



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ**

Кафедра теоретических
основ электротехники

ТЕОРИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ 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. Теория нелинейных цепей и электрического поля. Методические указания и задания к РГР №1-3(для студентов специальности 5В071800 – Электроэнергетика). – Алматы: АУЭС, 2014.-18 с.

Представлены методические указания и задания к расчетно-графическим работам по курсу «Теория нелинейных 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. 9 , библиогр. 8 назв.

Рецензент: ст.препод. Б.К 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. Расчет нелинейных электрических цепей постоянного тока	6
4 Задание №3. Теория электромагнитного поля.....	9
Список литературы.....	17

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 решение установившихся режимов в цепях с распределенными параметрами.

Для линии без потерь даны волновые параметры:

- длина волны λ ;
- волновое сопротивление Z_c ;
- при некоторой активной нагрузке напряжения и ток в конце линии $U_2; I_2$.
Напряжение в начале линии считать одинаковыми во всех режимах.

Определить токи и напряжения в пучностях для следующих режимов:

- 1) Линия в конце разомкнута (холостой ход) [7];
- 2) Линия в конце замкнута накоротко (короткое замыкания) [7];

Построить графики распределения напряжения и тока в различных режимах. Длина линии, параметры нагрузки выбираются в соответствии с вариантом по таблицам 2.1-2.3.

- 3) Построить графики распределения напряжения и тока в различных режимах [7];

Таблица 2.1

Год поступления	Последняя цифра зачетной книжки									
	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Чётный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
нечётный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
λ (м)	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
ℓ (м)	14	16	20	22	26	28	30	34	38	42
Z_c (ом)	400	450	470	500	510	520	550	560	600	650

Таблица 2.2

Год поступления	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Чётный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
нечётный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
U_2 (В)	50	75	100	120	140	150	155	160	165	170
I_2 (А)	0.2	0.8	1.2	1.1	1.5	1.6	1.2	1.35	1.45	1.5

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
Построить график зависимости	к.з	х.х	к.з	х.х	к.з	х.х	к.з	х.х	к.з	х.х

3 Задание № 2. Расчет нелинейных электрических цепей постоянного тока

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

Схемы нелинейных электрических цепей представлены на рисунках 3.1 – 3.10. Значения линейных сопротивлений ветвей R_1 - R_3 , источников E_1 - E_3 заданы в таблицах 3.1, 3.2.

Вольт-амперная характеристика нелинейного сопротивления представлена аналитическим выражением $U=bI^2$, для которого коэффициент b задан в таблице 3.3.

Для нелинейной электрической цепи необходимо выполнить следующее:

- построить график заданной вольт-амперной характеристики нелинейного сопротивления [7,8];
- составить систему уравнений по законам Кирхгофа;
- рассчитать нелинейную электрическую цепь графическим методом двух узлов и определить токи во всех ветвях [8];

Таблица 3.1

Год поступления	Последняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Нечетный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
№ схемы	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10
R ₁ , ом	-	-	-	80	85	90	95	100	75	-
R ₂ , ом	60	70	65	-	-	-	115	120	95	105
R ₃ , ом	80	90	85	100	105	110	-	-	-	125
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
R ₁ , ом	70	60	120	-	-	-	100	-	85	100
R ₂ , ом	90	-	-	90	95	85	120	100	105	-
R ₃ , ом	-	80	105	115	75	65	-	80	-	75

Таблица 3.2

Год поступления	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Нечетный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Четный	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
E ₁ , В	80	90	100	110	120	130	140	150	160	180
E ₂ , В	100	110	140	150	160	170	120	130	180	200
E ₃ , В	120	130	160	170	180	200	100	190	120	220

Таблица 3.3

Год поступления	Первая буква фамилии									
	АЛ М	БМЦ	ВН Ч	ГО Щ	ДП Ш	ЕР Э	ЖС Ю	ЗТ Я	ИУ	КФ
Нечетный	АЛ М	БМЦ	ВН Ч	ГО Щ	ДП Ш	ЕР Э	ЖС Ю	ЗТ Я	ИУ	КФ
Четный	ЕР Э	АЛХ	ЖСЮ	БМ Ц	ЗТ Я	ВН Ч	ИУ	ГО Щ	КФ	ДПШ
b, Ом/А	10	12	15	18	20	22	25	27	30	32

