



Politechnika
Śląska

MODERNIZACJA I BADANIA JEJ WPŁYWU NA WŁASNOŚCI EKSPLOATACYJNE PROTOTYPU SERWONAPĘDU CYKLOIDALNEGO DLA ROBOTA MOBILNEGO

Wojciech PYKA

PROWADZĄCY PROJEKT: dr hab. inż. Piotr PRZYSTAŁKA, prof. PŚ

OPIEKUN dr inż. Wawrzyniec PANFIL

WYDZIAŁ MECHANICZNY TECHNOLOGICZNY

POLITECHNIKA ŚLĄSKA

Gliwice, 12.01.2021

Plan prezentacji

- I. Zakres i cel pracy
- II. Analiza problemów I prototypu motoreduktora
- III. Obliczenia obciążeń i analizy wytrzymałościowe modelu prototypu II
- IV. Model CAD prototypu II
- V. Projekt układu elektronicznego prototypu II
- VI. Układ sterowania
- VII. Badania porównawcze obu prototypów
- VIII. Wersja fizyczna prototypu II
- IX. Badania eksploatacyjne prototypu II

Cel i zakres pracy

CEL PROJEKTU

Celem niniejszego projektu było opracowanie prototypu II serwonapędu cykloidalnego do zastosowań w robotyce mobilnej w oparciu o istniejący już prototyp w wersji I, eliminując niedoskonałości prekursora w wersji finalnej prototypu II.

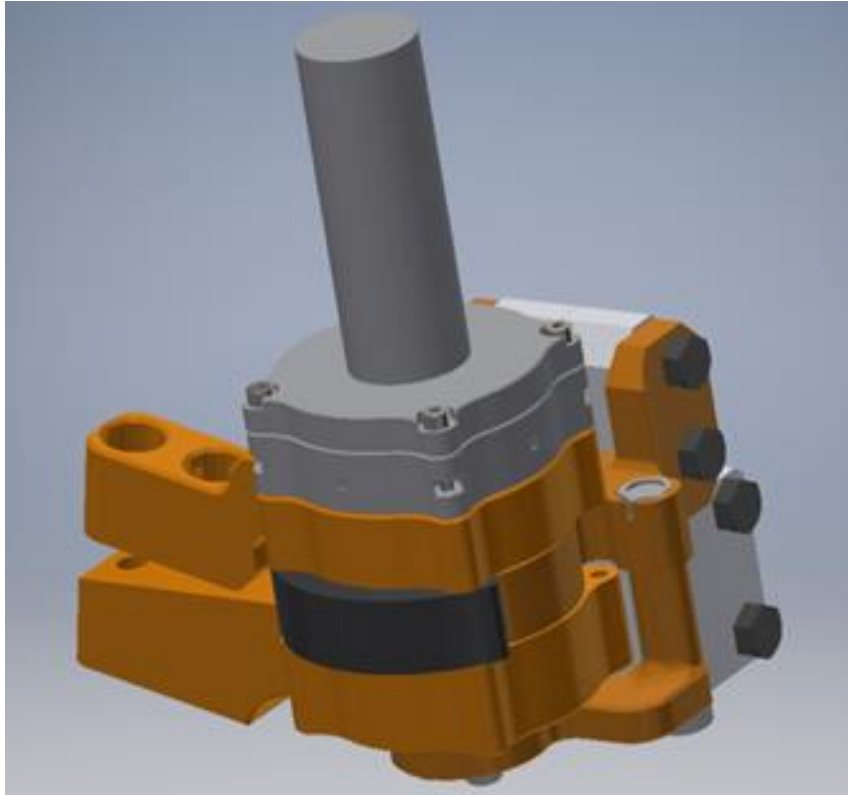
ZAKRES PROJEKTU

- 1.Badania i analiza problemów występujących w istniejącym prototypie serwonapędu (I prototyp)
- 2.Wprowadzenie zmian konstrukcyjnych
- 3.Opracowanie modelu CAD prototypu przekładni
- 4.Analiza wytrzymałościowa przekładni
- 5.Wykonanie prototypu motoreduktora cykloidalnego
- 6.Projekt i wykonanie prototypowego układu elektronicznego dla serwonapędu
- 7.Implementacja prostego oprogramowania na potrzeby testów serwonapędu
- 8.Badania eksploatacyjne zmodernizowanego serwonapędu (II prototyp)
- 9.Analiza porównawcza wyników badań I i II prototypu serwonapędu



ANALIZA PROBLEMÓW I PROTOTYPU MOTOREDUKTORA

4



Rys. 1 Model motoreduktora w wersji I prototypu

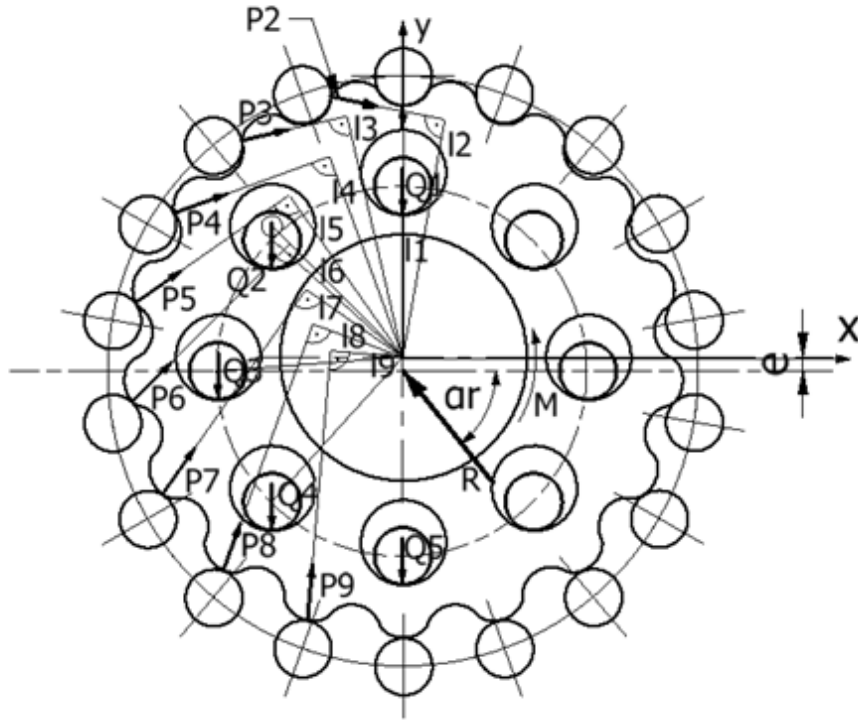


Rys. 2 Zdjęcie pękniętego koła zębatego cykloidalnego oraz
ściętego wału mimośrodowego

