

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

**комп'ютерні практикуми з дисципліни**  
**“ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ АНАЛІЗУ ТА СИНТЕЗУ**  
**ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН”**

*“Використання комп'ютерних систем математичних розрахунків MATLAB та FEMM для аналізу електричних машин”*

## Зміст

КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №1 .....	3
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №2 .....	6
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №3 .....	9
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №4 .....	12
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №5 .....	15
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №6 .....	17
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №7 .....	19
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ №8 .....	21

Комп'ютерний практикум №1

1. Обчислити вказаний арифметичний вираз згідно власного варіанту завдання. В табл.1.1. наведені варіанти завдань.

**Таблиця 1.1. Арифметичні вирази**

№	Арифметичний вираз
1.	$\frac{\left(12\frac{1}{6} - 6\frac{1}{27} - 5,25\right) \cdot 13,5 + 0,111}{0,02}$
2.	$\frac{\left(1\frac{1}{12} + 2\frac{5}{32} + \frac{1}{24}\right) : 9,6 + 2,13}{0,0004}$
3.	$\frac{\left(6,6 - 3\frac{3}{14}\right) \cdot 5\frac{5}{6}}{(21 - 1,25) : 2,5}$
4.	$\frac{2,625 - \frac{2}{3} \cdot 2\frac{5}{14}}{\left(3\frac{1}{12} + 4,375\right) : 19\frac{8}{9}}$
5.	$\frac{0,134 + 0,05}{18\frac{1}{6} - 1\frac{11}{14} - \frac{2}{15} \cdot 2\frac{6}{7}}$
6.	$\frac{\left(58\frac{4}{15} - 56\frac{7}{24}\right) : 0,8 + 2\frac{1}{9} \cdot 0,225}{8,75 \cdot 0,6}$
7.	$\frac{\left(\frac{0,216}{0,15} + 0,56\right) : 0,5}{\left(7,7 : 24,75 + \frac{2}{15}\right) \cdot 4,5}$
8.	$\frac{1\frac{4}{11} \cdot 0,22 : 0,3 - 0,96}{\left(0,2 - \frac{3}{40}\right) \cdot 1,6}$
9.	$\frac{\left(\frac{3}{5} + 0,425 - 0,005\right) : 0,12}{30,5 + \frac{1}{6} + 3\frac{1}{3}}$

**Таблиця 1.1. Арифметичні вирази**

10.	$\frac{3\frac{1}{3} + 2,5}{2,5 - 1\frac{1}{3}} \cdot \frac{4,6 - 2\frac{1}{3}}{4,6 + 2\frac{1}{3}} : \left( \frac{0,05}{\frac{1}{7} - 0,125} + 5,7 \right)$
11.	$\frac{\left( 5\frac{4}{45} - 4\frac{1}{6} \right) : 5\frac{8}{15}}{\left( 4\frac{2}{3} + 0,75 \right) \cdot 3\frac{9}{13}} \cdot 34\frac{2}{7}$
12.	$\frac{1\frac{4}{11} \cdot 0,22 : 0,3 - 0,96}{\left( 0,2 - \frac{3}{40} \right) \cdot 1,68}$
13.	$\frac{\left( 40\frac{7}{30} - 38\frac{5}{12} \right) : 10,9 + \left( 0,875 - \frac{7}{30} \right) \cdot \frac{20}{11}}{0,008}$
14.	$\frac{(68,023 - 66,028) : 6\frac{1}{9} + \frac{7}{40} \cdot 4,5}{0,042 + 0,086}$
15.	$\frac{(2,1 - 1,965) : (1,2 \cdot 0,045)}{0,00325 : 0,013} - \frac{4}{0,2 \cdot 0,73}$

Примітка: неправильний дріб типу  $2\frac{1}{2} = \frac{5}{2}$ .

**2.** Обчислити математичний вираз для двох (а і б) випадків заданих значень параметрів згідно власного варіанту. В табл.1.2. наведені варіанти завдань.

**Таблиця 1.2. Математичний вираз з відповідними параметрами**

№ варіанту	Математичний вираз	Випадок а		Випадок б	
		m	n	m	n
1.	$3m^2 + \sqrt[3]{2n^2} : m$	$-\frac{14}{5}$	$tg \frac{\pi}{8}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$\frac{1}{3,1}$
2.	$\frac{4}{3} m^3 \sin^2 \frac{n}{2} \cdot \sqrt{\cos n}$	$1,7 \cdot 10^3$	$18^\circ$	$\frac{16}{21}$	$\frac{\pi}{5}$
3.	$\sqrt{\frac{m\sqrt{n}}{\sqrt[3]{tg 61^\circ}}}$	1,5	0,8	$3 \cdot 10^{-2}$	0,71
4.	$\frac{3m^2 \sqrt{6,8 \cdot (m-n)}}{4(m+n)^3}$	$4,13 \cdot 10^{-1}$	$\frac{1}{261}$	$\sin \frac{5\pi}{8}$	$-tg 12^\circ$
5.	$\frac{m^3}{6} \cos \frac{n}{2} \sqrt{\sin n}$	lg 2,38	$\frac{\pi}{5}$	$e^{-0,3}$	$65^\circ$

