

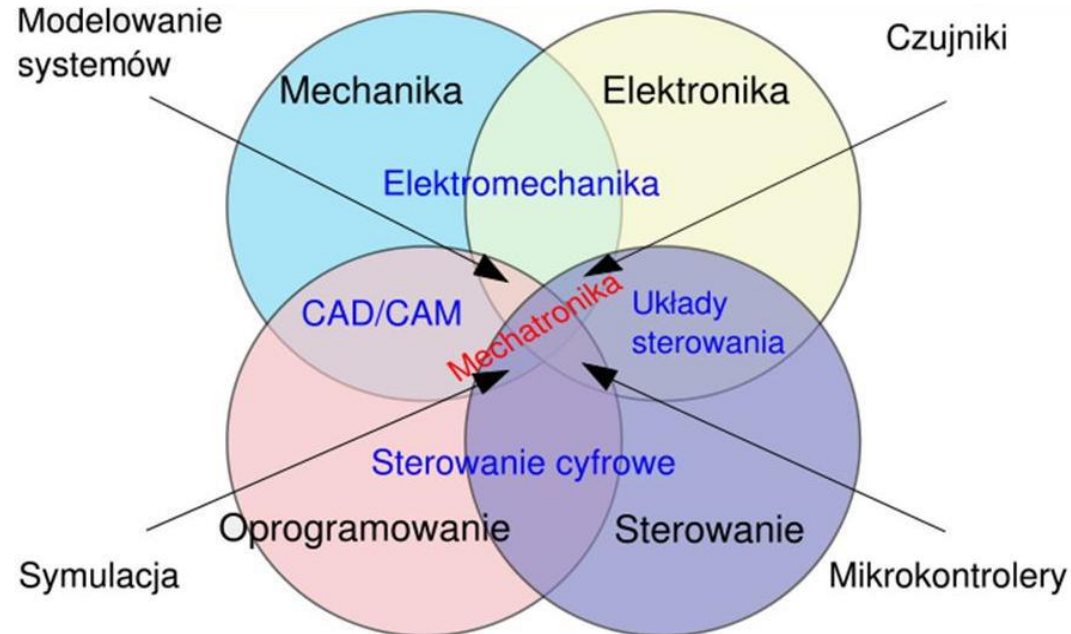
Podstawy mechatroniki

Wykład 1

dr inż. Dominika Śniegulska-Grądzka

Pojęcia mechatroniki

Po raz pierwszy w 1969 roku w japońskim koncernie Yaskawa Electric Corporation użyto terminu **mechatronika** (ang. *mechatronics*), jako kombinacji słów **mechanika** (mechanics) i **elektronika** (electronics). Pierwotnie, mechatronika była rozumiana jako uzupełnienie komponentów mechanicznych przez elektronikę w mechanice precyzyjnej.

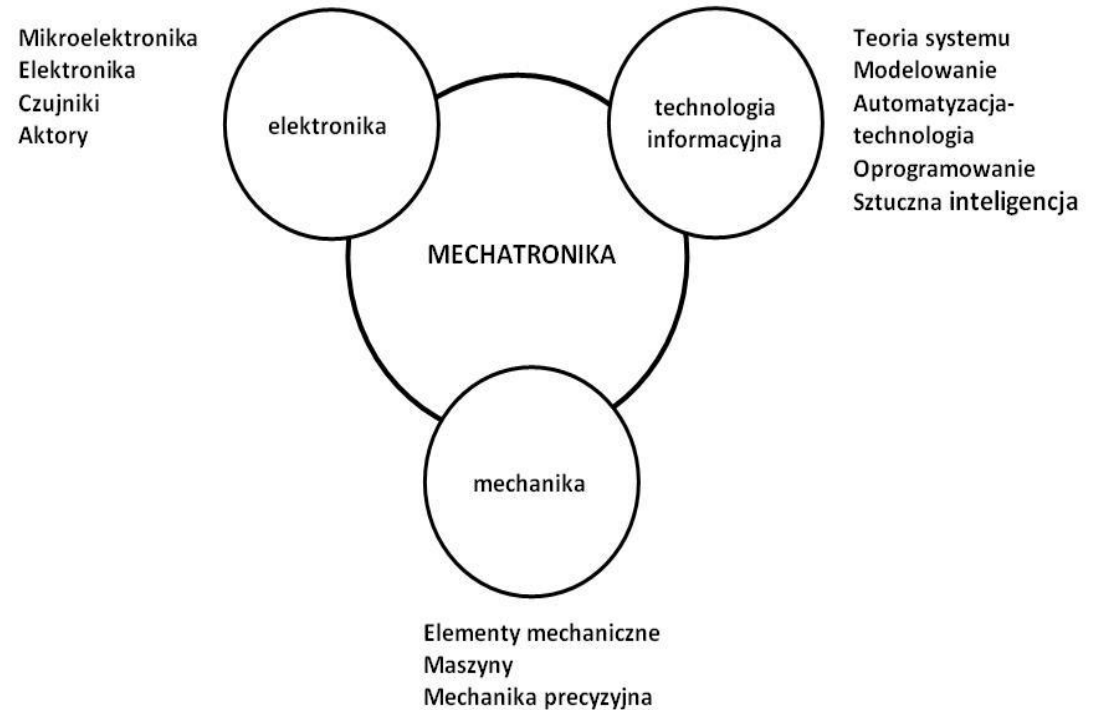


Wprowadzenie

Z czasem, pojęcie mechatroniki znacznie się zmieniło i rozszerzyło.

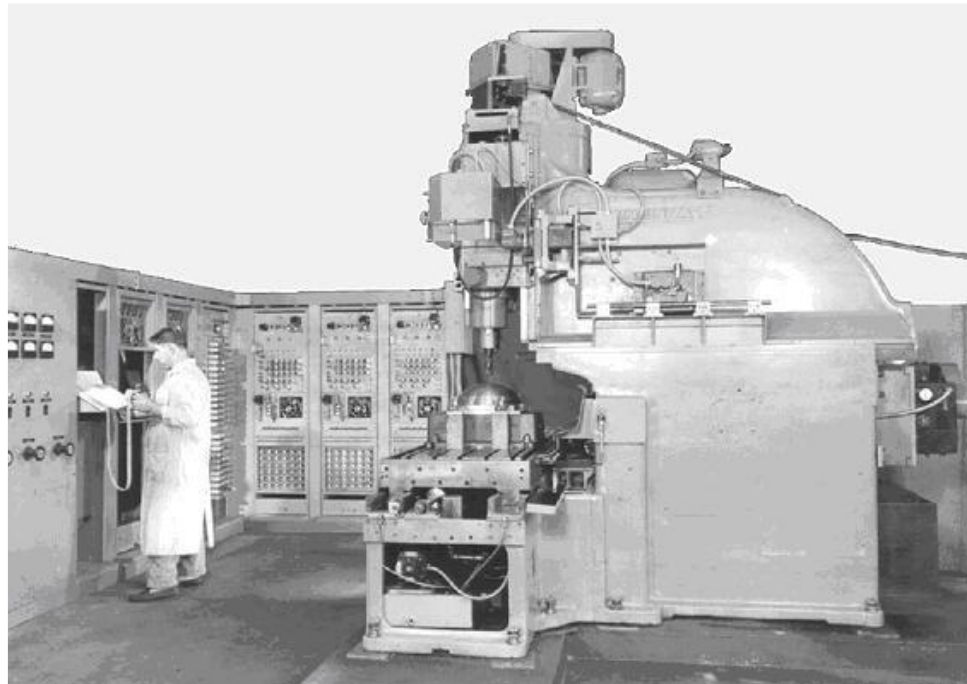
Obecnie mechatronika rozumiana jest jako **synergiczna integracja mechaniki, elektroniki i systemów komputerowych w procesie projektowania i produkcji przemysłowych urządzeń elektromechanicznych.**

Synergiczną, czyli taką, której możliwości łączne są większe niż suma możliwości elementów składowych. Mechatronika obecnie jest interdyscyplinarną dziedziną nauki i techniki obejmującą wiele różnych dyscyplin.



