

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Розробка стенду для дослідження шурупверта

Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

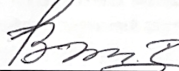
Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
4 курсу групи ЕТ-20-1


Підпис


Жосан С.Е.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

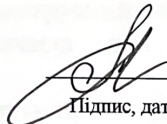
ст. викл. Залізецький А.М.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата


Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

17 06 2024р.

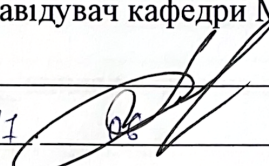
Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень бакалавр
Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС


11 _____ .2024

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Жосан Сергій Едуардович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка стенду для дослідження шурупверта**
керівник роботи **Залізецький А.М., старший викладач**

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

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру МАЕЕС
3. Вихідні дані до роботи: **технічні характеристики шурупвертів та стендів-аналогів для їх дослідження.**
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
- 1 **Огляд та аналіз існуючих конструкцій колекторних машин**
- 2 **Розробка конструкції стенда для дослідження універсальних колекторних двигунів**
- 3 **Розрахунки, що підтверджують працездатність стенду для дослідження універсальних колекторних двигунів**
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
Аркуш 1. Шурупверти. Док. оглядовий (A1). Аркуш 2. Основні деталі та вузли шурупверта. Документ технологічний (A1). Аркуш 3. Стенд для дослідження шурупверта. Вид загальний (A1). Аркуш 4. Стенд для дослідження шурупверта. Схема принципова комбінована (A2). Аркуш 5. Стенд для дослідження шурупверта. Документ ілюстраційний (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

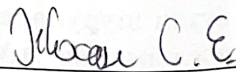
7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

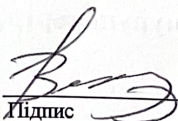
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд та аналіз існуючих конструкцій колекторних машин	01.06.23р.	
2 Розробка конструкції стенда для дослідження універсальних колекторних двигунів	07.06.23р.	
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність стенду для дослідження універсальних колекторних двигунів	17.06.23р.	
4 Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	21.06.23р.	

Студент


Підпис


Ініціали, прізвище

Керівник роботи

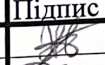
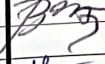
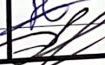


Підпис

Ініціали, прізвище

ЗМІСТ

		стор.
	Вступ	5
1	Огляд та аналіз існуючих конструкцій колекторних машин	7
1.1	Основні відомості про універсальні колекторні електричні машини	7
1.2	Огляд та аналіз існуючих конструкцій шуруповертів	19
1.3	Висновки до першого розділу	34
2	Розробка конструкції стенда для дослідження універсальних колекторних двигунів	36
2.1	Основні вузли та деталі шуруповерта	36
2.2	Обмотки якорів універсальних колекторних машин	37
2.3	Розробка основних вузлів та деталей для виготовлення експериментального стенда	39
2.4	Розробка електричної схеми дослідження універсального колекторного двигуна шуруповерта	41
2.5	Фото стенду для дослідження електроінструменту	42
2.6	Вибір електричних приладів для дослідження шуруповерта	43
2.7	Висновки до другого розділу	47
3	Розрахунки, що підтверджують працездатність стенду для дослідження універсальних колекторних двигунів	48
3.1	Розрахунок універсального колекторного електричного двигуна шуруповерта	48
3.2	Висновки до третього розділу	58
	Висновки	59
	Перелік джерел посилання	60
	Додатки	62

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Жосан			Розробка стенду для дослідження шуруповерта	б		62
Перевір.		Залзецький					4	
Н.контр.					ХНУ гр.ЕТ-20-1			
Затвер.		Поліщук						

ВСТУП

Шуруповерт є одним із найбільш поширених і незамінних інструментів у будівельних, ремонтних та виробничих процесах. Його функціональність, продуктивність і надійність безпосередньо впливають на ефективність роботи, якість виконаних завдань та безпеку працівників. Тому виникає потреба у детальному дослідженні та тестуванні цих інструментів для забезпечення їх максимальної продуктивності та довговічності. Один із найефективніших способів реалізації цього завдання - розробка спеціалізованого стенду для дослідження шуруповерта.

Шуруповерти відрізняються за потужністю, ергономікою, типом живлення (акумуляторні або мережеві), швидкістю обертання та іншими характеристиками. Усі ці параметри потребують стандартизації та ретельного тестування для забезпечення відповідності інструментів вимогам безпеки та ефективності. Розробка стенду для дослідження шуруповерта дозволить створити стандартизовані умови для тестування, що сприятиме підвищенню якості продукції на ринку.

Інновації в області акумуляторних технологій, матеріалознавства та електроніки відкривають нові можливості для покращення шуруповертів. Відповідно, виникає необхідність створення стенду, який би міг моделювати різні умови експлуатації та дозволяв тестувати нові технічні рішення. Це включає вивчення ефективності нових двигунів, систем керування та акумуляторів. Такі дослідження сприятимуть впровадженню нових технологій та підвищенню конкурентоспроможності продукту.

Безпека працівників є пріоритетним завданням у будь-якій галузі. Шуруповерти, що використовуються в будівельних і ремонтних роботах, повинні відповідати високим стандартам безпеки. Тестування на спеціалізованому стенді дозволить виявити можливі дефекти та недоліки конструкції, які можуть впливати на безпеку використання інструменту. Тому

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

розробка такого стенду є необхідною для забезпечення високого рівня безпеки та надійності шуруповертів.

Точне тестування та дослідження характеристик шуруповерта на спеціалізованому стенді дозволяє виробникам оптимізувати процес виробництва, знижувати кількість дефектів і мінімізувати повернення неякісної продукції. Це сприяє зменшенню витрат на гарантійне обслуговування та підвищенню задоволеності клієнтів. У довгостроковій перспективі використання такого стенду сприятиме підвищенню економічної ефективності виробництва та збільшенню рентабельності компаній.

Розробка стенду для дослідження шуруповерта є актуальним і необхідним завданням у сучасних умовах розвитку індустрії будівельних та ремонтних інструментів. Це забезпечить стандартизацію, підвищення якості та безпеки продукції, сприятиме впровадженню нових технологій та інновацій, а також підвищить економічну ефективність виробництва.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ КОЛЕКТОРНИХ МАШИН

1.1 Основні відомості про універсальні колекторні електричні машини

Характерною ознакою колекторних електричних машин є наявність колектора – механічного перетворювача змінного струму в постійний і навпаки. Потреба у такому перетворювачі пояснюється тим, що в обмотці якоря електричної колекторної машини повинен протікати змінний струм. Це необхідно для безперервного процесу електромеханічного перетворення енергії в машині [1].

На рисунку 1.1 представлена спрощена модель електричної колекторної машини. Між полюсами N і S постійного магніту розташована обертова частина генератора – якір, вал якого через шків та пасову передачу механічно з'єднаний із приводним двигуном (на рисунку не показаний), що є джерелом механічної енергії.

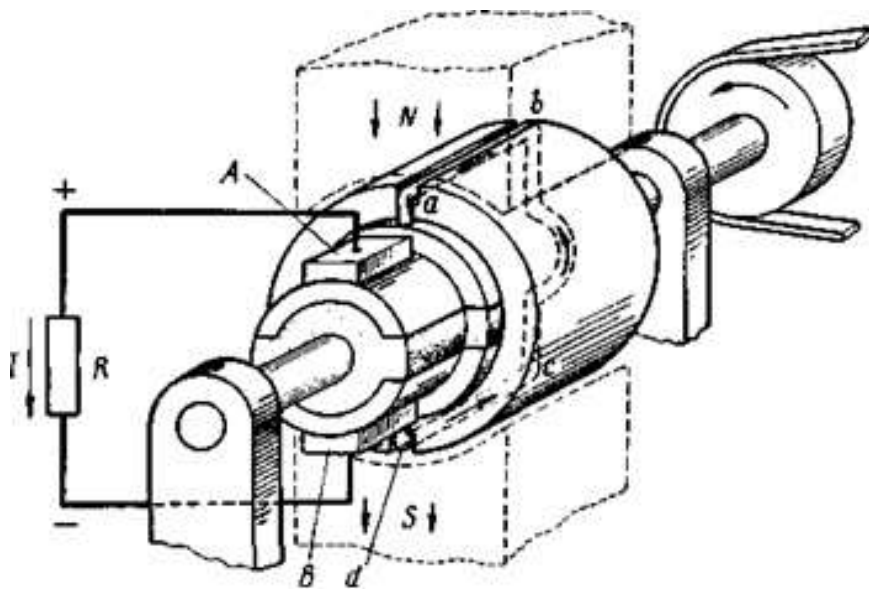


Рисунок 1.1 – Спрощена модель електричної колекторної машини

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
7

У двох поздовжніх пазах на осерді якоря розташована обмотка у вигляді одного витка $abcd$, кінці якої під'єднані до двох мідних ізольованих напівкілець, що утворюють найпростіший колектор. На поверхню колектора накладені щітки A і B , що забезпечують ковзний контакт з колектором і з'єднують генератор із зовнішнім колом, до якого підключене навантаження з опором R .

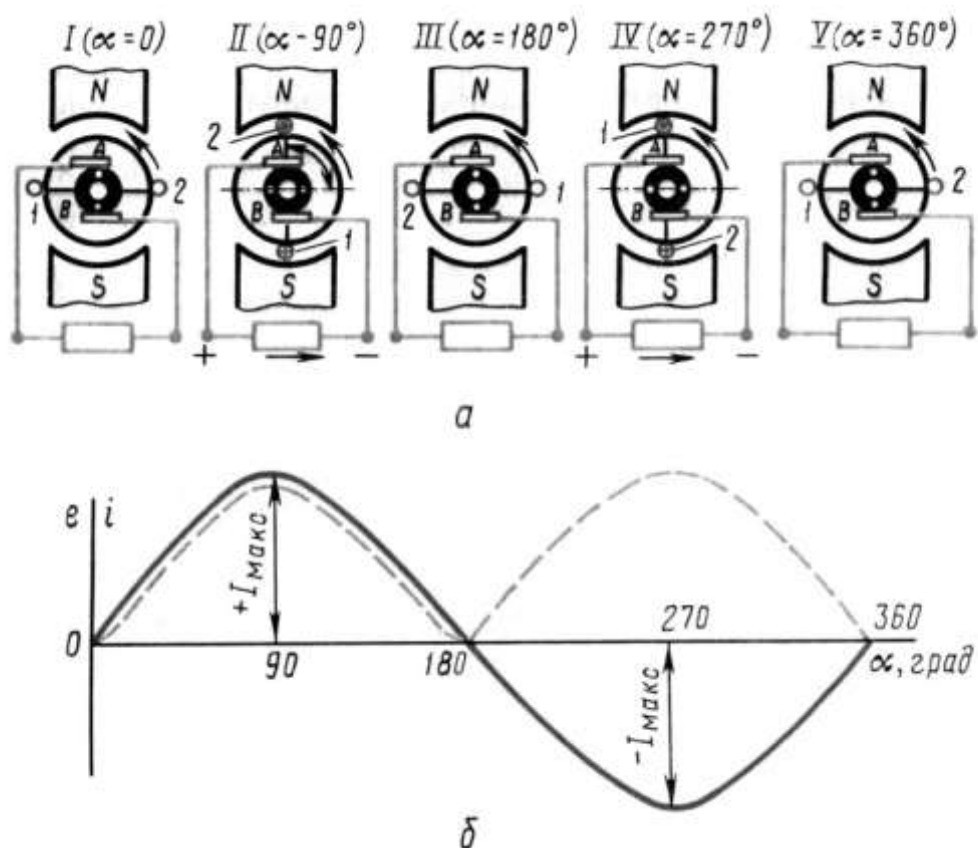
Приводний двигун обертає якір електричної колекторної машини проти годинникової стрілки. У витку на якорі, який обертається в магнітному полі постійного магніту, наводиться електрорушійна сила (ЕРС), миттєве значення якої $e = 2Blv$. Напрямок цієї ЕРС для положення якоря, зображеного на рис.1.1, показано стрілками.

