



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ МАТЕМАТИКИ В  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ***

Направление подготовки (специальность)  
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Менеджмент в электроэнергетике

Уровень высшего образования - магистратура

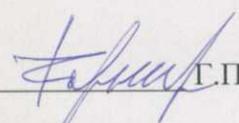
Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Электроснабжения промышленных предприятий
Курс	1
Семестр	1

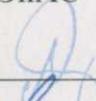
Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень магистратуры) (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 147)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий 17.02.2020, протокол № 7

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  Г.П. Корнилов

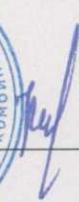
Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС 26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_  С.И. Лукьянов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ЭПП, канд. техн. наук \_\_\_\_\_  А.В. Варганова

Рецензент:

начальник ЦЭСиП ПАО «ММК», канд. техн. наук \_\_\_\_\_  Н.А. Николаев



## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Электроснабжения промышленных предприятий

Протокол от 02. 09. 2020 г. № 1

Зав. кафедрой Г.П. Корнилов Г.П. Корнилов

---

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

состоят в ознакомлении магистрантов с теоретическими и практическими разделами математики необходимыми в профессиональной деятельности, связанной с научно-исследовательской и проектно-конструкторской работой.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина **Дополнительные главы математики в электроэнергетике и электротехнике** входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Дисциплина изучается в 1 семестре. Успешное усвоение материала предполагает знание студентами основных положений математики.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Моделирование электротехнических комплексов и систем

Оптимальные режимы работы генерирующих источников

Управление режимами электроэнергетических систем

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Дополнительные главы математики в электроэнергетике и электротехнике» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен самостоятельно выполнять исследования, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности
ПК-1.1	Определяет под руководством специалиста более высокой квалификации содержание и требования к результатам исследовательской, проектной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП на основе изучения тенденций развития соответствующей области научного знания, запросов рынка труда, образовательных потребностей и возможностей обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП
ПК-1.2	Выполняет поручения по организации научно-исследовательской, проектной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП
ПК-1.3	Выполняет поручения по организации научных конференций, конкурсов проектных и исследовательских работ обучающихся

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 36,1 акад. часов;
- аудиторная – 36 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,1 акад. часов
- самостоятельная работа – 35,9 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1								
1.1 Применение матричной алгебры для расчетов электрических сетей.	1			12/4И	7	Индивидуальное задание (ИЗ) -1, ИЗ-3, 4, 5, Подготовка к АКР - 1	Проверка индивидуальных заданий 1,3-5; контрольная работа №1; устный опрос	ПК-1.2
Итого по разделу				12/4И	7			
2. Раздел 2								
2.1 Применение теории графов в расчетах электрических сетей.	1			12/4И	7	ИЗ-2	Проверка индивидуальных заданий 2; устный опрос	ПК-1.2
Итого по разделу				12/4И	7			
3. Раздел 3								
3.1 Методы оптимизации в энергетике.	1			12/4И	11,9	ИЗ-6,ИЗ-7, Подготовка к АКР-2	Проверка индивидуальных заданий 6-7; контрольная работа №2; устный опрос	ПК-1.2
Итого по разделу				12/4И	11,9			
4. Подготовка к промежуточной аттестации								
4.1 Подготовка к зачету	1					Подготовка вопросов к зачету по дисциплине	Зачет	ПК-1.2
Итого по разделу					10			
Итого за семестр				36/12И	25,9		зачёт	
Итого по дисциплине				36/12И	35,9		зачет	

## 5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Дополнительные главы математики» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Дополнительные главы математики» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

При проведении практических занятиях используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе подготовки расчетно-графических работ, при решении задач на практических занятиях, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) Основная литература:

1. Папков, Б. В. Теория систем и системный анализ для электроэнергетиков : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Б. В. Папков, А. Л. Куликов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 470 с. — (Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-00721-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://www.biblio-online.ru/bcode/434717> (дата обращения: 29.09.2020). — Режим доступа: по подписке.

### б) Дополнительная литература:

1. Дискретная математика : учебное пособие для вузов / Д. С. Ананичев [и др.]. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 108 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08214-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <http://www.biblio-online.ru/bcode/453433> (дата обращения: 29.09.2020). — Режим доступа: по подписке.

2. Малафеев, А. В. Программное обеспечение систем электроснабжения. Исследование и моделирование систем электроснабжения : учебное пособие / А. В. Малафеев, О. В. Газизова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1478.pdf&show=dcatalogues/1/1124005/1478.pdf&view=true> (дата обращения: 29.09.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

### в) Методические указания:

Методические указания для выполнения отдельных заданий приведены в Приложении 3 к РПД

### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

#### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
-----------------	------------	------------------------

MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое ПО	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - доска, мультимедийный проектор, экран.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся - персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
3. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования - стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

(обязательное)

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Дополнительные главы математики в электроэнергетике и электротехнике» предусмотрено проведение двух аудиторных и 6 индивидуальных заданий для обучающихся.

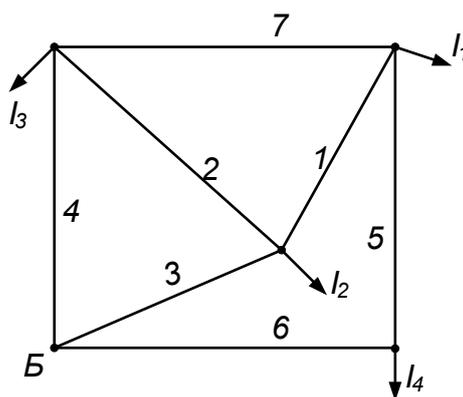
#### Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):

##### АКР №1 «Применение матричной алгебры для расчетов электрических сетей»

Определить параметры установившегося режима (токи в ветвях и напряжения в узловых точках) электроэнергетической системы, схема которой представлена на рисунке, если:

- напряжение в балансирующем узле схемы – 220 В.
- сопротивления ветвей:  $Z_{B1}=6$  Ом;  $Z_{B2}=2$  Ом;  $Z_{B3}=1$  Ом;  $Z_{B4}=3$  Ом;  $Z_{B5}=3$  Ом;  $Z_{B6}=1$  Ом;  $Z_{B7}=5$  Ом.
- нагрузки в узлах схемы:  $I_1=5$  А;  $I_2=8$  А;  $I_3=12$  А;  $I_4=10$  А.

