

УДК 621.865.8

Михайлов Є.П., к.т.н.; Скринник А.І., магістр.
Одеський національний політехнічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ЛОКАЛЬНОЇ НАВІГАЦІЇ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Анотація. Розглянуті засоби локальної навігації мобільних роботів з різними типами приводів. Отримані залежності для визначення траєкторії переміщення мобільних роботів з використанням засобів одометрії та точності переміщення від помилок встановлення параметрів приводів переміщення та повороту. Дослідження, проведені на макетах роботів з різними типами двигунів показали, що точність переміщення відповідає отриманим залежностям.

Ключові слова: локальна навігація, привід, одометрія, траєкторія переміщення.

Аннотация. Рассмотрены средства локальной навигации мобильных роботов с различными типами приводов. Получены закономерности для определения траектории перемещения мобильных роботов с использованием средств одометрии и точности перемещения от ошибки установки параметров приводов перемещения и поворота. Исследование, проведенное на макетах роботов с различными типами двигателей, показали, что точность перемещения соответствует полученным закономерностям.

Ключевые слова: локальная навигация, привод, одометрия, траектория перемещения.

Zusammenfassung. Es wurde die lokale Navigation mobiler Roboter mit verschiedenen Arten von Antrieben ausgelegt. Sind die Regelmäßigkeiten für die Pfadbestimmung von mobilen Robotern mit der Verwendung von Odometriemitteln und für die Genauigkeit des Weges von den Fehler der Parametereinstellung der Bewegungs- und Drehantriebe erhalten. Die Testprobe des Robotermusters mit verschiedenen Arten von Motoren hat gezeigt, dass die Genauigkeit der Bewegung der erhaltenen Regelmäßigkeiten einstimmt.

Stichworte: lokale Navigation, Antrieb, Odometrie, Pfad.

Постановка проблеми.

Мобільні роботи усе частіше використовуються для автоматизації виробничого процесу, переміщення вантажу у складських приміщеннях, товарної логістики у торгівельних мережах сфери харчування, будівельної та інших сфер. Головним показником для використання мобільних роботів є ефективність засобів навігації мобільного робота, що забезпечують максимальну швидкість руху

робота, а також орієнтування виконавчого пристрою в зоні навантаження-розвантаження. Методи глобальної навігації дозволяють реалізовувати переміщення з певною точністю, але для безпечної роботи і позиціонування робота при здійсненні функцій навантаження-розвантаження необхідні методи локальної навігації.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Для встановлення маршруту переміщення мобільних роботів використовують різні засоби локальної та глобальної навігації [1, 2]. При використанні глобальної навігації, яка забезпечує високу точність переміщення, потрібні зовнішні засоби орієнтування, що ускладняє систему керування мобільного робота. Засоби локальної навігації можуть використовувати як зовнішні так і внутрішні засоби орієнтування.

До засобів зовнішнього орієнтування можна віднести системи маршрутослідкування з використанням датчиків, що використовують вказівники маршруту, та ідентифікатори на шляху пересування робота.

Внутрішні засоби орієнтування використовують визначення шляху переміщення за допомогою одометричних датчиків [3] та датчиків орієнтації робота та його окремих пристроїв. Недоліком цього методу є накопичування помилки, тому він використовується при переміщенні на короткі дистанції [4].

Постановка мети та задач дослідження.

Метою роботи є дослідження можливостей використання внутрішніх засобів локальної навігації для переміщення мобільних роботів по вказаному маршруту з урахуванням типів приводів, що використовуються для переміщення робота. При цьому були розглянуті мобільні роботи з диференціальним приводом та приводом типу трицикл, що використовують двигуни постійного струму та крокові двигуни. Задачі дослідження полягали у визначенні залежності точності переміщення від параметрів приводів, що використовують для програмування траєкторії переміщення.

Викладка основного матеріалу.

Розглянуті два типи приводів переміщення роботів, що використовуються найчастіше, а саме, диференціальний привод та привод типу трицикл (рис. 1).

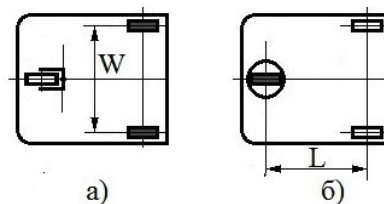


Рис.1. Мобільні роботи з диференціальним приводом (а) та приводом типу трицикл (б)

Для програмування шляху переміщення роботів найчастіше використовують переміщення по прямій та дузі кола (лінійну та кругову інтерполяцію).

При цьому основним параметром є шлях, який проходить ведуче колесо. Для визначення цього шляху у двигунів постійного струму найчастіше використовують засоби одометрії з датчиками, які видають певну кількість імпульсів на одне обертання колеса. Крокові двигуни здійснюють обертання на певний кут при подачі одного імпульсу і тому не потребують датчиків обертання.

