

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКИЙ орден Ленина ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ФАКУЛЬТЕТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Методическая разработка

по курсу

Теоретические основы электротехники

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ
НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ

Москва

1979

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

С С С Р

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Утверждено

Учебно-методическим управлением МЭИ

Методическая разработка

по курсу

Теоретические основы электротехники

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИИХ

Москва

1979

Приложение I

Примеры задач для индивидуальных контрольных

Ниже представлены примеры задач для индивидуальных контрольных по 25 темам, в общем охватывающим весь традиционный курс ТОЭ*. Эти задачи применяются для проведения занятий по ТОЭ на вечернем электромеханическом факультете МЭИ.

По каждой теме приведено от одного до четырёх вариантов задач, создающих представление о содержании контрольной и степени её трудности. Эти задачи могут служить основой для создания по каждой теме набора из 25-30 задач, необходимых для проведения контрольных в студенческой группе.

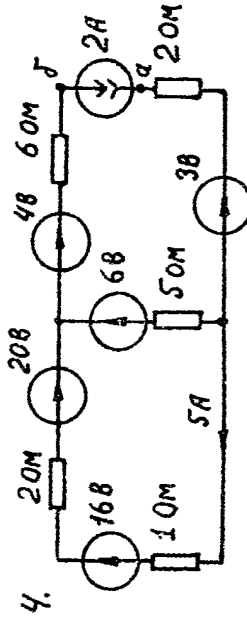
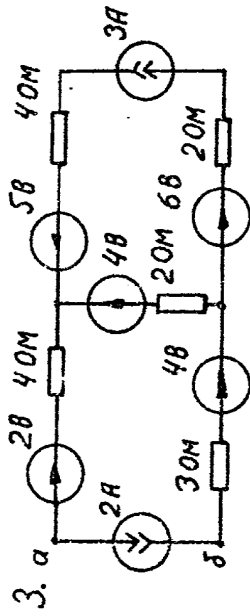
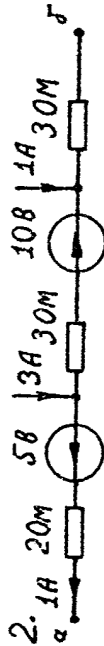
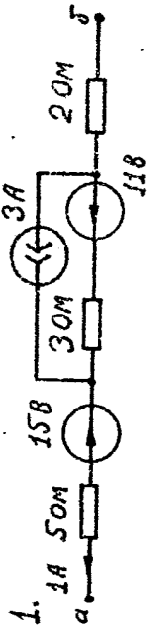
Приведённые задачи не должны рассматриваться как образцовые. Вероятно, каждый опытный преподаватель сможет внести в них определённые улучшения, дополнить число вариантов.

Задачи не являются оригинальными и публикуются лишь для отработки методической стороны вопроса. С этой же целью для всех задач приведён ответ в такой форме, как он требуется от студента, а в некоторых случаях имеется пояснения по способам составления вариантов задач и по другим методическим вопросам.

* В разработке данного комплекта задач принимал участие Г.А.Камзельев.

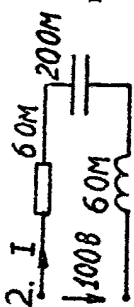
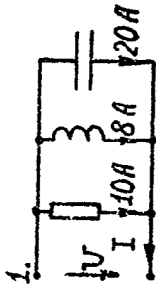
Контрольная № I. Уравнения Кирхгофа.

Задачи I - 4. В данной цепи найти U_{ab} .



Ответы. 1. - 7 В. 2. 8 В.
3. - 6 В. 4. 5 В.

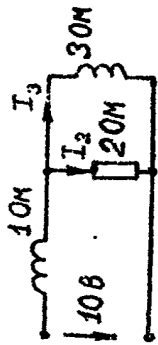
Контрольная № 2. Первое занятие по переменному току.



Ответы. 1. $15,6 \angle 50^\circ 10' \text{ A}$. 2. $6,55 \angle 66^\circ 48' \text{ A}$.

В схеме задачи 1 могут быть заданы не токи в ветвях, а комплексные значения их сопротивлений.

Контрольная № 3. Последовательно-параллельная цепь переменного тока с одним источником э.д.с.



