

УДК 621.3
DOI [https://doi.org/10.15589/znp2024.4\(497\).11](https://doi.org/10.15589/znp2024.4(497).11)

DEVELOPMENT OF AN ELECTRIC DRIVE FOR A TRANSPORTATION PLATFORM

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТРАНСПОРТУВАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ

Andrii M. Voityasyk
andrii.voityasyk@nuos.edu.ua
ORCID: 0000-0002-9409-6108

А. М. Войтасик,
канд. техн. наук, доцент

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв

Abstract. *Purpose.* Development and design of an electric drive for a transportation platform, which ensures the movement of goods weighing up to 1,5 tons along the production line. *Method.* As part of the research, the complex modeling method was used to build 3D models of the construction of the electric transportation platform and all executive equipment proposed to be used in its composition; the method of empirical description of technological processes for the justification and explanation of the peculiarities of the organization of the transmission of torques during the operation of the drive; the method of conducting an experiment to certify the functional capabilities of the product. *Results.* Based on the use of a motor-reducer, brakes, frequency converter, control panel, current collector and the proposed 3D model of the product structure, an electric drive of the transportation platform was developed for the purpose of further operation of the product to move goods along the production line entering the robotic welding shop. The functioning of the product is ensured by the use of a closed system of frequency-current control of an executive asynchronous motor with a short-circuited rotor. *Scientific novelty.* The principle of automated control has received further development associated with the use of a frequency converter to control the executive motor-reducer of the transport platform with a carrying capacity of 1,5 tons, which allows to achieve improvements in the stability and efficiency of the transportation of car bodies for the implementation of automated welding and optimization of the production process. The 380 V alternating current electric drive with a network frequency of 50 Hz uses chain transmission of the torque from the motor-reducer to the driving axis of the wheeled platform and is able to ensure its movement speed of 0,5 m/s. *Practical importance.* The developed transportation platform is designed on a wheel base and contains: motor-reducer; brakes; frequency converter; control panel and current collector. The use of a frequency converter and a frequency-current control system provides flexibility in setting the speed and direction of movement of the platform, which allows you to adjust its operation to the needs of the production process. The use of an electric transport platform allows smooth and accurate control of the movement of goods weighing up to 1,5 tons along the production line, which is necessary to achieve high quality automated welding processes, reduce production failures and increase overall productivity.

Key words: a production line; a platform; an electric drive.

Анотація. *Мета.* Розробка та проектування електропривода транспортувальної платформи, яка забезпечує переміщення вантажів масою до 1,5 т вздовж виробничої лінії. *Методика.* В рамках дослідження використано метод комплексного моделювання для побудови 3D моделей конструкції електроприводної транспортувальної платформи та всього виконавчого обладнання, яке запропоновано застосувати у його складі; метод емпіричного опису технологічних процесів для обґрунтування та пояснення особливостей організації передачі обертових моментів при роботі привода; метод проведення експерименту для засвідчення функціональних можливостей виробу. *Результати.* На базі використання мотор-редуктора, гальм, перетворювача частоти, шафи поста керування, струмознімача та запропонованої 3D моделі конструкції виробу, розроблено електропривод транспортувальної платформи з метою подальшої експлуатації виробу для переміщення вантажів по виробничій лінії, що надходять в роботизований зварювальний цех. Функціонування виробу забезпечується застосуванням замкненої системи частотно-струмового керування виконавчим асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором. *Наукова новизна.* Отримав подальший розвиток принцип автоматизованого керування пов'язаний з використанням перетворювача частоти для керування виконавчим мотор-редуктором транспортувальної платформи вантажопідйомністю 1,5 т, що дозволяє досягти покращень у стабільності та ефективності транспортування

корпусів автомобілів для реалізації автоматизованого зварювання та оптимізації виробничого процесу. Електропривод змінного струму напругою 380 В з частотою мережі 50 Гц використовує ланцюгову передачу обертового моменту від мотор-редуктора до ведучої осі колісної платформи і здатен забезпечити її швидкість руху у 0,5 м/с. *Практична значимість.* Розроблена транспортувальна платформа спроектована на колісній базі і містить: мотор-редуктор; гальма; перетворювач частоти; шафу поста керування та струмознімач. Використання перетворювача частоти та частотно-струмової системи керування забезпечує гнучкість в налаштуванні швидкості і напрямку руху платформи, що дозволяє налаштовувати її роботу під потреби виробничого процесу. Застосування електроприводної транспортувальної платформи дозволяє здійснювати плавне і точне керування переміщенням вантажів масою до 1,5 т виробничою лінією, що необхідно для досягнення високої якості автоматизованих зварювальних процесів, зменшення збоїв у виробництві і підвищення загальної продуктивності.

Ключові слова: виробнича лінія; платформа; електропривод.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Сучасна автомобільна промисловість стрімко розвивається, ставлячи нові вимоги до технологічних процесів і обладнання. Одним із етапів виробництва є зварювальна лінія, де здійснюється зварювання кузовних деталей автомобілів. Для забезпечення ефективності і точності цього процесу важливою є роль транспортувальних платформ, які відповідають за переміщення автомобільних частин між різними стадіями зварювання.

