

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Розробка електромеханічного механізму  
ниткоподачі з використанням  
індукційної муфти

Галузь знань 14 Електрична інженерія  
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
Освітня програма Електропобутова техніка

Шифр БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент  
3 курсу група ЕТс-22-2

  
Підпис

В.С. Коберник  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

В.С.Неймак  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

О.Тимощук  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

В.С.Неймак  
Ініціали, прізвище

2 06 2025 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр і назва

Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

к.т.н., доц. Неймак В.С.

2 . 2025р.

## ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Коберник Василь Степанович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка електромеханічного механізму  
ниткоподачі з використанням індукційної муфти

керівник роботи Неймак Віталій Станіславович, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 7 02 2025 р. № 23

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 2.06.25

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики в'язальних машин та  
індукційних муфт

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи. 2.  
Розробка конструкції електромеханічного механізму ниткоподачі з  
використанням індукційної муфти. 3. Розрахунок елементів  
електромеханічного механізму ниткоподачі з використанням індукційної  
муфти. Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень

1. Приводи снувальних машин (ДО, А1). 2. Електромеханічний  
механізм ниткоподачі з використанням індукційної муфти кл.ИМС-  
20(варіант 1) (С1, А1). 3. Електромеханічний механізм ниткоподачі з  
використанням індукційної муфти кл.ИМС-20(варіант 2) (С1, А1). 4  
Індуктивна муфта ковзання (ВЗ, А1). 5. Математична модель  
електромеханічного механізму ниткоподачі (РР, А1).

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. Аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи	до 20.05.25р.	
2. Розробка конструкції електромеханічного механізму ниткоподачі з використанням індукційної муфти	до 29.05.25р.	
3. Розрахунок елементів електромеханічного механізму ниткоподачі з використанням індукційної муфти.	до 5.06.25р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 8.06.25р.	

Студент

Коберник  
Підпис

В.С. Коберник  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Неймак  
Підпис

В.С. Неймак  
Ініціали, прізвище

# АНОТАЦІЯ

до бакалаврської роботи студента  
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка».

1. Прізвище, ім'я та по батькові \_\_\_\_\_

Коберник Василь Степанович

2. Тема бакалаврської роботи Розробка електромеханічного механізму ниткоподачі з використанням індукційної муфти

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента \_\_\_\_\_

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 62

5. Для автоматизації процесу снування необхідна теоретична база на основі аналізу і синтезу маючи в цій області результатів досліджень. Рішення проблем складання пристрою будемо починати з аналізу просторового взаємозв'язку елементів конструкцій і встановлених вимог до орієнтації (компоновки) елементів виробів з врахуванням автоматизації процесу. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено аналіз обладнання та патентної інформації з тематики бакалаврської роботи. В другому розділі здійснюється розробка конструкції електромеханічного механізму ниткоподачі з використанням індукційної муфти. В третьому розділі проведено розрахунки елементів електромеханічного механізму ниткоподачі з використанням індукційної муфти.

Підпис студента \_\_\_\_\_

Коберник  
" 2 " 06 20 25 р.

## РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 6 від " 26 " 06 20 25 р.

Оцінка проекту ЕК 4/0

Рекомендації ЕК -

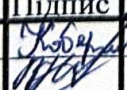

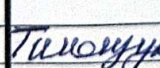


Особливі відмітки -

Технічний секретар \_\_\_\_\_

" 26 " 06 20 25 р.

## ЗМІСТ

	с
Вступ	5
1 Аналіз технічної літератури з тематики бакалаврської роботи	7
Висновки до першого розділу	21
2 Розробка конструкції електромеханічного механізму ниткоподачі з використанням індукційної муфти	23
2.1 Будова та принцип дії індукційних муфт	23
2.2 Опис конструкції системи регулювання швидкості намотування на базі індуктивної муфти	26
Висновки до другого розділу	30
3 Розрахунок елементів електромеханічного механізму ниткоподачі з використанням індукційної муфти	31
3.1 Розрахунок закритого циліндричного редуктора	32
3.2 Розрахунок потужності електродвигуна	51
3.4 Розробка технології відновлення основних деталей приводу	54
Висновки до третього розділу	64
Загальні висновки	65
Перелік джерел посилання	66
Додаток А	72

<b>БРМА 25.00.00.000 ПЗ</b>								
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата	Розробка електромеханічного механізму ниткоподачі з використанням індукційної муфти	Літера	Арк.вш	Арк.внів
Виконав		Коберник					5	71
Перевір.		Неймак В.С.				ХНУ, гр.ЕТс-22-2		
Н.контр.								
Затвер.		Неймак В.С.						

## ВСТУП

Наразі в державі триває трансформація виробничого процесу, що базується на впровадженні передових технологічних підходів, сучасного технічного обладнання та удосконаленні організації трудової діяльності.

У сучасних умовах автоматизація постає як ключовий вектор науково-технічного поступу. Вона слугує методологічною базою для розв'язання науково-технічних і виробничих завдань. Зокрема, автоматизація виробництва передбачає використання машин-автоматів, автоматичних ліній, автоматизованих виробничих комплексів, а також автоматизацію праці інженерно-технічного персоналу. Автоматизація знарядь праці включає застосування автоматичних систем, що забезпечують функції управління, контролю та регулювання виконавчих механізмів.

