

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Розробка стенду для дослідження електромеханічного фрикційного приводу швейних машин

Назва теми

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Шифр, назва


Спеціальність 131 «Галузеве машинобудування»

Шифр, назва

Освітня програма «Машини і апарати легкої промисловості»

Шифр МРМА 23.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу
група МБм-22-1


Підпис

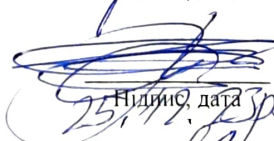
Тимошук М.М.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

проф. Драпак Г.М.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

доц. Тимошук О.Г.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

25 12 2023 р.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

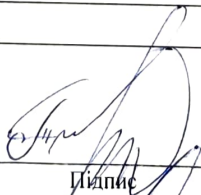
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання видав

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

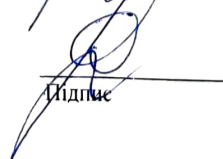
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1. Огляд патентів та технічної літератури з тематики магістерської роботи	до 30.10.22р.	
2. Розробка методології дослідження фрикційного приводу	до 10.11.22р.	
3. Розробка конструкцій стенда для дослідження фрикційних приводів швейної машини	до 20.11.22р.	
4. Експериментальне дослідження індивідуального фрикційного приводу швейної машини	до 05.11.22р.	
5. Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	до 12.12.22р.	

Студент


Підпис

М.М. Тимошук
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Г.М. Драпак
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до магістерської роботи студента
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

1. Прізвище, ім'я та по батькові Тимошук Максим Миколайович

2. Тема магістерської роботи Розробка стенду для дослідження електромеханічного фрикційного приводу швейних машин

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента Демідровська О.М.
к. т. н., доцент кафедри ТХШВ

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 9 арк., сторінок записки 85

5. Ключовим елементом у роботі швейних машин є електромеханічний привод, який складається з електродвигуна та фрикційної муфти, від яких безпосередньо залежить процес шиття. З огляду на це, виникає необхідність глибокого дослідження динаміки електричного приводу, розробки методики для досліджень, аналізу його поведінки під час розгону та гальмування, особливо в умовах повторно-короткочасного режиму з частими включеннями. Дослідження електричного приводу дозволить скоротити час реакції швейної машини, підвищити її продуктивність, знизити динамічне навантаження на напівмуфти та зменшити вібрації електромеханічного приводу. Виконані дослідження мали за мету створення нової методики для аналізу фрикційних приводів у швейних машинах, з метою їх подальшого вдосконалення, особливо у контексті перехідних процесів. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розрахунки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі Огляд патентів та технічної літератури з тематики магістерської роботи. В другому здійснюється розробка методології дослідження фрикційного приводу. В третьому розділі проводиться розробка конструкцій стенда для дослідження фрикційних приводів швейної машини. В четвертому розділі здійснюється експериментальне дослідження індивідуального фрикційного приводу швейної машини..

Підпис студента

"20" 12 2023 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 2 від "29" 12 2023 р.

Оцінка проекту ЕК добре 4,5/10
Рекомендації ЕК роботу рекомендувати до впровадження у навчальний процес




Особливі відмітки

Технічний секретар

"29" 12 2023 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Огляд патентів та технічної літератури з тематики магістерської роботи.....	9
1.1 Швейне обладнання. Аналіз розвитку та перспективи ринку.....	9
1.2 Загальна відомість про привод швейної машини.....	13
1.3 Огляд сучасних швейних електричних приводів.....	15
1.4 Огляд технічної літератури.....	18
1.5 Загальні вимоги до електричного приводу.....	23
1.6 Огляд існуючих різновидів фрикційних муфт.....	24
1.7 Принцип роботи фрикційних приводів швейних машин.....	26
1.8 Цикл роботи фрикційного електричного приводу швейної машини.....	29
1.9 Висновки до першого розділу.....	31
2 Розробка методології дослідження фрикційного приводу.....	33
2.1 Фізична модель роботи фрикційної муфти приводу швейної машини.....	33
2.2 Математична модель роботи фрикційного електричного приводу швейної машини.....	37
2.3 Висновки до другого розділу.....	48
3 Розробка конструкцій стенда для дослідження фрикційних приводів швейної машини.....	49
3.1 Визначення параметрів для дослідження приводу.....	49
3.2 Розробка структурної схеми стенду.....	50
3.3 Вибір електричного приводу для проведення досліджень.....	50

					МРМА23.00.00.000 ПЗ			
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка стенду для дослідження електромеханічного фрикційного приводу швейних машин	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб		Тимошук						
Перевір		Драпак					4	85
Реценз						ХНУ зр.ЕТМ-22-1		
н Контр		Тимошук						
Затверд		Поліщук						

3.4 Вибір та розробка вимірювальних приладів.....	53
3.5 Опис конструкції стенда для дослідження приводів швейних машин.....	67
3.6 Висновки до третього розділу.....	70
4 Експериментальне дослідження індивідуального фрикційного приводу швейної машини.....	71
4.1 Методика проведення дослідження.....	71
4.2 Тарування вимірювальних пристроїв.....	71
4.3 Опис результатів експерименту фрикційного приводу при перехідних процесах.....	72
4.4 Висновки до четвертого розділу.....	81
Висновки.....	82
Перелік джерел посилань.....	83
Додатки.....	

ВСТУП

Електропривод є комплексною електромеханічною системою, включаючи електродвигун та пристрої для перетворення, передачі та керування, що задіяні для запуску і керування рухом робочих частин машин.

Важко знайти будь-який сучасний виробничий механізм у будь-якій галузі, який би не використовував електропривод. В електроприводі ключовим компонентом, який перетворює електричну енергію в механічну, є електродвигун. Цей двигун часто регулюється за допомогою спеціальних перетворюючих і керуючих пристроїв для налаштування статичних та динамічних параметрів приводу відповідно до вимог виробничих механізмів.

Індивідуальний привод використовується у швейних машинах для управління включенням, виключенням та регулюванням швидкості головного валу. Цей привод складається з електродвигуна та фрикційної муфти. Виробництво в країні охоплює електричні фрикційні приводи з двигунами потужністю 0,25; 0,27; 0,37; 0,4 кВт та швидкостями обертання 1400, 2800, 2900 об/хв. Управління машиною здійснюється через педаль, яка контролює фрикційну муфту, з'єднану з маховиком через клинопасову передачу. Швидкість головного валу регулюється тиском на педаль. У складних умовах швейні машини можуть мати до 1000 стартів за годину і швидкість до 9000 об/хв. Електропривод має спеціальні вимоги, включаючи високу швидкість до 6000 об/хв, витримувати 1000 циклів включення/виключення за годину, плавний запуск і регулювання швидкості, педальне керування з максимальним тиском 60 Н (стоячи) та 150 Н (сидячи), ефективність (з огляду на тепло від багатьох машин), зручність розміщення, безпеку, і невисоку вартість, зважаючи на складність системи.

Актуальність теми. Тема набуває важливості у контексті стрімкого розвитку сучасних технологій, що сприяє прогресу легкої промисловості, зокрема у сфері швейного виробництва. Зростаючий попит на швейні вироби

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стимулює розширення обсягів виробництва. Для задоволення ринкових потреб використовується передове обладнання, що функціонує на високих швидкостях. Ключовим елементом у роботі швейних машин є електромеханічний привод, який складається з електродвигуна та фрикційної муфти, від яких безпосередньо залежить процес шиття. З огляду на це, виникає необхідність глибокого дослідження динаміки електричного приводу, розробки методики для досліджень, аналізу його поведінки під час розгону та гальмування, особливо в умовах повторно-короткочасного режиму з частими включеннями. Дослідження електричного приводу дозволить скоротити час реакції швейної машини, підвищити її продуктивність, знизити динамічне навантаження на напівмуфти та зменшити вібрації електромеханічного приводу.

Мета і задачі досліджень. Ці дослідження мають за мету створення нової методики для аналізу фрикційних приводів у швейних машинах, з метою їх подальшого вдосконалення, особливо у контексті перехідних процесів. Задля досягнення цієї мети необхідно вирішити ряд завдань, зокрема:

- виявлення ефективних способів поліпшення характеристик швейних машин;
- аналіз існуючих дослідницьких підходів до фрикційних електричних приводів;
- розробка власної методології для вивчення конкретних фрикційних приводів;
- створення експериментального стенду для тестування фрикційних приводів швейних машин;
- дослідження ефективності роботи фрикційних приводів у різних режимах;
- графічне відображення результатів отриманих під час експериментів.

Об'єктом дослідження у цій роботі є розробка та аналіз методів дослідження фрикційних приводів швейних машин.

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предметом дослідження є спеціалізований стенд, призначений для тестування цих приводів.

Метами дослідження є математичні методи для досягнення цілей дослідження, основи теорії механіки та фізики, а також методи експериментальних досліджень та комп'ютерного моделювання.

Наукова новизна і значимість результатів полягає в наступному:

- створено нову методику для вивчення індивідуальних фрикційних приводів швейних машин;
- розроблено та виготовлено експериментальний стенд для тестування цих приводів;
- проведено експериментальні дослідження роботи цих приводів.

Практична цінність отриманих результатів полягає в можливості застосування розробленого стенду виробничими компаніями у сфері швейного обладнання та в навчальному процесі на кафедрах, пов'язаних з машинобудуванням і легкою промисловістю.

Апробація результатів магістерської роботи. Результати цього дослідження були успішно представлені та отримали позитивні відгуки на науковій студентській конференції кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем.

За результатами роботи опубліковані тези у Збірнику наукових праць «Технічна творчість», 2023р. №7.

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ПАТЕНТІВ ТА ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМАТИКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1 Швейне обладнання. Аналіз розвитку та перспективи ринку

Галузь легкої промисловості в Україні традиційно залежить від внутрішнього ринку. На початку 2000-х, через здорожчання імпортованих товарів, спостерігалось збільшення попиту на місцеву продукцію. Однак, в 2001-2003 роках, внаслідок зрівняння цін на імпортовані та вітчизняні товари, виникло зниження попиту на продукцію української швейної промисловості, що уповільнило її розвиток.

Загалом, підприємства цієї галузі продовжують залежати від імпортованих матеріалів і технологій, а обсяг інвестицій у цю галузь залишається низьким, обмежуючи можливості оновлення обладнання.

Водночас, в Україні росте кількість малих та середніх швейних підприємств, хоча не всі з них можуть дозволити собі придбати обладнання від відомих світових виробників, особливо на початкових етапах.

Тому, детальний аналіз швейного обладнання, його цінності та якості, а також шляхи модернізації старого устаткування, є важливим для розвитку галузі.

Дослідники, такі як Вальщиков, Зайцев, Полухін, Лебедев та інші, вивчали ці питання, однак, повноцінного аналізу розвитку швейного обладнання від його початків до сьогодення не проводилося, і не існує систематизованої оцінки сучасного обладнання за критерієм "ціна-якість", що могло б допомогти малим підприємствам у виборі доступного, але якісного устаткування.

На початковій стадії магістерського дослідження потрібно провести всебічний аналіз еволюції швейного обладнання. Це дозволить здійснити систематичний огляд конструкцій такого обладнання, визначити ключові критерії для

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

їх порівняльного оцінювання, а також виявити напрямки для подальшого вдосконалення швейних машин, зокрема їхніх приводів.

У давнину, коли чоловіки займалися будівництвом пірамід, перетином Рубікону, виготовленням Троянських коней або боротьбою за хліб і видовища, жінки зазвичай займалися шиттям. Ручне шиття було досить монотонним і важким завданням, яке вимагало точних та малих стібків для досягнення міцності шва. Така робота вимагала великих зусиль, особливо при створенні складних елементів одягу. У середньовіччі, коли одяг став надмірно розкішним, над кожним виробом працювала ціла група швачок, проте процес все одно займав багато часу.

Не тільки одяг потребував шиття. У середньовіччі, зі зростанням мореплавства та будівництва флотів, виникла потреба в швидкому шитті вітрил. Спочатку це робилося вручну, але з масовістю кораблебудування виникла ідея створення спеціального пристрою для шиття вітрил. У XIV столітті в Нідерландах було створено великий колісний агрегат для шиття, але він не отримав широкого поширення, оскільки будь-які технічні нововведення тоді зберігалися в секреті. Ступінь секретності був настільки високий, що інформація про винахідника та креслення пристрою не збереглася до наших днів.

У 15-му столітті Леонардо да Вінчі зайнявся розробкою концепції швейної машини, залишивши майбутнім поколінням ескізи цього пристрою. Незважаючи на свою геніальність, він не зміг втілити її в реальність, адже технології того часу були обмежені. У середньовіччя, яке часто називають темними віками, науковий прогрес був недостатнім для таких складних винаходів. З настанням науково-технічної революції у Європі інтерес до швейної машини відродився. У 1755 році німецький винахідник Карл Вейзенталь отримав патент на голку для швейної машини, маючи вушко посередині та два гострих кінці.

Томас Саїнт з Англії у 1790 році розробив проект швейної машини для шиття чобіт, схожий на механічне шило. Цей проект залишався на папері до 1873 року, коли було зібрано перший агрегат, який виявився нефункціональ-

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ним. Австрійський кравець Йозеф Мадерспегер, що жив у 19 столітті, придумав голку з вушком біля вістря та зосередився на створенні повноцінного швейного агрегату, однак його спроби не увінчалися успіхом.

У 1831 році француз Бартоломі Тімоньє розробив першу працюючу швейну машину, використовувану у його маленькій фабриці поблизу Парижа, де шили форму для французьких солдатів. У 1845 році Еліас Хоу зі США представив машину, яка виконувала прямі шви зі швидкістю до 300 стібків за хвилину, і отримав патент на неї у 1846 році.

Історія Ісаака Мерріт Зінгера, який привласнив собі винахід Хоу, також надзвичайно цікава. Народившись в Нью-Йорку в родині німецьких емігрантів, він залишив школу у 12 років та став бродячим актором, перш ніж повернутися до професії механіка. Зінгер вніс покращення в машину Хоу, додавши столик для тканини, лапку, яка притискає матеріал, та ножний привід, дозволяючи робити безперервні шви. Він також використав голку з вушком біля вістря, яку запатентував Мадерспегер. Зінгер отримав патент на свій винахід 12 вересня 1851 року, що пізніше принесло йому мільйони.

На протязі 1858 року, Singer вже володіла чотирма виробничими об'єктами у Нью-Йорку, де щорічно виготовляли 3000 швейних машин. До 1867 року компанія розширила свою діяльність, відкривши свою першу міжнародну філію в Шотландії, перетворившись на одну з перших глобальних корпорацій.

До кінця 19-го століття, Singer стала стикатися з конкуренцією від нових гравців на ринку, таких як Pfaff, Veritas, Kaizer, Husqvarna. Ці компанії, більшість з яких залишаються активними й сьогодні, посприяли подальшому прогресу в області розробки швейних машин. Ця конкурентна динаміка тривала протягом усього 20-го століття та продовжується і нині. Ключові гравці на ринку, як-от Singer, Pfaff, Elna, Brother, Toyota, Janome та Husqvarna, невпинно конкурують, впроваджують нововведення, удосконалюють існуючі технології та реєструють нові патенти, покращуючи дизайн швейних машин.

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасні швейні машини тепер являють собою високотехнологічні пристрої, здатні не тільки шити, але й вишивати, часто з використанням комп'ютерного управління. На українському ринку присутні продукти відомих міжнародних виробників з Німеччини, США, Японії, Італії, а також з Південно-Східної Азії та Китаю, включаючи бренди як Durkopp+Adler, Pfaff, Strobel, Union Special, Reese, Juki, Yamato, Brother, Pegasus, Rimoldi, а також Kingtex, Siruba, Sunstar.

На українському ринку швейного обладнання активно працюють великі оператори та офіційні представники світових торгових марок, серед яких вирізняються компанії, такі як "Астероїд-Україна", "Престіжснаб" та "ОТК-сервіс". На регіональному рівні існує значний попит на промислове швейне обладнання, з задоволенням якого займаються не лише великі, але й місцеві фірми. Однак сервісні центри для цього обладнання розташовані переважно у найбільш розвинених містах України.

Сучасні моделі швейного обладнання характеризуються високою продуктивністю, низьким рівнем шуму, мінімальною вібрацією та легкістю у використанні. Обладнання світового класу відомих марок пропонує надійність та високу якість, але часто воно має високу ціну. Тільки невелика кількість українських підприємств може дозволити собі такі покупки, тому більшість звертається до продукції з Азії, зокрема з Кореї, Китаю та Індії, яка відрізняється якісними характеристиками, функціональністю та доступними цінами.

Швейна машина, яка є невід'ємною частиною сучасного життя, пройшла значний шлях розвитку, ставши джерелом натхнення для багатьох талановитих дослідників. Новітні моделі значно функціональніші, високоякісніші та швидші, ніж їхні попередники. Проте, для українських підприємств легкої промисловості важливим залишається правильний вибір обладнання, де головним критерієм часто є ціна. Наш аналіз показує, що обладнання, виготовлене в розвинених країнах Європи, не обов'язково краще за азійське. Вирішальними факто-

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						12
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

рами є досвід виробника, його репутація на ринку, як це підтверджує успіх такої китайської компанії, як "Typical", на ринку швейних машин.

