Дзюбенко О.А., к.т.н., доцент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, dzyubenko.alan@gmail.com
Лисак І.А. студент автомобільного факультету, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, lysak.ilysha@gmail.com

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ТРАНСПОРТНОЮ ПЛАТФОРМОЮ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖУ В ОБМЕЖЕНОМУ ПРОСТОРІ

Проблема переміщення вантажів обмеженому просторі є досить складною і актуальною на сьогоднішній день. Будь то великогабаритний вантаж, що транспортують вузькими вулицями житлового району, чи невеликий вантаж, що переміщують в межах складу. Показник маневрування цієї техніки дуже важливий для якісного та швидкого виконування завдання. Тому однією з проблем розробки спеціального автотранспорту насамперед стоїть проблема маневрування у вузьких важкодоступних вулицях чи дорогах, або у стислому просторі шахти чи приміщенні складу. Для того, щоб покращити показники маневрування спецтехніки, здебільшого інженери використовують збільшення куту повороту керуючих коліс, чи збільшують кількість коліс які можуть повертатися, що суттєво ускладнює механізм шасі та підвищує його вартість.

Однак існує ще один спосіб розв'язати цю проблему - використання конструкції всенаправлених коліс. Одним із типів всенаправлених коліс є Mecanum wheel, також відоме як колесо Ілона або, як його ще іноді називають Шведське колесо. Даний тип коліс винайшов у 1973 р. інженер шведської компанії «Mecanum AB» Бенгт Ілон (швед. Bengt Erland Ilon), на яке у 1975 р. він отримав патент США №US3876255A. Це роліконесуще колесо з кількома роликами, прикріпленими до його окружності, ролики мають вісь повороту 45° до площини колеса, в площині паралельній вісі обертання колеса. Це дозволяє транспорту рухатися в будь-якому напрямку. Залежно від напрямку руху та швидкості кожного окремого колеса результуюча комбінація всіх сил утворює вектор загальної сили в необхідному напрямку, що дозволяє платформі вільно рухатися у напрямку результуючого вектора сили, не змінюючи положення самих коліс. Колеса Mecanum широко використовуються в тих випадках, коли потрібна хороша мобільність платформи. Перевагами даного типу коліс є компактний розмір та висока вантажопідйомність.

Всенаправлені мобільні платформи на базі колеса Ілона (рис.1.) мають три свободи (вперед / назад, вліво /вправо, і розворот на місці) і так само можуть рухатися по будь-якому з напрямку без зміни положення. Всенаправлена мобільна платформа долає перешкоди, в той час, як традиційна мобільна платформа не може переміщатися поперечно і, приміром, закрутитися на місці. Є явні переваги в багатьох ситуаціях щодо гнучкого руху всенаправленої мобільної платформи з механічними колесами. Нульовий радіус обертання може допомогти мобільній платформі рухатися через вузький

простір з перешкодами та отримати високу ефективність та маневреність. Всенаправлені мобільні платформи вже широко використовуються для транспортування в аерокосмічній та морській галузі.

Рисунок 1 - Всенаправлена платформа omniMove.

Для управління колесами Mecanum існує розроблено свій особливий алгоритм (рис.2), трохи схожий з механікою управління гусеничної техніки. Для того, щоб здійснювати рух, повертати платформу, кожним колесом потрібно управляти окремо, тому на кожне колесу встановлюють окремий незалежний електропривід.

