

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
АВТОМОБІЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт
з дисципліни "Моделювання електромеханічних систем"
Частина 2

Харків 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
АВТОМОБІЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт

з дисципліни "Моделювання електромеханічних систем"

Частина 2

для студентів всіх форм навчання

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Затверджено

методичною радою університету,

протокол № ___ від _____ 2024 р.

Харків 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
АВТОМОБІЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

До друку та в світ дозволяю

професор _____ А.Г. Батракова

“ ___ ” _____ 2024 року

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт

з дисципліни "Моделювання електромеханічних систем"

Частина 2

Всі цитати, цифровий,
фактичний матеріал
та бібліографічні
відомості перевірені,
написання одиниць
відповідає стандартам

Затверджено
методичною радою університету,
Протокол № __ від ____ 2024 р.

Укладачі:

О. П. Смирнов

А. О. Борисенко

Відповідальний за випуск

А. В. Гнатів

Харків 2024

Укладачі:

О. П. Смирнов

А. О. Борисенко

Кафедра Автомобільної електроніки

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки до лабораторних робіт за дисципліною «Моделювання електромеханічних систем» складені для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка усіх форм навчання. Для проведення лабораторних робіт застосовуються методи комп'ютерного імітаційного моделювання за допомогою високорівневої мови технічних розрахунків Mathworks Matlab (ліцензія № 901531).

Мета лабораторних робіт – засвоєння теоретичного і практичного матеріалу з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем», здобуття практичних навичок при роботі у пакеті прикладних програм Mathworks Matlab для вирішення задач технічних обчислень у електричних колах та електромеханічних системах.

У кожній лабораторній роботі формулюється мета, наводяться короткі теоретичні положення, послідовність виконання роботи, а також контрольні питання. Для виконання експериментальної частини роботи необхідно уважно вивчити методичні вказівки, знати мету дослідження та характер досліджуваних процесів, детально вивчити послідовність роботи, алгоритм та команди програми.

До наступної лабораторної роботи студент повинен представити повністю оформлений звіт за попередню лабораторну роботу.

Звіт повинен вміщувати:

- найменування та мету роботи;
- схему електричного кола або електромеханічної системи;
- коротке описання роботи та формули, що необхідні для розрахунку;
- отримані в результаті моделювання результати дослідження, наприклад, графіки перехідних процесів при різних параметрах.

Студенти приступають безпосередньо до моделювання електромеханічних процесів після того, як викладач шляхом опитування перевірить їх готовність до виконання лабораторної роботи. Для захисту лабораторної роботи необхідно відповісти на контрольні питання, які наведені наприкінці кожної лабораторної роботи, та на питання викладача за тематикою відповідної лабораторної роботи.

Лабораторна робота №1

МОДЕЛЮВАННЯ ТРИФАЗНОЇ МАГНІТО-ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИНХРОННОЇ МАШИНИ

Мета: Моделювання трифазної магнітоелектричної синхронної машини засобами Mathworks MatLab.

Зміст роботи:

1. Моделювання робочих характеристик машини в режимі двигуна.
2. Моделювання залежності споживаної з мережі потужності від потоку збудження машин
3. Провести повторне моделювання за індивідуальними завданнями викладача
4. Визначити висновки по роботі та відповіді на контрольні питання

Опис віртуальної лабораторної установки

Віртуальна лабораторна установка представлена на (рис. 1.1).

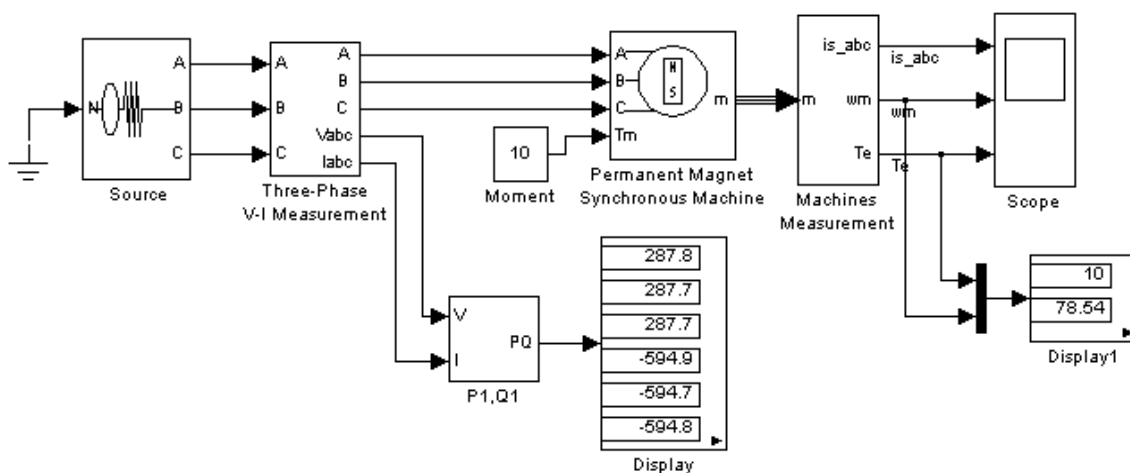


Рисунок 1.1 – Модель для дослідження синхронної машини

Лабораторна установка містить:

- джерело змінної трифазної напруги Source з Power System Blockset/Extras/Electrical Sources;

- вимірювач трифазної напруги й струму Three-Phase V-1 Measurement з бібліотеки Power SystemBlockset /Extras/Measurement;

- трифазну синхронну машину Permanent Magnet Synchronous Machine з бібліотеки Power System Blockset/Machines;

- вимірювач активної й реактивної P1,Q1 з бібліотеки Power System Blockset/Extras/Measurement;

- блок вимірювання зміни стану машини Machines Measurement з бібліотеки Power System Blockset/Machines.

Блок Display для кількісного подання обмірюваних потужностей (у трьох перших вікнах блоку представлені активні потужності в кожній фазі машини, у трьох останніх-реактивні потужності) :

- блок RMS з бібліотеки Power System Blockset /Extras/Measurement, що вимірює діючий струм у фазі машини;

- блок Moment для завдання механічного моменту на валу машини з головної бібліотеки Simulink/Source;

- блок Product з головної бібліотеки Simulink/Math розраховує механічну потужність на валу машини;

- блок Scope для спостереження струму статора, моменту й механічної потужності синхронної машини з головної бібліотеки Simulink/Sinks;

- блок Display1 для кількісного свідчення вимірюваного струму (A) та електромагнітного моменту (Нм) машини з головної бібліотеки Simulink/Sinks;

- блок Mux об'єднуючий два сигнали в один векторний з головної бібліотеки Simulink/Signal & System.

Вікно налаштування параметрів синхронної машини показане на (рис. 1.2).

У полях вікна послідовно задаються:

- активний опір обмотки статора (Ом);

- індуктивності по поздовжній і поперечній осі (Гн);

- максимальний потік машини (Вб);

- момент інерції (кгм^2);

- коефіцієнт грузлого тертя (Нмс);

- число пар полюсів.

Вікно налаштування блоку виміру зміни стану машини показане на (рис. 1.3).

