

Stanisław Szablowski

Wirtualne laboratorium w dydaktyce mechatroniki

Dydaktyka Informatyki 5, 107-126

2010

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Stanisław Szablowski

WIRTUALNE LABORATORIUM W DYDAKTYCE MECHATRONIKI

Wprowadzenie

W kształceniu technicznym istotną rolę spełniają szeroko rozumiane w znaczeniu potocznym elektrotechnika, elektronika, mechanika, automatyka, informatyka, które wyznaczają kierunki współczesnych przemian cywilizacyjnych i wpływają równocześnie na rozwój innych dziedzin techniki. W XXI wieku dużym błędem metodycznym w kształceniu jest oddzielne rozpatrywanie wymienionych uprzednio dyscyplin techniki – wszak w praktyce i teorii oddziałują one bezpośrednio na siebie i pozostają ze sobą w ścisłych zależnościach. W procesie kształcenia zawodowego musimy je rozpatrywać spójnie w ujęciu interdyscyplinarnym. Urządzenia techniczne metodologia nauk technicznych analizuje obecnie w ujęciu mechatronicznym, wyznaczonym m.in. przez mechanikę, elektrotechnikę, elektronikę, informatykę i automatykę (rys. 1).



Rys. 1. Integracja różnych dziedzin nauki i techniki w dyscyplinie mechatronika
[źródło: Olszewski 2007: 18]

Poprzez tak rozumiane podejście metodologiczne wyłonił się nowoczesny kierunek kształcenia technicznego, realizowany w technikach i uczelniach wyższych pod nazwą mechatronika. Samo słowo „**mechanika + elektronika**” pojawiło się pod koniec lat siedemdziesiątych XX wieku. Wprowadzili je Japończycy do opisu zastosowania elektroniki i techniki komputerowej w sterowaniu systemami mechanicznymi [Gawrysiak 1997: 9]. Obecnie nie istnieje jednoznaczna definicja mechatroniki. Wiele instytucji zawęża znaczenie terminu „mechatronika” do swoich specyficznych potrzeb, gdyż mechatronika jako interdyscyplinarna dziedzina techniki znajduje zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Jedną z najpopularniejszych definicji określa mechatronikę jako interdyscyplinarną dziedzinę nauki i techniki zajmującą się problemami mechaniki, elektroniki i sterowania programowalnego. Zgodnie z przyjętą przez Międzynarodową Federację Teorii Maszyn i Mechanizmów mechatronika jest synergiczną kombinacją mechaniki precyzyjnej, elektronicznego sterowania i systemowego myślenia przy projektowaniu produktów i procesów produkcyjnych [Olszewski 2007: 9].

Procesy projektowania i wytwarzania urządzeń mechatronicznych oraz ich eksploatacja są dość specyficzne, przez co nie ulega wątpliwości, że kształcenie mechatroników wymaga specjalnego podejścia metodycznego, niestosowanego dotychczas w dydaktyce konwencjonalnych dziedzin techniki, takich jak elektrotechnika lub mechanika. Ponadto literatura pedagogiczna wskazuje, że rozsądne wykorzystanie wszystkich dostępnych zasobów sprzętowych i programowych technologii informacyjnej jako elementów edukacji niezwykle uatrakcyjnia proces kształcenia. W praktyce pedagogicznej nauczyciel przedmiotów zawodowych w technikum często stawia pytanie: jakie i w jaki sposób nowe narzędzia technologii informacyjnej można najefektywniej wykorzystać w dydaktyce mechatroniki? Próba odpowiedzi na to pytanie stanowi cel niniejszego pracowania. Szczególny nacisk położony został na kwestię prowadzenia eksperymentu na odległość, co ostatnio, na równi z modelowaniem i symulacją, określane jest mianem laboratorium wirtualnego [Rak 2008].

1. Mechatroniczna koncepcja edukacji technicznej

Mechatronika zmieniła sposób myślenia i podejścia do zagadnień techniki i co najważniejsze, do nauczania nowych technologii. W edukacji szkolnej mechatronika stwarza szereg problemów o dużej skali trudności zarówno dla uczniów jak i nauczycieli z uwagi na ogrom wiedzy i umiejętności do przyswojenia i zastosowania, a także interdyscyplinarność zagadnień. Dydaktycy znanej firmy Festo zajmującej się m.in. szkoleniami kadr technicznych na świecie słusznie zauważają, że **konieczne jest nauczanie mechatroniki w oparciu o podejście systemowe**, ze zwróceniem szczególnej uwagi na funkcje, jakie

mają spełniać elementy składowe układu mechatronicznego, a nie ich wewnętrzną budowę [Internet 1]. Funkcje te są z reguły bardzo zróżnicowane, podobnie jak ich natura fizyczna, gdyż obejmują różnorodne zagadnienia, takie jak: sterowanie zewnętrzne, zasilanie, komunikację wewnętrzną i oprogramowanie komputerowe. W związku z tym wydaje się, że wymagania wobec ośrodków kształcenia w zakresie mechatroniki powinny być odmienne od tradycyjnych.

Mechatronika jest interdyscyplinarną dziedziną techniki, w której żadna z dyscyplin składowych nie jest dominująca – wszystkie one połączone są przez informatykę. Podejście do mechatroniki od strony technologii informatycznych jest usankcjonowane w terminologii – mechatronika ma ścisły związek z informatyką stosowaną (przemysłową), zaś technik mechatronik jest także nazywany informatykiem przemysłowym. Efektywne kształcenie specjalistów mechatroników, uwzględniające zarówno nowe obszary wiedzy, jak i nowe sposoby rozwiązywania problemów technicznych jest zadaniem dla edukacji zawodowej. Inżynier, technik, monter lub operator obrabiarek kształcony w zakresie mechatroniki nie może ograniczać zainteresowania tylko do określonych aspektów projektowania, wytwarzania, użytkowania maszyn i urządzeń – potrzebuje wiedzy i umiejętności z wielu dziedzin techniki. Wymogi takie tworzą zupełnie nową jakość kształcenia w systemie edukacji zawodowej. Jest ona szczególnie potrzebna szkolnictwu zawodowemu w Polsce, przeważnie niedoinwestowanemu technologicznie i z niską kulturą techniczną.

Aktualny plan nauczania dla zawodu technik mechatronik wprowadza w cyklu kształcenia następujące przedmioty zawodowe [Program nauczania technik mechatronik 2006]:

- podstawy mechatroniki,
- technologie i konstrukcje mechaniczne,
- urządzenia i systemy mechatroniczne,
- pracownia urządzeń mechatronicznych,
- język obcy zawodowy,
- zajęcia specjalizacyjne.