Проверить полученное в результате расчета токораспределение на основе первого закона Кирхгофа.



##### АКР №2 «Методы оптимизации в энергетике»

Решить транспортную задачу методом северо-западного угла и методом минимальной стоимости

3	250	100	200	350	200	100	50	200	150	100	150
150	5	10	6	7	3	2	4	7	1	5	6
200	3	5	11	6	14	10	8	4	5	6	8
400	4	3	2	8	1	3	9	7	7	12	13
100	2	10	2	9	2	14	10	8	8	15	6
520	1	8	5	10	5	5	11	9	9	1	8
300	8	9	14	12	6	6	3	3	1	5	9
180	8	10	12	13	9	7	2	4	5	3	10

#### Примерные индивидуальные задания (ИЗ):

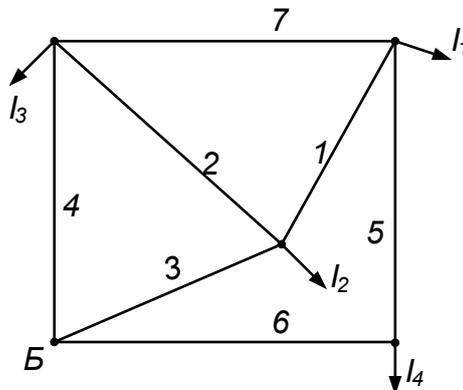
##### ИЗ №1

1. Сложить, перемножить и транспонировать приведенные ниже матрицы А и В.
2. Найти определитель матрицы А, найти обратную матрицу А

$$A = \begin{pmatrix} 4 & 1 & -2 \\ 0 & 3 & 10 \\ 6 & -5 & 7 \end{pmatrix}; \quad B = \begin{pmatrix} 10 & 0 & 5 \\ -2 & 7 & 4 \\ 8 & 9 & -1 \end{pmatrix}$$

### ИЗ №2

Составить направленный граф для приведенной ниже электрической сети



### ИЗ №3

На основании задания, приведенного в приложении 1 определить параметры установившегося режима прямым методом.

### ИЗ №4

На основании задания, приведенного в приложении 1 определить параметры установившегося режима методом контурных уравнений.

### ИЗ №5

На основании задания, приведенного в приложении 1 определить параметры установившегося режима методом узловых напряжений.

### ИЗ №6

Решите транспортную задачу методом северо-западного угла.

### ИЗ №7

Решите транспортную задачу методом минимальной стоимости.

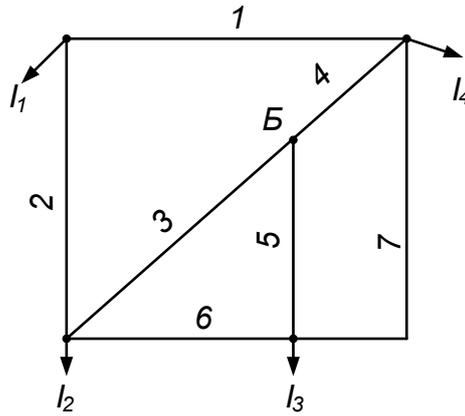
## Задания к расчетно-графической работе №1

### Вариант 1

Определить параметры установившегося режима (токи в ветвях и напряжения в узловых точках) электроэнергетической системы, схема которой представлена на рисунке, если:

- напряжение в балансирующем узле схемы – 35 кВ.
- сопротивления ветвей:  $Z_{B1}=3$  Ом;  $Z_{B2}=4$  Ом;  $Z_{B3}=2$  Ом;  $Z_{B4}=3$  Ом;  $Z_{B5}=1$  Ом;  $Z_{B6}=3$  Ом;  $Z_{B7}=4$  Ом.
- нагрузки в узлах схемы:  $I_1=200$  А;  $I_2=300$  А;  $I_3=300$  А;  $I_5=450$  А.

Проверить полученное в результате расчета токораспределение на основе первого закона Кирхгофа.

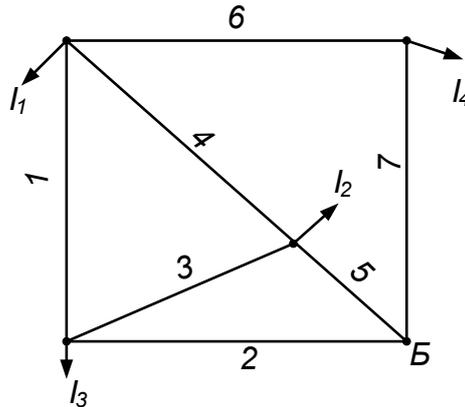


### Вариант 2

Определить параметры установившегося режима (токи в ветвях и напряжения в узловых точках) электроэнергетической системы, схема которой представлена на рисунке, если:

- напряжение в балансирующем узле схемы – 330 кВ.
- сопротивления ветвей:  $Z_{B1}=4 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B2}=6 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B3}=5 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B4}=4 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B5}=5 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B6}=5 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B7}=3 \text{ Ом}$ .
- нагрузки в узлах схемы:  $I_1=200 \text{ А}$ ;  $I_2=250 \text{ А}$ ;  $I_3=100 \text{ А}$ ;  $I_4=200 \text{ А}$ .

