

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет автоматики та енергетики
Кафедра автоматизації виробничих процесів

**РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ НА ПІДСТАВІ
ФІЗИЧНИХ ЗАКОНІВ**

Методичні вказівки до виконання курсової роботи
з курсу: «Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації»
для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»

м. Кропивницький 2021

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет автоматики та енергетики
Кафедра автоматизації виробничих процесів

**РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ НА ПІДСТАВІ
ФІЗИЧНИХ ЗАКОНІВ**

Методичні вказівки до виконання курсової роботи
з курсу: «Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації»
для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»

Затверджена
на засіданні кафедри АВП
протокол № 5 від 10.11.2021

Кропивницький 2021

Розробка комп'ютерної моделі процесу на підставі фізичних законів.
Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсу: «Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації» для студентів спеціальності 151
Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / Укл.: В.А. Зозуля.-
Кропивницький: ЦНТУ, 2021. – 30с.

Укладачі: В.А. Зозуля - к.т.н, доцент кафедри АВП

Рецензент: С.І. Осадчий— д.т.н., професор АВП

Центральноукраїнський національний технічний університет, 2021р.

Зміст

1. Мета і призначення курсового проектування	5
2 Завдання на курсову роботу	5
3. Вимоги до оформлення магістерської роботи.....	6
3.1 Загальні вимоги до текстових документів	6
3.2 Побудова пояснювальної записки	7
3.3 Оформлення ілюстрацій та додатків	8
3.4 Побудова таблиць	9
3.5 Посилання та складання списку літератури	10
3.6 Вимоги до графічної частини курсової роботи	11
3.7 Позначення курсової роботи	11
4 Методичний приклад виконання курсової роботи	13
4.1 Теоретичні відомості	13
4.2 Постановка задачі.....	15
4.3 Побудова електричного поля диполя.....	15
4.4 Побудова електричного поля поблизу квадруполя	20
4.5 Побудова електричного поля на великій відстані від квадруполя	22
4.6 Побудова залежності електричного поля в ближній і дальній зонах від відстані до центра системи та відстані між зарядами	24
Список використаної літератури.	26
Додаток А	27
Додаток Б	28
Додаток В	29
Додаток Е	30

1 Мета і призначення курсового проектування

Курсова робота з дисципліни «Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації» це використання інформаційних технологій, знань і навичок для рішення ряду дослідницьких задач, що виникають при проектуванні і вивченні моделі об'єкта технологічного процесу. Значна частина курсової роботи містить у собі використання різних методів і їхньої реалізації в MATLAB та Simulink. Курсова робота на відміну від лабораторної роботи передбачає комплексний характер роботи і велику самостійність студента у виборі параметрів об'єкта вивчення, виду математичних функцій, використовуваних для апроксимації одержуваної табличної даних, структури тексту, звіту й ін.

Мета роботи - закріплення і поглиблення теоретичного матеріалу курсу, а також підготовка студентів до самостійного і творчого рішення інженерних завдань, як в період дипломного проектування, виконання магістерської роботи так і в подальшій практичній діяльності.

Призначення роботи - практичне освоєння методів моделювання процесів та систем.

2 Завдання на курсову роботу

Курсова робота формується як загальна універсальна задача для всіх студентів. Однак для кожного з них передбачається свій варіант постановки задачі, що уточнюється і конкретизується керівником курсової роботи. Задача студента не тільки належним образом виконати заданий варіант параметрів і навантажень, але і виявити творчий підхід до проблеми вивчення динамічних характеристик маючи у виді не тільки використання сучасних інформаційних технологій, але постановку специфічно нових питань у процесі вивчення.

Теми курсової роботи:

1. Моделювання електричного поля системи нерухомих зарядів.
2. Моделювання магнітного поля витка з постійним струмом.
3. Моделювання магнітного поля соленоїда з постійним струмом.
4. Моделювання магнітного поля тороїдальної обмотки з постійним струмом.
5. Чисельне рішення рівнянь Лапласа і Пуассона.

6. Моделювання руху електричних зарядів в постійному магнітному полі.
7. Моделювання руху електричних зарядів в постійних електричних і магнітних полях.
8. Моделювання розкладання періодичних сигналів в ряди Фур'є.
9. Моделювання лінійного гармонічного осцилятора.
10. Моделювання математичного маятника.
11. Моделювання вільних коливань ланцюжка пов'язаних гармонійних осциляторів.
12. Моделювання вимушених коливань ланцюжка пов'язаних гармонійних осциляторів.
13. Моделювання затухаючих коливань.
14. Моделювання хвильових рухів.
15. Моделювання руху ґраткового газу.
16. Спектральний аналіз дискретних функцій кінцевої тривалості.

3 Вимоги до оформлення магістерської роботи

Курсову роботу необхідно оформлювати відповідно до Державного стандарту України ДСТУ 3008-95 "Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення".

Пояснювальна записка складається з наступних частин: титульний аркуш, який оформлюється відповідно до наказу Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України від 29 березня 2012 року № 384 Форма № Н-9.02 (додаток А); зміст вважається першим аркушем пояснювальної записки (ПЗ), виконується на листі формату А4 з основним написом по ГОСТ 2.104-68 (додаток Б). Нумерація листів ПЗ і застосування наскрізна. Усі застосування з вказівкою їх номерів і заголовків мають бути перераховані в змісті. Далі за змістом вкладається основна частина з розділами на підрозділах, закінчуються ПЗ висновком де зазначаються обґрунтування основних результатів та список використаної літератури.

3.1 Загальні вимоги до текстових документів

Текстові документи виконують державною мовою на одному боці аркуша білого паперу формату А4 (210x297) ГОСТ 2.301-68 з рамкою ГОСТ 2.104-68

(додаток В), за машинописного способу виконання текстові документи друкують через півтора інтервали, але не більше 40 рядків на сторінці за умови рівномірного її заповнення та висотою літер і цифр 14 пт . Відстань від рамки до меж тексту на початку та вкінці рядків повинна бути не менше 3 мм, а відстань від верхнього чи нижнього рядка тексту до верхньої чи нижньої рамки - не менше 10 мм.

Абзацний відступ повинен бути однаковим впродовж усього тексту пояснювальної записки і дорівнювати п'яти знакам (15...17 мм).

3.2 Побудова пояснювальної записки

Розділи, підрозділи пояснювальної записки слід нумерувати арабськими цифрами. Розділи пояснювальної записки повинні мати порядкову нумерацію і позначатися арабськими цифрами без крапки, наприклад, 1, 2, 3, і т. д.

Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію в межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу і порядкового номера підрозділу, відокремлених крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять, наприклад, 1.1, 1.2, і т. д.

Структурні елементи „АНОТАЦІЯ”, „ЗМІСТ”, „ВСТУП”, „ВИСНОВКИ”, „СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ”, не нумерують, а їх назви правлять за заголовки структурних елементів.

Заголовки структурних елементів пояснювальної записки і заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка і друкувати великими літерами без крапки в кінці, не підкреслюючи. Заголовки підрозділів звіту слід починати з абзацного відступу і друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи, без крапки в кінці. Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою.

Перенесення слів у заголовку розділу не допускається.

Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом має бути один рядок.

Відстань між основами рядків заголовку, а також між двома заголовками приймають такою, як у тексті.

Не допускається розміщувати назву розділу, підрозділу, а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту.

3.3 Оформлення ілюстрацій та додатків

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки) слід розміщувати у звіті безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання у пояснювальній записці.

Ілюстрації повинні бути виконані у відповідності з вимогами стандартів ЄСКД та ЄСПД.

Ілюстрації можуть мати назву, яку розміщують під ілюстрацією. За необхідності під ілюстрацією розміщують пояснювальні дані (підрисунковий текст).

Ілюстрація позначається словом „Рисунок __”, яке разом з назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних, *наприклад*, „Рисунок 3.1 – Схема розміщення”.

Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією в межах розділу, за винятком ілюстрацій, наведених у додатках.

Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою, *наприклад*, рисунок 3.2 – другий рисунок третього розділу.

При посиланнях на ілюстрації треба писати "... відповідно до рисунку 2" при наскрізній нумерації та "... відповідно до рисунку 1.2" при нумерації в межах розділу.

Матеріал, що доповнює текст документа, допускається розміщувати в **додатках**. Додаток оформлюють як продовження даного документа на наступних його аркушах. У тексті документа на всі додатки повинні бути посилання. Додатки розташовують у порядку посилань на них у тексті документа. Кожний додаток треба починати з нової сторінки зі слова "Додаток" зверху посередині сторінки та його позначення. Додаток повинен мати заголовок, що записують

3.4 Побудова таблиць

Матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць у відповідності з рисунком 3.1 Назву слід розміщувати над таблицею.

Матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць у відповідності з рисунком 3.1 Назву слід розміщувати над таблицею.

Головка

Заголовки
граф
Підзаголовки
граф
Рядки

Боковик (графа
для заголовків
рядків)

Таблиці, за винятком таблиць додатків, слід нумерувати арабськими цифрами наскрізною нумерацією.

До всіх таблиць документа повинні бути наведені посилання у тексті

документа. При посиланні треба писати слово "таблиця" з вказівкою її номеру.

Таблицю, залежно від її розміру, розміщують під текстом, у якому вперше подане посилання на неї, чи на наступній сторінці, а, при необхідності, в додатку до документа.

Допускається розміщувати таблицю вздовж довгого боку аркуша документа.

Якщо рядки чи графи таблиці виходять за формат сторінки, її ділять на частини, розміщуючи одну частину під іншою чи поруч, при цьому в кожній частині таблиці повторюють її головку та боковик. При діленні таблиці на частини допускається її головку чи боковик замінити відповідно номером граф та рядків. При цьому нумерують арабськими цифрами графи і (або) рядки першої частини таблиці.

3.5 Посилання та складання списку літератури

При написанні курсової роботи необхідно давати **посилання** на джерела, матеріали або окремі результати з яких наводяться в пояснювальній записці. Посилання в тексті пояснювальної записки на джерела слід зазначати порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад, "...у роботах [1 - 3]...".

В **список літератури** включають перелік всіх використаних джерел: публікації всіх видів, патентні матеріали, тощо. Такий список розташовують в кінці пояснювальної записки перед додатками.

До списку джерела розташовують у порядку появи посилань в тексті пояснювальної записки.

3.6 Вимоги до графічної частини курсової роботи

Оснoву графічної частини роботи складають креслення, схеми, демонстраційні таблиці, формули розрахунків, графіки та діаграми.. Креслення та схеми виконують на аркушах стандартного формату А1 розміром 594*841 мм.

Приведені на кресленнях схеми виконуються в строгій відповідності з вимогами ГОСТ 2.701-84 "Схеми. Види та типи. Загальні вимоги до виконання". Правила виконання кожного типу електричних схем визначені ГОСТ 2.702-75.

Умовні графічні позначення елементів електричних схем визначені стандартами Єдиної системи конструкторської документації /ЄСКД/ від ГОСТ 2.721-74 до ГОСТ 2.755-87.

Кожний елемент, пристрій або функціональна група електричних схем повинна мати умовні літерно-цифрові позначення. Ці позначення визначаються ГОСТ 2.710-81 "Позначення літерно-цифрові в електричних схемах".

Кожне креслення постачається основним надписом, який розташовується в правому нижньому куті креслення (на форматі А3, А4 тільки вздовж короткої сторони аркуша, а на інших вздовж довгої). Всі графи основного надпису виконуються в відповідності з ГОСТ 2.104-68 (додаток Е).

Програмні документи оформлюються у відповідності з вимогами ГОСТ 19.105-78 і іншими стандартами ЄСКД на відповідні документи.

Всі креслення обов'язково підписуються студентом та керівником.

3.7 Позначення курсової роботи

Позначення документів роботи (пояснювальної записки, складальної одиниці, схеми та ін.) записують в графі 2 основного надпису згідно з ГОСТ 2.104-63 по такій схемі:

- 1) скорочено зазначають позначення документа: **курслова робота** - КР;
- 2) через тире зазначають шифр спеціальності, наприклад, напрямок 6.050201 «Системна інженерія»;
- 3) після шифру спеціальності ставлять крапку і вписують рік виконання проекту (дві останні цифри), наприклад, 13;
- 4) після року ставлять крапку і зазначають порядковий номер групи.

Порядковий номер групи має чотири розряди з них перші два вміщують номер групи (01 або 02), другі два розряди повинні відповідати порядковому номеру за груповим журналом;

5) після порядкового номеру групи складальних одиниць ставлять крапку і зазначають порядковий номер складальної одиниці, порядковий номер деталі і шифр документа. Номер складальної одиниці відповідає номеру креслення формату А1 в тій послідовності, в якій розроблений графічний матеріал. Номер

деталі проставляється в тому випадку, якщо на одному аркуші формату А1 представлено декілька креслень, які виконані на менших форматах. Позначення проекту закінчують шифром документа. Структура позначення курсової роботи показана на рисунку 3.2.

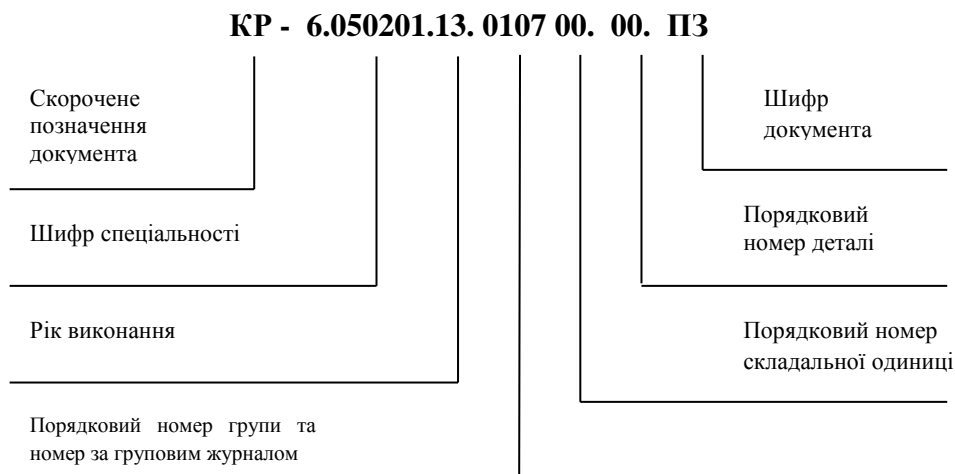


Рисунок 3.2- Структура позначення проекту

Види і типи схем. Згідно з ГОСТ 2.701-84 схеми залежно від видів елементів і зв'язків, що входять до складу виробу, поділяють на такі види: електричні - Е, гідравлічні - Г, пневматичні - П, кінематичні - К, оптичні - Л.

Допускається розробляти схеми: вакуумні - В, газові - Х, автоматизації - А, комбіновані -С.

Залежно від основного призначення схеми поділяють на такі типи: структурні - 1, функціональні - 2, принципові - 3, з'єднань (монтажні) - 4, підключення - 5, загальні - 6, розміщення - 7, інші - 8.

Шифри схем, які входять до складу конструкторської документації виробів повинні складатися з літери, що визначає вид схеми та цифри, що визначить тип схеми. Наприклад, схема електрична функціональна матиме шифр Е2.

4 Методичний приклад виконання курсової роботи

Комп'ютерне моделювання електричного поля системи нерухомих зарядів

4.1 Теоретичні відомості

Електричне поле, що створюється нерухожим точковим електричним зарядом q у вакуумі в даній точці простору, характеризується скалярним потенціалом

$$\varphi(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{q}{|R-r|} \quad 4.1$$

де R - радіус-вектор точки спостереження, r - радіус вектор точки, в якій знаходиться електричний заряд, $\epsilon_0=8.85*10^{-12}\text{Ф/м}$. Векторною характеристикою даного поля є напруженість

$$E = V\varphi(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} * \frac{q}{|R-r|^3} (R - r) \quad 4.2$$

Скалярний потенціал електричної системи, що складається з N електричних зарядів, $q_1, q_2 \dots q_N$, і напруженість електричного поля, що задовольняється принципом суперпозиції:

$$\varphi(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \frac{q}{|R-r|} \quad 4.3$$

$$E(R) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^N \frac{q}{|R-r|^3} (R - r) \quad 4.4$$

де r_i - координата i -го заряду.

