

Дипломний проект

«Розробка віртуальних стендів для дослідження
двигунів постійного струму в середовищі
LabView»

Виконав: ст. гр. ЕПА-14сп, Лаура Я.П.
Науковий керівник - к.т.н., Мошноріз М.М.

Мета:

розробка віртуального лабораторного стенду роботи двигуна постійного струму послідовного, паралельного і незалежного збудження.

Задачі:

- 1) розробити математичні моделі даних стендів та структурні схеми;*
- 2) розробити віртуальний тренажерний комплекс;*
- 3) розробити методику проведення досліджень;*
- 4) провести дослідження на віртуальному тренажерному комплексі.*

Об'єктом дослідження:

електромеханічні процеси, що протікають в двигунах постійного струму послідовного, паралельного і незалежного збудження.

Предмет дослідження:

математичні моделі двигунів постійного струму послідовного паралельного і незалежного збудження та програмне середовище для їх реалізації.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАМ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА



ПОРІВНЯННЯ ПРОГРАМНИХ СЕРЕДОВИЩ

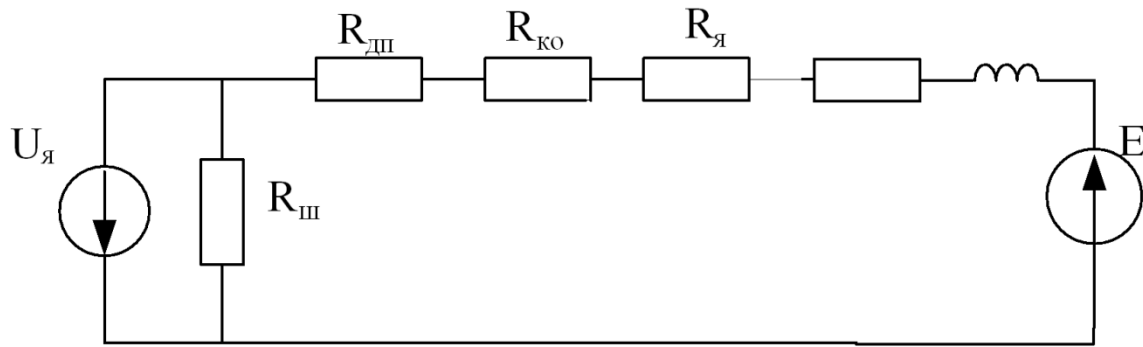
Назва програмного середовища	Переваги	Недоліки
1. ANSYS	<ol style="list-style-type: none"> 1. Можливість використання при вирішенні пов'язаних завдань. 2. Дозволяє вирішувати двох і тривимірні завдання. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Не можливість змінювати параметри елементів під час роботи. 2. Не можливість створення віртуальної лабораторії.
2. Micro-Cap	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дозволяє аналізувати аналогові, цифрові і змішані аналогові - цифрові електронні пристрої. 2. Досить широка елементна база. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Не зручність у користуванні. 2. Не зручний інтерфейс. 3. Не Можливість змінювати параметри активних і пасивних елементів.
3. Electronics Workbench	<ol style="list-style-type: none"> 1. Зручний інтерфейс, досить схожий до лабораторних умов. 2. Можливість створення віртуальної лабораторії. 3. Дозволяє працювати з аналоговою і цифровою схемотехнікою. 4. Досить широка елементна база. 5. Можливість змінювати параметри активних і пасивних елементів. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Відносна висока вартість для придбання ліцензійної версії. 2. Має невеликий набір можливих тестів.
4. P-SPICE	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дозволяє з'єднати підмоделі різних підсистем в одну загальну комп'ютерну модель. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Не можливість створення віртуальної лабораторії. 2. Не зручний інтерфейс. 3. Не широка елементна база.
5. MATLAB	<ol style="list-style-type: none"> 1. Велика бібліотека функцій (більше 800 елементів). 2. Бібліотека функцій розбита на розділи. 3. Зручний інтерфейс. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Відносна висока вартість для придбання ліцензійної версії. 2. Не можливість регулювати параметри під час моделювання.
6. LabVIEW	<ol style="list-style-type: none"> 1. Можливість створення віртуальної лабораторії. 2. Досить широка елементна база. 3. Спрощує програмування для непрофесійних програмістів. 4. До ряду приладів, уже надаються готові віртуальні інструменти. 5. Наявна велика кількість функцій для збору даних, обчислень, генерації сигналів, аналізу тощо 6. Наявна велика кількість графічних елементів для реалізації зручного інтерфейсу користувача. 7. Існує дешева версія LabVIEW Student Edition. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Під час моделювання присутні стрибки вихідного сигналу, пов'язані з недостатньою точністю моделювання. 2. LabVIEW є власницьким програмним забезпеченням National Instrument, і вимагає активації.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА

ВАРТІСТЬ ПРОГРАМНИХ СЕРЕДОВИЩ ПРИДАТНИХ, ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Назва програмного середовища	Ціна (у.о.)
1. ANSYS	10 156
2. Micro-Cap	4720
3. Electronics Workbench	5500
4. P-SPICE	8570
5. MATLAB (Simulink)	9750
6. LabVIEW	4950

СХЕМА ЗАМІЩЕННЯ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПАРАЛЕЛЬНОГО ЗБУДЖЕННЯ



МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПАРАЛЕЛЬНОГО ЗБУДЖЕННЯ

За другим законом Кірхгофа запишемо:

$$U = E_a + IR_z + L_z \frac{di}{dt}, \quad (2.1)$$

- де U – напруга якоря;
- E_a – ЕРС якоря;
- I – струм якоря;
- R_z – сумарний опір;
- L_z – сумарна індуктивність;

Проведемо перетворення Лапласа, тобто здійсимо заміну $\frac{d}{dt}$ на комплексну складову p :

$$U = E_a + IR_z + L_z \cdot I \cdot p. \quad (2.2)$$

Знаходимо сумарний опір двигуна:

$$R_z = R_a + R_m + R_{op}, \quad (2.3)$$

- де R_a – опір якоря;
 - R_{op} – опір сервісної обмотки;
 - R_m – опір обмотки додаткових полюсів.
- Знаходимо електромагнітну сталу якоря:

$$T_e = \frac{L_z}{R_z}. \quad (2.4)$$

Знаходимо струм якоря з рівняння 2.1 при подальших підстановках рівнянь 2.2 – 2.4:

$$I = \frac{1}{R_z} \frac{1}{(T_e p + 1)} \cdot (U - E_a). \quad (2.5)$$

Запишемо номінальне значення магнітного потоку:

$$\Phi_{em} = \frac{U - IR_a}{\omega}. \quad (2.6)$$

Запишемо основне рівняння руху:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M - M_c. \quad (2.7)$$

- де J – передаточне число редуктора;
- M – момент двигуна;
- M_c – момент статичного навантаження.