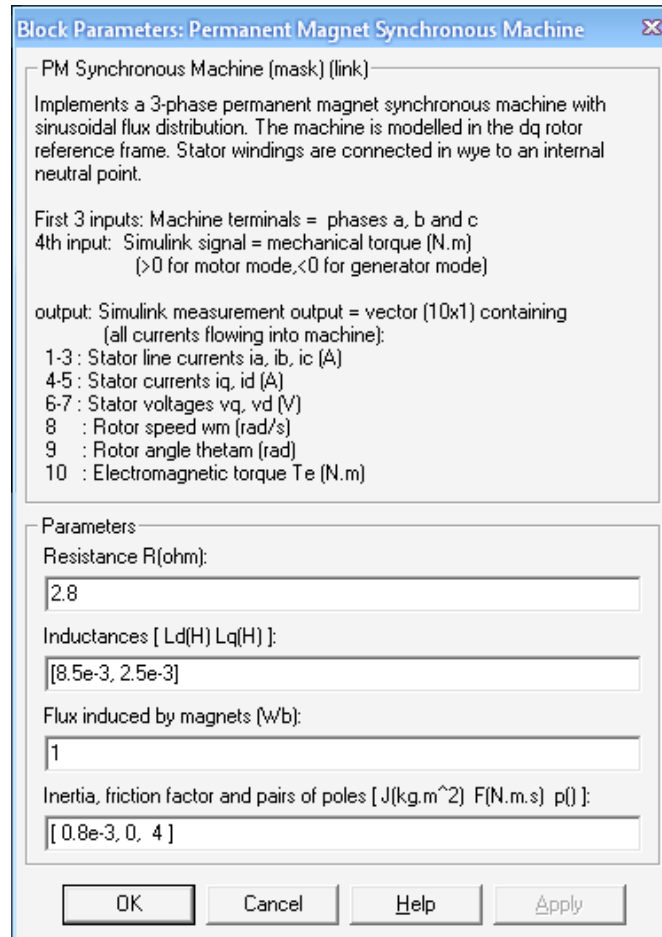


Рисунок 1.2 – Вікно налаштування параметрів синхронної машини

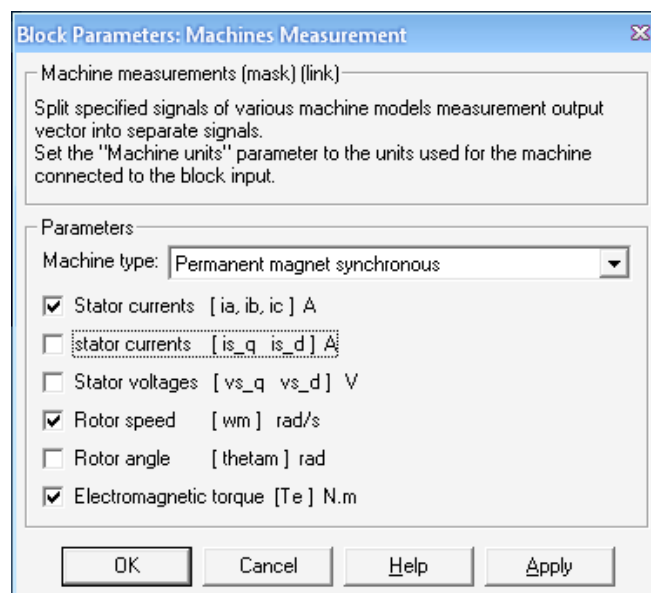


Рисунок 1.3 – Вікно налаштування вимірника зміни стану машини

Тип машини вибирається в полі Machine type. У меню цього поля варто вибрати Permanent magnet synchronous. Пропорції ліворуч включаються в змінні стани, які підлягають виміру.

Вікно налаштування параметрів джерела показано на (рис. 1.4). Напруга й частота джерела повинні бути узгоджені з напругою, швидкістю й числами пар полюсів машини.

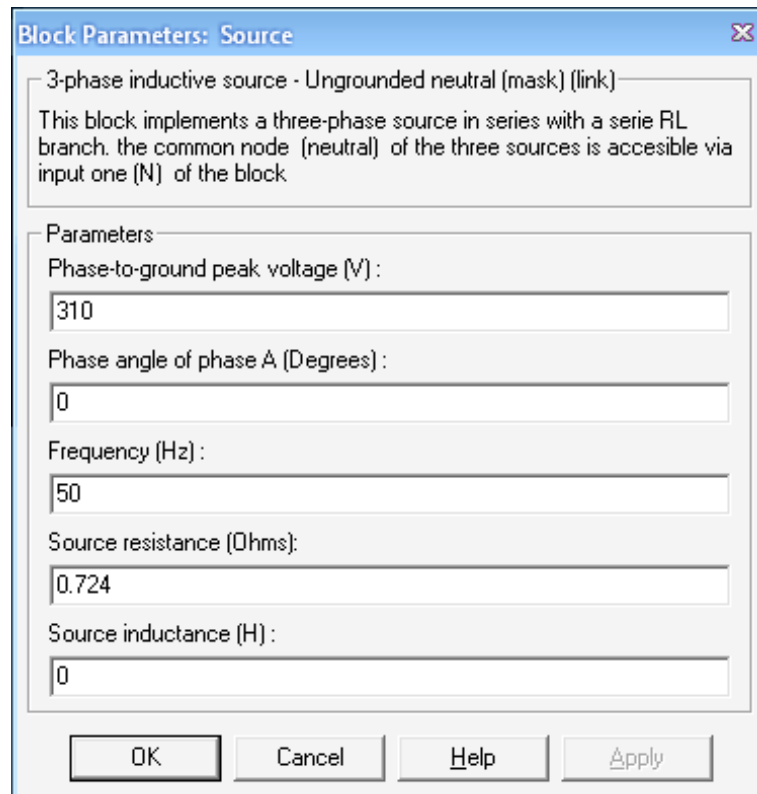


Рисунок 1.4 – Вікно налаштування параметрів джерела живлення

Порядок виконання роботи:

Параметри синхронної машини й джерела живлення для виконання роботи задаються викладачем. При самостійній роботі дані машини можна прийняти такими, як на рис. 2, а дані джерела-як на рис.4. Вікно налаштування параметрів моделювання показано на рис.5.

Зняття механічної й робочої характеристик машини в режимі двигуна відповідно змісту роботи виконується на моделі (рис. 1.1) при зміні навантажувального моменту від 0 до 1,4 від номінального. Номінальний момент визначається з вираження

$$M_H = \frac{\sqrt{3} \cdot U_m (U_m - \omega \Phi_m)}{\sqrt{2} \cdot \omega R_s}, \quad (1.1)$$

де $U_m, \omega = 2\pi f$ - амплітуда й частота джерела живлення.

Φ_m, R_s, p - максимальний потік, опір статора й число пар полюсів машини (див. рис. 1.2).

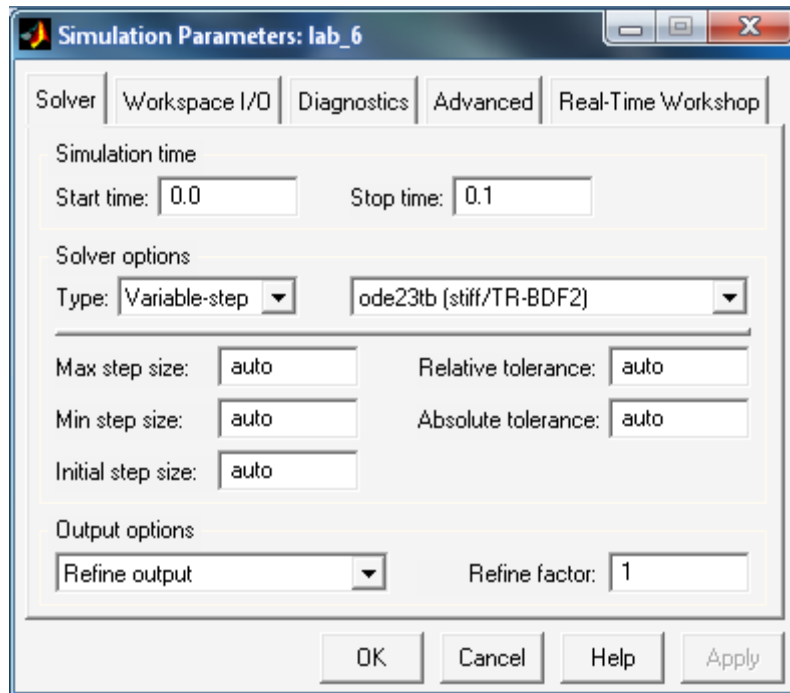


Рисунок 1.5 – Вікно налаштування параметрів моделювання

Для кожного значення моменту навантаження здійснюється моделювання. При проведенні досліджень заповнюється таблиця 1.1.

