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

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт

з дисципліни "Моделювання електромеханічних систем"

Частина 2

Харків 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ 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 ____2020 р.

Харків 2020

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

До друку та в світ дозволяю

Перший проректор

С.Я. Ходирєв

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 _____ 2020 р.

Укладачі:

О. П. Смирнов

А. О. Борисенко

Відповідальний за випуск

О.В.Бажинов

Харків 2020

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 досліду та характер досліджуваних процесів, детально вивчити послідовність роботи, алгоритм та команді 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 ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИФАЗНОЇ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧ-НОЇ СИНХРОННОЇ МАШИНИ

Meta: дослідження трифазної магнітоелектричної синхронної машини засобами Mathworks MatLab.

Зміст роботи:

1.Зняття робочих характеристик машини в режимі двигуна.

2.Зняття залежності споживаної з мережі потужності від потоку збудження машини.

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 Р1,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 Score для спостереження струму статора, моменту й механічної потужності синхронної машини з головної бібліотеки Simulink/Sinks;

- блок Displayl для кількісного свідчення виміряного струму (А) та електромагнітного моменту (Нм) машини з головної бібліотеки Simulink/Sinks;

- блок Mux об'єднуючий два сигнали в один векторний з головної бібліотеки Simulink/Sygnal & 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 (кгм²);

- коефіцієнт грузлого тертя (Нмс);

- число пар полюсів.

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

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

Block Parameters: Permanent Magnet Synchronous Machine	23			
PM Synchronous Machine (mask) (link)				
Implements a 3-phase permanent magnet synchronous machine with sinusoidal flux distribution. The machine is modelled in the dq rotor reference frame. Stator windings are connected in wye to an internal neutral point.				
First 3 inputs: Machine terminals = phases a, b and c 4th input: Simulink signal = mechanical torque (N.m) (>0 for motor mode,<0 for generator mode)				
output: Simulink measurement output = vector (10x1) containing (all currents flowing into machine): 1-3 : Stator line currents ia, ib, ic (A) 4-5 : Stator currents iq, id (A) 6-7 : Stator voltages vq, vd (V) 8 : Rotor speed wm (rad/s) 9 : Rotor angle thetam (rad) 10 : Electromagnetic torque Te (N.m)				
Parameters				
Resistance R(ohm):	_			
2.8				
Inductances [Ld(H) Lq(H)]:				
[8.5e-3, 2.5e-3]				
Flux induced by magnets (Wb):				
1				
Inertia, friction factor and pairs of poles [J(kg.m^2) F(N.m.s) p()]:				
[0.8e-3, 0, 4]				
OK Cancel Help Apply				

Рисунок 1.2 – Вікно налаштування параметрів синхронної машини

Block Parameters: Machines Measurement 🛛 🛛 🛛	ζ
Machine measurements (mask) (link)	1
Split specified signals of various machine models measurement output vector into separate signals. Set the "Machine units" parameter to the units used for the machine connected to the block input.	
Parameters	1
Machine type: Permanent magnet synchronous	
▼ Stator currents [ia, ib, ic] A	
□ [stator currents [is_q is_d] A	
🗖 Stator voltages [vs_q_vs_d] V	
▼ Rotor speed [wm] rad/s	
🔲 Rotor angle 🛛 [thetam] rad	
Electromagnetic torque [Te] N.m	
OK Cancel <u>H</u> elp <u>A</u> pply	

Рисунок 1.3 – Вікно налаштування вимірника зміни стану машини

Block Parameters: Source 🛛 🔀
- 3-phase inductive source - Ungrounded neutral (mask) (link)
This block implements a three-phase source in series with a serie RL branch, the common node (neutral) of the three sources is accesible via input one (N) of the block
Parameters
Phase-to-ground peak voltage (V) :
310
Phase angle of phase A (Degrees) :
0
Frequency (Hz) :
50
Source resistance (Ohms):
0.724
Source inductance (H) :
0
OK Cancel <u>H</u> elp Apply

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 показане на рис.5.

