

Облікова картка дисертації (ОКД)

Шифр спецради: ДФ 26.002.12

Відкрита

Вид дисертації: 08

Державний обліковий номер: 0823U100191

Дата реєстрації: 03-04-2023



1. Відомості про здобувача

ПІБ (укр.): Омелян Анатолій Васильович

ПІБ (англ.): Omelian Anatolii Vasylovych

Шифр спеціальності, за якою відбувся захист: 172

Дата захисту: 27-03-2023

На здобуття наукового ступеня: Доктор філософії (д.філ)

Спеціальність за освітою: Телекомунікації та радіотехніка

2. Відомості про установу, організацію, у ченій раді якої відбувся захист

Назва організації: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Підпорядкованість: Міністерство освіти і науки України

Код ЄДРПОУ: 02070921

Адреса: проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

Телефон: 380442367989

Телефон: 380442044862

Телефон: +38 (044) 204-82-82

E-mail: mail@kpi.ua

WWW: <https://kpi.ua/>

Інше: kpi.ua

3. Відомості про організацію, де виконувалася (готувалася) дисертація

Назва організації: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Підпорядкованість: Міністерство освіти і науки України

Код ЄДРПОУ: 02070921

Адреса: проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

Телефон: 380442367989

Телефон: 380442044862

Телефон: +38 (044) 204-82-82

E-mail: mail@kpi.ua

WWW: <https://kpi.ua/>

Інше: kpi.ua

4. Відомості про організацію, де працює здобувач

Назва організації: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Підпорядкованість: Міністерство освіти і науки України

Код ЄДРПОУ: 02070921

Адреса: проспект Перемоги, буд. 37, м. Київ, 03056, Україна

Телефон: 380442367989

Телефон: 380442044862

Телефон: +38 (044) 204-82-82

E-mail: mail@kpi.ua

WWW: <https://kpi.ua/>

Інше: kpi.ua

5. Наукові керівники та консультанти

Наукові керівники

Лисенко Олександр Миколайович (д. т. н., професор, 05.11.17)

6. Офіційні опоненти та рецензенти

Офіційні опоненти

Філімонов Сергій Олександрович (к. т. н., доцент, 05.13.05)

Ткачук Андрій Геннадійович (к. т. н., доц., 05.11.01)

Рецензенти

Мовчанюк Андрій Валерійович (к. т. н., доц., 05.02.02)

Орлов Анатолій Тимофійович (к. т. н., професор, 05.27.01)

7. Підсумки дослідження та кількісні показники

Підсумки дослідження: 40 - Нове вирішення актуального наукового завдання

Кількість публікацій: 12

Кількість сторінок: 160

Кількість патентів: 1

Кількість додатків: 6

Впровадження результатів роботи: 1

Ілюстрації: 90

Мова документа: Українська

Таблиці: 2

Зв'язок з науковими темами: 0118U003673

Схеми:

Використані першоджерела: 70

8. Індекс УДК тематичних рубрик НТІ

Індекс УДК: 621.4.004.67, 621.3

Тематичні рубрики: 55.42.81

9. Тема та реферат дисертації

Тема (укр.)

Методи та система підвищеної ефективності керування п'єзоелектричним мікроманіпулятором

Тема (англ.)

Methods and system of increasing the efficiency of piezoelectric micromanipulator control

Реферат (укр.)

