|  |  |
| --- | --- |
| Gerb-BMSTU_01 | **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-Кутта 4-го порядка точности при решении системы ОДУ в задаче Коши.  **Студент** Жигалкин Д.Р.  **Группа** ИУ7-65Б  **Оценка (баллы) \_\_\_\_**  **Преподаватель** Градов В.М. |  |

Москва.

2021 г.

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

**Исходные данные.** Задана система электротехнических уравнений, описывающих разрядный контур, включающий постоянное активное сопротивление , нелинейное сопротивление , зависящее от тока , индуктивность и емкость .

Начальные условия: .

Здесь - ток и напряжение на конденсаторе. Сопротивление рассчитать по формуле.

.

Для функции применить выражение .

Параметры находятся интерполяцией из табл.1 при известном токе . Коэффициент электропроводности зависит от и рассчитывается интерполяцией из табл.2.

Таблица 1. Таблица 2.

|  |  |
| --- | --- |
| T, K | , 1/Ом см |
| 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 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| I, A | To, 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 |

Параметры разрядного контура:

R=0.35 см

lэ=12 см

Lk=187 10-6 Гн

Ck=268 10-6 Ф

Rk=0.25 Ом

Uco=1400 В

Io=0..3 A

Tw*=*2000 K

**Теоретические сведения:**

Метод Рунге-Кутты 4-го порядка точности.

Дана система уравнений вида

Тогда

, где

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

**Реализация.**

Метод Рунге-Кутты 4-го порядка точности:

**def** runge\_kutta\_fourth\_order(xn, yn, zn, hn, Rp):

k1 = hn \* f(xn, yn, zn, Rp)

q1 = hn \* phi(xn, yn, zn)

k2 = hn \* f(xn + hn / 2, yn + k1 / 2, zn + q1 / 2, Rp)

q2 = hn \* phi(xn + hn / 2, yn + k1 / 2, zn + q1 / 2)

k3 = hn \* f(xn + hn / 2, yn + k2 / 2, zn + q2 / 2, Rp)

q3 = hn \* phi(xn + hn / 2, yn + k2 / 2, zn + q2 / 2)

k4 = hn \* f(xn + hn, yn + k3, zn + q3, Rp)

q4 = hn \* phi(xn + hn, yn + k3, zn + q3)

y\_next = yn + (k1 + 2 \* k2 + 2 \* k3 + k4) / 6

z\_next = zn + (q1 + 2 \* q2 + 2 \* q3 + q4) / 6

**return** y\_next, z\_next

**def** f(x, y, z, Rp):

**return** -((Rp + Rk) \* y - z) / Lk

**def** phi(x, y, z):

**return** -y / Ck

Функция

**def** T(z):

**return** T0 + (Tw - T0) \* z \*\* m

Вычисление Rp

**def** Rp(I):

**global** m

**global** T0

I\_from\_table = []

**for** i **in** **range**(**len**(table1)):

I\_from\_table.append(table1[i][0])

T0\_from\_table = []

**for** j **in** **range**(**len**(table1)):

T0\_from\_table.append(table1[j][1])

m\_from\_table = []

**for** z **in** **range**(**len**(table1)):

m\_from\_table.append(table1[z][2])

m = interpolate(I, I\_from\_table, m\_from\_table)

T0 = interpolate(I, I\_from\_table, T0\_from\_table)

func = **lambda** z: sigma(T(z)) \* z

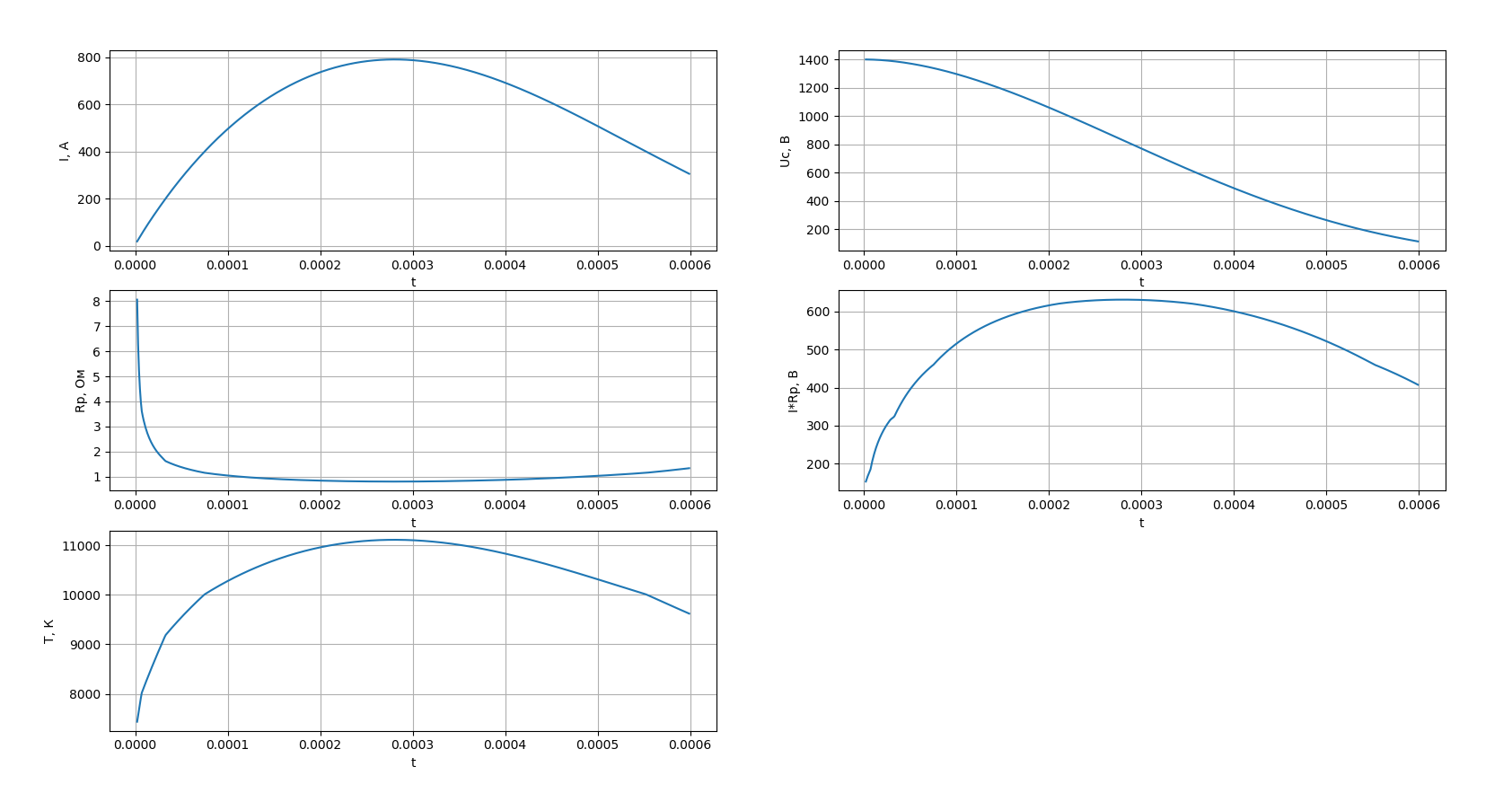
integral = integrate.quad(func, 0, 1)