Проверить полученное в результате расчета токораспределение на основе первого закона Кирхгофа.

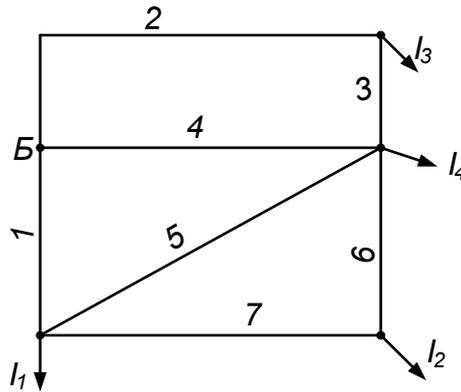


### Вариант 3

Определить параметры установившегося режима (токи в ветвях и напряжения в узловых точках) электроэнергетической системы, схема которой представлена на рисунке, если:

- напряжение в балансирующем узле схемы – 220 кВ.
- сопротивления ветвей:  $Z_{B1}=2$  Ом;  $Z_{B2}=3$  Ом;  $Z_{B3}=4$  Ом;  $Z_{B4}=4$  Ом;  $Z_{B5}=5$  Ом;  $Z_{B6}=1$  Ом;  $Z_{B7}=5$  Ом.
- нагрузки в узлах схемы:  $I_1=230$  А;  $I_2=450$  А;  $I_3=170$  А;  $I_4=250$  А.

Проверить полученное в результате расчета токораспределение на основе первого закона Кирхгофа.

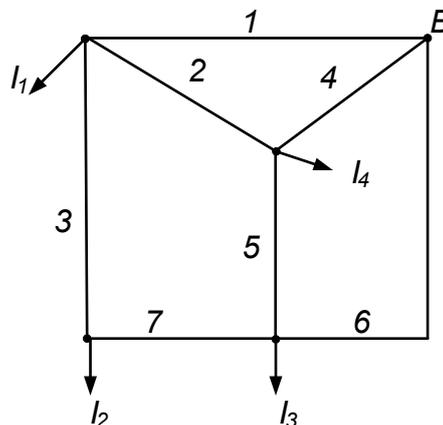


### Вариант 4

Определить параметры установившегося режима (токи в ветвях и напряжения в узловых точках) электроэнергетической системы, схема которой представлена на рисунке, если:

- напряжение в балансирующем узле схемы – 35 кВ.
- сопротивления ветвей:  $Z_{B1}=2$  Ом;  $Z_{B2}=3$  Ом;  $Z_{B3}=1$  Ом;  $Z_{B4}=2$  Ом;  $Z_{B5}=2$  Ом;  $Z_{B6}=4$  Ом;  $Z_{B7}=3$  Ом.
- нагрузки в узлах схемы:  $I_1=500$  А;  $I_2=800$  А;  $I_3=500$  А;  $I_4=400$  А.

Проверить полученное в результате расчета токораспределение на основе первого закона Кирхгофа.

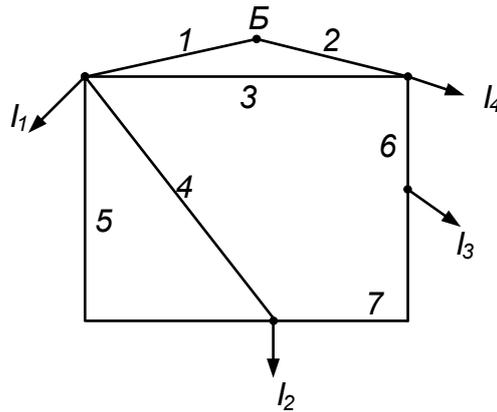


### Вариант 5

Определить параметры установившегося режима (токи в ветвях и напряжения в узловых точках) электроэнергетической системы, схема которой представлена на рисунке, если:

- напряжение в балансирующем узле схемы – 110 кВ.
- сопротивления ветвей:  $Z_{B1}=2 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B2}=3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B3}=3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B4}=4 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B5}=4 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B6}=3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B7}=1 \text{ Ом}$ .
- нагрузки в узлах схемы:  $I_1=100 \text{ А}$ ;  $I_2=300 \text{ А}$ ;  $I_3=200 \text{ А}$ ;  $I_4=300 \text{ А}$ .

Проверить полученное в результате расчета токораспределение на основе первого закона Кирхгофа.

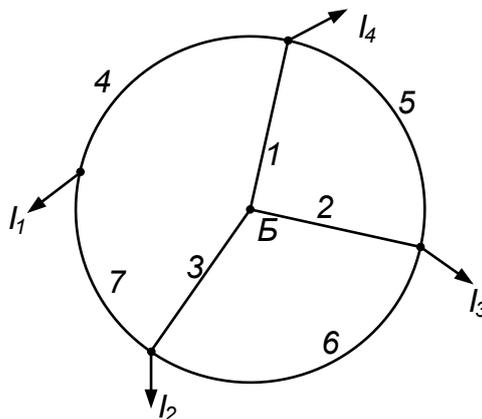


### Вариант 6

Определить параметры установившегося режима (токи в ветвях и напряжения в узловых точках) электроэнергетической системы, схема которой представлена на рисунке, если:

- напряжение в балансирующем узле схемы – 220 кВ.
- сопротивления ветвей:  $Z_{B1}=3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B2}=2 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B3}=4 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B4}=3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B5}=2 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B6}=7 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B7}=3 \text{ Ом}$ .
- нагрузки в узлах схемы:  $I_1=200 \text{ А}$ ;  $I_2=400 \text{ А}$ ;  $I_3=500 \text{ А}$ ;  $I_4=200 \text{ А}$ .

