Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
Филиал в г. Душанбе (Республика Таджикистан)

Направление подготовки: 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Наименование образовательной программы: Электроснабжение; Гидроэлектростанции

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

УТВЕРЖДАЮ
Директор ДФ НИУ «МЭИ»
_____ С.А.Абдулкеримов
«_28_» _08_ 2025 г.

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Блок	**Блок 1 «Дисциплины (модули)»**
Часть образовательной программы	**Формируемая участниками образовательных отношений**
Индекс дисциплины по учебному плану	**Б1.О.15**
Трудоемкость в зачетных единицах	**3 семестр – 7 з.е. 4 семестр – 6 з.е. 5 семестр – 6 з.е. всего – 19 з.е.**
Часов (всего) по учебному плану	**684 часа**
Лекции	**3 семестр – 32 часа 4 семестр – 32 часа 5 семестр – 32 часа всего – 96 часов**
Практические занятия	**3 семестр – 48 часов 4 семестр – 32 часа 5 семестр – 32 часа всего – 112 часов**
Лабораторные работы	**3 семестр – 32 часа 4 семестр – 32 часа 5 семестр – 32 часа всего – 96 часов**
Консультации по курсовому проекту/ работе: групповые индивидуальные	**учебным планом не предусмотрены**
Самостоятельная работа	**3 семестр – 104 часа 4 семестр – 84 часа 5 семестр – 84 часа всего – 272 часа**
включая: РГР курсовые проекты/работы	**3 семестр – 36 часов 4 семестр – 36 часов 5 семестр – 36 часов** **учебным планом не предусмотрены**
Контроль: экзамен	**3 семестр – 36 часов 4 семестр – 36 часов 5 семестр – 36 часов всего – 108 часов**

ДУШАНБЕ 2025 г

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Доцент кафедры электроэнергетики, к.т.н., доцент _____ М.В. Шамсиев

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой электроэнергетики к.т.н.доцент _____ Х.Б. Назиров

(название кафедры) (подпись) (расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение теории электрических и магнитных цепей и теории электромагнитного поля.

Задачи дисциплины:

– изучение терминов, понятий и определений теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей;

– формирование знаний об основных законах и уравнениях теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей;

– изучение основных процессов и явлений в электромагнитном поле, электрических и магнитных цепях;

– освоение методов анализа и расчета физических величин электромагнитного поля, электрических и магнитных цепей;

– изучение особенностей электромагнитных явлений и процессов в электротехнических устройствах.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций:**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-3 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин.	**ИД-1опк-3** Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока.	**знать:** – основные понятия, законы и уравнения электрических цепей постоянного тока; – понятия электрических цепей синусоидального тока, комплексный метод расчета; – понятие четырехполюсников, их параметры, уравнения и соединения; – понятие трехфазных электрических цепей, методы расчета трехфазных электрических цепей; – понятия нелинейных электрических и магнитных цепей, методы их расчета; **уметь:** – описывать уравнениями электромагнитные процессы в электрических цепях; – рассчитывать электрические цепи постоянного тока; – рассчитывать электрические цепи синусоидального тока, строить векторно-топографические диаграммы; – рассчитывать электрические цепи с периодическими несинусоидальными токами и напряжениями; – рассчитывать параметры четырехполюсников; – рассчитывать трехфазные электрические цепи со статическими нагрузками; – рассчитывать трехфазные электрические цепи с периодическими несинусоидальными токами и напряжениями и с динамическими нагрузками; – рассчитывать установившиеся режимы в нелинейных электрических и магнитных цепях; – рассчитывать установившиеся режимы в линейных цепях с распределенными параметрами.
	ИД-2опк-3 Использует методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока.	**знать:** – законы коммутации, классический и операторный методы расчета переходных процессов в линейных электрических цепях; – методы расчета переходных процессов в нелинейных электрических цепях; **уметь:** – рассчитывать переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами; – рассчитывать переходные процессы в длинных линиях без потерь.

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
	ИД-3$_{ОПК-3}$ Применяет знания теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами.	**знать:** – понятия электрических цепей с распределенными параметрами, общее решение однородных линий в установившемся и переходном режимах; – основные понятия, законы, явления и уравнения электромагнитного поля, классификацию электромагнитных полей, описание энергии и механических проявлений электромагнитных полей, волновые процессы в переменных полях. **уметь:** – рассчитывать электромагнитные поля; – рассчитывать сопротивления, индуктивности и емкости проводящих тел.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ», «Обыкновенные дифференциальные уравнения», «Теория функций комплексной переменной», «Теория вероятностей и математической статистики», «Физика», «Химия», «Информатика», «Инженерная и компьютерная графика», «Теоретическая механика», «Конструкционное материаловедение», «Электротехническое материаловедение».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин «Электрические машины», «Метрология и информационно-измерительная техника», «Промышленная электроника», «Безопасность жизнедеятельности», «Электроснабжение», «Техника высоких напряжений»,, «Электропривод», «Электротехнологические промышленные установки», и при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 19 зачетных единиц, 684 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)
				Контактная						СР	Контроль	
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
1	Линейные электрические цепи постоянного тока.	80	3	10	16	12	-	-	-	42	-	Закрепление материала, выполнение расчетного задания №1, подготовка к контрольной работе №1: [1], стр. 9–16, 129–138, 149–171; [4], стр. 9–60. Подготовка к лабораторным работам №№1-3: [6], стр. 7-69; [7], стр. 136-149
2	Линейные электрические цепи синусоидального тока.	82	3	10	16	16	-	-	-	40	-	Закрепление материала, выполнение расчетного задания №2, подготовка к контрольной работе №2: [1], стр. 177–201, 225-275; [4], стр. 64–132. Подготовка к лабораторным работам №№4-7: [6], стр. 70-126.
3	Линейные электрические цепи несинусоидального тока.	28	3	6	8	4	-	-	-	10	-	Закрепление материала: [1], стр. 335–350; [4], стр. 133–163. Подготовка к лабораторной работе №11: [7], стр. 39-52.
4	Четырехполюсники и электрические фильтры.	26	3	6	8	-	-	-	-	12	-	Закрепление материала, подготовка к контрольной работе №3: [2], стр. 164–181, 183–205; [4], стр. 220–263.
	Экзамен.	36	3	-	-	-	-	-	--	-	36	Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена.
	Итого за семестр	**252**	**3**	**32**	**48**	**32**	**-**	**-**	**–**	**104**	**36**	
5	Трехфазные электрические цепи.	68	4	6	6	16	-	-	-	40	-	Закрепление материала, выполнение расчетного задания №3, подготовка к контрольной работе №4: [1], стр. 321–335; [4], стр. 164–218. Подготовка к лабораторным работам №№9-10: [7], стр. 6-38.
6	Высшие гармоники и симметричные составляющие ЭДС, токов и напряжений трехфазных электрических цепей.	30	4	4	6	-	-	-	-	20	-	Закрепление материала, выполнение расчетного задания №3: [1], стр. 335–350; [4], стр. 133–163.
7	Переходные процессы в линейных	56	4	14	12	8	-	-	-	22	-	Закрепление материала, выполнение

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)
				Контактная						СР	Контроль	
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
	электрических цепях.											расчетного задания №4, подготовка к контрольной работе №5: [2], стр. 11–86, 87-103; [4], стр. 264–350. Подготовка к лабораторным работам №№ 12А, 12Б: [7], стр. 53-70
8	Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях.	26	4	8	8	8	-	-	-	2	-	Закрепление материала, подготовка к контрольной работе №6: [2], стр. 316–361, 433–465; [4], стр. 359–456. Подготовка к лабораторным работам №№15-18: [7], стр. 87-135.
	Экзамен.	36	4	-	-	-	-	-	—	-	36	Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена.
	Итого за семестр	**216**	**4**	**32**	**32**	**32**	-	-	—	**84**	**36**	
9	Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами.	60	5	12	10	8	-	-	-	30	-	Закрепление материала, выполнение расчетного задания №5, подготовка к контрольной работе №7: [2], стр. 269–316; [5], стр. 9-29, 33-66; [8], стр. 316-342. Подготовка к лабораторной работе №1-3: [8], стр. 316-342.
10	Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле.	58	5	8	8	8	-	-	-	34	-	Закрепление материала, выполнение расчетного задания №6, подготовка к контрольной работе №8: [3], стр. 11–32; [5], стр. 102–197; [8], стр. 10-118. Подготовка к лабораторным работам №№2-3 и 3-3: [8], стр. 10-47.
11	Стационарные электрические и магнитные поля.	38	5	8	10	8	-	-	-	12	-	Закрепление материала, подготовка к контрольной работе №9: [3], стр. 125–130, стр. 134–182; [5], стр. 210–290; [8], 133-209. Подготовка к лабораторным работам №№4-3 и 5-3: [8], стр. 133-157.
12	Переменное электромагнитное поле.	24	5	4	4	8	-	-	-	8	-	Закрепление материала: [3], стр. 201–268; [5], стр. 299–364; [8], стр. 251-315. Подготовка к лабораторным работам №№6-3 и 7-3: [8], стр. 251-277.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)
				Контактная						СР	Контроль	
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА			
	Экзамен.	36	5	-	-	-	-	-	---	-	--	Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена
	Итого за семестр	**216**	**5**	**32**	**32**	**32**	**-**	**-**	**—**	**84**	**36**	
	Итого:	**684**		**96**	**112**	**96**	**-**	**-**	**—**	**272**	**108**	

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

3.2. Краткое содержание разделов

3 семестр

1. Линейные электрические цепи постоянного тока.

Предмет, содержание, роль в электротехническом образовании дисциплины ТОЭ, ее связь с другими дисциплинами. Основные понятия теории электрических цепей, топология цепей, электромагнитные процессы в цепях и физические величины их характеризующие, установившиеся и переходные процессы в цепях. Элементы и параметры цепей. Цепи с сосредоточенными и распределенными параметрами, линейные и нелинейные цепи. Задачи анализа, синтеза, диагностики цепей. Законы Кирхгофа и Ома, компонентные уравнения элементов электрических цепей. Активные и пассивные элементы цепей постоянного тока, двухполюсники и многополюсники. Приемники и источники энергии, их внешние и вольтамперные характеристики, схемы замещения источников энергии и режимы их работы. Баланс мощностей цепи. Передача энергии от активного двухполюсника к пассивному. Топологические матрицы цепи. Полная система уравнений цепи и ее представление в матрично-топологической форма. Теорема существования и единственности решений уравнений электрических цепей. Эквивалентные преобразования электрических цепей и основанный на них метод расчета цепей. Метод эквивалентного генератора и диакоптика – расчет цепи по частям. Теорема компенсации, принципы неусиления, наложения, взаимности, линейные соотношения между напряжениями и токами. Методы узловых напряжений (потенциалов) и контурных токов, свойства коэффициентов матриц узловых проводимостей и контурных сопротивлений. Диагностика цепей, метод узловых сопротивлений.

2. Линейные электрические цепи синусоидального тока.

