

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент Чепіжний А.В.

ДИПЛОМНА РОБОТА
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження параметрів
електротехнологічного комплексу керування процесом
маркування причепів на ФОП «Карпенко Р.Є.»»

Виконав

(підпис)

Гайдамака Д.В.
(прізвище, ініціали)

Група

ЗЕТЕ 2301 м

(Науковий) керівник:

(підпис)

Барсукова Г.В.
(прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем

доцент _____ Чепіжний А.В.
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

«_____» _____ 202__ року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Гайдамаці Денису Володимировичу
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. **Тема роботи:** Дослідження параметрів електротехнологічного комплексу керування процесом маркування причепів на ФОП «Карпенко Р.Є.

керівник роботи: Барсукова Ганна Володимирівна, к.т.н., доцент

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

затверджено наказом по закладу вищої освіти від «06» 11 2024 р. № 3738/ос

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «11» 11 2024 р.

3. **Вихідні дані до роботи** технічні характеристики електротехнологічного комплексу маркування причепів, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти.

4. **Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, що підлягають розробці):

1 Огляд літератури.

2 Аналіз методів та елетротехнологічного комплексу.

3 Технологічна частина.

4 Охорона праці.

5 Економічне обґрунтування.

Висновки.

Список використаних джерел.

Додатки.

5. **Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:**

Презентаційний матеріал виконаний в програмі Power Point

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата

КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 15.08.2024 р.	
2	Складання плану роботи	до 23.08.2024 р.	
3	Написання вступу	до 26.08.2024 р.	
4	Підготовка розділу «Розділ 1»	до 28.08.2024 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 2»	до 16.09.2024 р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 30.09.2024 р.	
7	Підготовка розділу «Розділ 4»	до 07.10.2024 р.	
8	Підготовка розділу «Розділ 5»	до 21.10.2024 р.	
9	Написання висновків	до 28.10.2024 р.	
10	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2024 р.	
11	Подання роботи на рецензування	до 05.11.2024 р.	
12	Подання до попереднього захисту	до 12.11.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (Гайдамака Д.В.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

**(Науковий) керівник
дипломної роботи**

_____ (Барсукова Г.В.)
(підпис) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Дослідження параметрів електротехнологічного комплексу керування процесом маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є. / Дипломна робота / ПШ – Суми: СНАУ, 2024 р. – 46 с.

Об'єкт дослідження – процес маркування причепів з використанням електротехнологічного комплексу.

Предмет дослідження – методи керування процесом маркування причепів за допомогою пресового обладнання.

Мета роботи – дослідження та вдосконалення параметрів електротехнологічного комплексу керування процесом маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є.» для підвищення ефективності виробничого процесу.

У дипломній роботі проаналізовано сучасні методи маркування причепів та досліджено можливості використання пресового обладнання IMM-09TSH-170x100 у виробничому процесі. Було запропоновано модернізацію обладнання з використанням частотного приводу, що забезпечує плавне регулювання швидкості двигуна та оптимізацію енергоспоживання. Дослідження включає проектування принципової схеми роботи преса, електричної системи управління та функціональної схеми електроприводу. Результати показують збільшення ефективності виробничого процесу та зниження енерговитрат на підприємстві.

Ключові слова: маркування, електротехнологічний комплекс, пресове обладнання, частотний привід, енергозбереження, ефективність.

Ілл. 9

Табл. 2

Бібл. 25

Зміст

Вступ.....	6
Розділ 1. Огляд літератури	8
Розділ 2. Аналіз методів та електротехнологічного комплексу керування процесом маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є.».....	12
2.1. Опис методів маркування причепів	12
2.2. Аналіз пресового обладнання IMM-09TSH-170x100 для маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є.»	14
Розділ 3. Технологічна частина	18
3.1. Проектування принципової схеми роботи преса	18
3.2. Проектування електричної системи управління.....	20
3.3. Проектування функціональної схеми базового електроприводу.....	23
Розділ 4. Охорона праці.....	27
4.1. Аналіз небезпечних факторів.....	27
4.2. Розробка заходів щодо забезпечення безпечних умов праці.....	31
Розділ 5. Економічне обґрунтування.....	34
Висновки	40
Список використаних джерел	42
Додатки.....	45

Вступ

Сучасні цехи з виробництва причепів є складними промисловими об'єктами, оснащеними різноманітним технічним обладнанням. Безпечна експлуатація такого обладнання вимагає чіткого дотримання правил охорони праці та санітарних норм. Безперервний виробничий процес передбачає одночасне виконання багатьох операцій різного характеру. Ці операції регламентуються як за часом, так і за вимогами безпеки.

Більшість обладнання заводів з виробництва причепів має автоматизовані та напівавтоматизовані системи керування і продовжує працювати незалежно від поточної виробничої ситуації. Це вимагає оперативного втручання обслуговуючого персоналу.

Для заводів з виробництва причепів характерна велика площа та розміщення обладнання, яке керується дистанційно і розташоване на висоті або під землею. Це ускладнює сприйняття сигналів, що погіршує отримання попередження.

Мета дипломного проекту – дослідження параметрів електротехнологічного комплексу керування процесом маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є.».

Завдання дослідження:

– провести аналіз методів та електротехнологічного комплексу керування процесом маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є.»;

– виконати проектування принципової схеми роботи пресового обладнання IMM-09TSH-170x100 для маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є.» ;

– здійснити проектування електричної системи управління пресового обладнання IMM-09TSH-170x100 для маркування причепів;

– спроектувати функціональну схему базового електроприводу пресового обладнання IMM-09TSH-170x100 для маркування причепів;

– розробити заходи щодо забезпечення безпечних умов праці при маркуванні причепів;

– виконати економічне обґрунтування запропонованого проєкту.

Методи дослідження: У роботі застосовуються методи узагальнення, аналіз, синтез, порівняння, а також методи економічного аналізу для визначення ефективності проєктованого електротехнічного пристрою для виготовлення маркування причепів.

Науково-технічна новизна. У даній магістерській роботі буде проводитися модернізація пресового обладнання для маркування причепів. Суть модернізації полягає в наступному: на даний час маркувальний модуль IMM-09TSH-170x100 (поле друку) підключений до пневматичної магістралі (4-8 Атм). Недоліком такого приводу є: пневматичні приводи зазвичай мають обмежений діапазон регулювання, що може обмежити їх ефективність у деяких застосуваннях. З метою усунення зазначених вище недоліків, пропонується впровадження частотного приводу. Основними перевагами цього пристрою є можливість плавного регулювання швидкості роботи двигуна. Встановивши регульований електропривод на прес IMM-09TSH-170x100, можна досягти зниження щорічних витрат на енергію.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати дослідження дозволять будь-якому цеху по виготовленню причепів збільшити фондівіддачу маркувального пристрою на 15% та знизити фондомісткість на 13,7%.

Розділ 1. Огляд літератури

Важлива інформація про металевий виріб (назва, серія, номер, розмір, оригінальність) може бути вічною, для цього лише треба виконати нанесення маркування. Ударний метод забезпечує збереження всіх букв, цифр, логотипів, Data Matrix, штрих-коду назавжди [2].

Ударо-точкові маркіратори називаються голкоударними, оскільки суть методу у видавлюванні міцною вольфрам-карбідною голкою точок у заданому програмою порядку та напрямку.

Механічна технологія ударо-точкового маркування підходить для всіх видів металу та товстого пластику. Застосовується в промисловості: металургійної, сталеливарної, нафтової, у виробництві комп'ютерної, авіаційної та космічної техніки, медичного обладнання, для нанесення маркування на автомобілі та ін.

Існують електричні та пневматичні різновиди ударних маркувальників. Основна відмінність між ними в тому, що електричний живиться від розетки 220 Вт і не вимагає підключення стиснутого повітря для маркування. Для роботи пневматичного точкового маркіратора необхідна наявність балона зі стисненим повітрям. В обох випадках сила удару та глибина регулюється. Це необхідно для різних металів (для м'яких металів, наприклад, алюмінію ці показники повинні бути меншими, ніж для сталі) [6].

Основні плюси електричного голкоударника (рис. 1.1) [8]:

1. Достатня мобільність (бо потрібна лише наявність розетки);
2. Переносні електричні маркіратори голкові можна взяти з собою в поля і маркувати вироби. Наприклад модель MARK-TECH ES-900 оснащується акумуляторами (як у шуруповерта), має вагу всього 2 кг і може без проблем відмаркувати будь-що і будь-де, навіть без можливості підключитися до електромережі;

3. Універсальність. Можна маркувати будь-які дрібні вироби (наприклад, шильдики), і великі вироби, які неможливо фізично підкласти під стаціонарний верстат: багатотонні балки чи арматури;

4. Глибина пробивання металу (сталь) порядку 0,2-0,9 мм.



Рисунок 1.1 – Переносний електричний ударно-точковий маркіратор MARK-TECH ES-900

Основні плюси пневматичного голкоударника (рис. 1.2) [14]:

1. Маркування наноситься швидше, ніж на електричному аналогу (до 50 мм/сек);

2. Глибина пробивання металу (сталь) глибше, близько 0,5-1,5 мм;

3. Портативні моделі (MARK-TECH 030) зручно використовувати для великогабаритних виробів, оскільки вони оснащені потужними електромагнітами.

