Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет

«Дніпровська політехніка»

Факультет інформаційних технологій

Кафедра системного аналізу і управління

Курсова робота

З дисципліни «Методи обчислень»

На тему «Розрахунки перехідних процесів в лінійних

електричних колах за допомогою методів обчислень»

Виконав:

Студент групи 124-19-2

Моторний А.С.

Науковий керівник:

доцент Одновол М.М.

Оцінка:

рейтингова\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

інституційна\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Підпис керівника\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Дніпро

2021

Анотація

Тема курсової роботи: Розрахунки перехідних процесів в лінійних електричних колах за допомогою методів обчислень.

У курсовій роботі проводиться розрахунок перехідних процесів системи, описаної диференційним рівнянням. Для цього використовуються метод Прогноза-Корекції та метод Ейлера.

Курсова робота складається з 33 сторінок, 1 рисунок,2 таблиці,2-а графа,2-і Блок-Схеми

Зміст

Вступ..........................................................................................................................…..4

Розділ 1. Аналіз предметної області............................................................................ 5-10

1.1. Динамічна система………………………………...................................................5

1.2. Моделювання динамічних систем..................................................................…5-6

1.3. Аналіз методів моделювання динамічних систем.............................................. 6

1.3.1. Розв’язання диференціальних рівнянь завдяки Методу Ейлера……………..7

1.3.2. Розв’язання диференціальних рівнянь завдяки Методу Прогноза-Корекції…8

1.4. Постановка задачі дослідження...................................................................………9

Висновки ....................................................................................................................... 10

Розділ 2. Практична частина ...................................................................................….11

2.1. Розробка математичної моделі динамічної системи ..................................……11

2.2. Розрахунки параметрів системи за допомогою методу Ейлера............................................................................................................................ 12-17

2.3. Розрахунки параметрів системи за допомогою методу Прогноза-Корекції ...18-23

Висновки ...................................................................................................................... 24

Розділ 3. Розробка програмного забезпечення для реалізації методу Ейлера та методу Прогноза-Корекції………………………. ........................................................................

3.1. Розробка схеми алгоритму програми.....................................................................25-26

3.2. Код програми для розрахунку та Результат...........................................................27-30.

3.3. Інструкція користувачу .............................................................................................31

Висновки ...........................................................................................................................31

Загальні Висновки ................................................................................................................32

Література…………………………………………………………………………………33

Вступ

Дослідження Динамічних Систем в основному виконується завдяки моделюванню.

Модель, як правило, описується системою звичайних диференціальних рівнянь, аргументом яких є час. Така система відображає реальний об'єкт лише з деяким наближенням, яке може бути задовільним або незадовільним для певного дослідження.

Процес створення математичної моделі динамічної системи містить три основні частини:

* Емпірична;
* Теоретична;
* Математична.

В емпіричній частині зібрані дані, які були отримані зі спостережень та експериментів з ціллю дослідження об'єкта.

Емпіричні закономірності та явища об’єднуються у теоретичній частині за допомогою розвитку основних концепцій.

У математичній частині конструюються моделі для перевірки основних математичних концепцій. На цьому етапі відбувається процес обробки експериментальних даних, планування експериментів та спостережень.

Важлива перевага методів моделювання динамічних систем полягає в тому, що вони дозволяють різко скоротити обсяг і масштаби натурних експериментів.

Розділ 1. Аналіз предметної області

1.1 Динамічна Система

**Динамі́чна систе́ма** — математична абстракція, призначена для опису і вивчення систем, що еволюціонують з часом. Прикладом можуть служити механічні системи (рухомі групи тіл) або фізичні процеси.

Реальним фізичним системам, модельованим математичним поняттям «Динамічної системи», приписується важлива властивість *детермінованості*: знаючи стан системи в початковий момент часу, ми можемо однозначно передбачити всю її подальшу поведінку.

Фазовим простором динамічної системи називається множина всіх її можливих станів у фіксований момент часу.

Звичайний стан системи задається деяким набором чисел (фазових координат) і є областю в багатовимірному просторі або многовид.

Еволюція системи представляється як рух точки фазового простору.Крива,що описується цією точкою називається фазовою кривою або фазовою траєкторією.

1.2. Моделювання динамічних систем

**Динамі́чна моде́ль сист́еми** — сукупність співвідношень, що визначають вихід системи в залежності від входу та стану системи.

Динамічна модель відтворює зміни об'єкта, які відбуваються з плином часу, або особливості функціювання об'єкта. Динамічні моделі називають також функціональними.

Динамічне моделювання використовується для опису поведінки об'єкта в будь-який довільний змінний момент часу. Прикладами динамічних моделей є модель броунівського руху молекул газу, модель моста, параметри якого залежать від дії змінного навантаження.

Динамічні моделі широко використовуються в біології, медицині, динаміці популяцій, економіці, банківській справі. У фізиці, гідромеханіці — для моделювання динаміки розподілу тепла, руху рідини й газів, коливанні пластин та оболонок.

У математичному моделюванні динамічних систем виділяють три основні частини:

* *Емпірична частина* — фактичні дані, що отримуються в експериментах і спостереженнях, а також дані з первинної систематизації.
* *Теоретична частина* — визначаються основні концепції для об'єднання й пояснення з єдиних позицій емпіричні закономірності та явища.
* *Математична частина* — конструює моделі для перевірки основних теоретичних концепцій, а також методи обробки експериментальних даних, планування експериментів і спостережень.

Широке використання динамічних моделей пов'язане перш за все з тим, що дає змогу різко скоротити обсяг і масштаби натурних експериментів.

1.3 Аналіз методів моделювання динамічних систем

В задачах моделювання важливим пунктом є аналіз властивостей і специфіки чисельної реалізації.

Часто ми отримуємо представлення моделі, виходячи з її фізичних властивостей. Таке подання не завжди є зручним для чисельних експериментів.

В моделюванні динамічних систем використовуються методи еквівалетного перетворення, а саме: перетворення диференціального рівняння n{\displaystyle n}-го порядку до системи диференціальних рівнянь 1-го порядку, перетворення диференціальних моделей в інтегральні моделі, перетворення інтегральної моделі Вольтерра другого роду з ядром, що розділяється в диференціальну модель.  
Методи еквівалентного перетворення диференціальних моделей в інтегральні моделі включають у себе:

* метод перетворення з розщепленням;
* метод послідовного інтегрування;
* метод старшої похідної.

1.3.1. Розв’язання диференціальних рівнянь завдяки Методу Ейлера

**Метод Ейлера** - найбільш простий чисельний метод рішення (систем) звичайних диференціальних рівнянь. Вперше описаний Леонардом Ейлером у 1768 році в роботі "Інтегральне числення" . Метод Ейлера є явним, однокроковим методом першого порядку точності, заснованому на апроксимації інтегральної кривої кусково лінійною функцією, т. зв. ламаної Ейлера.

Нехай дана задача Коші для рівняння першого порядку:

\ Frac {dy} {dx} = f (x, y), (1.1)

y_ {| _ {x = x_0}} = y_0,

де функція f визначена на деякій області D \ subset R ^ 2 . Рішення розшукується на інтервалі (X_0, b] . На цьому інтервалі введемо вузли:

x_0 <x_1 <\ dots <x_n \ le b.(1.2)

Наближене рішення у вузлах x_i , Яке позначимо через y_i визначається за формулою:

y_i = y_ {i-1} + (x_i-x_ {i-1}) f (x_ {i-1}, y_ {i-1}), \ quad i = 1,2,3, \ dots, n . (1.2)

Ці формули узагальнюються на випадок систем звичайних диференціальних рівнянь.

Метод Ейлера є методом першого порядку. Якщо функція f неперервна в D і безперервно дифференцируема по змінній y в D , То має місце наступна оцінка похибки:

\ Left | y (x_i)-y_i \ right | = O (h),(1.3)

де h - Середній крок, тобто існує C> 0 така, що C ^ {-1} \ le (x_i-x_ {i-1}) / h \ le C (1.4)

Зауважимо, що умови гладкості на праву частину, що гарантують єдиність розв'язку задачі Коші, необхідні для обгрунтування збіжності методу Ейлера.