Під час роботи електричної колекторної машини якір обертається, і виток $abcd$ займає різні просторові положення, через що в обмотці якоря наводиться змінна електрорушійна сила. Якби в машині не було колектора, то струм у зовнішньому колі (в навантаженні R) був би змінним. Проте за допомогою колектора та щіток змінний струм обмотки якоря перетворюється на пульсуючий струм у зовнішньому колі, тобто струм, незмінний за напрямком. У положенні витка якоря, показаному на рис. 1.1, струм у зовнішньому колі (в навантаженні) спрямований від щітки A до щітки B ; таким чином, щітка A є позитивною, а щітка B - негативною. Після повороту якоря на 180° (рис. 1.2, а) напрямок струму у витку якоря зміниться на протилежний, але полярність щіток і напрямок струму у зовнішньому колі залишаться незмінними (рис. 1.2).

Це відбувається тому, що в момент зміни напрямку струму у витку якоря відбувається зміна колекторних пластин під щітками. Таким чином, під щіткою A завжди буде пластина, з'єднана з провідником, що знаходиться під північним магнітним полюсом, а під щіткою B - пластина, з'єднана з провідником під південним полюсом. Завдяки цьому полярність щіток генератора залишається незмінною незалежно від положення витка якоря. Пульсації струму в зовнішньому колі значно зменшуються при збільшенні кількості витків в

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

обмотці якоря, їх рівномірному розподілі по поверхні якоря та відповідному збільшенні кількості пластин у колекторі.



а – ЕРС і струм в обмотці якоря двигуна; б – ЕРС і струм у зовнішньому колі електричної колекторної машини;

Рисунок 1.2 – Принцип дії універсальної електричної колекторної машини:

Згідно з принципом зворотності електричних машин, спрощену модель універсальної електричної колекторної машини можна використовувати як двигун постійного струму [2]. Для цього потрібно від'єднати навантаження R та підключити до щіток машини напругу від джерела постійного струму. Наприклад, якщо до щітки А підключити "плюс", а до щітки В - "мінус", то в обмотці якоря з'явиться струм I. Взаємодія цього струму з магнітним полем постійного магніту створить електромагнітні сили, які створюють електромагнітний момент M і обертають якор проти годинникової стрілки.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Після повороту якоря на 180° електромагнітні сили не змінять свого напрямку, оскільки одночасно з переходом кожного провідника обмотки якоря із зони одного магнітного полюса в зону іншого полюса в цих провідниках змінюється напрям струму.

Таким чином, призначення колектора і щіток у електричному двигуні постійного струму полягає у зміні напрямку струму в провідниках обмотки якоря при їх переході із зони магнітного полюса однієї полярності в зону полюса іншої полярності.

Розглянута спрощена модель електричної колекторної машини не забезпечує двигуну постійної роботи, оскільки при проходженні провідниками обмотки якоря через геометричну нейтраль np' (рис. 1.3) електромагнітні сили $F_{em} = 0$ (магнітна індукція всередині меж полюсного простору дорівнює нулю). Проте, зі збільшенням кількості провідників в обмотці якоря (при рівномірному їх розподілі на поверхні якоря) і числа пластин колектора обертання якоря двигуна стає стійким і рівномірним.

Електричні колекторні машини, які використовуються в різних галузях, можуть мати різну конструкцію, але загальна схема машин однакова. Нерухома частина електричної машини постійного струму називається статором, а частина, що обертається, – якорем (рис. 1.3).

Статор складається зі станини (8) і головних полюсів (6). Станина (8) слугує для кріплення полюсів і підшипникових щитів та є частиною магнітопроводу, через який замикається магнітний потік машини. Станину виготовляють зі сталі – матеріалу з достатньою механічною міцністю і великою магнітною проникністю. В нижній частині станини є лапи (11) для кріплення машини до фундаментної плити, а по периметру станини розташовані отвори для кріплення осердя головних полюсів (6). Зазвичай, станину виготовляють цільною зі сталевих труби або зварюють з листової сталі, за винятком електромашин з дуже великим зовнішнім діаметром, у яких станину роблять роз'ємною для полегшення транспортування і монтажу машини.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

Головні полюси призначені для створення магнітного поля збудження в електромашині. Головний полюс складається з осердя (6) і полюсної котушки (7). З боку, що звернений до якоря, осердя полюса має полюсний наконечник, який забезпечує необхідний розподіл магнітної індукції в зазорі машини. Осердя головних полюсів виготовляють із шихтованої листової конструкційної сталі товщиною 1–2 мм або з тонколистової анізотропної електротехнічної холоднокатаної сталі, наприклад, марки 3411. Штамповані пластини головних полюсів не ізолюють спеціально, оскільки тонка плівка оксиду на їхній поверхні достатня для значного зменшення вихрових струмів, що наводяться в полюсних наконечниках через пульсації магнітного потоку, викликані зубчастістю осердя якоря. Анізотропна сталь має збільшену магнітну проникність вздовж прокату, що враховується при штампуванні пластин і їх збиранні в пакет. Знижена магнітна проникність поперек прокату сприяє послабленню реакції якоря і зменшенню потоку розсіювання головних і додаткових полюсів.

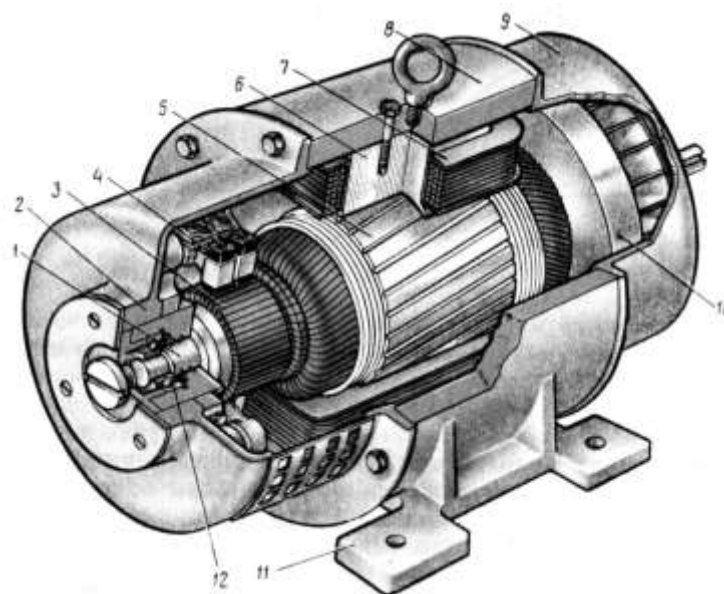


Рисунок 1.4 – Будова електричної колекторної машини

Якір електричної колекторної машини (рис. 1.4) складається з валу (1), осердя (5) з обмоткою та колектора (3). Осердя якоря має шихтовану

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
11

конструкцію і складається зі штампованих пластин тонколистової електротехнічної сталі. Пластини покривають ізоляційним лаком, збирають у пакет і запікають. Готове осердя запресовують на вал якоря двигуна. Така конструкція осердя дозволяє значно зменшити вихрові струми, що виникають під час перемагнічування осердя в процесі обертання в магнітному полі. На поверхні осердя є поздовжні пази, в які вкладають обмотку якоря [3].

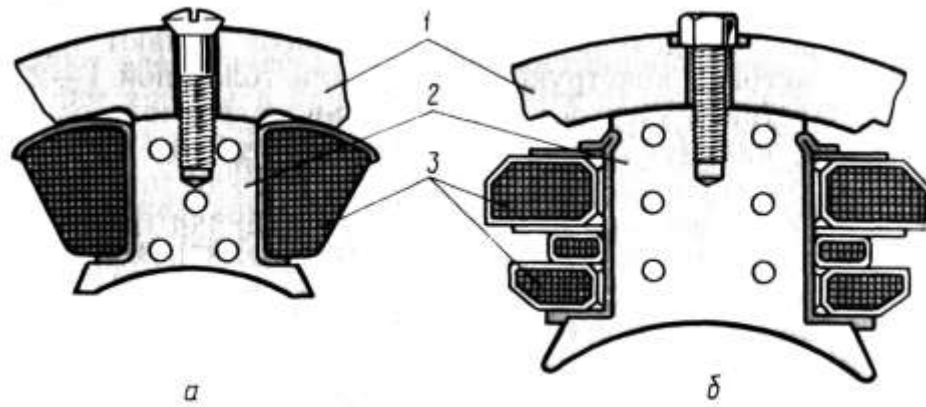
Обмотка виконується з мідного дроту прямокутного або круглого перерізу. Після заповнення пазів якоря дротами обмотки їх, як правило, закривають клинами (текстолітовими або гетинаксовими). У деяких машинах пази не закривають клинами, а накладають на поверхню якоря спеціальний бандаж. Цей бандаж виготовляють з дроту або склоплівки з попереднім натягом. Лобові частини обмотки якоря фіксують до тримача обмотки за допомогою цього бандажа.

Колектор (3) є одним із найскладніших вузлів електричної машини постійного струму. Основні елементи колектора складаються з пластин трапецеїдального перетину, виготовлених з твердо тягнутої міді, зібраних таким чином, що колектор набуває циліндричної форми.

У колекторних машинах невеликої потужності полюсні котушки виготовляють безкаркасними – обмотувальний мідний провід намотують безпосередньо на осердя полюса, попередньо наклеївши на нього ізоляційну прокладку (рис. 1.5, а).

У більшості машин (потужністю 1 кВт і більше) полюсну котушку виготовляють каркасною. Обмотувальний провід намотують на каркас (як правило, пластмасовий), а потім надягають на осердя полюса (рис. 1.5, б). У деяких конструкціях машин полюсну котушку для більш інтенсивного охолодження поділяють по висоті на частини, між якими залишають вентиляційні канали.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



1 – станина; 2 – осердя полюса; 3 – полюсна котушка

Рисунок 1.5 – Головні полюси з без каркасною (а) і каркасною (б) полюсними котушками

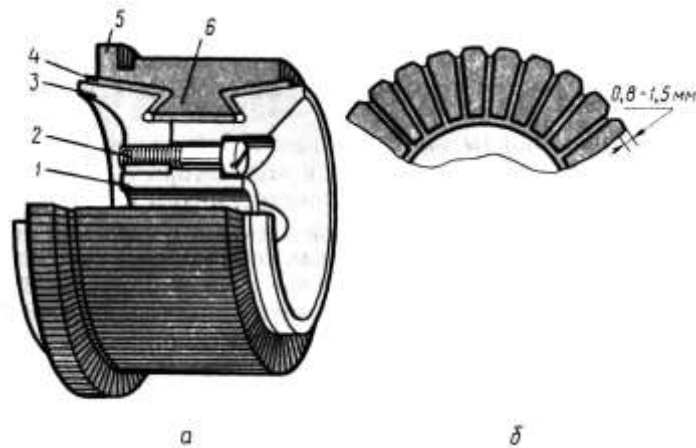


Рисунок 1.6 – Будова колектора з конусними шайбами

Залежно від способу закріплення колекторних пластин, виділяють два основних типи колекторів:

- зі сталевими конусними шайбами;
- на пластмасі.

На рис. 1.6 представлено конструкцію колектора зі сталевими конусними шайбами. Нижня частина колекторних пластин (6) має форму «ластівчиного хвоста». Після складання колектора ці частини пластин затискаються між сталевими шайбами (1) і (3) і ізолюються від

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
13

мідних пластин ізоляційними міканітовими манжетами (4). Конусні шайби стягуються гвинтами (2). Між мідними пластинами розташовані міканітові ізоляційні прокладки.

В процесі роботи машини робоча поверхня колектора поступово стирається щітками. Щоб міканітові прокладки не виступали над робочою поверхнею колектора, що могло б викликати вібрацію щіток і порушення роботи машини, між колекторними пластинами фрезеруються пази (доріжки) на глибину до 1,5 мм (рис. 1.6, б).