Синусоидальные ЭДС, напряжения и токи. Источники синусоидальных ЭДС и токов. Действующие и средние значения периодических ЭДС, напряжений и токов. Изображение синусоидальных функций времени комплексными числами. Векторные и топологические диаграммы. Синусоидальный ток в цепи с последовательным соединением участков R, L и C. Комплексные токи, напряжения, сопротивления и проводимости. Активные и реактивные составляющие комплексных токов и напряжений, сопротивлений и проводимостей. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Комплексный метод анализа электрической цепи. Активная, реактивная, комплексная и полная мощности. Мгновенная мощность и колебания энергии в цепи синусоидального тока. Понятие о компенсации реактивной мощности. Передача максимальной мощности от источника к приемнику. Эквивалентные параметры сложной цепи переменного тока, рассматриваемой в целом как двухполюсник. Схемы замещения двухполюсника при заданной частоте. Треугольники токов, напряжений, сопротивлений, проводимостей и мощностей. Схемы замещения и параметры конденсатора и катушки. Управляемые и управляющие элементы электрической цепи. ЭДС само- и взаимоиндукции. Индуктивно-связанные элементы электрической цепи. Расчет цепи при наличии индуктивно-связанных элементов, магнитная развязка. Воздушный трансформатор. Идеальный трансформатор. Цепи, связанные через электрическое поле. Баланс мощностей в цепи синусоидального тока. Явление резонанса в цепях при последовательном и параллельном соединении элементов R, L и C. Частотные характеристики цепей с последовательным и параллельным соединением R, L и C, а также цепей, содержащих только реактивные элементы. Дуальные цепи.

3. Линейные электрические цепи несинусоидального тока.

Несинусоидальные периодические ЭДС, токи и напряжения и разложение описывающих их функций ряды Фурье. Понятие гармоники. Комплексное представление ряда Фурье. Максимальные, действующие и средние значения, коэффициенты формы, амплитуды, искажения несинусоидальных ЭДС, токов и напряжений. Действующие значения ЭДС, токов и напряжений с периодическими огибающими. Явление биений колебаний и модулированные колебания. Расчет цепей с несинусоидальными периодическими ЭДС, напряжениями и токами. Мощности в цепях несинусоидального тока.

4. Четырехполюсники и электрические фильтры.

Пассивные и активные четырехполюсники. Типы первичных параметров четырехполюсников и их взаимосвязи. Уравнения четырехполюсников с первичными параметрами. Эквивалентные схемы замещения взаимных четырехполюсников. Характеристические параметры. Схемные функции и частотные характеристики. Способы соединений четырехполюсников. Электрические фильтры. Фильтры типа «*k*».

4 семестр

5. Трехфазные электрические цепи.

Многофазные цепи и системы и их классификация. Фазные и линейные токи и напряжения. Трехфазные источники энергии и нагрузки, вращающееся магнитное поле и принцип действия асинхронного и синхронного двигателей. Расчеты и векторные диаграммы трехфазных цепей в симметричных и несимметричных режимах. Эквивалентные схемы трехфазных линий. Мощности в трехфазных цепях.

6. Высшие гармоники и симметричные составляющие ЭДС, токов и напряжений трехфазных электрических цепей.

Высшие гармоники и действующие значения фазных и линейных токов и напряжений. Разложение несимметричных систем трехфазных ЭДС, токов и напряжений на симметричные составляющие. Сопротивления симметричной цепи для токов различных последовательностей. Расчет трехфазной цепи методом симметричных составляющих.

7. Переходные процессы в линейных цепях.

Понятие о переходном процессе и коммутациях в цепях. Законы коммутации. Классический метод расчета переходных процессов. Собственные частоты и постоянная времени цепи. Свободные и принужденные, преходящие и установившиеся составляющие переходных токов и напряжений. Переходные процессы в цепях с одним накопителем энергии. Переходные процессы в последовательных *RLC*-цепях при их подключении под постоянное и синусоидальное напряжение. Особенности переходных процессов в *RLC*-цепях с жесткими уравнениями. Операторный метод расчета электрической цепи. Переходные и импульсные характеристики цепи. Использование z-преобразования и интеграла Дюамеля для расчета переходных процессов. Метод переменных состояния. Аналитические решения уравнений состояния цепей с использованием функций от матриц. Переходные процессы при мгновенном изменении параметров участков цепи. Спектральный (частотный) метод анализа переходных процессов. Численные методы расчета переходных процессов, метод дискретных схем замещения.

8. Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях.

Нелинейные элементы электрических цепей и их классификация. Характеристики нелинейных элементов, статические, динамические и дифференциальные параметры нелинейных элементов. Графические, графоаналитические и численные методы расчета резистивных электрических цепей при постоянных токах. Магнитные цепи и их законы, аналогия уравнений магнитных и электрических цепей. Расчет магнитной цепи при постоянных потоках. Расчет магнитной цепи с постоянным магнитом. Особенности периодических процессов в нелинейных цепях при переменных токах – высшие гармоники и комбинаторные колебания. Резистивные цепи с вентилями при синусоидальных источниках энергии. Формы кривых тока, магнитного потока и напряжения в катушке с ферромагнитным сердечником. Комплексное магнитное сопротивление магнитной цепи. Явления феррорезонанса тока и напряжения. Методы расчета нелинейных цепей – сопряжения интервалов, гармонического баланса, гармонической линеаризации. Метод эквивалентных синусоид, эквивалентные параметры и схемы замещения катушки и трансформатора, учет свойств стальных магнитопроводов.

Методы расчета переходных процессов в нелинейных цепях: условной линеаризации, аналитической аппроксимации, кусочно-линейной аппроксимации, последовательных интервалов. Фазовые траектории переходных процессов. Автоколебания, релаксационные колебания, хаотические колебания в нелинейных цепях.

5 семестр

9. Установившиеся и переходные процессы режимы в цепях с распределенными параметрами.

Цепи с распределенными параметрами. Длинные линии и волновые процессы: основные понятия. Уравнения однородной двухпроводной длинной линии. Первичные параметры линии. Установившийся режим в однородной длинной линии. Вторичные параметры длинной линии. Уравнения однородной длинной линии с экспоненциальными и гиперболическими функциями. Входное сопротивление длинной линии. Бегущие волны. Волны и мощности в длинной линии с согласованной нагрузкой. Длинная линия без искажений, длинная линия без потерь. Явление стоячих волн. Коэффициенты, характеризующие установившиеся режимы в длинных линиях.

Переходные процессы в однородных линиях: происхождение волн; падающие, обратные, преломленные волны; блуждающие волны и многократное отражение волн. Решений уравнений однородной линии при переходном процессе классическим и операторным методами. Особенности переходных процессов при включении и отключении источников и нагрузок, прохождении волнами мест неоднородностей в линиях, коммутациях в линиях. Проблемы моделирования длинных линий цепочными схемами.

10. Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле.

Электромагнитное поле и его уравнения в дифференциальной и интегральной формах. Материальные среды и их электрофизические свойства. Векторы электромагнитного поля на границе двух сред. Основные частные случаи моделей электромагнитного поля (статическое и стационарное поля, переменные поля в проводящих средах и т.д.). Электростатическое поле и его уравнения. Безвихревой характер электростатического поля. Потенциал и градиент потенциала, определение потенциала по заданному распределению зарядов. Уравнения Лапласа и Пуассона, основная задача электростатики. Плоскопараллельное поле двух заряженных осей. Поле и ёмкость параллельных цилиндров. Теорема единственности и ее следствие. Диэлектрический шар во внешнем однородном поле. Проводящее тело во внешнем однородном поле. Метод зеркальных изображений. Связи между потенциалами и зарядами в системе заряженных тел: потенциальные коэффициенты, коэффициенты электростатической индукции и частичные емкости. Емкости проводов и кабелей, емкость трехфазной линии электропередач. Энергия и силы в электростатическом поле.

11. Стационарные электрические и магнитные поля.

Стационарное электрическое поле. Уравнения электрического поля постоянных токов. Аналогия электрического поля в проводящей среде с электростатическим полем. Электрическое поле растекания тока, сопротивление растеканию тока. Магнитное поле. Вихревой характер магнитного поля тока. Скалярный и векторный потенциалы, их применение для расчета магнитных полей. Аналогии магнитного поля с электростатическим полем. Магнитное поле вблизи плоских поверхностей ферромагнитных тел. Графический метод построения картины магнитного поля. Намагничивание тел различной формы. Размагничивающий фактор. Описание электромагнитных полей в сверхпроводящих средах и их магнитные характеристики. Энергия и силы в магнитном поле. Расчет индуктивности. Общие выражения для взаимной и собственной индуктивностей. Индуктивности простых систем (длинного провода и прямоугольной рамки, кругового контура и т.п.). Алгоритм расчета индуктивностей. Метод участков расчета индуктивностей. Индуктивность двухпроводной линии. Взаимная индуктивность двух двухпроводных линий. Индуктивность трехфазной линии. Аналитические и численные методы расчета электрических и магнитных полей. Постановка краевой задачи для уравнений Пуассона и Лапласа. Виды граничных условий и типы краевых задач. Методы решения краевых задач. Аналитические методы расчета потенциальных полей: метод зеркальных изображений, метод конформных преобразований, решение краевых задач с использованием функций Грина, метод разделения переменных, метод интегральных уравнений, вариационная постановка краевой задачи и методы ее решения. Численные методы расчета потенциальных полей: общие сведения.

12. Переменное электромагнитное поле.

Запись уравнений переменного электромагнитного поля со сторонними источниками через векторы поля. Применение электродинамических потенциалов для записи уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Комплексные параметры среды. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме. Вектор Пойнтинга. Виды задач электродинамики и методы их решения. Волновые уравнения электромагнитного поля в однородном изотропном диэлектрике. Распространение плоской волны. Плоские гармонические волны в идеальном диэлектрике. Характеристики плоской гармонической волны в несовершенном диэлектрике. Расчет распространения электромагнитных волн в диэлектрике методом разделения переменных. Скорость распространения электромагнитных волн в диэлектрике. Поверхностный эффект и эффект близости. Уравнения распространения электромагнитного поля в проводящей среде. Решение волнового уравнения. Плоское гармоническое электромагнитное поле. Явление поверхностного эффекта. Поверхностный эффект в тонких пластинах и цилиндрических проводниках. Расчет полных сопротивлений проводников при переменных токах. Аналитические методы (разделения переменных и интегральных уравнений) решения краевой задачи в проводящей среде. Численные методы для расчета переменных полей в проводящих средах: общие сведения. Электромагнитное экранирование. Электродинамические потенциалы. Волноводы и резонаторы. Понятие об излучении электромагнитной энергии, запаздывающие потенциалы.

3.3. Темы практических занятий

3 семестр

1. Основные понятия и законы теории электрических цепей (2 часа).
2. Цепи постоянного тока. Законы Ома и Кирхгофа (2 часа).
3. Преобразование электрических цепей (2 часа).
4. Расчет цепей методом наложения. Баланс мощностей (4 часа).
5. Расчет цепей методом контурных токов (2 часа).
6. Расчет цепей методом узловых напряжений (потенциалов) (2 часа).
7. Расчет цепей с использованием метода эквивалентного генератора (2 часа).
8. Цепи синусоидального тока. Законы Кирхгофа и Ома в комплексной форме. Векторные диаграммы (4 часа).
9. Расчет цепей синусоидального тока комплексным методом. Топографические диаграммы (6 часов).
10. Расчет цепей синусоидального тока при резонансе токов и напряжений (4 часа).
11. Расчет цепей синусоидального тока с индуктивно связанными элементами (4 часа).
12. Расчет цепей с несинусоидальными токами и напряжениями (6 часов).
13. Расчет первичных и вторичных параметров четырехполюсников. Расчет цепей с четырехполюсниками (4 часа).
14. Расчет фильтров (4 часа).

