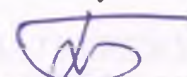


Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри


(підпис)

І. С. Білюк

« 16 » 06 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

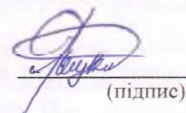
освітня програма Електротехніка та електротехнології
(назва освітньої програми)

на тему: «Автоматизований електропривод етикетувальної машини»

Виконав: студент IV курсу, групи 4317ст

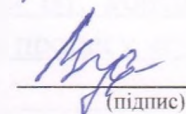
Яцина Валерій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

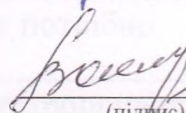
Керівник доц. каф. автоматики, к.т.н.,
доц. Зубарев А. А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

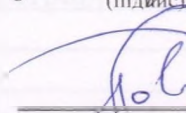
Нормоконтроль доц. каф. автоматики, к.т.н.,
доц. Васильєв О. Г.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Рецензент доц. каф. СЕЕС, к.т.н.,
доц. Новогрецький С. М.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

м. Миколаїв– 2025 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра автоматики

Освітній ступінь бакалавр

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

(код і назва)

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код і назва)

Освітня програма «Електротехніка та електротехнології»

(назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри, к.т.н., доцент

I. С. Білюк

(підпис)

07

лютого

2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра студенту

Яцині Валерію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизований електропривод етикетувальної машини

керівник роботи Зубарев А. А., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 23 квітня 2025 року №343-уч

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики автоматичного аплікатора L-15 UNIVERSAL Labeling Systems, електродвигун BLDC 48 В 1000 Вт, контролер MC33035 + IC адаптер MC33039, показники якості перехідного процесу $\sigma \leq 5\%$, $t_p \leq 0,5$ с

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1. Опис етикетувальної машини

4.2. Функціональна схема та опис елементів автоматизованого електропривода

4.3. Розрахункова частина

4.4. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

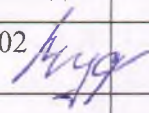
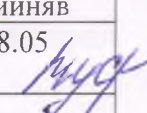
5.1. Загальний вигляд об'єкта керування

5.2. Функціональна схема автоматизованого електропривода

5.3. Модель автоматизованого електропривода в MATLAB

5.4. Дослідження динаміки автоматизованого електропривода

6. Консультанти розділів роботи

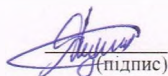
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Зубарев А. А., доцент кафедри автоматики	07.02 	28.05 

7. Дата видачі завдання 07 лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Обґрунтування актуальності проблеми, що розглядатиметься; визначення основної мети та завдань дипломної роботи. Вимоги до оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	19.02	
2	Короткий огляд літератури за темою дослідження. Опис об'єкта керування.	05.03	
3	Побудова функціональної схеми автоматизованого електропривода. Розрахунок та вибір його елементів.	19.03	
4	Математичний опис автоматизованого електропривода. Налаштування контурів регулювання.	16.04	
5	Дослідження динаміки автоматизованого електропривода в MATLAB.	14.05	
6	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини. Підготування доповіді.	28.05	

Студент


(підпис)

Яцина В. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник
роботи


(підпис)

Зубарев А. А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 57 с., 4 р., 18 рис., 6 табл., 1 дод., 13 джерел.

Ключові слова: автоматизований електропривод, аплікатор, етикетувальна машина, моделювання, перехідна характеристика.

Об'єкт дослідження – перехідні процеси в автоматизованому електроприводі етикетувальної машини.

Мета роботи – синтез системи керування електропривода етикетувальної машини.

Методи дослідження – теоретичні дослідження виконані із залученням сучасної теорії електропривода, методів теорії автоматичного керування та комп'ютерного моделювання в MATLAB Simulink.

У першому розділі розглянуто класифікацію, призначення та принцип дії етикетувальних машин, наведено технічні характеристики автоматичного аплікатора L-15. Другий розділ містить функціональну схему автоматизованого електропривода та опис його елементів. У третьому розділі наведено математичний опис автоматизованого електропривода та досліджено його динаміку. В розділі 4 розглянуті питання з охорони праці. Додаток містить слайди мультимедійної презентації.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОПИС ЕТИКЕТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ	6
1.1 Загальні відомості про технологічне обладнання.....	6
1.2 Класифікація, призначення та принцип дії етикетувальних машин	12
1.3 Технічні характеристики автоматичного аплікатора L-15	15
2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ТА ОПИС ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	18
2.1 Функціональна схема автоматизованого електропривода	18
2.2 Опис елементів автоматизованого електропривода.....	22
3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	30
3.1 Математичний опис автоматизованого електропривода на базі безколекторного двигуна постійного струму	30
3.2 Побудова моделі та аналіз якості керування автоматизованого електропривода в MATLAB	37
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	42
4.1 Організація охорони праці на підприємстві.....	45
4.2 Заходи безпеки при роботі на аплікаторі	51
4.3 Захист від ураження електричним струмом.....	53
4.4 Пожежна безпека.....	53
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	56
ДОДАТОК А. Мультимедійна презентація.....	58

ВСТУП

Актуальність теми. Одним з найбільш важливих елементів оформлення упаковки продукції є етикетка. Крім привабливості етикетка також несе на собі велике інформаційне навантаження. Необхідність при масовому виробництві швидко, точно і акуратно наносити етикетки, вимога можливості друкувати на етикетки змінну інформацію змушує виробників продукції шукати шляхи автоматизації цієї, здавалося б простої, операції. Автоматичне етикетувальне обладнання – різновид виробничого обладнання, призначеного для нанесення етикеток на тару або безпосередньо на товар. Етикетувальники дозволяють працювати з продукцією практично будь-якого типу, включаючи коробки, пляшки, банки, флакони, аерозольні балони, відерця і багато іншого. Обладнання затребуване в абсолютній більшості галузей промисловості, включаючи харчову промисловість, виробництво побутової хімії, косметичних та лікарських засобів.

Мета і завдання роботи. Метою роботи є синтез системи керування електропривода етикетувальної машини. Для досягнення зазначеної мети в кваліфікаційній роботі було визначено наступні завдання:

- 1) розглянути класифікацію, призначення та принцип дії етикетувальних машин. Навести технічні характеристики автоматичного аплікатора L-15;
- 2) побудувати функціональну схему автоматизованого електропривода та навести опис її елементів;
- 3) скласти математичний опис автоматизованого електропривода;
- 4) дослідити динаміку автоматизованого електропривода.

Об'єктом дослідження є перехідні процеси в автоматизованому електроприводі аплікатора. Предмет роботи – параметри регулятора швидкості автоматизованого електропривода аплікатора, які впливають на якість керування.

1 ОПИС ЕТИКЕТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Аплікатор (етикетувальна машина) – це промисловий апарат, призначений для автоматичного розклеювання етикеток на упаковку різноманітної продукції (флакони з побутовою хімією, упаковані продукти харчування, продукція косметичної та фармацевтичної галузі). Такі апарати бувають дуже різними: одні працюють з гарячим клеєм, інші з холодним, треті розклеюють етикетки з клейовим краєм, четверті – самоклеючі стікери (вони за всіма параметрами кращі за свої аналоги).

1.1 Загальні відомості про технологічне обладнання

Технологічне обладнання призначене для перетворення оброблюваної сировини та напівфабрикатів шляхом зміни їх розмірів, форми, властивостей чи стану. До технологічного обладнання належать машини, апарати, роботи, агрегати, комплекси, модулі.

У технологічних машинах здійснюються перетворення, спрямовані на зміну розмірів та форми сировини, напівфабрикатів чи готової продукції, тобто. продукт піддається механічному впливу.

У технологічних апаратах здійснюються теплові, фізико-хімічні, біологічні та інші впливи, що викликають зміни фізичних чи хімічних властивостей або агрегатного стану оброблюваного продукту. Характерною ознакою апарату є наявність реакційного простору або робочої камери.

Іноді в одному виді обладнання поєднують механічні, фізико-хімічні, теплові та інші процеси. У цьому разі складно провести кордон між машиною та апаратом.

Агрегат є сукупністю машин і (або) апаратів і призначений для виконання низки процесів переробки сировини (матеріалу) на напівфабрикат або готовий продукт.

Комплекс обладнання – сукупність машин та (або) апаратів – призначений для виконання низки операцій з метою перетворення споживчих властивостей вихідного матеріалу на споживчі властивості напівфабрикату або готового продукту. Обладнання комплексу має бути таким, щоб здійснювалася безвідходна розробка.

Агрегати, комплекси, модулі забезпечують проведення певної групи процесів, спрямованих на отримання напівфабрикату чи готового продукту. Створення агрегатів, комплексів, модулів дозволяє проводити комплексну механізацію та автоматизацію технологічного обладнання.

Агрегати, комплекси, модулі є найбільш досконалими комбінованими видами обладнання, що виконують певний, закінчений цикл операцій та процесів.

Операція – сукупність процесів перетворення вихідного матеріалу та процесів транспортування його між операціями. Власне технологічна операція виконує дві функції: обробку об'єкта (технологічний процес) та подання об'єкта обробки у робочу зону (транспортний процес).

Технологічний процес – частина виробничого процесу, що містить дії щодо зміни та наступного визначення стану предмета виробництва. Технологічні процеси складаються з технологічних та допоміжних (транспортних, настановно-знімних, вантажно-розвантажувальних та ін.).

Поняття «технологічний процес» застосовується як до виробництва в цілому, так і до окремих машин та апаратів.

Для агрегатів, комплексів, складних автоматичних машин зазвичай складається технологічна схема – графічне зображення технологічного процесу в послідовності виконання технологічних та допоміжних операцій.

Побудова технологічних ліній шляхом об'єднання машин, апаратів, модулів, агрегатів, комплексів на поточності виробництва: спеціалізації технологічних операцій; інтеграції технологічних операцій; одночасному виконанні різних технологічних операцій усіма складовими частинами лінії.

Створення спеціального обладнання (спеціалізація) передбачає використання для кожної технологічної операції окремої машини, апарату чи іншого пристрою.

Час вироблення виробу в обладнанні називається циклом. Час, протягом якого виробляється обробка виробу в устаткуванні, називається технологічним циклом T_T .

Час, протягом якого обладнання виробляє одне або кілька (за наявності в машині двох або більше паралельних потоків обробки) готових виробів, називається робочим циклом T_R .

Час між двома послідовними вихідними положеннями робочих органів та виконавчих механізмів називається кінематичним циклом T_K .

Робочий та кінематичний цикли рівні між собою. Для виконання технологічного процесу необхідні певна послідовність та узгодженість, синхронність руху об'єктів обробки та всіх механізмів машини.

Кількість продукції, яку машина (апарат) виготовляє (обробляє, переробляє, випускає) в одиницю часу називається її продуктивністю. Розрізняють дійсну P_d , теоретичну P та технологічну P_T продуктивність.

Дійсна (фактична) продуктивність визначається реальною кількістю кондиційної продукції, яку машина обробляє в середньому за одиницю часу при умови досить тривалої експлуатації протягом зміни або іншого календарного періоду, включаючи різного роду втрати на налагодження, ремонт, регулювання та інші простої.

Якщо позначити: T_M – тривалість роботи машини за конкретний термін; T_n – тривалість простоїв; B – кількість випущених цей час виробів, тоді:

$$P_d = B / (T_M + T_n).$$

Теоретична продуктивність визначається кількістю продукції, яку могла б видати машина за одиницю часу за безупинної роботі, тобто. за відсутності втрат часу на простий:

$$P = B / T_M,$$

відношення

$$\Pi_d / \Pi = T_M / (T_M + T_n) = K_\Pi$$

де K_Π – коефіцієнт використання продуктивності обладнання (машини або апарату тощо), служить показником раціональної експлуатації устаткування.

У паспортних характеристиках та розрахункових формулах під продуктивністю мається на увазі зазвичай теоретична.

Значення Π_d і K_Π залежать від конкретних умов виробництва, забезпеченості сировиною та матеріалами тощо.

Технологічна продуктивність Π_T визначається тією кількістю продукції, яку могла б виробити машина при поєднанні робочих ходів із холостими або відсутності останніх. В автоматичних машинах з безперервно-операційною обробкою внутрішньоциклові втрати відсутні і $\Pi = \Pi_T$.

Продуктивність машин періодичної дії

$$\Pi = J V_0 / (T_z + T_{обр} + T_v),$$

де J – коефіцієнт заповнення робочої камери (приймається за даними експлуатації); V_0 – геометрична (повна) місткість камери; T_z , $T_{обр}$, T_v – відповідно час завантаження, обробки та вивантаження (визначається за параметрами роботи обладнання).

У харчовій промисловості машини періодичного дії часто характеризуються не продуктивністю, а їх основним параметром – місткістю робочої камери (теоретичної чи робочої).

Для машин, що безперервно діють, що випускають поштучну продукцію або продукцію у вигляді певних порцій, продуктивність розраховують за загальною формулою:

$$\Pi = q Z = q / T_p,$$

де q – кількість продукції, що випускається за цикл T_p ; Z – кількість циклів T_p в одиницю часу.

Об'ємна продуктивність обладнання безперервної дії, з якого продукція виходить суцільним потоком,

$$\Pi = F V L / T_p,$$

де F – поперечний переріз продуктового потоку, м^2 ; V – середня швидкість продуктового потоку, м/с ; L – довжина робочої камери, м .

Наведені формули носять загальний характер і частіше використовуються для розрахунку механічного продуктивності обладнання, рідше інших видів устаткування. Теплове обладнання найчастіше характеризується не продуктивністю, а місткістю камер, величиною теплообмінної поверхні, значення коефіцієнта теплопередачі і т.п.

Витратна потужність у загальному випадку складається з потужності, що витрачається на механічну обробку продукту та його транспортування:

$$N = N_m + N_t.$$

Витрати потужності на транспортування, як правило, мають місце в обладнанні безперервної дії.

Загальна потужність, необхідна для роботи обладнання,

$$N_0 = N / \eta,$$

де η – коефіцієнт корисної дії обладнання.

Робота обладнання характеризується технічними та технологічними показниками, що становлять його технічну характеристику. До таких показників зазвичай відносять:

- продуктивність;
- споживану енергетичну потужність, що виражається кількістю пари, холодоносія, електрики в одиницю часу;
- параметри електричної енергії (напруга, частота, кількість фаз), пара (температура, тиск), холодоносія (вид, температура);

- параметри сировини та продукції, що виробляється;
- параметри режиму роботи технологічного обладнання та його окремих елементів (тиск, температура, частота обертання тощо);
- габаритні розміри та масу технологічного обладнання;
- умови експлуатації (характеристика виробничого приміщення, температура та відносна вологість повітря).