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

$$M_{\rm H} = \frac{\sqrt{3} \cdot Um(Um \cdot \omega \Phi m)}{\sqrt{2} \cdot \omega Rs}, \qquad (1.1)$$

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

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

🛃 Simulation Parameters: lab_6
Solver Workspace I/O Diagnostics Advanced Real-Time Workshop
Simulation time Start time: 0.0 Stop time: 0.1
Solver options Type: Variable-step ode23tb (stiff/TR-BDF2)
Max step size: auto Relative tolerance: auto
Min step size: auto Absolute tolerance: auto
Initial step size: auto
Output options Refine output Refine factor: 1 1
OK Cancel Help Apply

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				
Μ	P1	Q1	U1	ω	P2	Ι	φ	$\cos \varphi$	n
[Нм]	[Вт]	[BAp]	[B]	[рад\с]	[B]	[A]	[гр]		[%]

Розрахунок здійснюється за формулами:

$$\eta = \frac{P2}{P1},\tag{1.2}$$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \cdot \frac{Q1}{P1}, \qquad (1.3)$$

$$P1=Pa+PB+Pc$$
, (1.4)

$$Q1 = Qa + QB + Qc. \tag{1.5}$$

За даними таблиці 1.1 будуються робочі характеристики I=f(P2), $\cos \varphi = f(P2)$, n=f(P2).

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

Φm	n Q1 P1		$\cos \varphi$	
[B6]	[Bap]	[Вт]		

Зміст звіту

1. Схема моделі і опис віртуальних блоків.

2. Робочі характеристики машини в режимі двигуна.

3. Залежності P1,Q1, $\cos \varphi$ від Фт.

Контрольні питання

1. В 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. Якими достоїнствами і недоліками володіють синхронні двигуни?

6. Де застосовуються синхронні двигуни?

Лабораторна робота №2 ДОСЛІДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

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

Зміст роботи:

1. Зняття кутової характеристики генератора.

2. Зняття зовнішньої (навантажувальної) і робочої характеристики генератора при активному навантаженні.

3. Зняття зовнішньої (навантажувальної) характеристики генератора при активно-індуктивному навантаженні.

4. Зняття 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 Score для спостереження струму якоря, швидкості й електромагнітні потужності синхронної машини з головної бібліотеки Simulink/Sinks;

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

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

Вікно налаштування параметрів синхронної машини показане на рис. 2.2.

Block Parameters: Simplified Synchronous				
Simplified Synchronous Machine (mask) (link)				
Implements a 3-phase simplified synchronous machine. Machine is modelled as an internal voltage behind a R-L impedance. Stator windings are connected in wye to an internal neutral point.				
1st input: Simulink signal: mechanical power supplied to the machine (W,>0 for generator mode, <0 for motor mode) 2nd input: Simulink signal: RMS value of phase-to-phase internal voltage (V)				
First 3 outputs: Machine terminals = phases a, b and c 4th output: Simulink measurement output = vector (12x1) containing : 1-3 : Line currents flowing out of machine ia, ib, ic (A) 4-6 : Terminal voltages va, vb, vc (V) 7-9 : Internal voltages a, eb, ec (V) 10 : Rotor angle theta (rad) 11 : Rotor speed wm (rad/s) 12 : Electrical power Pe (W)				
Parameters				
Connection type: 3-wire Y				
Nom. power, L-L volt., and freq. [Pn(VA) Vn(Vrms) fn(Hz)]:				
[10e3,380,50]				
Inertia, damping factor and pairs of poles[J(kg.m^2) Kd() p()]:				
[inf,0,2]				
Internal impedance [R(ohm) L(H)]:				
[0.2 9.8e-3]				
Init. cond. [dw(%) th(deg) ia,ib,ic(A) pha,phb,phc(deg)]:				
[0 0 0,0,0 0,0,0]				
UK Cancel <u>H</u> elp <u>Apply</u>				

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 (кгм²), 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 показане на рис. 2.3.

Block Parameters: Machines Measurement
Machine measurements (mask) (link)
Split specified signals of various machine models measurement output vector into separate signals. Set the "Machine units" parameter to the units used for the machine connected to the block input.
Parameters
Machine type: Simplified synchronous
✓ Line currents [isa isb isc]
Terminal voltages [va vb vc]
✓ Internal voltages [ea eb ec]
🗖 Rotor angle [thetam] rad
Rotor speed [wm]
Electrical power [Pe]
OK Cancel <u>H</u> elp <u>Apply</u>

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.