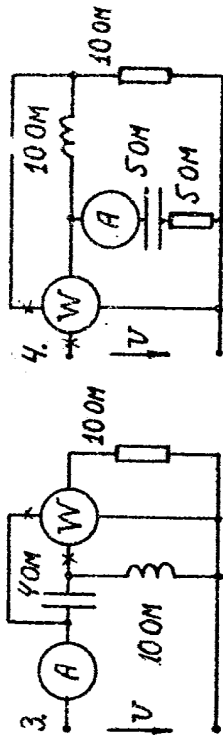
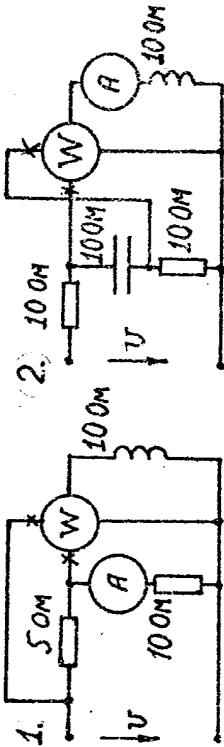
Найти I_2 .

Ответ. $3,66 \angle -21^\circ 32' \text{ A}$.

Во всех вариантах определению подлежит ток в одной из параллельных ветвей, одна из которых содержит резистор, а другая - катушку или конденсатор.

Контрольная № 4. Определение показаний ваттметра.

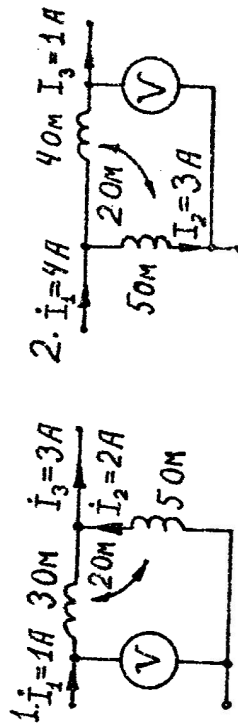
Задачи 1 - 4. Амперметр показывает I А. Найти показание ваттметра.

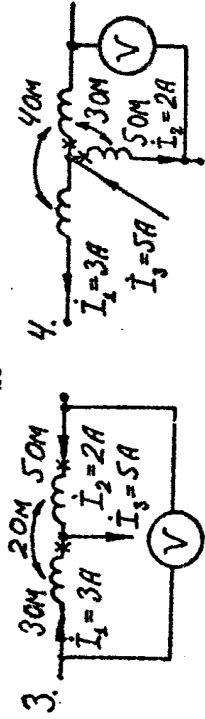


Ответы. 1. 5 Вт. 2. 5 Вт.
3. 3 Вт. 4. 2,5 Вт.

Контрольная № 5. Цепи со взаимной индуктивностью.

Задачи 1 - 4. Найти показание электромагнитного вольтметра.

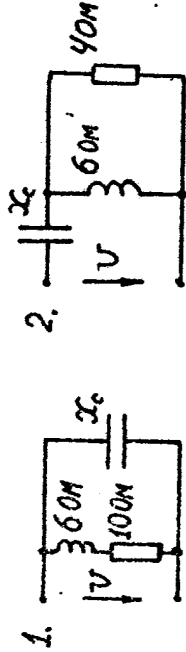




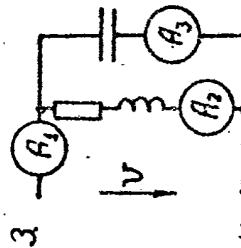
3. Ответы. 1. 9 В. 2. 7 В.
3. 1 В. 4. 16 В.

Контрольная № 6. Резонанс.

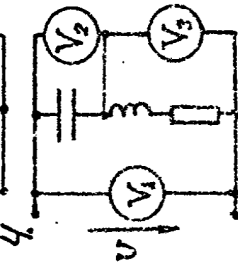
Задачи 1, 2. При каком значении X_C в цепи имеет место резонанс?



1. 3. При резонансе амперметры A_1 и A_2 показывают соответственно 10 и 5 А. Найти показание амперметра A_3 .



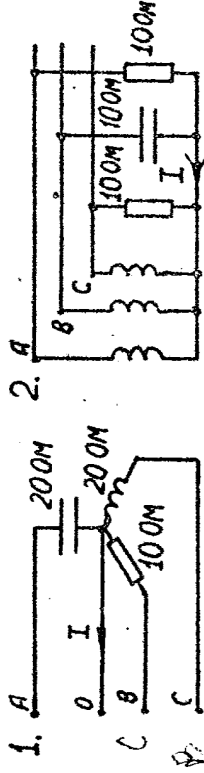
4. При резонансе вольтметры V_2 и V_3 показывают соответственно 25 и 40 В. Найти показание вольтметра V_1 .



4. Ответы. 1. 22,6 Ом. 2. 1,85 Ом.
3. 8,67 А. 4. 31,3 В.

Контрольная № 7. Трёхфазная система, соединённая звездой.