1.3.2. Розв’язання диференціальних рівнянь завдяки Методу Прогноза-Корекції

Модифікований метод Ейлера

Обчислення за методом Ейлера з перерахунком робляться в два етапи.

Прогноз:

\ Tilde y_i = y_ {i-1} + (x_i-x_ {i-1}) f (x_ {i-1}, y_ {i-1}) .

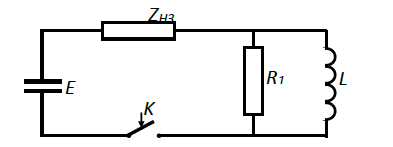
Корекція:

y_i = y_ {i-1} + \ frac {(x_i-x_ {i-1})} {2} (f (x_ {i-1}, y_ {i-1}) + f (x_i, \ tilde y_i)) .

Модифікований метод Ейлера з перерахунком має другий порядок точності, проте для його реалізації необхідно двічі обчислювати праву частину функції.

1.4. Постановка задачі дослідження.

За допомогою метода Ейлера та метода Прогноза-Корекції потрібно визначити закон зміни в часі напруги при розмиканні ключа K для схеми 8,зображенною нарис.1.1, тобто визначити параметри динамічної системи за математичною моделлю електричної схеми.

рис 1.1

Вхідні дані :

E = 1

C = 0,01

R1 = 1000

R2 = 300

Висновки

Визначати параметри Динамічної системи ми будемо завдяки чисельних методів Прогноза-Корекції та Ейлера.

Чисельні ме́тоди — методи наближеного або точного розв'язування задач чистої або прикладної математики, які ґрунтуються на побудові послідовності дій над скінченною множиною чи́сел. Дана наука вивчає алгоритми, які застосовують числову апроксимацію (на відміну від загальних символьних обчислень) для розв'язування задач математичного аналізу (чим відрізняється від дискретної математики). Основні вимоги до числових методів, щоб вони були стійкими та збіжними.

Чисельні методи також використовуються для розрахунку (наближеного) розв'язку диференціальних рівнянь, як для звичайних диференціальних рівнянь, так і для диференціальних рівнянь із частинними похідними.

Диференціальні рівняння із частинними похідними розв'язують шляхом дискретизації рівняння, що приводить їх до скінченномірного підпростору.

Розділ 2. Практична частина

2.1. Розробка математичної моделі динамічної системи

Для складання математичної моделі даного об’єкта будуть використовуватися Другий та Третій закон Кірхгофа.

З останньої системи виключимо 𝑈𝑅1 ,𝑈𝑅2 , 𝑖𝑅1 , 𝑖𝑅2 , 𝑖C .

Позначивши 𝑦 = 𝑈𝑐 , представимо отримане рівняння в нормальній формі:

(2.1)

У рівняння (2.1) подставляємо вхідні дані

(2.2)

За допомогою метода Ейлера та метода Прогноза-Корекції потрібно знайти рішення рівняння (2.2) на відрізку 0 ≤ 𝑡 ≤ 1 з кроком ℎ = 0,005.

2.2. Розрахунки параметрів системи за допомогою методу Ейлера

Для розрахунків параметрів системи методом Ейлера рівняння (2.2) приводиться до вигляду:

З початкових умов випливає, що при 𝑡 = 0, 𝑦 = 0. Це координати точки 0. Отже, 𝑡1 = 𝑡0 + ℎ = 0 + 0,005 = 0,005

Значення 𝑦1 обчислюється для 𝑖 = 0:

Таблиця 2.1 вичеслення методом Ейлера

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| i | ti | yi | f(ti;yi) | hf(ti;yi) |
| 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,0005 |
| 1 | 0,005 | 0,0005 | 0,1 | 0,0005 |
| 2 | 0,01 | 0,001 | 0,099783 | 0,0004989 |
| 3 | 0,015 | 0,001499 | 0,099567 | 0,0004978 |
| 4 | 0,02 | 0,001997 | 0,09935 | 0,0004968 |
| 5 | 0,025 | 0,002494 | 0,099135 | 0,0004957 |
| 6 | 0,03 | 0,002989 | 0,098919 | 0,0004946 |
| 7 | 0,035 | 0,003484 | 0,098705 | 0,0004935 |
| 8 | 0,04 | 0,003977 | 0,09849 | 0,0004925 |
| 9 | 0,045 | 0,00447 | 0,098277 | 0,0004914 |
| 10 | 0,05 | 0,004961 | 0,098063 | 0,0004903 |
| 11 | 0,055 | 0,005451 | 0,09785 | 0,0004893 |
| 12 | 0,06 | 0,005941 | 0,097638 | 0,0004882 |
| 13 | 0,065 | 0,006429 | 0,097426 | 0,0004871 |
| 14 | 0,07 | 0,006916 | 0,097214 | 0,0004861 |
| 15 | 0,075 | 0,007402 | 0,097003 | 0,000485 |
| 16 | 0,08 | 0,007887 | 0,096792 | 0,000484 |
| 17 | 0,085 | 0,008371 | 0,096582 | 0,0004829 |
| 18 | 0,09 | 0,008854 | 0,096373 | 0,0004819 |
| 19 | 0,095 | 0,009336 | 0,096163 | 0,0004808 |
| 20 | 0,1 | 0,009817 | 0,095954 | 0,0004798 |
| 21 | 0,105 | 0,010296 | 0,095746 | 0,0004787 |
| 22 | 0,11 | 0,010775 | 0,095538 | 0,0004777 |
| 23 | 0,115 | 0,011253 | 0,095331 | 0,0004767 |
| 24 | 0,12 | 0,01173 | 0,095124 | 0,0004756 |
| 25 | 0,125 | 0,012205 | 0,094917 | 0,0004746 |
| 26 | 0,13 | 0,01268 | 0,094711 | 0,0004736 |
| 27 | 0,135 | 0,013153 | 0,094505 | 0,0004725 |
| 28 | 0,14 | 0,013626 | 0,0943 | 0,0004715 |
| 29 | 0,145 | 0,014097 | 0,094095 | 0,0004705 |
| 30 | 0,15 | 0,014568 | 0,093891 | 0,0004695 |
| 31 | 0,155 | 0,015037 | 0,093687 | 0,0004684 |
| 32 | 0,16 | 0,015506 | 0,093484 | 0,0004674 |
| 33 | 0,165 | 0,015973 | 0,093281 | 0,0004664 |
| 34 | 0,17 | 0,016439 | 0,093078 | 0,0004654 |
| 35 | 0,175 | 0,016905 | 0,092876 | 0,0004644 |
| 36 | 0,18 | 0,017369 | 0,092675 | 0,0004634 |
| 37 | 0,185 | 0,017833 | 0,092473 | 0,0004624 |
| 38 | 0,19 | 0,018295 | 0,092273 | 0,0004614 |
| 39 | 0,195 | 0,018756 | 0,092072 | 0,0004604 |
| 40 | 0,2 | 0,019217 | 0,091872 | 0,0004594 |
| 41 | 0,205 | 0,019676 | 0,091673 | 0,0004584 |
| 42 | 0,21 | 0,020134 | 0,091474 | 0,0004574 |
| 43 | 0,215 | 0,020592 | 0,091275 | 0,0004564 |
| 44 | 0,22 | 0,021048 | 0,091077 | 0,0004554 |
| 45 | 0,225 | 0,021504 | 0,090879 | 0,0004544 |
| 46 | 0,23 | 0,021958 | 0,090682 | 0,0004534 |
| 47 | 0,235 | 0,022411 | 0,090485 | 0,0004524 |
| 48 | 0,24 | 0,022864 | 0,090288 | 0,0004514 |
| 49 | 0,245 | 0,023315 | 0,090092 | 0,0004505 |
| 50 | 0,25 | 0,023766 | 0,089897 | 0,0004495 |
| 51 | 0,255 | 0,024215 | 0,089702 | 0,0004485 |
| 52 | 0,26 | 0,024664 | 0,089507 | 0,0004475 |
| 53 | 0,265 | 0,025111 | 0,089312 | 0,0004466 |
| 54 | 0,27 | 0,025558 | 0,089118 | 0,0004456 |
| 55 | 0,275 | 0,026003 | 0,088925 | 0,0004446 |
| 56 | 0,28 | 0,026448 | 0,088732 | 0,0004437 |
| 57 | 0,285 | 0,026892 | 0,088539 | 0,0004427 |
| 58 | 0,29 | 0,027334 | 0,088347 | 0,0004417 |
| 59 | 0,295 | 0,027776 | 0,088155 | 0,0004408 |
| 60 | 0,3 | 0,028217 | 0,087964 | 0,0004398 |
| 61 | 0,305 | 0,028657 | 0,087773 | 0,0004389 |
| 62 | 0,31 | 0,029096 | 0,087582 | 0,0004379 |
| 63 | 0,315 | 0,029533 | 0,087392 | 0,000437 |
| 64 | 0,32 | 0,02997 | 0,087202 | 0,000436 |
| 65 | 0,325 | 0,030406 | 0,087013 | 0,0004351 |
| 66 | 0,33 | 0,030842 | 0,086824 | 0,0004341 |
| 67 | 0,335 | 0,031276 | 0,086635 | 0,0004332 |
| 68 | 0,34 | 0,031709 | 0,086447 | 0,0004322 |
| 69 | 0,345 | 0,032141 | 0,08626 | 0,0004313 |
| 70 | 0,35 | 0,032572 | 0,086072 | 0,0004304 |
| 71 | 0,355 | 0,033003 | 0,085885 | 0,0004294 |
| 72 | 0,36 | 0,033432 | 0,085699 | 0,0004285 |
| 73 | 0,365 | 0,033861 | 0,085513 | 0,0004276 |
| 74 | 0,37 | 0,034288 | 0,085327 | 0,0004266 |
| 75 | 0,375 | 0,034715 | 0,085142 | 0,0004257 |
| 76 | 0,38 | 0,035141 | 0,084957 | 0,0004248 |
| 77 | 0,385 | 0,035565 | 0,084772 | 0,0004239 |
| 78 | 0,39 | 0,035989 | 0,084588 | 0,0004229 |
| 79 | 0,395 | 0,036412 | 0,084405 | 0,000422 |
| 80 | 0,4 | 0,036834 | 0,084221 | 0,0004211 |
| 81 | 0,405 | 0,037255 | 0,084039 | 0,0004202 |
| 82 | 0,41 | 0,037675 | 0,083856 | 0,0004193 |
| 83 | 0,415 | 0,038095 | 0,083674 | 0,0004184 |
| 84 | 0,42 | 0,038513 | 0,083492 | 0,0004175 |
| 85 | 0,425 | 0,038931 | 0,083311 | 0,0004166 |
| 86 | 0,43 | 0,039347 | 0,08313 | 0,0004157 |
| 87 | 0,435 | 0,039763 | 0,08295 | 0,0004147 |
| 88 | 0,44 | 0,040177 | 0,082769 | 0,0004138 |
| 89 | 0,445 | 0,040591 | 0,08259 | 0,0004129 |
| 90 | 0,45 | 0,041004 | 0,08241 | 0,0004121 |
| 91 | 0,455 | 0,041416 | 0,082231 | 0,0004112 |
| 92 | 0,46 | 0,041828 | 0,082053 | 0,0004103 |
| 93 | 0,465 | 0,042238 | 0,081875 | 0,0004094 |
| 94 | 0,47 | 0,042647 | 0,081697 | 0,0004085 |
| 95 | 0,475 | 0,043056 | 0,08152 | 0,0004076 |
| 96 | 0,48 | 0,043463 | 0,081343 | 0,0004067 |
| 97 | 0,485 | 0,04387 | 0,081166 | 0,0004058 |
| 98 | 0,49 | 0,044276 | 0,08099 | 0,0004049 |
| 99 | 0,495 | 0,044681 | 0,080814 | 0,0004041 |