Przedmioty występujące w planie nauczania technikum mechatronicznego pozostają względem siebie w określonych zależnościach strukturalnych – występują między nimi korelacje międzyprzedmiotowe, a treści nauczania wszystkich przedmiotów wzajemnie się warunkują. **Szczególną rolę wśród wielu przedmiotów zawodowych należy przypisać podstawom mechatroniki.** Funkcją teleologiczną tego przedmiotu jest przygotowanie uczniów technikum mechatronicznego do uczenia się treści przedmiotów specjalistycznych, dla których „podstawy mechatroniki” są abecadłem i podłożem teoretycznym. Wynika stąd specyficzna i „usługowa” rola tego przedmiotu względem innych. System wiadomości i umiejętności uzyskany przez uczniów poprzez uczenie się podstaw mechatroniki ma doprowadzić do zrozumienia struktur układów elektrycznych, elektronicznych, pneumatycznych, hydraulicznych, procesów technologicznych

i różnorodnych zjawisk fizycznych im towarzyszących. Treści kształcenia przedmiotu „podstawy mechatroniki” wywodzą się z dziedziny nauk przyrodniczych i zawierają różne konstrukcje logiczne, jak: definicje, dowody, klasyfikacje, wyjaśnienia i opisy. Zawierają one w sobie elementy fizyki, matematyki i techniki.

Szczególną rolę odgrywa również w procesie kształcenia mechatroników **pracownia urządzeń mechatronicznych**. W odróżnieniu od pozostałych teoretycznych przedmiotów zawodowych proces uczenia się – nauczania w pracowni urządzeń mechatronicznych w zasadzie nie polega na przyswajaniu nowych treści, lecz opiera się na wiadomościach teoretycznych już uczniom znanych. Celem teleologicznym tego przedmiotu jest nie tylko praktyczne sprawdzenie drogą bezpośrednich działań technicznych praw, zależności i zasad podstaw mechatroniki oraz wyrabianie umiejętności działań technicznych, ale przede wszystkim zbliżenie ucznia do życia i jego przyszłej pracy zawodowej. Zajęcia w laboratorium urządzeń mechatronicznych są więc dla ucznia dosłownie szkołą rozwiązywania różnego rodzaju zagadnień technicznych. Rozwiązanie każdego problemu technicznego w laboratorium wymaga uprzedniego przygotowania i uporządkowania wiedzy teoretycznej z nim związanej. To uporządkowanie i przygotowanie wiedzy jest zadaniem przedmiotów „służebnych” – podstaw mechatroniki, technologii i konstrukcji mechanicznych oraz urządzeń i systemów mechatronicznych. Brak takiego przygotowania teoretycznego przekreśla z góry jakąkolwiek świadomą aktywność ucznia w trakcie uczenia się. W tym przypadku jest on jedynie biernym statystą, nierozumiejącym co, w jaki sposób i dlaczego wykonuje się w poszczególnych działaniach technicznych. Specyfika przedmiotu „pracownia urządzeń mechatronicznych” uzasadnia wprowadzenie na szeroką skalę metod problemowych, które stawiają ucznia od razu w sytuacji zbliżonej do tej, z jaką spotyka się najczęściej w życiu i w przyszłej pracy zawodowej. W ramach zajęć laboratoryjnych uczniowie wykonują ćwiczenia praktyczne z wykorzystaniem przyrządów, które uwzględniają komputerowe wspomaganie projektowania, prowadzenia badań i opracowania wyników pomiarów. Podczas takich zajęć uczniowie mają za zadanie przygotowanie swojego stanowiska pomiarowego, wykonanie pomiarów, opracowanie wyników i przygotowanie raportu w formie pisemnego sprawozdania.

Praktyka pedagogiczna autora pokazuje, że różnorodność treści przedmiotów mechatronicznych sprawia uczniom bardzo duże trudności percepcyjne, zaś przygotowanie uczniów do egzaminu zawodowego wymaga od nauczycieli wielkiego nakładu pracy i wysiłku, a przed dydaktyką mechatroniki stawia też nowe wyzwania. Zauważamy dotychczas niską efektywność kształcenia mechatroników na poziomie technikum, którą potwierdzają słabe wyniki egzaminów zawodowych przeprowadzanych przez Okręgowe Komisje Egzaminacyjne. W porównaniu do innych zawodów technicznych jest ona zdecydowanie mniejsza [Internet 2].

2. Szkolne laboratorium wirtualne

Bardzo często w języku potocznym pojęcie „wirtualny” jest odnoszone do sytuacji, gdy coś dzieje się nie w rzeczywistości, a wewnątrz komputera. Mówiąc o wirtualnym laboratorium, mamy na myśli – w uproszczeniu – pewne środowisko badawcze programowo-sprzętowe, które istnieje dzięki sieciom komputerowym. Spróbujmy przybliżyć i rozwinąć to pojęcie. W XXI wieku coraz większego znaczenia nabiera kształcenie na odległość realizowane z użyciem nowoczesnych technik internetowych, które umożliwiają m.in. prowadzenie eksperymentów przez Internet, czyli bez fizycznej obecności w laboratorium – także poprzez m-learning [Bischoff 2006]. Prowadzenie eksperymentu w wirtualnym laboratorium przez symulację lub zdalny dostęp do aparatury, zapewnia uczniowi zrozumienie istoty badanych zjawisk, zapoznanie się ze stosowanymi rozwiązaniami układowymi i technikami pomiarowymi [Szablowski 2008]. Nowa generacja nauczania zdalnego charakteryzuje się przede wszystkim trójwymiarową przestrzenią wirtualną. Ważnymi elementami w tej przestrzeni są eksperymenty fizyczne i biologiczne oraz trójwymiarowe symulacje różnych procesów, także przebiegów technicznych i ekonomicznych, które wykonywane mogą być indywidualnie lub zespołowo [Meger 2008].