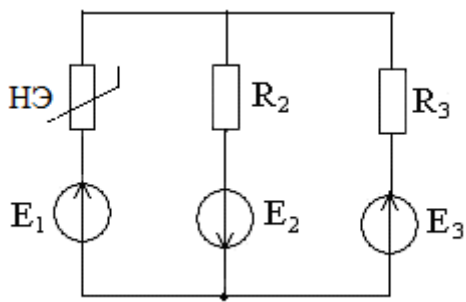


Рисунок 3.1

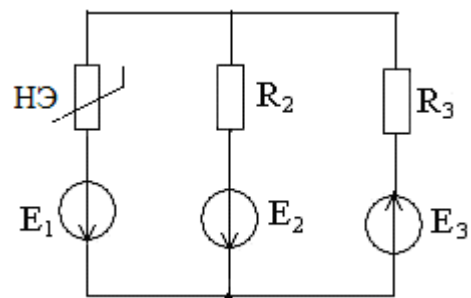


Рисунок 3.2

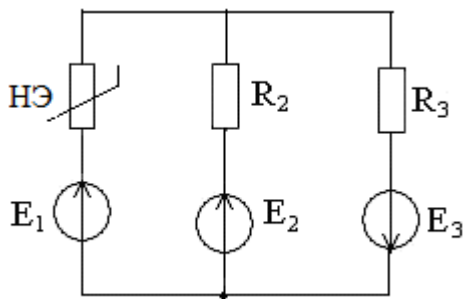


Рисунок 3.3

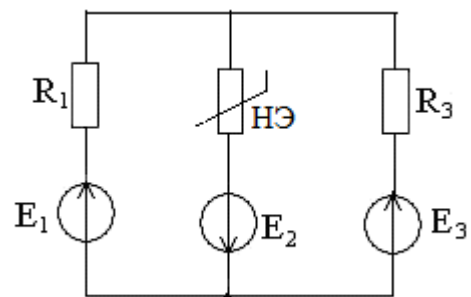


Рисунок 3.4

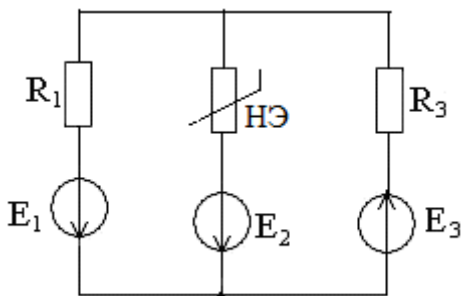


Рисунок 3.5

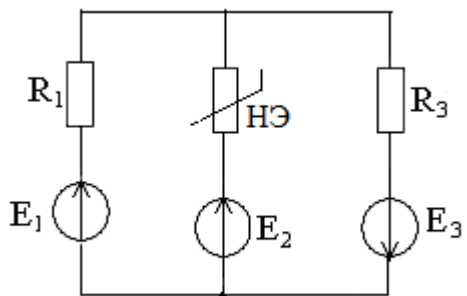


Рисунок 3.6

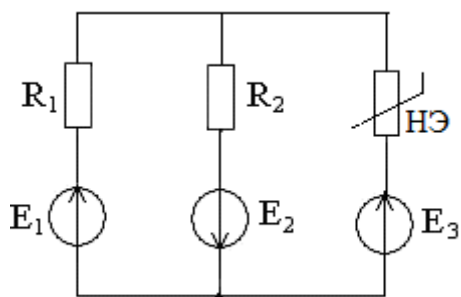


Рисунок 3.7

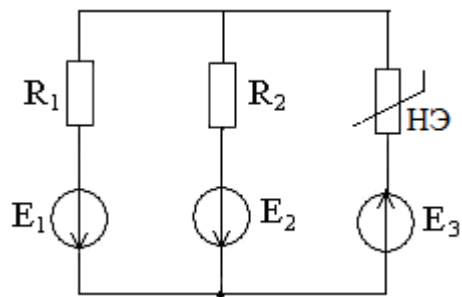


Рисунок 3.8

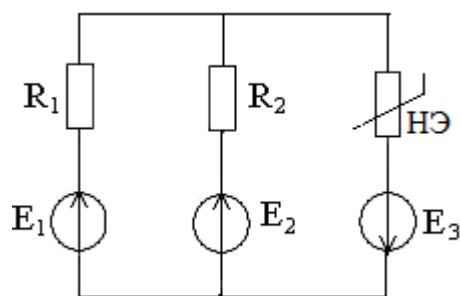


Рисунок 2.9

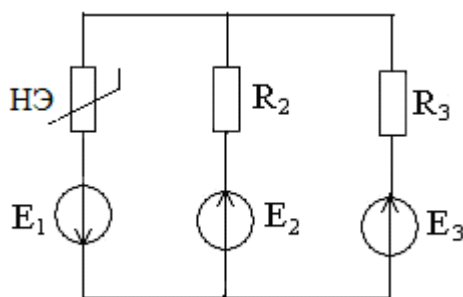


Рисунок 2.10

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 [7];

2) для варианта б: определить плотность связанного заряда в точке $K(X_K, Y_K = 0)$ на граничной плоскости [7];

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 [7];
- определить линейные плотности зарядов каждого провода [7];
- рассчитать рабочую емкость двухпроводной линии [7];

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 [7,8];
- определить сопротивление растекания [7];
- определить напряженность электрического поля в точке C , расположенной в грунте на расстоянии R_C от центра заземлителя [7];

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 3.4). Влиянием поверхности грунта можно пренебречь.

