

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Автоматизована система вимірювання параметрів асинхронного двигуна

Назва теми

КвРАКІТ.2019076.01.14.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

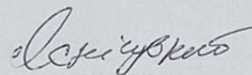
Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва


Виконав:

студент IV курсу, група АКІТс-19-1


Підпис

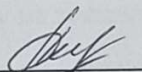
Олексій ЯСНІЦЬКИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник


Підпис, дата

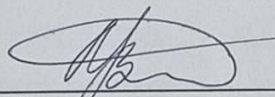
Микола ФЕДУЛА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації
та комп'ютерно-інтегрованих
технологій


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 17 » червня 2022 р.

Хмельницький 2022

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма освітньо-професійна програма підготовки бакалавра

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри АКТІТ

М.В. Корсунчик, к.

02.03.2022

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ясніцький Олексій Ігорович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Автоматизована система вимірювання параметрів асинхронного двигуна

Керівник роботи Федула Микола Васильович

канд. техн. наук, доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 01 03 2022р. № 18

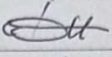
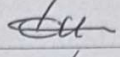

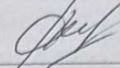
2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 01.06.2022р.

3. Вихідні дані до проекту завдання на виконання кваліфікаційної роботи

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ, Огляд методів розв'язання поставленої задачі, Розробка схемотехнічних рішень, Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення, висновки

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 12-15 презентаційних слайдів

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

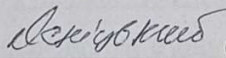
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Микола ФЕДУЛА к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Людмила КОРЕЦЬКА к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 02 03 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Вибір та затвердження теми кваліфікаційної роботи; розробка завдання на кваліфікаційну роботу; складання календарного графіка виконання кваліфікаційної роботи	15.02.2022	виконано
2 Вивчення предметної області, в якій планується використання системи автоматизації; аналіз вимог до системи автоматизації	15.03.2022	виконано
3 Проектування та розробка загальної архітектури і структури системи автоматизації, інтерфейсу користувача; вибір засобів реалізації системи автоматизації	29.03.2022	виконано
4 Програмна реалізація та тестування системи автоматизації	12.04.2022	виконано
5 Написання тексту пояснювальної записки та розробка графічних матеріалів	19.04.2022	виконано
6 Остаточне коригування кваліфікаційної роботи з урахуванням зауважень керівника; оформлення кваліфікаційної роботи як документа відповідно до вимог	11.04.2022	виконано
7 Отримання супровідних документів (відгуку керівника, рецензії, довідки про перевірку на плагіат); нормоконтроль	30.05.2022	виконано
8 Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	10.06.2022	виконано

Студент

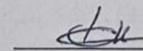


О.І. Ясніцький

Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник роботи



М.В. Федула

Підпис

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система вимірювання параметрів асинхронного двигуна».

Автор роботи: Ясніцький Олексій Ігорович.

Керівник роботи: Федула Микола Васильович

Пояснювальна записка: 66 с., 15 рис., 1 табл., 2 дод., 13 джерел.

Графічна частина: 15 презентаційних слайдів.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ, АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ,
МІКРОКОНТРОЛЕР, АСИНХРОННИЙ ДВИГУН.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи вимірювання параметрів асинхронних двигунів.

У роботі було розглянуто питання розробки віртуальних лабораторних робіт з дослідження асинхронних двигунів серії 4А із короткозамкненим та фазним ротором. Описано пристрій, принцип дії та способи регулювання швидкості асинхронних двигунів.

Розглянуто математичний опис узагальненої асинхронної машини та наведено рівняння для моделювання АТ у нерухомій системі координат. За цими рівняннями складено схему моделі АТ і проведено аналіз перехідних процесів в АТ і знято динамічну та статичну механічні характеристики.

Поставлене завдання реалізовано у наочному та ефективному засобі візуального програмування моделей – пакеті Simulink програми MATLAB.

Підпис студента

16.06.22

Дата

ЗМІСТ

ЗМІСТ	2
ВСТУП	4
1 АСИНХРОННИЙ ДВИГУН (АТ) ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	6
1.1 Принцип дії асинхронних машин у режимах двигуна, генератора з віддачею енергії в мережу та електромагнітного гальма.....	6
1.1.1 Принцип дії двигуна	6
1.1.2 Генераторний режим із віддачею енергії у мережу	8
1.1.3 Режим електромагнітного гальма.....	9
1.2 Влаштування асинхронних двигунів	10
1.3 Асинхронні двигуни з покращеними пусковими властивостями	12
1.3.1 АТ з глибокопазним ротором	13
1.3.2 АТ із подвійною короткозамкнутою обмоткою ротора.....	14
1.4 Способи пуску АТ із короткозамкненим ротором	15
1.4.1 Прямий запуск АТ.....	16
1.4.2 Реакторний та автотрансформаторний пуск АТ.....	17
1.5 Способи пуску АТ із фазним ротором	18
1.6 Регулювання швидкості АТ із короткозамкненим ротором.....	20
1.6.1 Регулювання швидкості зміною частоти мережі живлення	20
1.6.2 Регулювання швидкості зміною числа пар полюсів	21
1.6.3 Регулювання швидкості зміною напруги джерела живлення	24
1.7 Регулювання швидкості АТ із фазним ротором	24
1.8 Висновки до першого розділу.....	26
2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА У ПРОГРАМІ МАТЛАВ	27
2.1 Пакет візуального програмування Simulink.....	27

Зм	Лист	№ докum	Піппис	Лата			
Розроб.		Ясніцький О.І.	<i>[Signature]</i>	17.06.12	КВРАКІТ.2019076.01.14.ПЗ Автоматизована система вимірювання параметрів асинхронного двигуна		
Перевір.		Федула М..В.	<i>[Signature]</i>	17.06.12			
Н. Контр.		Корецька Л.О.	<i>[Signature]</i>	17.06.12		2	
Затв.		Мартинюк В.В.	<i>[Signature]</i>	17.06.12	ХНУ		

2.2 Перетворення рівнянь асинхронної машини у нерухомій системі координат	30
2.3 Розрахунок параметрів моделі для АТ серії 4А	31
2.4 Структурна схема моделі в нерухомій системі координат та її побічний опис	37
2.5 Результати моделювання	48
2.6 Висновки до другого розділу	51
3 РОЗРОБКА ВІРТУАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ НА БАЗІ ВІРТУАЛЬНОЇ АСИНХРОННОЇ МАШИНИ	52
3.1 Побічний опис схеми	52
3.2 Результати моделювання	60
3.3 Висновки до третього розділу	63
ВИСНОВОК	64
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	65

ВСТУП

Сьогодні підготовка грамотних фахівців неможлива без застосування нових форм навчання з допомогою комп'ютерних технологій, що базуються на сучасних прикладних програмних продуктах.

Володіння теорією електричних машин є високою складовою професійної підготовки спеціаліста з електричних машин та систем електроприводів. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють якісно змінити та суттєво покращити технологію вивчення електричних машин, перевести її у віртуальну дійсність, здійснити у цій віртуальній лабораторії дослідження статичних та динамічних режимів роботи електричних машин, їх механічних характеристик, умов пуску та техніко-економічних показників з отриманням кількісних результатів.

Для грамотного використання комп'ютерних технологій щодо електричних машин необхідно добре знати і розуміти фізичні процеси, які у електричних машинах; знати рівняння, що описують роботу електричної машини; вміти розрахувати параметри побудови математичних моделей. Використання комп'ютерних технологій дозволить розширити коло і глибину питань, що вивчаються, провести безліч експериментів з використанням віртуальних електричних машин, що благотворно позначиться на рівні підготовки фахівців.

У цій роботі необхідно розробити і створити віртуальні лабораторні роботи для вивчення асинхронних двигунів з короткозамкненим і фазним роторами і досліджувати в них перехідні процеси, пускові властивості, природні та штучні механічні, а також робочі характеристики. Поставлене завдання реалізовано у наочному та ефективному засобі візуального програмування моделей – пакеті Simulink програми MATLAB.

Віртуальні лабораторні роботи, що розробляються, набагато перевершуватимуть за технічними та економічними можливостями реальну фізичну лабораторну установку. У створених віртуальних лабораторних роботах

матиме місце найширший спектр можливостей для дослідження асинхронної машини в різних режимах роботи, що в реальній лабораторії вимагає великих фінансових витрат через дорожнечу необхідного обладнання.

В отриманих віртуальних лабораторних роботах з'явиться можливість дослідження перехідних процесів в асинхронному двигуні, зняття робочих та штучних механічних характеристик при різних значеннях додаткового опору в ланцюзі ротора, напруги та частоти мережі живлення.

Великим плюсом лабораторних робіт, що розробляються, є те, що віртуальну лабораторію можна використовувати в дистанційному навчанні студентів і в різних навчальних закладах, де немає можливості попрацювати в реальній лабораторії. Єдине, що необхідне для роботи віртуальної лабораторії, це наявність персонального комп'ютера, який у наш час є загальнодоступним та є у кожному навчальному закладі.

1 АСИНХРОННИЙ ДВИГУН (АТ) ЯК ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Принцип дії асинхронних машин у режимах двигуна, генератора з віддачею енергії в мережу та електромагнітного гальма

1.1.1 Принцип дії двигуна

Асинхронною машиною називається така машина змінного струму, швидкість обертання ротора якої не знаходиться у суворій відповідності до частоти струму мережі. Як і всі електричні машини, асинхронні машини мають властивість оборотності, тобто можуть працювати як у руховому, так і в генераторному режимі.

При протіканні трифазної системи струмів за трифазною обмоткою статора в двигуні створюється магнітне поле з індукцією $B(x)$, розподіленої вздовж кола повітряного зазору між статором і ротором за синусоїдальним законом і обертається в напрямку чергування фаз ω (рис. 1.1)

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}, \quad (2.1)$$

де f_1 - частота струму в мережі; p - число пар полюсів статора.

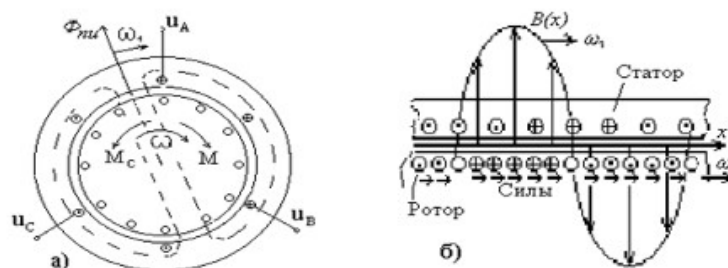


Рисунок 1.1 - а) Пристрій та б) принцип дії асинхронного двигуна

Це поле забезпечує потокозчеплення, що змінюється в часі, з контурами обмоток статора і ротора, що індукує в цих контурах ЕРС електромагнітної індукції. Під дією ЕРС ротора в провідниках його обмотки протікають змінні струми, що взаємодіють з магнітним полем, що обертається. Внаслідок цієї взаємодії на провідники ротора діють електромагнітні сили (сили Ампера), що визначають момент M , який може привести ротор у обертання з кутовою швидкістю $\omega < \omega_1$ у напрямку обертання поля, долаючи момент опору M_c робочого механізму, зчленованого з двигуном. Якби, розганяючись, ротор наздогнав магнітне поле, що обертається, то перестало б змінюватися потокозчеплення обмотки ротора, зникли б її ЕРС і струм i , отже, електромагнітні сили і момент M . Ротор почав би сповільнюватися і ковзати щодо поля. Відносну швидкість прослизання ротора та поля називають ковзанням S :

$$S = (\omega_1 - \omega) / \omega_1. \quad (1.2)$$

Уповільнення ротора припиниться за такої швидкості обертання $\omega < \omega_1$, коли він ЕРС і струм ротора забезпечують момент M , рівний за значенням моменту опору M_c механізму, т.к. згідно з рівнянням руху системи механічно пов'язаних тіл прискорення (уповільнення):

$$(d\omega / dt) = (M - M_c) / J, \quad (1.3)$$

де J – сумарний момент інерції роторів двигуна та механізму.

Таким чином, енергія джерела змінного струму (мережі), що підводиться до обмотки статора, перетворюється на механічну енергію на валу, що передається робочому механізму, і частково в втрати (в опорах обмоток, на тертя обертових частин, на гістерезис і вихрові токи та ротора). У цьому ротор обертається зі швидкістю $\omega < \omega_1$, тобто. асинхронно з магнітним полем. Ротор обертається під дією електромагнітного моменту M у напрямку обертання магнітного поля. Отже, зміни напрямки обертання ротора (реверса) необхідно змінити чергування фаз напруги, що підводиться до обмотки статора, тобто. змінити приєднання двох будь-яких проводів.

1.1.2 Генераторний режим із віддачею енергії у мережу

Асинхронні машини, як і всі електричні машини, оборотні і за певних умов можуть працювати в генераторному режимі.

Припустимо, що за допомогою будь-якого первинного двигуна ротор асинхронної машини, включеної в мережу, буде обертатися в попередньому напрямку, але зі швидкістю ω , що перевищує синхронну ω_1 . При цьому полярність поля статора збережемо ту ж, що у руховому режимі. Тоді ковзання s стане негативним і ротор при обертанні обганятиме магнітне поле, що обертається, а його провідники будуть перетинати силові лінії в напрямку, зворотному тому, яке було при роботі машини в руховому режимі. Внаслідок цього ЕРС і струми в роторі змінюють своє правління на зворотне. В результаті змінює свій напрямок сила взаємодії обертового поля і струмів ротора, а також момент на валу, тобто момент, що розвивається асинхронною машиною, стає негативним по відношенню до моменту первинного двигуна. Таким чином, асинхронна машина буде працювати генератором, перетворюючи механічну

реостат зменшує великі величини струмів, що виходять у двигуні при противключенні.

1.2 Влаштування асинхронних двигунів

Основними частинами асинхронного двигуна є нерухомий статор і ротор, що обертається всередині нього, відділений від статора повітряним зазором. З метою зменшення вихрових струмів сердечники ротора та статора збираються з окремих листів, що відштамповані з електротехнічної сталі та зображені на рисунку 1.2. Листи ізолюються один від одного тонким шаром лаку (у малопотужних машинах – шаром окалини).

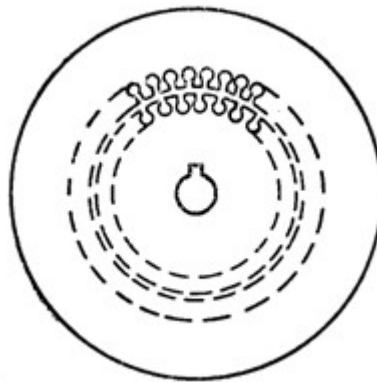


Рисунок 1.2 - Листи сердечника статора та ротора асинхронного двигуна

Сердечник статора вбудовується у корпус, що є зовнішньою частиною машини. Сердечник ротора зміцнюється безпосередньо на валу двигуна, або на втулці, виконаної у формі хрестовини і надіти на вал двигуна. Вал обертається в підшипниках, які укріплені в торцевих щитах двигуна, які називаються підшипниковими щитами.