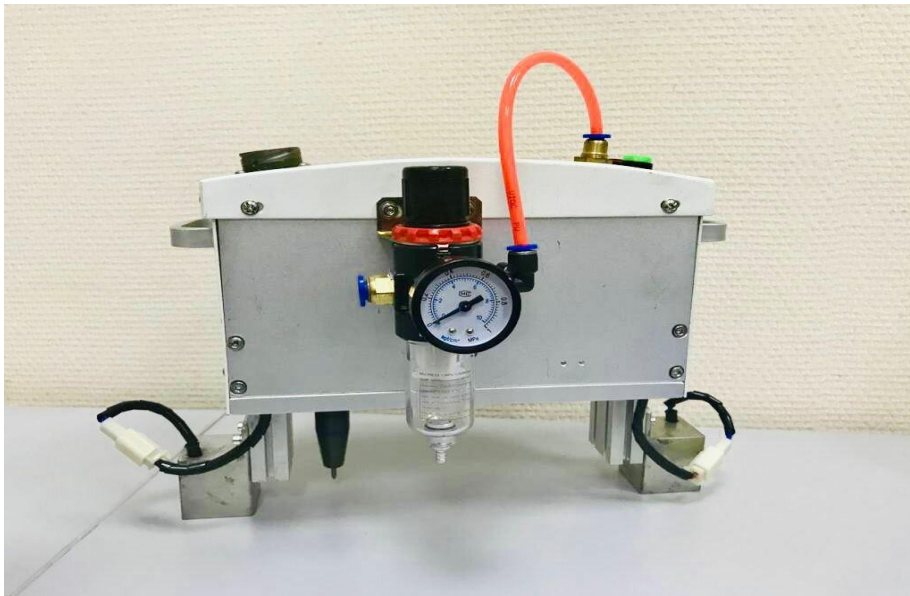


Рисунок 1.2 – Портативний ударно-крапковий маркіратор MARK-TECH 030

Крім цього, існують різні модифікації та комплектація обладнання:

1. Стационарний пневматичний/електричний маркіратор. Це настільна версія для маркування будь-яких дрібних виробів, які можна покласти під обладнання (шильдики, труби, кільця, шайби та інше) (рис. 1.3);

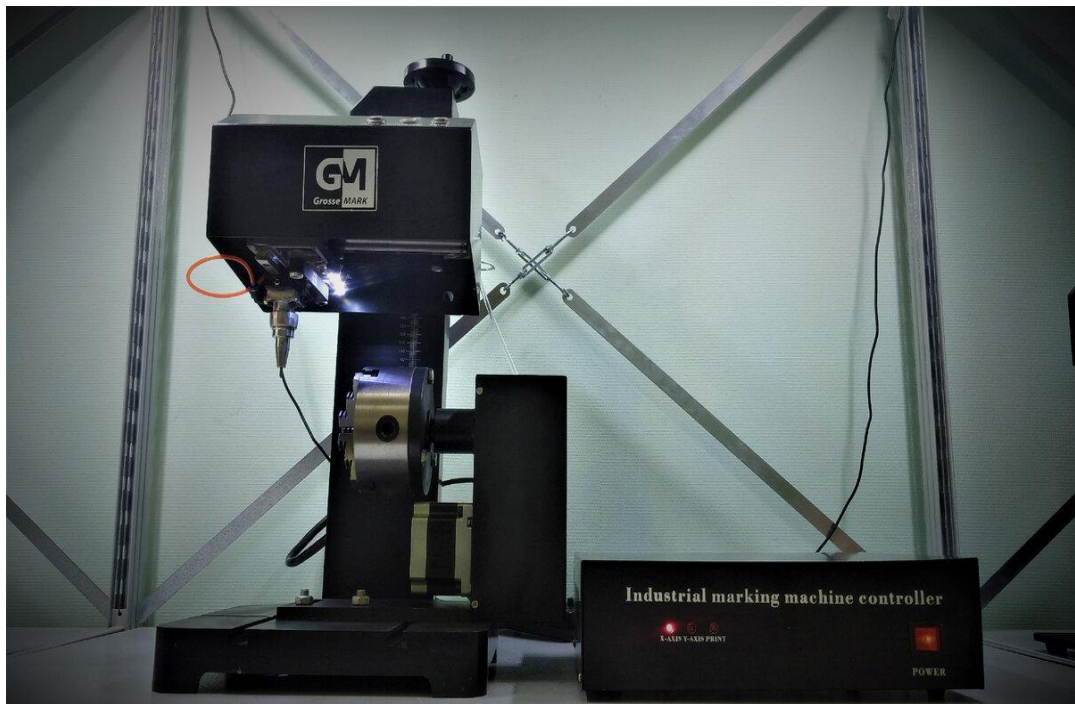


Рисунок 1.3 – Стационарний пневматичний ударно-крапковий маркіратор MARK-TECH 025

2. Переносний (мобільний, ручний) пневматичний/електричний верстат. Версія призначена для маркування великих виробів (баки, арматура), які не можна підкласти фізично під обладнання або для нанесення маркування на двигун (маркер VIN номера) (рис. 1.4);

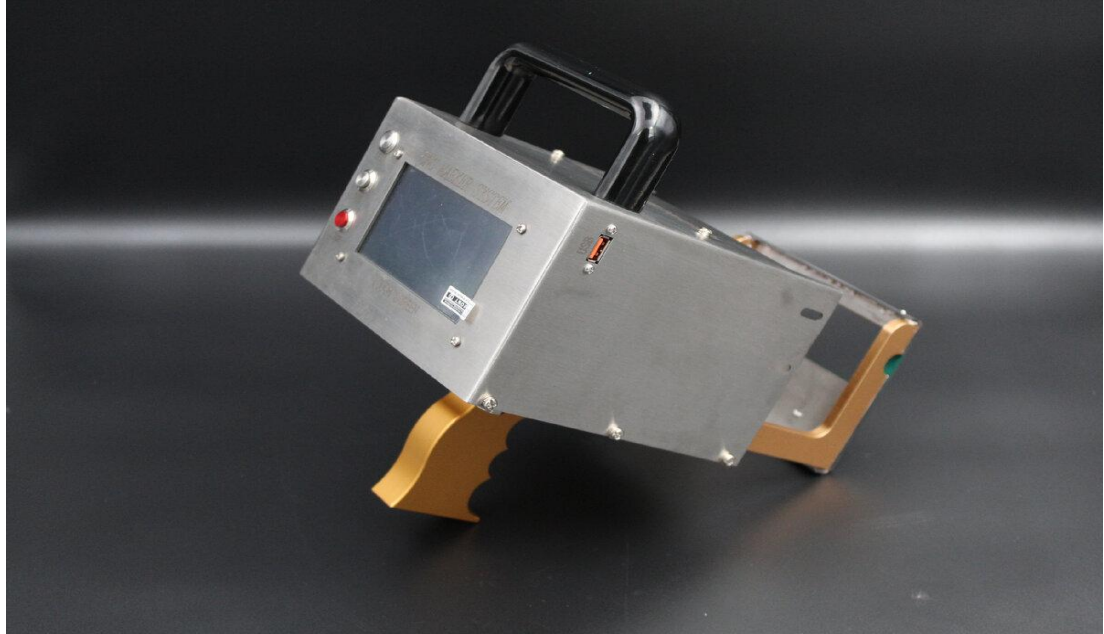


Рисунок 1.4 – Переносний електричний ударно-крапковий маркіратор MARK-TECH ES 800

3. Можливість інтегрувати установку у виробничу лінію.

Переваги ударного маркіратора перед іншими способами:

- залежно від запрограмованої сили та глибини удару голки можна використовувати на матеріалах з різними характеристиками;
- висока зносостійкість. неможливо стерти нанесену точковим маркувальником інформацію;
- маркування легко зчитується сканером навіть після фарбування чи покриття лаком;
- немає прямих витратних матеріалів, що робить відносно низьку собівартість маркування;
- для виробів різної форми, будь-якої якості поверхні;
- швидкість маркування (3-5 симв/с);
- без проблем працює у запилених приміщеннях.

Розділ 2. Аналіз методів та електротехнологічного комплексу керування процесом маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є.»

2.1. Опис методів маркування причепів

Маркування причепів та напівпричепів – важливий етап при організації виробництва чи імпорту.

Маркування причепів та напівпричепів повинне здійснюватися згідно з ДСТУ 3850 та ГОСТ 3163 [11].

Причепи та напівпричепи мають складну конструкцію та не реалізуються в тарі, як більшість малогабаритних типів товару. Маркування пристроїв має відмінні риси. Більшість інформації про виріб, його виробника відображається в експлуатаційній документації, паспорті. При цьому частина інформації розміщується на самому пристрої.