Проведемо перетворення Лапласа, тобто здійсимо заміну $\frac{d}{dt}$ на комплексну складову p :

$$J \cdot \omega \cdot p = M - M_c. \quad (2.8)$$

Виразимо із рівняння 2.7 швидкість:

$$\omega_n = \frac{1}{Jp} (M - M_c). \quad (2.9)$$

Знаходимо ЕРС:

$$E_a = \omega \cdot \Phi_{em}, \quad (2.10)$$

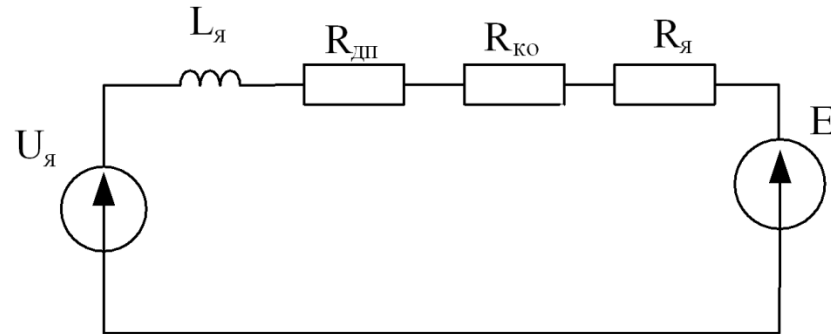
де Φ_{em} – магнітний потік.

Знаходимо статичний момент двигуна:

$$M_s = I_a \cdot \Phi_{em}. \quad (2.11)$$

Система рівнянь (2.5), (2.9), (2.10), (2.11) є математичною моделлю двигуна постійного струму послідовного збудження.

СХЕМА ЗАМІЩЕННЯ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ НЕЗАЛЕЖНОГО ЗБУДЖЕННЯ



МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПАРАЛЕЛЬНОГО ЗБУДЖЕННЯ

Впорядковано до даної схеми записано рівняння, які описують електромагнітні процеси, які протікають у ній.

За другим законом Кірхгофа записуємо:

$$U = E_1 + IR_2 + L_2 \frac{di}{dt} \quad (2.12)$$

де U – напруга якоря;

E_1 – ЕРС якоря;

I – струм якоря;

R_2 – сумарний опір;

L_2 – сумарна індуктивність;

Проведено перетворення Лапласа, тобто здійснено заміну $\frac{di}{dt}$ на комплексну складову p :

$$U = E_1 + IR_2 + L_2 \cdot p \cdot I \quad (2.13)$$

Знаходимо сумарний опір двигуна:

$$R_2 = R_a + R_{\text{ш}} + R_{\text{л}} \quad (2.14)$$

де R_a – опір якоря;

$R_{\text{ш}}$ – опір сервісної обмотки;

$R_{\text{л}}$ – опір обмотки додаткових полюсів.

Знаходимо електромагнітну сталу якоря:

$$T_a = \frac{L_2}{R_2} \quad (2.15)$$

Знаходимо струм якоря з рівняння 2.1 при подальших підстановках рівнянь 2.2 – 2.4:

$$I = \frac{1}{R_2} \frac{1}{(T_a p + 1)} (U - E_a) \quad (2.16)$$

Записуємо номінальне значення магнітного потоку:

$$\Phi_{\text{ном}} = \frac{U - IR_{\text{ш}}}{\sigma} \quad (2.17)$$

Записуємо основне рівняння руху:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M - M_1 \quad (2.18)$$

де J – передаточне число редуктора;

M – момент двигуна;

M_1 – момент статичного навантаження.

Проведено перетворення Лапласа, тобто здійснено заміну $\frac{d\omega}{dt}$ на комплексну складову p :

$$J \cdot \omega \cdot p = M - M_1 \quad (2.19)$$

Виразимо із рівняння 2.7 швидкість:

$$\omega_a = \frac{1}{Jp} (M - M_1) \quad (2.20)$$

Знаходимо ЕРС:

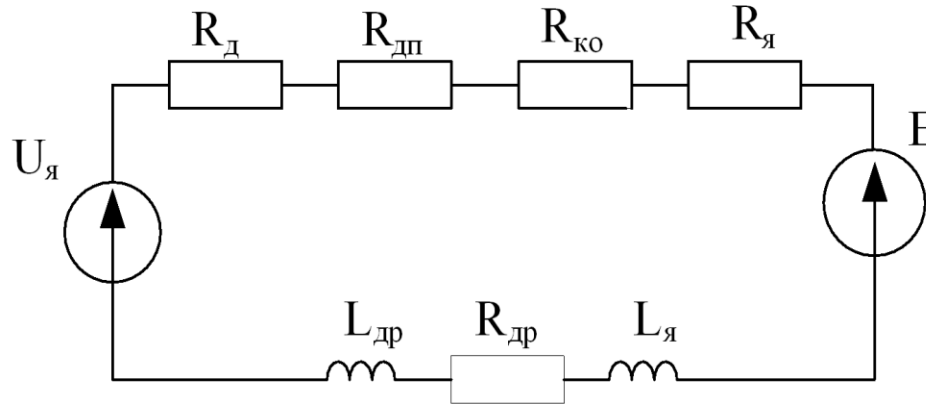
$$E_1 = \sigma \cdot \kappa \Phi_{\text{ном}} \quad (2.21)$$

де $\kappa \Phi_{\text{ном}}$ – магнітний потік.

Знаходимо статичний момент двигуна:

$$M_1 = I_a \cdot \kappa \Phi_{\text{ном}} \quad (2.22)$$

СХЕМА ЗАМІЩЕННЯ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПОСЛІДОВНОГО ЗБУДЖЕННЯ



МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПОСЛІДОВНОГО ЗБУДЖЕННЯ

За другим законом Кірхгофа запишемо:

$$U = E_a + IR_{\Sigma} + L_{\Sigma} \frac{dI}{dt} \quad (2.1)$$

Проведемо перетворення Лапласа

$$U = E_a + IR_{\Sigma} + L_{\Sigma} \cdot I \cdot p \quad (2.2)$$

Знаходимо сумарний опір двигуна:

$$R_{\Sigma} = R_{\text{я}} + R_{\text{дп}} + R_{\text{сер}} \quad (2.3)$$

Знаходимо сумарну індуктивність:

$$L_{\Sigma} = L_{\text{др}} + L_{\text{я}} \quad (2.4)$$

Знаходимо електромагнітну сталу якоря:

$$T_e = \frac{L_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} \quad (2.5)$$

Знаходимо струм якоря з рівняння 2.1 при подальших підстановках рівнянь 2.2 – 2.4:

$$I = \frac{1}{R_{\Sigma}} \cdot \frac{1}{(T_e p + 1)} \cdot (U - E_a) \quad (2.6)$$