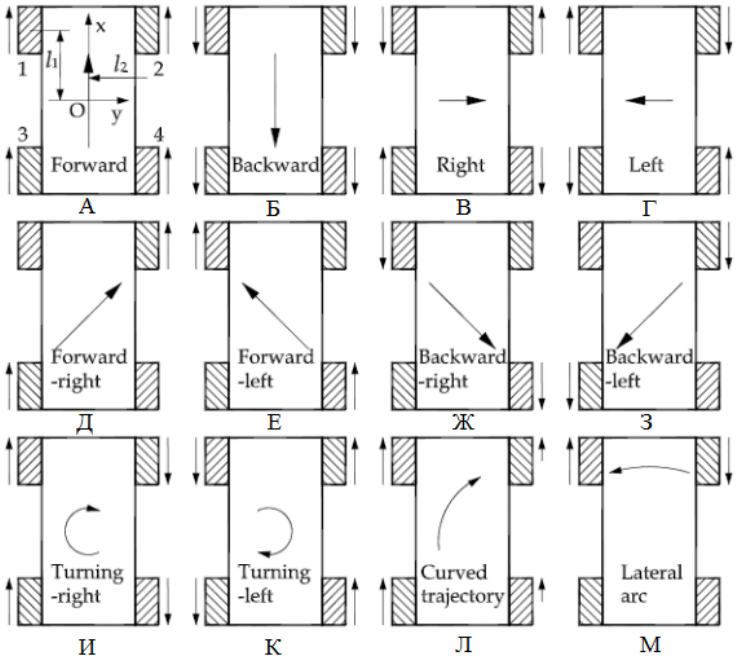

Рисунок 2 - Алгоритм руху платформи з колесами Mecanum

Для руху платформи вперед (рис. 2,А), необхідно колеса крутити в одну сторону, з однаковою швидкістю. Швидкість руху платформи залежить від швидкості обертання коліс.

Для руху назад (рис. 2,Б) необхідно крутити колеса в протилежний напрямок. Швидкість руху платформи залежить від швидкості обертання коліс.

Для руху праворуч вбік (рис. 2,В) колеса які розташовані зліва потрібно крутити до центру платформи, а колеса які розташовані праворуч, потрібно крутити в протилежному напрямку від центру платформи. Усі колеса потрібно крутити з однаковою швидкістю. Швидкість руху також залежить від швидкості обертання усіх коліс.

Рух ліворуч вбік (рис. 2,Г) відбувається так само, колеса які розташовані зліва потрібно крутити в протилежному напрямку від центру платформи, а колеса які розташовані праворуч, потрібно крутити до центру платформи.

Для того щоб платформа рухалась по діагоналі (рис. 2, Д,Е,Ж,З) потрібно крутити діагональні колеса вбік напрямку руху. Інша діагональ залишається у вільному обертанні.

Для розвороту платформи на місці (рис. 2, И,К) працює схема повороту платформи з гусеничним ходом - колеса що розташовані зліва крутяться прямо, а ті що розташовані праворуч потрібно крутити у протилежну сторону назад і навпаки. Так само як і гусенична техніка платформа поверне стоячі на місці праворуч або ліворуч. Щоб змінити швидкість повороту, змінюють швидкість обертання усіх коліс.

Плавний поворот (рис. 2, Л) реалізується за рахунок різниці швидкості обертання коліс правого і лівого борту. При цьому радіус повороту буде залежати від різниці обертання коліс правої та лівої сторони.

Якщо потрібно повернути платформу ліворуч, так щоб середня точка вісі задніх коліс залишалася на місці (рис. 2, Л), то потрібно переднє ліве колесо крутити прямо, а переднє праве колесо назад (і навпаки, для кругового повороту праворуч). Платформа буде рухатись навколо уявної середньої точки задніх коліс.

Такий великий перелік можливих комбінаційних схем управління транспортною платформою потребує окремої спеціальної системи управління з можливістю управління і контролю кожного окремого колеса. Для вирішення задачі побудови системи управління електричною транспортною платформою була запропонована структурна схеми представлена на рисунку 3.

Найпростіша платформа з колесами Mecanum складається з 4-х коліс з електроприводом, які керуються контролером через силовий драйвер електроприводу. Зворотний зв'язок, положення кожного з 4-х коліс поступає на мікроконтролер. Управління платформою виконується через інтерфейс користувача. Живлення платформи реалізовано за допомогою силової акумуляторної батареї та DC/DC перетворювача.