Wprowadzenie

Uważa się, że pierwszym urządzeniem mechatronicznym była obrabiarka sterowana numerycznie (CNC) do produkcji śmigieł helikoptera, skonstruowana w Massachusetts Institute of Technology w USA w 1952 roku dla potrzeb wojskowego przemysłu lotniczego.



Frezarka pionowa CNC firmy Cincinnati

Wprowadzenie

Do dość powszechnie stosowanych produktów mechatronicznych można zaliczyć:

- nowoczesne zabawki elektroniczne,
- drukarki laserowe i atramentowe, kserokopiarki,
- cyfrowe aparaty fotograficzne, odtwarzacze CD, kamery video,

produktami mechatronicznymi są także:

- samoloty, samochody,
- obrabiarki CNC, roboty, manipulatory,
- duże maszyny rolnicze i drogowe nowej generacji

oraz

- wielkogabarytowe systemy i linie produkcyjne (FMS - flexible manufacturing systems).

Mechatronicznymi systemami są również umieszczone w przestrzeni satelity i stacje kosmiczne do badania przestrzeni kosmicznej.

Wprowadzenie

Do budowy urządzeń nazywanych produktami lub **systemami mechatronicznymi** obok elementów mechanicznych, stosowane są **sensory** (czujniki) i **aktorzy** (nastawniki, elementy wykonawcze) oraz odpowiednie **układy sterowania** (sterowniki wraz ze specjalnym oprogramowaniem).

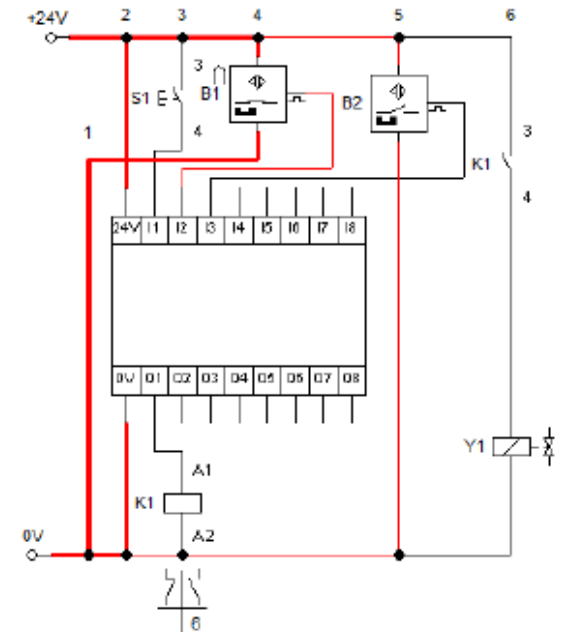
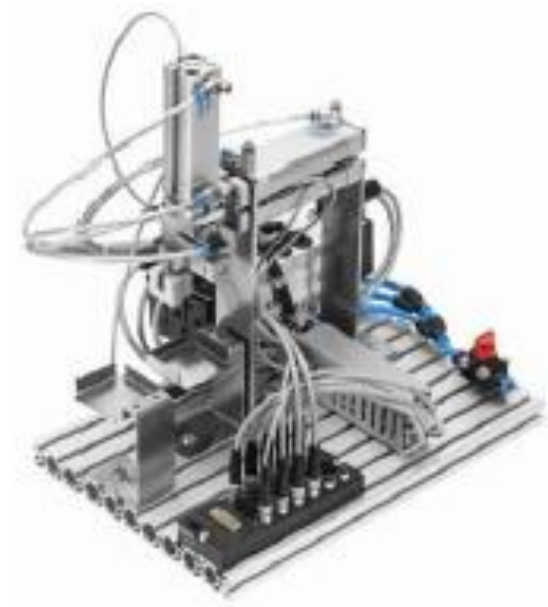
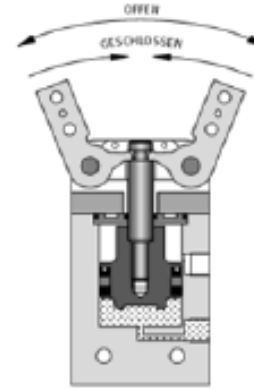
Urządzenia mechatroniczne są więc zintegrowanymi zespołami elementów składowych i podzespołów spełniających różne funkcje, działających na różnych zasadach (pochodzących z różnych dziedzin techniki) i wykorzystujących różne zjawiska fizyczne.

Integracja komponentów - sprzętowa; integracja przetwarzania informacji – oprogramowania

Wprowadzenie

Do realizacji potrzebne są komponenty:

- Mechaniczne (podstawowe)
- Sensory (czujniki)
- Aktory (urządzenia nastawcze)
- Technika komputerowa



Wprowadzenie

Głównym zadaniem systemów mechatronicznych są

- czynności mechaniczne, przy czym posiadają możliwość reagowania na otoczenie (odbierania sygnałów) poprzez system czujników.

Pomiędzy **sensorami** (czujnikami) odbierającymi sygnały z otoczenia a **elementami wykonawczymi (aktorami)**, znajdują się układy przetwarzania i analizy sygnałów, a przede wszystkim **element decyzyjny** wyposażony w odpowiedni program działania urządzenia.

Cechy charakterystyczne urządzeń mechatronicznych

- **multifunkcjonalność** - łatwość realizacji różnych zadań przez jedno urządzenie, np. poprzez zmianę programu sterowania robota lub obrabiarki;
- **inteligencja** - możliwość podejmowania decyzji (na przykład wymiana zużytego narzędzia w magazynie narzędziowym obrabiarki CNC) i komunikacji z otoczeniem (na przykład doradca głosowy Voice Adviser w obrabiarkach CNC firmy Mazak);
- **elastyczność** - czyli łatwość modyfikacji konstrukcji na etapie projektowania, produkcji oraz eksploatacji urządzenia, np. przez zastosowanie konstrukcji modułowej;
- **zależność** od wymagań rynkowych i możliwość technologicznego wykonania.

