившегося режима. Вычислить узловые напряжения, токи в продольных ветвях графа сети, потоки мощности в начале и конце ЛЭП и потери в ЛЭП. Проверить баланс мощностей в сети.

Указания

- 1) Все ветви графа сети являются одноцепными линиями электропередачи на напряжение 220 кВ.
- 2) Все провода одной марки АС-240/32.
- 3) Нумерацию узлов произвести слева направо, сверху вниз. Базисному балансирующему узлу присвоить последний номер. Ветви пронумеровать в произвольном порядке и для каждой из них придать направление.
- 4) Если заданы полные мощности узлов, то коэффициенты мощности взять равными 0,9.
- 5) Напряжение базисного узла взять на 10 % выше номинального напряжения сети.

Исходные данные:

- Граф сети, состоящий из ЛЭП.
- Длины ЛЭП.
- Задающие мощности узлов.
- Напряжение базисного узла.

ВАРИАНТЫ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ К БЛОКУ №2