На підставі вимог до пристрою знаходиться табличка виробника. Її розміщують у будь-якому зручному місці. При цьому табличка не повинна заважати роботі конструкції та бути видимою для споживача. Табличку кріплять до такої частини пристрою, яка не замінюється в процесі експлуатації та не знімається без використання спеціальних засобів.

Табличка має прямокутну форму та її величина повинна дозволяти розмістити наступний перелік відомостей [11]:

- найменування виробника;
- допустима максимальна маса;
- максимальна маса, яка полягає на кожну з осей;
- допустиме навантаження, яке припадає на зчпний пристрій;
- ідентифікаційний номер.

Далі розглянемо методи ідентифікаційного маркування причепів:

1. Таврування. Даний метод маркування вважається застарілим, проте ним досі користуються деякі дрібні компанії, які поки що не перейшли на сучасніший. Таке маркування займає досить багато місця, воно не завжди

акуратне і добре читається, тому що наноситься вручну. Ще один мінус у тому, що деякі частини, на які наноситься номер і таблички, виготовляють з м'якого металу, який від сильного удару деформується. Крім того, це маркування легко підробити, що неприпустимо і може призвести до проблем для власників причепа.

2. Прокреслення. Такий тип маркування вибирають великі серійні виробники легкового автотранспорту та причепів. Суть у тому, що на конвеєрах спеціальна установка підвішується до кран-балки захватами, заводиться за раму автомобіля, фіксується пневмо поршнями, потім голка, що прокреслює, встромляється в метал і наносить інформацію.

Таке маркування виходить красивим, рівним, чітким і головний плюс у тому, що його практично неможливо підробити. Але за рахунок складності конструкції машини, що прокреслює, яка виготовляється під конкретний кузов (модель) автомобіля, даний метод підходить тільки великим компаніям, які виробляють легкові транспортні засоби та причепа на конвеєрі. Для невеликих компаній метод прокреслення не підходить.

3. Ударно-крапкове маркування. Це механічний спосіб нанесення інформації шляхом точкових ударів голки, що маркує, по заданій області. Це найбільш зручний та ефективний спосіб маркування VIN номерів. Він користується популярністю у виробників вантажного транспорту. І багато хто з них вибирає продукцію SIC Marking.

Головний плюс ударно-точкового обладнання SIC для цих компаній – це готове рішення для маркування кабіни, рами та таблички транспортного засобу одним портативним маркіратором.

Таблички транспортного засобу виготовляють із алюмінію товщиною 0,3-0,5 мм із клейовим шаром. Ударно-крапкове обладнання дозволяє промаркувати шильдик без пошкодження. Щоб маркування було нанесено рівно та таблички виглядали однаково, у SIC Marking є спеціальна опція – колона, на яку закріплюється портативний маркіратор, роблячи його на якийсь час стаціонарним. Тому купівля двох ударно-крапкових машин не потрібна.

Для виробників шасі, кабін, кузовів та інших частин автомобілів, для компаній, які виробляють пожежні машини, комунальну техніку, причепи, а також для акредитаційних компаній під поліцейське маркування також найзручнішим та найвигіднішим способом буде ударно-точкове маркування.

2.2. Аналіз пресового обладнання IMM-09TSH-170x100 для маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є.»

ФОП «Карпенко Р. Є.» являється малим підприємством, що виготовляє причепи.

Для маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є.» використовується пресове обладнання IMM-09TSH-170x100 (рис. 2.1).

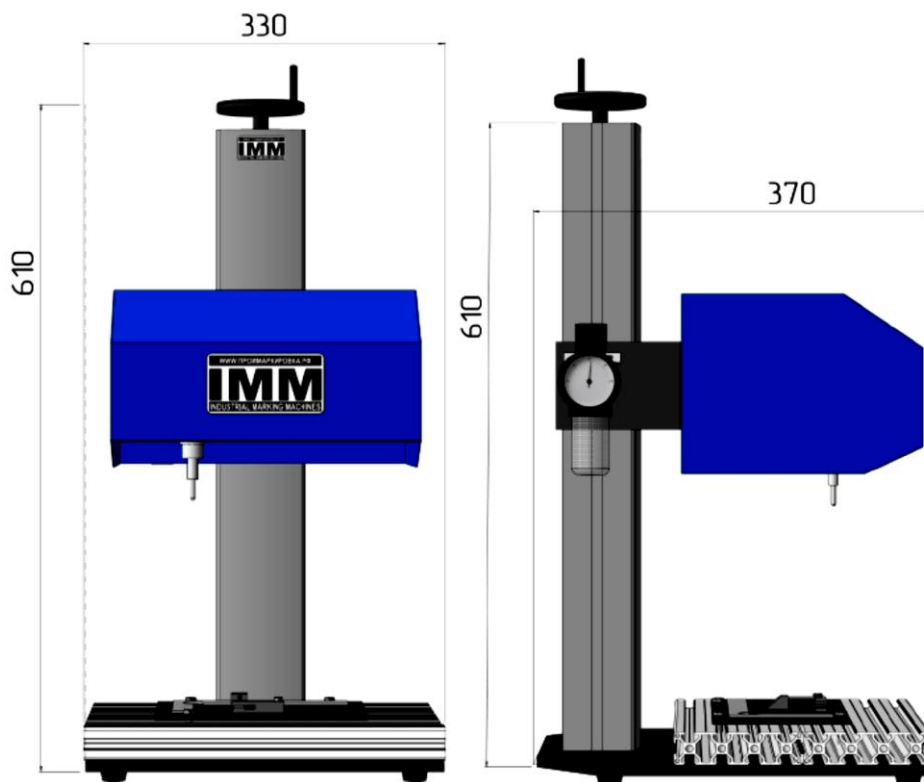


Рисунок 2.1 – Пресове обладнання IMM-09TSH-170x100

Склад електротехнологічного комплексу керування процесом маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є.» є наступним:

- маркувальний модуль: IMM-09TSH-170x100 (поле друку), пневмопривід (4-8 Атм) підключення до пневматичної магістралі або компресора,
- колона вертикального переміщення модуля, що маркує: переміщення за рахунок повороту маховика, амплітуда 380 мм,
- монітор: Acer 18.5",
- миша: Дротова Oklick 225M Optical,
- клавіатура: Дротова SvenStandart,
- килимок: Defender,
- драйвер управління: IMM-09T(AC220V \pm 10% ~ 50 Гц),
- контролер управління: ПК зі стандартною операційною системою Windows, HDD 500 Гб,
- позиціонуючий пристрій: Станіна (чавун), П-подібні пази для кріплення кондуктора позиціонування підшипника,
- повітряний фільтр з редуктором регулювання тиску повітря: очищення повітря, що подається, регулювання подачі повітря (тиск),
- підсвічування поля маркування: світлодіодний модуль, кнопка включення на корпусі модуля, що маркує,
- кнопка «Старт»: на корпусі переносного ударного модуля, педаль ножна,
- порт комунікації: USB, LAN, WI-FI,
- роз'єми: промислове авіаційне виконання (IP-40),
- повітряний клапан: виробник «МАС»,
- програмне забезпечення: ThorX6,
- інструкція користувача: електронний вигляд знаходиться на жорсткому диску Контролера (ПК),
- ЗІП: маркувальний модуль (напрямна, голка, пружина) – 1 шт.,
- додаткова комплектація: кондуктор позиціонування виробу, що маркується.

Обладнання сконструйовано для роботи у середньої тяжкості експлуатаційних умовах, система механіки працює на індукційних загартованих лінійних напрямних кочення з рециркуляційним кульковим підшипником, високопродуктивними кроковими двигунами та високонадійними ременями Кевлар-карбоновими для автоматики.

Ударний модуль має пневматичний привід, що гарантує тривалий термін служби та мінімум технічного обслуговування.

Матеріал корпусу верстата – метал, алюміній.

Електротехнологічний комплекс керування процесом маркування причепів на ФОП «Карпенко Р. Є.» працює наступним чином:

1. Маркувальний модуль IMM-09TSH-170x100 (поле друку) підключений до пневматичної магістралі (4-8 Атм).
2. Колона вертикального переміщення модуля, що маркує, рухається за рахунок повороту маховика з амплітудою 380 мм.
3. Монітор Acer 18.5", миша Oklick 225M Optical і клавіатура SvenStandart використовуються для введення та керування даними.
4. Позиціонуючий пристрій складається зі станіни (чавуну) з п-подібними пазами для кріплення кондуктора позиціонування підшипника.
5. Повітряний фільтр з редуктором регулює тиск повітря, що подається до пристрою.
6. Підсвічування поля маркування здійснюється за допомогою світлодіодного модуля.
7. Кнопка «Старт» та педаль ножна використовуються для запуску процесу маркування.
8. Комунікація з контролером здійснюється через порти USB, LAN та WI-FI.
9. Програмне забезпечення ThorX6 використовується для керування процесом маркування.

