



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления»

КАФЕДРА «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

Лабораторная работа № 2

Тема Программно-алгоритмическая реализация метода Рунге-Кутты
4-го порядка точности при решении системы ОДУ в задаче Коши.

Студент Брянская Е.В.

Группа ИУ7-62Б

Оценка (баллы) _____

Преподаватель Градов В.М.

Москва.
2021 г.

Задание

Тема. Программно-алгоритмическая реализация метода Рунге-Кутты 4-го порядка точности при решении системы ОДУ в задаче Коши.

Цель работы. Получение навыков разработки алгоритмов решения задачи Коши при реализации моделей, построенных на системе ОДУ, с использованием метода Рунге-Кутты 4-го порядка точности.

Исходные данные.

Задана система электротехнических уравнений, описывающих разрядный контур, включающий постоянное активное сопротивление R_k , нелинейное сопротивление $R_p(I)$, зависящее от тока I , индуктивность L_k и емкость C_k .

$$\begin{cases} \frac{dI}{dT} = \frac{U - (R_k + R_p(I))I}{L_k}, \\ \frac{dU}{dt} = -\frac{I}{C_k} \end{cases} \quad (1)$$

Начальные условия:

$$t = 0, I = I_0, U = U_0$$

Здесь I , U - ток и напряжение на конденсаторе.

Сопротивление R_p рассчитать по формуле:

$$R_p = \frac{l_p}{2\pi R^2 \int_0^1 \sigma(T(z))z dz} \quad (2)$$

Для функции $T(z)$ применить выражение $T(z) = T_0 + (T_w - T_0)z^m$.

Параметры T_0 , m находятся интерполяцией из таблицы 1 при известном токе I .

Коэффициент электропроводности $\sigma(T)$ зависит от T и рассчитывается интерполяцией из таблицы 2.

Таблица 1

I, A	T_0, K	m
0.5	6730	0.50
1	6790	0.55
5	7150	1.7
10	7270	3
50	8010	11
200	9185	32
400	10010	40
800	11140	41
1200	12010	39

Таблица 2

T, K	$\sigma, 1/$
4000	0.031
5000	0.27
6000	2.05
7000	6.06
8000	12.0
9000	19.9
10000	29.6
11000	41.1
12000	54.1
13000	67.7
14000	81.5

Параметры разрядного контура:

$$R = 0.35 \text{ см}$$

$$l = 12 \text{ см}$$

$$L_k = 187 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$$

$$C_k = 268 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$$

$$R_k = 0.25 \text{ Ом}$$

$$U_{co} = 1400 \text{ В}$$

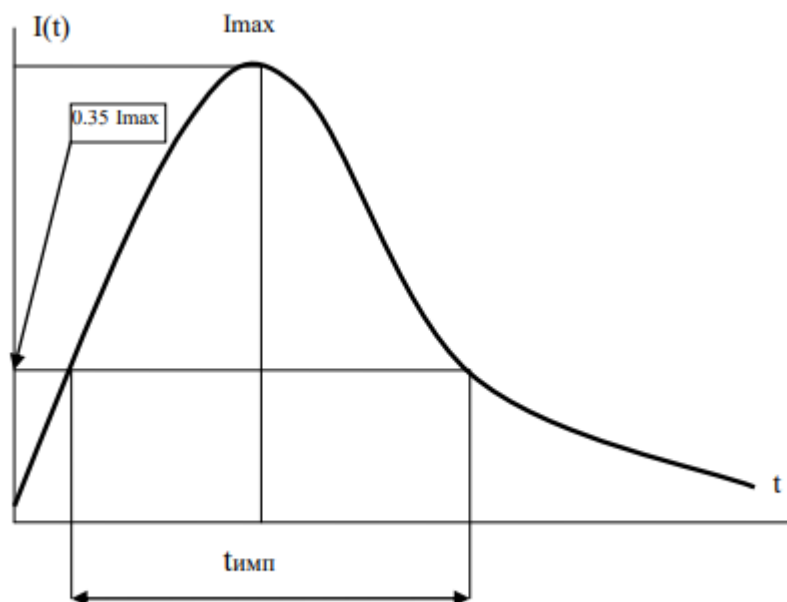
$$I_o = 0.3 \text{ А}$$

$$T_w = 2000 \text{ К}$$

Для справки: при указанных параметрах длительность импульса около 600 мкс, максимальный ток – около 800 А.

Результат работы программы.

1. Графики зависимости от времени импульса t : $I(t)$, $U(t)$, $R_p(t)$, произведения $I(t) \cdot R_p(t)$, $T_0(t)$ при заданных выше параметрах. Указать шаг сетки.
2. График зависимости $I(t)$ при $R_k + R_p = 0$. Обратить внимание на то, что в этом случае колебания тока будут незатухающими.
3. График зависимости $I(t)$ при $R_k + R_p = const = 200$ Ом в интервале значений t 0-20 мкс.
4. Результаты исследования влияния параметров контура C_k , L_k , R_k на длительность импульса $t_{имп}$ апериодической формы. Длительность импульса определяется по кривой зависимости тока от времени на высоте $0.35 I_{max}$, I_{max} - значение тока в максимуме (см. рисунок).



Вопросы при защите лабораторной работы

1. Какие способы тестирования программы, кроме указанного в п.2, можете предложить ещё?
2. Получите систему разностных уравнений для решения сформулированной задачи неявным методом трапеций. Опишите алгоритм реализации полученных уравнений.
3. Из каких соображений проводится выбор численного метода того или иного порядка точности, учитывая, что чем выше порядок точности метода, тем он более сложен и требует, как правило, больших ресурсов вычислительной системы?
4. Можно ли метод Рунге - Кутты применить для решения задачи, в которой часть условий задана на одной границе, а часть на другой? Например, напряжение по-прежнему задано при $t = 0$, т.е. $t = 0, U = U_0$ а ток задан в другой момент времени, к примеру, в конце импульса, т.е. при $t = T, I = I_T$. Какой можете предложить алгоритм вычислений?