Проверить полученное в результате расчета токораспределение на основе первого закона Кирхгофа.

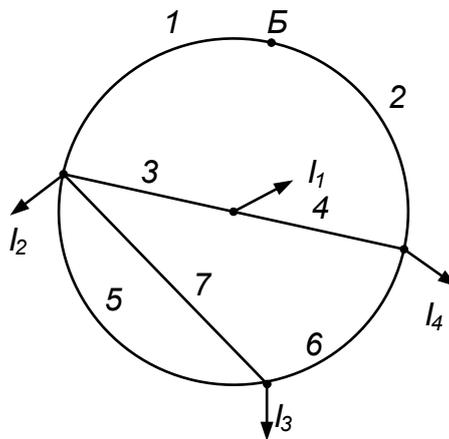


### Вариант 7

Определить параметры установившегося режима (токи в ветвях и напряжения в узловых точках) электроэнергетической системы, схема которой представлена на рисунке, если:

- напряжение в балансирующем узле схемы – 500 кВ.
- сопротивления ветвей:  $Z_{B1}=2 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B2}=1 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B3}=3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B4}=3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B5}=4 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B6}=2 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B7}=1 \text{ Ом}$ .
- нагрузки в узлах схемы:  $I_1=400 \text{ А}$ ;  $I_2=200 \text{ А}$ ;  $I_3=100 \text{ А}$ ;  $I_4=100 \text{ А}$ .

Проверить полученное в результате расчета токораспределение на основе первого закона Кирхгофа.

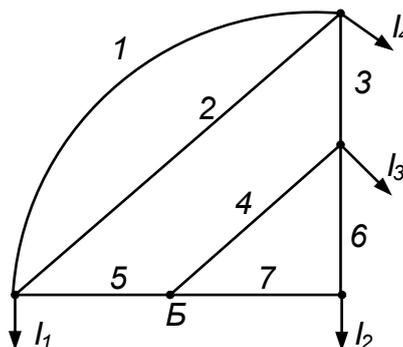


### Вариант 8

Определить параметры установившегося режима (токи в ветвях и напряжения в узловых точках) электроэнергетической системы, схема которой представлена на рисунке, если:

- напряжение в балансирующем узле схемы – 110 кВ.
- сопротивления ветвей:  $Z_{B1}=4 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B2}=2 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B3}=3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B4}=4 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B5}=2 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B6}=2 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B7}=3 \text{ Ом}$ .
- нагрузки в узлах схемы:  $I_1=350 \text{ А}$ ;  $I_2=100 \text{ А}$ ;  $I_3=200 \text{ А}$ ;  $I_4=300 \text{ А}$ .

Проверить полученное в результате расчета токораспределение на основе первого закона Кирхгофа.

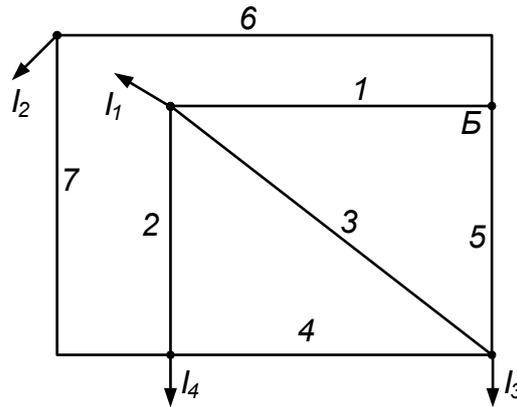


## Вариант 9

Определить параметры установившегося режима (токи в ветвях и напряжения в узловых точках) электроэнергетической системы, схема которой представлена на рисунке, если:

- напряжение в балансирующем узле схемы – 110 кВ.
- сопротивления ветвей:  $Z_{B1}=3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B2}=2 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B3}=3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B4}=1 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B5}=4 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B6}=4 \text{ Ом}$ ;  $Z_{B7}=3 \text{ Ом}$ .
- нагрузки в узлах схемы:  $I_1=200 \text{ А}$ ;  $I_2=150 \text{ А}$ ;  $I_3=300 \text{ А}$ ;  $I_4=200 \text{ А}$ .

Проверить полученное в результате расчета токораспределение на основе первого закона Кирхгофа.



### *Перечень вопросов для промежуточной аттестации (зачета):*

1. Основные типы матриц
2. Операции с матрицами
3. Методика нахождения определителя матрицы
4. Методика определения обратной матрицы.
5. Классификация методов оптимизации и условия их применения для решения задач в профессиональной области.
6. Существующие методы расчетов параметров установившихся режимов электрических сетей и энергетических систем разомкнутой конфигурации.
7. Существующие методы расчетов параметров установившихся режимов электрических сетей и энергетических систем замкнутой конфигурации. Перечень вопросов для
8. Методика расчета параметров установившихся режимов электрических сетей и энергетических систем прямым методом.
9. Методика расчета параметров установившихся режимов электрических сетей и энергетических систем методом контурных уравнений.
10. Методика расчета параметров установившихся режимов электрических сетей и энергетических систем методом узловых напряжений.
11. Методы оптимизации в электроэнергетике.
12. Решение транспортной задачи.
13. Критерии сопоставления вариантов.
14. Составьте схемы замещения силовых трансформаторов и линий электропередачи.
15. Методика составления направленного графа.
16. Порядок составления матрицы первой и второй инцидентности

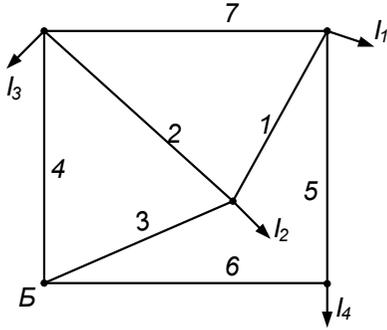
## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