Дисертаційна роботи присвячена вирішенню актуальної та важливої науково-прикладної задачі підвищення ефективності керування п'єзоелектричним мікроманіпулятором на базі лінійних п'єзоелектричних двигунів на стоячих акустичних хвилях з прямокутним резонатором в мікро- та нанодіапазонах швидкостей, що досягнуто за рахунок подальшого розвитку і вдосконалення існуючих методів керування п'єзоелектричним мікроманіпулятором, розробки програмно-апаратних рішень, їх реалізації та системи керування на їх основі. Під ефективністю тут розуміється бажана відповідність наступним критеріям: -широкий діапазон швидкості руху; -низький рівень вібрацій; -точність позиціонування; -маневреність (точна та швидка реакція на команду керування). Проведено аналіз конструкції мікроманіпулятора, а також його базового компоненту – лінійного п'єзоелектричного двигуна. Досліджено властивості резонатора п'єзоелектричного двигуна, а також умови утворення двох взаємно-перпендикулярних механічних коливань в ньому для виникнення еліпсу руху. Це дало змогу оцінити можливості двигуна, переваги та недоліки в контексті застосування його в мікроманіпуляційній системі, а також визначити шляхи отримання покращених характеристик кінцевого пристроя. Встановлено, що основними перевагами даного типу двигунів є здатність утримувати положення без прикладання додаткової енергії та високі старт-стопні характеристики (можливість майже миттевого старту та зупинки двигуна). Проведено дослідження лінійних направляючих п'єзоелектричних двигунів, а саме кутів відхилення Pitch, Yaw та Roll від прямолінійного руху каретки двигуна (робочого інструменту маніпулятора), що дало змогу оцінити величину відхилення робочого інструменту маніпулятора в залежності від його довжини. Розроблено математичну модель переміщення робочого інструменту маніпуляційної системи під впливом кутових відхилень Pitch та Yaw, що дає можливість алгоритмічно компенсувати дані відхилення для мінімізації похиби позиціонування мікроманіпулятора з врахуванням експериментальних даних отриманих при досліджені напрямлюючих двигунів. За допомогою програмного комплексу Comsol Multiphysics проведено моделювання механічних коливань п'єзоелектричного резонатора двигуна, що дозволило підтвердити необхідність вибору саме правого електричного резонансного піка двигуна при його керуванні. На основі експериментальних досліджень характеристик двигуна підтверджена модель механічних коливань резонатора, а саме, що резонансна характеристика двигуна має два резонансні піки і найбільш ефективним методом керування швидкістю двигуна є регулювання частоти збудження в зоні правого схилу правого резонансного піка. Удосконалено метод керування п'єзоелектричним двигуном з прямокутним резонатором на основі широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) шляхом мінімізації швидкості двигуна при його старті та зупинці, що дозволило зменшити рівень шумів та вібрацій в 2-10 разів при роботі в мікродіапазоні. Подальшого розвитку отримав метод керування п'єзоелектричним двигуном, який забезпечив режим керування швидкістю в нанодіапазоні за рахунок використання фіксованої кількості імпульсів збудження (до 20 в послідовності) з регулюванням частоти слідування цих послідовностей, яка формувалася механічним засобом керування мікроманіпулятором (джойстик, трекбол), що дозволило підвищити маневреність керування більше, ніж у 2 рази. Удосконалено метод підвищеної точності позиціонування п'єзоелектричного мікроманіпулятора в автоматичному режимі за рахунок уникнення перерегулювань шляхом зміни переміщення маніпулятора при безперервному русі до крокового режиму руху з подальшою зупинкою в точці позиціонування. Розроблено алгоритмічні та програмні рішення реалізації удосконалених методів керування п'єзоелектричним мікроманіпулятором / двигуном та систему керування на їх основі, що дозволило досягти діапазон керування по швидкості 140 мм/с - 0.05 мм/с, точність позиціювання з енкодерною версією (5-10) мкм і, як наслідок, в середньому підвищило ефективність мікроманіпуляторної системи у порівнянні з існуючими рішеннями у 2 рази. Створено засоби контролю параметрів нових п'єзоелектрических двигунів, які дозволяють вимірювати характеристики п'єзоелектричного резонатора, досліджувати точність переміщень лінійних направляючих та здійснювати вимірювання вібраційних ефектів при досліджені нових методів керування п'єзовдвигуном та скоротити час їх тестування в середньому в 1.5-2 рази.

Реферат (англ.)