З метою підвищення продуктивності, точності і безпеки виробничих процесів, необхідно вдосконалювати технології транспортування. Основною складовою цього процесу є електропривод транспортувальної платформи, який визначає якість і ефективність переміщення автомобілів. Традиційні системи приводу часто стикаються з обмеженнями щодо надійності і енергетичної ефективності, що впливає на загальну продуктивність зварювальної лінії.

Технічний прогрес в області електротехніки та електроніки призвів до суттєвих змін в теорії і практиці автоматизованого електричного приводу. Такі зміни насамперед стосуються створення нової електронної бази і технічних засобів автоматизації, швидкого розширення областей і об'ємів застосування регульованого електропривода. Розробка електропривода з використанням останніх досягнень науки і техніки є однією з обов'язкових умов при розв'язку задач підвищення ефективності виробництва продукції. Тому, набуває актуальності задача розробки та проектування електропривода транспортувальної платформи, яка забезпечує переміщення вантажів масою до 1,5 т вздовж виробничої лінії.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Транспортування автомобілів, які знаходяться на потокових лініях у збиральних процесах, мають кілька способів переміщення в межах виробничої лінії [1, 2]. Основні методи переміщення включають: власний хід; перекочування; застосування спеціального конвеєра [3, 4].

Власний хід, при якому автомобілі переміщуються по збиральній лінії завдяки власному двигуну [5]. В такому випадку, водій запускає двигун автомобіля і,

використовуючи його потужність, своїм ходом рухається далі по транспортній системі.

Метод перекочування передбачає переміщення автомобілів шляхом використання спеціальних механічних або ручних пристроїв, які дозволяють безперешкодно переміщати автомобілі по лінії без потреби в додатковій енергії з боку двигуна [6, 7].

Залучення системи транспортування, яка автоматично переміщує автомобілі по виробничій лінії за допомогою різних механізмів, таких як стрічки, ролики або ланцюги має відношення до методу з застосуванням спеціального конвеєра [8, 9, 10]. Вони забезпечують стабільний і безперервний рух автомобілів, що особливо важливо для ефективності та швидкості виробничого процесу.

Переміщення автомобілів власним ходом можливе тільки після збирання основного двигуна, але має кілька недоліків: інтенсивне забруднення повітря відпрацьованими газами через часті пуски двигуна; потреба у працівниках для перегону автомобілів; збільшення часу на переміщення через необхідність пуску двигуна; втрата часу працівників, які повинні вручну перекочувати автомобілі. Такі проблеми частково вирішуються за допомогою залізничних рейкових шляхів і спеціальних візків під передніми і задніми осями [11, 12, 13]. Проте виникає складність повернення візків у вихідне положення після проходження автомобілів. Для цього використовують монорейку з тельфером або рейковий шлях у тунелі чи паралельно лінії.

Найефективнішим методом переміщення автомобілів на виробничих лініях є використання конвеєрів [14–17]. Конвеєри поділяються на кілька основних типів: тягові (ланцюгові або тросові); транспортувальні (несучі) ланцюгові; пластинчасті. Подібні конвеєри можуть бути як перервної, так і безперервної дії [18, 19]. У системах перервної дії автомобілі переміщуються з перервами на невеликій швидкості, а працівники виконують свої завдання під час руху [20]. У системах безперервної дії автомобілі та працівники рухаються без зупинок, що забезпечує більш ефективний процес виробництва [21].

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

Для ефективної організації виробничих процесів на сучасних лініях транспортування особливо зручним є транспортувальний ланцюговий конвеєр. Такий тип конвеєра дозволяє переміщати автомобілі, у яких колеса підвішені, уздовж виробничої лінії, що значно спрощує процес обслуговування і монтажу автомобілів. Конструкція конвеєра передбачає використання транспортувальних ланцюгів з певним кроком, які складаються з окремих ланок, зв'язаних між собою шарнірами. Пальці ланок оснащені роликами, які розташовані нижче осі симетрії ланки, служачи опорою для кочення, що значно знижує тертя і підвищує ефективність транспортування.

Перед тим як автомобіль заїде на конвеєр, до заднього моста автомобіля прикріплюють дві дерев'яні подушки, що дозволяє автомобілю рівномірно розподілити масу на транспортуючі ланцюги, забезпечуючи таким чином рівномірне навантаження на обидві частини конвеєра.

Альтернативно, автомобіль може бути розміщений на транспортувальному пластинчастому конвеєрі, який встановлюється на дві несучі конструкції, що рухаються паралельно до оглядової канами. Однак, цей тип конвеєра має свої недоліки, зокрема зберігає всі проблеми, характерні для тягових конвеєрів (ланцюгових або тросових). Додатково, він є дуже енергоємним, що обмежує його використання в деяких виробничих процесах. Внаслідок цього, хоча пластинчастий конвеєр ефективний у певних ситуаціях, його застосування є обмеженим через високі витрати енергії та експлуатаційні витрати.