4 семестр

1. Расчет симметричных трехфазных цепей. Векторные диаграммы (2 часа).
2. Расчет несимметричных режимов трехфазных цепей (4 часа).
3. Расчет трехфазных цепей методом симметричных составляющих (4 часа).
4. Высшие гармоники в трехфазных цепях (2 часа).
5. Расчет переходных процессов в линейных цепях классическим методом (4 часа).
6. Расчет переходных процессов в цепях с некорректно заданными начальными условиями (2 часа).
7. Расчет переходных процессов в линейных цепях операторным методом (2 часа).
8. Расчет переходных процессов в цепях с использованием интеграла Дюамеля (2 часа).
9. Формирование и аналитическое решение уравнений состояния линейных цепей (2 часа).
10. Расчет нелинейных резистивных цепей с источниками постоянных ЭДС и токов (2 часа).

11. Расчет нелинейных резистивных цепей с источниками синусоидальных ЭДС и токов (2 часа).
12. Расчет нелинейных магнитных цепей. Нелинейные индуктивные элементы в цепях синусоидального тока (2 часа).
13. Расчет переходных процессов в нелинейных цепях (2 часа).

5 семестр

1. Расчет установившихся режимов в длинных линиях (6 часов).
2. Расчет переходных процессов в линиях без потерь (4 часа).
3. Расчет электростатических полей и электрических емкостей (4 часа).
4. Расчет электрических полей в диэлектрике и проводящей среде (4 часа).
5. Расчет магнитных полей и индуктивностей (4 часа).
6. Расчет электромагнитных полей. Вектор Пойнтинга (4 часа).
7. Энергии и механические проявления электрических и магнитных полей (2 часа).
8. Расчет переменных полей в диэлектриках и проводящей среде (4 часа).

3.4. Темы лабораторных работ

Продолжительность каждой лабораторной работы составляет 4 часа.

3 семестр

1. Параметры и характеристики элементов линейной цепи постоянного тока.
2. Исследование линейных цепей постоянного тока. Принцип наложения.
3. Метод эквивалентного генератора. Линейные соотношения электрических величин.
4, 5. Пассивный двухполюсник в цепи синусоидального тока. Исследование цепи синусоидального тока.
6. Исследование цепи синусоидального тока с индуктивно-связанными элементами.
7. Исследование резонанса в цепи с последовательно соединенными элементами *R*, *L*, *C*.
11. Исследование линейной электрической цепи несинусоидального периодического тока.

4 семестр

9. Трёхфазная цепь, соединённая звездой.
10. Трёхфазная цепь, соединённая треугольником.
11. Исследование линейной электрической цепи несинусоидального периодического тока.
12А. Переходные процессы в простейших *R-L* и *R-C* цепях.
12Б. Разряд конденсатора на цепь *R-L*.
15. Нелинейные цепи постоянного тока.
16. Нелинейные цепи переменного тока.
17, 18. Исследование электрической цепи с нелинейным индуктивным элементом. Исследование явления феррорезонанса.

5 семестр

1-3. Исследование режимов модели длинной линии при различных нагрузках.
2-3. Моделирование плоскопараллельного потенциального поля кабеля полем в проводящей среде.
3-3. Распределение потенциалов и зарядов в системе заряженных проводящих тел.
4-3. Экспериментальная проверка закона полного тока.
5-3. Намагничивание тел произвольной формы.
6-3. Определение электромагнитной силы.
7-3. Распространение плоской электромагнитной волны в проводниках, помещенных в ферромагнитный паз.

3.5. РГР

Тип РГР: расчетное задание (типовой расчет). Тематика расчетных заданий:

3 семестр

1. Разветвленная цепь постоянного тока.
2. Разветвленная цепь синусоидального тока.

4 семестр

3. Симметричные, несимметричные и несинусоидальные режимы в трехфазной цепи с динамической нагрузкой.
4. Переходные процессы в линейных цепях с сосредоточенными параметрами.

5 семестр

5. Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами.
6. Расчет потенциальных электрических полей.

3.6. Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовые проекты и курсовые работы учебным планом не предусмотрены.

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)												Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Знать:														
основные понятия, законы и уравнения электрических цепей постоянного тока;	ИД-1опк-3	X												Защита лабораторных работ №1, №2, №3
понятия электрических цепей синусоидального тока, комплексный метод расчета;	ИД-1опк-3		X											Защита лабораторных работ №4, №5, №6, №7
понятие четырехполюсников, их параметры, уравнения и соединения;	ИД-1опк-3				X									Контрольная работа №3
понятие трехфазных электрических цепей, методы расчета трехфазных электрических цепей;	ИД-1опк-3					X								Защита лабораторных работ №9, №10
законы коммутации, классический и операторный методы расчета переходных процессов в линейных электрических цепях;	ИД-2опк-3							X						Защита лабораторных работ №12А, №12Б
понятия нелинейных электрических и магнитных цепей, методы их расчета;	ИД-1опк-3								X					Защита лабораторных работ №15, №16
методы расчета переходных процессов в нелинейных электрических цепях;	ИД-2опк-3								X					Защита лабораторных работ №17, №18
понятия электрических цепей с распределенными параметрами, общее решение однородных линий в установившемся и переходном режимах;	ИД-3опк-3									X				Защита лабораторной работы №1-3
основные понятия, законы, явления и уравнения электромагнитного поля, классификацию электромагнитных полей, описание энергии и механических проявлений электромагнитных полей, волновые процессы в переменных полях.	ИД-3опк-3										X	X	X	Защита лабораторных работ №2-3, №3-3, № 4-3, №5-3, №6-3, №7-3
Уметь:														
описывать уравнениями электромагнитные процессы в электрических цепях;	ИД-1опк-3	X												Контрольная работа №1
рассчитывать электрические цепи	ИД-1опк-3	X												Защита расчетного задания №1

постоянного тока;														
рассчитывать электрические цепи синусоидального тока, строить векторно-топографические диаграммы;	ИД-1опк-3		X											Контрольная работа №2 Защита расчетного задания №2
рассчитывать электрические цепи с периодическими несинусоидальными токами и напряжениями;	ИД-1опк-3			X										Защита лабораторной работы №11
рассчитывать параметры четырехполюсников;	ИД-1опк-3				X									Контрольная работа №3
рассчитывать трехфазные электрические цепи со статическими нагрузками;	ИД-1опк-3					X								Контрольная работа №4
рассчитывать трехфазные электрические цепи с периодическими несинусоидальными токами и напряжениями и с динамическими нагрузками;	ИД-1опк-3						X							Защита расчетного задания №3
рассчитывать переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами;	ИД-2опк-3							X						Контрольная работа №5 Защита расчетного задания №4
рассчитывать установившиеся режимы в нелинейных электрических и магнитных цепях;	ИД-1опк-3								X					Контрольная работа №6
рассчитывать установившиеся режимы в линейных цепях с распределенными параметрами;	ИД-1опк-3									X				Контрольная работа №7
рассчитывать переходные процессы в длинных линиях без потерь;	ИД-2опк-3									X				Защита расчетного задания №5
рассчитывать сопротивления, индуктивности и емкости проводящих тел;	ИД-3опк-3										X	X		Защита расчетного задания №6
рассчитывать электромагнитные поля.	ИД-3опк-3											X	X	Контрольная работа №8 Контрольная работа №9

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:

3 семестр

– контрольные работы:

1. Контрольная работа №1 «Расчет электрических цепей постоянного тока».
2. Контрольная работа №2 «Комплексный метод расчета электрических цепей синусоидального тока».
3. Контрольная работа №3 «Четырехполюсники и фильтры».

– защита лабораторных работ №№1-7, 11;

– защита РГР (типовых расчетов):

1. Расчетное задание №1 «Разветвленная цепь постоянного тока».
2. Расчетное задание №2 «Разветвленная цепь синусоидального тока».

4 семестр

– контрольные работы:

1. Контрольная работа №3 «Расчет трехфазных электрических цепей».
2. Контрольная работа №4 «Переходные процессы в линейных электрических цепях».
3. Контрольная работа №5 «Нелинейные цепи».

– защита лабораторных работ №№9-10, 12-18;

– защита РГР (типовых расчетов):

1. Расчетное задание №3 «Симметричные, несимметричные и несинусоидальные режимы в трехфазной цепи с динамической нагрузкой».
2. Расчетное задание №4 «Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами».

5 семестр

– контрольные работы:

1. Контрольная работа №7 «Длинные линии».
2. Контрольная работа №8 «Электрическое поле».
3. Контрольная работа №9 «Магнитное поле».

– защита лабораторных работ 1-3 – 7-3;

– защита РГР (типовых расчетов):

1. Расчетное задание №5 «Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами».
2. Расчетное задание №6 «Расчет потенциальных электрических полей».

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):

3 семестр

Экзамен (устный). Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

4 семестр

Экзамен (устный). Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

5 семестр

Экзамен (устный). Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносится оценка за 5 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Печатные и электронные издания:

1. Теоретические основы электротехники: В 3 т. Т.1: Учебник для вузов по направлениям подготовки бакалавров и магистров «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» и «Электроэнергетика» / К.С. Демирчян и др. 4-е изд., доп. СПб.: Питер, 2003. 463 с. ISBN 5-947236-20-6.

2. Теоретические основы электротехники: В 3 т. Т.2: Учебник для вузов по направлениям подготовки бакалавров и магистров «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» и «Электроэнергетика» / К.С. Демирчян и др. 4-е изд., доп. СПб.: Питер, 2003. 576 с. ISBN 5-947236-20-6.

3. Теоретические основы электротехники: В 3 т. Т.3: Учебник для вузов по направлениям подготовки бакалавров и магистров «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» и «Электроэнергетика» / К.С. Демирчян и др. 4-е изд., доп. СПб.: Питер, 2003. 377 с. ISBN 5-947236-20-6.

4. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. В 2-х т. Т. 1. Электрические и магнитные цепи с сосредоточенными параметрами: учебное пособие для вузов по направлениям «Электроэнергетика и электротехника», «Электроника и наноэлектроника» / П.А. Бутырин и др.; ред. П. А. Бутырин. М.: Издательский дом МЭИ, 2012. 595 с. URL: http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4240.

5. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. В 2-х т. Т. 2. Электрические цепи с распределенными параметрами. Электромагнитное поле: учебное пособие для вузов по направлениям «Электроэнергетика и электротехника», «Электроника и наноэлектроника» / П. А. Бутырин и др.; ред. П.А. Бутырин. М.: Издательский дом МЭИ, 2012. 571 с. URL: http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4242.

6. Цепи постоянного и синусоидального тока: лабораторный практикум по курсу «Теоретические основы электротехники» / Л.В. Алексейчик и др., Нац. исслед. ун-т «МЭИ» ; ред. М.П. Жохова. М.: Изд-во МЭИ, 2017. 128 с. URL: http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9901. ISBN 978-5-7046-1819-5.

7. Трехфазные цепи, переходные процессы, нелинейные цепи постоянного и синусоидального тока: лабораторный практикум по курсу «Теоретические основы электротехники» / Л.В. Алексейчик, Л.И. Гостинцева, Г.Г. Гусев и др., Нац. исслед. ун-т «МЭИ» (НИУ «МЭИ»); ред. О.В. Толчеев. М.: Изд-во МЭИ, 2018. 152 с. URL: http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10392. ISBN 978-5-7046-2014-3.