Block Parameters: RMS.Ef 🛛 📧
RMS (mask) (link)
This block measures the root mean square value of instantaneous current or voltage signal connected to the input of the block. The RMS value is calculated over a running window of one cycle of the specified fundamental frequency.
Parameters
Fundamental frequency (Hz):
50
OK Cancel <u>H</u> elp Apply

Рисунок 2.4 – Вікно налаштування виміру діючих значень

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

Block Parameters: 3-Phase Load	×
- 3-phase parallel RLC load (mask) (link)	
This block implements a three-phase parallel RLC load connected in Y configureation, with the neutral connected to the ground. Each phase consist of one parallel RLC load block connected between the phase input and the ground.	
Parameters	
Nominal phase-phase voltage (Vrms):	
380	
Nominal frequency (Hz):	
50	
Three-phase active power P (W):	
10e3*0.8	
Three-phase inductive reactive power QI (var)	
10e3*0	
Three-phase capacitive reactive power Qc (var) :	
10e3*0	
OK Cancel <u>H</u> elp <u>Apply</u>	

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 настроювання 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 показане на рис. 2.6.

🛃 Simulation Parameters: Synch_Gen 🛛 🗖 📼 💻 💴
Solver Workspace I/O Diagnostics Advanced Real-Time Workshop
Simulation time Start time: 0.0 Stop time: 1
Solver options Type: Variable-step 💌 ode23tb (stiff/TR-BDF2) 💌
Max step size: 1e-3 Relative tolerance: auto
Min step size: auto Absolute tolerance: auto
Initial step size: auto
Output options
Refine output Refine factor: 1
OK Cancel Help Apply

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.

	A 1	T '	•
πιπησ	<i>'</i>)	ΙΙηοροποιιιι	ΠΟΟΠΙ ΠΝΙΟΙΙΙΙΠ
гаолиця	2.1 -	пповеденні	ЛОСЛІЛЖСННЯ
	_ • _		H = = = = = = = = = = = = = = = = = = =

Виміри			Обчислення
Pr [Bt]	ω [рад/с]	Ф в [град]	М [Нм]

За даними таблиці будується залежність М =f(w). 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 Р.За даними вимірів заповнюється таблиця 2.2.

Таблиця 2.2 – Проведенні дослідження

Виміри				Обч	ислення	
Рнаг	Qнагр	ф [рад/с]	Pr [Bt]	U1 [B]	cos φ	Ia [A]
[Вт]р	[BAp]					

Обчислення виробляються по формулах:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \cdot \frac{Q \mu a \rho}{P \mu a \rho}; \qquad (2.1)$$

$$Ia = \frac{P \mu a c p}{U 1 \cdot \cos \varphi}; \tag{2.2}$$

За результатами вимірів й обчислень будується зовнішня характеристика U1=f(Ia) і робітники характеристики U1, соs φ , Ia=f(Pi). Зняття зовнішніх характеристик при активно-індуктивній й активно ємнісної навантаження виробляються аналогічно попередньому пункту. При зміні потужності навантаження необхідно дотримувати умову Qнагр/Qнагр=const. За результатами вимірів заповнюється таблиця, аналогічна табл.2, і будуються зовнішні характеристики на тому ж графіку, на якому побудована зовнішня характеристика попереднього досліду.

Миттєві значення струмів у фазах якоря генератора, швидкість і потужність генератора можна спостерігати на екрані осциллоскопа (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. Що таке кутова характеристика генератора ?

2. Поясніть призначення і принцип дії СГ ?

3. Поясніть зовнішню характеристику. Назвіть умови її отримання.

4. Чи можна регулювати напругу синхронного генератора зміною швидкості обертання ротора?

ДОСЛІДЖЕННЯ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З НЕЗАЛЕЖНИМИ ЗБУДЖЕННЯМ

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

Зміст роботи:

1.Зняття механічної й розрахунок робочих характеристик машини в режимі двигуна.

2.Зняття механічної й розрахунок робочих характеристик машини в генераторному режимі.

3.Зняття механічних характеристик при різних напругах живлення в колі якоря.

4.Зняття механічних характеристик при різних опорах у колі якоря.

5.Зняття механічних характеристик при різних потоках збудження.

6.Зняття регулювальних 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/ElectricalSource),

- блок Moment для завдання моменту навантаження (блок Constant з бібліотеки Simulink/Source),

- машину постійного струму (блок DC Machine з бібліотеки Power System Blocset/Electrical Source)

- блок для виміру зміни стану машини Display й осцилограф Score 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 (радий/с), струм якоря в (А),струм збудження (А), електромагнітний момент (Нм).

У полях настроювання машини (рис. 3.2) задаються:

- параметри обмотки якоря — La (Ом), Ra (Гн)

- параметри обмотки збудження — Rf (Ом), Lf (Гн):

- коефіцієнт Laf сумарний момент інерції машини й навантаження - J (кГм²).