В роботі запропоновано для автоматизації виробничої лінії автомобільного заводу застосувати транспортувальну платформу (ТП), основне призначення якої це переміщення вантажів по виробничій лінії, що надходять в роботизований зварювальний цех з метою подальшого виготовлення готової продукції. Прийняті технічні рішення надають можливість забезпечити переміщення вантажів вздовж виробничої лінії з застосування електропривода змінного струму, який містить в своєму складі: мотор-редуктор; гальма; перетворювач частоти; шафу поста керування та струмознімач.

Метою дослідження є розробка та проектування електропривода транспортувальної платформи, яка забезпечує переміщення вантажів масою до 1,5 т вздовж виробничої лінії.

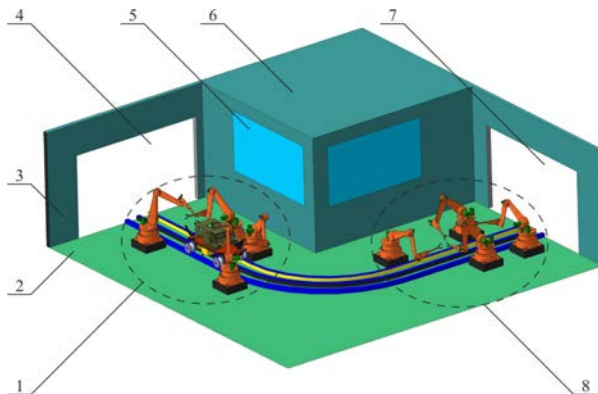
ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

В якості *об'єкта дослідження* обрано технологічні процеси, які здатна реалізовувати електроприводна транспортувальна платформа до складу якої входять: мотор-редуктор; гальма; перетворювач частоти; шафа поста керування та струмознімач.

Предметом дослідження є моделі та методи аналізу для запровадження необхідної точності та надійності роботи електроприводного механізму руху транспортувальної платформи, розробка та реалізація алгоритмічного забезпечення для безпечної експлуатації виробу, забезпечення комунікації та сумісності застосованого обладнання, створення 3D-моделей складових елементів обладнання та загальної конструкції електропривода транспортувальної платформи.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Для автоматизації виробничої лінії пов'язаної з виготовленням та збиранням автомобільних транспортних засобів запропоновано використовувати ТП, яка представлена на рис. 1. ТП стане важливим елементом виробничого процесу, оскільки вона виконуватиме ряд основних функцій, які забезпечать ефективність та безперервність виробництва.



- 1) – виробничий сектор № 1; 2) – підлога; 3) – стіна;
4) – в'їзд до цеху;
5) – вікна спостереження; 6) – пост керування виробничої лінією;
7) – вийзд з цеху; 8) – виробничий сектор № 2

Рис. 1. 3D модель внутрішнього вигляду роботизованого зварювального цеху автомобільного заводу

Основні функції, які має виконувати ТП (1, рис. 2) це переміщення вантажів по виробничій лінії, що надходять в роботизований зварювальний цех (4, рис. 1) з метою подальшого виготовлення готової продукції (7, рис. 1). Рух ТП реалізований шляхом застосування електропривода змінного струму. Використання електричного приводу дозволяє зменшити витрати на енергію та підвищити ефективність роботи в цілому. Таким чином, впровадження ТП дозволить спростити логістику та підвищити продуктивність і якість кінцевих виробів.

Живлення електричним струмом виконавчих механізмів ТП здійснюється через внутрішні частини залізничних рейок, по яких ця платформа переміщується. Такий підхід забезпечує надійне та безперебійне електропостачання, необхідне для ефективної роботи всіх механізмів платформи. Рейки виконують подвійну функцію як транспортного шляху так

і електричної магістралі, що зменшує потребу в додаткових кабелях та знижує ризик їх пошкодження.

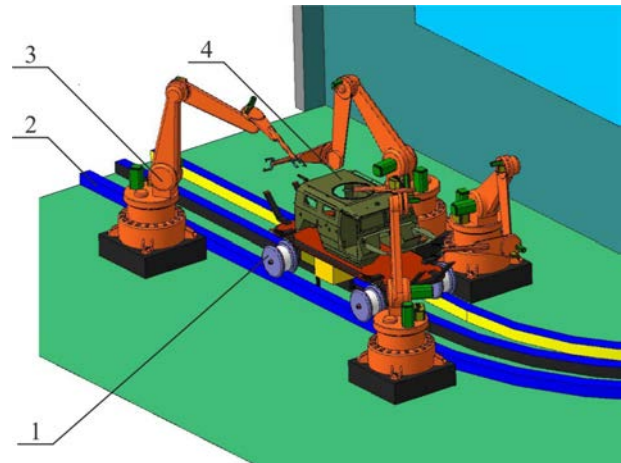
Крім того, контроль за процесом руху ТП, а також за роботою роботизованого зварювального цеху в цілому, здійснюється з поста керування виробничою лінією, розташованого у спеціально відведеному місці (6, рис. 1). Оператори виробничої лінії мають безпосередній доступ до моніторингу всіх технологічних процесів, що відбуваються на лінії. Завдяки великим скляним вікнам (5, рис. 1) персонал має можливість спостерігати за ходом роботи в реальному часі, що сприяє швидкому реагуванню на можливі неполадки чи відхилення від встановлених норм. Таке поєднання технологій не тільки підвищує ефективність виробництва, але й забезпечує безпеку працівників, дозволяючи їм залишатися надійно захищеними під час виконання своїх обов'язків.

