|  |  |
| --- | --- |
| 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 **Компьютерные системы и сети (ИУ6)**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ **09.03.01 Информатика и вычислительная техника**

**О Т Ч Е Т**

по домашнему заданию №\_1\_

**Название**:\_ Исследование характеристик и моделирование схем с \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

полупроводниковыми диодами\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Дисциплина**:\_Электроника\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_



|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент | ИУ6-42б |  | 12.03.2021 | И.С. Марчук |
|  | (Группа) |  | (Подпись, дата) | (И.О. Фамилия) |
|  |  |  |  |  |
| Преподаватель |  |  |  | В.А. Карпухин |
|  |  |  | (Подпись, дата) | (И.О. Фамилия) |
|  |  |  |  |  |

*2021 г.*

**Исследование характеристик и моделирование схем с полупроводниковыми диодами**

Вариант:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант № | Тип диода | Ri, кОм | Rн, кОм | C1, нФ |
| 19 | 2Д250А | 3,2 | 64 | 640 |

Таблица 1 – Условие задачи и вариант

1. Для заданного диода найти и обосновать параметры SPICE-модели. Результат оформить в виде таблицы с объяснением соответствия найденных параметров параметрам SPICE-модели.
2. Для заданного диода по найденным параметрам SPICE-модели построить в среде MathCAD и в среде Multisim вольтамперные характеристики для режимов прямого и обратного смещения. Сравнить полученные графики. Примечание: для измерения ВАХ в программе Multisim использовать следующую схему, измеряя ток и напряжение на диоде:

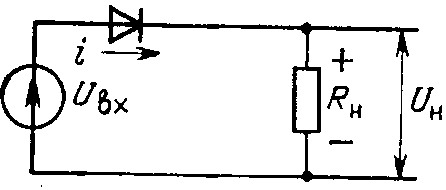


Рисунок 1 – Схема 1

1. Для схемы (см. рисунок п.2) найти и построить зависимости тока, напряжения на диоде и выходного напряжения от входного напряжения в диапазоне от 0 до 10 В:

а) графически методом наложения характеристик. Использовать лист миллиметровой бумаги размером А4. Шаг по напряжению 1 В.

б) в среде Multisim. Заданы: напряжение E и сопротивление R эквивалентного источника Uвх, сопротивление Rн нагрузки. Использовать нелинейную модель диода.

Сравнить полученные результаты.

1. Для заданной схемы найти и построить зависимость выходного напряжения от времени при подаче на вход знакопеременного симметричного меандра с амплитудой 10 В и частотой 1 кГц на протяжении двух периодов меандра:

1) Аналитически любым методом (классическим, операторным, преобразования Лапласа, интеграла Дюамеля) в среде MathCAD.

2) В среде Multisim. Использовать кусочно-линейную модель ВАХ диода. Напряжение открывания диода считать равным 0,7 В. Сопротивлением открытого p-n перехода пренебречь.

Сравнить полученные результаты.

Найти и сравнить полученные средние значения выходного напряжения и размах пульсаций p-p.

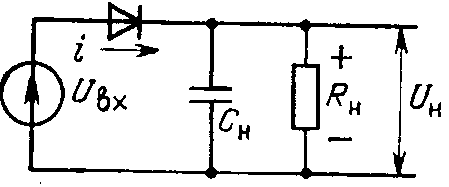


Рисунок 2 – Схема 2

1. Расчет SPICE модели для диода 2Д250А:

Значения для расчетов взяты с сайта http://chiplist.ru/diodes/2D250A/

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика | Значения | Единицы изм. |
| прямой ток Iпр | 10 | А |
| прямое напряжение Uпр | 1.4 | В |
| Ток насыщения (диодное Уравнение) (Is)\* | 0,69144E-13 | А |
| Паразитное сопротивление (последовательное сопротивление) (Rs)\* | 0.14 | Ом |
| Обратное напряжение пробоя (BV) | 1.4 | В |
| Коэффициент эмиссии (N) | 2 |  |
| Время переноса заряда (TT) | 0 | c |
| Емкость перехода при нулевом (CJO) | 0 | Ф |
| Контактная разность (VJ) | 1 | В |
| Коэффициент  плавности перехода (M) | 0.5 |  |
| Ширина запрещенной зоны для  Шоттки (EG) | 1.11 | эВ |
| Температурный экспоненциальный коэффициент тока насыщения для Шоттки (XTI) | 3 |  |
| Коэффициент фликер-шума (KF) | 0 |  |
| Показатель степени в формуле  фликер-шума (AF) | 1 |  |
| Коэффициент емкости обедненной области при прямом смещении (FC) | 0.5 |  |
| Обратный ток пробоя (IBV) | 0.00005 | А |
| Начальный ток пробоя низкого  Уровня (IBVL) | 1 | А |
| Предельный ток при высоком  уровне инжекции (IKF) | 1.00E+30 | А |
| Параметр тока рекомбинации (ISR) | 0 | А |
| Коэффициент неидеальности на  участке пробоя (NBV) | 1 |  |
| Коэффициент неидеальности на  участке пробоя низкого уровня (NBVL) | 1 |  |
| Коэффициент эмиссии для тока ISR (NR) | 1 |  |

Таблица 2 – SPICE модель диода

Остальные значения взяты по умолчанию с сайта https://radioprog.ru/post/210

1. По заданным параметрам была создана схема и при помощи инструмента IV analyzer был построен график зависимости тока от напряжения.

