



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Учебное пособие

Методические указания
по выполнению домашних заданий по единому
комплексному заданию по блоку дисциплины

«Основы электротехники»

МГТУ имени Н.Э. Баумана

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Методические указания
по выполнению домашних заданий по единому
комплексному заданию по блоку дисциплины

«Основы электротехники»

Москва
МГТУ имени Н.Э. Баумана

2012

УДК 681.3.06(075.8)
ББК 32.973-018
И201

Методические указания по выполнению домашних заданий по единому комплексному заданию по блоку дисциплины «Основы электротехники»
М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 12 с.: ил.

В методических указаниях рассмотрены основные этапы, их последовательность и содержание по выполнению домашних заданий по единому комплексному заданию по блоку дисциплины «Основы электротехники».

Ил. 39. Табл. 5. Библиогр. 7 назв.

УДК 681.3.06(075.8)

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012

АННОТАЦИЯ

В работе проводится изучение построение вольт амперных характеристик, которое изложено во второй части, первая часть домашнего задания является подготовительным этапом и включает в себя расчет переходного процесса аналогового фильтра. Для проведения расчетов и построения графиков необходимо преобразовать входные данные и привести их к комплексному виду, затем построить графики комплексных формул и получить график переходного процесса на фильтре. Вторая часть задания является более сложной, в ней необходимо рассчитать ферромагнитный сердечник и определить магнитные потоки по каждому направлению рамки, базовые принципы расчета и построения графиков взяты из первой части.

ANNOTATION

In this paper we study the construction of volt-ampere characteristics, which is contained in the second part, the first part of the homework is a preparatory stage and involves the calculation of the transition process the analog filter. For the calculation and plotting to convert the input data and bring them to the complex form, and then build complex formulas and charts to obtain the transition graph of the filter. The second part of the job is more complex, it is necessary to calculate the ferromagnetic core and to determine the magnetic fluxes in each direction of the framework, the basic principles for design and construction schedules are from the first part.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ИЗУЧЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКОВ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АНАЛОГОВЫХ СХЕМ.....	6
1.1 Домашнее задание 1.....	7
1.2 Домашнее задание 2.....	9
ВЫВОДЫ.....	11
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	12

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы – изучение принципов построения переходных процессов для аналоговых цепей и изучение принципов построения вольт амперных характеристик на примере вольт амперной характеристики ферромагнитного сердечника.

В первой части задания необходимо построить график переходного процесса аналоговой схемы на примере аналогового фильтра, для этого необходимо перевести входные данные в комплексный вид и построить график в соответствии с полученной комплексной формой.

Во второй части задания необходимо построить вольт амперную характеристику ферромагнитного сердечника. Для этого необходимо представить сердечник в виде обычной принципиальной электрической цепи и дополнить схему элементами электродвижущей силы, на основе преобразованной схемы получить законы зависимости тока от напряжения каждого направления схемы, скомбинировать полученные графики и получить итоговый график вольт амперной характеристики всех схемы.

1 ИЗУЧЕНИЯ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКОВ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АНАЛОГОВЫХ СХЕМ

1.1 Домашнее задание 1

Задачи №2

Определить реакцию цепи $U_2(t)$ на заданное входное воздействие $U_1(t)$.
Построить временную зависимость $U_2(t)$. Разложить з.к.к. $U_2(0)$, $U_2(t_1)$, $U_2(t_1+)$, $U_2(\infty)$.

$U_1 = 10\text{В}$
 t_1 равно постоянной времени цепи.
 $r_1 = 15.0\text{Ом}$ $c_1 = 2\text{мкФ}$, $c_2 = 5\text{мкФ}$.