Продуктивність та споживана потужність є найбільш важливими показниками, оскільки у певній ступені дозволяють судити про технічний рівень обладнання, відповідно до світових стандартів тощо.

Все технологічне обладнання з організації процесу поділяється на періодичне та безперервно діюче.

У процесі комплексної механізації та автоматизації виробництва окремі машини та апарати об'єднуються в агрегати, комплекси та потокові лінії. Сукупність спеціалізованого технологічного обладнання, розташованого відповідно до певного технологічного процесу та зв'язаного між собою транспортними пристроями, називається потоковою лінією.

За ступенем механізації та автоматизації технологічне обладнання харчових виробництв можна класифікувати на такі види: немеханізоване, напівмеханізоване, механізоване, автоматичне.

Немеханізоване обладнання характеризується тим, що всі технологічні та транспортні операції у ньому виконуються вручну.

Напівмеханізоване обладнання характеризується тим, що частина трудомістких технологічних та транспортних операцій механізована та виконується без безпосереднього застосування ручної праці. Вручну, як правило, виконуються операції подачі напівфабрикату (сировини) до технологічного обладнання, а також операції контролю та регулювання технологічного процесу.

Устаткування з повною комплексною механізацією всіх технологічних транспортних та настановно-об'ємних операцій називається механізованим.

Автоматизованим може бути як механізоване, і напівмеханізоване устаткування. У цих випадках застосовують пристрої для автоматичного контролю та регулювання основних процесів, у тому числі теплових, дозувальних і т.п.

Автоматичне обладнання являє собою механізоване обладнання, оснащене комплексом автоматичних пристроїв для контролю та регулювання всіх технологічних операцій та керування механізмами, що входять до складу обладнання без застосування ручної праці. За повної (комплексної) автоматизації технологічне обладнання працює з найвищими (або близькими до них) техніко-економічними показниками (за продуктивністю, ККД, собівартості продукції і т.д.).

1.2 Класифікація, призначення та принцип дії етикетувальних машин

1.2.1 Етикетувальна машина може бути ротаційною або лінійною – все залежить від типу проходу продукції через етикетувальний апарат. Лінійні системи дешевше ротаційних. Перші являють собою транспортер, по якому продукція доходить до аплікаційних станцій, де наклеюється стікер. Але в цьому випадку неможливо орієнтувати пляшку по потрібних мітках, якщо така орієнтація потрібна. А ось автомат ротаційного типу може це зробити – у нього є спеціальні фотоеlementи, які реагують на орієнтаційні мітки і розміщують етикетку так, як це необхідно. З цієї причини і через загальні складнощі конструкції, він коштує дорожче лінійних автоматів. За своїм механізмом ротаційна машина схожа на карусель, тому називається також етикетувальник карусельного типу. Він призначений для наклеювання кругової і сегментної самоклеїлки [13].

На сьогоднішній день аплікатор етикеток може бути представлений двома типами: ручним та автоматичним (промисловим) пристроєм.

Завдяки зручності і простоті використання ручні машини набули найбільшого поширення в сфері торгівлі (супермаркети, оптові та роздрібні точки продажів, склади і т.д.).

Перевага ручних аплікаторів полягає в їх невисокій вартості і простоті використання. Їх можна застосовувати як в офісі, так і на невеликому складі або виробництві.

Серед недоліків таких пристроїв можна відзначити обмеження за розміром рулону, який можна «завантажити» в аплікатор. Також ви не зможете використувати аплікатор, якщо необхідно наклеїти етикетку в строго певне місце на коробці.

Промисловий, або як його сьогодні прийнято називати – автоматичний аплікатор етикеток, істотно відрізняється від свого попередника. У першу чергу, його габарити можуть значно перевищувати розміри ручного пристрою. Крім того, обладнання сильно різниться між собою за принципом роботи. Але, мабуть, головною відмінністю промислового апарату є його технологічне оснащення і технічні характеристики.

Головна перевага автоматичних аплікаторів в тому, що вони роблять процес маркування практично повністю незалежним від людини. Етикетка завжди наклеюється точно і швидко. У аплікатор встановлюється рулон етикеток великого розміру, що дозволяє скоротити зупинки необхідні для заміни витратних матеріалів. Необхідно відзначити, що процес заміни витратних матеріалів нескладний і не займає багато часу.

1.2.2 Автоматичний аплікатор самоклейки отримав широке застосування у великих цехах і на промислових підприємствах. Залежно від конкретної моделі обладнання, етикетувальники здатні наносити на продукцію більше 40 метрів стікерів за одну хвилину. Завдяки тому, що в роботі апарату задіяні цифрові датчики, нанесення наклейок на товар здійснюється з великою точністю, причому це відбувається на досить високій швидкості. Принцип, за яким працює аплікатор даного типу, виглядає наступним чином.

Стрічка приводиться в рух ведучим рифленим валом, обертання якого забезпечує електропривод пристрою. Для більшого зчеплення ведучого валу зі стрічкою, остання притискається до нього за допомогою притискного ролика з поліуретану, або ж м'якої гуми. Подальше відділення наклейки від підкладки здійснюється за

допомогою перегину стрічки в зоні ножа пристрою. Далі аплікатор етикеток позбавляється від підкладки, що залишилася, шляхом її намотування на спеціальну вільну вісь. Закріплення наклейки, нанесеної на упаковку, здійснюється шітковим вузлом.

Правильну роботу привода забезпечує пара надточних сенсорів: датчики самоклеючої етикетки і упаковки. Як тільки тара підходить до зони спрацьовування оптичного датчика упаковки, сенсор передає команду на прокрутку стрічки. Далі в справу вступає контролер. При відсутності двох цих сенсорів, автомат – аплікатор самоклейки був би здатний наносити наклейки з низькою точністю та швидкістю. Команду на зупинку привода, після вильоту стікера, подає датчик етикетки. Далі режим роботи аплікатора повторюється циклічно.

Аплікаторними голівками сьогодні оснащують всі сучасні етикетувальні машини.

Для подачі продукції на етикетування використовується транспортна техніка, наприклад стрічковий транспортер.

Автоматичні аплікатори застосовуються на середніх і великих виробництвах. Коли необхідно швидко і точно наклеювати етикетку. Зазвичай такі аплікатори вбудовують у виробничу (конвеєрну) лінію. Етикетку можна наносити на виріб зверху, збоку або знизу. Перед нанесенням можливо надрукувати інформацію на етикетці. Залежно від характеру інформації, що наноситься, в аплікатор інтегрується принтер. Якщо вам необхідно надрукувати повноцінну етикетку з великою кількістю інформації, то в механізм буде вбудований термотрансферний принтер етикеток. Якщо існує потреба в друку лише дати або іншої інформації невеликого обсягу, то буде використовуватися датер.

Етикетувальна системи з нанесення на продукцію етикеток є найзручнішими з усіх можливих видів подібних систем. По-перше, такі верстати надійніше фіксують самоклеїтку на упаковці. По-друге, стікери можуть бути абсолютно будь-якими – при їх розклеюванні установка не потребує додаткових пристроїв. Третя перевага це швидкість нанесення автоматичних апаратів. Вона може досягати 800 етикеток

на хвилину – без них не можуть обійтися високопродуктивні лінії, наприклад, пивне виробництво, або великі цехи з розливу води.

1.3 Технічні характеристики автоматичного аплікатора L-15

Моделі серії L виробництва UNIVERSAL Labeling Systems Inc., USA, є компактними автоматичними аплікаторами для нанесення етикеток на автоматичних пакувальних лініях різноманітного виробництва:

- на плоску або майже плоску поверхню упаковки;
- на заглиблене посадочне місце до 6 мм глибиною;
- якщо довжина етикетки мала в порівнянні з діаметром пляшки або банки, то аплікатори можна використовувати і для наклеювання етикеток на бокову циліндричну поверхню.

Аплікатори виконані з нержавіючої сталі і анодованого алюмінію. Компактний дизайн дозволяє використовувати аплікатори в складі більшості пакувальних машин (рисунок 1.1). Наклейка етикеток може проводитися на бічну, верхню чи нижню поверхню упаковки.

Аплікатори можуть поставлятися лівостороннього або правостороннього виконання (рисунок 1.2). Аплікатор однаково добре наклеює як паперові самоклеючі етикетки, так і прозорі пластикові і не вимагає при переході на прозорі етикетки установки дорогих спеціальних датчиків прозорих етикеток [7].

Датчик упаковок реєструє надходження чергової упаковки на конвеєрі. Блок електронного регулювання часу затримки початку подачі етикеток після спрацювання датчика упаковок призначений для позиціонування етикетки на контейнері вздовж напрямку руху конвеєра. Аплікатор має регулятор швидкості нанесення етикеток. Додатково автоматичний аплікатор (тільки L-15) може бути укомплектований принтером (UniVersal C-205) для вдруковування на етикетки змінної інформації (дати, штрих кодів і т.д.), лічильником упаковок, регульованою стійкою для кріплення аплікатора на конвеєрі. В таблиці 1.1 наведено специфікацію аплікаторів серії L [8].

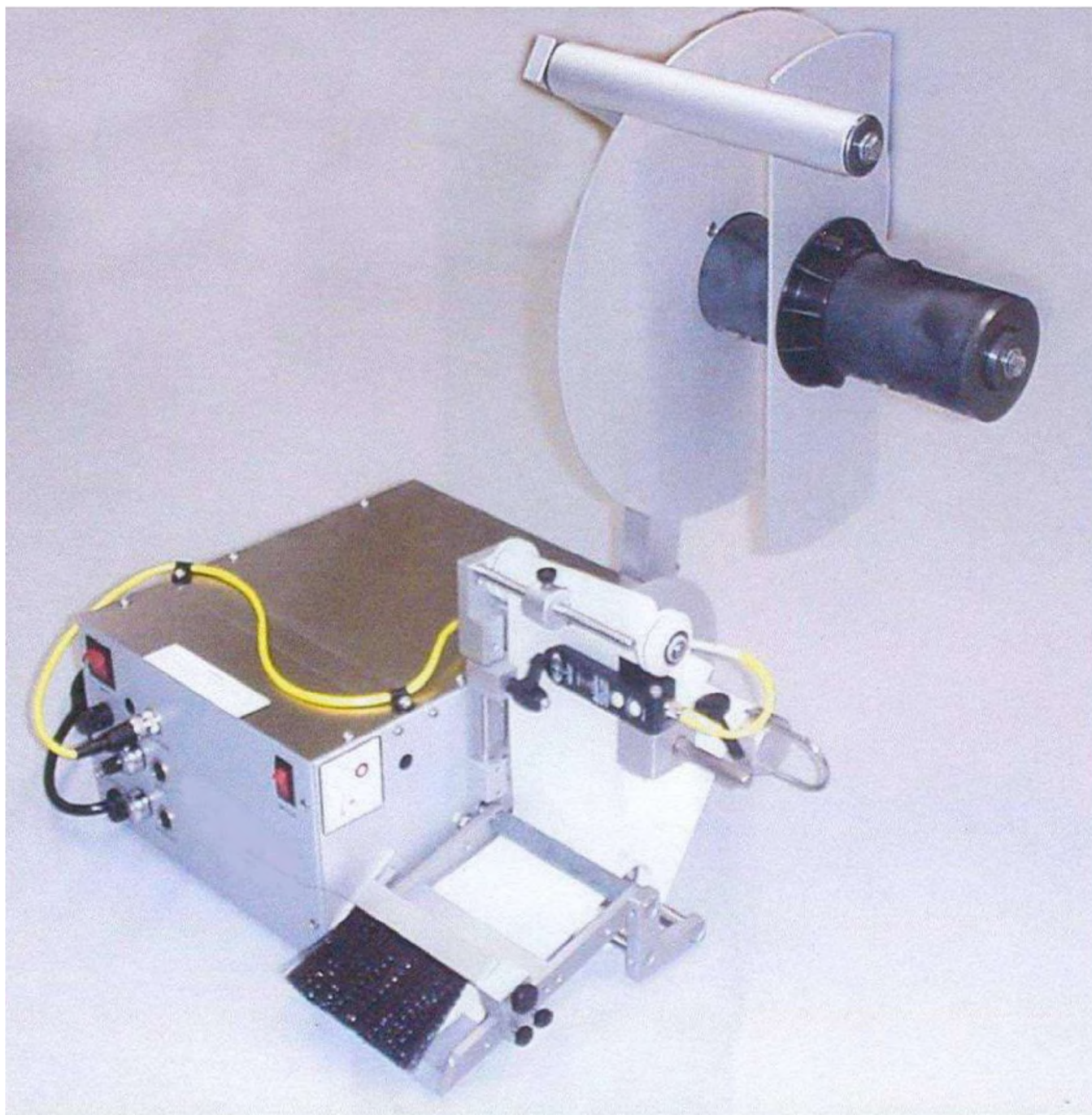
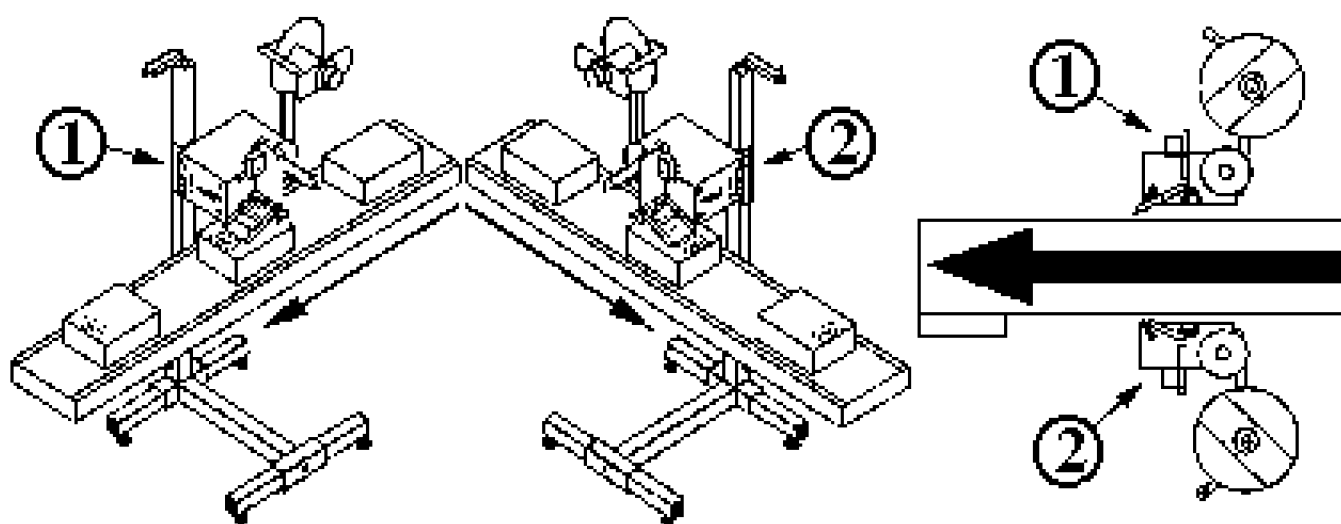