Функціонування ТП передбачає можливість перевезення різноманітних автомобільних компонентів, які виготовляються в межах стандартного серійного виробництва заводу. Це можуть бути кузови, шасі та інші елементи, що мають однакові типорозміри (4, рис. 2). Такий підхід до вибору вантажів дозволяє оптимізувати процеси перевезення та забезпечити безперервність виробництва.

Перед початком виконання зварювальних операцій ТП зупиняється в заздалегідь визначеній зоні, що є важливим етапом у виробничому процесі. Для цього активується кінцевий вимикач, який сигналізує про завершення руху платформи. Після цього електричне живлення, що подається через залізничну рейку, автоматично відключається і дозволяє забезпечити безпечну та надійну роботу у подальшій фазі зварювання.

Процес зварювання деталей відбувається в автономному режимі за допомогою індустриальних роботів (3, рис. 2). Індустриальні роботи виконують зварювання без необхідності втручання працівників заводу, що суттєво підвищує ефективність виробництва та знижує ризик людської помилки. Індустриальні роботи, які здійснюють ці маніпуляції, встановлені безпосередньо на підлозі цеху (2, рис. 1). Завдяки такій автоматизації виробничого процесу досягається висока точність та якість зварювання.

В процесі роботи ТП важливо, щоб вантаж, який розташований на ній, був надійно зафіксований у напрямних елементах конструкції. Це дозволяє уникнути переміщення або падіння вантажу під час транспортування, забезпечуючи безпеку та цілісність усіх компонентів. Після завершення всіх необхідних операцій у виробничому секторі № 1 (1, рис. 1), ТП знову активується, отримуючи електричне живлення, і продовжує свій шлях до сектору № 2 (8, рис. 1).

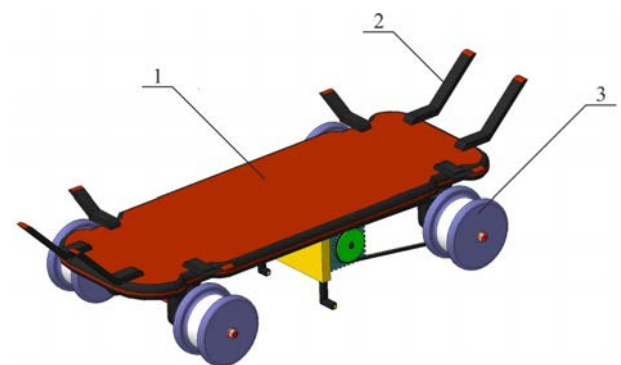


- 1) – ТП; 2) – залізнична рейка;
3) – індустриальний зварювальний робот;
4) – частина кузова автомобіля

Рис. 2. 3D модель зовнішнього вигляду виробничого сектору № 1

Важливо відзначити, що для оптимізації виробничого процесу допускається використання кількох ТП одночасно, якщо це обумовлено технологічними вимогами. У такому випадку платформи можуть працювати синхронно, підміняючи одна одну на кожному етапі виробничого процесу. Таке технічне рішення не лише підвищує продуктивність, але й забезпечує безперервність роботи, що є важливим для досягнення високих обсягів виробництва.

Запропонована конструкція ТП виготовляється у формі металевого каркасу, яка базується на колісній системі (рис. 3, рис. 4). Така конструкція забезпечує необхідну міцність і стабільність платформи, дозволяючи їй ефективно транспортувати вантажі між різними секторами виробничої лінії. Завдяки металевому каркасу, платформа може витримувати значні навантаження та тривалу експлуатацію в умовах інтенсивного виробництва, що робить її правильним рішенням для автоматизації автомобільного заводу.



1) – поверхня каркаса; 2) – обмежувач; 3) – колесо
Рис. 3. 3D модель конструкції ТП (вид спереду праворуч)

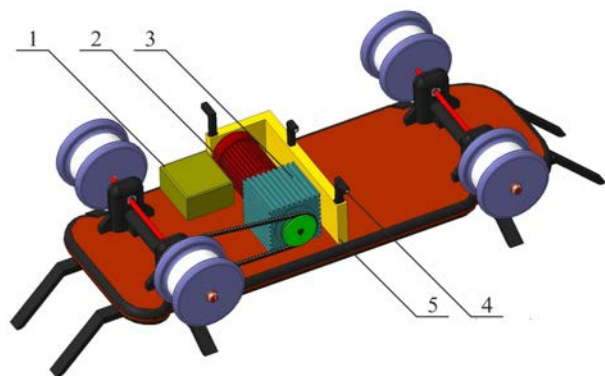
Конструкція ТП містить спеціально відведене місце (1, рис. 3), призначене для розміщення різноманітних вантажів, які використовуються в рамках виробничої діяльності автомобільного заводу. Місце організовано таким чином, щоб забезпечити максимальну універсальність та ефективність при транспортуванні різних компонентів.