The dissertation is devoted to solving the actual and important scientific and applied problem of improving the control

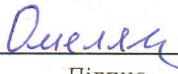
efficiency of a piezoelectric micromanipulator based on linear piezoelectric motors on standing acoustic waves with a rectangular resonator in the micro- and nanospeed ranges, which was achieved due to the further development and improvement of existing control methods piezoelectric micromanipulator, development of hardware and software solutions, their implementation and control systems based on them. Effectiveness here means the desired compliance with the following criteria: - a wide range of movement speed; - low vibration level; -accuracy of positioning; -maneuverability (accurate and quick reaction to the control command). An analysis of the design of the micromanipulator, as well as its basic component – a linear piezoelectric motor, was carried out. The properties of the resonator of the piezoelectric motor, as well as the conditions for the formation of two mutually perpendicular mechanical oscillations in it for the emergence of a motion ellipse, were studied. This made it possible to evaluate the motor's capabilities, advantages and disadvantages in the context of its application in a micromanipulation system, as well as to determine ways to obtain improved characteristics of the final device. It has been established that the main advantages of this type of engine are the ability to maintain a position without applying additional energy and high start-stop characteristics (the possibility of almost instantaneous start and stop of the engine). A research of the linear guides of piezoelectric motors, namely the angles of deviation of Pitch, Yaw and Roll from the rectilinear movement of the motor carriage (working tool of the manipulator) was carried out, which made it possible to estimate the amount of deviation of the working tool of the manipulator depending on its length. A mathematical model of the movement of the working tool of the manipulation system under the influence of Pitch and Yaw angular deviations has been developed, which makes it possible to algorithmically compensate the deviation data to minimize the positioning error of the micromanipulator, taking into account the experimental data obtained during the study of the guide motors. With the help of the Comsol Multiphysics software complex, the simulation of mechanical vibrations of the piezoelectric resonator of the engine was carried out, which made it possible to confirm the necessity of choosing the right electrical resonance peak of the engine during its control. On the basis of experimental studies of the engine characteristics, the model of mechanical oscillations of the resonator was confirmed, namely, that the resonance characteristic of the engine has two resonance peaks and the most effective method of controlling the engine speed is to adjust the excitation frequency in the zone of the right slope of the right resonance peak. The method of controlling a piezoelectric motor with a rectangular resonator based on pulse width modulation (PWM) has been improved by minimizing the speed of the motor during its start and stop, which allowed to reduce the noise and vibration level by 2-10 times when working in the micro range. The method of controlling the piezoelectric motor was further developed, which provided a speed control mode in the nanorange due to the use of a fixed number of excitation pulses (up to 20 in a sequence) with regulation of the frequency of following these sequences, which was formed by a mechanical means of controlling a micromanipulator (joystick, trackball), which made it possible to increase maneuverability by more than 2 times. The method of increased positioning accuracy of the piezoelectric micromanipulator in automatic mode has been improved due to the avoidance of over-adjustments by changing the movement of the manipulator during continuous movement to a step mode of movement followed by a stop at the positioning point. Algorithmic and software solutions for the implementation of improved methods of controlling a piezoelectric micromanipulator / motor and a control system based on them were developed, which allowed to achieve a speed control range of 140 mm/s - 0.05 mm/s, positioning accuracy with the encoder version (5-10) μ m and, as a result, on average, increased the efficiency of the micromanipulator system in comparison with existing solutions by 2 times. The means of controlling the parameters of new piezoelectric motors have been created, which allow to measure the characteristics of the piezoelectric resonator, to study the accuracy of movements of linear guides, and to measure vibration effects when researching new methods of controlling a piezoelectric motor, and to reduce the time of their testing by an average of 1.5-2 times.

Голова спеціалізованої вченової ради: Барилко Сергій Віталійович (д. т. н., 05.13.05)



Підпис

Відповідальний за подання документів: Омелян Анатолій Васильович (Тел.: 380663006267)



Підпис



Керівник відділу реєстрації наукової діяльності
УкрІНТЕІ

Юрченко Т.А.