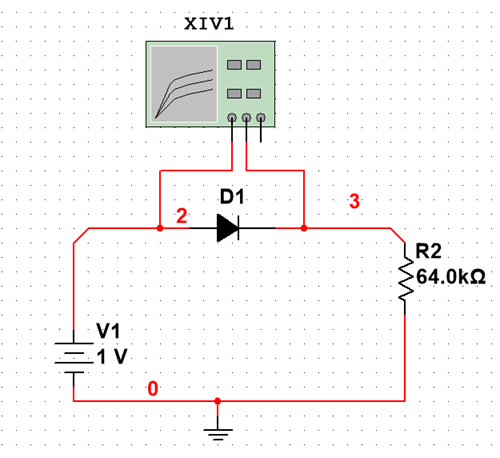


Рисунок 3 – Схема 1 воссозданная в Multisim



Рисунок 4 – График зависимости тока от напряжения в Multisim

Рассчитаем функцию зависимости тока от напряжения (вах):

+

По полученной формуле был построен график зависимости тока от напряжения отдельно от multisim:

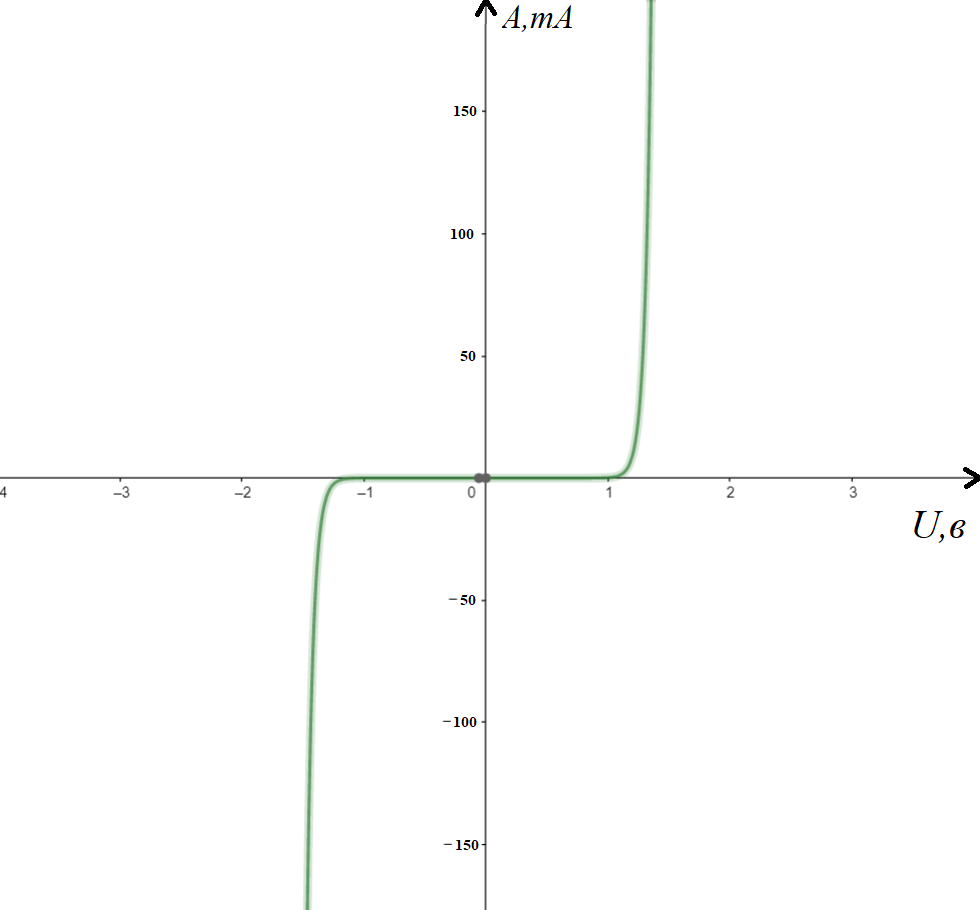


Рисунок 5 – График зависимости тока от напряжения

1. С учетом внутреннего сопротивления R\_i перестроим предыдущую схему

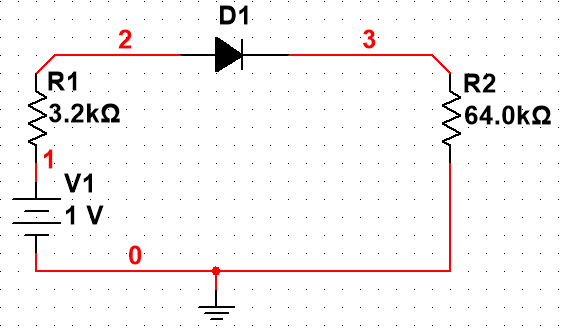


Рисунок 6 – Схема 2 воссозданная в Multisim

С помощью анализа dc sweep был построен график зависимости тока на диоде от напряжения источника