(обязательное)

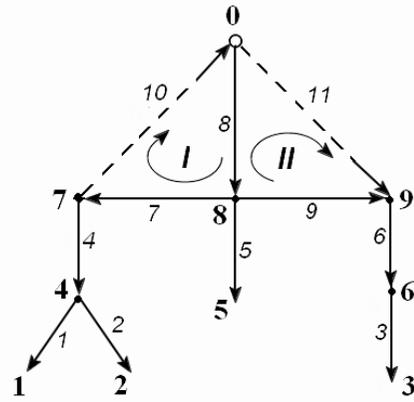
### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
<b>ПК-1: Способен самостоятельно выполнять исследования, оценивать риск и определять меры по обеспечению безопасности разрабатываемых новых технологий, объектов профессиональной деятельности</b>		
ПК-1.2:	Выполняет поручения по организации научно-исследовательской, проектной и иной деятельности обучающихся по программам бакалавриата и (или) ДПП	<b>1. Перечень вопросов для промежуточной аттестации (зачета):</b> 2. Операции с матрицами 3. Методика нахождения определителя матрицы 4. Методика определения обратной матрицы. 5. Классификация методов оптимизации и условия их применения для решения задач в профессиональной области. 6. Существующие методы расчетов параметров установившихся режимов электрических сетей и энергетических систем разомкнутой конфигурации. 7. Существующие методы расчетов параметров установившихся режимов электрических сетей и энергетических систем замкнутой конфигурации. Перечень вопросов для 8. Методика расчета параметров установившихся режимов электрических сетей и энергетических систем прямым методом. 9. Методика расчета параметров установившихся режимов электрических сетей и энергетических систем методом контурных уравнений. 10. Методика расчета параметров установившихся режимов электрических сетей и энергетических систем методом узловых напряжений. 11. Методы оптимизации в электроэнергетике. 12. Решение транспортной задачи. 13. Критерии сопоставления вариантов. 14. Составьте схемы замещения силовых трансформаторов и линий электропередачи. 15. Методика составления направленного графа. 16. Порядок составления матрицы первой и второй инценденций  <b>2. Примерные задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
		<p>Определить параметры установившегося режима (токи в ветвях и напряжения в узловых точках) электроэнергетической системы, схема которой представлена на рисунке, если:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- напряжение в балансирующем узле схемы – 220 В.</li> <li>- сопротивления ветвей: <math>Z_{B1}=6 \text{ Ом}</math>; <math>Z_{B2}=2 \text{ Ом}</math>; <math>Z_{B3}=1 \text{ Ом}</math>; <math>Z_{B4}=3 \text{ Ом}</math>; <math>Z_{B5}=3 \text{ Ом}</math>; <math>Z_{B6}=1 \text{ Ом}</math>; <math>Z_{B7}=5 \text{ Ом}</math>.</li> <li>- нагрузки в узлах схемы: <math>I_1=5 \text{ А}</math>; <math>I_2=8 \text{ А}</math>; <math>I_3=12 \text{ А}</math>; <math>I_4=10 \text{ А}</math>.</li> </ul> <p>Проверить полученное в результате расчета токораспределение на основе первого закона Кирхгофа.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p><b>3. Примерные задания на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b>  На основании ИЗ №3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вычертить направленный граф электрической сети,</li> <li>- выделить в нем дерево и хорды;</li> <li>- записать матрицы инцидентий (M, N) и матрицы состояния (Z, J).</li> </ul>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенций	Оценочные средства
----------------	----------------------------------	--------------------



$$M = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix};$$

$$N = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$z = \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \\ z_5 \\ z_6 \\ z_7 \\ z_8 \\ z_9 \\ z_{10} \\ z_{11} \end{pmatrix};$$

$$J = \begin{pmatrix} J_A \\ J_B \\ J_D \\ 0 \\ J_5 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix};$$

**4. Примерные практические задания для промежуточной аттестации (зачета):**

Решить транспортную задачу методом северо-западного угла и методом минимальной стоимости

<b>3</b>	<b>250</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>350</b>	<b>200</b>	<b>100</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>150</b>	<b>100</b>	<b>150</b>
<b>150</b>	5	10	6	7	3	2	4	7	1	5	6
<b>200</b>	3	5	11	6	14	10	8	4	5	6	8
<b>400</b>	4	3	2	8	1	3	9	7	7	12	13
<b>100</b>	2	10	2	9	2	14	10	8	8	15	6
<b>520</b>	1	8	5	10	5	5	11	9	9	1	8
<b>300</b>	8	9	14	12	6	6	3	3	1	5	9
<b>180</b>	8	10	12	13	9	7	2	4	5	3	10

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Дополнительные главы математики в электроэнергетике и электротехнике» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по карточкам заданий, каждый из которых включает 1 теоретический вопрос и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания зачета:**

– на оценку **«зачтено»** – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются незначительные ошибки, возможно отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«не зачтено»** – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

(обязательное)

### Методические рекомендации по выполнению практических заданий

#### Теория

#### Составление направленного графа

1. Нумерация узлов (вершин) ведется снизу вверх по иерархии дерева схемы, т.е. в направлении от наиболее удаленных узлов к балансирующему. Балансирующий узел является последним в нумерации узлов.
2. Далее нумеруются ветви дерева схемы. Их направление выбирается от балансирующего узла к нагрузке. Каждой ветви присваивается номер конечной вершины.
3. В схеме замещения выделяются и нумеруются независимые контуры, выбирается направление их обхода.
4. Выделяются хорды схемы, не допускается более одной хорды в каждом независимом контуре. Хорды нумеруются во вторую очередь и в соответствии с последовательностью нумерации контуров. Направления хорд должны совпадать с направлением обхода контуров.

