

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Агафонов Александр Викторович

Должность: директор филиала

Дата подписания: 12.04.2024 17:24:02

Уникальный программный ключ:

7559477a5ec1706dc9d11640411e0b63743006

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ЧЕБОКСАРСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ) МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Кафедра транспортно-энергетических систем



СПЕЦРАЗДЕЛЫ ТОЭ

(наименование дисциплины)

Методические указания по выполнению курсовой работы

Направление подготовки	13.03.02 «<u>Электроэнергетика и электротехника</u>» (код и наименование направления подготовки)
Направленность подготовки	«<u>Электроснабжение</u>» (наименование профиля подготовки)
Квалификация выпускника	Бакалавр
Форма обучения	очная и заочная

Чебоксары, 2024

Методические указания разработаны
в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Автор Лепаев Александр Николаевич, к.т.н., доцент кафедры транспортно-
энергетических систем

ФИО, ученая степень, ученое звание или должность, наименование кафедры

Методические рекомендации одобрены на заседании кафедры
«Транспортно-энергетические системы»

(протокол № 07 от 16.03.2024 г.).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	5
2. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ	5
3. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕСВЕДЕНИЯ	12
4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	13
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ ПРИ ЗАЩИТЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ..	15
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	16

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа по дисциплине «Спецразделы ТОЭ» – предназначена для студентов очной и заочной формы обучения инженерно-технических специальностей и является завершающим этапом изучения курса.

Предлагаемая курсовая работа содержит задания на основы теории электромагнитного поля в макроскопическом представлении, базирующейся на уравнениях электродинамики, сформулированных Максвеллом.

Важность изучения электромагнитных полей следует из того, что без расчета поля невозможно проектирование самых разнообразных электромагнитных устройств, включая мощные электрические машины и аппараты с полями промышленной частоты, микроминиатюрные устройства радиоэлектроники с полями высоких и сверх высоких частот, а также установки высокого напряжения.

Несмотря на различие форм и назначений, все современные электротехнические устройства имеют общую часть – электромагнитную систему, предназначенную для преобразования электромагнитной энергии в другие виды. Свойства и рабочие характеристики электротехнических устройств напрямую зависят от распределения электромагнитного поля в их электромагнитной системе, именно поэтому важно при проектировании уметь рассчитывать и оптимизировать электромагнитное поле. Расчеты электромагнитных полей в реальных электромагнитных системах чрезвычайно сложны и, как правило, требуют специальной подготовки.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Предлагаемая курсовая работа является завершающим этапом изучения курса и преследует следующие цели:

- приобретение практических навыков теоретического анализа электрической цепи с усилительными элементами;
- закрепление, углубление и расширение знаний по основным разделам курса;
- применение компьютерных технологий для расчета и анализа электрических цепей.

Задание на курсовую работу каждый студент получает индивидуально и в ходе ее выполнения должен самостоятельно осмыслить поставленную задачу и найти пути ее решения, применяя знания, полученные на других видах занятий.

2. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ

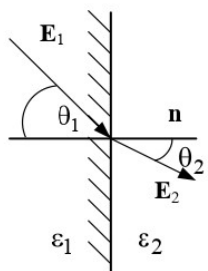
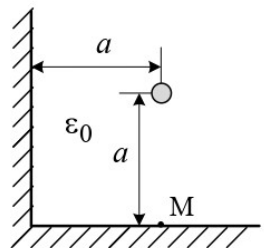
Задания для курсовой работы составляются преподавателем, который ведет данную дисциплину, и утверждаются кафедрой.

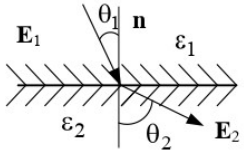
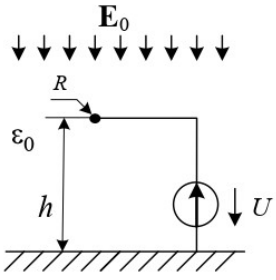
Номер варианта курсовой работы выбирается обучающимся по последней цифре в шифре номера зачетной книжки. Так, например, если последняя цифра шифра 1, то обучающийся выполняет курсовую работу по варианту № 1.