Знайдемо відносне значення магнітного потоку через формулу кривої намагнічування:

$$kf^*(I_a) = B_1 + B_2 \cdot I_a^2 + B_3 \cdot I_a^3 + B_4 \cdot I_a^4 + B_5 \cdot I_a^5 \quad (2.7)$$

Знаходимо відносне значення струму якоря:

$$I_a^* = \frac{i_a}{I_{a.\text{ном}}} \quad (2.8)$$

Запишемо номінальне значення магнітного потоку:

$$kF_{\text{ном}} = \frac{kf}{kf^*} \quad (2.9)$$

Запишемо основне рівняння руху:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M - M_c \quad (2.10)$$

Проведемо перетворення Лапласа

$$J \cdot \omega \cdot p = M - M_c \quad (2.11)$$

Виражаємо із рівняння 2.10 швидкість:

$$\omega_n = \frac{1}{Jp} (M - M_c) \quad (2.12)$$

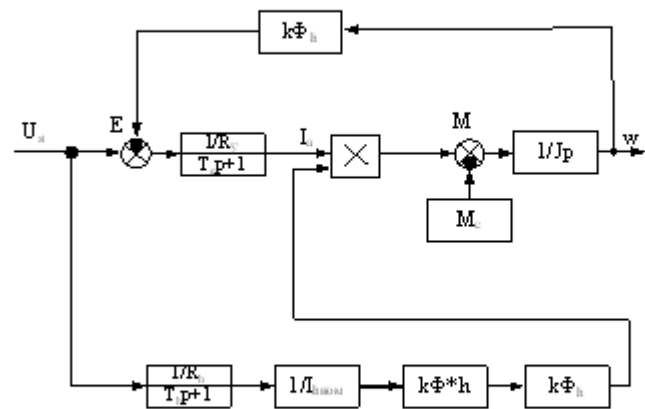
Знаходимо E_p :

$$E_a = \omega \cdot kf(i_a) \quad (2.13)$$

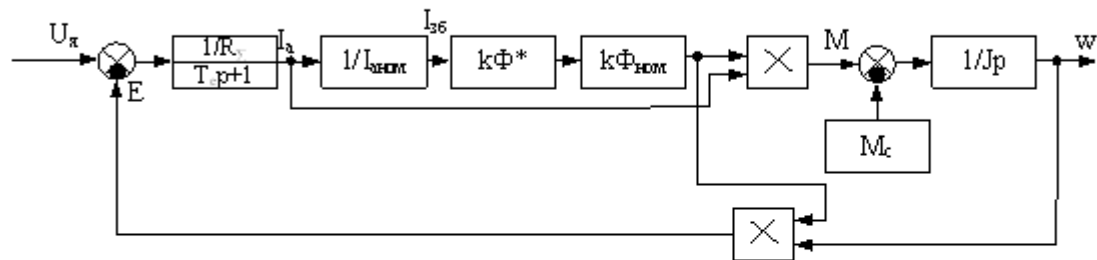
Знаходимо статичний момент двигуна:

$$M_c = I_n \cdot kf(i_a) \quad (2.14)$$

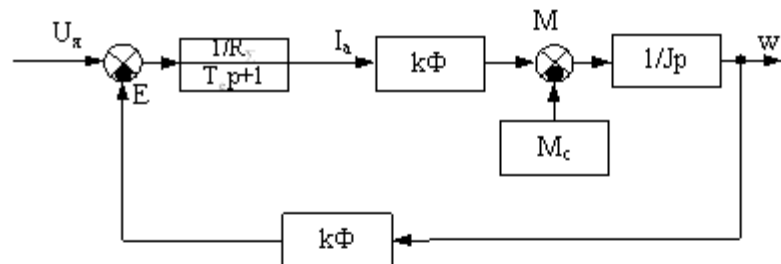
Система рівнянь (2.6), (2.12), (2.13), (2.14) є математичною моделлю двигуна постійного струму послідовного збудження.



Структурна схема двигуна постійного струму з паралельним збудженням



Структурна схема двигуна постійного струму з послідовним збудженням



Структурна схема двигуна постійного струму з незалежним збудженням

					08-19.ДП.005.00.000 Е1			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Розробка віртуальних лабораторних стендів для двигунів постійного струму у програмному середовищі LabVIEW Структурні схеми двигунів постійного струму	Літ.	Маса	
Розробив:		Лаура Я.П.						
Перевірив:		Мошпоріс М.М.						
Т. контр.								
Рецензент								
Норм.кон.								
						Аркуш 1	Аркуш	
								гр. ЕПА-14с

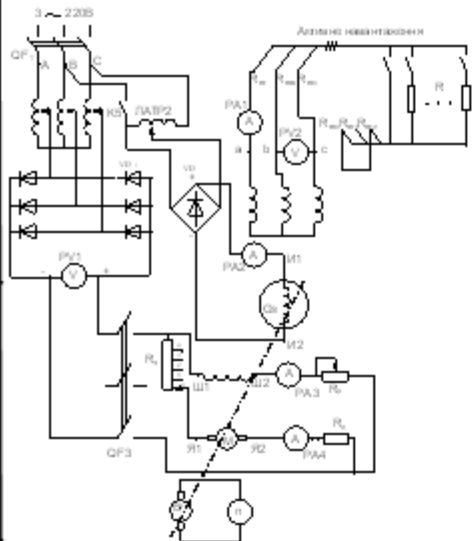


Схема дослідної установки двигуна постійного струму паралельного збудження у лабораторії 118

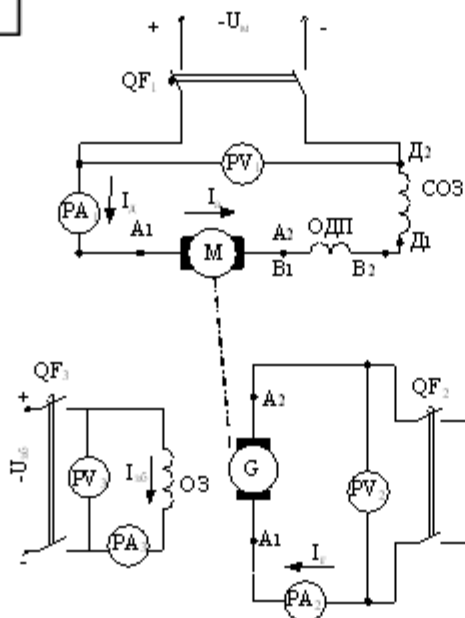


Схема електрична принципова лабораторного стенда ДПС послідовного збудження навантаженого генератором

