



**Некоммерческое
акционерное
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ЭНЕРГЕТИКИ И
СВЯЗИ**

Кафедра теоретических
основ электротехники

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Методические указания и задания по выполнению расчетно-графических
работ № 1,2,3 для специальности
5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства

Алматы 2015

Составители: Л.П. Болдырева, Г.К. Смагулова. Анализ электрических цепей и электрического поля. Методические указания и задания по выполнению расчетно-графических работ №1,2,3. для специальности 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства. –Алматы: АУЭС, 2015.- 18 стр.

Представлены методические указания и задания к расчетно-графическим работам по курсу «Анализ электрических цепей и электрического поля» по разделам «Переходные процессы в линейных электрических цепях второго порядка», «Цепи с распределенными параметрами», «Нелинейные электрические и магнитные цепи».

Расчетно-графические работы предназначены для студентов второго курса, обучающихся в бакалавриате по специальности 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства

Ил. 20, табл.10 , библиогр.10 назв.

Рецензент:

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «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. Переходные процессы в линейных электрических цепях второго порядка.....	5
3 Задание №2. Цепи с распределенными параметрами.....	9
4 Задание №3. Нелинейные электрические и магнитные цепи.....	12
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 студенческого билета 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”, АУЭС, 2015.

2 Задание № 1. Переходные процессы в линейных электрических цепях второго порядка

В электрической цепи (рисунок 1.1-1.10) возникает переходный процесс в результате коммутации. Номер схемы и параметры элементов цепи выбираются по таблицам 1.1-1.3 в соответствии с номером студенческого билета и первой буквой фамилии.

Требуется выполнить следующее: определить закон изменения во времени переходного тока в одной из ветвей или переходного напряжения на каком-либо элементе цепи после коммутации. Расчет следует провести двумя методами: классическим и операторным.

Таблица 1.1

Год поступления	Последняя цифра студенческого билета									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Нечетный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
№ схемы	1.1	1.10	1.9	1.4	1.7	1.6	1.5	1.8	1.3	1.2
Четный	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ схемы	1.5	1.2	1.3	1.4	1.6	1.10	1.9	1.8	1.7	1.1

Таблица 1.2

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Нечетный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Четный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$E, В$	400	250	300	450	200	100	150	220	380	350
$R_1, Ом$	120	85	90	95	115	50	75	100	130	135
$L, мГн$	50	30	40	20	60	15	10	25	35	45
$R_2, Ом$	140	200	100	300	120	180	90	80	250	150

Таблица 1.3

Год поступления	Начальная буква фамилии									
	АВ	БО	НП	ГР	ДИ	ЖУ	ЧХ	КЦ	ЕТ	ЗФ
Нечетный	М	Ю	Я	Щ	С	Ш	Л	Э		
Четный	НП	ГР	ДИ	ЖУ	ЧХ	АВ	ЕТ	ЗФ	БО	КЦ
	Я	Щ	С	Ш	Л	М			Ю	Э
$R_3, Ом$	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
$C, мкФ$	2	4	5	6	10	9	8	7	3	12
Искомая величина	$u_c(t)$	$i_L(t)$	$u_L(t)$	$i_c(t)$	$u_c(t)$	$i_L(t)$	$u_L(t)$	$i_c(t)$	$u_c(t)$	$i_L(t)$