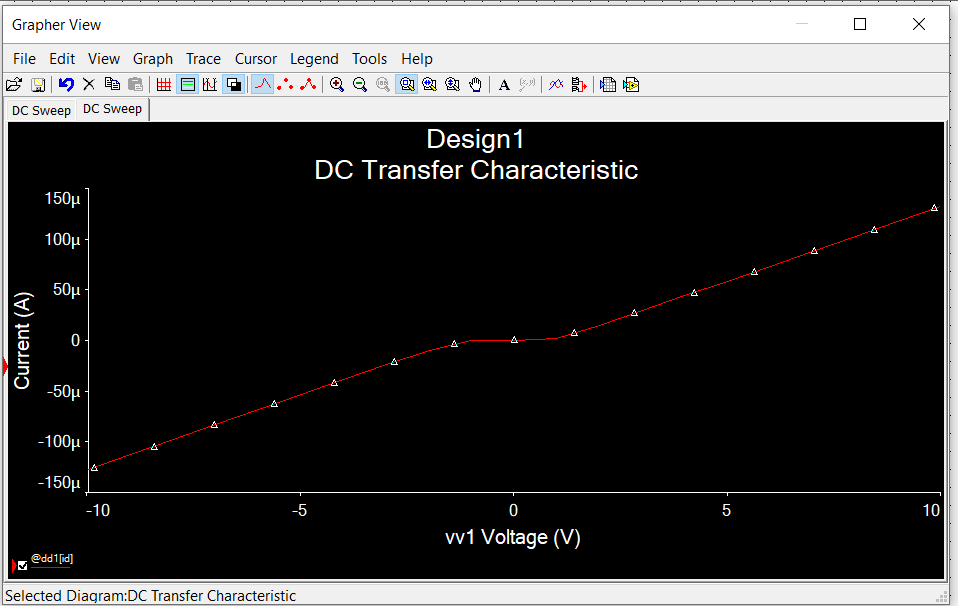


Рисунок 7 – График зависимости тока на диоде от напряжения источника

Зависимость напряжения на диоде от входного напряжения

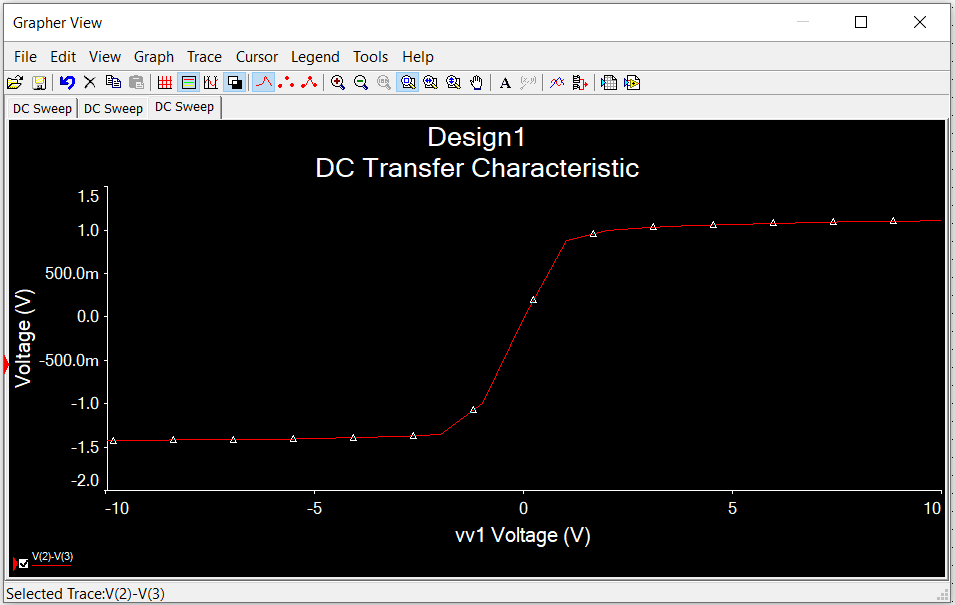


Рисунок 8 – График зависимости напряжения на диоде от входного напряжения

Зависимость выходного напряжения от входного напряжения

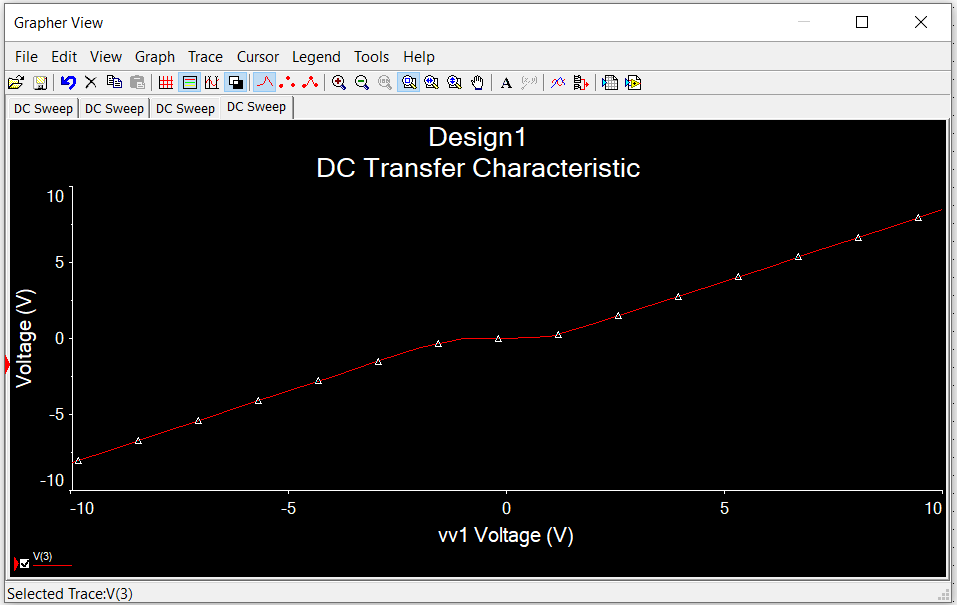


Рисунок 9 – График зависимости выходного напряжения от входного напряжения

Для построения зависимости тока, напряжения на диоде и выходного напряжения от входного напряжения я воспользовался функцией ВАХ рассчитанной выше.

Затем необходимо было найти пересечение вах с линиями нагрузки, которые рассчитываются по формуле

,

где необходимо изменять от 0 до 10 В, а - неизвестная.

