

АВТОМАТИЗОВАНІ ТА ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ НА ТРАНСПОРТІ

УДК 656.25-047.38

К. Л. КОСТЕНКО^{1*}, Т. М. СЕРДЮК^{2*}, В. В. СКАЛЬКО^{3*}

^{1*}Каф. «Автоматика та телекомунікації», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта kostenkokristina679@gmail.com, ORCID 0009-0004-2917-6269

^{2*}Каф. «Автоматика та телекомунікації», Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 04, ел. пошта t.m.serdiuk@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-2609-4071

^{3*}Каф. військової підготовки спеціалістів Державної спеціальної служби транспорту, Український державний університет науки і технологій, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (056) 793 19 09, ел. пошта viktorska66@ukr.net, ORCID 0009-0007-0276-9955

Роботизація діагностики систем залізничної автоматики та зв'язку

Мета. Дослідження спрямоване на: отримання нових знань про застосування електродвигунів у робототехніці; оцінку і вибір двигунів, які доцільно вживати в роботах, що пересуватимуться вздовж залізничної лінії і точно визначатимуть місце uszkodження; розробку методу діагностування пристроїв залізничної автоматики та зв'язку на основі роботизації їх технічного обслуговування й пошуку несправностей; оцінку використання робототехніки на залізницях України та світу. **Методика.** Проаналізовано інформацію з використання електродвигунів у робототехніці, а також застосування роботів на виробництві, яку автори отримали з огляду світової літератури, монографій, реферативних, повнотекстових та лекційних баз даних, наукового співробітництва з передовими кафедрами Університету Твенте, Нідерланди. **Результати.** У ході дослідження: 1) з'ясовано значення робототехніки, що дає можливість замінити людину на важких і тривалих роботах; 2) складено функціональну схему робота, приводу маніпулятора, його складові та принцип дії; 3) обґрунтовано різні типи використання приводів у роботах: електричних, пневматичних та гідравлічних; застосування в електричних приводах різних типів двигунів, їх принцип дії, значення та доступність; 4) визначено перспективність упровадження електроактивних полімерів та еластичних нанотрубок, які удосконалять у подальшому роботів; 5) запропоновано використання роботів у методах діагностування та виявлення пошкоджень систем автоматики та зв'язку, що полегшить та зменшить час обслуговування; 6) спрогнозовано подальший розвиток наукових досліджень та предметного напрямку на залізничному транспорті. **Наукова новизна.** Уперше запропоновано використовувати роботів для пошуку несправностей у лініях залізничної автоматики та зв'язку, впровадити новітні приводи, які дозволяють удосконалити роботу роботів, зменшити кількість помилок під час визначення дефектів ліній, підвищити точність та ефективність визначення місця uszkodження лінії. **Практична значимість.** За отриманими результатами досліджень можна прогнозувати подальший розвиток наукових досліджень із роботизації діагностики систем залізничної автоматики та зв'язку, предметного напрямку на залізничному транспорті, навчання за новою спеціальністю 174 «Автоматика, робототехніка та комп'ютерно-інтегровані технології». Ці дослідження також можуть бути корисними під час організації науково-практичних семінарів, конференцій, лекцій, курсів підвищення кваліфікації тощо.

Ключові слова: робототехніка; електричний двигун; робот; кабельні лінії; акустичний метод; імпульсний метод

Вступ

Сьогодні, коли машини та автоматизовані пристрої оточують нас на виробництві, транспорті, у побуті, не віриться, що ще в 1920 році було вперше використано слово «робот» [12].

Саме прагнення замінити людину на важких роботах і породило ідею створення робота, потім перші спроби її реалізації і, нарешті, зумовило появу й розвиток сучасної робототехніки та роботобудівництва [8].

АВТОМАТИЗОВАНІ ТА ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ НА ТРАНСПОРТІ

Робототехніка – це наука про створення та застосування роботів та інших засобів техніки різного призначення. Ця наука породжує нові напрями розвитку таких наук, як кібернетика та механіка. Для кібернетики це пов'язано перш за все з інтелектуальним керуванням, якого потребує пристрій, а для механіки – із багатоланковими механізмами типу маніпуляторів [1, 9].