Оскільки магнітний потік асинхронного двигуна створюється підключеною до мережі обмоткою статора, то і струм, що намагнічує,

споживається двигуном з мережі. З метою зменшення величини цього струму магнітний опір потоку має бути якнайменше. Для цього величина повітряного проміжку приймається настільки малою, наскільки це можливо з міркувань механічної конструкції. У машин малої потужності зазор дорівнює 0,3 мм, а у машин великої потужності 1,5 мм. У синхронних машинах, у яких основний потік створюється постійним струмом, повітряний зазор набагато більший: він сягає 3-15 мм. Статор асинхронного двигуна нічим не відрізняється від статора синхронної машини. Як було зазначено, сердечник статора набирається з окремих ізолюваних листів, які для кращого охолодження діляться повітряними каналами деякі пакети. Трифазна розподілена обмотка статора асинхронного двигуна, покладена в ізолювані пази статора. Пази статора, як правило, мають напівзакриту форму, при якій зберігається зручність укладання обмотки в пази і, крім того, вдається отримати найменші значення намагнічування струму, від якого в свою чергу залежить також і коефіцієнт потужності $\cos \phi$ двигуна. Обмотка статора виконується із мідних ізолюваних провідників.

Ротор асинхронного двигуна, залежно від виду обмотки, може бути виконаний фазним або короткозамкненим. Ротори виконуються із листів електротехнічної сталі, зібраних між двома натискними шайбами.

Пази ротора (зазвичай напівзакритої форми) йдуть уздовж осі машини і рівномірно розташовані на поверхні по всьому колу.

Найбільш проста конструкція короткозамкнутого ротора, в пази якого укладаються круглі або прямокутні стрижні з міді або алюмінію, неізолювані, замкнені коротко на обох кінцях ротора за допомогою мідних або алюмінієвих кілець великого перерізу. Такого роду обмотку прийнято називати «білиною клітиною» (рисунок 1.3), вона дуже міцна, дешева і надійна у роботі.

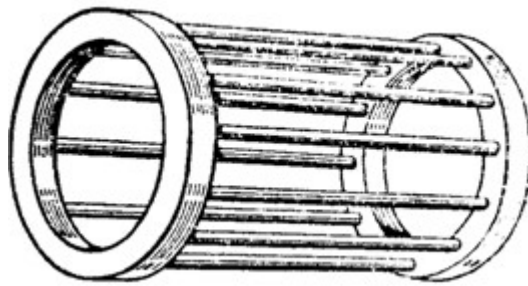


Рисунок 1.3 - Короткозамкнена обмотка ротора асинхронного двигуна

При $P_n \leq 100\text{кВт}$ сучасні короткозамкнені ротори часто виконуються у вигляді клітини, що виготовляється заливкою пазів ротора алюмінієм. Стрижні та замикаючі кільця з вентиляційними лопатками являють собою в цьому випадку один цільний виливок.

Ротор асинхронної машини з фазними обмотками – фазний ротор – має у пазах трифазну обмотку, аналогічну до обмотки статора. Фази обмотки з'єднані в зірку, а висновки обмотки приєднуються до мідних контактних кільців, укріплених на валу машини та ізольованим як один від одного, так і від валу. На контактних кільцях встановлені щітки, висновки яких розташовані у коробці виводов. До цих висновків підключають пускові або регулювальні реостати.

1.3 Асинхронні двигуни з покращеними пусковими властивостями

Значне покращення пускових характеристик асинхронних двигунів із короткозамкненим ротором досягається зміною конструкції ротора. Як такі конструкції широко використовують ротори з подвійною короткозамкнутою обмоткою і з глибокими пазами.

1.3.1 АТ з глибокопазним ротором

У двигунах із глибокими пазами на роторі його короткозамкнута обмотка виконується як тонких високих смуг (рис. 2.4). При такій конструкції обмотки відбувається відтіснення струму до верхньої частини провідників внаслідок того, що нижні частини провідників зчеплені з великою кількістю магнітних ліній розсіювання потоку, ніж верхні частини.

Таким чином, струм, що протікає по провідникам, прагне сконцентруватися переважно у верхній частині, що рівносильно зменшенню поперечного перерізу або збільшенню активного опору цих провідників.

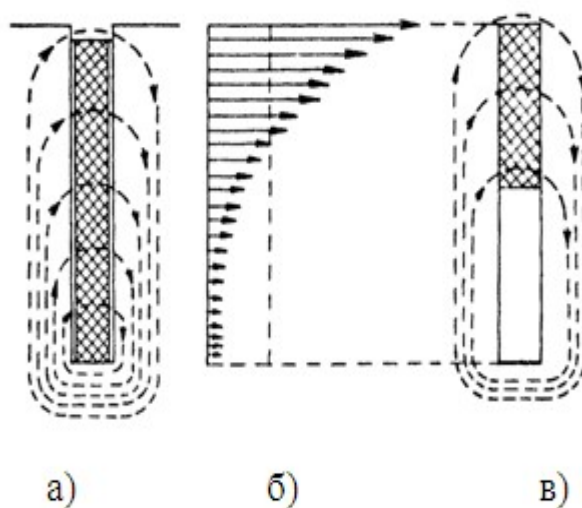


Рисунок 14 - Схема пристрою ротора з глибокими пазами та явище витіснення струму: а) магнітне поле; б) діаграма розподілу густини струму; в) робоча частина провідника

Це відтіснення струму у верхні частини провідників особливо сильно позначається в момент включення двигуна, коли частота струму в роторі дорівнює частоті струму мережі і, отже, при пуску в хід збільшується активний опір обмотки ротора, в результаті чого зростає момент пуску.

При збільшенні швидкості обертання ротора частота струму його обмотці зменшується, і струм більш рівномірно розподіляється по перерізу стрижнів і при нормальній швидкості обертання нерівномірність розподілу струму по поперечному перерізу стрижнів майже повністю зникає.

Пусковий момент двигунів цього типу $M_{\Pi} = (1,2 - 1,5) M_{H}$.

1.3.2 АТ із подвійною короткозамкнутою обмоткою ротора

Ротор цього типу має дві короткозамкнуті обмотки, виконані у вигляді білих клітин (рисунок 1.5).

Число пазів верхньої А і нижньої Б клітин може бути однаковим або різним.

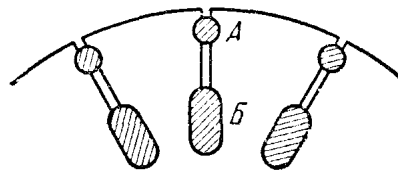


Рисунок 1.5 - Схема пристрою ротора з подвійною короткозамкнутою обмоткою

Верхня клітина А виконана із стрижнів малого поперечного перерізу, а нижня Б - із стрижнів великого поперечного перерізу. Тому активний опір обмотки А виявляється значно більшим, ніж активний опір обмотки Б ($r_A > r_B$).

Внаслідок того, що стрижні внутрішньої обмотки Б глибоко занурені в тіло ротора і оточені сталлю, індуктивний опір внутрішньої обмотки значно більший, ніж індуктивний опір зовнішньої обмотки ($X_B \gg X_A$).

При пуску в хід струм переважно протікає по провідникам зовнішньої обмотки А, що має менший індуктивний і більший активний опір. Ця обмотка називається пусковою.

У робочому режимі ковзання мало i , отже, частота струму в роторі також мала. Тому індуктивні опори обмоток немає значення й струми в обмотках А і Б обернено пропорційні активним опорам.

Таким чином, у робочому режимі струм переважно протікає по провідникам внутрішньої обмотки Б, що має менший активний опір. Ця обмотка називається робочою.

При такій конструкції ротора збільшується активний опір його обмотки в момент пуску двигуна, що збільшує пусковий момент.

Таким чином, у двигунах з подвійною короткозамкнутою обмоткою і з глибокими пазами пускові моменти більші і пускові струми менше, ніж у звичайних короткозамкнених двигунів.

Однак робочі характеристики цих двигунів дещо гірші, ніж звичайних короткозамкнутих двигунів - трохи менше $\cos \varphi$, ККД і максимальний момент, так як у цих двигунів більше потоки розсіювання, тобто більше індуктивні опори обмоток ротора, ніж двигуни нормальної конструкції.

1.4 Способи пуску АТ із короткозамкненим ротором

До асинхронних двигунів пред'являються вимоги щодо пускових характеристик, оскільки питання пов'язані з пуском у хід мають велике значення. При вирішенні питань пускових характеристик необхідно враховувати, з одного боку, умови роботи мережі, до якої підключається асинхронний двигун, і, з іншого боку, вимоги до приводу. Оцінка пускових властивостей двигуна проводиться за пусковими характеристиками, до яких слід віднести початковий пусковий струм $I_{п}$ або його кратність $I_{п} / I_{н}$ і початковий пусковий момент $M_{п}$ або його кратність $M_{п} / M_{н}$.

Способи пуску АТ із короткозамкненим ротором: прямий пуск, реакторний та автотрансформаторний.

небезпечних температур. Значення пускового моменту знаходиться в межах 08-15 від номінального.

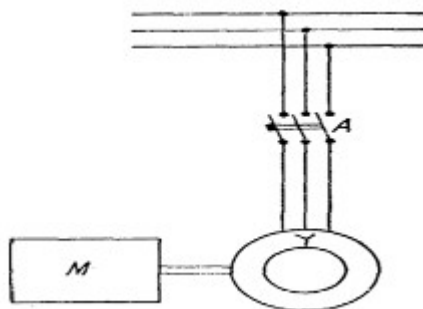


Рисунок 1.6 - Схема прямого пуску асинхронного короткозамкнутого двигуна

1.4.2 Реакторний та автотрансформаторний пуск АТ

Недолік прямого пуску: зниження напруги мережі через великий пусковий струм $I_{п}$, якщо потужність двигуна співмірна з потужністю мережі.

Для зменшення $I_{п}$ та зменшення падіння напруги мережі, до двигуна підводиться знижену напругу за допомогою реактора або автотрансформатора.

При реакторному пуску як пусковий опір зазвичай використовується індуктивне опір (реактор), що включає на час пуску двигуна послідовно з обмоткою його статора.

Пуск здійснюється у такому порядку. На першій стадії пуску підключається індуктивне опір, після чого двигун починає обертатися. Коли швидкість обертання досягає певного значення, індуктивний опір вимикається (шунтується) і двигуну подається повна напруга.

Якщо позначити зменшення струму $I_{п}$ коефіцієнтом K_{I} то при реакторному пуску пусковий момент двигуна зменшуються в K_{I}^2 раз.

Для зниження напруги, що підводиться до двигуна під час пуску, можна також використовувати автотрансформатор. Цей спосіб, як і попередній, потребує спеціального пускового апарату – автотрансформатора, який здорожує установку.

Якщо позначити через K_A коефіцієнт трансформації автотрансформатора, то, як показує докладний аналіз, який тут не наводиться, при пуску цим способом пусковий струм у мережі та пусковий момент двигуна зменшуються в K^2_A разів.

У цьому випадку величина пускового моменту за інших рівних умов буде більшою, ніж при реакторному пуску, що, безумовно, є перевагою способу запуску короткозамкнених асинхронних двигунів за допомогою автотрансформатора.

1.5 Способи пуску АТ із фазним ротором

У тих випадках, коли потрібне велике значення пускового моменту, що обертає, використовують асинхронні двигуни з фазним ротором.

Пуск цих двигунів здійснюється за допомогою активних опорів (реостатів), які послідовно включаються в ланцюг ротора (рисунки 1.7, а).

Реактивний опір ротора X_2 завжди більший за його активний опір, внаслідок чого для збільшення пускового моменту двигуна необхідно вводити в ланцюг ротора активний додатковий опір. Завдяки цьому активний опір ланцюга ротора збільшується, що призводить до зниження як величини струму ротора I_2 так і пускового струму статора I_1 . Отже, за певних умов, незважаючи на зменшення струму I_2 , момент, що обертає, може навіть збільшитися. Підключення двигуна до мережі при зниженому пусковому струмі не викликати різких змін її напруги.

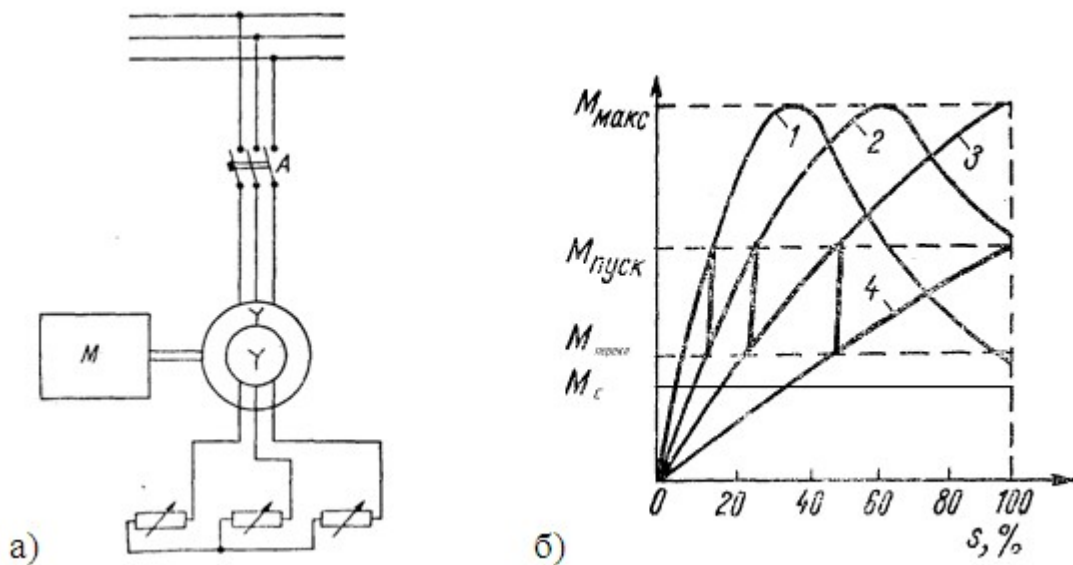


Рисунок 1.7 - а) схема пуску асинхронного двигуна з фазним ротором; б) криві залежності крутного моменту від ковзання при різних значеннях пускових опорів

Щоб величина моменту при розгоні двигуна змінювалася в менших межах і пуск проходив швидше, пуск виконують ступінчастим.

Двигун з фазним ротором, що пускається в хід за допомогою ступінчастого пускового реостата, має гарні пускові характеристики, що дозволяють зберегти за весь час розбігу великий пусковий момент, скорочуючи тим самим час розгону.

Пускові реостати зазвичай виготовляються трифазними із металевого дроту або стрічки підвищеного питомого опору (ніхром, фехраль). Величину опору вибирають з таким розрахунком, щоб відношення пускового та номінального струмів $I_{п} / I_{ном}$ дорівнювало 2-2,5.

