



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ**

Кафедра теоретических
основ электротехники

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Методические указания и задания
к расчетно-графическим работам № 1-3
(для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика)

Алматы 2015

Составители: В.И.Денисенко М.М Аршидинов, Ш.А.Естаева. Анализ электрических цепей и электрического поля. Методические указания и задания к РГР №1-3 (для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика). – Алматы: АУЭС, 2014.- 17 с.

Представлены методические указания и задания к расчетно-графическим работам по курсу «Анализ электрических цепей и электрического поля» по разделам «Цепи с распределенными параметрами», «Нелинейные электрические и магнитные цепи», «Теория электромагнитного поля».

Расчетно-графические работы предназначены для студентов третьего курса, обучающихся в бакалавриате по специальности 5В071800 - Электроэнергетика.

Ил. 17, табл.16 , библиогр. 8 назв.

Рецензент: ст. препод. Б. Курпенов

Печатается по плану издания НАО «Алматинский университет энергетики и связи» на 2015 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2015 г.

Содержание

1 Методические указания к выполнению и оформлению расчетно-графических работ	4
2 Задание №1. Цепи с распределенными параметрами	5
3 Задание №2. Нелинейные электрические и магнитные цепи	6
4 Задание №3. Теория электромагнитного поля.....	9
Список литературы.....	16

1 Методические указания к выполнению и оформлению расчетно-графических работ

При выполнении расчетно-графических работ необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- выбрать свой вариант в соответствии с номером зачетной книжки и первой буквой фамилии, текст задания переписать полностью без сокращений в пояснительную записку расчетно-графической работы;

- каждый этап расчетно-графической работы должен быть озаглавлен. Работа выполняется только на одной стороне листа;

- в пояснительной записке приводить не только расчетные формулы и конечные результаты, но также пояснения и необходимые промежуточные вычисления, позволяющие понимать выполняемые действия и проверять их;

- номер варианта, группа, фамилия и инициалы студента должны быть написаны на титульном листе;

- у параметров, имеющих определенные размерности, писать соответствующие единицы измерения, над комплексами ставить точки;

- не допускать изменений наименований узлов, параметров резисторов, индуктивностей, емкостей, условных положительных направлений токов и напряжений;

- кривые мгновенных величин, векторные, топографические и круговые диаграммы должны выполняться на вклеенных листах миллиметровой или клетчатой бумаги;

- на графике обязательно указывать названия изображаемых величин. Подбирать масштабы так, чтобы было удобно пользоваться графиком или диаграммой. Схемы в пояснительной записке должны быть выполнены карандашом с применением линейки, циркуля;

- избегать сокращений слов (не писать вместо «уравнение» – «ур-ие» , «напряжение» – «напр.» и т. д.);

- оформление расчетно-графических работ необходимо осуществлять в соответствии с фирменным стандартом «Работы учебные. Общие требования к построению, изложению, оформлению и содержанию».

2 Задание № 1. Цепи с распределенными параметрами

Цель: приобрести навыки решения установившихся режимов цепи с распределенными параметрами.

Трехфазная линия передачи электроэнергии длиной ℓ с первичными параметрами R_0, L_0, C_0 и G_0 работает при номинальном фазном напряжении U_H и частоте $f = 50 \text{ Гц}$. Первичные параметры линии, номинальное напряжение, длина линии, параметры нагрузки выбираются в соответствии с вариантом по таблицам 2.1-2.3.

Произвести расчет для следующих режимов работы линии:

а) линия питает трехфазную нагрузку с активной мощностью одной фазы P_2 , напряжение на нагрузке U_2 равно номинальному, коэффициент мощности нагрузки $\cos \varphi_2$. Рассчитать напряжение U_1 и ток I_1 в начале и ток I_2 в конце линии, к.п.д. работы линии [8];

б) определить напряжение в конце линии U_2 и ток в начале линии I_1 при сбросе всей нагрузки в конце линии (в режиме холостого хода) и напряжении в начале линии, равном номинальному [8];