Rp = Le / (2 \* pi \* R \*\* 2 \* integral[0])

**return** Rp

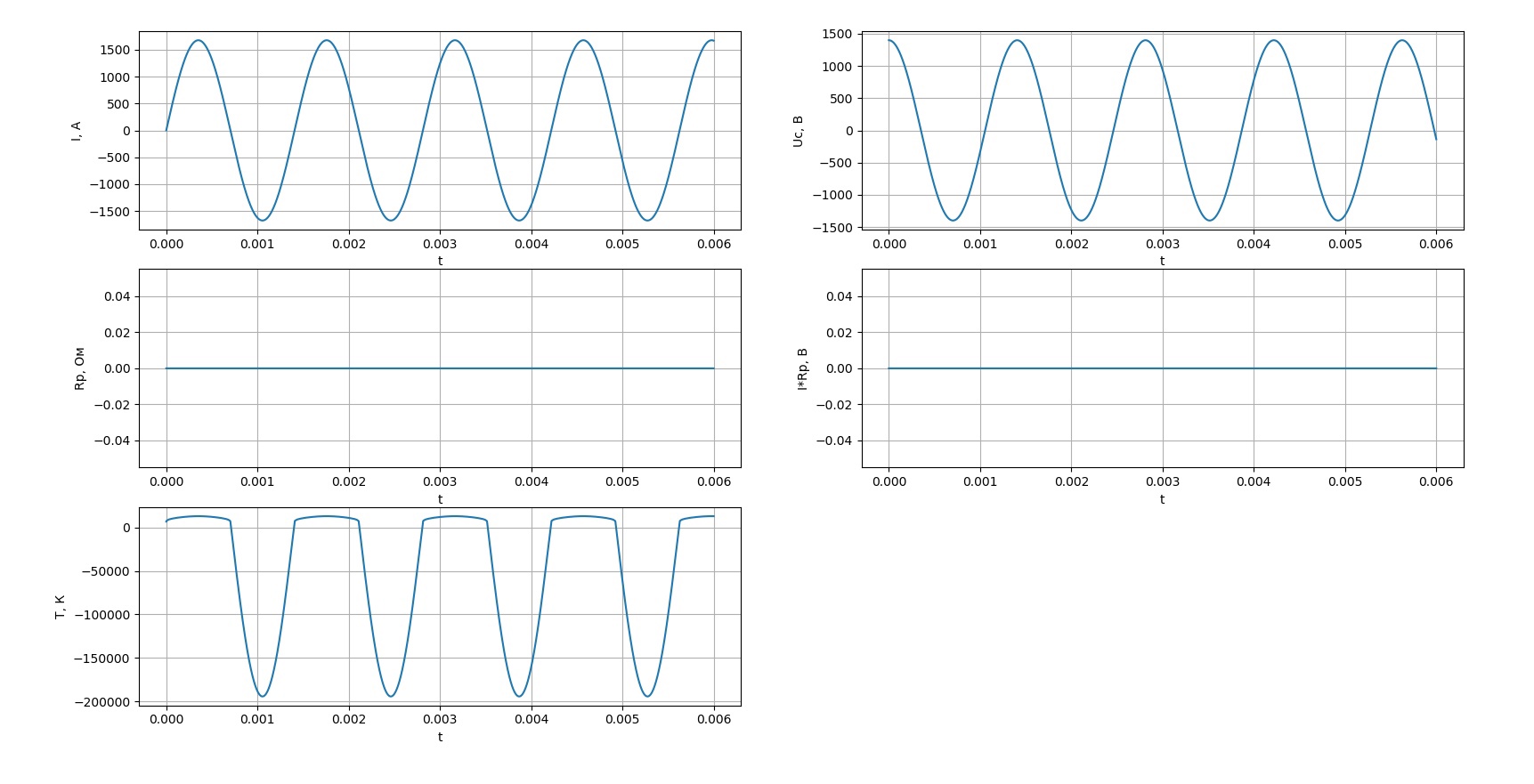
**Результат работы программы.**

1) Графики зависимости от времени импульса : при заданных выше параметрах. Указать шаг сетки.