**Таблиця 1.2. Математичний вираз з відповідними параметрами**

№ варіанту	Математичний вираз	Випадок а		Випадок б	
		$m$	$n$	$m$	$n$
6.	$\sqrt{\frac{m^3}{16,3 \cdot \sin n \cdot \sin 2n}}$	$3,15 \cdot 10^{-2}$	$5^\circ$	$e^{3,5}$	$\frac{2\pi}{13}$
7.	$5 \sin 35^\circ \sqrt{\frac{m^3 \cos 36^\circ}{\pi^3 \operatorname{tg}(n)}}$	$\ln 3$	$44^\circ$	$\frac{18}{25}$	$\frac{7}{12}\pi$
8.	$ \lg(1 + \sin m) + \ln(1 - \sin n) $	$\frac{3\pi}{7}$	$83^\circ$	$\frac{2\pi}{3}$	$16^\circ$
9.	$\sqrt[3]{\sin^2(m+n) - \sin^2(m-n)}$	$\frac{5\pi}{7}$	$0,3\pi$	$12^\circ$	$220^\circ$
10.	$3(m^{-2/3} + n^{-1/2}) \cdot \sqrt[3]{m \cdot n}$	$\ln 3$	$\lg 3$	$0,013$	$1,4 \cdot 10^2$
11.	$\frac{2}{3} m \sqrt{m^3 \sqrt{m^4 m}}$	$3,6485$	-	$\frac{24}{37}$	-
12.	$\frac{8}{3} m \sqrt{\frac{m}{\pi}} \sin^6 \frac{n}{2}$	$e^{1,11}$	$\frac{7\pi}{11}$	$5,403$	$28^\circ$
13.	$2\sqrt{\frac{m}{\pi}} \operatorname{tg}(n) \cdot \sin^2 \frac{n}{2}$	$\frac{1}{0,03}$	$\frac{5\pi}{7}$	$\ln 7$	$1,34^\circ$
14.	$\frac{1}{12} \cdot \frac{m^3 \cos n}{(\sin n + \cos n)^3}$	$-20,1$	$20^\circ$	$\lg 13,6$	$1,48$
15.	$\frac{\sqrt{3m^3}}{\cos^2 n} \sin(n + 30^\circ) \sin(n - 30^\circ)$	$0,28$	$41^\circ$	$e^{0,415}$	$237^\circ$

1. Виконати такі дії:

- число  $z_1$ , що задане в алгебраїчній (експоненціальній) формі, перевести в експоненціальну (алгебраїчну) форму;
  - обчислити заданий вираз; результат записати в експоненціальній формі.
- В табл.1.3. наведені варіанти завдань.

**Таблиця 1.3. Комплексні числа та вираз для обчислення**

№ варіанту	Комплексне число				
	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_4$	Вираз
1.	$4 + 3i$	$2,7e^{i\pi/12}$	$1,82e^{-1,2i}$	$\sqrt{3} - 2i$	$z_1^2 \cdot z_2 : z_3 + z_4$
2.	$0,8 - 2i$	$3,08e^{i7\pi/12}$	$8,01e^{2i}$	$-5 + \sqrt{2}i$	$z_1^2 : z_2 + z_3 - z_4$
3.	$-0,7 + 4i$	$1,74e^{i0,3\pi}$	$3 + 4i$	$2,1e^{-2,3i}$	$\sqrt{z_1 : z_2} \cdot z_3 + z_4$
4.	$-3 - 2i$	$3,21e^{15^\circ i}$	$1,2 + 3i$	$2,71e^{-78^\circ i}$	$\sqrt{z_1 \cdot z_2} : z_3 + z_4$
5.	$2,71e^{i\pi/12}$	$-0,7 + 4i$	$1,31e^{-i5\pi/12}$	$-8 - 3i$	$\sqrt{z_1} : z_2 \cdot z_3 - z_4$
6.	$3,08e^{i7\pi/12}$	$-3 - 2i$	$2,03e^{i14/13}$	$\sqrt{3} + \sqrt{2}i$	$(z_1 + z_2)^4 \cdot z_3 : z_4$
7.	$1,74e^{i0,3\pi}$	$0,8 - 2i$	$3,28e^{-1,2i}$	$\sqrt{3} - \sqrt{2}i$	$(\sqrt{z_1} + z_2) \cdot z_3 : z_4$
8.	$3,21e^{15^\circ i}$	$4 + 3i$	$\sqrt{3} - 4i$	$1,23e^{111^\circ i}$	$(z_1 - z_2)^3 \cdot z_3 + z_4$
9.	$1 + i\pi/2$	$1,2e^{107^\circ i}$	$0,8 - 2i$	$2,5e^{14^\circ i}$	$(z_1 : z_2 + z_3)^3 \cdot z_4$
10.	$\sqrt{5} - i$	$0,7e^{1,7i}$	$1,2e^{0,9i}$	$-3 - 2i$	$(z_1 : z_2 + z_3)^2 \cdot z_4$
11.	$0,19 - 3,94i$	$0,3e^{-107^\circ i}$	$-0,7 + 4i$	$1,5e^{23^\circ i}$	$\sqrt[3]{z_1 + z_2 - z_3} \cdot z_4$
12.	$-1 + \sqrt{5}i$	$2,1e^{211^\circ i}$	$0,4e^{32^\circ i}$	$4 + 3i$	$\sqrt[3]{z_1} \cdot z_2 : z_3 + z_4$
13.	$-\sqrt{3} - 4i$	$-1,25e^{-0,8i}$	$-3 - 2i$	$0,75e^{0,7i}$	$(\sqrt[3]{z_1 \cdot z_2} + z_3) : z_4$
14.	$1,2e^{1,7i}$	$0,18 - 3,9i$	$0,71e^{4i}$	$0,8 - 2i$	$(\sqrt[3]{z_1 : z_2} + z_3) \cdot z_4$
15.	$0,3e^{-97^\circ i}$	$-1 + \sqrt{5}i$	$-0,7 + 4i$	$5,2e^{71^\circ i}$	$(\sqrt{z_1 \cdot z_2} - z_3) : z_4$
16.	$1,25e^{0,6i}$	$-\sqrt{3} + 4i$	$4 + 3i$	$2,5e^{3,8i}$	$(\sqrt{z_1 : z_2} - z_3) \cdot z_4$
17.	$1,05e^{-0,4i}$	$\sqrt{5} - i$	$2,7e^{0,8i}$	$0,7 + 4i$	$\sqrt{(z_1 : z_2 + z_3) \cdot z_4}$
18.	$2,1e^{73^\circ i}$	$1 + i\pi/2$	$\sqrt{2} + \sqrt{3}i$	$1,93e^{192^\circ i}$	$\sqrt{(z_1 \cdot z_2 + z_3) : z_4}$