в) при согласованной нагрузке (сопротивление нагрузки равно волновому сопротивлению линии) определить естественную мощность, передаваемую нагрузке, напряжение U_1 и ток I_1 в начале и ток I_2 в конце линии, КПД линии, напряжения на нагрузке U_2 равно номинальному [8];

Таблица 2.1

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Нечетный	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Четный	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
$U_H, \text{кВ}$	750	500	400	330	220	110	750	500	330	220
$R_0, \text{Ом/км}$	0,03	0,05	0,06	0,07	0,09	0,1	0,04	0,06	0,08	0,1
$G_0 \cdot 10^{-6}, \text{См/км}$	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02	0,015	0,07	0,05	0,04	0,03
$P_2, \text{МВт}$	500	300	200	150	100	50	450	250	170	120

Таблица 2.2

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета									
	Нечетный	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Четный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$L_0 \cdot 10^{-3}, Гн/км$	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	2,5	2,6	2,7	2,25	2,35
$\cos \varphi_2$	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,985	0,975	0,965	0,95	0,975

Таблица 2.3

Год поступления	Начальная буква фамилии									
	Нечетный	АН М	БС Ю	ВП Я	ГР Щ	ДО И	ЕТ Ш	ЖУ	ЗФ	ЧХ Л
Четный	КЦ Э	ЧХ Л	ЗФ	ЖУ	ЕТ Ш	ДО И	ГР Щ	ВП Я	БС Ю	АН М
$C_0 \cdot 10^{-9}, Ф/км$	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	12,3	12,7	13,7	14,3
$\ell, км$	700	750	800	850	900	950	820	730	870	920

3 Задание № 2. Нелинейные электрические и магнитные цепи

Цель: приобрести навыки решения по нелинейным электрическим и магнитным цепям и постоянного тока.

Схемы магнитных цепей представлены на рисунках 3.1 – 3.10.

Значение намагничивающего тока I , числа витков катушки w , длины средней магнитной линии каждого участка магнитной цепи ℓ , сечения участков магнитопровода S заданы в таблицах 3.1 – 3.3.

Магнитные свойства стали, из которой изготовлены магнитопроводы, определяются основной кривой намагничивания, которая дана в таблице 3.4.

Для магнитной цепи необходимо выполнить следующее:

- изобразить эквивалентную схему заданной магнитной цепи [7];
- составить систему уравнений по законам Кирхгофа [7];
- рассчитать магнитную цепь графическим методом двух узлов и определить магнитные потоки Φ_1, Φ_2, Φ_3 [7];

Таблица 3.1

Год поступления	Последняя цифра студенческого билета									
	Нечетный	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ схемы	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10
I_1, A	0.95	-	0.4	-	1.45	0.6	1.3	0.5	1.25	-
w_1	70	-	20	-	30	60	25	15	15	-
I_2, A	-	0.3	-	1.2	0.8	0.5	-	-	-	0.65
w_2	-	40	-	12	20	55	-	-	-	55
I_3, A	0.8	0.6	0.5	0.8	-	-	0.85	0.75	0.6	1.3
w_3	65	30	15	25	-	-	40	25	25	60
Четный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
№ схемы	3.8	3.5	3.6	3.1	3.3	3.2	3.9	3.10	3.7	3.4
I_1, A	1.6	0.45	0.9	0.8	0.7	-	1.35	-	0.65	-
w_1	15	20	30	25	50	-	40	-	20	-
I_2, A	-	0.8	1.2	-	-	0.35	-	0.45	-	0.3
w_2	-	15	20	-	-	35	-	50	-	40
I_3, A	2.2	-	-	1.3	0.9	0.8	0.85	0.6	0.8	1.25
w_3	30	-	-	15	30	20	25	20	30	20

Таблица 3.2

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета									
	Нечетный	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Четный	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$l_1, см$	20	42	16	45	45	35	44	52	48	26
$l_2, см$	10	45	18	36	28	12	30	25	45	10
$l_3, см$	22	48	20	47	46	32	48	58	46	25