Таблиця 1.1 – Проведенні розрахунки

Виміри					Обчислення				
M	P1	Q1	U1	ω	P2	I	φ	$\cos \varphi$	n
[Нм]	[Вт]	[ВАр]	[В]	[рад\с]	[В]	[А]	[гр]		[%]

Розрахунок здійснюється за формулами:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}, \quad (1.2)$$

$$\varphi = \arctg \cdot \frac{Q_1}{P_1}, \quad (1.3)$$

$$P_1 = P_a + P_v + P_c, \quad (1.4)$$

$$Q_1 = Q_a + Q_v + Q_c. \quad (1.5)$$

За даними таблиці 1.1 будуються робочі характеристики $I=f(P_2)$, $\cos \varphi = f(P_2)$, $n=f(P_2)$.

Зняття залежності споживаної з мережі потужності від потоку збудження машини відповідно до змісту роботи здійснюється на моделі (рис.1) при постійному моменті навантаження (задається викладачем). Максимальний потік у поле Flux induced magnets (рис.2) варто задавати в діапазоні 0,6...1,2 Вб із кроком 0,05 Вб. Для кожного значення потоку проводити моделювання, за результатами заповнити таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Результат моделювання

Φ_m	Q_1	P_1	$\cos \varphi$
[Вб]	[ВАР]	[Вт]	

Зміст звіту

1. Схема моделі і опис віртуальних блоків.
2. Робочі характеристики машини в режимі двигуна.
3. Залежності $P_1, Q_1, \cos \varphi$ від Φ_m .

Контрольні питання

1. Вами проведено моделювання трифазної магнітоелектричної синхронної машини, а у чому полягає особливість роботи трифазної синхронної машини?
2. Що таке механічні робочі характеристики?
3. Як регулюється швидкість синхронного двигуна?
4. Чим визначається швидкість обертання двигуна?
5. Які достоїнства і недоліки мають синхронні машини?
6. Де застосовуються синхронні генератори та двигуни?

Лабораторна робота №2 МОДЕЛЮВАННЯ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Мета: моделювання та дослідження синхронного генератора з електромагнітним збудженням при роботі на пасивне навантаження засобами Mathworks MatLab.

Зміст роботи:

1. Моделювання кутової характеристики генератора.
2. Моделювання зовнішньої(навантажувальної) і робочої характеристики генератора при активному навантаженні.
3. Моделювання зовнішньої(навантажувальної) характеристики генератора при активно-індуктивному навантаженні.
4. Моделювання зовнішньої(навантажувальної) характеристики генератора при активно-ємному навантаженні.

Опис віртуальної лабораторної установки

Віртуальна лабораторна установка представлена на (рис. 2.1).

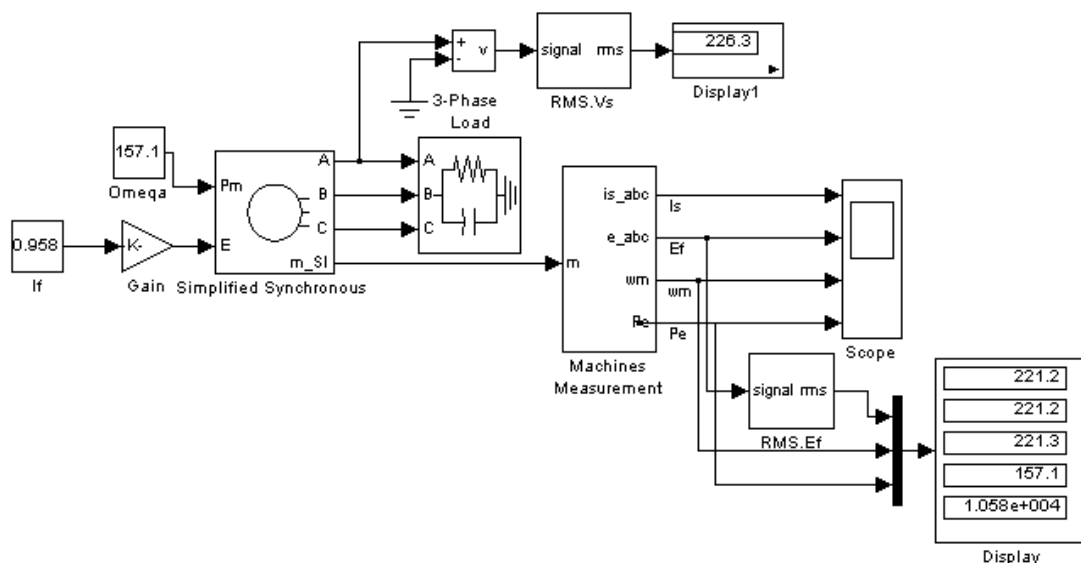


Рисунок 2.1 – Модель дослідження синхронного генератора

Лабораторна установка містить:

- трифазну синхронну машину Simplified Synchronous Machine з бібліотеки Power System Blockset/Machines;
- вимірювач параметрів стану машини Machines Measurement з бібліотеки Power System Blockset/Machines;

- трифазне навантаження 3-Phase Load з бібліотеки Power System Blockset/Extras/Three-Phase Library.

Блоки лабораторної установки:

- блок RMS.Vs, для виміру діючих значень напруги на навантаженні;

- блоки Fourier, Fourier1, що вимірюють амплітуди й початкові фази напруги на навантаженні й ЕРС генератора з бібліотеки Power System Blockset/Extras/Measurements;

- блоки Display1, Display2, Display3 для кількісного подання обмірюваних величин і блок Scope для спостереження струму якоря, швидкості й електромагнітні потужності синхронної машини з головної бібліотеки Simulink/Sinks;

- блок E0 для завдання ЕРС порушення з головної бібліотеки Simulink/Source;

- блоки Mux, Demux з головної бібліотеки Simulink/Signal & System.

Вікно налаштування параметрів синхронної машини показано на рис. 2.2.