Сучасні роботи – високотехнологічні пристрої, що виконують виробничі, сервісні, транспортні та навчальні функції. Під час створення перших роботів і аж до сьогодні зразком для них є фізичні можливості людини [8]. У достатньо розвинутому вигляді роботи, аналогічно людині, виконують активні силові та інформаційні взаємодії з навколишнім середовищем, завдяки чому можуть містити штучний інтелект та удосконалювати його.

У створенні роботів одним із відомих шляхів є копіювання людини та живої природи взагалі. Також не менш важливим є пошук принципово нових шляхів, які визначаються можливостями сучасної техніки. Перший приклад такого підходу – створення механічних рук шарнірного типу та захоплювачів із пальцями, що згинаються. Другий приклад підходу – використання електромагнітного поля для орієнтації та взяття предметів, а також колісний хід замість кроків [10, 12].

Завдяки появі робототехніки відбувається стрімке впровадження цих пристроїв у різних галузях господарства й технологій. Роботи знайшли своє призначення на виробництві, у медицині, побуті.

Мета

Основною метою цієї роботи є:

- дослідження розвитку робототехніки у світі, сфер застосування різних типів електродвигунів у робототехніці та мехатроніці;
- визначення функціональної схеми побудови робота для пошуку несправностей у лініях залізничної автоматики;
- розробка за цими дослідженнями методу діагностики залізничної автоматики та зв'язку.

Методика

Однією з головних проблем у системах залізничної автоматики та зв'язку є пошкодження кабельних ліній. На частку цієї категорії ушко-

джень припадає близько 9 % усіх відмов у пристроях залізничної автоматики та зв'язку. Методи їх виявлення є енергозатратними і потребують багато часу на пошук несправності. Також діагностика трубопроводів і кабельних ліній, визначення місця їх пошкоджень вимагає серйозного приладового забезпечення [4, 7, 11].

Сучасні трасошукачі функціонують за принципом електромагнітної індукції. Тому для полегшення та економії часу електромеханікам СЦБ було б доречно використовувати роботів та автоматизовані системи діагностування [1, 3].

Запропоновано функціональну схему робота (рис. 1), яка включає: виконавчу систему – маніпуляційну (один або декілька маніпуляторів) і пересування, якщо робот рухається, сенсорну систему, що постачає роботу інформацію про навколишнє середовище, та пристрій керування [2].

Такий робот дозволить діагностувати та виявляти пошкодження в лініях залізничної автоматики, значно полегшить працю, збільшить точність, зменшить час і витрати людської сили. Виконавча система складається з механічної системи та системи приводів. Механічна система маніпулятора – це зазвичай кінематичне коло з рухомих ланок із кутовим або поступальним переміщенням, яке закінчується робочим органом у вигляді пристрою захоплення або якого-небудь інструменту [2, 6].



Рис. 1. Функціональна схема робота

Fig. 1. Functional diagram of the robot

Для побудови автоматизованої системи діагностування кабельних ліній залізничної автоматики також необхідно визначитися з методом контролю параметрів кабельних ліній.

Акустичний метод дозволяє виявити пошкодження в кабелі на основі оцінки рівня звукового поля, тобто на місці ушкодження створюється

АВТОМАТИЗОВАНІ ТА ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ НА ТРАНСПОРТІ

іскровий розряд, який під час прослуховування подає певні коливання на пристрій пошуку [1, 3]. Доречним було замінити цьому методі використання людської роботи на роботу робота. Пристрій, який використовують для пошуку пошкоджень у лінії, складається з генератора імпульсів ГВИ–2000 (5000); ГИ–20–2 (70–2), а також приймача акустичного сигналу – датчиків п'єзо- або електромагнітної системи. Тому робот, сконструйований на п'єзодвигуні, із цими генераторами, а також п'єзодатчиками, швидко зможе впоратися із поставленою метою.

Імпульсний метод полягає в тім, що в лінію подають напругу – зондувальні імпульси, які розповсюджуються по лінії, частково відображаються від неоднорідності хвильового опору й повертаються до місця, звідки вони були відправлені. Отримані результати – зондувальний імпульс та відображені сигнали – позначаються на екрані приладів з електронно-променевою трубкою. Завдяки цьому забезпечується достовірність і точність вимірювань. Метод дає хороший результат в разі обривів, короткого замикання, замикання проводів у багатопроводних мережах. Відсутність відображення сигналу свідчить про узгодження лінії за хвильовим опором, а в разі обриву відображений імпульс буде мати ту саму полярність, що і зондувальний імпульс [1, 3, 8].