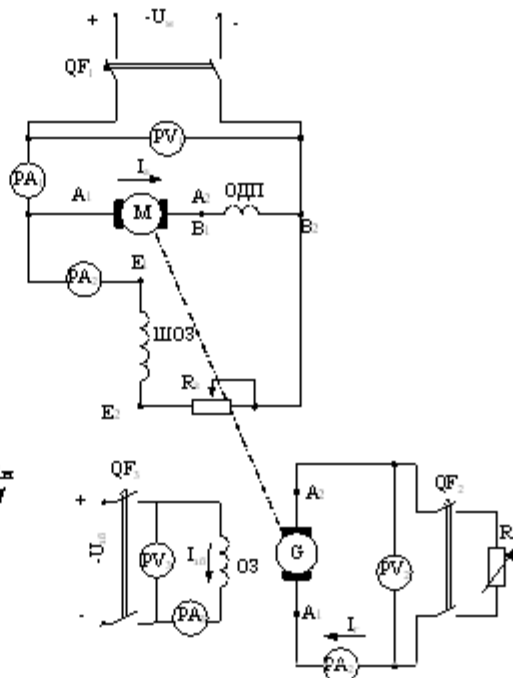


Схема електрична принципова лабораторного стенда ДПС паралельного збудження навантаженого генератором

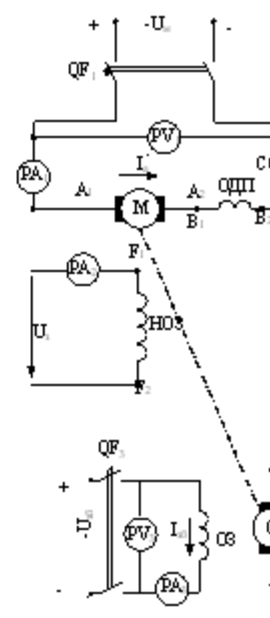


Схема електрична лабораторного стенда ДПС паралельного збудження навантаженого генератором

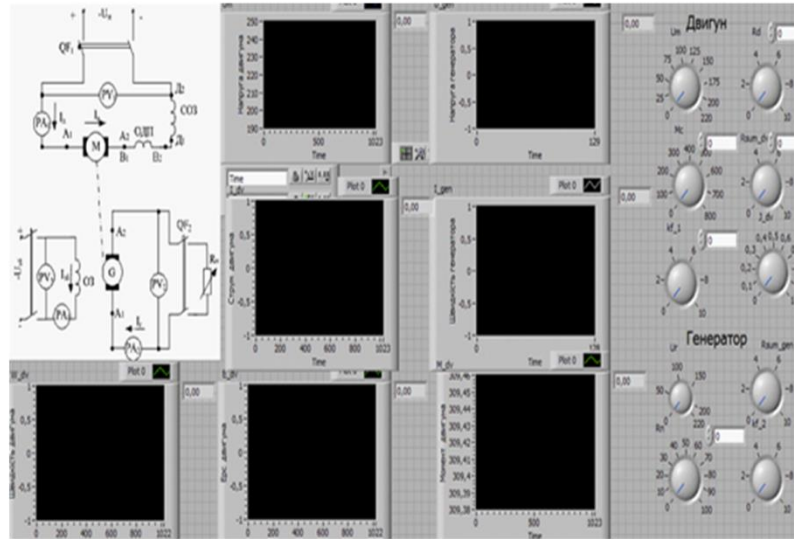
Підпис і дата	
Інв. № дубл.	
Зам. інв. №	
Підпис і дата	
№ ориг.	

Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата
Розробив:		Лаура Я.П.		
Перевірив:		Мошноріз М.М.		
Т. контр.				
Рецензент				

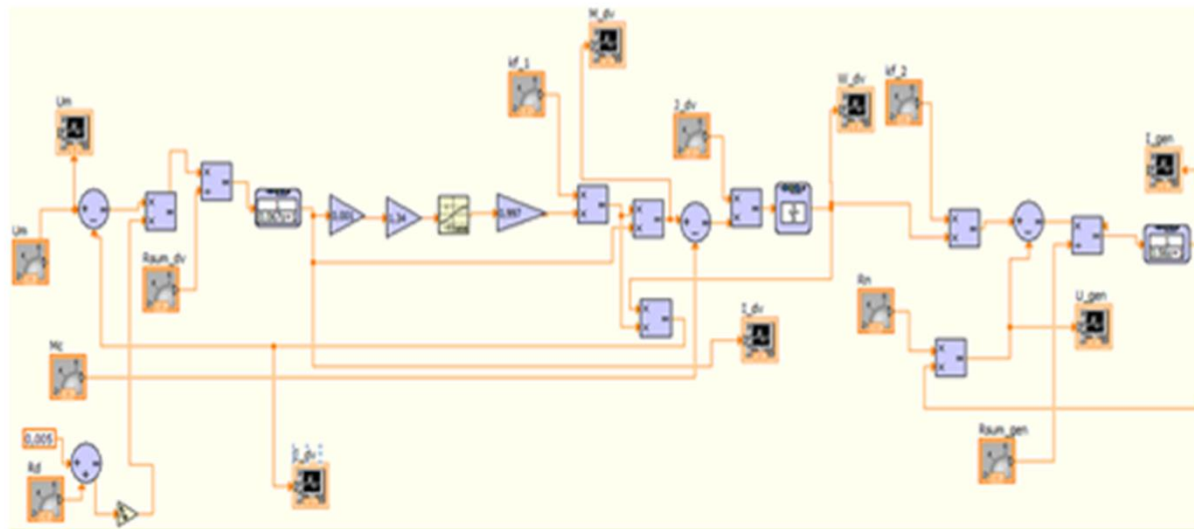
Розробка віртуальних лабораторних стендів для дослідження роботи двигунів постійного струму у програмному середовищі LabView
Схеми електричні принципи

Літ.	
Аркуш	1

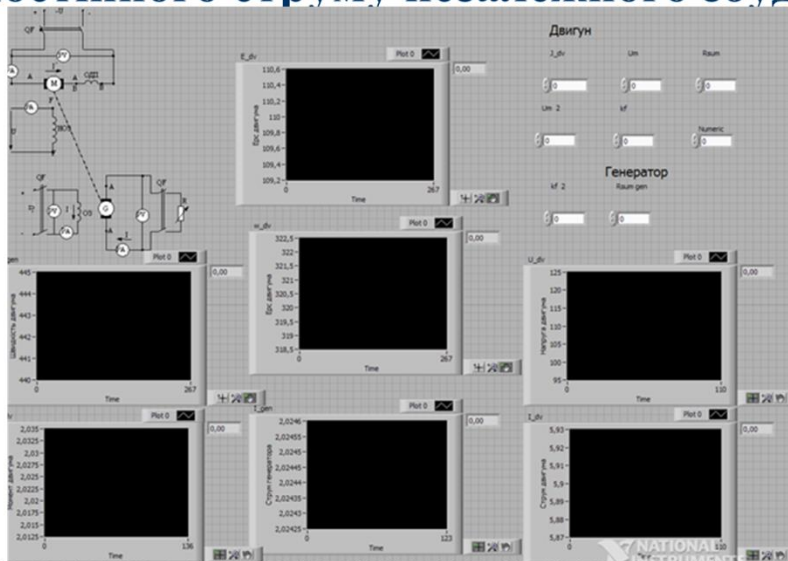
Зовнішній вигляд розробленого віртуального лабораторного стану роботи двигуна постійного струму послідовного збудження