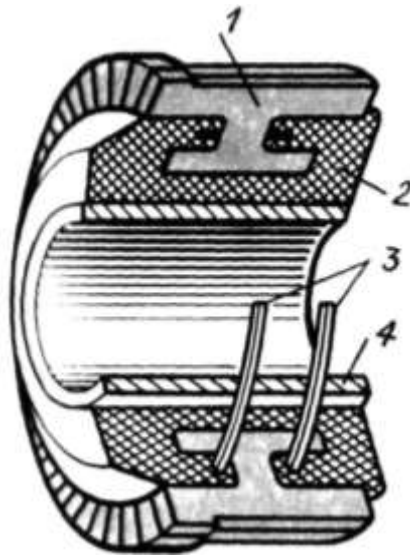


Рисунок 1.7 – Будова колектора на пластмасі

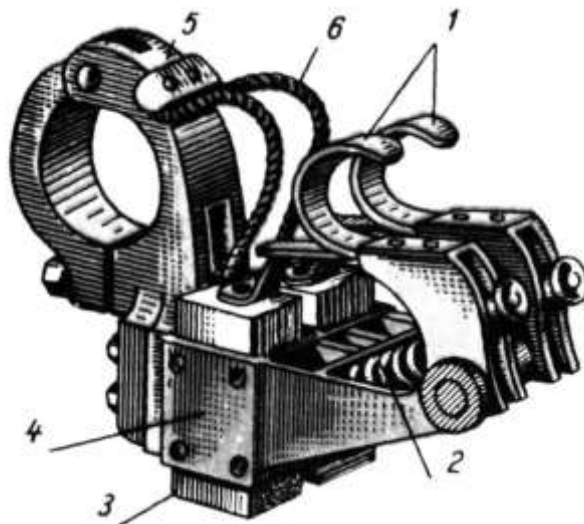


Рисунок 1.8 – Щікотримач (подвійний) електричної колекторної машини

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
14

Верхня частина (5) колекторних пластин (рис. 1.6, а), названа "півником", має вузький подовжній паз, в який закладаються провідники обмотки якоря і ретельно припаюються.

В електричних колекторних машинах малої потужності часто використовуються колектори на пластмасі, що відрізняються простотою у виготовленні. Набір міканітових і мідних пластин у такому колекторі втримується пластмасою, запресованою в простір між набором пластин і сталеву втулкою, які утворюють корпус колектора. Для збільшення міцності колектора іноді цю пластмасу (2) армують сталевими кільцями (3) (рис. 1.7). В цьому випадку міканітові прокладки мають більші розміри, ніж мідні пластини, щоб виключити замикання пластин армуючими сталевими кільцями (3) та сталеву втулкою (4).

Електричний контакт із колектором здійснюється за допомогою щіток, розташованих у щіткотримачах (4) (див. рис. 1.4).

Щіткотримач (рис. 1.8) складається з обойми (4), в яку розміщується щітка (3), курка (1), яка передає тиск пружини (2) на щітку. Щіткотримач закріплюється на пальці затискачем (5). Щітка комплектується гнучким тросиком (6) для підключення до електричного кола машини. Всі щіткотримачі однієї полярності з'єднані між собою збірними шинами, що підключені до виводів машини. Однією з основних умов надійної роботи машини є надійний і щільний контакт між щіткою та колектором. Тиск на щітку повинен бути відрегульований: надмірний тиск може викликати передчасне зношування щітки і перегрівання колектора, а недостатній тиск – іскріння на самому колекторі.

Окрім зазначених частин, електрична машина постійного струму має два підшипникових щити: передній (2) (з боку колектора) та задній (9) (рис. 1.4). У центральній частині щита є розточування під підшипник (12). На передньому підшипниковому щиті є оглядове вікно (люк) із кришкою, через яке можна оглянути колектор та щітки без розбирання машини. Кінці обмоток виведені на затискачі коробки виводів. Вентилятор (10) використовується для

самовентиляції машини: повітря надходить у машину, зазвичай з боку колектора, омиває нагріті частини (обмотки, колектор і осердя) і виходить з протилежної сторони через ґрати.

З розгляду принципу дії і будови електричної колекторної машини випливає, що неодмінним елементом такої машини, включеним між обмоткою якоря і зовнішньою мережею, є щітково-колекторний вузол, тобто механічний перетворювач роду струму. Таким чином, електричні колекторні машини складніші за безколекторні машини змінного струму (синхронні і асинхронні) і, отже, поступаються їм (особливо асинхронним машинам) у надійності та є більш вартісними.

Стандартні значення номінальних частот обертання електричних універсальних колекторних машин змінного струму – 1000, 1500, 2000, 3000, 5000, 8000, 10000, 12000, 15000, і 18000 хв. Для електричних універсальних колекторних машин під номінальною розуміють частоту обертання при змінному струмі. Колекторний електричний двигун змінного струму відрізняються від колекторного постійного струму тим, що їх магнітну систему (індуктор та якір) виконують шихтованою для зменшення втрат на гістерезис і вихрові струми.

В електричних колекторних двигунах змінного струму незалежного збудження обмотка збудження (ОЗ) та обмотка якоря (Я) під'єднуються паралельно джерелу живлення. Обмотка якоря (Я) має значно менший індуктивний опір, ніж обмотка збудження. Внаслідок цього струм I_a , що протікає в ній, випереджає по фазі струм збудження I_z , відповідно і магнітний потік Φ . Обертовий момент електричного двигуна залежить від впливу магнітного потоку на струм обмотки якоря. В момент часу, коли магнітний потік збудження та струм якоря співпадають по фазі (мають однакові напрями), електричний двигун розвиває позитивний обертовий момент. В момент часу, коли магнітний потік збудження і струм якоря не співпадають по фазі,

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

електричний двигун розвиває від'ємний обертовий момент, який є гальмівним. Результуючий обертальний момент буде дорівнює деякій середній величині M_{ϕ} .

У колекторних електричних двигунах послідовного збудження обмотка збудження (ОЗ) та обмотка якоря з'єднані послідовно [4]. Оскільки обмотка якоря підключена послідовно з обмоткою збудження, струм у них протікає синхронно, а отже, і магнітний потік Φ також збігається по фазі з цим струмом. Обертовий момент, що створюється електричним двигуном у будь-який момент часу, буде позитивним. Тому середній крутний момент $M_{ср}$, який розвиває електричний двигун при послідовному збудженні, вищий, ніж при незалежному збудженні. Саме тому електричні двигуни змінного струму з послідовним збудженням є найбільш поширеними. Вони мають нижчі енергетичні показники порівняно з електричними двигунами постійного струму через втрати на гістерезис і вихрові струми. У моменти, коли магнітний потік збудження і струм якоря не збігаються по фазі, електричний двигун розвиває негативний момент.

Під час роботи універсальних колекторних електродвигунів виникають такі специфічні явища, як вібрація та шум. Вібрація передається конструкцією електродвигуна до оточуючих деталей або частин, а шум поширюється навколишнім повітрям. Причини шуму та вібрації такі: – тертя щіток об колектор; – тертя в підшипниках; – коливання частин електродвигуна під дією змінних електромагнітних сил, викликаних зубчастою структурою повітряного зазору; – надмірне насичення магнітної системи тощо.

Для оцінювання шуму використовується середній рівень звуку А на відстані 1 м від контуру електродвигуна. За рівнем шуму електродвигуни малої потужності до 550 Вт поділяються на 4 класи: I, II, III, IV. Колекторні електродвигуни відносяться до класу I.

Класифікацію електричних колекторних двигунів за рівнем шуму наведено в табл. 1.1.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		17

Таблиця 1.1 – Класифікація електричних колекторних двигунів по рівню шуму

Частота обертання, хв	Класи по рівню шуму			
	I	II	III	IV
1	2	3	4	5
До 1000 включно	64	59	54	49
1000 – 1500	68	63	58	53
1500 – 2200	70	65	60	55
2200 – 3000	71	66	61	56
3000 – 4000	75	70	65	60
2000	70	65	60	55
Універсальні колекторні				
3000	71	66	61	56
5000, 8000	75	70	65	60
12000, 15000	80	75	70	65
18000	83	78	73	68

Для оцінки вібрації встановлено вісім класів по величині допустимої ефективної вібраційної швидкості $V_{ef.дод.}$. Дані класи представлені в табл.1.2.

Таблиця 1.2 – Класи допустимої ефективної вібраційної швидкості

Клас	1	2	3	4	5	6	7	8
$V_{ef.дод.}$	0,28	2,45	0,7	1,1	1,8	2,8	4,5	7

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
18

1.2 Огляд та аналіз існуючих конструкцій шурупвертів

Шурупверт – це ручний електроінструмент з можливістю регулювання крутного моменту або глибини загвинчування, призначений для закручування та відкручування саморізів, шурупів, гвинтів, дюбелів та інших кріпильних виробів, а також свердління отворів у різних матеріалах [6].

Для роботи з гвинтами і шурупами використовуються змінні насадки з різними наконечниками викруток – біти, які являють собою стрижень зі сталі з уніфікованим шестигранником з одного боку і робочим кінцем, що вставляється у шліць кріпильного виробу, з іншого боку. Найпоширенішими видами шліців є хрестоподібні. У деяких видах промислового обладнання хвостовик має різьбу замість шестигранника.

Біти можуть встановлюватися безпосередньо в патрон (для цього підходять біти довжиною від 50 мм і більше), у біто тримач (для бітів стандартної довжини 25 мм) або, за наявності, у шестигранне заглиблення в шпинделі самого шурупверта.

Швидкість обертання шпинделя та крутний момент, який забезпечує шурупверт на цій швидкості, визначають потужність інструменту, що пропорційна напрузі акумулятора. Для збільшення крутного моменту в моделях з низькою напругою застосовуються редуктори зі збільшеним передавальним відношенням, проте при цьому знижується швидкість обертання. У шурупвертів, що підключаються до електричної мережі, крутний момент пропорційний вихідній потужності інструменту або потужності, що споживається з мережі.

Числові значення максимального крутного моменту наводяться з урахуванням повністю зарядженого акумулятора.

Регульований крутний момент. Муфта-регулятор крутного моменту дозволяє закручувати гвинти і шурупи з необхідним зусиллям, тим самим запобігаючи зриву різьби, сточуванню шліца і зношенню змінних головок. Як

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

правило, є 6 - 24 положень муфти-регулятора з різним ступенем сили для закручування або відкручування (цифрові позначення умовні і не збігаються з обертовим моментом, який вони вказують). Для свердління отворів передбачене крайнє положення муфти, при якому забезпечується максимальний крутний момент без обмежень.

Максимальна кількість обертів на холостому ході. Для закручування шурупів зазвичай достатньо 200 - 400 обертів за хвилину (об/хв), а для свердління отворів свердлами певних діаметрів потрібно до 1200 - 1500 об/хв. Зазвичай шуруповерти свердлять отвори в безударному режимі, але є моделі з ударним режимом свердління.

Кількість режимів швидкості обертання шпинделя може бути:

- один режим зі швидкістю обертання приблизно 0 - 800 об/хв на холостому ході;
- два режими з перемиканням приблизно з 0 - 400 об/хв на 0 - 1300 об/хв.

Перший режим в основному застосовується для закручування та відкручування, другий - для свердління отворів.

Примусове гальмування шпинделя. Використовується для зменшення вибігу шпинделя після відпускання кнопки-курка, щоб зупинка шпинделя відбувалася якомога ближче до моменту припинення натискання кнопки. Це дозволяє уникнути зайвого прокручування деталі, підвищуючи точність її встановлення. Функція гальмування особливо корисна, коли гвинт, шуруп або гайка закручуються не до кінця.

Гальмування зазвичай реалізується шляхом замикання електродвигуна на низькоомний резистор або просто коротким замиканням. Електродвигун, який обертається по інерції, працює в режимі генератора. Його кінетична енергія обертання перетворюється в електричну енергію, яка на активному опорі навантаження переходить у теплову і розсіюється в навколишнє середовище.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Блокування шпинделя. Функція блокування шпинделя запобігає його прокручуванню, якщо обертовий рух додається з боку затискного патрона. Це дозволяє зручно змінювати насадки в патроні, оскільки потрібно тримати патрон тільки однією рукою. Ця функція залежить від конструкції самого редуктора.

