



**POLITECHNIKA
BYDGOSKA**
Wydział Telekomunikacji,
Informatyki i Elektrotechniki



Ministerstwo
Edukacji Narodowej



advanced
protection
systems



„ELEKTROMECHATRON”
Ogólnopolska Olimpiada Elektroników i Mechatroników
Rok szkolny 2024/2025

Zadania dla grupy mechatronicznej na zawody III stopnia

Instrukcja dla zdającego

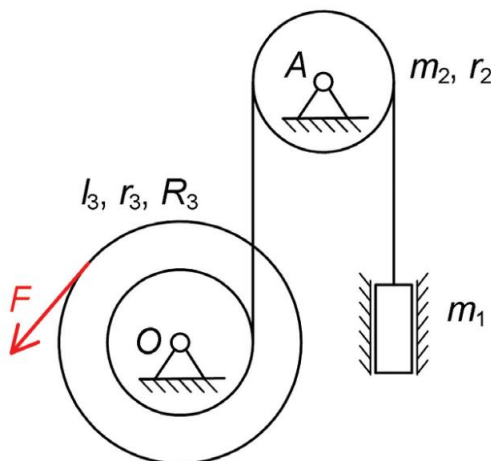
1. Czas trwania zawodów: 120 minut.
2. III stopień Olimpiady zawiera 5 zadań otwartych.
3. Należy podać poprawną odpowiedź wraz z tokiem rozwiązania.
4. Za każdą prawidłową odpowiedź uzyskuje się maksymalnie 10 punktów. Maksymalna liczba punktów do zdobycia za 5 zadań to 50 punktów.
5. Można korzystać z przyborów do pisania, rozdawanych kart czystopisu i brudnopisu, kalkulatorów i tablic matematycznych. **Korzystanie z notebooków, tabletów, telefonów komórkowych, smartfonów, smartwatchy, kalkulatorów programowalnych, itp. jest zabronione.**

Życzymy powodzenia!

Zadanie 1

Układ materialny przedstawiony na Rys.1 złożony jest z dwóch wysrodkowanych krążków o środku O, momencie bezwładności I_3 oraz promieniach r_3 , R_3 , do którego jest przyłożona siła F . Krążek ten połączony jest z drugim krążkiem o środku A, masie m_2 i promieniu r_2 , do którego zamocowany jest bloczek o masie m_1 . Ciała znajdują się w polu grawitacyjnym i są połączone ze sobą za pomocą nierozciągliwej, nieważkiej nici. Korzystając z ogólnego równania dynamiki, wyznaczyć przyspieszenia kątowe krążków oraz przyspieszenie masy.

Podczas rozwiązywania zadania zapisz wszystkie niezbędne obliczenia i uzasadnij je.

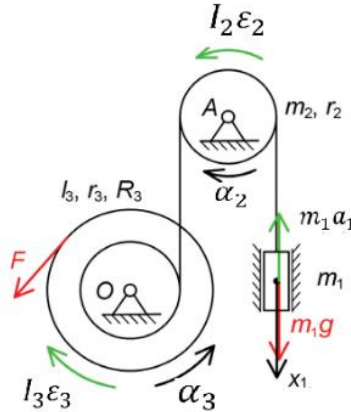


Rys. 1. Mechanizm do zadania 1.

Rozwiązanie:

Mechanizm przedstawiony na Rys. 1 ma jeden stopień swobody. Krążki o środkach O i A wykonują ruch obrotowy, a masa porusza się ruchem postępowym.

Zaznaczmy na schemacie naszego układu kąt obrotu α_2 i α_3 oraz przemieszczenie masy m_1 jako x_1 . Na układ działają siły ciężkości i dana siła F . Zaznaczamy również siłę bezwładności dla ciała o masie m_1 , natomiast dla krążków siła bezwładności sprowadza się do pary sił dających odpowiednio moment $I_2\varepsilon_2$ oraz $I_3\varepsilon_3$.