Решение:
Перейдем к операторной схеме замещения:

П.к. $U_2(0+) = 0$, в схеме замещения отсутствуют ЭДЭ на начальных условиях.

$$\left. \begin{aligned} I(p) \cdot (r_1 + \frac{1}{p c_1} + \frac{1}{p c_2}) - U_1(p) &= 0 \\ I(p) \cdot \frac{1}{p c_2} &= U_2(p) \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_2(p) = \frac{\frac{1}{p c_2}}{r_1 + \frac{1}{p c_1} + \frac{1}{p c_2}} \cdot U_1(p)$$

Найдем изображение входного сигнала:

$$U_1(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \text{ или } t > t_1 \\ \frac{U}{t_1} \cdot t, & 0 \leq t \leq t_1 \end{cases} \Rightarrow U_1(t) = \frac{U}{t_1} t \cdot \Pi(t) - \frac{U}{t_1} t \cdot \Pi(t - t_1) =$$

$$= \frac{U}{t_1} t \cdot \Pi(t) - \frac{U}{t_1} (t - t_1) \cdot \Pi(t - t_1) + \frac{U}{t_1} t_1 \cdot \Pi(t - t_1) \doteq$$

$$\doteq \frac{U}{t_1} \cdot \frac{1}{p^2} - \frac{U}{t_1} \cdot \frac{1}{p^2} e^{-t_1 p} - U \frac{1}{p} e^{-t_1 p}$$

Найдем $U_2(p)$:

$$\frac{\frac{1}{p c_2}}{r_1 + \frac{1}{p c_1} + \frac{1}{p c_2}} = \frac{10 \cdot p \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-6} \cdot p(70p \cdot 10^{-6} + 5 + 2)} = \frac{2 \cdot 10^6}{70p + 7 \cdot 10^5} = \frac{2}{70} \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{p + 10^5}$$

Тогда обратим,

$$U_2(p) = \frac{2}{7} \cdot \frac{10^6}{t_1} \cdot \frac{1}{p^2} \cdot \frac{1}{p + 10^5} - \frac{2}{7} \cdot \frac{10^6}{t_1} \cdot \frac{1}{p^2} \cdot \frac{1}{p + 10^5} e^{-t_1 p} - \frac{2}{7} \cdot 10^6 \cdot \frac{1}{p} \cdot \frac{1}{p + 10^5} e^{-t_1 p}$$

находящийся оригинал $U_2(t)$ будем использовать теорему интегрирования оригинала.

$$\frac{1}{p+10^5} \doteq e^{-10^5 t}$$

$$\frac{1}{p} \cdot \frac{1}{p+10^5} \doteq \int_0^t e^{-10^5 \tau} d\tau = -\frac{1}{10^5} e^{-10^5 \tau} \Big|_0^t = -10^{-5} (e^{-10^5 t} - 1) \cdot \Pi(t)$$

$$\frac{1}{p^2} \cdot \frac{1}{p+10^5} \doteq \int_0^t (-10^{-5}) (e^{-10^5 \tau} - 1) d\tau = -10^{-5} \left(-10^{-5} e^{-10^5 \tau} \Big|_0^t - \tau \Big|_0^t \right) = \left(10^{-10} (e^{-10^5 t} - 1) + 10^{-5} t \right) \Pi(t)$$

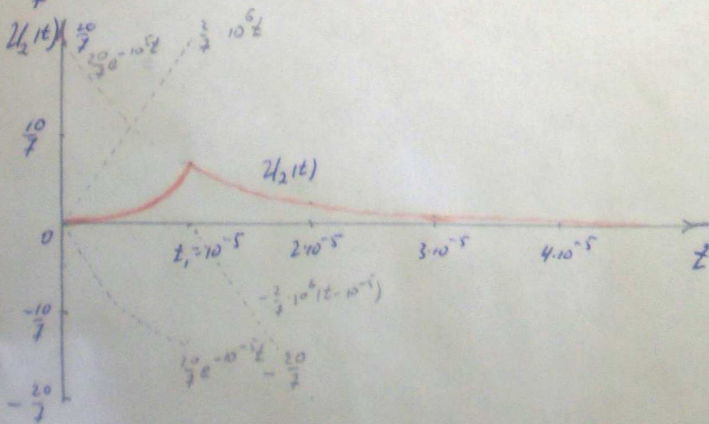
Используя теорему запаздывания, получим:

$$\frac{1}{p} \cdot \frac{1}{p+10^5} e^{-t_1 p} \doteq -10^{-5} (e^{-10^5 (t-t_1)} - 1) \cdot \Pi(t-t_1)$$

$$\frac{1}{p^2} \cdot \frac{1}{p+10^5} e^{-t_1 p} \doteq \left(10^{-10} (e^{-10^5 (t-t_1)} - 1) + 10^{-5} (t-t_1) \right) \cdot \Pi(t-t_1)$$

Постоянное время задержки $\frac{1}{10^5} = 10^{-5} = t_1$.

$$\begin{aligned} \text{Итак, } U_2(t) &= \frac{2}{7} \cdot 10^4 \left(10^{-10} (e^{-10^5 t} - 1) + 10^{-5} t \right) \cdot \Pi(t) - \frac{2}{7} \cdot 10^{11} \left(10^{-10} (e^{-10^5 (t-10^{-5})} - 1) + 10^{-5} (t-10^{-5}) \right) \cdot \Pi(t-10^{-5}) \\ &- \frac{2}{7} \cdot 10^6 \left(-10^{-5} (e^{-10^5 (t-10^{-5})} - 1) \right) \cdot \Pi(t-10^{-5}) = \frac{20}{7} e^{-10^5 t} \cdot \Pi(t) - \frac{20}{7} \cdot \Pi(t) + \\ &+ \frac{2}{7} \cdot 10^6 t \cdot \Pi(t) - \frac{20}{7} e^{-10^5 (t-10^{-5})} \cdot \Pi(t-10^{-5}) + \frac{20}{7} \cdot \Pi(t-10^{-5}) - \frac{2}{7} \cdot 10^6 (t-10^{-5}) \Pi(t-10^{-5}) + \\ &+ \frac{20}{7} e^{-10^5 t} \cdot \Pi(t) - \frac{20}{7} \cdot \Pi(t) + \frac{2}{7} \\ &+ \frac{20}{7} e^{-10^5 (t-10^{-5})} \cdot \Pi(t-10^{-5}) - \frac{20}{7} \cdot \Pi(t-10^{-5}) = \frac{20}{7} e^{-10^5 t} \cdot \Pi(t) - \frac{20}{7} \cdot \Pi(t) + \frac{2}{7} \cdot 10^6 t \cdot \Pi(t) - \\ &- \frac{2}{7} \cdot 10^6 (t-10^{-5}) \cdot \Pi(t-10^{-5}) \end{aligned}$$



$$U_2(0) = U_2(0+) = 0 \text{ (B)}$$

$$U_2(t_1-) = 105 \text{ (B)} = \frac{20}{70} \text{ (B)}$$

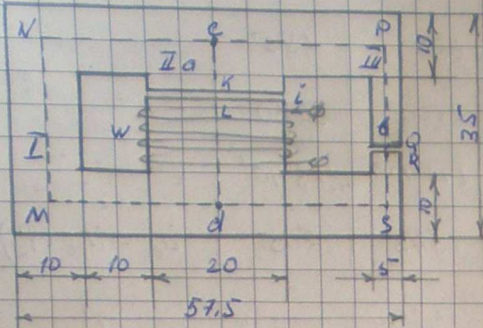
$$U_2(t_1+) = U_2(t_1-) = \frac{20}{70} \text{ (B)} = 105 \text{ (B)}$$

$$U_2(\infty) = 0$$

Ответ:

$$\begin{aligned} U_2(t) &= \left(\frac{20}{7} e^{-10^5 t} - \frac{20}{7} + \frac{2}{7} \cdot 10^6 t \right) \Pi(t) - \\ &- \frac{2}{7} \cdot 10^6 (t-10^{-5}) \cdot \Pi(t-10^{-5}) \end{aligned}$$