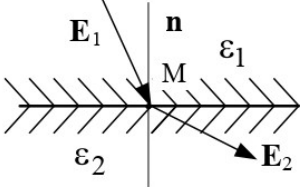
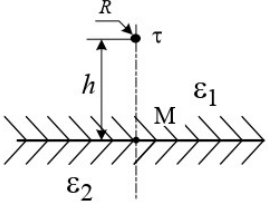
По этому номеру и по таблице вариантов (таблица 1) находятся задачи, которые должен решить студент.

Таблица 1

Задачи	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	26	27	28	29	30	21	22	23	24	25

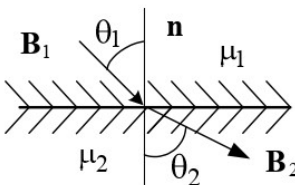
ЭЛЕКТРОСТАТИКА	
1	<p>Запишите уравнение взаимосвязи между объемной плотностью свободного заряда и потенциалом</p>
2	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Найти угол θ_2 под которым линии напряженности однородного электрического поля выходят из стекла с диэлектрической проницаемостью $\epsilon_1=7$ в трансформаторное масло с проницаемостью $\epsilon_2=2,5$, если угол $\theta_1=35^\circ$.</p> </div> </div>
3	<p>Объемный заряд распределен равномерно с плотностью ρ внутри непроводящей сферы радиусом R. Определить напряженность поля вне сферы на расстоянии r от ее центра, если среда, окружающая сферу – воздух.</p>
4	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Длинный цилиндрический провод с линейной плотностью заряда τ расположен в воздухе внутри прямого двугранного угла параллельно его граням. Найти напряженность поля в точке М, расположенной на нижней грани угла под проводом.</p> </div> </div>
5	<p>Плоский конденсатор емкостью $C=50$ пФ со слюдяным диэлектриком, пробивная прочность которого $E_{\text{проб}}=800$ кВ/см, ($\epsilon_c=6,28$) должен быть рассчитан на рабочее напряжение 20 кВ и четырехкратный запас прочности по напряженности. Определить толщину диэлектрика и площадь пластин.</p>

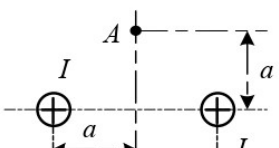
6	<p>В воздухе создано электрическое поле, потенциал которого зависит только от координаты x декартовой системы координат $\varphi = 5x^2 + 12x$ В.</p> <p>Найти объемную плотность свободных зарядов в этом поле.</p>
7	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Напряженность равномерного электрического поля в масле ($\epsilon_1=2,5$) равна $E_1=2000$ В/см и составляет с нормалью к поверхности фарфоровой пластины ($\epsilon_2=7,5$) угол $\theta_1=30^\circ$.</p> <p>Найти напряженность поля в фарфоре.</p> </div> </div>
8	<p>Объемный заряд распределен равномерно внутри проводящей сферической оболочки радиусом R с плотностью ρ.</p> <p>Определить напряженность поля E вне оболочки на расстоянии r от ее центра, если проницаемость среды ϵ_a, а оболочка изолирована.</p>
9	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Одиночный протяженный провод радиусом $R=1$ см на высоте $h=5$ м над поверхностью земли находится под напряжением $U=11$ кВ в однородном поле грозовой тучи $E_0=2$ кВ/м.</p> <p>Найти линейную плотность заряда провода.</p> </div> </div>
10	<p>Определить емкость цилиндрического конденсатора с радиусами электродов $R_1=1$ см, $R_2=2$ см и длиной $l=10$ см. Диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\epsilon=2,5$. Искажением поля у краев конденсатора пренебречь.</p>