Zapiśzemy równania więzów wzdłuż linek, porównując przemieszczenia początku i końca linki:

$$\begin{aligned}x_1 &= r_2 \alpha_2 \\ r_2 \alpha_2 &= r_3 \alpha_3\end{aligned}$$

Korzystając z zależności prędkości liniowej i kątowej:

$$\begin{aligned}v_1 &= r_2 \omega_2 \\ r_2 \omega_2 &= r_3 \omega_3\end{aligned}$$

Więc:

$$\omega_3 = \frac{r_2}{r_3} \omega_2$$

Zależność przyspieszenia liniowego i przyspieszenia kątowego kształtuje się następująco:

$$\begin{aligned}a_1 &= r_2 \varepsilon_2 \\ r_2 \varepsilon_2 &= r_3 \varepsilon_3\end{aligned}$$

Zatem:

$$\varepsilon_3 = \frac{r_2}{r_3} \varepsilon_2$$

Korzystając z II zasady dynamiki Newtona dla ruchu obrotowego i ruchu postępowego:

$$(m_1 g - m_1 a_1) v_1 + (-I_2 \varepsilon_2) \omega_2 + (F R_3 - I_3 \varepsilon_3) \omega_3 = 0$$

Podstawiając wcześniej wyliczone zależności z równań więzów, podstawiamy wszystkie prędkości kątowe oraz wszystkie przyspieszenia kątowe:

$$(m_1 g - m_1 r_2 \varepsilon_2) r_2 \omega_2 + (-I_2 \varepsilon_2) \omega_2 + (F R_3 - I_3 \frac{r_2}{r_3} \varepsilon_2) \frac{r_2}{r_3} \omega_2 = 0$$

Wyciągamy przed nawias ω_2 :

$$\left(m_1 g r_2 - m_1 r_2^2 \varepsilon_2 - I_2 \varepsilon_2 + F R_3 \frac{r_2}{r_3} - I_3 \frac{r_2^2}{r_3^2} \varepsilon_2 \right) \omega_2 = 0$$

Wiemy, że $\omega_2 \neq 0$, zatem:

$$m_1 g r_2 - m_1 r_2^2 \varepsilon_2 - I_2 \varepsilon_2 + F R_3 \frac{r_2}{r_3} - I_3 \frac{r_2^2}{r_3^2} \varepsilon_2 = 0$$

W powyższym równaniu naszą niewiadomą jest ε_2 , które możemy wyznaczyć:

$$\left(m_1 r_2^2 + I_2 + I_3 \frac{r_2^2}{r_3^2}\right) \varepsilon_2 = m_1 g r_2 + F R_3 \frac{r_2}{r_3}$$

Zatem:

$$\varepsilon_2 = \frac{m_1 g r_2 + F R_3 \frac{r_2}{r_3}}{m_1 r_2^2 + I_2 + I_3 \frac{r_2^2}{r_3^2}}$$

Znając już przyspieszenie ε_2 oraz wstawiając je do wzorów na ε_3 oraz a_1 wyliczymy pozostałe przyspieszenia:

$$\varepsilon_3 = \frac{r_2}{r_3} \varepsilon_2 = \frac{m_1 g r_2^2 + F R_3 \frac{r_2^2}{r_3}}{m_1 r_2^2 r_3 + I_2 r_3 + I_3 \frac{r_2^2}{r_3}}$$

$$a_1 = r_2 \varepsilon_2 = \frac{m_1 g r_2^2 + F R_3 \frac{r_2^2}{r_3}}{m_1 r_2^2 + I_2 + I_3 \frac{r_2^2}{r_3^2}}$$

Odpowiedź:

$$a_1 = \frac{m_1 g r_2^2 + F R_3 \frac{r_2^2}{r_3}}{m_1 r_2^2 + I_2 + I_3 \frac{r_2^2}{r_3^2}}$$

$$\varepsilon_2 = \frac{m_1 g r_2 + F R_3 \frac{r_2}{r_3}}{m_1 r_2^2 + I_2 + I_3 \frac{r_2^2}{r_3^2}}$$

$$\varepsilon_3 = \frac{m_1 g r_2^2 + F R_3 \frac{r_2^2}{r_3}}{m_1 r_2^2 r_3 + I_2 r_3 + I_3 \frac{r_2^2}{r_3}}$$