Комплексний підхід до автоматизації виробництва впливає з інтеграції технологій та технічного обладнання. Завдання автоматизації складальних процесів слід розв'язувати, опираючись на спільні для всіх конструкцій (складальних об'єктів) технологічні принципи уніфікації операцій.

Уніфікація складальних операцій з урахуванням визначеного переліку вимог сприяє проектуванню типових технологічних процесів.

Для автоматизації процесу снування необхідна ґрунтовна теоретична основа, сформована на аналізі та синтезі наявних у цій галузі результатів досліджень. Розв'язання проблем створення пристрою розпочнемо з аналізу просторових взаємозв'язків між конструктивними елементами та врахування вимог до орієнтації (компонування) складових виробів з акцентом на автоматизацію процесу.

Завдання бакалаврської роботи:

- аналіз науково-технічної літератури з тематики бакалаврської роботи;
- проектування конструкції електромеханічного механізму ниткоподачі з використанням індукційної муфти;
- розрахунок параметрів електромеханічного механізму ниткоподачі з використанням індукційної муфти.

						Арк.
						6





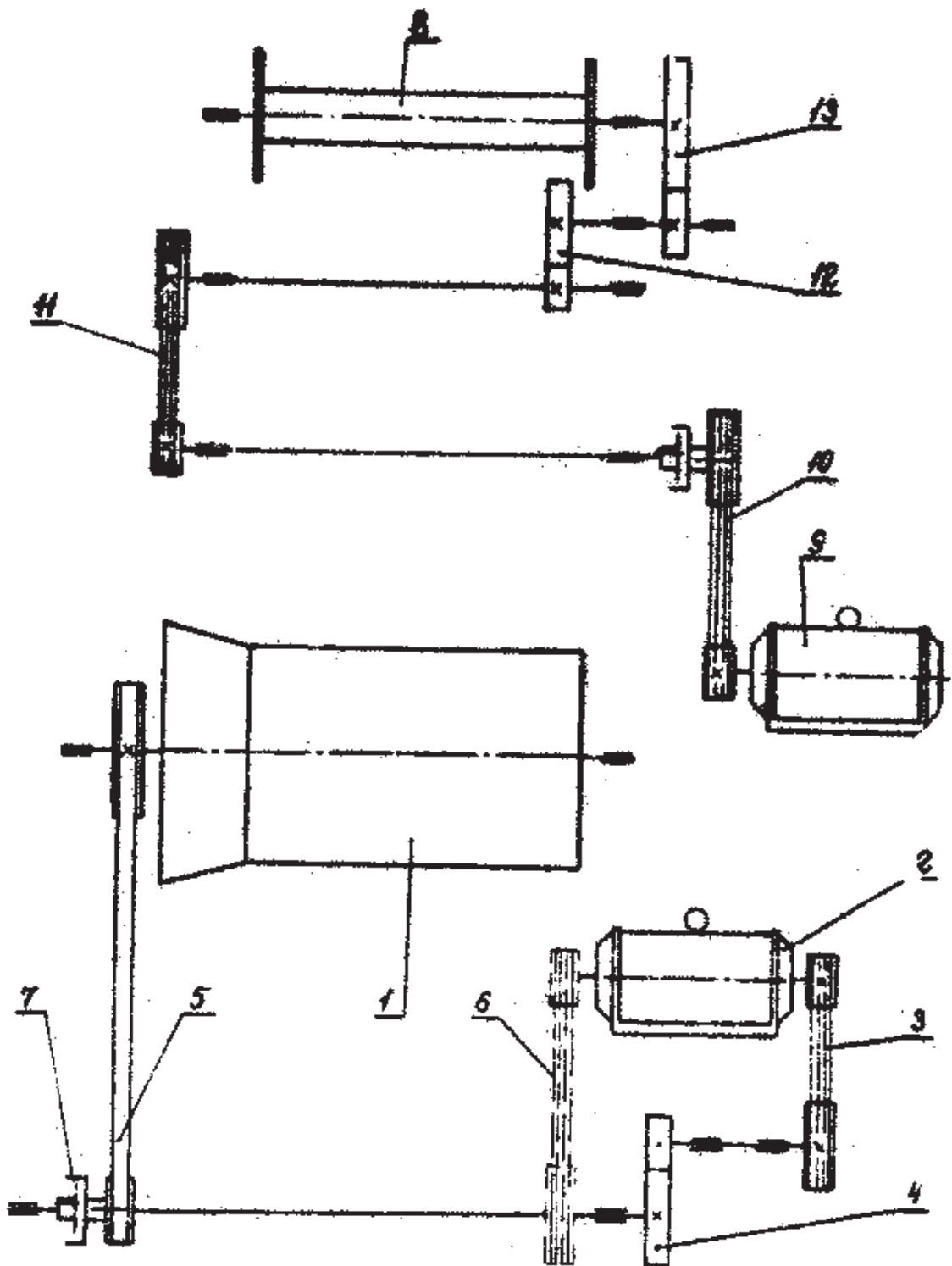


Рисунок 1.2 - Машина моделі СЛ-140-III-2




Основною перевагою барабанного приводу є його простота та відсутність потреби у регулюванні швидкості під час зміни діаметра снувального валика.