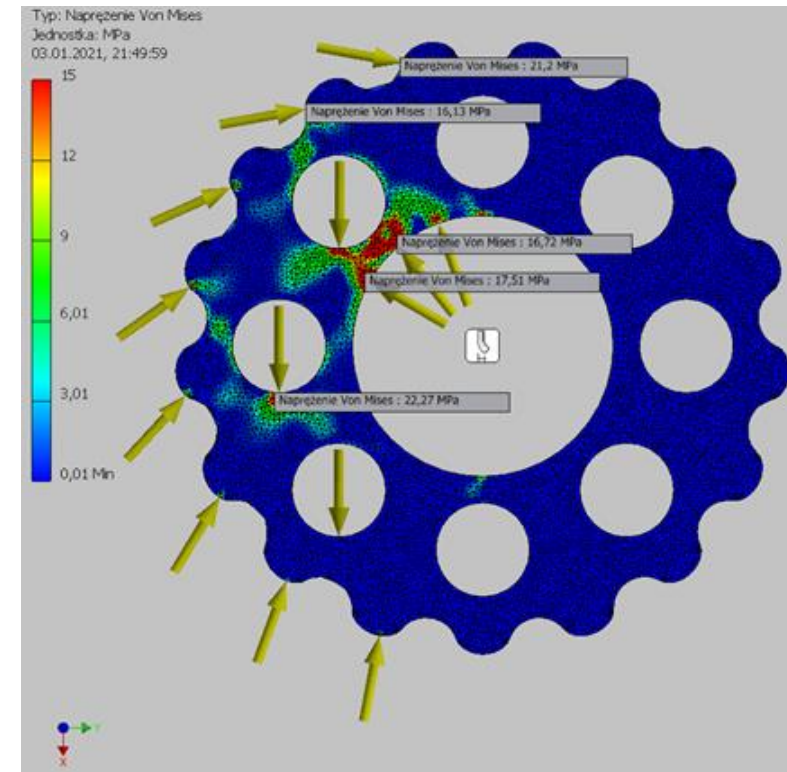
OBLICZENIA OBCIĄŻEŃ I ANALIZY WYTĘŻENIOWE MODELU PROTOTYPU II

TEORIA OBCIĄŻEŃ KOŁA ZĘBATEGO CYKLOIDALENGO

5



Rys. 3 Schemat obciążeniowy koła zębatego cykloidalnego



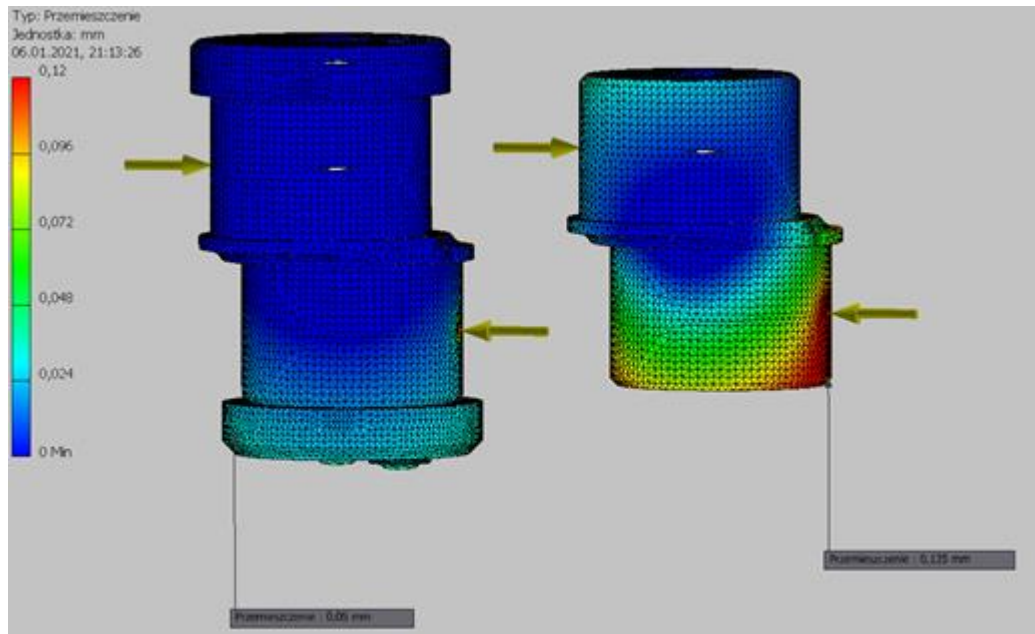
Rys. 4 Analiza MES płaskiego stanu napężenia koła zębatego cykloidalnego dla prototypu w wersji II