Zadanie 2

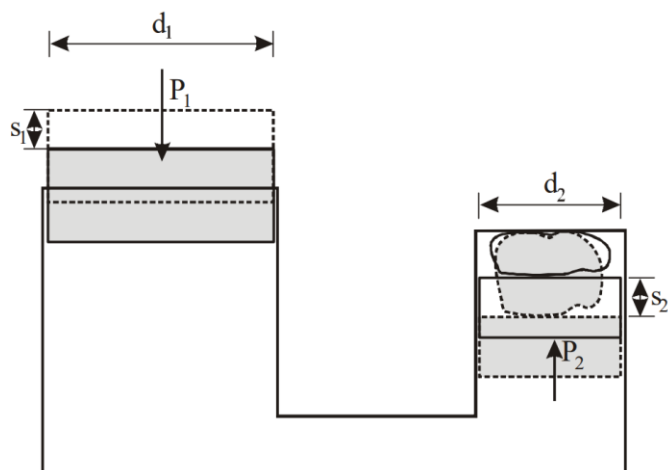
Na ciecz znajdującą się w dwóch połączonych ze sobą naczyniach (rys. 2) działa tłok o średnicy d_1 z siłą P_1 . Obliczyć z jaką siłą P_2 drugi tłok o średnicy d_2 prasuje przedmiot nad nim umieszczony i o ile zostanie przesunięty w górę, jeżeli pierwszy z tłoków opuszczono o s_1 .

Uwaga: Wpływ ciśnienia wywołanego siłą ciężkości jest pomijalnie mały w stosunku do ciśnienia wywołanego działaniem sił powierzchniowych. Zgodnie z prawem Hooke'a, przyjmij, że sztywność przedmiotu umieszczonego na tłoku o średnicy d_2 wynosi 1 N/mm.

Podczas rozwiązywania zadania zapisz wszystkie niezbędne obliczenia i uzasadnij je.

Dane: $d_1 = 5$ cm, $d_2 = 50$ cm, $P_1 = 500$ N

Szukane: P_2 , s_1 , s_2



Rys. 2. Prasa hydrauliczna.

Rozwiązanie:

Pierwszy tłok wytwarza ciśnienie:

$$p_1 = P_1 / A_1$$

Zmianę ciśnienia związaną z działaniem sił masowych (czyli zmianę ciśnienia cieczy wraz z głębokością) możemy pominąć, gdyż jest ona nieistotna wobec wartości ciśnienia wytwarzanego przez tłok. Można zatem przyjąć, że zgodnie z prawem Pascala, ciecz wywiera na tłok takie samo ciśnienie. Zatem na ten tłok ciecz oddziałuje z siłą:

$$P_2 = p_1 A_2$$

Czyli:

$$P_2 = P_1 A_2 / A_1 = P_1 d_2^2 / d_1^2 = 50000 \text{ N}$$

Aby obliczyć przesunięcie drugiego tłoka należy wykorzystać zasadę zachowania energii (w postaci bilansu pracy wykonanej przez oba tłoki), według której praca wykonana przez siłę P_1 na drodze s_1 jest równa pracy wykonanej przez siłę P_2 na drodze s_2 .

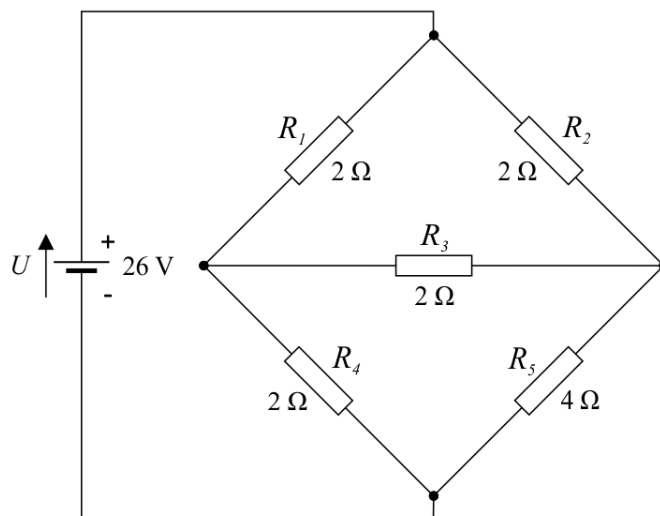
$$P_1 s_1 = P_2 s_2$$

Podstawiając dane liczbowe do powyższego wzoru obliczyć można przesunięcie:

$$s_2 = P_1 s_1 / P_2 = 500 * 10 / 50000 = 0,1 \text{ cm} = 1 \text{ mm}$$

Zadanie 3

Dany jest obwód przedstawiony na rys. 3:

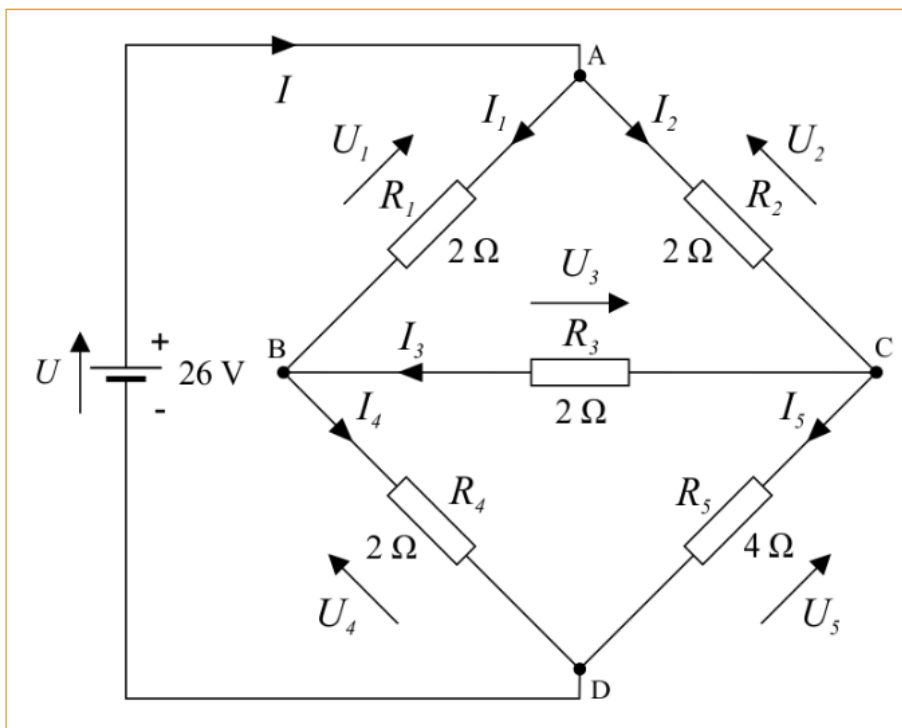


Rys. 3. Obwód do zadania 3.

Wyznacz jego rezystancję zastępczą.

Podczas rozwiązywania zadania zapisz wszystkie niezbędne obliczenia i uzasadnij je.

Rozwiązanie:



$$A: I = I_1 + I_2$$

$$B: I_1 = I_3 + I_4$$

$$C: I_2 + I_3 = I_5$$

$$D: I_4 + I_5 = I$$

$$U - U_1 - U_4 = 0$$

$$U - U_2 - U_5 = 0$$

$$U_1 - U_2 + U_3 = 0$$

$$U - I_1 R_1 - (I_1 - I_3) R_4 = 0$$

$$U - I_2 R_2 - (I_2 + I_3) R_5 = 0$$

$$I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 = 0$$

$$I = 11 \text{ A}$$

$$I_1 = 6 \text{ A}$$

$$I_2 = 5 \text{ A}$$

$$I_3 = 1 \text{ A}$$

$$I_4 = 7 \text{ A}$$

$$I_5 = 4 \text{ A}$$

$$U_1 = 12 \text{ V}$$

$$U_2 = 10 \text{ V}$$

$$U_3 = 2 \text{ V}$$

$$U_4 = 14 \text{ V}$$

$$U_5 = 16 \text{ V}$$

$$R_z = U / I$$

$$R_z = 26 \text{ V} / 11 \text{ A}$$

$$R_z = 2,36 \Omega$$

Zadanie 4

Zaprojektuj układ sterowania dla linii transportowej w magazynie logistycznym. Linia transportuje paczki i sortuje je na podstawie ich wagi. Proces obsługuje sterownik PLC, który współpracuje z przenośnikiem taśmowym, czujnikiem wagi oraz siłownikami sortującymi.

Lista elementów:

Element	Opis
Sterownik PLC	Zasilanie 24 V DC, 8 wejść cyfrowych DI, 4 wyjścia cyfrowe DO (przełącznikowe), 2 wejścia analogowe AI
Przycisk START	Monostabilny NO
Przycisk STOP	Monostabilny NC
Czujnik paczki na wadze CP	Czujnik cyfrowy, Napięcie znamionowe 24 V DC
Czujnik przepełnienia magazynu CM	Czujnik cyfrowy, Napięcie znamionowe 24 V DC
Czujnik awarii przenośnik CA	Czujnik cyfrowy, Napięcie znamionowe 24 V DC
Czujnik wagi paczki CW	Czujnik analogowy – zakres 0-10 kg, Napięcie znamionowe 24 V DC
Napęd przenośnika taśmowego M	Silnik DC, Napięcie znamionowe 24 V DC
Siłownik sortujący w lewo SL	Dla paczek < 5kg, Napięcie znamionowe 24 V DC
Siłownik sortujący w prawo SP	Dla paczek ≥ 5 kg, Napięcie znamionowe 24 V DC
Lampka sygnalizująca przepełnienie magazynu H1	Napięcie znamionowe: 24 V DC, Moc: 5W
Dzwonek sygnalizujący alarm awarii DZ	Napięcie znamionowe 24 V DC

Schemat działania programu:

Po naciśnięciu przycisku START uruchamia się przenośnik. Gdy paczka znajduje się na wadze, przenośnik zatrzymuje się. Czujnik wagi mierzy ciężar paczki. Jeśli paczka waży mniej niż 5 kg, sortujemy w lewo. Jeśli paczka waży 5 kg lub więcej – sortujemy w prawo. Po sortowaniu przenośnik wznowia pracę. Jeśli magazyn jest pełny, system zatrzymuje się i aktywuje lampkę sygnalizującą sygnał przepełnienia. Na wypadek awarii włącza się dzwonek. Naciśnięcie STOP powoduje całkowite zatrzymanie systemu.

Polecenia:

1. Narysuj schemat połączeń elektrycznych sterownika PLC z urządzeniami we/wy oraz schemat podłączenia silnika.
2. Stwórz listę przyporządkowań uwzględniając operandy absolutne, operandy symboliczne oraz opisy poszczególnych elementów.
3. Opracuj algorytm działania urządzenia przy pomocy języka grafów SFC.
4. Napisz program sterowniczy do sterownika PLC w języku drabinkowym (LD).

Podczas rozwiązywania zadania zapisz wszystkie niezbędne komentarze i uzasadnij swoje rozwiązanie.

Rozwiązanie:

Założenia systemu

1. Wejścia cyfrowe (DI - Digital Input):

- o I0.0 – Przycisk START (uruchomienie linii)

- **I0.1** – Przycisk **STOP** (awaryjne zatrzymanie)
 - **I0.2** – Czujnik **paczki na wadze** (detekcja obecności paczki)
 - **I0.3** – Czujnik **przepelnienia magazynu**
 - **I0.4** – Awaria przenośnika
2. **Wejścia analogowe (AI - Analog Input):**
- **AI0** – Czujnik **wagi paczki** (zakres 0–10 kg, 0–10V)
3. **Wyjścia cyfrowe (DO - Digital Output):**
- **Q0.0** – Napęd **przenośnika taśmowego**
 - **Q0.1** – Siłownik **sortujący w lewo** (dla paczek < 5 kg)
 - **Q0.2** – Siłownik **sortujący w prawo** (dla paczek ≥ 5 kg)
 - **Q0.3** – Sygnalizacja **przepelnienia magazynu**
 - **Q0.4** – Alarm **awarii przenośnika**