#### Прямой метод расчета установившихся режимов сложнзамкнутых сетей

1. Составить матрицу задающих узловых токов  $J$

$$J_i = -\frac{P_i + jQ_i}{\sqrt{3} \cdot U_\phi}$$

2. Составить матрицы сопротивлений ветвей дерева  $Z_{\alpha\alpha}$  и хорд  $Z_{\beta\beta}$ .
3. Составить первые матрицы соединений для дерева  $M_\alpha$  и хорд  $M_\beta$  и вторые матрицы соединений для дерева  $N_\alpha$  и хорд  $N_\beta$ .
4. Определить матрицу коэффициентов распределения токов в ветвях дерева  $C_p$  по матрице  $M_\alpha$  или составить, используя граф схемы.

$$C_p := M_\alpha^{-1}$$

5. Рассчитать токи в ветвях хорды по матричному уравнению:

$$I_\beta = (Z_{\beta\beta} + N_\alpha \cdot Z_{\alpha\alpha} \cdot N_\alpha^T)^{-1} \cdot (-N_\alpha \cdot Z_{\alpha\alpha} \cdot C_p \cdot J).$$

6. Рассчитать токи в ветвях дерева по выражению:

$$I_\alpha = C_p \cdot (J - M_\beta \cdot I_\beta).$$

7. Определить матрицу узловых напряжений:

$$U_y = C_p^T \cdot Z_{\alpha\alpha} \cdot I_\alpha.$$

#### Метод контурных уравнений

1. Составить матрицу задающих узловых токов  $J$

$$J_i = -\frac{P_i + jQ_i}{\sqrt{3} \cdot U_\phi}$$

2. В графе схемы выделить ( $\alpha$ ) и хорды ( $\beta$ ).
3. Составить блок-матрицу сопротивлений  $Z_\alpha$  и полную матрицу  $Z$ .
4. Рассчитать матрицу контурных сопротивлений:

$$Z_K = N \cdot Z \cdot N^T.$$

5. Определить матрицу контурных проводимостей:

$$Y_K = \cdot Z_K^{-1}.$$

6. Рассчитать промежуточную матрицу  $H$ :

$$H = Y_k \cdot N \cdot Z_\alpha.$$

7. Рассчитать токи в хордах:

$$I_\beta = I_K = -H \cdot C_p \cdot J..$$

8. Рассчитать токи в ветвях дерева по выражению:

$$I_\alpha = (1 - N_\alpha^T \cdot H) \cdot C_p \cdot J.$$

9. Определить матрицу узловых напряжений:

$$U_y = C_p^T \cdot Z_{\alpha\alpha} \cdot I_\alpha.$$

### Метод узловых напряжений

1. Составить матрицу задающих узловых токов  $J$

$$J_i = -\frac{P_i + jQ_i}{\sqrt{3} \cdot U_\delta}$$

2. В графе схемы выделить ( $\alpha$ ) и хорды ( $\beta$ ).

3. Расчетным путем получить матрицы проводимостей ветвей:

- для всей схемы:  $Y_B = \cdot Z^{-1}$

- для дерева:  $Y_{\text{в}\alpha} = \cdot Z_{\alpha\alpha}^{-1}$

- для хорд:  $Y_{\text{в}\beta} = \cdot Z_{\beta\beta}^{-1}$

4. Рассчитать элементы матрицы узловых проводимостей:

$$Y_y = M_\alpha \cdot Y_{\text{в}\alpha} \cdot M_\alpha^T + M_\beta \cdot Y_{\text{в}\beta} \cdot M_\beta^T.$$

5. Определить матрицу узловых сопротивлений:

$$Z_y = \cdot Y_y^{-1}.$$

6. Определить матрицу узловых напряжений:

$$U_y = Z_y \cdot J.$$

7. Рассчитать токи в ветвях дерева по выражению:

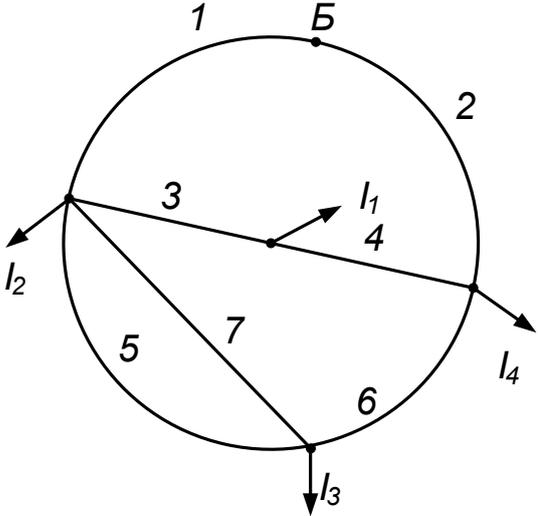
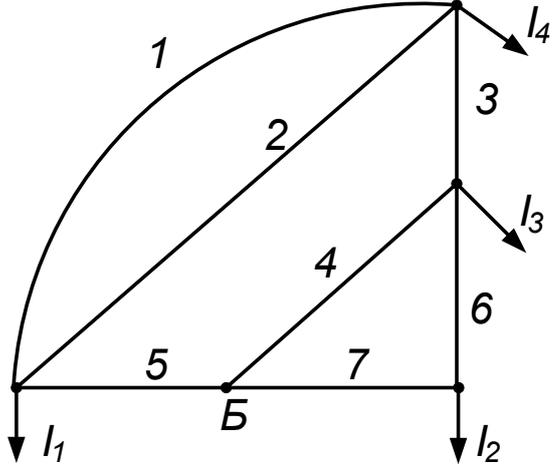
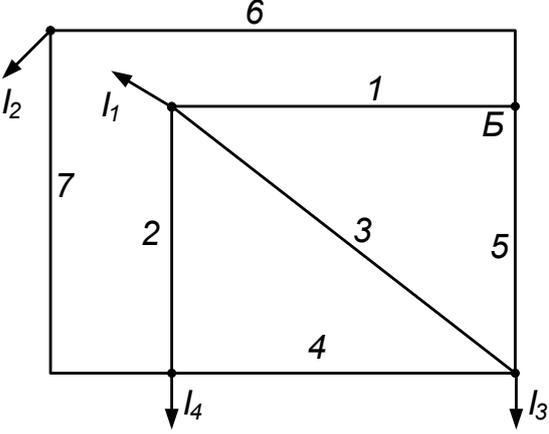
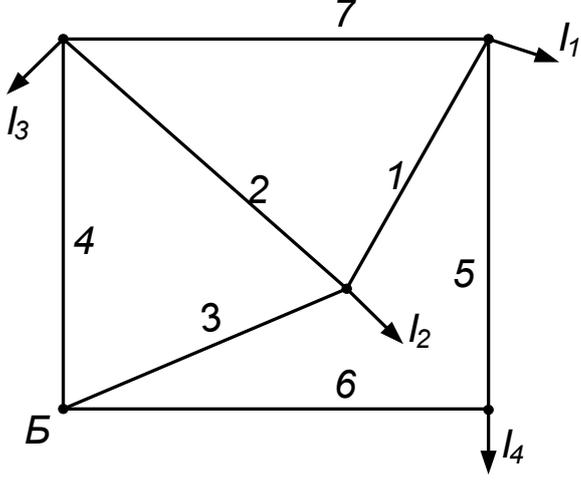
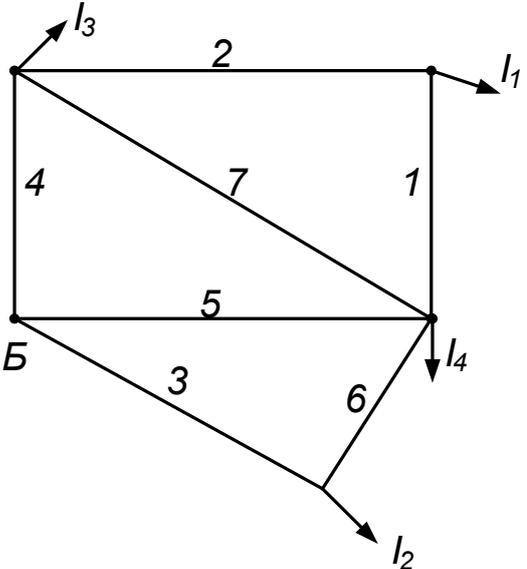
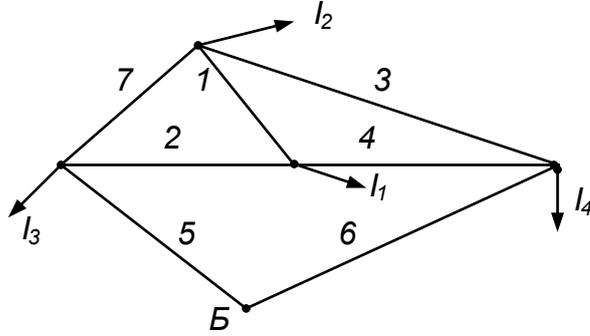
$$I = Y_\epsilon \cdot M^T \cdot U_y.$$