2. Провести обчислення по заданій формулі при заданих значеннях параметрів.  
Формула для обчислення для віх варіантів наступна

$$a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0.$$

Параметри, що входять до формули відповідно до кожного варіанту приведені в табл.1.4.

**Таблиця 1.4. Параметри, що входять до заданої формули**

№ варіанту	Параметри		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
1.	0,56	$1,2 \cdot 10^{-4}$	4,08
2.	1,0	0,1	100
3.	$4,2 \cdot 10^3$	$8,03 \cdot 10^{-4}$	1,06
4.	$7,1 \cdot 10^3$	$9,4 \cdot 10^4$	$8,3 \cdot 10^{10}$
5.	5,09	4,32	256
6.	8,3	5,34	693
7.	27	27	1276
8.	3,08	0,2	30
9.	5,3	10,6	876
10.	0,45	0,034	121
11.	4,3	10,7	$3,4 \cdot 10^3$
12.	13	0,8	287
13.	6,035	5,2	875
14.	2,3	7,9	324
15.	1,0	0,02	16,57
16.	1,3	0,56	18,8
17.	0,13	0,056	1,8
18.	17	12	956
19.	0,085	1,0	$1,3 \cdot 10^3$
20.	1,2	0,32	15

3. Обчислити значення функції  $f(x)$  на проміжку  $[a; b]$  з кроком  $h$ . В табл.2.1. наведені варіанти завдань.

**Таблиця 2.1. Функція  $f(x)$  та параметри, які до неї входять**

№ варіанту	Функція $f(x)$	Параметри		
		$a$	$b$	$h$
1.	$\frac{x^2}{1+0,25\sqrt{x}}$	1,1	3,1	0,2
2.	$\frac{x^3 - 0,3x}{\sqrt{1+2x}}$	2,05	3,05	0,1
3.	$\frac{2e^{-x}}{2\pi + x^3}$	0	1,6	0,16
4.	$\frac{\cos \pi x^2}{\sqrt{1-3x}}$	-1	0	0,1
5.	$\sqrt{1+4x} \cdot \sin \pi x$	0,1	0,8	0,05
6.	$\frac{e^{x/3}}{1+x^2}$	1,4	2,4	0,1
7.	$e^{-2x} + x^2 - 1$	0,25	2,25	0,25
8.	$(e+x) \cdot \sin(\pi\sqrt{x-1})$	1,8	2,8	0,1
9.	$\sqrt{3+2x} \cdot \operatorname{tg} \frac{\pi x^3}{2}$	0,1	0,9	0,08
10.	$\sqrt{2+3x} \cdot \ln(1+3x^2)$	-0,1	0,9	0,1
11.	$\sqrt[3]{x^2+3} \cdot \cos \frac{\pi x}{2}$	1	2,5	0,15
12.	$(4+7x) \cdot \sin(\pi^3\sqrt{1+x})$	0	7	0,7
13.	$e^{-x^2}(1+3x-x^2)$	0	2	0,2
14.	$x^3 - 3x + \frac{8}{\sqrt{1+x^2}}$	0	1,7	0,17
15.	$\sqrt{\frac{e^{\sqrt{2\pi x}} - e^{-\sqrt{2\pi x}}}{2}}$	0	1,2	0,12
16.	$\sqrt{\frac{e^{x/\sqrt{2\pi}} - e^{-x/\sqrt{2\pi}}}{2}}$	0,5	1,5	0,1



1. Виконати операції з матрицями згідно власного варіанту завдання.

Варіанти 1, 7, 13, 19. Видалити з матриці **A** третій стовпець, а з матриці **B** другий рядок. В матриці **A** змінити значення елемента з координатами (2, 1) на 6. Розрахувати суму рядків, стовпців та діагоналі матриці **B**.

$$A = \begin{bmatrix} 7 & 2 & 5 \\ 10 & 4 & 6 \\ 3 & 5 & 9 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 5 & 9 & 0 \\ 3 & 12 & 4 \\ 1 & 4 & 7 \end{bmatrix}.$$

Варіанти 2, 8, 14. Задати «магічну» матрицю **A** розміром  $4 \times 4$ . Створити матрицю **B** кожний елемент якої є синусом відповідного елемента «магічної» матриці **A**. Розрахувати суму рядків, стовпців та діагоналі отриманої матриці **B**.

Варіанти 3, 9, 15. Видалити перший рядок і третій стовпець «магічної» матриці **M** розміром  $4 \times 4$ . Отриману матрицю скласти з матрицею **A** в якій заздалегідь необхідно обернути рядки в стовпці, а стовпці в рядки.