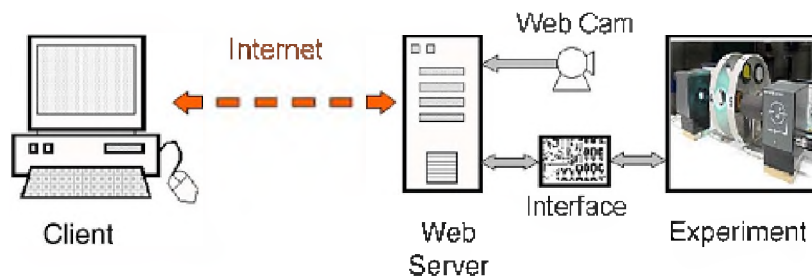
Zarówno w badaniach naukowych, pracach konstrukcyjnych, jak i w dydaktyce są szeroko i z sukcesem wykorzystywane różnego rodzaju symulacje i symulatory. W obszarze mechatroniki istnieją szerokie możliwości zastosowania programów symulacyjnych do realizacji eksperymentów technicznych. Narzędzia programistyczne służące do symulacji układów mechatronicznych pozwalają projektantom na szybkie prototypowanie, wizualizację oraz analizę złożonych urządzeń. Utworzone modele są często wykorzystywane później również w sprzętowych symulatorach HIL (*hardware-in-the-loop*) stosowanych podczas testów i szkoleń [Możaryn 2008]. W przypadku kształcenia na odległość eksperymenty symulacyjne są udostępniane w taki sam sposób jak pozostałe składniki elektronicznych opracowań metodycznych. Podstawowym medium i narzędziem do prezentacji opracowań metodycznych w przypadku zdalnego nauczania i samokształcenia jest Internet. W optymalnym rozwiązaniu laboratorium wirtualnego programy symulacyjne są udostępniane przez strony WWW i uruchamiane za pomocą przeglądarki bez konieczności uprzedniego instalowania i konfigurowania.

Podsumowując dotychczasowe rozważania, zdefiniujemy **wirtualne szkolne laboratorium mechatroniki** jako środowisko badawcze, programowo-sprzętowe wspomagające uczenie się-nauczanie, w skład którego wchodzi:

- aplikacje (witryny internetowe) umożliwiające prowadzenie eksperymentów zdalnych i symulacji komputerowych w przestrzeni wirtualnej sieci Internet (praca on-line);
- pakiety symulacyjne do pracy off-line,

– multimedialne opracowania metodyczne.

Architektura wirtualnego laboratorium może być różna w zależności od tego, do jakiego typu eksperymentów będzie używane. Wyróżnimy w nim elementy wspólne, które mogą lub nawet powinny występować w każdej konfiguracji i takie, które są specyficzne dla pewnego typu laboratoriów. Zazwyczaj częścią wspólną współczesnych laboratoriów jest dostęp przez Internet, w postaci strony WWW. Takie rozwiązanie sprawia, że główny warunek wirtualnego laboratorium, jakim jest dostępność z każdego miejsca i w dowolnym czasie jest spełniony. Każde wirtualne laboratorium jest oparte na specjalizowanym oprogramowaniu do wykonywania symulacji, analizy danych oraz wizualizacji procesów. Eksperymentator może na bieżąco, w trakcie trwania eksperymentu, obserwować wyniki badań i wpływać na jego przebieg. Dzięki wirtualnemu laboratorium nie jest istotne czy badacz znajduje się fizycznie w pobliżu stanowiska badawczego, czy też przeprowadza badania zdalnie z wykorzystaniem sieci Internet. Transmisja obrazu ze stanowiska badawczego odbywa się za pomocą kamery internetowej, połączonej z serwerem danych strumieniowych (rys. 2).

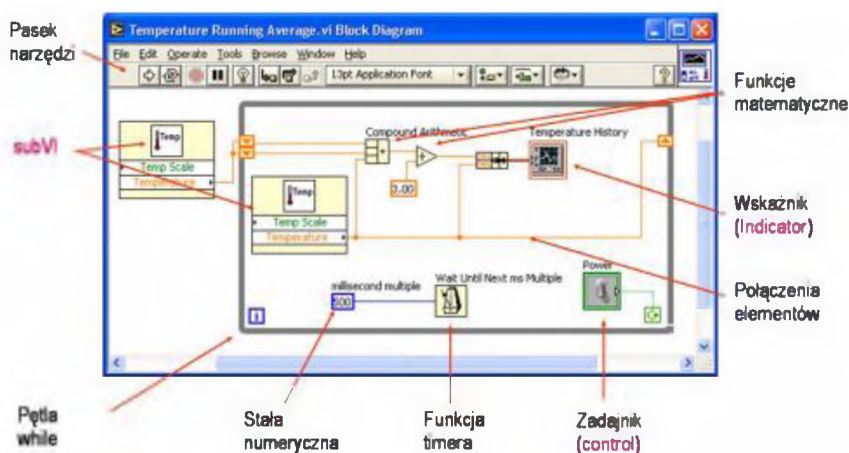


Rys. 2. Eksperyment zdalny w laboratorium wirtualnym [źródło: Gröber 2008 : 14]

Istotnymi komponentami wirtualnego laboratorium są przyrządy wirtualne. **Przyrząd wirtualny** jest rodzajem inteligentnego urządzenia będącego połączeniem odpowiednio dostosowanego sprzętu pomiarowego z komputerem ogólnego przeznaczenia i przyjaznym dla użytkownika oprogramowaniem, które umożliwia współpracę z komputerem na zasadach takich, jakby obsługiwano tradycyjny przyrząd autonomiczny [Rak 1999]. Główną zaletą takiego rozwiązania jest elastyczność wynikająca z faktu, że o funkcjonalności urządzenia decyduje głównie oprogramowanie. Pewną grupę przyrządów wirtualnych stanowią same w sobie graficzne środowiska programowe. Nie wyróżnimy w nich nie tylko przyrządu pomiarowego, ale nawet żadnego jego elementu. Przyrząd od początku do końca został stworzony z wykorzystaniem programu. Dane pomiarowe do takiego przyrządu mogą pochodzić z plików dyskowych utworzonych podczas rzeczywistych pomiarów na odległym stanowisku pomiarowym. Znalaz-

zły one szerokie zastosowanie do prezentacji symulacji procesów fizycznych, a ze względu na stosunkowo niski koszt są niezwykle przydatne w dydaktyce. Tworzenie przyrządów wirtualnych może być realizowane na dwa sposoby [Dobrowolski 2004]: Pierwszy sposób polega na pisaniu od podstaw programu obsługi przyrządu systemowego lub karty pomiarowej przy wykorzystaniu języków wysokiego poziomu (Pascal, C). Drugi sposób – bardzo wygodny – opiera się na wykorzystaniu dużych środowisk programowych, które integrują w sobie funkcje sterowania pracą systemu, gromadzenia i przetwarzania danych pomiarowych oraz prezentacji wyników. Środowiska takie oferują ponadto graficzne języki programowania wyższego rzędu, różnego rodzaju edytory, a także rozbudowane mechanizmy wspomagające i upraszczające obsługę aparatury pomiarowej i ułatwiające pisanie własnych programów sterujących pracą całego systemu.