Реверс – це зміна напрямку обертання шпинделя для відкручування кріпильних виробів. У шуруповертах реверс зазвичай електронний, тобто перемикач здійснюється шляхом зміни електричної полярності. Для керування реверсом є двопозиційний перемикач поруч із кнопкою пуску, який може додатково мати функцію блокування кнопки від випадкового натискання при знаходженні перемикача в середньому положенні.

Регулювання швидкості обертання, якщо воно присутнє, здійснюється імпульсним перетворювачем з плавною зміною ширини керуючих імпульсів. Силова частина регулятора складається з швидкого електронного вимикача (порядку 1 кГц) та індуктивності обмотки електричного двигуна, що є невід'ємною частиною схеми.

Існують два основних види подачі живлення: від електричної мережі та від акумуляторної батареї. Перевага першого виду полягає в тому, що живлення від електромережі здешевлює інструмент і може бути зручнішим у місцях з доступом до розетки змінного струму, а також відсутністю обмеження через довжину дроту від інструменту до розетки. Показником потужності шуруповерта, що працює від електричної мережі, є потужність, що споживається, або вихідна потужність, яка вимірюється у ватах.

Перевагою другого виду живлення є мобільність і незалежність акумуляторних шуруповертів від наявності електричного живлення, а також відсутність ризику ураження електричним струмом. Недоліком є обмежений час роботи і потреба постійної підзарядки акумуляторної батареї. Наявність запасного акумулятора в комплекті дозволяє не переривати роботу на час зарядки: поки один акумулятор розряджається, інший заряджається. Незнімні

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

акумулятори зазвичай зустрічаються тільки у малопотужних шурупвертів - акумуляторних викруток. У решти шурупвертів акумулятор знімається з інструменту для підключення до зарядного пристрою.

Параметри акумуляторів для шурупвертів: – Напруга (3,6 - 36 вольт), яка визначає потужність електричного двигуна, величину крутного моменту, що може створити шурупверт, а також тривалість роботи від одного заряду. Середні значення напруги акумуляторних батарей складають 10,8 - 14,4 вольт. – Ємність (0,3 - 4 ампер-години [А·год]) впливає на тривалість роботи від одного заряду. Середнє значення ємності - 1,3 - 3 А·год.

Типи акумуляторних батарей можуть бути:

- нікель-кадмієвий,
- літій-іонний (сучасний тип акумулятора),
- нікель-метал-гідридний.

Напруга літій-іонних акумуляторних батарей становить 3,6 вольт, тоді як нікель-кадмієвих і нікель-метал-гідридних – 1,2 вольт, оскільки акумуляторний блок складається з окремих, послідовно з'єднаних елементів з певною напругою.

Шурупверт складається з корпусу у формі пістолета, електродвигуна, тріщалки, редуктора, патрона або тримача, кнопки керування і перемикача реверсу. Корпус редуктора може бути виготовлений з металевих сплавів, але частіше використовується пластмаса, що здешевлює виробництво і робить інструмент легшим. Деякі шестерні редуктора також можуть бути пластиковими. Металевий корпус редуктора витримує більші механічні навантаження і має кращий тепловідвід, ніж пластмасовий. Корпус шурупверта виготовляється з ударостійкої пластмаси.

Електродвигун створює обертовий момент, який для зниження частоти обертання та підвищення крутного моменту передається на планетарний редуктор. Патрон або тримач утримує магнітний біто тримач; в патрон також можуть бути встановлені свердла. Тріщалка забезпечує регулювання крутного моменту. При перевищенні моменту відбувається зрив тріщалки і патрон

зупиняється, що оберігає біту та головку гвинта або шурупа від пошкодження. Перемикач реверсу дозволяє швидко змінити напрямок обертання для закручування чи відкручування.

В шуруповертах зазвичай використовуються швидкозатискні патрони з пластмасовим корпусом, але внутрішній механізм патрона виготовлений зі сталі. Шуруповерт слід застосовувати лише за призначенням; його не можна використовувати як міксер або для свердління отворів великого діаметру.

Шуруповерти фірми Bosch

Багатофункціональність, надійність та перевірена часом якість – це те, що робить інструменти Bosch лідерами на ринку. Випускаючи будівельну та побутову техніку понад 100 років, компанія постійно вдосконалює свій асортимент. Шуруповерти Bosch не є винятком.

Професіонали високо оцінюють вироби цієї німецької фірми, виділяючи такі якості:

- витривалий мотор з високими показниками швидкості та крутного моменту;
- мала вага і компактний корпус, що полегшують роботу на висоті;
- можливість вибору режимів швидкості обертання.

Шуруповерти Bosch універсальні, вони можуть працювати як з деревом, так і з гіпсокартоном і пластиком. Окремі моделі, такі як GSB 14,4 V-LI Plus або GSB 10,8-2-LI, мають достатню потужність для свердління отворів у металі та камені. Щодо живлення, в асортименті є як мережеві шуруповерти, так і акумуляторні моделі.

Для прикладу розглянемо акумуляторний шуруповерт Bosch GSR 10.8-2-LI (рис.1.9, аркуш [БРМА24.00.00.000ДО]). Цей інструмент призначений для максимально продуктивної роботи. Він оснащений двошвидкісним редуктором з обертовим моментом 30 Н·м, що дозволяє працювати при швидкостях від 350 до 1300 обертів на хвилину [7].

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення точної та ефективної роботи, дріль-шуруповерт Bosch GSR 10.8-2-LI обладнаний гальмом електродвигуна, що є дуже зручним при серійному закручуванні шурупів. Крім того, інтегрований світлодіод для підсвічування робочої зони незамінний при роботі в умовах недостатнього освітлення.



Рисунок 1.9 – Акумуляторний шуруповерт Bosch GSR 10.8-2-LI

Компанія Hitachi є одним з провідних світових виробників техніки. Її продукція, включаючи комп'ютери, побутову техніку та генератори, відома своєю високою якістю збірки та довговічністю. Серед продукції Hitachi особливе місце займають шуруповерти. У каталозі компанії представлені моделі з різними джерелами живлення, потужністю, діаметром свердла тощо. Професійні шуруповерти цього бренду популярні завдяки стійкості до інтенсивних навантажень і тривалому терміну служби. Їх використовують як на великих будівельних об'єктах, так і в побуті. При виборі моделі важливо звертати увагу не лише на основні технічні характеристики, але й на вагу інструменту, від чого залежить зручність користування.

Акумуляторний шуруповерт Hitachi DS12DVF3-TA

Розглянемо акумуляторний шуруповерт Hitachi DS12DVF3-TA, зображений на рис.1.10 (аркуш [МРМА19.00.00.000ДО]). Цей акумуляторний

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

шуруповерт від японської компанії Hitachi дозволяє використовувати інструмент для свердління деревини (до 25 мм), сталі (діаметр отворів до 12 мм), а також для закручування шурупів по металу (6 мм) і дереву (5,8 x 63 мм) [8].



Рисунок 1.10 – Аккумуляторний шуруповерт Hitachi DS12DVF3-ТА

Модель оснащена потужним електричним двигуном із системою повітряного охолодження та двошвидкісним редуктором. Електронна система регулювання швидкості обертання дозволяє виконувати роботи в діапазоні швидкостей 0 – 350 / 0 - 1050 об/хв. Зручний курковий вимикач забезпечує повний контроль над роботою інструменту.

Технічні характеристики аккумуляторного шуруповерта Hitachi DS12DVF3-ТА:

- Тип живлення: нікель-кадмієвий акумулятор
- Швидкість обертання: 0 - 350 / 0 - 1050 об/хв
- Напруга живлення: 12 В
- Ємність акумуляторної батареї: 1.5 А·год
- Час зарядки: 0.5 год

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		25

- Тип патрона: швидкозатискний
- Діаметр патрона: 0,8 - 10 мм
- Регулювання крутного моменту: 22 рівні

Шуруповерти фірми FORTE

Вітчизняна компанія Forte пропонує інструменти європейської якості для професійних і домашніх майстрів. Завдяки доступним цінам, акумуляторні та мережеві шуруповерти FORTE є одними з найбільш популярних на українському ринку.

Досвідчені майстри високо цінують інструменти Forte, такі як LCD 1217-2 B2, CD 1213-2 B2 LI, DS 450 VR, за:

- Високі технічні параметри, які не поступаються продукції з Німеччини або США.
- Ергономічний дизайн і практичність, що дозволяють працювати навіть у важкодоступних місцях.
- Якісну збірку, яка робить інструмент безпечним і зручним у використанні.

Можливість швидкої зміни робочих насадок завдяки патрону.

Вибір швидкісного режиму дозволяє не тільки відрегулювати зусилля закручування або відкручування шурупів, але й захищає робочі частини від зношування і пошкодження. Змінюючи режим крутного моменту, майстри запобігають зриву різьби, зносу змінної головки або сточуванню шліца. Завдяки повзунковим перемикачам, майстер може безперервно регулювати напрямок обертання.

Акумуляторні шуруповерти комплектуються набором насадок та додатковим акумулятором, що дозволяє продовжувати роботу без перерви, навіть коли основний акумулятор розряджений. Інструменти українського виробника практичні та підходять для широкого спектру професійних і побутових кріпильних робіт, не поступаючись якістю європейським аналогам.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Наприклад, шуруповерт FORTE DS 450 VR, зображений на рис. 1.11 (аркуш [БРМА24.00.00.000ДО]), призначений для закручування шурупів та свердління отворів у дереві та металі [9]. Завдяки зручній рукоятці зі спеціальними накладками, робота з цим інструментом стає комфортною і легкою.



Рисунок 1.11 – Шуруповерт FORTE DS 450 VR

Завдяки швидкозатискному патрону забезпечується швидка та легка заміна насадок. Рукоятка оснащена упором для запобігання зісковзуванню руки під час роботи. Перемикання напрямку обертання здійснюється зручно та легко за допомогою спеціального повзункового перемикача. Модель також обладнана кільцем для вибору крутного моменту. Вимикач дреля і перемикач реверсу мають ергономічну форму, що забезпечує точний контроль виконуваних робіт.

Технічні характеристики шуруповерта FORTE DS 450 VR:

- живлення: електрична мережа,
- швидкість обертання: 700 об/хв,
- тип патрона: швидкозатискний,
- діаметр патрона: 10 мм,

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
27

- максимальний діаметр свердління: у сталі – 8 мм, у дереві – 15 мм,
- вага: 1,4 кг.

Шуруповерт фірми Зеніт.

Український виробник шуруповертів Зеніт залишається одним з лідерів на українському ринку. Їхні доступні акумуляторні і мережеві інструменти успішно виконують різноманітні професійні та побутові завдання. Завдяки потужному двигуну, ці шуруповерти можуть працювати як з більш м'якими матеріалами (включаючи дерево і гіпсокартон), так і з тонкими листами металу.

Серед конкурентів шуруповерти Зеніт виділяються низкою характеристик:

- можливість точного регулювання крутного моменту і миттєва зупинка при відключенні, що дозволяє працювати більш точно і акуратно;
- мала вага і ергономічний дизайн, що дозволяє довго тримати інструмент в руці та працювати в важкодоступних місцях;
- шестигранний хвостовик і патрон, що забезпечують швидку зміну насадок;

виривалий двигун, який забезпечує високу швидкість і крутний момент.

Для прикладу розглянемо шуруповерт Зеніт ЗШ-20 Профі, зображений на рис. 1.12 (аркуш [БРМА24.00.00.000ДО]), який належить до професійної серії шуруповертів. Цей багатофункціональний інструмент є незамінним для багатьох робіт [10]. Він оснащений електричним двигуном постійного струму потужністю 350 Вт, електронним регулятором частоти обертання та планетарним редуктором. Шуруповерт має регульовальне кільце крутного моменту та функцію "реверс". Працюючи від звичайної електричної мережі, цей мережевий шуруповерт забезпечує високу ефективність роботи.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк. 28
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.12 – Шуруповерт Зеніт ЗШ- 20 Профі

Пристрій Зеніт ЗШ-20 має 10 мм ключовий патрон, що забезпечує швидку та зручну зміну насадок. Завдяки невеликій вазі, ергономічному дизайну та світлодіодному підсвічуванню, пристрій зручний в експлуатації.