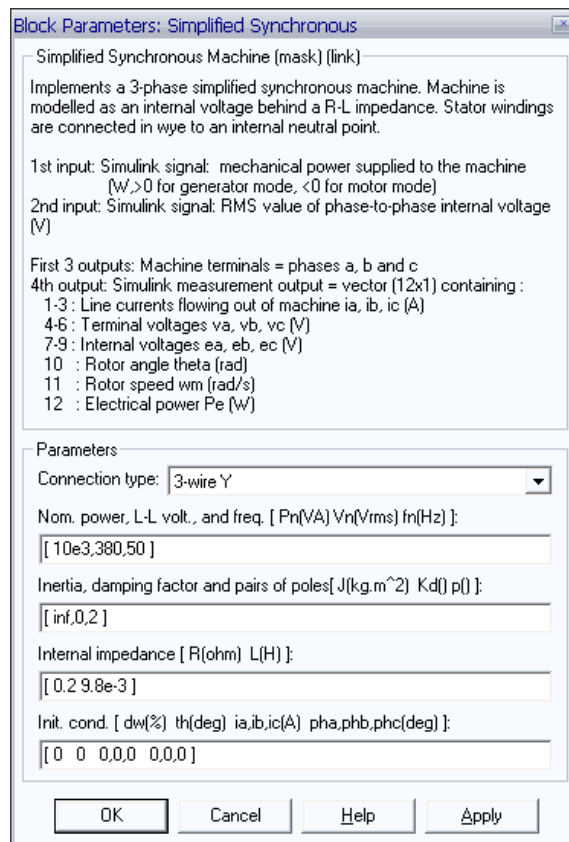


Рисунок 2.2 – Вікно налаштування параметрів синхронної машини

У полях вікна послідовно задається схема з'єднання обмоток статора машини. У меню цього поля можна вибрати з'єднання зіркою без нульового й з нульовим проведенням.

Налаштування параметрів синхронної машини (рис. 2) проводиться наступним чином:

- задаються повна діюча потужність (ВА), лінійна напруга (В) й частота (Гц);
- момент інерції (кгм^2), коефіцієнт демпфірування, число пар полюсів;
- активний опір (Ом) та індуктивність обмотки якоря (статора) (Гн);
- початкові умови при пуску моделі.

Вікно налаштування блоку виміру зміни стану машини показано на рис. 2.3.

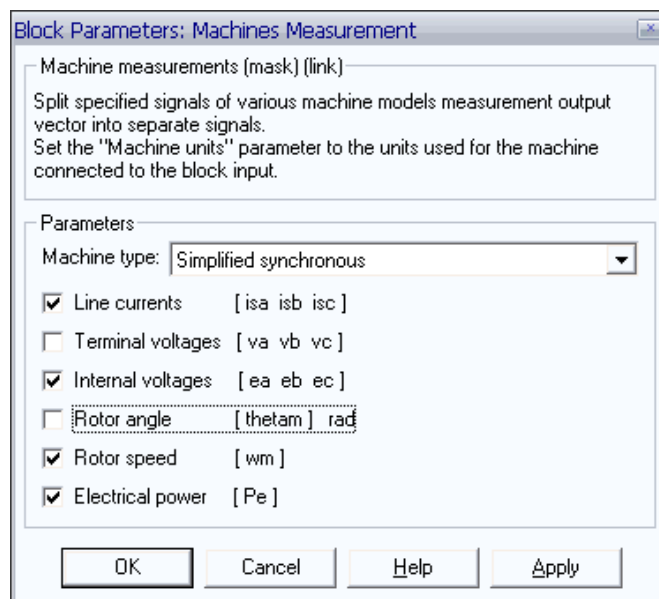


Рисунок 2.3 – Вікно налаштування блоку виміру зміни стану машини

Тип машини вибирається в поле Machine type. Пропорції ліворуч включаються в ті змінні стану, які підлягають виміру.

Блок налаштування вимірювача діючих значень показаний на (рис. 2.4). У вікні налаштування цього блоку задається частота, на якій проводять вимір.

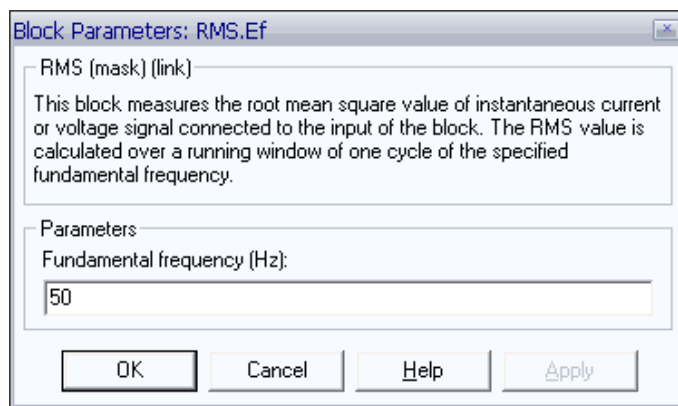


Рисунок 2.4 – Вікно налаштування виміру діючих значень

Вікно налаштування параметрів навантаження показано на (рис. 2.5).

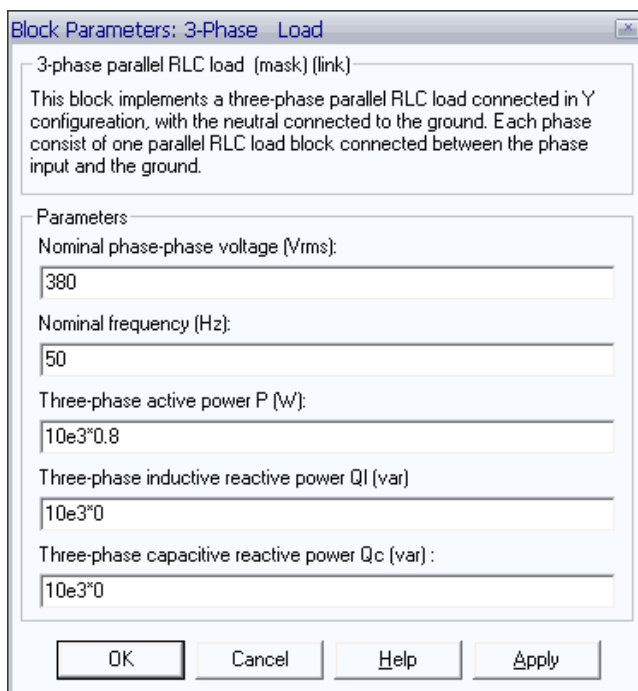


Рисунок 2.5 – Вікно налаштування параметрів навантаження

У поля вікна вводяться діюча лінійна напруга й частота, які повинні бути погоджені з напругою й частотою генератора (див. рис. 2.2), активна, реактивна індуктивна і реактивна ємкісна потужності навантаження. Зручніше ці потужності задавати як номінальну потужність генератора, помножену на коефіцієнт. Зміст і налаштування інших блоків моделі докладно описані раніше.

Порядок виконання роботи

Параметри синхронної машини й джерела живлення для виконання роботи задаються викладачем. При самостійній роботі дані машини можна прийняти такими, як на (рис. 2.2). Значення ЕРС збудження (рис. 2.1) при проведенні вимірів залишається постійним, рівним 380 В (номінальна лінійна напруга генератора в режимі холостого ходу).

Вікно налаштування параметрів моделювання показано на рис. 2.6.