Takie pakiety programowe nazywane są **zintegrowanymi środowiskami pomiarowymi**. Na rynku istnieje kilka takich pakietów. Najbardziej znany jest LabVIEW jako produkt firmy National Instruments [Internet 3; Tlaczala 2002]. Inny program Agilent Vee autorstwa firmy Agilent Technologies, podobnie jak LabVIEW, umożliwia tworzenie programu przy użyciu symboli graficznych. LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) jest nowoczesnym narzędziem stosowanym do oprogramowania systemów pomiarowych. Integralną częścią środowiska LabVIEW jest graficzny język programowania, nazywany jako język G. W odróżnieniu od klasycznych języków programowania (Pascal lub C) LabVIEW tworzy program w postaci diagramu, na którym poszczególne operacje przedstawione są w postaci symboli połączonych zgodnie z przepływem danych (rys. 3).



Rys. 3. Aplikacja w programie LabView [źródło: Internet 4]

Język graficzny w znacznym stopniu ułatwia tworzenie przez użytkownika żądanych aplikacji. Środowisko programowania LabVIEW z powodzeniem może służyć opracowaniu materiału ilustracyjnego wspomagającego zrozumienie istotnych zagadnień z metrologii.

Wirtualne laboratoria pomiarowe są w ostatnich latach przedmiotem zainteresowania wielu instytucji naukowych i uczelni [Internet 5; Internet 6; Internet 7; Internet 8]. System zarządzania naukowym laboratorium wirtualnym zapewnia autoryzowanemu użytkownikowi pełną kontrolę nad procesem badawczym: oddziaływanie na obiekt, regulację nastaw aparatury, bieżący odczyt i wizualizację wyników pomiarów i obserwację stanu obiektu z wykorzystaniem kamer internetowych. Równoległe ze zdalną realizacją ćwiczeń w rzeczywistym laboratorium, bardzo istotną rolę w edukacji odgrywają **eksperymenty symulacyjne**. W laboratorium wirtualnym przeprowadzamy badania modeli obiektów skonstruowanych programowo przy wykorzystaniu wirtualnych przyrządów pomiarowych, a także wykorzystamy przyrządy wirtualne wzorowane na przyrządach autonomicznych i rozwiązania dedykowane dla konkretnych zastosowań.

3. Mechatroniczne laboratorium wirtualne

Organizacja kształcenia technicznego w koncepcji mechatronicznej bazuje przede wszystkim na odpowiednio wyposażonych pracowniach w postaci laboratorium wirtualnego i rzeczywistego. Oferowanie obecnie w tym celu oprogramowanie, np. przez firmę Festo Didactic [Internet 1] jest bardzo drogie i wymaga dużego wsparcia finansowego. Dostarczane przez firmy profesjonalne urządzenia umożliwiają tworzenie specjalistycznych pracowni w zakresie mechatroniki procesów przemysłowych, samochodowej, ochrony środowiska, obróbki skrawaniem i wielu innych. We współczesnych laboratoriach technicznych i fizycznych standardem jest używanie skomputeryzowanych urządzeń pomiarowych, komputerów i sieci Internet w celu sterowania, przesyłania danych i prowadzenia eksperymentu. Mechatronika cechuje się bardzo dużym znaczeniem eksperymentu wspomaganego komputerowo w procesie dydaktycznym. Wysokiej jakości aplikacje internetowe, pakiety symulacyjne off-line i multimedialne opracowania metodyczne przeznaczone do wykorzystania w szkolnym, wirtualnym laboratorium mechatroniki **muszą zawierać elementy interaktywne** pozwalające na samodzielne eksperymentowanie przez ucznia w trakcie wykonywania ćwiczeń. Zgodnie z programem nauczania dla zawodu technik mechatronik [Program nauczania technik mechatronik 2006] wirtualne laboratorium mechatroniczne, wspólnie z laboratorium rzeczywistym, powinno zapewnić realizację interdyscyplinarnych treści kształcenia w zakresie:

- elektrotechniki i elektroniki,
- energoelektroniki i napędu elektrycznego,

- techniki regulacji analogowej i cyfrowej,
- robotyki,
- sterowników programowalnych,
- obrabiarek sterowanych numerycznie,
- pneumatyki i elektropneumatyki,
- hydrauliki i elektrohydrauliki.

3.1. Aplikacje internetowe

W tym podrozdziale prezentujemy istotne komponenty mechatronicznego laboratorium wirtualnego, którymi są aplikacje internetowe służące prowadzeniu eksperymentów zdalnych i symulacji on-line. Ich charakterystyczną cechą jest ogólnodostępność, bezpłatność i brak zabezpieczeń do stron WWW. Ilość tych aplikacji nie jest znaczna, można za ich pomocą zrealizować tylko wybrane treści kształcenia – głównie z podstaw elektrotechniki i elektroniki. Omawiane zasoby sieciowe mają istotną zaletę – stanowią otwarte zasoby edukacyjne Internetu, które wykorzystamy do wspomagania procesu dydaktycznego w technikum mechatronicznym.

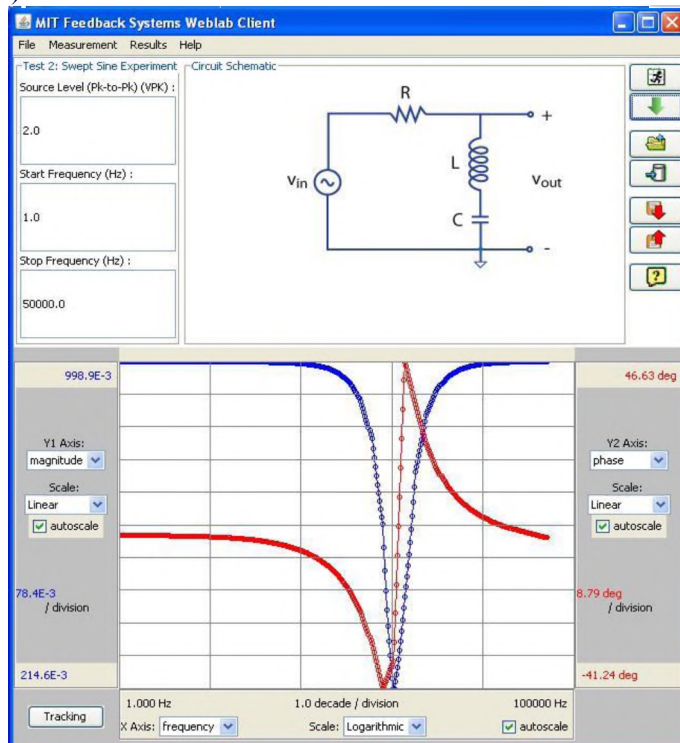
Jedną z najbardziej prestiżowych uczelni technicznych świata Massachusetts Institute of Technology (MIT) w Cambridge (USA) udostępnia w Internecie swoje materiały edukacyjne jako otwarte kursy e-learningowe, zaś wirtualne laboratoria są składnikiem wybranych kursów. Dostęp do laboratorium jest zupełnie niezależny od uczestnictwa w kursie – wymagana jest jedynie autoryzacja użytkownika (login, hasło). Obsługa laboratorium odbywa się w języku angielskim. Dla naszych potrzeb wykorzystamy laboratorium mikroelektroniki MIT [Internet 9], do którego mamy podgląd z kamery (rys. 4).