При аналізі електростатичних полів системи довільно розташованих зарядів, що характеризуються скалярною функцією - потенціалом $\varphi(R)$ і векторною функцією - напруженістю $E(R)$, виникає завдання наочного представлення цих величин. Один з можливих способів представлення потенціалу електростатичного поля $\varphi(R)$ реалізується наступною послідовністю дій:

- завдання функції, яка повертає значення потенціалу, що обчислюються відповідно (4.3) у вузлах заданої координатної сітки.
- завдання дискретної координатної сітки;
- обчислення відповідно до (4.3) значення в кожному вузлі координатної сітки.
- побудова графіка поверхні і карти екіпотенціалей.

Дотримуючись послідовності дій, описаної вище, можна створити m-файл містить опис функції $\varphi(R)$.

Ця функція повертає матрицю розмірності $N_y * N_x$, що має в собі значення потенціалу у відповідних вузлах координатою сітки.

Обчислимо потенціал, що створюється системою, що складається з $N=50$ електричних зарядів розташованих в точках з координатами

$$(-5R_0 + \frac{10R_0}{N} * i) \quad 4.5$$

$y_i = 0, i = 1, \dots, N$. Для проведення обчислень в якості одиниць вимірювання заряду будемо використовувати заряд електрона $e=1.6 \cdot 10^{-16}$ Кл, одиниць виміру довжини $R_0=10^{-6}$.

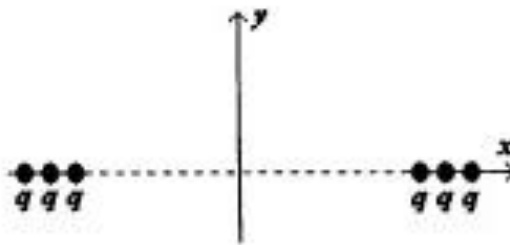


Рисунок 4.1- Розташування електричних зарядів

На відміну від функції $\varphi(R)$ напруженість електричного поля є векторною функцією, яка в кожній точці простору характеризується величиною поля і напрямом. Для опису векторного поля будемо використовувати силові лінії, дотичні до яких в кожній точці паралельні вектору напруженості електричного поля, але не його величиною, для аналізу зміни величини напруженості електричного поля в просторі будемо використовувати функцію $|E(R)|$.

Таким чином, для дослідження особливостей напруженості електричного поля, створюваного довільній конфігурацією електричних зарядів, слід:

- задати в просторі дискретну координатну сітку;
- обчислити у вузлах сітки координати напруженості електричного поля

$$E(R) = (E_x, E_y); \quad 4.6$$

- побудувати в кожному вузлі мережі одиничні вектори дотичні до силовій лінії електричного поля;

$$n = \left(\frac{E_x}{|E|}, \frac{E_y}{|E|} \right), \quad 4.7$$

- побудувати графік поверхні і карту ліній рівня функції $|E(R)|$.

4.2 Постановка задачі

Створіть документ, що дозволяє будувати потенціал і напруженість електричного поля квадруполя, тобто електричну систему яка складається за 4 рівних по абсолютній величині зарядів, розміщених на вершинах квадрата. Необхідно з'ясувати:

1. Як виглядає електричне поле поблизу квадруполя (ближня зона)?
2. Як виглядає електричне поле на великій відстані від квадруполя (дальня зона)?
3. Дослідіть залежність електричного поля в ближній і дальній зонах від відстані до центра системи та відстані між зарядами.

Вважаємо, що заряди, які розміщені в сусідніх вершинах мають різний знак:

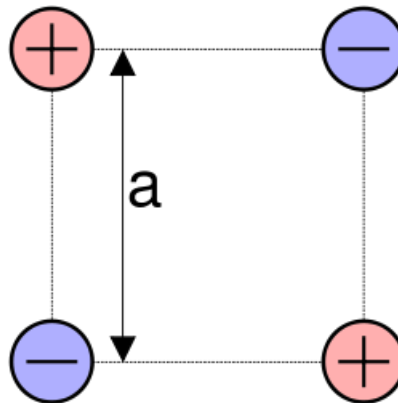


Рисунок 4.2-Схема зображення квадруполя

4.3 Побудова електричного поля диполя

Функція підрахунку потенціалу Potential.m

```
function Phi=Potential(q,xq,yq,X,Y);
% q - вектор, що містить значення електричних зарядів
% xq, yq-вектори, що містять x-ві і y-ві координати електричних зарядів
% X, Y - вектори, що містять x-ві і y-ві координати вузлів сітки
e0=8.85*10^-12; % діелектрична проникність вакууму
Nq = length (q);% число зарядів в системі
Nx = length (X);% число вузлів по осі OX
Ny = length (Y);% число вузлів по осі OY
% прохід по кожному вузлу сітки
```

```

for i=1:Ny
    for j=1:Nx
        s=0; % підсумовування по зарядам
        for k=1:Nq
            s=s+q(k)/((X(j)-xq(k))^2+(Y(i)-yq(k))^2)^0.5;
        end;
        M(i,j)=s/(4*pi*e0);
    end;
end;
Phi=M;

```

Програма для побудови потенціалу електричного поля диполя poten.m

```

e=1.6*10^-16; % заряд електрона
R0=10^-6; % одиниця виміру довжини
N=2; %число зарядів
i=1;
q(i)=e; % заповнення вектора, який містить позитивні заряди
i=2;
q(i)=-e;% заповнення вектора, який містить негативні заряди
x1=-5*R0; % x-ва координата лівого кінця системи зарядів
x2=5*R0; % x-ва координата правого кінця системи зарядів
xq(i)=x1+(x2-x1)/N*i; %підрахунок x-вих координат системи зарядів
yq(i)=0; % задання у-вих координат системи зарядів
N1=78; % число вузлів прямокутної координатної сітки
Xmin=-10*R0; Ymin=-10*R0; % задання координат нижнього лівого кута
                                % координатної сітки
Xmax=10*R0; Ymax=10*R0; % задання координат верхнього правого кута
                                %координатної сітки
i=1:N1+1;
X(i)=Xmin+(Xmax-Xmin)/N1*(i+1); % підрахунок x-вих координат вузлів сітки
j=1:N1+1;
Y(j)=Ymin+(Ymax-Ymin)/N1*(j+1); % підрахунок у-вих координат вузлів сітки
M(i,j)=Potential(q,xq,yq,X,Y);%підрахунок значень потенціалу в вузлах
                                %координатної сітки
[X1,Y1]=meshgrid(X,Y); % підрахунок матриць X1, Y1, що використовуються
                                % функціями візуалізації дво- і тривимірних залежностей
surf(X1,Y1,M); % візуалізація поверхні f=f(x,y)
figure (2);% візуалізація поверхні без зображення сітки і заповнення поверхні
surf(X1,Y1,M);
shading interp
figure(3);% графік двовимірної карти ліній рівня функції
contour(X1,Y1,M,33)% де 33 - число ліній рівня
figure (4)% виведення значень, що відповідає кожній еквіпотенціалі
[C,h]=contour(X1,Y1,M);
clabel(C,h)

```



```
colormap cool
figure(5);%відображення поверхні та карти ліній рівня
meshc(X1,Y1,M)
figure(6);% побудова тривимірної карти ліній рівня
contour3(X1,Y1,M)
```