OBLICZENIA OBCIĄŻEŃ I ANALIZY WYTĘŻENIOWE

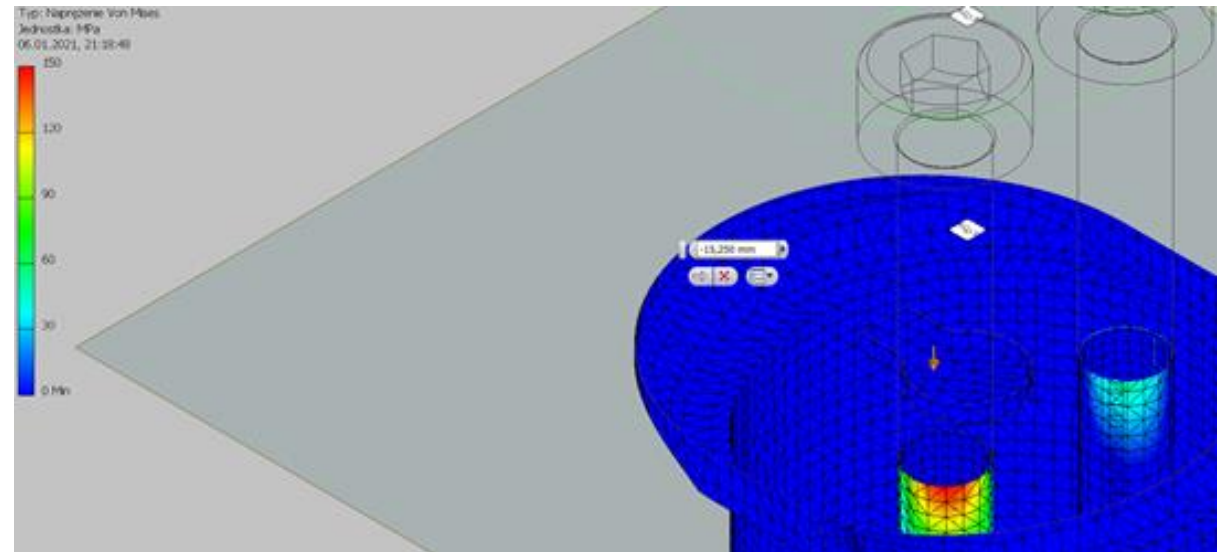
MODELU PROTOTYPU II

KONSTRUKCJA WAŁU

6



Rys. 5 Mapa przemieszczeń wałów mimośrodowych prototypu II - wersja zbrojona śrubami pasowanymi (z lewej) i wersja niezbrojona (z prawej)