Технічні характеристики шуруповерта Зеніт ЗШ-20 Профі:

- живлення: електрична мережа,
- швидкість обертання: 750 об/хв,
- напруга живлення: 220 В,
- тип патрона: швидкозатискний,
- діаметр патрона: 10 мм,
- наявність регулювання крутного моменту,
- номінальна частота: 50 Гц,
- максимальний крутний момент: 20 Н·м,
- номінальна потужність: 350 Вт,
- кількість позицій моменту затягування: 20 + 1,
- плавне регулювання швидкості обертання патрона.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
29

Шуруповерти фірми Makita. Японська компанія Makita вже понад 60 років виробляє професійні будівельні інструменти. В асортименті фірми є як мережеві, так і акумуляторні шуруповерти Makita, які здатні виконувати такі завдання:

- закручування шурупів, саморізів і гайок у дерев'яні конструкції;
- свердління отворів у дерев'яних поверхнях;
- встановлення конструкцій з гіпсокартону.

Окрім стандартних моделей, компанія Makita пропонує ряд пристроїв з ударною функцією. Швидкість холостого ходу безударних моделей досягає 2300 об/хв, тоді як ударні шуруповерти розвивають швидкість до 3200 об/хв, ефективно працюючи навіть із каменем і залізом.

Завдяки компактним розмірам і ергономічному дизайну, шуруповерти Makita забезпечують високу потужність, досягаючи значних показників крутного моменту та робочої швидкості. Це призводить до відчутної вібрації, яку не завжди повністю стримує ергономічна ручка. Незважаючи на це, пристрої фірми залишаються одними з найзручніших на ринку завдяки прогумованим ручкам і світлодіодному підсвічуванню.

Слабким місцем пристроїв Makita залишається акумулятор, який потребує частих підзарядок. У такому разі краще використовувати мережеві моделі шуруповертів (наприклад, FS4000 або FS2700), оскільки вони значно знижують витрати часу. Проте, якщо шуруповерт потрібен для домашніх робіт, а не для професійного використання, це не буде великою проблемою.

Для прикладу розглянемо акумуляторний шуруповерт DF333DZ (рис.13, аркуш [БРМА24.00.00.000ДО]). Цей інструмент дуже компактний і легкий, має вбудоване світлодіодне підсвічування для роботи в темряві, металевий редуктор, зручно розташований перемикач реверсу, швидко затискний патрон і регулятор числа обертів. Автоматичне блокування шпинделя забезпечує легку зміну біти однією рукою. Зручна ергономічна рукоятка забезпечує високу ефективність роботи інструментом.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.13 – Акумуляторний шуруповерт DF333DZ фірми Makita

Технічні характеристики шуруповерта DF333DZ:

- напруга акумулятора 10.8 В (12В);
- тип акумулятора Li-ion;
- ємність акумулятора 1,5 А·ч;
- число оборотів холостого ходу 0 - 450/0 - 1.700 хв⁻¹;
- діаметр затискного патрона 0,8 - 10 мм;
- діаметр свердління сталь / дерево 10/21 мм;
- регулювання крутного моменту 18 + D;
- крутний момент жорсткий / м'який 30/14 Н·м;
- механічні швидкості 2;
- рівень шуму: звуковий тиск 70 дБ (А);
- рівень шуму: похибка (к) 3 дБ (А);
- рівень вібрації: свердління по металу 2,5 м/сек²;
- рівень вібрації: похибка (к) 1,5 м / сек²;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
31

- розміри (Д x Ш x В) 179 x 66 x 209 мм;
- вага 1.1 кг.

Американська компанія Dewalt залишається однією з провідних марок шуруповертів, поєднуючи відповідність високим стандартам безпеки, зручність у роботі та багатофункціональність. Компактні пристрої з потужними двигунами допомагають досягти необхідних показників крутного моменту без значних вібрацій і втрат часу.

Ще однією перевагою є наявність літій-іонних акумуляторів, які забезпечують високу швидкість обертання і, завдяки двосторонньому вентилятору, не потребують частого підзаряджання. Шуруповерти Dewalt мають кілька режимів роботи, що дозволяє вибрати оптимальну швидкість залежно від виду кріпильних робіт.

Окрім багатофункціональності та високої потужності, пристрої Dewalt виділяються відповідністю високим вимогам до безпеки та зручності використання, що підтверджується такими характеристиками:

- висока якість збірки.
- ергономічний дизайн.
- легкість у використанні.
- надійність і довговічність.

Про це свідчать такі особливості:

- світлодіодне підсвічування, що дозволяє працювати в погано освітлених та важкодоступних місцях.
- автоматичне блокування швидкозатискного патрона, яке дає можливість швидко і без зусиль змінювати насадки.
- прогумована ручка, яка значно полегшує роботу з інструментом.

Серед асортименту фірми можна знайти як акумуляторні шуруповерти для складних ділянок, так і мережеві моделі. Хоча більшість моделей призначені для роботи з м'якими матеріалами, такими як дерево і пластик, є й ударні моделі, здатні працювати з металом і каменем. Найпопулярніші з них – DCF815D2 та

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

DCF895M2. Потужні безкорпусні двигуни цих моделей забезпечують достатню швидкість для різноманітних домашніх і професійних кріпильних робіт.

Для прикладу розглянемо дріль-шурупверт з безщітковим двигуном DeWALT DCD790D2 (рис.1.14, аркуш [БРМА24.00.00.000ДО]).



Рисунок 1.14 - Дріль-шурупверт з без щітковим двигуном DCD790D2
фірми Dewalt

Це потужна 18.0 В компактна дріль/шурупверт останнього покоління з новими унікальними акумуляторами 2,0 А·год технології XR Li-Ion. Використання безщіткового двигуна забезпечує збільшення робочого циклу та терміну служби інструменту. Інструмент має компактний, легкий та ергономічний дизайн, що дозволяє використовувати його в обмеженому просторі. Оснащений 2-швидкісним повністю металевим редуктором з регульованою швидкістю та реверсом. 15-позиційний регулятор крутного моменту дозволяє працювати з різними матеріалами та шурупами різного розміру. «Інтелектуальний» вимикач з вбудованою електронікою забезпечує повний контроль над інструментом. Світлодіодне підсвічування з затримкою в нижній частині інструменту забезпечує максимальне освітлення робочої зони. Ергономічний дизайн і прогумована рукоятка забезпечують зручність і комфорт

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		33

користувача. Li-Ion зсувний акумулятор забезпечує легку установку/зняття, а також чудову стійкість інструменту у вертикальному положенні.

Технічні характеристики дрилі-шуруповерта з без щітковим двигуном DeWALT DCD790D2

- вага, кг 1.62;
- ємність акумулятора, А*год 2;
- вихідна потужність, Вт 360;
- джерело живлення акумуляторне;
- максимальний діаметр хвостовика свердла, мм 13;
- кількість швидкостей 2;
- максимальна кількість обертів 1 швидкість, об/хв 600;
- максимальний діаметр свердління (дерево), мм 45;
- максимальна кількість обертів 2 швидкість, об/хв 2000;
- максимальний крутний момент, Нм 60;
- максимальний діаметр свердління (метал), мм 13;
- напруга акумулятора, В 18;
- наявність удару немає;
- регулювання оборотів є;
- патрон ключовий є;
- тип акумулятора Li-Ion.

1.3 Висновки до першого розділу

В цьому розділі розглянуто спрощену модель універсальної електричної колекторної машини, зокрема модель та принцип дії, форму електрорушійної сили та струму в обмотці якоря і у зовнішньому колі. З'ясовано, що електрорушійна сила і струм в обмотці якоря є змінними і мають синусоїдальну характеристику. У зовнішньому колі електрорушійна сила і струм мають пульсуючий постійний характер у формі синусоїди.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Встановлено, що колекторно-щітковий механізм виконує не лише функцію ковзного контакту, а й функцію випрямляча. В універсальних колекторних двигунах переважно використовується послідовне збудження.

Проведений огляд шуруповертів показав, що на сьогодні існує багато їх виробників. Шуруповерти відрізняються технічними характеристиками та призначенням. Вони потребують експериментальних досліджень для більш точного вибору для виконання певного технологічного процесу.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		35

2 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ КОЛЕКТОРНИХ ДВИГУНІВ

2.1 Основні вузли та деталі шурупверта

Конструкція шурупверта в розібраному вигляді представлена на рис.2.1 (аркуш [БРМА24.00.00.000ДТ]). Його основними вузлами і деталями є: гвинт 1; напівручка права 2; шнур мережевий 3; трубка захисна 4; гвинт 5; пластина притискна 6; конденсатор 7; вимикач 8; перемикач реверсу 9; корпус щіткотримача 10; щіткотримач 11; щітка 12; дросель 13; статор 14; напівручка ліва 15; підшипник 16; якір 17; підшипник 18; сальник 19; гвинт 20; фланець 21; шайба 22; шестерня 23, 24, 25; шпindel 26; зубчаста втулка 27; корпус редуктора 28; кулька 29; втулка 30; кулька 31; шайба 32; пружина 33; шайба 34; пружина 35; втулка різьбова 36; втулка регулююча 37; фіксатор 38; пластина фіксуєча 39; пластина 40; гвинт 41; патрон 42; гвинт 43.



Рисунок 2.1 – Основні вузли та деталі шурупверта

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
36

2.2 Обмотки якорів універсальних колекторних машин

Обмотка якоря колекторної електричної машини представляє собою замкнену систему провідників, які певним чином вкладені на осерді якоря і приєднані до колектора. Елементом обмотки якоря є котушка (секція), яка приєднана до двох колекторних пластин. Відстань між пазовими частинами секції повинна бути рівною чи мало відрізнятися від полюсного розподілу τ [5].

Обмотки якоря, як правило, виконують двох-шаровими. Вони характеризуються наступними параметрами:

- числом секцій, що приходяться на один паз;
- числом секцій S ;
- числом витків секції ωc ;
- числом пазових сторін в обмотці N ;
- числом пазів (реальних) Z ;
- числом пазових сторін в одному пази n_{π} .

Число секцій, що приходиться на один паз визначається за наступною формулою:

$$S_{\pi}=S/Z. \quad (2.1)$$

Число пазових сторін в одному пази знаходиться за формулою:

$$n_{\pi}=N/Z=2\omega c S_{\pi}. \quad (2.2)$$

Верхня пазова сторона однієї секції і нижня пазова сторона іншої секції, які знаходяться в одному пази, утворюють елементарний паз. Число елементарних пазів в реальному пази Z_{π} визначається числом секцій, які приходяться на один паз:

$$S_{\pi}=S/Z. \quad (2.3)$$

Проста петлева обмотка якоря – це коли кожна секція підключена до двох сусідніх колекторних пластин. Під час укладання секцій на осерді якоря, початок кожної наступної секції з'єднується з кінцем попередньої, поступово переміщуючись по поверхні якоря та колектора. У результаті, за один обхід якоря вкладаються всі секції обмотки, і кінець останньої секції з'єднується з початком першої, утворюючи замкнуту обмотку якоря.

Складна петлева обмотка використовується для створення петлевої обмотки з більшим числом паралельних гілок, як це потрібно, наприклад, у низьковольтних електричних машинах постійного струму. Вона складається з декількох (зазвичай двох) простих петлевих обмоток, вкладених на одному якорі та підключених до одного колектора. Число паралельних гілок у складній петлевій обмотці визначається за формулою:

$$n_{п.г.} = 2a - 2pm, \quad (2.4)$$

де m – число простих петлевих обмоток, з яких збтрається складна обмотка (зазвичай $m=2$).