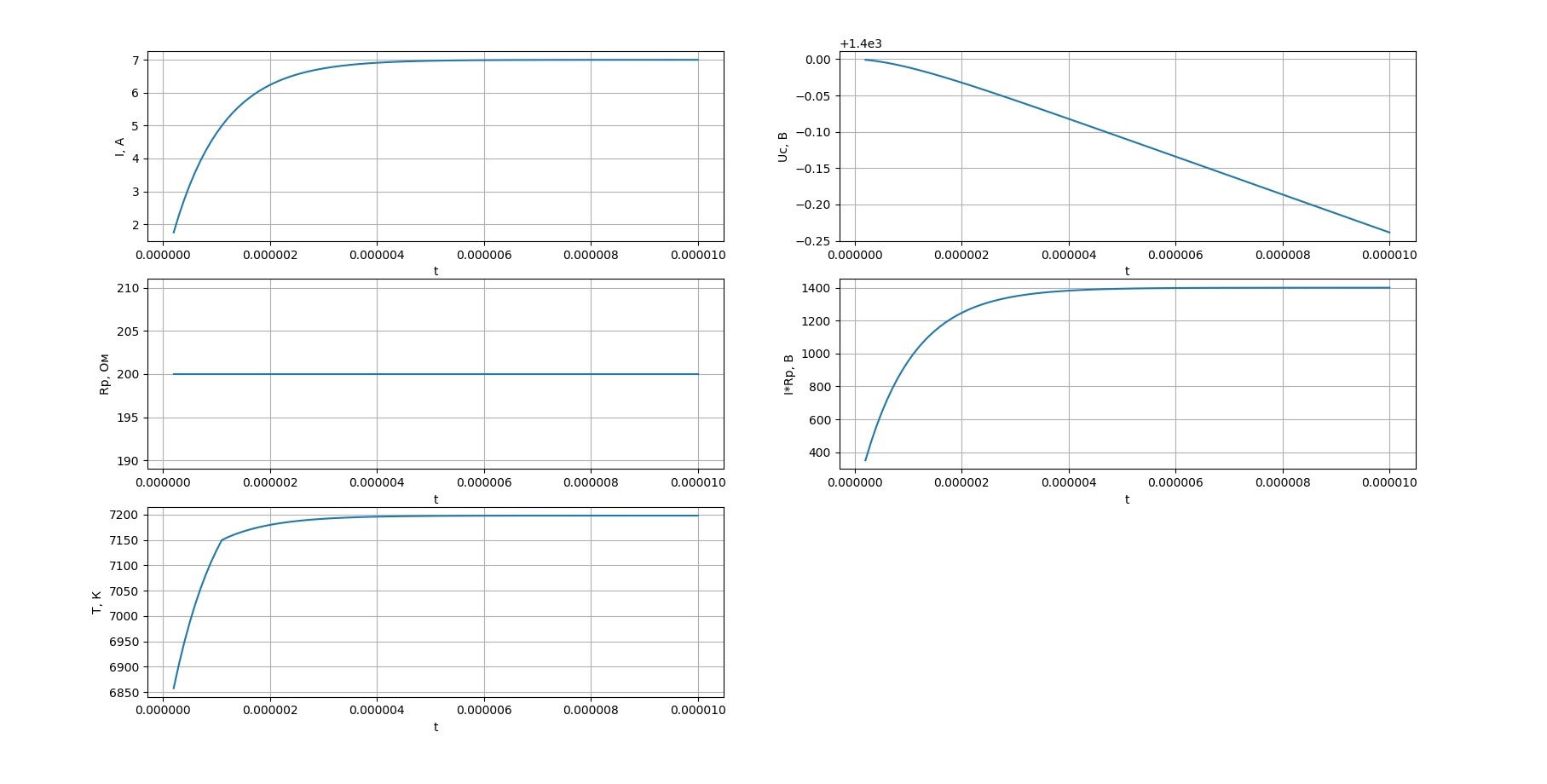
**

Шаг сетки: h = 1e-06

2) График зависимости при . Обратить внимание на то, что в этом случае колебания тока будут незатухающими.



3) График зависимости при в интервале значений .



4) Результаты исследования влияния параметров контура на длительность импульса апериодической формы. Длительность импульса определяется по кривой зависимости тока от времени на высоте значение тока в максимуме (см.рисунок).

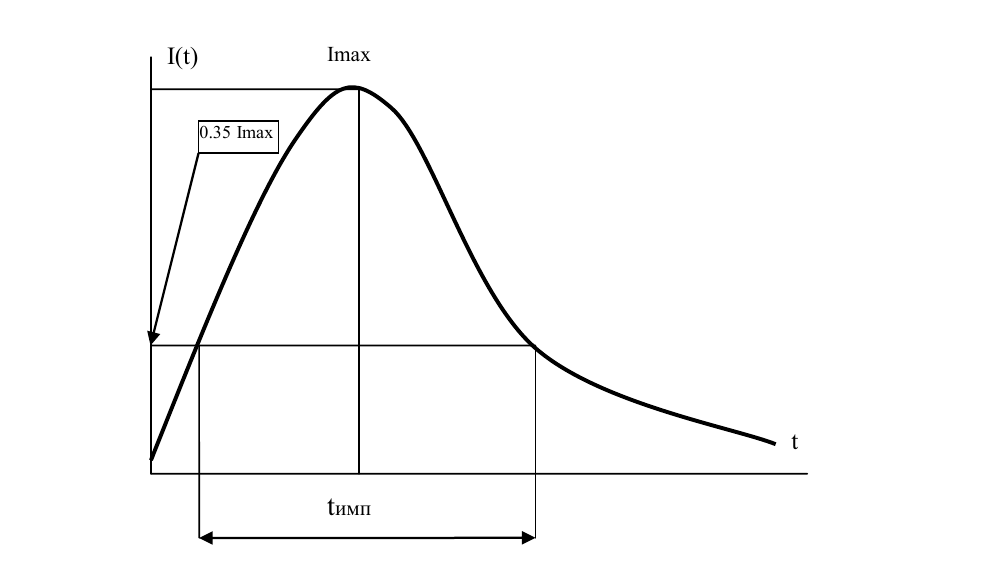


График при начальных параметрах.