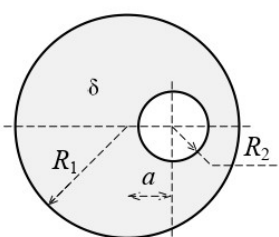
11	<p>В воздухе создано плоскопараллельное электрическое поле, вектор напряженности которого в декартовой системе координат изменяется по закону $\mathbf{E} = i4x^2 + j3y$ кВ/м.</p> <p>Найти дивергенцию вектора E в точке, принятой за начало координат ($x=0$; $y=0$).</p>
12	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>В точке М со стороны диэлектрика с проницаемостью $\epsilon_1=2,5$ составляющие вектора напряженности плоскопараллельного поля $E_{1n}=80$ В/см и $E_{1\tau}=30$ В/см.</p> <p>Найти напряженность поля в этой точке со стороны диэлектрика $\epsilon_2=5$.</p> </div> </div>
13	<p>Две бесконечно длинные нити, заряженные разноименно с плотностью $\tau=10$ мкКл/м, находятся в воздухе на расстоянии 1м друг от друга.</p> <p>Найти напряженность поля в точке, лежащей на линии, соединяющей оси и равноудаленной от них.</p>
14	<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>Над плоской границей раздела двух диэлектриков с относительными проницаемостями $\epsilon_1=1$ и $\epsilon_2=7$ на высоте $h=3$ м подвешен тонкий провод радиусом $R=1$ см с линейным зарядом $\tau=10^{-9}$ Кл/м.</p> <p>Определить поверхностный плотность заряда под проводом в точке М.</p> </div> </div>
15	<p>Определить погонную емкость C_0 двухпроводной линии в среде с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon=2$, если радиус проводов $r=2$ мм, а расстояние между их осям $d=50$ см.</p>

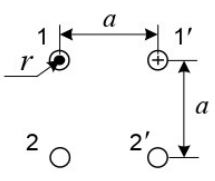
СТАЦИОНАРНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

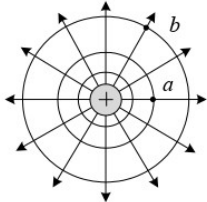
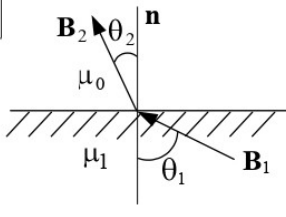
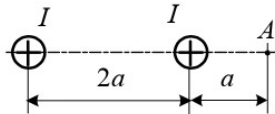
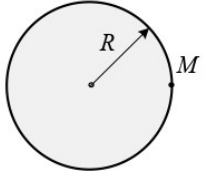
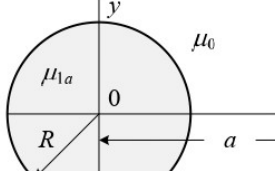
- 16** Поле вектора \mathbf{B} в декартовых координатах задано выражением: $\mathbf{B} = iC \sin y$, где C – постоянная.
Определить векторный потенциал поля.

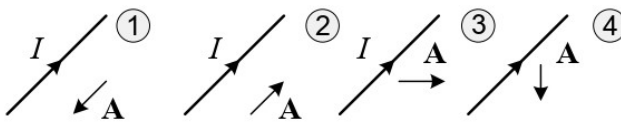
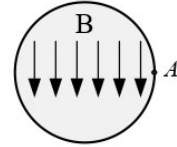
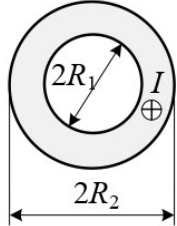
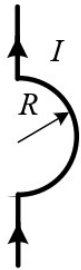
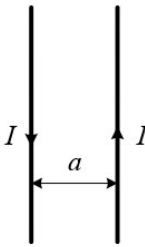
- 17**  Вектор магнитной индукции \mathbf{B}_1 в воздухе ($\mu_1=1$) составляет с нормалью к границе раздела сред угол $\theta_1=45^\circ$.
Определить угол θ_2 , под которым вектор \mathbf{B}_2 выходит в среду с магнитной проницаемостью $\mu_2=10$.

- 18**  Найти величину тока двухпроводной линии, при котором напряженность магнитного поля в точке A равна $H=6,37$ А/м. Расстояние $a=10$ см.

- 19**  Плотность тока в цилиндрическом проводе радиусом $R=3$ см, имеющем цилиндрическую полость радиусом $r=1$ см, постоянная и равна $\delta=4$ А/мм².
Определить напряженность магнитного поля H на оси полости, если она смещена от оси цилиндра на $a=1,5$ см.

- 20**  Определить взаимную индуктивность на единицу длины двух двухпроводных линий, расположенных согласно рис, полагая радиусы проводов r и расстояние a известными ($r < a$).

