

**Наукова робота**

**РОЗРОБИТИ НАУКОВІ ОСНОВИ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ  
МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИХ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ  
ДЛЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ  
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ**

**Шифр роботи «Мехатрон»**

**2024-2028**

**Науковий керівник роботи:** Акинін К.П. д.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник;

**Відповідальні виконавці:** Кіреєв В.Г. к.т.н., с.н.с., старший науковий співробітник;

Петухов І.С. д.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник.

# ПРИКЛАДИ ПОПЕРЕДНІХ РОЗРОБОК БЕЗКОНТАКТНИХ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

## МЕХАТРОННІ МОДУЛІ НА ЗАМІНУ КОЛЕКТОРНИХ ДВИГУНІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ СЕРІЇ ДПР ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТА МЕДИЧНОЇ ТЕХНІКИ



**БЕЗКОНТАКТНИЙ АНАЛОГ ДРП72-Н1,  
АДАПТОВАНИЙ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ  
В ХІРУРГІЧНИЙ ДРИЛЬ**

Максимальна частота обертання ротору –  
1500 об/хв;

Номінальна потужність – 18 Вт;

Напруга живлення – 27 В;

Розміри модуля –  $\varnothing$  40x100 мм .



**БЕЗКОНТАКТНИЙ АНАЛОГ ДРП72-Н1,  
АДАПТОВАНИЙ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ  
В ХІРУРГІЧНУ ПИЛКУ**

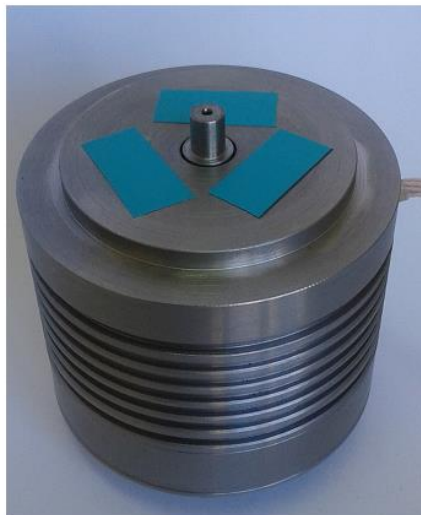
Максимальна частота обертання ротору –  
6000 об/хв;

Номінальна потужність – 18 Вт;

Напруга живлення – 27 В;

Розміри модуля –  $\varnothing$  40x100 мм .

# МОМЕНТНІ ДВИГУНИ ДЛЯ СПЕЦІАЛЬНИХ РАДОЛОКАЦІЙНИХ, ОПТИЧНИХ ТА ТЕЛЕВІЗІЙНИХ СИСТЕМ



## БЕЗКОНТАКТНИЙ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИЙ МОМЕНТНИЙ ДВИГУН

Максимальна частота обертання ротору – 60 об/хв;  
Максимальний момент – 2,2 Н·м; ;  
Напруга живлення – 27 В;  
Зовнішній діаметр двигуна – 90 мм.



## БЕЗКОНТАКТНИЙ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИЙ МОМЕНТНИЙ ДВИГУН

Максимальна частота обертання ротору – 7 об/хв;  
Максимальний момент – 0,7 Н·м;  
Напруга живлення – 27 В;  
Зовнішній діаметр двигуна – 70 мм.



# МЕХАТРОННІ МОДУЛІ РЕАКТИВНИХ МАХОВИКІВ ДЛЯ СИСТЕМ ОРІЄНТУВАННЯ СУПУТНИКІВ У КОСМІЧНОМУ ПРОСТОРІ

4



## РЕАКТИВНИЙ МАХОВИК З ПЛАТОЮ КЕРУВАННЯ

Максимальна частота обертання ротору –  
6000 об/хв;

Момент інерції маховика навколо осі обертання –  
 $0,00002145 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ;

Напруга живлення плати керування – 2.9...3.6 В;

Розміри двигуна-маховика –  $\varnothing 58 \times 42 \text{ мм}$ ;

Маса двигуна-маховика – 200 г.