| 100 | 0,5 | 0,045085 | 0,080638 | 0,0004032 |
| 101 | 0,505 | 0,045488 | 0,080463 | 0,0004023 |
| 102 | 0,51 | 0,04589 | 0,080289 | 0,0004014 |
| 103 | 0,515 | 0,046292 | 0,080114 | 0,0004006 |
| 104 | 0,52 | 0,046692 | 0,07994 | 0,0003997 |
| 105 | 0,525 | 0,047092 | 0,079767 | 0,0003988 |
| 106 | 0,53 | 0,047491 | 0,079593 | 0,000398 |
| 107 | 0,535 | 0,047889 | 0,079421 | 0,0003971 |
| 108 | 0,54 | 0,048286 | 0,079248 | 0,0003962 |
| 109 | 0,545 | 0,048682 | 0,079076 | 0,0003954 |
| 110 | 0,55 | 0,049078 | 0,078904 | 0,0003945 |
| 111 | 0,555 | 0,049472 | 0,078733 | 0,0003937 |
| 112 | 0,56 | 0,049866 | 0,078562 | 0,0003928 |
| 113 | 0,565 | 0,050259 | 0,078392 | 0,000392 |
| 114 | 0,57 | 0,05065 | 0,078221 | 0,0003911 |
| 115 | 0,575 | 0,051042 | 0,078051 | 0,0003903 |
| 116 | 0,58 | 0,051432 | 0,077882 | 0,0003894 |
| 117 | 0,585 | 0,051821 | 0,077713 | 0,0003886 |
| 118 | 0,59 | 0,05221 | 0,077544 | 0,0003877 |
| 119 | 0,595 | 0,052598 | 0,077376 | 0,0003869 |
| 120 | 0,6 | 0,052984 | 0,077208 | 0,000386 |
| 121 | 0,605 | 0,05337 | 0,07704 | 0,0003852 |
| 122 | 0,61 | 0,053756 | 0,076873 | 0,0003844 |
| 123 | 0,615 | 0,05414 | 0,076706 | 0,0003835 |
| 124 | 0,62 | 0,054524 | 0,076539 | 0,0003827 |
| 125 | 0,625 | 0,054906 | 0,076373 | 0,0003819 |
| 126 | 0,63 | 0,055288 | 0,076207 | 0,000381 |
| 127 | 0,635 | 0,055669 | 0,076042 | 0,0003802 |
| 128 | 0,64 | 0,056049 | 0,075877 | 0,0003794 |
| 129 | 0,645 | 0,056429 | 0,075712 | 0,0003786 |
| 130 | 0,65 | 0,056807 | 0,075548 | 0,0003777 |
| 131 | 0,655 | 0,057185 | 0,075383 | 0,0003769 |
| 132 | 0,66 | 0,057562 | 0,07522 | 0,0003761 |
| 133 | 0,665 | 0,057938 | 0,075056 | 0,0003753 |
| 134 | 0,67 | 0,058313 | 0,074894 | 0,0003745 |
| 135 | 0,675 | 0,058688 | 0,074731 | 0,0003737 |
| 136 | 0,68 | 0,059061 | 0,074569 | 0,0003728 |
| 137 | 0,685 | 0,059434 | 0,074407 | 0,000372 |
| 138 | 0,69 | 0,059806 | 0,074245 | 0,0003712 |
| 139 | 0,695 | 0,060178 | 0,074084 | 0,0003704 |
| 140 | 0,7 | 0,060548 | 0,073923 | 0,0003696 |
| 141 | 0,705 | 0,060918 | 0,073763 | 0,0003688 |
| 142 | 0,71 | 0,061286 | 0,073602 | 0,000368 |
| 143 | 0,715 | 0,061654 | 0,073443 | 0,0003672 |
| 144 | 0,72 | 0,062022 | 0,073283 | 0,0003664 |
| 145 | 0,725 | 0,062388 | 0,073124 | 0,0003656 |
| 146 | 0,73 | 0,062754 | 0,072965 | 0,0003648 |
| 147 | 0,735 | 0,063119 | 0,072807 | 0,000364 |
| 148 | 0,74 | 0,063483 | 0,072649 | 0,0003632 |
| 149 | 0,745 | 0,063846 | 0,072491 | 0,0003625 |
| 150 | 0,75 | 0,064208 | 0,072333 | 0,0003617 |
| 151 | 0,755 | 0,06457 | 0,072176 | 0,0003609 |
| 152 | 0,76 | 0,064931 | 0,07202 | 0,0003601 |
| 153 | 0,765 | 0,065291 | 0,071863 | 0,0003593 |
| 154 | 0,77 | 0,06565 | 0,071707 | 0,0003585 |
| 155 | 0,775 | 0,066009 | 0,071552 | 0,0003578 |
| 156 | 0,78 | 0,066366 | 0,071396 | 0,000357 |
| 157 | 0,785 | 0,066723 | 0,071241 | 0,0003562 |
| 158 | 0,79 | 0,06708 | 0,071086 | 0,0003554 |
| 159 | 0,795 | 0,067435 | 0,070932 | 0,0003547 |
| 160 | 0,8 | 0,06779 | 0,070778 | 0,0003539 |
| 161 | 0,805 | 0,068144 | 0,070624 | 0,0003531 |
| 162 | 0,81 | 0,068497 | 0,070471 | 0,0003524 |
| 163 | 0,815 | 0,068849 | 0,070318 | 0,0003516 |
| 164 | 0,82 | 0,069201 | 0,070165 | 0,0003508 |
| 165 | 0,825 | 0,069552 | 0,070013 | 0,0003501 |
| 166 | 0,83 | 0,069902 | 0,069861 | 0,0003493 |
| 167 | 0,835 | 0,070251 | 0,069709 | 0,0003485 |
| 168 | 0,84 | 0,070599 | 0,069558 | 0,0003478 |
| 169 | 0,845 | 0,070947 | 0,069407 | 0,000347 |
| 170 | 0,85 | 0,071294 | 0,069256 | 0,0003463 |
| 171 | 0,855 | 0,071641 | 0,069106 | 0,0003455 |
| 172 | 0,86 | 0,071986 | 0,068956 | 0,0003448 |
| 173 | 0,865 | 0,072331 | 0,068806 | 0,000344 |
| 174 | 0,87 | 0,072675 | 0,068657 | 0,0003433 |
| 175 | 0,875 | 0,073018 | 0,068508 | 0,0003425 |
| 176 | 0,88 | 0,073361 | 0,068359 | 0,0003418 |
| 177 | 0,885 | 0,073703 | 0,06821 | 0,0003411 |
| 178 | 0,89 | 0,074044 | 0,068062 | 0,0003403 |
| 179 | 0,895 | 0,074384 | 0,067914 | 0,0003396 |
| 180 | 0,9 | 0,074723 | 0,067767 | 0,0003388 |
| 181 | 0,905 | 0,075062 | 0,06762 | 0,0003381 |
| 182 | 0,91 | 0,0754 | 0,067473 | 0,0003374 |
| 183 | 0,915 | 0,075738 | 0,067326 | 0,0003366 |
| 184 | 0,92 | 0,076074 | 0,06718 | 0,0003359 |
| 185 | 0,925 | 0,07641 | 0,067034 | 0,0003352 |
| 186 | 0,93 | 0,076745 | 0,066889 | 0,0003344 |
| 187 | 0,935 | 0,07708 | 0,066744 | 0,0003337 |
| 188 | 0,94 | 0,077414 | 0,066599 | 0,000333 |
| 189 | 0,945 | 0,077747 | 0,066454 | 0,0003323 |
| 190 | 0,95 | 0,078079 | 0,06631 | 0,0003315 |
| 191 | 0,955 | 0,07841 | 0,066166 | 0,0003308 |
| 192 | 0,96 | 0,078741 | 0,066022 | 0,0003301 |
| 193 | 0,965 | 0,079071 | 0,065879 | 0,0003294 |
| 194 | 0,97 | 0,079401 | 0,065736 | 0,0003287 |
| 195 | 0,975 | 0,079729 | 0,065593 | 0,000328 |
| 196 | 0,98 | 0,080057 | 0,065451 | 0,0003273 |
| 197 | 0,985 | 0,080385 | 0,065308 | 0,0003265 |
| 198 | 0,99 | 0,080711 | 0,065167 | 0,0003258 |
| 199 | 0,995 | 0,081037 | 0,065025 | 0,0003251 |
| 200 | 1 | 0,081362 | 0,064884 | 0,0003244 |