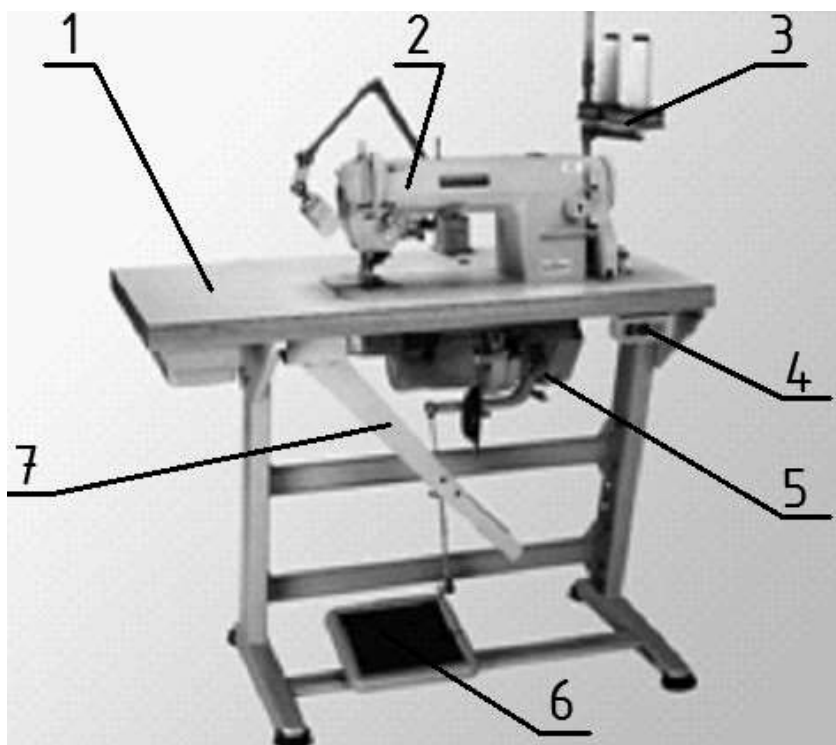
Обладнання виробництва компанії "Xian Typical Brother Industries Co" позиціонується у середньому ціновому діапазоні, починаючи від 300 у.о. В асортименті фірми 16 серій швейного обладнання, включаючи одно- та двоголкові машини, плоскошовні машини, оверлоки, машини для зигзагоподібного та декоративного шиття, спеціалізоване обладнання, автоматизовані машини для швейних процесів, комп'ютерні вишивальні машини тощо. Високий рівень якості обладнання доводиться виробництвом складних машин, як-от вишивальні, де використовуються точні технології. Вишивальні машини можуть мати від 1 до 20 головок. Таким чином, якісне та доступне обладнання бренду TYPICAL має широкі можливості застосування в Україні. «Xian Typical Brother Industries Co» є лідером у Китаї у виробництві промислових швейних машин. Продукція компанії сертифікована за стандартами ISO9001 та європейськими стандартами. У 2009 році компанія отримала сертифікат ISO14001, який свідчить про дотримання стандартів охорони навколишнього середовища. Нещодавно обладнання бренду Typical отримало національну срібну нагороду за якість у галузі машинобудування, а також понад 50 інших нагород і титулів. У 2015 році Typical було визнано найвідомішою торговою маркою в Китаї та отримало визнання від вищого керівництва країни за внесок у розвиток та процвітання. Поряд з обладнанням Typical існують інші бренди, які також виробляють швейні машини. Всі ці машини обладнані певним типом приводу, що робить дослідження цієї теми актуальним і цікавим для швейної індустрії.

1.2 Загальна інформація про привод швейної машини

Швейна машина сконструйована з голови, яка розміщена на верхній частині промислового столу. На її столі встановлено утримувач для ниткових

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

катушок, електродвигун, інтегрований з фрикційною муфтою, перемикач для електропостачання, педаль для управління та механізм підняття натискної лапки за допомогою коліна.



- 1 – промисловий стіл; 2 – головка; 3 – стійка для катушок;
4 – вимикач електроживлення; 5 – фрикційний привод; 6 – педаль;
7 – колінопідіймач натискної лапки

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд промислової швейної машини:

Запуск швейної машини виконується через фрикційний індивідуальний електропривід, яким оператор управляє, натискаючи на педаль ногою. Цей електропривід може бути у складі однофазного чи трифазного асинхронного електромотора, що інтегрований з фрикційною муфтою в один блок. Фрикційний диск цієї муфти розміщено на тому ж вихідному валу, що й шків, який через клиновий ремінь з'єднується з маховиком швейної машини. Зовнішній вигляд цього приводу можна побачити на рисунку 1.1.

Електричний привід встановлюється під верхньою частиною робочого столу за допомогою гумових амортизаторів. Це забезпечує відсутність передачі вібрацій та дозволяє легко змінювати висоту столу залежно від фізичних

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливостей оператора, не впливаючи на положення приводу та швейної головки.

Натяг клинового ремня, який з'єднує привід і швейну головку, залишається незмінним після одноразового регулювання, незважаючи на будь-які зміни висоти столу.

Потужність електроприводу варіюється від 200 до 400 Вт залежно від моделі, а електромережа може бути 110, 220 або 380 В.

Регулювання швидкості обертання основного валу швейної машини виконується оператором через натискання на педаль, що вимагає постійної уваги для зниження швидкості чи зупинки роботи.

1.3 Огляд сучасних швейних електричних приводів

В швейній промисловості використовуються три основні види електричних приводів, обраних залежно від характеристик і призначення обладнання [11]:

- контакторний привід - цей тип приводу працює так, що технологічна машина відразу досягає заданої швидкості при повороті вимикача або натисканні педалі. Це прості у налаштуванні машини, які часто залишаються ввімкненими, наприклад, для завдань, які не вимагають гнучкості запуску або регулювання швидкості (наприклад, перекручування або розрізання тканини);

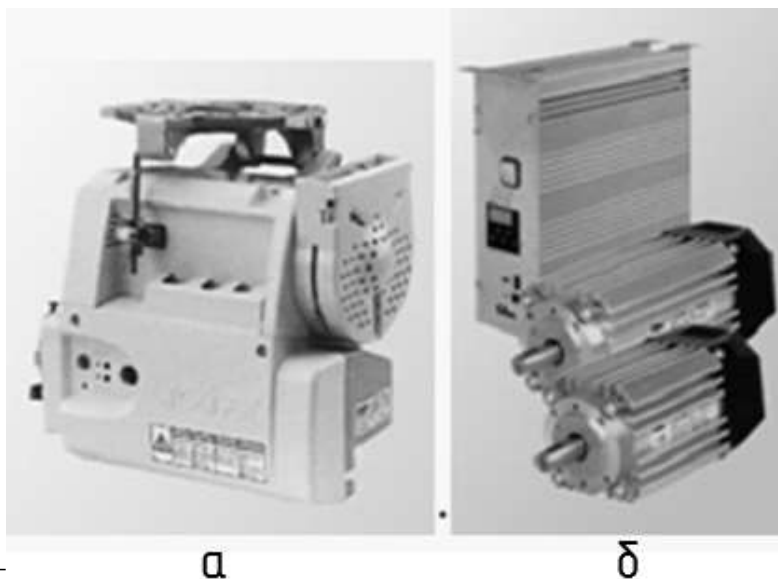
- фрикційний привід - в цьому випадку між звичайним асинхронним електродвигуном та клинопасовою передачею встановлена фрикційна муфта, контрольована педаллю, що дозволяє плавно запускати машину та регулювати швидкість. Цей тип приводу найбільш поширений у сучасних універсальних та спеціалізованих машинах і включає в себе автоматизовані функції для програмування та автоматичного виконання операцій, хоча він вимагає більших витрат і складніше у налаштуванні;

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- електронний та мікропроцесорний розвиток - цей прогрес у техніці дозволяє створювати технічні засоби для автоматизації управління процесом шиття, забезпечуючи більшу точність і ефективність.

Електроприводи (див. рис. 1.2а) були розроблені з метою забезпечення таких можливостей:

- плавне включення машини;
- зупинка машини у певному положенні голки (на верхній або нижній точці);
- обрізання ниток;
- підняття натискної лапки;
- виконання автоматизованої закріпки з опцією програмування її застосування на початку чи кінці рядка, або одночасно в обох місцях, а також встановлення кількості стібків для закріпки;
- можливість програмування кількості стібків у різних частинах шва.



а - автоматизований електропривод; б - електродвигун прямого приводу

Рисунок 1.2 – Види електроприводів швейних машин:

Унікальність автоматизованого приводу (див. документ [МРМА 23.00.00.000 ДО, рис.3, а]) полягає в наявності декількох заданих швидкостей обертання:

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 150-200 оборотів на хвилину для позиціонування головного валу швейної головки у положення зупинки;

- 200 об/хв для автоматичного реалізування закріпки;

- кілька додаткових стандартних режимів (до 11) для регулювання швидкості основної роботи.

Електропривід, що відповідає за автоматизацію допоміжних функцій, складається з:

- електродвигуна з електромагнітною муфтою обертання на його валу;

- електромагнітної муфти гальмування;

- мобільного фрикційного диска контрприводу;

- тахогенератора;

- клинопасової передачі;

- синхронізатора обертання;

- блоку управління;

- педалі управління.

Монтаж автоматизованого приводу здійснюється аналогічно звичайному фрикційному приводу, з використанням болтів і гумових прокладок, прикріплених до промислового столу.

Подальші удосконалення в системі приводу переважно торкнулися електричних двигунів. Завдяки тиристорному управлінню вдалося знизити розміри та вібрацію двигунів, гарантувати точне зупинення обладнання на потрібному етапі шва, уникнути втрат потужності та заощадити електроенергію.

Нові моделі двигунів (рис.1.2, б) відрізняються компактністю та високою потужністю. Їх виробляють компанії "Efka" та "Quik-Rotan" з Німеччини, а також "Mitsubishi Elektrik" з Японії. Ці фірми пропонують двигуни двох розмірів з потужністю 375 і 550 Вт (лист [МРМА 23.00.00.000 ДО, рис.3, б]).

Ці двигуни можна інтегрувати безпосередньо в головку швейної машини як прямий привід головного валу, або ж використовувати в традиційній

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвісній системі, розміщуючи їх під кришкою промислового столу. У будь-якому випадку, вони можуть працювати як в ручному режимі шиття, так і з програмним управлінням. З огляду на їхню доступну ціну, такі приводи ймовірно замінять традиційні асинхронні електродвигуни з фрикційною муфтою.

Ці приводи ефективно поєднуються з мікропроцесорними системами управління, що дозволяє контролювати всі функції швейної машини. Це дає змогу запрограмувати весь процес технологічної операції, включаючи кількість стібків на певному етапі, швидкість виконання, точне відстань від краю напівфабрикату, точний момент зупинки шиття та обрізання ниток.

1.4 Огляд технічної літератури

Автори джерела [1] розробили спеціалізовані стенди для аналізу індивідуальних фрикційних приводів швейних машин. Перед вимірюванням опору моменту головного валу промислових швейних машин було встановлено деякі параметри приводного електродвигуна та фрикційної муфти, які слід було оцінити.

Стенд СВХ-4АХ використовується для тестування характеристик електричних двигунів моделей 4АХ та АОЛ. Цей стенд дозволяє перевіряти основні робочі параметри електродвигунів, які відповідають нормам ОСТ 16.0.510.001-70, ГОСТ 19713-81, ГОСТ 183-74, ГОСТ 8592-79. Основні параметри, що перевіряються, включають:

- потужність в режимі холостого ходу;
- опір ізоляції обмоток електродвигуна у холодному стані;
- амплітуду радіального биття кінця валу відносно осі обертання;
- радіальне та торцеве биття поверхонь прикріпленого фланця.

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стенд також забезпечує контроль частоти та напруги електромережі під час тестування. Технічні характеристики стенду СВХ-4АХ наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика стенду СВХ-4АХ

Технічна характеристика	Величина
Габарити, мм	1035 × 560 × 1170
Маса, кг	85
Питома потужність, кВт	0,25
Напруга живлення, В	380 ^{+10%} ₋₅
Частота електричної мережі, Гц	50 ± 2,5%

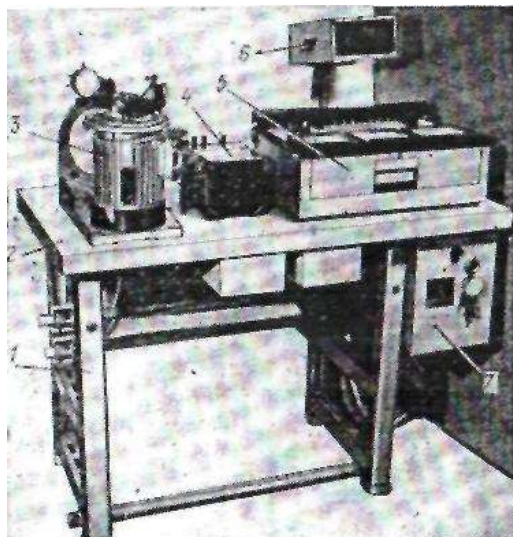
Рисунок 1.3 показує загальний вигляд тестового стенда СВХ-4АХ (згідно з документом МРМА 23.00.00.000 ДО, рис.1), включаючи всі його компоненти. Стенд складається з верстата 1 з кришкою 2, на якій розміщені пристосування для монтажу електродвигунів 3, вимірювальний комплект 5, частотомір 6 і омметр 4. Під кришкою столу, справа від місця оператора, встановлена електрична шафа 7.

На передній панелі електрошафи знаходяться автоматичний вимикач для стенда, кнопка включення/виключення тестованого електродвигуна, а також перемикач для підключення обмоток електродвигуна у визначеному порядку для вимірювання опору ізоляції обмоток до корпусу. На задній панелі шафи розташовані роз'єми для підключення стенда, електродвигуна і вимірювальних приладів до мережі живлення.

Стенд включає в себе два набори накладок:

- одні призначені для перевірки радіального відхилення кінця валу відносно осі обертання електродвигуна,
- інші для визначення радіального та торцевого відхилення поверхонь кріпильного фланця електродвигуна.

Обидва комплекти накладок оснащені індикаторами.



1 – верстат; 2 – кришка столу; 3 – пристрій для встановлення електричних двигунів; 4 – омметр; 5 – вимірювальний комплект; 6 – частотомір;
7 – електрична шафа.

Рисунок 1.3 – Загальний вигляд стану CBX-4AX

На верхній частині кришки столу монтується пристрій для установки електродвигунів. Цей пристрій являє собою кронштейн, що дозволяє встановити електродвигун у вертикальному або горизонтальному положенні.

Для перевірки радіального і торцевого відхилення поверхонь кріпильного фланця, електродвигун встановлюють вертикально на обертову опору. Накладку надівають на виступаючий кінець валу і фіксують гвинтом. Радіальне відхилення фланця вимірюють, обертаючи корпус двигуна навколо нерухомого валу з накладкою і індикатором на один повільний оберт. Різниця між мінімальним і максимальним показниками індикатора визначає радіальне відхилення.

Торцеве відхилення фланця відносно осі обертання валу також вимірюють за один повільний оберт корпусу двигуна відносно нерухомого валу з закріпленням індикатором.

Для вимірювання радіального відхилення виступаючого кінця валу на фланці, на ньому встановлюють кронштейн з індикатором. Радіальне

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відхилення валу оцінюють за різницею між найменшим та найбільшим показниками індикатора під час одного оберту валу.

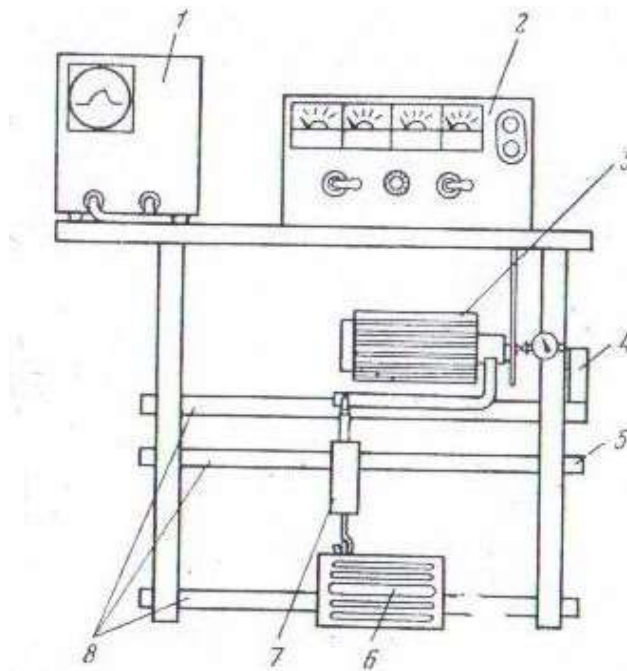
Вивчення характеристик фрикційних електричних приводів проводять на спеціалізованому стенді. Технічні параметри цього стенду наведені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика стенду для зняття характеристик індивідуальних фрикційних електроприводів

Технічна характеристика	Величина
Напруга живлення, В	3 × 380
Максимальна потужність, що споживається, кВт	0,5
Габарити, мм	1060 × 650 × 1100
Маса, кг	120
Діапазон вимірювання моменту навантаження, Н·м	0...1; 0...2,5
Відносна похибка вимірювання, %	2
Діапазон вимірювання зусиль, прикладених до важелю фрикціону, Н	0...50
Діапазон вимірювання частоти обертання електричного приводу, хв^{-1}	0...1500; 0...3000
Відносна похибка вимірювання частоти обертання, %	2
Діапазон вимірювання зазору між маховиком та фрикційним диском, мм	0...5
Відстань від важеля фрикціону до корпусу електродвигуна, мм	16,5 ± 2

Загальний вигляд стенду показаний на рис.1.4.

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – осцилограф; 2 – пульт; 3 – фрикційний привод; 4 – кронштейн;
5 – важіль; 6 – педаль; 7 – датчик; 8 – стіл.

Рисунок 1.4 – Загальний вигляд стенда для дослідження індивідуального фрикційного приводу швейної машини:

Стенд, представлений на рисунку 2 документа МРМА 23.00.00.000 ДО, складається зі столу № 8, на якому розміщено фрикційний випробувальний привід № 3, пульт управління № 2 та осцилограф № 1. Для визначення сили натискання на педаль використовується датчик № 7, пов'язаний з педаллю № 6 та важелем № 5 для активації фрикційного механізму.

Для вимірювання проміжку між маховиком та фрикційним диском, на промисловому столі встановлено спеціальне пристосування № 4 у формі кронштейна, на якому розміщено індикатор ІЧ-05.

Управлінський пульт № 2 представляє собою металеву коробку, всередині якої знаходяться навантажувальний механізм, різноманітні прилади, комутаційні та інші електричні компоненти.

На передній панелі пульта розташовані прилади для моніторингу:

- сили натискання на педаль,
- швидкості обертання електроприводу,

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- крутного моменту навантажувального пристрою і напруги збудження тахогенератора,
- елементи управління стендом та його налаштування.

1.5 Загальні вимоги до електричного приводу

У вказаних джерелах [3, 13] визначені ключові характеристики електричного приводу як системи, що відповідає за контрольоване перетворення електромеханічної енергії:

1. Надійність – важливість виконання покладених функцій електричним приводом у встановлених умовах і протягом визначеного часу. Ненадійність може призвести до серйозних проблем, оскільки інші переваги стають безцінними без надійності.

2. Точність – здатність приводу точно виконувати рухи відповідно до заданих параметрів.

3. Швидкодія – спроможність системи оперативно відгукнутися на команди щодо руху.

4. Якість динамічних процесів – забезпечення належного характеру протікання процесів з плином часу.

5. Енергетична ефективність – процеси перетворення та передачі електроенергії неминуче супроводжуються втратами. Необґрунтовано великі втрати є марнуванням ресурсів.

6. Сумісність з системою електропостачання, особливо при впровадженні потужних тиристорних електричних приводів.

7. Ресурсоємність – матеріало- та енерговитрати, витрачені на проектування, виготовлення, налагодження, ремонт та експлуатацію приводу. Цей показник є комплексним, пов'язаним з іншими характеристиками, рівнем технологій, економічними умовами та іншими факторами.