Cechy charakterystyczne urządzeń mechatronicznych

Dobrym przykładem urządzenia mechatronicznego charakteryzującego się powyższymi cechami są obrabiarki sterowane numerycznie CNC firmy Mazak, wyposażone w nowoczesny układ sterowania MAZATROL MATRIX 6-tej generacji cechujące się:

- wysoką dokładnością obróbki (możliwość programowania przesuwu do 0,1mm i stopniowania obrotu wrzeciona co 0,0001°; aktywna kontrola wibracji; stabilizacja temperatury pracy na poziomie temperatury otoczenia),
- przyjaznym dla użytkownika systemem programowania dialogowego,
- wysokim poziomem bezpieczeństwa (wykrywanie kolizji już na etapie symulacji 3D w czasie rzeczywistym),
- przystosowaniem do współpracy z robotem, mogą być programowane zdalnie, i mogą pracować w elastycznym systemie wytwarzania pod nadzorem specjalnego systemu sterowania i kontroli CPC (Cyber Production Center) firmy Mazak.

Rozwiązania w obrabiarkach CNC proponowane przez MAZAK



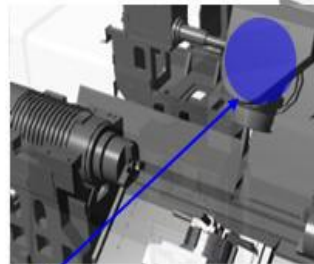
AKTYWNA KONTROLA WIBRACJI

Lepsze wykończenie powierzchni,
wyższa trwałość narzędzi



INTELIWENTNA OSŁONA TERMICZNA

Wyższa dokładność i stabilność procesu



INTELIWENTNA KONTROLA WRZECIONA

Dyspozycyjność, dokładność,
bezpieczeństwo, niezawodność



INTELIWENTNA OSŁONA BEZPIECZEŃSTWA

Skrócone czasy ustawcze,
wyższa dyspozycyjność



DORADCA GŁOSOWY

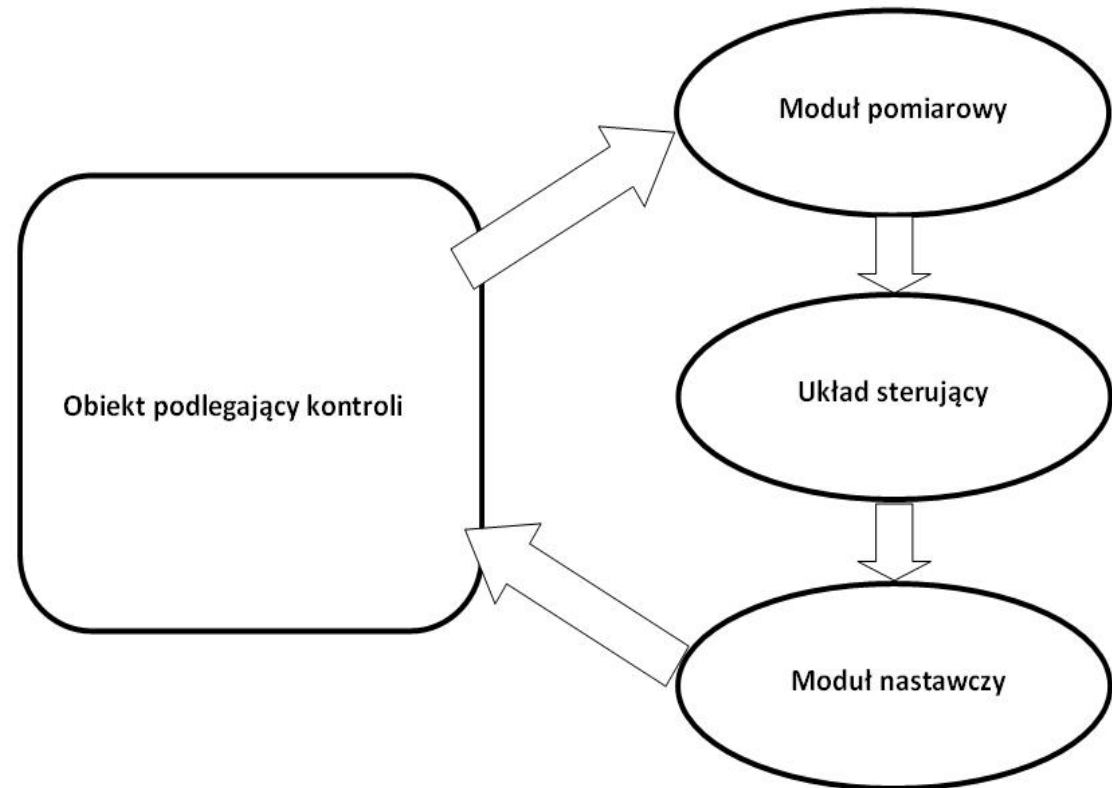
Wyższe bezpieczeństwo



System mechatroniczny jako zamknięty układ sterowania

System mechatroniczny jest zamkniętym układem sterowania zbudowanym z następujących jednostek funkcjonalnych:

- obiektu podlegającego kontroli
- modułu pomiarowego
- układu sterującego
- modułu nastawczego



System mechatroniczny jako zamknięty układ sterowania

- **Moduł pomiarowy** może stanowić pojedynczy sensor lub też zawierać dodatkowe komponenty: filtr (dla eliminacji zakłóceń), wzmacniacz, modulator, kondycjoner sygnału pomiarowego
- **Układ sterujący** rejestruje sygnały elektryczne pochodzące z modułu pomiarowego i w oparciu o algorytm sterujący wysyła sygnały do modułu nastawczego
- **Układ nastawczy** zawiera aktory (aktuatory) i opcjonalne źródło zasilania

System mechatroniczny jako zamknięty układ sterowania

Popularnym przykładem urządzenia mechatronicznego jest odtwarzacz CD, który cechuje

- dokładne pozycjonowanie laserowej głowicy odczytującej nagranie
- dokładna kontrola szybkości płyty
- konwersja sygnału cyfrowego na sygnał analogowy

Podobnym urządzeniem jest twardy dysk komputera (HDD), który charakteryzuje

- dokładne pozycjonowanie magnetycznej głowicy odczytującej
- dokładna kontrola szybkości nośnika danych
- odczytanie danych cyfrowych z nośnika magnetycznego

System mechatroniczny jako zamknięty układ sterowania

W zależności od technologii produkcji oraz wielkości bloków funkcjonalnych (skali integracji) wchodzących w skład systemu mechatronicznego wyróżniamy trzy rodzaje systemów:

- systemy **mechatroniczne**,
- systemy **mikroelektromechaniczne** (MEMS - MicroElectroMechanical Systems),
- systemy **nanoelektromechaniczne** (NEMS - NanoElectroMechanical Systems).

System mechatroniczny jako zamknięty układ sterowania

W projektowaniu systemów mechatronicznych i układów MEMS stosuje się klasyczną teorię mechaniki i elektromagnetyzmu. Projektowanie systemów NEMS opiera się natomiast na nanoelektromechanice i mechanice kwantowej. Nanotechnologia obejmuje zaś systemy o wielkościach najmniejszych układów MEMS, aż do pojedynczych cząstek atomów.

Bardzo ważną cechą urządzeń mechatronicznych jest zdolność do wiernego przetwarzania i przekazywania informacji (w formie sygnałów mechanicznych, elektrycznych, pneumatycznych, optycznych i innych) przy jednoczesnym wysokim stopniu automatyzacji tych urządzeń.