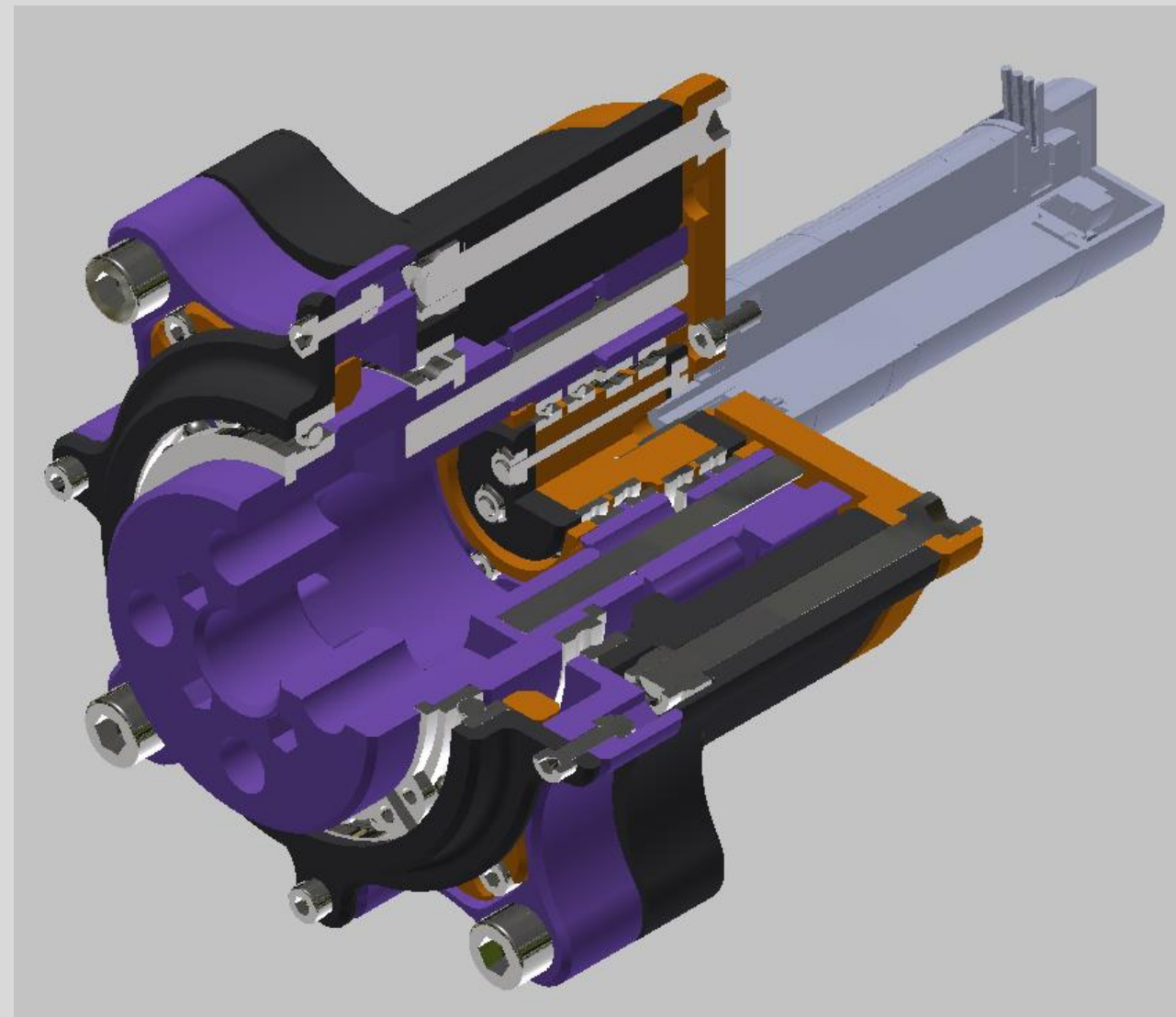


Rys. 6 Analiza naprężeń redukowanych w śrubach zbrojących wał

MODEL CAD PROTOTYPU II

7

BUDOWA WEWNĘTRZNA MOTOREDUKTORA



Rys. 7 Widok przekroju w jednej czwartej wnętrza motoreduktora



Politechnika
Śląska



75 lat
POLITECHNIKI
ŚLĄSKIEJ

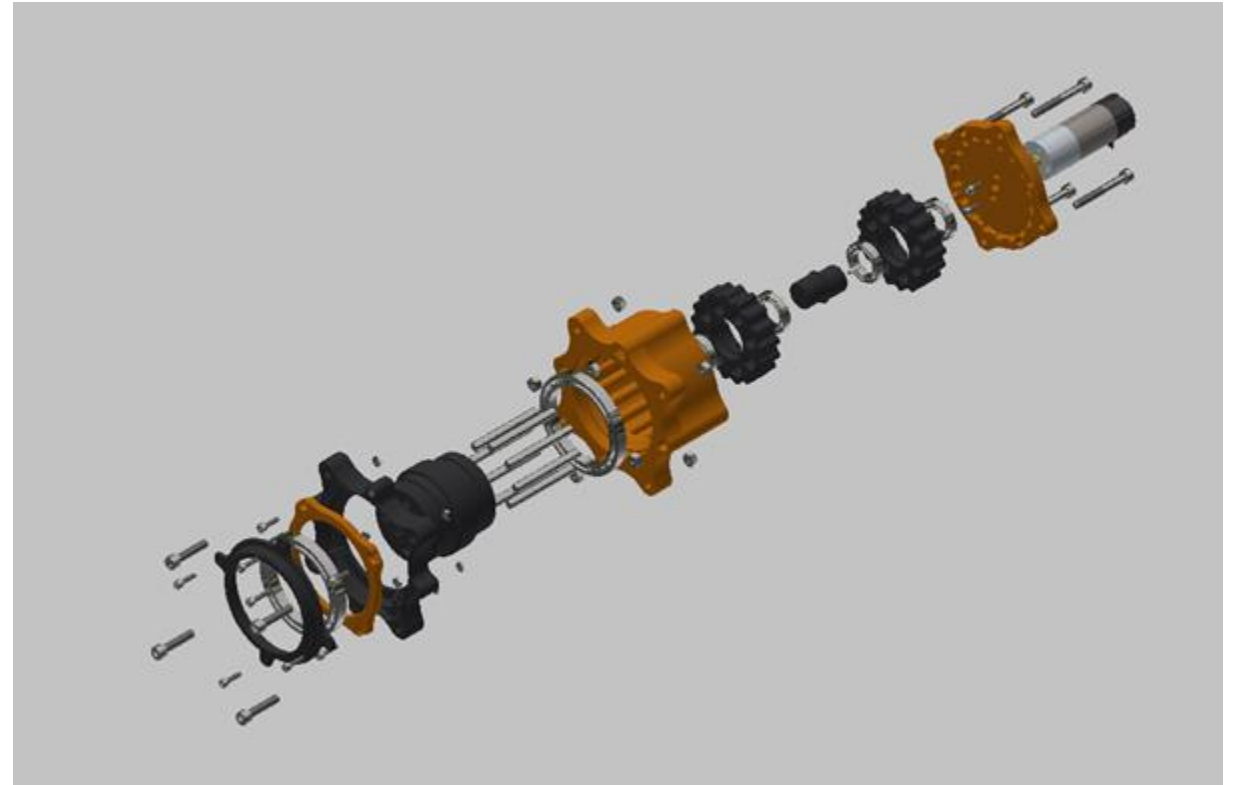
MODEL CAD PROTOTYPU II

MONTAŻ

8



Rys. 8 Widok izometryczny modelu mechanicznego prototypu serwonapędu w wersji II

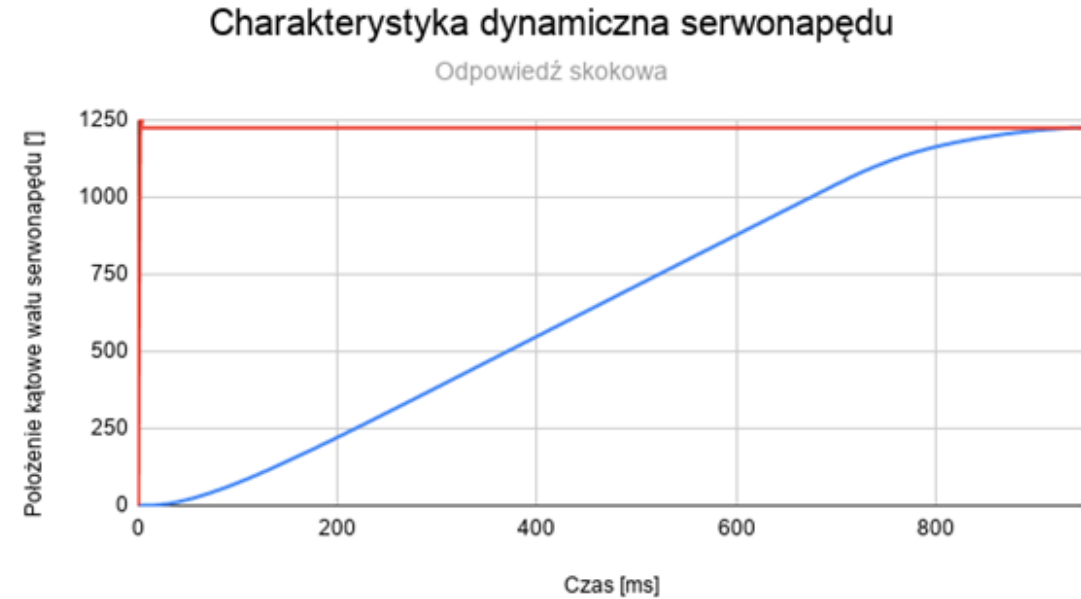


Rys. 9 Widok rozstrzelony modelu serwonapędu prototypu w wersji II

UKŁAD STEROWANIA

10

- Możliwość komunikacji przy użyciu magistrali UART bądź I2C
- Zastosowanie regulacji PID przy doświadczalnym strojeniu ręcznym
- Wysoka precyzja pozycji, rzędu minuty kątowej
- Płynny rozruch i gładkie hamowanie bez znacznych przesterowań i oscylacji