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі вищезазначені характеристики є технічними, оскільки їх досягнення залежить від технічних рішень. Одночасно, ці характеристики мають значний економічний аспект: зростання будь-якої з цих характеристик призводить до збільшення витрат.

Додатково, важливими є такі аспекти, як комплектність, готовність виробу до використання після виготовлення, дизайн та зручність у використанні, які також мають істотний вплив на загальну оцінку продукту.

1.6 Огляд існуючих різновидів фрикційних муфт

Фрикційні муфти, зазначені в документі [МРМА 23.00.00.000 ДО, рис. 4], використовуються для з'єднання чи роз'єднання валів, навіть коли двигун працює. Вони поділяються на керовані та автоматичні, де головна відмінність полягає у наявності або відсутності механізму керування. Далі буде розглядатися цей вид муфт.

Муфти, що використовують мастило, зазвичай мають сталеві диски, загартовані для забезпечення високої твердості [2]. Іноді, елементи тертя виготовляються зі сталі, фрикційної пластмаси або металокераміки.

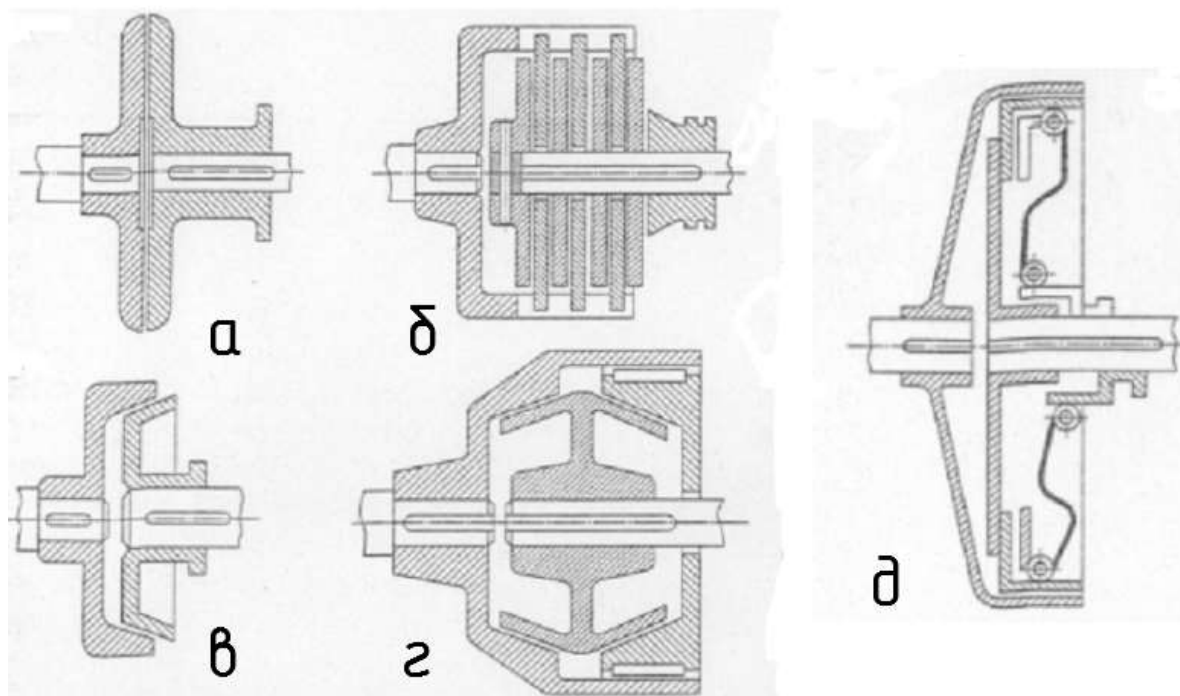
Фрикційні диски з'єднуються з напівмуфтами через шліци, міцність яких перевіряється розрахунком на стійкість до зминання.

Фрикційні муфти передають обертальний момент з одного валу на інший через тертя між дотичними поверхнями фрикційних елементів. У вимкненому стані ці поверхні не стискаються одна до одної. Включення муфти відбувається за допомогою стискання цих елементів із певною силою. Під час першого включення або перевантаження можливе часткове ковзання дотичних поверхонь, що також допомагає запобігати поломкам у кінематичному ланцюгу під час перевантажень.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила тертя в муфтах регулюється за допомогою сили стискання фрикційних частин. Плавне включення муфти, тобто стискання дисків, допомагає зменшити динамічне навантаження на машину.

На рисунку 1.5 приведені принципові схеми фрикційних муфт.



а – одно дискова; б – багато дискова; в – одно конусна; г – двох конусна;

д – фрикційна муфта з розтискним кільцем

Рисунок 1.5 – Принципові схеми фрикційних муфт

Фрикційні муфти поділяються на два типи: ті, що за замовчуванням відкриті та ті, що за замовчуванням закриті. Методи управління цими муфтами різноманітні, включаючи:

- важільні;
- важільно-кулачкові системи;
- гідравлічні;
- пневматичні;
- електромагнітні підходи.

Ключовим елементом у конструкції цих муфт є фрикційний диск, на який пред'являються певні вимоги:

- високе ковзне тертя;
- значний модуль пружності для мінімізації еластичного ковзання та втрат потужності;
- висока контактна міцність та стійкість до зношування для гарантії довговічності.

В практиці поширені різні комбінації матеріалів для фрикційних пар, такі як:

- загартована сталь проти загартованої сталі або чавуну з достатнім змащенням,
- азбестові або спечені накладки проти сталі чи чавуну без змащення.

1.7 Принцип роботи фрикційних приводів швейних машин

Для розуміння роботи індивідуальних фрикційних приводів можна взяти за основу модель 4AX71A2ШУ4, оскільки конструктивно та за принципом дії вони схожі [15]. Такий привід (згідно з листом [МРМА 23.00.00.000 ВЗ], див. рисунок 1.6) використовується для управління роботою швейної машини, включаючи вмикання, вимикання та регулювання швидкості обертання основного валу. Ці приводи виробляються у кількох версіях, найпопулярніші з яких оснащені електродвигунами потужністю 0,37 та 0,25 кВт, з частотами обертання 2900 та 1420 об/хв відповідно.

Індивідуальний фрикційний електричний привід складається з електродвигуна 1 і фрикційної муфти, вмонтованої у корпусі 17. Електродвигун 1 кріпиться до нижньої частини промислового столу за допомогою спеціальної підвіски 22. На валу електродвигуна міцно встановлена холоста напівмуфта 2, яка є чавунним диском. На веденому валу 7 робоча напівмуфта 3 кріпиться за допомогою штифта 6; на ній знаходяться фрикційні гальмівні прокладки 4 з

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високим коефіцієнтом тертя. Ведений вал 7 обертається в двох кулькових підшипниках 8 і 10, запресованих у ковзну втулку 9, і може здійснювати осьове переміщення в корпусі 17. Це з'єднання забезпечує відсутність взаємного осьового переміщення валу та втулки. На правому кінці веденого валу 7 міцно закріплений шків 11, на який надягається клиновий пас, що також з'єднується з маховим колесом швейної машини.

Шків 11 захищений кожухом 13 і міцно тримається на опорі 12, яка прикріплена до кришки промислового столу за допомогою шурупа. В отворі ковзної втулки 9, через прорізи в корпусі 17, розміщені пальці 19. Корпус 17 обладнаний пружиною 16, закріпленою через гвинт на важелі 18 для управління муфтою.

Ця пружина прагне повернути важіль за годинниковою стрілкою для вимкнення муфти. Важіль 18 пов'язаний з педаллю швейної машини через тягу. Електродвигун 1 підключено до мережі трьохфазного струму через коробку виводів 21. Включення двигуна 1 приводить в рух холосту напівмуфту 2. При натисканні на педаль, важіль 18 повертається проти годинникової стрілки, переміщуючи пальці 19, які зсувають ковзну втулку 9, вал 7, підшипники 8 і 10, напівмуфту 3, а також шків 11. Фрикційна прокладка 4 напівмуфти 3 зчіплюється з холостою напівмуфтою 2.

Крутний момент від електродвигуна передається на ведений вал 7, а потім через шків 11 і клинопасову передачу на шків машини. Зі зменшенням тиску на педаль, пружина 16 зміщує робочу напівмуфту 3 вправо, викликаючи прослизання між холостою напівмуфтою 2 і фрикційною прокладкою 4. Це гальмує ведений вал 7 і шків 11. При знятті ноги з педалі, пружина 16 повертає важіль 18 за годинниковою стрілкою, переміщуючи ведений вал 7 та робочу напівмуфту 3 вправо. Фрикційна прокладка гальмівної колодки 5 зчіплюється з правою частиною робочої напівмуфти, зменшуючи оберти до повної зупинки. Гальмівна колодка 5 забезпечує зупинку машини шляхом гальмування робочої напівмуфти.

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						27
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.8 Цикл роботи фрикційного електричного приводу швейної машини

Роботу фрикційного приводу можна розділити на три періоди:

- період розгону,
- період сталої роботи;
- період гальмування приводу [4, 5].

При роботі швейного обладнання має місце прослизування у самому фрикціоні, який за умови, що після з'єднання напів муфт у момент часу $t = 0$ моменти опору швейної машини і технологічних сил, які приведені до вала приводу, є меншими, ніж фрикційний момент. Проте робочі діапазони частот обертання $0 \leq n_c \leq n_d$ як існуючої, так і нової серій асинхронних електричних двигунів, що застосовуються в швейних агрегатах, можуть відрізнятися більш ніж вдвічі. Крім цього, в різних швейних машинах різні моменти статичного опору та моменти від технологічних сил при $n_{II} = 0$.

Розгін за наявності фрикційного приводу складається з 3-х періодів:

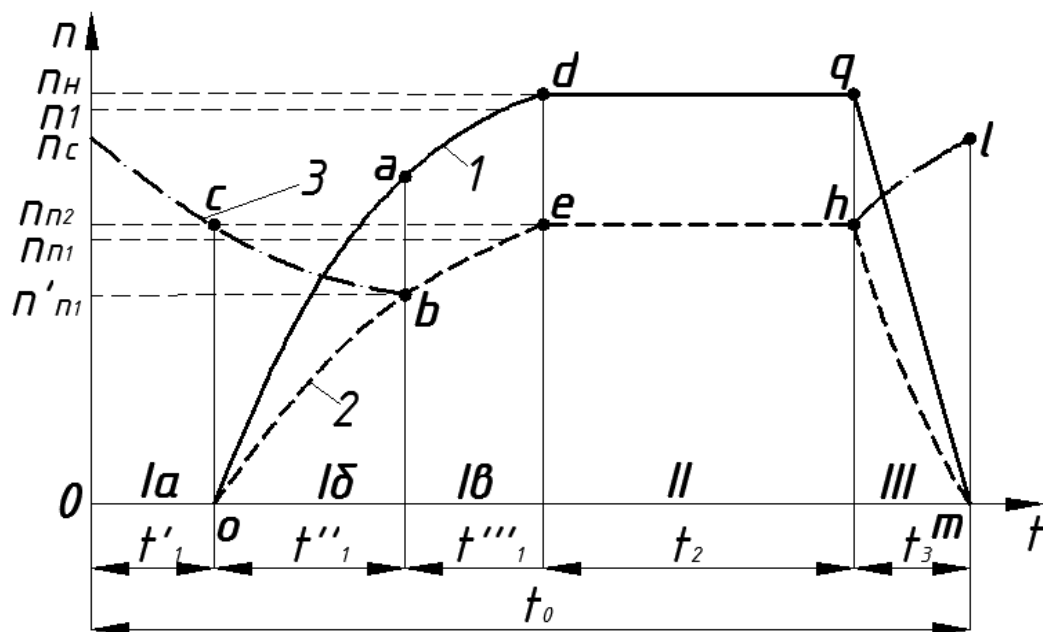
а) при великих значеннях n_c , як впливає із роботи [1], фрикційний момент, прикладений до електроприводу у момент часу $t = 0$, може бути меншим моментів статичного опору обладнання та технологічних сил при $n_{II} = 0$. В цьому випадку після дотикання напів муфт сам привод залишиться нерухомим, а електричний двигун буде знижувати оберти, оскільки він виявиться навантаженим фрикційним моментом $M_\phi = M_a$. Зменшення n_c буде стійким, оскільки $n_{II} = 0$ $n_c \rightarrow 0$ M_ϕ зростає, що в свою чергу приведе до зменшення n_c . Даний процес буде продовжуватися до моменту часу $t = t'_1$, при якому буде здійснюватися умова $M_\phi = M_c = c \cdot (M_0 + M_{T0})$. При $t > t'_1$ виконується умова $M_\phi > M_c$ і електропривод обертається. Тривалість цього періоду складає t'_1 ;

б) періоду прослизування між маховиком та фрикційним диском (період буксування). У даному періоді проходить різкий розгін машини (ділянка Oa

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кривої 1) і веденої частини приводу (ділянка Ob кривої 2) при зменшенні частоти обертання ротора двигуна (крива 3) від синхронної частоти обертання n_c . Тривалість зазначеного періоду буде складати t_1'' , кінцева частота обертання відповідно $n'_{п1}$;

в) періоду зчеплення фрикційного диска та маховика, тобто період плавного розгону всієї системи привод – машина (ділянка ad кривою 1 і be кривої 2) до частоти обертання головного валу устаткування n_1 та відповідних їй частоти обертання вала приводу $n_{п1}$. Тривалість такого періоду буде складати t_1''' .



1 – крива розгону швейної машини; 2 – крива розгону веденої частини приводу; 3 – крива валу електричного двигуна

Рисунок 1.7 – Циклограма роботи машини швейної:

Загальний час розгону системи складає:

$$t_1 = t'_1 + t''_1 + t'''_1 . \quad (1.1)$$

Другий етап це етап сталості руху (ділянка dg кривої 1 та ділянку eh кривої 2) тривалістю t_2 . Тут проходить деяке збільшення швидкості та кінцевої частоти обертання валів (при великій величині t_2) будуть n_H і $n_{П2}$.

Третій етап це етап гальмування веденої частини електричного приводу (ділянка hm кривої 2) та устаткування (ділянка gm кривої 1), тривалість періоду – t_3 . При цьому приводна частина електроприводу (ділянка hl кривої 3) розганяється до величини n_C .

Загальний машинний час складає:

$$t_0 = t_1 + t_2 + t_3. \quad (1.2)$$

1.9 Висновки до першого розділу

Фрикційні приводи є домінуючими у швейних машинах порівняно з іншими видами приводів завдяки їх плавному запуску. Ці приводи характеризуються низькою вартістю та тривалим терміном служби.

Під час аналізу існуючих стендів для визначення параметрів індивідуальних фрикційних електроприводів швейних машин, було виявлено кілька недоліків у їхній конструкції:

- невисока точність вимірювань через застарілі вимірювальні прилади;
- значні розміри стендів;
- обмежений діапазон вимірювань та складність інтеграції вимірювальних приладів у систему.

Ці стенди не дозволяють вимірювати частоту обертання та крутний момент на веденому валу фрикційної муфти.

Оновлення стенду з використанням сучасного вимірювального обладнання може значно покращити його технічні характеристики, зокрема:

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- забезпечення зберігання, аналізу та обробки великих обсягів експериментальних даних і їх передачу в програмне забезпечення для інженерних розрахунків;

- можливість проведення експериментів у рамках лабораторних і наукових досліджень на основі сучасних компонентів;

- повторення експериментальних досліджень за ідентичних умов багаторазово.

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						32
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ФРИКЦІЙНОГО ПРИВОДУ

2.1 Фізична модель роботи фрикційної муфти приводу швейної машини

Коли активується муфта, тиск і тертя між контактними поверхнями збільшуються від нуля до максимального рівня. Якщо момент тертя перевищує момент опору, що діє на ведений вал, вал починає обертатися з прискоренням до тих пір, поки швидкості обох частин механізму не вирівняються. У цей період відбувається знос контактних поверхонь через проковзування. Цей процес виробляє тепло, що призводить до нагрівання елементів муфти [2, 23].

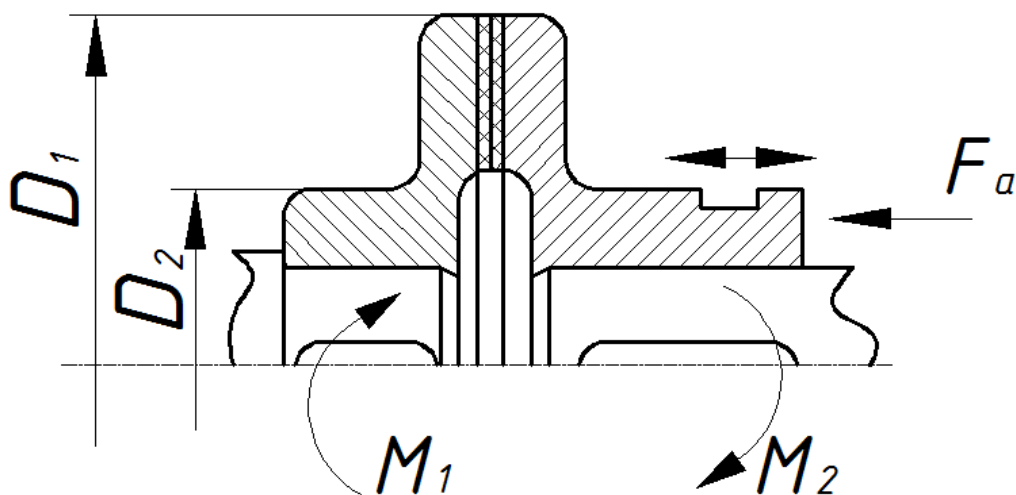


Рисунок 2.1 – Схема дискової фрикційної муфти

Вмикання або відмикання муфти здійснюється осьовим переміщенням натискного диску механізмом управління (рис 2.1). Велику роль у щепленні муфти робить осьова сила F_a стиснення дисків, яка необхідно для передачі певного крутного моменту M_p [7-9].

Осьова сила стиснення дисків вираховується за умовою рівності розрахункового обертового моменту M_p та моменту сил тертя M_{mp} на кільцевих

поверхнях дисків, що обмежені діаметрами D_1 і D_2 . Для припрацьованих поверхонь тертя можна записати наступне:

$$M_p = M_{mp} = \frac{Ffz(D_1 + D_2)}{4}, \quad (2.1)$$

де F – осьова сила прижимання муфт, Н;

f – коефіцієнт тертя ковзання на поверхнях дисків;

z – число пар поверхонь тертя;

D_1, D_2 – діаметри зовнішнього та внутрішнього дисків муфти, м.

