

**МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)
ВОЛЖСКИЙ ФИЛИАЛ**

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой ИиТТП
Петрова А.В.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАСЧЕТНО-
ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»**

Направление подготовки
23.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль)
***Автоматизированные системы обработки информации и управления в
отраслях транспортно-дорожного комплекса***

Квалификация
Бакалавр

Кафедра: ИиТТП

Чебоксары

ОГЛАВЛЕНИЕ

РГР №1. Расчет линейных электрических цепей постоянного тока.....	3
РГР №2. Расчет цепей синусоидального тока символическим методом	5
РГР №3. Резонансные явления в электрических цепях.....	7
РГР №4. Трехфазные электрические цепи	9
РГР №5. Переходные процессы в цепях первого порядка.....	11
РГР №6. Переходные процессы в цепях второго порядка.....	13
РГР №7. Четырехполюсники и электрические фильтры	15
РГР №8. Электрические машины и трансформаторы	17
Требования к оформлению РГР	19

РГР №1. Расчет линейных электрических цепей постоянного тока

Цель работы: Освоить методы расчета электрических цепей постоянного тока, научиться применять законы Кирхгофа, метод контурных токов и метод узловых потенциалов.

Теоретическая часть:

1. Законы Ома и Кирхгофа.
2. Метод контурных токов.
3. Метод узловых потенциалов.
4. Метод эквивалентного генератора.
5. Баланс мощностей.

Типовые задания:

1. Для электрической цепи постоянного тока (схема согласно варианту), содержащей источники ЭДС E_1 , E_2 и резисторы R_1 – R_5 :
 - Составить систему уравнений по законам Кирхгофа для определения токов во всех ветвях.
 - Рассчитать токи во всех ветвях методом контурных токов.
 - Рассчитать токи во всех ветвях методом узловых потенциалов.
 - Проверить правильность расчетов, составив баланс мощностей.
2. Определить ток в ветви с резистором R_3 методом эквивалентного генератора (теорема Тевенена).
3. Построить потенциальную диаграмму для внешнего контура цепи.
4. Определить показания вольтметра, подключенного к указанным точкам схемы.

Таблица 1.1 - Схемы цепей и 10 вариантов исходных данных:

Вар	Схема	E_1 (В)	E_2 (В)	R_1 (Ом)	R_2 (Ом)	R_3 (Ом)	R_4 (Ом)	R_5 (Ом)
1	Схема 1	12	24	2	4	6	8	10
2	Схема 1	15	30	3	5	7	9	11
3	Схема 1	10	20	1	3	5	7	9
4	Схема 1	24	12	4	6	8	10	12
5	Схема 1	18	36	2	4	6	8	10
6	Схема 2	12	24	2	4	6	8	10
7	Схема 2	15	30	3	5	7	9	11

8	Схема 2	10	20	1	3	5	7	9
9	Схема 2	24	12	4	6	8	10	12
10	Схема 2	18	36	2	4	6	8	10

РГР №2. Расчет цепей синусоидального тока символическим методом

Цель работы: Освоить метод комплексных амплитуд для расчета цепей синусоидального тока, научиться строить векторные диаграммы.

Теоретическая часть:

1. Представление синусоидальных функций комплексными числами.
2. Комплексные сопротивления и проводимости.
3. Законы Кирхгофа в комплексной форме.
4. Активная, реактивная и полная мощность.
5. Векторные диаграммы.

Типовые задания:

1. В электрической цепи синусоидального тока (схема согласно варианту) заданы параметры элементов и напряжение источника $u(t) = U_m \cdot \sin(\omega t + \psi_u)$.

Определить:

- Комплексные сопротивления всех ветвей.
- Комплексные действующие значения токов во всех ветвях.
- Записать мгновенные значения токов $i(t)$.
- Активную, реактивную и полную мощность цепи.

2. Построить векторную диаграмму токов и напряжений для данной цепи.

3. Определить коэффициент мощности цепи ($\cos \varphi$) и необходимую емкость для его повышения до заданного значения.

4. Рассчитать частоту, при которой в цепи наступит резонанс (для последовательного или параллельного контура, в зависимости от схемы).