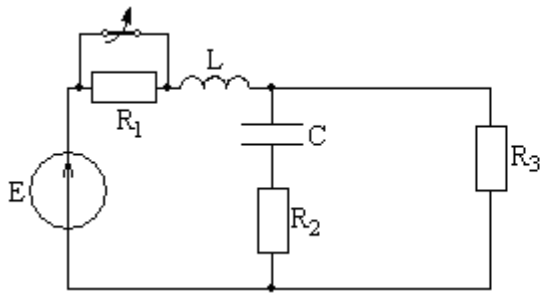


Рисунок 1.1

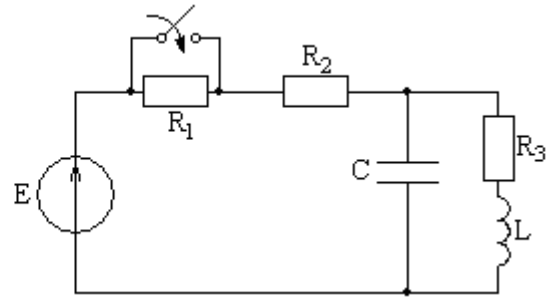


Рисунок 1.2

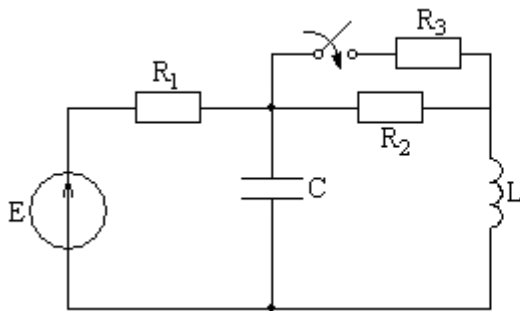


Рисунок 1.3

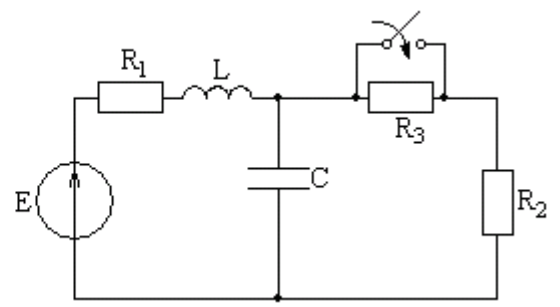


Рисунок 1.4

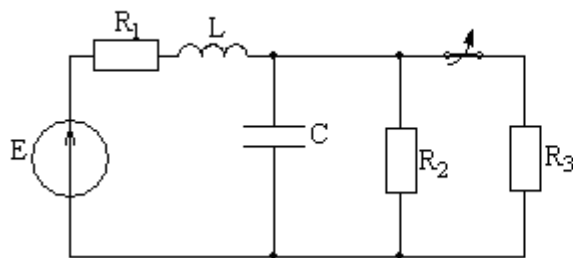


Рисунок 1.5

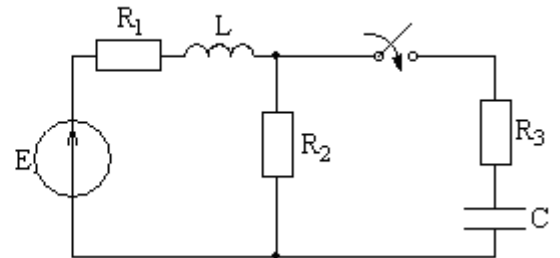


Рисунок 1.6

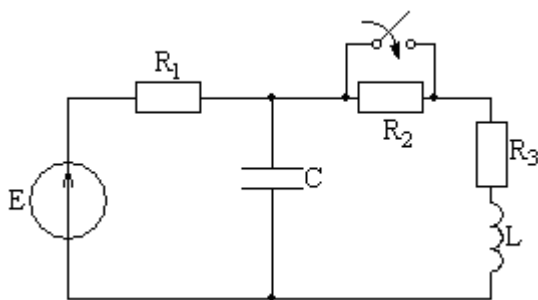


Рисунок 1.7

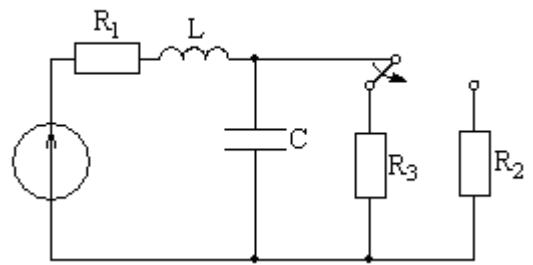


Рисунок 1.8

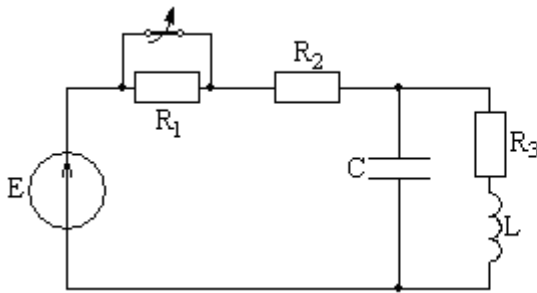


Рисунок 1.9

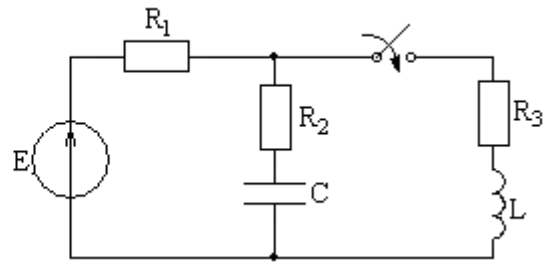


Рисунок 1.10

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы №1

Методика расчёта переходных процессов классическим методом включает следующие этапы:

1) определение независимых начальных условий: $i_L(0), u_C(0)$; независимые начальные условия определяются путём расчёта установившегося режима в цепи до коммутации и с применением законов коммутации:

$$i_L(0_+) = i_L(0) = i_L(0_-); \quad u_C(0_+) = u_C(0) = u_C(0_-);$$

2) составление дифференциальных уравнений по законам Кирхгофа для цепи после коммутации;

3) запись выражения для искомого переходного тока или переходного напряжения в виде: $i(t) = i_{\text{ИР}} + i_{\text{СВ}}; \quad u(t) = u_{\text{ИР}} + u_{\text{СВ}};$

4) определение принуждённого тока $i_{\text{ИР}}$ или принужденного напряжения $u_{\text{ИР}}$ путём расчёта установившегося режима в цепи после коммутации;