Требуется:

- определить напряжение растекания U_p ;
- определить вектор напряженности электрического поля в точках A и D .

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) [7];

2) для варианта б: рассчитать внутреннюю индуктивность участка провода длиной $\ell = 1\text{ м}$ [7];

3) для варианта в: определить векторный потенциал \vec{A} внутри и вне провода, на расстоянии от оси провода: $r_{\text{ВНУТ}} = 0,5R$ и $r_{\text{ВНЕШ}} = 2R$ [7];

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 $N(X_N, Y_N)$ [7];

2) для варианта б: определить векторный потенциал \vec{A} для точки $N(X_N, Y_N)$ [7];

3) для варианта в: определить внешнюю индуктивность на единицу длины линии [7];

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 [7];

- рассчитать взаимную индуктивность между проводом и рамкой [7];

- определить силу \vec{F} , действующую на рамку [7];

Таблица 4.1

Год поступления	Начальная буква фамилии									
	Нечетный	АБВ	ЕТД	ИЗЖ	ЦХ	ЩШЧ	ЯЮЭ	ЛК	ОНМ	СРП
Четный	ЮТ	ЭИУ	СЗ	ПРЖ	ОЦЕ	НШД	МЧГ	ЛЦВ	КХБ	АЯФ
№ задач	4.1а 4.6а	4.2 4.5в	4.3 4.6а	4.1б 4.7	4.4 4.5б	4.1а 4.5а	4.2 4.6б	4.3 4.5а	4.1б 4.5б	4.4 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