Таблица 2.1 - 10 вариантов исходных данных:

Вар	Схема	U_m (В)	f (Гц)	ψ_u (°)	R_1 (Ом)	R_2 (Ом)	L (мГн)	C (мкФ)
1	RL-цепь	100	50	30	10	20	50	—
2	RC-цепь	120	60	45	15	25	—	100
3	RLC-посл	150	100	0	20	—	30	50
4	RLC-парал	200	50	60	30	—	40	80

5	RL-цепь	110	400	90	12	18	40	—
6	RC-цепь	130	200	15	22	28	—	120
7	RLC-посл	140	150	75	25	—	35	60
8	RLC-парал	180	80	30	28	—	45	70
9	RL-цепь	160	120	45	16	24	55	—
10	RC-цепь	190	75	120	32	36	—	90

РГР №3. Резонансные явления в электрических цепях

Цель работы: Изучить явления резонанса напряжений и токов, исследовать частотные характеристики резонансных цепей.

Теоретическая часть:

1. Резонанс напряжений в последовательном RLC-контуре.
2. Резонанс токов в параллельном RLC-контуре.
3. Частотные характеристики (АЧХ, ФЧХ).
4. Добротность, полоса пропускания.
5. Резонансные кривые.

Типовые задания:

1. Для последовательного колебательного контура с параметрами R , L , C :
 - Определить резонансную частоту f_0 , характеристическое сопротивление ρ , добротность Q .
 - Рассчитать и построить зависимости модуля полного сопротивления $|Z(f)|$ и фазы $\varphi(f)$ в диапазоне частот $(0,1-10)f_0$.
 - Определить полосу пропускания контура Δf .
2. Для параллельного колебательного контура с теми же параметрами:
 - Определить резонансную частоту f_0 (с учетом потерь).
 - Рассчитать и построить зависимости модуля полной проводимости $|Y(f)|$ и фазы $\varphi(f)$.
 - Определить резонансное сопротивление контура R_0 .
3. Исследовать влияние сопротивления R на форму резонансных кривых (построить кривые для трех значений R : R , $2R$, $0,5R$).
4. Определить, при каком соотношении параметров в параллельном контуре наступает резонанс токов.

Таблица 3.1 - 10 вариантов исходных данных:

Вар	R (Ом)	L (мГн)	C (мкФ)	f_0 (расчетная)	Q
1	10	10	1	1592	10
2	20	20	0.5	1592	5
3	5	5	2	1592	20
4	15	15	1.5	1061	7.5
5	8	12	0.8	1624	12
6	25	30	0.3	1677	4
7	12	8	2.2	1200	15
8	30	40	0.25	1592	3.3
9	7	7	1.8	1418	14
10	18	25	0.6	1299	6

РГР №4. Трехфазные электрические цепи

Цель работы: Изучить способы соединения фаз генератора и нагрузки в трехфазных цепях, научиться рассчитывать симметричные и несимметричные режимы.

Теоретическая часть:

1. Трехфазная система ЭДС.
2. Соединение звездой и треугольником.
3. Соотношения между фазными и линейными напряжениями и токами.
4. Симметричные и несимметричные режимы.
5. Мощность трехфазной цепи.

Типовые задания:

1. Трехфазный генератор с фазным напряжением $U_{\text{ф}}$ и частотой f соединен звездой. К нему подключена симметричная нагрузка, соединенная звездой (вариант 1) или треугольником (вариант 2). Параметры нагрузки: R , L , C (согласно варианту).

Определить:

- Фазные и линейные токи.
- Фазные и линейные напряжения на нагрузке.
- Активную, реактивную и полную мощность цепи.
- Построить векторную диаграмму токов и напряжений.

2. Рассчитать ток в нейтральном проводе при обрыве одной из фаз нагрузки (для схемы звезда с нейтральным проводом).

3. Определить, как изменится мощность цепи при переключении нагрузки со звезды на треугольник (при неизменном линейном напряжении).

4. Для несимметричной нагрузки (сопротивления фаз разные) рассчитать фазные и линейные токи методом узловых потенциалов.

