

УДК 687. 05

Поліщук О.С., Чумакова С.В., Пундик С.І.  
Хмельницький національний університет

## **СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ МЕТАЛЕВОЇ ФУРНІТУРИ У ВИРОБИ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

*З метою дослідження пристрою з електромагнітним приводом, призначеного для виконання технологічної операції встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості, було розроблено експериментальний стенд. Він включає в себе: пристрій з електромагнітним приводом; технологічне устаткування для виконання даної технологічної операції; пристрій живлення та управління; блок вимірювальної апаратури із застосуванням обладнання компанії "National Instruments". Стенд дозволяє досліджувати різні характеристики пристрою з лінійним електромагнітним приводом без та при виконанні даної технологічної операції. Ключові слова: лінійний електромагнітний двигун (ЛЕМД); пристрій з ЛЕМД; встановлення металевої фурнітури; пристрій живлення та управління (ПЖУ)*

### **Постановка проблеми**

Однією з головних причин невинуватених втрат енергії в легкій промисловості є недосконалість обладнання з точки зору енергетичних витрат. Особливо це відноситься до таких частин обладнання, як приводи. Невідповідність типу приводу, режиму його роботи, потужності та інших характеристик параметрам технологічної операції, яка виконується на обладнанні, приводить до значних втрат енергії [1].

В роботі [2] встановлено перспективний напрямок використання в якості приводу обладнання для виконання операції встановлення металевої фурнітури при виготовленні виробів швейної, взуттєвої та шкіргалантерейної галузей лінійних електричних двигунів (ЛЕД), зокрема лінійних електромагнітних двигунів (ЛЕМД) як одного із їх різновидів. На кафедрі машин та апаратів Хмельницького національного університету був розроблений пристрій з ЛЕМД в якості приводу, який дає змогу виконувати технологічну операцію встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості, зокрема вирубувати отвори у матеріалах та закріплювати в них металеву фурнітуру при використанні відповідного технологічного оснащення. Даний пристрій дає можливість споживати електричну енергію тільки під час виконання технологічної операції.

### **Формулювання цілей статті**

Специфічною особливістю лінійних електромагнітних двигунів є те, що вони створюються для певних приводних пристроїв і повинні виготовлятися в одному з ними блоці. Тому ЛЕМД необхідно досліджувати разом з приводною робочою машиною, що має певний характер навантаження, силовою імпульсною системою живлення і пристроєм управління та регулювання [1].

Саме з метою дослідження електромагнітного приводу в пристрої, призначеному для виконання технологічної операції встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості, було розроблено експериментальний стенд. Він дозволяє досліджувати різні характеристики пристрою з лінійним електромагнітним приводом без та при виконанні даної технологічної операції.

Дане питання актуальне при розробці обґрунтованих рекомендацій по вибору оптимальних режимів роботи пристрою та розробки методики його проектування.

*Метою даної статті є розробка експериментального стенду для дослідження пристрою з електромагнітним приводом для виконання операції встановлення металевої фурнітури.*

### **Виклад основного матеріалу досліджень.**

З метою дослідження електромагнітного приводу в пристрої, призначеному для виконання технологічної операції встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості, було розроблено експериментальний стенд. Він включає в себе: пристрій для встановлення металевої фурнітури; пристрій живлення та управління (ПЖУ); блок вимірювальної апаратури; технологічне оснащення для виконання операцій пробивання отворів в матеріалі під металеву фурнітуру та закріплення самої фурнітури в матеріалі.

Розроблений пристрій з електромагнітним приводом дає змогу виконувати наступні операції: вирубування отворів в матеріалі під металеву фурнітуру пробійниками різних

геометричних розмірів; закріплення металевої фурнітури в матеріалі. Тобто пристрій дозволяє переналаштовувати технологічне оснащення в залежності від технологічної операції, що виконується.