5) определение свободного тока $i_{\text{СВ}}$ или напряжения $u_{\text{СВ}}$. Для определения свободного тока $i_{\text{СВ}}$ или свободного напряжения $u_{\text{СВ}}$ составляется характеристическое уравнение. Для составления характеристического уравнения записывается входное комплексное сопротивление цепи $Z(j\omega)$, заменяется $j\omega \rightarrow p$ и полученное выражение $Z(p) = 0$. Решается полученное уравнение и находятся корни P_1 и P_2 . Запись выражения $i_{\text{СВ}}$ или $u_{\text{СВ}}$ определяется типом корней характеристического уравнения:

корни характеристического уравнения вещественные и различные $p_1 < 0, p_2 < 0$:

$$i_{\text{СВ}}(t) = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t}; \quad u_{\text{СВ}}(t) = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t};$$

корни характеристического уравнения вещественные и равные $p_1 = p_2 = p < 0$:

$$i_{\text{СВ}}(t) = (A_1 + A_2 t) e^{p t}; \quad u_{\text{СВ}}(t) = (A_1 + A_2 t) e^{p t};$$

корни характеристического уравнения комплексно-сопряженные $p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega_{CB}$ (α – коэффициент затухания, ω_{CB} – частота свободных колебаний):

$$i_{CB}(t) = Ae^{-\alpha t} \sin(\omega_{CB}t + \psi); u_{CB}(t) = Ae^{-\alpha t} \sin(\omega_{CB}t + \psi);$$

б) определение постоянных интегрирования A_1, A_2 или A, ψ находим по начальным значениям искомой величины и её первой производной.

Методика расчёта переходных процессов операторным методом включает следующие этапы:

1) определение независимых начальных условий: $i_L(0), u_C(0)$;

2) составление эквивалентной операторной схемы (схема составляется для цепи после коммутации).