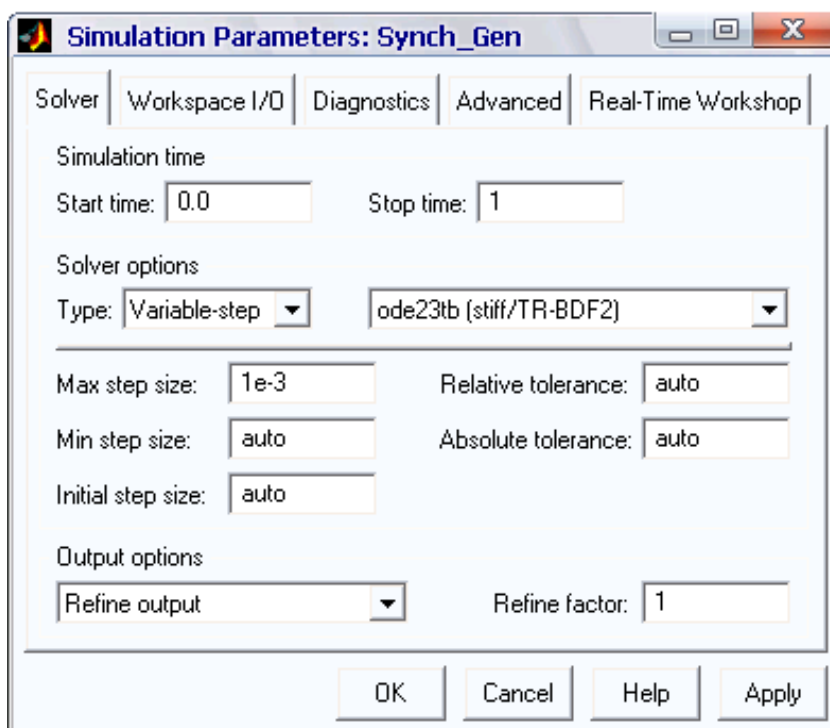


Рисунок 2.6 – Вікно налаштування параметрів моделювання

Зняття кутової характеристики генератора відповідно до змісту роботи виробляється на моделі (рис. 2.1) при зміні активної потужності навантаження від 0 до 1,6 від номінальної потужності генератора. При цьому коефіцієнт при активній потужності змінюється від 0 до 1,6 із кроком 0,2. Коефіцієнти при реактивних потужностях дорівнюють нулю. Для кожного значення активної потужності здійснюється моделювання.

При проведенні досліджень заповнюється таблиця 2.1.

Таблиця 2.1 – Проведенні дослідження

Виміри			Обчислення
Pr [Вт]	ω [рад/с]	φ [град]	M [Нм]

За даними таблиці будується залежність $M = f(\omega)$. Зняття зовнішньої робочої характеристик генератора при активному навантаженні виконується на моделі (рис. 2.1) при зміні активної потужності навантаження в діапазоні 0-1,2 від номінальної із кроком 0,2 P. За даними вимірів заповнюється таблиця 2.2.

Таблиця 2.2 – Проведенні дослідження

Виміри					Обчислення	
Рн [Вт]	Qн [ВАР]	φ [рад/с]	Pr [Вт]	U1 [В]	cos φ	Ia [А]

Обчислення виробляються по формулах:

$$\varphi = \arctg \cdot \frac{Q_{нагр}}{P_{нагр}}; \quad (2.1)$$

$$Ia = \frac{P_{нагр}}{U1 \cdot \cos \varphi}; \quad (2.2)$$

За результатами вимірів й обчислень будується зовнішня характеристика $U1=f(Ia)$ і робітничі характеристики $U1, \cos \varphi, Ia=f(Pi)$. Зняття зовнішніх характеристик при активно-індуктивній й активно-ємнісній навантаження виробляються аналогічно попередньому пункту. При зміні потужності навантаження необхідно дотримувати умову $Q_{нагр}/P_{нагр}=\text{const}$. За результатами вимірів заповнюється таблиця, аналогічна табл.2, і будуються зовнішні характеристики на тому ж графіку, на якому побудована зовнішня характеристика попереднього досліджу.

Миттєві значення струмів у фазах якоря генератора, швидкість і потужність генератора можна спостерігати на екрані осцилоскопа (рис.8).

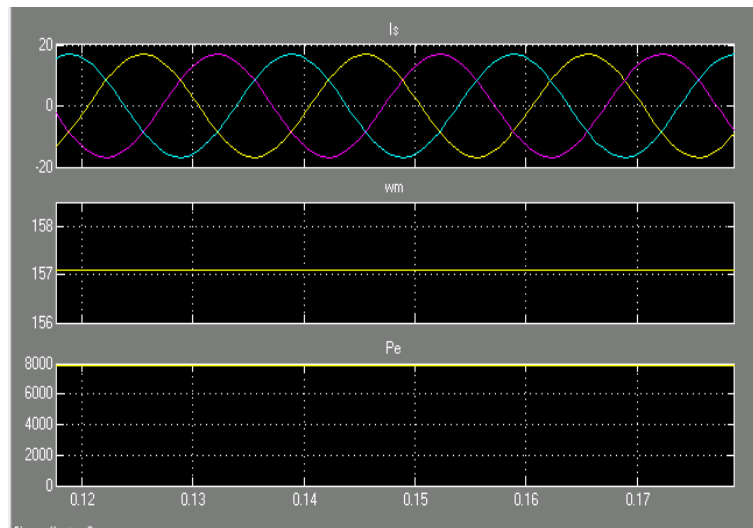


Рисунок 8 – Миттєві значення струмів у фазах якоря генератора, швидкість і потужність генератора

Зміст звіту

1. Схема моделі та опис віртуальних блоків.
2. Кутова характеристика генератора.
3. Зовнішні характеристики генератора при різних коефіцієнтах потужності навантаження.
4. Робочі характеристики генератора.

Контрольні питання

1. Вами проведено моделювання трифазного синхронного генератора, а що таке кутова характеристика генератора?
2. Поясніть призначення і принцип дії синхронного генератора?
3. Поясніть зовнішню характеристику. Назвіть умови її отримання.
4. Чи можна регулювати напругу синхронного генератора зміною швидкості обертання ротора?

Лабораторна робота № 3

МОДЕЛЮВАННЯ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З НЕЗАЛЕЖНИМИ ЗБУДЖЕННЯМ

Мета: моделювання та дослідження машини постійного струму при роботі в режимі двигуна та в генераторному режимі засобами Mathworks MatLab.

Зміст роботи:

1. Моделювання механічної й розрахунок робочих характеристик машини в режимі двигуна.
2. Моделювання механічної й розрахунок робочих характеристик машини в генераторному режимі.
3. Моделювання механічних характеристик при різних напругах живлення в колі якоря.
4. Моделювання механічних характеристик при різних опорах у колі якоря.
5. Моделювання механічних характеристик при різних потоках збудження.
6. Моделювання регульовальних характеристик при зміні напруги якоря.

Опис віртуальної лабораторної установки

Віртуальна лабораторна установка представлена на (рис. 3.1). Вона включає:

- джерело постійної напруги (V1 для живлення якоря машини, V2 для живлення обмотки збудження з бібліотеки Power System Blockset/Electrical Source),
- блок Moment для завдання моменту навантаження (блок Constant з бібліотеки Simulink/Source),
- машину постійного струму (блок DC Machine з бібліотеки Power System Blockset/Electrical Source)
- блок для виміру зміни стану машини Display й осцилограф Scope для візуального спостереження процесів з бібліотеки Simulink/Source.