8. Бутырин П.А. Теоретические основы электротехники: [в 3-х ч.]. Ч. 3: учебник для реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / Нац. исслед. ун-т «МЭИ» (НИУ «МЭИ»). М.: Изд-во МЭИ, 2019. 400 с. URL: http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10704.

9. Шамсиев М.В.,Абдулкеримов С.А.,Юсупов С.А.,Пардаев С.С.,Собиров Ф.С. Теоретические основы электротехники. Часть 1. Лабораторный практикум. Москва. Издательство МЭИ. 2020

5.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение: операционная система Windows, Microsoft Office, компьютерная система MathCAD 14, компьютерная программа MATLAB, компьютерная программа ELCUT, компьютерный программный комплекс ANSYS, программно-технический комплекс Delta Profi.

5.3. Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ» https://uisrussia.msu.ru

Справочно-правовая система «Консультант+» http://www.consultant-urist.ru

Справочно-правовая система «Гарант» http://www.garant.ru

База данных Web of Science https://apps.webofknowledge.com/

База данных Scopus https://www.scopus.com

Портал открытых данных Российской Федерации https://data.gov.ru

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ https://rosmintrud.ru/opendata

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU https://elibrary.ru/

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/

Базы данных Министерства экономического развития РФ http://www.economy.gov.ru

База открытых данных Росфинмониторинга http://www.fedsfm.ru/opendata

Электронная база данных «Издательство Лань» https://e.lanbook.com

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» https://нэб.рф

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» https://openedu.ru

Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" https://www.polpred.com

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии http://protect.gost.ru/

Электронная библиотека МЭИ https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php.

Веб-сайт кафедры ТОЭ ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» http://toe.mpei.ru/

Онлайн курсы кафедры ТОЭ МЭИ https://ittoe.ru/

Кафедра теоретических основ электротехники https://mpei.ru/Structure/Universe/epe/structure/tfee/Pages/default.aspx

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения освоения дисциплины используются:

- учебные аудитории для проведения лекций, практических занятий и консультаций;
- учебная лаборатория Теоретические основы электротехники (аудитория 211):

  - лабораторный стенд (12 шт.), оснащенный аналоговыми и цифровыми измерительными приборами, двуканальным осциллографом GOS-620FG с частотным диапазоном от 0 до 20 МГц;

  - персональный компьютер (12 шт.) (системный блок, монитор, клавиатура, мышь);

  - универсальный вольтметр В7-38 (12 шт.), , комплект соединительных проводов (12 шт.).комплект развернутых плакатов по всем разделам ТОЭ (100 шт.)

Приложение А

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Контрольная работа №1 «Расчет электрических цепей постоянного тока».

КМ-2 Контрольная работа №2 «Комплексный метод расчета электрических цепей синусоидального тока».

КМ-3 Расчетное задание №1 «Разветвленная цепь постоянного тока» (защита).

КМ-4 Расчетное задание №2 «Разветвленная цепь синусоидального тока» (защита).

КМ-5 Контрольная работа №3 «Четырехполюсники и фильтры».

КМ-6 Лабораторный практикум (защита лабораторных работ).

Вид промежуточной аттестации – экзамен.

Трудоемкость дисциплины = 7 з.е.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4 нед.	8 нед.	12 нед.	14 нед.	15 нед.	16 нед.
1	Линейные электрические цепи постоянного тока.		+		+			+
2	Линейные электрические цепи синусоидального тока.			+		+		+
3	Линейные электрические цепи несинусоидального тока.							+
4	Четырехполюсники и электрические фильтры.						+	
		Вес КМ, %:	10	10	25	25	10	20

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(название дисциплины)

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Контрольная работа №4 «Расчет трехфазных электрических цепей».

КМ-2 Контрольная работа №5 «Переходные процессы в линейных электрических цепях».

КМ-3 Расчетное задание №3 «Симметричные, несимметричные и несинусоидальные режимы в трехфазной цепи с динамической нагрузкой» (защита).

КМ-4 Расчетное задание №4 «Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами» (защита).

КМ-5 Контрольная работа №6 «Нелинейные цепи».

КМ-6 Лабораторный практикум (защита лабораторных работ).

Вид промежуточной аттестации – экзамен.

Трудоемкость дисциплины = 6 з.е.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4 нед.	8 нед.	12 нед.	14 нед.	15 нед.	16 нед.
5	Трехфазные электрические цепи.		+		+			+
6	Высшие гармоники и симметричные составляющие ЭДС, токов и напряжений трехфазных электрических цепей.				+			
7	Переходные процессы в линейных электрических цепях.			+		+		+
8	Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях.						+	+
		Вес КМ, %:	10	10	25	25	10	20

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий <u>текущего контроля</u> успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Контрольная работа №7 «Длинные линии».

КМ-2 Контрольная работа №8 «Электрическое поле».

КМ-3 Расчетное задание №5 «Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами» (защита).

КМ-4 Расчетное задание №6 «Расчет потенциальных электрических полей» (защита).

КМ-5 Контрольная работа №9 «Магнитное поле».

КМ-6 Лабораторный практикум (защита лабораторных работ).

Вид промежуточной аттестации – экзамен.

Трудоемкость дисциплины = 6 з.е.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	4 нед.	8 нед.	12 нед.	14 нед.	15 нед.	16 нед.
9	Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами.		+		+			+
10	Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле.			+		+		+
11	Стационарные электрические и магнитные поля.					+	+	+
12	Переменное электромагнитное поле.							+
		Вес КМ, %:	10	10	25	25	10	20

Приложение Б

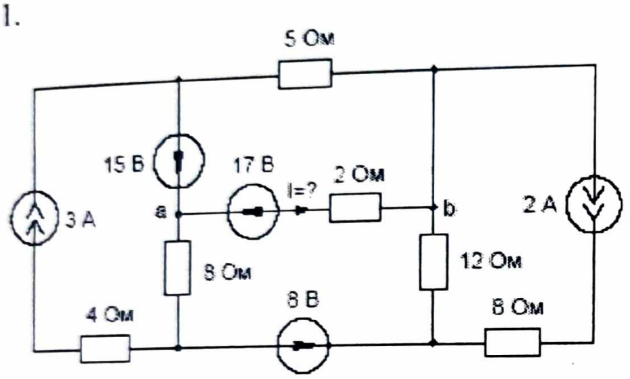
__Фонд оценочных средств состоит из 17 контрольных работ и 6 расчетных заданий.

Пример : Контрольная работа N 3 (3 семестр)

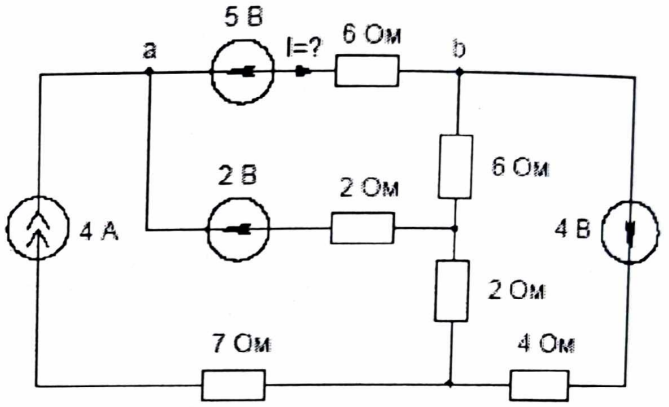
МЕТОД ЭКВИВАЛЕНТНОГО ГЕНЕРАТОРА

Найти ток I методом эквивалентного генератора. Определить параметры эквивалентного генератора U_{xx} и $R_{вх}$.

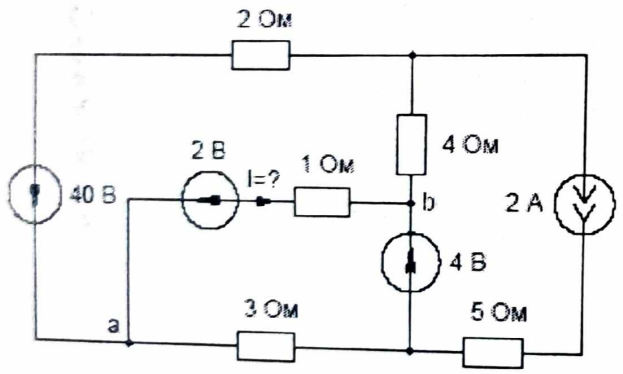
1.



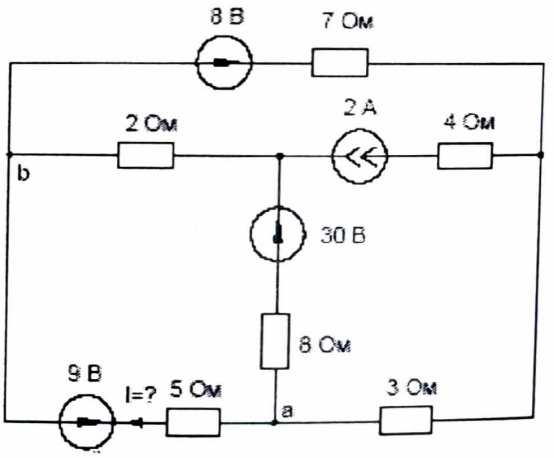
2.



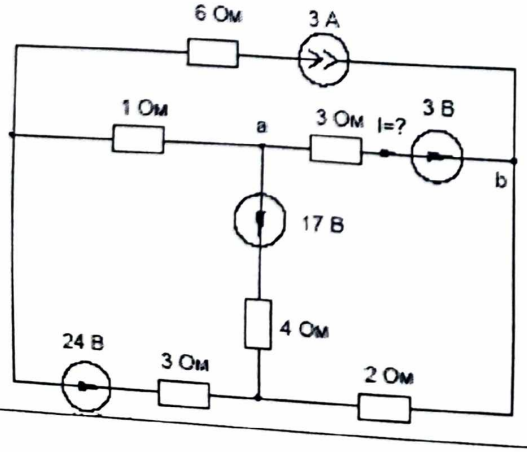
3.



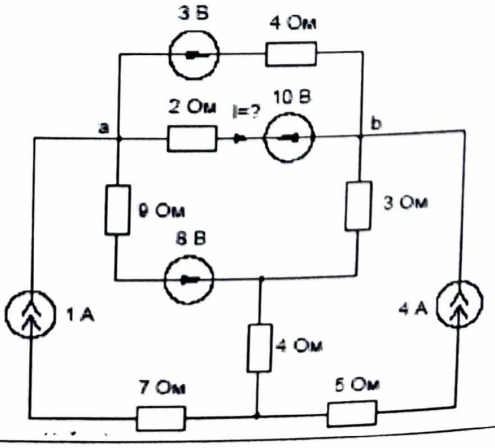
4.



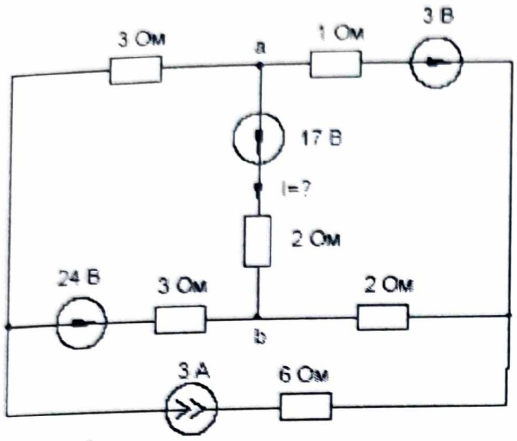
5.