З даного рівняння отримаємо необхідну силу притискання дисків:

$$F = \frac{4M_{mp}}{fz(D_1 + D_2)}, \quad (2.2)$$

Для практичних цілей припускають, що сила притискання контактних поверхонь та момент тертя в муфті залежать від часу, починаючи з моменту її активації. Це передбачає, що коефіцієнт тертя між тручими поверхнями та швидкість активації муфти залишаються незмінними. Внаслідок цих припущень, залежність між моментом сил тертя та часом може бути представлена у вигляді лінії зламу ОВС на графіку (див. рис. 2.2).

На графіку позначено:

- M_{max} – найбільший момент тертя у муфті;
- M_C – момент сил опору;
- M_{mp} – поточна величина моменту тертя;
- t – поточна величина часу, яка відраховується від початку включення самої муфти;
- t_c – час при якому момент тертя досягає значення M_C ;
- $t_{вкл}$ – час повного включення муфти;

- $t_{сц}$ – час зчеплення муфти (тобто час за який кутова швидкість веденого валу досягне швидкості ведучого).

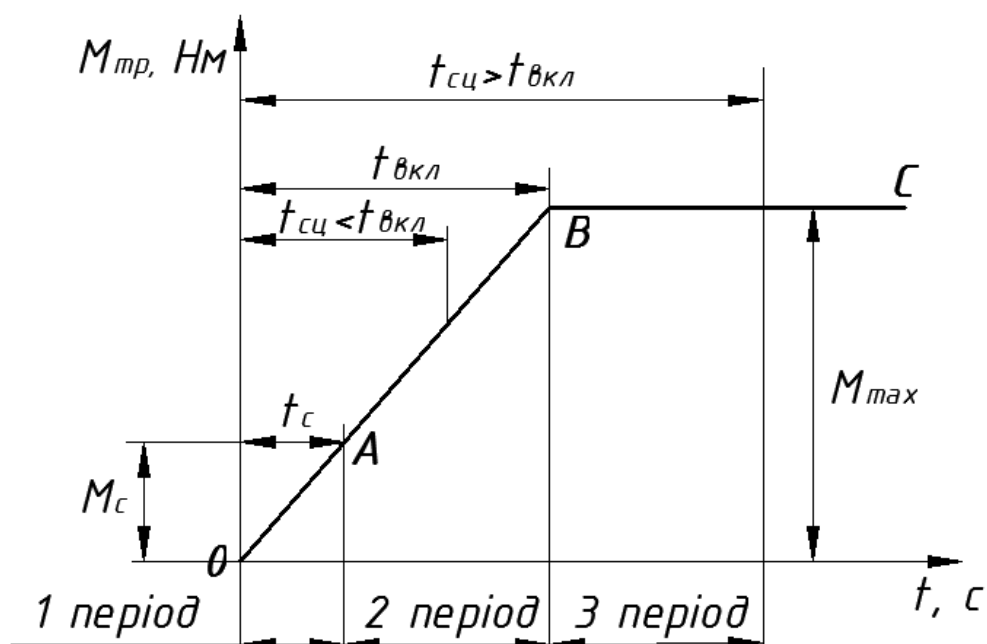


Рисунок 2.2 – Залежність моменту $M_{тр}$ від часу у процесі вмикання муфти

У процесі вмикання та зчеплення муфти потрібно розрізнити три періоди:

- у першому періоді $0 < t \leq t_c$, $0 < M_{тр} < M_c$;
- у другому періоді $t_c < t < t_{вкл}$, $M_c < M_{тр} \leq M_{max}$;
- у третьому періоді $t > t_{вкл}$, $M_{тр} = M_{max} = const$.

У першій фазі функціонування обертається тільки головний вал, в той час як ведений вал залишається нерухомим. Під час другої фази ведений вал починає розганятися. Якщо кутові швидкості обох валів не вирівнюються до кінця другого періоду ($t_{сц} < t_{вкл}$), то процес розгону веденого вала продовжиться у третій період ($t_{сц} < t_{вкл}$).

Важливо враховувати ці три фази при активації муфти та гальмуванні веденого вала, як це зображено на рисунку 2.3.

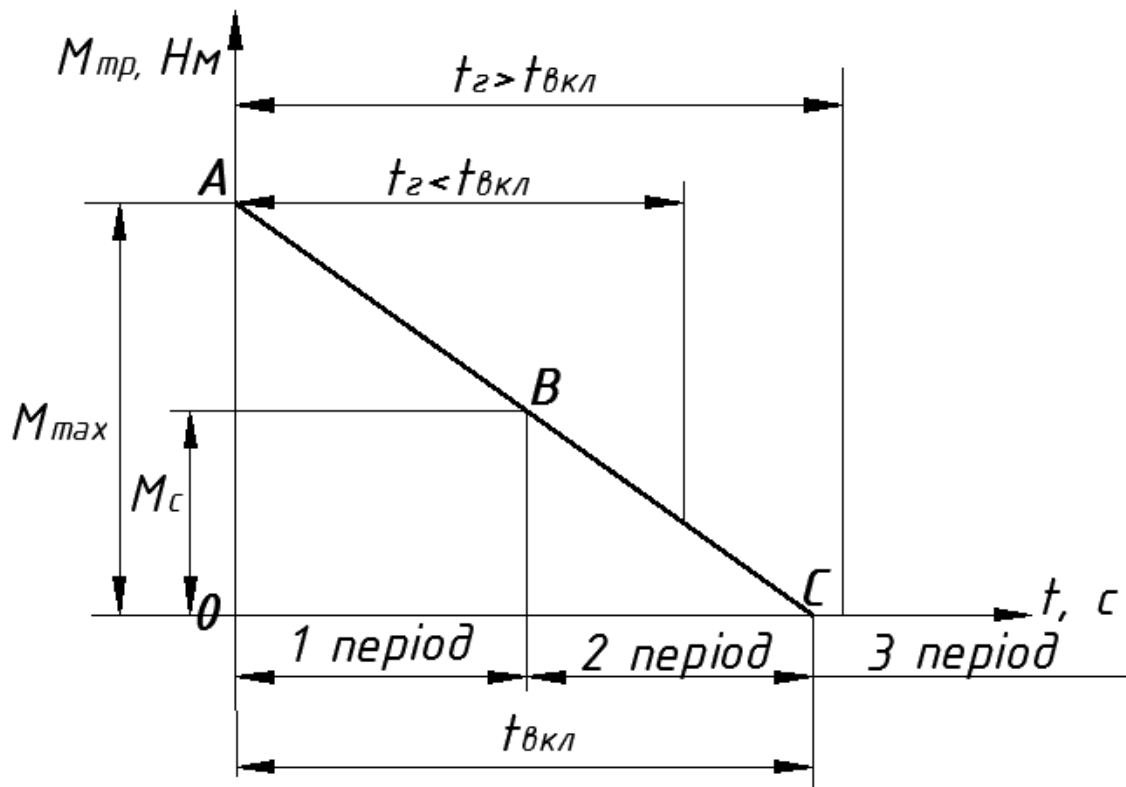


Рисунок 2.3 – Залежність моменту $M_{тр}$ від часу в процесі вимикання муфти

У початковій стадії, крутний момент двигуна ($M_{тр}$) більший за момент супротиву (M_c), що дозволяє обом валам обертатися з ідентичною кутовою швидкістю, відомою як ω_D .

Проте, на другій стадії, коли $M_{тр}$ стає меншим від M_c , швидкість веденого вала починає відступати від швидкості ведучого вала. Це призводить до того, що зчпні елементи муфти проковзують один щодо одного, перетворюючи енергію тертя на тепло, що призводить до підвищення температури муфти. Залежно від показників моменту інерції (J), моменту супротиву (M_c) та кутової швидкості ω_D , повна зупинка веденого вала може відбутися як у другій, так і у третій стадії. У кінці другої стадії, тиск на активні частини та крутний момент тертя знижуються до нуля, а третя стадія характеризується як повне відключення муфти.

2.2 Математична модель роботи фрикційного електричного приводу швейної машини

2.2.1 Рівняння руху електричного приводу

Крутний момент, який генерується електродвигуном в будь-який конкретний часовий момент, є рівним загальній величині моментів опору, що виникають у робочій машині [10, 14, 24].

Універсальне рівняння, яке описує рух електричного приводу, виглядає наступним чином:

$$M = M_0 + M_2 \pm M_{дин}, \quad (2.3)$$

де M_2 – момент опору робочих органів, Н·м;

M_0 – момент тертя, Н·м;

$M_{дин}$ – динамічний момент, Н·м;

Під час рівномірного руху, крутний момент, створюваний електродвигуном, спрямований на подолання опору, яке включає моменти опору робочих частин машини (M_2) і моменти тертя (M_0), тобто він протидіє моментам статичного опору.

В ситуації нерівномірного руху електроприводу, на додаток до моментів статичного опору, необхідно також подолати динамічний опір, що зумовлений інерцією рухомих мас. Динамічний момент ($M_{дин}$) може діяти проти напрямку руху електроприводу під час його прискорення та у напрямку руху під час уповільнення.

З рівняння руху електроприводу видно, що в будь-який часовий момент ці моменти мають бути збалансовані.

$$M_{\text{дин}} = J \frac{d\omega}{dt}, \quad (2.4)$$

де ω – кутове прискорення, $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$;

J – момент інерції обертових частин електроприводу, $\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$.

Так як кутове прискорення в електроприводі виражається в $\frac{dn}{dt}$, причому

$$\frac{dn}{dt} = \frac{30}{\pi} \frac{d\omega}{dt} = 9,55 \frac{d\omega}{dt}, \text{ то величина } M_{\text{дин}} \text{ може визначатися з формули:}$$

$$M_{\text{дин}} = \frac{1}{9,55} J \frac{dn}{dt}, \quad (2.5)$$

$$J = m \cdot \rho^2,$$

де ρ – радіус інерції, приведений до даної вісі, м;

m – маса тіла, кг.

Якщо $\rho = \frac{D}{2}$, то $J = \frac{G}{q} \left(\frac{D}{2} \right)^2$, тоді відповідно:

$$J = \frac{GD^2}{4 \cdot 9,81}, \quad (2.6)$$

де GD^2 – маховий момент електродвигуна, $\text{Н} \cdot \text{м}^2$.

Так як $M_{\text{см}} = M_0 + M_2$, то формула рівняння обертового руху електрично-го приводу буде прийме наступний вигляд:

$$M = M_{\text{см}} + M_{\text{дин}} = M_{\text{см}} + \frac{1}{9,55} \cdot \frac{GD^2}{4 \cdot 9,81} \frac{dn}{dt},$$

$$M = M_{cm} + \frac{GD^2}{375} \frac{dn}{dt}, \quad (2.7)$$

де M_{cm} – статичний момент опору на валу електричного двигуна, Н·м.

Стійкість електричного приводу означає його здатність швидко повертатися до стабільного стану після втрати рівноваги через зміни навантаження або інших факторів, таких як коливання напруги, частоти чи струму.

Дослідження стійкості електричних приводів є складним завданням, яке часто включає розв'язання лінійних диференціальних рівнянь високого порядку.

В простіших випадках, де обмежуються механічними перехідними процесами, важливо оцінити статичну стійкість устаткування, яка існує, коли в електричному приводі при втраті рівноваги виникають відновлювальні сили.

Аналіз статичної стійкості базується на механічних характеристиках електричного двигуна та кривих статичного моменту.

Для забезпечення стабільної роботи, особливо при холостому ході або постійному моменті опору, механічна характеристика електричного двигуна повинна бути знижувальною, тобто зі зростанням навантаження швидкість двигуна має зменшуватися.

2.2.2 Приведення моментів опору і моменту інерції приводу

Привод електричний складається із електричного двигуна та робочої установки, частини якої обертаються із різними швидкостями [10, 14]. При визначенні величини обертового моменту, потрібно моменти статичних та динамічних опорів, а також моменти інерції привести до валу самого електричного двигуна. При приведенні реальну систему необхідно звести до найпростішої, у якій всі рухомі маси зосереджені на одному валу та які обертаються із швидкістю валу електричного двигуна.

Приведення основано на тому принципі, що передаюча потужність на будь-якому валу машини залишається після приведення без змін, оскільки за формулою $P = M \cdot \omega$.

Якщо вал електродвигуна обертається із швидкістю n_1 обертів за хвилину, розвиваючи обертаючий момент M_1 , а момент робочої установки дорівнює M_2 при числі обертів n_2 , то із врахуванням коефіцієнту тертя це співвідношення може бути показано наступною формулою:

$$M_1 n_1 = \frac{M_2 n_2}{\eta_1},$$

$$M_1 = \frac{M_2 n_2}{n_1 \eta_1} = \frac{M_2}{i_1 \eta_1}, \quad (2.8)$$

де $i_1 = \frac{n_1}{n_2}$ – перед відношення.

Процес адаптації моментів інерції та махових моментів компонентів робочої машини до валу електродвигуна полягає в розрахунку такого еквівалентного моменту інерції, який забезпечує незмінність загальної кінетичної енергії обраної частини робочої машини. Для обчислення цього еквівалентного моменту інерції робочого приводу використовують формулу, яка визначає кінетичну енергію обертових елементів системи $\frac{J\omega^2}{2}$. Тоді:

$$\frac{J_{II}\omega_1^2}{2} = \frac{J_1\omega_1^2}{2} + \frac{J_2\omega_2^2}{2}, \quad (2.9)$$

де J_1 – момент інерції обертових частин електричного двигуна, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

J_{II} – приведений момент інерції приводу, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

J_2 – момент інерції обертових частин робочої машини, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.3 Визначення часу розгону і гальмування електропривода

Під час активації або зупинки електродвигуна, а також під час збільшення чи зменшення його швидкості, відбувається перехід до іншого режиму роботи [2, 10]. У такий момент, двигун переходить у перехідний стан, де спостерігається збільшення значень струмів і крутних моментів. Це становище виникає, коли порушується баланс між крутним моментом двигуна і статичним опором, що призводить до появи динамічного моменту.

Важливим завданням при аналізі перехідних режимів є визначення часу запуску або зупинки двигуна, а також розрахунок величин струмів і моментів протягом цього часу. Якщо електричний привід запускається протягом часу t_{II} і двигун набирає обертів до n оборотів на хвилину, то рівняння руху для цього стану можна представити у певному форматі:

$$M_{II} - M_C = \frac{GD^2 n}{375 t_{II}}, \quad (2.10)$$

де GD^2 – сумарний приведенний маховий момент, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

M_{II} – середній пусковий момент, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

Тривалість розгону електроприводу дорівнює:

$$t_{II} = \frac{GD^2 n}{375(M_{II} - M_C)}, \quad (2.11)$$

При збільшенні обертів електроприводу від n_1 до n_2 тривалість розгону визначиться наступним чином:

$$t_{II} = \frac{GD^2 (n_2 - n_1)}{375(M_{II} - M_C)}, \quad (2.12)$$

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо знехтувати тертям і прийняти момент M_0 , що рівний нулю, то при пуску електродвигуна вхолосту можна прийняти $M_C = 0$.

Відповідно

$$t_{II} = \frac{GD^2 n_H}{375 M_{II}}, \quad (2.13)$$

Припустивши, що $M_{II} = M_H$ та $n_0 = n_H$, виразимо номінальний момент через формулу:

$$M_H = 9,55 \frac{P_H}{n_H},$$

та це значення моменту підставимо у формулу (2.13). Відповідно отримаємо:

$$t_{II} = T = \frac{GD^2 n_H n_H}{375 \cdot 9,55 P_H} = \frac{GD^2 n_H^2}{3581 P_H}, \quad (2.14)$$

Термін "Т" відомий як електромеханічна часова константа електродвигуна, що вказує на період, протягом якого електродвигун, запущений з динамічним моментом рівним номінальному моменту ($M_{дин} = M_H$), досягає номінальної швидкості (n_H).

Зупинка електроприводу, який був від'єднаний від мережі, здійснюється через статичний момент (M_C). Час, необхідний для гальмування, можна розрахувати використовуючи відповідну формулу.

$$t_{Г} = \frac{GD^2 n}{375 M_C}, \quad (2.15)$$

де n – число обертів електродвигуна, при якому електричний привод відімкнений від електричної мережі.

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При штучному гальмуванні час гальмування буде визначатися у наступний спосіб:

$$t_T = \frac{GD^2 n}{375(M_C + M_T)}, \quad (2.16)$$

де M_T – штучний гальмівний момент, Н·м.

Час гальмування для зниження числа обертів від n_1 до n_2 буде визначатися наступним чином:

$$t_T = \frac{GD^2(n_2 - n_1)}{375(M_C + M_{II})}, \quad (2.17)$$

У випадку асинхронних електродвигунів, розрахунок пускового моменту (M_{II}), який є ключовим для визначення часу розгону, базується на використанні спеціалізованої формули:

$$M_{II} = \frac{M_{\max} + M_{II \text{ поч}}}{2}, \quad (2.18)$$

де M_{\max} – критичний максимальний момент двигуна, Н·м;

$M_{II \text{ поч}}$ – початковий пусковий момент, Н·м.

2.2.4 Рівняння руху для ведучої та веденої частин електричного приводу при проковзуванні у фрикціоні

Коли на старті розгону фрикційні напівмуфти вже знаходяться в стиснутому стані, при цьому ведуча напівмуфта обертається, а ведена залишається нерухомою (згідно з листом [МРМА 23.00.00.000 РР1]), рівняння руху для електричного приводу можна виразити наступним чином [4, 5, 15]:

					МРМА 23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 \cdot \dot{n}_D = M_D - M_\Phi \\ T_2 \cdot \dot{n}_\Pi = M_\Phi - M_C \end{array} \right\} \quad (2.19)$$

$$M_C = c \cdot (M_M + M_T) = c \cdot (M_0 + i \cdot k_M \cdot n_\Pi + M_T),$$

$$T_1 = \frac{\pi}{30} \cdot I_1,$$

$$T_2 = \frac{\pi}{30} \cdot (I_\Pi + I_M \cdot i^2),$$

$$i = \frac{n}{n_\Pi},$$

$$c = \frac{i}{\eta},$$

$$\dot{n}_D = \frac{dn_D}{dt},$$

$$\dot{n}_\Pi = \frac{dn_\Pi}{dt}.$$

де n_D, n_Π, n - частоти обертання відповідно ротора електричного двигуна, валу приводу і головного валу швейної машини, хв^{-1} ;

M_D - рушійний момент електродвигуна, $H \cdot m$;

електричного приводу, $H \cdot m$; M_Φ - фрикційний момент, $H \cdot m$;

M_C - момент опору швейної машини, приведений до валу веденої частини

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

M_O – момент опору на головному валу швейної машини при $n = 0$, $H \cdot м$;

M_M – приведений до головного валу момент опору швейної машини,
 $H \cdot м$;

M_T – приведений до головного валу швейної машини момент від технологічних сил, $H \cdot м$;

η – ККД пасової передачі;

k_M – жорсткість механічної характеристики швейної машини, $H \cdot м \cdot хв$;

I_2 – момент інерції привода щодо свого вала, $кг \cdot м^2$;

I_M – приведений до головного валу момент інерції швейної машини,
 $кг \cdot м^2$;

I_1 – момент інерції ротору і маховика, $кг \cdot м^2$;

i – передаюче відношення пасової передачі без врахування проковзування.