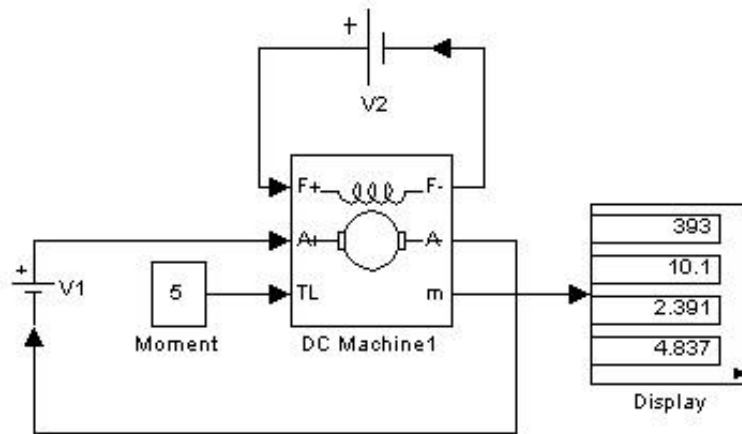


Рисунок 3.1 – Модель дослідження машини постійного струму з незалежним збудженням

Коло якоря і коло збудження показані з графічно накресленого блоку, на вхід TL подається момент навантаження, вихід m призначений для виміру й спостереження змінну стану машини в наступній послідовності: кутова швидкість (рад/с), струм якоря в (А), струм збудження (А), електромагнітний момент (Нм).

У полях налаштування машини (рис. 3.2) задаються:

- параметри обмотки якоря — L_a (Ом), R_a (Гн)
- параметри обмотки збудження — R_f (Ом), L_f (Гн):
- коефіцієнт L_{af} сумарний момент інерції машини й навантаження - J (кГм²).

Варто підкреслити, що параметри (L_f , J) важливі при дослідженні перехідних процесів. На сталі режими вони не впливають.

Налаштування параметрів машини постійного струму (рис.2)

- коефіцієнт грузлого тертя - B_m (Нм)
- коефіцієнт сухого тертя - T_f (Нм);
- початкова швидкість n (рад/с).

Паспортні параметри машин постійного струму наведені в табл. 1.1.

Вікно налаштування параметрів моделювання наводиться на рис. 3.3.

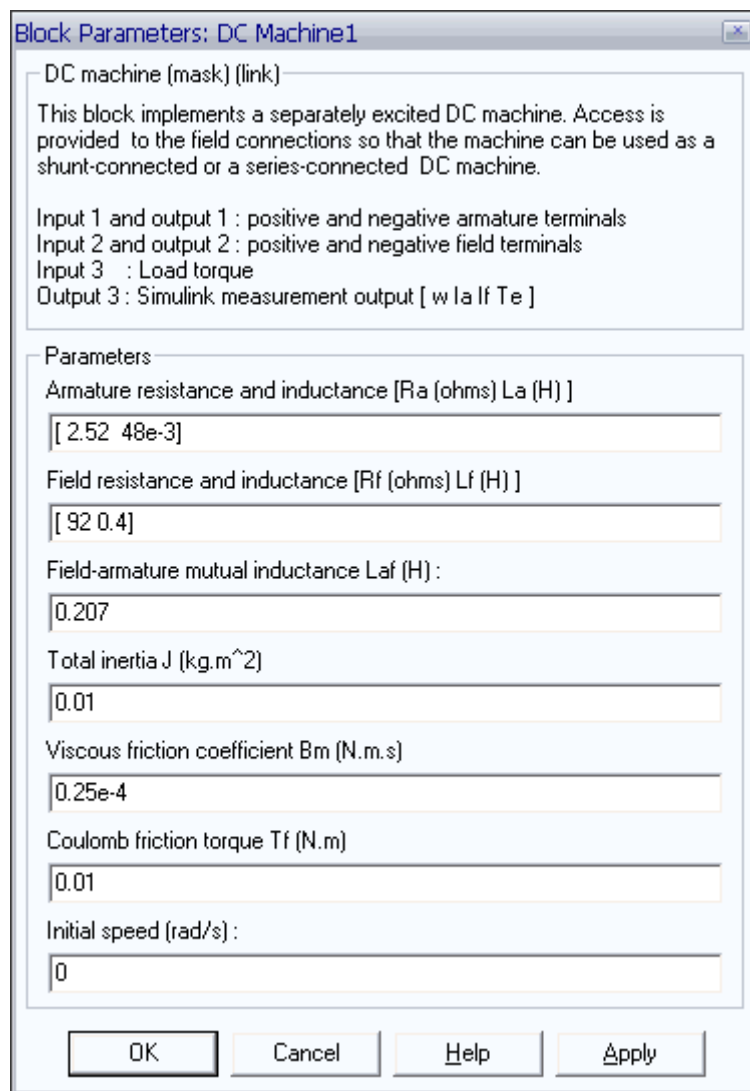


Рисунок 3.2 – Вікно налаштування параметрів машини постійного струму

Таблиця 3.1 - Паспортні параметри машин постійного струму

Тип двигуна	P, [кВт]	V, [В]	n [об/хв]	Rя, [Ом]	Rз, [Ом]	Ля, [мГн]
1	2	3	4	6	7	8
2ПН-	0,17	220	750	27,2	162	514
2ПН-	0,25	220	1120	15,4	612	297
2ПН-	0,37	220	1500	10,6	612	190
2ПН-	0,71	220	2360	3,99	123	70
2ПН-1.0	1	220	3000	2,52	92	48

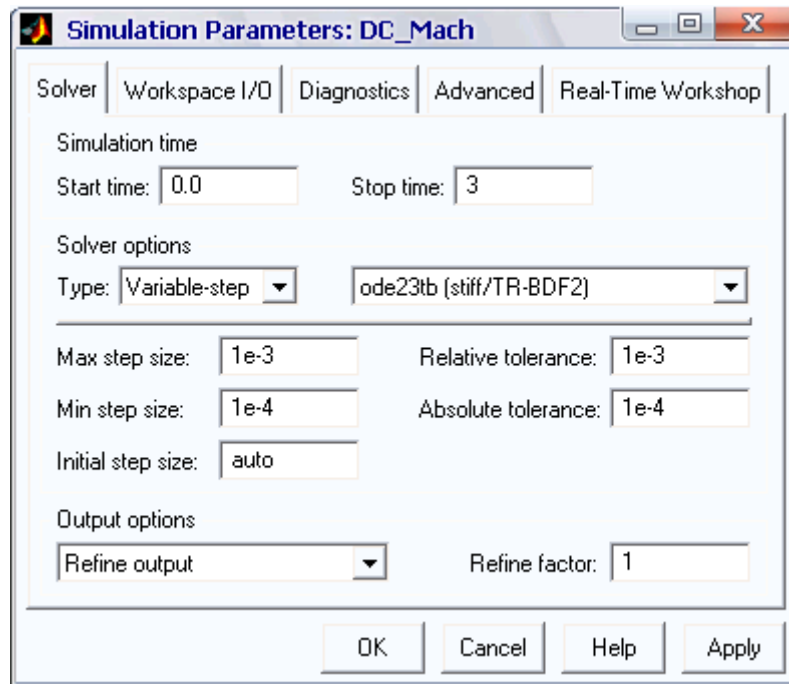


Рисунок 3.3 – Вікно налаштування параметрів моделювання

Порядок проведення лабораторної роботи

1. Для заданої викладачем (або обраної при самостійній роботі) машини розрахувати значення параметрів і заповнити поля вікна настроювання параметрів машини.

2. Задати параметри моделювання (рис.3).

3. При моделюванні характеристик по порядку виконання роботи у вікні настроювання блоку послідовно задаються значення моменту від 0 до 1,2 М, із кроком 0,2 М. Для кожного значення моменту здійснюється моделювання й заповнюється табл. 2 обмірюваних і розрахованих значень. Коефіцієнт корисної дії в цьому випадку обчислюється по формулі (9.3).