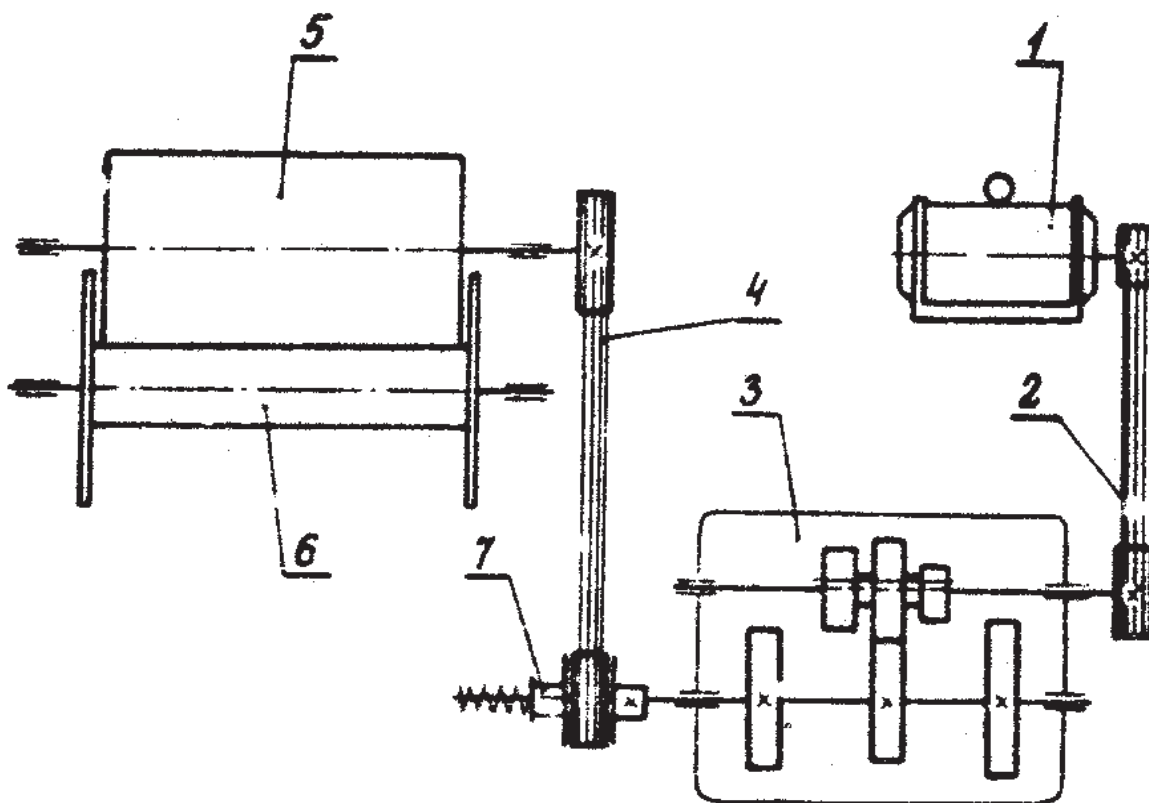


Рисунок 1.3 – Партійна снувальна машина С-140-1

На жаль, такий тип приводу не набув значного поширення в інших конструкціях снувальних машин, враховуючи декілька недоліків:

1. Фрикційний привід не гарантує сталої щільності намотування ниток по всій глибині снувальної котушки. Зі зміною діаметра намотування змінюється величина ковзання, що призводить до щільнішого намотування верхніх витків, деформуючи при цьому нижні [6].




Негативними аспектами даного приводу виступають:

1. Обмежена кількість робочих швидкостей, яка не дозволяє ефективно снувати нитки різного типу.
2. Потреба фізичної зміни положення клинового паса на триступінчастих шківках у разі коригування швидкості снування.