Rys. 4. Badany układ w laboratorium MIT [źródło: Internet 9]

Wykonamy w nim eksperymenty z zakresu badania diody prostowniczej, diody Zenera i Schottky`ego, tranzystora bipolarnego i MOSFET oraz wzmac-

niacza operacyjnego, sporządzimy charakterystyki częstotliwościowe elementów RLC (rys. 5).



Rys. 5. Charakterystyki częstotliwościowe obwodu RLC [źródło: Internet 9]

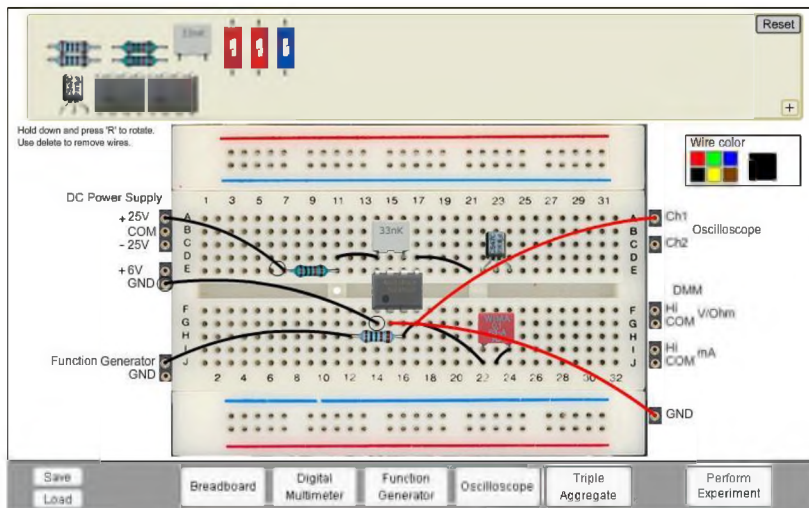
Wykorzystamy także symulator układów elektronicznych na bazie oprogramowania WinSpice. Do każdego ćwiczenia w laboratorium opracowano instrukcję w języku angielskim.

Kolejne laboratorium elektroniczne w języku angielskim i szwedzkim to OpenLabs Electronics Laboratory [Internet 10].



Rys. 6. Laboratorium OpenLabs Electronics Laboratory [źródło: Internet 10]

W laboratorium mamy do dyspozycji wirtualną płytkę montażową, na której wykonamy połączenia między elementami układu elektronicznego. Biblioteka elementów zawiera układy scalone, rezystory, kondensatory, cewki, diody, tranzystory, mikrołączniki (rys. 7). W bibliotece przyrządów pomiarowych znajdują się: multimetr cyfrowy, analogowy oscyloskop dwukanałowy, generator funkcyjny i zasilacz regulowany. Przeprowadzenie badań w laboratorium wspomagają przykładowe prezentacje multimedialne Flash. Eksperyment i jego wyniki zapiszemy do pliku.

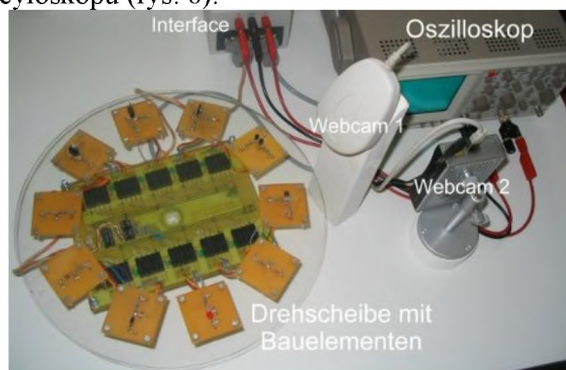


Rys. 7. Wirtualna płytkę montażowa [źródło: Internet 10]

- Obsługa laboratorium jest bardzo prosta i sprowadza się do:
- wybrania odpowiednich elementów z biblioteki,
 - rozmieszczenia ich na płycie montażowej,

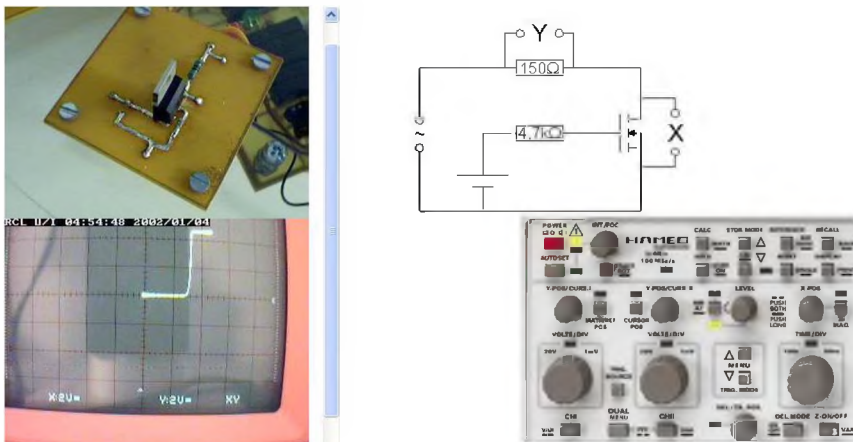
- połączenia elementów,
- konfiguracji przyrządów pomiarowych i wykonania pomiarów.

W praktycznym uczeniu się mechatroniki wykorzystamy także wirtualne laboratorium fizyczne Uniwersytetu Technicznego w Keiserslautern (Niemcy) obsługiwane przez języki: niemiecki, angielski, francuski i włoski [Internet 11]. Dostęp do laboratorium nie wymaga rejestracji i logowania. W kształceniu mechatroników na uwagę zasługują ćwiczenia dotyczące badania oscyloskopu (niem. Oszilloskop) i elementów półprzewodnikowych (niem. Halbleiterkennlinien). Komponenty laboratorium w ćwiczeniu „Halbleiterkennlinien” zawierają elementy półprzewodnikowe umieszczone na obrotowej tarczy, której położeniem możemy zdalnie sterować, a także dwie kamery przekazujące podgląd badanego układu i oscyloskopu (rys. 8).