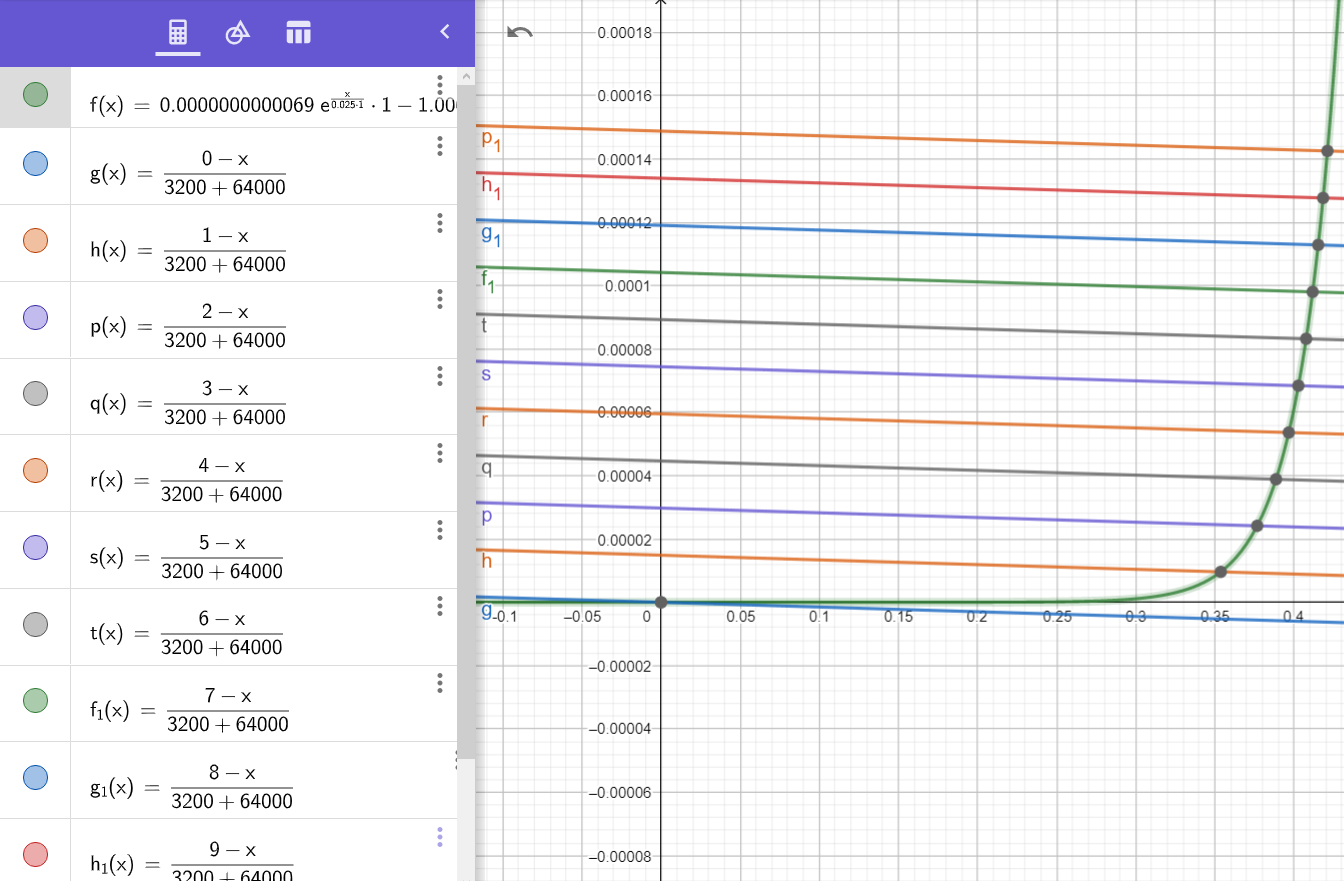


Рисунок 10 – Место пересечения графиков ВАХ и линий нагрузки

Находим точки пересечения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| E | (x,y) |  |
| 0 | 0, 0 | 0 |
| 1 | 0.3536397, 0.0000096 | 0.6144 |
| 2 | 0.3766618, 0.0000242 | 1.5488 |
| 3 | 0.3885473, 0.0000389 | 2.4896 |
| 4 | 0.3965966, 0.0000536 | 3.4304 |
| 5 | 0.4026865, 0.0000684 | 4.3776 |
| 6 | 0.4075849, 0.0000832 | 5.3248 |
| 7 | 0.4116821, 0.0000980 | 6.272 |
| 8 | 0.4152033, 0.0001129 | 7.2256 |
| 9 | 0.4182905, 0.0001277 | 8.1728 |
| 10 | 0.4210389, 0.0001425 | 9.12 |

Таблица 3 – Точки пересечения ВАХ и линий нагрузки и напряжение на диоде

Затем также нужно соединить координаты точек при этом за координату Х надо брать Е, которое мы изменяем от 0 до 10, а за координату У берём координаты (X, Y) точек пересечения, и отдельно координату У точки пересечения умноженной на сопротивление нагрузки. Эти линии и есть зависимости тока, напряжения на диоде и выходного напряжения от входного напряжения в диапазоне от 0 до 10 В.