На даний час маркувальний модуль IMM-09TSH-170x100 (поле друку) підключений до пневматичної магістралі (4-8 Атм). Недоліком такого приводу є:

- пневматичні приводи зазвичай мають обмежений діапазон регулювання, що може обмежити їх ефективність у деяких застосуваннях;
- пневматичні приводи потребують постійного джерела стиснутого повітря для роботи, що може бути не зручно або недоцільно в деяких умовах.
- пневматичні системи можуть мати проблеми з витоків повітря, що може призвести до втрати продуктивності та збільшення витрат енергії.
- пневматичні приводи зазвичай мають обмежену точність у порівнянні з іншими типами приводів, що може бути проблемою у деяких дотриманнях.

З метою усунення зазначених вище недоліків, пропонується впровадження частотного приводу. Основними перевагами цього пристрою є можливість плавного регулювання швидкості роботи двигуна. Встановивши регульований електропривод на прес IMM-09TSH-170x100, можна досягти зниження щорічних витрат на енергію.

Розділ 3. Технологічна частина

3.1. Проектування принципової схеми роботи преса

На рис. 3.1 представимо електричну принципову схему для проектного пристрою.

Для підготовки до роботи:

- автоматичним вимикачем QF1 підключають електричну схему пресу IMM-09TSH-170x100 до мережі живлення. При цьому на дверцятах шафи загориться біла сигнальна лампа «Мережа»;

- перемикач SA1 встановлюють у положення, що відповідає обраній для роботи секції. При цьому загориться лампочка HL6 «Сортова секція» або HL9 «Секція маркування»;

- натискають кнопку SB3, щоб запустити електродвигун головного приводу. При цьому включається магнітний пускач KM1, який встановлено на саможивлення і підключивши електродвигун M1 до силового ланцюга, включає сигнальну лампу HL2 синього кольору «Головний привід».

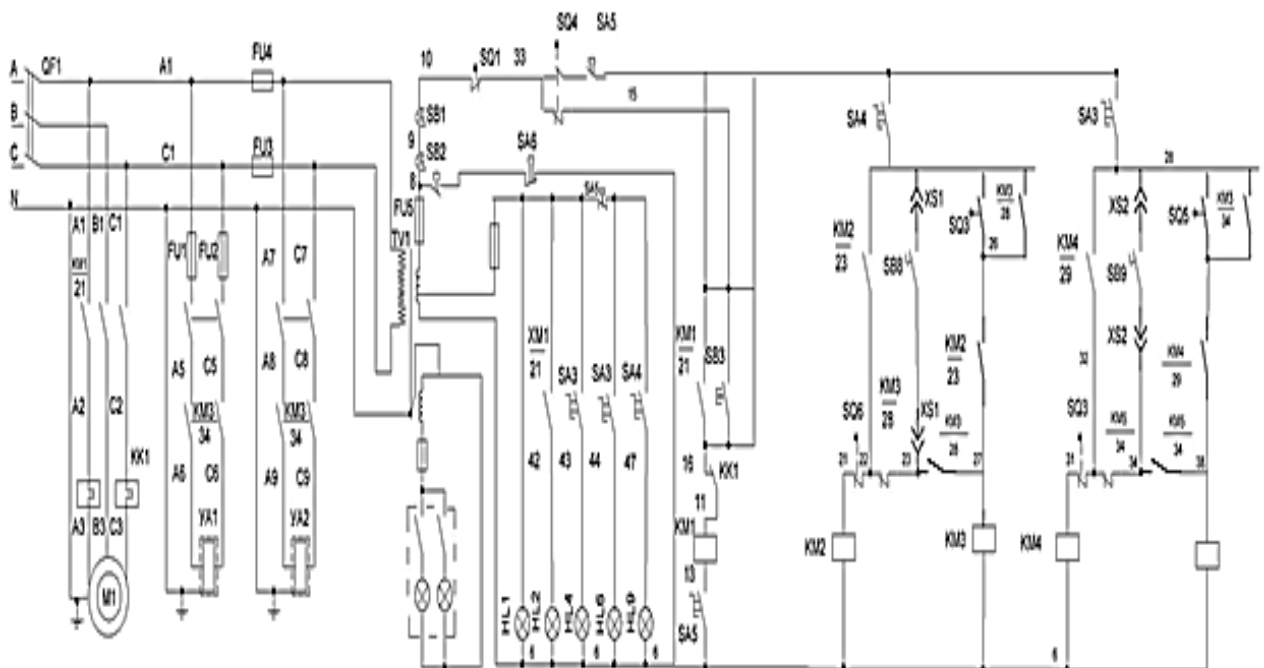


Рисунок 3.1 – Електрична принципова схема пресу IMM-09TSH-170x100

Опис роботи схеми електричної принципової. Електродвигун вимикається кнопками «Загальний стоп» SB1 та SB2, розташованими на станині.

Робота схеми у режимі «Одиночні ходи». Перемикач SA1 встановить для роботи на одній із секцій: «Сортова секція» або «Секція для маркування».

При встановленні перемикача в положення «Сортова секція» загоряється лампочка HL6 зеленого кольору, підключається ланцюг увімкнення електромагніта UA2, в керування підключаються контакти SQ3.1 і SQ6.2 кінцевих вимикачів.

Для активації електромагніту UA2 потрібно натиснути клавішу SB8. У той же час, якщо повзун розташований у верхній позиції, кінцевий вимикач SQ6.2 замкне магнітний контактор KM4 через ланцюг 16-23-27-6, який залишатиметься активованим протягом дії керуючого кулачка на штовхач кінцевого вимикача SQ6. Магнітний контактор KM4 з'єднає випрямляючий блок A1 і активує магнітний контактор KM3 через ланцюг 16-23-27-6. Контактор KM3 переходить на самостійне живлення через ланцюг 16-23-27-6 і активує електромагніт UA2 в посиленому режимі.

Коли повзун досягає нижньої точки, кінцевий вимикач SQ3.1 розмикає живлення контактора KM2, який своїми контактами від'єднує електромагніт UA2.

При поверненні повзуна у верхню позицію шатун, під впливом пружини, повертається у початкове положення.

Для повторного запуску повзуна потрібно знову натиснути кнопку SB8.

При тривалому натисканні на педаль безперервного ходу процес продовжується, оскільки під час руху повзуна кінцевий вимикач SQ3 розмикає ланцюг магнітного контактора KM2, який, у свою чергу, відключає електромагніт UA2 та розриває ланцюг самостійного живлення магнітного контактора KM3. Проте контактор KM3 залишається активованим через ланцюг 16-17-27-6 та своїм контактом по ланцюгу 17-32 блокує увімкнення

контактора КМ2. Після відпускання педалі магнітний контактор КМ3 відключається, і система готова до нового циклу.

Зупинка повзуна відбувається шляхом натискання кнопок SB1 і SB2.

3.2. Проектування електричної системи управління

Об'єктом управління є асинхронний електродвигун із короткозамкненим ротором типу АІР 100 L2, паспортні дані якого представлені нижче.

Вхідні параметри:

Тип мережі – трифазна 4-х провідна;

Номінальна вхідна напруга – 380;

Частота вхідної напруги, Гц – 50;

Вихідні параметри:

Номінальна потужність, кВт – 5,5;

Номінальна частота обертання, об/хв. – 3000;

Фактична частота, об/хв. – 2850;

Режим роботи S3:

$\cos \varphi$ – 0,88

ККД, % – 88

Іпуск/Іном – 7,5

Номінальне ковзання, % – 1,2

Момент інерції ротора – 0,080 кг · м²

Побудуємо природну механічну характеристику (рис. 3.2) електродвигуна $M = f(S)$. Найбільш поширеним методом є побудова механічної характеристики асинхронного двигуна за п'ятьма характерними точками, що визначають робочі режими в наступних координатах:

- пусковий режим $M = M_{\text{п}}, S = 1, (\omega = 0)$;
- критичний режим $M = M_{\text{кр}}, S = S_{\text{кр}}, (\omega = \omega_{\text{кр}})$;
- номінальний режим $M = M_{\text{ном}}, S = S_{\text{ном}}, (\omega = \omega_{\text{ном}})$;

– ідеальний холостий хід $S=0$, ($\omega = \omega_0$).

Для цього розрахуємо низку значень:

– синхронна кутова швидкість ω_0

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3.14 \cdot 3000}{30} = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad (3.1)$$

– номінальна швидкість

$$\omega_{\text{НОМ}} = \omega_0 \cdot (1 - s_{\text{НОМ}}) = 314 \cdot (1 - 0.012) = 310.2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad (3.2)$$

– мінімальна швидкість $\omega_{\text{МІН}}$

$$\omega_{\text{МІН}} = \omega_0 \cdot (1 - S_{\text{МИН}}) = 314 \cdot (1 - 0.8) = 62.8 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \quad (3.3)$$

– критична швидкість

$$\omega_{\text{КР}} = \omega_0 \cdot (1 - S_{\text{КР}}) = 314 \cdot (1 - 0.05) = 297.53 \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \quad (3.4)$$

де критичне ковзання

$$S_{\text{КР}} = S_{\text{НОМ}} \cdot \left(\lambda_{\text{КР}} + \sqrt{\lambda_{\text{КР}}^2 - 1} \right) = 0.012 \cdot (2.1 + \sqrt{2.1^2 - 1}) = 0.05; \quad (3.5)$$

– номінальний момент

$$M_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{\omega_{\text{НОМ}}} = \frac{5500}{314} = 17.5 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (3.6)$$

– критичний момент

$$M_{кр} = \lambda_{кр} \cdot M_{ном} = 2.1 \cdot 17.5 = 36.75 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (3.7)$$

– пусковий момент

$$M_{п} = \lambda_{п} \cdot M_{ном} = 1.4 \cdot 17.5 = 24.5 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (3.8)$$

– мінімальний момент

$$M_{мин} = \lambda_{мин} \cdot M_{ном} = 0.9 \cdot 17.5 = 15.75 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.9)$$

Механічна характеристика електродвигуна представлена на рис. 3.2.