На рис. 1.7 б зображені криві залежності крутного моменту від ковзання при різних значеннях пускових опорів в процесі пуску асинхронних двигунів з фазним ротором.

1.6 Регулювання швидкості АТ із короткозамкненим ротором

Зміна швидкості обертання двигунів з короткозамкненим ротором можливе при зміні частоти f_1 U_1 і числа пар полюсів p . До способів регулювання швидкості пред'являються дуже високі вимоги як щодо їх економічності та надійності в роботі, так і щодо меж та плавності регулювання.

1.6.1 Регулювання швидкості зміною частоти мережі живлення

Частота промислових мереж f_1 зазвичай постійна і дорівнює 50 Гц. Тому для зміни частоти мережі живлення потрібно застосовувати перетворювач частоти. Слід мати на увазі, що при зміні частоти напруги на затискачах, магнітний потік, струм холостого ходу, момент, що обертає, потужність та інші параметри машини в загальному випадку також не залишаються постійними. Механічні характеристики при зміні частоти f_1 та постійній напрузі представлені на рис. 1.8.

При регулюванні швидкості бажано зберігати перевантажувальну здатність, для цього необхідно одночасно і пропорційно змінювати частоту і ЕРС обмотки статора або напругу живлення U_1 , так як воно мало відрізняється від ЕРС. Цей спосіб дозволяє забезпечити широкий діапазон плавного та економічного регулювання швидкості. Механічні характеристики у цьому способі регулювання швидкості представлені рис. 1.9.

способі, що досягається за рахунок ускладнення і подорожчання конструкції машини.

Зважаючи на те, що число пар полюсів p може бути цілим числом, при перемиканні числа пар полюсів зміна швидкості відбуватиметься ступінчасто. Такі двигуни часто називають багатошвидкісними.

Розмістивши на статорі дві окремі обмотки (одну на p пар полюсів, а іншу на p_1 пар полюсів) і включаючи їх по черзі, можна отримати дві швидкості обертання поля, а отже, і дві швидкості обертання ротора. Відношення швидкостей буде обернено пропорційно відношенню числа пар полюсів.

Ротор двигуна при цьому повинен мати короткозамкнену обмотку, для якої число полюсів поля, що створюється, завжди дорівнює числу полюсів обертового поля обмотки статора.

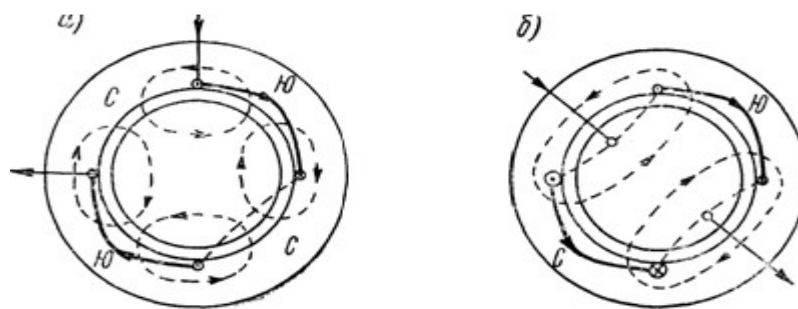


Рисунок 1.10 - Зміна числа пар полюсів асинхронного двигуна перемиканням ланцюгів обмотки статора: а - при більшій кількості полюсів; б - при числі полюсів у 2 рази меншому

Простішим і дешевим є спосіб, при якому на статорі укладається одна обмотка, що дозволяє змінювати кількість пар полюсів обмотки статора.

Збільшення або зменшення пар полюсів, наприклад, удвічі може бути порівняно просто. І тому кожна фаза обмотки статора ділиться на дві однакові частини — полуобмотки й у однієї їх змінюється напрям струму.

б), збільшення активного опору в ланцюзі ротора робить механічну характеристику порожнішою, що призводить до збільшення ковзання, а отже, до зменшення швидкості обертання. Цей спосіб дає можливість регулювати швидкість обертання у широких межах від номінальної до повної зупинки. Плавність регулювання швидкості залежатиме від кількості щаблів. Однак такий спосіб регулювання швидкості неекономічний, оскільки він пов'язаний з великими непродуктивними втратами енергії у реостатах. Однак, незважаючи на неекономічність цього способу регулювання швидкості обертання асинхронного двигуна, він часто застосовується на практиці, в основному для регулювання швидкості обертання двигунів невеликої потужності і при короткочасній роботі на малих швидкостях.

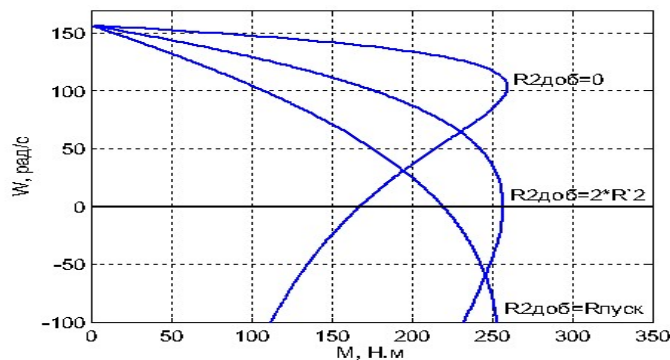


Рисунок 1.13 - Механічні характеристики при різних опорах ланцюга ротора

Також регулювання швидкості можна отримати шляхом одночасного введення додаткового опору в ланцюг ротора та зниженням напруги джерела живлення. При такому способі необхідно врахувати, що максимальний момент зменшується пропорційно до квадрата напруги, а також механічна характеристика стає м'якшою.

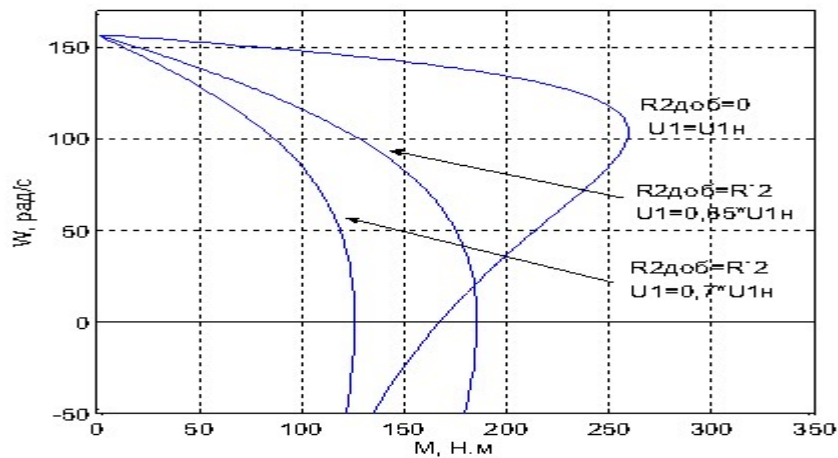


Рисунок 1.14 - Механічні характеристики при різних опорах у ланцюзі ротора та одночасному зниженні напруги

1.8 Висновки до першого розділу

У роботі було розглянуто питання розробки віртуальних лабораторних робіт з дослідження асинхронних двигунів серії 4А із короткозамкненим та фазним ротором. Описано пристрій, принцип дії та способи регулювання швидкості асинхронних двигунів.

Наведено опис різних типів асинхронних двигунів. Показано їх конструкції, переваги і недоліки. Наведено способи керування ними.

2 РОЗРОБКА МОДЕЛІ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА У ПРОГРАМІ MATLAB

2.1 Пакет візуального програмування Simulink

Однією з найбільш привабливих особливостей системи MATLAB є наявність у ній наочного та ефективного засобу складання програмних моделей – пакет візуального програмування Simulink.

Пакет Simulink дозволяє здійснювати дослідження (моделювання в часі) поведінки динамічних лінійних та нелінійних систем, причому складання «програми» та введення характеристик систем можна проводити в діалоговому режимі, шляхом складання на екрані схеми з'єднань елементарних (стандартних або користувацьких) ланок. В результаті такої збірки виходить модель системи (S-моделлю), яка зберігається у файлі з розширенням *.mdl. Такий процес складання обчислювальних програм прийнято називати візуальним програмуванням.

S-модель може мати ієрархічну структуру, тобто складатися із моделей нижчого рівня, причому кількість рівнів ієрархії практично не обмежена. У процесі моделювання є можливість спостерігати за процесами, що відбуваються у системі. Для цього використовуються спеціальні блоки (оглядові вікна), що входять до складу бібліотеки Simulink. Бібліотека може бути поповнена користувачем за рахунок власних блоків.

Створення моделей у пакеті Simulink ґрунтується на використанні технології Drag-and-Drop (крок за кроком). Як «цеглинок» при побудові S-моделі використовуються візуальні блоки (модулі), які зберігаються в бібліотеках Simulink.

Бібліотека блоків Simulink (рисунок 2.1) – це набір візуальних об'єктів, при використанні яких, з'єднуючи окремі блоки між собою лініями зв'язків, можна скласти багатофункціональну блок-схему будь-якого пристрою.

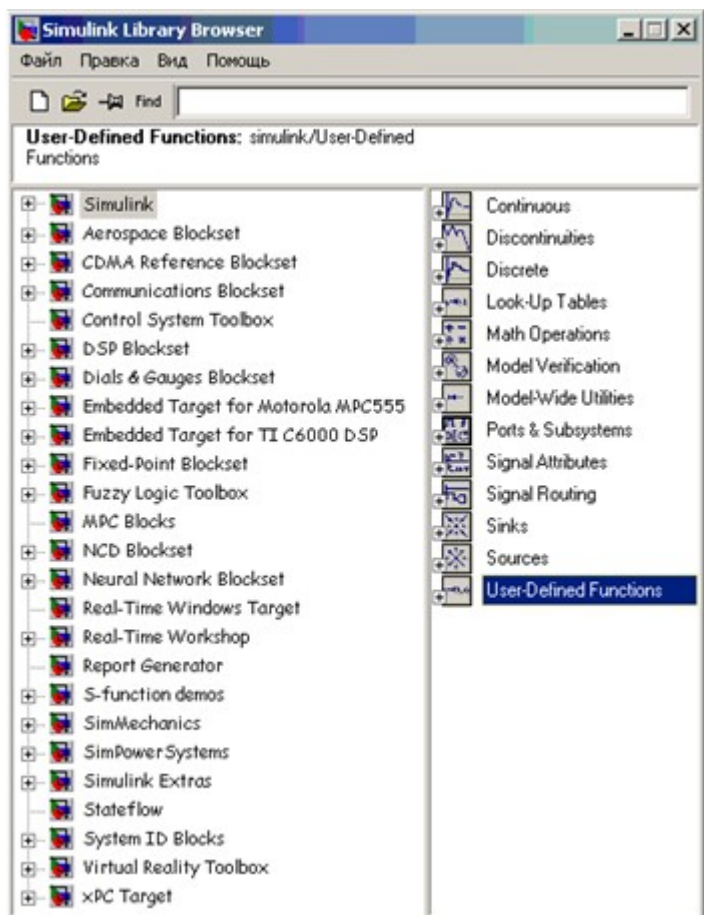


Рисунок 2.1 – Вікно Simulink Library Browser

Складання блок-схеми S-моделі полягає в тому, що графічні зображення обраних блоків за допомогою миші перетягуються з вікна розділу бібліотеки у вікно блок-схеми, а потім виходи одних блоків у вікні блок-схеми з'єднуються з входами інших блоків (також за допомогою миші). З'єднання блоків виконується наступним чином: покажчик миші підводять до певного виходу потрібного блоку (при цьому покажчик повинен набути форми хрестика), натискають ліву кнопку і, не відпускаючи її, переміщують покажчик до

потрібного входу іншого блоку, а потім відпускають кнопку. Якщо з'єднання здійснено правильно, на вході останнього блоку з'явиться зображення чорної стрілки.

Складання моделі здійснюється у робочому полі спеціального вікна (рисунок 2.2). Це вікно має рядок меню, панель інструментів та робоче поле. Меню File (Файл) містить команди, призначені до роботи з MDL - файлами; меню Edit (Правка) - команди редагування блок-схеми; меню View (Вигляд) - команди зміни зовнішнього вигляду вікна; меню Simulation (Моделювання) - команди управління процесом моделювання; меню Format (Формат) — команди редагування формату (тобто команди, що дозволяють змінити зовнішній вигляд окремих блоків та блок-схем загалом). Меню Tools (Інструменти) включає деякі додаткові сервісні засоби для роботи з S-моделлю.

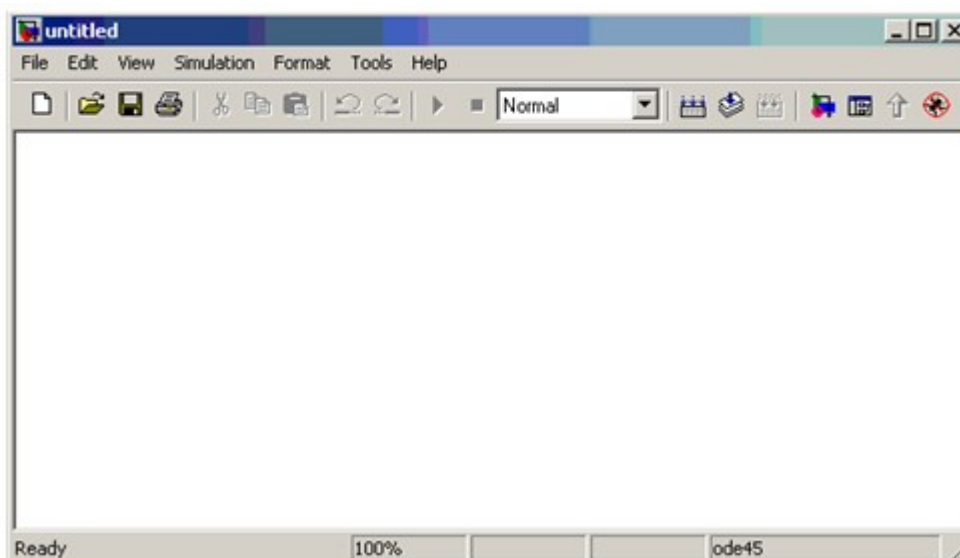





Рисунок 2.2 – Вікно, в якому здійснюється складання моделі

Будь-яка блок-схема моделі, що моделюється, повинна включати в себе один або кілька блоків-джерел, що генерують сигнали, які, власне, і викликають «рух» моделі, що моделюється, і один або кілька блоків-приймачів, які

дозволяють отримати інформацію про вихідні сигнали цієї системи (побачити результати моделювання).

Запуск моделі на виконання здійснюється натисканням на кнопку  або через меню Simulation→Start, зупинка натисканням на кнопку  або через меню Simulation→Stop, пауза - на кнопку  або через меню Simulation→Pause, пауза активна, коли модель запущена на виконання. Кнопки розташовані на панелі інструментів.

