

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Тульский государственный университет»**

Институт высокоточных систем им.В.П.Грязева

Кафедра электротехники и электрооборудования

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
практическим занятиям по дисциплине
Нелинейные цепи

Расчет нелинейных электрических и магнитных цепей

Направление подготовки: 140400 «Электроэнергетика и электротехника»

Профили подготовки:

«Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений»

Квалификация (степень) выпускника – бакалавр

Форма обучения – очная, заочная

Тула 2011г.

Рассмотрено на заседании кафедры электротехники и электрооборудования
факультета систем автоматического управления

протокол №__6__ от «__31__»__января__2011г.

Зав. кафедрой _____ *Б.В.Сухинин*

Нелинейные электрические цепи

На рис. 2 приведена электрическая схема нелинейной электрической цепи, а в табл.4-9 – данные по элементам цепи и питающему напряжению U_0 в соответствии с номером личного варианта студента. Групповые варианты в этой части РГР № 1 не выделяются.

ЗАДАНИЕ

1. Изобразить электрическую схему нелинейной цепи, используя графическое обозначение конкретного нелинейного элемента (стабилитрона, диода, и т.п.) в соответствии с вариантом задания.

2. Построить в масштабе ампер – вольтные характеристики $I(U)$ нелинейного элемента и резистора.

3. Определить ток I_0 в цепи и напряжения U_1 и U_2 на элементах цепи:

а) методом построения результирующей характеристики цепи;

б) методом построения опрокинутой характеристики.

4. Рассчитать заданную электрическую цепь методом линеаризации ампер – вольтной характеристики нелинейного элемента:

а) найти параметры линеаризации на рабочем участке характеристики (в окрестности рабочей точки, указанной в табл. 4);

б) составить схему замещения линеаризованной электрической цепи, используя найденные параметры E , R_d линеаризации нелинейного элемента;

в) воспользовавшись схемой замещения, записать выражения для тока в цепи I_0 и напряжений U_1 и U_2 на элементах цепи;

г) найти конкретные значения величин I_0 , U_1 и U_2 .

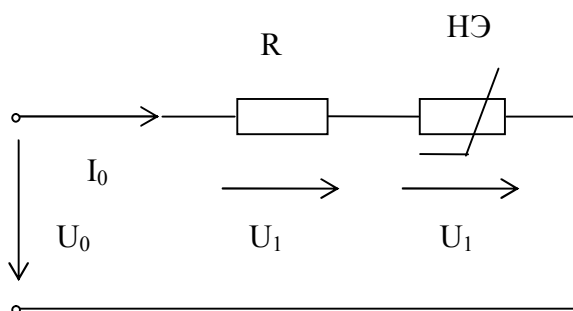


Рис. 2

Таблица 4

Параметры нелинейной цепи

Номера личных вариантов	Название нелинейного элемента НЭ	Номер характеристики НЭ	Напряжение $U_0, В$	Сопротивление $R, Ом$	Координаты точки на линеаризуемом участке НЭ
1	2	3	4	5	6
1	Стабилитрон	1	10	500	$I=10 \text{ мА}$
2	Тиристор	1	25	50	$I=0,5 \text{ А}$
3	Транзистор	1	20	1000	$U=10 \text{ В}$

4	Диод	1	5	15	$I=0,3\text{ A}$
5	Туннельный диод	1	5	360	$U=1,5\text{ B}$
6	Стабилитрон	2	15	400	$I=20\text{ mA}$
7	Тиристор	2	40	40	$I=1\text{ A}$
8	Транзистор	2	30	1500	$U=9\text{ B}$
9	Диод	2	10	25	$I=0,4\text{ A}$
10	Туннельный диод	2	7	450	$U=0,15\text{ B}$
11	Стабилитрон	3	15	200	$I=25\text{ mA}$
12	Тиристор	3	50	30	$I=1,5\text{ A}$
1	2	3	4	5	6
13	Транзистор	3	25	500	$U=15\text{ B}$
14	Диод	3	5	5	$I=0,8\text{ A}$
15	Туннельный диод	3	10	500	$U=1,3\text{ B}$
16	Стабилитрон	4	25	1000	$I=10\text{ mA}$
17	Тиристор	4	20	40	$I=0,5\text{ B}$
1	2	3	4	5	6
18	Транзистор	4	15	250	$U=7,5\text{ B}$
19	Диод	4	7	3	$I=2\text{ A}$
20	Туннельный диод	4	5	100	$U=1,4\text{ B}$
1	2	3	4	5	6
21	Стабилитрон	5	30	500	$I=20\text{ mA}$
22	Тиристор	5	50	50	$I=1\text{ A}$
23	Транзистор	5	40	750	$U=10\text{ B}$
24	Диод	5	10	2	$I=4,5\text{ A}$
25	Туннельный диод	5	3	40	$U=0,15\text{ B}$
26	Стабилитрон	6	40	1000	$I=15\text{ mA}$
27	Транзистор	6	15	150	$U=7,5\text{ B}$