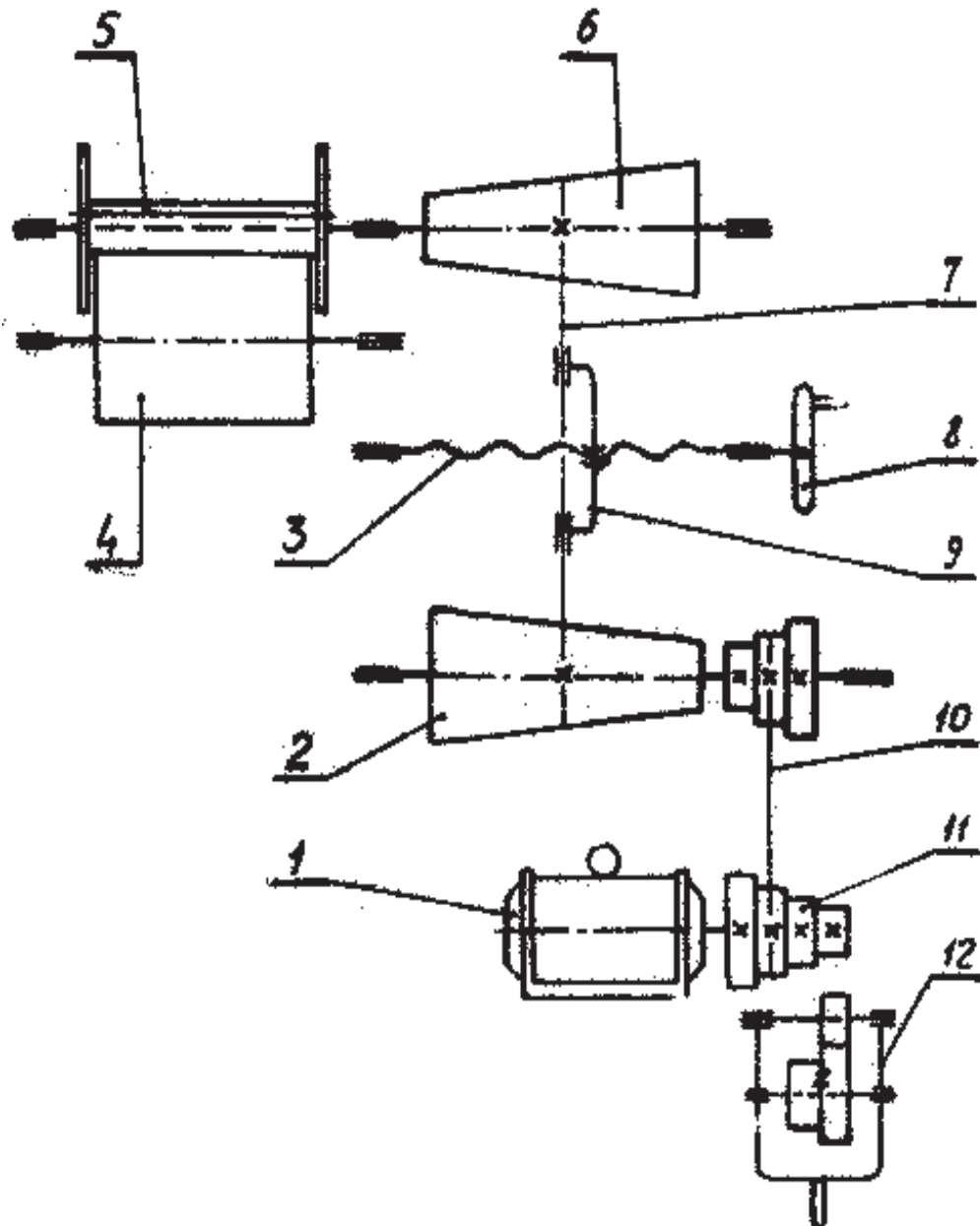


Рисунок 1.4 - Секційна снувальна машина моделі F-49








зміщується, обертаючи вісь 12 разом із жорстко закріпленим на ній кулачком 4, у профільній канавці якого розташовано палець 5. Внаслідок цього повзун 3 зсувається ліворуч. Разом з повзуном зміщуються диски 1 та 10, що, своєю чергою, змінює положення паса 13 на дисках, збільшуючи передаточне число варіатора та зменшуючи кількість обертів валу снувальної катушки.

У порівнянні з приводами розглянутих раніше моделей секційних снувальних машин об'єднання «Текстіма», цей має кілька переваг:

1. Автоматичне регулювання швидкості при збільшенні діаметра снувальної катушки.
2. Автоматичне повернення паса варіатора до вихідного положення після заміни снувальної катушки.
3. Зменшені габарити варіатора.
4. Кращі умови експлуатації паса варіатора.