## РЕАКТИВНІ МАХОВИКИ ДЛЯ ТРИКООРДИНАТНОГО ОРІЄНТУВАННЯ СУПУТНИКА

Максимальна частота обертання ротору –  
6000 об/хв;

Момент інерції маховика навколо осі обертання –  
 $0,00014 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ;

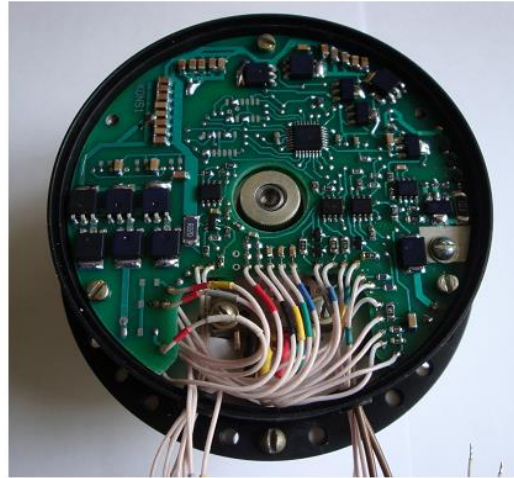
Напруга живлення – 2.9...3.6 В;

Розміри двигуна-маховика –  $74 \times 74 \times 33 \text{ мм}$ ;

Маса двигуна-маховика – 360 г.

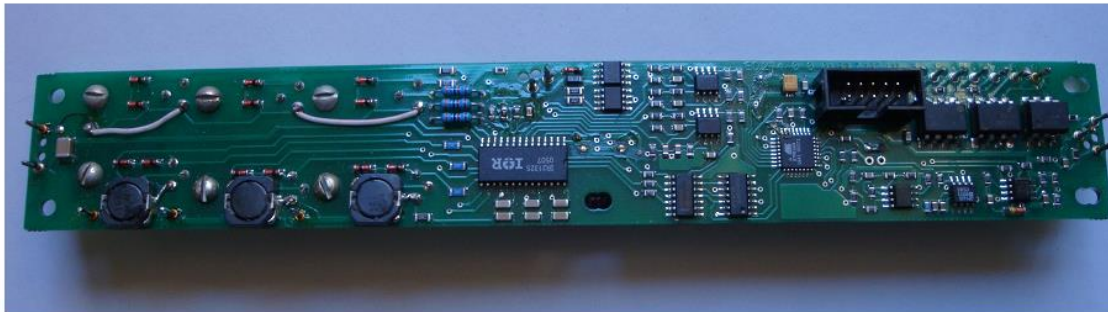
# МЕХАТРОННІ МОДУЛІ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПЕВНИХ ФУНКЦІЙ

5



## МЕХАТРОННИЙ МОДУЛЬ КОСМІЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ ПРИБАДУ СКАНУВАННЯ АТМОСФЕРИ ЗЕМЛІ

Номинальна частота обертання ротору –  
42,84 об/хв;  
Напруга живлення – 24 В;  
Зовнішній діаметр – 100 мм.



## БЕЗДАВАЧЕВА ПЛАТА КЕРУВАННЯ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИМ ДВИГУНОМ КАВЕРНОМІРУ

Номинальна частота обертання ротору –  
2000 об/хв;  
Напруга живлення – 200 В;  
Максимальний момент двигуна – 0,15 Н·м;  
Розміри двигуна –  $\varnothing$  53x85 мм;  
Температура – 125°C;  
Тиск – 1000 атм.