Таблица 5

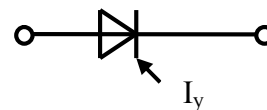
Характеристики стабилитронов



$I, \text{ mA}$	0	1	5	10	20	30	Номер характеристики
$U, \text{ B}$	0	4	4,7	4,8	4,9	5,0	1
	0	5	7	7,2	7,4	7,6	2
	0	8	10	10,2	10,4	10,6	3
	0	10	15	15,2	15,4	15,6	4
	0	15	20	20,2	20,4	20,6	5
	0	20	25,5	25,7	25,9	26,1	6

Таблица 6

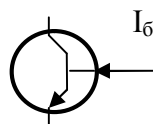
Характеристики тиристора (при разных токах I_y)



I, A	0	0,01	0,03	0,05	0,07	0,1	0,25	0,4	1,0	2,0	Номер характеристики
U, B	0	5	10	15	10	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	1
	0	7	14	20	14	1,0	1,1	1,2	1,6	2,2	2
	0	10	20	30	20	1,0	1,05	1,1	1,4	1,8	3
	0	3	7	10	7	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	4
	0	8	16	25	16	1,0	1,1	1,2	1,6	2,2	5

Таблица 7

Характеристики транзистора в схеме с общим эмиттером (в разных точках I_6)



(при разных токах I_6)

U, B	0	1	3	5	10	20	Номер характеристики
I_K, mA	0	6	9	9,2	9,4	10	1
	0	9	13,5	14	14,5	15	2
	0	12	18	18,5	19	20	3
	0	18	27	28	29	30	4
	0	24	36	37	38	40	5
	0	30	45	46	47	50	6

Таблица 8

Характеристики диодов



U, B	0	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Номер характеристики
I, A	0	0,06	0,1	0,18	0,3	0,4	0,5	1
	0	0,12	0,2	0,36	0,6	0,8	1,0	2
	0	0,25	0,4	0,72	1,2	1,6	2,0	3
	0	0,6	1,0	1,8	3,0	4,0	5,0	4
	0	1,2	2,0	3,6	6,0	8,0	10,0	5

Таблица 9

Характеристики туннельных диодов

U, В	0	0,1	0,2	0,5	1,0	1,2	1,5	Номер характеристики
I, мА	0	6	10	6	2	4	10	1
	0	12	20	12	4	8	20	2
	0	30	50	30	10	20	50	3
	0	45	75	45	15	30	75	4
	0	60	100	60	20	40	100	5

Магнитные цепи

На рис. Изображена магнитная цепь электромагнита, широко применяемого в различных электромеханических устройствах, например, реле, магнитных пускателях, контакторах. В табл. 10 в соответствии с номером личного варианта приведены размеры магнитопровода. Наименования ферромагнитных материалов, использованных для изготовления магнитопровода, значения тягового усилия F_T , которое должен обеспечить электромагнит, указаны в табл. 11 в соответствии с номером группового варианта. Кривые намагничивания ферромагнитных материалов приведены в табл. 12. Для всех вариантов обмотка электромагнита имеет число витков $W=1000$.

ЗАДАНИЕ

1. Изобразить в масштабе заданную магнитную цепь электромагнита, указать её размеры, ферромагнитные материалы.
2. Для данного электромагнита определить величину электрического тока I , обеспечивающую заданное значение тягового усилия F_T .
3. Определить магнитное сопротивление R_m магнитопровода при вычисленном выше значении электрического тока.
4. Определить индуктивность L катушки электромагнита для рассчитанного выше режима его работы.