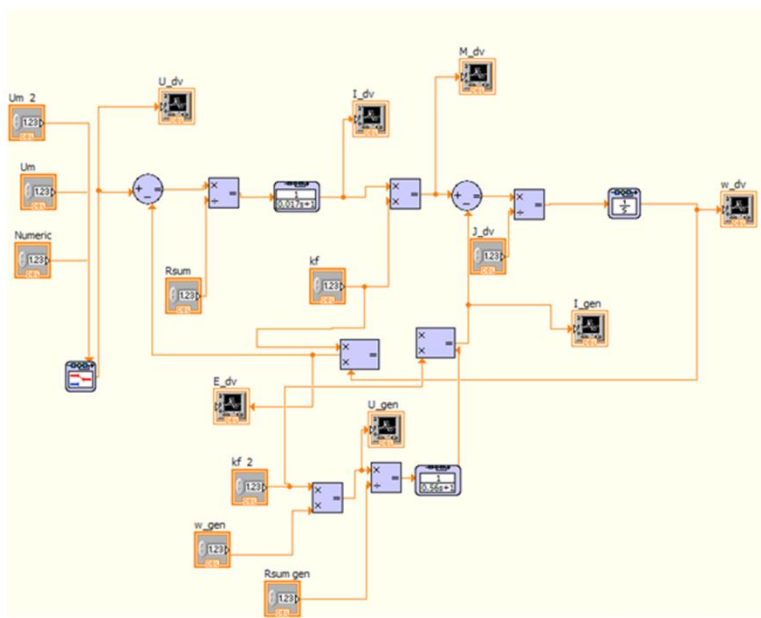
Розроблений віртуальний лабораторний стенд має таку структурну схему



Зовнішній вигляд розробленого віртуального лабораторного стенду роботи двигуна постійного струму незалежного збудження



Розроблений віртуальний лабораторний стенд має таку структурну схему



Проведення дослідів при умовах:

- 3а) при $U=U_{ном}$; $I_B=I_{вном}$; $R_d=0$
- 3б) при $U=U_{ном}$; $I_B=I_{вмін}$; $R_d=0$
- 3в) при $U=U_{ном}$; $I_B=I_{вном}$; $R_d=пост.$

Дані розрахунків проведених досліджень при умовах:

Таблиця 4.6 – Результати розрахунку експерименту до пункту 3а.

Точка №	Дослідна величина						Розрахункова величина						Прим.
	U, В	I _a , А	I _з , А	I _г , В	I _г , А	n, об/хв	P ₁ , Вт	P _г , Вт	η, в.о	P ₂ , Вт	ω, рад/с	M, Н*м	
1	220	4,5	0,27	220	1,1	3400	1049	418	0,63	660	314	0,83	U=U _{ном} ; I _з =I _{з,ном} ; R _d =0
2	220	6,5	0,27	200	2,1	3400	1489	726	0,69	1027	314	3,27	
3	220	7,5	0,27	180	3	3400	1709	934	0,73	1247	314	3,97	
4	220	8	0,27	145	4	3400	1819	1003	0,74	1346	314	4,28	
5	220	8,2	0,27	140	4,9	3400	1863	1186	0,79	1495	314	4,76	
6	220	8,7	0,27	125	5,7	3400	1973	1233	0,79	1558	314	4,96	

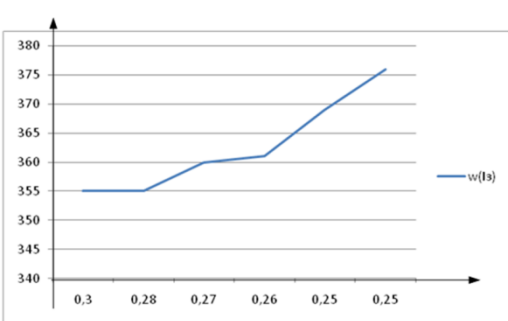
Таблиця 4.7 - Результати експерименту і розрахунку до пункту 3б

U, В	I _a , А	I _з , А	I _г , В	I _г , А	n, об/хв	P ₁ , Вт	P _г , Вт	η, в.о	P ₂ , Вт	ω, рад/с	M, Н*м	
1	220	4,8	0,25	218	1,05	3600	1111	396	0,57	633	396	1,59
2	220	6,1	0,25	195	2	3600	1397	674	0,69	963	396	2,43
3	220	6,9	0,25	170	2,8	3600	1573	823	0,72	1132	396	2,85
4	220	7	0,25	150	3,2	3600	1595	830	0,72	1150	396	2,9
5	220	6,8	0,25	130	3,6	3600	1551	810	0,72	1119	396	2,8
6	220	6,5	0,25	115	3,8	3600	1485	756	0,71	1054	396	2,66

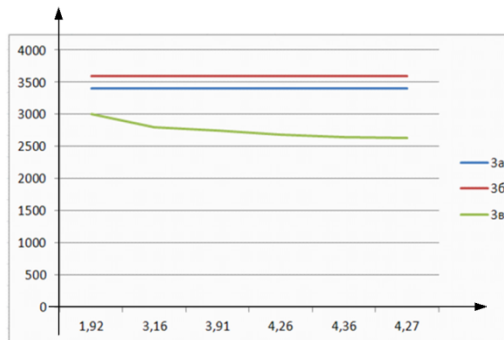
Таблиця 4.8 - Результати експерименту і розрахунку до пункту 3в.