Запропоновано робот на електродвигуні та з електронно-променевими трубками для заміни ним пристроїв, що беруть участь в імпульсному методі діагностування стану ліній залізничної автоматики і зв'язку. Поєднання акустичного та імпульсного методів дозволить швидко, безперейно й точно визначати місце і вид ушкодження в лініях залізничної автоматики. Тобто можна налаштувати робота так, що він відобразить не лише стан лінії, а і її параметри, місце обриву, вид ушкодження і таке інше. Відстань до місця неоднорідності визначатиметься за відомою швидкості розповсюдження імпульсу по лінії. При цьому точність вимірів залежатиме від частотної характеристики лінії.

Результати

Аналіз приводів і можливостей їх використання в роботах. Для отримання достовірних даних авторами виконано аналіз літературних джерел за обраною тематикою.

Привід є основною частиною робота. Завдяки приводу робот здатний реалізувати різноманітні виробничі операції та функції, які зазвичай безпосередньо виконувала людина.

Сьогодні стрімкий розвиток робототехніки потребує винайдення більш нових пристроїв, які б забезпечили надійність, доступну вартість і зручність експлуатації [9]. Тому розгляд цієї теми дозволить визначити більш новітні винаходи щодо реалізації, оновлення та поліпшення конструкції в робототехніці.

Основною причиною виникнення та розвитку робототехніки є потреба виробництва у гнучкій автоматизації з усуненням людини від непродуктивної участі в машинному виробництві та недостатність для цієї мети традиційних засобів автоматизації [8]. Тому завданням цієї науки, поряд зі створенням власне засобів робототехніки, є розробка основаних на них систем та комплексів різного призначення. Системи та комплекси, автоматизовані за допомогою роботів, прийнято називати роботизованими. Роботизовані системи, у яких роботи виконують основні технологічні операції, називають робототехнічними [5].

Роботи, порівняно з іншими електричними пристроями, відрізняються принципом побудови.

Основним елементом структури робота вважають привід – «м'язи» роботів. Привід включає перш за все двигун та пристрій керування ним. Крім цього, до складу приводу входять механізми для передачі та перетворення руху: редуктори, перетворювачі обертового руху в поступальний і навпаки, гальма, та муфта. Приводи працюють в основному в неусталених режимах та зі змінним навантаженням, при цьому перехідні процеси в них повинні бути практично неколивальними. Важливими параметрами приводів роботів є надійність, доступна вартість, зручність експлуатації.

У роботах знайшли застосування практично всі відомі типи приводів: електричні, гідравлічні та пневматичні; із поступальним та обертовим рухом; регульовані (за положенням та швидкістю) і нерегульовані; замкнені (зі зворотним зв'язком) та розімкнені; неперервної та дискретної дії (у тому числі крокові).

Типова схема приводу маніпулятора (рис. 2) має не лише загальний зворотний зв'язок щодо положення схеми, а й зворотний зв'язок щодо

АВТОМАТИЗОВАНІ ТА ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ НА ТРАНСПОРТІ

швидкості, яка служить для керування швидкістю [6].

Застосування пневматичних приводів у робототехніці пояснює їх простоту, дешевизну та надійність. Пневматичні двигуни, які використовують у приводах, перетворюють енергію робочого середовища, що перебуває під тиском, у механічну енергію поступального або обертального руху. Ці приводи використовують в основному як нерегульовані з цикловим керуванням. Пневматичні приводи застосовують у роботах невеликої вантажопідйомності – до 10, рідше 20 кг [3, 10].