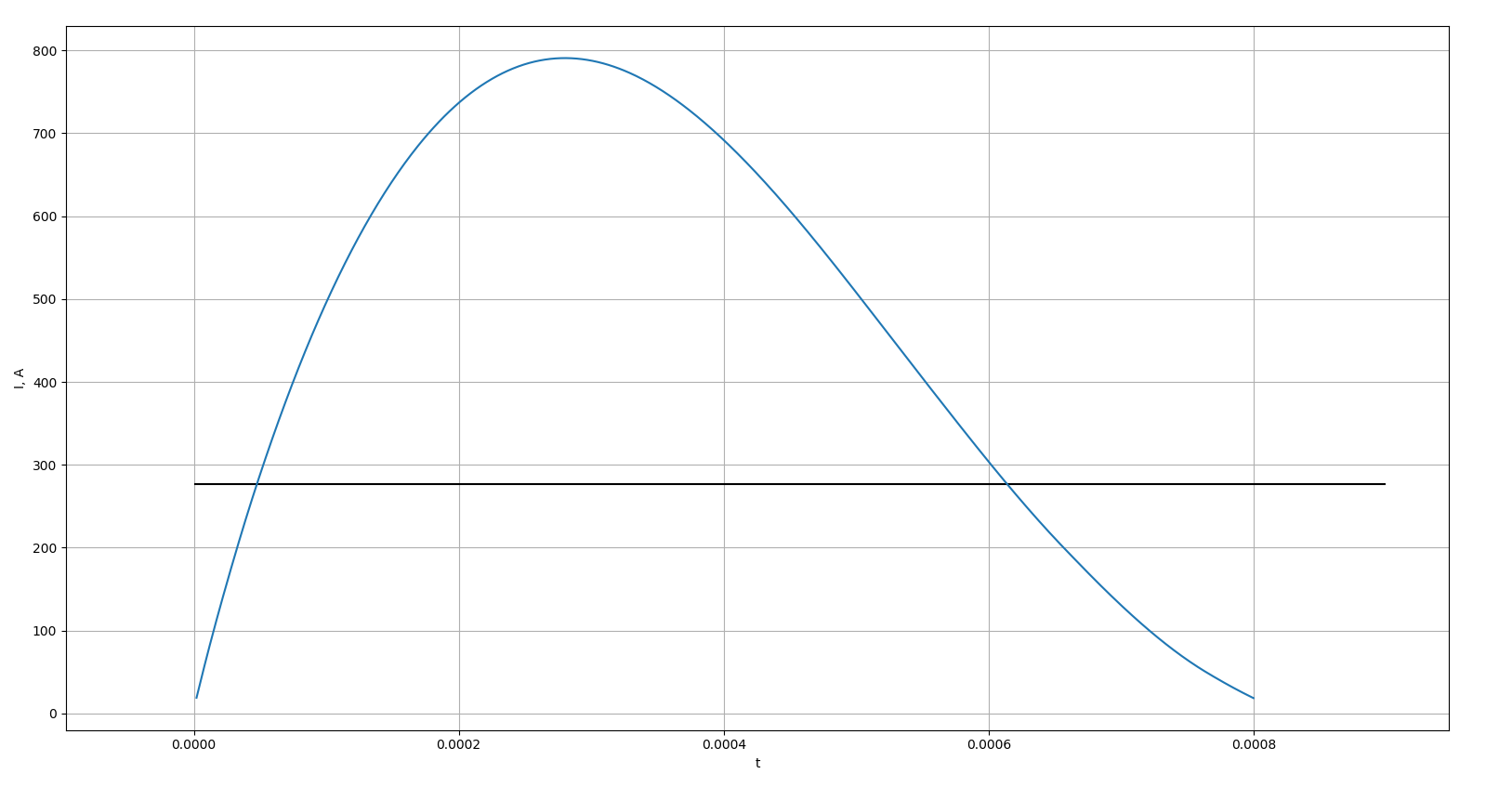
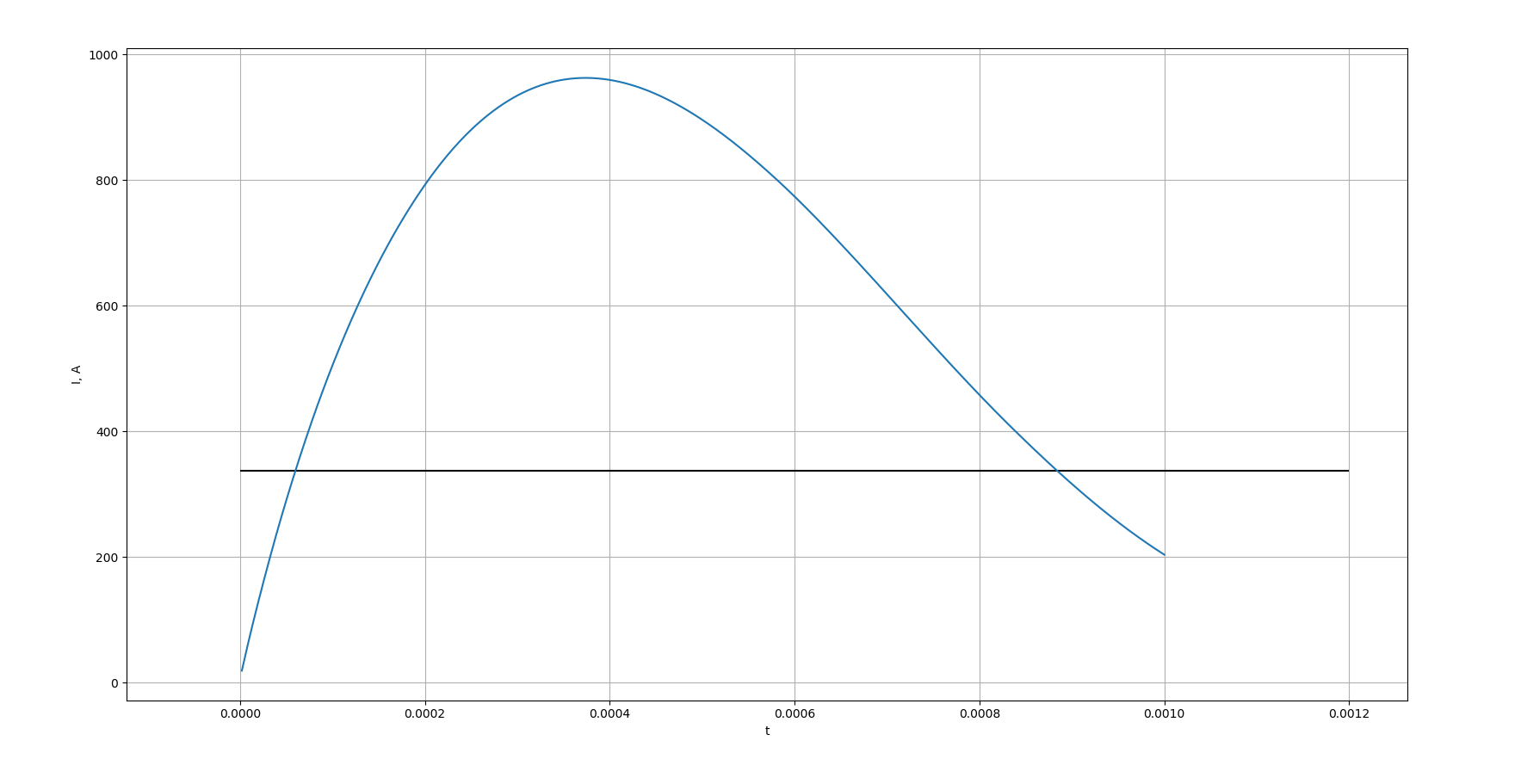