УКАЗАНИЯ

1. Тяговое усилие $F_T(H)$, приходящее на один воздушный зазор электромагнита, рассчитывать по приближенной формуле

$$F_T = [(B_0)^2 / (2\mu_0)] * S_0,$$

Где B_0 – индукция в воздушном зазоре, Тл; S_0 – площадь воздушного зазора, м²; $\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ Гн/м – магнитная проницаемость воздуха.

2. Значения магнитного сопротивления $R_m(1/(Ом*с))$ и индуктивности катушки $L(Гн)$ можно определить, пользуясь следующими соотношениями:

$$R_m = (W * I) / \Phi;$$

$$L = (W * \Phi) / I = W^2 / R_m$$

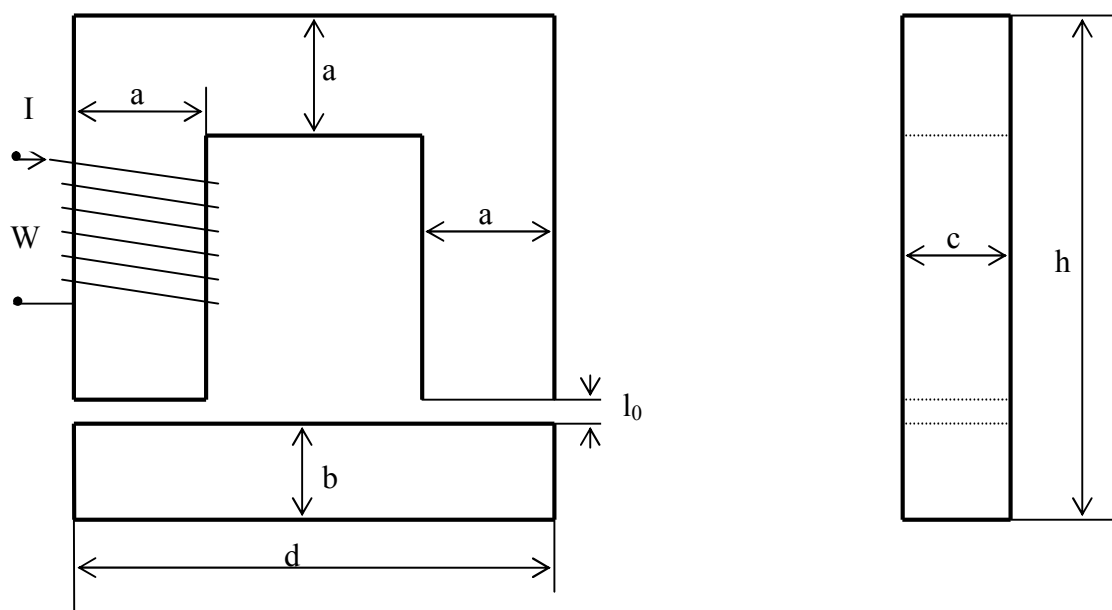


Рис. 3.

Таблица 10

Геометрические размеры магнитной цепи

Номер личного варианта	Размеры магнитопровода, мм					
	a	b	c	d	h	l ₀
1	2	3	4	5	6	7
1	16	18	15	80	80	1,8
2	18	21	20	70	90	1,8
3	20	18	18	80	90	1,7
4	18	21	20	80	90	1,65
5	17	20	30	80	90	1,65
6	16	16	15	70	100	1,65
7	19	24	20	70	110	1,60
8	20	20	20	80	80	1,80
9	18	20	15	70	80	1,90
10	24	20	20	90	100	1,50
11	21	25	21	100	90	1,45
12	15	16	15	60	70	1,90
13	16	15	15	60	90	1,75
14	17	20	18	60	80	1,90
15	21	18	20	90	100	1,40
16	24	24	19	100	100	1,20
17	18	20	20	80	110	1,00
18	21	25	25	80	120	0,90
19	24	24	24	100	130	0,80
20	21	24	20	100	130	0,70
21	10	12	12	50	70	1,95
22	14	17	15	50	70	2,00

23	13	16	15	50	70	1,95
24	15	18	15	60	60	2,00
25	15	15	15	60	50	2,10
26	14	15	14	70	60	2,00
27	15	14	15	80	70	1,9
28	16	15	16	70	80	1,8
29	16	16	16	80	80	1,7
30	17	16	15	90	90	1,6