21		<p>Определите минимальную разность скалярных магнитных потенциалов между точками a и b в магнитном поле линейного провода с током $I=30$ А.</p>
22		<p>Линии магнитной индукции \mathbf{B}_1 в ферромагнитной среде ($\mu_1=100$) составляют угол $\theta_1=60^\circ$ по отношению к нормали. Найти угол θ_2, под которым линии магнитной индукции \mathbf{B}_2 выходят в воздух.</p>
23		<p>Магнитное поле создано токами одного направления в длинных параллельных проводах. Определить напряженность магнитного поля в точке А.</p>
24		<p>Плотность тока в медном проводе радиусом $R=1$ см постоянная и равна $\delta=1$ А/мм². Определить векторный магнитный потенциал в точке M, принимая его значение на оси провода равным нулю.</p>
25		<p>Проводник с током $I=10$ А проходит в воздухе параллельно оси длинного цилиндра ($\mu_1=50$) радиусом $R=5$ см на расстоянии $a=10$ см от нее. Определить силу притяжения провода к цилиндру на единицу длины провода.</p>

26	<p>Укажите, на каком из рисунков вектор-потенциал магнитного поля показан верно.</p>
	
27	<p>Внутри стального цилиндра ($\mu=20$), внесенного во внешнее магнитное поле в воздухе, установилось однородное поле с индукцией $B=2,5 \cdot 10^{-4}$ Тл.</p>
 <p>Определить напряженность поля H в точке A со стороны воздуха.</p>	
28	<p>Определить напряженность магнитного поля на оси полого трубчатого провода с током $I=100$ А, расположенного в воздухе.</p> <p>Геометрические размеры провода считать известными.</p>
	
29	<p>Определить ток, протекающий по изогнутому полукольцом (радиусом $R=10$ см) проводнику, если в центре полукольца напряженность магнитного поля составляет величину $H=15$ А/см.</p>
	
30	<p>Определить силу взаимодействия между проводами воздушной линии на единицу длины с указанным направлением токов $I=100$ А. Расстояние между проводами $a=10$ см.</p>
	

3. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Теоретические сведения должны приводиться по задачам согласно своему варианту.

Основные уравнения электростатики

Электростатическое поле описывается дифференциальными уравнениями Максвелла в предположении, что векторы поля не зависят от времени и отсутствуют токи проводимости:

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = 0; \quad (2.1)$$

$$\operatorname{div} \mathbf{D} = \rho; \quad (2.2)$$

$$\mathbf{D} = \epsilon_a \mathbf{E}. \quad (2.3)$$

К этим уравнениям полезно добавить их интегральные аналоги:

$$\oint_l \mathbf{E} d\mathbf{l} = 0; \quad (2.4)$$

$$\oint_s \mathbf{D} d\mathbf{S} = q. \quad (2.5)$$

Из уравнений (2.1) и (2.2) следует, что электростатическое поле является потенциальным, а линии поля (векторов \mathbf{D} и \mathbf{E}) имеют истоки и стоки, начинающиеся и заканчивающиеся на зарядах. Иными словами, существует скалярная функция, названная потенциалом

$$\mathbf{E} = -\operatorname{grad} \varphi. \quad (2.6)$$

Уравнение (2.6) определяет функцию φ с точностью до постоянной. Физический смысл потенциала – работа, которую совершают силы электрического поля при перемещении заряда q из точки 1 в точку 2 против сил поля

$$A = -q \int_1^2 \mathbf{E} d\mathbf{l} = -q \int_1^2 -\operatorname{grad} \varphi d\mathbf{l} = q(\varphi_2 - \varphi_1).$$