Ширину щіток при складній петлевій обмотці обирають такою, щоб кожна щітка одночасно перекривала mm колекторних пластин, тобто стільки пластин, скільки простих обмоток міститься у складній обмотці. Це забезпечує паралельне з'єднання простих обмоток між собою.

Проста хвильова обмотка утворюється шляхом послідовного з'єднання секцій, розташованих під різними парами полюсів. Кінці секцій простої хвильової обмотки підключаються до колекторних пластин, які знаходяться на відстані кроку обмотки по колектору $y_k = y$. За один обхід по якорю укладається стільки секцій, скільки пар полюсів має електрична машина. При цьому кінець останньої секції з'єднується з пластиною, розташованою поруч з початковою.

Кілька простих хвильових обмоток (зазвичай дві), вкладених на одному якорі, утворюють хвильову складну обмотку. Кількість паралельних гілок у складній хвильовій обмотці визначається за формулою:

$$2a=2m,$$

де m – число простих обмоток у складній (зазвичай $m=2$).

Зазвичай $2a=4$.

Прості обмотки, які входять в складну, з'єднують паралельно за допомогою щіток. Крок по колектору, а отже, і результуючий крок по якорю знаходиться за формулою:

$$y_k=y=(K\pm T)/p. \quad (2.5)$$

2.3 Розробка основних вузлів та деталей для виготовлення експериментального стенда

Стенд для дослідження шурупверта (рис. 2.2, аркуш [БРМА24.00.00.000ВЗ]) складається з універсального колекторного електродвигуна шурупверта, навантажувального пристрою у вигляді стрічкового гальма з двома електронними динамометрами, електронно-оптичного датчика та диска.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

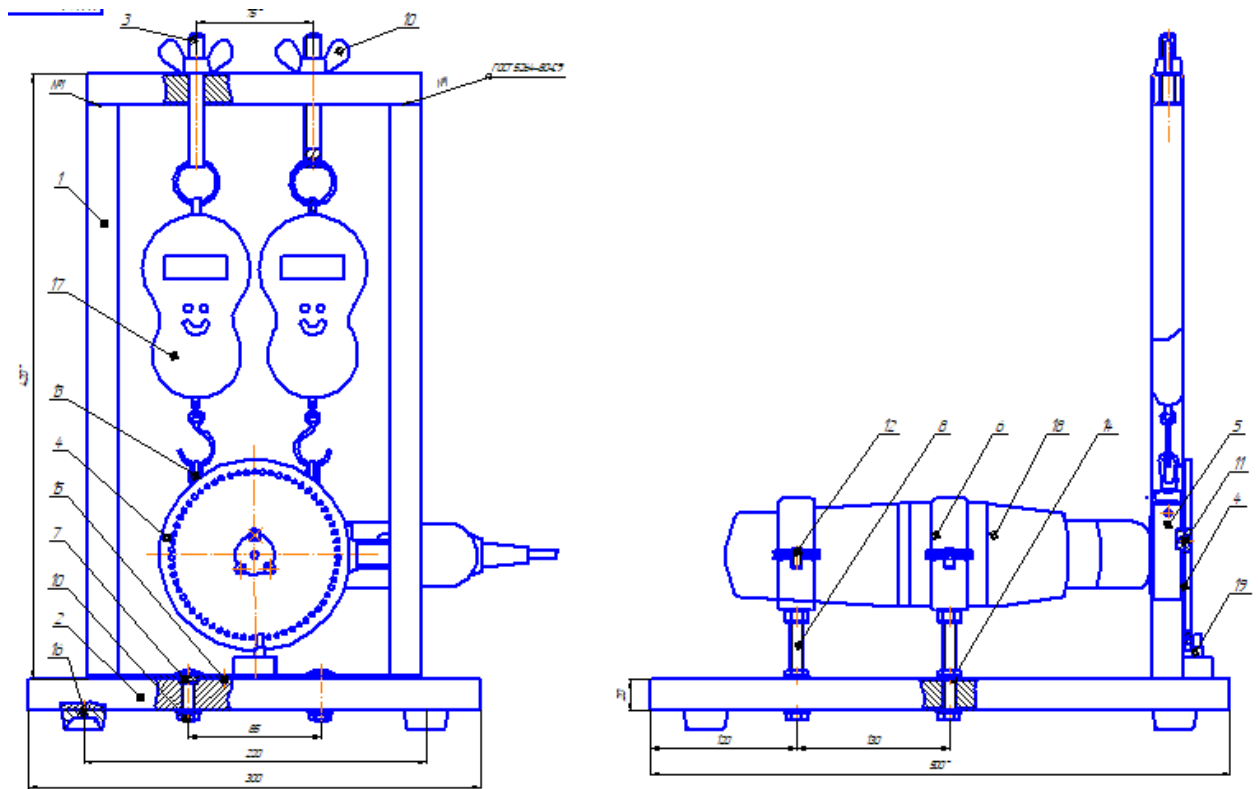


Рисунок 2.2 – Стенд для дослідження шурупверта

Каркас стенду являє собою зварну конструкцію з двох труб квадратного перетину 42x22, металеву пластину, що формують П-подібну раму (4), на якій встановлений електронно-оптичний датчик (10). Робоча поверхня стенду (6) виготовлена з плити ДСП розміром 300x500.

Вузол кріплення шурупверта (8) складається з двох сталевих хомутів з гумовим ущільнювачем та гайкою. Гумовий ущільнювач служить для поглинання механічних і акустичних вібрацій.

Шків (12) затискається патроном шурупверта (13), до якого приєднаний диск електронно-оптичного датчика (14).

Вузол вимірювання моменту: Шпильки (2) кріпляться до електронних динамометрів (7) за допомогою двох металевих кілець (3). До електронних динамометрів також приєднується гальмівна металева стрічка (11), яка фіксується карабінами на гаках динамометрів. Пас надягається на шків електродвигуна і попередньо натягується за допомогою гайок (2).

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

2.4 Розробка електричної схеми дослідження універсального колекторного двигуна шуруповерта

Дослідження електричного двигуна шуруповерта проводимо на змінному та постійному струмах. Електрична схема дослідження універсального колекторного двигуна (УКД) приведена на рис.2.3 та на аркуші [БРМА24.00.00.000С3]. На схемі підключення електродвигуна здійснюється автоматичним вимикачем QF1. Напруга електромережі подається на трансформатор T1, в якості якого використовується регулятор напруги однофазний (РНО). Перемикач S1 переводимо у положення змінної напруги. Ручкою регулятора встановлюємо необхідну напругу, яку вимірюємо вольтметром PV1.

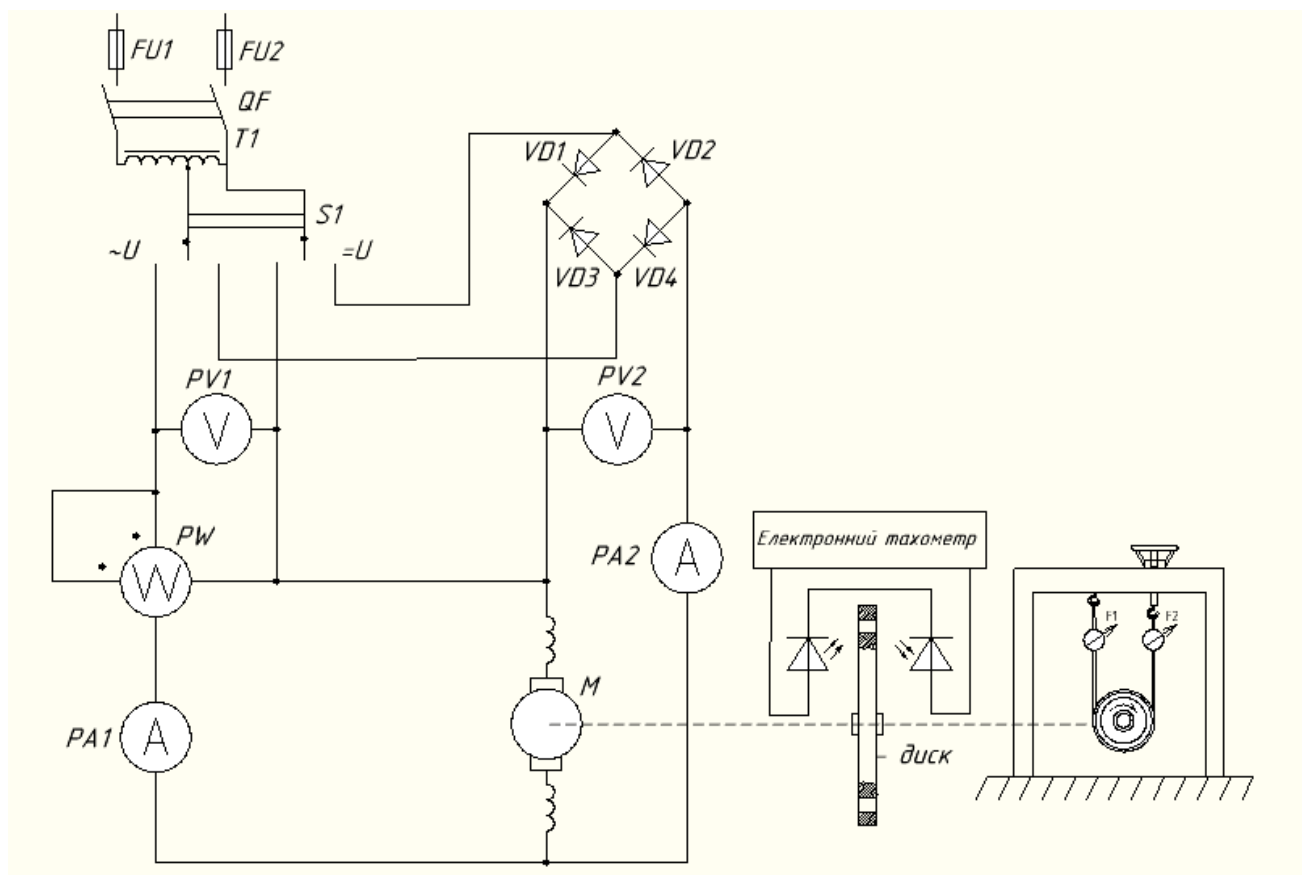


Рисунок 2.3– Електрична схема дослідження універсального колекторного електричного двигуна шуруповерта

Для вимірювання активної потужності, споживаної двигуном РW, струм споживання вимірюється за допомогою амперметра РА1. Під час дослідження універсальних колекторних електродвигунів на постійному струмі перемикач S переключаємо у положення постійної напруги. Ручкою регулятора встановлюємо необхідну напругу, яку вимірюємо вольтметром РV2, та яка подається на випрямляч, зібраний на діодах VD1-VD4. Контроль струму споживання електродвигуном здійснюється амперметром РА2.

У патроні електричного шуруповерта закріплений шків гальмівного пристрою та диск електронного тахометра. Вимірювання моменту на валу відбувається за допомогою стрічкового гальма. Стрічкове гальмо складається зі шківів, сталевих стрічки та двох електронних динамометрів, закріплених на П-подібній рамі стану. Електронний тахометр складається з диска з 60 отворами по контуру та електронно-оптичної оптопари (датчика). У процесі обертання диска електронно-оптична оптопара генерує імпульси, які надходять на електронний тахометр. Електронний тахометр фіксує частоту обертання валу в об/хв.

2.5 Фото стану для дослідження електроінструменту

На аркуші [БРМА24.00.00.000ДІ]) представлено фотографію р зробленого стану для дослідження електроінструменту, зокрема шуруповертів. Основні елементи установки включають:

1. П-подібну раму.
2. Електронні ваги.
3. Шуруповерт.
4. Диск електронно-оптичного датчика.
5. Металеву гальмівну стрічку.
6. Поверхню стану.
7. Натяжний пристрій.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

8. Хомут кріплення.
9. Електронно-оптичний датчик.