Загальний вигляд пристрою з електромагнітним приводом для виконання операції встановлення металевої фурнітури та його конструктивна схема представлені на рис. 1, 2. Пристрій включає в себе: закріплений на станині 1 лінійний електромагнітний двигун 2, технологічне оснащення для виконання технологічної операції встановлення металевої фурнітури 3.

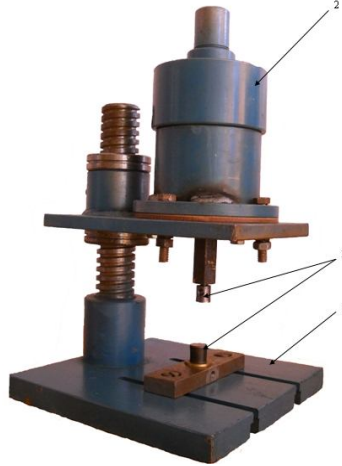


Рис.1. Загальний вигляд пристрою з електромагнітним приводом для виконання операції встановлення металевої фурнітури: 1 – станина; 2 – лінійний електромагнітний двигун; 3 – технологічне оснащення

Основними елементами ЛЕМД являються: циліндричний статор 1, всередині якого закріплена котушка з обмоткою 2; комбінований ярів 3; нижній фланець із стопом 4; кришка 5; виконані із немагнітного матеріалу направляючі стрижні 6 і 7; регулювальна гайка 8; зворотний елемент – пружина 9; стакан 10.

Основними елементами станини є: нижня плита 11; верхня плита 12; циліндрична стійка із різьбою 13; гайки 14.

Для запобігання намагнічуванню всього пристрою між ЛЕМД та станиною розміщено прокладку із немагнітного матеріалу 15. Верхній 6 та нижній 7 стрижні також виготовлені із немагнітного матеріалу.

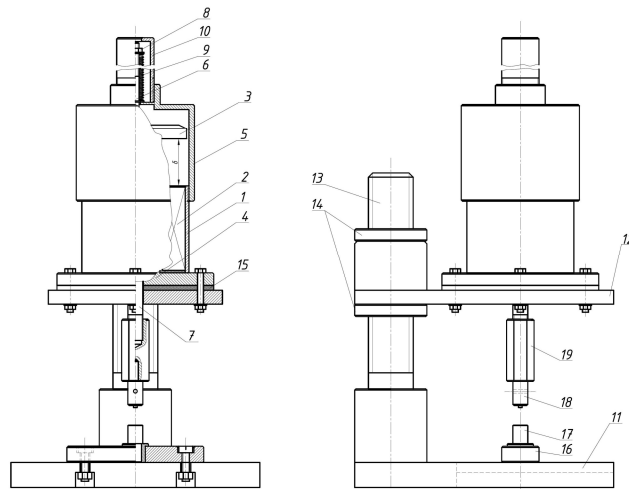


Рис.2. Конструктивна схема пристрою з електромагнітним приводом для виконання операції встановлення металевої фурнітури

В технологічне оснащення для виконання операції закріплення металевої фурнітури входять: матрицетримач 16; матриця 17; пуансон 18; перехідник 19. Для виконання операції вирубання отворів під металеву фурнітуру в перехідник вкручується пробійник різних геометричних розмірів, знімається матрицетримач разом із матрицею і на нижній плиті розміщується вирубна плита.

При дослідженні впливу жорсткості зворотного елемента на енергію удару стрижень 6 дозволяє встановлювати пружини різної жорсткості.

При дослідженні впливу на енергію удару величини робочого зазору  $\delta$  його можна змінювати за рахунок регульовальної гайки 8.

Гайки 14 та циліндрична стійка 13 дають змогу переміщувати верхню плиту 12 із закріпленням на ній ЛЕМД. Таким чином можна змінювати положення пуансона (пробійника) відносно матриці (вирубної плити) при зміні розмірів металевої фурнітури або товщини матеріалу.