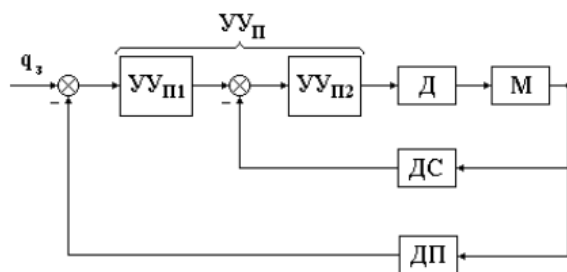


Рис. 2. Схема приводів маніпуляторів:
 Д – двигун; М – механізм передачі та перетворення переміщення;
 ДП, ДС – датчики положення та швидкості;
 УУП1, УУП2 – пристрій керування та дві його частини

Fig. 2. Scheme of manipulator drives:
 M – motor; M – mechanism for transmission and conversion of displacement;
 SP, SS – position and speed sensors;
 CD_p, CD_{p1}, CD_{p2} – control device and its two parts

Гідрравлічні приводи складніші та дорожчі порівняно з пневматичними та електричними. Гідрравлічні двигуни мають такий самий принцип дії щодо перетворення енергії, як і пневматичні. За потужності 500–1000 Вт і більше вони володіють найкращими масогабаритними характеристиками, тому є основним типом приводу для важких та надважких роботів. Такими приводами керувати легко, тому вони знайшли застосування в роботах середньої вантажопідйомності, коли потрібні високоякісні динамічні характеристики [10].

Електричний привід, незважаючи на його хорошу керованість, простоту підведення енергії, великий ККД та зручність в експлуатації, має найгірші масогабаритні характеристики. Використання електромеханічних роботів

сприяло створенню нових типів електричних двигунів, які спеціально були призначені для роботів. Їх розміри мінімізовані [10].

У промислових роботах знайшли застосування колекторні та безколекторні електроприводи постійного струму; нерегульовані і з частотним керуванням асинхронні двигуни; крокові двигуни з регульовальними муфтами в поєднанні з нерегульованими асинхронними двигунами або двигунами постійного струму; електромагніти (соленоїдні та інших типів) [8, 9]. Слід зробити висновок, що в основному застосовують електроприводи з традиційним кутовим переміщенням [10].

Колекторний двигун постійного струму перетворює електричну енергію в механічну, завдяки вартості, простоті конструкції та легкості в обслуговуванні його використовують у приводах роботів. Безколекторні двигуни постійного струму ідеально підходять для малих приводів, які працюють у важких умовах або з високою точністю.

Асинхронні двигуни перетворюють електроенергію змінного струму в механічну, орієнтовані на професійну роботу з великими навантаженнями [3, 12].

Крокові електродвигуни обертаються, здійснюючи переміщення на певний кут керування контролера, що дозволяє обійтися без давача положення, оскільки контролеру точно відомо, на який кут було зроблено поворот ротора [12].

П'єзодвигуни й ультразвукові двигуни є сучасною альтернативою двигунам постійного струму. Принцип дії таких двигунів абсолютно відрізняється: маленькі п'єзоелектричні ніжки, які вібрують з частотою більше ніж 1 000 разів на секунду, змушують мотор рухатися по колу або по прямій. Перевага п'єзодвигунів – це висока швидкість і потужність, непорівнянна з їх розмірами. Такі двигуни вже застосовують у деяких роботах [10, 12].

Повітряні м'язи – простий, але потужний пристрій для забезпечення сили тяги. За накачуванням стисненим повітрям м'язи здатні скорочуватися до 40 % від власної довжини. Причиною цього є плетіння, видиме із зовнішнього боку, яке змушує м'язи бути або довгими й тонкими, або короткими й товстими. Через те, що спосіб їх функціонування схожий із біологічними м'язами, їх можна використовувати для виробництва роботів із м'язами й скелетом.

АВТОМАТИЗОВАНІ ТА ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ НА ТРАНСПОРТІ

аналогічними м'язам й скелету тварин [8, 10, 12].

Електроактивні полімери – вид пластмас, який змінює форму у відповідь на електричну стимуляцію. Можуть бути сконструйовані таким чином, щоб гнутися, розтягуватися або скорочуватися. Однак досі немає електроактивних полімерів, які б були придатні для виробництва комерційних роботів, оскільки вони й досі залишаються неефективними або неміцними.

Еластичні нанотрубки – далекосяжна експериментальна технологія, що перебуває на ранній стадії розробки. Завдяки відсутності дефектів у нанотрубках волокно може еластично деформуватися на кілька відсотків. Людський біцепс можна замінити приводом із такого матеріалу діаметром 8 мм [10, 12].

Завдяки різній будові, простоті використання та можливості виконання робіт, недоступних для людини, роботи стрімко впроваджують у різних галузях господарства та технології. У деяких країнах робототехніка наявна на підприємстві, її докладно вивчають в університетах, де вона є однією з провідних спеціальностей [5, 6].