Таблиця 2 – Результати моделювання

Завдання	Виміри			Розрахунок		
	ω [рад/с]	I_a [А]	I_b [А]	P_1 , [Вт]	P_2 , [Вт]	η
M[Нм]						

Розрахунок здійснюється по формулам:

$$P1 = U(Iя + Iв); \quad (3.1)$$

$$P2 = Mн \cdot \omega; \quad (3.2)$$

$$\eta = \frac{P1}{P2}; \quad (3.3)$$

4. Моделювання механічних характеристик при різних напругах живлення в колі якоря по змісту роботи варто провести для двох значень напруги на якорі 0,6 Uя й 0,8 Uя; де Uя первісна напруга на якорі. При цьому момент навантаження варто змінювати від -1,2 М, до 1,2 М, із кроком 0,2 М. Для кожного значення напруги на якорі й моменту проводиться моделювання й заповнюється табл. 3.

Таблиця.3 - Результат моделювання

М [Нм]	ω [рад/с]

5. Моделювання механічних характеристик при різних опорах у колі якоря по змісту роботи варто провести для двох значень опору якоря 2Rя. і 4Rя, де Rя-первісне значення опору. Зміна опору якоря здійснюється в поле вікна настроювання параметрів машини. При цьому момент навантаження варто змінювати від -1,2М,до 1,2 М, із кроком 0,2 М. Для кожного значення опору якоря й моменту проводиться моделювання й заповнюється табл. 3.

6. Моделювання механічних характеристик при різних потоках порушення по змісту роботи варто провести для двох значень потоку 0,6 кГм² й 0,8 кГм². Для цього у полі Field -armature mutual induance необхідно встановити значення Laf спочатку 0,6,а потім 0,8 від первісної величини. Для кожного значення потоку й моменту проводиться моделювання та заповнюється табл. 3.

7. Моделювання регулювальних характеристик при зміні напруги якоря змісту роботи проводиться для постійного моменту навантаження, рівного номінальному, і зміні напруги в колі якоря від 0,4 до 1,2 вихідні значення із кроком 0,2 вихідні значення напруги. Для

кожного значення напруги проводиться моделювання й заповнюється таблиця 4.

Таблиця 4 – Результат моделювання

$U_{я}$ [В]	ω [рад/с]

Зміст звіту

1. Схема моделі для проведення лабораторної роботи.
2. Розрахункові формули параметрів машини.
3. Розрахункові формули для потужностей P_1 , P_2 , і ККД.
4. Заповнені таблиці.
5. Графіки робочих характеристик машини в руховому й генераторному режимах.
6. Графіки механічної характеристики машини при різних напругах на якорі.
7. Графіки механічної характеристики машини при різних опорах якоря.
8. Графіки механічної характеристики машини при різних потоках.
9. Регульовальна характеристика двигуна.

Контрольні питання

1. Чим відрізняється двигун незалежного збудження від інших схем включення машин постійного струму ?
2. Чим визначається пусковий струм двигуна ?
3. Які типи механічних навантажень електроприводів ви знаєте?
4. Як змінюються характеристики двигуна при зміні струму збудження ?
5. Від яких параметрів залежить момент інерції, приведений до валу?
6. Від яких параметрів залежить момент навантаження, приведений до валу?

Лабораторна робота № 4

ДОСЛІДЖЕННЯ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПОСЛІДОВНОГО ЗБУДЖЕННЯ

Мета: моделювання та дослідження машини постійного струму при роботі в режимі двигуна засобами Mathworks MatLab.

Зміст роботи: моделювання механічної характеристики та розрахунок робочих характеристик машини в режимі двигуна.

Опис віртуальної лабораторної установки

Віртуальна лабораторна установка представлена на (рис. 1)

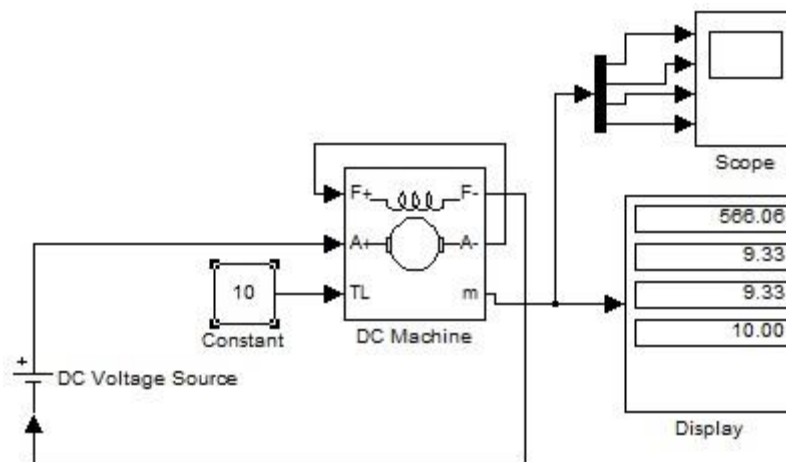


Рисунок 1 – Модель для дослідження машини постійного струму з послідовним збудженням

Модель для дослідження машини постійного струму з послідовним збудженням включає:

- джерело постійного напруги (V для живлення машини з бібліотеки Power System Blockset/Electrical Sources)
- блок Constant для завдання моменту навантаження (з бібліотеки Simulink/Sources),
- машину постійного струму (блок DC Machine з бібліотеки Power System Blockset/Machines),
- блок для виміру зміни стану машини Display з бібліотеки Simulink Sinks та осцилограф (Scope з бібліотеки Simulink/Sources).

Вікна налаштування параметрів:

1. машина постійного струму (Block Parameters:DC Machine) показане на (рис.2).
 - параметри обмотки якоря — L_a (Ом), R_a (Гн)
 - параметри обмотки збудження — R_f (Ом), L_f (Гн):
 - коефіцієнт L_{af} сумарний момент інерції машини й навантаження - J (кГм²)
2. джерело живлення (Block Parameters:DC Voltage Source) показане на (рис.3).
3. моделювання (Block Parameters:DC Machine) показане на (рис.4).