Rys. 8. Układy elektroniczne w laboratorium [źródło: Internet 11]

Zakres badań jest dość szeroki – sporządzimy charakterystyki prądowo-napięciowe diody prostowniczej, Zenera, LED, tranzystorów bipolarnych i unipolarnych, tyrystora, diaka i triaka oraz zaobserwujemy je na oscyloskopie (rys. 9).

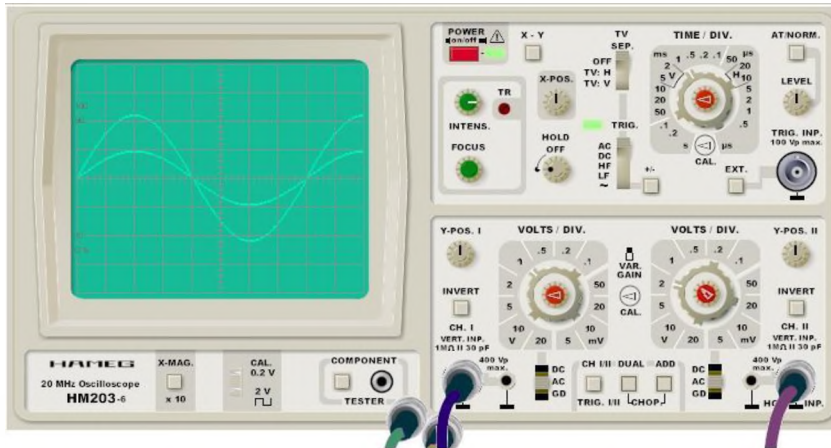


Rys. 9. Badanie tranzystora unipolarnego [źródło: Internet 11]

Zauważamy na stronie WWW doskonale opracowania metodyczne ćwiczeń. Do każdego ćwiczenia uczeń otrzymuje hipertekstową instrukcję zawierającą:

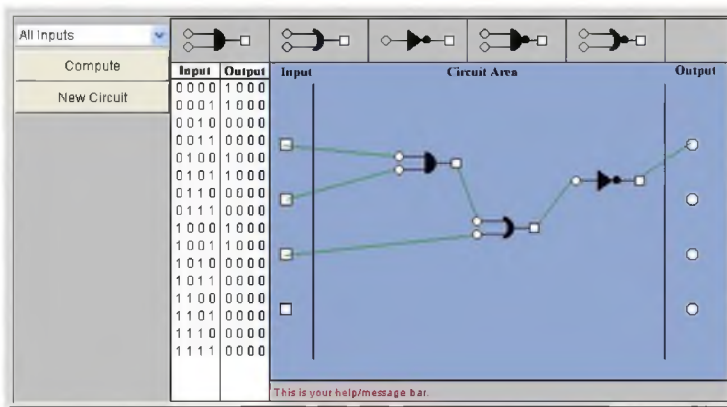
- wprowadzenie do ćwiczenia,
- opis elementów i przyrządów pomiarowych,
- podstawy teoretyczne badanego zjawiska,
- opis przebiegu eksperymentu,
- zadania do rozwiązania,
- przykłady opracowania wyników pomiarów wraz z wnioskami,
- materiały pomocnicze rozszerzające treści kształcenia.

W laboratorium Wirtualny Oscyloskop (język angielski i niemiecki) poznajemy podstawy obsługi oscyloskopu oraz przeprowadzamy pomiary z jego wykorzystaniem [Internet 12]. Na stronie WWW pojawia się nam obraz rzeczywistego oscyloskopu z sondami pomiarowymi (rys. 10). Uczenie się wspomaga podręcznik hipertekstowy.



Rys. 10. Oscyloskop wirtualny [źródło: Internet 12]

Z podstawami elektroniki cyfrowej zapoznamy się w laboratorium Logic Circuits w Johns Hopkins University (Baltimore USA). Wykonamy w nim symulacje on-line prostych układów kombinacyjnych z bramek logicznych [Internet 13]. Symulator posiada edytor, za pomocą którego stworzymy schemat układu. Analiza zaprojektowanego układu dostarcza nam funkcji logicznych w postaci tabelarycznej (rys. 11).



Rys. 11. Symulator układów kombinacyjnych [źródło: Internet 13]

W laboratorium Robotic Arm Control w Johns Hopkins University wykonamy także symulacje sterowania ramieniem robota przemysłowego.

3.2. Pakiety symulacyjne off-line

Katalog oprogramowania symulacyjnego off-line przeznaczony do kształcenia mechatroników jest bardzo obszerny i zawiera pakiety przeznaczone do badań symulacyjnych w interdyscyplinarnych obszarach mechatroniki. Przedstawione poniżej aplikacje stanowią podstawowy i większościowy składnik szkolnego wirtualnego laboratorium i są to przeważnie bardzo drogie produkty komercyjne.

Spośród wielu pakietów symulacyjnych do nauczania elektrotechniki i elektroniki na szczególną uwagę zasługują programy Electronics Workbench (EWB) oraz jego nowsza wersja Multisim firmy National Instruments Corporation [Internet 14]. Pakiety są wirtualnym narzędziem umożliwiającym budowę i symulację obwodów elektrycznych, elektronicznych analogowych i cyfrowych [Tłaczała 2008]. Posiadają szeroką gamę gotowych podzespołów, a także możliwość tworzenia własnych podzespołów. Główną zaletą programów jest przejrzysty, przyjazny interfejs użytkownika, bardzo duża biblioteka przyrządów pomiarowych i różnych elementów elektronicznych, która predysponuje je do zastosowań naukowo-inżynierskich. Programy są narzędziami pracy profesjonalisty elektronika i wyznaczają standard światowy dla specjalizowanych narzędzi symulacyjnych. Możliwości tych programów są ogromne i obejmują wszystkie treści kształcenia z elektrotechniki i elektroniki na poziomie średnim i wyższym. Praca z pakietami może być realizowana na wielu poziomach trudności, począwszy od bardzo elementarnej analizy układów elektronicznych, a kończąc na złożonych procedurach badawczych.