3) составление уравнений для определения изображения искомой величины, используя любой из методов расчёта: законы Кирхгофа в операторной форме, метод контурных токов, метод узловых потенциалов, метод эквивалентного генератора и т.п. (уравнения составляются для цепи после коммутации) и определение изображения искомой величины;

4) определение искомой величины (оригинала) по найденному изображению, используя теорему разложения:

а) если корни характеристического уравнения $F_2(p) = 0$, p_1, p_2 – вещественные и различные, то оригинал:

$$\frac{F_1(p)}{F_2(p)} \doteq f(t) = \frac{F_1(p_1)}{F_2'(p_1)} e^{p_1 t} + \frac{F_1(p_2)}{F_2'(p_2)} e^{p_2 t},$$

где $F_2'(p) = dF_2(p)/dp$;

б) знаменатель имеет один нулевой корень и корни характеристического уравнения $F_2(p) = 0$, p_1, p_2 – вещественные и различные, то оригинал:

$$\frac{F_1(p)}{pF_2(p)} \doteq f(t) = \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + \frac{F_1(p_1)}{p_1 F_2'(p_1)} e^{p_1 t} + \frac{F_1(p_2)}{p_2 F_2'(p_2)} e^{p_2 t};$$

в) корни характеристического уравнения $F_2(p) = 0$ комплексно-сопряженные $p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega_{CB}$, то оригинал:

$$\frac{F_1(p)}{F_2(p)} \doteq f(t) = 2 \operatorname{Re} \left[\frac{F_1(p_1)}{F_2'(p_1)} e^{p_1 t} \right];$$

г) знаменатель имеет один нулевой корень и корни характеристического уравнения $F_2(p) = 0$ комплексно-сопряженные $p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega_{CB}$:

$$\frac{F_1(p)}{pF_2(p)} \doteq f(t) = \frac{F_1(0)}{F_2(0)} + 2 \operatorname{Re} \left[\frac{F_1(p_1)}{p_1 F_2'(p_1)} e^{p_1 t} \right];$$

3 Задание № 2. 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 \dot{U}_1 и ток \dot{I}_1 в начале и ток \dot{I}_2 в конце линии, к.п.д. работы линии;

б) определить напряжение в конце линии \dot{U}_2 и ток в начале линии \dot{I}_1 при сбросе всей нагрузки в конце линии (в режиме холостого хода) и напряжении в начале линии, равном номинальному;

в) при согласованной нагрузке (сопротивление нагрузки равно волновому сопротивлению линии) определить естественную мощность, передаваемую нагрузке, напряжение \dot{U}_1 и ток \dot{I}_1 в начале и ток \dot{I}_2 в конце линии, КПД линии, напряжения на нагрузке U_2 равно номинальному.

Таблица 2.1

Год поступления	Последняя 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
$U_H, кВ$	550	600	400	330	220	110	650	500	330	220
$R_0, Ом/км$	0,06	0,05	0,03	0,07	0,09	0,1	0,04	0,06	0,1	0,08
$G_0 \cdot 10^{-6}, См/км$	0,04	0,06	0,08	0,03	0,07	0,015	0,02	0,05	0,03	0,04
$P_2, МВт$	350	200	300	100	150	90	450	250	120	170

Таблица 2.2

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Нечетный	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Четный	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$L_0 \cdot 10^{-3}, Гн/км$	2,2	2,3	2,4	2,1	2,0	2,25	2,5	2,6	2,5	2,35
$\cos \varphi_2$	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,985	0,975	0,965	0,955	0,97

Таблица 2.3

Год поступления	Начальная буква фамилии									
	АН Я	БС Ю	ВП М	ГР Щ	ДО И	ЕТ Ш	ЖУ	ЗФ Л	ЧХ	КЦ Э
Четный	КЦ Э	ЧХ	ЗФ Л	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
$\ell, км$	600	650	680	850	800	750	820	730	870	700

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы №2

Параметры однородной линии. Первичными параметрами однородной линии на единицу ее длины являются: R_0 - сопротивление, Ом; L_0 - индуктивность, Гн; C_0 - емкость, Ф; G_0 - проводимость изоляции между проводами (утечка), См/м.