Досвід зарубіжжя. Кафедра «Автоматика та телекомунікації» Українського державного університету науки та технологій (УДУНТ) співпрацює із Університетом Твенте, Нідерланди, за програмою академічної мобільності ERASMUS+ (рис. 3–5).

Винахідники Університету Твенте розробляють роботизовані системи різних конструкцій для внутрішнього та зовнішнього застосування.

На рис. 4 показано розробку робота-птаха та дрона. Робот-птах створює деякий шум під час змаху крил і відлякує птахів з тих місць, де вони недоречні. Використовують цей винахід в аеропортах. Дрони застосовують у сільському господарстві, видобувній промисловості, геодезії, топографії, енергетиці, військовій промисловості для вирішення певних задач, діагностики й моніторингу ситуації.

Співробітники, студенти й аспіранти Університету Твенте виконують науково-дослідні роботи з автоматизованого діагностування стану трубопроводу шляхом застосування робота у вигляді черва шарнірної конструкції, який розташовано всередині трубопроводу. Робот

обертається в трубопроводі і за допомогою спеціальних датчиків визначає стан його поверхонь (рис. 5).



Рис. 3. Університет Твенте, Нідерланди

Fig. 3. University of Twente, the Netherlands

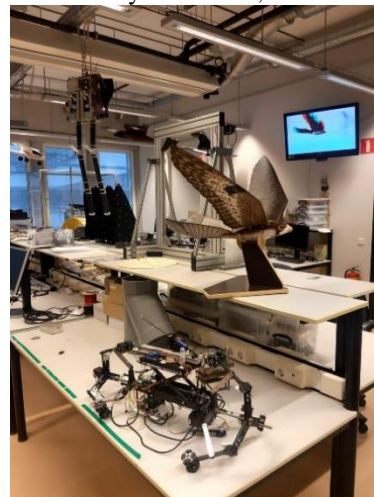


Рис. 4. Робот-птах і дрон університету Твенте, Нідерланди

Fig. 4. Robot bird and drone at the University of Twente, the Netherlands

Відвідування Університету Твенте надихнуло на свіжі думки щодо нової сфери впровадження роботів – системи залізничної автоматики та зв'язку, що є особливо актуальним в умовах нашого часу. Обмін досвідом, мобільність дає можливість розширити професійні знання для обох сторін (університетів, їх співробітників та студентів) і здобути прогрес у науково-технічному напрямі, знайти нові сфери застосування роботів, наприклад, у залізничній автоматичній та телекомунікаціях.

АВТОМАТИЗОВАНІ ТА ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ НА ТРАНСПОРТІ



Рис. 5. Фізична модель діагностування стану трубопроводу, лабораторія RAM, Університет Твенте, Нідерланди

Fig. 5. Physical model of pipeline condition diagnosis, RAM laboratory, University of Twente, the Netherlands

Наукова новизна та практична значимість

У результаті проведення дослідження розвитку робототехніки в галузі залізничної автоматики та зв'язку:

– проведено огляд розвитку робототехніки, що дає можливість замінити людину на важких і тривалих роботах;

– проаналізовано впровадження нових типів приводів – електричних, пневматичних та гідравлічних, доцільність їх використання у роботах, електроактивних полімерів та еластичних нанотрубок, які удосконалять у подальшому роботів;

– уперше запропоновано використання роботів для діагностування та виявлення пошкоджень ліній залізничної автоматики та зв'язку, їх функціональну схему, що полегшить працю,

збільшить точність, зменшить час на витрати людської сили;

– проаналізовано подальші перспективи розвитку наукових досліджень та предметного напрямку на залізничному транспорті, навчання за новою спеціальністю 174 «Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

Висновок

З'ясовано використання різних типів електродвигунів у конструкції роботів. Ґрунтуючись на результатах аналізу наведених джерел, можемо зробити висновок, що першими двигунами, які почали використовувати у приводах роботів, були двигуни постійного струму. Застосовували як колекторні, так і безколекторні двигуни постійного струму.

Також отримало розповсюдження використання асинхронних двигунів змінного струму та крокових електродвигунів, які призначені для роботів, що працюють із великим навантаженням.