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 4 & 3 & 9 \\ 21 & 3 & 2 \end{bmatrix}.$$

Варіанти 4, 10, 16, 20. Об'єднати в одну матрицю «магічну» матрицю **A** розміром  $3 \times 3$ , матрицю  $B = A \cdot 5$ , матрицю **C** і матрицю  $D = C + 4$  таким чином, щоб отримана матриця мала розмірність  $6 \times 6$ . В одержаній матриці замінити елемент з координатами (3, 4) на 100.

$$C = \begin{bmatrix} 5 & 2 & 7 \\ 7 & 4 & 12 \\ 1 & 3 & 9 \end{bmatrix}.$$

Варіанти 5, 11, 17. Обчислити результат добутку елемента матриці **M** з координатами (2, 3) на синус значень першого стовпця цієї ж матриці

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 9 \\ 5 & 4 & 7 & 3 \\ 7 & 9 & 0 & 5 \end{bmatrix}.$$

Варіанти 6, 12, 18. Скласти матрицю **X**, кожний елемент якої є комплексним числом, причому дійсна складова береться з матриці **A**, а уявна з матриці **B**. Знайти модуль і фазу елемента матриці **X** з координатами (3, 3).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 7 \\ 10 & 4 & 5 \\ 3 & 8 & 9 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 12 & 7 & 4 \\ 2 & 5 & 9 \\ 1 & 4 & 7 \end{bmatrix}.$$

Варіанти 1, 7, 13, 19. Створити матрицю **A** з нульовими елементами розміром  $5 \times 5$  та одиничну матрицю **B** розміром  $2 \times 3$ . Замінити верхню центральну частину матриці **A** елементами матриці **B**.

Варіанти 2, 8, 14, 20. Створити матрицю **A** з випадковими елементами розміром  $4 \times 5$ . Переставити стовпці відносно вертикальної осі, а рядки переставити відносно горизонтальної осі.

Варіанти 3, 9, 15. Створити матрицю **A** розміром  $3 \times 6$  з випадковими, що розподілені по закону Гауса. Повернути цю матрицю проти годинникової стрілки на  $90^\circ$ .

Варіанти 4, 10, 16. Створити матрицю **A** розміром  $2 \times 4$  з одиницями по головній діагоналі та всіма іншими елементами – нулями. Змінити розмір матриці на  $8 \times 1$ .

Варіанти 5, 11, 17. На основі матриці **M** утворити нижню трикутну матрицю і повернути її проти годинникової стрілки на  $90^\circ$ .

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 5 & 4 & 7 \\ 7 & 9 & 0 \\ 0 & 4 & 5 \end{bmatrix}.$$

Варіанти 6, 12, 18. Створити матрицю **A** в якій головною діагоналлю є вектор  $V = [2 \ 3 \ 6 \ -4]$ . Обернути отриману матрицю.

2. Розв'язати систему рівнянь. Параметри системи для кожного варіанту вказані в табл. 2.2

$$\begin{cases} \alpha_1 x + \beta_1 y + \gamma_1 z = d_1 \\ \alpha_2 x + \beta_2 y + \gamma_2 z = d_2 \\ \alpha_3 x + \beta_3 y + \gamma_3 z = d_3 \end{cases}.$$

**Таблиця 2.2. Параметри системи рівнянь**

№ варіанту	Параметри											
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$d_1$	$d_2$	$d_3$
1.	2	-5	12	3	7	-8	-8	3	-5	4	1	3
2.	12	5	2	4	-8	6	-5	1	-8	8	1	3
3.	4	2	5	-2	7	-9	-3	1	3	-3	2	4
4.	14	16	12	-4	-2	-7	7	-7	4	11	7	22
5.	3	11	17	7	2	-8	-9	-6	5	7	11	14
6.	4	-8	7	5	-10	18	-19	-7	4	21	8	17
7.	5	4	8	-8	12	-15	19	6	-4	2	8	13
8.	15	11	-19	3	-7	12	5	-8	5	12	10	8

**Таблиця 2.2. Параметри системи рівнянь**

№ варіанту	Параметри											
	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\gamma_1$	$\gamma_2$	$\gamma_3$	$d_1$	$d_2$	$d_3$
9.	3	23	5	5	12	-8	-17	-9	6	8	-18	7
10.	6	9	6	11	-8	5	-15	-7	4	12	9	9
11.	14	7	5	11	-12	-8	-19	-5	12	13	8	17
12.	2	4	22	4	12	8	-12	-9	10	12	3	19
13.	5	3	5	12	11	-7	-18	-11	8	12	6	15
14.	15	3	5	11	12	-5	10	-12	10	8	13	7
15.	6	14	5	9	-8	-9	-9	-7	14	12	7	13
16.	4	5	7	-8	2	-18	-10	-1	4	21	8	17
17.	2	7	12	4	12	-8	9	-11	12	10	5	11
18.	-19	12	5	5	14	4	-7	11	7		12	7
19.	22	12	-29	4	2	4	-8	-7	4	12	8	14
20.	-8	7	3	4	-5	-8	2	5	12	8	1	3

**1.** Це завдання однакове для всіх варіантів.

Створити матрицю розміром  $5 \times 5$  з довільними елементами. На основі створеної матриці потрібно:

- визначити ранг матриці;
- визначник матриці; у разі, якщо визначник виявиться рівним нулю, або занадто малим, змінити деякі елементи матриці і повторити обчислення;
- знайти зворотну матрицю; перевірити правильність шляхом обернення зворотної матриці;
- обчислити характеристичний поліном матриці;
- визначити корені характеристичного полінома матриці; розсортувати корені в порядку зростання величин;
- знайти власні значення матриці; порівняєте з раніше знайденими коренями характеристичного полінома;
- визначити слід матриці.

**2.** Побудувати криві заданих функцій у вказаному діапазоні на одному графіку. Зобразити на графіці координатну сітку, назву діаграми і назву осей. При виконанні завдання використовувати функції *plot*, *fplot*. Варіанти завдань вказані в табл.5.1.