График зависимости напряжения на выходе и на входе, график зависимости тока на диоде и напряжения на входе соответственно:

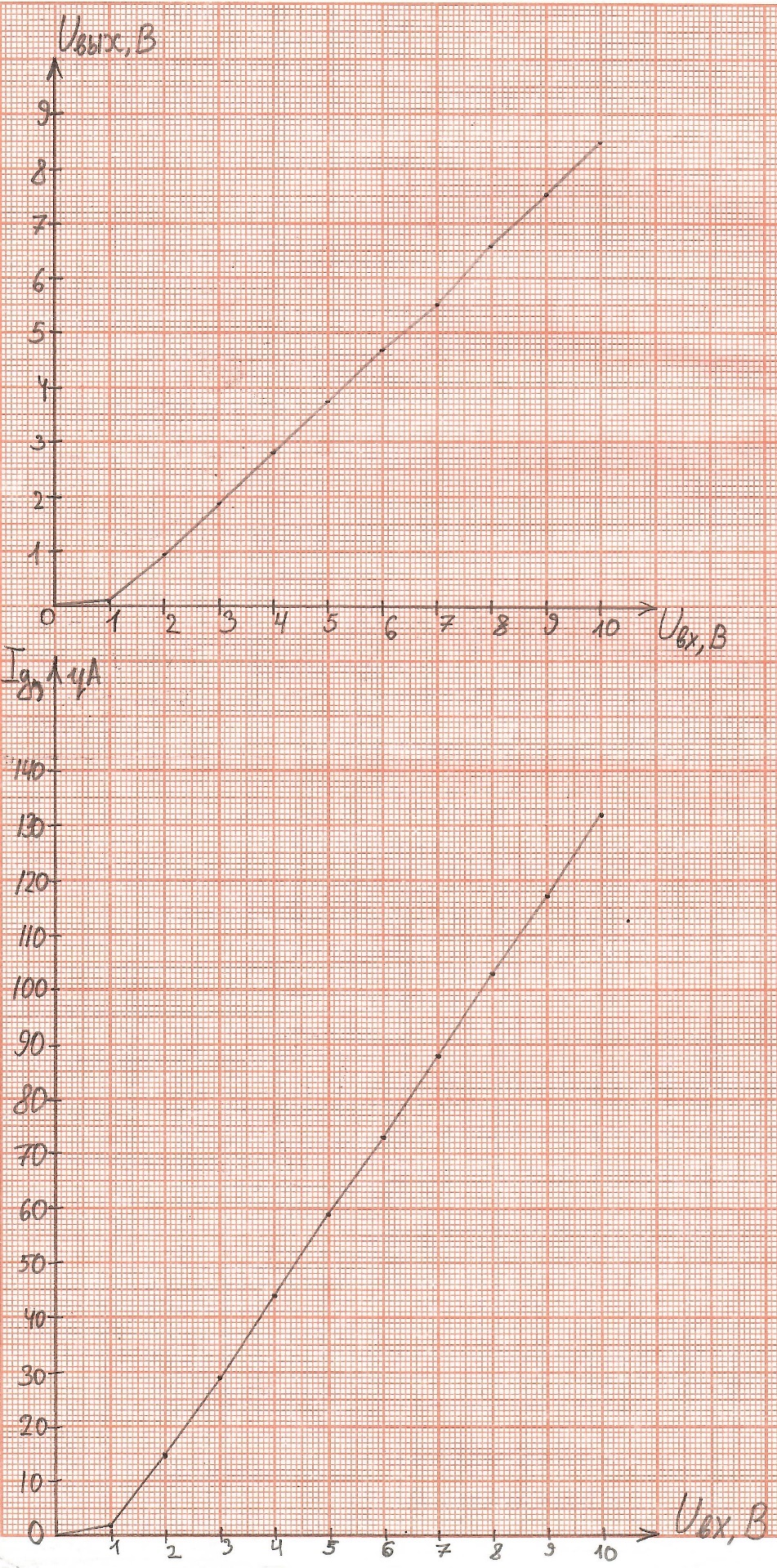


Рисунок 11 – График зависимости напряжения на выходе и на входе, график зависимости тока на диоде и напряжения на входе на миллиметровой бумаге

График зависимости напряжения на диоде и напряжения на входе:



Рисунок 12 – График зависимости напряжения на диоде и напряжения на входе на миллиметровой бумаге

1. Для построения графика выходного напряжения по времени при источнике напряжения в виде знакопеременного меандра я использовал классический метод.