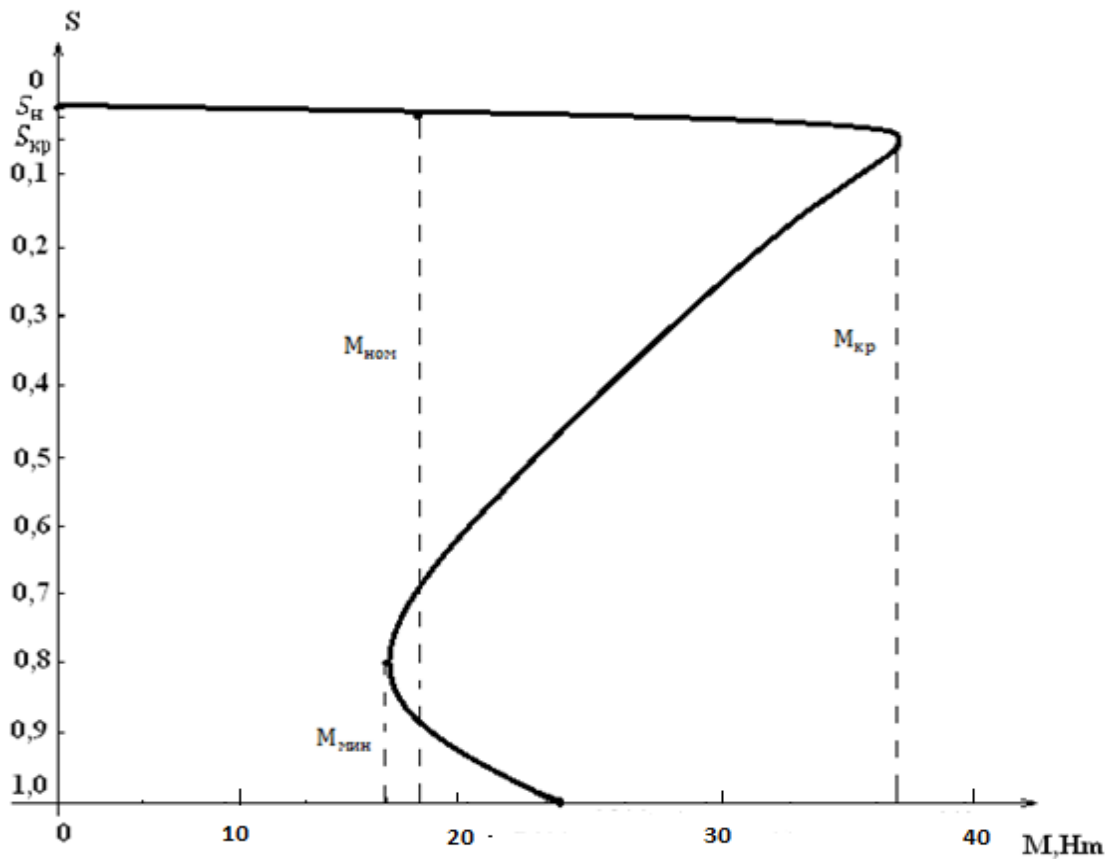


Рисунок 3.2 – Механічна характеристика електродвигуна

3.3. Проектування функціональної схеми базового електроприводу

Конструкція дозволяє наочно відобразити роботу функціональних (робочих) змін, опис яких використовує будь-які (включно з несуттєвими) мікросхеми, ВІС і НВІС. Оскільки для функціональних схем не існує власної системи умовних позначень, їх побудова допускає комбінування кінематичних, електричних та алгоритмічних позначень. Для таких схем найкраще підходить термін «комбіновані схеми». На рис. 3.3 представлено функціональну схему базового електроприводу.

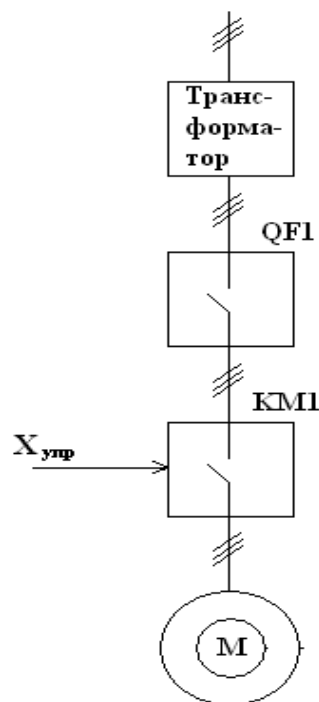


Рисунок 3.3 – Функціональна схема базового електроприводу

Функціональна схема містить:

- трансформатор;
- QF1 – вимикач автоматичний;
- KM1 – магнітний пускач;
- М – асинхронний електродвигун із короткозамкненим ротором.

На рис. 3.4 представлена структурна схема базового електроприводу.

$k = 0,95 \dots 1,05$. Для розрахунків граничних параметрів краще брати максимальне значення коефіцієнта;

η – коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна.

$\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності електродвигуна.

Таблиця 3.1 – Характеристики двигуна.

P_n , кВт	J , кг·м ²	n , про/хв	t , з	U_n , В	η	$\cos\varphi$
5,5	0,080	3000	0,83	380	0,88	0,88

Номинальний момент на валу двигуна:

$$M_n = \frac{9554P_n}{n} = \frac{9554 \cdot 5,5}{3000} = 17,5 \text{ Нм}$$

Динамічний момент на валу:

$$M_d = \frac{J \cdot n}{9,55 \cdot t} = \frac{0,08 \cdot 3000}{9,55 \cdot 0,83} = 30,3 \text{ Нм}$$

Розрахунок пускової потужності двигуна:

$$P_p = \frac{k \cdot n}{9550 \cdot \eta \cdot \cos\varphi} (M_n + M_d) = \frac{1,05 \cdot 3000}{9550 \cdot 0,88 \cdot 0,88} (17,5 + 30,3) = 20,3 \text{ кВт}$$

На підставі цієї величини обирається потужність перетворювача частоти, яка повинна відповідати умові:

$$P_{\text{ПЧ}} > \frac{P_p}{1,5} = \frac{20,3}{1,5} = 13,5 \text{ кВт.}$$

За цих умов струм, споживаний двигуном при лінійному розгоні – I_d , повинен перевищувати пусковий струм перетворювача частоти:

$$\begin{aligned} I_d &= \frac{k \cdot n}{9,550 \cdot \eta \cdot \cos\varphi \cdot U_n \cdot \sqrt{3}} \cdot (M_n + M_d) \\ &= \frac{1,05 \cdot 3000}{9,55 \cdot 0,88 \cdot 0,88 \cdot 380 \cdot \sqrt{3}} \cdot (17,5 + 30,3) = 30,9 \text{ А} \end{aligned}$$

Виходячи з отриманих даних, за каталогом обираємо відповідний перетворювач частоти.

Micromaster 440 серії 6se6440-2ud31-5da1 (Додаток А) був спеціально розроблений для вирішення складних функціональних завдань із високими вимогами до динаміки.

Система векторного управління перетворювача частоти SIEMENS MICROMASTER 440 забезпечує високу якість роботи приводу навіть за різких змін навантаження. За допомогою швидких входів та функції точної зупинки можливе точне позиціонування без використання енкодера.

Завдяки інтегрованому гальмівному резистору, прилад працює з високою точністю навіть під час гальмування та в режимах різкого уповільнення швидкості. Все це можливо у діапазоні потужностей від 0,12 кВт до 250 кВт. І головною особливістю перетворювача частоти MICROMASTER 440 є використання його при двох видах навантаження, постійному та змінному. Що дозволяє використовувати перетворювач меншої потужності для керування електродвигуном більшої потужності.

Розділ 4. Охорона праці

4.1. Аналіз небезпечних факторів

Характер трудових умов безпосередньо залежить від сукупності виробничих факторів. Згідно з нормативною базою, усі ці фактори поділяються на дві основні категорії: небезпечні та шкідливі [12]. Небезпечні фактори несуть ризик травмування або раптового погіршення здоров'я, тоді як шкідливі можуть призвести до зниження працездатності та розвитку професійних захворювань. Класифікація таких факторів включає фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні групи.