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд автоматичного аплікатора L-15



1 – лівий аплікатор; 2 – правий аплікатор

Рисунок 1.2 – Розташування аплікатора

Таблиця 1.1 – Специфікація аплікаторів серії L

Параметр	Значення	
	L-15	L-30
Виробництво до, м/хв	30,5	18
Виробництво до, шт	100	80
Мін. розмір етикеток, мм	12×12	12×12
Макс. довжина етикеток, мм	250	152
Макс. ширина етикеток, мм	165	54
Макс. зовнішній діаметр рулону, см	30	25
Внутрішній діаметр рулону, мм	76	76
Довжина аплікатора, см	56	49
Ширина аплікатора, см	47	34
Висота аплікатора, см	57	43

2 ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ТА ОПИС ЕЛЕМЕНТІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

2.1 Функціональна схема автоматизованого електропривода

2.1.1 Високі вимоги до виконавчих механізмів (зокрема, високообертових мікроприводів точного позиціонування) зумовили застосування специфічних двигунів постійного струму: безконтактних трифазних двигунів постійного струму (БДПС або BLDC). Конструктивно вони нагадують синхронні двигуни змінного струму: магнітний ротор обертається в шихтованому статорі з трифазними обмотками. Але оберти є функцією від навантаження та напруги на статорі. Ця функція реалізована за допомогою перемикання обмоток статора залежно від координат ротора. БДПС існують у виконанні з окремими датчиками на роторі і без окремих датчиків. В якості окремих датчиків застосовуються датчики Хола. Якщо виконання без окремих датчиків, то як фіксуючий елемент виступають обмотки статора. При обертанні магніту, ротор наводить в обмотках статора ЕРС, в результаті чого виникає струм. При виключенні однієї обмотки вимірюється і обробляється сигнал, який був у ній наведений. Цей алгоритм вимагає процесора обробки сигналів. Для гальмування і реверсу БДПС не потрібна мостова схема реверсу живлення – досить подавати керуючі імпульси на обмотки статора в зворотній послідовності [1].

У вентильному двигуні (ВД) індуктор знаходиться на роторі (у вигляді постійних магнітів), якірна обмотка знаходиться на статорі (синхронний двигун). Напруга живлення обмоток двигуна формується залежно від положення ротора. Якщо в двигунах постійного струму для цієї мети використовувався колектор, то в вентильному двигуні його функцію виконує напівпровідниковий комутатор (датчик положення ротора (ДПР) з інвертором).

Основною відмінністю ВД від синхронного двигуна є його самосинхронізація за допомогою ДПР, в результаті чого у ВД, частота обертання поля пропорційна частоті обертання ротора.

Система керування містить силові ключі, часто тиристори або силові транзистори з ізольованим затвором. З них збирається інвертор напруги або інвертор струму. Система керування ключами зазвичай реалізується на основі використання мікроконтролера. Наявності мікроконтролера потребує велика кількість обчислювальних операцій керування двигуном.

Принцип роботи ВД заснований на тому, що контролер ВД комутує обмотки статора так, щоб вектор магнітного поля статора завжди був ортогонален вектору магнітного поля ротора. За допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) контролер керує струмом, що протікає через обмотки ВД, тобто вектором магнітного поля статора, і таким чином регулюється момент, діючий на ротор ВД. Знак у кута між векторами визначає напрямок моменту, що діє на ротор.

Комутація проводиться так, що потік збудження ротора – Φ_0 підтримується постійним щодо потоку якоря. У результаті взаємодії потоків якоря і збудження створюється обертовий момент M , який прагне розвернути ротор так, щоб потоки якоря і збудження збіглися, але при повороті ротора під дією ДПР відбувається перемикання обмоток і потік якоря повертається на наступний крок. У цьому випадку і результуючий вектор струму буде зрушений і нерухомий щодо потоку ротора, що і створює момент на валу двигуна. У рушійному режимі роботи МДС статора випереджає МДС ротора на кут 90° , який підтримується за допомогою ДПР. У гальмівному режимі МДС статора відстає від МДС ротора, кут 90° так само підтримується за допомогою ДПР. Контролер ВД регулює момент, що діє на ротор, змінюючи величину ШІМ. На відміну від щіткового електродвигуна постійного струму, комутація у ВД здійснюється і контролюється за допомогою електроніки.

Поширені системи керування, що реалізують алгоритми широтно-імпульсного регулювання та широтно-імпульсної модуляції при керуванні ВД.

БДПС складається з трьох основних елементів (рисунок 2.1): власне двигуна з m -фазною обмоткою та індуктором; датчика положення ротора (ДПР), який виконаний в одному корпусі з двигуном і виробляє сигнали керування, які визначають послідовність підключення обмоток фаз до джерела живлення; безконтактного

комутатора, який по сигналам датчика положення здійснює підключення (комутацію) обмоток двигуна.

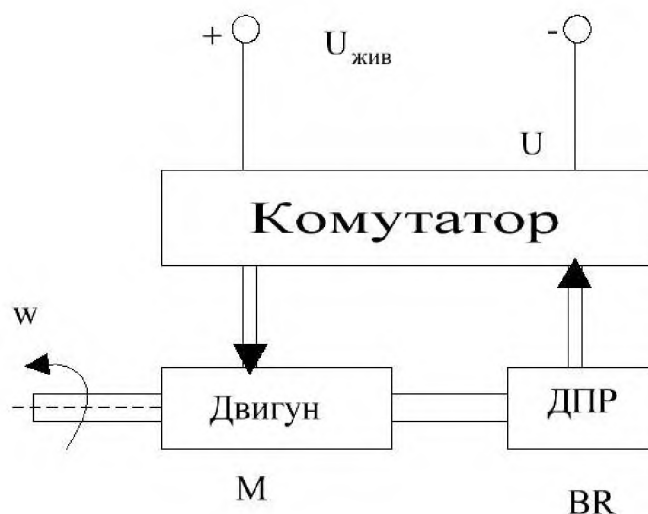
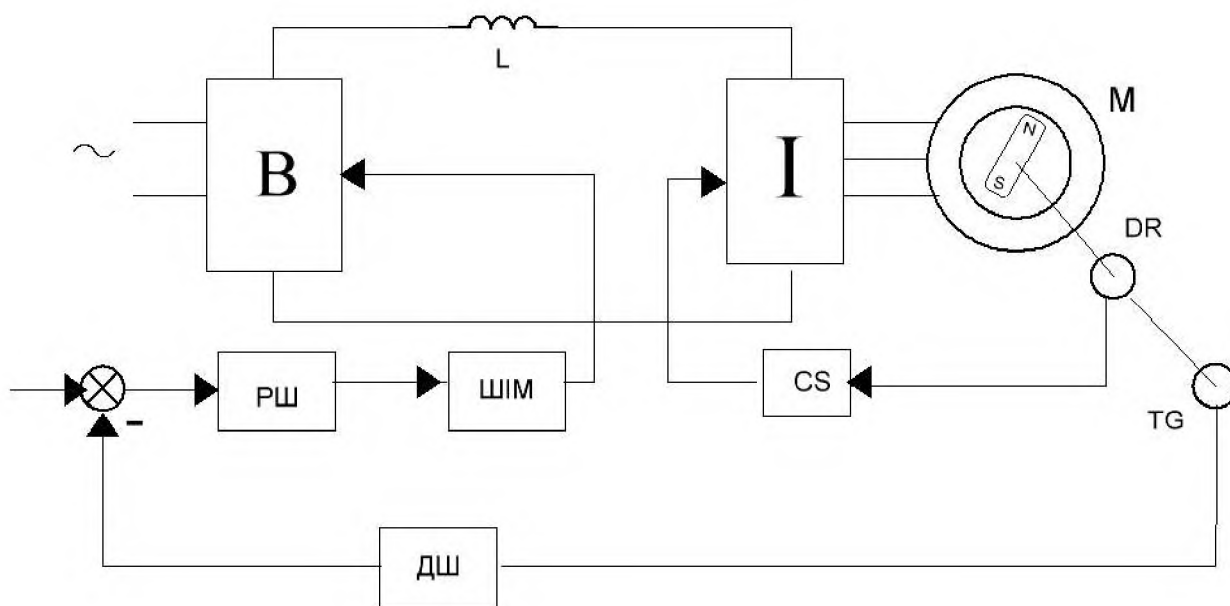


Рисунок 2.1 – Функціональна схема вентильного двигуна

2.1.2 У вентильному двигуні середньої та великої потужності зазвичай використовуються синхронні двигуни звичайної конструкції з електромагнітним збудженням. Функціональна схема автоматизованого електропривода на базі вентильного двигуна представлено на рисунку 2.2. В якості вентильного комутатора використовується транзисторний перетворювач, що складається з керованого випрямляча В і інвертора І. Інвертор виконує функції комутатора, перемикання якого відбувається від датчиків положення ротора DR [3].

Завдяки включенню в ланцюг постійного струму дроселя L зі значною величиною індуктивності, перетворювач В – І працює як джерело струму.

Регулювання швидкості в приводах розглянутого типу зазвичай відбувається введенням зовнішнього контуру регулювання швидкості.



РШ – регулятор швидкості; ДШ – датчик швидкості; CS – датчик положення ротора; М – двигун; В – керований випрямляч; І – трифазний інвертор
Рисунок 2.2 – Функціональна схема автоматизованого електропривода

БДПС працює або в генераторному режимі або в режимі двигуна. Режим роботи задається знаком механічного моменту (позитивний для режиму двигуна, від’ємний для генераторного режиму). Для трапецеїдальної машини, модель передбачає, що розподіл обмоток і потік встановлюються постійними магнітами і виробляється три трапецієподібних сигнали зворотного ЕРС.

Датчик положення ротора – невід’ємний елемент ЕП з ВД. Задача ДПР – визначення відносного положення магнітної вісі ротора та еквівалентної вісі статора та видача відповідних сигналів для керування комутатором.

В наш час існує чотири різновиди ДПР:

- індуктивні;
- фотоелектричні;
- гальванометричні датчики Хола, магнітодіоди, магнітотранзистори та магніторезистори;
- датчики синусоїдальної напруги.

В залежності від характеру вихідного сигналу ДПР розподіляються на дві великі групи: дискретні та аналогові. Інформаційними ознаками сигналів ДПР є амплітуда напруги або струму, полярність (знак) або відносна тривалість імпульсів.

2.2 Опис елементів автоматизованого електропривода

2.2.1 В таблиці 2.1 наведено характеристики виконавчого двигуна [12]. Зовнішній вигляд електродвигуна представлено на рисунку 2.3.

Таблиця 2.1 – Основні характеристики двигуна BLDC 48V 1000W

Параметр	Значення
Тип	постійного струму, вентильний, (безколекторний)
Напруга живлення, В	48
Параметр	Значення
Максимальний момент, Нм	не менше 15
Номінальний момент, Нм	4...6
Частота обертання при номінальному моменті, об/хв	1400... 1500
Частота обертання холостого ходу, об/хв	1700
Маса, кг	6
Напрямок обертання	реверсивне
Споживається, кВт	1,0
Конструктивне виконання	на лапах, з виходом валу на одну сторону
Кліматичне виконання	УХЛ2



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд електродвигуна

2.2.2 Розвиток систем керування електроприводів характеризується тенденціями підвищення ступеня інтеграції елементів, переходу від монтажного рішення на базі дискретних елементів до спеціалізованих інтегральних мікросхем і мікроконтролерів, переходу від «жорсткої» логіки алгоритмів керування до більш гнучкого керування, максимально враховують вимоги конкретного застосування й реалізовані програмованим способом. Для масових застосувань з відносно невисокими вимогами по точності ефективно застосування спеціалізованих, функціонально завершених інтегральних схем (ІС). Motorola випускає ряд ІС для безпосереднього керування малопотужними приводами з колекторними і безколекторними двигунами постійного і змінного струму. Ці ІС забезпечують безліч функцій і дозволяють легко створювати дешевші порівняно з дискретною реалізацією системи. При необхідності потужність привода може бути збільшена за рахунок застосування проміжних драйверів і потужних силових ключів [11].

Мікросхема MC33035 є другим поколінням високопродуктивного контролера безколекторного двигуна постійного струму і містить всі необхідні функції

для реалізації системи керування трьох- і чотирьохфазними двигунами. Технічні характеристики контролера наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні характеристики мікросхеми MC33035:

Параметр	Значення
Напруга живлення, В	від 10 до 30
Частота осцилятора, кГц	22...28
Струм верхніх драйверів, мА	до 50
Струм нижніх драйверів, мА	до 100
Робочий діапазон температур	від мінус 40 °С до плюс 85 °С
Пластиковий корпус	724 або 751Е

Функціональну схему контролера MC33035 представлено на рисунку 2.4. До складу ІС входять декодер положення ротора для здійснення необхідної послідовності комутації фаз двигуна, термостабілізоване джерело опорної напруги, здатне здійснювати живлення датчика положення ротора, осцилятор з програмованою частотою коливань, повністю доступний схемотехнічно підсилювач помилки, компаратор ШІМ, три верхніх драйвера з відкритим колектором і три нижніх драйвера з високою здатністю навантаження по струму.

До складу ІС також включені захисні функції: блокування виходів при зниженій напрузі живлення, струмообмеження на кожному періоді ШІМ з встановленою тимчасовою затримкою, блокування від перевищення внутрішньої температури ІС.

Будучи повністю сумісним за виводами зі своїм попередником MC33035 пропонує дві додаткові функції при меншій вартості. Одна функція реалізується в виведенні ІС, за допомогою якого користувач може вибирати електричне фазування датчика положення ротора 60°/300° або 120°/240°. Друга можливість доступу як до інвертувального, так і до неінвертувального входів компаратора струмообмеження.

Дискретні вхідні сигнали дозволу роботи (вивід 7), вибору напрямку обертання (вивід 3) і зовнішнього блокування (вивід 23) спільно з аналоговим завданням швидкості (вивід 11) керують роботою схеми. Для сигналізації несправності передбачено вивід.