Таблица 3.3

Год поступления	Первая буква фамилии									
	Нечетный	АЛ М	БМ Ц	ВН Ч	ГО Щ	ДП Ш	ЕР Э	ЖС Ю	ЗТ Я	ИУ Х
Четный	ЕР Э	АЛ Х	ЖС Ю	БМ Ц	ЗТ Я	ВН Ч	ИУ	ГО Щ	КФ	ДП Ш
$S_1, \text{см}^2$	12.6	4.3	18.5	6.3	8.6	5.7	10.7	7.4	20.5	15.3
$S_2, \text{см}^2$	8.2	5.8	10.2	5.2	6.3	6.3	8.4	5.6	10.3	10.2
$S_3, \text{см}^2$	12.6	4.3	18.5	6.3	8.6	5.7	10.7	7.4	20.5	15.3

Таблица 3.4

Н, А/м	20	40	60	80	120	200	400	600	800	1200
В, Тл	0.22	0.75	0.93	1.02	1.14	1.28	1.47	1.53	1.57	1.6

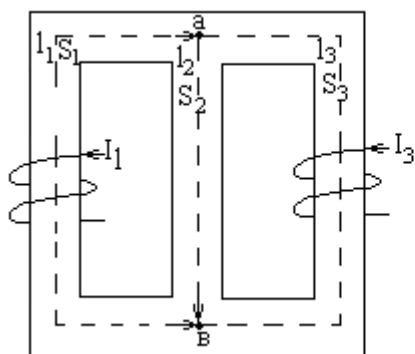


Рисунок 3.1

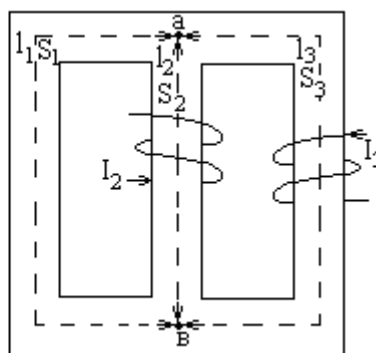


Рисунок 3.2

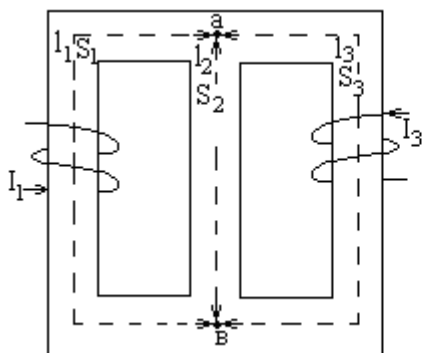


Рисунок 3.3

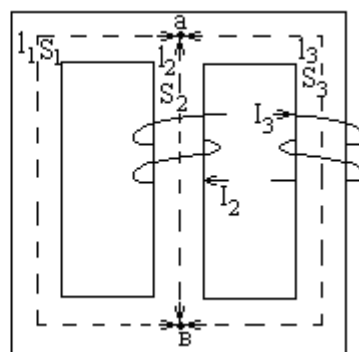


Рисунок 3.4

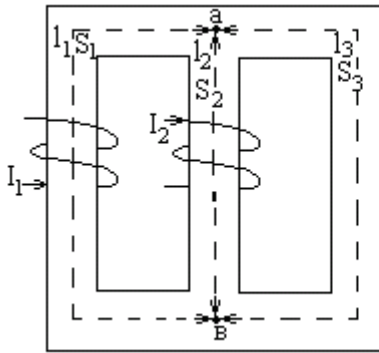


Рисунок 3.5

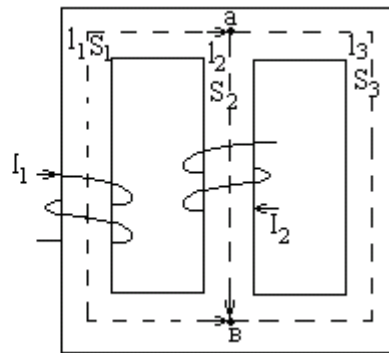


Рисунок 3.6

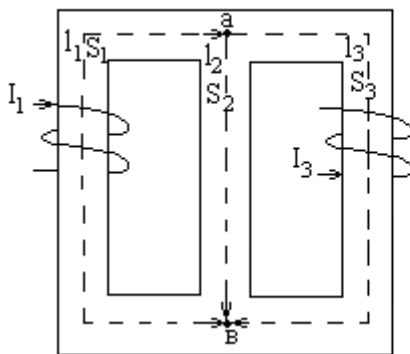


Рисунок 3.7

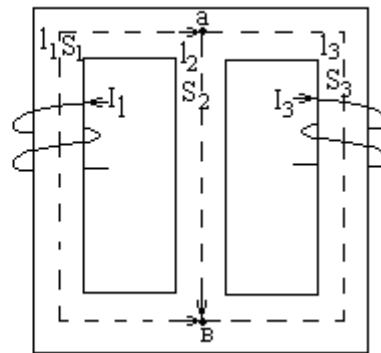


Рисунок 3.8

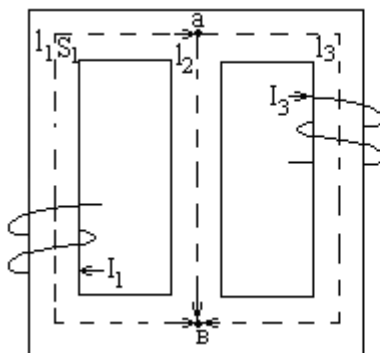


Рисунок 3.9

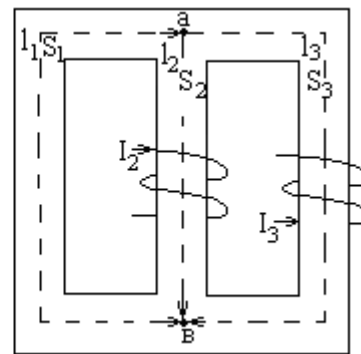


Рисунок 3.10

4 Задание № 3. Теория электромагнитного поля

Цель: приобрести навыки по решению электромагнитного поля.

Задание содержит две задачи на темы:

- расчет электрических полей;
- расчет магнитных полей постоянного тока.

Номера задач, которые должны быть решены студентом и данные для расчета, указаны в таблицах 4.1, 4.2, 4.3.

Задача 4.1. Параллельно плоской границе раздела двух сред с диэлектрическими проницаемостями ε_1 и ε_2 протянуты два параллельных длинных провода одинакового сечения с радиусом R на расстоянии d друг от друга и на расстоянии h_1 и h_2 от граничной плоскости. Проводам сообщены заряды τ_1 и τ_2 . Взаимное расположение проводов и плоскости раздела двух сред показано на рисунке 4.1.