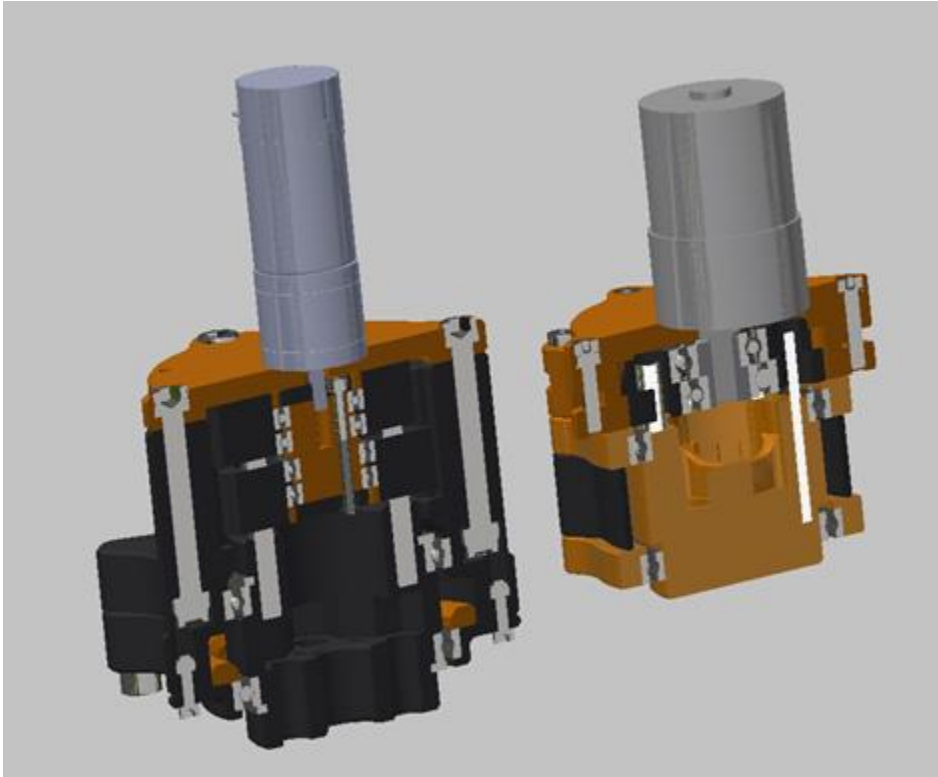


Rys. 11 Charakterystyka dynamiczna serwonapędu - odpowiedź skokowa

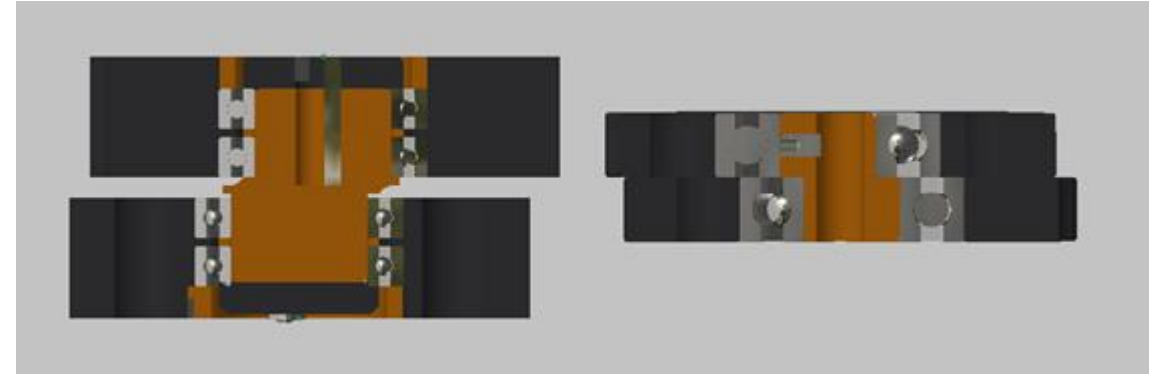
BADANIA PORÓWNAWCZE OBU PROTOTYPÓW

PORÓWNANIE KONSTRUKCYJNE

11



Rys. 12 Porównanie przekrojów prototypu w wersji II (z lewej) z prototypem w wersji I (z prawej)