$$Z_0 = R_0 + j\omega L_0,$$

$$Y_0 = G_0 + j\omega C_0.$$

Вторичные параметры однородной линии: Z_B - волновое (характеристическое) сопротивление

$$\underline{Z}_B = \sqrt{\frac{\underline{Z}_0}{\underline{Y}_0}},$$

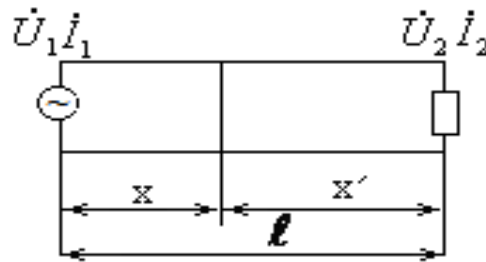
γ - коэффициент распространения

$$\underline{\gamma} = \sqrt{\underline{Z}_0} \cdot \gamma_0 = \alpha + j\beta$$

где α - коэффициент затухания,

β - коэффициент фазы.

Уравнения однородной линии с гиперболическими функциями.



Рисунок

Эти уравнения позволяют рассчитывать комплексы напряжений и токов в любой точке линии, отстоящей на расстоянии x от её начала через заданные напряжения и ток в начале линии, т.е. $U_1; I_1$.

$$\dot{U} = \dot{U}_1 \operatorname{ch} \underline{\gamma} x - \dot{I}_1 \underline{Z}_B \cdot \operatorname{sh} \underline{\gamma} x,$$

$$\dot{I} = -\frac{\dot{U}_1}{\underline{Z}_B} \cdot \operatorname{sh} \underline{\gamma} x + \dot{I}_1 \operatorname{ch} \underline{\gamma} x.$$

Эти уравнения позволяют рассчитывать комплексы напряжений и токов в любой точке, отстоящей на расстоянии x' от конца линии через заданные комплексы напряжения и токов от конца линии, т.е. $U_2; I_2$.

$$\dot{U} = \dot{U}_2 \operatorname{ch} \underline{\gamma} x + \dot{I}_2 \underline{Z}_B \cdot \operatorname{sh} \underline{\gamma} x,$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_2}{\underline{Z}_B} \cdot \operatorname{sh} \underline{\gamma} x + \dot{I}_2 \operatorname{ch} \underline{\gamma} x.$$

Под входным сопротивлением линий \underline{Z}_{BX} понимают сопротивление двухполюсника, которым можно заменить линию вместе с приемником на её конце при расчете режима в начале линии.

Если $x=l$ получим:

$$\underline{Z}_{\text{вх}} = \frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_1} = \frac{\dot{U}_2 \operatorname{ch} \underline{\gamma} l + \dot{I}_2 \underline{Z}_B \operatorname{sh} \underline{\gamma} l}{\frac{\dot{U}_2}{\underline{Z}_B} \operatorname{sh} \underline{\gamma} l + \dot{I}_2 \operatorname{ch} \underline{\gamma} l}.$$

4 Задание № 3. Нелинейные электрические и магнитные цепи

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;
- составить систему уравнений по законам Кирхгофа;
- рассчитать магнитную цепь графическим методом двух узлов и определить магнитные потоки Φ_1 , Φ_2 , Φ_3 .

Таблица 3.1

Год поступления	Последняя цифра студенческого билета									
	5	2	3	7	1	6	4	8	9	0
Нечетный										
№ схемы	3.5	3.6	3.3	3.4	3.1	3.2	3.7	3.8	3.9	3.10
I_1, A	0.5	-	0.6	-	1.45	0.4	1.3	0.95	1.25	-
w_1	50	-	20	-	30	60	25	15	35	-
I_2, A	-	0.3	-	1.2	0.8	0.5	-	-	-	0.65
w_2	-	40	-	12	20	35	-	-	-	45
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	35	55
Четный										
№ схемы	3.8	3.1	3.2	3.5	3.3	3.6	3.9	3.10	3.7	3.4
I_1, A	1.35	0.45	0.7	0.9	0.8	-	1.5	-	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	1.15	-	-	1.25	0.9	0.8	0.85	0.6	0.8	1.3
w_3	30	-	-	15	35	20	25	20	30	45