Требуется:

- 1) для варианта *a*: определить напряжение между проводами;
- 2) для варианта *б*: определить плотность связанного заряда в точке $K(X_K, Y_K = 0)$ на граничной плоскости [8];

Задача 4.2. Два тонких параллельных бесконечно длинных провода одинакового сечения радиусом R расположены в воздухе параллельно поверхности земли на высоте h_1 и h_2 . Расстояние между проводами d . К проводам приложено напряжение U от незаземленного источника питания (рисунок 4.2).

Требуется:

- рассчитать потенциальные и емкостные коэффициенты [8];
- определить линейные плотности зарядов каждого провода;
- рассчитать рабочую емкость двухпроводной линии [8];

Задача 4.3. Полусферический заземлитель зарыт в грунт с удельной проводимостью γ_1 вровень с поверхностью. Радиус заземлителя R_3 . К заземлителю подводится постоянный ток I (рисунок 4.3).

Требуется:

- определить шаговое напряжение $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B$, точки A и B расположены соответственно на расстоянии R_A и $R_B = R_A + 0,8$ м от центра заземлителя;
- определить сопротивление растекания;
- определить напряженность электрического поля в точке C , расположенной в грунте на расстоянии R_C от центра заземлителя.

Задача 4.4. Сферический заземлитель радиуса R_3 находится глубоко в грунте с удельной проводимостью γ_1 , на расстоянии d от границы раздела двух сред с удельными проводимостями γ_1 и γ_2 . К заземлителю подводится ток I (рисунок 4.4). Влиянием поверхности грунта можно пренебречь.