1.2 Домашнее задание 2

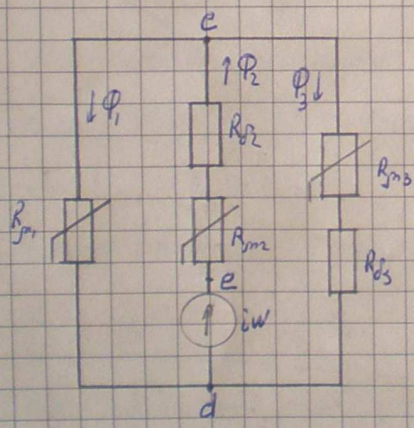


$r = 10 \text{ мм} = 10^{-2} \text{ м}$
 $\rho_2 = \rho_3 = 91 \text{ мм} = 10^{-4} \text{ м}$
 сталь 2-11
 $iW = 200 \text{ (А)}$

- 1) Определить магнитную индукцию B в воздушном зазоре a при заданных ампер-витках
- 2) Определить индуктивность катушки
- 3) Увеличить полезное значение индукции на 10% и определить число витков, необходимое для получения нового значения индукции при том же в катушке 1 А.

Решение:

Схема замещения магнитной цепи:



$$\begin{aligned}
 \ell_1 &= dM + MN + NC = 25 + 25 + 25 = 75 \text{ (мм)} = 75 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} \\
 \ell_2 &= CK + Ld = 24,9 \approx 25 \text{ (мм)} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ (м)} \\
 \ell_3 &= CP + PQ + RS + Sd = 25 + 24,9 + 25 = 74,9 \approx 75 \text{ (мм)} = 75 \cdot 10^{-3} \text{ (м)}
 \end{aligned}$$

Величину зазор d можно пренебречь.

Определим Вейбер - Амперские характеристики ветвей:

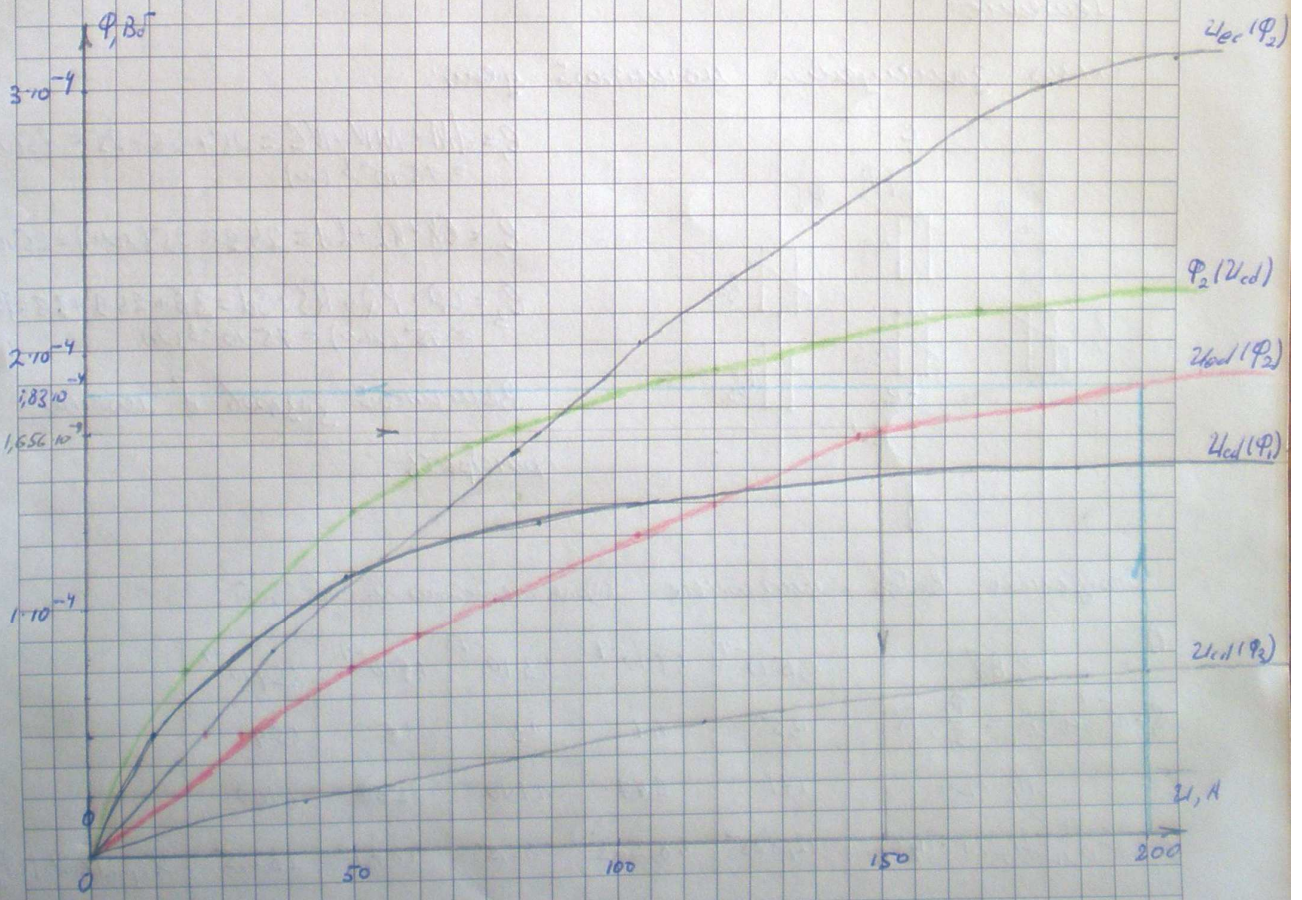
1)	$\Phi_1, \text{ Вб}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,54 \cdot 10^{-4}$
$S = 10^{-4} \text{ м}^2$	$B_1 = \frac{\Phi_1}{S}, \text{ Тл}$	0,5	1,1	1,3	1,5	1,54
	$H_1, \text{ А/м}$	171	647	1140	2500	3100
$\ell_1 = 75 \cdot 10^{-3} \text{ м}$	$\mathcal{U}_{1, \text{mod}} = H_1 \ell_1, \text{ В}$	12,825	48,525	85,5	187,5	232,5
	$\mathcal{U}_{1, \text{mod}} = \mathcal{U}_{\text{ед}}(\Phi_1)$					

2)

$\Phi_2, B\sigma$	$0,8 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3,1 \cdot 10^{-4}$	
$S_2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$B_2 = B_{\delta 2} = \frac{\Phi_2}{S_2}, \text{ T/m}$	0,4	1	1,5	
	$H_2, \text{ A/m}$	140	502	2500	
$\rho_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ T/m/A}$	$H_{\delta 2} = \frac{B_{\delta 2}}{\rho_0}, \text{ A/m}$	$0,318 \cdot 10^6$	$0,796 \cdot 10^6$	$1,19 \cdot 10^6$	
$l_2 = 25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	$U_{ec} = H_2 l_2 + H_{\delta 2} \cdot \rho_0 l_2$	35,3	92,15	181,5	$U_{ec} = U_{ec}(\Phi_2)$

3)