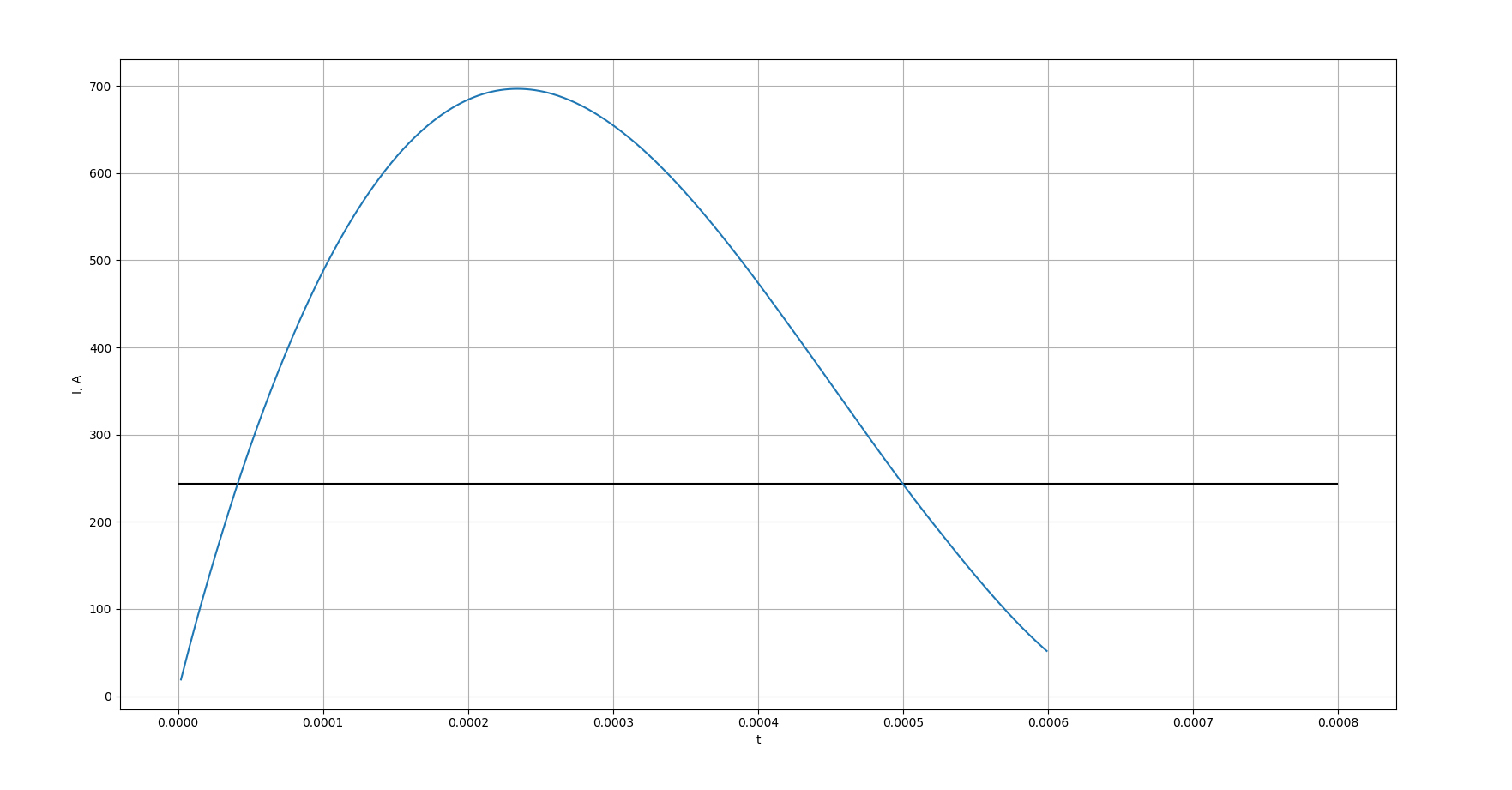