Рис 2.1 Графік yi методом Ейлера

2.3. Розрахунки параметрів системи за допомогою методу Прогноза-Корекції

Для розрахунків параметрів системи методом Прогноза-Корекції рівняння (2.2) приводиться до вигляду:

З початкових умов випливає, що при 𝑡 = 0, 𝑦 = 0. Це координати точки 0. Отже, 𝑡1 = 𝑡0 + ℎ = 0 + 0,005 = 0,005

Значення 𝑦1 обчислюється для 𝑖 = 0:

Таблиця 2.2 вичеслення методом Прогноза-Корекції

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| i | ti | y'i | yi | f(ti;yi) | hf(ti;yi) | (f(ti-1;yi-1)+f(ti;y'i)) | (f(ti-1;yi-1)+f(ti;y'i))\*h/2 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0,1 | 0,0005 | 0,199783333 | 0,000499458 |
| 1 | 0,005 | 0,0005 | 0,000499 | 0,1 | 0,0005 | 0,199350235 | 0,000498376 |
| 2 | 0,01 | 0,001 | 0,000998 | 0,099783333 | 0,000498917 | 0,198918075 | 0,000497295 |
| 3 | 0,015 | 0,001499 | 0,001495 | 0,099566667 | 0,000497833 | 0,198486852 | 0,000496217 |
| 4 | 0,02 | 0,001997 | 0,001991 | 0,099350469 | 0,000496752 | 0,198056566 | 0,000495141 |
| 5 | 0,025 | 0,002494 | 0,002486 | 0,099134742 | 0,000495674 | 0,197627212 | 0,000494068 |
| 6 | 0,03 | 0,002989 | 0,002981 | 0,098919482 | 0,000494597 | 0,197198791 | 0,000492997 |
| 7 | 0,035 | 0,003484 | 0,003474 | 0,09870469 | 0,000493523 | 0,196771299 | 0,000491928 |
| 8 | 0,04 | 0,003977 | 0,003965 | 0,098490365 | 0,000492452 | 0,196344734 | 0,000490862 |
| 9 | 0,045 | 0,00447 | 0,004456 | 0,098276505 | 0,000491383 | 0,195919095 | 0,000489798 |
| 10 | 0,05 | 0,004961 | 0,004946 | 0,098063109 | 0,000490316 | 0,195494379 | 0,000488736 |
| 11 | 0,055 | 0,005451 | 0,005435 | 0,097850176 | 0,000489251 | 0,195070585 | 0,000487676 |
| 12 | 0,06 | 0,005941 | 0,005923 | 0,097637706 | 0,000488189 | 0,19464771 | 0,000486619 |
| 13 | 0,065 | 0,006429 | 0,006409 | 0,097425698 | 0,000487128 | 0,194225752 | 0,000485564 |
| 14 | 0,07 | 0,006916 | 0,006895 | 0,097214149 | 0,000486071 | 0,19380471 | 0,000484512 |
| 15 | 0,075 | 0,007402 | 0,007379 | 0,09700306 | 0,000485015 | 0,193384582 | 0,000483461 |
| 16 | 0,08 | 0,007887 | 0,007863 | 0,09679243 | 0,000483962 | 0,192965365 | 0,000482413 |
| 17 | 0,085 | 0,008371 | 0,008345 | 0,096582256 | 0,000482911 | 0,192547058 | 0,000481368 |
| 18 | 0,09 | 0,008854 | 0,008826 | 0,096372539 | 0,000481863 | 0,192129658 | 0,000480324 |
| 19 | 0,095 | 0,009336 | 0,009307 | 0,096163278 | 0,000480816 | 0,191713164 | 0,000479283 |
| 20 | 0,1 | 0,009817 | 0,009786 | 0,095954471 | 0,000479772 | 0,191297573 | 0,000478244 |
| 21 | 0,105 | 0,010296 | 0,010264 | 0,095746117 | 0,000478731 | 0,190882884 | 0,000477207 |
| 22 | 0,11 | 0,010775 | 0,010742 | 0,095538216 | 0,000477691 | 0,190469095 | 0,000476173 |
| 23 | 0,115 | 0,011253 | 0,011218 | 0,095330766 | 0,000476654 | 0,190056203 | 0,000475141 |
| 24 | 0,12 | 0,01173 | 0,011693 | 0,095123766 | 0,000475619 | 0,189644208 | 0,000474111 |
| 25 | 0,125 | 0,012205 | 0,012167 | 0,094917216 | 0,000474586 | 0,189233106 | 0,000473083 |
| 26 | 0,13 | 0,01268 | 0,01264 | 0,094711115 | 0,000473556 | 0,188822896 | 0,000472057 |
| 27 | 0,135 | 0,013153 | 0,013112 | 0,094505461 | 0,000472527 | 0,188413576 | 0,000471034 |
| 28 | 0,14 | 0,013626 | 0,013583 | 0,094300253 | 0,000471501 | 0,188005144 | 0,000470013 |
| 29 | 0,145 | 0,014097 | 0,014053 | 0,094095491 | 0,000470477 | 0,187597598 | 0,000468994 |
| 30 | 0,15 | 0,014568 | 0,014522 | 0,093891174 | 0,000469456 | 0,187190937 | 0,000467977 |
| 31 | 0,155 | 0,015037 | 0,01499 | 0,093687301 | 0,000468437 | 0,186785157 | 0,000466963 |
| 32 | 0,16 | 0,015506 | 0,015457 | 0,09348387 | 0,000467419 | 0,186380258 | 0,000465951 |
| 33 | 0,165 | 0,015973 | 0,015923 | 0,093280881 | 0,000466404 | 0,185976238 | 0,000464941 |
| 34 | 0,17 | 0,016439 | 0,016388 | 0,093078332 | 0,000465392 | 0,185573094 | 0,000463933 |
| 35 | 0,175 | 0,016905 | 0,016852 | 0,092876224 | 0,000464381 | 0,185170824 | 0,000462927 |
| 36 | 0,18 | 0,017369 | 0,017315 | 0,092674554 | 0,000463373 | 0,184769428 | 0,000461924 |
| 37 | 0,185 | 0,017833 | 0,017777 | 0,092473322 | 0,000462367 | 0,184368902 | 0,000460922 |
| 38 | 0,19 | 0,018295 | 0,018238 | 0,092272527 | 0,000461363 | 0,183969245 | 0,000459923 |
| 39 | 0,195 | 0,018756 | 0,018698 | 0,092072168 | 0,000460361 | 0,183570456 | 0,000458926 |
| 40 | 0,2 | 0,019217 | 0,019157 | 0,091872245 | 0,000459361 | 0,183172531 | 0,000457931 |
| 41 | 0,205 | 0,019676 | 0,019614 | 0,091672755 | 0,000458364 | 0,18277547 | 0,000456939 |
| 42 | 0,21 | 0,020134 | 0,020071 | 0,091473698 | 0,000457368 | 0,18237927 | 0,000455948 |
| 43 | 0,215 | 0,020592 | 0,020527 | 0,091275074 | 0,000456375 | 0,18198393 | 0,00045496 |
| 44 | 0,22 | 0,021048 | 0,020982 | 0,091076881 | 0,000455384 | 0,181589447 | 0,000453974 |
| 45 | 0,225 | 0,021504 | 0,021436 | 0,090879118 | 0,000454396 | 0,181195821 | 0,00045299 |
| 46 | 0,23 | 0,021958 | 0,021889 | 0,090681785 | 0,000453409 | 0,180803048 | 0,000452008 |
| 47 | 0,235 | 0,022411 | 0,022341 | 0,09048488 | 0,000452424 | 0,180411128 | 0,000451028 |
| 48 | 0,24 | 0,022864 | 0,022792 | 0,090288403 | 0,000451442 | 0,180020057 | 0,00045005 |
| 49 | 0,245 | 0,023315 | 0,023242 | 0,090092353 | 0,000450462 | 0,179629835 | 0,000449075 |
| 50 | 0,25 | 0,023766 | 0,023691 | 0,089896728 | 0,000449484 | 0,17924046 | 0,000448101 |
| 51 | 0,255 | 0,024215 | 0,02414 | 0,089701528 | 0,000448508 | 0,17885193 | 0,00044713 |
| 52 | 0,26 | 0,024664 | 0,024587 | 0,089506751 | 0,000447534 | 0,178464242 | 0,000446161 |
| 53 | 0,265 | 0,025111 | 0,025033 | 0,089312398 | 0,000446562 | 0,178077396 | 0,000445193 |
| 54 | 0,27 | 0,025558 | 0,025478 | 0,089118467 | 0,000445592 | 0,177691389 | 0,000444228 |
| 55 | 0,275 | 0,026003 | 0,025922 | 0,088924957 | 0,000444625 | 0,177306219 | 0,000443266 |
| 56 | 0,28 | 0,026448 | 0,026366 | 0,088731867 | 0,000443659 | 0,176921885 | 0,000442305 |
| 57 | 0,285 | 0,026892 | 0,026808 | 0,088539196 | 0,000442696 | 0,176538384 | 0,000441346 |
| 58 | 0,29 | 0,027334 | 0,027249 | 0,088346944 | 0,000441735 | 0,176155716 | 0,000440389 |
| 59 | 0,295 | 0,027776 | 0,02769 | 0,088155109 | 0,000440776 | 0,175773878 | 0,000439435 |
| 60 | 0,3 | 0,028217 | 0,028129 | 0,08796369 | 0,000439818 | 0,175392868 | 0,000438482 |
| 61 | 0,305 | 0,028657 | 0,028567 | 0,087772687 | 0,000438863 | 0,175012685 | 0,000437532 |
| 62 | 0,31 | 0,029096 | 0,029005 | 0,087582099 | 0,00043791 | 0,174633327 | 0,000436583 |