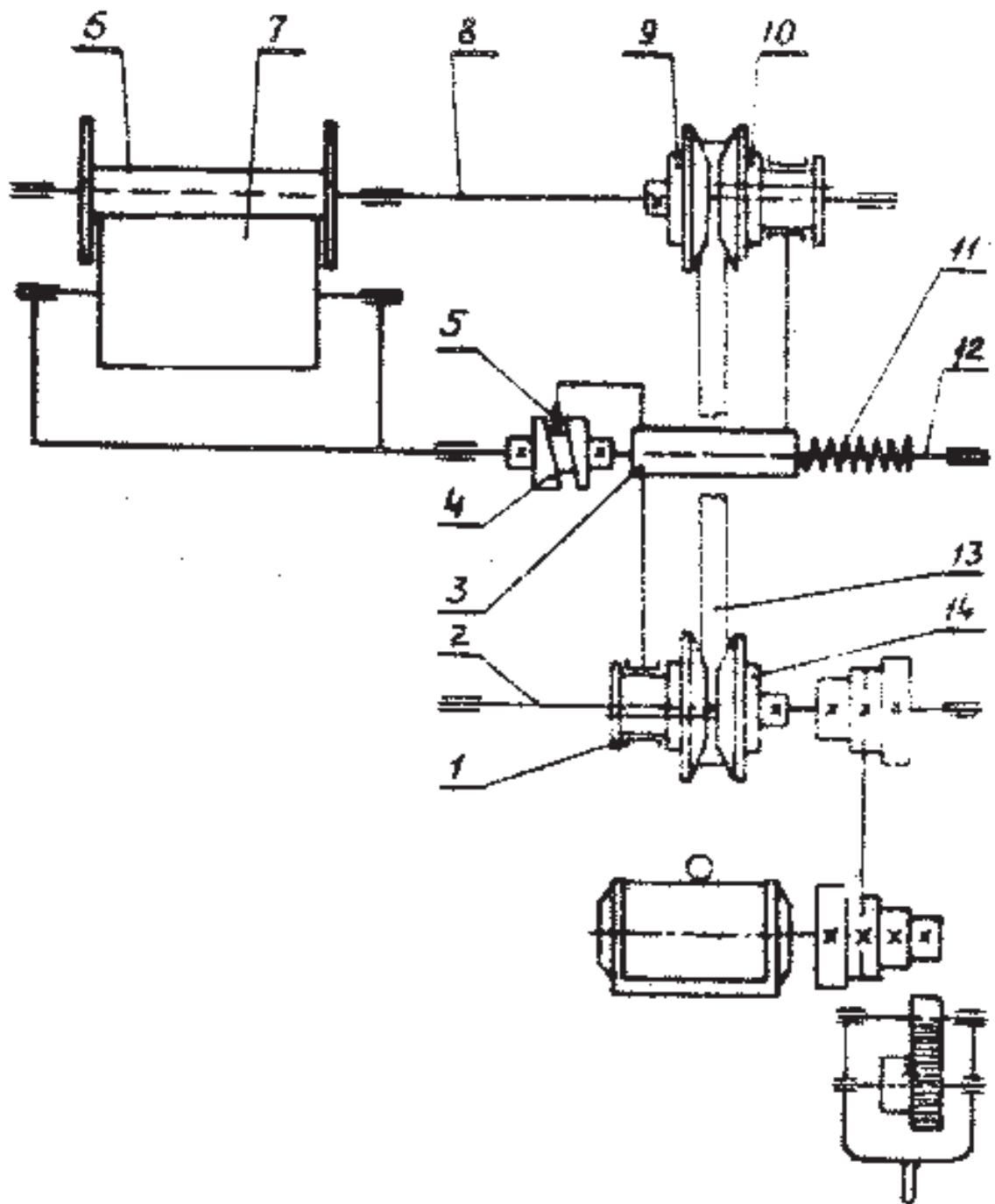


Рисунок 1.6 - Принципова схема приводу секційної снувальної машини моделі «Фаворит-15»

Натомість, розглянута конструкція приводу має й недоліки:

1. Лінійна швидкість снування під час намотування котушки не є сталою. Відхилення лінійної швидкості від її заданої величини сягає 10% [22].

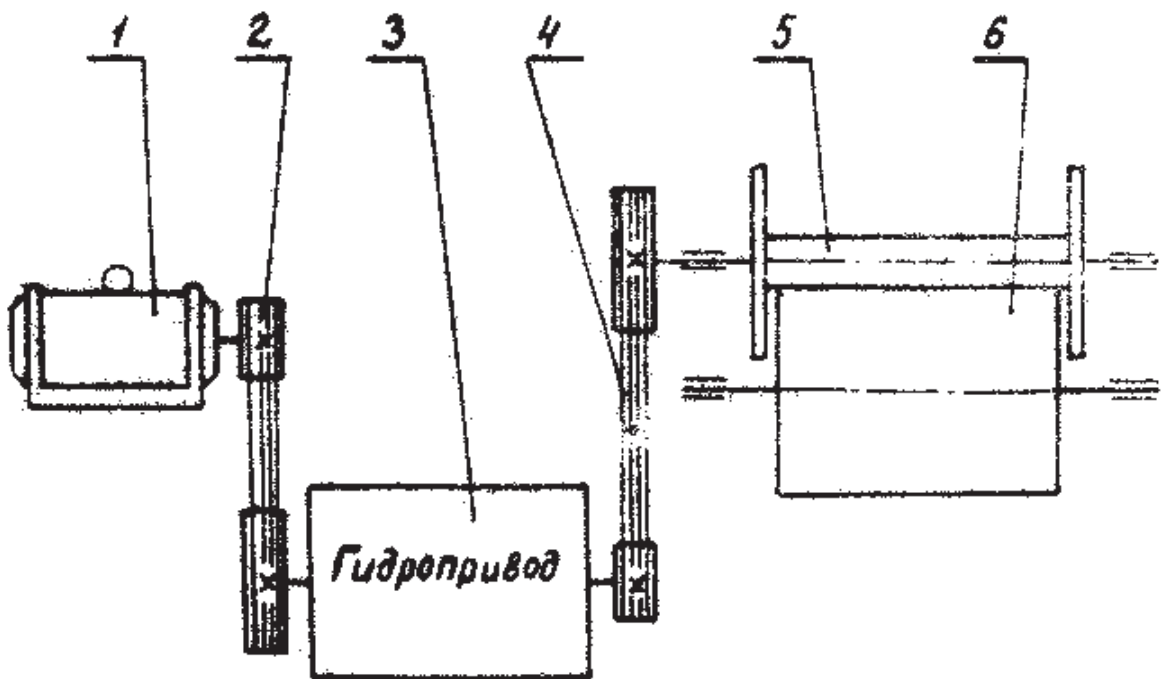

2. У клинопасовому варіаторі не забезпечено сталого натягу паса під час його переміщення по поверхні дисків.