Требуется:

- определить напряжение растекания U_p [8];
- определить вектор напряженности электрического поля в точках A и D [8];

Задача 4.5. По уединенному бесконечно длинному прямому проводу круглого сечения радиусом R протекает постоянный ток I . Магнитная проницаемость провода - μ , окружающая среда – воздух. Плотность тока по сечению провода равномерная (рисунок 4.5).

Требуется:

1) для варианта а: рассчитать напряженность магнитного поля \vec{H} и магнитную индукцию \vec{B} внутри и вне провода. Построить графики $H(r)$ и $B(r)$ (где r – расстояние от оси провода) [8];

2) для варианта б: рассчитать внутреннюю индуктивность участка провода длиной $\ell = 1\text{ м}$ [8];

3) для варианта в: определить векторный потенциал \vec{A} внутри и вне провода, на расстоянии от оси провода: $r_{\text{ВНУТ}} = 0,5R$ и $r_{\text{ВНЕШ}} = 2R$ [8];

Задача 4.6. Двухпроводная линия состоит из длинных цилиндрических проводов круглого сечения. Радиусы проводов одинаковы и равны R . Провода расположены параллельно друг другу на расстоянии d . Ток в линии – I , окружающая среда-воздух (рисунок 4.6).

Требуется:

1) для варианта а: определить вектор напряженности магнитного поля \vec{H} в точке $N(X_N, Y_N)$ [8];

2) для варианта б: определить векторный потенциал \vec{A} для точки $N(X_N, Y_N)$ [8];

3) для варианта в: определить внешнюю индуктивность на единицу длины линии [8];

Задача 4.7. На расстоянии d от прямого длинного тонкого провода с постоянным током I расположена прямоугольная рамка со сторонами a и b , с числом витков w из тонкого изолированного провода. По рамке протекает ток I_1 . Две стороны рамки параллельны оси провода (рисунок 4.7).

Требуется:

- рассчитать магнитный поток, пронизывающий рамку [8];

- рассчитать взаимную индуктивность между проводом и рамкой [8];

- определить силу \vec{F} , действующую на рамку [8];

Таблица 4.1

Год поступления	Начальная буква фамилии									
	Нечетный	АБВ	ЕТД	ИЗЖ	ЦХ	ЩШЧ	ЯЮЭ	ЛК	ОНМ	СРП
Четный	ЮТ	ЭИУ	СЗ	ПРЖ	ОЩЕ	НЩД	МЧГ	ЛЦВ	КХБ	АЯФ
№ задач	4.1а	4.2	4.3	4.1б	4.4	4.1а	4.2	4.3	4.1б	4.4
	4.6а	4.5в	4.6а	4.7	4.5б	4.5а	4.6б	4.5а	4.5б	4.6в
ε_1	3	-	-	4	-	6	-	-	9	-
ε_2	5	-	-	2	-	8	-	-	7	
$\tau_1, Кл/м$	$2 \cdot 10^{-9}$	-	-	$5 \cdot 10^{-9}$	-	$-6 \cdot 10^{-9}$	-	-	$-5 \cdot 10^{-9}$	-
$\tau_2, Кл/м$	$-4 \cdot 10^{-9}$	-	-	$-3 \cdot 10^{-9}$	-	$4 \cdot 10^{-9}$	-	-	$7 \cdot 10^{-9}$	-
$X_K, м$	0,3	-	-	0,4	-	0,2	-	-	0,5	-

Таблица 4.2

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета									
	Нечетный	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Четный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$d, м$	0,60	0,80	0,66	0,70	0,74	0,90	0,68	0,86	0,76	0,64
$R, м$	0,009	0,007	0,008	0,006	0,004	0,005	0,008	0,007	0,006	0,004
$h_1, м$	0,40	0,60	0,58	0,46	0,30	0,38	0,56	0,44	0,34	0,48
$\gamma_1, См \cdot м^{-1}$	$R, м$	$4 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{-2}$
$I_1, А$	20	10	30	20	28	18	16	25	15	35
$R_D, м$	0,80	0,96	0,90	0,86	0,90	1,20	0,88	1,15	1,00	0,95
$\gamma_2, См \cdot м^{-1}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$9 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$	$7,5 \cdot 10^{-2}$
μ	100	150	200	300	250	50	350	90	280	180
$X_N, м$	0,40	0,60	0,30	0,25	0,35	0,45	0,48	0,50	0,40	0,20
$v, м$	0,50	0,60	0,55	0,70	0,64	0,76	0,80	0,58	0,68	0,85