System mechatroniczny jako zamknięty układ sterowania

Systemy mechatroniczne wyposażone są:

- w czujniki zbierające sygnały ze swojego otoczenia,
- programowalne układy przetwarzania i interpretacji tych sygnałów
- zespoły komunikacyjne i urządzenia wykonawcze oddziałujące odpowiednio na otoczenie.

Ich inteligencja polega na reagowaniu na polecenia człowieka i otoczenia oraz na przekazywaniu informacji zwrotnych i realizowaniu tych poleceń.

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.

Dla mechatroniki charakterystyczna jest totalna interdyscyplinarność, w której żadna z dyscyplin składowych nie jest dominująca.

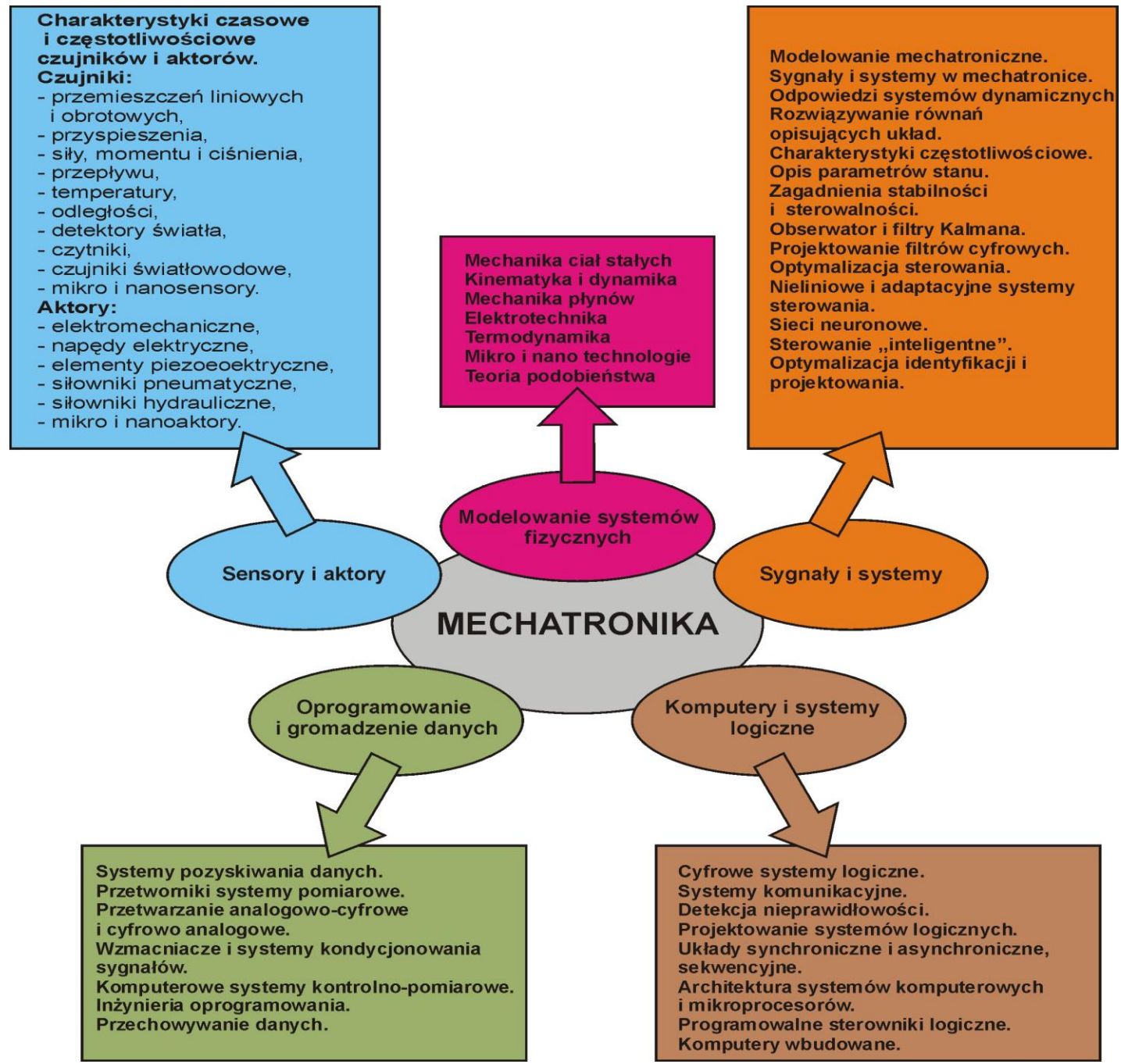
System mechatroniczny

Od początku wprowadzenia terminu mechatronika kojarzono go z wprowadzaniem sterowania elektronicznego do systemów mechanicznych i elektromechanicznych. Dlatego też można przyjąć, że urządzenia mechatroniczne różnią się od innych urządzeń mechanicznych i elektromechanicznych, o takiej samej zasadzie działania i zastosowaniu, wyposażeniem w zintegrowany programowany układ mikroprocesory.

Elementy kluczowe mechatroniki

Studiowanie systemów mechatronicznych można podzielić na następujące obszary specjalizacji:

- modelowanie systemów fizycznych,
- sensory i aktory,
- sygnały i systemy,
- komputery i systemy logiczne,
- oprogramowanie i gromadzenie danych.



Mechanika a mechatronika

- **W mechanice badany jest problem:**

Jakie ruchy wykonuje ciało, gdy działa na nie siła, a jego ruch jest ograniczony przez warunki przymusowe (więzy)?

Tak postawione pytanie prowadzi do **problemu analizy**.

- **W projektowaniu mechatronicznym chodzi o odwrotne postawienie zagadnienia, czyli:**

Jakie siły i momenty trzeba wywierać na ciało, aby wykonywało ono określony ruch? Przy tym pożądany ruch powinien być realizowany także przy występujących zakłóceniach.

Przez odwrócenie pytania otrzymujemy *problem syntezy*. Jego rozwiązanie techniczne zakłada, ogólnie biorąc, istnienie **członów regulacyjnych i nastawczych**.

Oznacza to, że — oprócz mechaniki — należy sięgnąć do dyscyplin takich jak:

- Opracowania sensorów i integracji sensorów
- Techniki regulacji
- Aktoryki
- Przetwarzania informacji

Wielkości pomiarowe w systemach mechatronicznych

Elektryczne (prąd, napięcie, natężenie pola, magnetyczna gęstość strumienia itd.)

Mechaniczne (droga, prędkość, przyspieszenie, siła, moment obrotowy, temperatura, ciśnienie itd.)

Duże znaczenie dla zastosowania koniecznych do tego, systemów pomiarowych ma ich **zdolność integrowania z procesem**

Zdolność ta zależy istotnie od ich:

- dynamiki,
- rozdzielczości,
- odporności na zakłócenia,
- trwałości,
- miniaturyzacji,
- jak również tego, czy nadają się do cyfrowej obróbki sygnału.

Realizacja podstawowych celów układu mechatronicznego

- **Aktywne oddziaływanie na układ podstawowy (najczęściej mechaniczny)**
- **Przystosowywanie się do zmiennych warunków środowiska**
- **Przeprowadzanie samodiagnozy z możliwą samokorektą**

Układ mechaniczny za pomocą **sensorów** (czujników) uzyskuje informacje o otoczeniu. Informacje te są przetwarzane i na tej podstawie układ sterujący wytwarza odpowiednie sygnały, które działają na aktory (człony nastawcze).