В сучасних швейних машинах часто застосовуються трифазні асинхронні електричні двигуни. Через це, взаємозв'язок між крутним моментом та ковзанням s під час перехідного процесу можна виразити за допомогою диференціального рівняння.

$$T_D \cdot \dot{M}_D + M_D = \frac{s}{\nu} = \frac{1}{\nu} - \frac{n_D}{\nu \cdot n_C}; \quad (2.20)$$

$$\nu = \frac{s_K}{2 \cdot M_K};$$

$$T_D = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_C \cdot s_K};$$

$$\dot{M}_D = \frac{dM_D}{dt}.$$

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де M_K – максимальний (критичний) момент механічної характеристики електродвигуна, $H \cdot м$;

n_c – синхронна частота обертання, $хв^{-1}$;

s_K – критичне ковзання;

f_c – частота мережі, $Гц$.

Момент тертя, який передається через муфту, визначається силою тиску між напівмуфтами та їх відносною швидкістю обертання. Дослідження експериментальних даних з'єднань муфт підтверджує, що в діапазоні робочих обертів момент тертя можна наблизити використовуючи наступну залежність:

$$M_{\phi} = M_{\max} \cdot \exp(-\lambda \cdot n_{\phi}) \cdot \text{sign} \cdot n_{\phi}, \quad (2.21)$$

$$M_{\max} = p \cdot f \cdot F_a \cdot R,$$

$$R = \frac{2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3 \cdot (R_2^3 - R_1^3)};$$

$$n_{\phi} = n_D - n_{II}.$$

де p – число пар тертя у муфті;

F_a – зусилля притискання напівмуфт, H ;

f – коефіцієнт тертя ковзання;

R_1, R_2 – внутрішній та зовнішній радіуси диску муфти, $м$;

R – приведений радіус тертя, $м$;

λ – показник падаючої характеристики тертя, $хв$.

Оскільки у процесі розгону швейного апарату із проковзуванням в фрикціоні $n_{\phi} > 0$, то в одальшому будемо вважати, що в рівняння (2.21)

$\text{sign} \cdot n_{\phi} = 1$.

Приймаємо, що розгін апарату починається за умови:

$$t = 0, n_D = n_{D0}, n_{II} = 0, n_6 = n_{D0},$$

де n_{D0} - частота обертання електродвигуна на холостому ході, об/хв.

Крім того, будемо вважати, що при $t = 0$ зусилля притискання напів муфт стрибко подібно наростає до свого максимального значення F_a .

На рисунку 2.4 представлено, що залежність (2.21) відображена лінією 1. У робочому діапазоні обертів двигуна $0 < n_D \leq n_{D0}$ ця залежність може бути приблизно представлена лінією СА.

В цьому контексті:

$$M_\phi = M_{\max} - k_\phi \cdot (n_D - n_{II}), \quad (2.22)$$

$$k_\phi = \frac{(M_{\max} - M_a)}{n_{D0}};$$

$$M_a = M_{\max} \cdot \exp(-\lambda \cdot n_{D0}).$$

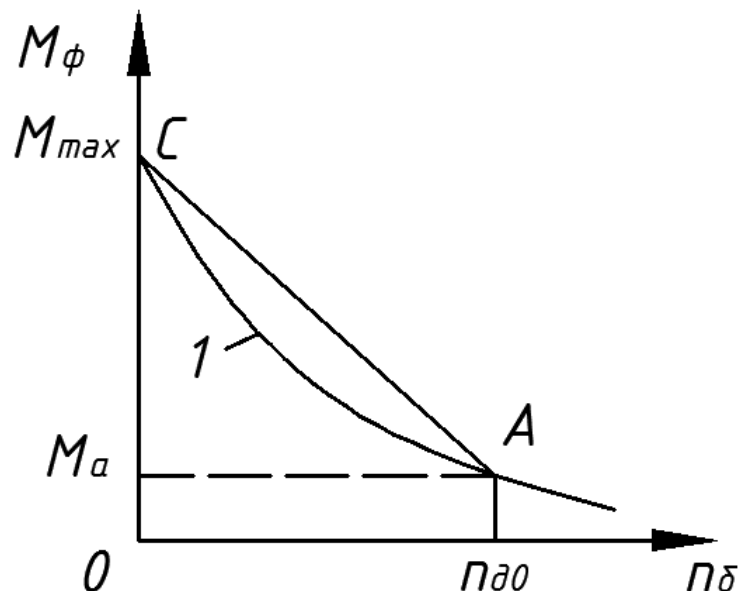


Рисунок 2.4 – Графік залежності фрикційного моменту відносно різниці частоти обертання напівмуфт

Вводячи у рівняння 2.19 значення моменту опору M_c та фрикційного моменту M_ϕ , визначеного згідно з рівнянням (2.22), та використовуючи відповідні позначення, отримуємо:

$$d = \frac{1}{v};$$

$$m = \frac{1}{v \cdot n_c};$$

$$k_2 = c \cdot i \cdot k_M - k_\phi,$$

Із рівнянь 2.19 і 2.20 отримаємо загальну систему рівнянь для фрикційного електроприводу швейної машини:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 \cdot \dot{n}_D - k_\phi \cdot n_D = M_D - k_\phi \cdot n_{II} - M_{\max} \\ T_2 \cdot \dot{n}_D + k_2 \cdot n_{II} = M_{\max} - c \cdot M_0 - k_\phi \cdot n_D - c \cdot M_T \\ T_D \cdot \dot{M}_D + M_D = d - m \cdot n_D \end{array} \right. \quad (2.23)$$

2.3 Висновки до другого розділу

У цьому розділі представлений опис фізичних принципів роботи фрикційного механізму швейної машини. Розроблена математична модель, що включає рівняння руху електропривода, а також наведено моменти опору та інерції привода. Описані також рівняння для визначення часу розгону та гальмування електропривода. Подані розрахункові формули для руху ведучої та веденої частин електроприводу при їх взаємному проковзуванні.

3 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФРИКЦІЙНОГО ПРИВОДА ШВЕЙНОЇ МАШИНИ

3.1 Визначення параметрів для дослідження привода

Ключовими аспектами роботи фрикційного електроприводу у швейних машинах є обертання веденої муфти та створюваний нею крутний момент на її валу, а також сила, з якою ведуча муфта притискається до веденої. Обертальна частота є важливим показником для періодичних процесів, оскільки вона вказує на кількість періодів процесу за одиницю часу. Її можна виміряти, рахуючи кількість коливань за певний час. Частота обертання веденої муфти відрізняється від частоти ведучої через проковзування у фрикційній парі.

Фрикційні муфти передають обертальний момент через силу тертя на їхніх робочих поверхнях. Включення муфти здійснюється шляхом плавного притискання робочих поверхонь, а виключення - через їх роз'єднання. Під час активації фрикційної муфти, обертальний момент на ведучому валу зростає пропорційно до збільшення сили тертя, дозволяючи з'єднувати вали навіть під навантаженням і зі значною різницею в їхніх кутових швидкостях. У процесі активації муфта прослизає, забезпечуючи плавний розгін веденого вала без ударів. Після включення муфти, ковзання на її поверхнях припиняється, однак при пікових навантаженнях можливе прослизання. Такі муфти обмежені у використанні при високих навантаженнях.

Сучасні методи вимірювання крутного моменту можна класифікувати на чотири основні типи:

- балансирні динамометри,
- торсійні вимірювальні прилади,
- трансмісійні динамометри,
- вимірювальні системи, які перетворюють крутний момент у вторинні параметри для вимірювань.

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміна обертальної частоти шків електроприводу залежить від сили притискання веденої напівмуфти до ведучої. Тому важливо знати силу, необхідну для створення зчеплення у фрикційній парі. Також потрібно враховувати додаткові параметри, такі як сила струму, напруга і потужність у обмотках електродвигуна.

3.2 Розробка структурної схеми стенду

Створення стенду для вивчення фрикційного приводу вимагає розробки структурної схеми. Вона включає усі необхідні пристрої та обладнання, розташовані в певному порядку для точного і коректного вимірювання параметрів. Схема включає об'єкт дослідження - фрикційний привід, динамометр для визначення сили притискання муфт, індуктивний датчик, текстолітовий диск для вимірювання частоти обертання, а також тензометричні датчики. Сигнали передаються через допоміжні пристрої (блок узгодження сигналів, аналого-цифровий конвертер) до комп'ютера, де здійснюється обробка даних про крутний момент і частоту обертання. Вимірювання електричних параметрів проводиться за допомогою лічильника електроенергії. Графічне відображення на екрані здійснюється за допомогою програмного забезпечення LabVIEW від National Instruments. Записи електричних параметрів ведуться в програмі edrlite (документ [MPMA23.00.00.000C1]) (див. рис.3.1).

3.3 Вибір електроприводу для проведення досліджень

Враховуючи, що новітні конструкції швидко стають загальним надбанням у машинобудуванні, можна стверджувати, що приводи різних виробників мають схожі основні компоненти і різняться лише в дрібницях.

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						50
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

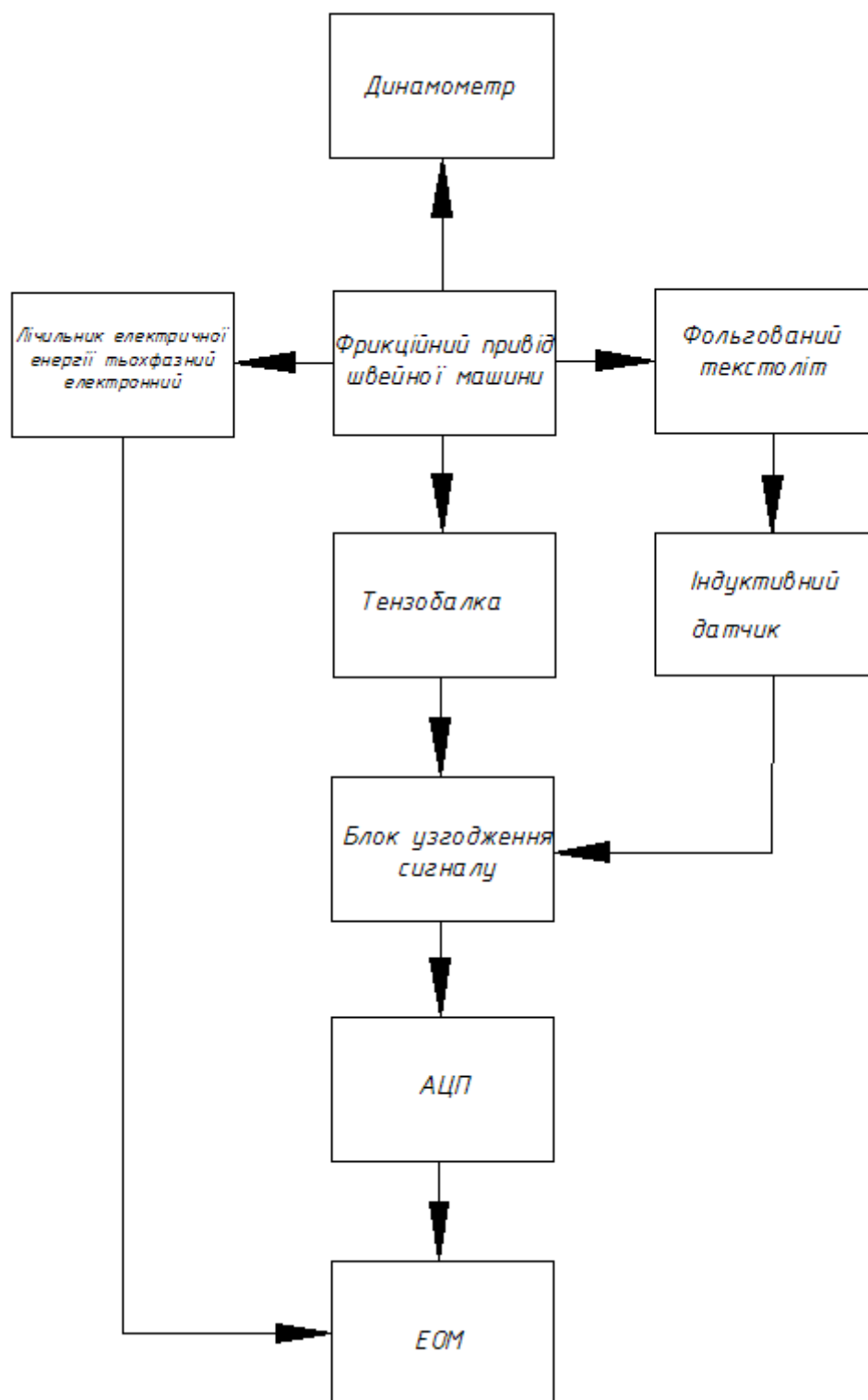


Рисунок 3.1 – Структурна схема стенду для дослідження приводу швейної машини

Таким чином, для зрозуміння загальних принципів роботи достатньо розглянути типовий привід. В якості прикладу взято модель приводу від однієї з відомих компаній. Для дослідження вибрано фрикційний електричний привід CLUTCH MOTOR YSL 22-2.

Сучасний електричний привід працює за аналогічним принципом, який був розглянутий раніше. Загальний вигляд цього фрикційного приводу можна побачити на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд сучасного фрикційного електричного приводу CLUTCH MOTOR YSL 22-2

Технічна характеристика фрикційного приводу представлена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика фрикційного приводу для швейної машини

Технічна характеристика	Величина
Тип електричного двигуна	YSL 22-2
Частота мережі живлення, Hz	3~50
Напруга живлення, В	380
Потужність, Вт	400

Частота обертання, об/хв	2800
Маса, кг	8

3.4 Вибір та розробка вимірювальних пристроїв

3.4.1 Вибір способу та пристрою для вимірювання частоти обертання

Для вимірювання частоти обертання було вибрано індуктивний датчик ІА08ВLН25Р0, загальний вигляд якого представлено на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 - Індуктивний датчик ІА08ВLН25Р0

Індуктивний датчик має котушку з витками, серцевину з м'якого магнітного заліза та магніт [16, 20]. Цей прилад застосовується для визначення кількості обертів валу двигуна або іншого ротаційного обладнання.

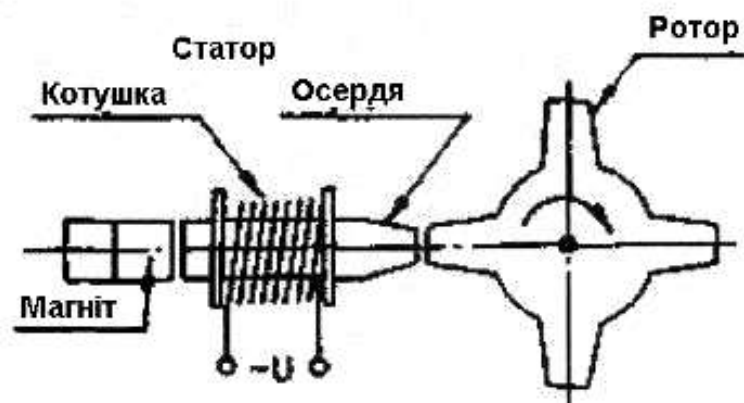


Рисунок 3.4 – Конструкція індуктивного датчика

Три компоненти утворюють статор сенсора. З статором співпрацює ротор, який може бути зубчастим диском або штангою з певною кількістю зубів. Коли зубець ротора наближається до котушки, напруга в ній різко зростає, досягаючи піку коли зубець знаходиться навпроти середньої лінії котушки, після чого, віддаляючись, напруга швидко міняє полярність і зростає до максимуму в протилежному напрямку. На графіку (рис. 3.5) чітко видно різку зміну напруги. Такий перехід може бути застосований для керування електронними системами.

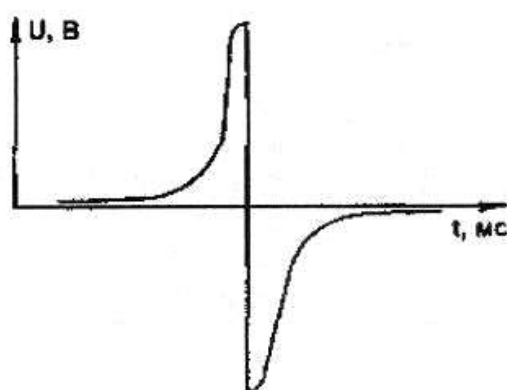


Рисунок 3.5 – Вихідний сигнал індуктивного датчика

Параметри індуктивного датчика IA08BLN25PO наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика індуктивного датчика IA08BLN25PO

Технічна характеристика	Величина
Номінальна робоча напруга живлення	10-30 В
Пульсація	≤ 10%
Номінальний робочий струм, що протікає	≤ 200 мА+25°C
Струм холостого ходу	≤ 10 мА
Падіння напруги	< 2,5 В

Частота операцій циклів	2000 Гц
Ефективна дистанція спрацювання	2,25-2,75 мм
Температура навколишнього повітря:	
- операційна	від -25° до +70°С
- зберігання	від -30° до +75°С
Степінь захисту	IP 67
Матеріал корпусу	Нержавіюча сталь, AISI 303
Вага	АІ... 36 g
	АІ...М1/М5 11 g
Захист від короткого замикання	так

Фольгований диск із текстоліту з чотирма мідними маркерами кріпиться до кінця вихідного валу приводу. Цей диск представлений на ілюстрації 3.6. Для індуктивного сенсора, його чутлива частина розташовується на відстані від 1,5 до 2,5 мм від мідних міток.

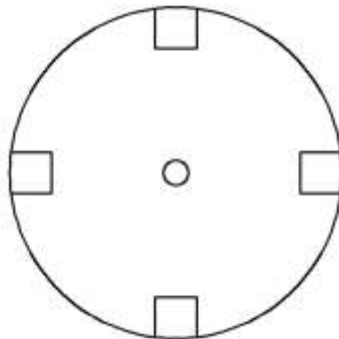


Рисунок 3.6 – Фольгований текстолітовий диск

3.4.2 Вибір способу вимірювання крутного моменту

Різні типи гальмівних пристроїв застосовуються для створення механічного навантаження на електричні двигуни, дозволяючи контролювати і вимірювати величину опорного моменту на валу двигуна. Популярними у вивченні електричних двигунів є фрикційні та електромеханічні гальмівні системи [17, 18].