График при увеличении изначального значения в 2 раза.



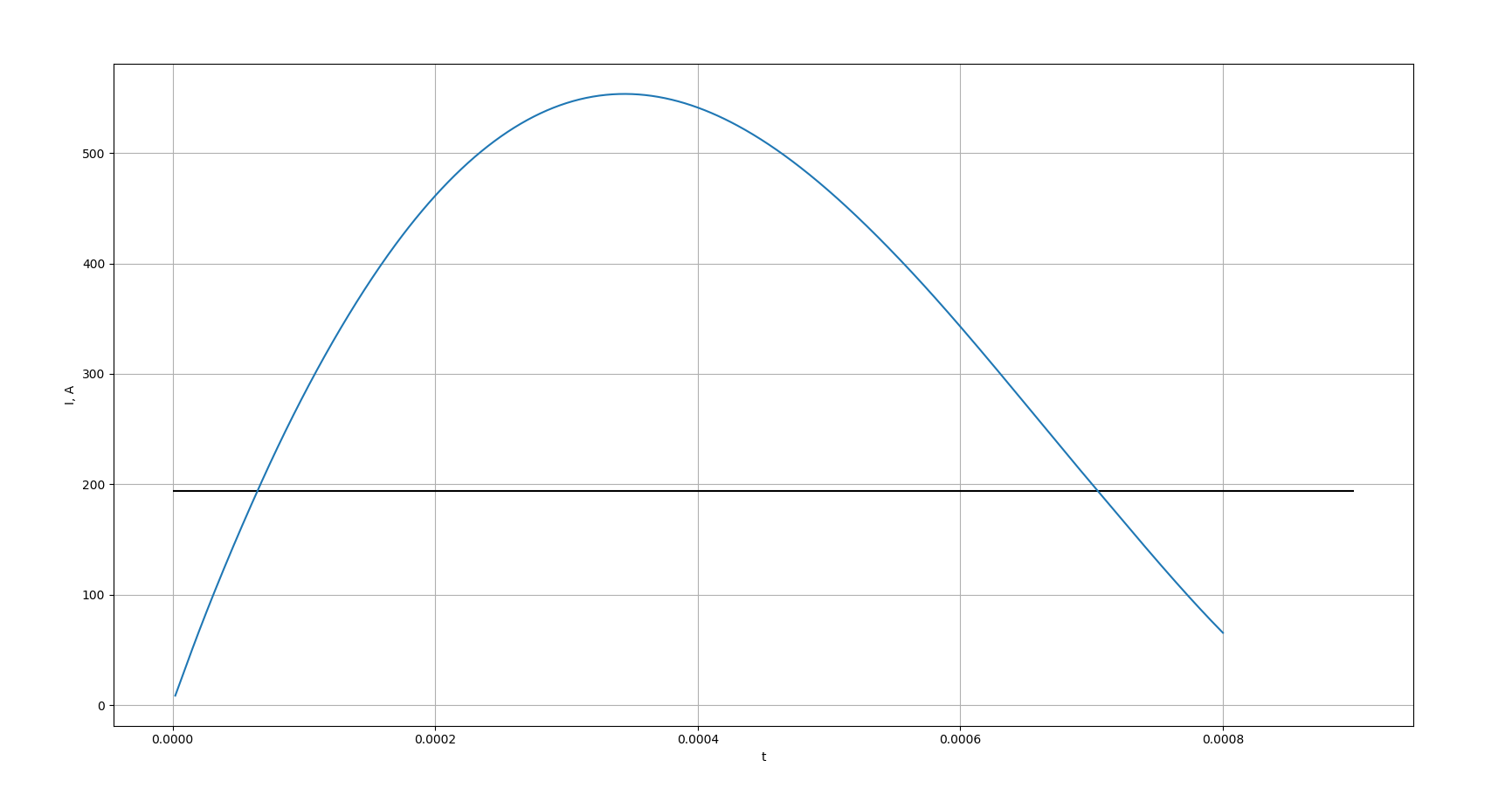
Из графика видно, что при увеличении значение также увеличивается.

График при уменьшении изначального значения в 1.5 раза.