Доведено, що техніки продовжують розробляти новітні, спростовані, якісні, низьковартісні та надійні приводи. Завдяки винайденим повітряним м'язам, електроактивним полімерам та еластичним нанотрубкам роботи повністю зможуть замінити людину у виконанні складних робіт. Доречно і доведення потреби використання в системах залізничної автоматики та зв'язку робототехніки задля діагностування кабельних ліній, що зменшує час на пошук несправностей, збільшує якість і точність виконаної роботи.

Подальше дослідження буде спрямовано на вивчення розвитку робототехніки та мехатроніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Белухин Д. С. Сохранение группировок тяговых двигателей при импульсном регулировании напряжения. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2019. № 18. С. 39–45.
2. Лисенко О. І., Тачиніна О. М., Гальченко С. М., Рябова Л. В. Іваницька В. І. Гармаш Т. О., Макарова Я. І. Розробка системи автоматичного керування приводом робота-маніпулятора. 2019. *Проблеми інформатизації та управління*. Т. 1. №. 61. Р. 57–64. DOI: <https://doi.org/10.11648/j.ajma.20170506.11>
3. Масленников Е. В, Горб П. Э, Сердюк Т. М, Иванов А. В. Стрелочные привода скоростных железнодорожных магистралей. *Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті*. 2013. № 5. С. 63–82.

АВТОМАТИЗОВАНІ ТА ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ НА ТРАНСПОРТІ

4. *Приклади для контролю параметрів кабельних ліній*. URL: <https://promix.com.ua/uk/catalog/power-uk/diagcablin-uk-uk>
5. *Робототехніка : від глини до нано-матеріалів*. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/nauka/naukovo-populiarni-publikatsii/2130-robototekhnika-vid-hlyny-do-nano-materialiv.html>
6. *Розвиток робототехніки : майбутнє вже настало*. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/articles/razvitie-robototekhniki-budushee-uzhe-nastupilo/>
7. Botnarevscaia R., Serdiuk T. Analysis of operation of railway communication systems. *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*. 2019. № 18. P. 59–64.
8. John J. Craig. *Introduction to Robotics: Mechanics and Control*. 3rd edition. 2004. Pearson. 408 p.
9. Lynch K. M., Park F. C. *Modern robotics : mechanics, planning, and control*. 2017. Cambridge University Press. 642 p.
10. Mckinnon P. *Robotics : Everything you need to know about robotics from beginner to expert*. 2016. CreateSpace Independent Publishing Platform. 238 p.
11. Serdiuk T., Ansari H. T., Botnarevscaia R. Electromagnetic Influence of AC Traction Network on the Railway Communication Lines. *2022 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility & Signal/Power Integrity (EMCSI)* (Spokane, 1-5 August, 2022). Spokane, 2022. P. 326–329. DOI: <https://doi.org/10.1109/emcsi39492.2022.9889435>
12. Thrun S., Burgard W. *Probabilistic Robotics : Intelligent Robotics and Autonomous Agent series*. First Edition. 2005. The MIT Press. 672 p.

K. L. KOSTENKO^{1*}, T. M. SERDIUK^{2*}, V. V. SKALKO^{3*}

^{1*}Dep. «Automatic and Telecommunications», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04, e-mail kostenkokristina679@gmail.com, ORCID 0009-0004-2917-6269

^{2*}Dep. «Automatic and Telecommunications», Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 04, e-mail. t.m.serdiuk@ust.edu.ua, ORCID 0000-0002-2609-4071

^{3*}Dep. Military Training of Specialists of the State Special Transport Service, Ukrainian State University of Science and Technologies, Lazaryana St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 793 19 09, e-mail viktorska66@ukr.net, ORCID 0009-0007-0276-9955