Стрічкове гальмо, показане на рисунку 3.7, є прикладом фрикційного гальмівного пристрою. Воно складається з гальмівної стрічки (2), що обгортає шків (1) тестованого двигуна, двох динамометрів (3), гвинта (6), і штурвала (5) з гайкою, що вкручується на гвинт. Це гальмо монтується на опорі (4). Навантажувальний момент M_2 обчислюється за показниками динамометрів F_1 і F_2 (Н·м).

$$M_2 = 0,5 \cdot D(F_1 - F_2) \quad (3.1)$$

де D – діаметр шківа, м.

Для запобігання перегріву стрічки шківа при гальмуванні рекомендується використовувати водяне охолодження. Проте, навіть із таким охолодженням, стрічкові гальма можуть бути застосовані тільки якщо потужність двигуна не перевищує 3-4 кВт.

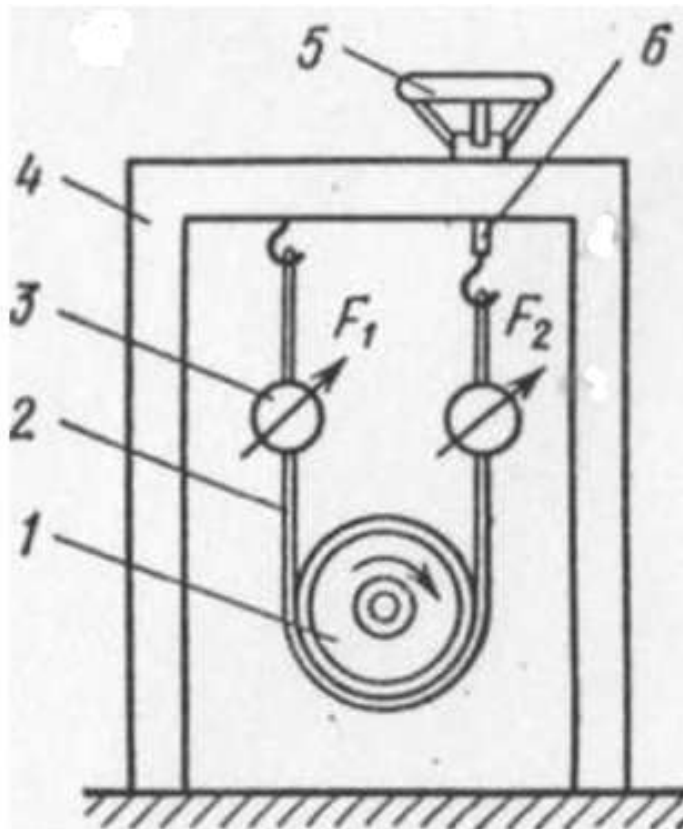


Рисунок 3.7 – Стрічкове гальмо із динамометром

Для оцінки крутного моменту були використані тензометричні балки замість динамометрів, оснащені тензометричними датчиками, прикріпленими до них. Навантаження на балку створюється за допомогою ремня, що охоплює шків електромеханічного фрикційного привода швейної машини. Тензорезистори, що базуються на ефекті тензорезистивності, змінюють свій опір при механічній деформації. Ці резистори виготовляють різних розмірів, принаймні 0,25 мм в довжину, і спроможні вимірювати деформації до 10^{-6} м. Вони розміщуються на поверхні об'єкта дослідження або вбудовуються в матеріал, чия деформація вимірюється. У промисловості виробляють три основні типи тензорезисторів: дротяні, фольгові та напівпровідникові, з різними методами кріплення. Напівпровідникові тензорезистори, зокрема, реагують на тиск через деформацію кристалічної решітки, що призводить до значного зміни опору. Для вимірювання крутного моменту на основному валу фрикційного електроприводу було обрано тензорезистор КФ5П1 (рис.3.8). Тензорезистори КФ призначені для вимірювання деформацій у деталях машин та конструкціях під статичними та динамічними навантаженнями, використовуючись у силових тензорезистивних перетворювачах та датчиках.

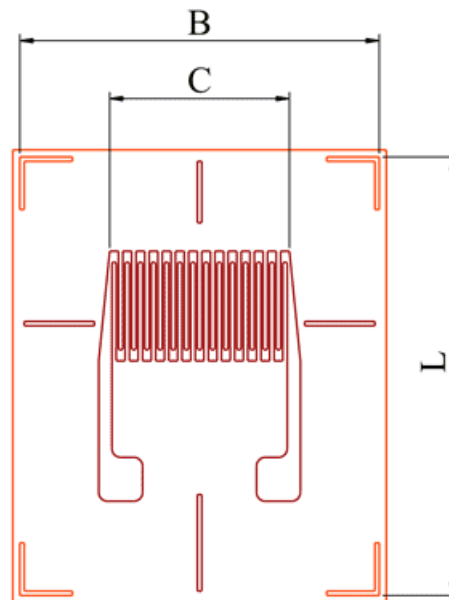


Рисунок 3.8 – Тензо резистор КФ5П1

					МРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічна характеристика тензорезистора КФ5П1 наведена у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика тензорезистора КФ5П1

Технічна характеристика	Величина
Типорозмір	5-100
Опір системи	100 Ом
Розмір чутливого елемента:	
А	10
С	2,21
Розмір підкладки:	
Л	18,5
В	5,9
Чутливість	$2,1 \pm 0,2$
Максимальний струм	30 мА
Інтервал термокомпенсації	від + 10 °С до + 120 °С

3.4.3 Вибір динамометру

Для оцінки сили, з якою ведена напівмуфта притискається до ведучої, застосовано динамометр моделі ДПУ-01-2. Вимірювання цієї сили проводиться у момент, коли ведена частина приводу починає обертатися. Визначення сили притискання здійснюється за допомогою наступної формули (3.2):

$$F_a = F_d \cdot L_p \quad (3.2)$$

де L_p – довжина плеча важеля фрикційного приводу, $L_p=0,205$ м;

F_d – покази динамометру, Н.

Технічна характеристика динамометру ДПУ-01-2 представлена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічна характеристика динамометра ДПУ-01-2

Технічна характеристика	Величина
Граничне навантаження	100 Н
Ціна поділки	1 Н

Загальний вигляд динамометру показано на рис. 3.9.



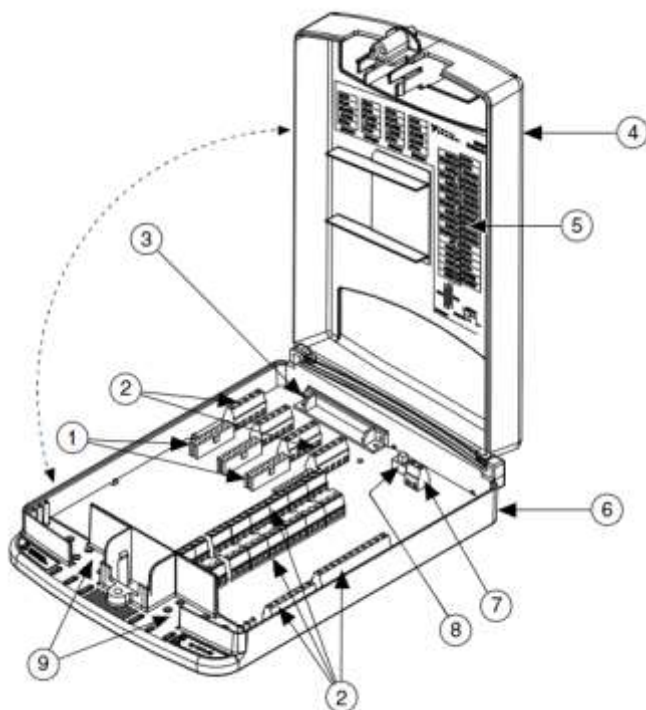
Рисунок 3.9 – Динамометр ДПУ-01-2

3.4.4 Вибір блоку узгодження сигналів

Для забезпечення сумісності сигналів, отриманих від тензорезисторів та індуктивного датчика, було обрано модуль узгодження сигналів SCC-68, представлений на рисунку 3.10.

SCC-68 служить як модуль вводу/виводу для підключення сигналів до пристроїв DAQ від National Instruments, зокрема серій М та Е.

Цей модуль оснащений чотирма слотами SCC, які можуть бути використані для інтеграції різних компонентів, таких як термопари, калібрувальні штампи, входи RTD, атенюатори вхідної напруги, фільтри нижніх частот, входи навантажувальних клітин, акселерометри, реле SPDT, дискретні входи/виходи, а також ізольовані вхідні напруги для SCC-модулів у мірній системі.



1 – SCC слоти; 2 – клеми гвинтові; 3 – клеми 68-Pin (введення / виведення);

4 – кришка корпусу; 5 – короткий посібник; 6 – підставка корпусу;
7 – термінал зовнішній живлення; 8 – зовнішній перемикач живлення;
9 – оплётка проводів Entry

Рисунок 3.10 – Блок узгодження сигналу SCC-68 зпозиціями

Технічна характеристика блоку узгодження сигналу SCC-68 наведена у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика блока узгодження сигналу SCC - 68

Технічна характеристика	Величина
Потужність, що споживається	5 В ±5%
Напруга на виході	min 4.75 В max 5.25 В
Кількість каналів	вісім диференціальних 16 одно полярних
Температура холодного спаю датчику	точність ± 1,0 °С протягом 0 ° до 110 °С вихідні 10 мВ / °С
Інші сигнали	всі інші МІО-16 I/O сигнали доступні на гвинтові клеми
Споживана потужність (при 5 В постійного струму ± 5%)	типові 1 мА при відсутності сигналу кондиціювання встановлені максимальна 800 мА
Розміри коробки	7,7 на 6,0 на 1,8 дюйми (19,5 на 15,2 на 40,5 см)
Температура	від 0 ° до 70 °С
Відносна вологість	від 5% до 90% без конденсації

3.4.5 Вибір аналого-цифрового перетворювача (АЦП)

РСІ-6251 - це пристрій серії М для багатфункціонального збору даних (DAQ) з високою швидкістю роботи. Відрізняється високою точністю при великих частотах дискретизації.

На рисунку 3.11 представлено аналого-цифровий перетворювач РСІ-6251.



Рисунок 3.11 – Аналого-цифровий перетворювач PCI-6251
Технічна характеристика АЦП PCI-6251 приведена у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Технічна характеристика АЦП PCI-6251

Технічна характеристика	Величина
Операційна система	Windows в режимі реального часу, Linux, Mac OS
Кількість диференційних каналів	16
Підтримка	LabVIEW
Кількість каналів	8;16
Максимальна напруга, В	10
Частота дискретизації, MS / s	1,25
Резолюція, біт	16
Кількість діапазонів	7
Частота оновлення, MS / s	20,86
Максимальна тактова частота, МГц	10
Довжина, см	15,5
Ширина, см	9,7

3.4.6 Вибір пристрою для вимірювання електричних параметрів фрикційного електричного приводу

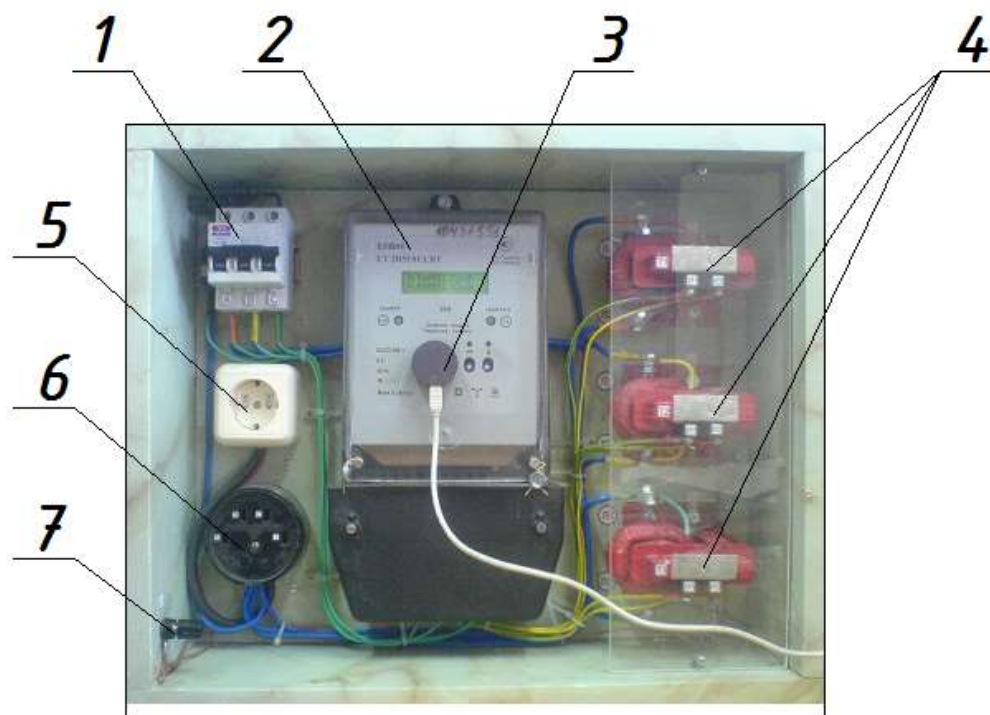
Електронний трьохфазний лічильник електроенергії ЕТ розроблений для ведення багатотарифного обліку споживаної та виробленої активної та реактивної енергії у трьохфазних системах змінного струму. Він застосовується у сферах енергетики, промисловості, транспорту та для наукових досліджень. Цей лічильник також може бути використаний як датчик зростання енергії в системах автоматизованого обліку електроенергії.

Технічна характеристика приладу надана в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Технічна характеристика лічильника електричної енергії

Технічна характеристика	Величина
Номінальна сила струму, А	1 – 5
Номінальна фазна (лінійна) напруга, В	100/ $\sqrt{3}$, (100) або 380/ $\sqrt{3}$, (380)
Максимальна сила струму, А	1,2 – 6
Межа чутливості для лічильників з номінальною лінійною напругою 380 В, не менше Вт, вар	0,66 або 3,3
Повна потужність, що споживається кожним паралельним ланцюгом, не більше, вар	4
Активна потужність, що споживається кожним паралельним ланцюгом, не більше, Вт	2
Постійна лічильника, з номінальною лінійною напругою	60000 або 50000
Повна потужність, що споживається кожним послідовним ланцюгом, не більше, вар	1

Загальний вигляд електричного лічильника приведено на рис. 3.12.



1 – автоматичний вимикач; 2 – електричний лічильник; 3 – оптопара; 4 – трансформатор струму; 5 – одно фазна розетка; 6 – трьох фазна розетка; 7 – заземлення

Рисунок 3.12 – Лічильник електричної енергії трьохфазний електронний Elvin:

3.4.7 Вибір програмного забезпечення

Для аналізу даних, отриманих з аналого-цифрового перетворювача, були використані програми LabVIEW і Microsoft Excel.

LabVIEW є розробницьким середовищем та платформою для виконання програм, написаних на графічній мові програмування "G", розробленої компанією National Instruments з США.

Перша версія LabVIEW з'явилася у 1986 році для Apple Macintosh, а сьогодні доступні версії для UNIX, GNU/Linux, Mac OS та Microsoft Windows, останні з яких є найбільш розвинутими та популярними.

LabVIEW широко використовується у системах збору та обробки даних, а також для управління технічними об'єктами та технологічними процесами. Це середовище нагадує SCADA-системи, але зосереджено більше на задачах, пов'язаних не стільки з автоматизацією технологічних процесів, скільки з автоматизацією наукових досліджень [21, 22]..

Графічна мова "G", використовувана в LabVIEW, ґрунтується на архітектурі потоків даних, де послідовність виконання операцій визначається наявністю даних на входах цих операцій, а не порядком їхнього виконання, як у традиційних мовах програмування. Непов'язані між собою операції можуть виконуватися паралельно.

LabVIEW є програмою, яка виступає як віртуальний інструмент і складається з двох основних елементів: блокової діаграми, лицьової панелі.

Блокова діаграма відображає робочу логіку віртуального інструменту, тоді як лицьова панель служить для візуалізації його зовнішнього інтерфейсу. Ці віртуальні інструменти можуть бути використані для створення складніших віртуальних систем. На лицьовій панелі розташовані інтерфейсні елементи, такі як кнопки, перемикачі, індикатори, вимірювальні шкали та дисплеї, які дозволяють користувачам управляти інструментом та взаємодіяти з іншими віртуальними пристроями. Блокова діаграма містить функціональні вузли для передачі, прийому та обробки даних, а також термінали та керуючі структури для реалізації умовних операторів та циклів.

LabVIEW підтримує широкий спектр обладнання та включає або дозволяє додавати численні бібліотеки компонентів для різноманітних цілей, включаючи підключення зовнішнього обладнання, віддалене керування експериментами, управління роботами, обробку сигналів, математичну обробку даних, візуалізацію, моделювання систем, зберігання даних, взаємодію з іншими додатками.

записується у файл через блок 5. Що стосується двох інших потоків сигналів з тензOMETричних балок, вони спочатку обробляються в вузлі 3 для перетворення в потрібні одиниці вимірювання. Після цього, поточні некориговані значення відображаються на індикаторі 7, а вже скориговані, з урахуванням похибки і відповідно до реальних значень сили в ньютонках, на індикаторі 8. Запис даних у файл запускається кнопкою ЗАПИС у блоці 6, а завершення запису в один файл та перехід до наступного відбувається за допомогою кнопки РЕСЕТ.

У Microsoft Excel оброблялися отримані дані для побудови графіків залежності частоти обертання та крутного моменту від часу. Кількість імпульсів від індуктивного датчика розраховувалася за допомогою формули:

$$\text{ЯКЩО}(\text{I}(\text{B2}>6;\text{B1}>6);0;\text{ЯКЩО}(\text{АБО}(\text{B2}<4;\text{B1}>0,01);0;1)).$$

На основі цих даних визначали частоту обертання та крутний момент, який розраховувався як добуток різниці значень з тензOMETричних балок на радіус шківів:

$$M = (F_1 - F_2)r_{ш}, \quad (3.3)$$

де F_1, F_2 – значення зусилля, що сприймаються тензOMETричною балкою, Н;
 $r_{ш}$ – радіус шківів, м.

За отриманими даними крутний момент можна визначити в будь-який момент часу проведення експерименту, використовуючи графіки побудовані у програмному середовищі Microsoft Excel.