Для надійної фіксації вантажів на ТП впроваджено обмежувачі (2, рис. 3). Дані елементи конструкції запобігають можливим зрушенням або перекиданню вантажу під час його переміщення, що, в свою чергу, підвищує безпеку операцій і зменшує ризики пошкодження як самого вантажу, так і платформи.

Переміщення ТП здійснюється за допомогою колісної бази, яка складається з чотирьох металевих коліс. Задня пара коліс виконує функцію ведучих, забезпечуючи рух, тоді як передня пара є веденою. Така конструкція забезпечує стабільність та контрольованість при транспортуванні вантажів.

Всі нерухомі металеві елементи каркасу ТП з'єднуються між собою за допомогою зварювання, що гарантує високу міцність і надійність конструкції. Завдяки цим технічним характеристикам, ТП може ефективно працювати в умовах інтенсивного виробництва, виконуючи всі необхідні завдання з перевезення вантажів.

Виконавче обладнання електропривода ТП розташоване під поверхнею каркаса. Електродвигун (2, рис. 4) закріплений відносно платформи за допомогою двох болтових з'єднань номіналом М8х20. До валу електродвигуна співвісно під'єднаний двоступеневий циліндричний редуктор (3, рис. 4). Для керування пуском та реверсом електродвигуна використовується ПЧ розташований в окремому блоці (1, рис. 4).



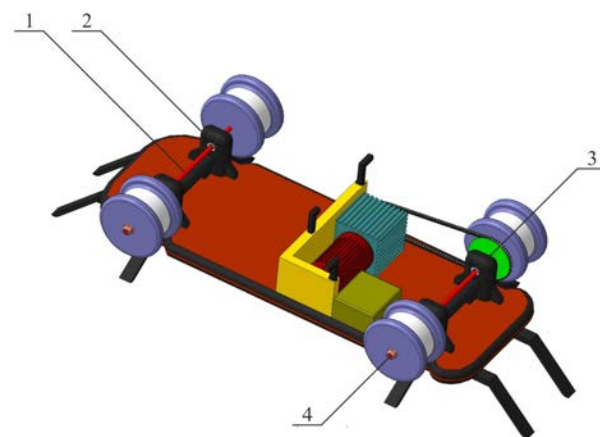
1) – блок ПЧ; 2) – електродвигун; 3) – редуктор;
4) – струмознімач; 5) – ложемент

Рис. 4. 3D модель конструкції ТП (вид знизу праворуч)

Живлення до споживачів електричної енергії надходить по трьом залізничним рейкам, якими рухається ТП. Для цього в конструкції ТП передбачені три

окремі струмоприймачі (4, рис. 4), які при контакті з рейками передають трифазну напругу 380 В з частотою мережі 50 Гц до ПЧ. Електричні кабельні лінії струмоприймачів сховані в ложемент (5, рис. 4), який одночасно виконує також і функцію захисту виконавчого електрообладнання від можливих ушкоджень під час руху ТП.

Так як ТП має переміщувати вантажі масою до 1,5 т, її каркас повинен бути посилений додатковими упорами міцності. Чотири вертикальні опори (2, рис. 5) з чотирьох сторін своїх основ підтримуються привареними кутниками (4, рис. 6), які унеможливають деформацію вертикальних опор під час завантаження вантажів на ТП.



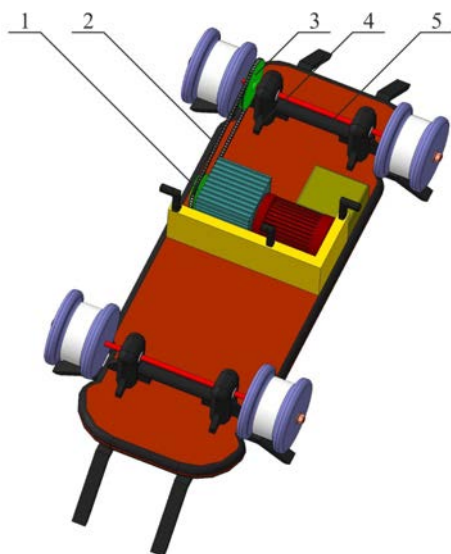
1) – вал обертання; 2) – опора; 3) – підшипник кочення;
4) – кріплення колеса

Рис. 5. 3D модель конструкції ТП (вид знизу ліворуч)

В горизонтальній площині ці опори сполучені між собою попарно (передні, задні) двома балками (5, рис. 6). Колеса закріплені на осях обертових валів (1, рис. 5). По два колеса на кожен вал. Для обох валів обертання задіяно по чотири підшипники кочення (3, рис. 5) типу 15х32х9 на кожен вал.

По всіх кінцях валів обертання застосовуються по одній контргайці номіналом М16 (4, рис. 5). Їх застосування дозволяє обмежити рух коліс вздовж валів та унеможливує саморозгвинчування коліс в процесі експлуатації ТП.