**Таблиця 5.1**

№ варіанту	Функції		Діапазон
	1	2	
1	$2 \sin(4x)$	$3 \cos(x)$	$[0, 3\pi]$
2	$2 \sin(8x)$	$3 \cos(x) - 0,1$	$[-\pi, 3\pi]$
3	$5 \sin(x) - 0,1$	$4 \cos(x) + 2 \sin(8x)$	$[-2\pi, 5\pi]$
4	$e^{2x}$	$x^2 + 8$	$[0, 5]$
5	$\lg(5x)$	$2x^2 - 6$	$[1, 5]$
6	$2 \sin(x)$	$3 \cos(x) + 0,15$	$[0, 8\pi]$
7	$e^{2x} + 2$	$x^3 + 8$	$[0, 2,5]$
8	$\lg(5x) - 1,5$	$4x^2 - 6x - 3$	$[3, 5]$
9	$71 \lg(5x)$	$2x^3 - 2$	$[2, 15]$
10	$e^{2x}$	$3x^2 + 4x$	$[-2, 5]$
11	$2 \sin(x) + 0,25$	$7 \cos(2x)$	$[-2\pi, 3\pi]$

12	$\lg(3x)$	$x^3 - 4x$	$[3, 7]$
13	$3\sin(2x) - 0,2$	$7\cos(2x) + 3\sin(x)$	$[-2\pi, 3\pi]$
14	$e^{2x} + x$	$x^3 - 5$	$[0, 7]$
15	$3\sin(2x) - 1$	$5\cos(2x) - 0,2$	$[-3\pi, 3\pi]$
16	$2\sin(4x) + 0,37$	$8\cos(2x) - 2,3$	$[-\pi, 3\pi]$
17	$e^{3x} - x$	$3x^2 - 7$	$[0, 4\pi]$
18	$2\sin(5x)$	$4\cos(2x) + 2\sin(4x)$	$[0, 3\pi]$
19	$\lg(2x) + 4$	$x^3 - 2x^2 + 8x$	$[1, 5]$
20	$\ln(5x) + 4$	$2x^2 + 12x$	$[0, 6]$

**3.** Відповідно до власного варіанту, зобразити першу функцію з попереднього завдання (див. табл.5.1.) у вигляді стовпцових діаграм та у вигляді дискретних відліків. Діапазон прийняти таким самим як і в завданні 1.

**4.** Знайти похідну від заданої функції. За допомогою функції plot(x, y) зобразити на одному графіку початкову функцію і її похідну для аргументу який змінюється в заданому діапазоні і з заданим кроком. В таблиці 4.1 наведені варіанти завдань.

**Таблиця 4.1**

<i>№ варіанту</i>	<i>Функція</i>	<i>Діапазон</i>	<i>Крок</i>
1, 6, 11, 16	$\sin(x)$	$[0, 3\pi]$	$\pi/50$
2, 7, 12, 17	$\cos(x)$	$[0, 5\pi]$	$\pi/30$
3, 8, 13, 18	$\lg(x)$	$[1, 20]$	0,01
4, 9, 14, 19	$e^{x-5}$	$[0, 8]$	0,01
5, 10, 15, 20	$\ln(x)$	$[5, 23]$	0,02

**5.** Проінтегрувати задану функцію для аргументу який змінюється в заданому діапазоні і з заданим кроком. В таблиці 4.2 наведені варіанти завдань.

**Таблиця 4.2**

<i>№ варіанту</i>	<i>Функція</i>	<i>Діапазон</i>	<i>Крок</i>
1, 6, 11, 16	$x^2$	$[0, 5]$	0,025

2, 7, 12, 17	$x + x^3$	$[1, 8]$	0,05
3, 8, 13, 18	$x^3$	$[2, 5]$	0,01
4, 9, 14, 19	$2x^2 + 5$	$[1, 15]$	0,1
5, 10, 15, 20	$\sin(2x)$	$[0, 5\pi]$	$\frac{\pi}{100}$

**6.** Для заданої табличної функції  $y(x)$  знайти аналітичний вираз використовуючи поліноміальну апроксимацію. Порядок апроксимаційного поліному заданий для кожного варіанту в табл. 4.3.

Функція  $y(x)$ :

$x$	1	5	8	11	15	18	22	27	34
$y$	-12	-20	-6	3	10	12	14	7	1

**Таблиця 4.3**

<i>№ варіанту</i>	<i>Порядок поліному</i>
1, 6, 11, 16	2
2, 7, 12, 17	3
3, 8, 13, 18	4
4, 9, 14, 19	5
5, 10, 15, 20	6

**1.** Створити функцію від функції присвоївши їй унікальне ім'я. Обчислити значення цієї функції в заданому діапазоні і з заданим кроком. Побудувати графік цієї функції за допомогою процедури *fplot*. Варіанти завдань вказані в табл.6.1.