| 63 | 0,315 | 0,029533 | 0,029442 | 0,087391925 | 0,00043696 | 0,174254792 | 0,000435637 |
| 64 | 0,32 | 0,02997 | 0,029877 | 0,087202164 | 0,000436011 | 0,173877078 | 0,000434693 |
| 65 | 0,325 | 0,030406 | 0,030312 | 0,087012815 | 0,000435064 | 0,173500183 | 0,00043375 |
| 66 | 0,33 | 0,030842 | 0,030746 | 0,086823877 | 0,000434119 | 0,173124106 | 0,00043281 |
| 67 | 0,335 | 0,031276 | 0,031178 | 0,086635349 | 0,000433177 | 0,172748845 | 0,000431872 |
| 68 | 0,34 | 0,031709 | 0,03161 | 0,086447231 | 0,000432236 | 0,172374398 | 0,000430936 |
| 69 | 0,345 | 0,032141 | 0,032041 | 0,086259521 | 0,000431298 | 0,172000764 | 0,000430002 |
| 70 | 0,35 | 0,032572 | 0,032471 | 0,086072218 | 0,000430361 | 0,17162794 | 0,00042907 |
| 71 | 0,355 | 0,033003 | 0,0329 | 0,085885323 | 0,000429427 | 0,171255924 | 0,00042814 |
| 72 | 0,36 | 0,033432 | 0,033329 | 0,085698833 | 0,000428494 | 0,170884716 | 0,000427212 |
| 73 | 0,365 | 0,033861 | 0,033756 | 0,085512748 | 0,000427564 | 0,170514314 | 0,000426286 |
| 74 | 0,37 | 0,034288 | 0,034182 | 0,085327067 | 0,000426635 | 0,170144714 | 0,000425362 |
| 75 | 0,375 | 0,034715 | 0,034607 | 0,08514179 | 0,000425709 | 0,169775917 | 0,00042444 |
| 76 | 0,38 | 0,035141 | 0,035032 | 0,084956914 | 0,000424785 | 0,16940792 | 0,00042352 |
| 77 | 0,385 | 0,035565 | 0,035455 | 0,084772441 | 0,000423862 | 0,169040721 | 0,000422602 |
| 78 | 0,39 | 0,035989 | 0,035878 | 0,084588367 | 0,000422942 | 0,168674319 | 0,000421686 |
| 79 | 0,395 | 0,036412 | 0,0363 | 0,084404694 | 0,000422023 | 0,168308711 | 0,000420772 |
| 80 | 0,4 | 0,036834 | 0,03672 | 0,084221419 | 0,000421107 | 0,167943897 | 0,00041986 |
| 81 | 0,405 | 0,037255 | 0,03714 | 0,084038542 | 0,000420193 | 0,167579875 | 0,00041895 |
| 82 | 0,41 | 0,037675 | 0,037559 | 0,083856062 | 0,00041928 | 0,167216642 | 0,000418042 |
| 83 | 0,415 | 0,038095 | 0,037977 | 0,083673979 | 0,00041837 | 0,166854197 | 0,000417135 |
| 84 | 0,42 | 0,038513 | 0,038394 | 0,083492291 | 0,000417461 | 0,166492538 | 0,000416231 |
| 85 | 0,425 | 0,038931 | 0,038811 | 0,083310997 | 0,000416555 | 0,166131664 | 0,000415329 |
| 86 | 0,43 | 0,039347 | 0,039226 | 0,083130097 | 0,00041565 | 0,165771573 | 0,000414429 |
| 87 | 0,435 | 0,039763 | 0,03964 | 0,08294959 | 0,000414748 | 0,165412263 | 0,000413531 |
| 88 | 0,44 | 0,040177 | 0,040054 | 0,082769475 | 0,000413847 | 0,165053732 | 0,000412634 |
| 89 | 0,445 | 0,040591 | 0,040467 | 0,082589751 | 0,000412949 | 0,16469598 | 0,00041174 |
| 90 | 0,45 | 0,041004 | 0,040878 | 0,082410417 | 0,000412052 | 0,164339003 | 0,000410848 |
| 91 | 0,455 | 0,041416 | 0,041289 | 0,082231472 | 0,000411157 | 0,163982801 | 0,000409957 |
| 92 | 0,46 | 0,041828 | 0,041699 | 0,082052916 | 0,000410265 | 0,163627372 | 0,000409068 |
| 93 | 0,465 | 0,042238 | 0,042108 | 0,081874748 | 0,000409374 | 0,163272713 | 0,000408182 |
| 94 | 0,47 | 0,042647 | 0,042516 | 0,081696967 | 0,000408485 | 0,162918824 | 0,000407297 |
| 95 | 0,475 | 0,043056 | 0,042924 | 0,081519572 | 0,000407598 | 0,162565703 | 0,000406414 |
| 96 | 0,48 | 0,043463 | 0,04333 | 0,081342561 | 0,000406713 | 0,162213348 | 0,000405533 |
| 97 | 0,485 | 0,04387 | 0,043736 | 0,081165936 | 0,00040583 | 0,161861758 | 0,000404654 |
| 98 | 0,49 | 0,044276 | 0,04414 | 0,080989693 | 0,000404948 | 0,16151093 | 0,000403777 |
| 99 | 0,495 | 0,044681 | 0,044544 | 0,080813834 | 0,000404069 | 0,161160863 | 0,000402902 |
| 100 | 0,5 | 0,045085 | 0,044947 | 0,080638356 | 0,000403192 | 0,160811555 | 0,000402029 |
| 101 | 0,505 | 0,045488 | 0,045349 | 0,08046326 | 0,000402316 | 0,160463006 | 0,000401158 |
| 102 | 0,51 | 0,04589 | 0,04575 | 0,080288543 | 0,000401443 | 0,160115212 | 0,000400288 |
| 103 | 0,515 | 0,046292 | 0,04615 | 0,080114206 | 0,000400571 | 0,159768174 | 0,00039942 |
| 104 | 0,52 | 0,046692 | 0,04655 | 0,079940248 | 0,000399701 | 0,159421887 | 0,000398555 |
| 105 | 0,525 | 0,047092 | 0,046948 | 0,079766667 | 0,000398833 | 0,159076353 | 0,000397691 |
| 106 | 0,53 | 0,047491 | 0,047346 | 0,079593463 | 0,000397967 | 0,158731567 | 0,000396829 |
| 107 | 0,535 | 0,047889 | 0,047743 | 0,079420635 | 0,000397103 | 0,15838753 | 0,000395969 |
| 108 | 0,54 | 0,048286 | 0,048139 | 0,079248183 | 0,000396241 | 0,158044239 | 0,000395111 |
| 109 | 0,545 | 0,048682 | 0,048534 | 0,079076105 | 0,000395381 | 0,157701693 | 0,000394254 |
| 110 | 0,55 | 0,049078 | 0,048928 | 0,0789044 | 0,000394522 | 0,15735989 | 0,0003934 |
| 111 | 0,555 | 0,049472 | 0,049322 | 0,078733069 | 0,000393665 | 0,157018829 | 0,000392547 |
| 112 | 0,56 | 0,049866 | 0,049714 | 0,078562109 | 0,000392811 | 0,156678507 | 0,000391696 |
| 113 | 0,565 | 0,050259 | 0,050106 | 0,078391521 | 0,000391958 | 0,156338924 | 0,000390847 |
| 114 | 0,57 | 0,05065 | 0,050497 | 0,078221303 | 0,000391107 | 0,156000077 | 0,00039 |
| 115 | 0,575 | 0,051042 | 0,050887 | 0,078051455 | 0,000390257 | 0,155661965 | 0,000389155 |
| 116 | 0,58 | 0,051432 | 0,051276 | 0,077881975 | 0,00038941 | 0,155324587 | 0,000388311 |
| 117 | 0,585 | 0,051821 | 0,051664 | 0,077712864 | 0,000388564 | 0,154987941 | 0,00038747 |
| 118 | 0,59 | 0,05221 | 0,052052 | 0,077544119 | 0,000387721 | 0,154652025 | 0,00038663 |
| 119 | 0,595 | 0,052598 | 0,052438 | 0,077375742 | 0,000386879 | 0,154316838 | 0,000385792 |
| 120 | 0,6 | 0,052984 | 0,052824 | 0,077207729 | 0,000386039 | 0,153982378 | 0,000384956 |
| 121 | 0,605 | 0,05337 | 0,053209 | 0,077040082 | 0,0003852 | 0,153648644 | 0,000384122 |
| 122 | 0,61 | 0,053756 | 0,053593 | 0,076872798 | 0,000384364 | 0,153315633 | 0,000383289 |
| 123 | 0,615 | 0,05414 | 0,053976 | 0,076705878 | 0,000383529 | 0,152983345 | 0,000382458 |
| 124 | 0,62 | 0,054524 | 0,054359 | 0,076539321 | 0,000382697 | 0,152651778 | 0,000381629 |
| 125 | 0,625 | 0,054906 | 0,054741 | 0,076373124 | 0,000381866 | 0,15232093 | 0,000380802 |
| 126 | 0,63 | 0,055288 | 0,055121 | 0,076207289 | 0,000381036 | 0,1519908 | 0,000379977 |
| 127 | 0,635 | 0,055669 | 0,055501 | 0,076041814 | 0,000380209 | 0,151661386 | 0,000379153 |
| 128 | 0,64 | 0,056049 | 0,05588 | 0,075876698 | 0,000379383 | 0,151332687 | 0,000378332 |
| 129 | 0,645 | 0,056429 | 0,056259 | 0,075711941 | 0,00037856 | 0,151004701 | 0,000377512 |
| 130 | 0,65 | 0,056807 | 0,056636 | 0,075547542 | 0,000377738 | 0,150677426 | 0,000376694 |
| 131 | 0,655 | 0,057185 | 0,057013 | 0,075383499 | 0,000376917 | 0,150350861 | 0,000375877 |