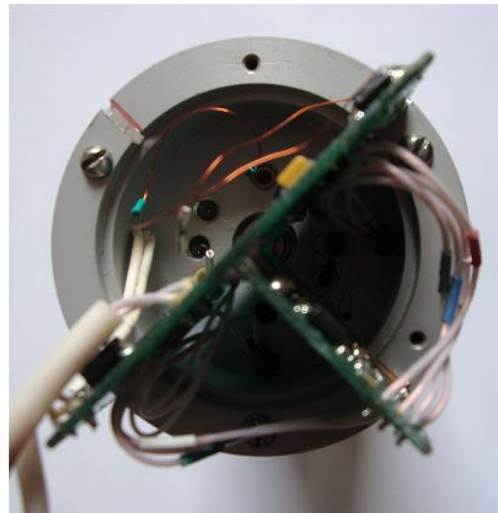
# МЕХАТРОННІ МОДУЛІ ДЛЯ МЕДИЧНОЇ ТЕХНІКИ

6



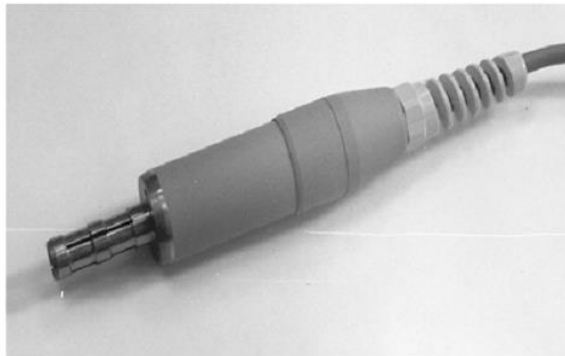
## МЕХАТРОННИЙ МОДУЛЬ ХІРУРГІЧНОГО СТОЛА

Номінальна частота обертання ротору –  
200 об/хв;  
Номінальна потужність – 50 Вт;  
Напруга живлення – 24 В;  
Зовнішній діаметр – 140 мм.



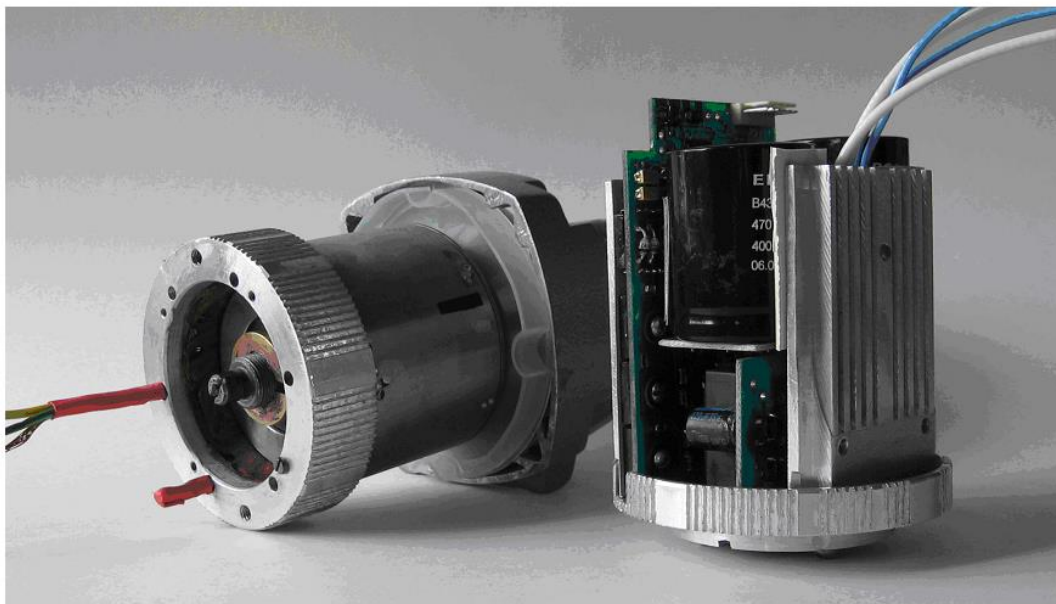
## МЕХАТРОННИЙ МОДУЛЬ КЛАПАНА АПАРАТУ ШТУЧНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЛЕГЕНЬ

Максимальний кут повороту – 70 градусів;  
Максимальна похибка – 0,4 %.