**Таблиця 6.1**

№ варіанту	Функція	Діапазон	Крок
1	$\frac{x^2}{1+0,25\sqrt{x}}$	[1,1; 3,1]	0,2
2	$\frac{x^3 - 0,3x}{\sqrt{1+2x}}$	[2,05; 3,05]	0,1
3	$\frac{2e^{-x}}{2\pi + x^3}$	[0; 1,6]	0,16
4	$\frac{\cos \pi x^2}{\sqrt{1-3x}}$	[-1; 0]	0,1
5	$\sqrt{1+4x} \cdot \sin \pi x$	[0,1; 0,8]	0,07
6	$\frac{e^{x/3}}{1+x^2}$	[1,4; 2,4]	0,1
7	$e^{-2x} + x^2 - 1$	[0,25; 2,25]	0,2
8	$(e+x) \cdot \sin(\pi\sqrt{x-1})$	[1,8; 2,8]	0,1
9	$\sqrt{3+2x} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi x^3}{2}\right)$	[0,1; 0,9]	0,08
10	$\sqrt{2+3x} \cdot \ln(1+3x^2)$	[-0,1; 0,9]	0,1
11	$\sqrt[3]{x^2+3} \cdot \cos\left(\frac{\pi x}{2}\right)$	[1; 2,5]	0,15
12	$(4+7x) \cdot \sin(\pi\sqrt[3]{1+x})$	[0; 7]	0,7
13	$e^{-x^2} \cdot (1+3x-x^2)$	[0; 2]	0,2
14	$x^3 - 3x + \frac{8}{\sqrt{1+x^2}}$	[0; 1,7]	0,17
15	$\sqrt{\frac{e^{\sqrt{2\pi x}} - e^{-\sqrt{2\pi x}}}{2}}$	[0; 1,2]	0,12
16	$\sqrt{\frac{e^{\frac{x}{\sqrt{2\pi}}} - e^{-\frac{x}{\sqrt{2\pi}}}}{2}}$	[0,5; 1,5]	0,1

**Таблиця 6.1**

<i>№ варіанту</i>	<i>Функція</i>	<i>Діапазон</i>	<i>Крок</i>
17	$\frac{x^3 + 2x}{\sqrt{1 + e^x}}$	$[-0,2; 0,8]$	0,1
18	$\sqrt{1 + 2x^2} \cdot \sin\left(\frac{3x}{2}\right)$	$[2; 4]$	0,2
19	$\sqrt{3x^2 + 5} \cdot \cos\left(\frac{\pi x}{2}\right)$	$[0,5; 1,5]$	0,1
20	$\cos\left(e^{-\sqrt[3]{3x}}\right)$	$[0,2; 1,5]$	0,1

**2.** Скласти програму яка виконує:

а) діалогове введення-зміна-вивід на екран значень діапазону зміни аргументу функції створеної в завданні 1;

б) виведення графіку цієї функції при змінених параметрах.



1. Побудувати для парних номерів варіантів Т-подібну, а для непарних – Г-подібну схему заміщення асинхронного двигуна із заданими параметрами і отримати значення струмів в усіх гілках при включенні на синусоїдальну напругу. Значення параметрів схеми заміщення, а також величини амплітуди фазної напруги і величини частоти згідно варіанту завдання наведені в табл.8.1.

Таблиця 8.1

№ варіанту	$U_m, B$	$f_1, Гц$	Параметри					
			$R_1, Ом$	$L_1, мГн$	$R'_2, Ом$	$L'_2, мГн$	$L_m, Гн$	$s_H$
1	250	50	0,029	0,719	0,022	0,722	0,0426	0,03
2	300	60	0,025	0,739	0,021	0,727	0,0416	0,035
3	300	50	0,026	0,715	0,02	0,732	0,0436	0,025
4	260	55	0,022	0,739	0,0182	0,692	0,0456	0,028
5	270	60	0,031	0,689	0,018	0,732	0,0506	0,029
6	350	65	0,027	0,722	0,025	0,689	0,0386	0,035
7	350	50	0,028	0,717	0,0302	0,752	0,0516	0,029
8	300	55	0,024	0,682	0,031	0,703	0,0394	0,032
9	230	60	0,027	0,679	0,021	0,702	0,0446	0,029
10	290	55	0,031	0,725	0,024	0,705	0,0376	0,031
11	330	60	0,032	0,619	0,0272	0,734	0,0506	0,034
12	300	52	0,029	0,714	0,032	0,592	0,0387	0,024
13	260	65	0,032	0,759	0,027	0,6922	0,0417	0,025
14	310	55	0,027	0,729	0,025	0,622	0,0497	0,031
15	250	55	0,031	0,721	0,0252	0,635	0,0397	0,032
16	310	60	0,025	0,725	0,0302	0,642	0,0447	0,029
17	230	50	0,028	0,732	0,0202	0,752	0,0527	0,032
18	220	60	0,026	0,717	0,034	0,653	0,0327	0,031
19	240	50	0,033	0,791	0,0192	0,664	0,0367	0,027
20	270	50	0,024	0,749	0,026	0,709	0,0477	0,033

**2.** Це завдання однакове для всіх варіантів. Дослідити процес пуску асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором, що працює з постійним моментом на валу 10 Нм, при несиметрії напруги живлення 10%. Повна потужність двигуна прийняти  $S = 5 \text{ kVA}$ , синхронна частота обертання  $n_1 = 1500 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ . Параметри двигуна взяти з попереднього завдання відповідно до власного варіанту.

1. Відкрити в програмі FEMM середовище за розрахунком електромагнітного поля (**Magnetic Problem**).

2. Імпортувати з файлу V3.dxf геометрію об'єкту дослідження (коло з постійними магнітами) (рис. 9.23).