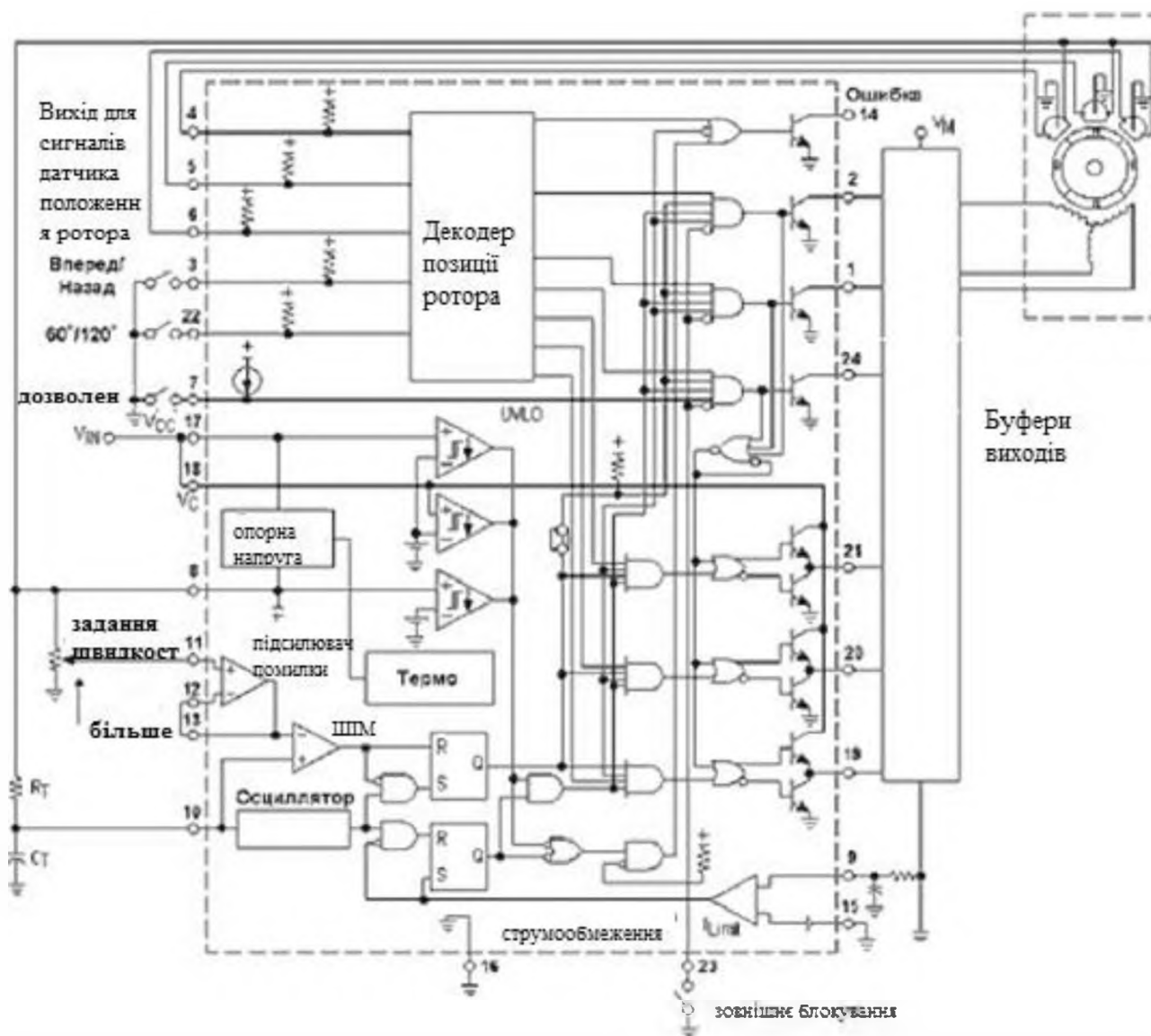


Рисунок 2.4 – Функціональна схема MC33035

ІС 33035 в базовій схемі включення працює без зворотного зв'язку по швидкості. Для отримання більш жорстких механічних характеристик і підвищення точності регулювання замикання контуру швидкості БДПС може бути здійснено при використанні ІС контролера MC33035 спільно з ІС адаптера MC33039, призначеної

швидкості об'єкта, процесор в тахометрі виконує диференціювання кількості імпульсів за часом, таким чином одразу видає величину швидкості, тобто число обертів за хвилину. Вихідний сигнал має два канали, в яких ідентичні послідовності імпульсів зсунуті по фазі на 90° , що дає можливість визначати напрямок обертання. Також є цифровий вихід нульової відмітки, який дає можливість визначити абсолютне положення валу.

Основною характеристикою абсолютних енкодерів – як оптичних, так і магнітних – є число кроків, тобто унікальних кодів на оберт і кількість таких обертів, при цьому не потрібне початкове встановлення «нуля» і ініціалізації. Найпоширеніші типи вихідного сигналу – це паралельний код, інтерфейси Profibus-DP, CANopen, DeviceNet, SSI, LWL, через котрі також виконується програмування датчиків.

Оптичні енкодери мають жорстко закріплений на валу скляний диск із прецизійною оптичною шкалою. При обертанні об'єкта оптопара зчитує інформацію, а електронна схема перетворює її в послідовність дискретних електричних імпульсів. Абсолютні оптичні енкодери – це датчики кута повороту, де кожному положенню вала відповідає унікальний цифровий вихідний код, який разом з числом обертів є основним робочим параметром датчика.

Магнітні енкодери з високою точністю реєструють проходження магнітних полюсів магнітного елемента, що обертається на малій відстані від чутливого елемента, і перетворюють цю інформацію у відповідний цифровий код [9].

Механічні та оптичні енкодери з послідовним виходом складаються з діелектричного диску чи скла з нанесеними випуклими, провідними чи непрозорими ділянками. Визначення абсолютного кута повороту диска виконується лінійкою вимикачів чи контактів у випадку механічної схеми або лінійкою оптопар у випадку оптичної схеми. Вихідні сигнали являють собою код Грея, який дозволяє позбутися від неоднозначності інтерпретації сигналу.

Технічні характеристики та загальний вигляд енкодера IFM RM7003 представлено в таблиці 2.3 та рисунку 2.6.

Таблиця 2.3 – Основні технічні характеристики абсолютного енкодера IFM RM7003

Параметр	Значення
Робоча напруга, В	9...36
Споживання струму, мА	не більше 250
Захист від короткого замикання	так
Захист від переполюсовки	так
Вид коду	Бінарний
Інтерфейс для програмування	CANopen
Точність	± 1 LSB
Макс. допустима механічна швидкість обертів, об/хв	6000
Пусковий обертовий момент, Н·м	не більше 1 (20° С)
Макс. навантаження валу (на кінці валу)	аксіальний 10 Н, радіальний 20 Н
Вал, матеріал	Ø 6 мм, сталь (1,4104)
Температура навколишнього середовища	мінус 40... плюс 70 °С
Ступінь захисту	IP 66
Ударостійкість	100 g (6 мс)
Віброміцність	10 g (55...2000 Гц)
Матеріал	алюміній
Електричне приєднання	клемні затискачі всередині корпусу

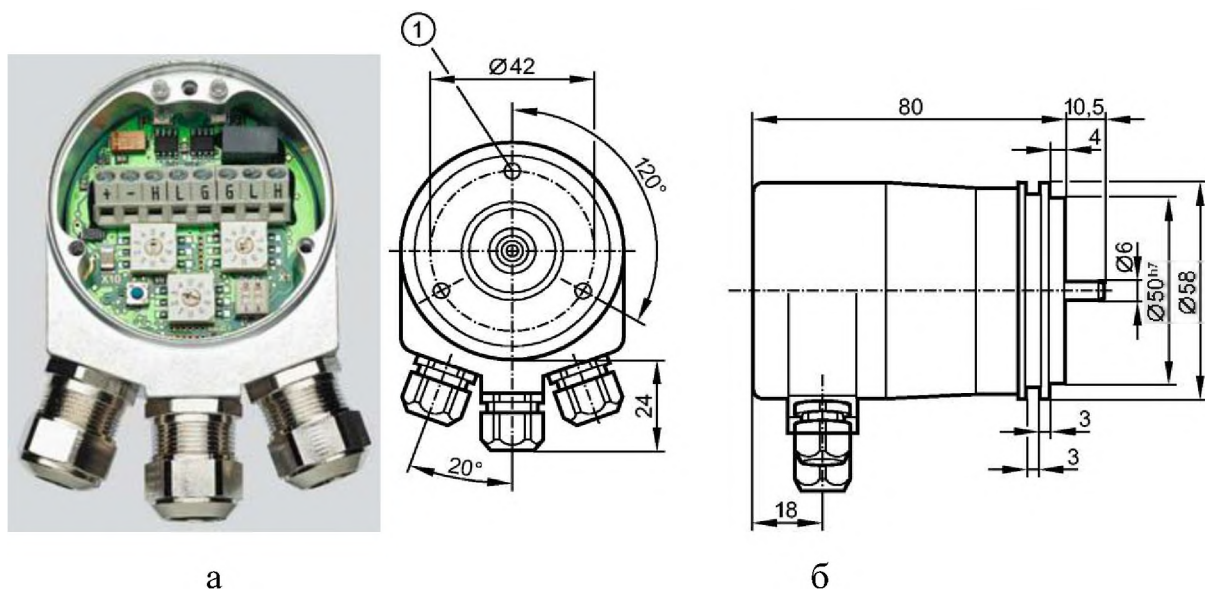


Рисунок 2.6 – Загальний вигляд (а) та габаритні розміри (б) енкодера IFM RM7003

3 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

3.1 Математичний опис автоматизованого електропривода на базі безколекторного двигуна постійного струму

Невелика кількість обмоток обумовлює ряд особливостей роботи безколекторного двигуна постійного струму.

Пульсація обертального моменту – виникає внаслідок стрибкоподібного переміщення намагнічуючої сили (НС) статора (див. положення 1-3 рисунок 3.1). Відповідно до загальних законів електро механічного перетворення енергії момент безколекторного двигуна може бути визначений як скалярний добуток магнітного потоку ротора і НС взаємодіючих обмоток статора

$$M = C_M F \Phi_p \sin \theta, \quad (3.1)$$

де C_M – постійний коефіцієнт;

θ – кут між потоком ротора і НС статора, град.

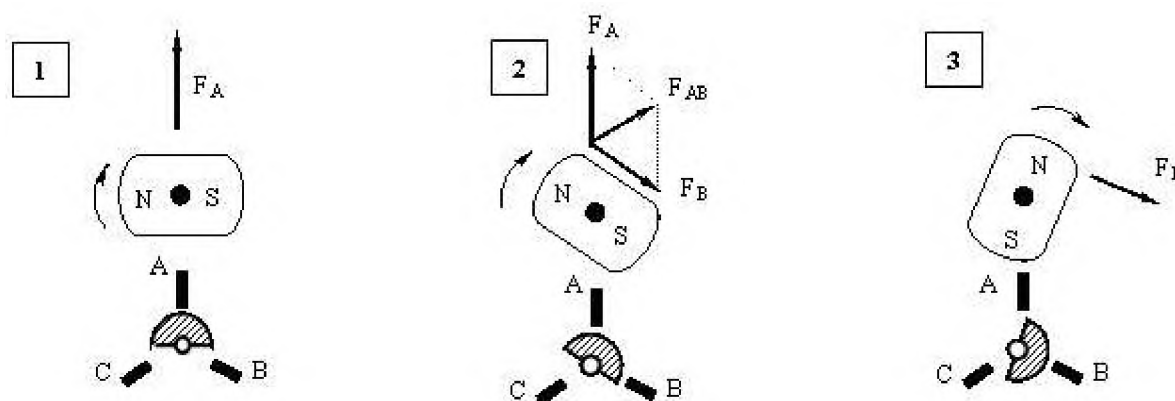


Рисунок 3.1 – Перших 3 такти в роботі безколекторного двигуна постійного струму

Оскільки при обертанні двигуна кут θ безперервно змінюється, то й момент двигуна не залишається сталим.

Реакція якоря періодично змінюється, стаючи то поперечною, то поздовжньомагнічувальною, то поздовжньорозмагнічувальною (рисунок 3.2).

Пояснюється це знову-таки стрибкоподібним переміщенням НС статора (якоря). Розмагнічувальна дія поля статора особливо сильна при пуску двигуна, тому при цьому проти-ЕРС дорівнює 0, а струм – найбільший. Це потрібно враховувати при виборі постійних магнітів, стабілізація яких відбувається в режимі короткого замикання [2].

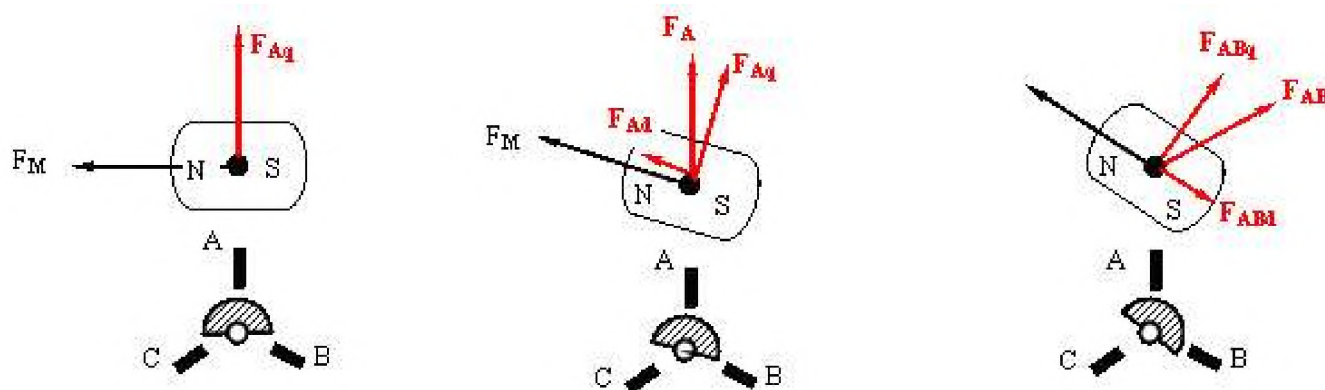


Рисунок 3.2 – Реакція якоря в БДПС

Пульсація струмів в обмотках статора і сумарного струму двигуна пояснюється дискретним живленням обмоток.

Вплив індуктивності обмоток статора. В звичайному двигуні секції якоря маловиткові, оскільки загальне число витків якоря поділяється на велику кількість секцій. Індуктивність таких секцій порівняно невелика. У безконтактному двигуні загальне число витків якоря розбивається на 3-4 обмотки (секції). В результаті секції виходять багатовитковими, а, отже, мають велику індуктивністю, так як $L \sim W_2$.

З урахуванням ряду припущень рівняння напруги для якоря можна записати у вигляді

$$U = E + L \frac{di}{dt} + ir. \quad (3.2)$$

Розв'язуючи його відносно струму, отримаємо

$$i = \frac{U-E}{r} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right), \quad (3.3)$$

де $T=L/r$ – електромагнітна постійна часу, с.