| 132 | 0,66 | 0,057562 | 0,057389 | 0,075219813 | 0,000376099 | 0,150025005 | 0,000375063 |
| 133 | 0,665 | 0,057938 | 0,057764 | 0,075056482 | 0,000375282 | 0,149699855 | 0,00037425 |
| 134 | 0,67 | 0,058313 | 0,058138 | 0,074893506 | 0,000374468 | 0,149375411 | 0,000373439 |
| 135 | 0,675 | 0,058688 | 0,058512 | 0,074730883 | 0,000373654 | 0,149051671 | 0,000372629 |
| 136 | 0,68 | 0,059061 | 0,058884 | 0,074568614 | 0,000372843 | 0,148728633 | 0,000371822 |
| 137 | 0,685 | 0,059434 | 0,059256 | 0,074406697 | 0,000372033 | 0,148406296 | 0,000371016 |
| 138 | 0,69 | 0,059806 | 0,059627 | 0,074245132 | 0,000371226 | 0,148084658 | 0,000370212 |
| 139 | 0,695 | 0,060178 | 0,059997 | 0,074083917 | 0,00037042 | 0,147763717 | 0,000369409 |
| 140 | 0,7 | 0,060548 | 0,060367 | 0,073923053 | 0,000369615 | 0,147443473 | 0,000368609 |
| 141 | 0,705 | 0,060918 | 0,060735 | 0,073762538 | 0,000368813 | 0,147123924 | 0,00036781 |
| 142 | 0,71 | 0,061286 | 0,061103 | 0,073602371 | 0,000368012 | 0,146805068 | 0,000367013 |
| 143 | 0,715 | 0,061654 | 0,06147 | 0,073442552 | 0,000367213 | 0,146486904 | 0,000366217 |
| 144 | 0,72 | 0,062022 | 0,061836 | 0,07328308 | 0,000366415 | 0,14616943 | 0,000365424 |
| 145 | 0,725 | 0,062388 | 0,062202 | 0,073123955 | 0,00036562 | 0,145852644 | 0,000364632 |
| 146 | 0,73 | 0,062754 | 0,062566 | 0,072965175 | 0,000364826 | 0,145536546 | 0,000363841 |
| 147 | 0,735 | 0,063119 | 0,06293 | 0,072806739 | 0,000364034 | 0,145221133 | 0,000363053 |
| 148 | 0,74 | 0,063483 | 0,063293 | 0,072648648 | 0,000363243 | 0,144906405 | 0,000362266 |
| 149 | 0,745 | 0,063846 | 0,063656 | 0,0724909 | 0,000362455 | 0,14459236 | 0,000361481 |
| 150 | 0,75 | 0,064208 | 0,064017 | 0,072333495 | 0,000361667 | 0,144278995 | 0,000360697 |
| 151 | 0,755 | 0,06457 | 0,064378 | 0,072176431 | 0,000360882 | 0,143966311 | 0,000359916 |
| 152 | 0,76 | 0,064931 | 0,064738 | 0,072019709 | 0,000360099 | 0,143654305 | 0,000359136 |
| 153 | 0,765 | 0,065291 | 0,065097 | 0,071863326 | 0,000359317 | 0,143342975 | 0,000358357 |
| 154 | 0,77 | 0,06565 | 0,065455 | 0,071707284 | 0,000358536 | 0,143032321 | 0,000357581 |
| 155 | 0,775 | 0,066009 | 0,065813 | 0,07155158 | 0,000357758 | 0,142722341 | 0,000356806 |
| 156 | 0,78 | 0,066366 | 0,06617 | 0,071396214 | 0,000356981 | 0,142413033 | 0,000356033 |
| 157 | 0,785 | 0,066723 | 0,066526 | 0,071241186 | 0,000356206 | 0,142104397 | 0,000355261 |
| 158 | 0,79 | 0,06708 | 0,066881 | 0,071086494 | 0,000355432 | 0,14179643 | 0,000354491 |
| 159 | 0,795 | 0,067435 | 0,067235 | 0,070932138 | 0,000354661 | 0,14148913 | 0,000353723 |
| 160 | 0,8 | 0,06779 | 0,067589 | 0,070778117 | 0,000353891 | 0,141182498 | 0,000352956 |
| 161 | 0,805 | 0,068144 | 0,067942 | 0,070624431 | 0,000353122 | 0,140876531 | 0,000352191 |
| 162 | 0,81 | 0,068497 | 0,068294 | 0,070471078 | 0,000352355 | 0,140571227 | 0,000351428 |
| 163 | 0,815 | 0,068849 | 0,068646 | 0,070318059 | 0,00035159 | 0,140266586 | 0,000350666 |
| 164 | 0,82 | 0,069201 | 0,068996 | 0,070165371 | 0,000350827 | 0,139962605 | 0,000349907 |
| 165 | 0,825 | 0,069552 | 0,069346 | 0,070013016 | 0,000350065 | 0,139659284 | 0,000349148 |
| 166 | 0,83 | 0,069902 | 0,069695 | 0,069860991 | 0,000349305 | 0,139356621 | 0,000348392 |
| 167 | 0,835 | 0,070251 | 0,070044 | 0,069709296 | 0,000348546 | 0,139054615 | 0,000347637 |
| 168 | 0,84 | 0,070599 | 0,070391 | 0,06955793 | 0,00034779 | 0,138753263 | 0,000346883 |
| 169 | 0,845 | 0,070947 | 0,070738 | 0,069406894 | 0,000347034 | 0,138452566 | 0,000346131 |
| 170 | 0,85 | 0,071294 | 0,071084 | 0,069256185 | 0,000346281 | 0,138152521 | 0,000345381 |
| 171 | 0,855 | 0,071641 | 0,07143 | 0,069105803 | 0,000345529 | 0,137853126 | 0,000344633 |
| 172 | 0,86 | 0,071986 | 0,071774 | 0,068955748 | 0,000344779 | 0,137554381 | 0,000343886 |
| 173 | 0,865 | 0,072331 | 0,072118 | 0,068806019 | 0,00034403 | 0,137256284 | 0,000343141 |
| 174 | 0,87 | 0,072675 | 0,072461 | 0,068656615 | 0,000343283 | 0,136958834 | 0,000342397 |
| 175 | 0,875 | 0,073018 | 0,072804 | 0,068507535 | 0,000342538 | 0,136662029 | 0,000341655 |
| 176 | 0,88 | 0,073361 | 0,073145 | 0,068358779 | 0,000341794 | 0,136365867 | 0,000340915 |
| 177 | 0,885 | 0,073703 | 0,073486 | 0,068210346 | 0,000341052 | 0,136070349 | 0,000340176 |
| 178 | 0,89 | 0,074044 | 0,073827 | 0,068062235 | 0,000340311 | 0,135775471 | 0,000339439 |
| 179 | 0,895 | 0,074384 | 0,074166 | 0,067914446 | 0,000339572 | 0,135481233 | 0,000338703 |
| 180 | 0,9 | 0,074723 | 0,074505 | 0,067766978 | 0,000338835 | 0,135187633 | 0,000337969 |
| 181 | 0,905 | 0,075062 | 0,074843 | 0,06761983 | 0,000338099 | 0,13489467 | 0,000337237 |
| 182 | 0,91 | 0,0754 | 0,07518 | 0,067473002 | 0,000337365 | 0,134602343 | 0,000336506 |
| 183 | 0,915 | 0,075738 | 0,075516 | 0,067326492 | 0,000336632 | 0,13431065 | 0,000335777 |
| 184 | 0,92 | 0,076074 | 0,075852 | 0,0671803 | 0,000335902 | 0,134019589 | 0,000335049 |
| 185 | 0,925 | 0,07641 | 0,076187 | 0,067034426 | 0,000335172 | 0,13372916 | 0,000334323 |
| 186 | 0,93 | 0,076745 | 0,076522 | 0,066888869 | 0,000334444 | 0,133439361 | 0,000333598 |
| 187 | 0,935 | 0,07708 | 0,076855 | 0,066743628 | 0,000333718 | 0,13315019 | 0,000332875 |
| 188 | 0,94 | 0,077414 | 0,077188 | 0,066598702 | 0,000332994 | 0,132861647 | 0,000332154 |
| 189 | 0,945 | 0,077747 | 0,07752 | 0,066454091 | 0,00033227 | 0,13257373 | 0,000331434 |
| 190 | 0,95 | 0,078079 | 0,077852 | 0,066309794 | 0,000331549 | 0,132286437 | 0,000330716 |
| 191 | 0,955 | 0,07841 | 0,078182 | 0,06616581 | 0,000330829 | 0,131999767 | 0,000329999 |
| 192 | 0,96 | 0,078741 | 0,078512 | 0,066022138 | 0,000330111 | 0,13171372 | 0,000329284 |
| 193 | 0,965 | 0,079071 | 0,078842 | 0,065878779 | 0,000329394 | 0,131428292 | 0,000328571 |
| 194 | 0,97 | 0,079401 | 0,07917 | 0,065735731 | 0,000328679 | 0,131143484 | 0,000327859 |
| 195 | 0,975 | 0,079729 | 0,079498 | 0,065592994 | 0,000327965 | 0,130859294 | 0,000327148 |
| 196 | 0,98 | 0,080057 | 0,079825 | 0,065450566 | 0,000327253 | 0,13057572 | 0,000326439 |
| 197 | 0,985 | 0,080385 | 0,080152 | 0,065308448 | 0,000326542 | 0,130292762 | 0,000325732 |
| 198 | 0,99 | 0,080711 | 0,080477 | 0,065166639 | 0,000325833 | 0,130010417 | 0,000325026 |
| 199 | 0,995 | 0,081037 | 0,080802 | 0,065025137 | 0,000325126 | 0,129728684 | 0,000324322 |
| 200 | 1 | 0,081362 | 0,081127 | 0,064883943 | 0,00032442 | 0,16484509 | 0,000412113 |