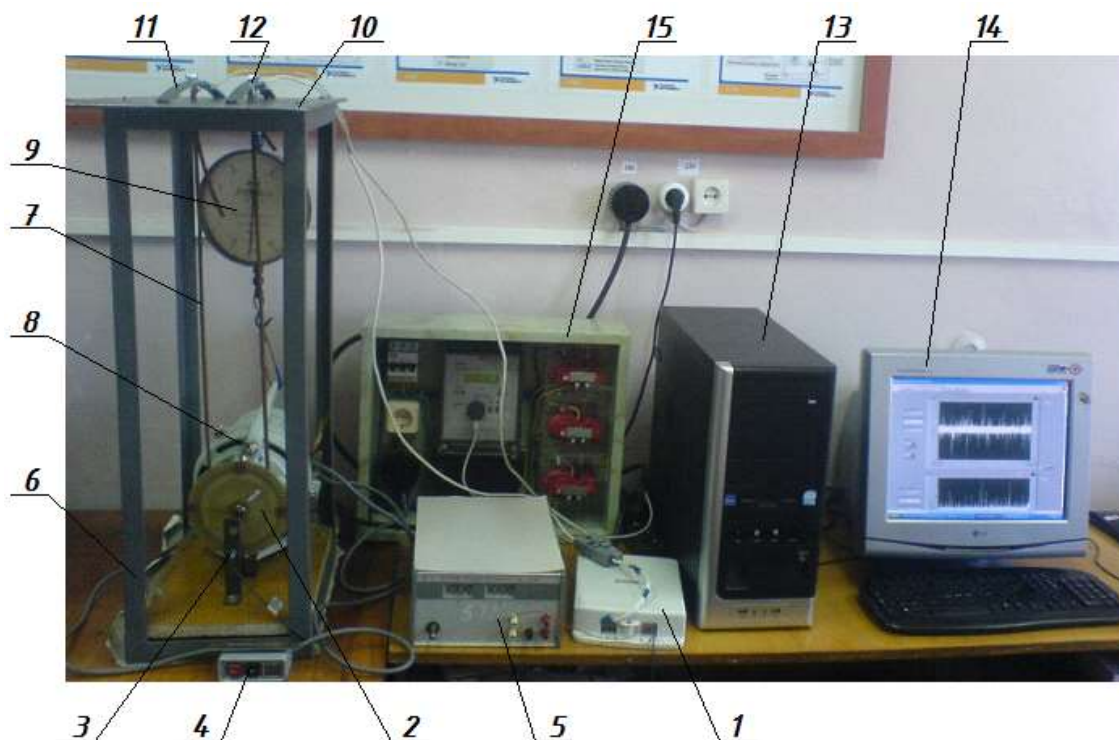
Використовуючи графіки, створені в Microsoft Excel, можна визначити крутний момент в будь-який час проведення експерименту, заснований на зібраних даних.

3.5 Опис конструкції стенда для дослідження приводів швейних машин

На ілюстрації 3.13 зображено конструкцію стенду для аналізу фрикційних приводів швейних машин (згідно документа [МРМА 23.00.00.000 ДІ2]). Цей

експериментальний пристрій розташовується на столі. Фрикційний привід 8, що підлягає дослідженню, монтується на опору 6.

На вал електродвигуна кріпиться мідний диск 2 з фольгою і зубцями (4 зубці). Навпроти зубців диска встановлюється індуктивний датчик 3 на металевій пластині, живлення якого подається від блоку 5. Коли зубець наближається до датчика, генерується сигнал, який передається до блоку узгодження сигналу 1, а потім на АЦП у системному блоці 13 та відображається на ЕОМ через LabVIEW.



1 – блок узгодження сигналу; 2 – фольгований диск; 3 – індуктивний датчик; 4 – вимикач; 5 – блок живлення; 6 – стойка; 7 – пас; 8 – привід;

9 – динамометр; 10 – пластина; 11 – тензобалка; 12 – тензометричний датчик; 13 – системний блок; 14 – монітор; 15 – лічильник електричної енергії трьохфазний електронний.

Рисунок 3.13 – Фотографічна схема стенду для дослідження фрикційних приводів швейних машин:

Крутний момент електроприводу вимірюється шляхом гальмування шківів двигуна шкіряним ременем 7, закріпленим на тензометричних балках 11 з тензорезисторами 12. Балки кріпляться до металевої пластини 10 на стійці 6. Прогин балок фіксується тензорезисторами, сигнал від яких надходить до блоку узгодження сигналу, а потім на АЦП. Дані візуалізуються за допомогою LabVIEW та Microsoft Excel, дозволяючи визначити крутний момент на ведучому валу фрикційного приводу.

За допомогою динамометра 9 визначається сила притискання напівмуфти, що впливає на частоту обертання веденого валу. Динамометр монтується на стійці та з'єднують з важелем приводу.

Електричні параметри фрикційного приводу, підключеного до розетки на лічильнику електроенергії 15, передаються на ЕОМ через USB оптичну головку та реєструються у програмі edrlite.

Технічна характеристика стенда для дослідження приводу швейної машини наведена в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Технічна характеристика стенда для дослідження фрикційного приводу швейної машини

Технічна характеристика	Величина
Фрикційний привод	CLUTCH MOTOR YSL 22-2
Аналого-цифровий перетворювач (АЦП)	PCI-6251
Тензометричний датчик	КФ5П1
Блок узгодження сигналу	SCC-68
Динамометр	ДПУ-01-2
Індуктивний датчик	IA08BLN25PO
Лічильник електроенергії трьохфазний електронний багатфункціональний	ET 3B5E8ULRT+S – 12

3.6 Висновки до третього розділу

У цьому розділі були встановлені ключові параметри для вивчення окремого фрикційного приводу, включаючи частоту обертання, крутний момент та силу притискання веденої напівмуфти до ведучої. Розроблена структурна схема дозволила досліджувати цей фрикційний привід швейної машини, обрано відповідний електропривід, а також створено і зібрано стенд для аналізу параметрів самого приводу.

					MPMA23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ФРИКЦІЙНОГО ПРИВОДУ ШВЕЙНОЇ МАШИНИ

4.1 Методика проведення досліджень

Для проведення дослідження було створено спеціальний експериментальний стенд. Основна мета полягала у вивченні характеристик індивідуального фрикційного приводу. Аналізувалися такі параметри:

- крутний момент,
- частота обертання,
- сила затискання напівмуфт,
- величини струму,
- напруги та енергоспоживання.

Ключовим аспектом експерименту було вивчення впливу зміни часу затискання рухомої частини приводу до стаціонарної. Для різних інтервалів часу активації фрикційної муфти були побудовані графічні залежності. Електричні параметри приводу вимірювались в умовах його постійної роботи під навантаженням.

4.2 Тарування вимірювальних пристроїв

Тарування індуктивного датчика здійснювалося за допомогою електронного тахометра і стробоскопа. На фольгований текстолітовий диск було нанесено позначки:

- білу – для вимірювання частоти обертання стробоскопом;
- фольговану для електронного тахометра.

Вимірювання здійснювалося при різних частотах обертання.

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Калібрування індуктивного датчика виконувалось за допомогою електронного тахометра та стробоскопа. Для цього на текстолітовий диск із фольговим покриттям були нанесені спеціальні маркування:

- біла позначка для визначення частоти обертання за допомогою стробоскопа

- фольгована мітка для використання з електронним тахометром.

Вимірювання проводились при варіативних частотах обертання.

Тензометричні датчики калібрувались шляхом підвішування вантажів з вагою 9,81, 19,62, 29,43, 39,24 Ньютонів. В результаті цього були встановлені коефіцієнти коригування: 1064,67 для першої балки та 975,12 для другої.

4.3 Опис результатів екперименту дослідження фрикційного приводу при перехідних процесах

На графіках 4.1 – 4.5 представлено залежності між частотою обертання, крутним моментом і часом (згідно документації [МРМА 23.00.00.000 РР2 та РР3]). З аналізу цих даних видно, що протягом часового інтервалу t_1 фрикційна муфта знаходиться в неробочому стані, тобто рухома частина приводу не тисне на стаціонарну. Цей привід працює під дією технологічних сил, які створюють момент. Частота обертання валу електродвигуна в цей період залишається незмінною і дорівнює $n_{до} = \text{const}$, а фрикційний момент відсутній.

Коли сила притискання рухомої частини муфти до стаціонарної збільшується, у періоді t_2 спостерігається значне зростання крутного моменту. Частота обертання стаціонарної частини залишається нульовою ($n_{п} = 0$), а частота обертання ротора електродвигуна знижується ($n_{до} \rightarrow 0$). Це відбувається через те, що фрикційний момент менший за момент від технологічних сил ($M_{ф} < M_{с}$), що викликає проковзування в фрикційній парі, негативно впливаючи на роботу приводу.

					<i>МРМА 23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У часовому інтервалі t_3 фрикційний момент стає більшим за момент від технологічних сил ($M_{\phi} > M_C$), що призводить до стрімкого збільшення швидкості обертання стаціонарної частини приводу до номінального рівня. Проковзування у цьому періоді мінімальне і зменшується зі зростанням сили притискання.

У періоді t_4 відбувається розгін фрикційного електричного приводу, частота обертання валу електродвигуна вирівнюється з частотою обертання валу приводу ($n_D = n_{\Pi}$).

На ділянці t_5 відбувається гальмування фрикційного приводу, частота обертання валу приводу різко знижується ($n_{\Pi} \rightarrow 0$), оскільки рухома частина приводу тисне на гальмівну колодку. Частота обертання валу електродвигуна збільшується до n_{D0} , а фрикційний момент падає до нуля.

Результати вимірювань динамометра під час експерименту представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Величина показань динамометра при різному моменті від дії технологічних сил

Параметр	Номінальний крутний момент, Н·м				
	2,8	2,95	3,15	3,35	3,5
Значення динамометру, Н	38	40	43	45	47

На рис. 4.1 тривалість періодів роботи: $t_1=2,2\text{с}$, $t_2=1,4\text{с}$, $t_3=1\text{с}$, $t_4=9,3$, $t_5=1,1\text{с}$. Крутний момент: $M=2,8$ Н·м. Максимальна частота обертання $n_{\max}=2580$ об/хв. Зусилля притискання веденої напівмуфти до ведучої: $F_a=7,79$ Н·м.

Відповідно до рисунку 4.2 тривалість періодів роботи: $t_1=4,7\text{с}$, $t_2=1,2\text{с}$, $t_3=1,3\text{с}$, $t_4=9,6$, $t_5=0,8\text{с}$. Крутний момент: $M=2,95$ Н·м. Максимальна частота

обертання $n_{\max}=2580$ об/хв. Зусилля притискання веденої напівмуфти до ведучої: $F_a=8,2$ Н·м.

На рис. 4.3 тривалість періодів роботи становить: $t_1=2$ с, $t_2=4,9$ с, $t_3=0,9$ с, $t_4=8,4$, $t_5=1,3$ с. Крутний момент: $M=3,15$ Н·м. Максимальна частота обертання $n_{\max}=2070$ об/хв. Зусилля притискання веденої напівмуфти до ведучої: $F_a=8,82$ Н·м.

На рис. 4.4 тривалість періодів роботи: $t_1=1,2$ с, $t_2=4,7$ с, $t_3=0,3$ с, $t_4=10,6$, $t_5=1,1$ с. Крутний момент: $M=3,35$ Н·м. Максимальна частота обертання $n_{\max}=2550$ об/хв. Зусилля притискання веденої напівмуфти до ведучої: $F_a=9,23$ Н·м.

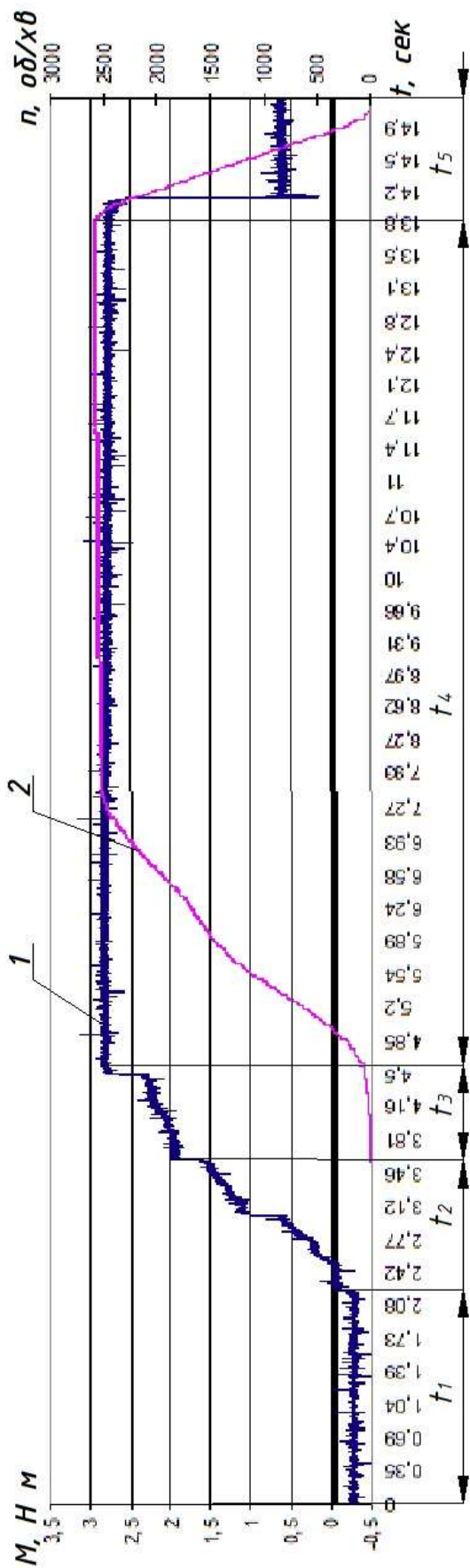
На рисунку 4.5 тривалість періодів роботи становить: $t_1=1,8$ с, $t_2=1,7$ с, $t_3=1$ с, $t_4=9,9$, $t_5=0,6$ с. Крутний момент: $M=3,5$ Н·м. Максимальна частота обертання $n_{\max}=2640$ об/хв. Зусилля притискання веденої напівмуфти до ведучої: $F_a=9,23$ Н·м.

Експериментальні значення електричних параметрів фрикційного приводу наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Електричні параметри фрикційного приводу під час сталої його роботи

Графік Параметр	Рисунок 4.1	Рисунок 4.2	Рисунок 4.3	Рисунок 4.4	Рисунок 4.5
Напруга, В	217,2	217,8	219	220,1	221,1
Сила струму, А	1,8	1,84	1,88	1,91	1,95
Потужність, Вт	352,8	361,2	370,8	372,8	375,6

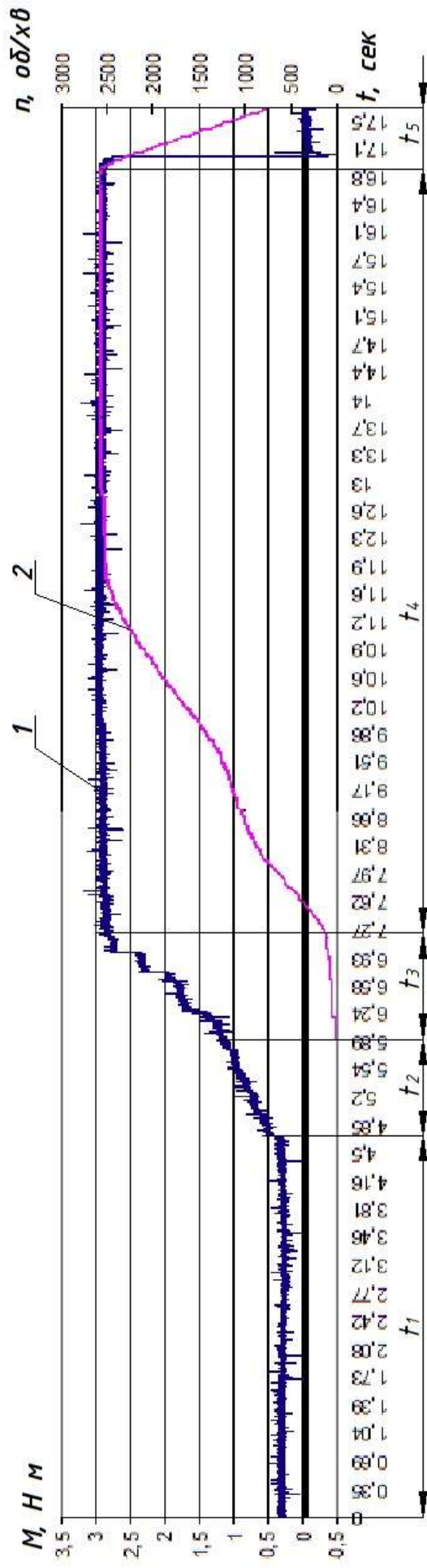
Графічні залежності електричних величин приводу від крутного моменту показані на рис.4.6-4.8 та на листі [МРМА 23.00.00.000 РР3].



1 – крутний момент; 2 – частота обертання.

Рисунок 4.1 – Графічна залежність частоти обертання та крутного моменту від часу

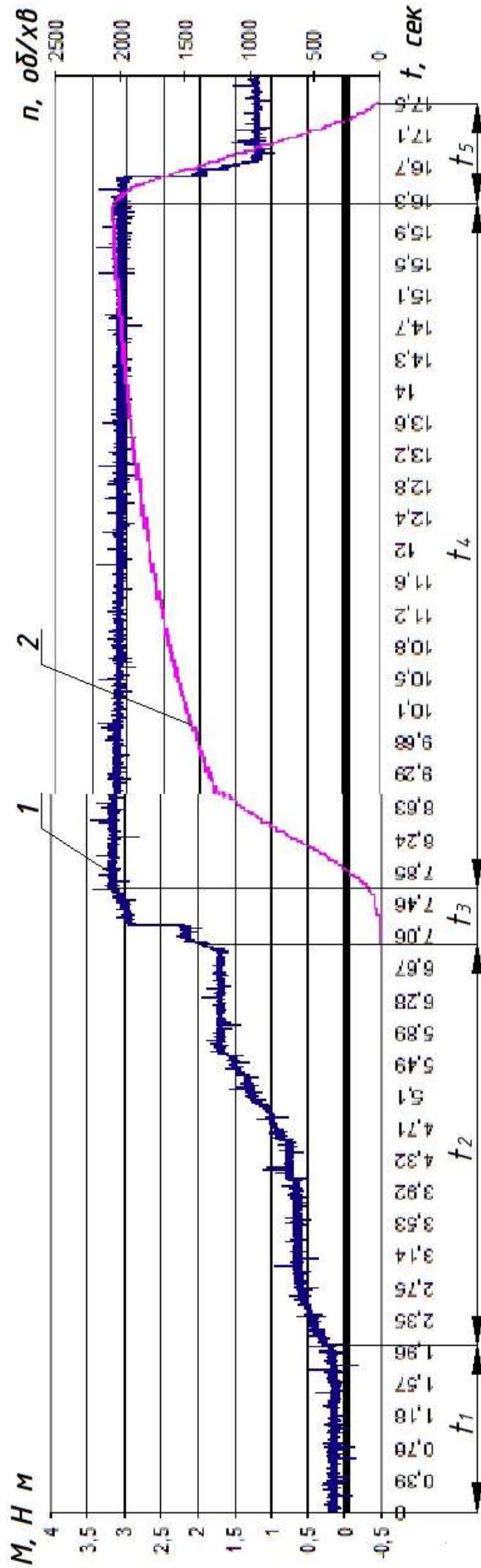
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------



1 – крутний момент; 2 – частота обертання.