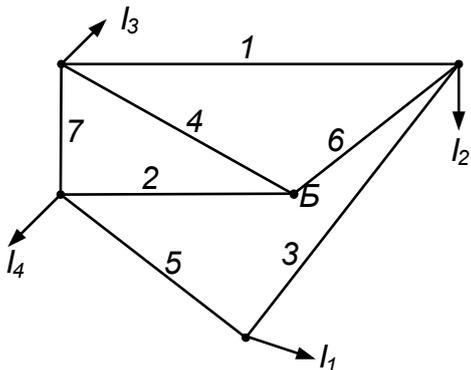
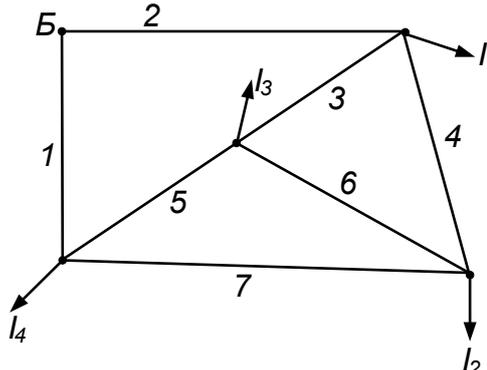
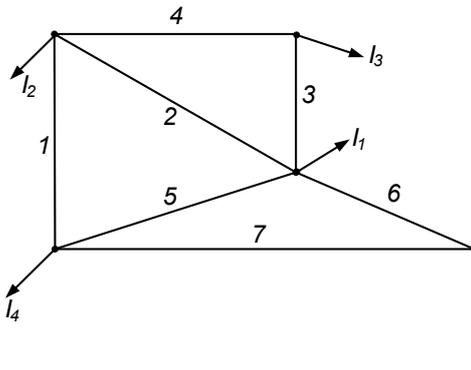
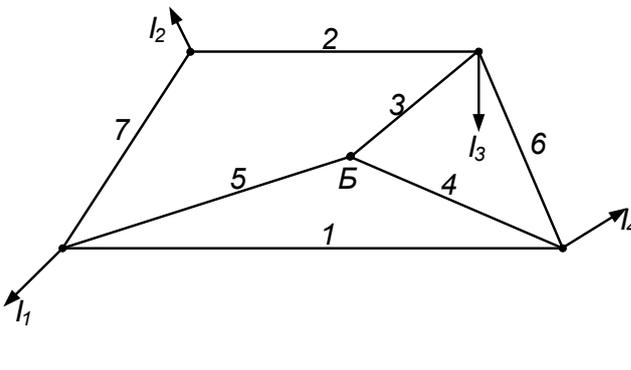
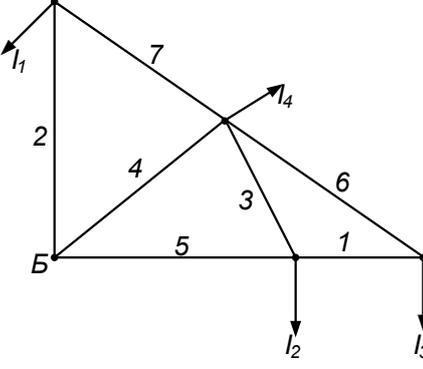
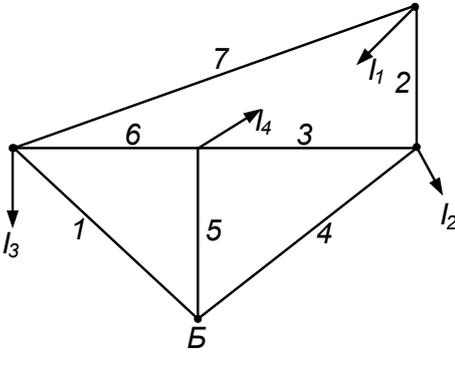
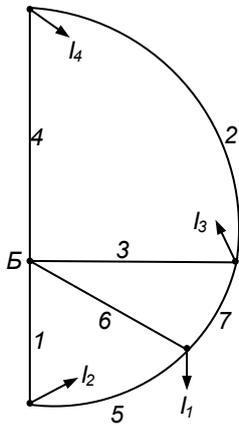
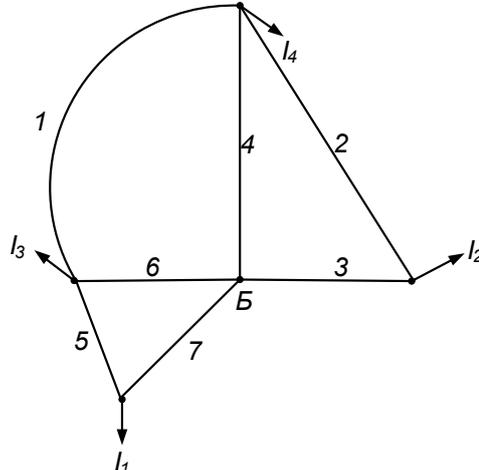
### Задание №2

Для заданной схемы, необходимо составить направленный граф, матрицы  $M$  и  $N$ .

#### Варианты заданий

Вариант 1	Вариант 2
Вариант 3	Вариант 4
Вариант 5	Вариант 6

<p style="text-align: center;">Вариант 7</p> 	<p style="text-align: center;">Вариант 8</p> 
<p style="text-align: center;">Вариант 9</p> 	<p style="text-align: center;">Вариант 10</p> 
<p style="text-align: center;">Вариант 11</p> 	<p style="text-align: center;">Вариант 12</p> 

<p style="text-align: center;">Вариант 13</p> 	<p style="text-align: center;">Вариант 14</p> 
<p style="text-align: center;">Вариант 15</p> 	<p style="text-align: center;">Вариант 16</p> 
<p style="text-align: center;">Вариант 17</p> 	<p style="text-align: center;">Вариант 18</p> 
<p style="text-align: center;">Вариант 19</p> 	<p style="text-align: center;">Вариант 20</p> 

### Задание №3-5

На основании построенного графа и таблицы с исходными данными рассчитать параметры установившегося режима прямы методом, методом контурных уравнений, методом узловых напряжений.

#### Исходные данные для расчетов

№ варианта	$U_{\text{ном}}$ , кВ	$Z_{B1}$	$Z_{B2}$	$Z_{B3}$	$Z_{B4}$	$Z_{B5}$	$Z_{B6}$	$Z_{B7}$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$
		Ом							А			
1	35	3	4	2	3	1	3	4	200	300	300	450
2	330	4	6	5	4	5	5	3	200	250	100	200
3	35	4	2	5	1	1	2	2	300	200	400	600
4	220	2	3	4	4	5	1	5	230	450	170	250
5	35	2	3	1	2	2	4	3	100	300	200	300
6	110	2	3	3	4	4	3	1	100	300	200	300
7	220	3	2	4	3	2	7	3	200	400	500	200
8	500	2	1	3	3	4	2	1	400	200	100	100
9	110	4	2	3	4	2	2	3	350	100	200	300
10	110	3	2	3	1	4	4	3	200	150	300	200
11	220	6	2	1	3	3	1	5	5	8	12	10
12	220	6	5	5	2	2	1	1	4	5	12	12
13	110	2	3	2	1	4	5	3	250	350	300	200
14	110	1	1	3	5	2	1	4	300	100	200	300
15	500	2	1	2	4	3	3	5	200	100	300	250
16	220	5	1	3	4	1	6	4	300	200	350	100
17	110	1	2	5	4	4	3	2	100	300	200	200
18	35	5	1	1	2,5	2	2	3	600	500	700	300
19	220	4	2	3	5	3	2	4	200	250	150	400
20	330	5	8	4	5	4	6	2,5	100	100	300	170