Рух ТП вздовж виробничої лінії вперед та назад реалізований через передачу обертового моменту від електродвигуна з редуктором на задню вісь обертання коліс. Для цього побудований ланцюговий механізм передачі (2, рис. 6), який сполучає собою зубчасті зірочки № 1 (1, рис. 6) та № 2 (3, рис. 6). Зірочка № 1 зафіксована на тихохідному валу редуктора через ключовий паз, а зірочка № 2 з обох боків зафіксована відносно заднього валу ТП двома гвинтами номіналом М6х35.



- 1) – зірочка № 1; 2) – ланцюг; 3) – зірочка № 2;
4) – посилюючий кутник;
5) – посилююча балка

Рис. 6. 3D модель конструкції ТП (вид знизу попереду)

Основні технічні характеристики розробки представлені у табл. 1.

Таблиця 1. Основні технічні характеристики розробки

№ з/п	Найменування параметра	Значення
1	Напруга змінного живлення, В	3х380
2	Частота мережі, Гц	50
3	Вантажопідйомність, т	1,5
4	Швидкість переміщення вантажу, м/с	0,5
5	Коефіцієнт корисної дії (ККД), %	90
6	Електродвигун	DT71D2/BM – 1 шт.
7	Редуктор	R27 – 1 шт.
8	Перетворювач частоти	FR-D740-022SC-EC – 1 шт.
9	Шафа поста керування	K60 – 1 шт.
10	Тип механічної передачі	ланцюгова
11	Сила натягу ланцюга, Н·м	3530
12	Тривалість включення, %	40
13	Габаритні розміри платформи, мм	1800x760x952
14	Загальна маса спорядженої платформи, кг	1500

Під час руху ТП виключено вірогідність її сходження в лівий, або правий бік відносно залізничних рейок. Так як застосування коліс з подвійними цапфами обмежує цю можливість.

Для гальмування електропривода ТП задіяно одні дводискові пружинні гальма. Вони входять до стандартної комплектації вибраного виконавчого електродвигуна та розміщуються на його валу перед редуктором.

Шафа поста керування необхідна для: організації дистанційного керування рухом ТП по виробничій лінії; плавного руху ТП; індикації подачі живлення на пост керування; індикації режиму руху ТП та її справності; індикації ввімкненого стану електродвигуна при ручному режимі роботи. З цією метою вибрано шафу типу K60 виробництва компанії «Радіо автоматика». Конструкція шафи для поста керування дозволяє реалізувати два режими роботи електропривода ТП – ручний та автоматичний.

Робота поста керування в ручному режимі здійснюється при переведенні перемикача режимів у положення «Ручний». При цьому включення і відключення виконавчого електродвигуна ТП проводиться натисненням відповідних кнопок «Пуск» і «Стоп» через ПЧ. Цей режим роботи є допоміжним і необхідний лише на етапі налагодження системи керування, або при виході з ладу ПЧ.

Робота поста керування в автоматичному режимі призначена для дистанційного керування рухом ТП по виробничій лінії. Цей режим є основним. При переведенні перемикача режимів у положення «Авто» замикається коло дистанційного керування ПЧ до проходження сигналу запуску.

ОБГОВОРЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Система керування електроприводом транспортувальної платформи передбачатиме частотно-струмове керування електродвигуном змінного струму від перетворювача частоти працюючого в режимі джерела струму (ПЧТ). Подібний перетворювач може бути реалізований на основі автономного інвертора струму, до складу якого входять керований випрямляч, що забезпечує за рахунок від'ємного зворотного зв'язку за струмом навантаження (датчик струму і регулятор струму) спільно з фільтруючим дроселем режиму керованого джерела постійного струму та інвертор струму, що виконує функцію формування необхідної частоти вихідного струму. Реалізація ПЧТ можлива і на основі безпосереднього зв'язку з перетворювачем частоти (БПЧ), в яких для кожної з вентильних груп є внутрішній контур керування струму, а частота вихідного струму БПЧ задається генератором частоти. Контур регулювання струму ПЧТ, як правило, астатичний, і параметри його ПІ-регулятора визначають так само, як і для ПІ-регулятора струму в електроприводах постійного струму.

Відмінною особливістю ПЧТ є можливість двостороннього обміну енергією між мережею живлення і двигуном з нереверсивним керуючим випрямлячем за рахунок зміни напрямку оберненої електрорушійної сили інвертора і збереження напрямку в ньому випрямленого струму. Керування двигуном здійснюється за допомогою сигналів завдання вихідного струму і частоти перетворювача ПЧТ. Обидва сигнали, в свою чергу, залежать від загального сигналу керування.

На базі використання мотор-редуктора, гальм, перетворювача частоти, шафи поста керування, струмознімача та запропонованої 3D моделі конструкції виробу, розроблено електропривод транспортувальної платформи з метою подальшої експлуатації виробу для переміщення вантажів по виробничій лінії, що надходять в роботизований зварювальний цех. Функціонування виробу забезпечується застосуванням замкненої системи частотно-струмового керування

виконавчим асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором.

