

алгоритмі черговість відвідування точок враховується шляхом присвоєння кожній точці пріоритету. Чим вище пріоритет точки, тим раніше об'єкт повинен її відвідати. Цей алгоритм зручно застосовувати у випадках, коли на траєкторії руху об'єкта від стартової точки до кінцевої знаходяться інші точки, які є обов'язковими для відвідування на даній ділянці, і відвідати точки потрібно в порядку їх пріоритету.

Список використаних джерел

- [1] Алгоритмы предполетного квазиоптимального определения маршрутов группы беспилотных летательных аппаратов. / С. А. Норсеев. – 2017. – 20с. – (Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук).
- [2] Методика расчета траекторий полета беспилотных летательных аппаратов для наблюдения за / А.В. Марков, В.И.Симаньков.// ДОКЛАДЫ БГУИР – 2019. – № 4 (122) – С. 57-63.

ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧ КІНЕМАТИКИ ТА ДИНАМІКИ ГОМІЛКОВОСТОПНОГО МЕХАНІЗМУ РОБОТА

Середка Ю.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

Розглядається комплексна задача розрахунку сил, прикладених до валиків стоп і хрестовин гомілковостопного механізму.

Мета роботи: реалізувати програмне забезпечення для вирішення зазначеного завдання. На підставі розроблених програм провести розрахунки ходьби робота. В результаті отримати розрахунок сил, прикладених до валиків стоп і хрестовин гомілковостопного механізму. За цим силам визначити сили, що діють на деталі гомілковостопного механізму - валики хрестовини і стопи.

Основний матеріал. Дослідження ДКР в даний час є однією з найбільш цікавих тем в області робототехніки. З точки зору управління і ходьби проекти можна поділити на дві категорії. Перша група вимагає точного знання

характеристик робота включаючи масу, розташування центру мас та моменти інерції кожної ланки для підготовки ходьби моделей. Тому, вона, в основному, залежить від точності моделі.

Також, є друга група, яка використовує обмежені знання динаміки, це розташування загального центра мас, повного кутового моменту, і т.д. Так як контролер не знає про структуру системи, цей підхід багато в чому опирається на контроль зворотного зв'язку. Ми можемо назвати це обернений маятниковий підхід, оскільки використовується обернена модель маятника.

Розвинута нова модель ходьби що дозволяє довільно розміщати стопу на основі суміші точки нульового моменту («zero moment point», ZMP) [1] Коли ми застосовуємо обмеження на обернений маятник таким чином, що маса повинна рухатися уздовж довільної певної площини, ми отримуємо просту лінійну динаміку оберненого маятника (рис. 1.1). Якщо площина горизонтальна, то динаміка буде представлена в вигляді диференційного рівняння [2]-[3].

На рис. 1.2, використовується «візкова» модель (де в якості координати ξ може виступати абсциса x або ордината y центру мас (COM) возика, що збігається з центром мас робота) телескопічного оберненого маятника (див. рис. 1.1). Зображений візок з деякою масою m . Як показано на рисунку, ніжка стола занадто мала, щоб візок перебував на краях. Однак, якщо візок розганяється з належною швидкістю, стіл може триматися у вертикальному положенні на деякий час. В даний момент, ZMP існує всередині стопи. Коли ми представляємо робот в якості моделі з візком на столі і даємо рух візку як траєкторії центру мас робота.

Алгоритм рішення всієї задачі

1) Розрахунок сил на підшвах стоп при двохопорній і одноопорній фазі ходьби. Двохопорна фаза ходьби має місце в самий початковий проміжок часу до відриву однієї з ніг від по-поверхні ходьби і під час зміни опорної ноги;

2) задаємо закони зміни координат центру мас робота і

координати центральних точок на підшвах стоп, виходячи з даних по ході. Проводимо розрахунок зворотної кінематики - визначаємо закони зміни у часі 12-ти кутів в зчленуваннях нижніх кінцівок і координат центру таза, вважаючи, що таз разом з тулубом рухається прямолінійно поступально;

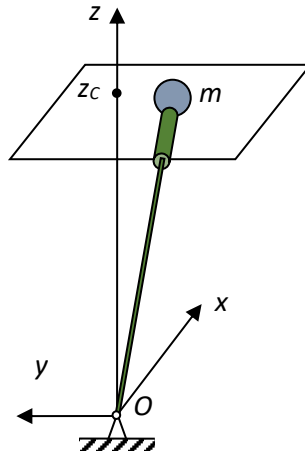


Рисунок 1.1-Телескопічний маятник зі зв'язком

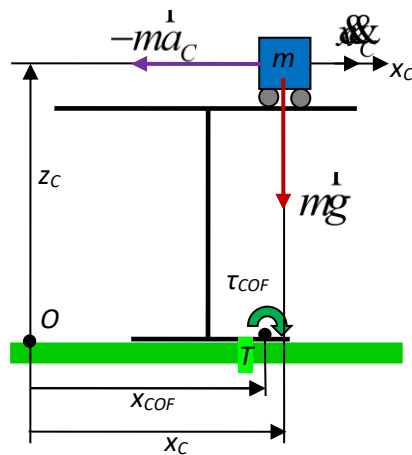


Рисунок 1.2 - Модель з візком на

3) цей розрахунок формує закон руху всіх ланок нижніх кінцівок. З огляду на тепер сили тяжіння і сили інерції всіх ланок, а також реакції ґрунту на підшвах, знайдемо ці реакції;