Таблица 3.2

Год поступления	Предпоследняя цифра студенческого билета									
	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
$l_1, см$	26	32	15	42	52	33	24	52	43	28
$l_2, см$	10	15	8	26	18	12	20	25	20	10
$l_3, см$	28	39	20	47	57	38	28	58	49	22

Таблица 3.3

Год поступления	Первая буква фамилии									
	ВЛ	БМ Ц	АН Ч	ГО Щ	ДП Ш	ЕР Э	ЖС Ю	ЗТ Я	ИУ Х	КФ
Нечетный	ВЛ	БМ Ц	АН Ч	ГО Щ	ДП Ш	ЕР Э	ЖС Ю	ЗТ Я	ИУ Х	КФ
Четный	ЕР Э	АЛ Х	ЖС Ю	БМ Ц	ЗТ Я	ВН Ч	ИУ	ГО Щ	КФ	ДП Ш
$S_1, см^2$	6.6	4.3	8.5	6.3	8.6	5.7	7.7	7.4	9.5	5.3
$S_2, см^2$	5.0	5.8	4.8	5.2	6.6	6.3	5.4	5.6	5.3	7.2
$S_3, см^2$	6.6	4.3	8.5	6.3	8.6	5.7	7.7	7.4	9.5	5.3

Таблица 3.4