По частоте находим период: ,

Полупериод найдем по следующей формуле

,

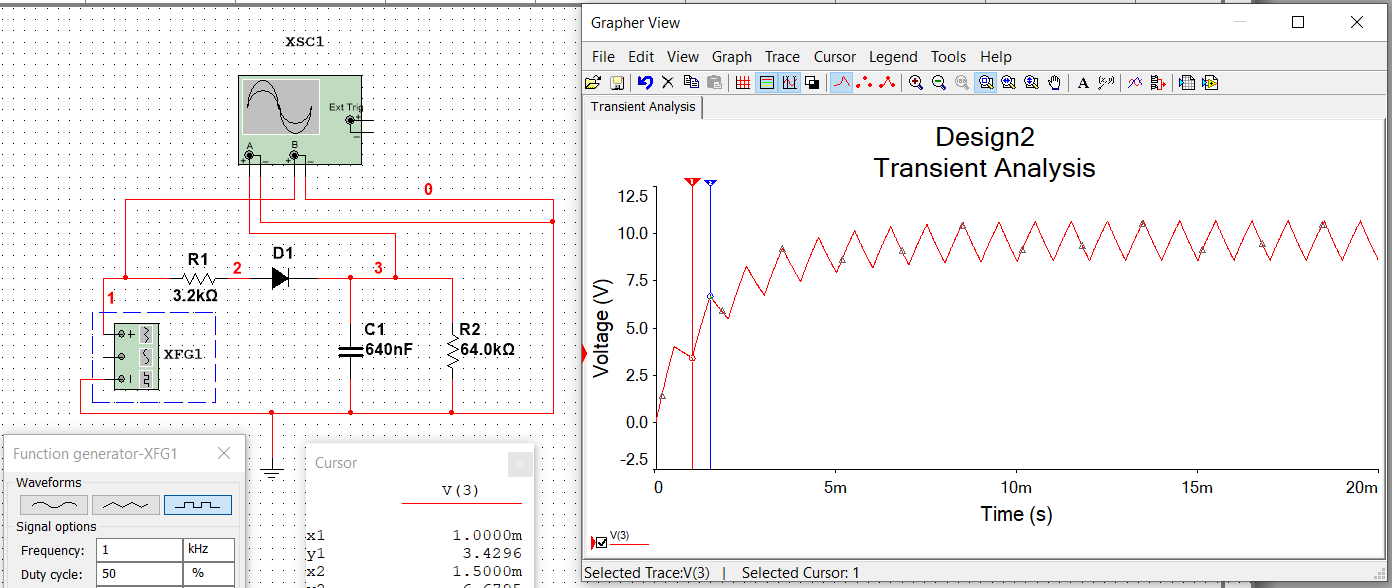


Рисунок 13 – График выходного напряжения по времени

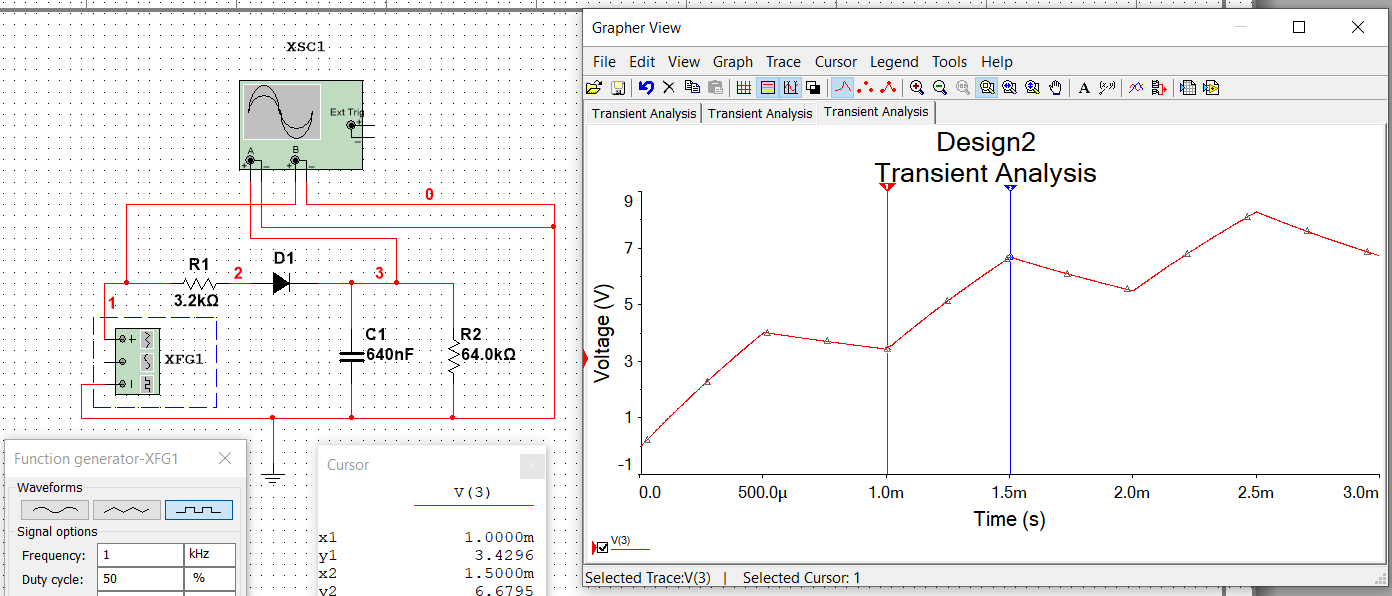
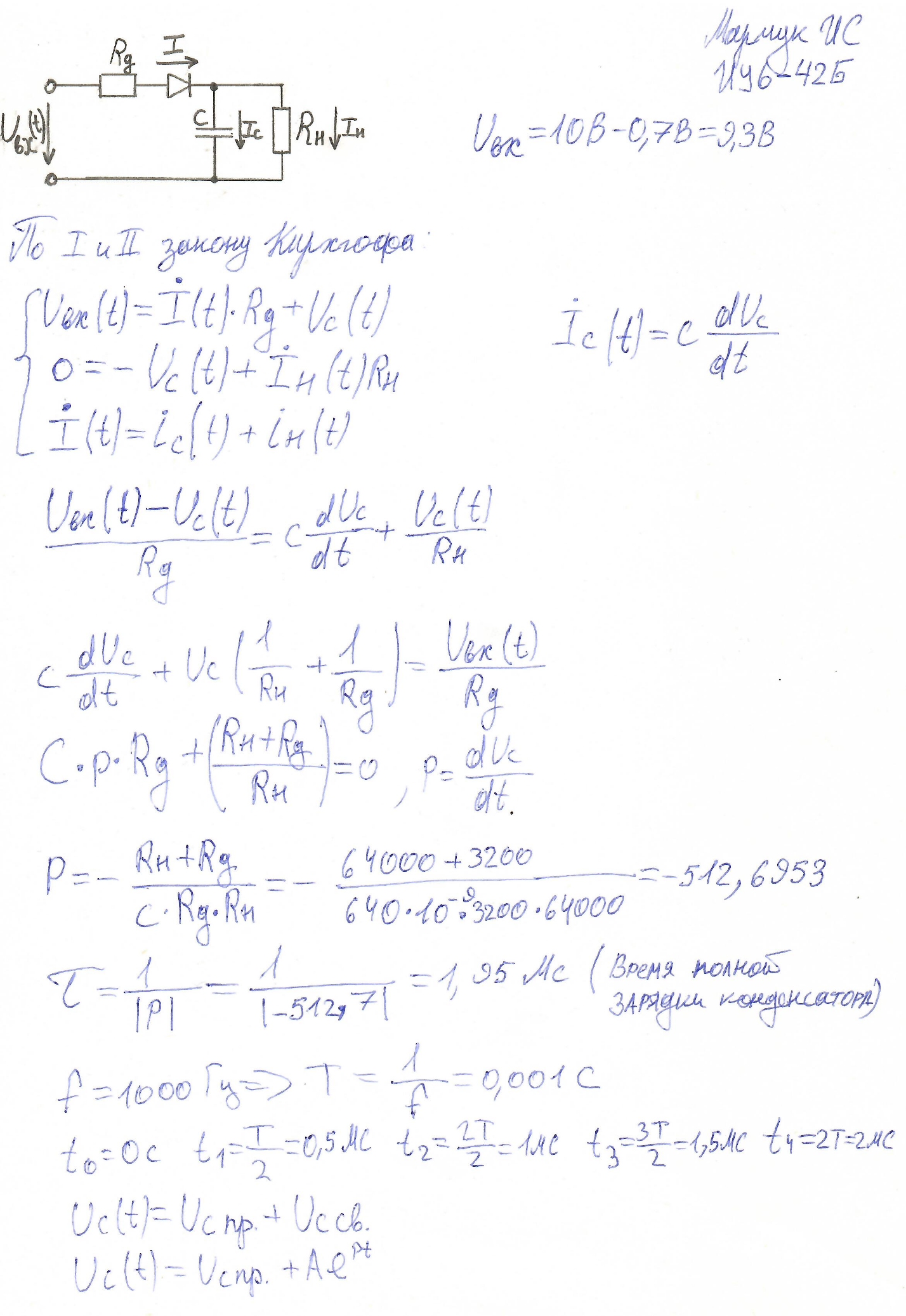