## ЗУБОТЕХНІЧНА ТА СТОМАТОЛОГІЧНА БОРМАШИНИ З БЕЗДАВАЧЕВИМ КЕРУВАННЯМ

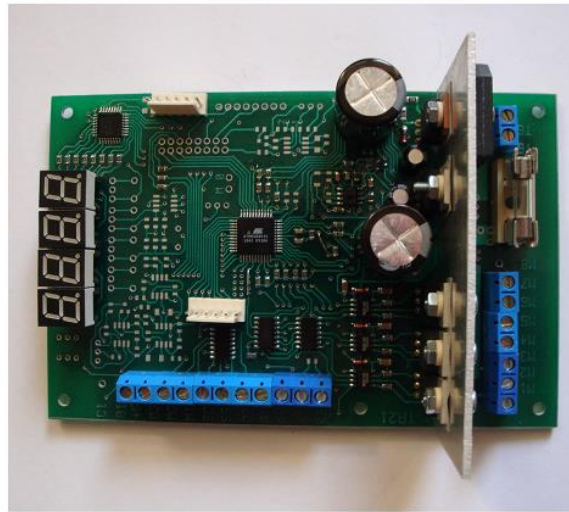
Діапазон регулювання частоти обертання ротору – 1000...40000 об/хв;  
Механічна потужність – 100 та 20 Вт;  
Маса двигунів – 0,31 та 0,1 кг.



## МЕХАТРОННИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ РУЧНОГО ЕЛЕКТРОІНСТРУМЕНТУ

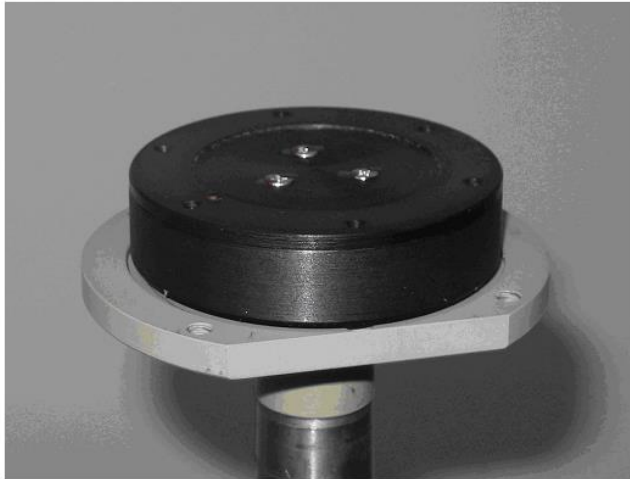
Напруга живлення – 220 В, 50 Гц;  
Номінальна частота обертання ротору – 23000 об/хв;  
Максимальний момент – 0,873 Н·м;  
Споживана потужність при максимальному моменті – 2100 Вт;  
Габаритні розміри активної частини двигуна без системи керування –  $\varnothing 74 \times 88$  мм.





## ЕЛЕКТРОПРИВОД РОЗРИВНОЇ МАШИНИ ТА ВИПРОБУВАЛЬНОГО ПРЕСУ

Напруга живлення – 24 В;  
Номінальна потужність – 40 Вт  
Діапазон регулювання частоти обертання  
ротору – 20...4000 об/хв;  
Зовнішній діаметр статора двигуна – 50 мм.



## МЕХАТРОННИЙ МОДУЛЬ ДИСКОВОЇ КОМПОНОВКИ

Номінальна частота обертання ротору –  
1500 об/хв;  
Номінальна потужність – 3,0 Вт;  
Напруга живлення – 15 В;  
Зовнішній діаметр – 60 мм.