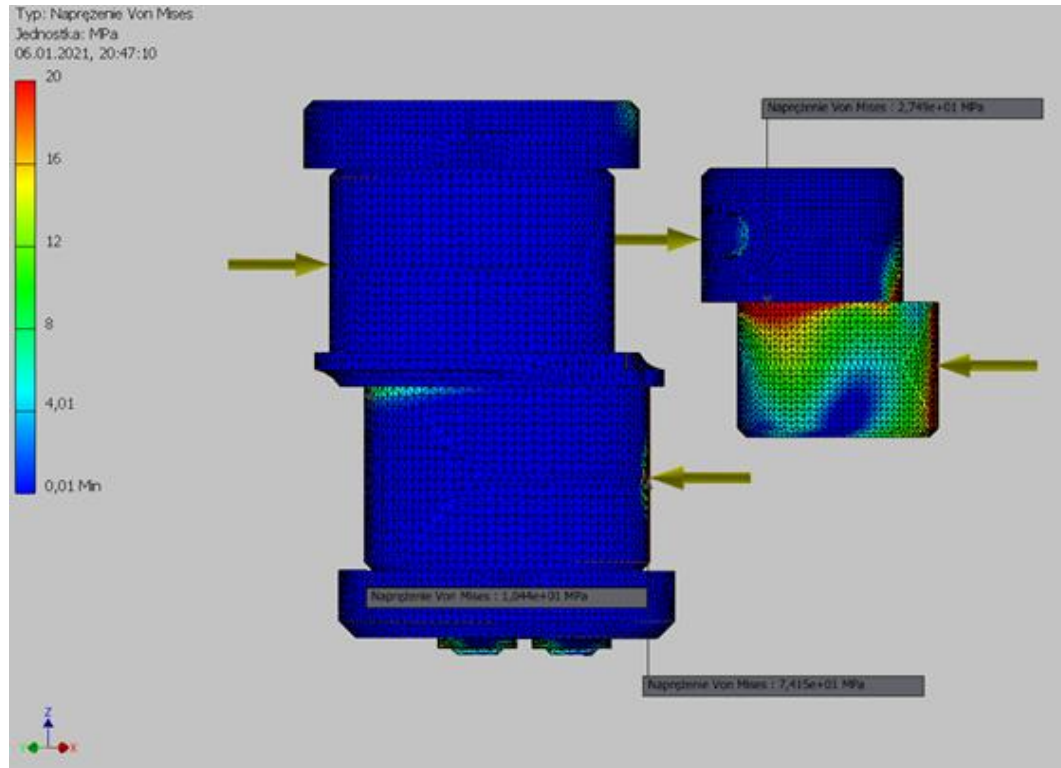


Rys. 13 Porównanie stanu naprężenia kół zębatach cykloidalnych prototypu w wersji II (z lewej) z prototypem w wersji I (z prawej)

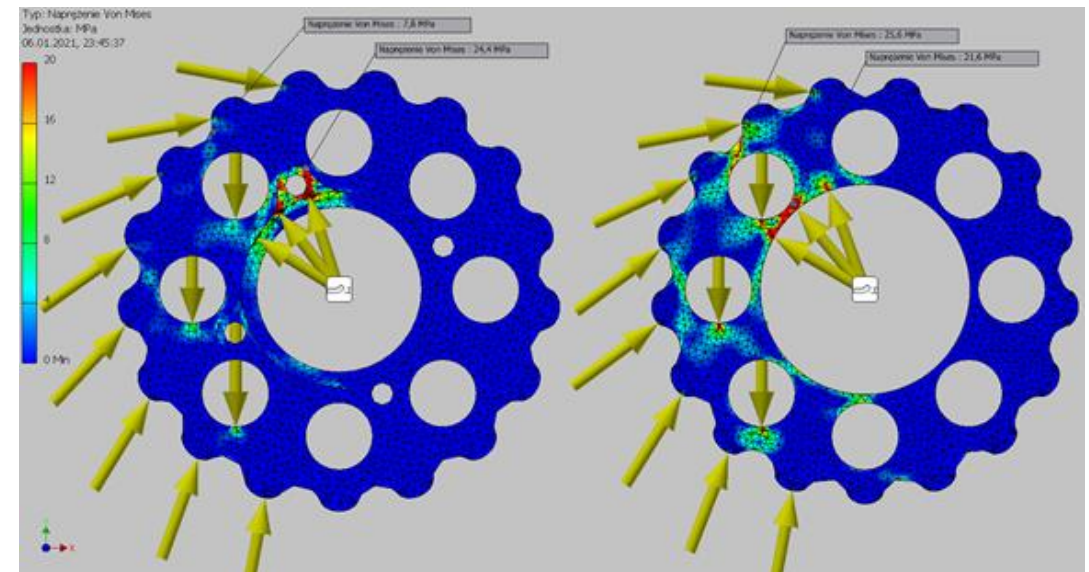
BADANIA PORÓWNAWCZE OBU PROTOTYPÓW

PORÓWNANIE WYTĘŻENIA ELEMENTÓW KRYTYCZNYCH

12



Rys. 14 Porównanie przekrojów prototypu w wersji II (z lewej) z prototypem w wersji I (z prawej)

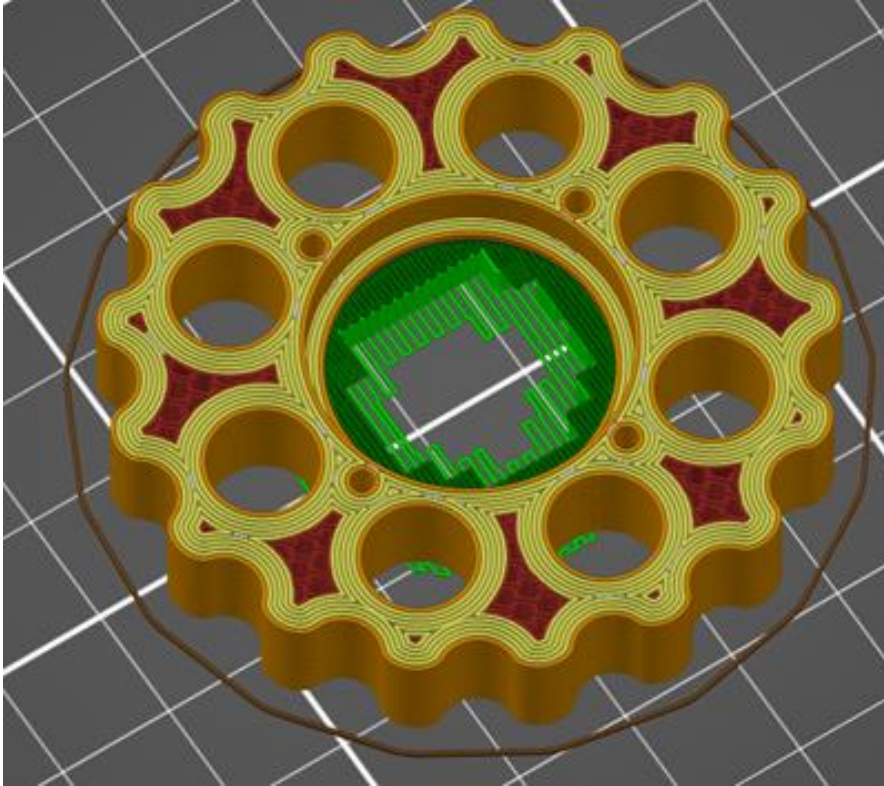


Rys. 15 Porównanie stanu naprężenia kół zębatych cykloidalnych prototypu w wersji II (z lewej) z prototypem w wersji I (z prawej)

