Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДЛЯ СКЛАДАЛЬНОЇ ЛІНІЇ

Виконав:
здобувач вищої освіти денної форми навчання освітнього ступеня «Бакалавр», освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
_____**Віктор ТКАЧУК**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент
_____**Олександр КОЗАК**

Оцінка захисту:
Національна шкала_____
Кількість балів _____Шкала ECTS_____

Допускається до захисту:
«____» _____2026 р.
Гарант освітньої програми
«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка» спеціальності
141«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
кандидат технічних наук, доцент _____**Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2026р.

ЗМІСТ

ВСТУП 4

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СФЕРИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ДЛЯ СКЛАДАЛЬНИХ КОНВЕЄРНИХ ЛІНІЙ 6

1.1 Сфери застосування та типові інженерні рішення електроприводів конвеєрних систем 6

1.2 Детальний опис конкретного складального конвеєра та його електроприводних і автоматизованих підсистем 15

1.3 Формування вимог до електроприводу, системи автоматичного регулювання та комплексної автоматизації 18

2 ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОДВИГУНА 20

2.1 Розрахунок тягових характеристик електроприводу 20

2.2 Побудова навантажувальної діаграми та визначення потужності електродвигуна 22

2.3 Обґрунтування вибору типу електродвигуна та силового обладнання 24

3 АНАЛІЗ СТАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ 33

3.1 Дослідження характеристик системи в номінальному робочому режимі 34

3.2 Аналіз статичних і динамічних показників при нульовій швидкості 37

3.3 Вивчення характеристик системи при швидкості $\omega \approx 0.1n$ рад/с 40

4 КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СКЛАДАЛЬНОГО КОНВЕЄРА 44

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 53

ВСТУП

У сучасній автомобільній промисловості етап складання виступає ключовою ланкою виробничого циклу, адже саме він визначає рівень надійності готової продукції та її здатність конкурувати на ринку. Традиційні підходи до організації складання не забезпечують високої швидкості та стабільності роботи, що знижує загальну ефективність виробництва. Для усунення цих недоліків активно застосовуються конвеєрні системи, які дозволяють оптимізувати послідовність операцій і підвищити продуктивність.

Ідея безперервного руху виробів уздовж конвеєрної лінії була реалізована Генрі Фордом ще у 1913 році на підприємстві "Ford". Запровадження цієї технології дало змогу скоротити час складання автомобілів майже удвічі, що стало справжнім проривом у розвитку масового виробництва. Популярність конвеєрної лінії пояснюється значним зменшенням трудових витрат і кількості робітників, необхідних для виконання складальних операцій [1].

Сьогодні конвеєрні системи залишаються актуальними завдяки своїй здатності забезпечувати автоматизацію та стабільність процесів. Вони можуть функціонувати у двох основних формах: як лінії з активною участю людини, де працівник виконує значну частину операцій, або як високотехнологічні автоматизовані комплекси, де більшість завдань здійснюється роботизованими механізмами. Автоматизовані конвеєри мають низку переваг: вони гарантують точність і повторюваність дій, скорочують час виготовлення, знижують собівартість продукції та мінімізують вплив людського фактора. Крім того, такі системи знімають з працівників рутинні навантаження, дозволяючи їм зосередитися на більш складних і творчих завданнях, що виходять за межі фізичних можливостей людини.

Використання конвеєрних технологій у сучасному автомобілебудуванні є визначальним чинником підвищення продуктивності та якості виробів. Вони формують основу конкурентоспроможності підприємств, забезпечуючи стабільність і гнучкість виробничих процесів. У межах даного проекту головна мета полягає у вдосконаленні техніко-економічних параметрів складального

конвеєра шляхом застосування регульованого асинхронного електроприводу, що відкриває можливості для точного керування швидкістю та навантаженням у процесі складання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було виконано повний комплекс досліджень та розробок, що охоплюють як теоретичну, так і практичну частину. Проведено аналітичний огляд сучасних електроприводів складальних конвеєрів, визначено їхні галузі застосування та типові технічні рішення. Це дозволило сформулювати вимоги до електроприводу та системи автоматичного керування для обраної складальної лінії.

Виконано розрахунок тягових зусиль і потужності електродвигуна, побудовано навантажувальну діаграму та здійснено вибір асинхронного двигуна серії 4АС80А4У3, перевіреного на перевантажувальну здатність. На основі цього обрано перетворювач частоти серії ABB ACS480-04-05A7-4, що відповідає необхідним параметрам.

Досліджено статичні та динамічні характеристики електромеханічної системи шляхом моделювання з використанням алгоритму непрямого векторного керування асинхронним двигуном серії 4А100S4У3. Результати підтвердили високі показники якості розробленого електроприводу та його відповідність технічним вимогам.

Окремо було проведено автоматизацію підвісної складальної лінії: розроблено схему автоматизованої системи керування конвеєром, обрано необхідні безконтактні датчики, побудовано граф-перехід для реалізації послідовного керування.