## **ПІДТИПИ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИХ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ, ЯКІ ОБРАНО ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

**9**

- **магнітоелектричні мехатронні модулі як виконавчі елементи у спеціалізованих системах автоматичного керування, в яких традиційно використовуються колекторні двигуни постійного струму;**
- **магнітоелектричні мехатронні модулі з інтегрованими безконтактними магнітоелектричними тахогенераторами для автоматизованих електро-механічних систем;**
- **магнітоелектричні мехатронні модулі реактивних маховиків для систем орієнтування супутників;**
- **мехатронні модулі з виконавчими магнітоелектричними моментними двигунами для спеціалізованих систем автоматичного орієнтування рухомих об'єктів.**

### **МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ**

**розробка наукових основ, принципів побудови та структур керованих магнітоелектричних мехатронних модулів для їх використання в техніці спеціального призначення як виконавчих елементів систем автоматичного керування; комплексна структурна та параметрична оптимізація модулів обраних підтипів, які суттєво відрізняються один від одного за параметрами та умовами функціонування.**

- розробити загальні принципи побудови мехатронних модулів на основі безконтактних магнітоелектричних двигунів для спеціалізованих систем автоматичного керування;
- розробити принципи побудови серії магнітоелектричних мехатронних модулів як виконавчих елементів у спеціалізованих системах автоматичного керування, в яких традиційно використовуються колекторні двигуни постійного струму;
- розробити принципи побудови магнітоелектричних мехатронних модулів реактивних маховиків для систем орієнтування супутників;
- розробити принципи побудови безконтактних магнітоелектричних моментних двигунів для мехатронних модулів у спеціалізованих системах орієнтування рухомих об'єктів;
- розробити принципи побудови систем керування рухом ротора безконтактних магнітоелектричних моментних двигунів мехатронних модулів для спеціалізованих систем автоматичного орієнтування рухомих об'єктів;
- розробити структури відповідних мехатронних модулів.



- дослідити комплекси вимог, що висуваються до магнітоелектричних мехатронних модулів для їх функціонування у складі спеціалізованих систем автоматичного керування різного призначення;

- вибрати та обґрунтувати критерії оптимізації для кожного з типів магнітоелектричних мехатронних модулів, а саме: мехатронних модулів для спеціалізованих систем автоматичного керування, мехатронних модулів реактивних маховиків для систем орієнтування супутників, мехатронних модулів на основі моментних двигунів для систем орієнтування рухомих об'єктів;

- провести комплексний аналіз структур безконтактних магнітоелектричних двигунів та систем керування ними, визначити структури мехатронних модулів для спеціалізованих систем автоматичного керування різного призначення;

- розробити математичні моделі безконтактних магнітоелектричних двигунів та систем керування ними, провести оптимізацію двигунів та систем керування за обраними критеріями;

- шляхом математичного моделювання дослідити та проаналізувати електромеханічні, електромагнітні та теплові процеси, що відбуваються в магнітоелектричних мехатронних модулях; дослідити режими роботи мехатронних модулів у складі спеціалізованих систем автоматичного керування;

- розробити діючі зразки магнітоелектричних мехатронних модулів різного призначення та провести експериментальні дослідження їх характеристик;

- розробити багатфакторні підходи до вибору раціональних ненадлишкових рішень для реалізації певних функцій та забезпечення максимуму пріоритетних характеристик мехатронних модулів з урахуванням заданих параметрів та обмежень.

- критерії оптимізації для обраних підтипів магнітоелектричних мехатронних модулів, а саме: мехатронних модулів для спеціалізованих систем автоматичного керування, мехатронних модулів реактивних маховиків для систем орієнтування супутників, мехатронних модулів на основі моментних двигунів для систем орієнтування рухомих об'єктів;
- принципи створення магнітоелектричних мехатронних модулів зазначених підтипів відповідно до обраних критеріїв оптимізації;
- структури, математичні моделі безконтактних магнітоелектричних двигунів та результати оптимізації їх активних зон відповідно до заданих критеріїв; залежності характеристик двигунів від параметрів їх активних зон;
- структури, математичні моделі та принципи побудови систем керування безконтактними магнітоелектричними двигунами у складі мехатронних модулів відповідно до умов їх експлуатації; методи керування координатами двигунів; залежності показників якості керування мехатронними модулями від параметрів двигунів та регуляторів систем керування;
- структури магнітоелектричних мехатронних модулів для їх функціонування у складі спеціалізованих систем автоматичного керування різного призначення.
- діючі зразки мехатронних модулів та результати експериментальних досліджень.