Katedra Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn
POLITECHNIKA OPOLSKA

Wprowadzenie do mechatroniki

Definicje

dr inż. Roland PAWLICZEK

Sylwetka absolwenta

Absolwent kierunku Mechatronika jest przygotowany do podjęcia pracy zawodowej w przemyśle:

- ***wytwarzającym układy mechatroniczne,***
- ***elektromaszynowym,***
- ***motoryzacyjnym,***
- ***sprzętu gospodarstwa domowego,***
- ***lotniczym,***
- ***obrabiarkowym,***
- ***oraz innych placówkach eksploatujących i serwisujących układy mechatroniczne oraz maszyny i urządzenia, w których są one zastosowane.***

Perspektywy

Projektowanie urządzeń mechatronicznych, ich budowa, użytkowanie, analiza pracy i diagnostyka eksploatacyjna, wymagają ***specjalnego podejścia metodycznego i systemowego****, niestosowanego w konwencjonalnych dziedzinach techniki, np. w mechanice.*

Konieczność nowego sposobu myślenia i postępowania ***czyni z mechatroniki odrębną, wielopoziomową dyscyplinę wymagającą wykształcenia specjalistów*** *w odpowiednio wyprofilowanych kierunkach.*

Mechatronika wymaga zmiany tak sposobu myślenia jak i działania i jest oparta na myśleniu i działaniu systemowym, które ***umożliwia równoległe rozwiązywanie wielu problemów i jednocześnie pobudza kreatywność.***

Zakres tematyczny

- ***Definicje: mechatronika, struktura systemu mechatronicznego, projektowanie mechatroniczne.***
- ***Opis systemów mechatronicznych: modele matematyczne***
- ***Aktoryka: silniki elektryczne, elementy hydrauliki, piezoelektryki***
- ***Sensoryka.***
- ***Akwizycja i przetwarzanie sygnałów.***
- ***Charakterystyki statyczne i dynamiczne obiektów.***
- ***Układy regulacji: elementy układów, regulatory P-PI-PID, stabilność układów regulacji.***
- ***Komputerowe wspomaganie projektowania urządzeń mechatronicznych.***

Jakie efekty czyli po co?

- ✓ wiedza o trendach rozwojowych w zakresie mechatroniki
- ✓ znajomość podstawowych metod, technik i narzędzi wymaganych dla rozwiązywania zadań inżynierskich z zakresu budowy i eksploatacji maszyn i urządzeń mechatronicznych
- ✓ elementarna wiedzę w zakresie metod numerycznych stosowanych w symulacjach i analizie układów mechatronicznych i ich eksploatacji

- ✓ dokonywanie krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i oceny istniejących rozwiązań technicznych, urządzeń, obiektów, systemów, procesów i usług w zakresie mechatroniki
- ✓ posługiwanie się komputerowymi metodami przy rozwiązywaniu zadań inżynierskich z zakresu mechatroniki
- ✓ porozumiewanie się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach

Literatura

- ***B.Heiman, W.Gerth, K.Popp:*** *Mechatronika: komponenty, metody, przykłady, tł. M. Gawrysiak, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2001*
- ***M.Gawrysiak:*** *Mechatronika i projektowanie mechatroniczne, Rozprawy Naukowe Nr 44, Polit. Białostocka, Białystok, 1997*
- ***Mechatronika****, red. Sławomir WIAK, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Politechnika Łódzka, 2009*
- ***A.Afonin, P. Szymczak:*** *Mechatronika, Skrypt Politechniki Szczecińskiej,Szczecin, 2001*
- ***D.Schmid i inni:*** *Mechatronika, opracowanie wersji polskiej Mariusz Olszewski, REA, Warszawa, 2002*
- ***Mirosław Tomera:*** *Teoria sterowania - Badanie układu sterowania z regulatorem PID, Akademia Morska w Gdyni*

- *materiały pomocnicze do wykładów na stronie*
  http://r.pawliczek.po.opole.pl

Co to jest mechatronika?

Kiedyś ...

<u>1969 - Yaskawa Electric Corp.</u>

uzupełnienie komponentów mechanicznych przez elektronikę w mechanizmach precyzyjnych (lustrzankowe aparaty fotograficzne)

Dziś...