Пристрій з електромагнітним приводом для виконання технологічної операції встановлення металевої фурнітури у виробі легкої промисловості працює наступним чином. В початковому стані якір 3 піднятий пружиною 9 в початкове положення. Початкове положення якоря визначається в залежності від умов виконання технологічної операції. При подачі імпульсу напруги з ПЖУ в обмотці 2 ЛЕМД виникає електромагнітна сила  $F_{el}$ . Під дією цієї сили якір 3 з закріпленням технологічним оснащенням втягується в котушку 2. При досягненні пуансоном (пробійником) фурнітури (матеріалу) відбувається виконання технологічної операції. Після припинення подачі імпульсу напруги в обмотку зворотний елемент – пружина 9 за рахунок накопиченої енергії повертає якір 3 в початковий стан, після чого цикл повторюється.

В пристрої використано ЛЕМД  $\delta$ -типу з комбінованим якорем та стопом [3]. Він був розрахований по методиці та виготовлений з матеріалів відповідно до рекомендацій, представлених в роботах [1, 3].

Пристрій з електромагнітним приводом дає змогу:

1. Регулювати робочий зазор  $\delta$ .
2. Використовувати пружини різної жорсткості.
3. Регулювати зазор між пуансоном (пробійником) та металевою фурнітурою (матеріалом).
4. Виконувати технологічну операцію встановлення металевої фурнітури.
5. Використовувати технологічне оснащення, зокрема пуансони, матриці та пробійники різних геометричних розмірів в залежності від розмірів фурнітури.

В роботі [1] було розроблено пристрій живлення електромагнітного пресу, призначеного для виконання операції вирубання деталей взуття, у вигляді ємнісного накопичувача. Процес зарядки та розрядки конденсаторної батареї на обмотку лінійного електромагнітного двигуна відбувається за рахунок механічного перемикача. Одним із недоліків механічних перемикачів є іскріння контактів, що призводить до втрат енергії та зниження ККД пристрою живлення.

Простим схемотехнічним вирішенням даної проблеми є використання в електричній схемі безконтактного перемикача, в якості якого використано тиристор для управління розрядними процесами.

Використання пристроїв живлення з ємнісними накопичувачами енергії, на нашу думку, є досить ефективним. Імпульсні режими енерговіддачі і енергоспоживання між конденсаторами і лінійним електромагнітним двигуном в загальному приводять до підвищення техніко-економічних показників пристрою з даним приводом.

На рис.3 приведено електричну схему пристрою живлення та управління пристроєм з електромагнітним приводом для виконання технологічної операції встановлення фурнітури.

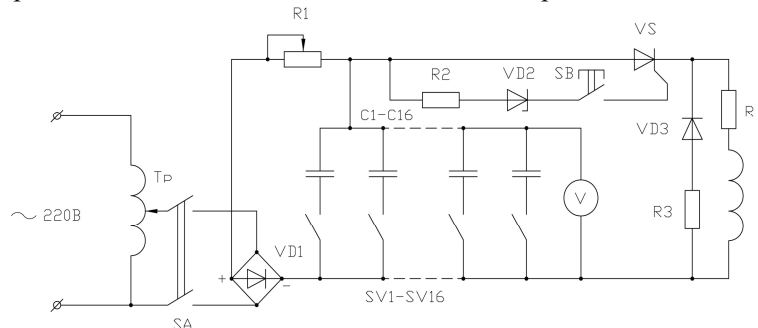


Рис.3. Електрична схема пристрою живлення та управління ЛЕМД пристрою для встановлення фурнітури

ПЖУ виконаний у вигляді окремого блоку. Він дає змогу змінювати:

- амплітуду імпульсу напруги, яка прикладається до котушки індуктивності ЛЕМД, що в свою чергу, дає змогу регулювати величину розрядного струму, який буде протікати через неї;

- тривалість  $t$  імпульсу напруги, що прикладається до обмотки двигуна;
- здійснювати погашення магнітного поля ЛЕМД в кінці циклу енергоперетворення.