Під час експлуатації електрообладнання пріоритетним завданням є запобігання ураження електричним струмом обслуговуючого персоналу. Електродвигун постійного струму, встановлений на пресі в приміщенні ковальсько-пресового цеху, функціонує в умовах, які характеризуються підвищеним ризиком ураження електричним струмом.

Основні фактори, що призводять до отримання травм під час роботи з електроустановками, можна систематизувати наступним чином [17]:

- Безпосереднє зіткнення з елементами електроустановки, що перебувають під напругою, внаслідок недбалого ставлення до правил безпеки, конструктивних недоліків обладнання або помилок, допущених під час монтажу.
- Дотик до елементів, які за нормальних умов не проводять електричний струм, але внаслідок пошкодження ізоляції або короткого замикання опинилися під напругою.
- Помилкове включення електроустановки, в якій виконуються роботи.
- Відсутність або несправність засобів захисту, призначених для запобігання ураження електричним струмом.

Шкідливий вплив електричного струму на людину проявляється у вигляді електротравм. Статистичні дані свідчать, що електротравми складають близько 10% від загальної кількості нещасних випадків у машинобудівній галузі. При цьому, у приміщеннях з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом цей показник майже втричі вищий.

Електротравматизм відрізняється від інших видів травм низкою специфічних характеристик [3]:

- Людський організм не має природних механізмів для виявлення електричної напруги на відстані, тому захисна реакція організму запускається лише після безпосереднього контакту з джерелом струму.

- Електричний струм, проходячи через тіло людини, не лише спричиняє місцеві пошкодження, але й викликає порушення функціонування життєво важливих органів, таких як серце, нервова система та органи дихання.

- Ризик отримання електротравми існує не лише при прямому дотику до струмоведучих частин, але й при наближенні до них на небезпечну відстань або при впливі електричної дуги.

Вплив електричного струму на організм людини проявляється в декількох формах. Термічна дія призводить до теплових опіків та пошкодження внутрішніх органів. Електролітична дія спричиняє розклад біологічних рідин, що порушує їх склад. Механічна дія проявляється у фізичному руйнуванні тканин. Біологічна дія викликає збудження нервової системи та порушення нормальних фізіологічних процесів.

У фізіологічному сенсі вплив електричного струму є екзогенним, тобто обумовлений зовнішніми факторами. Реакції, які виникають при утворенні електричного кола в тілі людини, можуть бути різноманітними – від незначного подразнення та локальних судом до смертельного результату. Як і будь-який інший фізичний подразник, електричний струм не тільки локально ушкоджує тканини, але й спричиняє рефлекторні дії (реакції, викликані нервовою системою у відповідь на подразнення електричним струмом).

Електротравма – це патологічний стан, що розвивається внаслідок проходження електричного струму через організм людини і супроводжується структурними та функціональними змінами в тканинах та органах [17].

Залежно від характеру пошкоджень, електротравми поділяються на три групи:

- Місцеві електротравми проявляються у вигляді локальних уражень тканин, спричинених безпосереднім впливом електричного струму або електричної дуги.

- Загальні електротравми, або електричні удари, характеризуються порушенням функцій життєво важливих органів та систем організму.

- Змішані електротравми поєднують в собі ознаки як місцевих, так і загальних ушкоджень.

Ступінь ураження людини електричним струмом залежить від взаємодії кількох факторів. До них відносяться:

- характеристики електричного струму (вид, частота, напруга, сила);

- фізіологічні особливості організму (опір шкіри, шлях проходження струму);

- умови зовнішнього середовища.

Під час роботи спроектованого електродвигуна на людину можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- електричні іскри та дуги;

- рухомі частини обладнання;

- елементи устаткування, що нагріваються до високих температур;

- небезпечні й шкідливі матеріали, використані в конструкції обладнання, а також шкідливі речовини, які виділяються під час його експлуатації;

- шум та ультразвукові хвилі;

- вібрація;

- електромагнітні поля, теплове, оптичне та рентгенівське випромінювання;

- ризик виникнення пожеж.

Дія електричного струму в електроустановках породжує електромагнітні поля, які можуть призводити до розвитку різних захворювань у людини. Тривалий вплив цих полів може викликати порушення функціонування нервової та серцево-судинної систем, що проявляється у зниженні працездатності, болях у грудях та змінах артеріального тиску.

Для оцінки ступеня небезпеки визначають інтенсивність електричного поля. При низьких значеннях цього показника тривале перебування людей у зоні впливу вважається безпечним.

Особливу увагу слід звернути на аналіз ризику пожежі від експлуатації електроустановки. Статистичні дані свідчать, що в середньому 43,3% пожеж виникають внаслідок короткого замикання в електричних мережах, апаратах і машинах. Пожежі через займання горючих матеріалів та предметів, які розташовані поблизу електроспоживачів або безпосередньо контактують із ними через перегрів опорних поверхонь, складають 33,2%. Струмові перевантаження спричиняють 12,3% пожеж, а перегрів з'єднувальних місць струмопровідних елементів через високий перехідний опір – 4,6%.

Вплив електричних дуг та іскріння, що виникає при розриві ланцюгів, спричиняє 3,3% пожеж, і стільки ж випадків виникає через нагрівання конструкцій під час пропускання напруг.

Окрім цього, можуть діяти додаткові виробничі фактори, пов'язані зі специфікою процесу, що використовує електроустановку. Оскільки ця установка є постійним місцем роботи, необхідно забезпечити відповідні умови, дотримуючись санітарно-гігієнічних норм.

Під час роботи на верстаті працівники піддаються впливу шкідливих виробничих факторів, до яких належать:

- несприятливі мікрокліматичні умови;
- недостатня освітленість;

- підвищений рівень шуму та вібрації;
- нераціональна організація робочого місця.

Особливу увагу слід приділити вібрації, оскільки тривалий вплив цього фактора може призвести до розвитку професійних захворювань, пов'язаних з порушеннями функціонування центральної нервової системи.

4.2. Розробка заходів щодо забезпечення безпечних умов праці

До складу робочого місця при виконанні маркування причепів входять: пульт управління, засоби відображення інформації (COI), органи управління (ОУ), засоби зв'язку, робоче сидіння (крісло) людини-оператора.

Компонування робочого місця забезпечує:

- оптимальну робочу позу людини;
- огляд елементів робочого місця та простору за його межами;
- можливість виконання керуючих впливів, ведення записів, розміщення документації та інших матеріалів, здійснення всіх необхідних рухів, необхідних зорових та звукових зв'язків;
- оптимальний режим праці та відпочинку.

Під час вибору технологічного режиму роботи проводиться комплексна оцінка потенційних небезпек, пов'язаних з виробництвом. Зокрема:

- аналізуються можливі ризики для здоров'я працівників, пов'язані з впливом шкідливих речовин та фізичних факторів;
- розробляються заходи щодо автоматизації виробництва;
- впроваджуються систем безпеки та контролю;
- забезпечується пожежна безпека;
- враховуються вимоги екологічної безпеки.

Всі заходи, спрямовані на запобігання ураженню електричним струмом, можна класифікувати на організаційні (пов'язані з управлінням персоналом та процесами) та технічні (пов'язані з використанням спеціального обладнання та засобів захисту).

Комплекс організаційних заходів, спрямованих на попередження електротравматизму, включає в себе:

- впровадження системи нормативних документів, що регламентують вимоги до електроустановок та безпеки робіт;
- поділ електроустановок та робочих зон за ступенем небезпеки ураження електричним струмом;
- формування кваліфікованого персоналу шляхом проведення навчання та атестації;
- розробку та впровадження ефективних систем організації робіт;
- регулярні медичні огляди працівників.

Серед основних нормативних документів, що регулюють питання електробезпеки, слід відзначити ПВЕ, ПТЕ та ПТБ.

ПВЕ передбачає поділ електричних мереж за рівнем напруги: до 1000 вольт та понад 1000 вольт. Такий поділ обумовлений різними вимогами до безпеки експлуатації. Приміщення, в свою чергу, класифікуються залежно від наявності факторів, що підвищують ризик ураження електричним струмом. Виділяють три категорії:

- приміщення без підвищеної небезпеки (ідеальні умови);
- приміщення з підвищеною небезпекою (наявність одного несприятливого фактора);
- особливо небезпечні приміщення (наявність двох і більше несприятливих факторів або особливо агресивного середовища).

Виробничі приміщення класифікують за такими факторами, як вологість, температура та наявність забруднень. Виділяють такі категорії:

- Нормальні. Сухі приміщення без додаткових негативних факторів.
- З підвищеною вологістю. Від вологих до особливо сирих, де вологість повітря перевищує 60%.
- З підвищеною температурою. Жаркі приміщення з температурою понад 30°C.

- Запилені. Приміщення, в яких присутній пил, який може бути провідним або непровідним.
- З агресивним середовищем. Приміщення, де присутні хімічні речовини, які можуть пошкоджувати електрообладнання.

Основними технічними засобами забезпечення безпеки при нормальній експлуатації електроустановок є електрична ізоляція та блокування.

Ізоляція – це діелектричний матеріал, який покриває струмоведучі частини та запобігає протіканню струму через нього завдяки високому електричному опору.