При переміщенні по прямій шлях, що проходить робот незалежно від типу привода, залежить від кута повороту ведучого колеса (для робота з диференціальним приводом обидва ведучих колеса обертаються з однаковою швидкістю).

Оскільки одометричний датчик здійснює вимірювання кута переміщення колеса, то шлях l , що проходить колесо при обертанні на кут φ дорівнює

$$l = d \varphi / 2,$$

де d - діаметр колеса, φ кут обертання колеса у радіанах.

На рис. 2 наведені геометричні показники переміщення по дузі мобільних роботів з диференціальним приводом (а) та приводом типу трицикл (б) при використанні кругової інтерполяції.

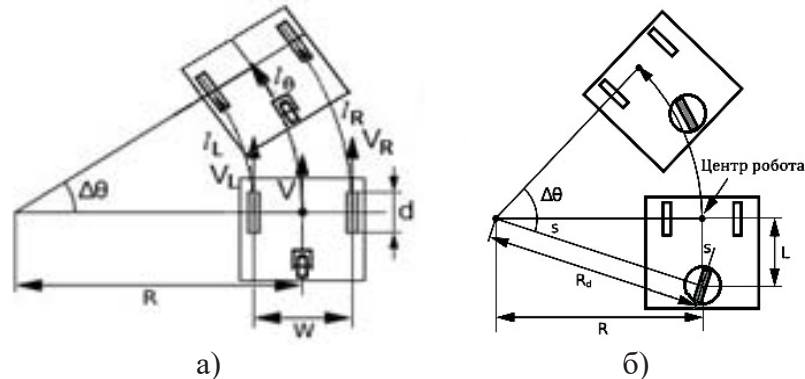


Рис.2. Геометричні показники переміщення по дузі мобільних роботів з диференціальним приводом (а) та приводом типу трицикл (б)

Для мобільного робота з диференціальним приводом радіус дузі R , кут повороту $\Delta\theta$, швидкості переміщення лівого та правого коліс V_L , V_R та відстань між колесами W пов'язані такими залежностями [5, 6]:

$$R = \frac{W(V_R + V_L)}{2(V_R - V_L)}$$

$$\Delta\theta = \frac{(V_R - V_L)\Delta t}{W} = \frac{l_R - l_L}{W}$$

При цьому радіус дузі лівого колеса дорівнює $R - W/2$, тому воно повинне пройти шлях:

$$l_L = V_L\Delta t = (R - W/2)\Delta\theta$$

Радіус дузі правого колеса дорівнює $R + W/2$, тому воно повинно пройти шлях:

$$l_R = V_R\Delta t = (R + W/2)\Delta\theta$$

Для мобільного робота з приводом типу трицикл радіус дузі R , кут повороту $\Delta\theta$, кут повороту ведучого рульового колеса s та відстань між осями опорних коліс і ведучого рульового колеса L пов'язані такими залежностями [5, 6]:

$$R = \frac{L}{\tan s}$$

$$s = \tan^{-1} \frac{L}{R}$$

$$\Delta\theta = \frac{V\Delta t}{R_d} = \frac{V\Delta t \sin s}{L} = \frac{l \sin s}{L}$$

Тоді для повороту робота на кут $\Delta\theta$ відстань $l_{\Delta\theta}$, яка буде пройдена приводним колесом, дорівнює:

$$l_{\Delta\theta} = \frac{L\Delta\theta}{\sin s}$$

Для переміщення на відстань l кількість імпульсів n_l , що повинен видати одометричний датчик при використанні двигуна постійного струму, або яка подається на кроковий двигун для переміщення, дорівнює:

$$n_l = \frac{n_d l}{d\pi}$$

де n_d - кількість імпульсів датчика на одне обертання колеса, d - діаметр колеса.

Для зменшення площі, що потрібна для розвороту робота доцільно здійснювати розворот з мінімальним радіусом (розворот на місці). (рис.3).

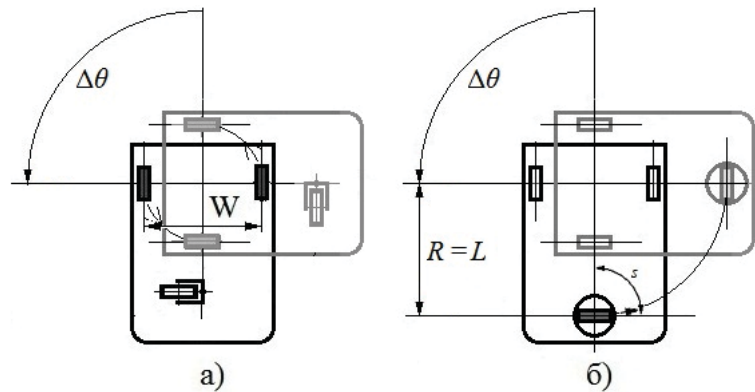


Рис.3. Схема розвороту на місці мобільних роботів з диференціальним приводом (а) та приводом типу трицикл (б)

Далі наведені залежності визначення кількості імпульсів, що використовує система керування, для найпростіших переміщень, а саме, для переміщення по прямій та повороту на вказаний кут на місці робота з диференціальним приводом та приводом типу трицикл.