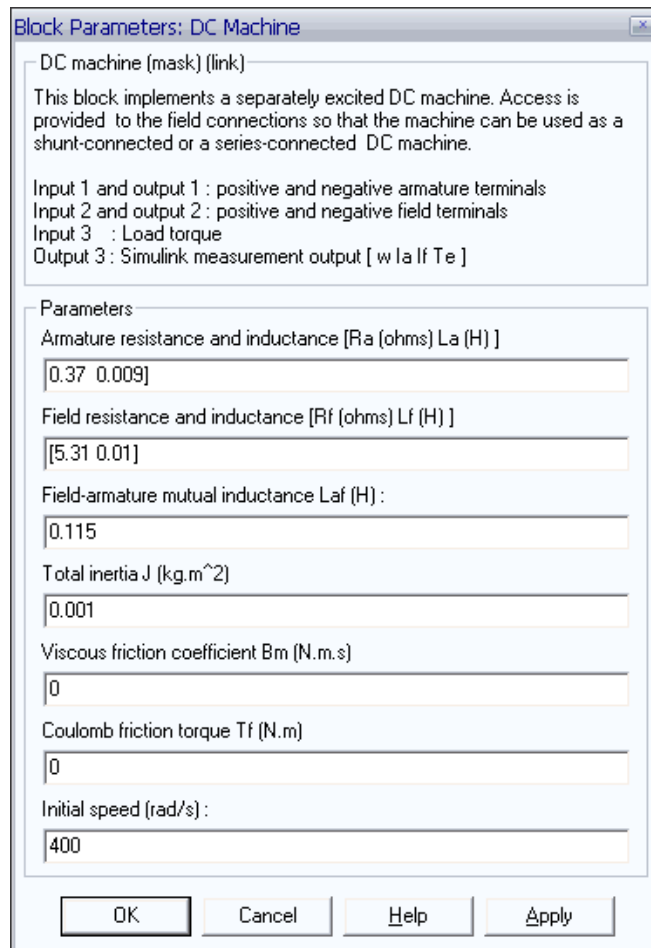


Рисунок 2 – Вікно налаштування параметрів машини

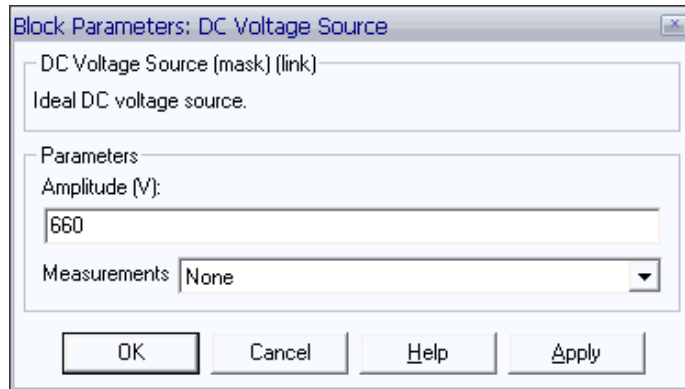


Рисунок 3 – Вікно налаштування параметрів джерела живлення

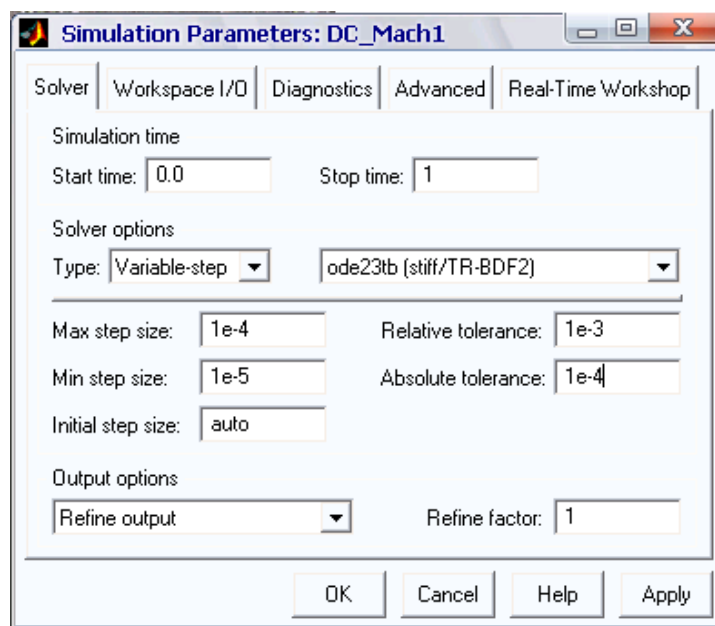


Рисунок 4 – Вікно завдання параметрів моделювання

Порядок проведення лабораторної роботи

1. Параметри машини й джерела задаються такими, як на (рис.2,3).
2. Задати параметри моделювання (рис.4).
3. При знятті характеристик по порядку виконання роботи у вікні налаштування блоку послідовно задаються значення моменту від 5 Нм до 100 Нм із кроком 10 Нм. Для кожного значення моменту здійснюється моделювання й заповнюється табл.1 обмірюваних і розрахованих значень.

Таблиця 1 – Результати моделювання

Завдання	Виміри			Розрахунок		
М [Нм]	ω	I _я [А]	I _в [А]	P1 [Вт]	P2 [Вт]	n

Розрахунок здійснюється по вираженнях:

$$P1=U*(I_{я}+I_{в}); \quad (4.1)$$

$$P2=M*\omega; \quad (4.2)$$

$$\eta=P1/P2. \quad (4.3)$$

Зміст звіту

1. Схема моделі та опис блоків.
2. Заповнені таблиці.
3. Механічні характеристики машини $W=f(M)$.
4. Робочі характеристики машини $\omega, I, M, P1, n=f(P2)$.

Контрольні питання

1. Що являють собою робочі характеристики двигуна послідовного збудження ?
2. Які способи регулювання частоти обертання можливі в двигунах послідовного збудження ?
3. Чим пояснюються особливі властивості двигунів послідовного збудження в порівнянні з двигунами паралельного збудження ?
4. Як змінити напрямок обертання двигуна ?
5. Чому в момент пуску двигуна виникає великий струм?
6. Де на залізничному транспорті застосовують двигуни послідовного збудження?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шинкаренко, В. Ф. Моделювання електромеханічних систем: підручник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 253 с.
2. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник / О. І. Толочко. – Київ, НТУУ «КПІ», 2016. – 150 с.
3. Modeling and Electrothermal Simulation of SiC Power Devices Using Silvaco ATLAS TCAD by Bejoy N Pushpakaran & Stephen B Bayne (Texas Tech University, USA), 2019, 464 pp.
4. Dynamic systems : modeling, simulation, and control Kluever, Craig A. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, 2020. <https://nu.insigniaails.com/library/ItemDetail?l=All&i=96847&ti=2&subid=0>
5. Моделювання регульованого електропривода: Підручник. Голодний І.М., Червінський Л.С., Жильцов А.В., Санченко О.В. Романенко О.І. К.: Аграр Медіа Груп, 2019. – 266 с.
6. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. – Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В.К. : НАУ, 2017. – 392 с.
7. Eshkabilov, S.L. (2020). Electromechanical and Mechanical Systems. In: Practical MATLAB Modeling with Simulink. Apress, Berkeley, CA. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5799-9_10.
8. Calculation and graphic work of the «Modeling of electromechanical systems» discipline [Electronic resource]: Tutorial for students studying for Specialty 141 «Electricity, electrical engineering and electromechanics», educational program «Electric Machines and Apparatus» / Igor Sikorsky KPI; compilers: Vasyl Shynkarenko, Anna Shymanska, Victoria Kotliarova . – Electronic text data (1 file: 899 kB). – Kyiv: Igor Sikorsky KPI, 2021. – 41 p.
9. Електронний курс (1 частина) з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» на освітній платформі ХНАДУ; уклад.: О. П. Смирнов. Посилання <https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=1289>.
10. Електронний курс (2 частина) з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» на освітній платформі ХНАДУ; уклад.: О. П. Смирнов. Посилання <https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=2312>.
11. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни "Моделювання електромеханічних систем" : для студ. всіх форм навчання спец. 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" [Електронний ресурсресурс] / М-во освіти і науки України, ХНАДУ ; уклад.: О. П. Смирнов, А. О. Борисенко ; відп. за вип. О. В. Бажинов. - Харків : ХНАДУ, 2020. - 37 с. Посилання ftp://194.44.189.147/libfulltxt/UCHLIB/ER/2020/MV_KR_Modeliuvannia_2020.pdf

12. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Моделювання електромеханічних систем" : для студ. всіх форм навчання спец. 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" [Електронний ресурс] / М-во освіти і науки України, ХНАДУ ; уклад.: О. П. Смирнов, А. О. Борисенко ; відп. за вип. О. В. Бажинов. - Харків : ХНАДУ, 2020. - 36 с. Ч. 1.
Посилання

ftp://194.44.189.147/libfulltxt/UCHLIB/ER/2020/MV_LAB_Modeliuvannia_1_2020.pdf