U, В	I _a , А	I _з , А	I _г , В	I _г , А	n, об/хв	P ₁ , Вт	P _г , Вт	η, в.о	P ₂ , Вт	ω, рад/с	M, Н*м	
1	220	4,2	0,29	200	1	3000	987	380	0,62	606	314	1,92
2	220	6	0,29	180	2	2800	1383	622	0,67	926	293	3,16
3	220	7	0,29	160	2,6	2750	1603	719	0,669	1120	286	3,91
4	220	7,2	0,29	150	3,3	2680	1647	856	0,72	1185	278	4,26
5	220	7,5	0,29	135	3,6	2650	1713	840	0,7	1199	275	4,36
6	220	7,3	0,29	120	4	2630	1669	830	0,7	1168	273	4,27

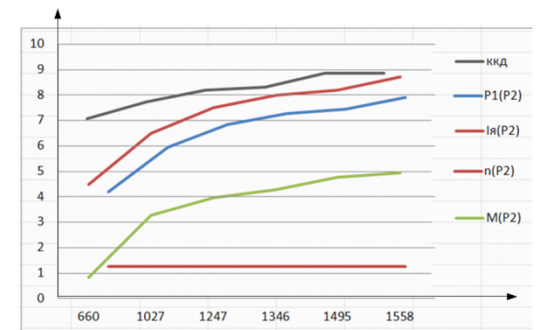
Механічні характеристики виконаних досліджень



Регулювальна характеристика добути на реальному стенді у 118

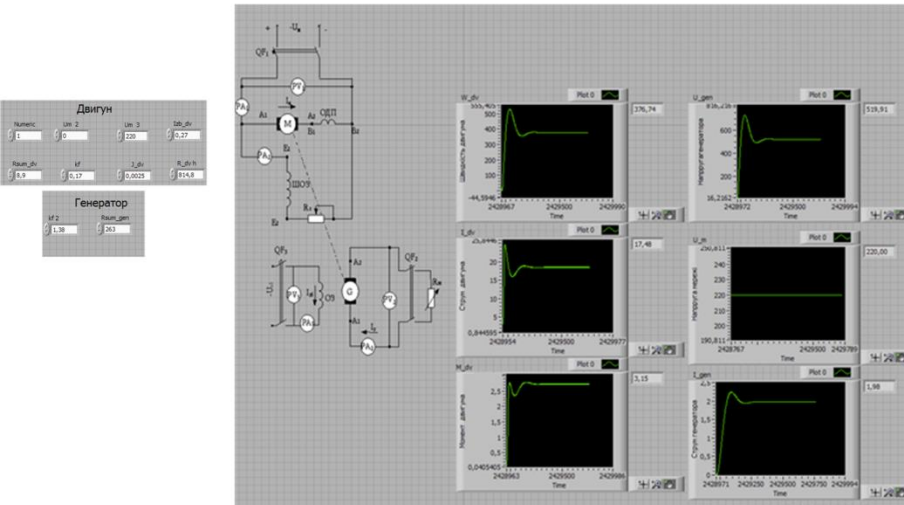


Механічні характеристики двигуна постійного струму з паралельним збудженням

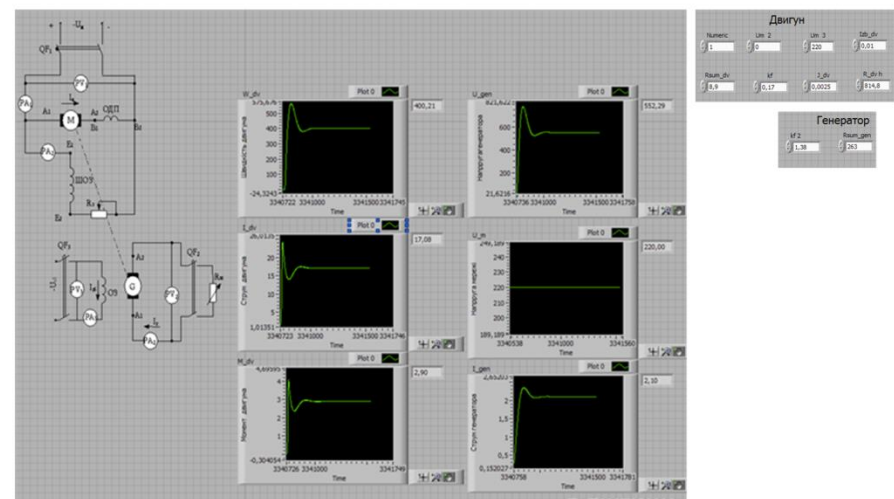


Робочі характеристики двигуна постійного струму з паралельним збудженням

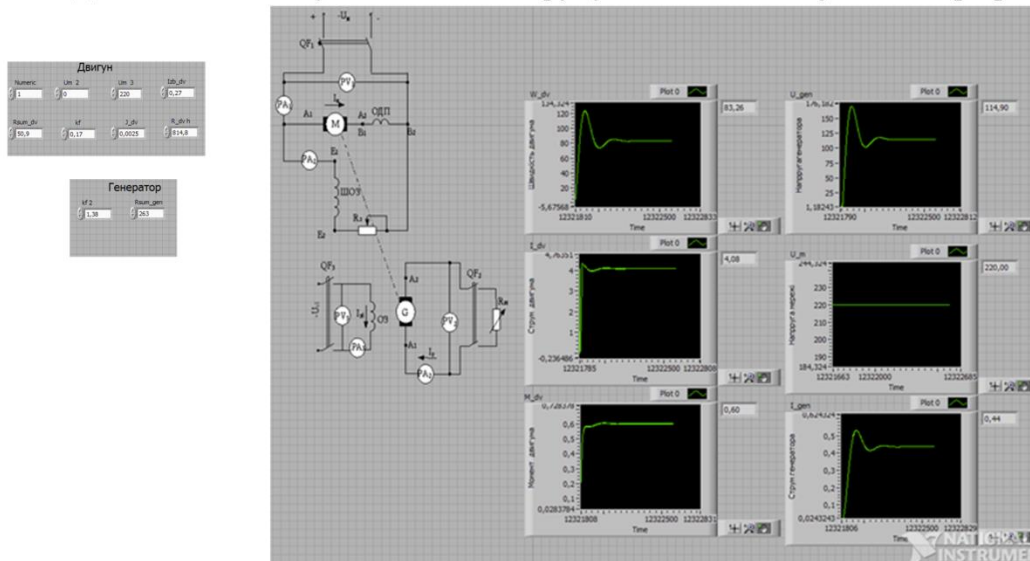
Дослідження двигуна постійного струму паралельного збудження при пуску на номінальне навантаження (природні характеристики)



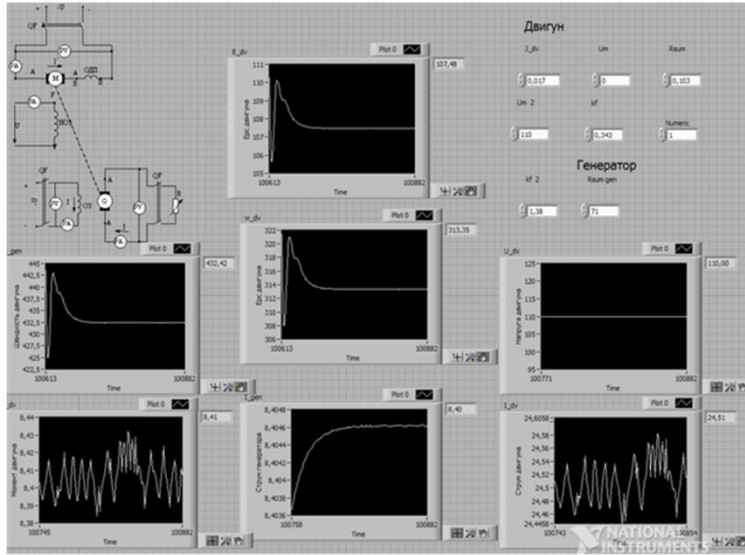
Дослідження двигуна постійного струму послідовного збудження при пуску з мінімальним струмом збудження