Zmierzone przez **sensory** wielkości są przetwarzane na **postać cyfrową**. Sygnał cyfrowy doprowadzony jest do **jednostki sterującej**, która odpowiednio przetwarza sygnały wejściowe i zgodnie ze swoim algorytmem wytwarza sygnały wyjściowe, których postać fizyczna i wartości dopasowywane są do zastosowanego w urządzeniu układu wykonawczego.

Za pomocą aktorów **sygnały nastawcze**, wytworzone za pomocą obróbki informacji, przetwarzane są w **wielkości nastawcze**. Działanie tych członów nastawczych jest oparte na **wzmacnianiu energii**. Dlatego konieczna jest energia pomocnicza. Może być to **energia elektryczna** czy **płynowa** (hydrauliczna, pneumatyczna). Nowoczesne człony nastawcze mają obwody **regulacji położeniowej**, które często pracują w sposób cyfrowy i oparty na modelu. Wskutek tego możliwe są duże dokładności pozycjonowania przy jednocześnie dobrej dynamice nastawiania.

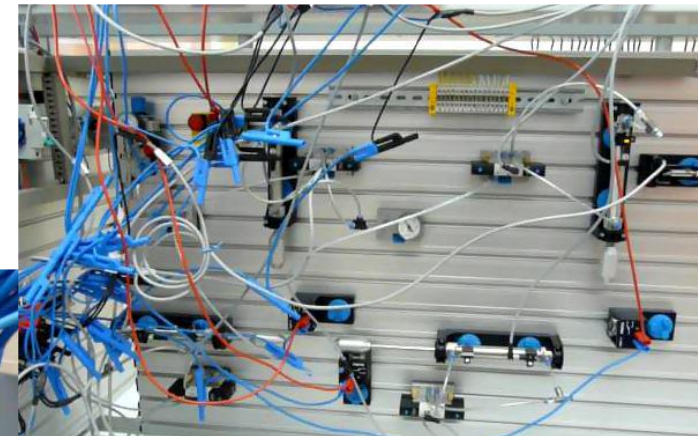
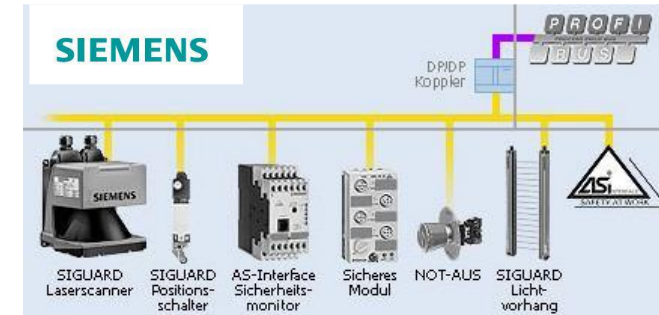
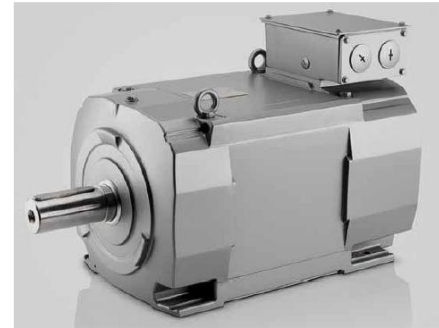
Układy wykonawcze

Układem wykonawczym mogą być silniki pneumatyczne, hydrauliczne lub silniki elektryczne.

Jednostka centralna otrzymuje również sygnały z innych jednostek (poprzez system komunikacji np. ASI, ProfiBus), które również mają wpływ na sygnały wyjściowe z jednostki sterującej.

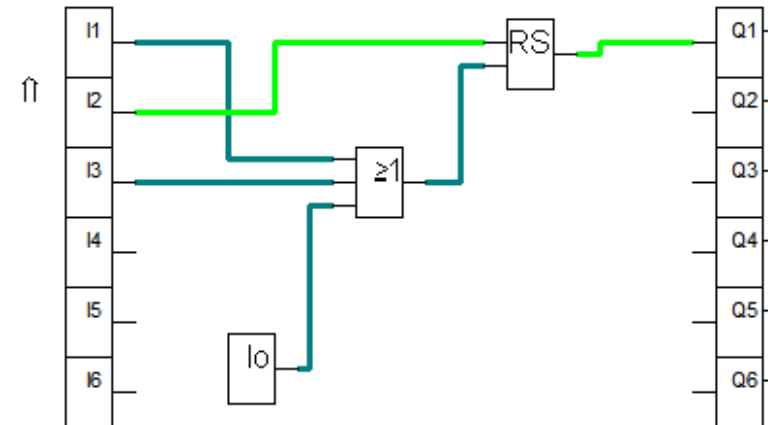
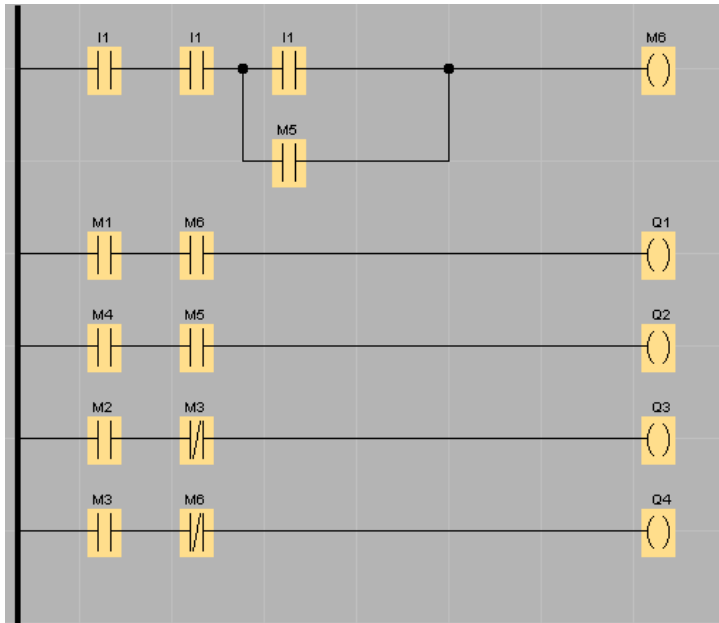
Sygnały z układów wykonawczych wprowadzane są do układu podstawowego.

Ogólnie **urządzenie mechatroniczne** można określić jako **programowalne urządzenia elektromechaniczne** wyposażone w **czujniki i zespoły wykonawcze**.