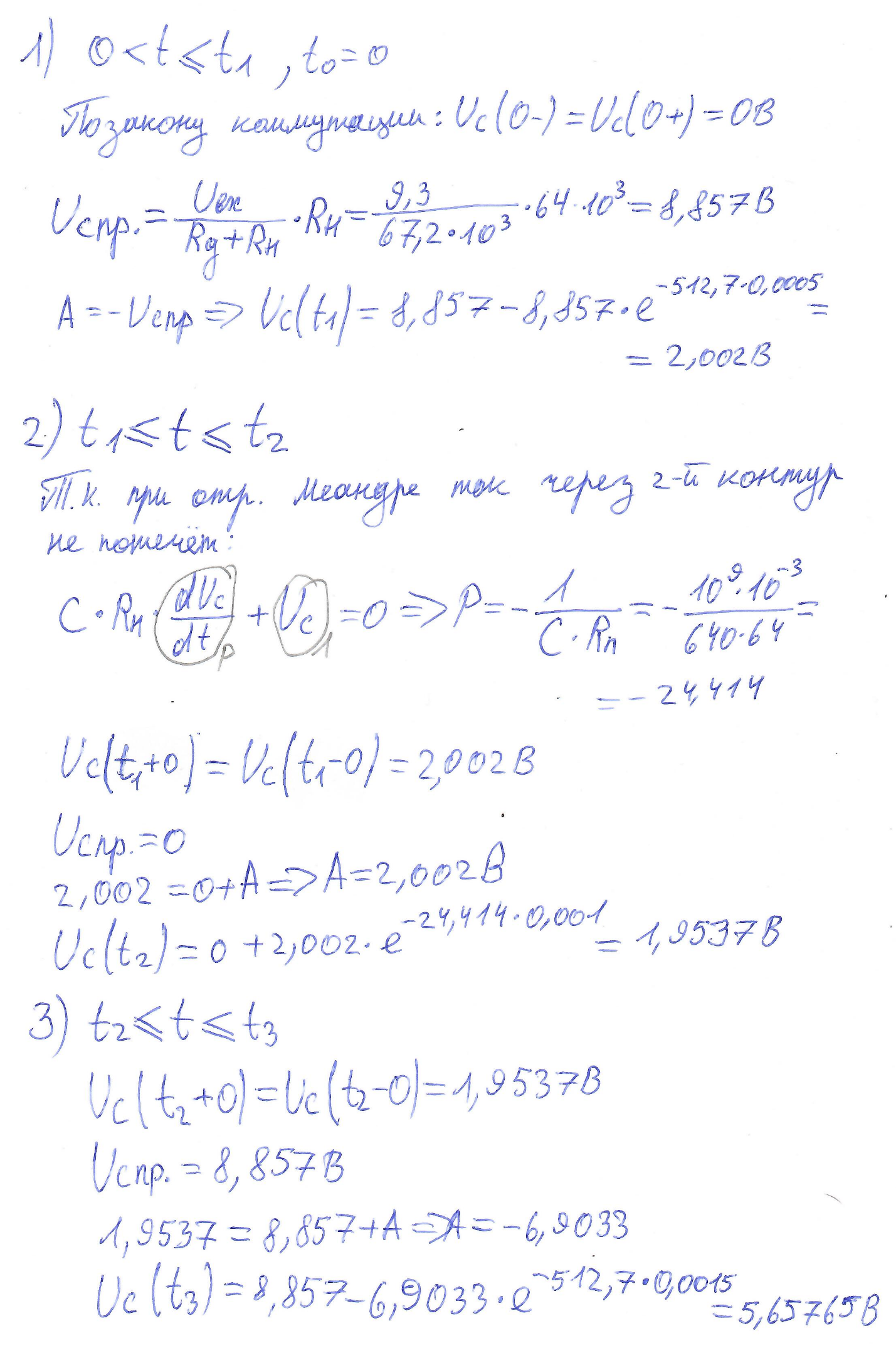
Рисунок 14 – График выходного напряжения по времени, приближение в несколько периодов