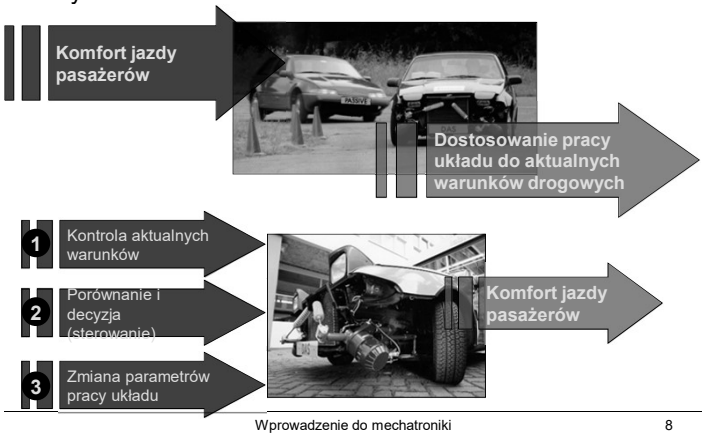
<u>Systemy mechatroniczne</u>

Służą procesowi projektowania i wytwarzania aby zapewnić dla produktu:

- *wysoką jakość,*
- *niski koszt wytwarzania,*
- *niski koszt projektowania i wdrożenia,*
- *skrócenie czasu realizacji projektu,*
- *zdolność do stałego i szybkiego polepszania produktu.*

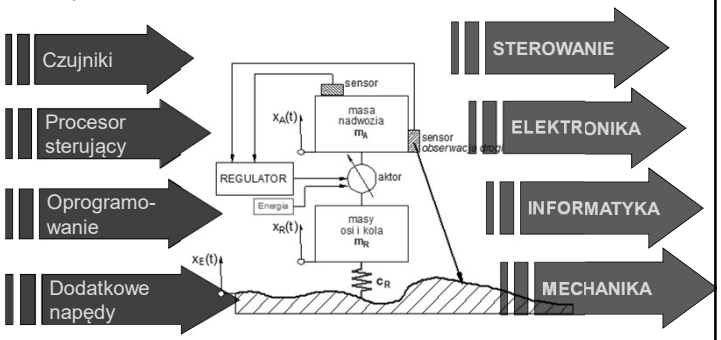
Co to jest mechatronika?

Aktywne zawieszenie samochodu:



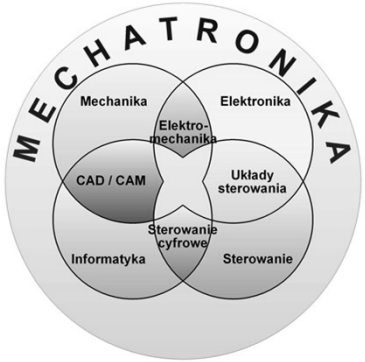
Co to jest mechatronika?

Aktywne zawieszenie samochodu:



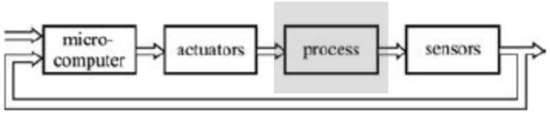
Co to jest mechatronika?

Mechatronika to współdziałająca kombinacja techniki mechanicznej, elektroniki, sterowania i informatyki, gdzie wszystkie dziedziny są zintegrowane w procesie projektowania.