Таблица 4.3

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета									
	0	9	1	8	7	2	6	3	4	5
Четный	0	9	1	8	7	2	6	3	4	5
Нечетный	5	4	3	6	2	7	8	1	9	0
$h_2, м$	0,68	0,74	0,88	0,90	0,98	0,76	0,84	0,70	0,96	0,86
$U, В$	300	500	600	700	400	800	220	380	900	750
$R_3, м$	0,12	0,20	0,25	0,15	0,10	0,18	0,26	0,16	0,24	0,14
$R_A, м$	0,30	0,40	0,45	0,25	0,20	0,40	0,36	0,28	0,40	0,22
$R_c, м$	0,40	0,50	0,45	0,35	0,30	0,36	0,55	0,60	0,50	0,38
$I, А$	40	80	60	50	100	90	70	95	75	85
$Y_N, м$	0,80	0,64	0,70	0,60	0,90	0,86	0,78	0,96	0,66	0,75
W	250	300	450	500	600	550	350	200	700	650
$a, м$	0,42	0,36	0,28	0,40	0,30	0,20	0,40	0,38	0,24	0,34

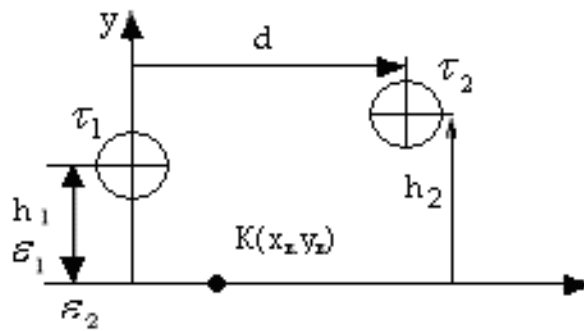


Рисунок 4.1

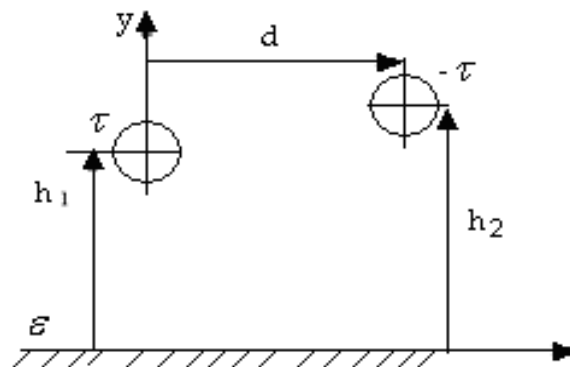


Рисунок 4.2

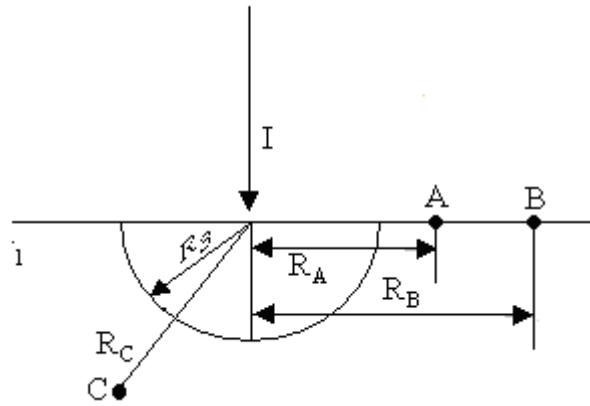


Рисунок 4.3

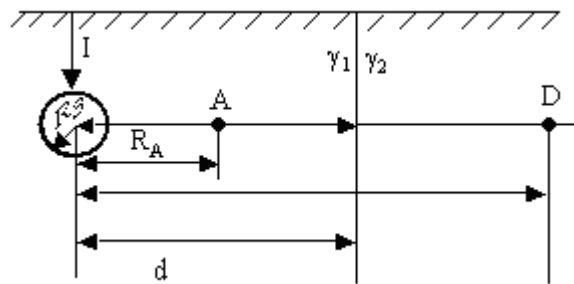


Рисунок 4.4

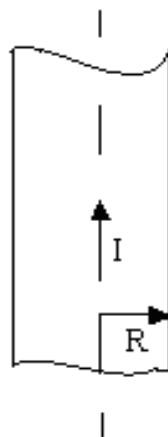


Рисунок 4.5

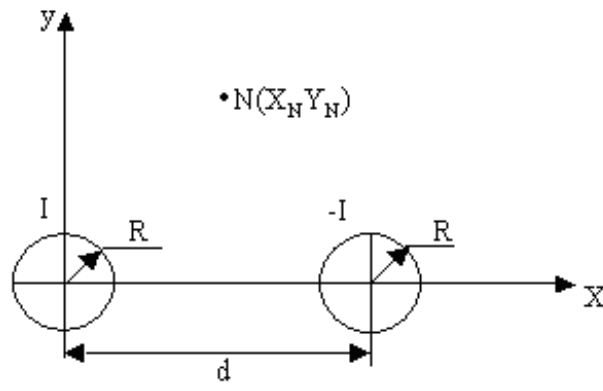


Рисунок 4.6

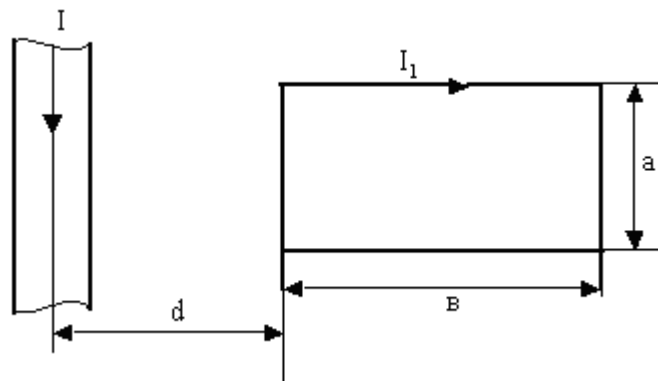


Рисунок 4.7

Список литературы

- 1 Попов В.П. Основы теории цепей [Текст]: Учебник рек. МОиН РФ.- 7-е изд., перераб.и доп...- М.: Высш.шк., 2013.- 696 с.- (CD, Бакалавр. Базовый курс).
- 2 Бессонов А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле [Текст]: Учебник для бакалавров / А. Бессонов; доп. МО РФ.- 11-е изд.- М.: Юрайт, 2012.- 320 с.- (Бакалавр).