Програма для побудови напруженості електричного поля диполя par.m

```
e=1.6*10^-16; % заряд електрона
R0=10^-6; % одиниця вимірювання відстані
N=2; %число зарядів
i=1;
q(i)=e; % заповнення вектора, який містить позитивні заряди
i=2;
q(i)=-e;% заповнення вектора, який містить негативні заряди
x1=-5*R0; % x-ва координата лівого кінця системи зарядів
x2=5*R0; % x-ва координата правого кінця системи зарядів
xq(i)=x1+(x2-x1)/N*i; % обчислення x-вих координат системи зарядів
yq(i)=0; % задання у-вих координат системи зарядів
N1=78; % число вузлів прямокутної координатної сітки
Xmin=-10*R0; Ymin=-10*R0; % задання координат нижнього лівого кута
                                %координатної сітки
Xmax=10*R0; Ymax=10*R0; % задання верхнього правого кута
                                %координатної сітки

i=1:N1+1;
X(i)=Xmin+(Xmax-Xmin)/N1*(i+1); % обчислення x-вих координат вузлів сітки
j=1:N1+1;
Y(j)=Ymin+(Ymax-Ymin)/N1*(j+1); % обчислення у-вих координат вузлів сітки
M(i,j)=Potential(q,xq,yq,X,Y); %обчислення значень потенціалу у вузлах
                                %координатної сітки
[X1,Y1]=meshgrid(X,Y); %обчислення матриць X1, Y1, використовуваних
                                % функціями візуалізації дво- і тривимірних залежностей
[px,py]=gradient(-M,0.1,0.1); %обчислення градієнта функції
px1=px./(px.^2+py.^2).^0.5;
py1=py./(px.^2+py.^2).^0.5;
figure (1);
quiver(X1,Y1,px1,py1,0.5)% побудова векторного поля одиничних векторів,
                                %дотичних до силової лінії у вузлах координатної сітки
mp=(px.^2+py.^2).^0.5;% обчислення абсолютних значень вектора
                                %напруженості у вузлах координатної сітки

figure(2);
contour(X1,Y1,mp,17); % побудова ліній рівної напруженості
```

Графіки потенціалу електричного поля диполя

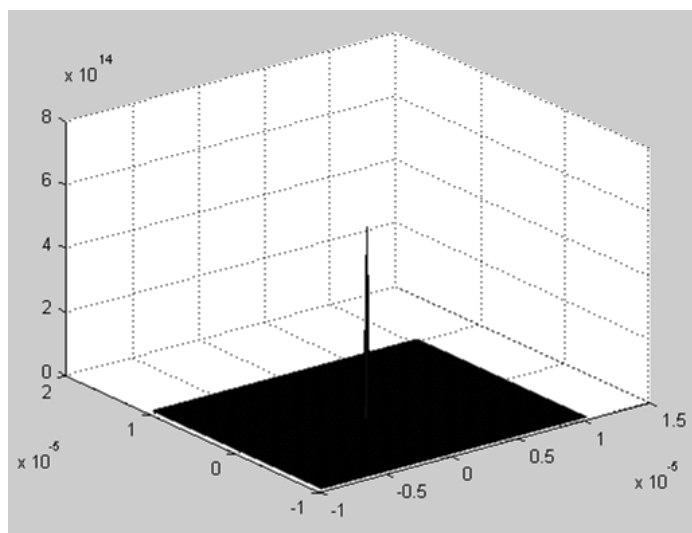


Рисунок 4.3-Візуалізація поверхні $f=f(x,y)$

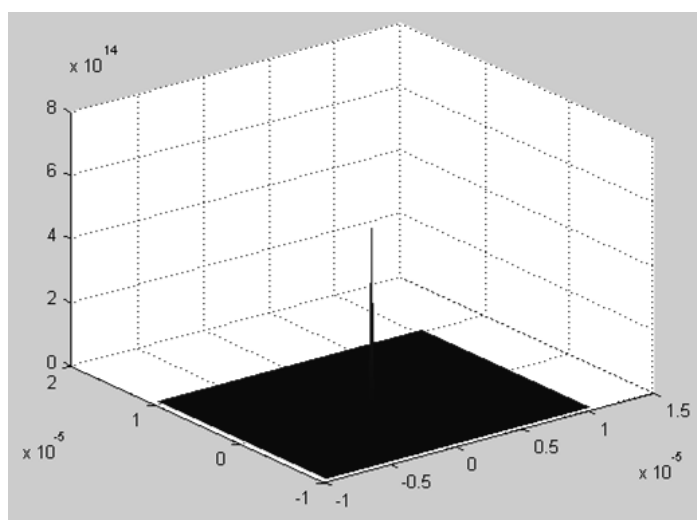


Рисунок 4.4-Візуалізація поверхні $f=f(x,y)$ без зображення сітки і заповнення поверхні