Рисунок 4.2 – Графічна залежність частоти обертання та крутного моменту від часу

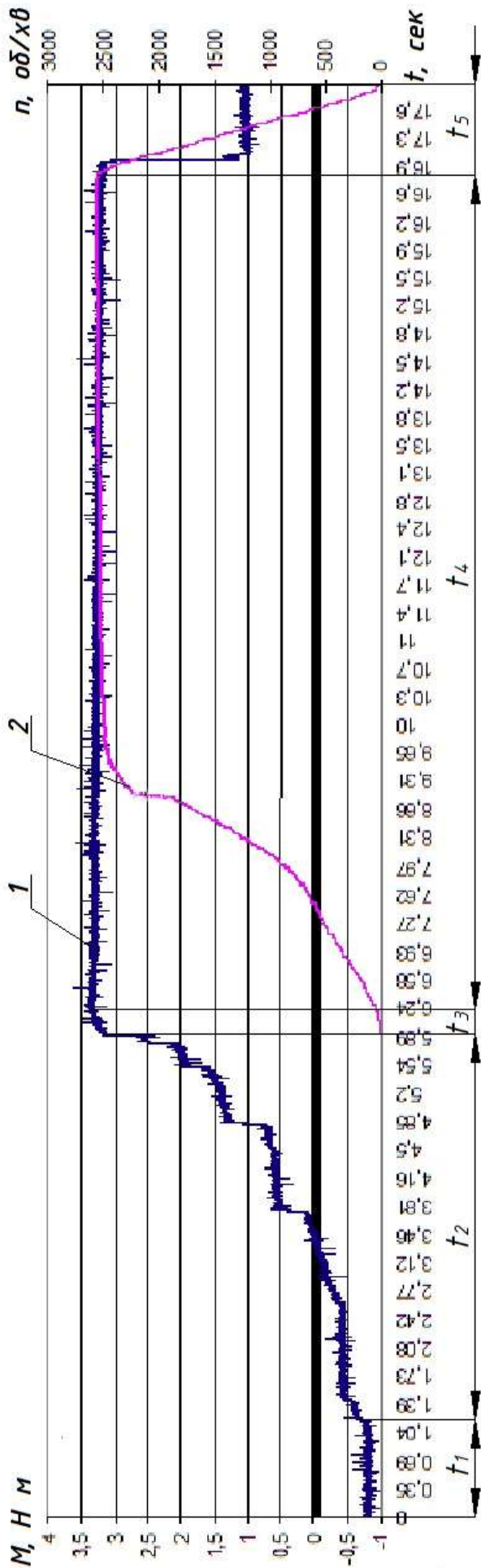
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------



1 – крутний момент; 2 – частота обертання.

Рисунок 4.3 – Графічна залежність частоти обертання та крутного моменту від часу

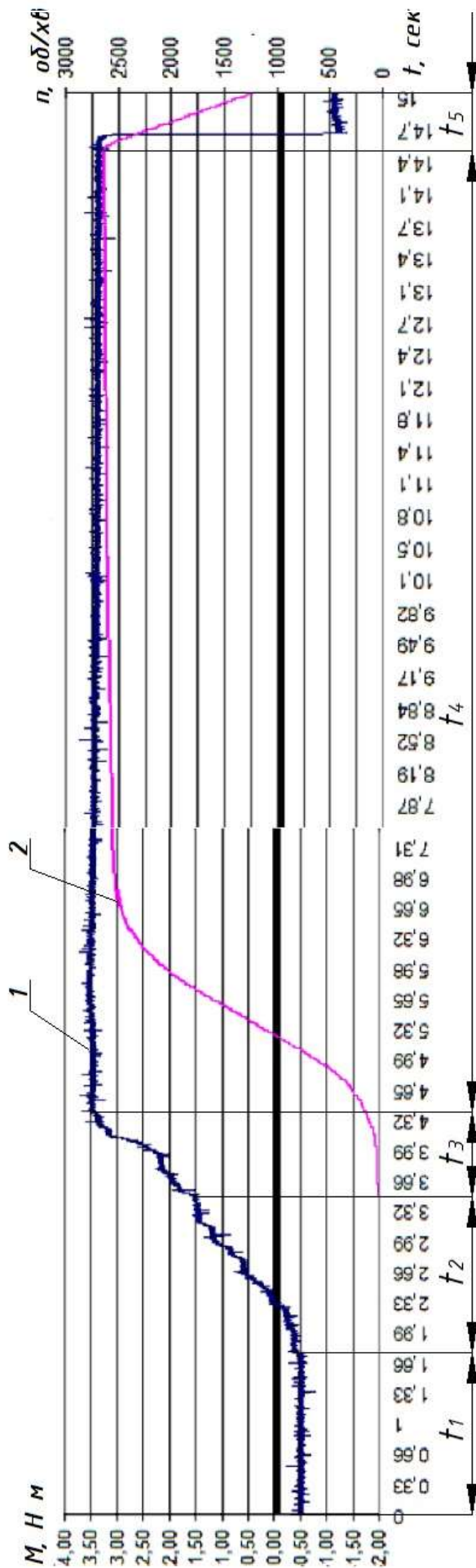
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------



1 – крутний момент; 2 – частота обертання.

Рисунок 4.4 – Графічна залежність частоти обертання та крутного моменту від часу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------



1 – крутний момент; 2 – частота обертання.

Рисунок 4.5 – Графічна залежність частоти обертання та крутного моменту від часу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

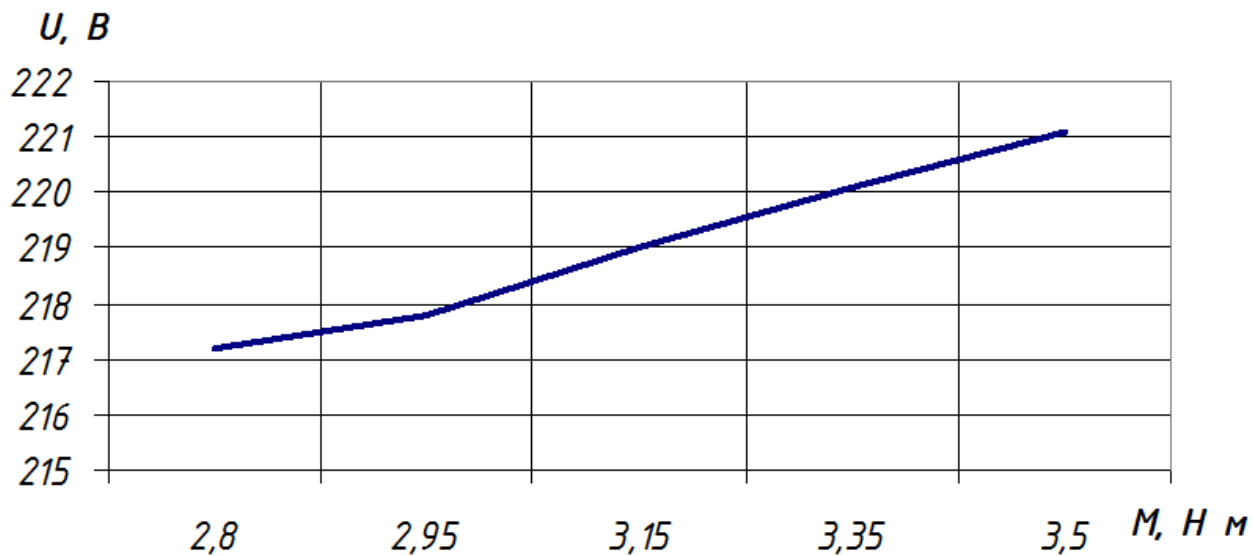


Рисунок 4.6 – Графічна залежність зміни напруги від крутного моменту

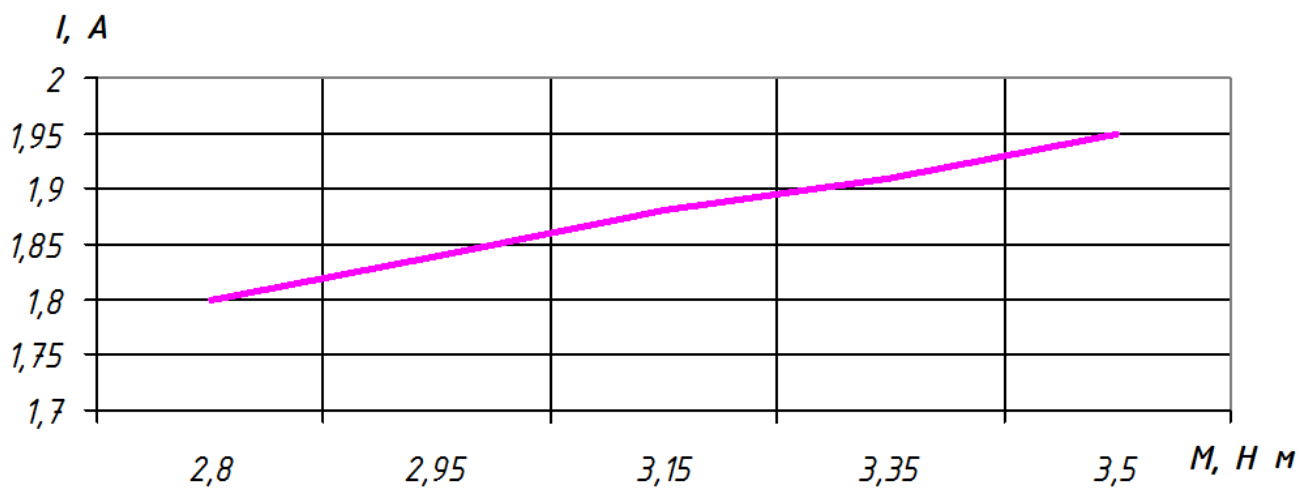


Рисунок 4.7 – Графічна залежність зміни сили струму від крутного моменту

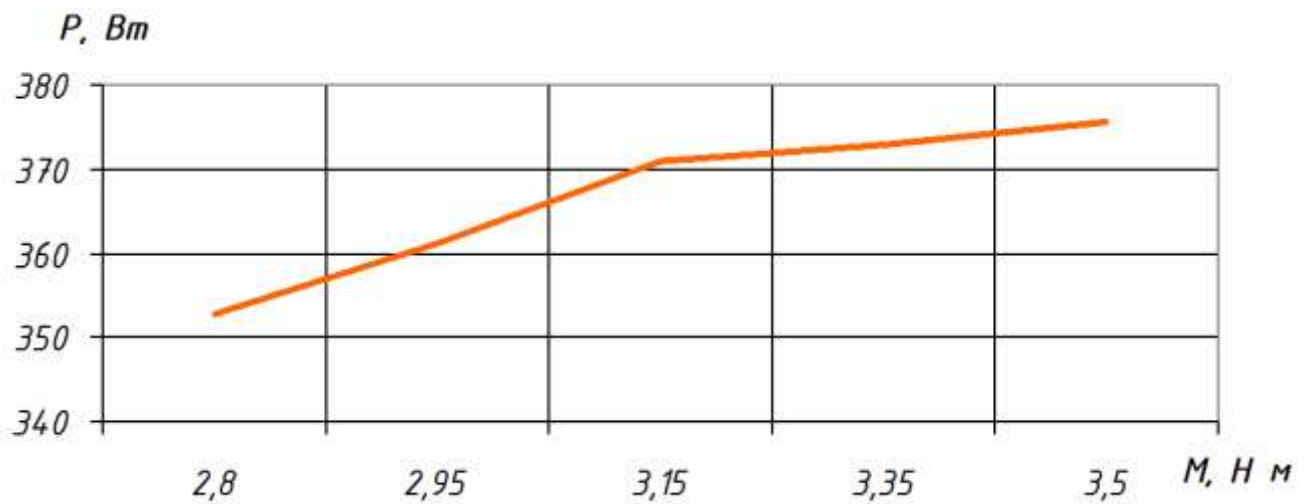


Рисунок 4.8 – Графічна залежність зміни потужності від крутного моменту

4.4 Висновки до четвертого розділу

Експерименти з використанням спеціально створеної дослідницької установки для вивчення функціонування індивідуального фрикційного приводу швейної машини були проведені і виявили, що з підвищенням крутного моменту спостерігається пропорційне зростання напруги, сили струму та ефективності фрикційного електричного приводу.

ВИСНОВКИ

У першій частині даної магістерської дисертації був проведений аналіз сучасних приводів швейних машин, включаючи детальний опис вимог до електроприводів. Також представлено конструкції стендів для вивчення фрикційних електроприводів швейних машин та описано їх робочі принципи і цикли.

Друга частина роботи зосереджена на розробці математичної моделі рухових рівнянь для активних і пасивних частин електроприводу, особливо при їх проковзуванні в фрикціоні. Описано розрахунки опору та інерційного моменту приводу, а також рівняння для визначення часу розгону та гальмування.

Третій розділ присвячений розробці експериментального стенду для дослідження фрикційного електроприводу швейних машин, вибору об'єкта дослідження та інструментарію для вимірювань. Також наводиться детальний опис принципів роботи стенду.

В четвертій частині представлено результати експериментальних досліджень, включаючи графічні залежності частоти обертання та крутного моменту від часу, а також зміни напруги, сили струму та потужності відповідно до величини крутного моменту. Експериментально було підтверджено, що фрикційний електропривод працює у п'яти різних режимах, і що при низькому крутному моменті $M_{\phi} < M_C$ відбувається проковзування фрикційних напівмуфт, що негативно впливає на прискорення приводу.

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Манойленко О.П., Рубанка М.М., Домашенко В.В. Визначення конструктивних параметрів швейної машини для виконання стібків 101 та 301 кл. VI Міжнародна науково-практична конференція «Мехатронні системи: інновації та інжиніринг».

2. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків: Навч. посібник – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 196 с.

3. Колб А. А, Колб А. А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп. –Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 540 с.

4. Солоня О. В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування. Навчальний посібник / О.В. Солоня, І.М. Купчук. – 2-ге вид., допов. і перероб. – Вінниця: ВНАУ, 2019. 249 – с.

5. Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, 18-19 жовтня 2022 р. – Хмельницький : ХНУ, 2022. – 378 с.

6. Павленко Т. П. Автоматизований електропривод загальнопромислових механізмів. Конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка) / Т. П. Павленко, О. В. Донець, О. М. Петренко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-в ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 132 с.

7. Муфти [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://surl.li/ooiut>

8. Муфти. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Автоматизовані логістичні системи» / 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», спеціалізацій: «Літаки та вертольоти», «Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем» КПІ ім. Ігоря Сікор-

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ського; уклад. О.Г. Архипов, Ю.П. Горбатенко, О.П. Мариношенко, Н.І. Галабурда.– електронні текстові дані (1 файл: 26,8 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 204 с.

9. Деталі машин : Навчальний посібник / Г.М. Борозенець, В.М. Павлов., І. В. Семак. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 220 с.

10. Бондаренко В.І. Основи електричного привода. Навчальний посібник. Основи електричного привода. Запоріжжя ЗНТУ, 2003. – 314 с.

11. Тенденції розвитку легкої промисловості України. Причорноморські економічні студії. Випуск 48-1. 2019. – С.196-198.

12. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків. Навч. посібник. - Львів: Львівська політехніка, 2006. - 196 с

13. А.А. Видмиш, Л.В. Ярошенко. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. / Навчальний посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 387 с.

14. Проектування електричних машин : навч. посіб. / Д.В. Циценков, О.Б. Іванов, О.В. Бобров, В.В. Кузнецов, В.В. Артемчук, М.О. Баб'як ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2020. – 408 с.

15. Методичні вказівки до самостійної роботи / Упорядник: проф. Рябчиков М.Л., – Харків: УПА, 70 с.

16. Основи вимірювань і випробувань. Конспект лекцій / Укладачі: С. М. Гетманець, Д. В. Степанов – К.: НТУУ «КПІ», 2013. 41 –с.

17. Методи та засоби вимірювань: Методичні рекомендації до лабораторних робіт / Укл.: І.В. Фесів, О.В. Кінзерська, О.І. Курек, В.І. Кривецький Чернівці : Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, 2022. – 25 с.

18. Вимірювання крутного моменту [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://galp.com.ua/equipment-03>.

19. М.Є. Скиба, С.В. Смутко, В.І. Онофрійчук, О.С. Поліщук Методичні вказівки до виконання дипломного проекту. Для студентів спеціальностей “Обладнання легкої промисловості та побутового обслуговування”, “Електропобутова техніка”.Частина 1 /– Хмельницький: ХНУ, 2008. – 163 с.

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Вимірювальні датчики [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://omron.com.ua/ru/catalog/sistemy-kontrolia-kachestva/izmeritelnye-datchiki>.

21. Луценко Г.В. Програмні засоби national instruments у навчанні основ ідентифікації об'єктів автоматизації студентів-інженерів. Інформаційні технології і засоби навчання, 2018, Том 63, №1. С. 146-161.

22. Петрова О. О. Моделювання схем в програмному середовищі Electronic Workbench : навч. посібник / О. О. Петрова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 128 с.

23. Методичні вказівки для виконання курсового та дипломного проектування [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/navchannja/dyplomuvannja-ta-kursove-proektuvannja/metodychni-vkazivky-dlja-vykonannja-kursovoho-ta-dyplomnoho-proektuvannja/>

24. Як зробити електродвигун своїми руками [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://poradum.com/tehnika/yak-zrobiti-elektrodvigun-svo-mi-rukami-kolekturni-modeli-osoblivosti-instrukciya-z-konstruyuvannya.html>

25. Павленко Т.П. Дослідження електричних машин і апаратів: Лабораторний практикум з курсу «Електричні машини і апарати» для студентів електротехнічних спеціальностей / Т.П. Павленко , В.І. Мілих , В.П. Шайда. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – 215с.

26. Сорока К.О., Личов Д.О. Моделювання електромеханічних систем. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи. – Харків: ХНАМГ, 2007. - 51 с.

27. Налобіна О.О., Бевза Г.Т., Бедь Ю.М., Лащ Н.В., Лощиніна О.І. Швейне обладнання. Аналіз розвитку та перспективи ринку. Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Луцьк, 2009. Випуск №26. С.200-204.

					<i>МРМА23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					<i>MPMA23.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						86
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		