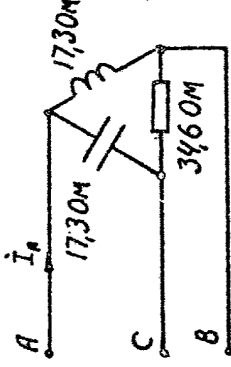
Задачи 1, 2. $U_A = 100$ В. Найти указанный ток.



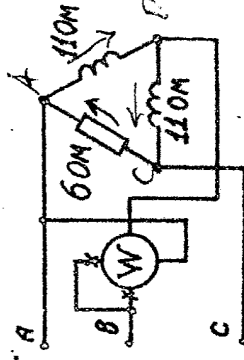
1. А. 2. А. Ответы. 1. 18,7 А. 2. 19,3 / -15° А.

Контрольная № 8. Трёхфазная нагрузка, соединённая треугольником.

1. Фазная э.д.с. соединённого в звезду генератора равна 100 В. Найти указанный ток.



2. Линейное напряжение равно 380 В. Найти показание ваттметра.



2. Ответы. 1. 10 А. 2. 11,4 кВт.

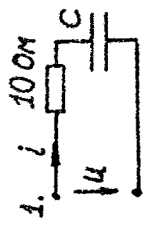
Контрольная № 9.

Несинусоидальные токи в линейных цепях.

1. $i = 141 \sin \omega t + 33,6 \sin 2\omega t$ В.

$\frac{1}{\omega C} = 10 \text{ Ом.}$

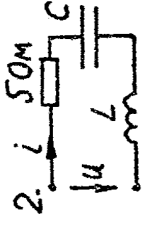
Найти $i(t)$ и I .



2. $i = 150 \sin \omega t + 60 \sin 2\omega t$ В.

$\omega L = \frac{1}{\omega C} = 10 \text{ Ом.}$

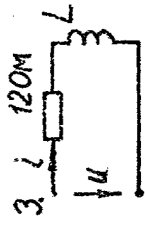
Найти $i(t)$ и I .



3. $i = 11,8 \sin \omega t + 7,9 \sin 3\omega t$ А.

$\omega L = 10 \text{ Ом.}$

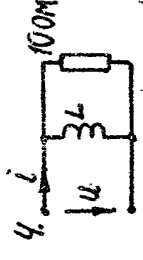
Найти $i(t)$ и U .



4. $i = 120 \sin \omega t + 60 \sin 2\omega t$ В.

$\omega L = 10 \text{ Ом.}$

Найти $i(t)$ и I .



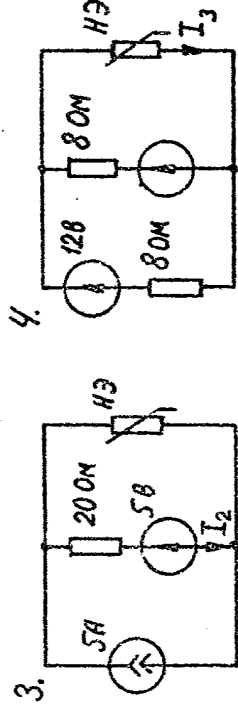
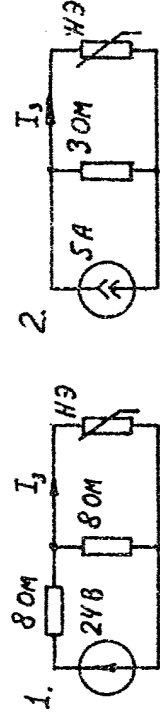
- Ответы. 1. $10 \sin(\omega t + 45^\circ) + 3 \sin(2\omega t + 26^\circ 30')$, 4,41 А.
 2. $30 \sin \omega t + 3,8 \sin(2\omega t - 71^\circ 30')$, 21,2 А.
 3. $200 \sin(\omega t + 45^\circ) + 300 \sin(3\omega t + 71^\circ 30')$, 25,6 В.
 4. $23,4 \sin(\omega t - 59^\circ) + 7,8 \sin(2\omega t - 39^\circ 50')$, 17,4 В.

Контрольная № 10. Нелинейная цепь постоянного тока.

Задачи 1 - 4. Вольт-амперная характеристика нелинейного элемента задана таблицей

U (В)	0	3	5	7	9	10
I (А)	0	0,5	1	2	3,5	5

Найти указанный ток.