Пристрій живлення та управління підключається до мережі змінного струму з напругою 220 В. Трансформатор  $Tp$  дає змогу виставляти необхідну напругу зарядки конденсаторів  $C1 - C16$ . За допомогою перемикачів  $SV1 - SV16$  в електричне коло підключаються конденсатори необхідної ємності. При включенні кнопки  $SA$ , змінна напруга через діодний міст  $VD1$  перетворюється на постійну і проходить зарядка конденсаторів до робочої напруги  $U_c$ . Дійсне значення напруги на конденсаторах вимірює вольтметр  $V$ .

При включенні кнопки  $SB1$ , подається управляючий сигнал на керуючий електрод тиристора  $VS1$ . Тиристор відкривається і відбувається розряд заряджених конденсаторів на котушку індуктивності ЛЕМД (індуктивний  $L$  та резистивний  $R$  елементи є елементами схеми заміщення котушки індуктивності). При цьому енергія електричного поля ємнісного елемента перетворюється в енергію магнітного поля індуктивного елемента і частково розсіюється в резистивному елементі  $R$  котушки індуктивності. Резистор  $R1$  призначений для регулювання часу зарядки конденсаторів.

В експериментальному стенді в пристрої живлення замість трансформатора використано лабораторний автотрансформатор (ЛАТР).

Регулювання тривалості імпульсу напруги, яка прикладається до котушки індуктивності ЛЕМД, можна здійснювати за рахунок зміни ємності конденсатора.

Регулювання амплітуди імпульсу напруги, прикладеної до котушки індуктивності, здійснюється за рахунок зміни амплітуди напруги зарядки конденсатора.

Погашення магнітного поля ЛЕМД в кінці циклу енергоперетворення відбувається за рахунок наявності в схемі контуру, який складається з діода  $VD3$  та опору погашення  $R3$ . Такий контур погашення простий, надійний в роботі, дозволяє забезпечити малий час погашення і потрібну швидкодію пристрою з ЛЕМД [1].

Електрична схема пристрою живлення та управління може бути використана в пристроях з електромагнітним приводом для виконання подібних даній технологічних операцій.

В блок вимірювальної апаратури входять: комп'ютерна вимірювальна система (КВС) для запису осцилограм струму, напруги, переміщення робочого органу (необхідного для визначення передударної швидкості робочого органу та в подальшому енергії удару); штангенциркуль для вимірювання початкового положення якоря.

В технологічне оснащення для виконання даної технологічної операції входять: комплект пробійників з вирубною плитою та комплект пуансонів та матриць різних геометричних розмірів.

Для проведення експериментів було підібрано металеву фурнітуру та відповідні швейні і взуттєві матеріали.

Структурна схема стенду для дослідження пристрою з електромагнітним приводом без та для виконання операції встановлення металеві фурнітури приведена на рис.4.

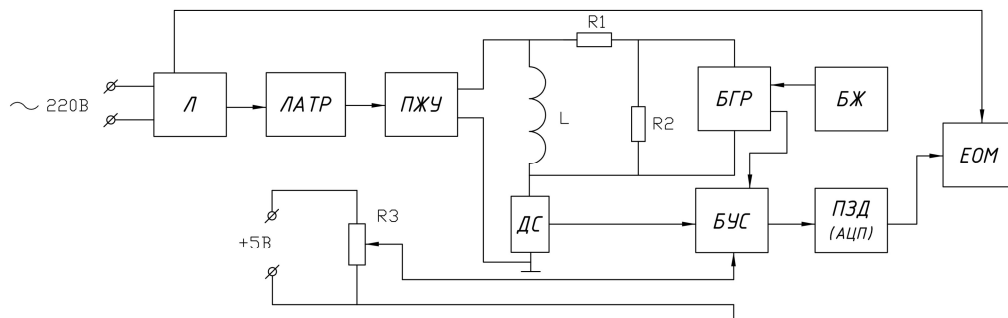


Рис.4. Структурна схема стенду для дослідження пристрою з електромагнітним приводом

В структурну схему входять: лічильник електричної енергії (Л); ЛАТР; ПЖУ; датчик струму (ДС); блок гальванічної розв'язки (БГР); блок живлення (БЖ); блок узгодження сигналів (БУС); пристрій збору даних (ПЗД) (аналогово-цифровий перетворювач (АЦП)); електронно-обчислювальна машина (ЕОМ); блок живлення (БЖ).