Отримані результати свідчать про працездатність розробленого електропривода та автоматизованої системи керування підвісним конвеєром. Це дозволяє зробити висновок, що поставлені завдання кваліфікаційної роботи виконано у повному обсязі, а розробка має як практичну, так і наукову цінність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конвеєрна лінія виробництва як спосіб автоматизації URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/31626/1/EIRP-2019_Proceedings-Page106-108.pdf (дата звернення 20.04.2026).
2. Основне призначення транспортерів складальних ліній URL: https://cutt.ly/oweI3gOH (дата звернення 20.04.2026).
3. Процес складання виробів URL: http://tm-mmi.kpi.ua/temptemp/wpcontent/uploads/2020/05/tema-01.pdf (дата звернення 25.04.2026).
4. Класифікація, види та сфери застосування конвеєрів URL: https://ssk.ua/ua/blog/konvejery-vidy-klassifikaciya-i-sfera-primeneniya-482 (дата звернення 25.04.2026).
5. Складання виробів з використанням конвеєра типу рольганг URL: https://cutt.ly/XweICAQZ (дата звернення 27.05.2026).
6. Процес складання виробів з використанням конвеєрів з пересувними візками URL: https://cutt.ly/XweICAQZ (дата звернення 28.05.2026).
7. Огляд замкнутої системи керування електроприводом URL: https://studfile.net/preview/1851650/ (дата звернення 28.05.2026).
8. Призначення складального модуля URL: https://cutt.ly/IweVch9g (дата звернення 28.05.2026).
9. Структура складального заводу в автомобільній промисловості URL: https://cutt.ly/7weIXUgL (дата звернення 28.05.2026).
10. Розрахункова формула коефіцієнту тертя у напрямних URL: https://tsepi.by/pro-czepi/koefficzient-treniya-pri-rabot (дата звернення 05.05.2026).
11. Приводна зірочка ЦПК-100Р URL: https://studfile.net/preview/7720549/page:16/ (дата звернення 07.05.2026).

12. Тяговий ланцюг розбірного типу SDFX348 URL: http://www.conveer.ru/tsep-tyagovaya-dlya-podvesnogo-gruzonesushchego-itolkayushchego-konveierov (дата звернення 07.05.2026).

13. Редуктор фірми ABB типу M6H50T132IEC URL: https://new.abb.com/products/7BM6H50T132IEC/m6h50t132iec (дата звернення 07.05.2026).

14. Перетворювач частоти серії ABB ACS480-04-05A7-4 URL: https://cutt.ly/8weXsF5I (дата звернення 10.05.2026).

15. Компоненти силової частини перетворювача частоти URL: https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/3/22/3-22-b3/part2/part2.html (дата звернення 12.05.2026).

16. Методика вибору гальмівного резистора URL: https://new.abb.com/drives/ru/nv-privody/standartnie-privody/acs480 (дата звернення 12.05.2026).

17. Гальмівний резистор Control Techniques URL: https://www.galco.com/1220-0010100-cont.html (дата звернення 15.05.2026).

18. Перевірка гальмівного резистора URL: https://cutt.ly/xweI9EKb (дата звернення 15.05.2026).

19. Автоматичний вимикач ABB M203-10A2 CDA283799R0101 URL: https://new.abb.com/products/ru/2CDA283799R0101/m203-10a (дата звернення 18.05.2026).

20. Дослідження статичних та динамічних характеристик систем частотного та векторного керування URL: 6https://epa.kpi.ua/wpcontent/uploads/2018/06/96135-202751-1-PB.pdf (дата звернення 25.05.2023).

21. Навчальний посібник для студентів, які навчаються за освітньою програмою «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклав. Пересада С.М., Ніконенко Є.О. – Київ: КПІ ім.. Ігоря Сікорського, 2022 – 57с.

22. Розрахунок Т-подібної та Г-подібної схеми заміщення URL: https://studfile.net/preview/9219568/page:3/ (дата звернення 02.05.2026).

23. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу URL: https://cutt.ly/MwrAgcmm (дата звернення 02.05.2026).

24. Теорія мехатронних систем URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48538 (дата звернення 02.05.2026).

25. Фотоелектричний однопрохідний датчик серії SICK W45 URL: https://cutt.ly/LweyVLk9 (дата звернення 02.05.2026).

26. Оптичний датчик TWT URL: https://cutt.ly/PweuhqfL (дата звернення 02.05.2026).

27. Індуктивний датчик PR12-2DN натягу та обриву ланцюга URL: https://www.svaltera.ua/catalog/773/165.php (дата звернення 02.05.2023).

28. Фотоелектричні датчики положення каретки підвісного конвеєра серії GRSE18S-P2442 URL: https://cutt.ly/qweugQKD (дата звернення 02.05.2026).

29. Програмоване логічне реле фірми "Schneider Electric" серії Zelio Logic SR2 URL: https://cutt.ly/Gwec4DLW (дата звернення 05.05.2023).

30. Блок живлення HDR-100-24 від виробника Mean Well URL: https://www.meanwell.com/webapp/product/search.aspx?prod=HDR-100 (дата звернення 05.05.2026).

31. Кнопка грибоподібна без фіксації L21AC01-1E01 URL: http://inav.com.ua/ua/shop/knopka-gribovidnaya-l21ac01-1e01-krasnayamodulnaya-baco (дата звернення 08.05.2026).

32. Сигнальная лампа AD16DS URL: https://cutt.ly/qweXpXIR (дата звернення 08.05.2026).

33. Інкрементальний енкодер GHSF58 - CALT Sensor URL: https://cutt.ly/MweXsvm6 (дата звернення 08.05.2026).

34. Промисловий робот – маніпулятор IRB 8700 ABB URL: https://new.abb.com/products/robotics/robots/articulated-robots/irb-8700 (дата звернення 08.05.2026).