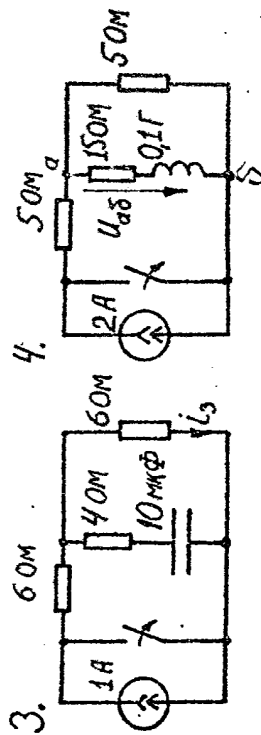
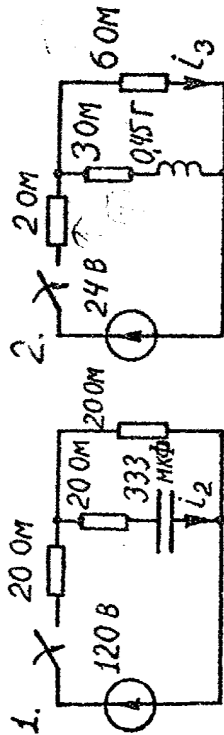


- Ответы. 1. 1,5 А. 2. 2,4 А.
 3. 1,8 А. 4. 1 А.

В общем случае предполагается решение методом пересечения вольт-амперной характеристики нелинейного элемента и внешней характеристики активного линейного двухполюсника.

Контрольная № II. Переходный процесс в линейной цепи первого порядка при нулевых начальных условиях.

Задачи 1 - 4. Найти в функции времени указанные ток или напряжение.



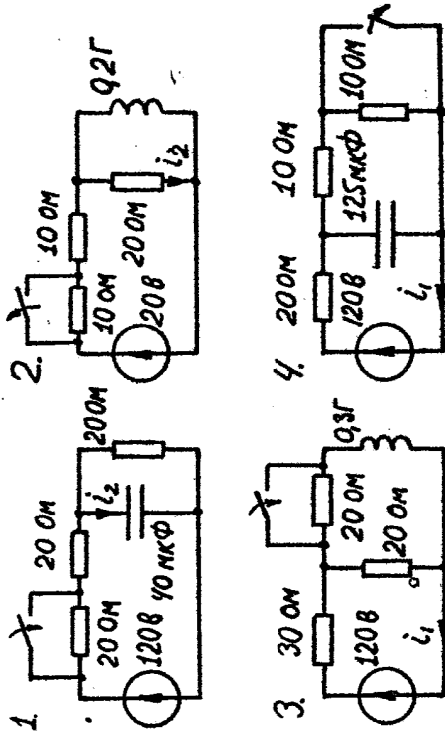
- Ответы. 1. $2e^{-100t}$ А. 2. $2 + e^{-10t}$ А.
 3. $I = 0,6e^{-10^4 t}$ А. 4. $7,5 + 2,5e^{-200t}$ В.

В схемах типа 1 и 2 возможно также определение тока в ветви с источником.

В контрольных № II, 12 в качестве первого шага решения предполагается непосредственно его запись в общем виде.

Контрольная № 12. Переходный процесс в линейной цепи первого порядка при ненулевых начальных условиях.

Задачи 1 - 4. Найти указанный ток в функции времени. До коммутации режим был установившимся.

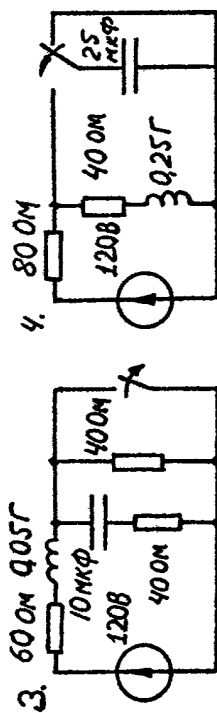
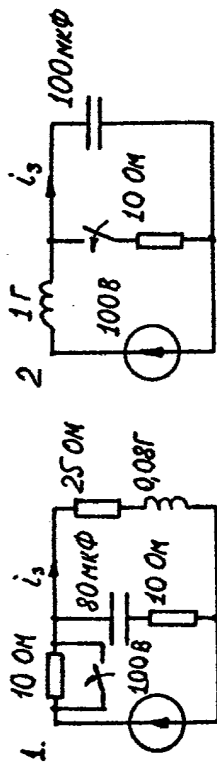


- Ответы. 1. $2e^{-2500t}$ А. 2. $-3e^{-50t}$ А.
 3. $4 - e^{-40t}$ А. 4. $3 + e^{-800t}$ А.

В задачах такого типа целесообразно требовать определения тока в катушке и напряжения на конденсаторе.

Контрольная № 13. Определение начальных значений токов и производных в разветвленной цепи второго порядка при ненулевых начальных условиях.