ВИСНОВКИ

1. Розроблена транспортувальна платформа спроектована на колісній базі і містить: мотор-редуктор; гальма; перетворювач частоти; шафу поста керування та струмознімач. Використання перетворювача частоти та частотно-струмової системи керування забезпечує гнучкість в налаштуванні швидкості і напрямку руху платформи, що дозволяє налаштовувати її роботу під потреби виробничого процесу.

2. Застосування електроприводної транспортувальної платформи дозволяє здійснювати плавне і точне керування переміщенням вантажів масою до 1,5 т виробничою лінією, що необхідно для досягнення високої якості автоматизованих зварювальних процесів, зменшення збоїв у виробництві і підвищення загальної продуктивності.

REFERENCES

- [1] Cubero A.F., Artés M. (2013) Vibration model of a POM chain conveyor for the automobile industry. *New advances in mechanisms, transmissions and applications*. DOI: 10.1007/978-94-007-7485-8_6
- [2] Suhua Y., Guoqin G., Zhiming F. (2017) Optimal design of parallel mechanism for automobile electro-coating conveyor. *Mechanism and machine science*. DOI: 10.1007/978-981-10-2875-5_110
- [3] Pedersen S.L. (2005) Model of contact between rollers and sprockets in chain-drive systems. *Archive of applied mechanics*, 74(7), 489-508.
- [4] Pedersen S.L., Hansen J.M., Ambrósio J.A.C. (2004) A roller chain drive model including contact with guide-bars. *Multibody system dynamics*, 12(3), 285-301.
- [5] Koram S.S., Lu F.J. (2019) How to manufacture an automatic car. *International journal of robotics and automation*, 4(3), 1-3. DOI: 10.19080/RAEJ.2019.04.555639
- [6] Jia T., Cai C., Hu Y. (2023) Forecasting citywide short-term turning traffic flow at intersections using an attention-based spatiotemporal deep learning model. *Transportation business: transport dynamics*, 1-23.
- [7] Zhang J., Wang F.Y., Wang K., Lin W.H., Xu X., Chen C. (2011) Data-driven intelligent transportation systems: a survey. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, 12(4), 1624-1639.
- [8] Witthaut M., Deeken H., Sprenger P. (2017) Smart objects and smart finance for supply chain management. *Logistics journal: referierte veröffentlichungen*, 10. DOI: 10.2195/lj_NotRev_witthaut_en_201710_01
- [9] Sheren I., Herwanto D., Akbar A. (2024) Conveyor roll manufacturing conveyor roll manufacturing. *Procedia of engineering and life science*, 7, 352-354. DOI: 10.21070/pels.v7i0.1483
- [10] Sheren I., Herwanto D., Akbar A. (2024) Manufacturing of roll conveyors. *Procedia of engineering and life science*, 7, 300-302. DOI: 10.21070/pels.v7i0.1470
- [11] Gujar N.R., Fulmali Sh.M., Sheikh M.J. (2023) Review on design fixtures for wheel house of car. DOI: 10.22214/ijraset.2023.51325
- [12] Apparao D. (2024) Fabrication and development of solar powered cart. *Interantional journal of scientific research in engineering and management*, 08(04), 1-5. *Telecommunication computing electronics and control*, 18(3), 1546. DOI: 10.55041/IJSREM30459
- [13] Mantić M., Kul'ka J., Grega R., Virostko M., Kopas M. (2023) Application of sensors for incorrect behavior identification in a transport system. *Sensors*, 23(3), 1635. DOI: 10.3390/s23031635
- [14] Chandra Sh., Hebbale A.M., Hemanth T.S., Naveen J., Niranjana S.J. Dynamic job sequencing of converging-diverging conveyor system for manufacturing optimization. *Materials today proceedings*, 52(6). DOI: 10.1016/j.matpr.2021.11.523
- [15] Waghmare S.N., Shelare S., Mungle N.P., Mudafale K.P. (2022) Automated belt conveyor system for bolt and washer assembly. *Optimization of industrial systems*. DOI: 10.1002/9781119755074.ch23
- [16] Babu C.D., Khan A., Marimuthu U. (2021) CED productivity improvement through conveyor jig density optimization. *Materials today proceedings*, 52. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.06.156
- [17] Hildreth W.O. (2023) Selective package conveyors. *Journal of fluids engineering*, 51(7), 65-69. DOI: 10.1115/1.4059211
- [18] Song D., Donglin J., Hongyan Zh. (2022) Fault diagnosis of double pitch time-sharing meshing toothed conveyor chain transmission system based on neural network. *Mathematical problems in engineering*, 10, 1-8. DOI: 10.1155/2022/8159609

- [19] Xiaoxu Q., Kai L., Yi L., Xiaodong W. (2024) Machine vision-based automatic focusing method for robot laser welding system. *Cobot*, 3, 1. DOI: 10.12688/cobot.17682.1
- [20] Yin Z., Bin Sh., Rui Zh., Chengjing F., Wencheng H. (2024) Modeling and simulation of driving risk pulse field and its application in car following model. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 99, 1-17. DOI: 10.1109/TITS.2024.3404933
- [21] Pinyi Y. (2024) Self-driving car implementation guided by computer vision for detection. *Applied and computational engineering*, 74(1), 1-6. DOI: 10.54254/2755-2721/74/20240420