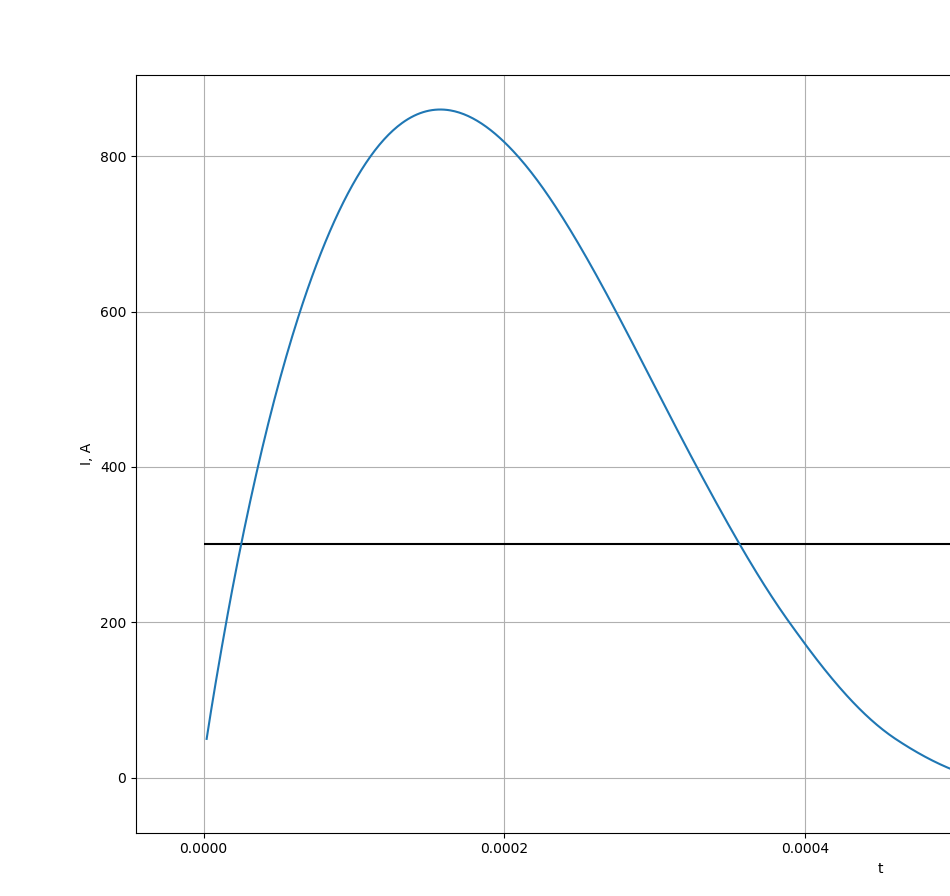
Из графика видно, что при уменьшении значение также уменьшается.

График при увеличении изначального значения в 2 раза.



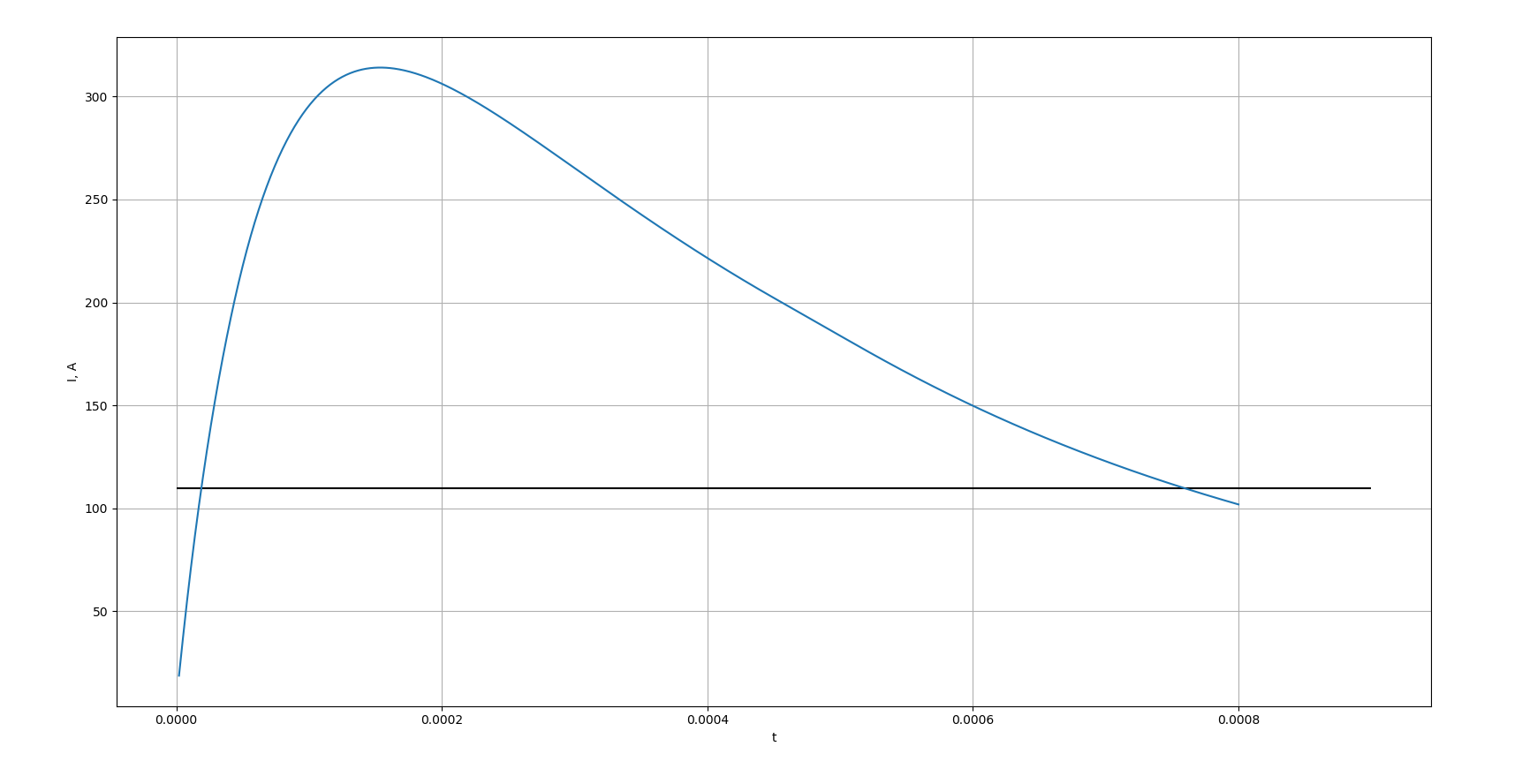
Из графика видно, что при увеличении значение также увеличивается.