2.6 Вибір електричних приладів для дослідження шурупверта

Дослідження електричного двигуна шурупверта проводимо на постійному та змінному струмах. При потужності шурупверта 300 Вт та споживанні струму 2 А, прийнято рішення використовувати наступні електроприлади: – амперметр Е-59; – ватметр Д539; – вольтметр Е-59; – електронно-оптичний датчик Rg 133; – електронний тахометр EVM 723.

Амперметр Е-59 – це лабораторний прилад електромагнітної системи (рис.2.4), призначений для вимірювання середньоквадратичних значень струму та напруги в колах постійного та змінного струму при синусоїдальній і спотвореній формах сигналу.

Технічні характеристики амперметра Е-59: – клас точності - 0,5; – маса - 1,5 кг; – габаритні розміри - 145 × 200 × 90 мм; – нормальна область частот: 45 Гц - 55 Гц, розширений діапазон - 55 Гц - 300 Гц (рис.2.4).

Амперметр Е-59 розрахований на використання в наступних умовах: – відносна вологість повітря: 90% при температурі 30 °С; – температура навколишнього повітря: від -30°С до +50°С.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд амперметра Е-59

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		43

Вольтметр Д566 – це двох-граничний універсальний переносний пристрій (рис.2.5), що використовується для вимірювання напруги змінного струму[15].

Технічні характеристики вольтметра Д566:

- номінальна частота - 45Гц - 1000Гц; 1кГц - 1,5кГц;
- габарити - 200 × 280 × 122мм;
- клас точності - 0,2;
- межі виміру - 50В - 75В 150В - 250В - 300В - 450В;
- маса - 4кг.

Вольтметр Д566 розрахований на використання в наступних умовах:

- вологості повітря навколишнього середовища - до 80%;
- температурі повітря навколишнього середовища - від + 10 °С – + 35 °С.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд вольтметра Д566

Ватметр Д539 призначений для застосування в якості лабораторного приладу та при випробуваннях та налаштуваннях точних і складних електротехнічних пристроїв (рис.2.6) [16].

Технічні характеристики ватметра Д539:

- межі по струму і напрузі - 1,5А-10А, 75В-150В-300В;
- клас точності - 0,2;
- маса - 4кг;
- електродинамічна система.
- габарити - 200 × 280 × 122мм.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
44



Рисунок 2.6 - Загальний вигляд ватметра Д539

Електронний тахометр EVM 723 дає змогу вимірювати контактно і безконтактно частоту обертання [17], а також лінійну швидкість (рис.2.7).

Технічні характеристики електронного тахометра EVM 723:

- контактне вимірювання частоти обертання 6 – 25000 об/хв;
- вимірювання лінійної швидкості пересування 0,6 ... 2500 м/хв;
- безконтактне вимірювання швидкості обертів 6 – 99999 об/хв;
- похибка 0,05%;
- батарея 9 В;
- габаритні розміри 182x49x29 мм;
- вимірювання швидкості обертання валу, ротора, конвеєра тощо;
- вага 95 г.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд електронного тахометра EVM 723

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
45

Електронно-оптичний датчик ITR 8103 - це інфрачервоний світлодіод [19], що з'єднаний з кремнієвим фото-транзистором в пластмасовому корпусі (рис.2.8).

Технічні характеристики електронно-оптичного датчика ITR 8103:

- зворотній струм 10 мА;
- пряма напруга 1,2-1,6 В;
- час наростання 20 мс;
- час спаду 20 мс.

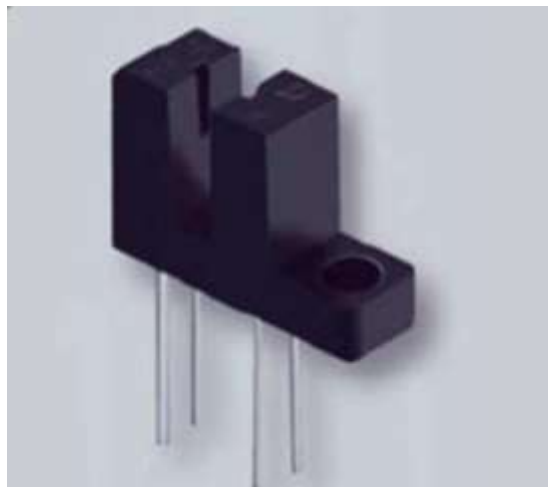


Рисунок 2.8 – Загальний вигляд електронно-оптичного датчика ITR 8103

Основними вузлами стенду для дослідження електричного шуруповерта є:

- універсальний колекторний електричний двигун шуруповерта;
- електронно-оптичний тахометр;
- навантажувальний пристрій у вигляді стрічкового гальма з двома електронними динамометрами та шківом;
- опорна плита з П-подібною рамою.

2.7 Висновки до другого розділу

У цьому розділі проведено розробку конструкції стенду для дослідження універсальних колекторних двигунів. Розроблено електричну схему для дослідження універсального колекторного двигуна шуруповерта та визначено основні вузли та деталі для виготовлення експериментального стенду.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		47

3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ КОЛЕКТОРНИХ ДВИГУНІВ

3.1 Розрахунок універсального колекторного електричного двигуна шуруповерта

Вихідні дані до розрахунку універсального електричного колекторного двигуна шуруповерта:

- довжина осердя якоря $l = 40$ мм;
- довжина полюса $l_n = 40$ мм;
- діаметр якоря $D_a = 50$ мм;
- напруга мережі живлення $U = 220$;
- частота обертання якоря $n = 800$ об/хв;
- довжина полюсної дуги $b_0 = 58$ мм;
- кількість полюсів статора $2p = 2$;
- кількість пазів $Z = 13$;
- кількість колекторних пластин $K = 39$;
- радіус заокруглень паза $r_1 = 3,1$ мм, $r_2 = 1,8$;
- ширина полюса $b_n = 13$ мм;
- ширина полюсної котушки $h_k = 9,5$;
- міжцентрова відстань заокруглень паза $h = 8,2$ мм;
- охолодження природне.

Розрахунок основних параметрів електродвигуна здійснюємо по методиці, викладеній в технічній літературі [14]:

Умовний об'єм осердя якоря знаходиться за формулою:

$$V_a = D_a^2 \cdot l_a, \quad (3.1)$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		48

де l_a – довжина осердя якоря, см;

D_a – діаметр якоря, см.

Тоді:

$$V_a = 5^2 \cdot 4 = 100 \text{ см}^2.$$

Потужність універсального колекторного електродвигуна змінного струму $P_{зм}$ складає 60% від потужності електродвигуна при постійному струмі.

Згідно графіків [14, рис.92] визначається для об'єму $V_a = 100 \text{ см}^3$, $P = 115 \text{ Вт}$.

Потужність на змінному струмі знаходиться за формулою:

$$P_{зм} \approx 0,6 \cdot P, \quad (3.2)$$

$$P_{зм} = 0,6 \cdot 69 = 41 \text{ Вт}.$$

Електрорушійна сила якоря електродвигуна при послідовному збудженню, В знаходиться:

$$E = 0,33(1 + 2\eta)U, \quad (3.3)$$

де η – коефіцієнт корисної дії (по [14, табл. 61]); $\eta = 0,5$;

U – напруга живлення, В.

Відповідно:

$$E = 0,33(1 + 2 \cdot 0,5)220 = 146 \text{ В}.$$

Магнітний потік в зазорі знаходиться із виразу, Вб:

$$\Phi_\delta = B_\delta \cdot b_0 \cdot l_a \cdot 10^{-4}, \quad (3.4)$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де b_0 – довжина полюсної дуги;

Тоді буде:

$$\Phi_\delta = 0,34 \cdot 5,8 \cdot 4 \cdot 10^{-4} = 7,9 \cdot 10^{-4} \text{ Вб},$$

де $-B_\delta = 0,34 \text{ Тл}$ при відношенні $P/n = 41/800 = 13,7 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/об/хв}$, [14, табл.60].

Число ефективних провідників в обмотці якоря знаходиться із виразу:

$$N_a = 60aE / (Pn\Phi_\delta), \quad (3.5)$$

де P – число пар полюсів;

$a=1$ – число паралельних віток.

Тоді:

$$N_a = 85 \cdot 1 \cdot 69 / (1 \cdot 800 \cdot 7,9 \cdot 10^{-4}) = 2470.$$

Залежність потужності електричного двигуна постійного струму від умовного об'єму осердя якоря приведена на рис.3.1.

Число витків в секції якоря знаходиться за формулою:

$$w_c \approx N_a / 2K, \quad (3.6)$$

$$w_c = 2640 / (2 \cdot 26) \approx 51.$$

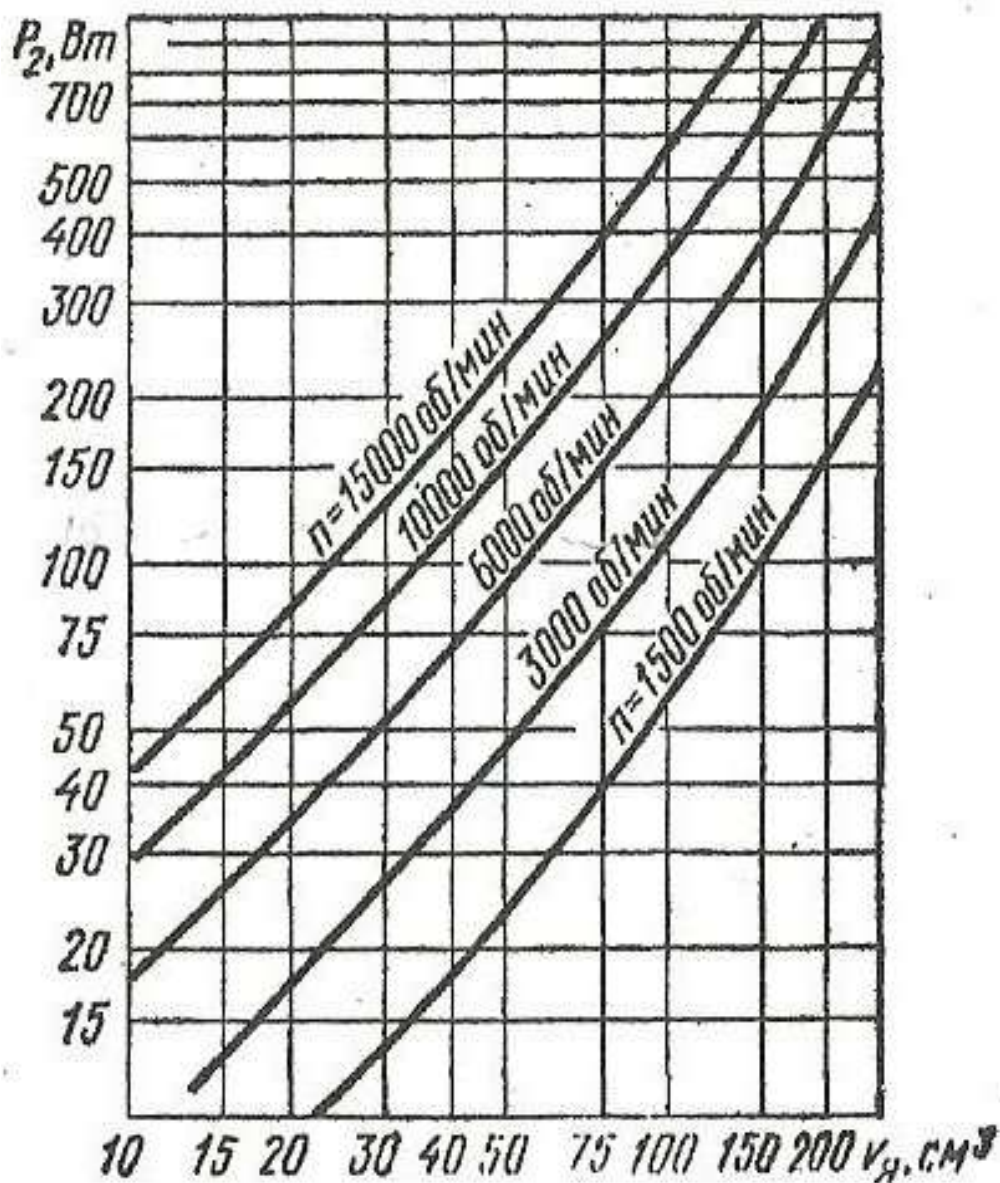


Рисунок 3.1 – Залежність потужності електродвигуна постійного струму від умовного об'єму осердя якоря [14, рис. 92]

Уточнене число ефективних провідників обмотки електродвигуна знаходиться за формулою:

$$N_a = 2wK, \quad (3.7)$$

$$N_a = 2 \cdot 51 \cdot 26 = 2650.$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Число ефективних провідників в пазу знаходиться із виразу:

$$N_n = 2w_c K / Z, \quad (3.8)$$

де Z – число пазів,

$$N_n = 2 \cdot 51 \cdot 26 / 13 = 204.$$

При $2p = 2$ універсальний колекторний електродвигун виконується з простою петлевою обмоткою на якорі.