Вираз перед круглою дужкою – струм якоря при відсутності індуктивності. Тоді

$$i = I_{L=0} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right). \quad (3.4)$$

При великих швидкостях, коли час комутації невеликий, струм в обмотках не встигає досягати сталого значення. Його ефективне значення стає менше, ніж при $L=0$.

Обертальний момент прямо пропорційний струму якоря, тому

$$M = C_M i F = C_M \Phi \frac{U-E}{r} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right), \quad (3.5)$$

або

$$M = C_M \Phi \frac{U-E}{r} - C_M \Phi \frac{U-E}{r} e^{-\frac{t}{T}}. \quad (3.6)$$

Аналіз виразу (3.6) показує, що момент має дві складові. Першу – не залежну від часу. Вона дорівнює моменту при відсутності індуктивності. Другу – змінну. Вона з'являється через індуктивності обмоток. Ця складова при всіх швидкостях має від'ємне значення ($U > E$). Тому можна стверджувати, що, як і струм, обертальний момент безколекторного двигуна менше, ніж обертальний момент звичайного колекторного двигуна.

Підставивши значення ЕРС $E = C_e n \Phi$ в формулу (3.6), отримаємо вираз для механічної характеристики безколекторного двигуна

$$M = C_M \Phi \frac{U}{r} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) - \frac{C_M C_e \Phi^2}{r} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) n. \quad (3.7)$$

Виразимо цю характеристику у відносних одиницях, прийнявши за базисний момент пусковий момент ($n=0$, $U=U_{\text{ном}}$), а за базисну швидкість – швидкість холостого ходу ($M=0$, $U=U_{\text{ном}}$). Час $t=y$

$$M_{\Pi} = C_M \Phi \frac{U_{\text{ном}}}{r},$$

$$n_0 = \frac{U_{\text{ном}}}{C_e \Phi}.$$

Позділимо обидві частини рівняння (3.7) на M_{Π}

$$m = \left(\frac{U}{U_{\text{ном}}} - \frac{C_e \Phi}{U_{\text{ном}}} \right) \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right), \quad (3.8)$$

Позначимо $\alpha = U/U_{\text{ном}}$. З урахуванням $n_0 = U/(C_e \Phi)$ отримаємо

$$m = (\alpha - \nu) \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right), \quad (3.9)$$

де $\nu = n/n_0$ – відносна швидкість двигуна, в.о.

На рисунку 3.3 показані механічні характеристики безколекторного двигуна при різних індуктивностях обмоток статора L . Видно, що зі збільшенням L нелінійність характеристик збільшується.

Частоту обертання безконтактних двигунів можна регулювати в широких межах шляхом зміни напруги живлення.

Однак на практиці частіше застосовується імпульсний спосіб, сутність якого полягає в зміні не величини напруги, що постійно підводиться, а тривалості живлення двигуна номінальною напругою.

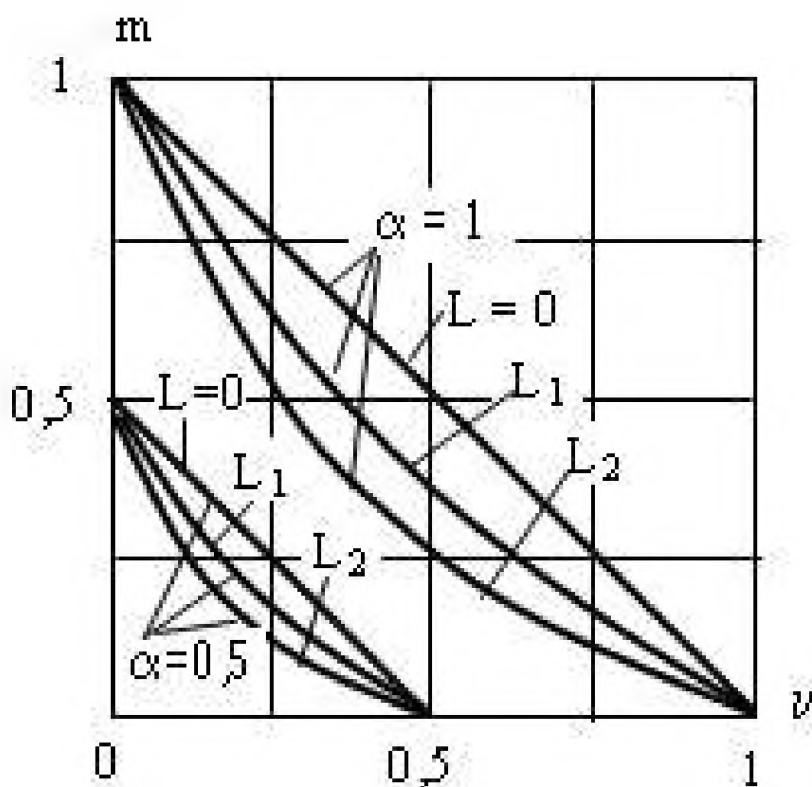


Рисунок 3.3 – Механічні характеристики безколекторного двигуна постійного струму при різних значення α і L : $L_2 > L_1 > 0$

Трапецеїдальна модель електричної системи

Ці рівняння виявляються в системі відліку фази [6]. Зверніть увагу, що індуктивність L_s вважається сталою і не змінює значення із зміною положення ротора.

$$\frac{di_a}{dt} = \frac{1}{3L_s} (2U_{ab} + U_{bc} - 3R_s i_a + \lambda p \omega_r (-2\Phi'_a + \Phi'_b + \Phi'_c)), \quad (3.10)$$

$$\frac{di_b}{dt} = \frac{1}{3L_s} (-U_{ab} + U_{bc} - 3R_s i_b + \lambda p \omega_r (\Phi'_a - 2\Phi'_b + \Phi'_c)), \quad (3.11)$$

$$\frac{di_c}{dt} = -\left(\frac{di_a}{dt} + \frac{di_b}{dt}\right), \quad (3.12)$$

$$T_e = p\lambda(\Phi'_a i_a + \Phi'_b i_b + \Phi'_c i_c), \quad (3.13)$$

де ЕРС Φ' має вигляд, що представлено на рисунку 3.4

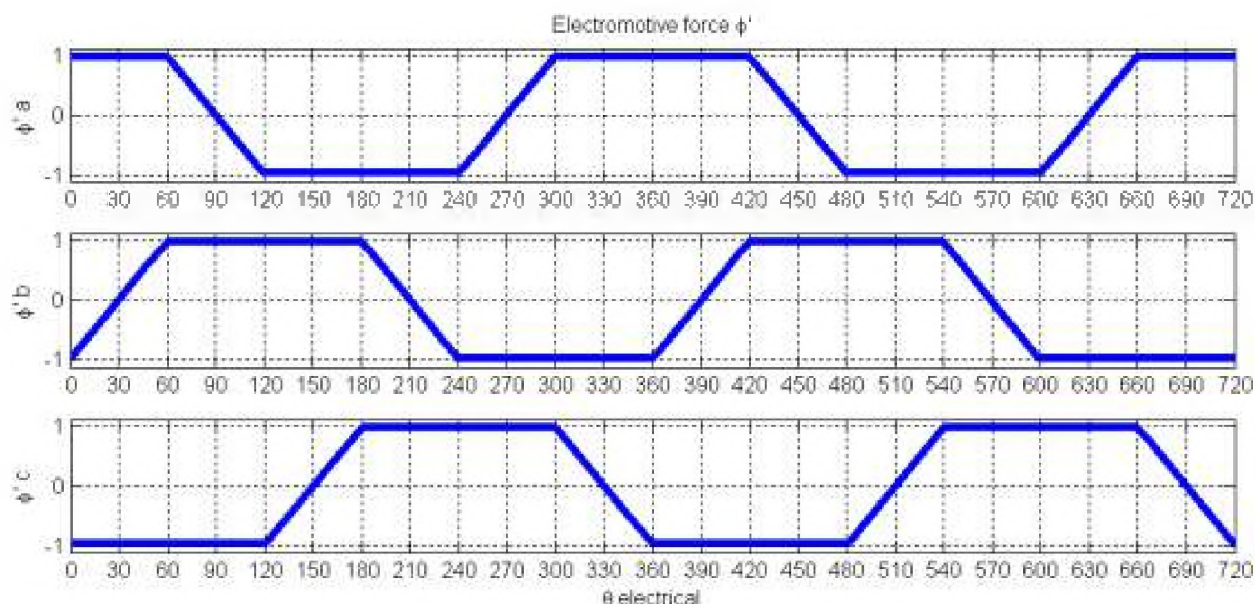


Рисунок 3.4 – Осцилограми сигналів ЕРС фаз двигуна

Таблиця 3.1 – Позначення, що прийняті в рівняннях 10 – 13

Позначення	Пояснення
L_s	Індуктивність обмотки статора
R	Опір обмоток статора
i_a, i_b, i_c	Струм фаз a, b, c

Продовження табл. 3.1

Позначення	Пояснення
$\Phi'_a, \Phi'_b, \Phi'_c$	ЕРС фаз a, b, c
U_{ab}, U_{bc}	Фазні напруги
ω_r	Кутова швидкість ротора
λ	Амплітуда потоку, індукованого постійними магнітами ротора в фазах статора
p	Кількість пар полюсів
T_e	Електромагнітний момент

Механічна система описується рівняннями

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{1}{J}(T_e - F\omega_r - T_m), \quad (3.14)$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega_r. \quad (3.15)$$

Таблиця 3.2 – Позначення, що прийняті в рівняннях 3.14 та 3.15

Позначення	Пояснення
J	Комбінована інерція ротора та навантаження
F	Комбіноване в'язке тертя ротора та навантаження
θ	Кут положення ротора
T_m	Механічний момент на валу

3.2 Побудова моделі та аналіз якості керування автоматизованого електропривода в MATLAB

3.2.1 Для дослідження динаміки автоматизованого електропривода на базі безколекторного двигуна постійного струму використаємо програмний пакет MATLAB. На рисунку 3.5 зображено модель електропривода, яку побудовано на базі функціональної схеми, що представлено на рисунку 2.2). На схемі представлені наступні елементи:

- безколекторний двигун постійного струму (БДПС);
- трифазний інвертор (перетворювач частоти);
- джерело живлення інвертора (керований випрямляч);
- регулятор швидкості;
- осцилографи;
- датчик напруги;
- декодер;
- широтно-імпульсний модулятор.

Для візуалізації процесів застосовано віртуальний осцилограф, в якому створено чотири канали, що дозволяє побачити в окремих вікнах:

- форму та величину струму статора;
- проти-ЕРС;
- електромагнітний момент;
- швидкість обертання валу двигуна.

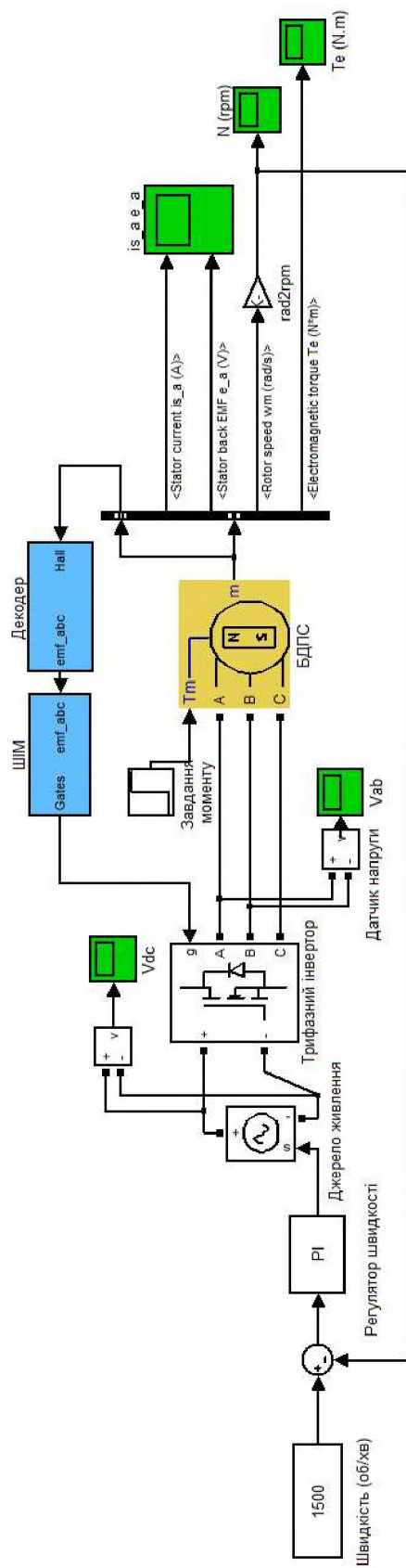


Рисунок 3.5 – Модель автоматизованого електропривода в MATLAB

Елементи блокової схеми є нелінеаризованими, а їх параметри задаються реальними величинами, що можливо отримати з довідників або розрахувати. Програмою передбачена можливість детального розгляду будови окремих блоків. На рисунку 3.6 зображено зовнішній вигляд вікна для завдання параметрів безколекторного двигуна постійного струму. Вікно параметрів інвертора має аналогічне вигляд, але зі своїм переліком необхідних даних для моделювання. Напруга джерела живлення становить 500 В.