Рис 2.2 Графік yi методом Прогноза-Корекції

Висновки

Моделювання Динамічних систем представляє з себе сукупність звичайних диференціальних рівнянь у формі Коши. Які в цій Курсовой роботі ми розв'язували за допомогою методу Ейлера і методу Прогноза-Корекції

Дані,обчислені за допомогою методу Прогноза-Корекції є більш точними,ніж дані з метода Ейлора.

Розділ 3. Розробка програмного забезпечення для реалізації методу Ейлера та методу Прогноза-Корекції

3.1. Розробка схеми алгоритму програми

Блок-Схема (3.1) Метод Ейлера

Ввід

F(t,y),x,y,n,h

I=1,n

y=y0+h\*f(t0,y0)

x=xo+h

Вивід

X,Y

x0=x

y0=y

Блок-Схема (3.2) Метод Прогноза-Корекції

Ввід

F(t,y),x,y,n,h

x < xn

x1 = x + h;

y1p = predict(x, y, h);

y1c = correct(x, y, x1, y1p, h);

x = x1;

y = y1c;

Вивід

X,Y

3.2. Код програми для розрахунку та Результат

Код програми з Методом Ейлера:

import math

import matplotlib.pyplot as plt

import numpy as np

from matplotlib import mlab

x0 = 0

y0 = 0

n = 201

xn = 1

h = 0.005

func\_1 = lambda x, y: 1/10 - 13/30 \* y

i\_list = np.arange(0, n, 1)

x\_list = [(x0 + h \* i) for i in i\_list]

y\_list = []

print("Метод Эйлера")

yn\_1 = y0

print('x0\ty0')

for x in x\_list:

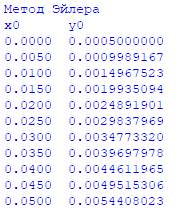
yn = yn\_1 + h \* func\_1(x, yn\_1)

yn\_1 = yn

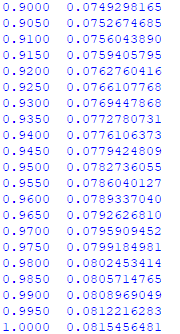
y\_list.append( yn )

print('%.4f\t%.4f'% (x,yn) )

Результат:



……………………..



Код програми з Методом Прогноза-Корекції:

import math

import matplotlib.pyplot as plt

import numpy as np

from matplotlib import mlab

def f(x, y):

v = 1/10 - 13/30 \* y;

return v;

def predict(x, y, h):

y1p = y + h \* f(x, y);

return y1p;

def correct(x, y, x1, y1, h):

e = 0.005;

y1c = y1;

while (abs(y1c - y1) > e + 1):

y1 = y1c;

y1c = y + 0.5 \* h \* (f(x, y) + f(x1, y1));

return y1c;

print('Метод Прогноза-Корекції ')

print ('x0\ty0')

def printFinalValues(x, xn, y, h):

while (x < xn):

x1 = x + h;

y1p = predict(x, y, h);

y1c = correct(x, y, x1, y1p, h);

x = x1;

y = y1c;

print('%.4f\t%.10f'%(x,y));

if \_\_name\_\_ == '\_\_main\_\_':

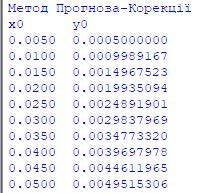
x = 0; y = 0;

xn = 1;

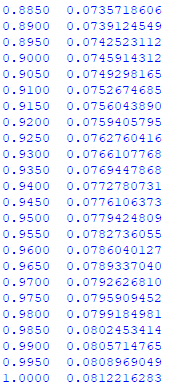
h = 0.005;

printFinalValues(x, xn, y, h);

Результат:



…………………………



3.3. Інструкція користувачу

1)Скачати файл з програмою

2)Запустити програму

3)Натиснути кнопку F5

4)Отримати данні у виді таблиці

Висновки

Програма працює успішно.дані отримані в ній збігаються з даними ручного обчислення.Програма відміно підходить для вирішення диф. Рівнянь методом Ейлера та методом Прогноза-Корекції.

Загальні Висновки

За цю Курсову роботу ми вирішили дифіренційне рівняння

двома Методами : Метод Ейлера та Метод Прогноза-Корекції. Дізналися.що Метод Ейлера застосовується для простих діф.рівн..а метод Прогноза-Корекції можливо використовувати для диференційних рівнянь вищих порядків.

Метод Прогноза-Корекції більш точний,ніж Метод Ейлера.

Література

1) Эйлер Л. Интегральное исчисление. Том 1. — М.: ГИТТЛ. 1956.

2)  Atkinson, Kendall A. (1989), *An Introduction to Numerical Analysis* (2nd ed.), New York: John Wiley & Sons, с. 342, ISBN 978-0-471-50023-0

3) *Арнольд В. И.* Обыкновенные дифференциальные уравнения

4) Методичні вказівки до виконання другої навчальної практики. Для студентів спеціальності 6.080203 «Системний аналіз і управління» / Упорядники: А.І. Лазорін, Т.А. Желдак. - Дніпропетровськ: Наука і освіта. – 44 с.

5) *Муха В. С.* Вычислительные методы и компьютерная алгебра: учеб.-метод. пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — Минск: БГУИР, 2010. — 148 с.: ил, ISBN 978-985-488-522-3, УДК 519.6 (075.8), ББК 22.19я73, М92

6) Johanna M Debrecht Euler’s Method with Python