- 3 Гальперин М.В.. Электротехника и электроника [Текст]: Учебник доп. МОиН РФ.- М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2010.- 480 с.
- 4 Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Издательство: Питер.Теоретические основы электротехники Том 1. 2009 г.
- 5 Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Издательство: Питер. Теоретические основы электротехники. Том 2, 5-е издание. 2009 г.
- 6 В.И.Денисенко, С.Ю.Креслина. Теоретические основы электротехники 2.Конспект лекции для студентов всех форм обучения специальности 050718- Электроэнергетика. - Алматы: АИЭС. 2007, 62с.
- 7 Денисенко В.И., Светашев Г.М. ТОЭЗ.:Конспект лекций. - Алматы: АИЭС, 2007. – 90 с.
- 8 Денисенко В.И., Зуслина Е.Х. Теоретические основы электротехники: Учебное пособие.- Алматы: АИЭС, 2000.-83 с.

Сводный план 2015 г., поз.40

Аршидинов Маликжан Мамежанович
Денисенко Владислав Иосифович
Естаева Шынар Абдібайқызы

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Методические указания и задания
к расчетно-графическим работам № 1-3
(для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика)

Редактор Н.М. Голева
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать _____
Тираж экз.
№1
Объем ___уч. - изд. л.
тенге.

Формат 60x84 1/16
Бумага типографская
Заказ _____. Цена

Копировально-множительное бюро
Некоммерческого акционерного общества
«Алматинского университета энергетики и связи»
050013, Алматы, Байтурсынова 126