На основі розробленої структурної схеми було зібрано експериментальний стенд, загальний вигляд якого приведено на рис.5. До складу експериментального стенду входять: пристрій з ЛЕМД; ПЖУ; комп'ютерна вимірювальна система (КВС).

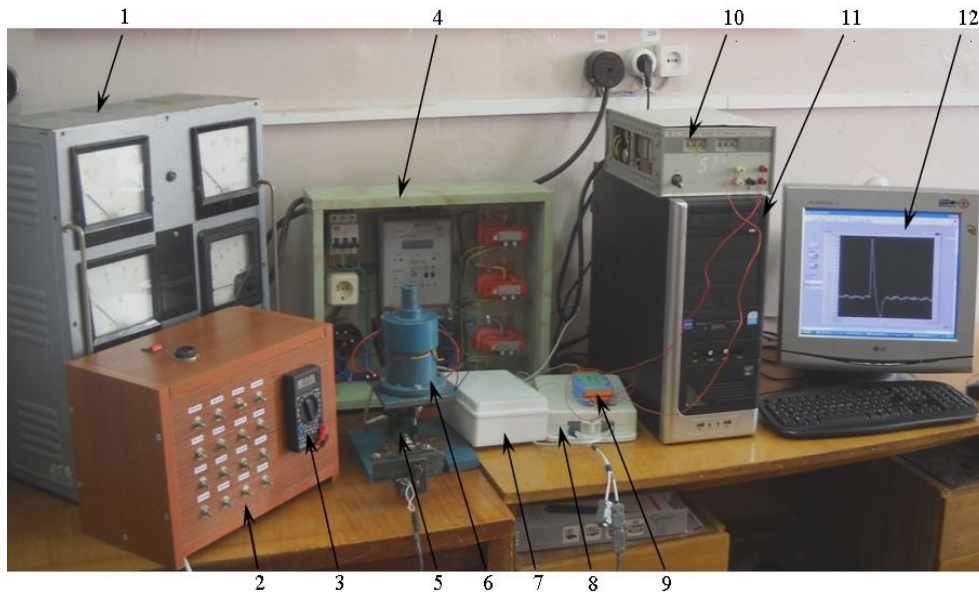


Рис.5. Зовнішній вигляд експериментальної установки: 1 – лабораторний автоматичний автотрансформатор; 2 – пристрій живлення та управління; 3 – електронний мультиметр; 4 – електронний лічильник електричної енергії; 5 – змінний резистор для вимірювання переміщення робочого органу; 6 - пристрій з ЛЕМД; 7 – пристрій з дільником напруги та датчиком струму; 8 – блок узгодження сигналів; 9 – блок гальванічної розв'язки; 10 – джерело живлення; 11 – ЕОМ з вмонтованою платою збору даних; 12 – віртуальний прилад програмного забезпечення LabVIEW

КВС була створена з метою автоматизації вимірювань параметрів пристрою з електромагнітним приводом без та при виконанні даної технологічної операції.

В склад КВС входять: вимірювальний блок; апаратні засоби, а також відповідне програмне забезпечення. Для створення даної системи було використано апаратно-програмні засоби компанії "National Instruments"; "ХОЛИТ Дэйта Системс"; "ЕЛВІН".

В блок вимірювання входять аналогові датчики, зокрема: датчик струму ACS758LCB-100B-PFF-T фірми Allegro (вимірювання струму, що протікає через обмотку ЛЕМД); розроблений дільник напруги (вимірювання напруги на обмотці ЛЕМД); змінний резистор повзункового типу СПЗ-23б (вимірювання переміщення робочого органу).