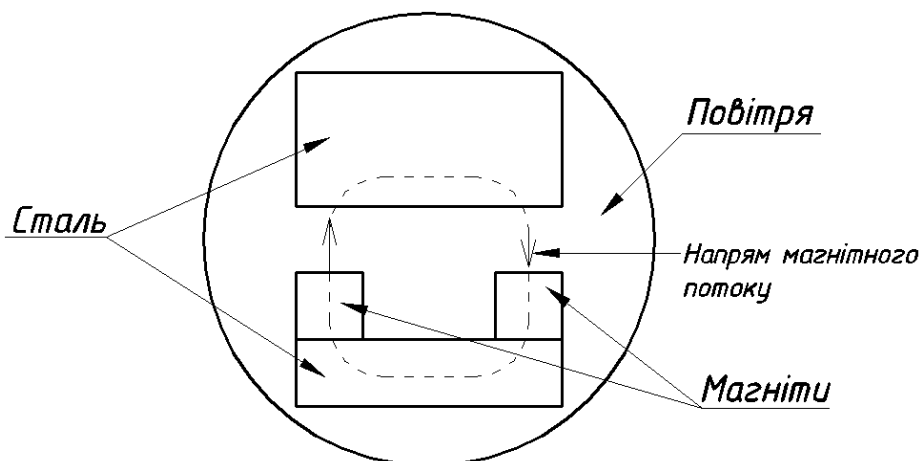


Рис. 9.23. Коло з постійними магнітами

Для імпорту геометрії об'єкту дослідження з графічного файлу з розширенням *dxf* потрібно в головному меню вибрати **File** → **Import DXF** і вказати шлях до відповідного файлу. Шлях до файлу V3.dxf вказується викладачем.

3. Задати властивості матеріалів згідно власного варіанту завдання (табл.9.1).

**Таблиця 9.1. Параметри моделі**

№ варіанту	Марка сталі	Тип магніту
1	M-43 Steel	SmCo 20 MGOe
2	M-15 Steel	SmCo 24 MGOe
3	M-45 Steel	SmCo 27 MGOe
4	M-15 Steel	NdFeB 32 MGOe
5	M-27 Steel	NdFeB 37 MGOe
6	M-15 Steel	NdFeB 40 MGOe
7	M-19 Steel	SmCo 20 MGOe
8	M-36 Steel	SmCo 24 MGOe
9	M-19 Steel	SmCo 27 MGOe
10	M-43 Steel	NdFeB 32 MGOe
11	M-19 Steel	NdFeB 37 MGOe

**Таблиця 9.1. Параметри моделі**

<i>№ варіанту</i>	<i>Марка сталі</i>	<i>Тип магніту</i>
12	M-19 Steel	NdFeB 40 MGOe
13	M-36 Steel	SmCo 20 MGOe
14	M-22 Steel	SmCo 24 MGOe
15	M-36 Steel	SmCo 27 MGOe
16	M-22 Steel	NdFeB 32 MGOe
17	M-22 Steel	NdFeB 37 MGOe
18	M-36 Steel	NdFeB 40 MGOe
19	M-27 Steel	SmCo 20 MGOe
20	M-27 Steel	SmCo 24 MGOe

Приклад такої моделі реалізованої в програмі FEMM наведено на рис.9.24.

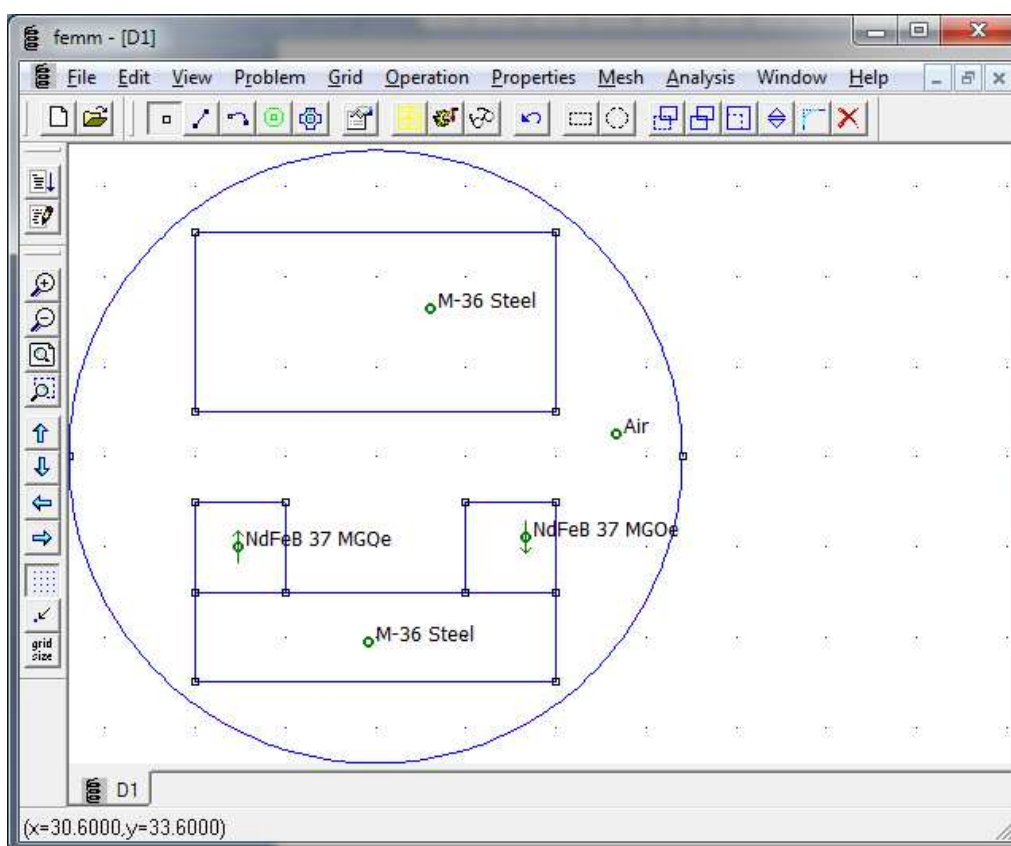


Рис. 9.24. Приклад моделі кола з постійними магнітами, створений в програмі FEMM

Для всіх варіантів завдання задати властивості зовнішніх границь моделі як **Periodic**.

4. Знайти розподіл модуля магнітної індукції. Побудувати графіки нормальної складової індукції на поверхні верхнього пакету сталі. Підрахувати сумарну магнітну енергію обох магнітів.