2.2 Перетворення рівнянь асинхронної машини у нерухомій системі координат

Система рівнянь що описує двигунв операторній формі набуде вигляду:

$$\left. \begin{aligned} u_{S\alpha} &= r(1 + T_S s) i_{S\alpha} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\alpha} - k_R p \omega_m \psi_{R\beta}, \\ u_{S\beta} &= r(1 + T_S s) i_{S\beta} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\beta} + k_R p \omega_m \psi_{R\alpha}, \\ 0 &= -k_R R_R i_{S\alpha} + \frac{1}{T_R} (1 + T_R s) \psi_{R\alpha} + p \omega_m \psi_{R\beta}, \\ 0 &= -k_R R_R i_{S\beta} + \frac{1}{T_R} (1 + T_R s) \psi_{R\beta} - p \omega_m \psi_{R\alpha}, \\ M &= \frac{3}{2} p \cdot k_R (\psi_{R\alpha} i_{S\beta} - \psi_{R\beta} i_{S\alpha}), \\ J \omega_m s &= M - M_C. \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

Для створення моделі, із системи рівнянь (2.1) виражаються струми та поточозчеплення та система рівнянь набуде вигляду:

$$\left. \begin{aligned}
 i_{S\alpha} &= \left(u_{S\alpha} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\alpha} + k_R p \omega_m \psi_{R\beta} \right) \frac{1}{r(1 + T_{RS})}, \\
 i_{S\beta} &= \left(u_{S\beta} + \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\beta} - k_R p \omega_m \psi_{R\alpha} \right) \frac{1}{r(1 + T_{RS})}, \\
 \psi_{R\alpha} &= (k_R R_R i_{S\alpha} - p \omega_m \psi_{R\beta}) \frac{T_R}{(1 + T_{RS})}, \\
 \psi_{R\beta} &= (k_R R_R i_{S\beta} + p \omega_m \psi_{R\alpha}) \frac{T_R}{(1 + T_{RS})}, \\
 M &= \frac{3}{2} p \cdot k_R (\psi_{R\alpha} i_{S\beta} - \psi_{R\beta} i_{S\alpha}), \\
 \omega_m &= (M - M_c) \frac{1}{J_S}.
 \end{aligned} \right\} (2.2)$$

2.3 Розрахунок параметрів моделі для АТ серії 4А

Для моделювання вибрано асинхронний двигун із короткозамкненим ротором марки 4А112М4У3 з такими паспортними даними:

- номінальна вихідна потужність $P_{2H} = 5.5$ кВт,
 - номінальна фазна напруга обмотки статора $U_{1H} = 220$ В,
 - номінальна частота струму $f_1 = 50$ Гц,
 - номінальний коефіцієнт корисної дії $\eta_n = 85.5$ %,
 - номінальний коефіцієнт потужності обмотки статора $\cos\phi = 0.85$,
 - критичне ковзання ротора $S_k = 25\%$,
 - номінальне ковзання ротора $S_H = 3.6\%$,
 - число пар полюсів: $p = 2$,
 - число фаз: $m = 3$,
 - швидкість холостого ходу: $n_1 = 1500$ об/хв,
 - момент інерції на валу машини: $J = 0,017 \cdot \text{кг м}^2$
 - параметри Г-подібної схеми заміщення у режимі короткого замикання (рисунок 2.3) у відносних одиницях:
 - у номінальному режимі:
- $R'_{1*} = 0.064$, $X'_{1*} = 0.078$, $R''_{2*} = 0.041$, $X''_{2*} = 0.13$, $X_{m*} = 2.8$,

- у режимі короткого замикання:

$$R''_{2*кз} = 0.048, X''_{2*} = 0.062.$$

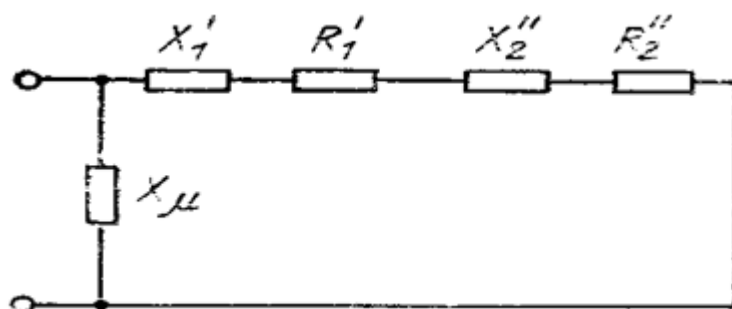


Рисунок 2.3 – Г-подібна схема заміщення

За відомими паспортними даними АТ та параметрами Г-подібної схеми заміщення розраховуються параметри Т-подібної схеми заміщення в режимі короткого замикання (рисунок 2.4) та коефіцієнти системи рівнянь (2.2) та параметри блоків моделі АТ.

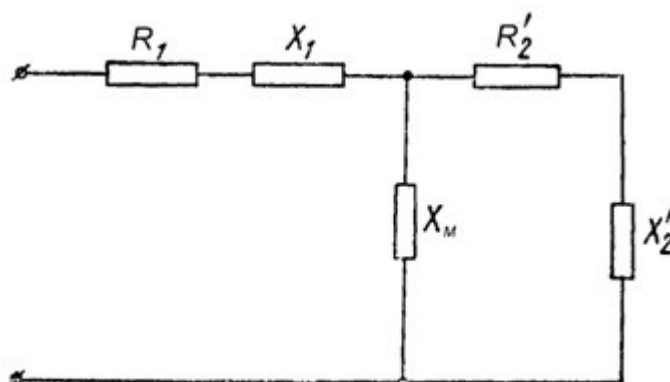


Рисунок 2.4 – Т-подібна схема заміщення

Номінальний фазний струм статора

$$I_{1н} = \frac{P_{2н} \cdot 10^3}{3 \cdot U_{1н} \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{5.5 \cdot 10^3}{3 \cdot 220 \cdot 0.855 \cdot 0.85} = 11.467 \text{ А.} \quad (2.3)$$

		№ локум.	Пілпис	

Базове значення опору

$$Z_{\text{баз}} = \frac{U_{1н}}{I_{1н}} = \frac{220}{11.467} = 19.186 \text{ Ом.} \quad (2.4)$$

Кутова частота струму

$$\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot f_1 = 2 \cdot 3.14 \cdot 50 = 3143 \text{ }^{-1}. \quad (2.5)$$

Реактивний опір розсіювання статора у відносних одиницях

$$X_{1*} = \frac{2 \cdot X'_{1*} \cdot X_{m*}}{X_{m*} + \sqrt{X_{m*}^2 + 4 \cdot X'_{1*} \cdot X_{m*}}} = \frac{2 \cdot 0.078 \cdot 2.8}{2.8 + \sqrt{2.8^2 + 4 \cdot 0.078 \cdot 2.8}} = 0.0759. \quad (2.6)$$

Коефіцієнт, що зв'язує параметри машини в Т та Г-подібній схемах заміщення

$$c_1 = \frac{X'_{1*}}{X_{1*}} = \frac{0.078}{0.0759} = 1.027. \quad (2.7)$$

Реактивний опір розсіювання фази статора

$$X_1 = \frac{X'_{1*} \cdot Z_{\text{баз}}}{c_1} = \frac{0.078 \cdot 19.186}{1.027} = 1.457 \text{ Ом.} \quad (2.8)$$

Активний опір статора фази

$$R_1 = R_S = \frac{R_{1*} \cdot Z_{\text{баз}}}{c_1} = \frac{0.064 \cdot 19.186}{1.027} = 1.1955 \text{ Ом.} \quad (2.9)$$

Індуктивність розсіювання фази статора

$$L_{1S} = \frac{X_1}{\omega_1} = \frac{1.457}{314} = 0.0046 \text{ Гн.} \quad (2.10)$$

Реактивний опір розсіювання фази ротора

$$X'_2 = \frac{X''_{2*} \cdot Z_{\text{баз}}}{c_1^2} = \frac{0.13 \cdot 19.186}{1.027^2} = 2.365 \text{ Ом.} \quad (2.11)$$

Активний опір фази ротора

$$R'_2 = R'_R = \frac{R''_{2*} \cdot Z_{\text{баз}}}{c_1^2} = \frac{0.041 \cdot 19.186}{1.027^2} = 0.7456 \text{ Ом.} \quad (2.12)$$

Індуктивність розсіювання фази ротора

$$L_{2S} = \frac{X'_2}{\omega_1} = \frac{2.365}{314} = 0.0075 \text{ Гн.} \quad (2.13)$$

Реактивний опір взаємодукції

$$X_m = X_{m*} \cdot Z_{\text{баз}} = 2.8 \cdot 19.186 = 53.72 \text{ Ом.} \quad (2.14)$$

Індуктивність взаємодукції

$$L_m = \frac{X_m}{1.5 \cdot \omega_1} = \frac{53.72}{1.5 \cdot 314} = 0.114 \text{ Гн.} \quad (2.15)$$

Повна індуктивність статора фази

$$L_S = L_m + L_{1S} = 0.114 + 0.0046 = 0.1186 \text{ Гн.} \quad (2.16)$$

Повна індуктивність фази ротора

$$L_R = L_m + L_{2S} = 0.114 + 0.0075 = 0.1215 \text{ Гн.} \quad (2.17)$$

Сумарні втрати потужності у двигуні

$$(\sum P)_{ном} = \frac{P_{2н}}{\eta_n} - P_{2н} = \frac{5500}{0.855} - 5500 = 932.75 \text{ Вт.} \quad (2.18)$$

Основні втрати в обмотці статора

$$P_{\Sigma 1} = m I_{1н}^2 R_S = 3 \cdot 11.467^2 \cdot 1.1955 = 471.6 \text{ Вт.} \quad (2.19)$$

Намагнічуючий струм

$$I_\mu = \frac{U_{1н}}{X_1 + X_\mu} = \frac{220}{1.457 + 53.72} = 3.987 \text{ А.} \quad (2.20)$$

Втрати сталі статора

$$p_{cm1} = m \cdot I_\mu^2 \cdot r_\mu \cdot Z_{\sigma_{аз}} = 3 \cdot 3.987^2 \cdot 0.15 \cdot 19.186 = 137.24 \text{ Вт,} \quad (2.21)$$

де r_μ * вибирається із діапазону 0.08-0.2.

Основні втрати в обмотці ротора

$$p_{\text{э2}} = S_n \cdot \left(\frac{P_{2n}}{\eta_n} - p_{\text{э1}} - p_{\text{см1}} \right) = 0.036 \cdot \left(\frac{5500}{0.855} - 471.6 - 137.24 \right) = 209.66 \text{ Вт.} \quad (2.22)$$

Сумарні втрати в сталі та механічні

$$(p_{\text{см1}} + p_{\text{мх}})_{\text{ном}} = (\sum P)_{\text{ном}} - p_{\text{э1}} - p_{\text{э2}} = 932.75 - 471.6 - 209.66 = 251.53 \text{ Вт.} \quad (2.23)$$

Механічні втрати

$$p_{\text{мхном}} = (p_{\text{см1}} + p_{\text{мх}})_{\text{ном}} - p_{\text{см1}} = 251.53 - 137.24 = 114.29 \text{ Вт.} \quad (2.24)$$

Швидкість ідеального холостого ходу двигуна

$$\omega_{1m} = \frac{2\pi \cdot f_1}{p} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 50}{2} = 157 \text{ з}^{-1}. \quad (2.25)$$

Номінальна швидкість обертання двигуна

$$\omega_{тн} = \omega_{1m} \cdot (1 - S_n) = 157 \cdot (1 - 0.036) = 151.35 \text{ з}^{-1}. \quad (2.26)$$

Коефіцієнт тертя

$$F = \frac{p_{\text{мехном}}}{\omega_{тн}^2} = \frac{114.29}{151.35^2} = 0.005 \text{ Н м с.} \quad (2.27)$$

Коефіцієнти системи рівнянь узагальненої асинхронної машини:

$$r = R_S + \frac{L_m^2}{L_R^2} R_R = 1.1955 + \frac{0.114^2}{0.1215^2} \cdot 0.7456 = 1.8519 \text{ Ом}, \quad (2.28)$$

$$L_S' = L_S - \frac{L_m^2}{L_R} = 0.1186 - \frac{0.114^2}{0.1215} = 0.0116 \text{ Гн}, \quad (2.29)$$

$$T_S' = \frac{L_S'}{r} = \frac{0.0116}{1.8519} = 0.0063 \text{ с}, \quad (2.30)$$

$$T_R = \frac{L_R}{R_R} = \frac{0.1215}{0.7456} = 0.163 \text{ с}, \quad (2.31)$$

$$k_R = \frac{L_m}{L_R} = \frac{0.114}{0.1215} = 0.9383. \quad (4.32)$$

Параметри блоків моделі узагальненої асинхронної машини:

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{1.8519} = 0.54 \text{ Сім}, \quad (2.33)$$

$$\frac{k_R}{T_R} = \frac{0.9383}{0.163} = 5.756 \text{ з}^{-1}, \quad (2.34)$$

$$k_R \cdot R_R = 0.9383 \cdot 0.7456 = 0.69 \text{ Ом} \quad (2.35)$$

$$k_R \cdot p = 0.9383 \cdot 2 = 1.876, \quad (2.36)$$

$$\frac{1}{J} = \frac{1}{0.017} = 58.82 \text{ (кг} \cdot \text{м}^2)^{-1}. \quad (2.37)$$

2.4 Структурна схема моделі в нерухомій системі координат та її побічний опис

Bias – зміщення (постійна складова синусоїди),

Frequency - кутова частота коливань, для даної схеми ω_1 дорівнює

Phase - початкова фаза (у радіанах), рівна:

$\frac{\pi}{2}$ - для косінусоїди, 0 – для синусоїди,

Sample time – розмір дискрета часу.

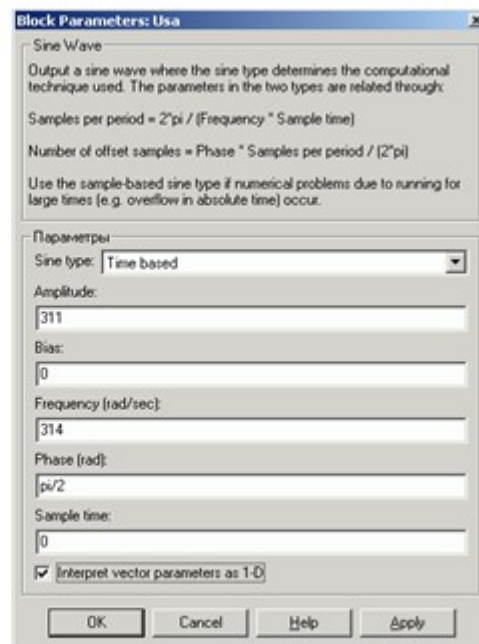
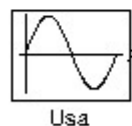


Рисунок 2.6 - Блок Usa: а) зовнішній вигляд; б) вікно параметрів

Блок k_R/T_R (рисунок 2.7) здійснює множення вхідного сигналу постійну величину, значення якої задається в налаштуванні блоку.