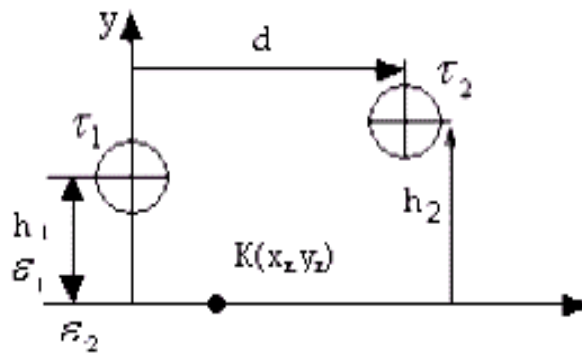


Рисунок 4.1

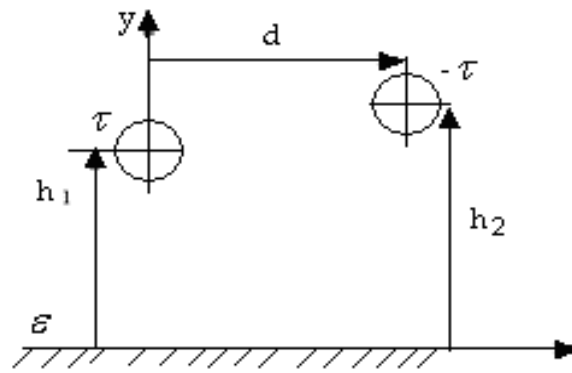


Рисунок 4.2

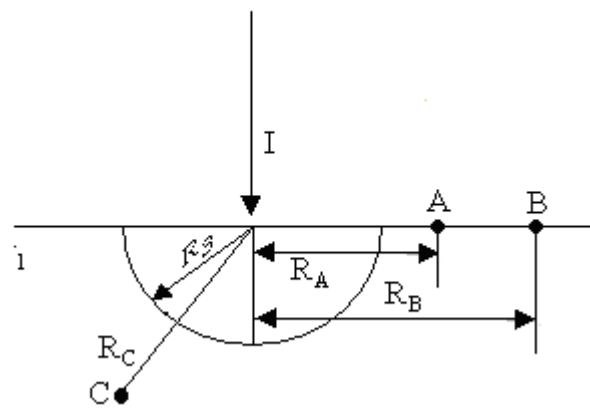


Рисунок 4.3

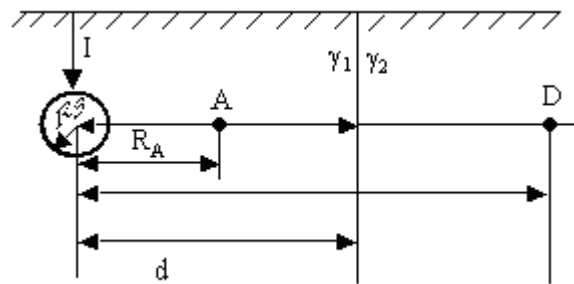


Рисунок 4.4

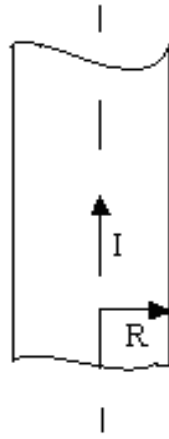


Рисунок 4.5

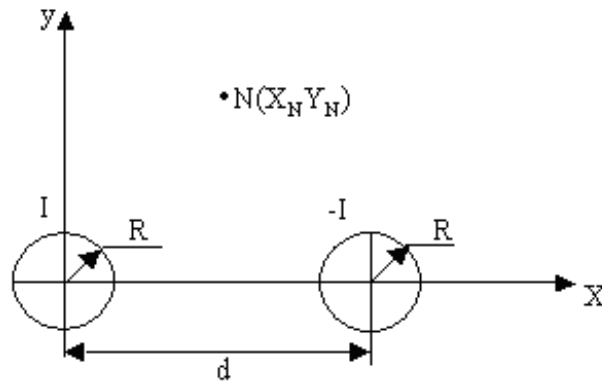


Рисунок 4.6

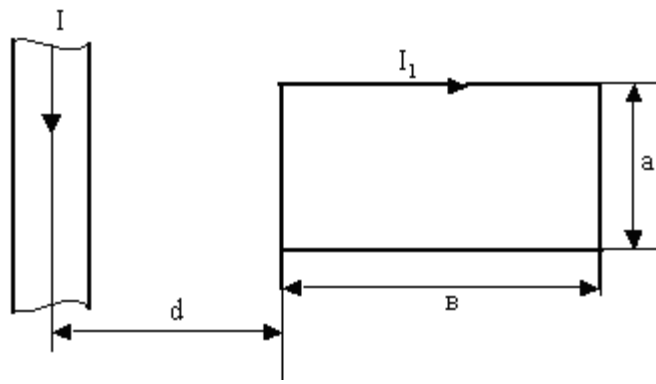


Рисунок 4.7

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.- (СД, 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 Денисенко В.И., Креслина С.Ю. Теоретические основы электротехники 2.Конспект лекции для студентов всех форм обучения специальности 050718-Электроэнергетика. - Алматы: АИЭС. 2007. – 62 с.
- 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.- 83с.

Аршидинов Маликжан Мамежанович
Денисенко Владислав Иосифович
Естаева Шынар Абдібайқызы

ТЕОРИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ 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.
Объем ___уч. - изд. л.

Формат 60x84 1/16
Бумага типографская №1
Заказ _____. Цена _тенге.

Копировально-множительное бюро
Некоммерческое акционерное общество
Алматинского университета энергетики и связи
050013, Алматы, Байтурсынова 126