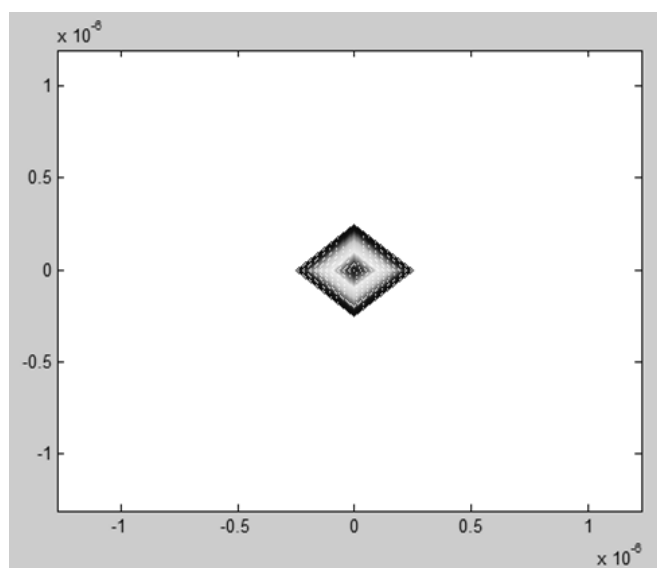


Рисунок 4.5-Графік двовимірної карти ліній рівня функції $f=f(x,y)$

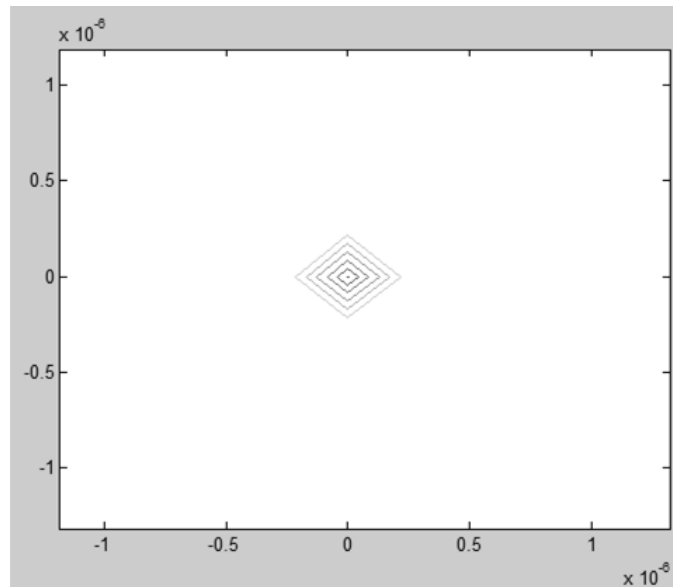


Рисунок 4.6-Графік поверхні та карти ліній рівня $f=f(x,y)$

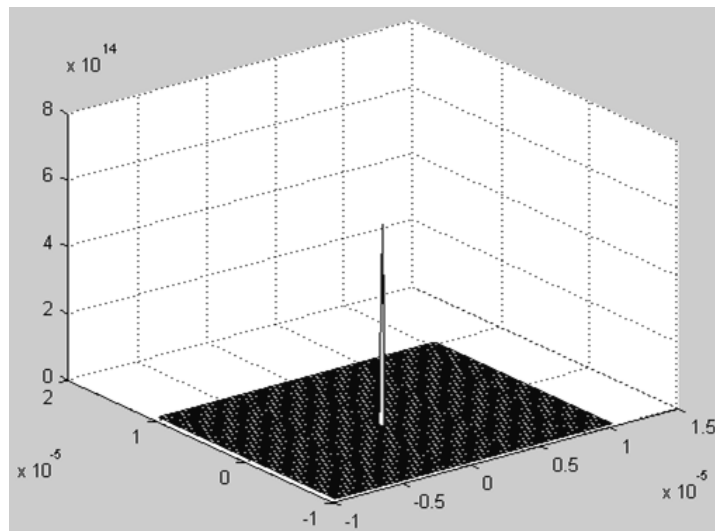


Рисунок 4.7- Графік поверхні та карти ліній рівня $f=f(x,y)$

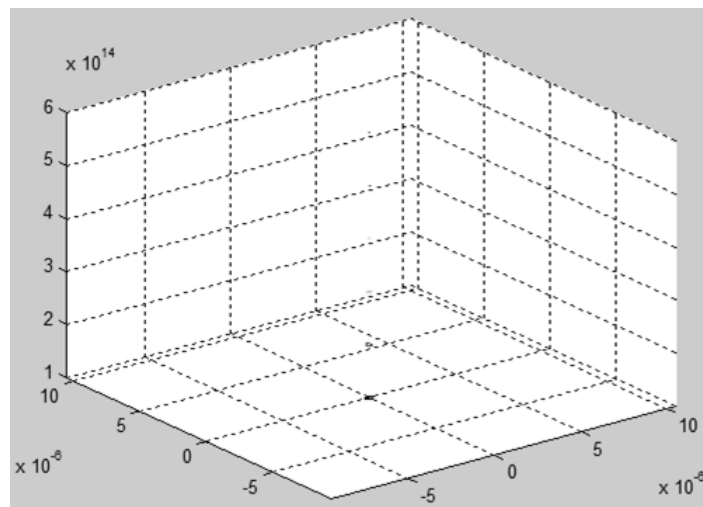


Рисунок 4.8-Графік тривимірної карти ліній рівня $f=f(x,y)$

Графіки напруженості електричного поля диполя

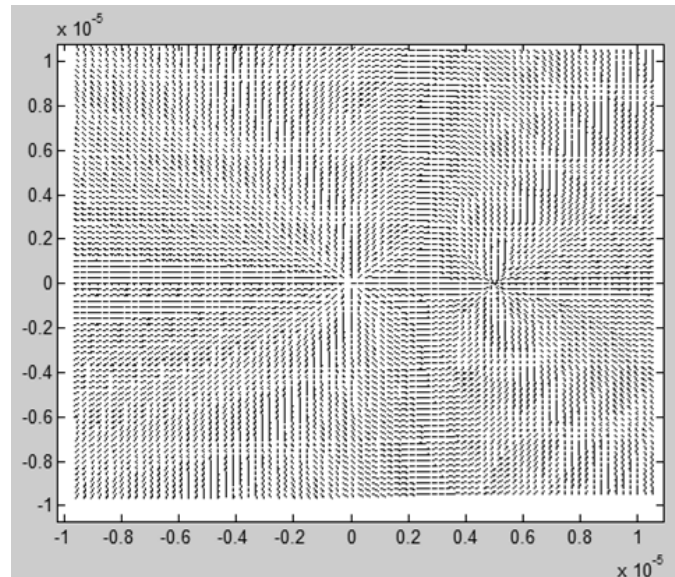


Рисунок 4.9-Графік напруженості електричного поля в векторній формі

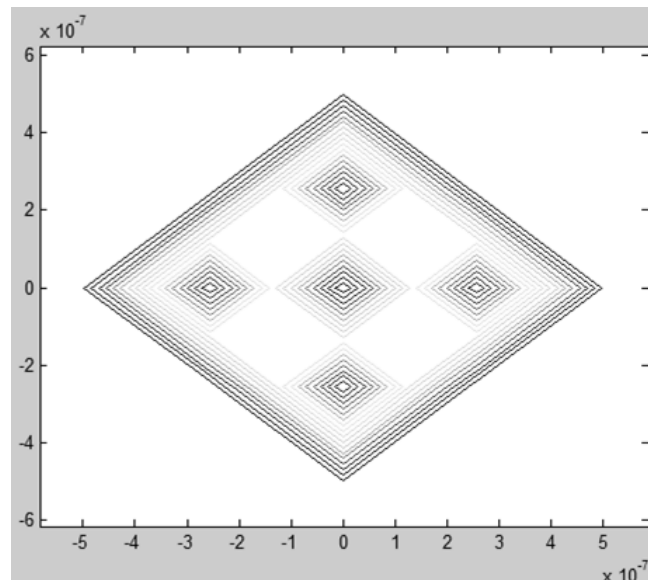


Рисунок 4.10- Графік напруженості електричного поля. Лінії рівної напруженості

4.4 Побудова електричного поля поблизу квадруполя

Програма poten1.m

```
e=1.6*10^-12; % заряд електрона
R0=10^-5; % одиниця виміру довжини
N=2; %число зарядів
i=1;
q(i)=e; % заповнення вектора, який містить позитивні заряди
i=2;
q(i)=-e;% заповнення вектора, який містить негативні заряди
x1=-5*R0; % x-ва координата лівого кінця системи зарядів
x2=5*R0; % x-ва координата правого кінця системи зарядів
xq(i)=x1+(x2-x1)/N*i; %підрахунок x-вих координат системи зарядів
```

```

uq(i)=0; % задання у-вих координат системи зарядів
N1=78; % число вузлів прямокутної координатної сітки
Xmin=-10*R0; Ymin=-10*R0; % задання координат нижнього лівого кута
                                %координатної сітки
Xmax=10*R0; Ymax=10*R0; % задання координат верхнього правого кута
                                %координатної сітки

i=1:N1+1;
X(i)=Xmin+(Xmax-Xmin)/N1*(i+1); % підрахунок х-вих координат вузлів сітки
j=1:N1+1;
Y(j)=Ymin+(Ymax-Ymin)/N1*(j+1); % підрахунок у-вих координат вузлів сітки
M(i,j)=Potential(q,xq,uq,X,Y);%підрахунок значень потенціалу в вузлах
                                %координатної сітки
[X1,Y1]=meshgrid(X,Y); % підрахунок матриць X1, Y1, що використовуються
                                %функціями візуалізації дво- і тривимірних залежностей
surf(X1,Y1,M); % візуалізація поверхні  $f=f(x,y)$ 

```

Програма napr1.m

```

e=1.6*10^-12; % заряд електрона
R0=10^-5; % одиниця виміру довжини
N=2; %число зарядів
i=1;
q(i)=e; % заповнення вектора, який містить позитивні заряди
i=2;
q(i)=-e;% заповнення вектора, який містить негативні заряди
x1=-5*R0; % х-ва координата лівого кінця системи зарядів
x2=5*R0; % х-ва координата правого кінця системи зарядів
xq(i)=x1+(x2-x1)/N*i; % обчислення х-вих координат системи зарядів
uq(i)=0; % задання у-вих координат системи зарядів
N1=78; % число вузлів прямокутної координатної сітки
Xmin=-10*R0; Ymin=-10*R0; % задання координат нижнього лівого кута
                                %координатної сітки
Xmax=10*R0; Ymax=10*R0; % задання верхнього правого кута координатної
                                %сітки

i=1:N1+1;
X(i)=Xmin+(Xmax-Xmin)/N1*(i+1); % обчислення х-вих координат вузлів сітки
j=1:N1+1;
Y(j)=Ymin+(Ymax-Ymin)/N1*(j+1); % обчислення у-вих координат вузлів сітки
M(i,j)=Potential(q,xq,uq,X,Y); %обчислення потенціалу у вузлах сітки
[X1,Y1]=meshgrid(X,Y); %обчислення матриць X1, Y1, використовуваних
                                % функціями візуалізації дво- і тривимірних залежностей
[px,py]=gradient(-M,0.1,0.1); %обчислення градієнта функції
px1=px./(px.^2+py.^2).^0.5;
py1=py./(px.^2+py.^2).^0.5;
quiver(X1,Y1,px1,py1,0.5)% побудова векторного поля одиничних векторів,
                                %дотичних до силової лінії у вузлах координатної сітки