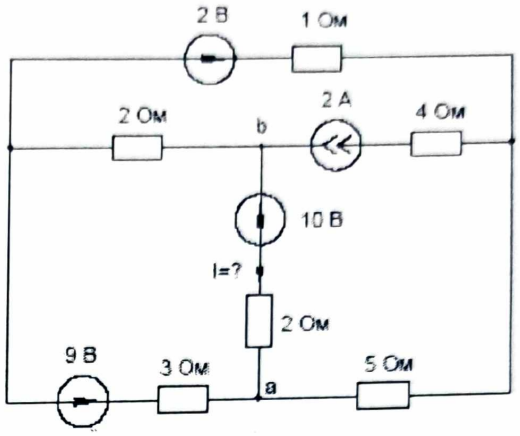
6.



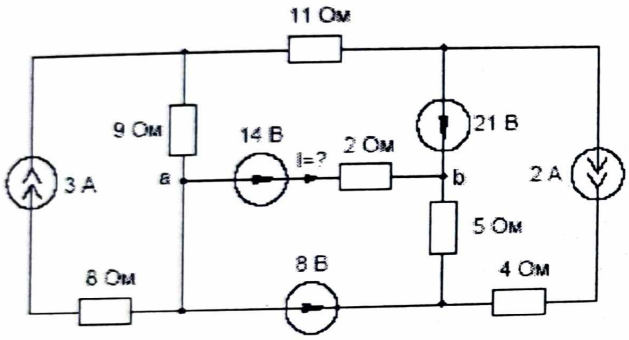
7.



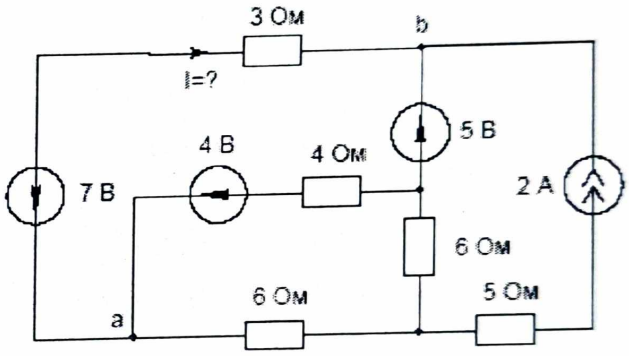
8.



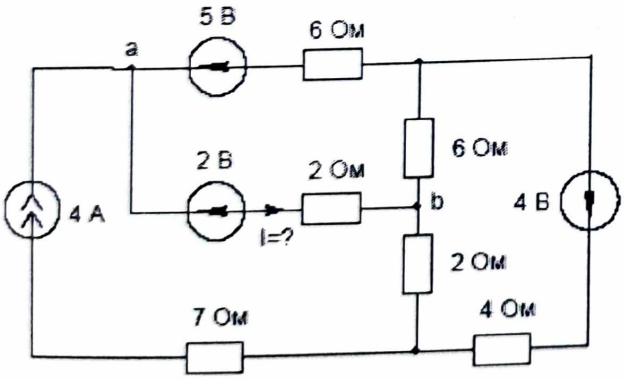
9.



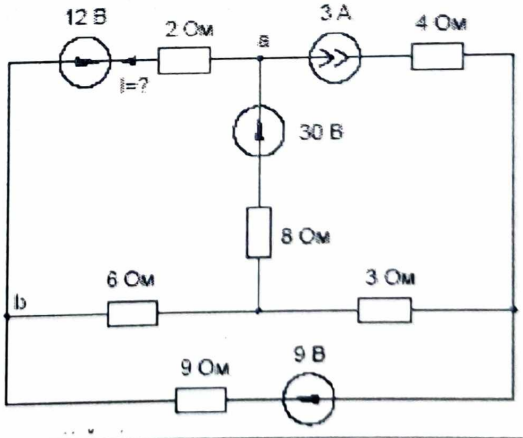
10.



11.

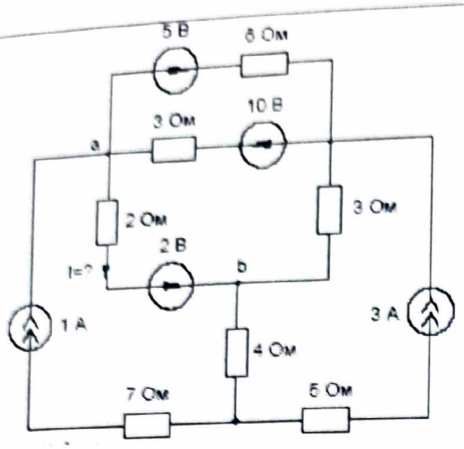


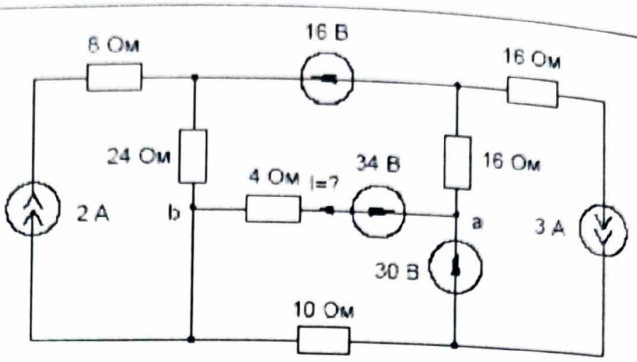
12.



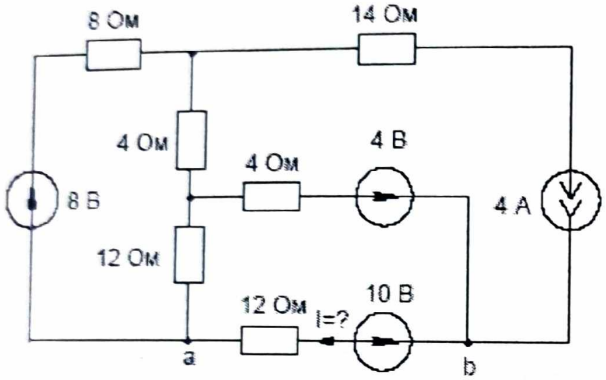
13.

14.

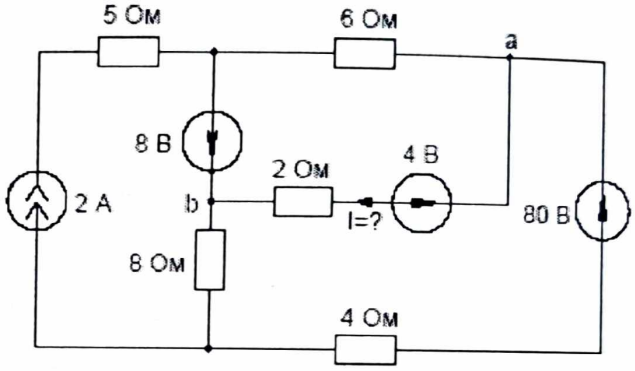




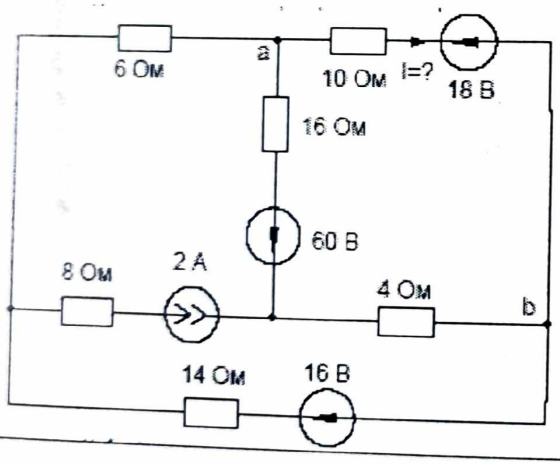
15.



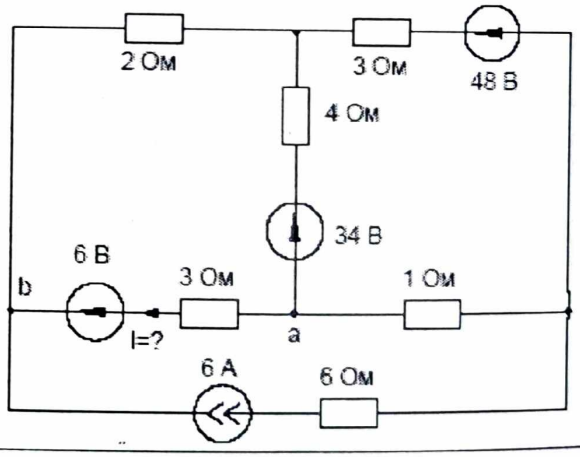
16.



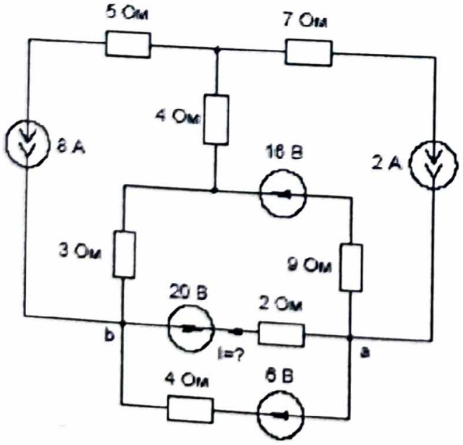
17.



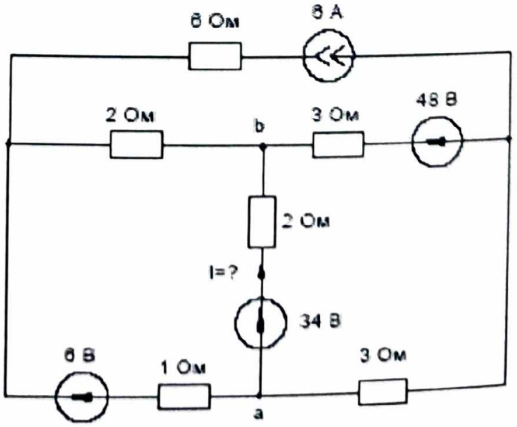
18.



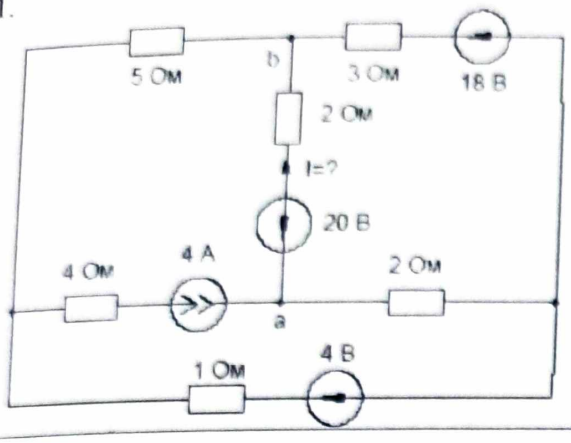
19.