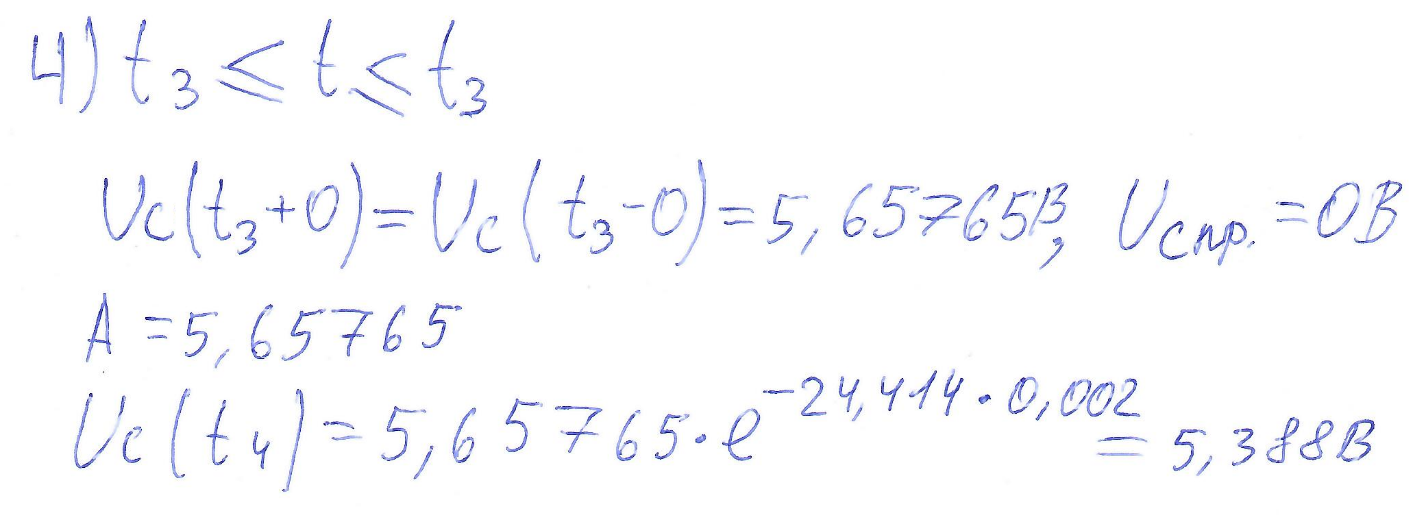
Найдем среднее значение и дельту минимума и максимума для второго полупериода:

Так как напряжение открытия диода считается равным 0.7В, мы будем рассматривать что напряжение на входе равно 10В – 0.7В = 9,3В.

Для классического метода:







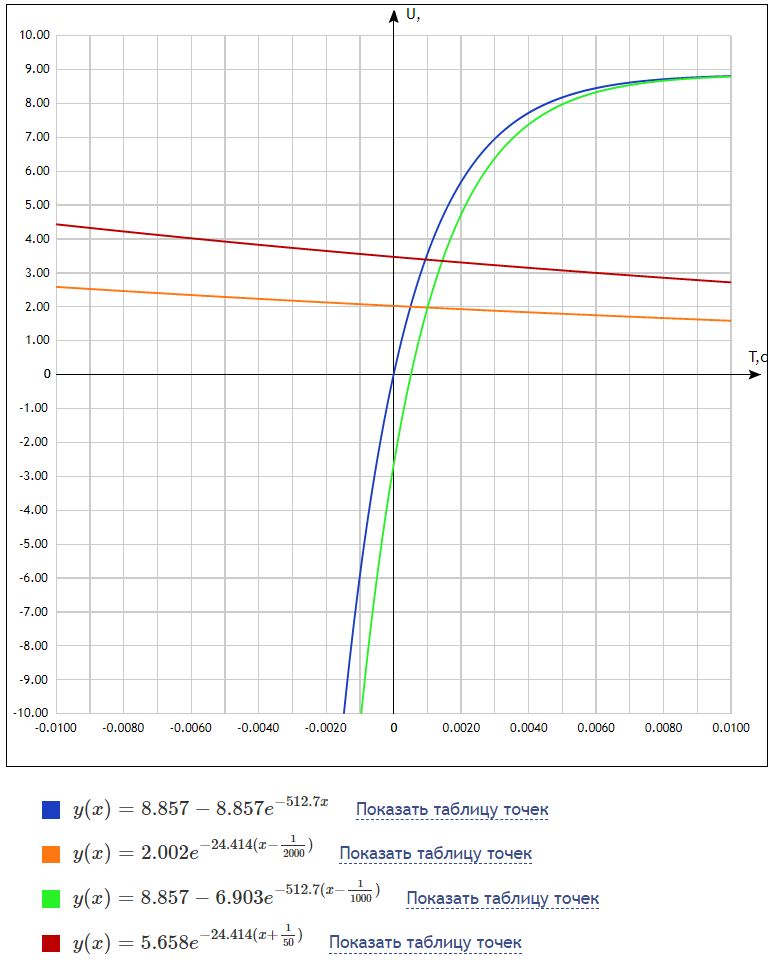


Рисунок 14 – График выходного напряжения по первым двум периодам, построенный в программе

Таким образом, можно заметить, что графики ведут себя одинаково, различие лишь в точках, которое возникает по причине того, что в MathCAD мы используем линейную модель, а в Multisim нелинейную.

**Вывод:**

В ходе решения домашнего задания был рассмотрен диод 2Д250А, исследованы переходные процессы в полупроводниковом диодном фильтре и поведение диода под воздействием меандра. Были проведены теоретический и практический расчеты.

**Использованная литература:**

Полупроводниковые приборы: Диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник А.В. Баюков, А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев и др.