Таблица 11

Материалы магнитной цепи

Номер группового варианта	Материал		
	Верхней части магнитопровода	Нижней части магнитопровода	F _т , Н
1	Чугун	Литая сталь	30
2	Чугун	Сталь Э42	50
3	Литая сталь	Сталь Э42	100
4	Литая сталь	Сталь Э310	125
5	Литая сталь	Пермендюр	150
6	Сталь Э42	Сталь Э310	175
7	Сталь Э42	Пермаллой	200
8	Сталь Э310	Пермаллой	225
9	Сталь Э310	Пермаллой	250
10	Пермаллой	Пермаллой	275

Таблица 12

Кривые намагничивания материалов

Напряжённость магн. поля, а/м	Магнитная индукция, Тл					
	Чугун	Литая сталь	Эл. техн. сталь Э310	Эл. техн. сталь Э42	Пермаллой	Пермендюр
50	0,03	0,12	0,50	0,28	0,95	0,5
100	0,06	0,22	1,00	0,43	1,00	1,00
150	0,08	0,33	1,22	0,61	1,16	1,42
200	0,11	0,43	1,25	0,70	1,21	1,6
300	0,16	0,60	1,33	0,85	1,27	1,84
400	0,20	0,72	1,37	0,96	1,31	1,95
600	0,27	0,90	1,44	1,12	1,37	2,08
1000	0,38	0,10	1,52	1,25	1,46	2,20
2000	0,55	1,33	1,60	1,38	1,55	2,31
3000	0,65	1,45	1,66	1,44	1,60	2,33
4000	0,70	14,53	1,71	1,69	1,65	2,36
5000	0,73	1,60	1,77	1,55	1,70	2,43
6000	0,75	1,61	1,82	1,60	1,75	2,46

Основная литература

1. [Бессонов, Л.А.](#) Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник для вузов / Л.А.Бессонов .— 9-е изд., перераб. и доп. — М.: Гардарики, 2001 .— 317с. : ил. — ISBN 5-8297-0070-0 /в пер./ : 44.85.
2. [Атабеков, Г.И.](#) Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи : учеб. пособие / Г. И. Атабеков .— 6-е изд., стер. — СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2008 .— 592 с. : ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).— Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-8114-0800-9 (в пер.) : 449.90.
3. [Башарин, С.А.](#) Теоретические основы электротехники. Теория электрических цепей и электромагнитного поля: учебное пособие для вузов / С.А.Башарин, В.В.Федоров .— М. : Академия, 2004 .— 304с. : ил. — (Высшее профессиональное образование).— Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-7695-1261-X (в пер.) : 156.00.
4. [Прянишников, В.А.](#) Теоретические основы электротехники: курс лекций: учеб. пособие для высш. и сред. учеб. заведений / В.А.Прянишников .— 3-е изд., перераб. и доп. — СПб. : КОРОНА принт, 2000 .— 368с. : ил. — (Учебник для высших и сред. учеб. заведений) .— Библиогр. в конце кн. — ISBN 5-7931-0104-7 : 125.00.

Дополнительная литература

1. Илюшин В.С. Методические указания к практическим занятиям по курсу ТОЭ.-ТулГУ, Тула, 1999.-26с.
2. Лабораторные работы №1-8. Часть 1. Линейные электрические цепи постоянного и синусоидального тока. -Методические указания.-Под ред. В.С. Илюшина. ТулГУ, Тула, 2001.-35 с.
3. Лабораторные работы №9-16. Часть 2. Четырехполюсники. Линейные цепи несинусоидального тока. Переходные процессы в линейных цепях. Нелинейные электрические цепи. -Методические указания. -Под ред. В.И. Ловчакова. ТулГУ, Тула, 2001.-37 с.
4. В.С. Илюшин, Б.В. Сухинин, А.В. Чумаков Практикум по методам анализа электрических цепей. ТулГУ, Тула, 2002.-156 с.
5. М.Р. Шебес, М.В. Каблукова Сборник задач по теории линейных электрических цепей. М., Высшая школа, 1990. - 544 с.

Периодические издания

1. Электротехника. – 2006-2011г.г.