4) для цього розглянемо 2 методу – кінетостатичний і

динамічний:

а) кінетостатичний метод. Враховуємо в якості реакцій ґрунту:

– для двухопорної фази – 3 взаємно перпендикулярних складових сили на кожній стопі, разом, 6 невідомих;

- для одноопорної фази – 3 взаємно перпендикулярних складових сили і 3 складових моменту, разом, також, 6 невідомих.

Всі ці складові прикладаємо до центральної точки опорних стоп. Згідно з принципом Д'Аламбера складаємо 6 рівнянь, з яких знаходимо невідомі;

б) динамічний метод. Змоделюємо взаємодію опорних стоп з землею введенням сил пружності і дисипації, направлених за трьома взаємно перпендикулярним напрямом. Локалізуємо ці сили в 4-х кутах стоп. Разом маємо для одноопорної фази ходьби 12 сил пружності ґрунту і 12 сил дисипації, а для двухопорної – 24 сили пружності ґрунту і 12 сил дисипації. Ці сили лінійно залежать від величини і швидкості деформації ґрунту в кутах стоп. Невідомими тут, якраз, і є ці величини деформації. У кожен момент часу положення стоп визначається рішенням оберненої задачі кінематики (точніше умовами ходьби). З іншого боку, ці положення визначаються рішенням завдання динаміки з відомими кутами в шарнірах і невідомими деформаціями ґрунту (і їх швидкостями). Динамічна модель в обох зазначених завданнях – позиціонування і стеження однакова. За узагальнені координати можна взяти 3 картезіанські координати центру таза і 3 кута Крилова його орієнтації. Тоді положення стоп (їх кутів) однозначно визначиться цими узагальненими координатами і кутами в шарнірах ніг. Відмінність координат кутів стоп від заданого завдання оберненої кінематики дасть шукані деформації, від яких залежать сили пружності і дисипації. Ці сили будуть ліквідувати неузгодженість між заданим і поточним становищем стоп, а, значить, між заданим і поточним становищем робота в кожен момент часу. При цьому можна ще врахувати, що сили пружності і дисипації будуть діяти, якщо аплікати кутів стоп будуть негативні (тобто при контакті стопи з ґрунтом). При відриві стопи від ґрунту, тобто для неопорної стопи ці сили пропадають і

залишаються тільки на опорній стопі. Тому проводити розрахунок без поділу на одноопорну і двоопорну фази;

5) розрахунок сил, прикладених до валиків стоп і хрестовин голеностопного механізму.

Висновки. Був розроблений алгоритм для написання коду програми, вивчення існуючих методів для розв'язання поставленої задачі та розширення знань в області задачі. Була розв'язана обернена задача кінематики, визначений рух центра мас по характеристикам ходи. Актуальність роботи присвячена проектуванню ходи двоногих роботів.

Список використаних джерел

- [1] Вукобратович М. Шагающие роботы и антропоморфные механизмы. / М. Вукобратович — М.: Мир, 1980. — 544 с.
- [2] Jung-Yup Kim, Ill-Woo Park and Jun-Ho Oh. Walking Control Algorithm of Biped Humanoid Robot on Uneven and Inclined Floor. Journal of Intelligent and Robotic Systems, April 2007, Volume 48, Issue 4, pp 457–484.
- [3] S.Kajita, F. Kanehiro, K. Kaneko et al., “Biped Walking Pattern Generation by using Preview Control of Zero-Moment Point,” Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.1620-1626, 2003.
- [4] Андреев Ю. М. О динамике голономных систем твердых тел / Ю. М. Андреев, О. К. Морачковский // Прикл. механика. — 2005. — Т. 41, №7. — С. 130—138.
- [5] Андреев Ю. М. Новая система компьютерной алгебры для исследования колебаний структурно-сложных голономных и неголономных систем твердых тел / Ю. М. Андреев, О. К. Морачковский // Надежность и долговечность машин и сооружений : междунар. науч.-техн. сбор. НАН Украины. — К.: ИПП им. Писаренко Г. С., Ассоциация «Надежность машин и сооружений», 2006. — Вып. 26. — С. 11—18.
- [6] Буркин А.Н. Попов А.В. Особенности кинематики и динамики стопы, требующие учета при разработке методов и средств оценки при изгибе, 2013 . — С. 42. — 47.