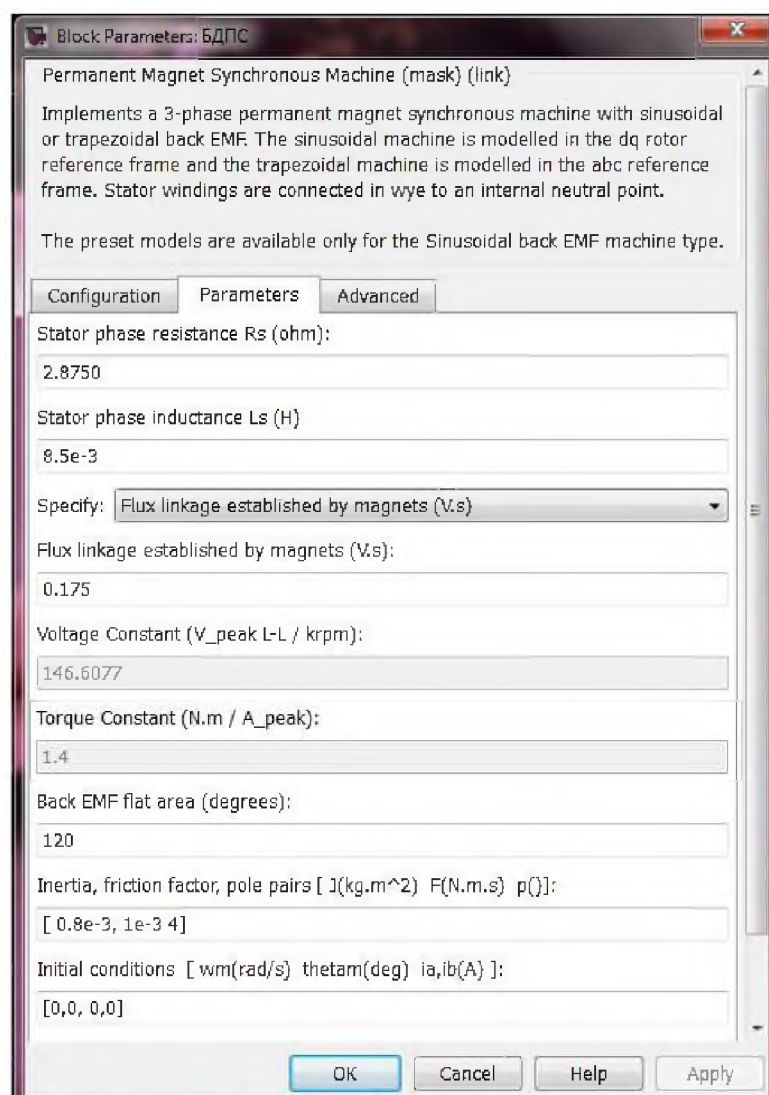


Рисунок 3.6 – Вікно параметрів двигуна

На рисунку 3.7 зображено розгорнуту схему регулятора швидкості.

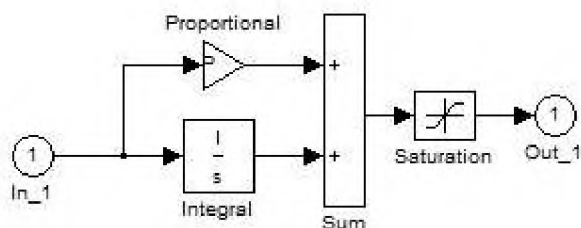


Рисунок 3.7 – Регулятор швидкості

На рисунку 3.8 наведено вигляд вікна параметрів пропорційно-інтегрального регулятора швидкості. Пропорційний регулятор є основним, де завдання швидкості прямо пропорційне помилці. Якщо використовується тільки пропорційний регулятор, то в системі завжди буде присутня статична помилка. Низькі значення пропорційного коефіцієнта регулятора призводять до повільності системи, а надто високі призводять до нестабільності і коливань в системі [10].

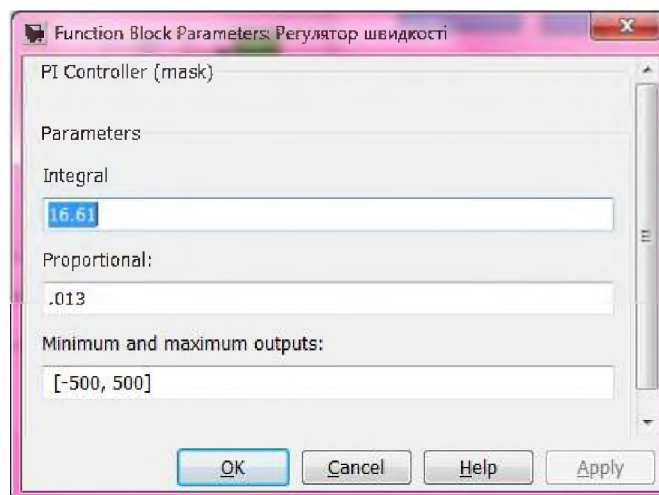


Рисунок 3.8 – Вікно параметрів регулятора швидкості

3.2.2 На рисунках 3.9 та 3.10 представлені перехідні характеристики автоматизованого електропривода. Як видно з рисунку 3.9 перерегулювання становить 3,3%, а час перехідного процесу 0,2 с.

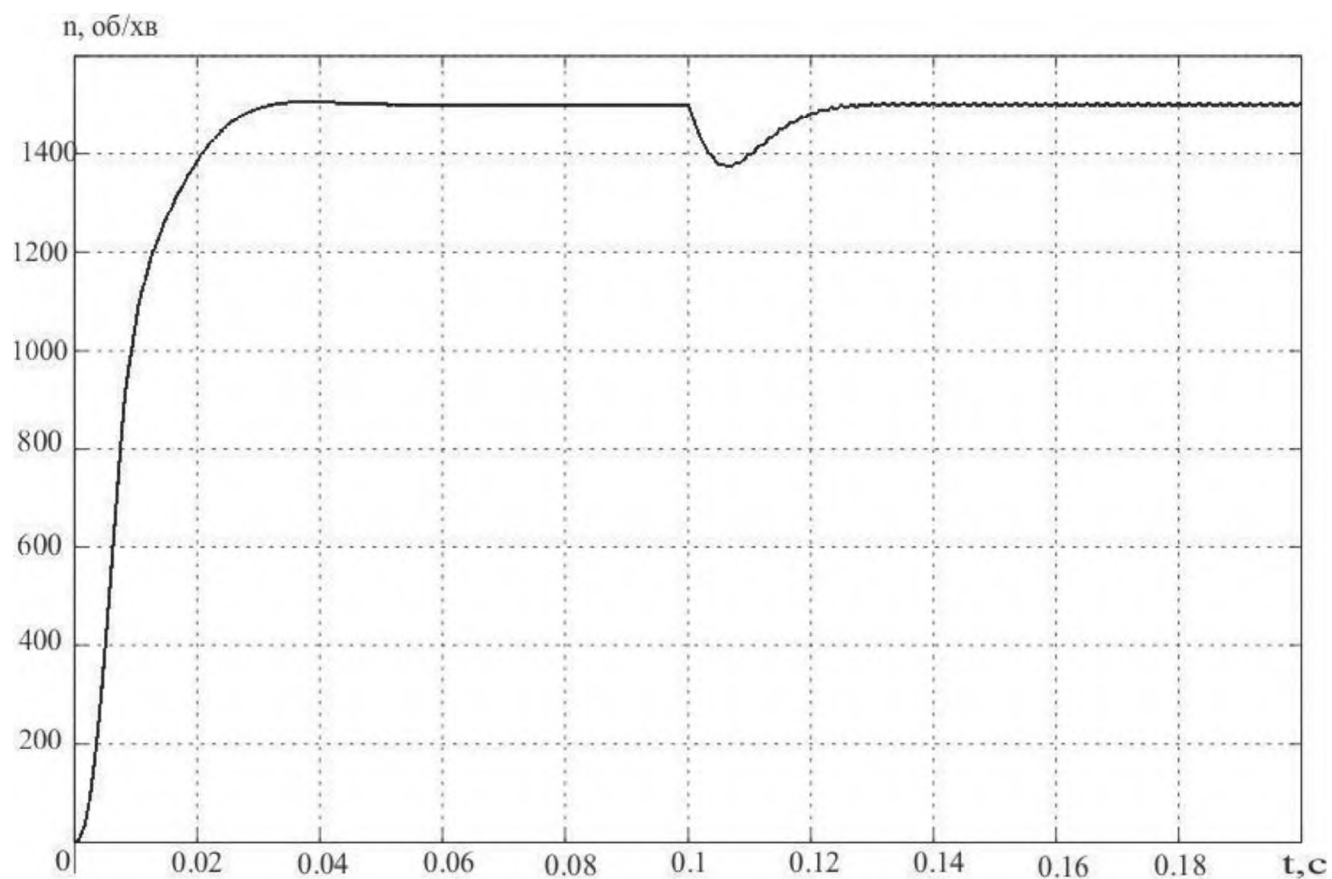


Рисунок 3.9 – Перехідна характеристика швидкості

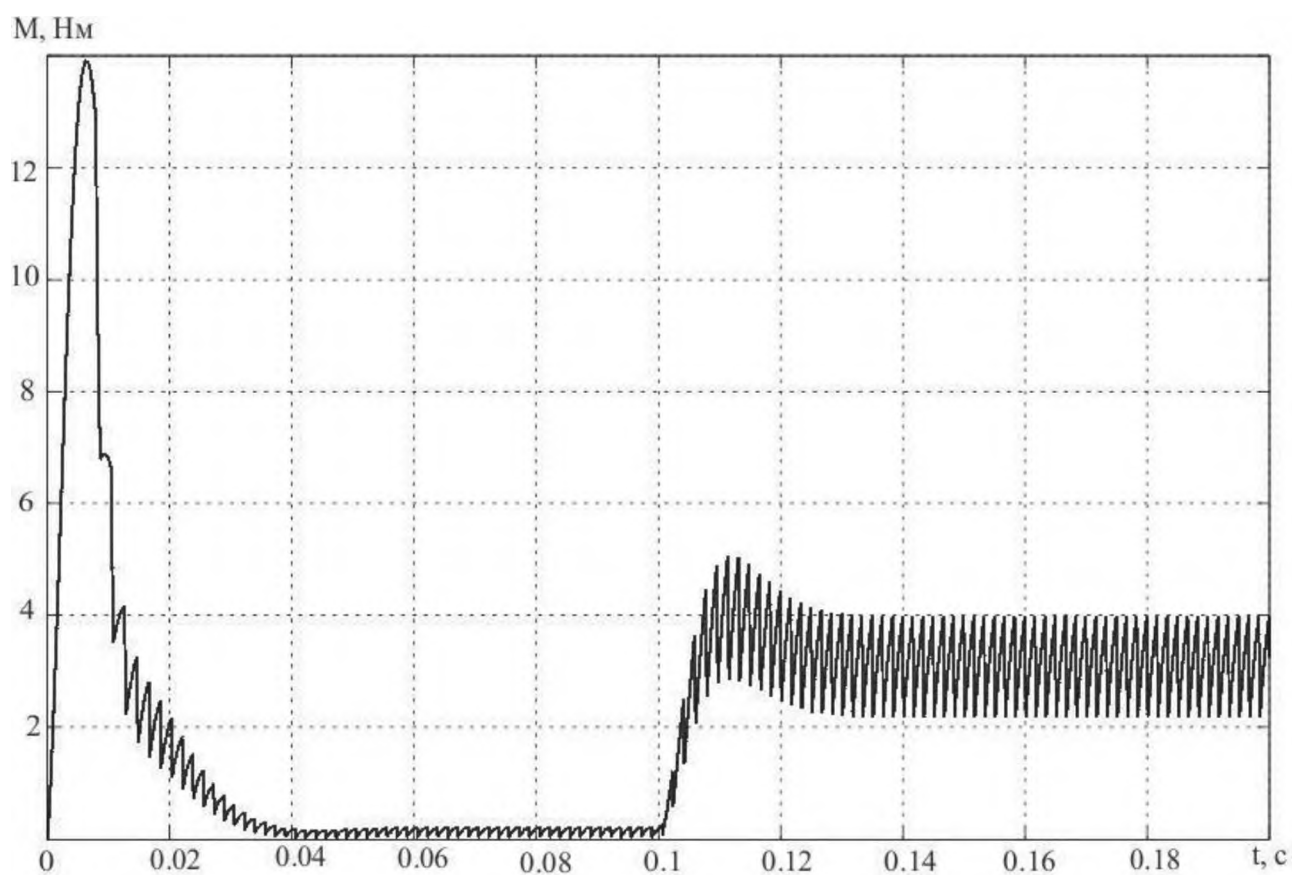


Рисунок 3.10 – Перехідна характеристика моменту

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності [4].

Задачами охорони праці є безпека праці, попередження травматизму, професійних захворювань і отруєнь, пожеж і вибухів на виробництві, правової охорони праці, інженерної психології й організації праці.

Конституція України закріпила право громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності. Основним об'єктом правового захисту в ній є людина як найвища соціальна цінність, її права і свободи, гарантії їх реалізації.

Охорона здоров'я - один з пріоритетних напрямів державної діяльності та національної політики. Держава формує політику охорони здоров'я та забезпечує її реалізацію, використовуючи світовий досвід роботи з поліпшення умов і безпеки праці.

Гарантування безпечних умов праці, ліквідація професійних захворювань і виробничого травматизму, усунення шкідливих факторів є однією з головних турбот Української держави.

Стаття 3 Конституції передбачає, що людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканність і безпека визнаються в Україні найвищою соціальною цінністю.

Права і свободи людини та їх гарантії визначають зміст і спрямованість діяльності держави. Держава відповідає перед людиною за свою діяльність. Утвердження і забезпечення прав і свобод людини є головним обов'язком держави.

Стаття 43 Конституції закріплює, що кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці.

Використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється.

З метою реалізації права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності Верховна Рада України 14 жовтня 1992 р. прийняла Закон «Про охорону праці», який регулює відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці в Україні. Закон установив єдиний порядок організації охорони праці в Україні. У зв'язку із прийняттям 23 вересня 1999 р. Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності» до Закону України «Про охорону праці» 21 листопада 2001 р. внесено зміни, і він діє у новій редакції.

19 листопада 1992 р. Верховна Рада прийняла «Основи законодавства України про охорону здоров'я», у якому передбачено, що кожна людина має природне невід'ємне і непорушне право на охорону здоров'я.

Закон «Про охорону праці» встановлює повну відповідальність роботодавця за створення безпечних і нешкідливих умов праці.

Відповідно до ст. 153 КЗпП України на всіх підприємствах, в установах, організаціях створюються здорові і безпечні умови праці. Законодавство встановлює єдині нормативи з охорони праці на всіх підприємствах незалежно від форми власності і видів їх діяльності.

Дія Закону «Про охорону праці» поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Роботодавець повинен впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які запобігають виробничому травматизму і професійним захворюванням.

Нове законодавство України про охорону праці зобов'язало роботодавця відшкодувати працівникові не тільки матеріальну, а й моральну шкоду, заподіяну йому каліцтвом або іншим пошкодженням здоров'я, пов'язаним з виконанням трудових обов'язків.

Держава залучає до широкої участі при вирішенні питань з охорони праці профспілки.

Вісім статей Закону України «Про охорону праці» підкреслюють участь профспілок у різноманітних формах при здійсненні заходів з охорони праці.

Їх участь необхідна тому, що травматизм на підприємствах України є поширеним явищем. Дуже високим є рівень інвалідності серед працюючих.

Найбільш травмонебезпечними залишаються агропромисловий комплекс, будівництво та вугільна галузь. Ситуація пояснюється не тільки важким економічним станом підприємств, а й некомпетентністю персоналу з питань охорони праці, відсутністю заінтересованості роботодавця в поліпшенні умов та безпеки праці, низькою трудовою та технологічною дисципліною.

Охорона праці - система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Задачами охорони праці є безпека праці, попередження травматизму, професійних захворювань і отруєнь, пожеж і вибухів на виробництві, правової охорони праці, інженерної психології й організації праці.