Задачи 1 - 4. Найти численное значение первой производной указанного тока в момент после коммутации ($t = 0_+$). До коммутации режим был установившимся.



3.

4.

Контрольная № 14. Линия с потерями.

Задача 1. Линия длиной 80 км с волновым сопротивлением $700 \angle -10^\circ$ и постоянной распространения $0,005 + j0,02$ I/км нагружена на согласованное сопротивление. В начале линии $U_1 = 280$ В. Найти I_1 в конце линии. Ответ. $0,268 \angle -82^\circ$ А.

Варианты при различных числовых параметрах требуют определения I_2 или I_1 при заданных U_1 или U_2 и наоборот. Нагрузка везде согласованная.

Студент получает таблицу значений функции e^{-x} в пределах изменения x от 0,1 до 0,5 при шаге 0,05. Среди них есть значительные аргумента, требующиеся для решения задачи.

Контрольная № 15. Линия без потерь.

1. В начале короткозамкнутой линии без потерь $U_1 = 1000$ В. Длина линии 0,3 м, $Z_B = 100$ Ом, $f = 200$ МГц, $v_{\phi} = 3 \cdot 10^8$ м/с. Найти ток на расстоянии 0,2 м от конца линии.

2. Разомкнутая на конце линия без потерь имеет длину 0,25 м, $f = 150$ МГц, $v_{\phi} = 3 \cdot 10^8$ м/с. В начале линии $U_1 = 100$ В. Найти U в середине линии.

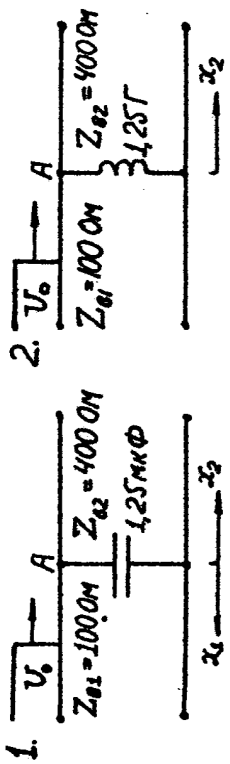
3. Линия без потерь нагружена на ёмкостное сопротивление, численно равное волновому. $f = 100$ МГц, $v_{\phi} = 3 \cdot 10^8$ м/с. В конце линии $U_2 = 100$ В. Найти U на расстоянии 0,5 м от конца линии.

4. Линия без потерь нагружена на индуктивное сопротивление, численно равное $0,5 Z_B$. $f = 300$ МГц, $v_{\phi} = 3 \cdot 10^8$ м/с. В конце линии ток $I_2 = 10$ А. Найти I_1 на расстоянии $l/12$ м от конца линии.

Ответы. 1. - $j0,703$ А. 2. 131 В.
3. - 36,5 В. 4. 6,15 А.

Контрольная № 16. Переходные процессы в линиях.

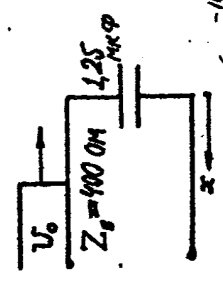
Задачи 1, 2. В момент $t = 0$ волна напряжения $U_0 = 25$ кВ с прямоугольным фронтом падает на узел А. Написать в функции времени и расстоянии от узла выражение для напряжения волны, распространяющейся во второй линии.



Задача 3. При условиях задачи 1 написать выражение в функции времени и расстояния от узла для напряжения отраженной волны.

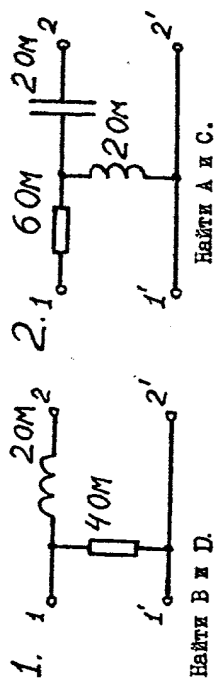
Задача 4.

В момент $t = 0$ волна напряжения $U_0 = 40$ кВ с прямоугольным фронтом подходит к концу линии, замкнутому на конденсатор. Написать в функции t и x выражение для тока отраженной волны.



Ответы. 1. $40(1 - e^{-10^4(t - \frac{x}{v_2})})$ кВ. 2. $40e^{-50^4(t - \frac{x}{v_2})}$ кВ. 3. $-40e^{-10^4(t - \frac{x}{v_1})}$ кВ. 4. $0,1 - 0,2e^{-2000(t - \frac{x}{v_1})}$ кА.

Контрольная № 17. Четырёхполюсники.



Найти В и D. Найти А и С.