Кроки обмотки визначаються наступними виразами:

$$y_z = (Z / 2p) - \varepsilon, \quad (3.9)$$

$$y_z = 13 / 2 - 1 / 2 = 6,$$

$$y_1 = y_z \cdot U, \quad (3.10)$$

$$y_1 = 6 \cdot 32 / 13 = 18,$$

$$y_2 = y_1 - 1, \quad (3.11)$$

$$y_2 = 18 - 1 = 17.$$

Площа поперечного перерізу пазу знаходиться за формулою ,мм:

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$F = 1,57(r_1^2 + r_2^2) + (r_1 + r_2)h, \quad (3.12)$$

$$F = 1,57(3,1^2 + 1,8^2) + (3,1 + 1,8) \cdot 8,2 = 60,4 \text{ мм.}$$

Параметри паза визначаються наступним виразом, мм:

$$\Pi = 6,28 \cdot r_1 + 3,14r_2 + 2 \cdot h, \quad (3.13)$$

$$\Pi = 6,28 \cdot 3,1 + 3,14 \cdot 1,8 + 2 \cdot 8,2 = 41,6 \text{ мм.}$$

Площа поперечного перерізу паза в коробці знаходиться за формулою, мм²:

$$F_{кор} = b_{нз} \cdot \Pi, \quad (3.14)$$

де $b_{нз}$ – товщина паза коробки, мм.

В сучасних електромашинах $b_{нз} = 0,35$ мм при D_a до 125 мм, і $b_{нз} = 0,5$ при D_a більше 125 мм. Відповідно отримаємо:

$$F_{кор} = 0,25 \cdot 41,6 = 10,4 \text{ мм,}$$

де $b_{нз} = 0,25$ мм.

Площа перерізу пазового клину і ізоляційної прокладки між шарами визначається із виразу, мм:

$$F_{кл} \approx (3...5) \cdot r_1. \quad (3.15)$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Менше значення площі приймемо при кріпленні пазів коробки замість клинків.

$$F_{кл} \approx 4 \cdot 3,1 = 12,4 \text{ мм.}$$

Площа поперечного перерізу паза, який заповнений обмоткою визначається із виразу, мм²:

$$F_0 = F - F_{кор} - F_{кл}, \quad (3.16)$$

Відповідно:

$$F_0 = 60,4 - 10,4 - 12,4 = 37,6 \text{ мм}^2.$$

Діаметр ізолюваного проводу визначається із формули, мм:

$$D = 0,86 \sqrt{F_0 / N_n \cdot n_{ел}}, \quad (3.17)$$

де $n_{ел}$ – число елементарних паралельних провідників,

$$D = 0,86 \sqrt{37,6 / (192 \cdot 1)} = 0,38 \text{ мм,}$$

де $n_{ел} = 1$ – число елементарних провідників.

Вибираємо із технічної довідникової літератури провід марки ПЕВ 2, $d = 0,315$ мм; $D = 0,365$ мм по [14, табл.13]; $S_a = 0,0779$ мм по [14, табл.11].

Коефіцієнт заповнення паза ізолюваними провідниками не перевіряємо, так як вибраний провідник має менший діаметр ніж отриманий при розрахунках.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Середня довжина провідникового напів витка обмотки якоря буде , см:
при $2p = 2$,

$$l_{нс} = l_a + 1,4D_a, \quad (3.18)$$

Відповідно:

$$l_{нс} = 4 + 1,2 \cdot 5 = 10 \text{ см.}$$

Загальна довжина провідника на обмотку знаходиться із формули, см:

$$L = N_a \cdot l_{нс} \cdot n_{ел}, \quad (3.19)$$

$$L = 2496 \cdot 10 \cdot 1 = 24960 \text{ см.}$$

Опір обмотки якоря при температурі 20°C визначається із виразу, Ом:

$$R_a = L / \left[(5700 \cdot S_{ел}) \cdot (2 \cdot a \cdot n_{ел})^2 \right], \quad (3.20)$$

де $S_{ел}$ – поперечний переріз елементарного провідника, мм:

Тоді:

$$R_a = 24960 / \left[(5700 \cdot 0,0779) \cdot (2 \cdot 1)^2 \right] = 14,1 \text{ Ом.}$$

Маса мідного проводу обмотки якоря визначається із формули, кг:

$$M = 8,9L \cdot S_{ел} \cdot 10^{-5}, \quad (3.21)$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Відповідно:

$$M = 8,9 \cdot 24960 \cdot 0,0779 \cdot 10^{-5} = 0,173 \text{ кг.}$$

Число витків послідовної обмотки збудження на полюс визначається наступним співвідношенням:

$$w_b = (N_a / 2a)k_T, \quad (3.22)$$

де k_T – коефіцієнт трансформації, при $2p = 2$, $k_T = 0,1 \dots 0,25$;

Його приймаємо рівним $k_T = 0,15$.

Відповідно:

$$w_b = (2496 / 2)0,15 = 187.$$

Переріз проводу обмотки збудження електричного двигуна:

$$S_b = 2S_a, \quad (3.23)$$

Відповідно було отримано:

$$S_b = 2 \cdot 0,0779 = 0,156 \text{ мм}^2,$$

З технічної літератури [14, табл.11, 13] було вибрано провід марки ПЕВ 2, який має наступні параметри: $d_b = 0,45 \text{ мм}$; $D_b = 0,51 \text{ мм}$; $S_b = 0,159 \text{ мм}^2$.

Проведемо перевірку розташування обмотки збудження на полюсі:

– число витків по висоті котушки знаходиться із виразу:

$$m = (h_k - 0,8) / D_b, \quad (3.24)$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де h_k – висота котушки, мм, [14, рис.93];

D_b – діаметр ізолюваного проводу обмотки збудження двигуна, мм:

– товщина котушки $b_k = D_b \cdot m'$, мм;

– число шарів котушки $m' = w_b / m$;

Тоді:

$$m = (9,5 - 0,8) / 0,51 = 17 ;$$

$$m' = 187 / 17 = 11 ;$$

$$b_k = 0,51 \cdot 17 = 8,7 \text{ мм.}$$

Середня довжина витка полюсної котушки визначається із наступного виразу, см:

$$l_{cp} = b_0 + b_n + 2l_n + 2b_k , \quad (3.25)$$

де b_0 – ширина полюсного наконечника по дузі, см.

Підставивши потрібні дані, було отримаємо:

$$l_{cp} = 5,8 + 2,7 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 0,87 = 18,2 \text{ см.}$$

Струм якоря електродвигуна складає:

$$I_a = 2 \cdot S_a \cdot j , \quad (3.26)$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де $j=4...8\text{A}/\text{мм}^2$ – густина струму в обмотці якоря, що приймається рівною $j=7\text{A}/\text{мм}^2$.

Відповідно:

$$I_a = 2 \cdot 0,079 \cdot 7 = 1,09 \text{ A.}$$

3.2 Висновки до третього розділу

У цьому розділі проведено розрахунки, що підтверджують працездатність стенду для дослідження універсальних колекторних двигунів. Виконано розрахунок універсального колекторного електричного двигуна шурупверта.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської роботи було проведено аналітичний огляд, зокрема аналіз принципів побудови та роботи універсальних колекторних електричних машин і шуруповертів. На основі аналізу відомих моделей шуруповертів від провідних виробників, враховуючи всі їхні переваги та недоліки, було прийнято обґрунтоване рішення щодо розробки стенду для дослідження електроінструменту, зокрема шуруповертів.

Розглянуто спрощену модель універсальної колекторної електричної машини, її модель та принцип дії, форму електрорушійної сили та струму як в обмотці якоря, так і у зовнішньому колі.

З'ясовано, що електрорушійна сила і струм в обмотці якоря є змінними і мають синусоїдальну форму. У зовнішньому колі електрорушійна сила і струм є постійними пульсуючими у вигляді синусоїди.

Встановлено, що колекторно-щітковий механізм виконує не тільки функцію ковзного контакту, але й випрямляча.

Розроблений стенд для дослідження електроінструменту дозволяє визначити залежність струму I , що споживається, корисної потужності, коефіцієнта корисної дії η , а також залежність частоти обертання n від моменту на валу двигуна M_2 .

В результаті проведених розрахунків освоєно методику розрахунків універсального колекторного електричного двигуна.

Розроблений стенд може бути використаний у виробництві для виготовлення електричних інструментів, а також впроваджений у навчальний процес, зокрема на кафедрі машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем для виконання лабораторних робіт під час вивчення курсу «Спеціальні електричні машини». Це дозволить покращити якість підготовки фахівців за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні рекомендації до самостійного вивчення із навчальної дисципліни «Електричні машини» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : М. Л. Глебова, О. Б. Єгоров, Я. Б. Форкун. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 126 с.
2. Матвійчук А. Я. Електротехніка: навчально-методичний посібник/ Матвійчук А. Я., В. Л. Стінянський; Вінницький державний педагогічний університет ім. М. Коцюбинського.– Вінниця, 2017. -270 с.
3. Універсальний колекторний двигун [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://shustovvalery.blogspot.com/2020/11/blog-post_26.html?m=0.
4. Колекторний двигун [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://voltabikes.ua/index.php?route=product/product&product_id=1932.
5. Універсальні колекторні двигуни [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://um.co.ua/8/8-2/8-28361.html>.
6. Шуруповерти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dnipro-m.ua/elektroinstrument/surupoverty/>.
7. Побутова техніка. шуруповерт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://rozetka.com.ua/bosch_gsr_10_8_2_li/p154518/.
8. Побутова техніка шуруповерт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://rozetka.com.ua/hitachi_ds12d3v3_ta/p715969/.
9. Побутова техніка шуруповерт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://rozetka.com.ua/forte_ds_450_vr_34690/p268070/.
10. Побутова техніка шуруповерт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://rozetka.com.ua/zenit_zsh_20_prof/p426609/.
11. Остащевський М.О. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник. – К.: Каравела, 2018. – 452 с.
12. 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

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		60

«Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2020. – 408 с.

13. Паначевний Б.І. Курс електротехніки: Підручник. – Харків: Торнадо, 1999. – 288с.

14. Основи метрології та вимірювальної техніки. Том 2. Вимірювальна техніка» М. Дорожець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик, за ред. Б. Стадника. Львів, видавництво Національного університету «Львівська політехніка». 2005р. – 656с.

15. Електровимірювальні прилади амперметр і вольтметр [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zapadpribor.com/ua/e59/>.

16. Електровимірювальний прилад ватметр [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zapadpribor.com/d539/>.

17. Електровимірювальний прилад тахометр [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://svpribor.com.ua/internet-shop/tahometry-schetchiki-obodov/evm-723/>.

18. Електровимірювальний прилад оптодатчик [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://aimetrade.com/electronic/2015/02/21249.html>.

19. Навчальний посібник з дисципліни "Електротехніка та електропостачання" для студентів спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології». – Полтава: ПолтНТУ, 2019. – 177 с.

20. Електричні машини. Лабораторний практикум. – Хмельницький : ХНУ, 2012. – 133 с.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		61

ДОДАТКИ

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		