W mechatronice duże znaczenie ma energoelektronika i napęd elektryczny. Program ElektroSym jest narzędziem służącym przede wszystkim do symulacji obwodów elektrycznych i energoelektronicznych [Internet 15]. Jego interfejs graficzny w języku polskim umożliwia szybkie utworzenie schematu obwodu. Po przeprowadzeniu symulacji użytkownik może oglądać przebiegi czasowe dowolnych napięć, prądów, mocy, a także prędkości w przypadku, gdy obwód zawiera silnik. Program ElektroSym posiada ciekawy panel pomiarowy składający się z mierników do pomiaru natężenia prądu, napięcia i mocy. Podobne możliwości i przeznaczenia mają programy Caspoc [Internet 16] i Psim [Internet 17].

Do najpopularniejszych aplikacji przeznaczonych do modelowania i symulacji układów sterowania i regulacji należą znane środowiska Matlab-Simulink, Mathematica, Vissim, których stosowanie wykracza daleko poza analizę układów automatyki na poziomie średniej szkoły technicznej. Rozwijane są jednak ich odpowiedniki, które należą do oprogramowania ogólnodostępnego i stanowią bardzo przydatne narzędzia edukacyjne wspomagające badanie układów regulacji w technikum mechatronicznym. Należy do nich pakiet Visual ModelQ [Internet 18]. Jego struktura jest charakterystyczna dla różnych środowisk symulacyjnych, w których projektant rysuje schemat blokowy badanego układu. Celem tworzenia modeli w postaci bloków i połączeń pomiędzy nimi jest skojarzenie symulowanego układu z rzeczywistym urządzeniem. Dodatkowo

pozwała to zobrazować kierunek przesyłania sygnałów pomiędzy poszczególnymi elementami, co ułatwia i przyspiesza projektowanie [Możaryn 2008].

Robotyka jest domeną mechatroniki i jej poświęcamy wiele uwagi w procesie kształcenia. W zakresie robotyki mamy do wyboru trzy zaawansowane pakiety symulacyjne. Microsoft Robotics Studio jest platformą programową umożliwiającą tworzenie oprogramowania dla robotów, zarówno rzeczywistych jak i symulowanych [Internet 19]. Środowisko jest kompatybilne z rozwiązaniami sprzętowymi, m.in. robotów Lego Mindstorms NXT, które cieszą się dużą popularnością w dydaktyce na poziomie wyższym i średnim. Robotics Studio zawiera trójwymiarowe narzędzie do symulowania robotów, środowisko uruchomieniowe zorientowane na usługi, które pozwala na komunikację z różnymi rodzajami sprzętu, a także język programowania pozwalający początkującym programistom tworzyć aplikacje na zasadzie przeciągnij-upuść.

Trójwymiarowy system COSIMIR umożliwia symulację działania całych zrobotyzowanych systemów z uwzględnieniem samego robota i sposobu jego oddziaływania na otoczenie. Program COSIMIR jest wyspecjalizowaną aplikacją komputerową, wykorzystywaną w dydaktyce i przemyśle jako narzędzie do projektowania i symulacji instalacji zrobotyzowanych. Z jego pomocą zaprojektujemy wirtualną taśmę produkcyjną, napiszemy i sprawdzimy działanie programu sterującego robotem, stworzymy odwzorowanie zarówno istniejących już linii przemysłowych, jak również zbudujemy aplikację nowej konstrukcji. Dzięki bogatej bibliotece, użytkownik dysponuje szerokim asortymentem produktów, tj. robotami, przenośnikami taśmowymi, chwytakami itp. Dzięki temu możliwe jest napisanie programu sterującego poszczególnymi elementami instalacji bez potrzeby przeprowadzania prób na rzeczywistych urządzeniach.

PC-ROSET to także polecany w dydaktyce mechatroniki symulator zrobotyzowanych stanowisk pracy. W prosty i przejrzysty sposób pozwala na stworzenie symulacji, wykorzystując roboty firmy Kawasaki [Stec 2007]. Dzięki zastosowaniu tego samego oprogramowania, które znajduje się w rzeczywistym kontrolerze, działanie symulatora w niczym nie odbiega od zachowania prawdziwego robota.

Technologie informacyjne w zastosowaniach przemysłowych urzeczywistniają się w mechatronice przez programowanie sterowników PLC. Większość oprogramowania narzędziowego sterowników PLC zawiera w sobie mechanizmy symulacji specyficzne dla określonych rodzajów sprzętu. Np. dla sterowników:

- Siemens Logo symulator znajduje się w pakiecie LogoSoft Comfort [Internet 20],
- AF (ArrayFAB) symulatorem jest program Quick II [Internet 21],
- GE Fanuc symulatorem jest program PLCSim [Internet 22].

ITS PLC Professional Edition to symulacyjny, w pełni multimedialny pakiet edukacyjny wspomagający techniki programowania PLC. System wykorzystuje

technologię 3D, generowany w czasie rzeczywistym obraz, dźwięk i pełną interaktywność z otoczeniem. ITS PLC oferuje pięć wirtualnych środowisk szkoleniowych z zakresu programowania PLC, które są symulacją rzeczywistego procesu często występującego w przemyśle [Internet 23].

Wirtualne centra obróbki skrawaniem są w planie kształcenia mechatroników podstawą zajęć specjalizacyjnych. Jednym z najczęściej używanych w polskich uczelniach i szkołach technicznych jest symulator obróbki skrawaniem firmy MTS [Internet 24] wykorzystywany w procesie nauczania obsługi obrabiarek sterowanych numerycznie. Osoba ucząca się „ręcznego” programowania obrabiarki, po wcześniejszym teoretycznym zapoznaniu się z podstawowymi funkcjami sterującymi obrabiarką i podstawami doboru parametrów technologicznych pracy obrabiarki, może przystąpić do samodzielnych prób tworzenia kodu sterującego procesem obróbki [Tubielewicz, Zaborski 2008]. Do wirtualnego centrum obróbki skrawaniem włączymy również pakiet ZERO-OSN, który jest wersją edukacyjną stosowanych w wielu zakładach przemysłowych systemów SINUMERIK 810, FANUC i NUMS 322T. Jest dość popularny w szkołach technicznych i przeznaczony do symulacji sterowania numerycznego oraz programowania obrabiarek CNC.

W projekcie wirtualnego laboratorium hydrauliki i pneumatyki uwzględnimy pakiety: FLUID-SIM H do projektowania i symulacji układów sterowania hydraulicznego oraz elektrohydraulicznego, FLUID-SIM P do projektowania i symulacji układów sterowania pneumatycznego oraz elektropneumatycznego. Ponadto doskonałym i prostym narzędziem jest program VirtualPneumoLab [Huścio, Kuźmierowski, 2004] do symulacji napędów i sterowania pneumatycznego, składający się z następujących aplikacji:

- a) Elementy – zawiera interaktywne animacje zasad działania poszczególnych elementów;
- b) Laboratorium – zawiera interaktywne animacje pneumatycznych układów sterowania, które są wizualizacją działania układów rzeczywistych;
- c) Sterowanie – przedstawia interaktywne animacje pneumatycznych układów sterowania urządzeń technologicznych;
- d) PneumoLab – wspomaga tworzenie znormalizowanych schematów pneumatycznych układów sterowania z możliwością symulowania działania opracowanych układów.