```

```
mp=(px.^2+py.^2).^0.5;% обчислення абсолютних значень вектора напруженості
% у вузлах координатної сітки
```

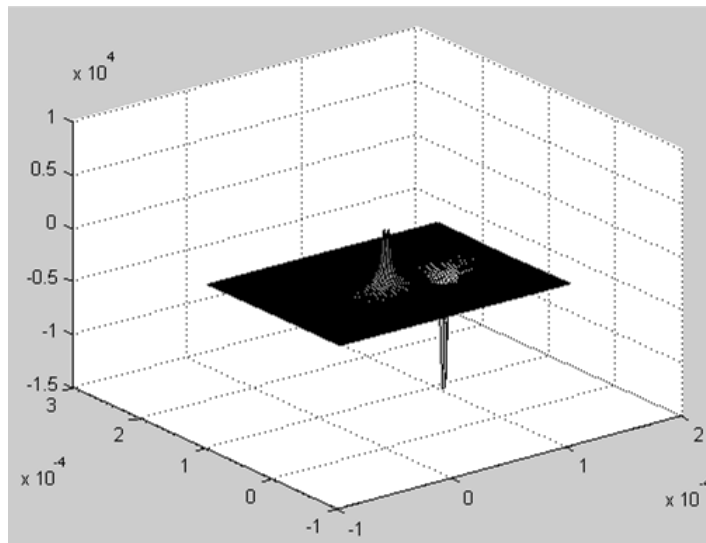


Рисунок 4.11-Візуалізація поверхні потенціалу поля

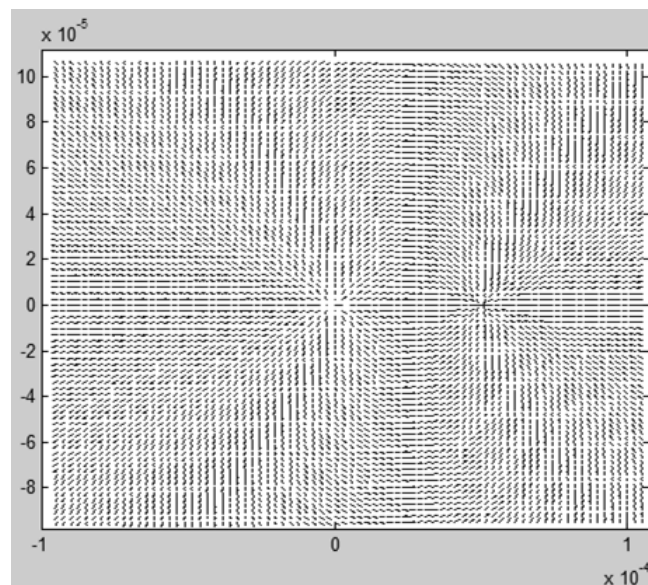


Рисунок 4.12-Графік напруженості електричного поля в векторній формі

4.5 Побудова електричного поля на великій відстані від квадруполя

Програма poten2.m

```
e=1.6*10^-16;% заряд електрона
R0=10^-6;% одиниця виміру довжини
N=2;%число зарядів
i=1:N;
q(i)=e;% заповнення вектора, який містить заряди
x1=-5*R0;% x-ва координата лівого кінця системи зарядів
x2=5*R0;% x-ва координата правого кінця системи зарядів
xq(i)=x1+(x2-x1)/N*i;% підрахунок x-вих координат системи зарядів
```

```

yq(i)=0; % задання у-вих координат системи зарядів
N1=78; % число вузлів прямокутної координатної сітки
Xmin=-10*R0; Ymin=-10*R0; % задання координат нижнього лівого кута
                                %координатної сітки
Xmax=10*R0; Ymax=10*R0; % задання координат верхнього правого кута
                                %координатної сітки
i=1:N1+1;
X(i)=Xmin+(Xmax-Xmin)/N1*(i+1); % підрахунок х-вих координат вузлів сітки
j=1:N1+1;
Y(j)=Ymin+(Ymax-Ymin)/N1*(j+1); % підрахунок у-вих координат вузлів сітки
M(i,j)=Potential(q,xq,yq,X,Y); %підрахунок значень потенціалу в вузлах сітки
[X1,Y1]=meshgrid(X,Y); % підрахунок матриць X1, Y1, що використовуються
                                %функціями візуалізації дво- і тривимірних залежностей
surf(X1,Y1,M); % візуалізація поверхні  $f=f(x,y)$ 

```

Програма napr2.m

```

e=1.6*10^-16; % заряд електрона
R0=10^-6; % одиниця вимірювання відстані
N=2; %число зарядів
i=1:N;
q(i)=e; % заповнення вектора, який містить заряди
x1=-5*R0; % х-ва координата лівого кінця системи зарядів
x2=5*R0; % х-ва координата правого кінця системи зарядів
xq(i)=x1+(x2-x1)/N*i; % обчислення х-вих координат системи зарядів
yq(i)=0; % задання у-вих координат системи зарядів
N1=78; % число вузлів прямокутної координатної сітки
Xmin=-10*R0; Ymin=-10*R0; % задання координат нижнього лівого кута
                                %координатної сітки
Xmax=10*R0; Ymax=10*R0; % задання верхнього правого кута координатної
                                %сітки
i=1:N1+1;
X(i)=Xmin+(Xmax-Xmin)/N1*(i+1); % обчислення х-вих координат вузлів сітки
j=1:N1+1;
Y(j)=Ymin+(Ymax-Ymin)/N1*(j+1); % обчислення у-вих координат вузлів сітки
M(i,j)=Potential(q,xq,yq,X,Y); %обчислення значень потенціалу у вузлах
                                %координатної сітки
[X1,Y1]=meshgrid(X,Y); %обчислення матриць X1, Y1, використовуваних
                                % функціями візуалізації дво- і тривимірних залежностей
[px,py]=gradient(-M,0.1,0.1); %обчислення градієнта функції
px1=px./(px.^2+py.^2).^0.5;
py1=py./(px.^2+py.^2).^0.5;
figure (1);
quiver(X1,Y1,px1,py1,0.5)% побудова векторного поля одиничних векторів,
                                %дотичних до силової лінії у вузлах координатної сітки
mp=(px.^2+py.^2).^0.5;% обчислення абсолютних значень вектора напруженості