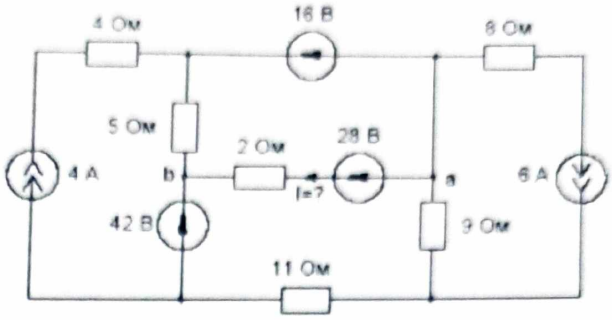
20.



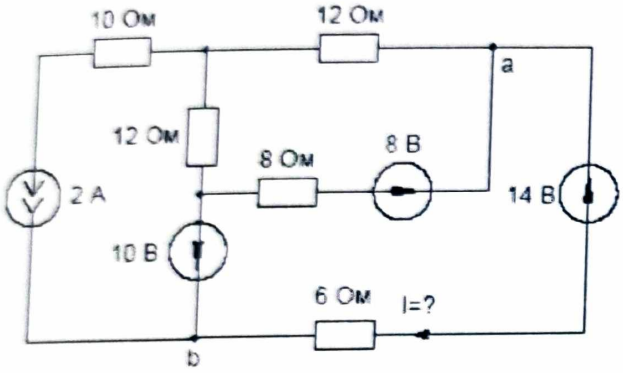
21.



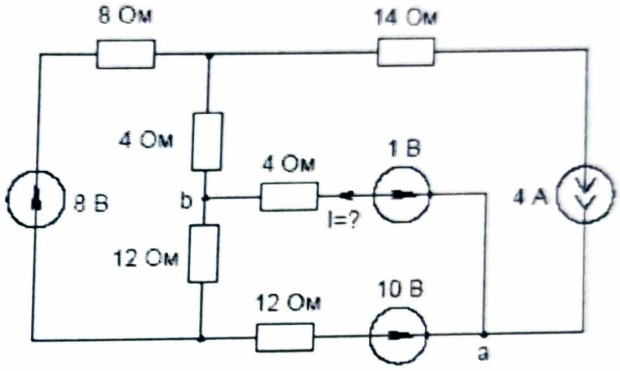
22.



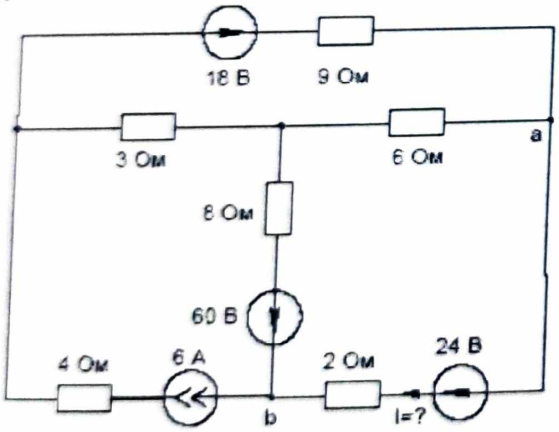
23.



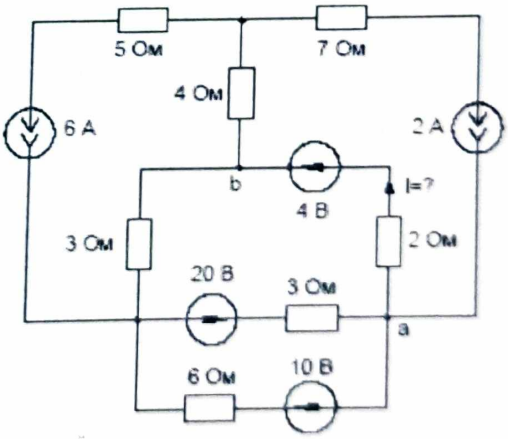
24.



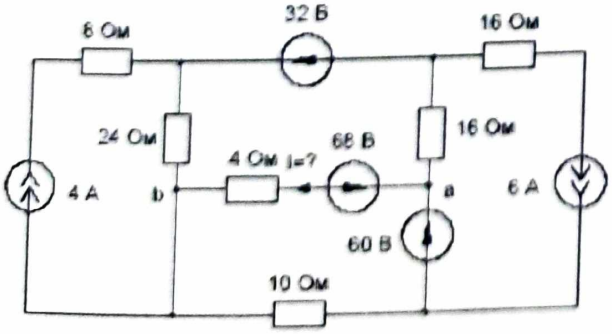
25.



26.



27.



Ответы к контрольной работе №2			
Вариант	I, А	$U_{xx}=\varphi_a-\varphi_b$, В	$R_{вх}$, Ом
1	0,5	20	4
2	1	16	5
3	2	8	2
4	-2,5	-16	5
5	-4	-31	4
6	-3	-5	3
7	2	-9	2
8	-2	2	4
9	1	-8	4
10	-2	-5	3
11	3	35	9
12	-0,857	0	12
13	3	19	5
14	0,5	40	8
15	1	32	10
16	2	16	4
17	-2,5	-32	10
18	-8	-62	4
19	-6	-10	3
20	4	-18	2
21	-4	-4	4
22	2	-16	4
23	-2	-10	6

24	3,136	70	18
25	1,714	0	12
26	6	38	5
27	1	80	8

Пример расчетной работы №2(семестр 4)

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЯХ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Задание:

Цепь содержит источники постоянного напряжения и постоянного тока E и J, а также источники гармонического напряжения $e(t) = E_m \sin(\omega t + \varphi)$ и тока $J(t) = J_m \sin(\omega t + \varphi)$ с угловой частотой $\omega = 1000$ рад/с.

Предполагается, что до замыкания (или размыкания) первого ключа цепь находится в установившемся режиме.

1. Рассчитать классическим методом ток $i(t)$ на трех этапах, соответствующих последовательному замыканию (или размыканию) трех колючей.

2. Рассчитать тот же ток $i(t)$ операторным методом. Для первой и второй коммутации воспользоваться операторным методом для полных составляющих тока, для третьей коммутации применить операторный метод для свободной составляющей тока.

3. Построить график зависимости $i(t)$ для трех этапов.

Методические указания и исходные данные:

1. Для каждой из коммутаций сначала выполняется расчет классическим методом, а затем операторным.

При совпадении результатов расчета обоими методами приступить к расчету следующей коммутации.

2. Ключи замыкаются (или размыкаются) поочередно в соответствии с указанными на схеме номерами через интервал времени t_k. При возникновении колебательного процесса $t_k = T/6$, где $T = 2\pi/\omega_{св}$ – период свободных колебаний. При возникновении апериодического процесса

$t_0 = \frac{1}{|p_1|}$, , где p_1 – меньший по модулю (или единственный) корень характеристического уравнения.

3. Для всех схем L = 20 мГн, C = 100 мкФ, а величины сопротивлений указаны на схеме.

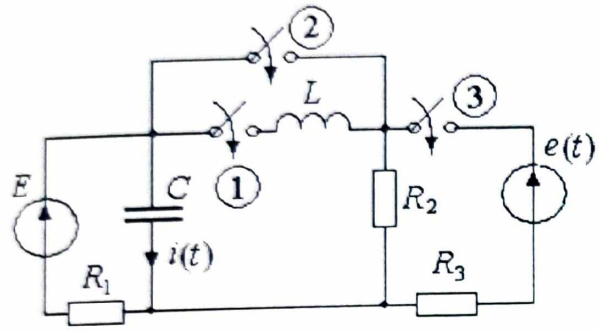
4. Номер схемы соответствует порядковому номеру, под которым фамилия студента записана в групповом журнале. Величины ЭДС E и E_m и токов J и J_m источников тока, а также начальная фаза φ в момент включения третьего ключа гармонических источников $e(t)$ и $J(t)$ в зависимости от номера группы находится из условия:

$E = 10\,N$ (вольт), $E_m = 10\,N$ (вольт),

$J = 0{,}4\,N$ (ампер), $J_m = 0{,}4\,N$ (ампер),

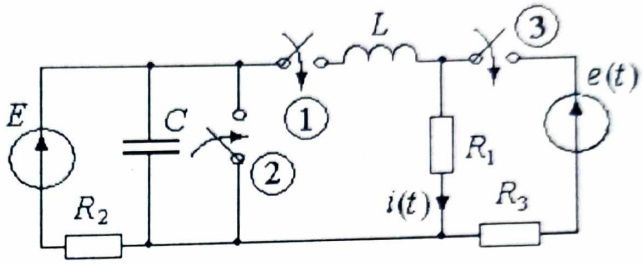
$\varphi = 30\,N$ (градусов), где N - номер группы.

1.



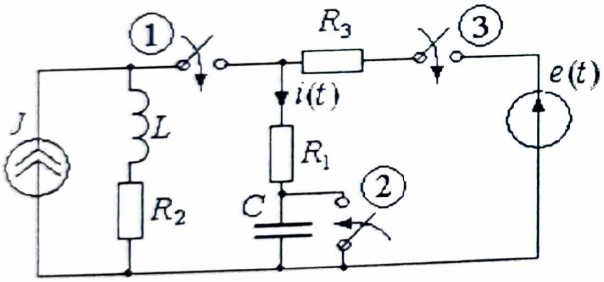
$R_1 = 20$ Î ì , $R_2 = 20$ Î ì , $R_3 = 8$ Î ì

2.



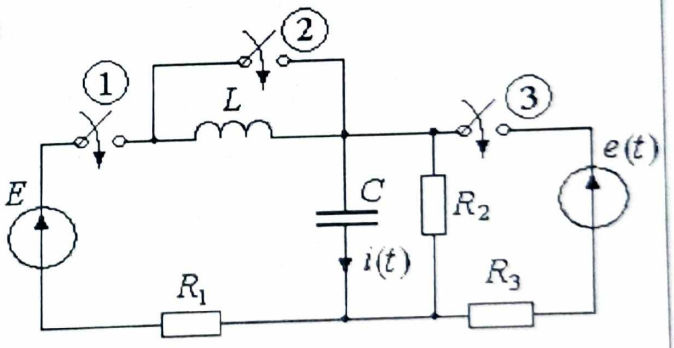
$R_1 = 5$ Î ì , $R_2 = 80$ Î ì , $R_3 = 15$ Î ì

3.



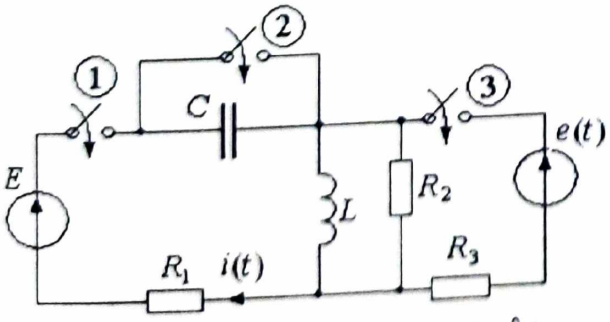
$R_1 = 8$ Î ì , $R_2 = 8$ Î ì , $R_3 = 10$ Î ì

4.