Закон України «Про охорону праці», дія якого поширюється на всі підприємства, незалежно від форм власності і принципів господарювання, закріплює право громадян на охорону праці і здоров'я. У законодавстві відображені правила організації охорони праці на підприємствах, планування і фінансування заходів щодо охорони праці; правила техніки безпеки і виробничої санітарії; правила і норми по спеціальній охороні праці жінок, молоді і людей зі зниженою працездатністю; правила, що регулюють діяльність державного нагляду і цивільного контролю в сфері охорони праці, а також правові норми, у яких передбачається відповідальність за порушення законодавства «Про охорону праці».

Охорона праці на виробництві починається з організації управління охороною праці.

4.1 Організація охорони праці на підприємстві

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

Із цією метою роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, а саме:

- створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їхні обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання;
- розробляє за участю сторін колективного договору і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;
- забезпечує виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються;
- впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, позитивний досвід з охорони праці тощо;
- забезпечує належне утримання будівель та споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом;
- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань, та здійснення профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;
- організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування, атестацій робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що визначаються законодавством, та за їх підсумками вживає заходів з усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;

- розробляє і затверджує положення, інструкції, інші акти з охорони праці, що діють у межах підприємства та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, забезпечує безоплатно працівників нормативно-правовими актами підприємства з охорони праці;

- здійснює контроль за дотриманням працівником технологічних процесів, правил поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці;

- організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками у галузі охорони праці.

Роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення нормативно-правових актів з охорони праці. Служба охорони праці створюється роботодавцем на підприємстві з кількістю працівників 50 і більше. На підприємстві з кількістю працівників менше 50 осіб функції цієї служби можуть виконувати у порядку сумісництва особи, що пройшли перевірку знань з охорони праці відповідними державними службами. Якщо кількість працівників менше 20 осіб, для виконання функцій служби охорони праці можуть залучатися сторонні спеціалісти на договірних засадах. Служба охорони праці підпорядковується безпосередньо роботодавцю і прирівнюється до керівників і спеціалістів основних виробничо-технічних служб [5].

Спеціалісти служби охорони праці у разі виявлення порушень охорони праці мають право:

- видавати керівникам структурних підрозділів підприємства обов'язкові для виконання приписи щодо усунення наявних недоліків, одержувати від них необхідні відомості, документацію і пояснення з питань охорони праці;

- вимагати відсторонення від роботи осіб, які не пройшли передбачених законодавством медичного огляду, навчання, інструктажу, перевірки знань і не мають допуску до відповідних робіт або не виконують вимог нормативно-правових актів з охорони праці;

- зупиняти роботу виробництва, ділянки, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва у разі порушень, які створюють загрозу життю або здоров'ю працівників;

- надсилати роботодавцю подання про притягнення до відповідальності працівників, які порушують вимоги щодо охорони праці.

Припис спеціаліста з охорони праці може скасувати лише роботодавець.

Ліквідація служби охорони праці допускається тільки у разі ліквідації підприємства чи припинення використання найманої праці фізичною особою.

Законодавство про охорону праці передбачає і обов'язки працівників. Зокрема вони зобов'язані:

- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей у процесі виконання будь-яких робіт під час перебування на території підприємства;

- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

- проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці», Кодексом законів про працю України створення безпечних і здорових умов праці на виробництві покладено на роботодавця, який не має права вимагати від працівника виконання роботи в умовах, що не відповідають вимогам нормативно-правових актів з охорони праці.

Фінансування охорони праці здійснюється роботодавцем. Крім того, фінансування профілактичних заходів поліпшення стану безпеки, гігієни праці передбачається також у державному і місцевих бюджетах, що виділяється окремим рядком.

Регулювання взаємовідносин між роботодавцем і працівником з питань охорони праці здійснюється колективним договором (угодою).

У колективному договорі, угоді сторони передбачають забезпечення працівникам соціальних гарантій у галузі охорони праці на рівні, не нижчому за передбачений законодавством, їх обов'язки, а також комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, підвищення існуючого рівня охорони праці, запобігання випадкам виробничого травматизму, професійного захворювання, аваріям і пожежам, визначають обсяги та джерела фінансування зазначених заходів.

Роботодавець зобов'язаний за свої кошти забезпечити фінансування та організувати проведення попереднього (під час прийняття на роботу) і періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах зі шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, щорічного обов'язкового медичного огляду осіб віком до 21 року. За результатами періодичних медичних оглядів у разі потреби роботодавець має забезпечити проведення відповідних оздоровчих заходів. Медичні огляди проводяться відповідними закладами охорони здоров'я, працівники яких несуть відповідальність згідно із законодавством за відповідність медичного висновку фактичному стану здоров'я працівника. Порядок проведення медичних оглядів визначається спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади в галузі охорони здоров'я.

Роботодавець має право в установленому законом порядку притягти працівника, який ухиляється від проходження обов'язкового медичного огляду, до дисциплінарної відповідальності, а також зобов'язаний відсторонити його від роботи без збереження заробітної плати.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити за свій рахунок позачерговий медичний огляд працівників:

- за заявою працівника, якщо він вважає, що погіршення стану його здоров'я пов'язане з умовами праці;
- за своєю ініціативою, якщо стан здоров'я працівника не дає йому змогу виконувати свої трудові обов'язки.

За час проходження медичного огляду за працівниками зберігаються місце роботи (посада) і середній заробіток.

Постановою Кабінету Міністрів України від 6 листопада 1997 року № 1238 затверджено перелік професій і видів діяльності, для яких є обов'язковими первинний і періодичні профілактичні наркологічні огляди, а також порядок їх проведення. Метою проведення профілактичного наркологічного огляду громадян є виявлення хворих на алкоголізм, наркоманію і токсикоманію, а також визначення наявності чи відсутності наркологічних протипоказань до виконання функціональних обов'язків і здійснення певних видів діяльності.

Дотримання правил безпеки і виробничої санітарії залежить не тільки від виконання роботодавцем своїх обов'язків, а й від того, наскільки кожен працівник знає і виконує ці правила під час роботи. Тому всі працівники при прийомі на роботу і в процесі роботи проходять на підприємстві інструктаж з охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, правил поведінки при виникненні аварій відповідно до Типового положення про навчання з питань охорони праці, затвердженого наказом Комітету з нагляду за охороною праці України від 17 лютого 1999 року № 27.

Навчання й інструктаж працівників з охорони праці є складовою частиною системи управління охороною праці і проводиться з усіма працівниками в процесі їхньої трудової діяльності. Контроль і відповідальність за організацію навчання і періодичність перевірок знань з охорони праці покладено на керівників підприємства, де ці працівники працюють.

Інструктаж працівників залежно від характеру та часу його проведення буває вступний (при прийомі на роботу); первинний (на робочому місці з усіма працівниками: на роботах із підвищеною небезпекою — один раз на квартал, на інших ро-

ботах – один раз на півроку; проводиться або індивідуально, або з групою працівників, що виконують однотипні роботи, за програмою первинного інструктажу); позаплановий (при зміні правил з охорони праці, заміні устаткування чи за інших змін факторів, що впливають на безпеку праці); цільовий (при виконанні разових робіт, не пов'язаних із прямими обов'язками за фахом).

Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередньо керівник робіт. Інструктажі завершуються перевіркою знань шляхом усного опитування або за допомогою технічних засобів навчання, а також перевіркою навичок небезпечних методів роботи. Знання перевіряє працівник, який проводить інструктаж.

Посадові особи (згідно з Переліком функцій посадових осіб, які обов'язково мають проходити попередню і періодичну перевірки знань з охорони праці, затвердженим наказом Державного комітету України з догляду за охороною праці від 11 жовтня 1993 року № 94) до початку виконання своїх обов'язків і періодично один раз на три роки проходять навчання з охорони праці, технологічної безпеки і надзвичайних ситуацій на виробництві. Допускати до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці, заборонено. У випадку незадовільних знань з охорони праці працівник протягом одного місяця має пройти повторне навчання.

За порушення законодавства з охорони праці, невиконання розпоряджень посадових осіб органів державного нагляду за охороною праці юридичні та фізичні особи, які відповідно до законодавства використовують найману працю, притягаються органами державного нагляду за охороною праці до сплати штрафу в порядку, встановленому законом. Максимальний розмір штрафу не може перевищувати п'яти відсотків місячного фонду заробітної плати юридичної чи фізичної особи, яка відповідно до законодавства використовує найману працю. Несплата юридичними чи фізичними особами, які відповідно до законодавства використовують найману працю, штрафу тягне за собою нарахування на суму штрафу пені у розмірі двох відсотків за кожний день прострочення. Застосування штрафних санкцій до посадових осіб і працівників за порушення законів та інших нормативно-

правових актів з охорони праці здійснюється відповідно до Кодексу України про адміністративні правопорушення. Особи, на яких накладено штраф, вносять його в касу підприємства за місцем роботи. Рішення про стягнення штрафу може бути оскаржено в місячний строк у судовому порядку.

Кошти від застосування штрафних санкцій до юридичних чи фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, посадових осіб і працівників, визначених цією статтею, зараховуються до Державного бюджету України.

4.2 Заходи безпеки при роботі на аплікаторі

4.2.1.1 Огляньте своє робоче місце, перевірте наявність заземлення, огорожень на всіх рухомих частинах (приводи, шестерні). Пустіть автомат на короткий час вхолосту, переконайтеся в нормальній роботі його механізмів і блокувань.

4.2.1.2 Для усунення виявлених несправностей повідомте про них майстру.

4.2.1.3 До самостійної роботи допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, отримали вступний інструктаж з охорони праці та первинний інструктаж на робочому місці.

4.2.1.4 Дотримуйтесь правил внутрішнього трудового розпорядку. Поява на роботі в нетверезому стані або під впливом наркотичних засобів є порушенням виробничої дисципліни.

4.2.1.5 Оператор лінії може піддаватися впливу наступних небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- машини і механізми, рухомі частини виробничого обладнання;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищена рухливість повітря (протяги);
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці.

При виконанні роботи:

4.2.2.1 Користуйтеся передбаченим за нормами спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту:

- халат х/б жіночий або костюм х/б жіночий (чоловічий);
- ковпак бавовняний або косинка головна бавовняна;
- рукавички трикотажні;
- навушники протишумні.

4.2.2.2 Слідкуйте за рівномірним подаванням клею на клейовий валик.

4.2.2.1 Розміщення етикеток на захопленнях етикетопередатчика поправляти тільки після зупинки автомата.

4.2.2.2 Положення магазину етикеток або заміну етикеток проводити після зупинки автомата.

4.2.2.3 При відключенні автомата внаслідок спрацьовування блокуючих пристроїв, вжити заходів до усунення причин, які викликали зупинку автомата і тільки після цього, подавши сигнал голосом «обережно пускаю», зробити повторний пуск його в роботу.

4.2.2.4 Забороняється: робити чистку, змащування, і ремонт автомата.

4.2.2.5 Забороняється сушити на паропроводах і опалювальних приладах спецодяг, взуття, ганчірки та інші горючі матеріали.

4.2.2.6 Не загороджуйте робоче місце, проходи і не використовуйте запасні евакуаційні виходи для складування в них матеріалів і сторонніх предметів.

4.2.2.7 Вмійте правильно користуватися сигналізацією та первинними засобами пожежогасіння. Знайте місця їх розташування.

4.2.2.8 Щоб уникнути ураження електричним струмом:

- не наближайтеся на відстань ближче 10 м до обірваних проводів, що лежать на землі (вологій підлозі);
- не торкайтеся до відкритих струмоведучих частин обладнання, оголених проводів.

4.3 Захист від ураження електричним струмом

Основний спосіб захисту від статичної електрики – заземлення устаткування, судин і комунікацій, в яких накопичується статичний струм, використання спеціального взуття з електропровідною підошвою і інші засоби захисту.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин;
- електричний розподіл мережі;
- використання подвійної ізоляції, вирівнювання потенціалу, використання захисного заземлення, захисного відключення;
- застосування спеціальних електрозахисних засобів - портативних приладів і пристосувань (ЕС);
- організація безпечної експлуатації електроустановок.

Електрозахисні засоби поділяють на:

А. Ізолюючі:

- основні: гумові рукавички діелектричні, інструмент з ізолюючими рукоятками з показником напруги до 1000 В;
- додаткові: калоші діелектричні, килими і ізолюючі підставки.

В. Огороджувальні: щити, огороження - клітки, ізолюючі накладки і ковпаки, попереджувальні плакати, пристрої тимчасового заземлення.

С. Запобіжні: респіратори, окуляри, рукавиці тощо.

Справність засобів захисту повинна перевірятися оглядом перед кожним їх застосуванням, а також періодично через 6...12 місяців.

4.4 Пожежна безпека

Поняття пожежна безпека означає стан об'єкта, при якому виключається можливість пожежі, а у випадках її виникнення запобігається вплив на людей небезпечних факторів пожежі і забезпечується захист матеріальних цінностей.

Пожежна безпека регламентується ГОСТ 12.1.0333-81 «Загальні вимоги», Будівельними Нормами і Правилами, міжгалузевими правилами і правилами пожежної безпеки, затвердженими міністерствами і відомствами.

Небезпечними факторами пожежі для людей є відкритий вогонь, іскри, підвищена температура повітря, токсичні продукти горіння, дим, знижена концентрація кисню, обвалення і пошкодження будівель, споруд, установок, а також вибух.

Для запобігання пожежі необхідні такі заходи:

- а) запобігання утворенню горючого середовища;
- б) запобігання утворенню в займистою середовищі джерел запалювання;
- в) підтримка температури і тиску займистого середовища нижче допустимих;
- г) зменшення визначального розміру займистого середовища.

При коротких замиканнях, перегріві і т.п. можливе загоряння електропроводки, електроустановок. Для гасіння пожежі в таких умовах необхідно застосовувати спеціальні засоби, неможливо використовувати воду та інші струмопровідні речовини. Тому приміщення цукробурякового заводу повинні бути обладнані засобами для гасіння електропроводок та електроустановок під напругою. Застосовуваний тип вогнегасників: ОУ-10 (вогнегасник вуглекислотний).

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи, згідно поставлених завдань, розглянуто класифікацію, призначення та принцип дії етикетувальних машин. Виявлено, що етикетувальні машини бувають ротаційними або лінійними, ручними або автоматичними (промисловими). Автоматичні аплікатори роблять процес маркування практично повністю незалежним від людини – етикетка завжди наклеюється точно і швидко.