Блокування – це пристрій, який запобігає ненавмисному включенню обладнання або доступу до небезпечних зон. Блокування може бути механічним, електричним або електромагнітним.

Розділ 5. Економічне обґрунтування

Пресове обладнання IMM-09TSH-170x100 призначене для маркування причепів.

Раніше в установці було використано систему пневматичної магістралі.

Проектований (новий) електропривід у порівнянні з базовим має наступні переваги:

- можливість плавного регулювання швидкості двигуна;
- відбувається заміна релейно-контактної схеми керування двигуна на мікропроцесорні пристрої, які, у свою чергу, є надійнішими;
- за рахунок плавного регулювання швидкості двигуна можна скоротити споживання електричної енергії;
- споживає менше електроенергії.

У таблиці 5.1 подано вихідні дані для розрахунків.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунків

Характеристики	Базовий	Проектний
Кількість оброблених металевих листів A_g , шт.	10000	10000
Час виконання операцій t , год.	2	1,97
Годинна оплата праці верстатника $C_{год}$, грн.	2,5	1,44
Годинна оплата праці ремонтника $C_{год.рем}$, грн.	1,0	1,0
Ціна обладнання електроприводу K_0 , грн.	8200	76200
Витрати на зайняту обладнанням площу S , грн.	13230	11430
Потужність та тип двигуна P , кВт.	-	70
Коефіцієнт ефективності K_e , %.	86,88	90,25
Коефіцієнт часу використання обладнання K_i .	0,8	0,8
Ціна 1 кВт електроенергії S_e , грн.	-	0,20

Продовження табл. 5.1

Характеристики	Базовий	Проектний
Трудомісткість ремонтних робіт для кожного виду обладнання Ті, люд.-год:		
– перетворювач частоти	45	30
– двигун	35	25
– трансформатор	40	30
– кабельна система	52	52
– кабельна система	4	4
– блоки введення	2	3
Кількість поточних ремонтів на рік	15	1
Кількість середніх ремонтів на рік	2	2
Кількість капітальних ремонтів на рік	1	1
Вага кожного типу обладнання:		
– двигуна	32	32
– частотного перетворювача	4000	3200
Вартість одиниці продукції Ці, грн.	88200	76200
Коеф. для врахування додаткової оплати праці, Кд	1,3	1,3
Коеф. для врахування соціальних відрахувань, Кстрах	1,375	1,375
Коеф. для врахування преміальних виплат, Кпрем	1,25	1,25
Коеф. для врахування амортизації, Ка	8,7	8,7
Коеф. для врахування витрат на ремонт, Крем	0,45	0,35

Розрахуємо зміну (економію) витрат від модернізації електроприводу преса у натуральному вираженні (це може бути економія витрат за часом, економія матеріалу, що використовується, економія витрат ремонтних (обслуговуючих) робіт, економія за рахунок скорочення простоїв обладнання).

Модернізація електроприводу преса дає змогу скоротити витрати часу на випуск річної програми. Для розрахунків застосуємо дані таблиці 5.1.

Часові витрати на реалізацію річної програми за базовим варіантом:

$$T_{\text{баз}} = A_{\text{г.баз}} t_{\text{баз}} = 10000 \cdot 2 = 20000 \text{ люд} \cdot \text{год.} \quad (5.1)$$

За альтернативним варіантом:

$$T_{\text{нов}} = A_{\text{г.нов}} t_{\text{нов}} = 10000 \cdot 1.97 = 19700 \text{ люд} \cdot \text{год.} \quad (5.2)$$

Часова економія складе:

$$E = T_{\text{баз}} - T_{\text{нов}} = 20000 - 19700 = 300 \text{ люд} \cdot \text{год.} \quad (5.3)$$

Розрахуємо зміну витрат у грошовому еквіваленті. Спостерігається зміна витрат на заробітну плату.

За базовим варіантом витрати на заробітну плату робітникам склали:

$$З_{\text{баз}} = T_{\text{баз}} C_{\text{год.баз}} K_{\text{д}} K_{\text{страх}} = 20000 \cdot 2.5 \cdot 1.3 \cdot 1.375 = 89375 \text{ грн.} \quad (5.4)$$

За альтернативним варіантом:

$$\begin{aligned} Z_{\text{нов}} &= T_{\text{нов}} C_{\text{год.нов}} K_{\text{д.нов}} K_{\text{страх.нов}} K_{\text{прем.нов}} = \\ &= 19700 \cdot 1.44 \cdot 1.3 \cdot 1.375 \cdot 1.25 = 63384,7 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (5.5)$$

Зарплатна економія для верстатників складе:

$$E_{\text{зарп}} = Z_{\text{баз}} - Z_{\text{нов}} = 89375 - 63384,7 = 25990,32 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

За базовим варіантом витрати на зарплату ремонтників:

$$Z_{\text{баз.рем}} = 205 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,375 \cdot 1,55 = 567,98 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

За альтернативним варіантом:

$$Z_{\text{нов.рем}} = 167 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \cdot 1,375 \cdot 1,15 \cdot 1,25 = 379,59 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

З огляду на те, що модернізація призведе до скорочення кількості поточних ремонтів, заощадження на оплаті праці ремонтного персоналу становитиме:

$$E_{\text{зарп.рем}} = Z_{\text{баз.рем}} - Z_{\text{нов.рем}} = 567,98 - 379,59 = 188,39 \text{ грн.} \quad (5.9)$$

Витрати на встановлення, ремонт та обслуговування обладнання системи електроприводу за базовим варіантом становитимуть:

$$\begin{aligned} P_{\text{баз}} &= K_{\text{о.баз}} + K_{\text{о.баз}} K_{\text{а}}^{\text{баз}} + K_{\text{о.баз}} K_{\text{рем}}^{\text{баз}} = 88200 + 88200 \cdot 0,087 + 88200 \cdot 0,45 = \\ &= 88200 + 7673,4 + 39690 = 135563,4 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (5.10)$$

За новим варіантом:

$$\begin{aligned} P_{\text{нов}} &= K_{\text{о.нов}} + K_{\text{о.нов}} K_{\text{а}}^{\text{нов}} + K_{\text{о.нов}} K_{\text{рем}}^{\text{нов}} = 76200 + 76200 \cdot 0,087 + 76200 \cdot 0,35 = \\ &= 76200 + 6629,4 + 26670 = 109499,4 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (5.11)$$

Економія з витрат на ремонт, встановлення та обслуговування обладнання:

$$E_{\text{рем}} = P_{\text{баз}} - P_{\text{нов}} = 135563,4 - 109499,4 = 26064 \text{ грн.} \quad (5.12)$$

Річна зміна (економія) витрат у вартісному вираженні становитиме:

$$\begin{aligned} E_{\text{річ}} &= E_{\text{вр}} (E_{\text{зарп}} + E_{\text{зарп.рем}} - E_{\text{рем}}) = \\ &= 300 \cdot (26178,69 - 26064) = 34407 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (5.13)$$

Отже, максимально капітальні допустимі вкладення на модернізацію системи електроприводу преса для маркування складуть:

$$K_{д.макс} = E_{річ} T_H = 34407 \cdot 6.6 = 227086.2 \text{ грн.} \quad (5.14)$$

Ці витрати будуть компенсовані завдяки підвищенню ефективності роботи маркувального преса.

Розглянемо окремі показники, які відображають доцільність проведення модернізації маркувального преса.

Термін окупності інвестицій, вкладених у модернізацію, розраховується за такою формулою

$$T_{ок.мод.} = \frac{\Delta C_{маш}}{П^H_{чист} - П^б_{чист}} \quad (5.15)$$

$$T_{ок.мод.} = \frac{4221}{14012} = 0,21 \text{ року} \quad (5.16)$$

За базовим варіантом:

– фондвіддача

$$F_B^{баз} = A_{Г}^{баз} / K_0^{баз} = 10000 / 88200 = 0,113 \text{ шт./грн;} \quad (5.17)$$

– фондомісткість

$$F_M^{баз} = K_0^{баз} / A_{Г}^{баз} = 88200 / 10000 = 8,82 \text{ грн./шт;} \quad (5.18)$$

– трудомісткість

$$T_{люд.год}^{баз} = T^{баз} / K_{в.н} = 20000 / 1 = 20000 \text{ люд.·год.;} \quad (5.19)$$

За новим варіантом:

– фондвіддача

$$F_B^{нов} = A_{Г}^{нов} / K_0^{нов} = 10000 / 76200 = 0,13 \text{ шт./грн;} \quad (5.20)$$

– фондомісткість

$$F_M^{нов} = K_0^{нов} / A_{Г}^{нов} = 76200 / 1000 = 7,62 \text{ грн./шт;} \quad (5.21)$$

– трудомісткість

$$T_{\text{люд}\cdot\text{год}}^{\text{нов}} = T^{\text{нов}} / K_{\text{в.н}} = 17000 / 1.15 = 14782.,6 \text{ люд}\cdot\text{год}; \quad (5.22)$$

Індекс (зростання або зниження) фондівдачі та фондомісткості відповідно дорівнюватимуть:

$$I_{f_B} = f_B^{\text{нов}} / f_B^{\text{баз}} = 0,13 / 0,113 = 1,15, \quad (5.23)$$

$$I_{f_M} = f_M^{\text{нов}} / f_M^{\text{баз}} = 7.62 / 8.82 = 0.86. \quad (5.24)$$

З проведених розрахунків слід зробити висновок, що показники доцільності здійснення модернізації мають тенденцію до покращення: збільшення фондівдачі на 15% та зниження фондомісткості на 13,7%. Це говорить про те, що прес для маркування функціонуватиме ефективніше.