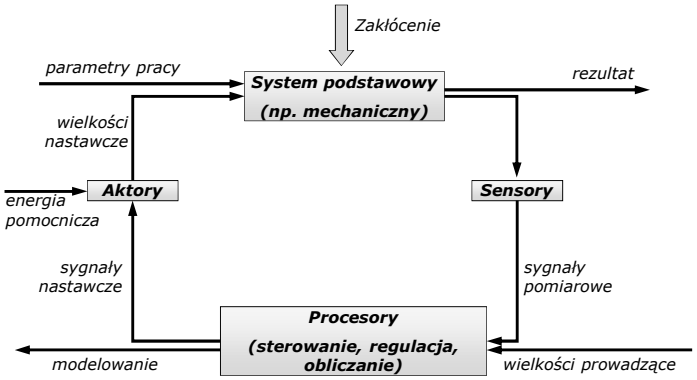
System mechatroniczny

- *Architektura klasycznego systemu mechaniczno-elektronicznego*



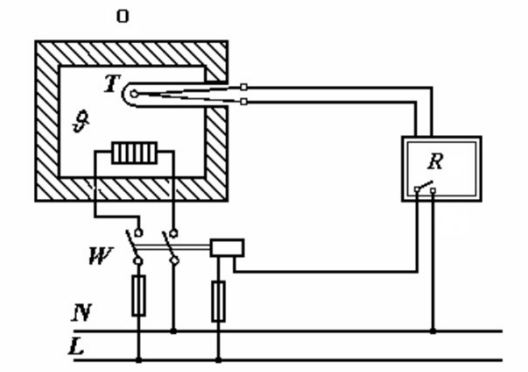
- *Typowy system mechatroniczny rejestruje sygnały, przetwarza je i wydaje sygnały, które przetwarza na ruchy i siły.*
  Składniki systemu mechatronicznego:
  - *system podstawowy (zwykle mechaniczny),*
  - *człony wykonawcze (aktory),*
  - *sensory,*
  - *procesory i przetwarzanie danych procesowych.*

System mechatroniczny



System mechatroniczny

- *Przykład: układ regulacji temperatury*



Mechatronika a mechanika

- *Problem mechaniki: jakie ruchy wykonuje ciało, gdy działa na nie siła, a jego ruch jest ograniczany warunkami zewnętrznymi (więzami).*
  *Powstaje **PROBLEM ANALIZY.***

- *Problem mechatroniki: zagadnienie odwrotne: jakie siły i momenty należy wywierać na ciało, aby wykonało ono określony ruch.*
  *Powstaje **PROBLEM SYNTEZY**: warunek uzyskania rozwiązania - istnieją człony regulacyjne i nastawcze spełniające zadanie (aktory, sensory, regulatory, przetwarzanie informacji).*

- *Podstawowym celem mechatroniki jest optymalne sterowanie ruchem urządzeń mechanicznych, co osiąga się poprzez podział urządzenia na moduły realizujące funkcje częściowe. Mechatronika oferuje konstruktorom nowy sposób realizacji tych modułów – nie muszą one mieć tradycyjnej postaci mechanicznej, lecz mogą być rozwiązaniem mechatronicznym (z czujnikami, członami wykonawczymi i sterowaniem mikroprocesorowym).*

Projektowanie mechatroniczne

Projekt konwencjonalny	Projekt mechatroniczny
Zestawione komponenty → złożona mechanika	Autonomiczne jednostki, przeniesione funkcje mechaniczne do programowania
Precyzje przez ścisłe tolerowanie	Precyzja przez pomiar i sprowadzanie do stanu wymaganego
Sztywna konstrukcja	Podatna i przez to lekka konstrukcja, zwykle modułowa
Problemy z kablami	Magistrale
Sterowany ruch	Programowalny ruch, regulowany ruch
Brak wpływu na wielkości niemierzalne	Obliczanie, regulacja wielkości niemierzalnych
Proste nadzorowanie wartości granicznej	Nadzorowanie z diagnozą uszkodzeń

Dr hab. inż. Andrzej PIĘTAK – prof. UWM, MECHATRONIKA , 1. WPROWADZENIA i POJĘCIA PODSTAWOWE

Mechatronika a mechanika

CECHY URZĄDZEŃ MECHATRONICZNYCH

MULTIFUNKCJONALNOŚĆ *– możliwość realizacji przez jedno urządzenie wielu różnorodnych zadań (np. poprzez zmianę oprogramowania).*

ELASTYCZNOŚĆ *– możliwość modyfikacji urządzeń poprzez zastosowanie idei konstrukcji modułowej w procesie projektowania, wytwarzania i eksploatacji.*

INTELIGENCJA *– zastosowanie oprogramowania umożliwiającego podejmowanie decyzji i komunikacji z otoczeniem.*

NOWA JAKOŚĆ PRACY *– komunikacja z operatorem poprzez interfejs użytkownika (odpowiednie oprogramowanie). Mniejsze zmęczenie fizyczne, znacznie zwiększone obciążenie psychiczne związane z odpowiedzialnością za pracę.*