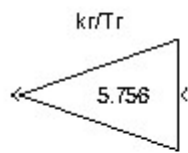
Аналогічні у схемі блоки: $k_R \cdot p$, $k_R \cdot R_R$, p , $k_R \cdot 1.5 \cdot p$, $1/J$, F .

Параметрами, що настроюються, є:

Gain – коефіцієнт посилення, даної схеми $k_R/T_R = 5.756$,

Multiplication – тип методу множення.

		№ локум.	Пілпис	



а)



б)

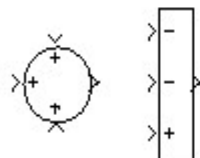
Рисунок 2.7 - Блок k_R/T_R : а) зовнішній вигляд, б) вікно параметрів

Блок Sum (рисунок 2.8) підсумовує сигнали, що надходять на нього (у тому числі з різними знаками).

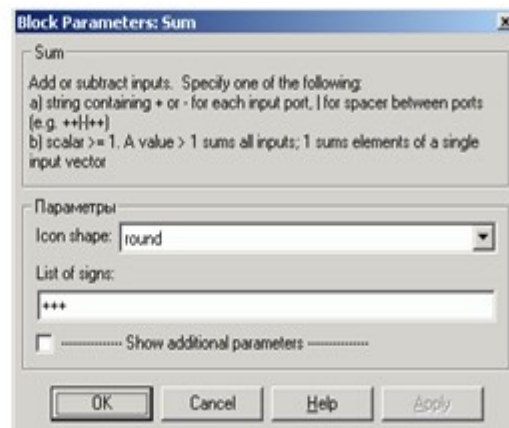
Параметрами, що настроюються, є:

Icon shape – форма зображення (коло або прямокутник),

List of signs – список входів та їх знаки.



а)



б)

Рисунок 2.8 - Блок Sum: а) зовнішній вигляд; б) вікно параметрів

Блок $\frac{1/r}{T_s s + 1}$ (рисунок 2.9) реалізує ланку введеної в неї передавальної функції. Аналогічний у схемі блок: $\frac{T_R}{T_R s + 1}$.

Параметрами, що настроюються, є:

Numerator – чисельник, для цієї схеми $1/r = 0.54$,

Denominator – дільник, даної схеми $T_s = 0.0063$.

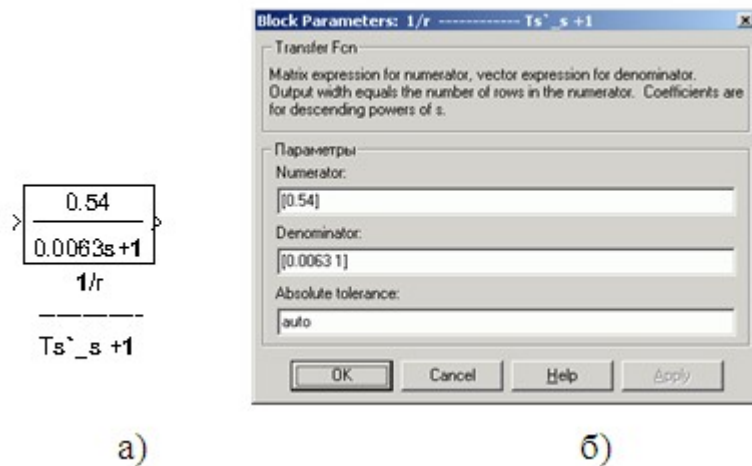


Рисунок 2.9 - Блок $\frac{1/r}{T_s s + 1}$: а) зовнішній вигляд; б) вікно параметрів

Блок Ключ (рисунок 2.10) служить для перемикання типу моменту навантаження на валу, або M2 або M2. Перемикання відбувається при подвійному натисканні правою кнопкою на блоці.

Настроюваних параметрів не має.

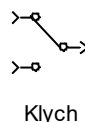


Рисунок 2.10 - Блок Ключ

Блок Product (рис. 2.11) виконує множення (розподіл) вхідних сигналів.

Параметрами, що настроюються, є:

Number of inputs – кількість входів,

Multiplication – тип методу множення.

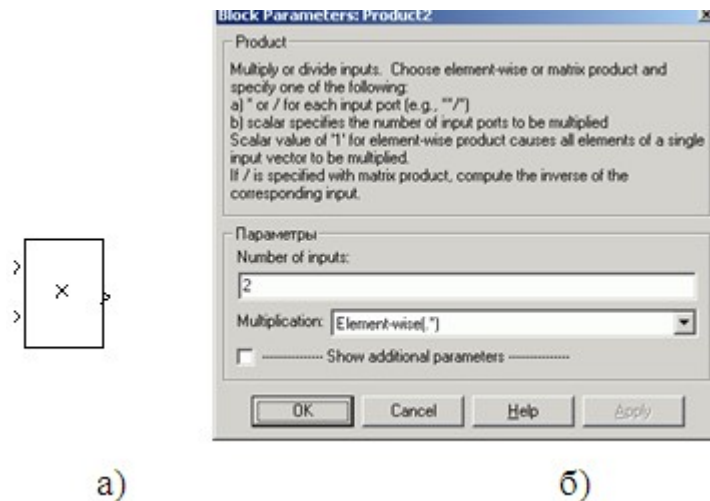


Рисунок 2.11 - Блок Product: а) зовнішній вигляд; б) вікно параметрів

Блок M2 (рис. 2.12) формує постійну величину навантаження на валу, яка є незмінною у часі.

Параметрами, що настроюються, є:

Constant value – постійна величина.

Блок $\alpha \cdot M2$ (рисунок 2.13) є задатчиком навантаження і встановлює на валу момент навантаження, що лінійно змінюється в часі.

Параметрами, що настроюються, є:

Slope - Зміна величини за 1 секунду. Залежно від знака зростає або зменшується,

Start time – момент часу, в який починає змінюватися навантаження,

Initial output – початкове значення, з якого почнеться зміна навантаження.

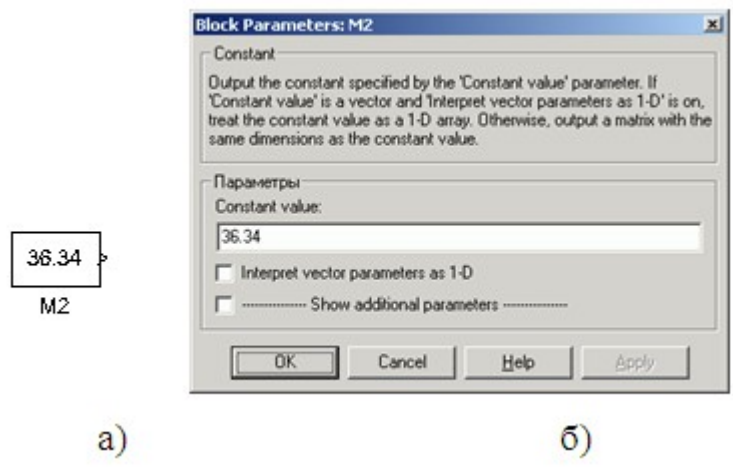


Рисунок 2.12 - Блок M2: а) зовнішній вигляд; б) вікно параметрів

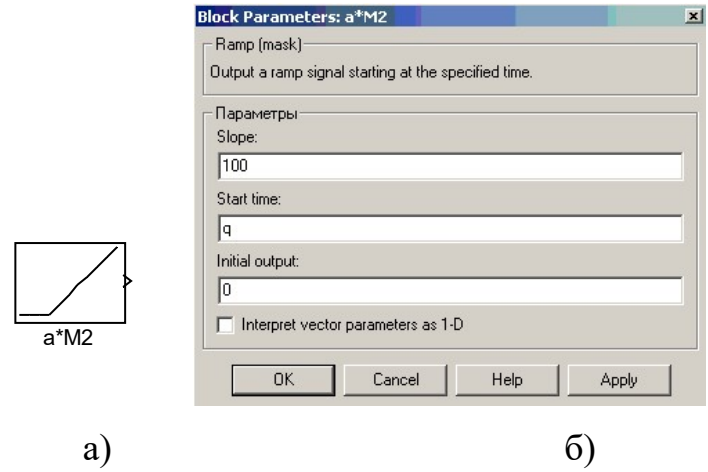


Рисунок 2.13 - Блок $\alpha \cdot M2$: а) зовнішній вигляд; б) параметри

Блок Integrator (рисунок 2.14) є ідеальною інтегруючою ланкою. Він дозволяє здійснити інтегрування надходить на нього сигналу в безперервному часі.

Параметрами, що настроюються, є:

- External reset – підключення додаткового сигналу керування,
- Initial condition source – визначення джерела (внутрішній чи зовнішній),
- Initial condition – початкове значення вихідної величини,

Limit output – обмеження величини виходу,

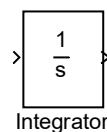
Upper saturation limit – верхнє граничне значення вихідної величини,

Lower saturation limit – нижнє граничне значення вихідної величини,

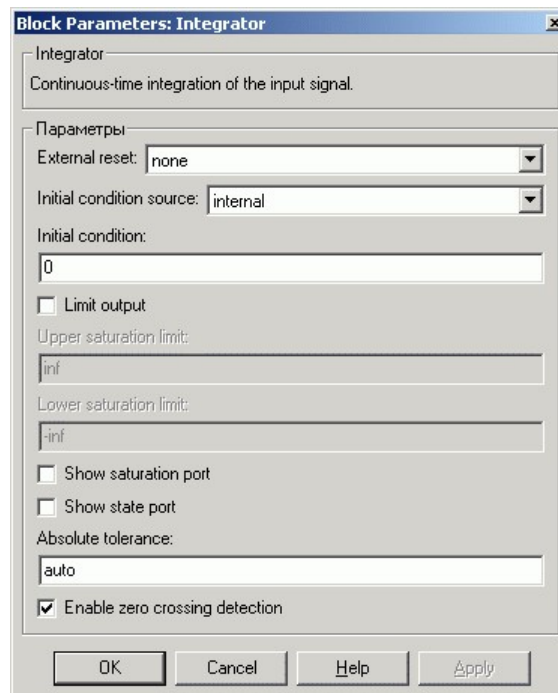
Show saturation port – показати порт насичення,

Show state port – показати порт стану,

Absolute tolerance – допустима гранична величина абсолютної похибки.




а)



б)

Рисунок 2.14 - Блок $\alpha \cdot M2$: а) зовнішній вигляд; б) параметри

Графічний дисплей « ωm , $M=f(t)$ » (рисунок 2.15) дозволяє в ході моделювання спостерігати графіки перехідних процесів швидкості та моменту у часі. По горизонтальній осі відкладається значення модельного часу, а, по вертикалі, значення вхідної величини, що відповідає цьому моменту часу. Вікно параметрів викликається натисканням на .

Параметрами, що настраюються, є:

Number of axes – кількість осей,

Time range – інтервал часу,

Tick labels – мітки осей,

Sampling – використовується лише для дискретних у часі процесів. Його значення (1), встановлене за замовчуванням, для безперервних процесів змінювати не рекомендується. Дозволяє задати періодичність (через скільки дискретів часу) відображення значень часу.

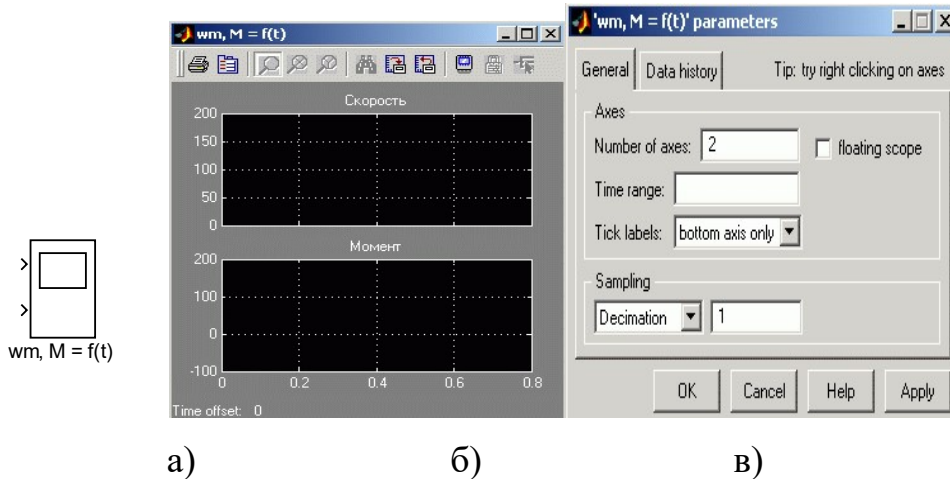


Рисунок 1.15 - Блок "wm, M=f(t)":

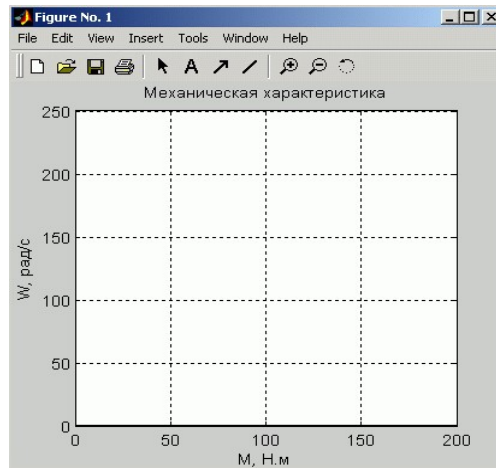
а) зовнішній вигляд; б) внутрішній вигляд; в) вікно параметрів

Шинний формувач Mux (рисунок 2.16) виконує об'єднання вхідних величин в єдиний вихідний вектор (шину), що дуже зручно, оскільки схема виходить мене захищеною.

Параметрами, що настроюються, є:

Number of inputs – кількість входів,

Display option – відображення блоку.



а)

б)

Рисунок 2.19 – Графічне вікно для побудови характеристик - графічна область

2.5 Результати моделювання

Після запуску схеми моделі на моделювання та завершення процедури моделювання можна проаналізувати отримані результати.

Графічний дисплей "wm, M=f(t)" відображає перехідний процес швидкості та моменту у часі, представлений на рисунку 2.20.

З рис. 2.20 видно, що з прямого пуску спочатку спостерігаються значні коливання моменту та швидкості. При додатку моменту навантаження аналогічно спостерігаються коливання моменту та швидкості, але менш значні, ніж при пуску, також видно, що при додатку моменту навантаження спостерігається зменшення швидкості.

Отримавши механічну характеристику (рисунок 2.21), можна побачити, що при пуску вона виходить динамічною і на ній також як і на рисунку 2.20 чітко видно коливальний процес швидкості і моменту у вигляді концентричних кіл з радіусом, що зменшується, в міру згасання коливань швидкості і моменту.