Robotization of Diagnostics of Railway Automation and Communication Systems

Purpose. The study is aimed at: gaining new knowledge about the use of electric motors in robotics; evaluation and selection of motors that are appropriate for use in robots that will move along the railway line and accurately determine the location of damage; development of a method for diagnosing railway automation and communication devices based on robotization of their maintenance and fault finding; evaluation of the use of robotics on the railways of Ukraine and the world. **Methodology.** The authors analyzed information on the use of electric motors in robotics, as well as the use of robots in production, which they obtained from a review of world literature, monographs, abstract, full-text and lecture databases, and scientific cooperation with leading departments of the University of Twente, the Netherlands. **Findings.** In the course of the study: 1) the importance of robotics, which makes it possible to replace a person in heavy and long work, was clarified; 2) a functional diagram of the robot, the manipulator drive, its components and the principle of operation was drawn up; 3) various types of drives in robots were substantiated: electric, pneumatic and hydraulic; the use of different types of motors in electric drives, their principle of operation, value and availability; 4) the prospects for the introduction of electroactive polymers and elastic nanotubes that will improve robots in the future are determined; 5) the use of robots in methods of diagnosing and detecting damage to automation and communication systems is proposed, which will facilitate and reduce maintenance time; 6) further development of scientific research and subject area in railway transport is predicted. **Originality.** For the first time, it is proposed to use robots to find faults in railway automation and communication lines, to introduce the latest drives that allow to improve the work of robots, reduce the number of errors in identifying line defects, and increase the accuracy and efficiency of determining the location of line damage. **Practical value.** Based on the research results, we can predict the further development of scientific research on robotization of diagnostics of railway automation and communication systems, the subject area of railway transport,

АВТОМАТИЗОВАНІ ТА ТЕЛЕМАТИЧНІ СИСТЕМИ НА ТРАНСПОРТІ

and training in the new specialty 174 «Automation, Robotics and Computer-Integrated Technologies». This research can also be useful in organizing scientific and practical seminars, conferences, lectures, advanced training courses, etc.

Keywords: robotics; electric motor; robot; cable lines; acoustic method; pulse method

REFERENCES

1. Belukhin, D. S. (2019). Sokhranenie gruppировок tyagovykh dvigateley pri impulsnom regulirovanii napryazheniya. *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*, 18, 39-45. (in Ukrainian)
2. Lysenko, O. I., Tachinina, O. M., Galchenko, S. M., Ryabova, L. V., Ivanitskaya, V. I., Garmash, T. O., Makarova, Ya. I. (2019). Development of system of automatic control of robotic arm drive. *Problems of Informatization and Management*, 1(61), 57-64. DOI: <https://doi.org/10.18372/2073-4751.61.14040> (in Ukrainian)
3. Maslennykov, E. V., Gorb, P. E., Serdiuk, T. M., & Ivanov, O. V. (2013). Switch motors of speed railway. *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*, 5, 63-82. (in Ukrainian)
4. *Instruments for diagnostic of cables*. Retrieved from <https://promix.com.ua/uk/catalog/power-uk/diagcablin-uk-uk> (in Ukrainian)
5. *Robototekhnika: vid hlyny do nano-materialiv*. Retrieved from <https://phm.cuspu.edu.ua/nauka/naukovopopuliarni-publikatsii/2130-robototekhnika-vid-hlyny-do-nano-materialiv.html> (in Ukrainian)
6. *Rozvytok robototekhniki: maibutnie vzhe nastalo*. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/articles/razvitie-robototekhniki-budushee-uzhe-nastupilo/> (in Ukrainian)
7. Botnarevscaia, R., & Serdiuk, T. (2019). Analysis of operation of railway communication systems. *Electromagnetic compatibility and safety on railway transport*, 18, 59-64. (in English)
8. John, J. (2004). *Craig. Introduction to Robotics: Mechanics and Control* (2nd ed.). Pearson. (in English)
9. Lynch, K. M., & Park, F. C. (2017). *Modern robotics: mechanics, planning, and control*. Cambridge University Press. (in English)
10. Mckinnon, P. (2016). *Robotics: Everything you need to know about robotics from beginner to expert*. CreateSpace Independent Publishing Platform. (in English)
11. Serdiuk, T., Ansari, H. T., & Botnarevscaia, R. Electromagnetic Influence of AC Traction Network on the Railway Communication Lines. In *2022 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility & Signal/Power Integrity (EMC&Si-Pi)* (pp. 326-329). Spokane, WA, USA. DOI: <https://doi.org/10.1109/EMCSI39492.2022.9889435> (in English)
12. Thrun S., Burgard W. (2005). *Probabilistic Robotics: Intelligent Robotics and Autonomous Agent series* (1st ed). The MIT Press. (in English)

Надійшла до редколегії: 23.05.2023

Прийнята до друку: 22.09.2023