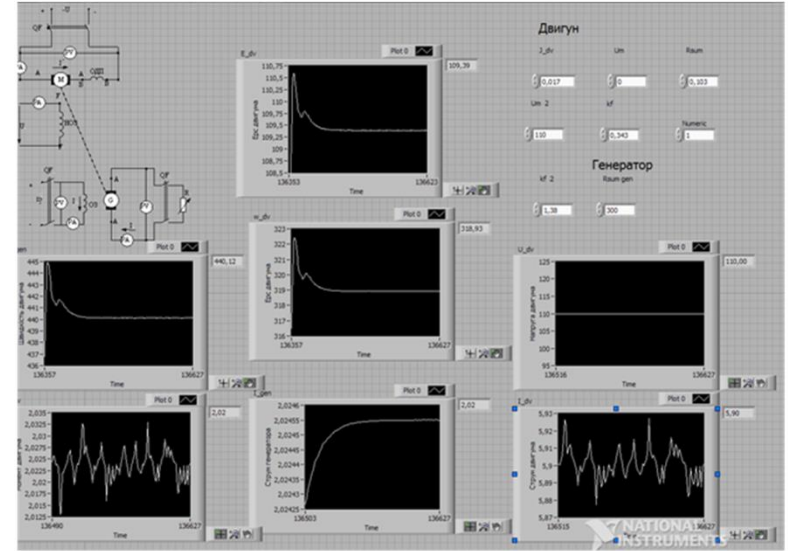
Дослідження двигуна постійного струму послідовного збудження при реостатному пуску під навантаженням



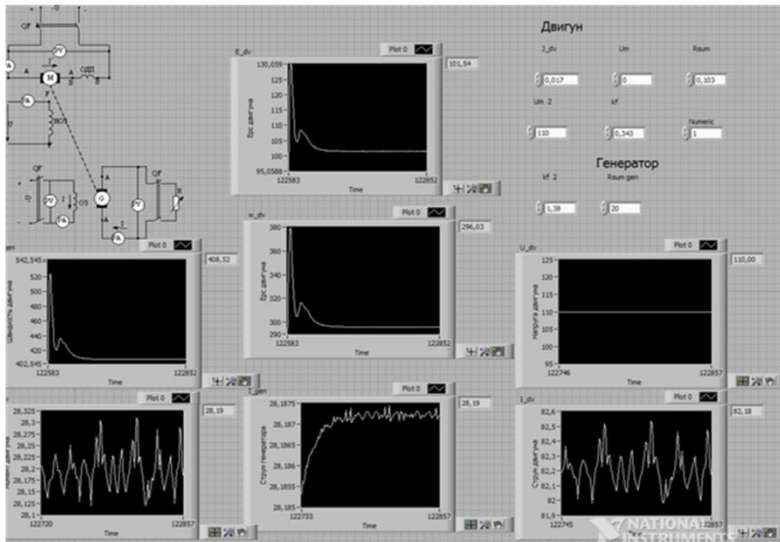
Дослідження двигуна постійного струму незалежного збудження при плавному пуску двигуна під навантаженням і регулюванням напругою



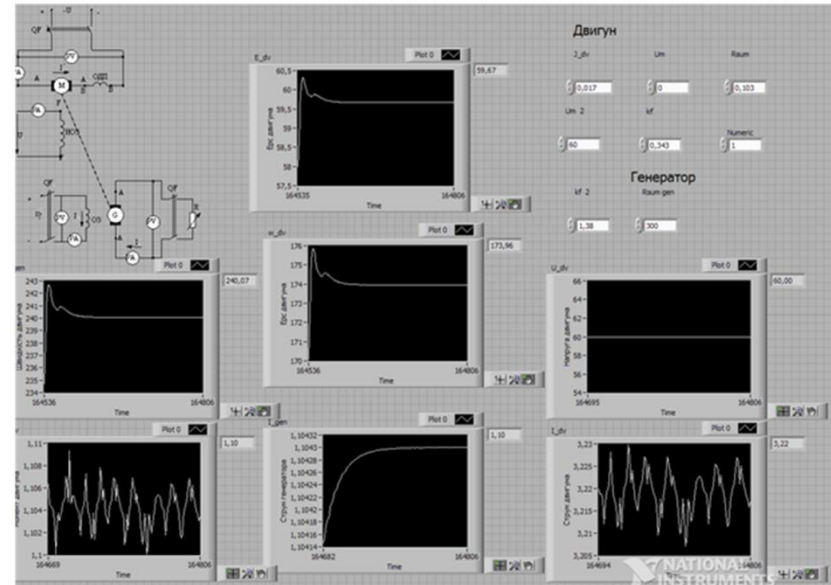
Дослідження двигуна постійного струму незалежного збудження при пуску з навантаженням при скиді його



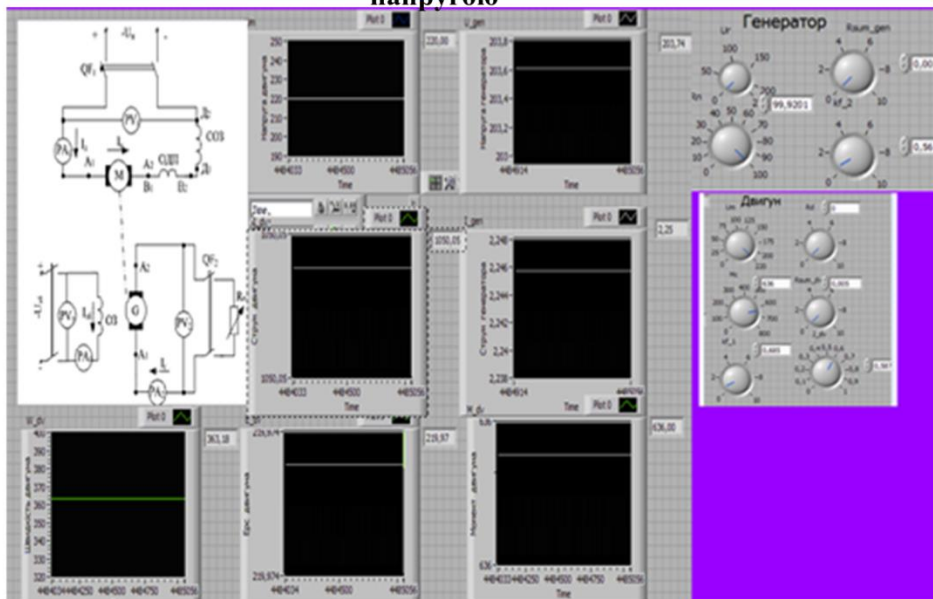
Дослідження двигуна постійного струму незалежного збудження при пуску з навантаженням при накиді його