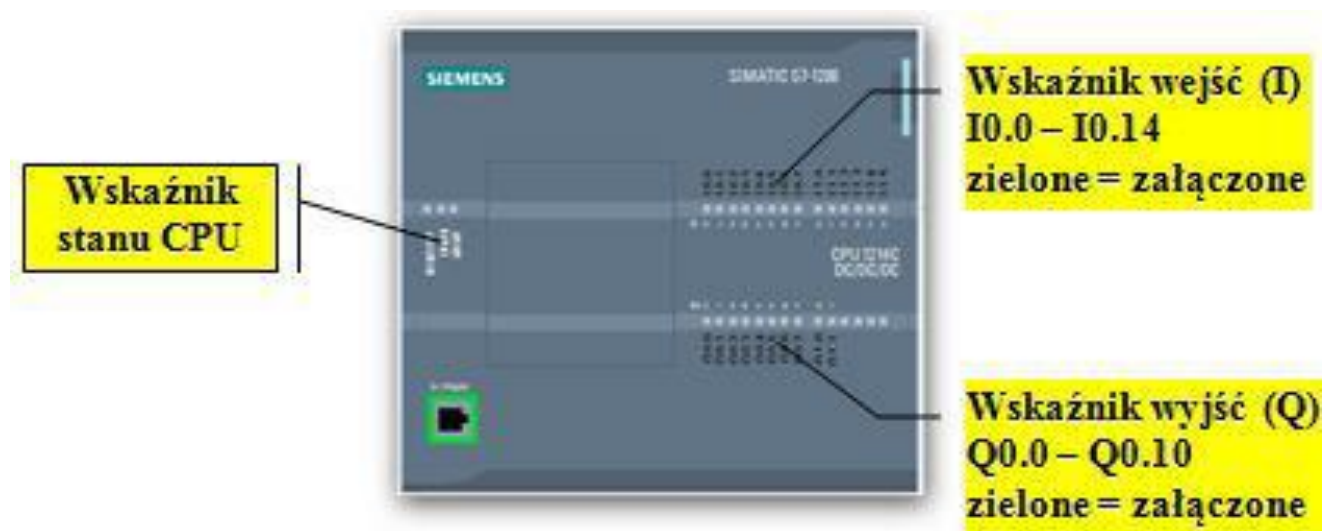
Przetwarzania danych procesowych systemu mechatronicznego

Istotną cechą systemów mechatronicznych jest to, że ich właściwości są określone przez **elementy niematerialne (oprogramowanie)**.



Przetwarzania danych procesowych systemu mechatronicznego

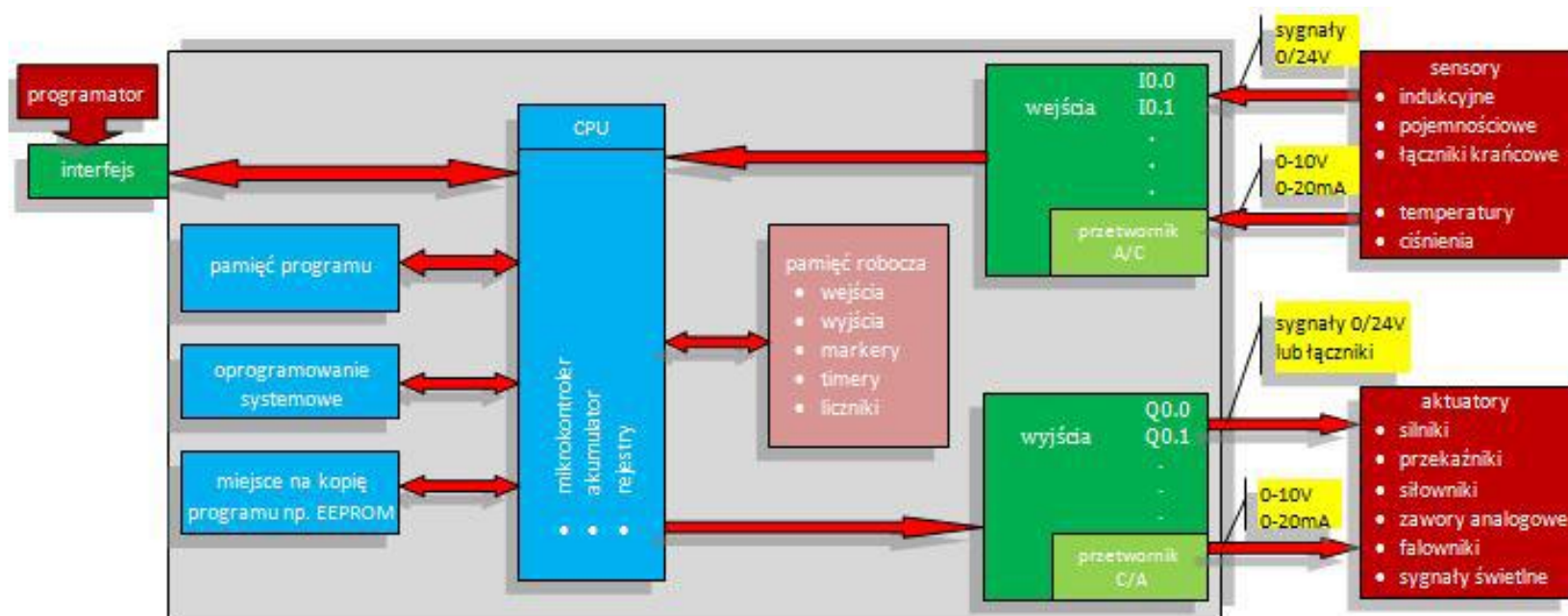
Przetwarzanie danych procesowych odbywa się za pomocą **mikrokontrolerów (mikrosterowników)**, specjalnie przystosowanych do przetwarzania w czasie rzeczywistym.



Przetwarzania danych procesowych systemu mechatronicznego

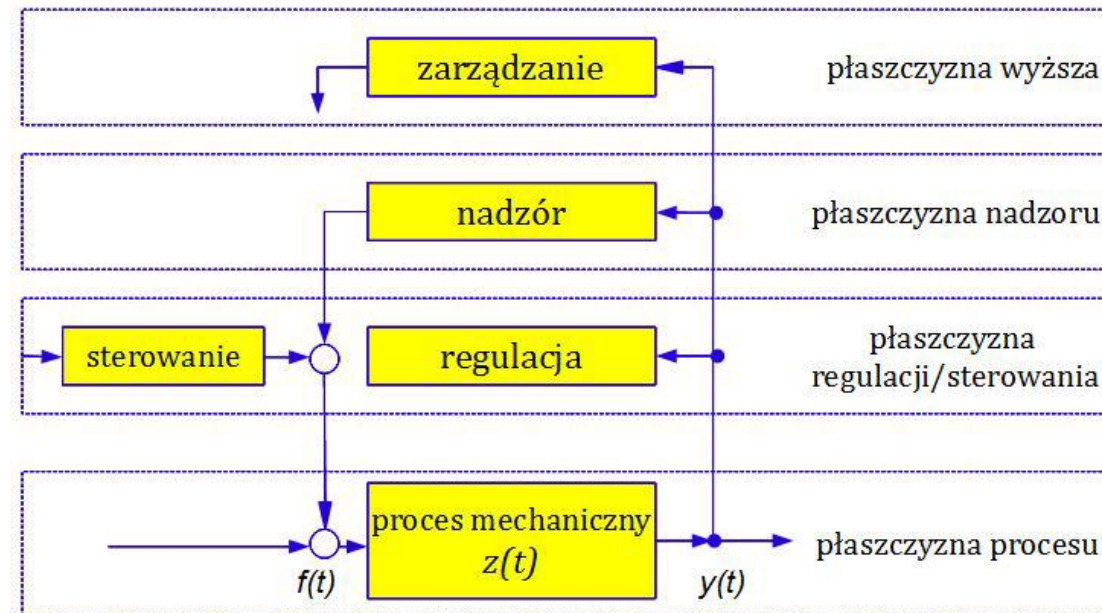
Mikrokontrolery zawierają konieczne do tego funkcje, jak:

- pamięć dla danych,
- pamięć dla programu,
- przetwornik analogowo-cyfrowy,
- porty wejście/wyjść,
- zarządzanie przerwaniami itd.