Аналогічна картина спостерігається при ступінчастому навантаженні. Дані характеристики представлені рисунку 2.21 і 2.22.

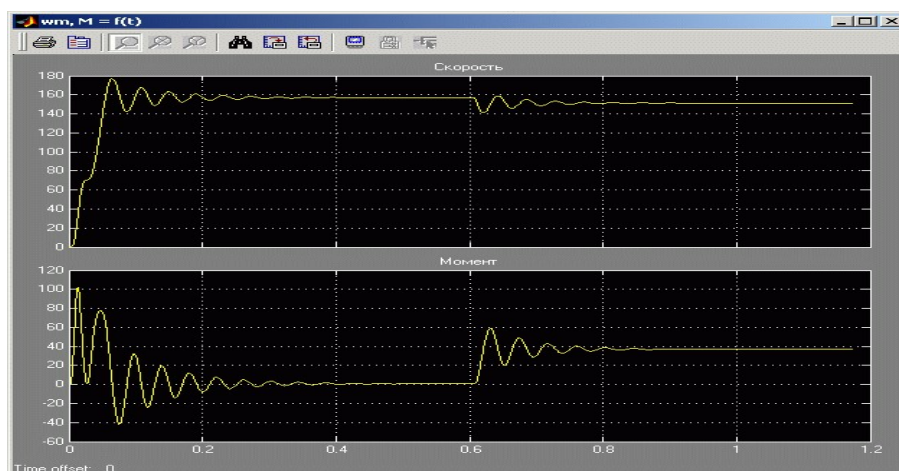


Рисунок 2.20 - Перехідний процес швидкості та моменту функції часу при пуску на холостому ході та накиданні навантаження

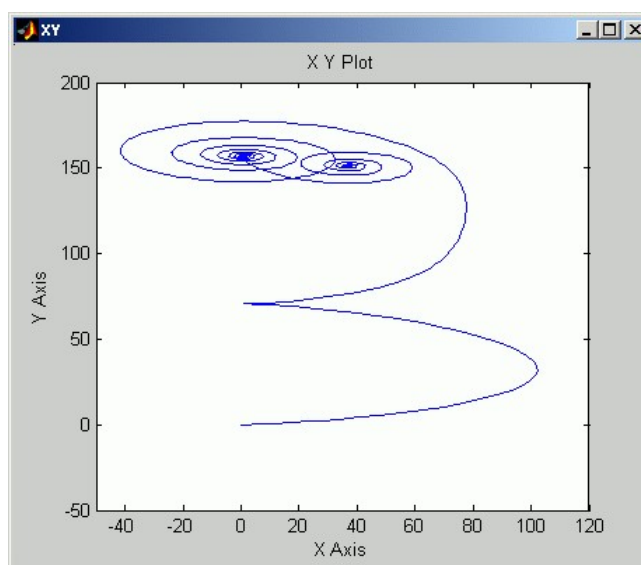


Рисунок 2.21 - Динамічна механічна характеристика при пуску на холостому ході та накиданні навантаження, побудована блоком «XY»

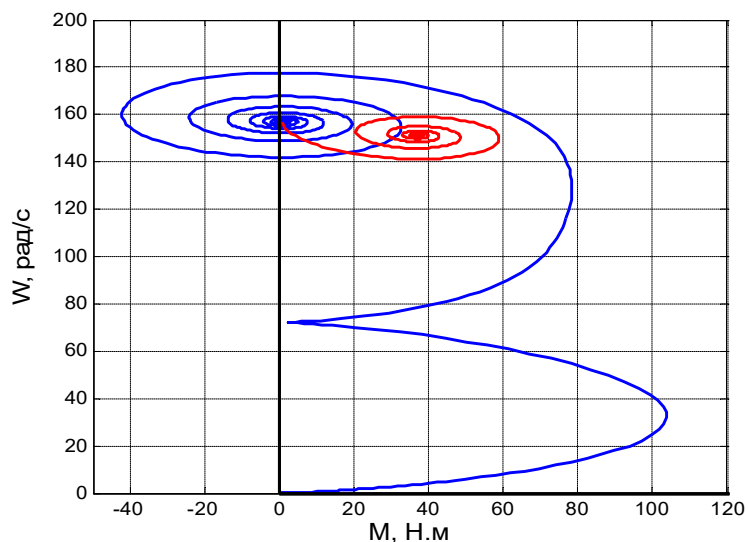


Рисунок 2.22 - Динамічна механічна характеристика при пуску на холостому ході (синя) та накиді навантаження (червона), побудована блоком «Побудова механічної характеристики»

При навантаженні двигуна з малою швидкістю збільшення навантаження виходить характеристика близька до статичної природної механічної характеристики. Вона представлена рис. 2.23 разом із динамічною механічною характеристикою.

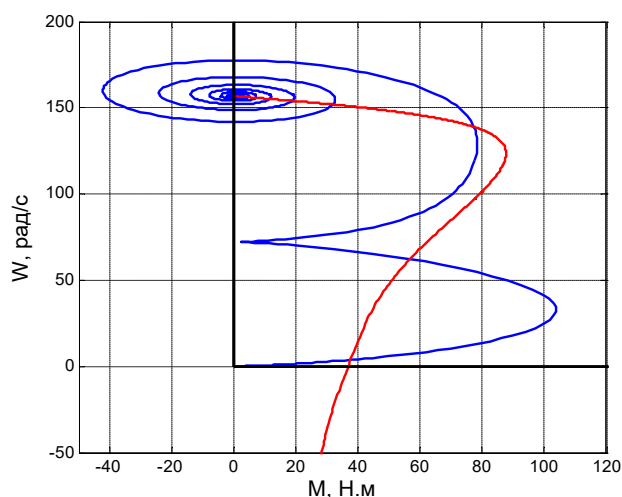


Рисунок 2.23 - Пускова динамічна характеристика (синя) на холостому ході та природна механічна характеристика (червона)

2.6 Висновки до другого розділу

Розглянуто математичний опис узагальненої асинхронної машини та наведено рівняння для моделювання АТ у нерухомій системі координат. За цими рівняннями складено схему моделі АТ і проведено аналіз перехідних процесів в АТ і знято динамічну та статичну механічні характеристики.

асинхронний двигун з короткозамкненим ротором (AD), задатчик навантаження ($M2$ і $\alpha \cdot M2$), та електромагнітного моменту на валу (ω_m , T_e).

Додаткові блоки: перемикачі (Klych і K_Z), керований ключ (Switch), машинний час (Clock), осцилограф (XY), шинний формувач (Mux), цифрові та графічні дисплеї (" ω_m , M, I1 "; " P2, P1, I1, S, KPD, Cos.f»), «Робітники», блок «U1. I1. P1».

Блоки програм: "Введення даних", "Побудова механічної характеристики" та "Побудова робочих характеристик".

Джерело трифазної напруги Source (рисунок 3.2) імітує роботу трифазного джерела синусоїдальної напруги із заземленою нейтраллю N та виходами фаз A, B та C.

Параметрами, що настраюються, є:

Phase to ground peak voltage (V) – амплітуда фазної напруги,

Phase angle of phase A (Degrees) – початковий фазовий кут фази A,

Frequency (Hz) – частота напруги,

Source resistance (Ohms), inductance (H) – опір та індуктивність джерела.

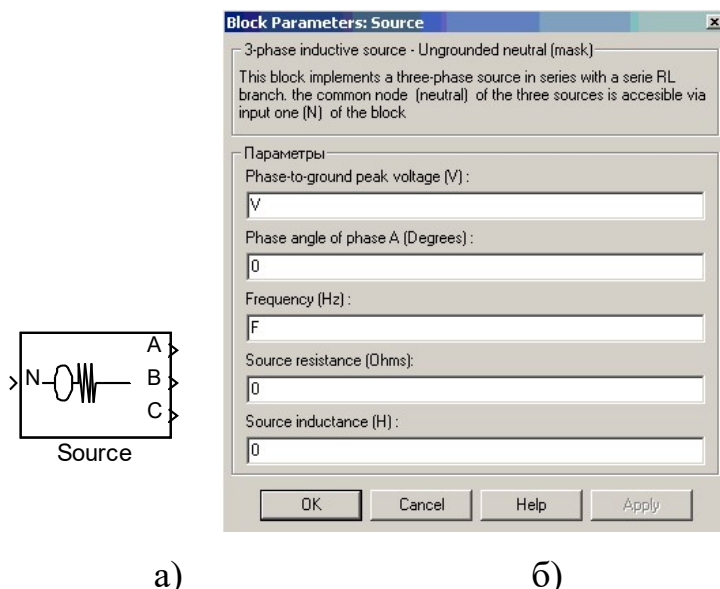


Рисунок 3.2 - Блок Source: а) зовнішній вигляд; б) вікно параметрів

Трифазний вимірювач напруги та струму Three-Phase VI Measurement (рисунок 3.3) вимірює три фазну миттєву напругу та струм, що споживаються навантаженням від джерела.

Параметрами, що настроюються, є:

Voltage measurement: phase-to-ground – вимірювання фазної напруги від фази до землі,

Use a label – використовувати ярлик (посилання) замість виходу,

In pu – система відносних одиниць,

Current measurement: yes – підтвердження виміру струму.

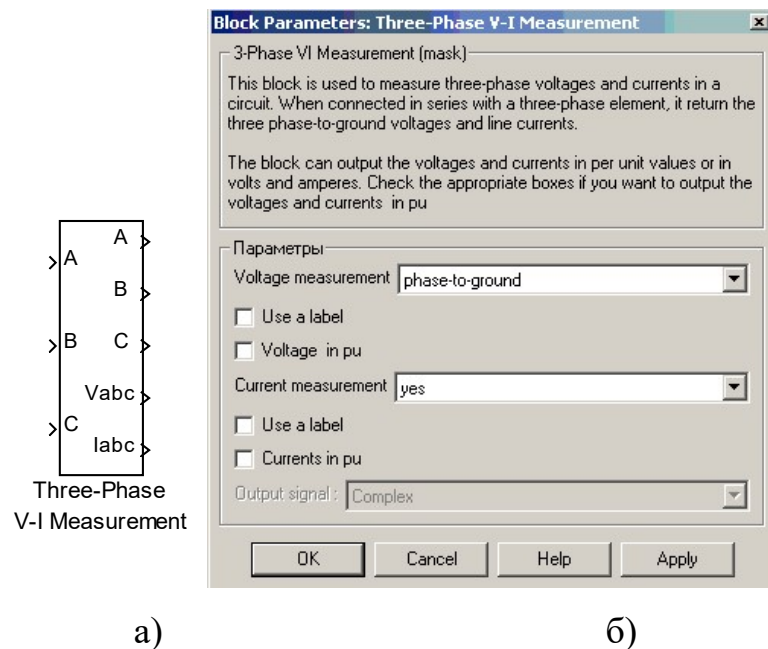


Рисунок 3.3 - Блок Three-Phase VI Measurement: а) зовнішній вигляд; б) параметри

Трифазний асинхронний двигун із короткозамкненим ротором АД (рисунок 3.4) імітує роботу асинхронного двигуна із короткозамкненим (або фазним) ротором. Складено на основі математичних рівнянь.

Параметрами, що настроюються, є:

Nom. power P_n – номінальна потужність,

Volt V_n – номінальна лінійна напруга,
 Frequency f_n – номінальна частота,
 Stator (Rotor) R, L – активний опір та індуктивність статора та наведеного ротора,

Mutual inductance L_m – взаємна індуктивність,

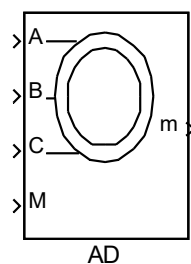
Inertia J – момент інерції на валу,

Friction factor F – коефіцієнт тертя,

Pairs of poles – кількість пар полюсів p ,

Initial conditions – початкові дані:

ковзання, кут повороту ротора, струм трьох фаз статора, зрушення фаз А, В, С.



а)

Block Parameters: AD

Asynchronous Machine (mask)

Implements a three-phase asynchronous machine (wound rotor or squirrel cage) modeled in the dq rotor reference frame. Stator and rotor windings are connected in wye to an internal neutral point. Press help for inputs and outputs description.

You can specify initial values for stator and rotor currents. In the Initial conditions parameter you have the possibility to specify the stator current only :

[s] th(deg) isa, isb, isc(p.u.) pha, phb, phc(deg)]:

Or you can choose to enter the stator and the rotor initial currents:

[s] th(deg) isa, isb, isc(p.u.) pha, phb, phc(deg) ira, irb, irc(pu) pha, phb, phc]:

Параметры:

Rotor type: Squirrel-cage

Reference frame: Rotor

Nom. power, L-L volt. and freq. [Pn(WA), Vn(Vrms), fn(Hz)]:

[5500 380 50]

Stator [Rs(ohm) Ls(H)]:

[1.1955 0.00464]

Rotor [Rr(ohm) Lr(H)]:

[0.7456 0.00753]

Mutual inductance Lm (H):

0.114

Inertia, friction factor and pairs of poles [J(kg.m²) F(N.m.s) p]:

[0.017 0.005 2]

Initial conditions (read the details in the description above)

[1,0 0,0,0 0,0,0]

OK Cancel Help Apply

б)

Рисунок 3.4 - Блок AD: а) зовнішній вигляд; б) параметри

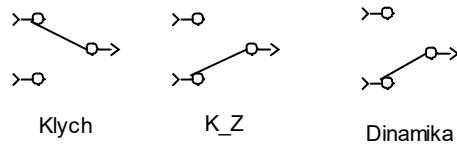


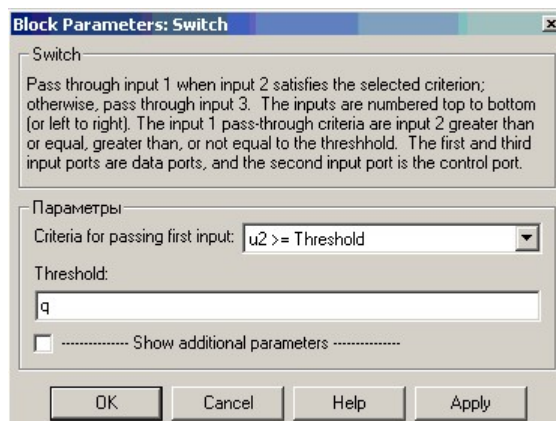
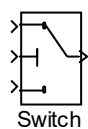
Рисунок 3.7 - Блоки Klych, K_Z та Dinamika

Керований ключ Switch (рис. 3.8) служить для керованого перемикування вхідного сигналу. Має три входи, 1 і 3 – інформаційні, 2 – керуючий. Якщо величина керуючого сигналу не менше деякого обмеження, заданого в полі Threshold, то на вихід подається сигнал з першого входу, інакше - сигнал третього входу. У схемі на перший вхід подається вектор значень швидкості та моменту, також і на третій вхід подається вектор швидкості та моменту за умови, що ключ Dinamika у верхньому положенні, а на другий вхід – час.