```

% у вузлах координатної сітки

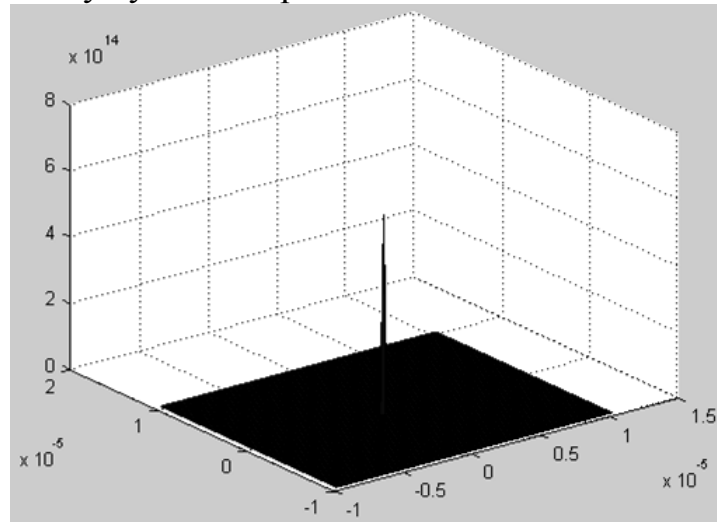


Рисунок 4.13-Візуалізація поверхні потенціалу поля

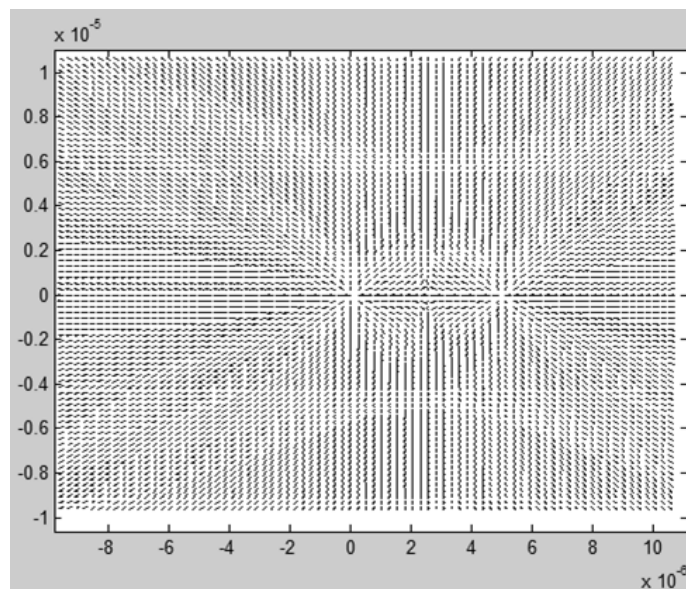


Рисунок 4.14-Графік напруженості електричного поля в векторній формі

4.6 Побудова залежності електричного поля в ближній і дальній зонах від відстані до центра системи та відстані між зарядами

Програма par3.m

```
e=1.6*10^-16; % заряд електрона
R0=10^-6; % одиниця вимірювання відстані
N=2; %число зарядів
i=1:N;
q(i)=-e; % заповнення вектора, який містить заряди
x1=-5*R0; % x-ва координата лівого кінця системи зарядів
x2=5*R0; % x-ва координата правого кінця системи зарядів
xq(i)=x1+(x2-x1)/N*i; % обчислення x-вих координат системи зарядів
yq(i)=0; % задання y-вих координат системи зарядів
N1=78; % число вузлів прямокутної координатної сітки
```

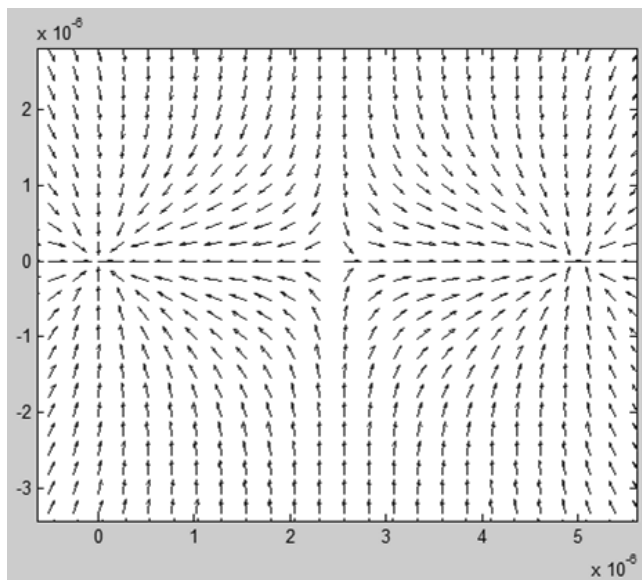


```

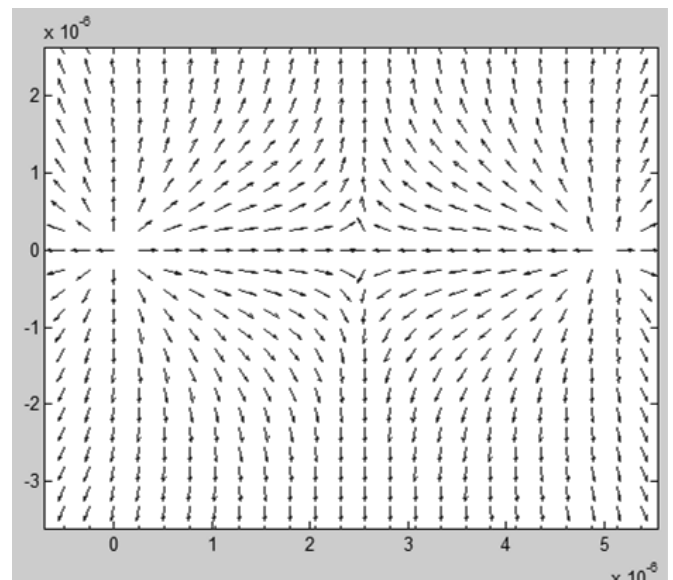
Xmin=-10*R0; Ymin=-10*R0; % задання координат нижнього лівого кута
                                %координатної сітки
Xmax=10*R0; Ymax=10*R0; % задання верхнього правого кута координатної
                                %сітки

i=1:N1+1;
X(i)=Xmin+(Xmax-Xmin)/N1*(i+1); % обчислення x-вих координат вузлів сітки
j=1:N1+1;
Y(j)=Ymin+(Ymax-Ymin)/N1*(j+1); % обчислення y-вих координат вузлів сітки
M(i,j)=Potential(q,xq,yq,X,Y); %обчислення значень потенціалу у вузлах
                                %координатної сітки
[X1,Y1]=meshgrid(X,Y); %обчислення матриць X1, Y1, використовуваних
                                % функціями візуалізації дво-х і тривимірних залежностей
[px,py]=gradient(-M,0.1,0.1); %обчислення градієнта функції
px1=px./(px.^2+py.^2).^0.5;
py1=py./(px.^2+py.^2).^0.5;
figure (1);
quiver(X1,Y1,px1,py1,0.5)% побудова векторного поля одиничних векторів,
                                %дотичних до силової лінії у вузлах координатної сітки
mr=(px.^2+py.^2).^0.5;% обчислення абсолютних значень вектора напруженості
                                % у вузлах координатної сітки

```



а)



в)

Рисунок 4.15- Графік напруженості електричного поля в векторній формі
а)негативних зарядів, в)позитивних зарядів

Список використаної літератури.

1. Поршнев С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. М: Мир, 2003.- 412с.
2. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/Simulink. Учеб. пос./В.В. Васильев, Л.А. Симака. – К.: НАН Украины, 2008. -91с.
3. Мэтьюз Д.Г., Финк К.Д. Численные методы. Использование MATLAB. - М.-СПб.-Киев: Вильямс. 2001.
4. Коткин Г. Л., Черкасский В. С. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MATLAB: Учеб. пособие / Новосиб. ун-т. Новосибирск, 2001. 173 с.
5. <http://matlab.exponenta.ru/>
6. <http://sl-matlab.ru/>

Центральноукраїнський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Автоматики та енергетики

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра “Автоматизації виробничих процесів”

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

КУРСОВИЙ РОБОТА

з Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації
(назва дисципліни)на тему: _____
_____Студента (ки) _____ курсу _____ групи
напряму підготовки _____
спеціальності _____

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____
Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