График при уменьшении изначального значения в 2 раза.



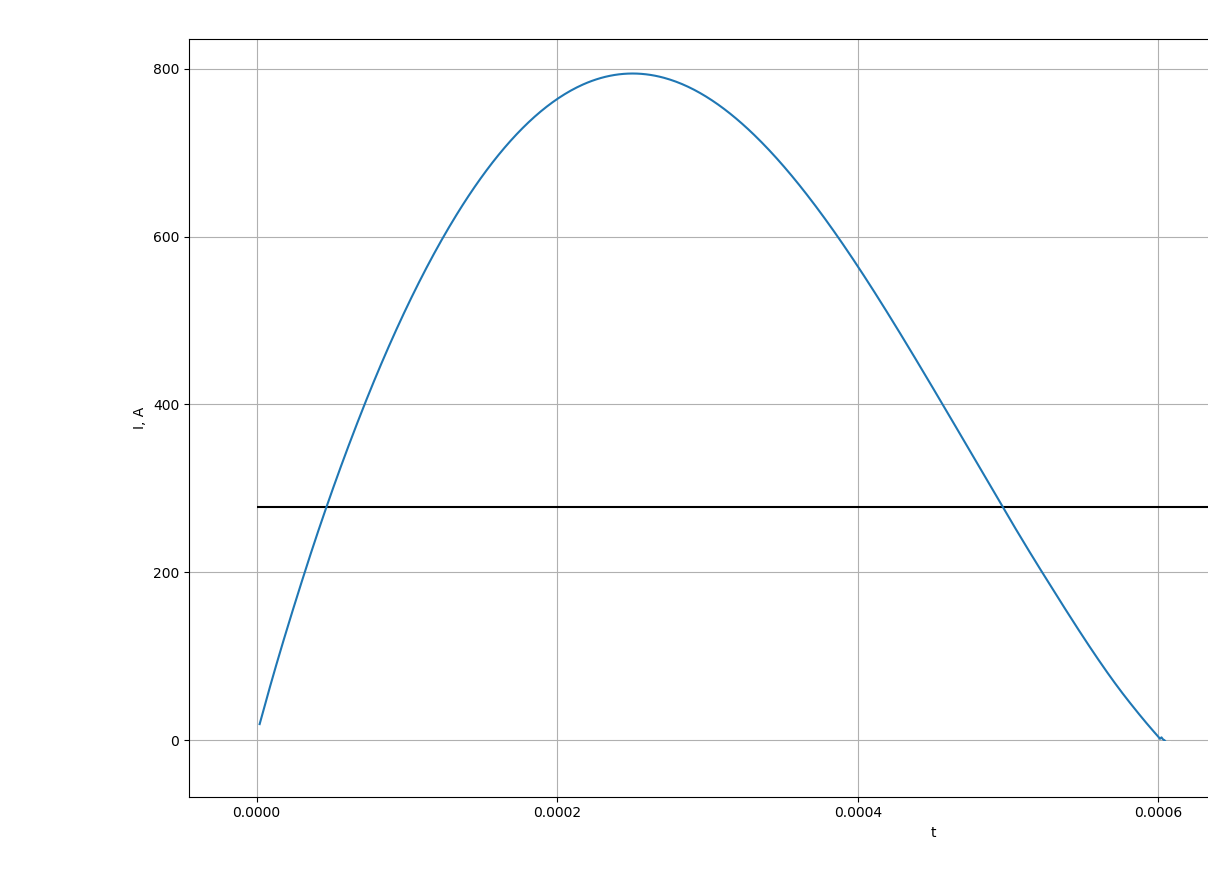
Из графика видно, что при уменьшении значение также уменьшается.

График при увеличении изначального значения в 10 раз.



Из графика видно, что при увеличении значение также увеличивается.

График при уменьшении изначального значения в 10 раз.



Из графика видно, что при уменьшении значение также уменьшается.

**Ответы на вопросы по лабораторной работе.**

1. Какие способы тестирования программы, кроме указанного в п.2, можете предложить еще?

Ответ: например, убрать лампу, при большом значении параметра будет апериодическое затухание, при небольших значениях будут затухающие колебания.

2. Получите систему разностных уравнений для решения сформулированной задачи неявным методом трапеций. Опишите алгоритм реализации полученных уравнений.

Ответ:

Подставим в выражение для

3. Из каких соображений проводится выбор того или иного метода, учитывая, что чем выше порядок точности метода, тем он более сложен?

Ответ: оценка погрешности для частного случая вида правой части дифференциального уравнения

Если функция непрерывна и ограничена, а также непрерывны и ограничены её четвертые производные, то наилучший результат достигается при использовании схемы

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |
|  |

Если функция не имеет таких производных, то четвертый порядок схемы выше не может быть достигнут и тогда целесообразно применение более простых схем.