Параметрами, що настраюються, є:

Criteria for passing first input – критерій для проходження сигналу з першого входу,

Threshold – поріг перемикування входу.



а)

б)

Рисунок 3.8 - Блок Switch: а) зовнішній вигляд; б) параметри

Осцилограф ХУ (рисунок 2.18). Опис цього блоку розглянуто розділ 2.

Шинний формувач Мух (рис. 2.16). Опис цього блоку розглянуто розділ 4.

Графічний дисплей ω_m , M , $I_1=f(t)$ (рисунок 2.15). Опис цього блоку розглянуто в розділі 2. Цифрові дисплеї ω_m , M , P_2 , P_1 , I_1 , S , KPD , $\cos \varphi$ (рисунок 2.17). Опис цих блоків розглянуто розділ 2.

Блок «Робочі характеристики» – це стандартний блок, він розроблений під час створення даної віртуальної лабораторної роботи. У середині нього реалізується розрахунок робочих показників за такими формулами:

$$P_2 = \omega_m \cdot M_2,$$

$$KPD = 100 \cdot \frac{P_2}{P_1 + p_{cm1}},$$

$$S = (n_1 - n) / n_1,$$

$$\cos \varphi = \frac{P_1 + p_{cm1}}{3 \cdot U_1 \cdot I_1},$$

до вхідної потужності додаються втрати сталі p_{cm1} , оскільки у моделі де вони враховуються.

Настроюваних параметрів не має.

Блок «U1. I1. P1» (рисунок 3.9) також є стандартним. У ньому реалізується перетворення вхідних трифазних напруг та струмів у діючі значення, а також обчислення активної потужності.

Настроюваних параметрів не має.

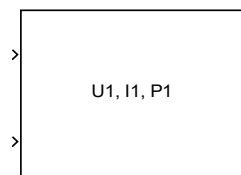


Рисунок 3.9 – Блок « U1. I1. P1»

При відкритті блоку "Введення даних", в якому реалізована підпрограма "Menu", на екрані виводиться меню, в якому можна змінити параметри моделювання. Це є дуже зручним елементом, тому що не потрібно переналаштовувати саму модель та її блоки.

У меню введення даних для моделі:

час перехідного процесу - це час необхідний для розгону двигуна до холостого ходу при зникненні коливань моменту та швидкості,

час моделювання – час, необхідний для виконання однієї процедури моделювання,

амплітуда фазної напруги – це номінальне значення $U_{1н}$ помножене на $\sqrt{2}$, частота - частота напруги живлення.

3.2 Результати моделювання

Графічний дисплей "wm, M=f(t)" відображає перехідний процес швидкості та моменту у часі, представлений на рисунку 3.14.

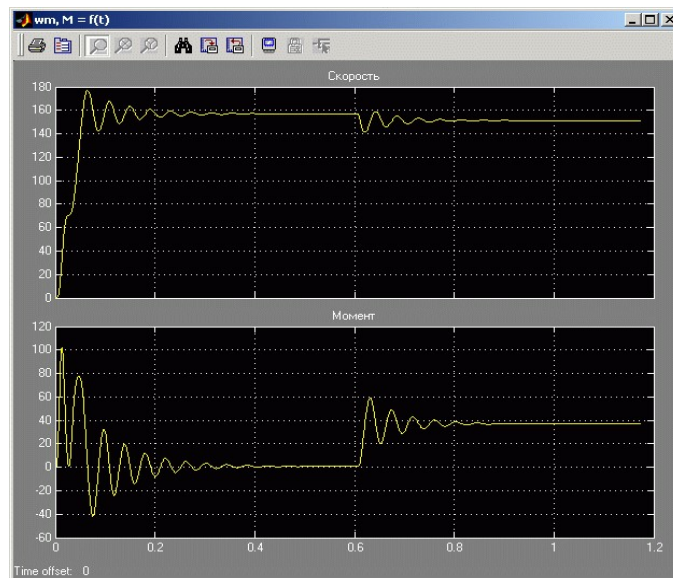


Рисунок 3.14 - Перехідний процес швидкості та моменту функції часу при пуску на холостому ході та накиданні навантаження

З рисунку 3.14 видно, що з прямого пуску спочатку спостерігаються значні коливання моменту та швидкості. При додатку моменту навантаження аналогічно спостерігаються коливання моменту та швидкості, але менш значні, ніж при пуску, також видно, що при додатку моменту навантаження спостерігається зменшення швидкості.

Отримавши механічну характеристику, можна побачити, що при пуску вона виходить динамічною і на ній також як і на рисунку 5.14 чітко видно коливальний процес швидкості та моменту у вигляді концентричних кіл з зменшується радіусом у міру згасання коливань швидкості та моменту. Аналогічна картина спостерігається при миттєвому начерку навантаження. Дані характеристики представлені на рисунках 3.15 та 3.16.

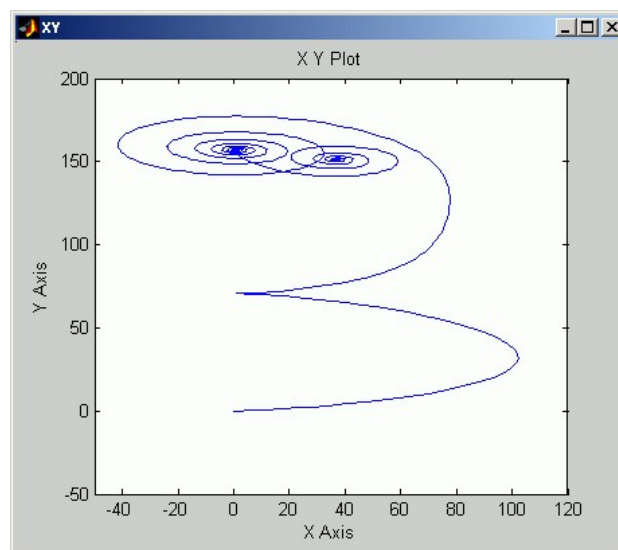


Рисунок 3.15 – Динамічна механічна характеристика при пуску на холостому ході та накиданні навантаження, побудована блоком «ХУ»

При навантаженні двигуна з малою швидкістю збільшення навантаження виходить характеристика близька до статичної природної механічної

Робочі характеристики при навантаженні двигуна від швидкості холостого ходу до навантаження 130% номінальної представлені рисунку 3.18.

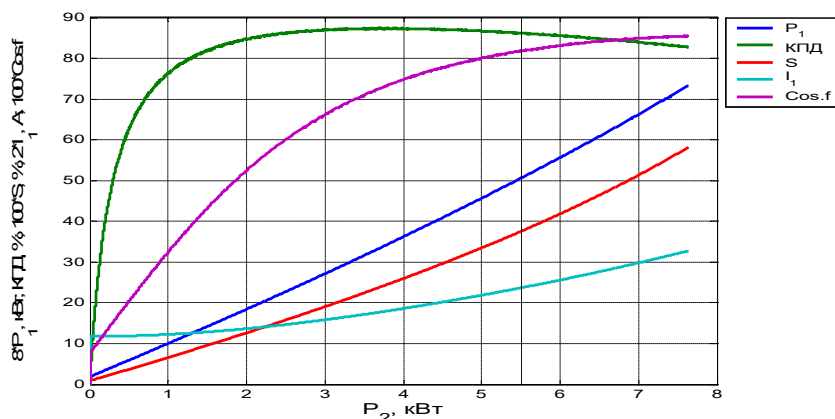


Рисунок 3.18 - Робочі характеристики

3.3 Висновки до третього розділу

За результатами моделювання отриманих розділах 2 і 3 видно, що перехідні процеси швидкості і моменту при пуску і ступінчастому накиданні навантаженні, динамічні механічні характеристики, а також природні механічні характеристики абсолютно ідентичні. Це доводить, що блок віртуальної асинхронної машини AD у структурі має математичні рівняння узагальненої асинхронної машини.

ВИСНОВОК

У роботі було розглянуто питання розробки віртуальних лабораторних робіт з дослідження асинхронних двигунів серії 4А із короткозамкненим та фазним ротором. Описано пристрій, принцип дії та способи регулювання швидкості асинхронних двигунів.

Розглянуто математичний опис узагальненої асинхронної машини та наведено рівняння для моделювання АТ у нерухомій системі координат. За цими рівняннями складено схему моделі АТ і проведено аналіз перехідних процесів в АТ і знято динамічну та статичну механічні характеристики.

Поставлене завдання реалізовано у наочному та ефективному засобі візуального програмування моделей – пакеті Simulink програми MATLAB.

Цей пакет також використовувався для розробки методики виконання віртуальних лабораторних робіт з дослідження асинхронних двигунів серії 4А з короткозамкненим і фазним ротором. За цією методикою було проведено дослідження перехідних процесів, пускових властивостей, зняття природних і штучних механічних характеристик при зміні напруги живлення, частоти струму і введення додаткового опору в ланцюг фазного ротора, а також зняття робочих характеристик.

10. Зарви́ро В. О. Автоматиза́ція дослі́дження та ви́пробовування мі́крохви́льових печей / В. О. Зарви́ро, Ю. С. Грищук // Ві́сник НТУ «ХП». Серія : Проблеми удоскона́лення електри́чних маши́н і апа́ратів. – 2010. – № 32 (1204). – С. 23–28.

11. Ісі́кова, Н. П. Проє́ктування інфо́рмаційних систе́м [Текст] : навч. посі́б. / Н. П. Ісі́кова, Т. В. Решетняк. — Краматорськ : ДДМА, 2020. — 111 с.

12. Макаре́нко В. В. Цифрова та імпульсна схемотехні́ка. Моделюва́ння та аналі́з : навч. посі́б. для студенті́в, які навчаються за напра́мом підго́товки «Аку́стотех-ніка» [Електронний ресу́рс] / В. В. Макаре́нко, В. М. Співак ; НТУУ «КП». -Київ : НТУУ «КП», 2015. - 314 с. - Режим досту́пу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19099>.

13. Меха́нізація, електри́фіка́ція та автома́тиза́ція сі́льськогосподарсь́кого ви́робни́цтва : підруч. у 2 т : Т 2 / А.В. Рудь, І.М. Бенде́ра, Д.Г. Войтю́к та ін. ; за ред. А.В. Рудя. – К. : Агроосві́та, 2012. – 434с.;іл.

Автоматизована система вимірювання параметрів асинхронного двигуна

Студент: Олексій ЯСНІЦЬКИЙ

Керівник: Микола ФЕДУЛА, к.т.н., доц.

ОГЛЯД ПРИНЦИПІВ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ

Швидкість обертання ротора:

$$\omega_1 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}$$

де f_1 - Частота струму в мережі; p - Число пар полюсів статора

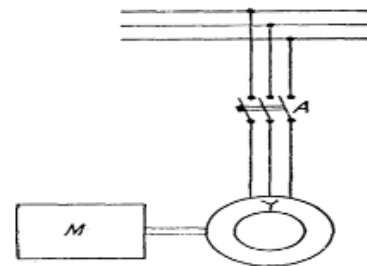
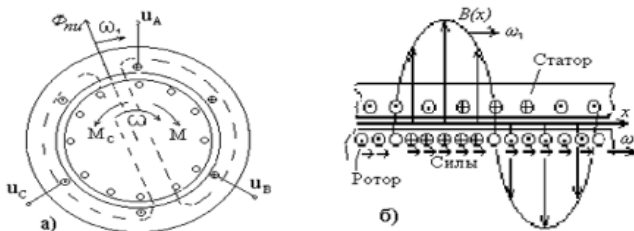


Схема прямого пуску асинхронного короткозамкнутого двигуна



Улаштування а) та принцип дії б) асинхронного двигуна

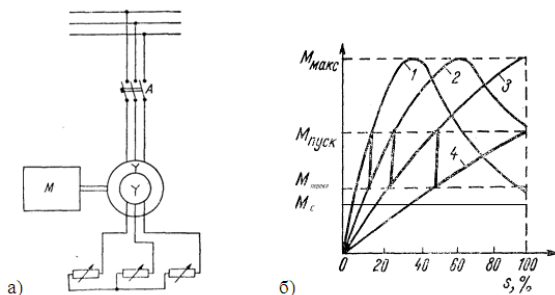
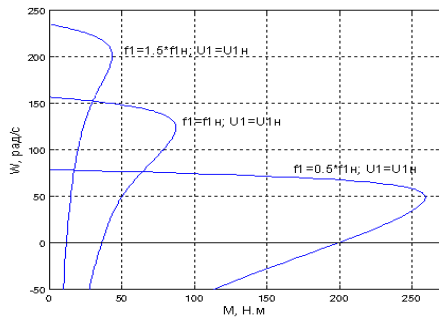


Схема пуску асинхронного двигуна з фазним ротором а) криві залежності крутного моменту від ковзання при різних значеннях пускових опорів б)

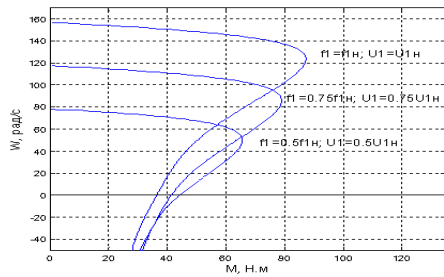
ОГЛЯД ПРИНЦИПІВ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ

Регулювання швидкості АД із короткозамкненим ротором

Регулювання швидкості зміною частоти мережі живлення

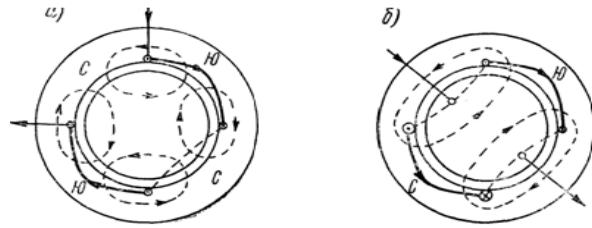


Механічні характеристики при різних частотах та незмінній напрузі

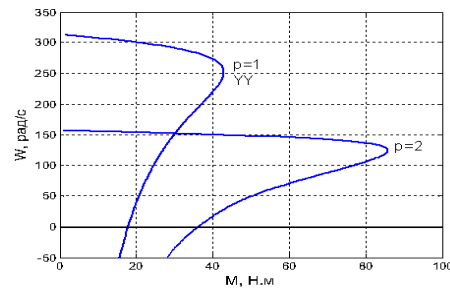


Механічні характеристики при пропорційній зміні частоти та напруги

Регулювання швидкості зміною числа пар полюсів



Зміна числа пар полюсів асинхронного двигуна перемиканням ланцюгів обмотки статора: а - при більшій кількості полюсів; б - при числі полюсів у 2 рази меншому