3. Известны коэффициенты четырёхполюсника $A = 3$, $B = 4$ Ом, $C = 0,5$ См, $D = 1$. Найти его входное сопротивление при нагрузке на резистор с сопротивлением 1 Ом.

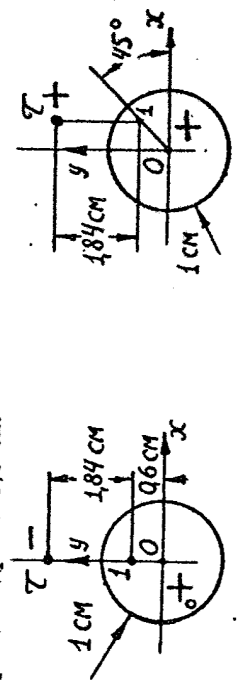
4. Известны коэффициенты четырёхполюсника $A = 0,5 + j0,5$, $B = 20 + j20$ Ом. Найти I_2 при $U_1 = 80$ В.

Ответы. 1. 2 Ом, $I + j0,5$. 2. $I - j3$, $-j0,5$ См. 3. 4,67 Ом. 4. $I - j1$ А.

Контрольная № 18. Теорема Гаусса.

Задачи 1, 2. Параллельные бесконечно длинные провод с погонным зарядом 10^{-10} Кл/м и цилиндр, равномерно заряженный с плотностью $8,86 \cdot 10^{-7}$ Кл/м³ радиусами 0,2 мм и 1 см соответственно, расположены в воздухе согласно рисунку.

Найти вертикальную составляющую E в точке 1, удалённой от центра цилиндра на 0,6 см.



Ответы. 1. 400 В/м. 2. 212 В/м.

Возможны сочетания провода или точечного заряда с равномерно заряженным цилиндром или шаром.

Контрольная № 19. Двухслойный цилиндрический конденсатор.

Задачи 1 - 4. Двухслойный цилиндрический конденсатор имеет радиус внутреннего электрода R_1 , внешнего R_2 , границы слоев R_3 . Проницаемость внутреннего слоя изоляции ϵ_1 , внешнего ϵ_2 . К конденсатору приложено постоянное напряжение U .
Найти Е (или D) на расстоянии R от осей.

$R_1 = 1$ см, $R_2 = 1,5$ см, $R_3 = 2,25$ см, $\epsilon_1 = 4$, $\epsilon_2 = 2$, $U = 3$ кВ.

№ задачи	R , см	Что найти	Ответы
1	1	Е	2,42 кВ/см
2	1,5	Е в точке второго слоя	3,3 кВ/см
3	2	D	4,39 10^{-6} Кл/м ²
4	1,8	Е	2,74 кВ/см

Контрольная № 20. Определение постоянных интегрирования в решении уравнения Пуассона.

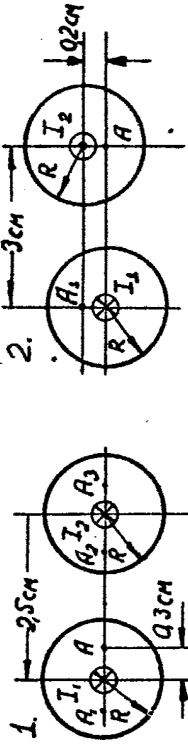
Задачи 1 - 4. В одномерной задаче задан закон распределения $\varphi(x)$ и известны значения φ в точках X_1 и X_2 . Найти Е в точке X_3 .

№ задачи	$\varphi(x)$	X_1 , см	X_2 , см	φ_1 , В	φ_2 , В	X_3 , см
1	$Ax + C$	0	1	9	13	1
2	$\frac{A}{x} + C$	1	2	8	5	2
3	$A \cos \pi x + C$	0	1/3	6	4	1/6
4	$Ae^{-2x} + C$	0	0,2	7	3,04	0,5

Ответы. 1. - 4 В/см. 2. 1,5 В/см.
3. 6,28 В/см. 4. 8,83 В/см.

Контрольная № 21. Определение напряженности магнитного поля.

Задачи 1, 2. Известны токи I_1 и I_2 в параллельных проводах, имеющих одинаковый радиус $R = 1$ см. Найти H в указанной точке А.



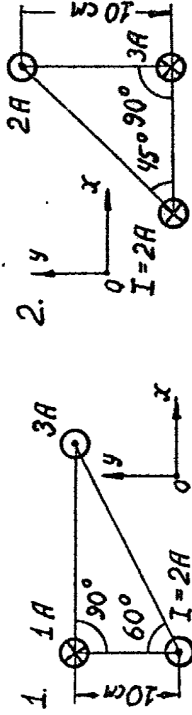
$I_1 = 12,56$ А, $I_2 = 11$ А. $I_1 = 47,1$ А, $I_2 = 100$ А.