RYNKOWOŚĆ *– zależność urządzenia od wymagań rynku.*

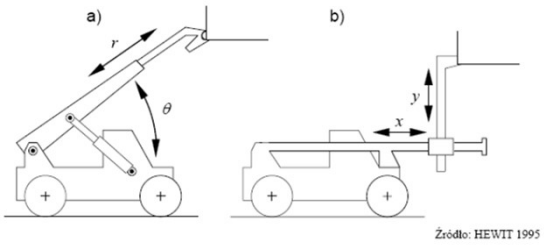
NOWOCZESNOŚĆ *– związane urządzeń z możliwościami technologicznymi wielu dziedzin techniki.*

INNOWACYJNOŚĆ *– konieczność szukania nowych rozwiązań dla spełnienia coraz szerszych wymagań użytkowników.*

http://www.sms.am.put.poznan.pl/eskrypty_pliki/pozostale/mechatronikadlamechanikow.pdf

Projektowanie mechatroniczne

Ładowarka palet – dwie struktury → którą wybrać?



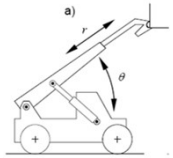
Rys. 2.1. Ładowarka z podstawowymi parametrami w układzie biegunowym (a) i kartezjańskim (b)

Podstawowym celem ładowarki jest podnoszenie palet i umieszczanie ich zgodnie z potrzebami.

Do wykonania takiego zadania konieczne jest ***sterowanie pozycją wideł*** *zamocowanych na końcu wysięgnika teleskopowego.*

Projektowanie mechatroniczne

Podstawowe parametry sterowania:
- wysunięcie ramienia r
- kąt wzniosu θ
- biegunowy (r, θ) charakter ruchu ramienia

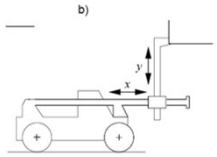


Zaleta:
Duży zasięg przy stosunkowo małych rozmiarach maszyny.

Wada:
Ruch w kierunku x lub y wymaga operowania dwiema dźwigniami równocześnie.

Projektowanie mechatroniczne

Podstawowe parametry sterowania:
- wysokość podnoszenia y
- wysunięcie x
- kartezjański (x, y) charakter ruchu ramienia



Zaleta:
Łatwość sterowania ruchem w kierunku pionowym i poziomym.

Wada:
Mniejszy zasięg przy zwiększonych gabarytach.

Projektowanie mechatroniczne

Podejście mechatroniczne
zbudować podnośnik sterowany procesorem → zintegrowany system o 2 stopniach swobody.

Zależność między ruchami konstrukcji (przestrzenią konstrukcji) i ruchami zadania (przestrzenią zadania) może być przedstawiona jako:

$$\begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} \equiv \begin{Bmatrix} x(r,\theta) \\ y(r,\theta) \end{Bmatrix}$$

Po zróżniczkowaniu otrzymujemy prędkości ruchu ramienia:

$$\begin{Bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{Bmatrix} \equiv \begin{bmatrix} \dfrac{\partial x}{\partial r} & \dfrac{\partial x}{\partial \theta} \\ \dfrac{\partial y}{\partial r} & \dfrac{\partial y}{\partial \theta} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{r} \\ \dot{\theta} \end{Bmatrix}$$

Projektowanie mechatroniczne

lub wykorzystując zapis w postaci macierzowej:

$$\mathbf{z}=\mathbf{J}(\mathbf{\Phi})\cdot\mathbf{\Phi}$$

gdzie $\mathbf{J}(\Phi)$ *jest tzw. jakobianem.*

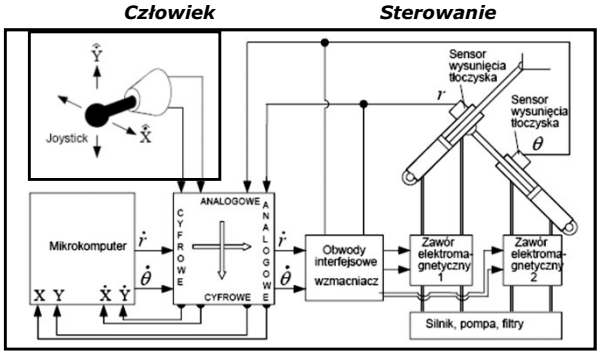
Odwracając równanie powyżej otrzymujemy

$$\mathbf{\Phi}=\mathbf{J}^{-1}(\mathbf{\Phi})\cdot\mathbf{z}$$

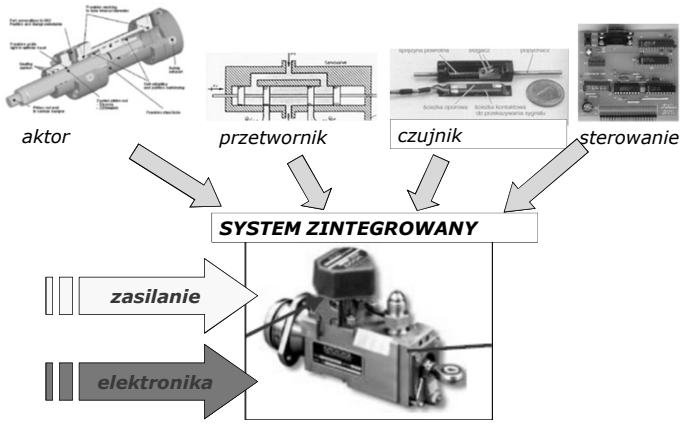
co pozwala w dowolnej chwili obliczyć wymagane prędkości przegubów tak, aby widły poruszały się z wymaganą prędkością w przestrzeni zadania.

Projektowanie mechatroniczne

Równanie jest bardzo proste i łatwe do przetwarzania przez mikroprocesor.

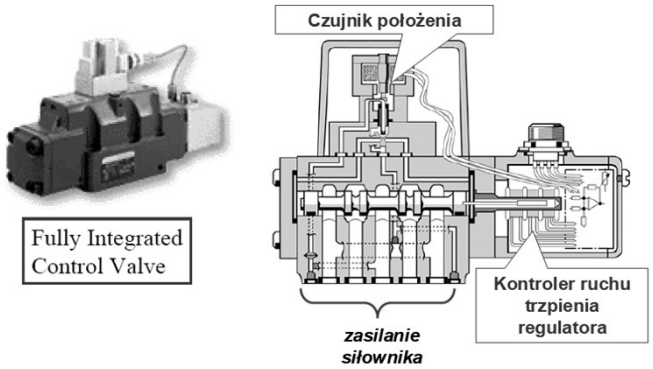


Projektowanie mechatroniczne



Projektowanie mechatroniczne – systemy zintegrowane

Zintegrowany zawór sterujący dla układów hydraulicznych



Projektowanie mechatroniczne – systemy zintegrowane

Silnik elektryczny a napęd mechatroniczny.

Silnik elektryczny
zwykle cechuje się dużą prędkością obrotową i małymi momentami obrotowymi.

Napęd mechatroniczny
wymaga małych prędkości obrotowych i dużych momentów obrotowymi, gwarantuje kontrolę pracy napędu

+ reduktor

Motoreduktor
redukcja prędkości obrotowej i wzrost momentu obrotowego

ale to w dalszym ciągu nie jest napęd mechatroniczny !!!

Projektowanie mechatroniczne – systemy zintegrowane

Napęd mechatroniczny (aktor) → silnik elektryczny, reduktor, elektronika cyfrowa, elektronika mocy, oprogramowanie (obsługa napędu, projektowanie regulatora, opis dopasowania napędu do struktury systemu mechatronicznego).

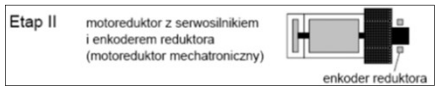
Praca silnika elektrycznego i reduktora cechuje się zakłóceniami (wpływ zewnętrznych pól magnetycznych, luzy w przekładniach, tarcie). Istotne jest posiadanie informacji o położeniu kątowym wału motoreduktora.

Efekty zakłóceń mogą być obserwowane i kompensowane poprzez układ sprzężenia zwrotnego.

Aby motoreduktor klasyczny stał się napędem mechatronicznym sam musi zostać poddany „mechatronizacji”.

Projektowanie mechatroniczne – systemy zintegrowane

Dodane enkodera silnika (czujnika położenia wału silnika) oraz sterownika mikroprocesorowego z algorytmem sterowania pozwoli sterować pracą silnika.