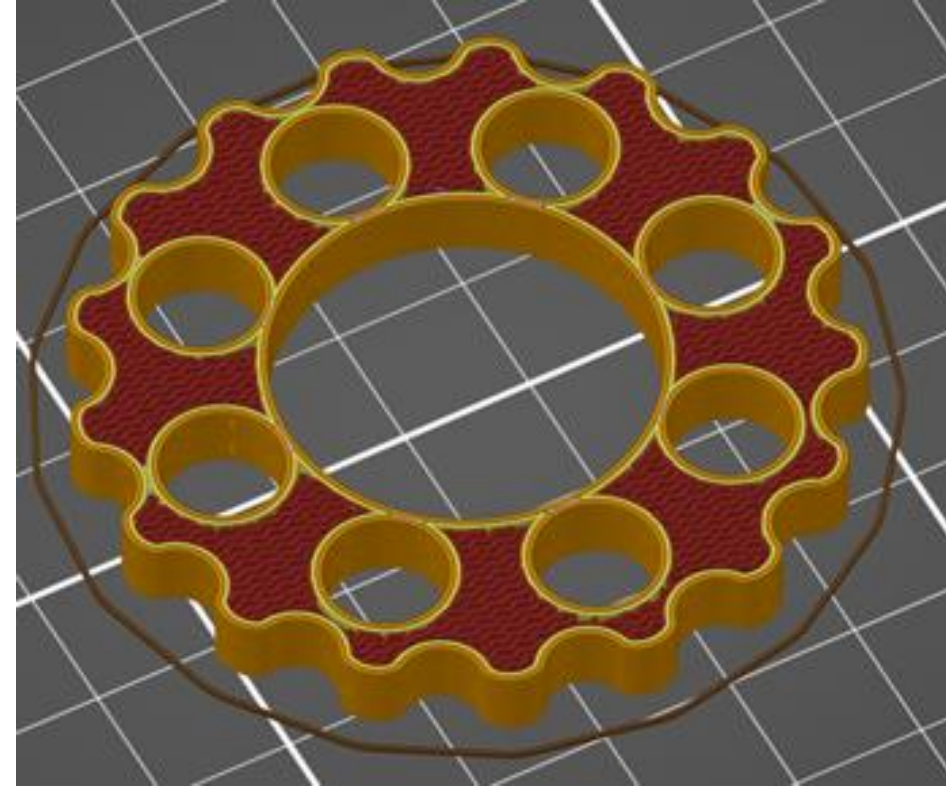
BADANIA PORÓWNAWCZE OBU PROTOTYPÓW

PORÓWNANIE PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH

13



Rys. 16 Przedstawienie procesu technologicznego druku 3D koła zębatego cykloidalnego w prototypie II



Rys. 17 Przedstawienie procesu technologicznego druku 3D koła zębatego cykloidalnego w prototypie II