Ответы. 1. 0,198 А/см. 2. 4,03 А/см.

Варианты отличаются друг от друга численными значениями и направлением токов, значением расстояний, а также положением точки наблюдения (А, А₁, А₂, А₃).

Контрольная № 22. Силы в магнитном поле.

Задачи 1, 2. В трёх параллельных проводах известны указанные токи. Найти X и Y - составляющие силы, действующей на провод с током 1.

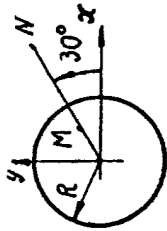


Ответы. 1. 5,2 ; - 1 мкН. 2. 8 ; - 4 мкН.

Варианты различаются выбором точки наблюдения, численными значениями и направлением токов. Возможно также расположение проводов по вершинам равнобедренного треугольника.

Контрольная № 23. Электромагнитная индукция.

Задача I. В непроводящем стержне, имеющем радиус $R = 1$ см, продольная (направленная к нам) составляющая индукции меняется по закону $B(t) = 0,001 \sin 1000t$ Т.



Найти $E(t)$ в точке M и $E_x(t)$ в точке N.
 $R_M = 0,2$ см, $R_N = 1,6$ см.

Ответ. $E_M(t) = -\cos 1000t$ мВ/м, $E_{Nx}(t) = 1,56 \cos 1000$ мВ/м.
 Варианты различаются значениями R_M и R_N (от 0,2 до 2 см каждый), угла, видом временной функции ($\sin \omega t$; $\cos \omega t$; ωt^2 ; ωt^3 и т.д.); можно определять также y - составляющую напряжённости электрического поля.

Контрольная № 24. Вектор Умова-Пойнтинга.

Задача I. Напряжение между проводами двухпроводной линии 4 кВ, токи в проводах по 10 А. Найти величину и направление вектора \vec{P} в точке А. В данной линии напряженность электрического поля от каждого провода $E = 0,063$ В/м, где R - расстояние от оси провода до точки наблюдения.



Ответ. 530 Вт/м²; за чертёж.

Варианты различаются численными значениями токов и расстояний, полярности зарядов и направлением токов. Возможно также расположение точки наблюдения (A_1, A_2) на горизонтальной оси.

Контрольная № 25. Бегущая электромагнитная волна в проводящей среде.

Задача I. На поверхности стальной пластины известна тангенциальная составляющая магнитного поля $H(t) = 500 \sin \omega t$ А/м. Условная глубина проникновения волны на этой частоте равна $0,1$ мм, волновое сопротивление $Z_B = 0,001 / 45^\circ$ Ом. Поверхностный эффект сильно выражен.

Найти $E(t)$ на расстоянии $0,115$ мм от поверхности.

Ответ. $0,158 \sin(\omega t - 21^\circ)$ В/м.

Возможны также варианты: заданы $E_{пов}(t)$ и Z_B , либо H пов. и магнитная проницаемость материала μ , либо $E_{пов}(t)$ и удельная проводимость материала γ ; найти соответственно $H(t)$, индукцию $B(t)$ либо плотность тока $J(t)$ в точке наблюдения.

Студент получает таблицу значений функции e^{-x} в интервале значений x от $1,1$ до $1,5$ с шагом $0,05$. Среди них есть значение аргумента, требующееся для решения задачи.

o

Приложение 2

Сравнение тематики занятий и тематики контрольных работ по двум темам курса

Ниже такое сравнение сделано для двух тем курса, которым соответствуют контрольные работы № 12, 14. Для первой из них имеет место почти полное соответствие содержания контрольной осн. новому содержанию занятия, для второй - лишь частично.

I. Переходные процессы в линейной цепи первого порядка при ненулевых начальных условиях.

Основные вопросы, подлежащие рассмотрению на занятии, здесь сводятся к следующему.

1. Расчёт принужденных режимов до и после коммутации.
2. Составление системы уравнений Кирхгофа для мгновенных значений токов и напряжений.
3. Написание исходных зависимостей переходных токов

и напряжений в общем виде.

4. Определение постоянной времени цепи.
5. Определение зависимых начальных условий
 - а) решение системы уравнений Кирхгофа,
 - б) эквивалентной заменой для момента коммутации конденсаторов источниками Э.Д.С., а катушек - источниками тока.
6. Определение постоянной интегрирования по найденным приклучённому и начальному значениям искомой величины, запись найденного решения.
7. Анализ результатов, в том числе проверка их на соответствие начальным условиям, и построение переходных токов и напряжений в функции времени.
8. Выполнение всех этих операций для цепей, содержащих конденсатор, и для цепей, содержащих катушку.
9. Выполнение всех этих операций для любой ветви цепи.
10. Выполнение всех этих операций при источниках постоянного или переменного напряжения или тока.

