Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U100191

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-04-2023

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Омелян Анатолій Васильович
2. Omelian Anatolii Vasylovych

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 172

Назва наукової спеціальності: Електроніка та телекомунікації. Телекомунікації та радіотехніка

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 27-03-2023

Спеціальність за освітою: Телекомунікації та радіотехніка

Місце роботи здобувача: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

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

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.002.12

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

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

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

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

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації:

Коди тематичних рубрик: 55.42.81

Тема дисертації:

1. Методи та система підвищеної ефективності керування п’єзоелектричним мікроманіпулятором
2. Methods and system of increasing the efficiency of piezoelectric micromanipulator control

Реферат:

1. 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 пристрою. Встановлено, що основними перевагами даного типу двигунів є здатність утримувати положення без прикладання додаткової енергії та високі старт-стопні характеристики (можливість майже миттєвого 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 похибки позиціонування мікроманіпулятора з врахуванням експериментальних даних отриманих при дослідженні направляючих 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'єзоелектричних двигунів, які дозволяють вимірювати характеристики п'єзоелектричного резонатора, досліджувати точність переміщень лінійних направляючих та здійснювати вимірювання вібраційних ефектів при дослідженні нових методів керування п'єзодвигуном та скоротити час їх тестування в середньому в 1.5-2 рази.

2. 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) μm 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.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:

Підсумки дослідження:

Публікації:

Наукова (науково-технічна) продукція:

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації:

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лисенко Олександр Миколайович
2. Lysenko Oleksandr Mykolayovych

Кваліфікація: д. т. н., 05.11.17

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Філімонов Сергій Олександрович
2. Filimonov Serhiy O.

Кваліфікація: к. т. н., 05.13.05

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ткачук Андрій Геннадійович
2. Tkachuk Andrii Genadiiovych

Кваліфікація: к. т. н., 05.11.01

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мовчанюк Андрій Валерійович
2. Movchanuk Andrey V.

Кваліфікація: к. т. н., 05.02.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Орлов Анатолій Тимофійович
2. Orlov Anatolii Timofijovych

Кваліфікація: к. т. н., 05.27.01

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Барилко Сергій Віталійович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Барилко Сергій Віталійович
Відповідальний за підготовку облікових документів	
Реєстратор	
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Т.А.