3. Як гнучкий тяговий елемент у варіаторі використовується дефіцитний клиновий ремінь спеціального профілю. Практика експлуатації секційних снувальних машин цього типу вказує, що довговічність пасів, котрі працюють у важких умовах, невелика. Обірвані безкінечні клинові паси варіатора доводиться з'єднувати за допомогою металевих сполучних ланок.

4. Необхідність розбирання машини задля заміни тягового паса, що пов'язано з значними витратами часу.

5. Неможливість снування пакувань великого діаметра.

Секційні снувальні машини з гідравлічним приводом на вітчизняних підприємствах представлено моделлю 4121, яка випускається промисловістю НДР. Кінематичну схему приводу машини 4121 зображено на рисунку 1.7.



Малюнок 1.7 - Кінематична схема приводу машини 4121кл.



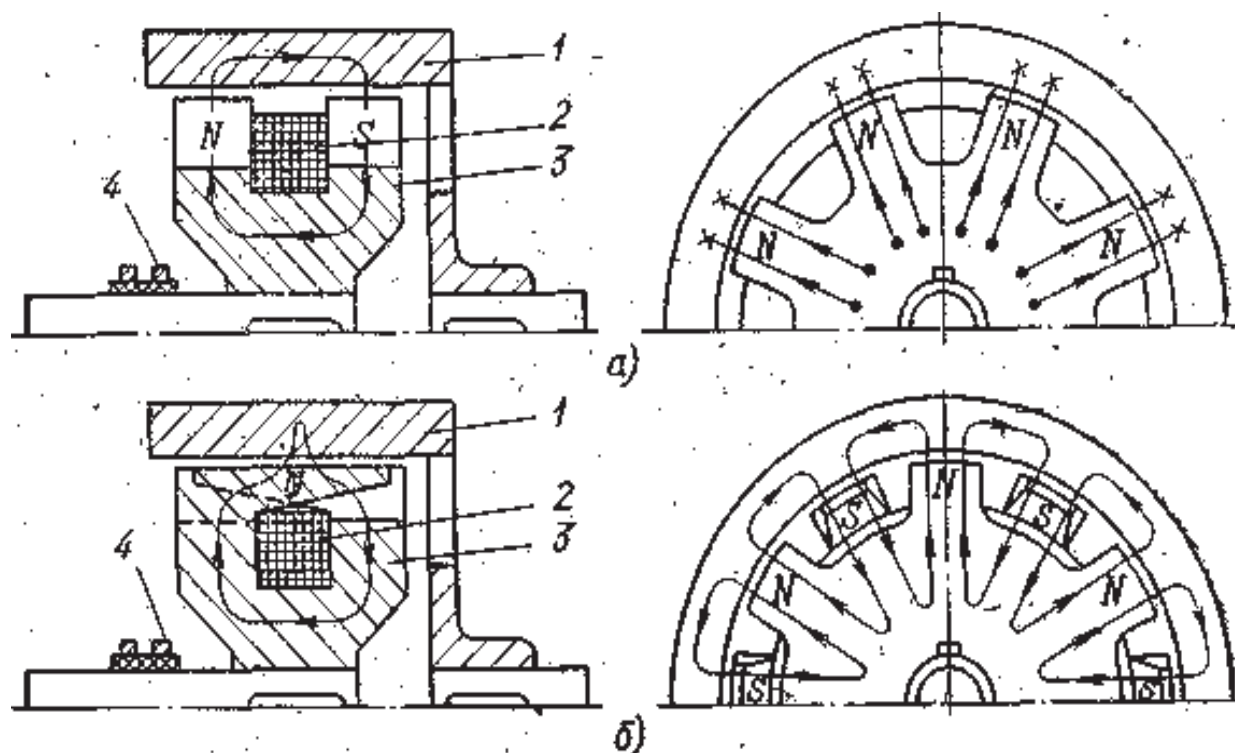









мають однакову полярність, звідки й назва конструкції – одноіменнополярна. Магнітний потік, що генерується обмоткою збудження, протікає крізь зубці однієї полярності та повітряний зазор до якоря. Магнітні лінії орієнтовані вздовж осі якоря. Магнітний потік через зазор і зубці іншої полярності замикається по індукторі. У повітряному зазорі і поверхневому шарі якоря на ділянках зубів нормальна складова індукції має найбільше значення, а на ділянках пазів — найменше, тому по змінію складової індукції пази виконують роль полюсів протилежної полярності. Перемінна складова індукції має максимальне значення на активній поверхні якоря, зверненої до індуктора. На визначеній глибині масиву якоря, вона дорівнює нулю, тому що лінії магнітної індукції розподіляються рівномірно по окружності якоря. Міжзубцеві пази індуктора бувають прямокутної форми, трапецієподібними чи напівкруглими.