$\Phi_3, B\sigma$	$0,2 \cdot 10^{-4}$	$0,5 \cdot 10^{-4}$	$0,65 \cdot 10^{-4}$	$0,665 \cdot 10^{-4}$	
$S_3 = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	$B_3 = B_{\delta 3} = \frac{\Phi_3}{S_3}, \text{ T/m}$	0,4	1	1,3	
	$H_3, \text{ A/m}$	140	502	1140	
$\rho_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ T/m/A}$	$H_{\delta 3} = \frac{B_{\delta 3}}{\rho_0}, \text{ A/m}$	$0,318 \cdot 10^6$	$0,796 \cdot 10^6$	$1,034 \cdot 10^6$	
$l_3 = 75 \cdot 10^{-3} \text{ m}$	$U_{3,med} = H_3 l_3 + H_{\delta 3} \cdot \rho_0 l_3$	42,3	117,25	188,9	$U_{3,med} = U_{ad}(\Phi_3)$



$$\Phi_2 = \Phi_1 + \Phi_3;$$

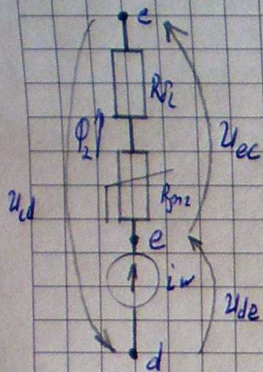
$$\Phi_2(U_{cc}) = \Phi_1(U_{cd}) + \Phi_3(U_{ec})$$

Для второго контура: $U_{cd} + U_{de} + U_{ec} = 0$

$$-U_{de} = U_{ed} = iW = U_{cd} + U_{ec}$$

$$U_{ed}(\Phi_2) = U_{cd}(\Phi_2) + U_{ec}(\Phi_2)$$

Из соотношения $U_{ed}(\Phi_2) = iW = 200$, по графику определяем $\Phi_2 \approx 1,83 \cdot 10^{-4}$ (Вб)



① Индукция в зазоре а $B_{\delta 2} = B_2 = \frac{\Phi_2}{S_2} = \frac{1,83 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-4}} = 0,92$ (Тл)

По условию, $iW = 200$ А, $i = 1$ А $\Rightarrow W = 200$

② Индуктивность катушки $L = \frac{\Psi}{i} = \frac{W\Phi_2}{i} = \frac{200 \cdot 1,83 \cdot 10^{-4}}{1} = 0,0366$ (мГн)

③ При увеличении магнитной индукции, $B'_{\delta 2} = 0,9 B_{\delta 2} = 0,828$ (Тл),

поток $\Phi'_2 = B'_2 S_2 = 1,656 \cdot 10^{-4}$ (Вб)

$$(B'_2 = B'_{\delta 2})$$

~~Число витков~~ $W' = \frac{iL}{\Phi'_2} = \frac{iL}{B'_2 S_2} = \frac{iL}{1,1 B_2 S_2} = \frac{iL}{1,1 \Phi_2} = \frac{1}{1,1} \frac{iW\Phi_2}{\Phi_2} =$

~~$\frac{W}{1,1} = 18$~~

По графику определяем необходимое число витков: $iW' = 150$ (А). Так как $i = 1$ А, то $W' = 150$ (витков)

Ответ: 1) $B_{\delta 2} = 0,92$ Тл

2) $L = 0,0366$ Гн

3) $W' = 150$

ВЫВОДЫ

В первой части задания был построен график переходного процесса аналоговой схемы на примере аналогового фильтра, для этого были переведены входные данные в комплексный вид и построен график в соответствии с полученной комплексной формой.

Во второй части задания была построена вольт амперная характеристика ферромагнитного сердечника. Для этого сердечник был представлен в виде обычной принципиальной электрической цепи и схема была дополнена элементами электродвижущей силы, на основе преобразованной схемы получили законы зависимости тока от напряжения каждого направления схемы, скомбинировали полученные графики и получили итоговый график вольт амперной характеристики всех схемы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи: Учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов.–7-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. школа, 2008. – 528 с.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электромагнитное поле: Учебник для студентов вузов.–7-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. школа, 2008. – 231 с.
3. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. В 2-х т.: Учебник для вузов. Том 1. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат, 2007. – 536 с.