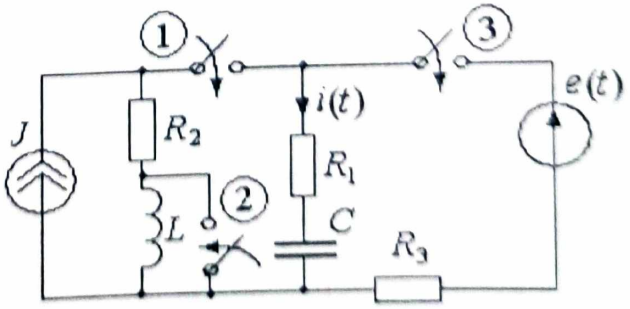
$R_1 = 50$ Î ì , $R_2 = 50$ Î ì , $R_3 = 20$ Î ì

5.



$R_1 = 50$ Î ì , $R_2 = 50$ Î ì , $R_3 = 20$ Î ì

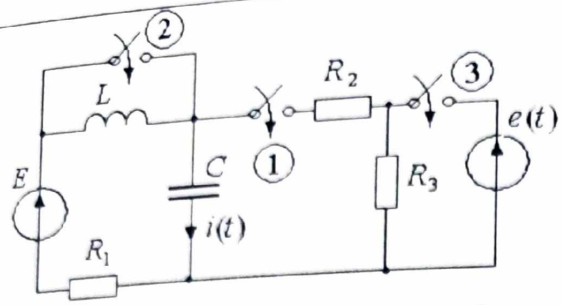
6.



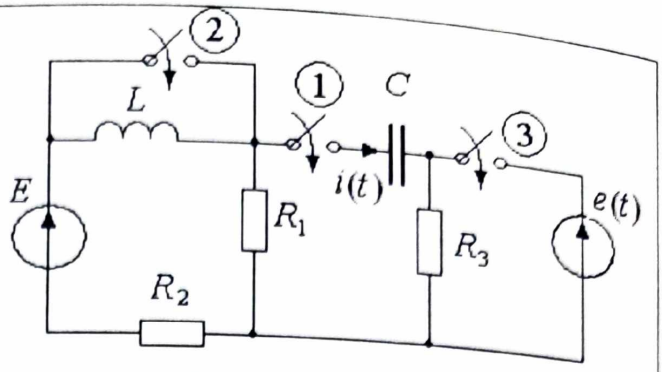
$R_1 = 30$ Î ì , $R_2 = 20$ Î ì , $R_3 = 20$ Î ì

7.

8.

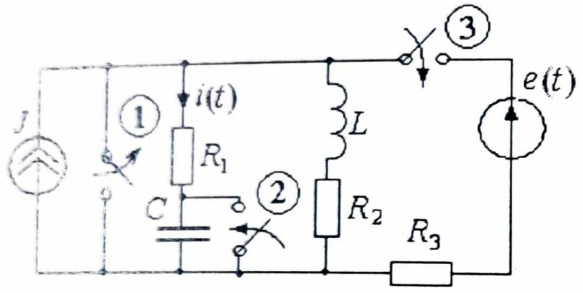


$R_1 = 10$ Î ì , $R_2 = 20$ Î ì , $R_3 = 180$ Î ì



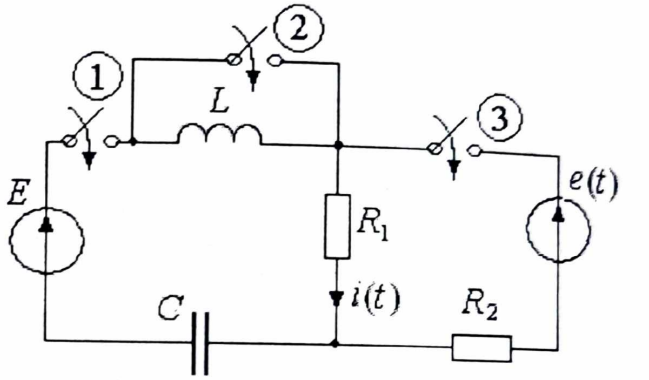
$R_1 = 20$ Î ì , $R_2 = 30$ Î ì , $R_3 = 20$ Î ì

9.



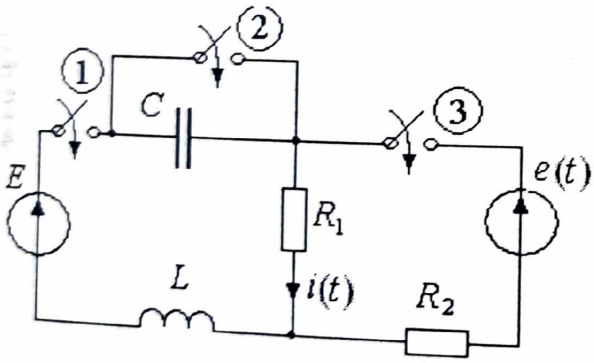
$R_1 = 10$ Î ì , $R_2 = 5$ Î ì , $R_3 = 10$ Î ì

10.



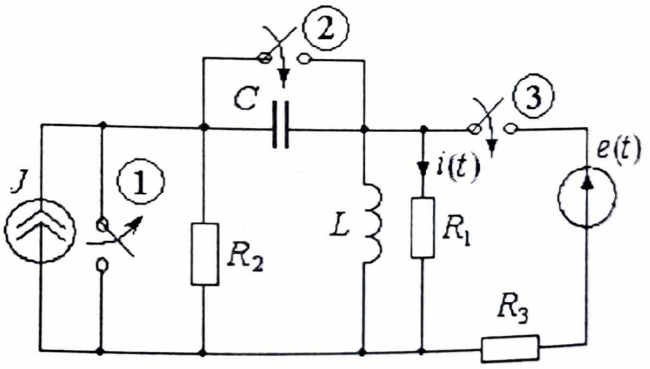
$R_1 = 10$ Î ì , $R_2 = 8$ Î ì

11.



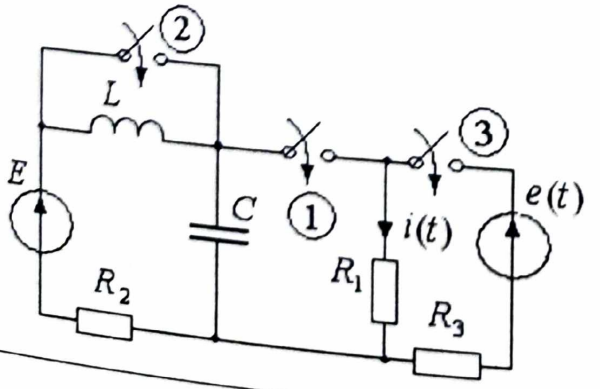
$R_1 = 12$ Î ì , $R_2 = 6$ Î ì

12.

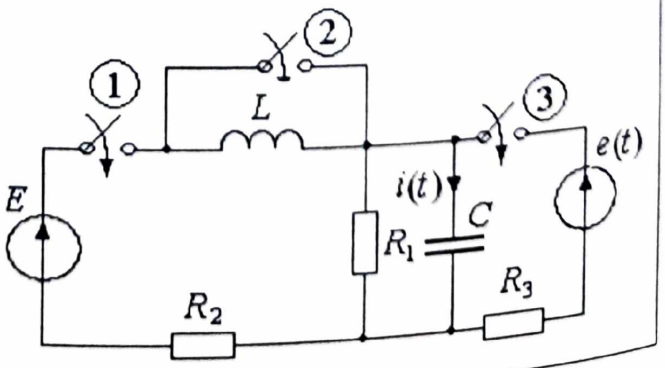


$R_1 = 10$ Î ì , $R_2 = 20$ Î ì , $R_3 = 20$ Î ì

13.

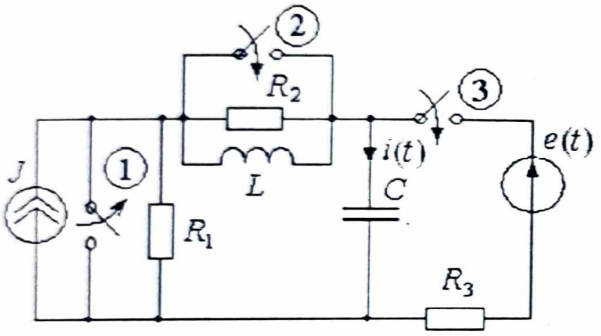


14.



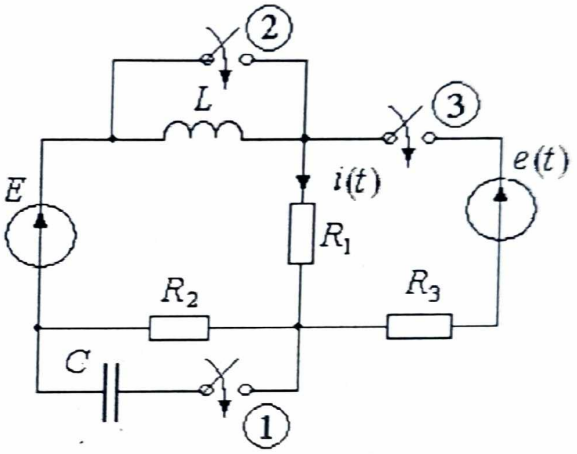
$R_1 = 30$ Î ì , $R_2 = 30$ Î ì , $R_3 = 10$ Î ì	$R_1 = 60$ Î ì , $R_2 = 10$ Î ì , $R_3 = 10$ Î ì

15.



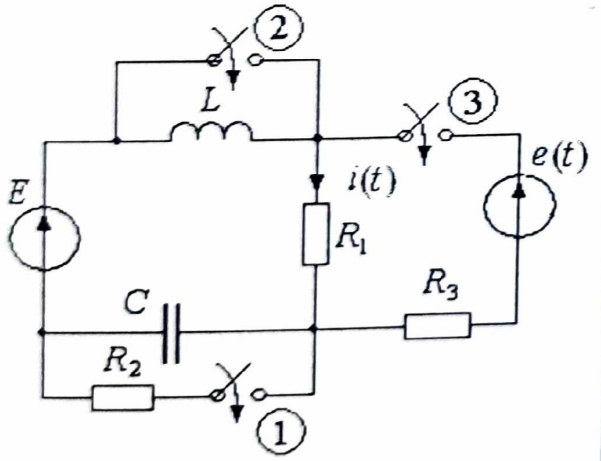
$R_1 = 10$ Î ì , $R_2 = 200$ Î ì , $R_3 = 8$ Î ì

16.



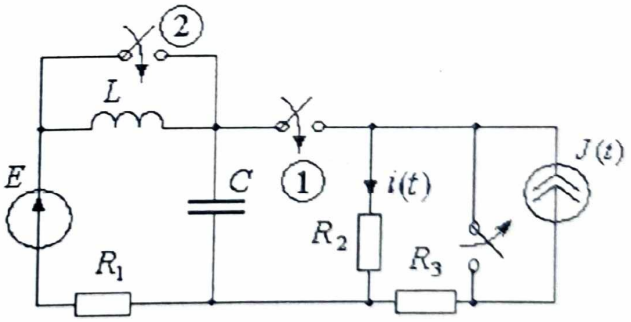
$R_1 = 10$ Î ì , $R_2 = 90$ Î ì , $R_3 = 6$ Î ì

17.