Таблица 4.1 - 10 вариантов исходных данных:

Вар	Схема	U_ф (В)	f (Гц)	R_A (Ом)	R_B (Ом)	R_C (Ом)	X_L (Ом)	X_C (Ом)
1	Y-Y	220	50	10	10	10	5	—
2	Y-Δ	220	50	15	15	15	—	8
3	Y-Y	127	50	20	20	20	10	10
4	Y-Δ	127	50	12	12	12	6	—
5	Y-Y	380	50	30	30	30	—	15
6	Y-Δ	380	50	25	25	25	12	—
7	Y-Y	220	60	8	8	8	4	4
8	Y-Δ	220	60	18	18	18	—	9
9	Y-Y	127	400	22	22	22	11	—
10	Y-Δ	127	400	16	16	16	8	8

РГР №5. Переходные процессы в цепях первого порядка

Цель работы: Изучить классический метод расчета переходных процессов в цепях с одним накопителем энергии.

Теоретическая часть:

1. Законы коммутации.
2. Переходные процессы в RL-цепи.
3. Переходные процессы в RC-цепи.
4. Постоянная времени.
5. Классический метод расчета.

Типовые задания:

1. В цепи (схема согласно варианту) происходит коммутация. Параметры элементов заданы.

Определить классическим методом:

– Независимые начальные условия (ток через индуктивность или напряжение на емкости до коммутации).

– Принужденную составляющую искомого тока или напряжения после коммутации.

– Корень характеристического уравнения и постоянную времени.

– Свободную составляющую.

– Полное выражение для искомого тока или напряжения $i(t)$ или $u(t)$.

2. Построить график зависимости $i(t)$ или $u(t)$ на интервале времени $(0-5\tau)$.

3. Определить энергию, выделившуюся в резисторе за время переходного процесса.

4. Найти момент времени, когда ток (напряжение) достигнет заданного значения.

Таблица 5.1 - 10 вариантов исходных данных:

Вар	Схема	Е (В)	R_1 (Ом)	R_2 (Ом)	L (Гн)	C (мкФ)	Ключ
1	RL-посл	100	10	—	0.1	—	замыкание
2	RL-посл	120	20	—	0.2	—	размыкание
3	RC-посл	150	15	—	—	100	замыкание
4	RC-посл	80	8	—	—	50	размыкание
5	RL-с R_2	200	10	20	0.5	—	замыкание
6	RL-с R_2	90	12	18	0.3	—	размыкание
7	RC-с R_2	110	22	33	—	200	замыкание
8	RC-с R_2	130	25	15	—	150	размыкание
9	RL-слож	160	5	15	0.4	—	замыкание
10	RC-слож	140	30	20	—	80	размыкание

РГР №6. Переходные процессы в цепях второго порядка

Цель работы: Освоить расчет переходных процессов в RLC-цепях, исследовать влияние параметров на характер переходного процесса.

Теоретическая часть:

1. Характеристическое уравнение цепи второго порядка.
2. Аperiodический и колебательный режимы.
3. Критический режим.
4. Декремент затухания, логарифмический декремент.
5. Классический метод расчета.

Типовые задания:

1. В последовательном RLC-контуре (или параллельном, согласно варианту) происходит коммутация. Параметры элементов заданы.

Определить:

- Независимые начальные условия.
 - Характеристическое уравнение и его корни.
 - Тип переходного процесса (аperiodический, критический, колебательный).
 - Записать выражение для тока $i(t)$ или напряжения $u_C(t)$.
2. Рассчитать для колебательного режима:
- Частоту свободных колебаний.
 - Период свободных колебаний.
 - Декремент затухания и логарифмический декремент.
3. Построить график переходного процесса на интервале времени $(0 - 5/|\alpha|)$.
4. Определить, при каком значении сопротивления R процесс станет критическим.