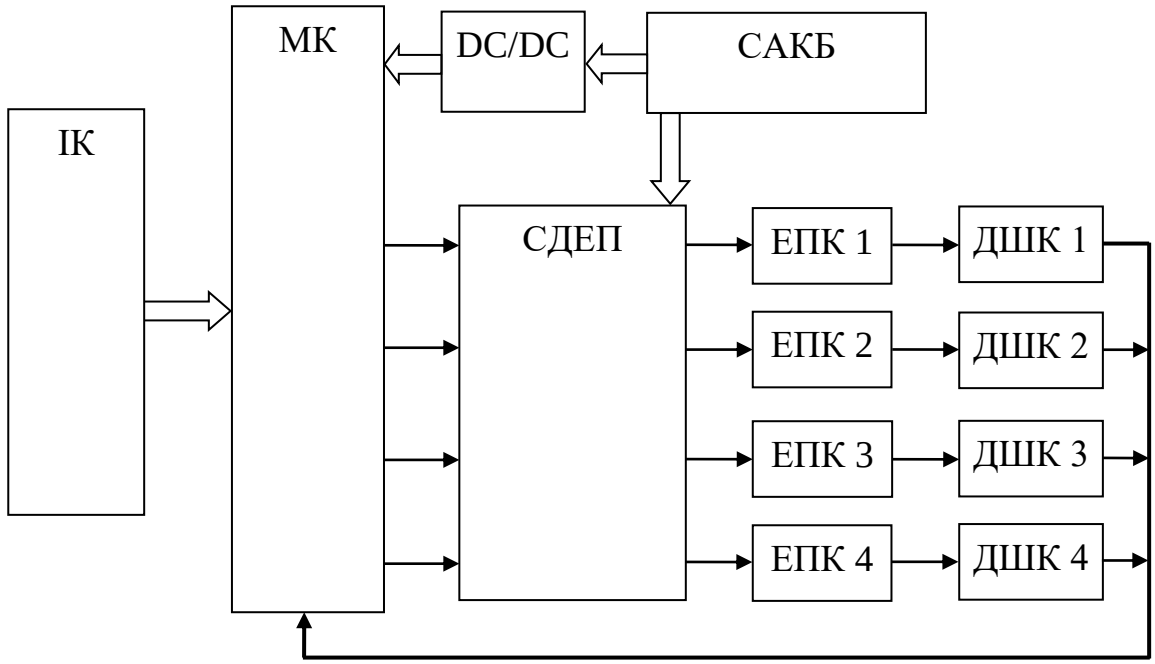

Рисунок 3 – Структурна схема системи управління електричною транспортною платформою

Система складається з мікроконтролера (МК), який опитує інтерфейс користувача (ІК) і відповідно до алгоритму визначає керуючий вплив на силовий драйвер електроприводу (СДЕП), який в свою чергою керує швидкістю та напрямком обертання електричних двигунів приводу коліс (ЕПК1-ЕПК4). У якості датчика кута повороту та швидкості обертання двигуна використовуються безконтактні датчики положення, що працюють по типу інкрементального енкодера (ДШК1-ДШК4), які дають зворотній зв’язок для системи управління. Поточні данні від датчиків перераховуються у відносні одиниці положення колеса.

Блок перетворення напруги побудований на DC/DC перетворювачах і призначений для забезпечення усіх вузлів системи управління необхідною величиною напруги живлення незалежно від зміни напруги САКБ.

Таким чином система управління електроприводом на базі коліс Mecanum дозволяє отримати транспортну платформу з високим рівнем маневреності для переміщення вантажу в обмеженому просторі.

Література

1. Патент США №US3876255A. Колеса для стабільного самохідного транспортного засобу, що рухається в будь якому бажаному напрямку на землі або на іншій основі. – [Електронний ресурс] https://patents.google.com/patent/US3876255A/en

2. Dickerson, S.L., Lapin, “B.D.,Control of an omnidirectional robotic vehicle with Mecanum wheels”, in National Teleystems Conference Proceedings, p. 323-328, March 26-27, Atlanta, USA, 1991.
3. Mecanum wheels (Ilon wheel). – [Електронний ресурс] https://www.generationrobots.com/media/Mecanum-wheel-application.pdf

Kapsky Denis, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Automotive Engineering, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus
Rynkevich Sergey, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Automobiles", Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus
Semtchenkov Sergey, Master of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department "Transport Systems and Technologies", Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

IMPROVING THE SAFETY OF TRAMS BY IMPROVING THE STABILITY AND CONTROLLABILITY OF THE BRAKE

When designing vehicles, much attention is paid to active safety and braking control. Braking systems play an important role in ensuring safety.

Functionally, there are three braking modes:

service (under normal operating conditions);

emergency (for stopping in exceptional cases to prevent traffic accidents);

parking (to prevent uncontrolled movement under the influence of external forces).

Of great importance from the point of view of the operational performance of the brakes is the ability to brake without loss of stability of vehicles on the road surface. This question is also relevant when braking trams. But we are talking about maintaining their stability when braking on rails [1].

The following methods of braking are widely used in trams:

frictional, in which friction forces are created in braking mechanisms rigidly connected to wheel pairs;

electric, in which traction motors are switched to the mode of generators - current sources;

electromagnetic rail, in which the impact of brake shoes with electromagnets on the rails is carried out.

Trams operated in Belarus are equipped with the mandatory braking systems:

working (mechanical brake — drum pad or disc brake mechanism with a solenoid or hydraulic drive acting on braking — mechanical braking)

auxiliary (electric brake — electric braking);

additional (electromagnetic rail brake — magnetic rail braking).

With mechanical and electrical braking, the braking force is realized through the coupling of the wheels with the rails, since the mechanisms of these types of braking somehow affect the traction transmission and the wheelset of the tram.