Schemat sterowania w języku SFC (Sequential Function Chart)

1. **S0 (Stan początkowy)** – Oczekiwanie na START
2. **S1** – Uruchomienie przenośnika
3. **S2** – Wykrycie paczki na wadze (zatrzymanie przenośnika)
4. **S3** – Pomiar wagi paczki
5. **S4** – Sortowanie paczki:
 - **S4.1** – W lewo, jeśli paczka < 5 kg
 - **S4.2** – W prawo, jeśli paczka ≥ 5 kg
6. **S5** – Wznowienie przenośnika
7. **S6** – Sprawdzenie przepelnienia magazynu
8. **S7** – Reakcja na awarię przenośnika

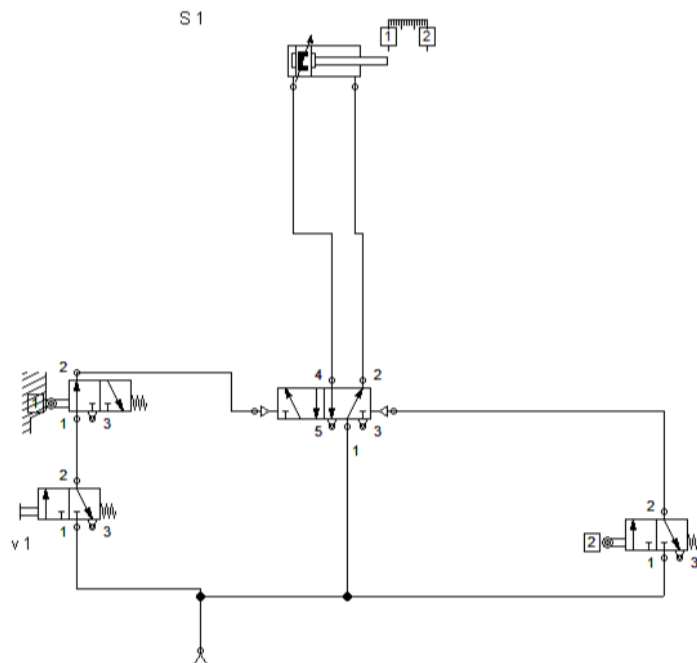
```

| I0.0  I0.4  Q0.0 |-----[ ]----[/]----( )
| I0.2          |-----[ ]----- ( STOP PRZENOŚNIK )
| AI0 < 5kg      |-----[ ]----- ( Q0.1 SORT LEWO )
| AI0 >= 5kg     |-----[ ]----- ( Q0.2 SORT PRAWO )
| I0.3          |-----[ ]----- ( Q0.3 PRZEPEŁNIENIE )
| I0.4          |-----[ ]----- ( Q0.4 AWARIA )

```

Zadanie 5

Zaproponuj rozwiązanie problemu wielokrotnego wyzwalania siłownika S1 z układu na rysunku 4 przy zbyt długim wciśnięciu przycisku zaworu v1.



Rys. 4. Układ pneumatyczny do zadania 5

Podczas rozwiązywania zadania zapisz wyjaśnij, dlaczego zastosowałeś takie rozwiązanie odwołując się np. do podstawowych praw fizyki stosowanych w układach pneumatycznych.

Rozwiązanie:

Należy dołączyć dodatkowy zawór 5/2 monostabilny. Po osiągnięciu przez siłownik krańcówki nr 2 przełączamy dodatkowy zawór w pozycję blokującą dopływ powietrza do krańcówki nr 1. Wciskając przycisk przełączamy dodatkowy zawór w pozycję umożliwiającą dopływ powietrza do krańcówki.