Для повороту робота з диференціальним приводом на кут $\Delta\theta$ маємо:

$$n_{\Delta\theta} = \frac{n_d W \Delta\theta}{d_\pi}$$

де W - відстань між колесами робота.

Для повороту робота з приводом типу трицикл на кут $\Delta\theta$ маємо:

$$n_{\Delta\theta} = \frac{n_d L \Delta\theta}{d_\pi}$$

де L - відстань між осями ведучого рульового та опірних коліс робота.

Точності переміщення мобільного робота складається від помилок визначення шляху переміщення, а саме, від точності одометричного датчика, помилок встановлення швидкості обертання коліс та помилок повороту рульового колеса.

Точність визначення шляху за допомогою одометричного датчика визначається шляхом, що проходить колесо, між двома імпульсами.

Якщо n_d - кількість імпульсів датчика на одне обертання колеса, а d - діаметр колеса, то помилка Δl буде складати

$$\Delta l = \frac{d\pi}{n_d}$$

Для визначення точності переміщення за рахунок помилок встановлення швидкості обертання коліс та помилок повороту рульового колеса можна використати залежності, отримані для визначення залежності шляху переміщення та куту повороту при вказаному радіусі при використанні кругової інтерполяції для мобільних роботів з диференціальним приводом та приводом типу трицикл.

Дослідження проводилися на макетах роботів з різними типами двигунів (двигуни постійного струму та крокові двигуни).

Для визначення шляху та напрямку переміщення використовувалися засоби одометрії, а саме, датчики визначення кута обертання коліс та датчики кута повороту рульового колеса (для трицикла).

Зовнішній вигляд та принци дії оптичного датчика для визначення кругового переміщення, що використовується в системах керування мобільними роботами на базі контролерів Arduino, показаний на рисунку (рис.4).



Рис.4. Зовнішній вигляд, схема встановлення, схема видачі імпульсів одометричного датчика, що встановлений на приводному поворотному колесі мобільного роботу з диференціальним приводом.

Для дослідження мобільних роботів з диференціальним приводом використовувались такі макети:

1) макет на основі робототехнічного конструктора MINDSTORMS NXT 2.0, який має у своєму складі регульовані приводи постійного струму з регулюванням швидкості обертання та датчиком визначення кута обертання з точністю 1° ;

2) макет на основі крокових двигунів з системою керування на основі контролерів Arduino. При цьому використовувались крокові двигуни без редуктора, що забезпечують 200 кроків на одне обертання, та двигуни з редуктором, що забезпечують 4096 кроків на одне обертання

Використання крокових двигунів дає можливість встановлювати шлях та кут переміщення без датчиків кута обертання, а також досить точним встановленням швидкості обертання, що визначається частотою імпульсів.

Але точність переміщення та встановлення швидкості обертання при цьому визначається кількістю імпульсів на одне обертання.

Висновок:

Розглянуті засоби локальної навігації мобільних роботів з різними типами приводів.

Отримані залежності для переміщення вказаних роботів по дузі кола з визначеним радіусом. Наведено, що радіус повороту робота з диференціальним приводом визначається відношенням швидкості обертання коліс, а у робота типу трицикл кутом повороту рульового колеса.

Отримані залежності для визначення траєкторії переміщення мобільних роботів з використанням засобів одометрії та точності переміщення від помилок встановлення параметрів приводів переміщення та повороту.

Дослідження, проведені на макетах роботів з різними типами двигунів показали, що точність переміщення відповідає отриманим залежностям.

ЛІТЕРАТУРА

1. Mobile Robot Navigation. Edited by Alejandra Barrera. Published by InTech. Croatia. 2010.
2. Bischoff B., Nguyen-Tuong D., Streichert F., Ewert M., Knoll A.. Fusing Vision and Odometry for Accurate Indoor Robot Localization. //12th International Conference on Control, Automation, Robotics & Vision Guangzhou, China, 5-7th December 2012.
3. Chong K.S., Kleeman L. Accurate Odometry and Error Modelling for a Mobile Robot, MECSE-1996-6.
4. Михайлов Е.П., Ременюк Б.С. Реализация перемещения мобильного робота в автоматизированном складе // Электротехнические и компьютерные системы. 2016. № 23.
5. Михайлов Е.П., Кризь М.В. Локальна навігація мобільних роботів з використанням засобів одометрії // Подъемно-транспортная техника. – 2015. – № 4 (48). – с.21–30.
6. Антонов А. Описание движения мобильного робота. // 23 июня, 2014. Робототехника. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://robotosha.ru/robotics/robot-motion.html>.