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

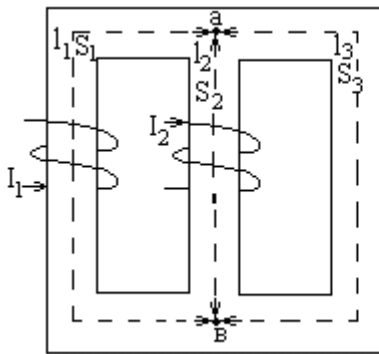


Рисунок 3.1

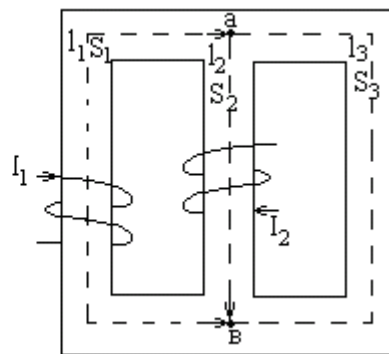


Рисунок 3.2

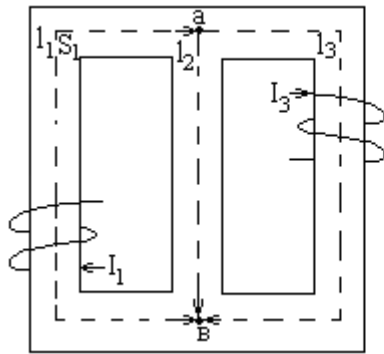


Рисунок 3.3

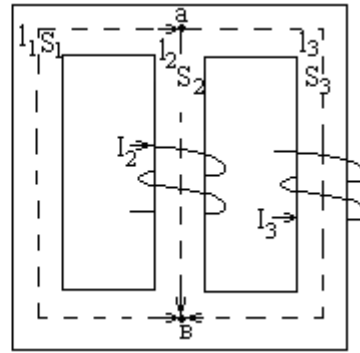


Рисунок 3.4

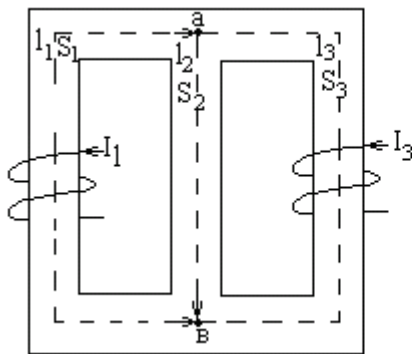


Рисунок 3.5

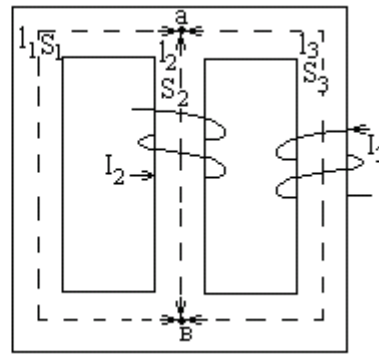


Рисунок 3.6

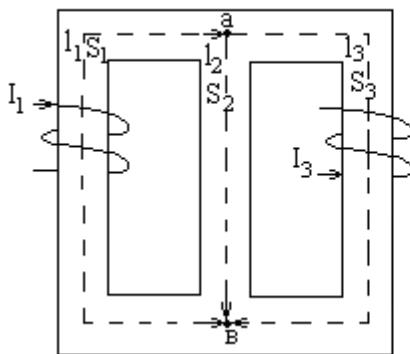


Рисунок 3.7

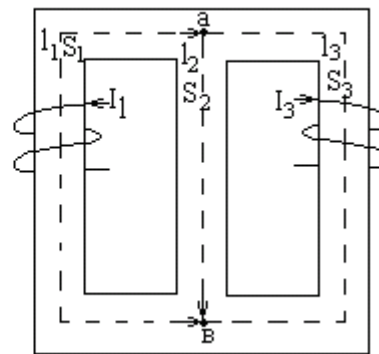


Рисунок 3.8

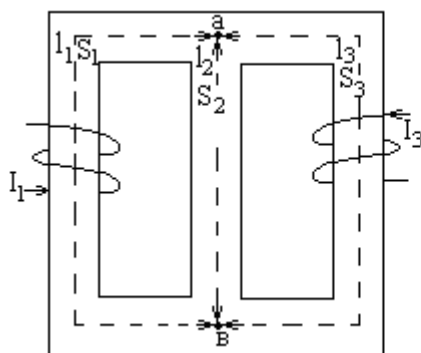


Рисунок 3.9

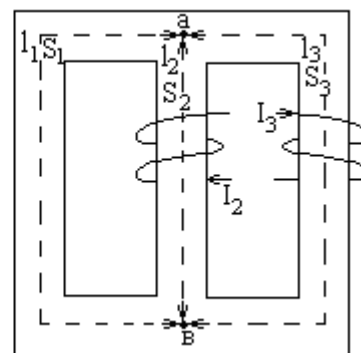
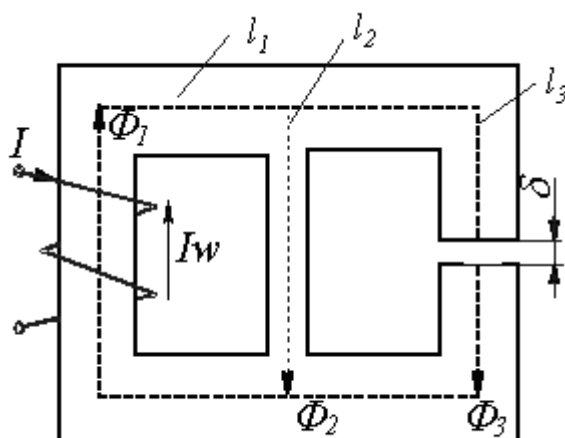