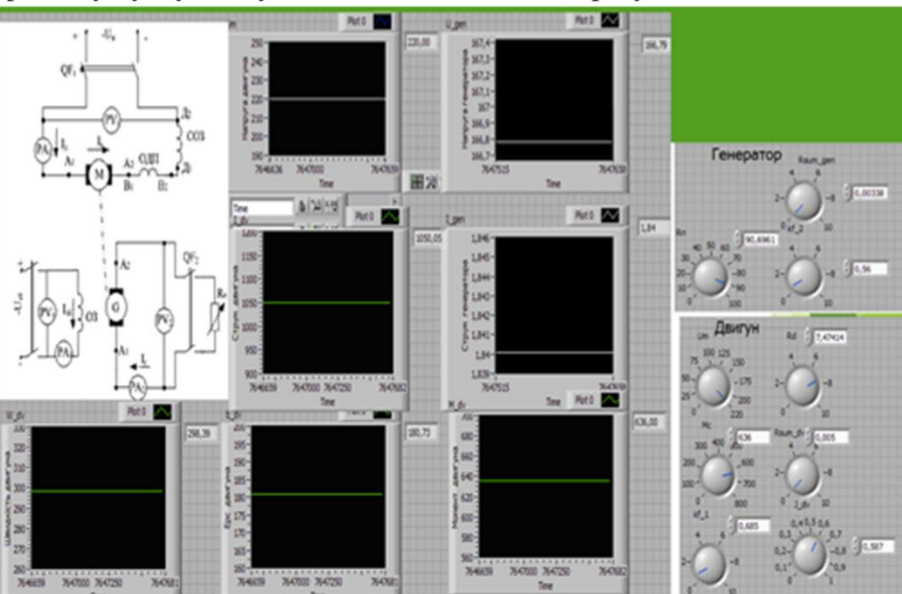
Дослідження двигуна постійного струму незалежного збудження при реостатному пуску під навантаженням



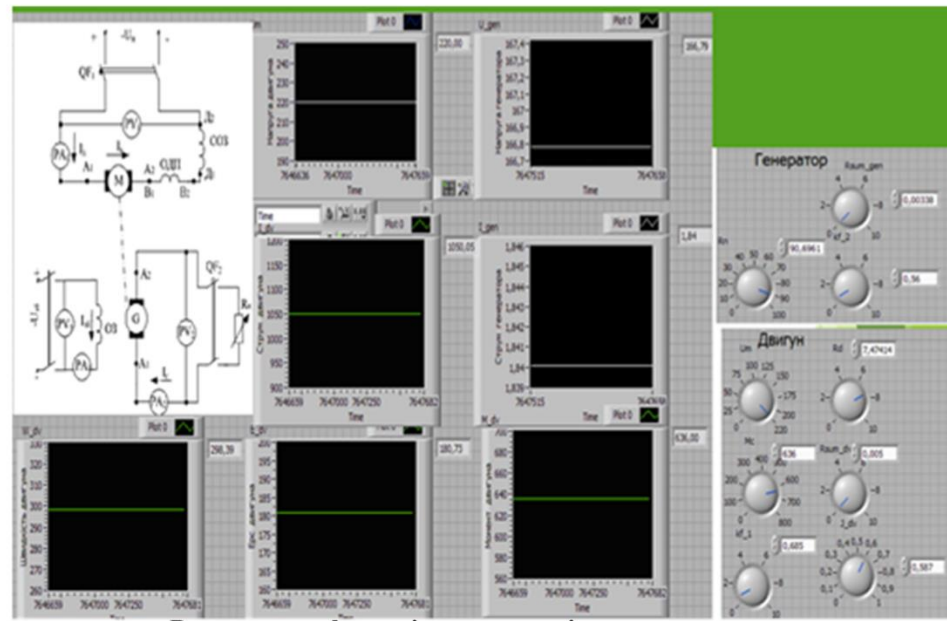
Результати функціонування віртуального тренажерного омплесу пи плавному пуску двигуна під навантаженням і регулюванням напругою



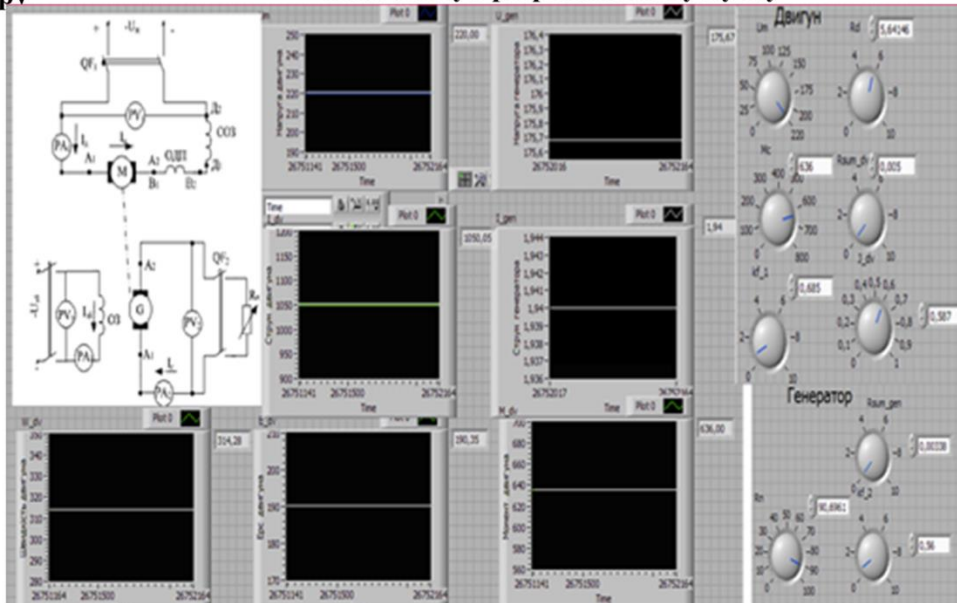
Результати функціонування віртуального тренажерного омплесу пи прямому пуску двигуна під навантаженням і регулюванням зміною опору



Результати функціонування віртуального тренажерного омплесу пи прямому пуску двигуна під навантаженням і регулюванням зміною опору



Результати функціонування віртуального тренажерного комплексу при реостатному пуску



Висновки: Розроблено і побудовано математичні моделі двигунів постійного струму помлвдовного, паралельного і незалежного збудження. У програмному середовищі LabView створено віртуальні лабораторні стенди і розроблено структурні схеми даних віртуальних тренажерних комплексів. Представлено перелік лабораторних робіт придатних для виконання на розроблених стендах і приведені методичні вказівки до їх виконання.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