Таблица 6.1 - 10 вариантов исходных данных:

Вар	Схема	E (В)	R (Ом)	L (Гн)	C (мкФ)	Нач. условия
1	RLC-посл	100	10	0.1	100	нулевые
2	RLC-посл	120	20	0.2	50	нулевые
3	RLC-посл	150	5	0.05	200	$u_C(0)=50\text{ В}$
4	RLC-посл	80	30	0.3	30	нулевые
5	RLC-посл	200	40	0.4	40	$i_L(0)=1\text{ А}$
6	RLC-парал	100	10	0.1	100	нулевые
7	RLC-парал	120	20	0.2	50	нулевые
8	RLC-парал	150	5	0.05	200	$u_C(0)=50\text{ В}$
9	RLC-парал	80	30	0.3	30	нулевые
10	RLC-парал	200	40	0.4	40	$i_L(0)=1\text{ А}$

РГР №7. Четырехполюсники и электрические фильтры

Цель работы: Изучить теорию четырехполюсников, освоить методы расчета электрических фильтров и их частотных характеристик.

Теоретическая часть:

1. Системы параметров четырехполюсников.
2. Характеристические параметры.
3. Передаточные функции.
4. Электрические фильтры (ФНЧ, ФВЧ, ПФ).
5. АЧХ и ФЧХ фильтров.

Типовые задания:

1. Для пассивного четырехполюсника (схема согласно варианту):
 - Определить А-параметры (или Y-, Z-параметры).
 - Записать уравнения четырехполюсника в выбранной системе параметров.
 - Найти характеристические сопротивления Z_{c1} и Z_{c2} .
 - Определить постоянную передачи $\Gamma = \alpha + j\beta$.
2. Рассчитать и построить амплитудно-частотную (АЧХ) и фазочастотную (ФЧХ) характеристики четырехполюсника как функции частоты.
3. Определить тип фильтра (ФНЧ, ФВЧ, полосовой, заграждающий) и его граничную частоту.
4. Для фильтра нижних частот (или верхних частот) рассчитать элементы по заданной частоте среза f_{cp} и характеристическому сопротивлению R .

Таблица 7.1 - 10 вариантов исходных данных:

Вар	Тип четырёхполюсника	R_1 (Ом)	R_2 (Ом)	L (мГн)	C (мкФ)	$f_{\text{ср}}$ (Гц)	$R_{\text{нагр}}$ (Ом)
1	Г-образный ФНЧ	100	100	50	—	1000	100
2	Г-образный ФВЧ	150	150	—	1	1000	150
3	Т-образный ФНЧ	50	50	30	0.5	2000	50
4	П-образный ФНЧ	75	75	40	0.8	1500	75
5	Мостовой	120	120	60	1.2	800	120
6	Г-образный ФНЧ	200	200	80	—	500	200
7	Г-образный ФВЧ	250	250	—	2	500	250
8	Т-образный ФВЧ	80	80	—	1.5	1200	80
9	П-образный ФВЧ	90	90	—	1.8	1000	90
10	Двойной Т-образный	300	300	100	2.5	600	300

РГР №8. Электрические машины и трансформаторы

Цель работы: Изучить принципы действия, характеристики и режимы работы трансформаторов и электрических машин.

Теоретическая часть:

1. Однофазный трансформатор, схема замещения.
2. Потери и КПД трансформатора.
3. Асинхронный двигатель, механическая характеристика.
4. Генераторы постоянного тока.
5. Электропривод.

Типовые задания:

1. Однофазный трансформатор имеет параметры: номинальная мощность $S_{\text{ном}}$, напряжения U_1 и U_2 , частота f . Параметры схемы замещения: $R_1, X_1, R_2', X_2', R_m, X_m$ (согласно варианту).

Определить:

- Коэффициент трансформации.
- Параметры упрощенной схемы замещения (R_k, X_k).
- Напряжение короткого замыкания U_k (в %).
- Изменение вторичного напряжения ΔU при заданном характере нагрузки ($\cos \varphi_2$).

- КПД трансформатора при номинальной нагрузке.

2. Построить внешнюю характеристику трансформатора $U_2 = f(I_2)$ для заданного $\cos \varphi_2$.