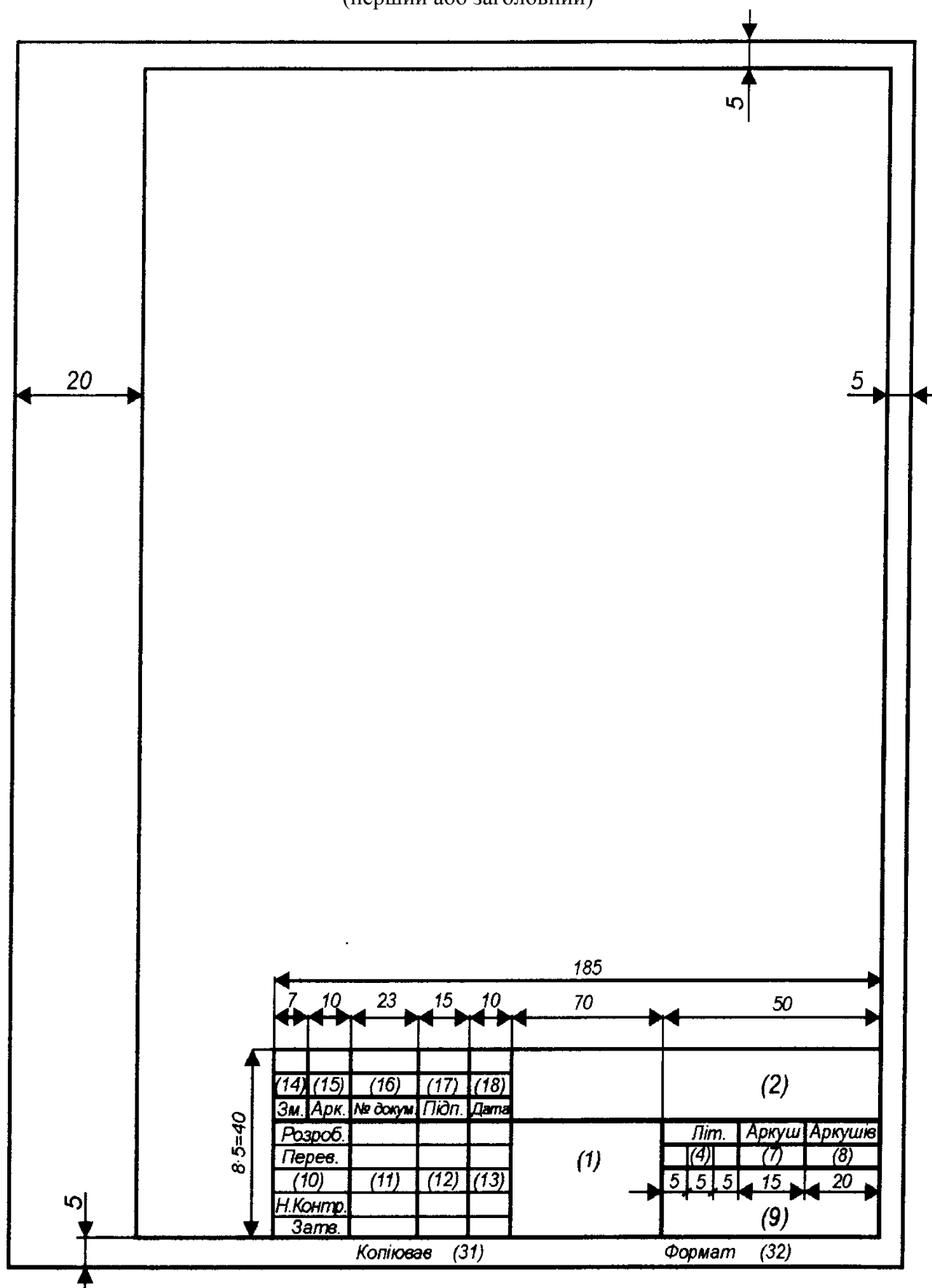
(прізвище та ініціали)

(підпис)

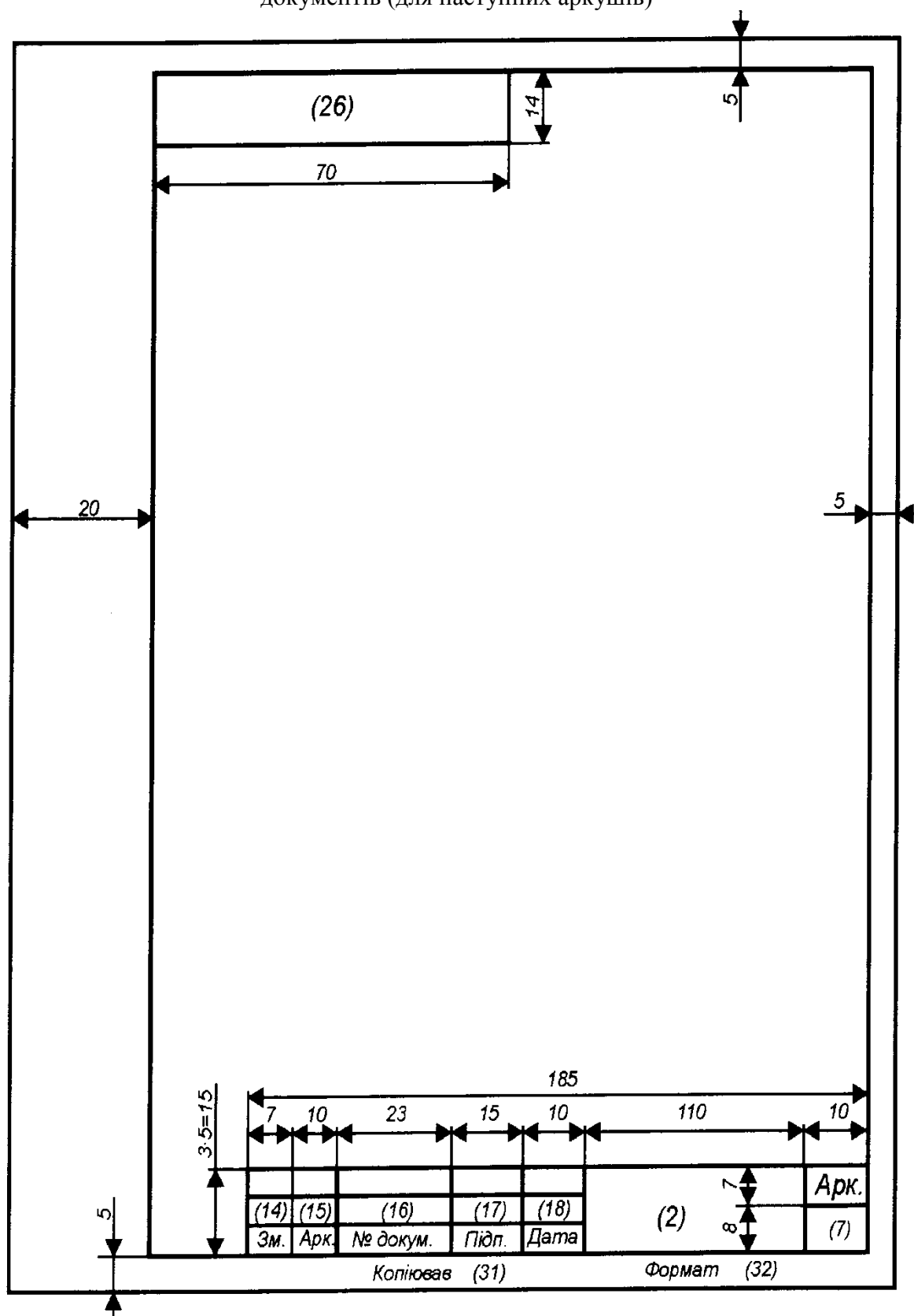
(прізвище та ініціали)

м. Кропивницький 2017 рік

Додаток Б
 Основний напис для текстових конструкторських документів
 (перший або заголовний)



Додаток В
 Основний напис для креслень (схем) та текстових конструкторських документів (для наступних аркушів)



Додаток Е
Основний напис для креслень та схем

The diagram illustrates the layout and dimensions for a technical drawing template. It is divided into two main sections: a title block (top left) and a main drawing area (bottom right).

Title Block Dimensions:

- Overall width: 20
- Overall height: 115
- Internal dimensions (from top): 35, 25, 25, 35, 25
- Internal dimensions (from left): 7, 10, 23, 15, 10

Main Drawing Area Dimensions:

- Overall width: 185
- Overall height: 115
- Internal dimensions (from top): 70, 50
- Internal dimensions (from left): 70, 50

Title Block Content:

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
(19)	(20)	(21)	(22)	(23)

Main Drawing Area Content:

					(2)					
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(1)	Літ.	Маса	Масшт.		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		5	5	5	17	18
Розроб.						Аркуш (7) Аркушів (8)				
Перев.										
(10)	(11)	(12)	(13)		(3)	20		(9)		
Н.Контр.										
Затв.										

Additional Labels:

- Копіював (31)
- Формат (32)