індукторна(а) і панцирної (б) муфта із ковзним токопідводом: 1 - якір;  
2 - обмотка; 3 - індуктор; 4 - контактне кільце.

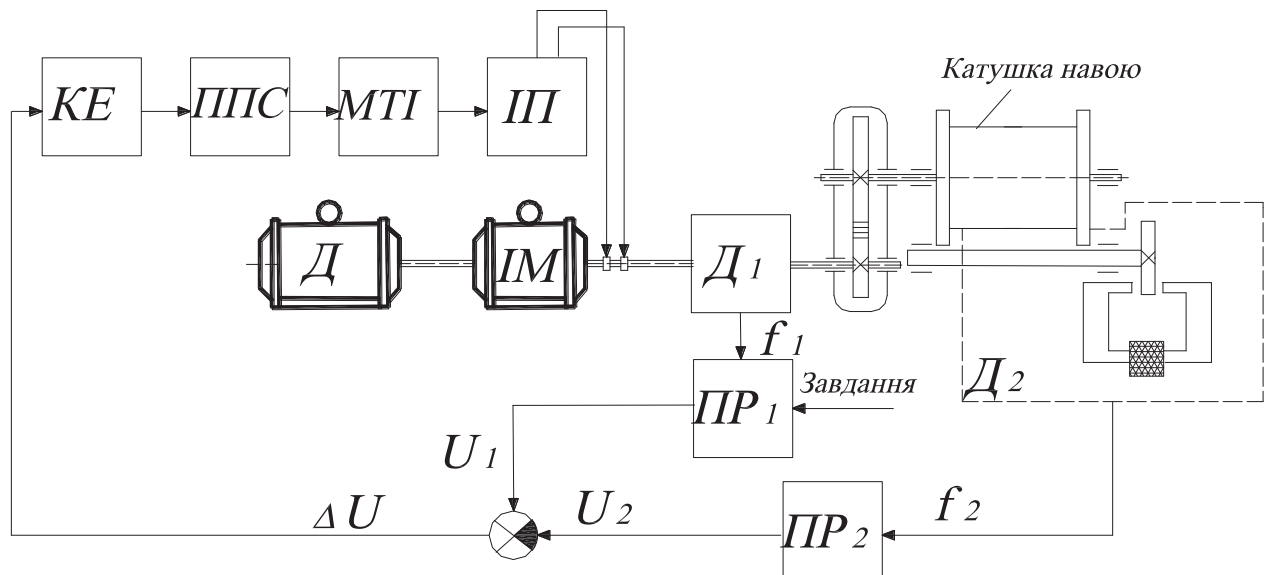
Рисунок 2.1 – Схеми магнітних систем





## 2.2 Опис конструкції системи регулювання швидкості намотування на базі індуктивної муфти

На рисунку 3.1 (БРМА 25.00.00.000С1) представлено структурну схему електромеханічного механізму ниткоподачі. Цей механізм є системою автоматичного регулювання, призначеною для контролю над швидкістю подачі нитки. Він гарантує підтримку постійної лінійної швидкості сходу нитки. Досягається це шляхом зіставлення фактичної швидкості сходу нитки з швидкістю споживання, яка визначається частотою обертання головного вала.



Малюнок 2.3 – Структурна схема електромеханічного механізму ниткоподачі з застосуванням індукційної муфти (1 варіант)

Пристрій, що визначає та регулює потрібну швидкість подачі нитки. Пристрій містить в собі індукційний датчик Д1, що створює імпульси напруги, частота яких  $f_1$  залежить від частоти обертання головного вала  $\omega$ , а також перетворювач «частота — напруга» ПП1, напруга  $U_1$  на виході котрого










### 3.1.2.3 Розрахунок потужності двигуна привода.

Згідно [6,табл. 6.1, с. 118] , вибираємо електродвигун єдиної серії 4А , а саме АО2-22-2 , для якого  $P_{ел}^T = 2,2$  кВт ,  $n_{ел}^T = 1440$  хв<sup>-1</sup> ,  $T_{пуск} / T_{ном} = 1.8$  ,  $d_{вала} = 28$ мм.

### 3.1.2.4 Загальне передаточне число приводу.

$$U_3 = U_1 = n_{ел}^T / n_в 1440/240=6, \quad (3.3)$$

де  $U_1$  – закрите зубчасте циліндричне передаточне число.

### 3.1.2.5 Частоти обертання валів, хв<sup>-1</sup>.

$$n_1 = n_{ел} = 1440 , \quad (3.4)$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U_1} = \frac{1440}{6} = 240 , \quad (3.5)$$

### 3.1.2.6 Потужність, передана валами, в кіловатах (кВт).

$$P_1 = P_{ел} = 2.1, \quad (3.6)$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 = 2.1 \cdot 0.97 \cdot 0.99^2 = 2, \quad (3.7)$$

### 3.1.2.7 Обертаючі моменти на валах, Нм.

$$T_1 = 9550 \frac{P_1}{n_1} = 9550 \frac{2.1}{1440} = 13.927 , \quad (3.8)$$





#### 3.1.4.4 Нормальний модуль зачеплення .

$$m_m=(0.01\dots 0.02)a=(0.01\dots 0.02)\cdot 63=0.63\dots 1.26\text{мм}, \quad (3.16)$$

Приймаємо  $m_m=1\text{мм}$ .