3. Для трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором заданы паспортные данные: $P_{\text{ном}}, U_{\text{ном}}, n_{\text{ном}}, \cos \varphi_{\text{ном}}, \eta_{\text{ном}}$, кратность пускового тока $I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$, кратность пускового момента $M_{\text{п}}/M_{\text{ном}}$, кратность максимального момента $M_{\text{кр}}/M_{\text{ном}}$.

Определить:

- Номинальный ток двигателя.
- Номинальный момент на валу.

- Пусковой ток и пусковой момент.
- Критическое скольжение и критический момент.
- Построить механическую характеристику $M = f(s)$.

4. Выбрать двигатель по заданным условиям пуска и нагрузки (для конкретного механизма).

Таблица 8.1 - 10 вариантов исходных данных:

Вар	S _{ном} (кВА)	U ₁ /U ₂ (В)	P _{ном} (кВт)	U _{ном} (В)	n _{ном} (об/мин)	cos φ	η (%)	I _п /I _{ном}	M _п /M _{ном}	M _{кр} /M _{ном}
1	10	380/220	3.0	380	1420	0.83	82.5	6.0	2.0	2.5
2	16	380/133	4.0	380	1440	0.84	84.0	6.5	2.1	2.6
3	25	380/220	5.5	380	1450	0.85	85.0	7.0	2.2	2.8
4	40	380/230	7.5	380	1460	0.86	86.0	7.0	2.2	2.8
5	63	380/133	11.0	380	1470	0.87	87.0	7.5	2.3	3.0
6	100	380/220	15.0	380	1475	0.88	88.0	7.5	2.3	3.0
7	160	380/230	18.5	380	1480	0.89	89.0	7.0	2.2	2.8
8	250	380/133	22.0	380	1485	0.88	88.5	6.5	2.1	2.6
9	400	380/220	30.0	380	1490	0.89	89.5	6.5	2.0	2.5
10	630	380/230	37.0	380	1495	0.90	90.0	6.0	2.0	2.5

Требования к оформлению РГР

1. Каждую расчетно-графическую работу следует выполнять в отдельной тетради или на листах формата А4, сброшюрованных в папку.

2. Титульный лист должен содержать:

- Наименование вуза и кафедры.
- Дисциплину (Электротехника).
- Номер РГР.
- Тему работы.
- Вариант.
- ФИО и группу студента.
- Дату сдачи на проверку.
- Должность и ФИО преподавателя.

3. Структура каждой работы:

- Номер и условие задачи.
- Исходные данные (выписываются из таблицы вариантов).
- Схема электрической цепи (вычерчивается аккуратно с обозначением всех элементов).
- Теоретическое обоснование применяемого метода.
- Расчет с подробными пояснениями и промежуточными результатами.
- Векторные диаграммы, графики, потенциальные диаграммы (выполняются на миллиметровой бумаге или с использованием компьютерных средств).
- Ответ (выделяется рамкой).
- Вывод по работе.

4. Требования к графической части:

- Схемы вычерчиваются с использованием условных обозначений согласно ГОСТ.

– Векторные диаграммы строятся с соблюдением масштаба и указанием масштабных коэффициентов.

– Графики переходных процессов строятся с указанием характерных точек и постоянных времени.

– Все графики должны иметь подписи осей и единицы измерения.

5. Вычислительный эксперимент (рекомендуется):

– Для проверки результатов можно использовать средства компьютерного моделирования (MATLAB, Micro-Cap, Multisim, LTspice).

– Результаты моделирования (осциллограммы, графики) включаются в отчет.

Таблица 9.1 - Критерии оценивания

Критерий	5 баллов	4 балла	3 балла	2 балла
Правильность выбора метода расчета	Метод выбран оптимально	Метод выбран верно	Метод выбран неоптимально	Метод выбран неверно
Правильность расчетов	Все расчеты верны	Незначительные погрешности	Ошибки в вычислениях	Грубые ошибки
Графическая часть	Аккуратно, с соблюдением масштаба	Выполнена, но есть недочеты	Выполнена небрежно	Отсутствует
Полнота выполнения	Все задания выполнены	80-90% заданий	60-80% заданий	Менее 60%
Оформление	Полное соответствие требованиям	Незначительные отклонения	Частичное соответствие	Не соответствует