Из этих вопросов можно считать необязательными для специального разбора на упражнениях следующие: пп. 5б, 7 (в отношении построения графиков), 10 (в отношении источника тока).

Для решения задач контрольной № 12 требуется усвоение практически всех обязательных вопросов, за исключением пп. 2 (без которого в данном случае можно обойтись при условии усвоения пп. 5б), 7, 10 в отношении цепи переменного тока. Поэтому эти задачи в достаточной для первой стадии обучения степени отражают умение студентов рассчитывать переходный процесс в разветвлённой цепи с одним накопителем энергии при ненулевых начальных условиях.

II. Линия с потерями.

Основные вопросы, рассматриваемые на занятии, здесь сводятся к следующему.

1. Определение вторичных параметров линии, а также величин, характеризующих бегущую волну, при известных первичных параметрах линии и частоте сигнала.
2. Экспоненциальный характер распределения напряжения и тока при согласованной нагрузке. Связь между мгновенными, а также между действующими значениями напряжения и тока в одном и том же

и в разных сечениях линии. Роль волнового сопротивления, постоянной распространения и длины линии.

3. Расчёт тока и напряжения в линии с помощью гиперболических функций в случае несогласованной нагрузки при заданном режиме в начале или в конце линии.
4. Определение коэффициента отражения, прямой и встречной волн при несогласованной нагрузке.
5. Передача мощности при согласованной и при несогласованной нагрузке.

Контрольная работа № 14 отражает только п. 2, т.е. сравнительно малую часть разбираемых на упражнениях и обязательных для усвоения вопросов. Не исключая возможности более удачного выбора задач по данной теме, рассматриваем проведение такой контрольной всё же целесообразным, так как при этом закрепляется хотя бы часть существенных для темы вопросов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко В.В. Вечернее обучение в МЭИ.-Гр./Моск.энерг. ин-т, 1976, вып.311, с.4-7.
2. О содержании и преподавании курса "Теоретические основы электротехники" /Боголюбов В.Е., Ионкин П.А., Кудин В.Н., Миrows В.Г. - Гр./Моск.энерг.ин-т, 1974, вып.172, с.17-26.
3. Кашлянский А.Е. Методика преподавания теоретических основ электротехники. -М.: Высш.школа, 1975. - 143 с.
4. Основы теории цепей /Г.В.Зевеке, П.А.Ионкин, А.В.Негушил, С.В.Страхов.- Изд.4-е.- М.: Энергия, 1975. - 749 с.
5. Теоретические основы электротехники /П.А.Ионкин, А.И.Деревский, Е.С.Кухаркин и др.: Ред. П.А.Ионкин.- Изд.2-е.- М.: Высш.школа, 1976. - Т.1. 544 с., Т.2. 383 с.
6. Григорьев В.А., Донской А.И. Творческая самостоятельная работа - метод современного образования.-Гр./Моск.энерг.ин-т, Современные вопросы научно-методической работы, 1975, с.49-66.
7. Теоретические основы электротехники? Ред. К.М.Поливанов. М.: Энергия, 1972. - Т.1. 240 с.
8. Полонский В.М. Вероятностный метод контроля знаний.- Вестн.высш.школы, 1973, №1, с.16-19.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Некоторые вопросы проведения занятий по ТОЭ и специфика вечернего обучения.	4
2. Существо метода индивидуальных контрольных и его воздействие на учебный процесс.	7
3. Некоторые методические вопросы применения индивидуальных контрольных	11
4. Подход к составлению задач	16
5. Некоторые результаты применения метода индивидуальных контрольных	20
ПРИЛОЖЕНИЯ	
1. Примеры задач для индивидуальных контрольных	24
2. Сравнение тематики занятий и тематики контрольных работ по двум темам курса	41
ЛИТЕРАТУРА	44

А.Л. Фрумкин

Редактор М.А. Лаворонков

Методическая разработка по курсу

"Теоретические основы электротехники"

Индивидуальные контрольные работы на практических занятиях

(Кафедра теоретических основ электротехники и электрофизики)

Корректор М.У. Амонашвили

Формат бумаги 60x90/16

II/IX-1979г.

Печ. л. 3,0 Уч.-изд. л. 2,4

Тираж 500 Заказ 2629 Бесплатно

Типография МЭИ, Красноказарменная, 13