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Cubero A.F., Artés M. (2013) Vibration model of a POM chain conveyor for the automobile industry. *New advances in mechanisms, transmissions and applications*. DOI: 10.1007/978-94-007-7485-8_6
- [2] Suhua Y., Guoqin G., Zhiming F. (2017) Optimal design of parallel mechanism for automobile electro-coating conveyor. *Mechanism and machine science*. DOI: 10.1007/978-981-10-2875-5_110
- [3] Pedersen S.L. (2005) Model of contact between rollers and sprockets in chain-drive systems. *Archive of applied mechanics*, 74(7), 489-508.
- [4] Pedersen S.L., Hansen J.M., Ambrósio J.A.C. (2004) A rollerchain drive model including contact with guide-bars. *Multibody system dynamics*, 12(3), 285-301.
- [5] Koram S.S., Lu F.J. (2019) How to manufacture an automatic car. *International journal of robotics and automation*, 4(3), 1-3. DOI: 10.19080/RAEJ.2019.04.555639
- [6] Jia T., Cai C., Hu Y. (2023) Forecasting citywide short-term turning traffic flow at intersections using an attention-based spatiotemporal deep learning model. *Transportation business: transport dynamics*, 1-23.
- [7] Zhang J., Wang F.Y., Wang K., Lin W.H., Xu X., Chen C. (2011) Data-driven intelligent transportation systems: a survey. *IEEE Transactions on intelligent transportation systems*, 12(4), 1624-1639.
- [8] Witthaut M., Deeken H., Sprenger P. (2017) Smart objects and smart finance for supply chain management. *Logistics journal: referierte veröffentlichungen*, 10. DOI: 10.2195/lj_NotRev_witthaut_en_201710_01
- [9] Sheren I., Herwanto D., Akbar A. (2024) Conveyor roll manufacturing conveyor roll manufacturing. *Procedia of engineering and life science*, 7, 352-354. DOI: 10.21070/pels.v7i0.1483
- [10] Sheren I., Herwanto D., Akbar A. (2024) Manufacturing of roll conveyors. *Procedia of engineering and life science*, 7, 300-302. DOI: 10.21070/pels.v7i0.1470
- [11] Gujar N.R., Fulmali Sh.M., Sheikh M.J. (2023) Review on design fixtures for wheel house of car. DOI: 10.22214/ijraset.2023.51325
- [12] Apparao D. (2024) Fabrication and development of solar powered cart. *Interantional journal of scientific research in engineering and management*, 08(04), 1-5. *Telecommunication computing electronics and control*, 18(3), 1546. DOI: 10.55041/IJSREM30459
- [13] Mantič M., Kuřka J., Grega R., Virostko M., Kopas M. (2023) Application of sensors for incorrect behavior identification in a transport system. *Sensors*, 23(3), 1635. DOI: 10.3390/s23031635
- [14] Chandra Sh., Hebbale A.M., Hemanth T.S., Naveen J., Niranjana S.J. Dynamic job sequencing of converging-diverging conveyor system for manufacturing optimization. *Materials today proceedings*, 52(6). DOI: 10.1016/j.matpr.2021.11.523
- [15] Waghmare S.N., Shelare S., Mungle N.P., Mudafale K.P. (2022) Automated belt conveyor system for bolt and washer assembly. *Optimization of industrial systems*. DOI: 10.1002/9781119755074.ch23
- [16] Babu C.D., Khan A., Marimuthu U. (2021) CED productivity improvement through conveyor jig density optimization. *Materials today proceedings*, 52. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.06.156
- [17] Hildreth W.O. (2023) Selective package conveyors. *Journal of fluids engineering*, 151(7), 65-69. DOI: 10.1115/1.4059211
- [18] Song D., Donglin J., Hongyan Zh. (2022) Fault diagnosis of double pitch time-sharing meshing toothed conveyor chain transmission system based on neural network. *Mathematical problems in engineering*, 10, 1-8. DOI: 10.1155/2022/8159609
- [19] Xiaoxu Q., Kai L., Yi L., Xiaodong W. (2024) Machine vision-based automatic focusing method for robot laser welding system. *Cobot*, 3, 1. DOI: 10.12688/cobot.17682.1
- [20] Yin Z., Bin Sh., Rui Zh., Chengjing F., Wencheng H. (2024) Modeling and simulation of driving risk pulse field and its application in car following model. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 99, 1-17. DOI: 10.1109/TITS.2024.3404933
- [21] Pinyi Y. (2024) Self-driving car implementation guided by computer vision for detection. *Applied and computational engineering*, 74(1), 1-6. DOI: 10.54254/2755-2721/74/20240420

© Войтасик А. М.

Дата надходження статті до редакції: 15.10.2024

Дата затвердження статті до друку: 24.10.2024