В якості апаратних засобів використано:

- блок узгодження сигналів SCC-68 фірми "National Instruments";
- багатофункціональний пристрій збору даних PCI-6251 фірми "National Instruments";
- блок гальванічної розв'язки HL-7B30 фірми "ХОЛИТ Дэйта Системс" з джерелом живлення постійного струму Б5-47;
- електронний лічильник електричної енергії ET 2B5E8ULRT фірми "ЕЛВІН".

Блок узгодження сигналів SCC-68 забезпечує зв'язок між сигналами, що поступають із датчиків до АЦП.

Багатофункціональний пристрій збору даних PCI-6251 встановлюється в комп'ютер і використовується для збору і генерації аналогових сигналів, які з'являються в процесі проведення експериментальних досліджень.

Блок гальванічної розв'язки HL-7B30 – багатоканальний перетворювач аналогових сигналів з індивідуальною гальванічною розв'язкою 1500 В, що забезпечує нормування сигналів постійної і змінної напруги і струму, термометрів опору, термопар, потенціометрів.

Електронний лічильник ET 2B5E8ULRT призначений для визначення активної і реактивної енергії, що споживається пристроєм з електромагнітним приводом і пристроєм живлення та управління.

В якості програмного забезпечення даної вимірювальної системи використано середовище графічного програмування LabVIEW 8.5. Це потужне і гнучке середовище, яке використовується для проведення вимірювань і аналізу отриманих даних. Використання даної мови програмування

дозволяє швидко створювати віртуальні прилади з великими можливостями для аналізу і зручним для користувача інтерфейсом [4].

Комп'ютерна вимірювальна система працює наступним чином. Аналогові сигнали з первинних вимірювальних перетворювачів, у якості яких використовуються три аналогових датчики: для вимірювання струму, напруги та переміщення, у вигляді електричних сигналів зміни напруги надходять на блок узгодження SCC-68. Після чого поступають на аналого-цифровий перетворювач. Результати експерименту записуються у файл та зберігаються у пам'яті ЕОМ.

Експериментальний стенд дає змогу:

1. Вимірювати механічні, електричні та енергетичні параметри пристрою з електромагнітним приводом, призначеного для виконання операції встановлення металеві фурнітури.

2. Досліджувати процес встановлення металеві фурнітури у виробі легкої промисловості за допомогою пристрою з ЛЕМД.

#### **Висновок.**

На основі вище викладеного матеріалу можна зробити висновок, що розроблений експериментальний стенд дозволяє досліджувати різні характеристики пристрою з електромагнітним приводом без і при виконанні технологічної операції встановлення металеві фурнітури з метою розробки обґрунтованих рекомендацій по вибору раціональних режимів його роботи.

1 Поліщук О.С. Підвищення ефективності застосування пресового обладнання в легкій промисловості: дис. кандидата технічних наук: 05.05.10/ Поліщук Олег Степанович. – Київ, 2001. – 145 с.

2 Поліщук О.С. Перспективи застосування імпульсного лінійного електромагнітного приводу в пресовому обладнанні для вставки металеві фурнітури при виготовленні виробів легкої промисловості / О.С. Поліщук, Д.В. Прибега, С.В. Чумакова // Вісник ХНУ. – 2009. – №5(139). – С.11-14;

3 Ряшенцев Н.П. Электромагнитный привод линейных машин / Н.П. Ряшенцев, В.Н. Ряшенцев. – Новосибирск: Наука, 1985. – 152с;

4 Поліщук О.С. Використання інформаційних технологій "National Instruments" для лабораторних і наукових досліджень машин легкої промисловості та електропобутової техніки / О.С. Поліщук, С.Л. Горященко, Д.В. Прибега // Вісник ХНУ. – 2008. – №2. – С. 175-180.