#### 3.1.4.5 Сумарна кількість зубів.

$$Z_c = \frac{2a \cdot \cos \beta}{m_m}, \quad (3.17)$$

де  $\cos \beta=1$  ,оскільки для прямозубих передач  $\beta=0$ .

$$Z_c = \frac{2 \cdot 63 \cdot 1}{1} = 126 .$$

#### 3.1.4.6 Уточнення кількості зубів.

$$Z_1 = \frac{Z_c}{U_1 + 1} = \frac{126}{6 + 1} = 18 , \quad (3.18)$$

Прийнято  $Z_1=18$

#### 3.1.4.7 Кількість зубів колеса.

$$Z_2=Z_c-Z_1=126-18=108, \quad (3.19)$$

Прийнято  $Z_2=108$

#### 3.1.4.8 Розрахунок коллового модуля.





















де  $S_\sigma$  ,  $S_\tau$  – Коефіцієнти запасу, відповідно до нормальних та дотичних напружень.

$$\sigma_a = \frac{M}{W}, \quad (3.62)$$

$$\tau_a = \frac{T}{W_p}, \quad (3.63)$$

де  $M$  та  $T$  - відповідно згинальні та крутильні моменти.

$W$  та  $W_p$  - відповідно осьовий та полярний моменти опору.

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \sigma_a + \Psi_\sigma \sigma_m}, \quad (3.64)$$

$$\tau_\sigma = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} \tau_a + \Psi_\tau \tau_m}, \quad (3.65)$$

де  $\sigma_{-1}$  та  $\tau_{-1}$  – граничні опори матеріалу при витривалості, виражені у МПа.

$K_\sigma, K_\tau$  - ефективні коефіцієнти, що враховують концентрацію напружень.

$\varepsilon_n$  – показник якості поверхні.

$\varepsilon_\sigma, \varepsilon_\tau$  - масштабовані фактори.

$\Psi$  – коефіцієнт чутливості матеріалу до асиметрії циклу напружень.

Матеріал, з якого виготовлено вал – сталь 18ХГТ.

$$\sigma_{-1} = 0,35 \cdot \sigma_{\text{в}} + 100 = 0,35 \cdot 950 + 100 = 432,5 \text{ МПа.}$$

$$\tau_{-1} = 0,58 \cdot \sigma_{-1} = 0,58 \cdot 432,5 = 250,85 \text{ МПа.}$$

Визначення коефіцієнту запасу міцності в точці 1.

Необхідний коефіцієнт запасу міцності обираємо відповідно до [3, табл.5,15, с.184]:





























вентиляції кондиціонерів, різних насосних станціях. Вони дають змогу замінити нині розповсюджене неефективне регулювання за допомогою дроселювання або направляючих пристроїв на регулювання через зміну швидкості. Простота та порівняно невисока ціна цих приводів забезпечила їм широке використання і для інших механізмів. На сьогодні в Україні виробляються індукційні фрикційні муфти з переданим моментом від 0,1 до 400 Н/м<sup>2</sup>. Індукційні фрикційні муфти до 4 Н/м<sup>2</sup> входять до складу комплектного регульованого електроприводу типу ПМС, що виробляється Харківським заводом «Електростанок».

						Арк.
						62





## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Марчук А. Р. Розрахунок натягу ниток, що переміщуються без ковзання по рухомих циліндричних поверхнях / А. Р. Марчук, Г. Б. Параска // Вісник КНУТД. – 2003. – №2. – С. 111-116.
2. Електромагнітна індукційна муфта: принцип роботи — лабораторна робота № 5 // *Електромагнітні засоби*. — ТДАТУ, кафедра ЕТЕМ.
3. Dr. Solenoid. Електромагнітна муфта: принцип роботи, переваги та застосування // DrSolenoid.com, 2024.
4. Lee, C., Park, Y., & Kim, D. (2020). Design of yarn feeding control system for circular knitting machines using electromagnetic clutch. // *Textile Research Journal*. — Vol. 90, No. 15. — pp. 1781–1792. <https://doi.org/10.1177/0040517520912134>
5. Yamashita, H. et al. (2019). Dynamic response analysis of electromagnetic clutches in precision textile drives. // *Mechanism and Machine Theory*. — Vol. 135. — pp. 258–267. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.01.007>
6. Sivanandam, S. N. (2014). *Electromechanical systems and devices*. — CRC Press, 416 p. — Розділ 6: Clutches and Brakes in Mechatronics. ISBN: 9781466514374.
7. Басюк С.І., Коробченко Є.О., Чабан В.В. Розробка приводу круглов'язальних трикотажних машин з обгінною муфтою // Тези доп. XVIII Всеукр. наук. конф. — К.: КНУТД, 2019. — С. 350–351.
8. Параска Г. Б. Підвищення рівномірності петельної структури основов'язального полотна / Г. Б. Параска // *Легка промисловість*. – 1997. – №3. – С. 52.