Аплікатори серії L виробництва UNIVERSAL Labeling Systems Inc. є компактними автоматичними аплікаторами для нанесення етикеток на автоматичних пакувальних лініях різноманітного виробництва. Етикетувальна стрічка приводиться в рух ведучим валом, обертання якого забезпечує регульований електропривод.

В якості приводного двигуна в аплікаторі використано безколекторний двигун постійного струму BLDC 48V 1000W, систему керування якого реалізовано на базі мікросхеми MC33035. Регулювання швидкості в приводі відбувається введенням зовнішнього контуру регулювання швидкості.

При математичному описі автоматизованого електропривода на базі безколекторного двигуна постійного струму використано трапецеїдальну модель електричної системи. Для дослідження динаміки в роботі виконано імітаційне моделювання автоматизованого електропривода з використанням елементів базової бібліотеки блоків SimPowerSystems програмного пакету MATLAB. Безсумнівним достоїнством SimPowerSystems є те, що складні електротехнічні системи моделюють, поєднуючи методи імітаційного і структурного моделювання. Отримано перехідні характеристики швидкості та моменту електродвигуна. Аналіз результатів дослідження якості керування показав, що автоматизований електропривод має динамічні показники, які цілком задовольняють сформульованим у завданні вимогам: $\sigma=3,3\%$ (≤ 5), $t_p=0,2$ с ($\leq 0,5$).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Терехов В. М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. М. Терехов, О. И. Осипов; под ред. В. М. Терехова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.
2. Системы автоматизированого управления электроприводами: Учеб. пособие / Г. И. Гульнов, Ю. Н. Петренко, Е. П. Раткевич, О. Л. Симоненкова; Под общ. Ред. Ю. Н. Петренко – Мн.: Новое издание, 2004. – 384 с.
3. Онищенко Г. Б. Электрический привод. Учебник для вузов / Г. Б. Онищенко – М.: РАСХН 2003. – 320 с.
4. Закон України «Про охорону праці» № 5459-VI (5459-17) від 16.10.2012.
5. Закон України «Про охорону праці» № 2694-XII від 14.10.1992.
6. Grenier, D., L.A. Dessaint, O. Akhrif, Y. Bonnassieux, and B. LePioufle, «Experimental Nonlinear Torque Control of a Permanent Magnet Synchronous Motor Using Saliency», IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 44, No. 5, October 1997, pp. 680-687.
7. Каталог продукції Universal Labeling Systems Inc. – Режим доступу: <http://www.universal1.com>
8. Технічна документація Label Applicators L-15 – Режим доступу: <http://www.potomac.com.ua/labeling/l15-l30.htm>
9. Опис енкодера – Режим доступу: http://www.sensoren.ru/absolyutnie_enkoderi_ifm_electronic_mnogooborotnie_s_polno_razmernim_valom.html
10. Опис імітаційної моделі електропривода – Режим доступу: http://www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples_v2/brushless-dc-motor-fed-by-six-step-inverter.html
11. Опис драйвера безколекторного двигуна постійного струму – Режим доступу: http://elektromobile.narod.ru/irn/motorola_chip/index.html

12. Опис керованого електродвигуна – Режим доступу:

<http://profelek.ru/magazin/product/87164001>

13. Опис та сфера застосування етикетувальних машин – Режим доступу:

<http://elescom.ru/jetiketirovochnyj-avtomat.html>

ДОДАТОК А

Мультимедійна презентація

Загальний вигляд автоматичного аплікатора L-15

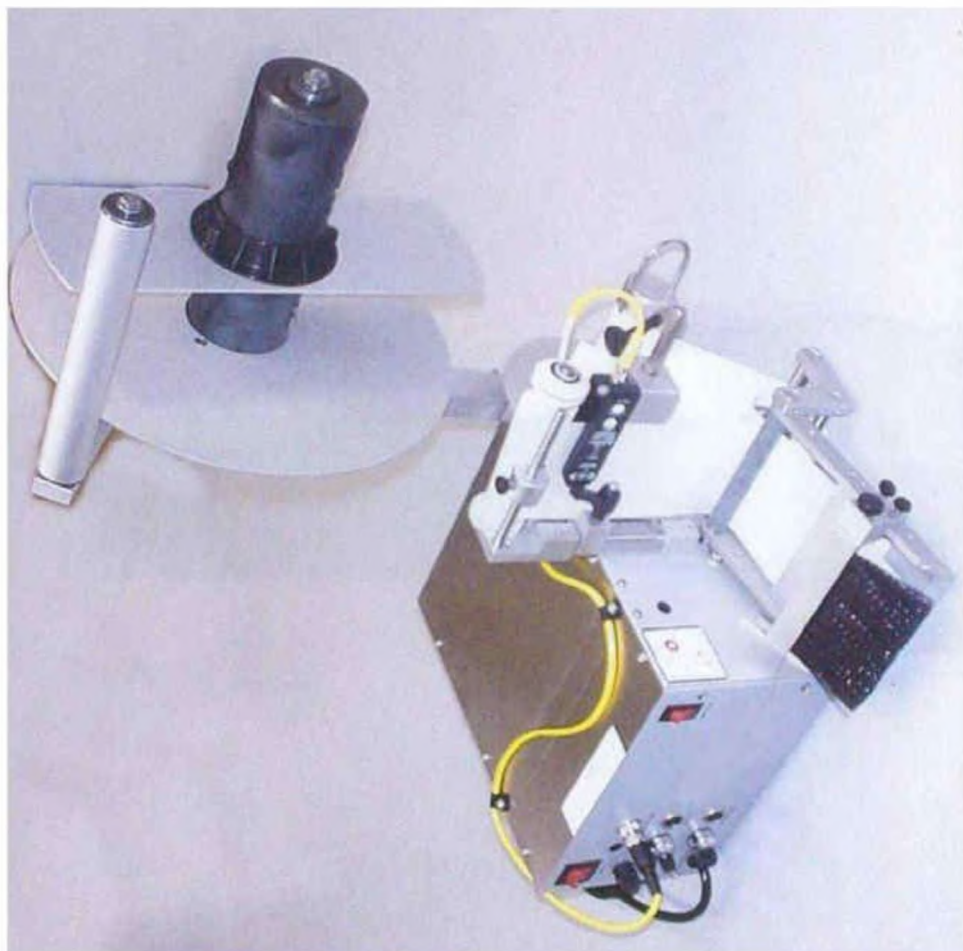


Рисунок А.1 – Слайд 1 мультимедійної презентації

Функціональна схема автоматизованого електропривода

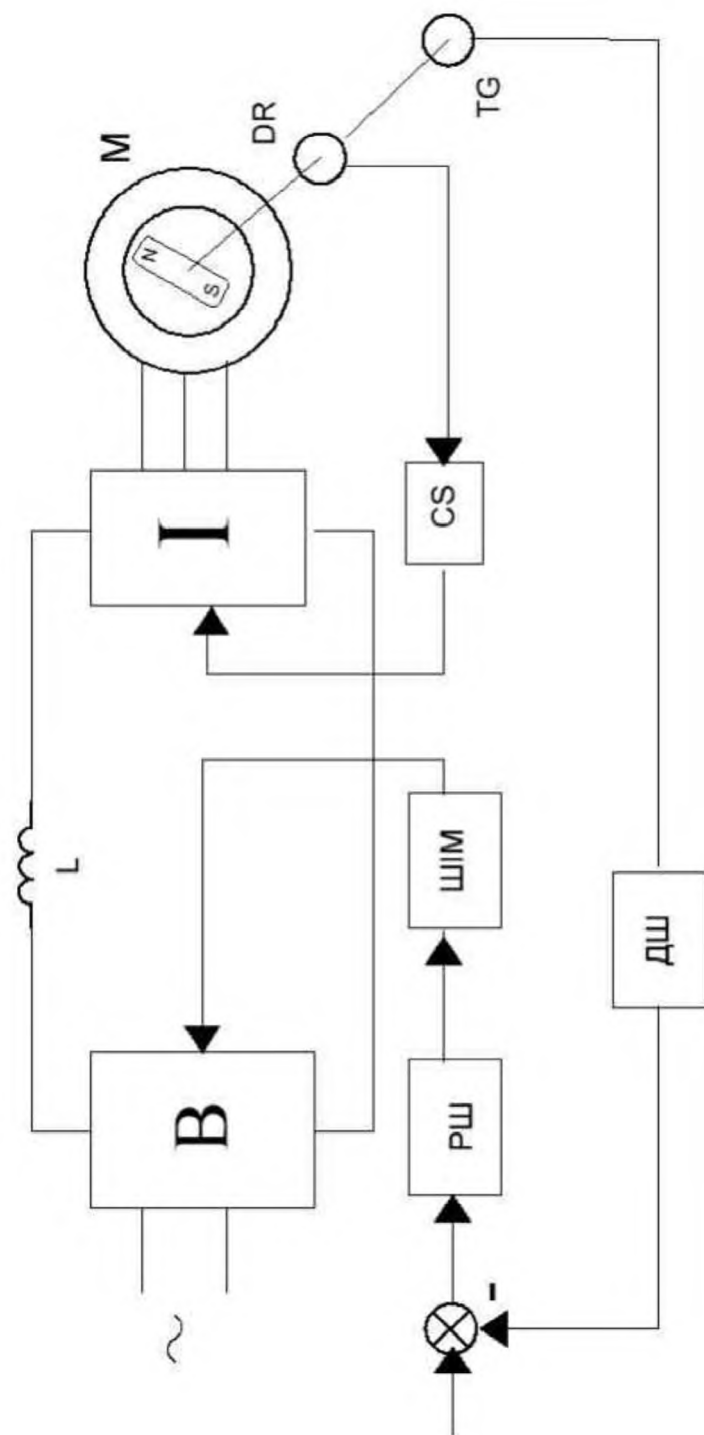


Рисунок А.2 – Слайд 2 мультимедійної презентації

Модель автоматизованого електропривода в MATLAB

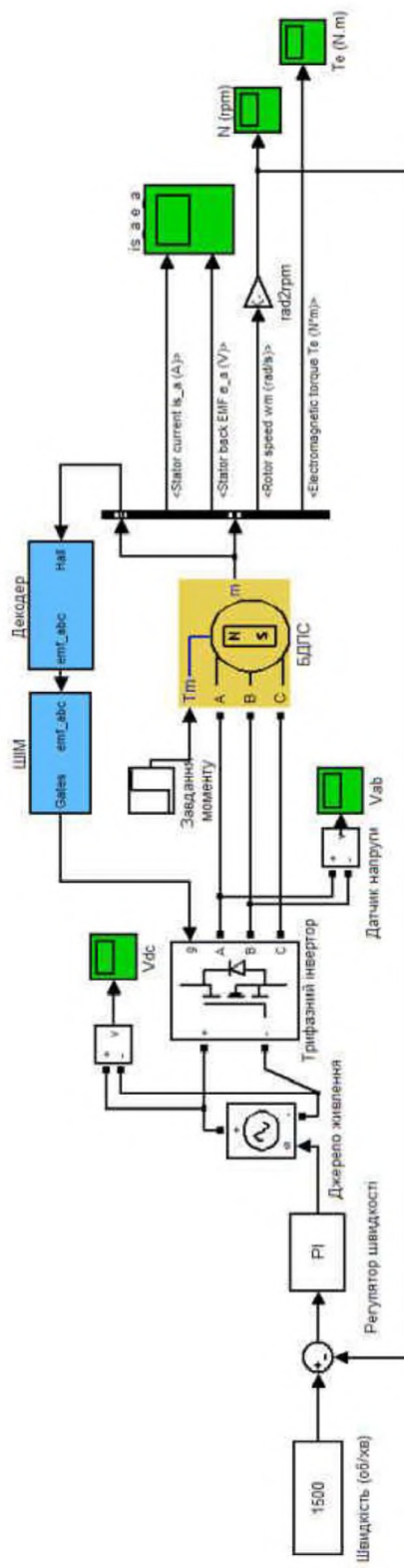


Рисунок А.3 – Слайд 3 мультимедійної презентації

Дослідження динаміки автоматизованого електропривода

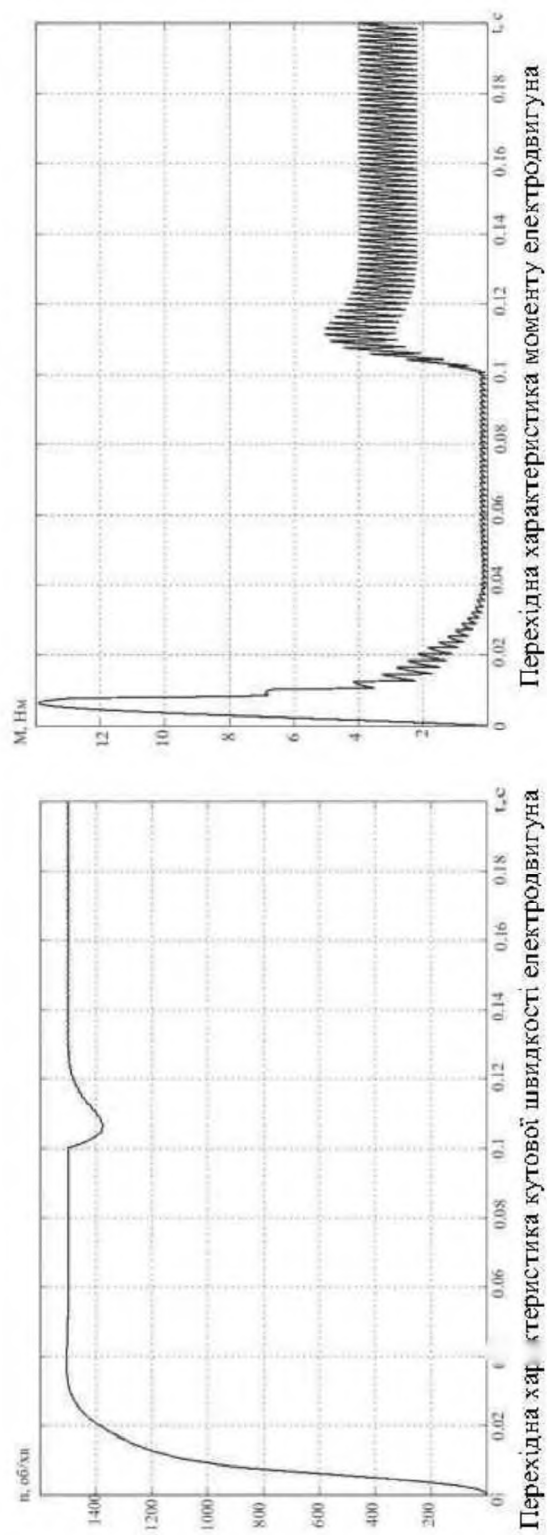


Рисунок А.4 – Слайд 4 мультимедійної презентації