Висновки

У даній дипломній роботі досліджено пресове обладнання IMM-09TSH-170x100.

Обладнання сконструйовано для роботи у середньої тяжкості експлуатаційних умовах, система механіки працює на індукційних загартованих лінійних напрямних кочення з рециркуляційним кульковим підшипником, високопродуктивними кроковими двигунами та високонадійними ременями Кевлар-карбоновими для автоматики.

Ударний модуль має пневматичний привід, що гарантує тривалий термін служби та мінімум технічного обслуговування.

Матеріал корпусу верстата – метал, алюміній.

На даний час маркувальний модуль IMM-09TSH-170x100 (поле друку) підключений до пневматичної магістралі (4-8 Атм). Недоліком такого приводу є: пневматичні приводи зазвичай мають обмежений діапазон регулювання, що може обмежити їх ефективність у деяких застосуваннях; пневматичні приводи потребують постійного джерела стиснутого повітря для роботи, що може бути незручно або недоцільно в деяких умовах; пневматичні системи можуть мати проблеми з витоків повітря, що може призвести до втрати продуктивності та збільшення витрат енергії; пневматичні приводи зазвичай мають обмежену точність у порівнянні з іншими типами приводів, що може бути проблемою у деяких дотриманнях.

Щоб усунути наведені вище недоліки, пропонується встановити частотний привід. Перевагами такого приводу є можливість плавного регулювання швидкості двигуна. Встановивши регульований електропривод на прес IMM-09TSH-170x100, можна знизити річні енерговитрати.

Суть даної модернізації полягає в тому, що установивши регульований електропривод на прес IMM-09TSH-170x100, можна знизити річні енерговитрати за рахунок переведення установки на регулювання продуктивності.

Проектований (новий) електропривід у порівнянні з базовим має наступні переваги:

- можливість плавного регулювання швидкості двигуна;
- відбувається заміна релейно-контактної схеми керування двигуна на мікропроцесорні пристрої, які, у свою чергу, є надійнішими;
- за рахунок плавного регулювання швидкості двигуна можна скоротити споживання електричної енергії;
- споживає менше електроенергії.

З проведених розрахунків слід зробити висновок, що показники доцільності здійснення модернізації мають тенденцію до покращення: збільшення фондівдачі на 15% та зниження фондомісткості на 13,7%. Це говорить про те, що прес для маркування функціонуватиме ефективніше.

Список використаних джерел

1. Arshad, R. N., Abdul-Malek, Z., Munir, A., Buntat, Z., Ahmad, M. H., Jusoh, Y. M., ... & Aadil, R. M. Electrical systems for pulsed electric field applications in the food industry: An engineering perspective. *Trends in food science & technology*, 2020. 104, 1-13.
2. Fabricio, M. A., Behrens, F. H., & Bianchini, D. Monitoring of industrial electrical equipment using IoT. *IEEE Latin America Transactions*, 2020, 18(08), 1425-1432.
3. Ferrari, I. Protecting intellectual property in the age of artificial intelligence. *COMP. LEX*, 2024. 1-213.
4. Gaspar, T. Cruz, C. T. Lam and P. Simões, Smart Substation Communications and Cybersecurity: A Comprehensive Survey, in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 25, no. 4, pp. 2456-2493.
5. Gil, S., Zapata-Madrigal, G. D., García-Sierra, R., & Cruz Salazar, L. A. Converging IoT protocols for the data integration of automation systems in the electrical industry. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 2022. 9(1), 1.
6. Hagen, A., Andersen, T. M. Asset management, condition monitoring and Digital Twins: damage detection and virtual inspection on a reinforced concrete bridge. *Structure and Infrastructure Engineering*, 2024, 20(7-8), 1242-1273.
7. Korobsky, V., Akulinin, Y. Дослідження робочих поверхонь контактів електромагнітних пускачів та реле з використанням електронного мікроскопу. *Енергетика і автоматика*, (6), 45-58.
8. Korobskyi, V., Chornovolenko, O. Дослідження перехідного опору контактних матеріалів та контактів електричних апаратів при взаємодії із агресивним оточуючим середовищем. *Енергетика і автоматика*, (6), 135-154.
9. Lamichhane, T. N., Sethuraman, L., Dalagan, A., Wang, H., Keller, J., & Paranthaman, M. P. Additive manufacturing of soft magnets for electrical machines—A review. *Materials Today Physics*, 2020, 15, 100255.

10. LI, Rong; CHEN, Zi; XIANG, Junyong. A region-scale decoupling effort analysis of carbon dioxide emissions from the perspective of electric power industry: A case study of China. *Environment, Development and Sustainability*, 2023, 25.5: 4007-4032.

11. LIU, Shengyuan, et al. Modelling and discussion on emission reduction transformation path of China's electric power industry under "double carbon" goal. *Heliyon*, 2022, 8.9.

12. Luharia, A., Dahake, S. B., Uke, A., Mishra, G. V., & Mahakalkar, C. Multi-Organizational Insights Into Radiological Safety Standards in High-Dose Rate Brachytherapy. *Cureus*, 2024. 16(7). 201-208.

13. Piedel, E., Lauth, E., Grahle, A., & Göhlich, D. Review and Evaluation of Automated Charging Technologies for Heavy-Duty Vehicles. *World Electric Vehicle Journal*, 2024. 15(6), 235.

14. Piedel, E., Lauth, E., Grahle, A., & Göhlich, D. Review and Evaluation of Automated Charging Technologies for Heavy-Duty Vehicles. *World Electric Vehicle Journal*, 2024. 15(6), 235-245.

15. Stillig, J., & Parspour, N. Novel infrastructure platform for a flexible and convertible manufacturing. *Adv. Sci. Technol. Eng. Syst.* 2021, 6, 356-368.

16. Strielkowski, W., Civiń, L., Tarkhanova, E., Tvaronavičienė, M., & Petrenko, Y. Renewable energy in the sustainable development of electrical power sector: A review. *Energies*, 2021. 14(24), 8240.

17. Zyryanov, V., Kiryanova, N., Korotkov, I., Nesterenko, G., Prankevich, G., & Rudiuk, I. Analysis of energy storage systems application in the russian and world electric power industry. In *2020 Ural Smart Energy Conference (USEC) 2020*, pp. 106-109.

18. Бабій А., Бабій М. Дослідження міцності елементів конструкції функціонально-транспортуючих мобільних засобів. *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*, 2019. №3 (13) С. 87–91.

19. Бабій М.В., Чорній Б.П. Вплив підготовчих операцій на ефективність транспортування вантажів. *Міжнародна науково-технічна конференція*

присвячена пам'яті професора Гевка Богдана Матвійовича. Проблеми теорії проектування та виготовлення транспортно-технологічних машин. Тернопіль, 23-24 вересня 2021.

20. Електротехнічна кераміка на основі алюмосилікатів лужних та лужноземельних металів : монографія / Г.В. Лісачук, О.Ю. Федоренко, Р.В. Кривобок, К.Б. Богданова, А.В. Захаров. – Харків: ТОВ «Планета-Прінт», 2020. 200 с.

21. Поліщук О.С. Підвищення ефективності застосування пресового обладнання в легкій промисловості : дис. ... кандидата техн. наук : 05.05.10 / Поліщук Олег Степанович. Київ, 2001. 155 с.

22. Рикованова І. С., Жолобович, М. І. Маркетингово-логістичні аспекти проектної діяльності підприємств на ринку електрообладнання . Академічні візії, 2024. (29). URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/1039>.

23. Розвиток машинобудування в Україні: проблеми та шляхи їх вирішення: монографія; ДУ “Інститут регіональних досліджень імені М.І. Долишнього НАН України”; наук. редактор д.е.н., проф. С. О. Іщук. Львів, 2022. 137 с.

24. Чепіжко, О. Сучасний стан та проблеми розвитку електротехнічної промисловості. Вісник Національного технічного університету. 2021, (2), 104-110.

25. Шаповалов, В. О. Наукові основи дугових адитивних технологій у спецелектрометалургії та електрозварюванні: Стенограма наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 30 травня 2018 року. Visnik Nacional Noi Academii Nauk Ukraini, 2018, (7), 33–39. <https://doi.org/10.15407/visn2018.07.033>.

Додатки

Додаток А

Вибір перетворювача частоти – Micromaster 440 серії 6se6440-2ud31-5da1



Додаток Б

Вибір дроселя – трьохфазний сітвовий EI-09996



Зовнішній вигляд тормозного резистора