Если взять $q=1$ Кл, получим, что работа по перемещению заряда из точки 1 в точку 2 равна разности потенциалов в конечной и начальной точках пути. При этом работа не зависит от формы пути перемещения заряда. При решении конкретных задач сначала находят потенциал, а затем определяют вектор \mathbf{E} , полагая, что потенциал бесконечно удаленной точки равен нулю. Единица измерения вольт. Для однородной среды из (1.49) получаем уравнение Пуассона

$$\nabla^2 \varphi = -\rho / \epsilon_a. \quad (2.7)$$

если $\rho = 0$, уравнение Пуассона переходит в уравнение Лапласа

Оператор Лапласа $\nabla^2 = \Delta$ (лапласиан) в прямоугольной системе координат записывается

$$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \quad (2.9)$$

Уравнения Лапласа и Пуассона как уравнения в частных производных допускают бесчисленное множество решений. Выбрать правильное решение позволяет теорема единственности.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Оформление курсовой работы предусматривает написание пояснительной записки и подготовку материалов, иллюстрирующих доклад на защите. Курсовая работа оформляется в соответствии с требованиями государственных и международных стандартов, действующих на территории Российской Федерации, а также соответствующих стандартов Политеха.

Пояснительная записка должна состоять из обложки (титульного листа), задания на курсовую работу, основного текста, поясняющего сделанную работу и списка использованной литературы и выполняться на листах формата А4 со штампом. Текст пояснительной записки набирается на компьютере в редакторе Microsoft Word.

При оформлении работы следует руководствоваться следующими правилами:

1. Рисунки, графики схемы, символы, размерности физических величин выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ.

2. Расчет каждой искомой величины следует выполнять сначала в общем виде, а затем в полученную формулу подставить числовые значения и привести окончательный результат с указанием единицы измерения. Решение задач не следует перегружать приведением всех алгебраических преобразований и расчетов.

3. Промежуточные результаты расчетов и конечный результат должны быть ясно выделены из общего текста.

4. В ходе решения задачи не следует изменять однажды принятые направления токов, напряжений, наименование узлов и т.д. При решении задачи различными методами одна и та же величина должна обозначаться одним и тем же буквенным символом.

5. Курсовая работа должна сканироваться и прикрепляться в LMS <https://lms.mospolytech.ru> и в личный кабинет студента <http://students.polytech21.ru/login.php>

Пример оформления титульного листа, листа задания на курсовую работу и бланков со штампами приведены в ниже.

Обозначения на титульном листе XXX - номер группы, NNN - последние три цифры зачетной книжки.

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ЧЕБОКСАРСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Кафедра транспортно-энергетических систем

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по дисциплине

«Спецразделы ТОЭ»

ВАРИАНТ -

Студент _____

Группа _____

Консультант _____

1. Тема курсовой работы

«ОСНОВЫ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ»

2. Основное содержание:

1. Краткие теоретические сведения
2. Расчет заданий
3. Список литературы

3. Требования к оформлению

Пояснительная записка должна быть оформлена в редакторе Microsoft Word в соответствии с требованиями

Руководитель _____

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ ПРИ ЗАЩИТЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Защита курсовой работы является завершающим этапом данного вида занятия и служит формой проверки выполнения студентами заданий к курсовой работе и уровня усвоения учебного материала.

Защита проводится в соответствии с графиком до начала экзаменационной сессии и принимается комиссией, члены которой задают вопросы по существу работы и выносят решение об оценке.

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, обнаружившему всесторонние систематические и глубокие знания материала по курсовой работе, умение свободно выполнять задания.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, показавшему систематический характер знаний по теме курсовой работы.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется студенту, допустившему погрешности при выполнении курсовой работы, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения.

Оценка **«неудовл.»** выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении курсовой работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. Том 3. – Спб.: Питер, 2003. - 377с.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. – М.: Высш. школа, 1986. – 263 с.
3. Вольман В.И., Пименов Ю.В., Техническая электродинамика. – М.: «Связь», 1971. – 487 с.
4. Сборник задач и упражнений по теоретическим основам электротехники / Под редакцией П.А. Ионкина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 768 с.
5. Теоретические основы электротехники. Том 2. Нелинейные цепи и основы теории электромагнитного поля / Под редакцией П.А. Ионкина. – М.: «Высш. школа», 1976. – 383 с.
6. Сборник задач по теоретическим основам электротехники: Учеб. пособие для энерг. и приборост. спец. вузов / Под редакцией Л.А. Бессонова. – М.: Высш. школа. 1988.-543 с.
7. Исаев Ю.Н., Купцов А.М. Электротехника. Решение задач в системе MathCAD. Учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 126 с.