Płaszczyzna przetwarzania danych procesowych systemu mechatronicznego

Przetwarzanie danych procesowych odbywa się na wielu płaszczyznach i przejmuje — w zależności od stopnia zadania — różne zadania regulacji, nadzoru i optymalizacji.



Płaszczyzna przetwarzania danych procesowych systemu mechatronicznego

Płaszczyzna 1:

- Sterowanie
- Regulacja
- Sprowadzenie do poziomu procesu

Płaszczyzna 2:

- Meldowanie o alarmie (kontrola wartości granicznej)
- Nadzór i diagnoza uszkodzeń
- Wyprowadzenie prostych przedsięwzięć dla dalszego operowania lub zatrzymanie

Płaszczyzna 3:

- Koordynacja systemów częściowych
- Optymalizacja
- Ogólne zarządzanie (ang. *management*) procesem

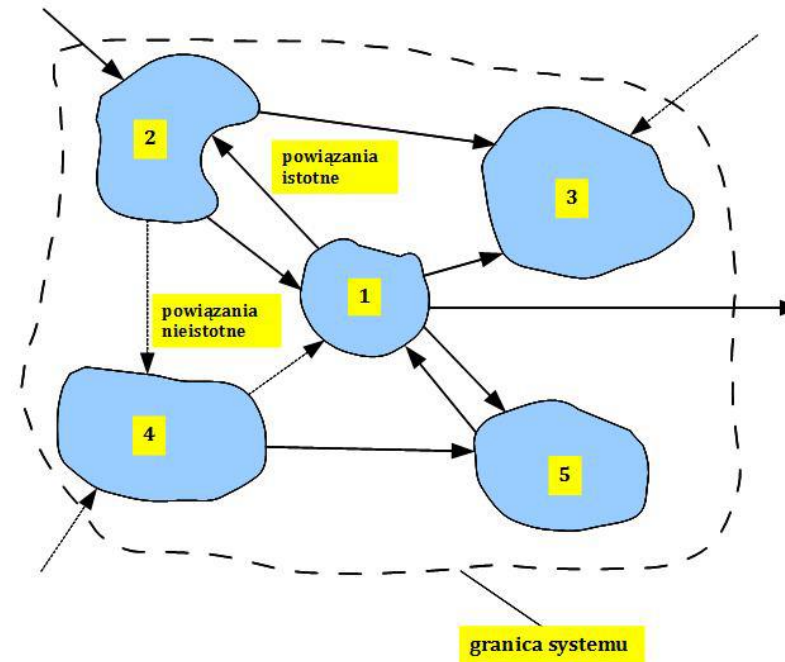
Ogólnie biorąc, słuszną jest zasada, że płaszczyzny dolne reagują szybko i działają lokalnie, podczas gdy płaszczyzny górne reagują powoli i przejmują zadania globalne.

Systemy mechatroniczne – analiza procesowa

Systemy są definiowane jako część rzeczywistości.

Systemy przedstawiają **odgraniconą konfigurację** wzajemnie na siebie oddziałujących tworów i z powodu tej właściwości mają charakter względny. Odgraniczenie systemu od jego otoczenia może być opisywane za pomocą powierzchni otaczającej — **granicy systemu**.

Traktując to dokładniej, system jest ciągle **całością systemów częściowych**, które **powiązane są informacyjnie między sobą i z otoczeniem**. Przez te powiązania (sygnały) można na systemy wpływać i można je obserwować.



Systemy mechatroniczne – systemy częściowe

System mechatroniczny jako całość systemów częściowych:

- System podstawowy (zwykle mechaniczny),
- Aktory,
- Sensory,
- Procesory i przetwarzanie danych procesowych.

Systemy częściowe są także nazywane **systemami aktywnymi**

Proces jest ciągiem kolejno następujących po sobie zjawisk lub stanów w systemie.

Przez proces jest opisywane przekształcenie i/lub transport materii, energii i informacji.

Przedstawienie procesu prowadzi do czasowych przebiegów sygnałów, stanów itd.

Do opisu procesów konieczne są wielkości związane ze stanem systemu.

W systemach mechatronicznych **wymagana jest aktywna zmiana stanów systemu**. W tym celu wpływa się (ingeruje) na system za pomocą **wielkości wejściowych**.

Pojęcie procesu jest nierozdzielnie związane ze zmianą w czasie, to znaczy z **dynamiką systemu**.

Tworzenie modeli

Modeli używamy do badania systemów i procesów.

Modele są pewnymi opisami lub imitacjami istotnych zależności rozpatrywanego problemu, zorientowanymi na cel lub funkcję systemu.

Tworzenie modeli odbywa się dwoma metodami:

- **na drodze teoretycznej**
- **na drodze eksperymentalnej**

Podczas tworzenia modeli na **drodze teoretycznej** zakładana jest znajomość systemu (przynajmniej hipotez), np.:

- **w mechanice**: zasada pędu i popędu, zasada momentu pędu, zasada pracy;
- **w elektrotechnice**: podstawowe równania dla pól elektromagnetycznych (zasada przepływu pola, zasada indukcji) i obwodów prądowych (prawo Ohma, prawa Kirchhoffa itd.).