Рисунок 3.10

Методические указания к выполнению расчетно-графической работы №3

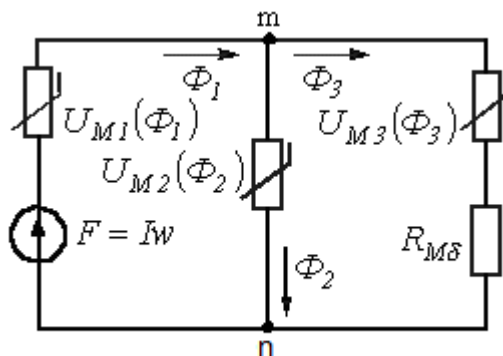
Нелинейность магнитных цепей определяется нелинейным характером зависимости $\Phi(U_M)$, являющейся аналогом ВАХ $I(U)$ и определяемой характеристикой ферромагнитного материала $B(H)$. Для расчета магнитных цепей при постоянных потоках обычно используют основную кривую намагничивания. При расчете магнитных цепей на практике встречаются две типичные задачи: задача определения величины намагничивающей силы (НС), необходимой для создания заданного магнитного потока (заданной магнитной индукции) на каком-либо участке магнитопровода (“прямая” задача); задача нахождения потоков (магнитных индукций) на отдельных участках цепи по заданным значениям НС (“обратная” задача). Решение может быть осуществлено следующими методами: аналитическими; графическими.



Рисунок

Графическим методом решаются задачи второго типа - “обратные” задачи. При этом в качестве исходных данных для расчета заданы конфигурация и геометрические размеры магнитной цепи, кривая намагничивания ферромагнитного материала, а также НС обмоток. Требуется найти значения потоков (индукций) на отдельных участках магнитопровода. Данные методы основаны на графическом представлении вебер-амперных характеристик $\Phi(U_M)$ участков магнитной цепи с последующим решением алгебраических уравнений, записанных по законам Кирхгофа, с помощью соответствующих графических построений.

Производим замену магнитной цепи эквивалентной электрической схемой замещения.



Рисунок

В этом случае, при расчете магнитных цепей, содержащих два узла (такую конфигурацию имеет большое число используемых на практике магнитопроводов), широко используется метод двух узлов. Идея решения данным методом аналогична рассмотренной для нелинейных резистивных цепей постоянного тока и заключается в следующем.

1. Вычисляются зависимости $\Phi_i(U_{Mmn})$ потоков во всех ветвях магнитной цепи в функции общей величины - магнитного напряжения U_{Mmn} между узлами m и n .

2. Определяется, в какой точке графически реализуется первый закон Кирхгофа $\sum \Phi_i(U_{Mmn}) = 0$. Соответствующие данной точке потоки являются решением задачи.

Список литературы

- 1 Атабеков Г.И. ТОЭ линейные и электрические цепи (7-е изд.). – М.: Лань, 2009. – 592 с.
- 2 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники.-М.: Гардарики, 2007. – 638 с.
- 3 Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники, т.2. - СПб.: Питер, 2003.-576 с.
- 4 Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники, т.3. - СПб.: Питер, 2003.-377 с.
- 5 Сборник задач по теоретическим основам электротехники/ Л.Д.Бессонов, И.Г.Демидова, М.Е.Заруди и др.-М.: Высшая школа, 2003.-528 с.
- 6 Прянишников В.А. ТОЭ: Курс лекций: Учебное пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб., 2000. – 368 с.
- 7 Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях: Практикум на Electronics Workbench. В 2-х томах/ Под ред. Д.И. Панфилова. – М.: ДОДЭКА, 1999.- т.1.-Электротехника. – 304 с.
- 8 Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей.- М.: Энергоатомиздат, 1989. -528 с.
- 9 Денисенко В.И., Зуслина Е.Х. ТОЭ.: Учебное пособие.- Алматы: АИЭС, 2000.-83 с.
- 10 Денисенко В.И., Светашев Г.М. ТОЭЗ.: Конспект лекций. – Алматы: АИЭС, 2007. – 90 с.

Любовь Павловна Болдырева
Гульдана Кашкинбаевна Смагулова

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО
ПОЛЯ

Методические указания и задания по выполнению расчетно-
графических работ №1,2,3 для студентов специальности 5В081200 –
Энергообеспечение сельского хозяйства

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

Подписано в печать _____
Тираж экз.
Объем ___уч. - изд. л.

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

Копировально-множительное бюро
некоммерческого акционерного общества
«Алматинский университет энергетики и связи»
050013, Алматы, ул. Байтурсынова 126.