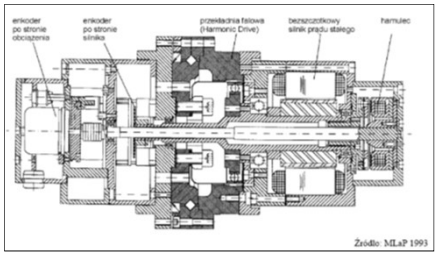
Dodane enkodera na wale wyjściowym reduktora pozwala porównać sygnał wejściowy na reduktorze (enkoder silnika) z położeniem wału reduktora (enkoder reduktora) i za pomocą sterowania kompensować niepożądane efekty pracy reduktora (luzy, tarcie, podatność elementów reduktora).

Projektowanie mechatroniczne – systemy zintegrowane

PRZYKŁAD: motoreduktor Laboratorium Mechatronicznego w Pderborn (Niemcy) stosowany jako napęd przegubu robota lub w obrabiarkach o wymaganej dużej precyzji pozycjonowania.

Motoreduktor mechatroniczny zawiera następujące elementy:
- *reduktor wysokoprzełożeniowy (przełożenie >> 10:1),*
- *silnik elektryczny,*
- *czujniki kątowego położenia wału (enkodery) – jeden na wejściu i jeden na wyjściu reduktora,*
- *hamulec magnetyczny,*

Dwa enkodery pozwalają ocenić odkształcenia skrętne przekładni i kompensować je poprzez układ regulacji dając dokładne pozycjonowanie wału wyjściowego przekładni.

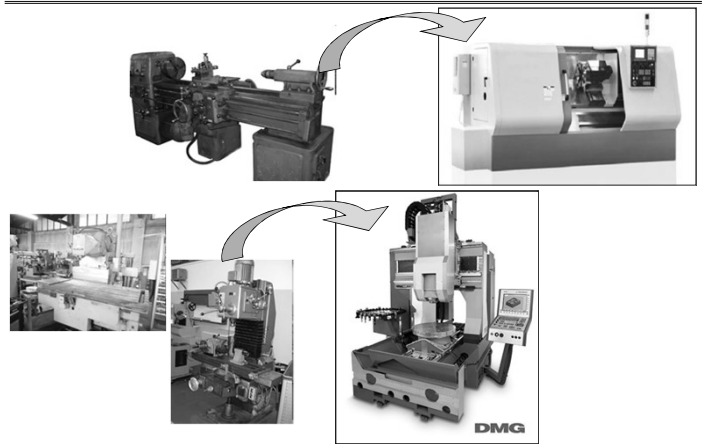


Projektowanie mechatroniczne – systemy zintegrowane

Napędy pojedyncze:

- mogą być wiązane w dowolne strumienie napędowe za pomocą elektronicznej regulacji synchronicznej
- dowolnie konfigurowalne oprogramowanie zastępuje sztywne powiązania ruchów w maszynie klasycznej
- *dla każdej fazy i każdej chwili operacji system automatyzacji kontroluje liczbę obrotów i położenie każdego wału napędowego w maszynie i optymalizuje te wielkości nastawcze dla procesu*
- *redukują liczbę i długość wałów. Stąd mniejsza liczba połączonych z nimi przekładni i sprzęgieł. Zbędne stają się wszystkie mechaniczne urządzenia rozgałęziające, nawrotne i przestawcze; napędy pomocnicze i boczne.*

Projektowanie mechatroniczne – systemy zintegrowane

- *usuwają wiele źródeł niedokładności układów mechanicznych; chodzi tu przede wszystkim o odkształcenia wałów (skręcenie zależne od obciążenia), drgania skrętne, luzy w przekładniach i tolerancje wykonania*
- *synchronizacja elektroniczna pracuje całkowicie bez oddziaływania zwrotnego, co ma miejsce w przypadku synchronizacji mechanicznej, wymuszonej przez sztywne połączenie wałów.*
- *taka „bezwałowa" maszyna pozwala się łatwiej dzielić na jednostki i wytwarzać w postaci **modułów funkcjonalnych**. Istniejące maszyny mogą być więc bez ryzyka rozszerzane o dalsze jednostki robocze.*

Projektowanie mechatroniczne – systemy zintegrowane