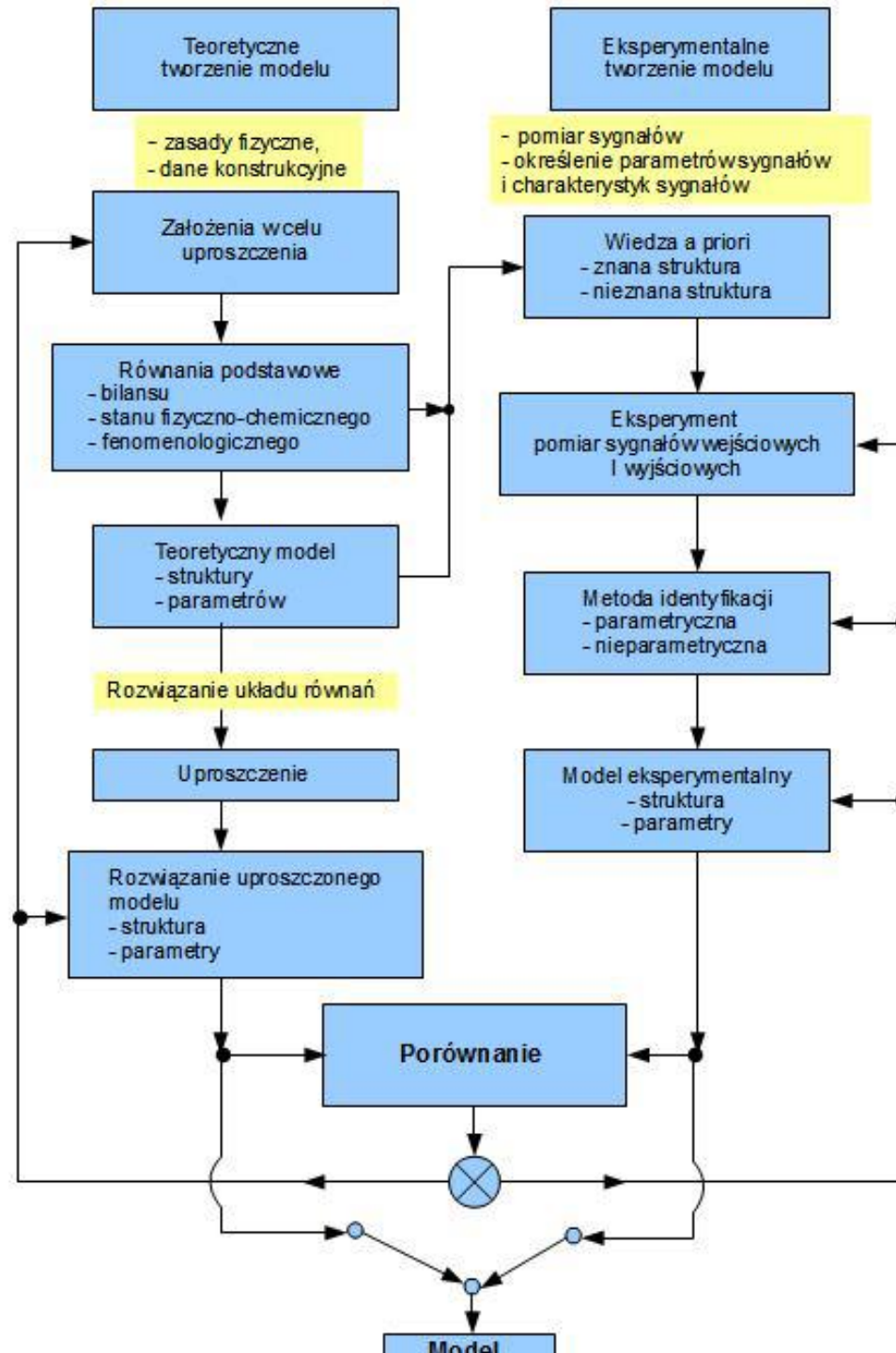
Tworzenie modeli

Tworzenie modeli na **drodze eksperymentalnej** opiera się na obserwacjach, tzn. na pomiarach (określane jako identyfikacja).

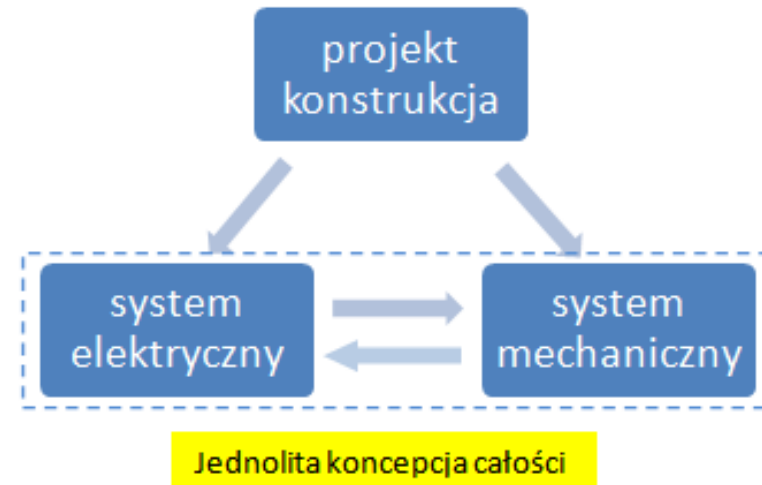
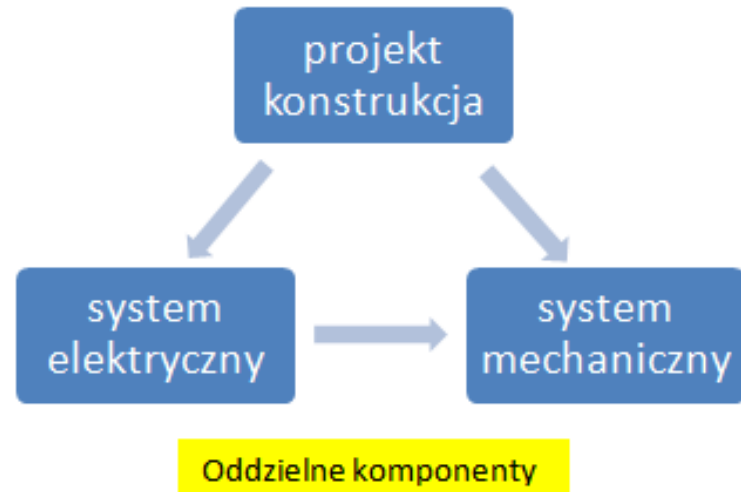
Na podstawie eksperymentów następuje określenie wartości (np. parametrów) lub funkcji charakterystycznych (np. przenoszenia, transmitancji), które opisują system.

W wielu przypadkach należy zastosować kombinację drogi teoretycznej i eksperymentalnej.

Zależność między tworzeniem modelu na drodze teoretycznej i eksperymentalnej



Projektowanie i realizacja systemów mechatronicznych



W systemie mechatronicznym dąży się do przestrzennie i funkcjonalnie zintegrowanego systemu całościowego

Różnice między projektem konwencjonalnym i mechatronicznym

Projekt konwencjonalny	Projekt mechatroniczny
Zestawione komponenty i przez to często złożona mechanika	Samowystarczalne jednostki, przeniesienie funkcji mechanicznych do oprogramowania
Precyzja przez ścisłe tolerancje	Precyzja przez pomiar i sprowadzenie do stanu wymaganego
Sztywna konstrukcja	Podatna i przez to lekka konstrukcja
Problemy z kablami	Magistrale
Sterowany ruch	Programowalny, regulowany ruch
Brak wpływu na wielkości niemierzalne	Obliczanie, regulacja wielkości niemierzalnych
Proste nadzorowanie wartości granicznej	Nadzorowanie z diagnozą uszkodzeń

Literatura

Nieszporek T., Sobiepański M.: Podstawy Mechatroniki, Politechnika Częstochowska:
http://www.plan-rozwoju.pcz.pl/wyklady/mechatronika/Podstawy_mechatroniki_w.pdf

Bishop R.H.: THE MECHATRONICS HANDBOOK. CRC PRESS, Boca Raton London New York
Washington 2002, ISBN 0-8493-0066-5

Dokumentacja techniczna produktów firmy FESTO: <http://www.festo.com.pl>

Heimann B., Gerth W., Popp K.: Mechatronika. Komponenty metody przykłady. PWN,
Warszawa 2001, ISBN 83-01-13501-8

Mazak: Programming Manual for MAZATRL MATRIX (for INTEGRX IV series) On the Use of
Programs Created with the M640MT Pro. Manual No.: H740PB0090E. Manual Publication
Section, Yamazaki Mazak Corporation, Japan, 08.2006

Nikiel G.: Programowanie obrabiarek CNC na przykładzie układu sterowania Sinumerik
810D/840D. Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku Białej, Bielsko Biała 2004.

Olszewski M. Red.: Podstawy mechatroniki. REA, Warszawa 2006, ISBN 83-7141-516-8