14

WERSJA FIZYCZNA PROTOTYPU II



Rys. 18 Wykonanie rzeczywiste serwonapędu



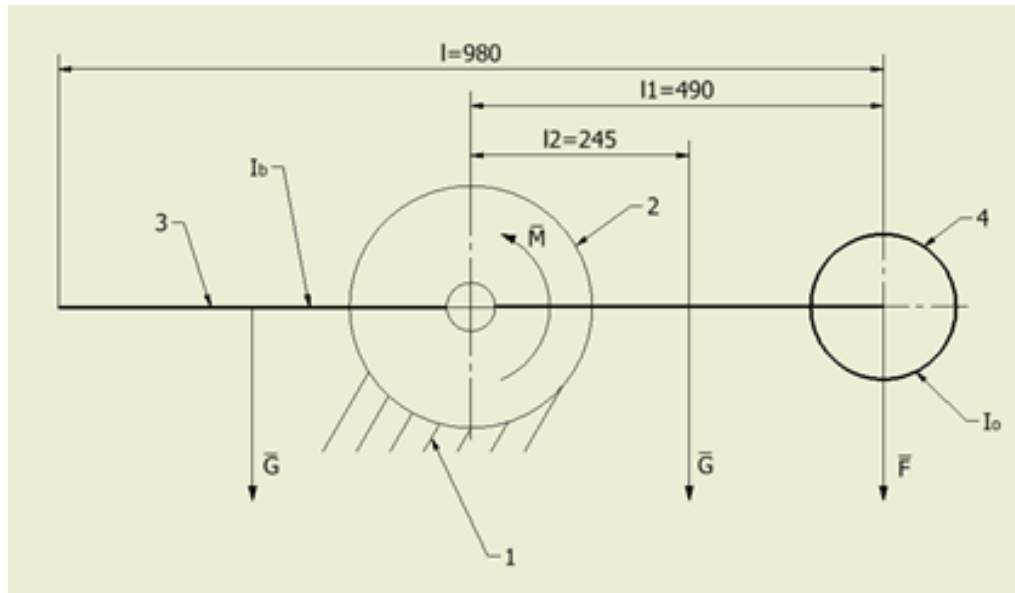
Politechnika
Śląska



75 lat
POLITECHNIKI
ŚLĄSKIEJ

BADANIA EKSPLOATACYJNE PROTOTYPU II

15



Rys. 19 Schemat stanowiska do badania właściwości eksploatacyjnych serwonapędu



Rys. 20 Stanowisko do badania eksperymentalnego eksploatacji serwonapędu

LITERATURA

- [1] Chmurawa M. *Obiegowe przekładnie cykloidalne z modyfikacją zazębienia*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2002
- [2] Artobolevsky I.I., Edelstein B.V. *Zbiór zadań o teorii maszyn i mechanizmów*, Moskwa, 2009
- [3] Sandin P. *Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated*, McGraw-Hill, 2003
- [4] Jureczko M. *Analiza dynamiczna pojazdu z zawieszeniem przegubowym*, Projekt inżynierski, 2020
- [5] Pyka W., Bręczewski J. *A prototype mobile platform of analog exploration rover*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2020
- [6] Dokumentacja silnika DC firmy Pololu <https://www.pololu.com/product/4867/specs> , dostęp 03.01.2021
- [7] Kosmol J., Lis K. *Laboratorium z napędów mechatronicznych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2014
- [8] Kalita M. *Koncepcja przekładni cykloidalnej przeznaczonej dla zakrętarek elektrycznych*, czasopismo Maszyny Górnicze nr 3/2018 s. 57-66
- [9] Thube S.V., Bobak T.R. *Dynamic Analysis of a Cycloidal Gearbox Using Finite Element Method*, American Gear Manufacturers Association, Alexandria, 2015
- [10] Cantrell J. et al. *Experimental Characterization of the Mechanical Properties of 3D-Printed ABS and Polycarbonate Parts*, z publikacji Advancement of Optical Methods in Experimental Mechanics, 2017
- [11] Szykiedans K. et al. *Selected mechanical properties of PETG 3-D Prints*, XXI International Polish-Slovak Conference “Machine Modeling and Simulations 2016”, 2016
- [12] Strona producenta mikrokontrolera Arduino <https://store.arduino.cc/arduino-nano>, dostęp 04.01.2021
- [13] Strona producenta mostka H L298N ST <https://www.st.com/en/motor-drivers/l298.html> , dostęp 04.01.2021



LITERATURA

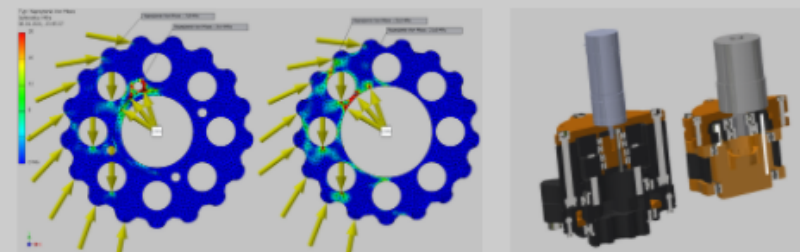
- [14] Węgrzyn S. *Podstawy automatyki*, PWN, 1972
- [15] Dokumentacja filamentu Prusament PET-G https://prusament.com/media/2020/01/PETG_TechSheet_ENG.pdf, dostęp 06.01.2021
- [16] Dokumentacja filamentu Prusament ASA https://prusament.com/media/2018/09/ASA_DataSheet_ENG.pdf, dostęp 06.01.2021
- [17] Dokumentacja filamentu ColorFabb XT-CF20
<https://colorfabb.com/xt-cf20#product-downloads>, dostęp 06.01.2021
- [18] Kurmaz L., Kurmaz O. *Podstawy konstruowania węzłów i części maszyn*, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce, 2011
- [19] Fischer U. et al. *Poradnik mechanika*, REA-SJ, Konstancin-Jeziorna, 2011
- [20] Zbiór filmów instruktażowych nt. wytrzymałości elementów drukowanych
https://www.youtube.com/watch?v=AmEaNAwFSfI&ab_channel=CNCKitchen,
https://www.youtube.com/watch?v=ycGDR752fT0&t=693s&ab_channel=CNCKitchen,
https://www.youtube.com/watch?v=fbSQvJJjw2Q&t=653s&ab_channel=CNCKitchen, dostęp 06.01.2021
- [21] Leyko J. *Mechanika ogólna t.2*, PWN, Warszawa, 2011
- [22] Dokumentacja silnika DC firmy Buehler http://www.mobot.pl/download/1_61_077_4xx_en.pdf, dostęp 06.01.2021
- [23] Caban T. *Prototyp manipulatora do robota eksploracyjnego*, Projekt inżynierski, 2020

Modernizacja i badania jej wpływu na własności eksploatacyjne prototypu serwonapędu cykloidalnego dla robota eksploracyjnego

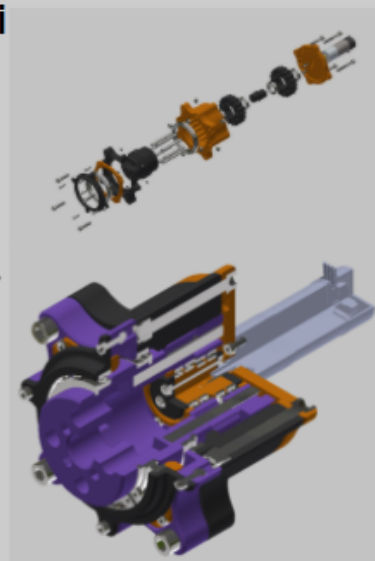
Cel pracy

Celem pracy było opracowanie prototypu II serwonapędu cykloidalnego do zastosowań w robotyce mobilnej w oparciu o istniejący już prototyp w wersji I, wprowadzając szereg korekt do prototypu II motoreduktora oraz udowodnienie poprawności zastosowanych zmian poprzez badania porównawcze.

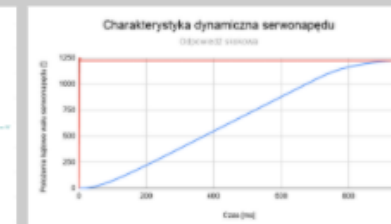
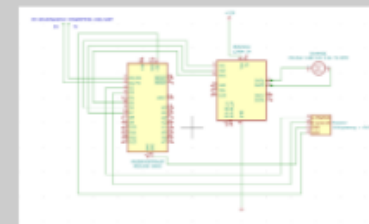
Badania porównawcze



Proces modernizacji serwonapędu



Elektronika i sterowanie



Nazwa katedry: Katedra Podstaw Konstrukcji Maszyn
Rodzaj pracy: Praca dyplomowa inżynierska
Temat: Modernizacja i badania jej wpływu na własności eksploatacyjne prototypu serwonapędu cykloidalnego dla robota mobilnego
Autor: Wojciech PYKA
Kierunek: Mechatronika
Prowadzący projekt: dr hab. inż. Piotr PRZYSTAŁKA, prof. PŚ
Opiekun: dr inż. Wawrzyniec PANFIL
Rok akademicki: 2020/2021