$R_1 = 5$ Î ì , $R_2 = 95$ Î ì , $R_3 = 4$ Î ì

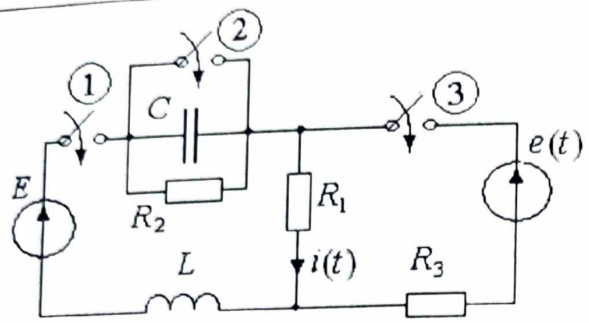
18.



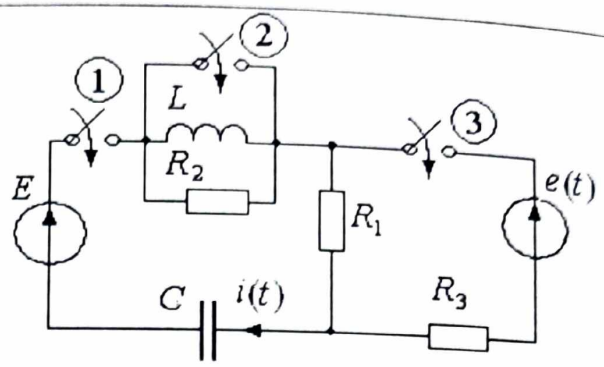
$R_1 = 10$ Î ì , $R_2 = 120$ Î ì , $R_3 = 300$ Î ì

19.

20.

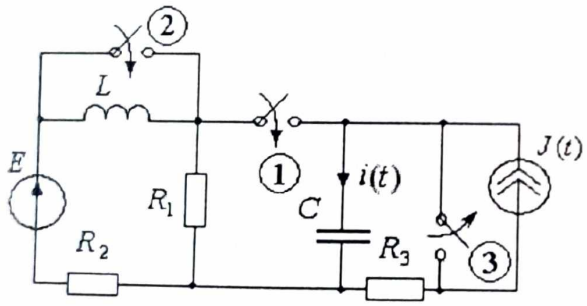


$R_1 = 10$ Î ì , $R_2 = 100$ Î ì , $R_3 = 20$ Î ì



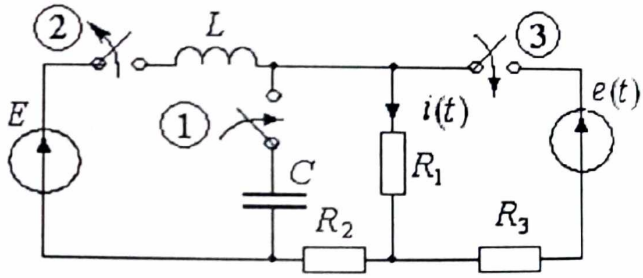
$R_1 = 15$ Î ì , $R_2 = 100$ Î ì , $R_3 = 10$ Î ì

21.



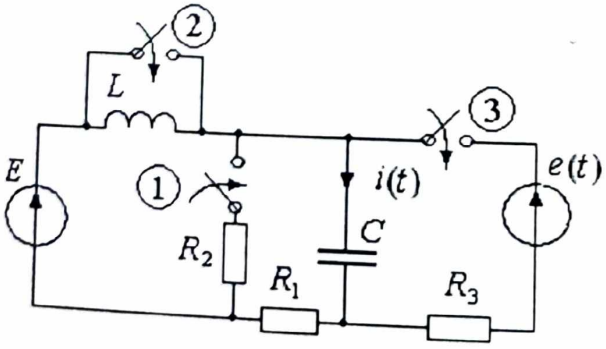
$R_1 = 15$ Î ì , $R_2 = 20$ Î ì , $R_3 = 30$ Î ì

22.



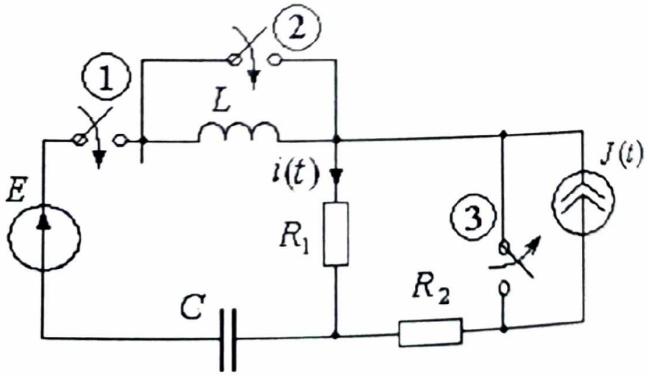
$R_1 = 60$ Î ì , $R_2 = 40$ Î ì , $R_3 = 10$ Î ì

23.



$R_1 = 10$ Î ì , $R_2 = 100$ Î ì , $R_3 = 20$ Î ì

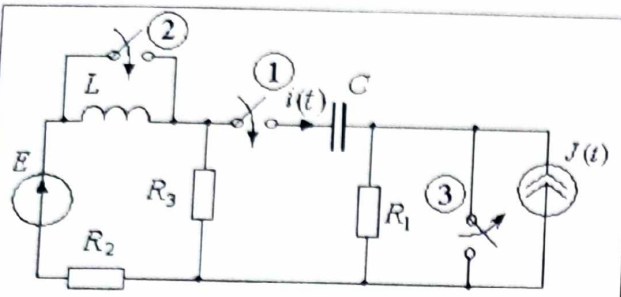
24.



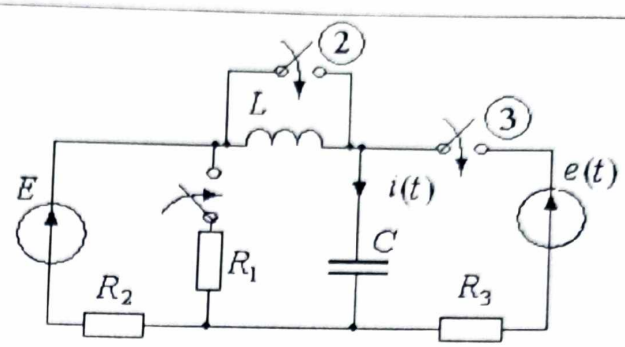
$R_1 = 20$ Î ì , $R_2 = 30$ Î ì

25.

26.

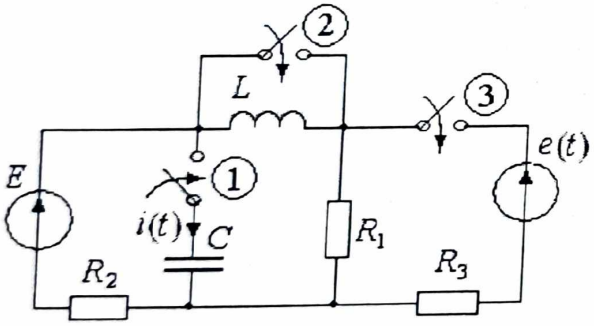


$R_1 = 20$ Î ì , $R_2 = 20$ Î ì , $R_3 = 20$ Î ì



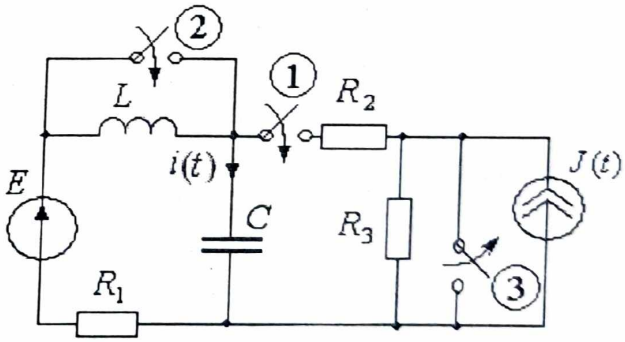
$R_1 = 100$ Î ì , $R_2 = 100$ Î ì , $R_3 = 15$ Î ì

27.



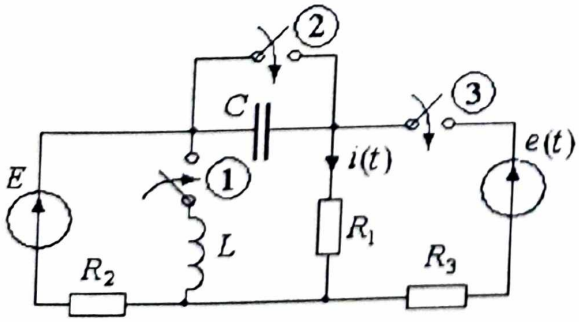
$R_1 = 40$ Î ì , $R_2 = 40$ Î ì , $R_3 = 10$ Î ì

28.

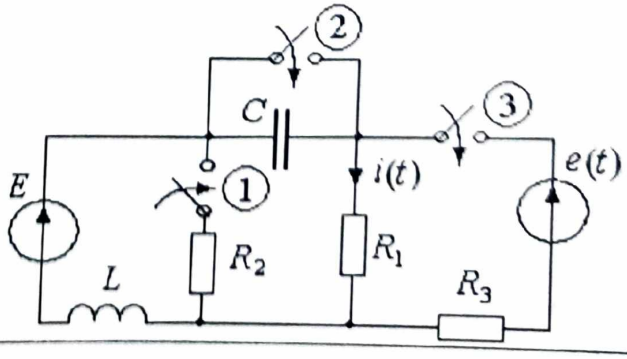


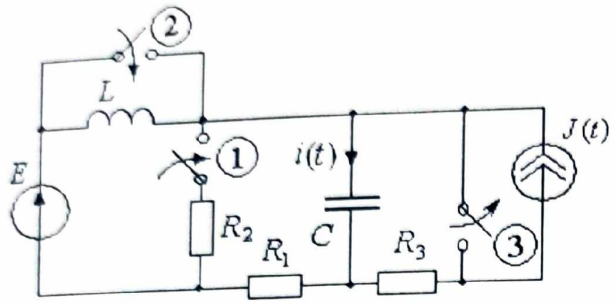
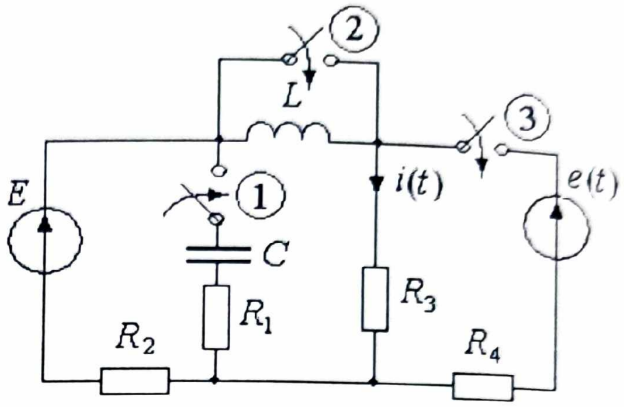
$R_1 = 15$ Î ì , $R_2 = 60$ Î ì , $R_3 = 140$ Î ì

29.



30.



$R_1 = 30$ Î ì , $R_2 = 40$ Î ì , $R_3 = 12$ Î ì	$R_1 = 5$ Î ì , $R_2 = 80$ Î ì , $R_3 = 5$ Î ì
31.  $R_1 = 30$ Î ì , $R_2 = 20$ Î ì , $R_3 = 20$ Î ì	32.  $R_1 = 20$ Î ì , $R_2 = 80$ Î ì , $R_3 = 30$ Î ì , $R_4 = 10$ Î ì