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

Налаштування параметрів машини постійного струму (рис.2)

- коефіцієнт грузлого тертя - Вт (Нм)

- коефіцієнт сухого тертя - Tf (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.

Block Parameters: DC Machine1 🛛 🐼
DC machine (mask) (link)
This block implements a separately excited DC machine. Access is provided to the field connections so that the machine can be used as a shunt-connected or a series-connected DC machine.
Input 1 and output 1 : positive and negative armature terminals Input 2 and output 2 : positive and negative field terminals Input 3 : Load torque Output 3 : Simulink measurement output [w la lf Te]
Parameters
Armature resistance and inductance [Ra (ohms) La (H)]
[2.52 48e-3]
Field resistance and inductance [Rf (ohms) Lf (H)]
[92 0.4]
Field-armature mutual inductance Laf (H) :
0.207
Total inertia J (kg.m^2)
0.01
Viscous friction coefficient Bm (N.m.s)
0.25e-4
Coulomb friction torque Tf (N.m)
0.01
Initial speed (rad/s) :
0
OK Cancel <u>H</u> elp <u>A</u> pply

Рисунок 3.2 – Вікно налаштування параметрів машини постійного струму

Тип	P,	V,	n	Rя,	R3,	Lя,
двигуна	[КВТ]	[B]	[об/хв]	[Ом]	[Ом]	[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

Таблиця 3.1 - Паспортні параметри машин постійного струму

🜖 Simulation Parameters: DC_Mach 📃 📼 🔜 🛁
Solver Workspace I/O Diagnostics Advanced Real-Time Workshop
Simulation time
Start time: 0.0 Stop time: 3
Solver options
Type: Variable-step 💌 ode23tb (stiff/TR-BDF2) 💌
Max step size: 1e-3 Relative tolerance: 1e-3
Min step size: 1e-4 Absolute tolerance: 1e-4
Initial step size: auto
Output options
Refine output Refine factor: 1
OK Cancel Help Apply

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 знятті характеристик по порядку виконання роботи у вікні настроювання блоку послідовно задаються значення моменту від 0 до 1,2 M, із кроком 0,2 M. 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).

Габлиця	2 –	Результати	моделювання
---------	-----	------------	-------------

Завдання	Виміри			Розрахунок		
М[Нм]	ω[рад/с]	Ія [А]	Ib [A]	Р1, [Вт]	Р2, [Вт]	η

Розрахунок здійснюються по вираженнях:

$$P1 = U(I\pi + I\theta); \tag{3.1}$$

$$P2 = M_{\mathcal{H}} \cdot \omega; \tag{3.2}$$

$$\gamma = \frac{P1}{P2}; \tag{3.3}$$

4.Зняття механічних характеристик при різних напругах живлення в колі якоря по змісту роботи варто провести для двох значень напруги на якорі 0,6 U я й 0,8 U я; де U я первісна напруга на якорі. При цьому момент навантаження варто змінювати від -1,2 M, до1,2 M, із кроком 0,2 M. Для кожного значення напруги на якорі й моменту проводиться моделювання й заповнюється табл. 3.

Таблиця.3 - Результат моделювання

М [Нм]	ω [рад/с]

5.Зняття 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 -1,2M,до 1,2 M, із кроком 0,2 M. Для кожного значення опору якоря й моменту проводжується моделювання й заповнюється табл. 3.

6.3няття механічних характеристик при різних потоках порушення по змісту роботи варто провести для двох значень потоку 0,6 к ΓM^2 й 0,8 к ΓM^2 . Для цього у полі Field -armature matual 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.Зняття 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

Uя [B]	ω [рад/с]

Зміст звіту

1. Схема моделі для проведення лабораторної роботи.

2. Розрахункові формули параметрів машини.

3. Розрахункові формули для потужностей Р1, Р2, 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. Регулювальна 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: дослідження машини постійного струму при роботі в режимі двигуна засобами Mathworks MatLab.

Зміст роботи: зняття 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 Blocket/Electrical Sourses)

- блок Constant для завдання моменту навантаження (з бібліотеки Simulink/Sourses),

- машину постійного струму (блок DC Machine з бібліотеки Power System Blocket/Machines),

- блок для виміру зміни стану машини Display з бібліотеки Simulink Sincs та осцилограф (Scope з бібліотеки Simulink/Sourses).

Вікна налаштування параметрів:

- 1. машина постійного струму (Block Parameters:DC Machine) показане на (рис.2).
- параметри обмотки якоря La (Ом), Ra (Гн)
- параметри обмотки збудження Rf (Ом),Lf (Гн):
- коефіцієнт Laf 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).