1. Відкрити в програмі FEMM середовище за розрахунком електромагнітного поля (**Magnetic Problem**).

2. Імпортувати з файлу V1.dxf геометрію об'єкту дослідження (асинхронний двигун з к.з. ротором) (рис. 10.1).

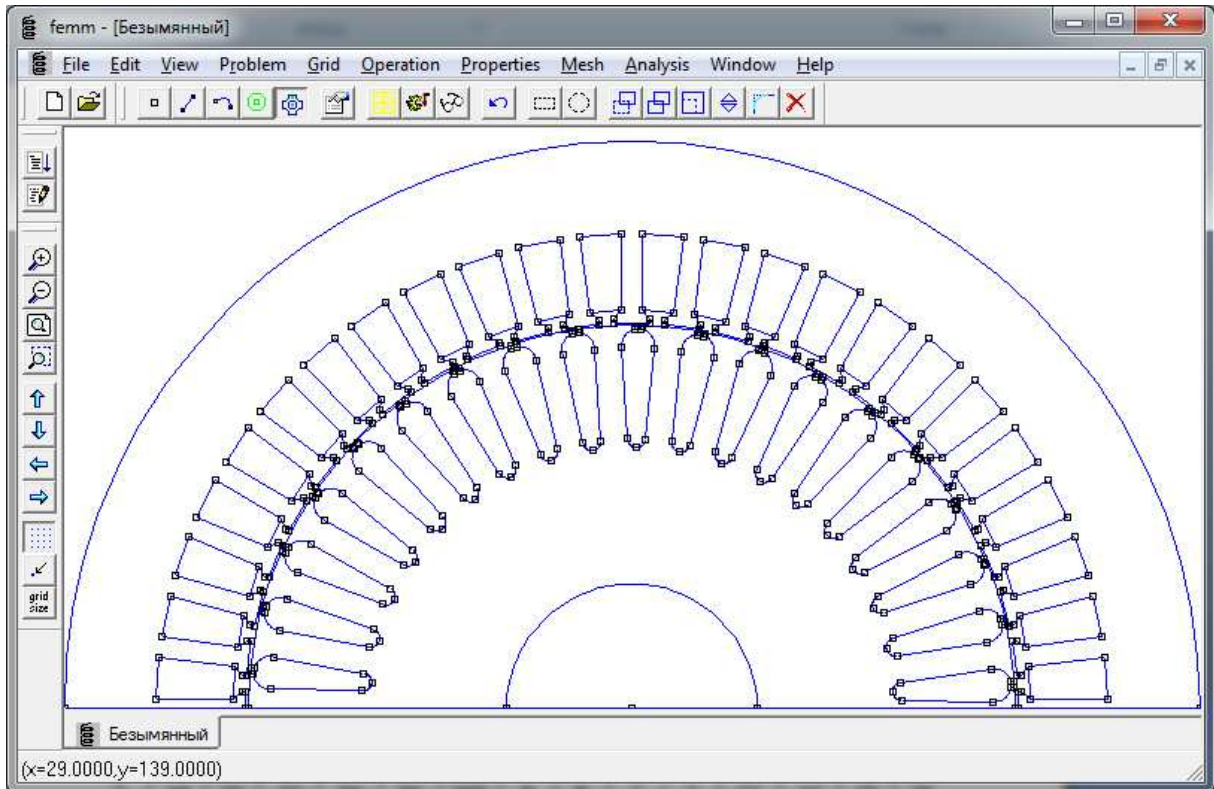


Рис. 10.1. Геометрія АД з к.з. ротором імпортована в середовище FEMM  
Спосіб імпорту геометрії такий самий як і в практикумі №9 (див. стор.93).

3. Задати властивості матеріалів згідно власного варіанту завдання (див. табл. 10.1).

Для всіх варіантів прийняти обмотку статора *трифазною*, а матеріал обмотки – мідний провідник діаметром *1.25mm*. Матеріал обмотки ротора – *Aluminum 1100*. На валу задати область <No mesh>.

**Таблиця 10.1. Матеріали та параметри обмотки статора АД**

№ варіанту	Марка сталі магнітопроводу статора і ротора	Параметри обмотки статора		
		Амплітуда струму фази A, A	Кількість ефективних провідників в пазу	Число пазів на полюс і фази
1	M-43 Steel	100	8	4
2	M-15 Steel	85	10	4
3	M-45 Steel	110	8	4
4	M-15 Steel	95	10	4

5	M-27 Steel	70	10	2
6	M-15 Steel	65	10	2
7	M-19 Steel	150	6	4
8	M-36 Steel	185	5	4
9	M-19 Steel	200	5	2
10	M-43 Steel	135	8	4
11	M-19 Steel	50	12	4
12	M-19 Steel	125	6	2
13	M-36 Steel	114	8	2
14	M-22 Steel	90	10	2
15	M-36 Steel	140	6	2
16	M-22 Steel	154	6	2
17	M-22 Steel	118	8	4
18	M-36 Steel	120	8	4
19	M-27 Steel	130	8	4
20	M-27 Steel	170	6	2

Для всіх варіантів завдання задати такі властивості зовнішніх границь:

- для зовнішньої кромки пакету статора – Prescribed  $A$  (векторний магнітний потенціал дорівнює нулю  $A=0$ ) (Умова Діріхле);
- для ліній які ділять поперечний переріз двигуна навпіл – умова періодичності (Periodic).

4. Знайти розподіл магнітної індукції. Розрахувати індуктивність обмотки і повний її опір. Розрахунки провести при статичному режимі, тобто частота струму обмотки статора дорівнює нулю.