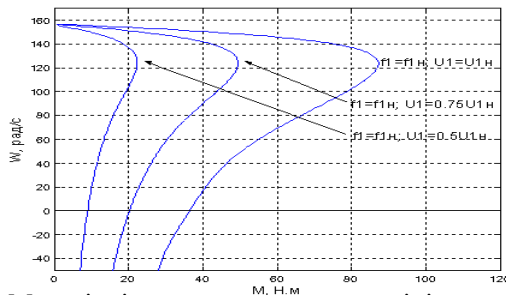


Механічні характеристики при зміні числа пар полюсів перемиканням із трикутника на подвійну зірку

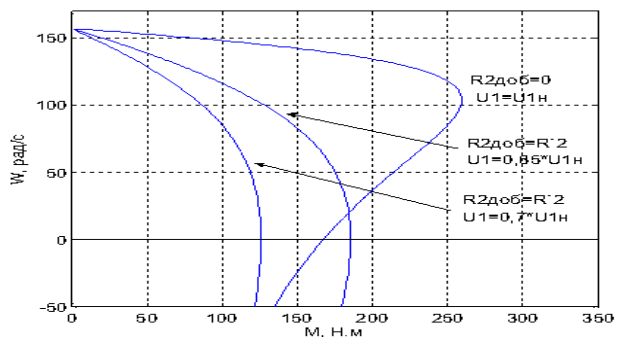
ОГЛЯД ПРИНЦИПІВ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМИ ДВИГУНАМИ

Регулювання швидкості АД із короткозамкненим ротором

Регулювання швидкості зміною напруги джерела живлення

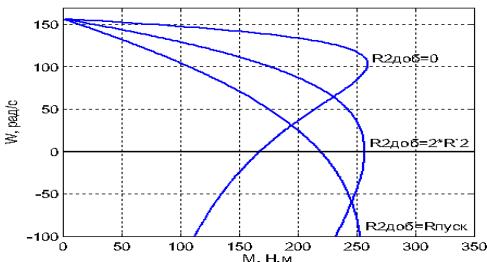


Механічні характеристики при зміні напруги



Механічні характеристики при різних опорах у колі ротора та одночасному зниженні напруги

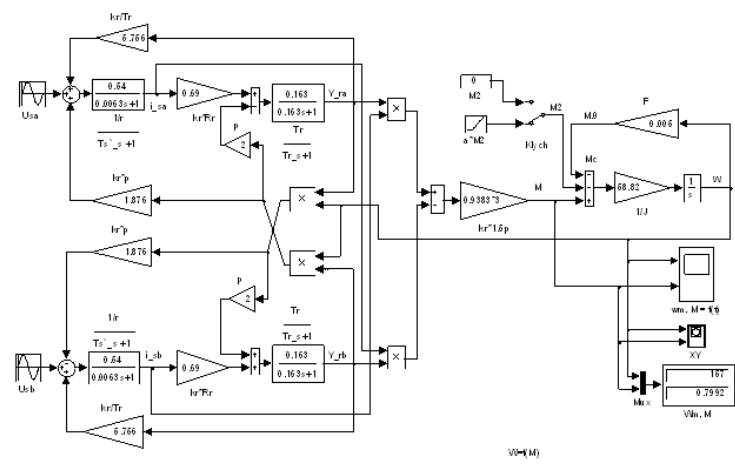
Регулювання швидкості АД із фазним ротором



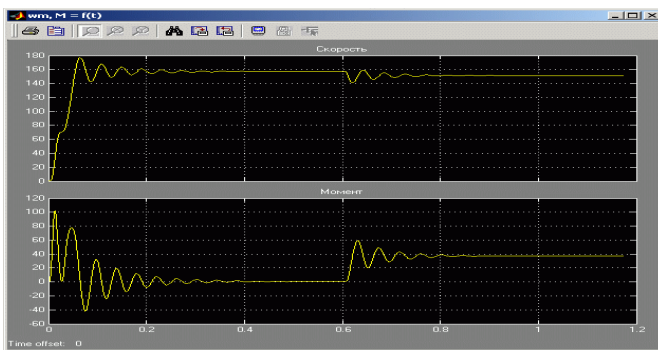
Механічні характеристики при різних опорах кола ротора

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА В СИСТЕМІ МАТЛАВ

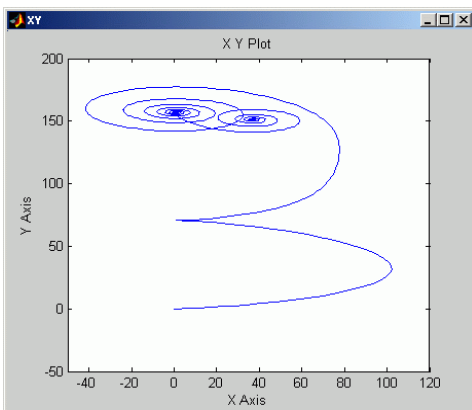
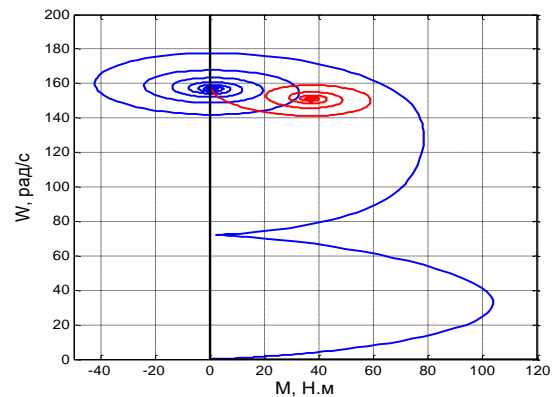
$$\left. \begin{aligned} i_{S\alpha} &= (u_{S\alpha} - \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\alpha} + k_R p \omega_m \psi_{R\beta}) \frac{1}{r(1+T_S s)}, \\ i_{S\beta} &= (u_{S\beta} + \frac{k_R}{T_R} \psi_{R\beta} - k_R p \omega_m \psi_{R\alpha}) \frac{1}{r(1+T_S s)}, \\ \psi_{R\alpha} &= (k_R R_R i_{S\alpha} - p \omega_m \psi_{R\beta}) \frac{T_R}{(1+T_R s)}, \\ \psi_{R\beta} &= (k_R R_R i_{S\beta} + p \omega_m \psi_{R\alpha}) \frac{T_R}{(1+T_R s)}, \\ M &= \frac{3}{2} p \cdot k_R (\psi_{R\alpha} i_{S\beta} - \psi_{R\beta} i_{S\alpha}), \\ \omega_m &= (M - M_C) \frac{1}{J_S}. \end{aligned} \right\}$$



РЕЗУЛЬТАТИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ



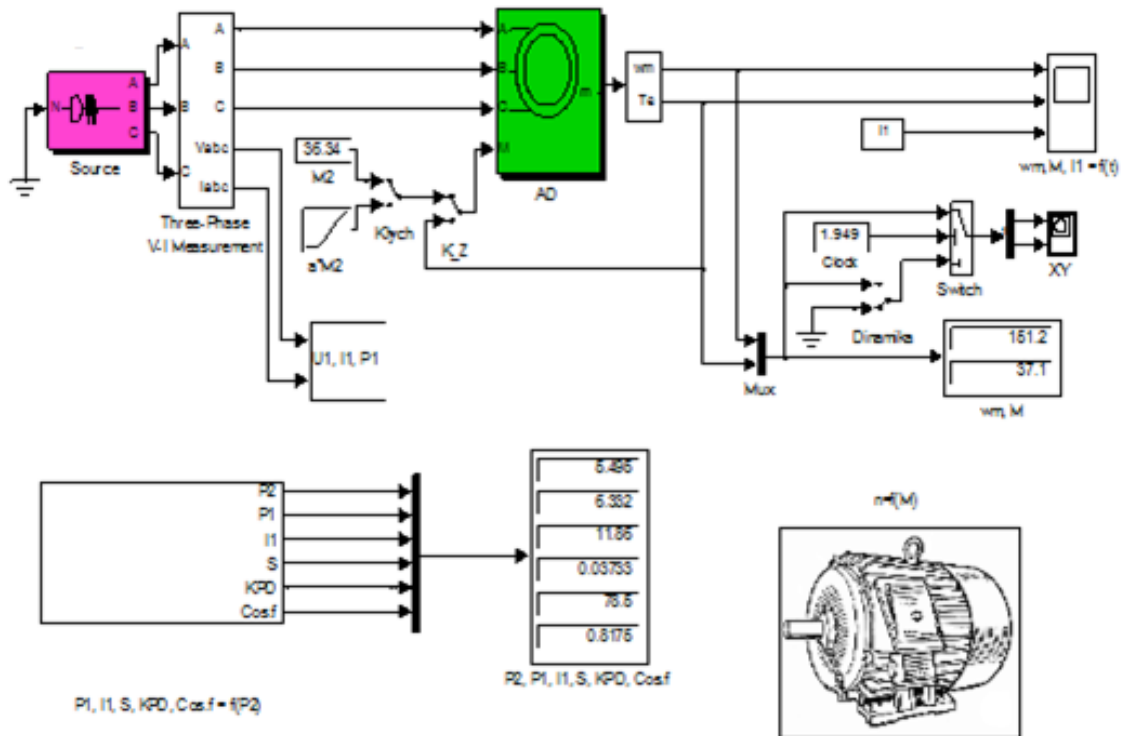
Перехідний процес швидкості та моменту функції часу при пуску на холостому ході та накиданні навантаження



Динамічна механічна характеристик а при пуску на холостому ході та накиданні навантаження, побудована блоком «ХУ»

Динамічна механічна характеристика при пуску на холостому ході (синя) та накиді навантаження (червона), побудована блоком «Побудова механічної характеристики»

РОЗРОБКА ВІРТУАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ НА БАЗІ ВІРТУАЛЬНОЇ АСИНХРОННОЇ МАШИНИ



• ВИСНОВКИ

У роботі було розглянуто питання розробки віртуальних лабораторних робіт з дослідження асинхронних двигунів серії 4А із короткозамкненим та фазним ротором. Описано пристрій, принцип дії та способи регулювання швидкості асинхронних двигунів.

Розглянуто математичний опис узагальненої асинхронної машини та наведено рівняння для моделювання АТ у нерухомій системі координат. За цими рівняннями складено схему моделі АТ і проведено аналіз перехідних процесів в АТ і знято динамічну та статичну механічні характеристики.

Поставлене завдання реалізовано у наочному та ефективному засобі візуального програмування моделей – пакеті Simulink програми MATLAB.

Доповідь закінчено.

Дякую за увагу!

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1011607423

Дата перевірки:
18.06.2022 00:04:21 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
18.06.2022 00:04:49 EEST

ID користувача:
100005862

Назва документа: Ясніцький антиплагіат v1

Кількість сторінок: 60 Кількість слів: 7790 Кількість символів: 56138 Розмір файлу: 1.20 MB ID файлу: 1011475919

Виявлено модифікації тексту (можуть впливати на відсоток схожості)

14.2%

Схожість

Найбільша схожість: 8.64% з Інтернет-джерелом (<http://ukrefs.com.ua/print:page,1,171768-Razrobotka-virtual-noiy-labo..>)

14.2% Джерела з Інтернету

199

Сторінка 62

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

37

Підозріле форматування

21
сторінка

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 17.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 5%

ID: 105880 Назва: Бакалаврська кваліфікаційна робота Додано в БД: 2022-06-17 Автора: Ясніцький О. Керівники: Федула М.В. Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	48142	419	8557 (18%)	100 (24%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми
93363	Назва: Розробка віртуальної лабораторної роботи з дослідження характеристик та режимів роботи трифазного асинхронного двигуна Додано в БД: 2021-06-11 Автора: Васильєв Євгеній Олександрович Керівники: Степанчиков Д.М. Консультанти: Опоненти:	8156 (17.0%)	93 (22.0%)

МІНІСТЕРСТВО ОВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Ясніцький Олександр Ігорович

Тема: Автоматизована система вимірювання параметрів асинхронного двигуна

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи

Кількість листів креслень 0 Кількість сторінок записки 75

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень в результаті виконаного наукового дослідження є розробка автоматизованої системи вимірювання параметрів асинхронних двигунів.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню Дипломна робота відповідає виданому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки та техніки і передових методів роботи: У першому розділі розглянуто було розглянуто питання розробки віртуальних лабораторних робіт з дослідження асинхронних двигунів серії 4А із короткозамкненим та фазним ротором. Описано пристрій, принцип дії та способи регулювання швидкості асинхронних двигунів. Наведено опис різних типів асинхронних двигунів. Показано їх конструкції, переваги і недоліки. Наведено способи керування ними.. У змісті другого розділу кваліфікаційної роботи було розглянуто математичний опис узагальненої асинхронної машини та наведено рівняння для моделювання асинхронних двигунів у нерухомій системі координат. За цими рівняннями складено схему моделі асинхронних двигунів і проведено аналіз перехідних процесів в асинхронних двигунах і знято динамічну та статичну механічні характеристики. У третьому розділі було показано, що за результатами моделювання отриманих в попередніх розділах видно, що перехідні процеси швидкості і моменту при пуску і ступінчастому накиданні навантаженні, динамічні механічні характеристики, а також природні механічні характеристики абсолютно ідентичні. Це довело, що блок віртуальної асинхронної машини асинхронного двигуна у структурі має математичні рівняння узагальненої асинхронної машини.
4. Позитивні сторони роботи: Найбільшою перевагою роботи є моделювання асинхронних двигунів на основі докладних моделей, що показують усі режими роботи двигунів.

5. Негативні сторони роботи: - _____

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: - _____

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на високому науковому рівні

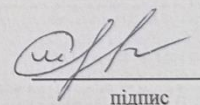
8. Інші зауваження: - _____

9. Оцінка дипломної роботи: Розглянувши представлену роботу, вважаю, що робота заслуговує оцінки задовільно 3,25 (D)

10. Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, місце роботи) _____

Мазуренко Олександр Вікторович
к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук

«17» червня 2022р.


підпис

Завідувачу кафедри АКІТ
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Ясніцького О.І.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи АКІТс-19-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

16.06.2022

дата

Олександр Ясніцький

підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ
АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизована система вимірювання параметрів асинхронного двигуна

Автор: Олексій ЯСНІЦЬКИЙ

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітня програма 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Науковий керівник к.т.н., доц. Микола ФЕДУЛА

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

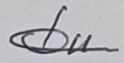
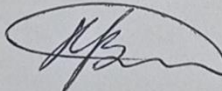
№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнуті. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження: Запозичення у розмірі 14,2%, що виявлені в роботі, містять посилання на відповідні джерела літератури, що використані в роботі. Результати конструкторського розділу не містять запозичень. Розроблена схема електрична та її опис є унікальними та також не містять запозичень. Робота приймається до захисту.

18.06.2022р.

Науковий керівник роботи:

Зав. каф. АКІТ

Микола ФЕДУЛА

Валерій МАРТИНЮК