Dia du Deverse Annes DC Mardaire
BIOCK Parameters; DC Machine
DC machine (mask) (link)
This block implements a separately excited DC machine. Access is provided to the field connections so that the machine can be used as a shunt-connected or a series-connected DC machine.
Input 1 and output 1 : positive and negative armature terminals Input 2 and output 2 : positive and negative field terminals Input 3 : Load torque Output 3 : Simulink measurement output [w Ia If Te]
Parameters
Armature resistance and inductance [Ra (ohms) La (H)]
0.37 0.009]
Field resistance and inductance [Rf (ohms) Lf (H)]
[5.31 0.01]
Field-armature mutual inductance Laf (H) :
0.115
Total inertia J (kg.m^2)
0.001
Viscous friction coefficient Bm (N.m.s)
0
Coulomb friction torque Tf (N.m)
0
Initial speed (rad/s) :
400
,
OK Cancel <u>H</u> elp <u>Apply</u>

Рисунок 2 – Вікно налаштування параметрів машини

Block Parameters: DC Voltage Source 🛛 🖃
DC Voltage Source (mask) (link)
Ideal DC voltage source.
Parameters
Amplitude (V):
660
Measurements None
OK Cancel <u>H</u> elp <u>A</u> pply

Рисунок 3 – Вікно налаштування параметрів джерела живлення

🛃 Simulation Parameters: DC_Mach1 🛛 📼 💻 🍽											
Solver	Workspa	ce 1/0	Diagnostics	Advanced	Real-Time W	Time Workshop					
Simulation time											
Start time: 0.0 Stop time: 1											
Solver options											
Type: Variable-step 💌 ode23tb (stiff/TR-BDF2)											
Maxs	step size:	1e-4		Relative tolera	ance: 1e-3						
Min s	Min step size: 1e-5			Absolute tolerance: 1e-4							
Initial	step size:	auto									
Outpu	ut options										
Refine output Refine factor: 1											
			OK	Cancel	Help	Apply					

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]	W	Ія [А]	Ib [A]	Р1 [Вт]	Р2 [Вт]	n

Розрахунок здійснюється по вираженнях:

 $P1=U^{*}(I_{R}+I_{B});$ (4.1)

$$P2=M^*\omega; \tag{4.2}$$

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

Зміст звіту

- 1. Схема моделі та опис блоків.
- 2. Заповнені таблиці.
- 3. Механічні характеристики машини W=f(M).
- 4. Робочі характеристики машини w,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. Моделювння електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Д.Й.Родькін, Сисюк Г.Ю., Садовой О.В.– Кременчук, 2010 410 с.
- 2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в МАТLAB, SimPowerSystems и Simulink. М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. 288 с.
- 3. Черных И.В. Simulink: Инструмент моделирования динамических систем / И.В. Черных. Питер: ДМК Пресс, 2008. 272с.
- 4. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Уч. пособ. СПб.: КОРОНА принт, 2001. 320 с.
- 5. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. Пер. с англ. Б.И. Копылова. М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. 832 с.
- 6. Ю.Тарасевич. Математическое и компьютерное моделирование. Вводный курс. М.: Едиториал-УРСС, 2001. 234 с.
- 7. Бессонов Л.А. Теоретичні основи електротехніки. Електричні кола: Підручник для бакалаврів. М. Видавництво "Юраит", 2016. 702 с.
- 8. Маляр В.С. Теоретичні основи електротехніки. Електричні кола. Навчальний посібник. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. 312 с.
- Теоретичні основи електротехніки. Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими та розподіленими параметрами: підручник / Ю.О. Карпов, С.Ш. Кацив, В. В. Кухарчук, Ю.Г. Ведміцький ; під ред. проф. Ю.О. Карпова – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 377 с.
- 10. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни "Моделювання електромеханічних систем" Смирнов О.П., Борисенко А.О. Харків, ХНА-ДУ, 2020, 36 с.
- 11. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Моделювання електромеханічних систем". Частина 1. Смирнов О.П., Борисенко А.О. Харків, ХНАДУ, 2020, 36 с.
- 12. Методичні вказівки до курсової роботи з "Теоретичні основи електротехніки" (Розділ "Розрахунок кіл постійного, синусоїдального та трифазного струму") Смирнов О.П., Борисенко А.О., Харків, ХНАДУ, 2020, 32 с. <u>http://files.khadi.kharkov.ua</u>