3.3. Implikacje pedagogiczne

Literatura pedagogiczna wyraźnie eksponuje walory dydaktyczne modelowania i symulacji. Nie wolno nam jednak zapominać o tym, że symulacja komputerowa nie operuje na rzeczywistości, a jedynie działa na jej modelach. Zasada

łączenia teorii z praktyką ma szczególne znaczenie w kształceniu zawodowym, gdzie oddzielenie praktyki od teorii jest niedopuszczalne. Implikuje to ważny wniosek dla przebiegu kształcenia, a mianowicie: **wirtualne laboratoria powinny wspierać i uzupełniać laboratoria rzeczywiste.**

Projektowanie wirtualnego laboratorium mechatronicznego powinno uwzględniać analizę treści kształcenia i wartości dydaktycznych dostępnych programów symulacyjnych, jak również tworzenie opracowań metodycznych wspierających uczenie się wspomagane komputerowo według koncepcji konstruktywistycznej. Wirtualne laboratorium może funkcjonować samodzielnie, ale optymalne rozwiązanie, z punktu widzenia efektywności kształcenia, zakłada jego wzajemne powiązanie z laboratorium rzeczywistym. Wstępna symulacja na modelach w sferze wirtualnej ułatwia badanie układów rzeczywistych. Symulacja komputerowa nie zastąpi jednak praktycznego działania – może jedynie je efektywnie uzupełniać. Oznacza to, że w tak rozumianym połączeniu metod uczenia się, eksperymenty w laboratoriach wirtualnych powinny uzupełniać badania układów technicznych w laboratoriach rzeczywistych. Wskazane jest, aby łączyć ze sobą sferę wirtualną z rzeczywistą w ćwiczeniach laboratoryjnych. **Wykonanie eksperymentu w sferze wirtualnej należy traktować jako fazę wstępną, poprzedzającą eksperyment rzeczywisty.** Wykonanie ćwiczenia przez grupę uczniów w pracowni urządzeń mechatronicznych powinno więc odbywać się w dwóch etapach: po pierwsze w sferze symulacyjnej, po drugie w sferze rzeczywistej.

Takie rozwiązanie metodyczne ma swoje zalety. Uczeń może porównać wyniki doświadczeń symulowanych i rzeczywistych, bowiem wyniki eksperymentów symulacyjnych nie uwzględniają „zakłóceń”, które występują zawsze w eksperymentach rzeczywistych. W środowisku wirtualnego laboratorium uczeń może zapoznać się z elektroniczną aparaturą pomiarową i nabyć umiejętności prawidłowego jej wykorzystywania bez obawy uszkodzenia. Jego praca z aparaturą rzeczywistą będzie wówczas efektywna. Istotną zaletą laboratorium wirtualnego jest również możliwość przeprowadzania w nim eksperymentów zdalnych na układach rzeczywistych przez sieć Internet. W przypadku uczenia się-nauczania mechatroniki na poziomie technikum takie eksperymenty, jak wskazano, są możliwe do zrealizowania, chociaż ich zakres merytoryczny jest dotychczas niewystarczający. Należy przypuszczać, że taka forma zajęć laboratoryjnych w szkołach będzie się w przyszłości rozwijać i upowszechniać.

We współczesnym kształceniu zawodowym obecność wirtualnych laboratoriów jest konieczna i bezdyskusyjna. Jak wykazały badania empiryczne [Szablowski 2004] symulacja komputerowa jest metodą uczenia się-nauczania przedmiotów technicznych o dużych walorach pedagogicznych. W świetle wyników badań twórcze rozwiązywanie problemów stanowi największe wartości pedagogiczne uczenia się w laboratorium wirtualnym. Znacząca stymulacja roz-

woju procesów poznawczych występuje podczas uczenia się opartego na modelu konstruktywistycznym. W takim modelu uczenia się symulacyjnego należy upatrywać źródeł wszelkich sukcesów dydaktycznych ucznia i nauczyciela.

Bibliografia

- Bischoff A. (2006), *M-Learning with Remotely Operated Laboratories*, http://prt.fernuni-hagen.de/~bischoff/research/pdf/bischoff_m-Learning_vu2006_final.pdf.
- Dobrowolski A. (2004), *Wirtualne przyrządy pomiarowe w laboratorium układów elektronicznych WAT*, XXVI Międzyuczelniana Konferencja Metrologów (MKM'04), Ustroń.
- Gawrysiak M. (1997), *Mechatronika i projektowanie mechatroniczne*, Białystok.
- Gröber S., Vetter M., Eckert B., Jodl H (2008), *Remotely controlled laboratories: Aims, examples, and experience*, http://rcl.physik.uni-kl.de/docs/RCL_AmJPhys.pdf.
- Huścio T., Kuźmierowski T. (2004), *Wirtualne laboratorium z napędów i sterowania pneumatycznego*, Heden Media, Białystok.
- Meger Z. (2008), *Szósta generacja nauczania zdalnego* [w:] *E-edukacja dla rozwoju społeczeństwa*, red. M. Dąbrowski, M. Zajac, Warszawa.
- Możaryn J. (2008), *Modelowanie i symulacja serwonapędów*, <http://www.automatykab2b.pl/content/view/1196>.
- Olszewski M. red. (2007), *Podstawy mechatroniki*, Warszawa.
- Program nauczania: technik mechatronik, nr 311[50]/T-4,TU, SP/ME/N/2006.03.15* (2006), Warszawa.
- Rak R. (1999), *Wirtualne przyrządy pomiarowe*, Elektronizacja nr 9.
- Rak R. (2008), *Wirtualne laboratorium – realny element kształcenia*, Przegląd Elektrotechniczny nr 11.
- Stec J. (2007), *PC Roset – symulator robota*, Biuletyn automatyki nr 54, Astor, Kraków.
- Szablowski S. (2004), *Funkcje poznawcze i twórcze symulacji komputerowej w kształceniu zawodowym*, Informatyka w Edukacji i Kulturze, red. A. Mitas, Sosnowiec.
- Szablowski S. (2008), *E-learning w kształceniu technicznym* [w:] *Rola i miejsce e-learningu we współczesnej edukacji*, ZSKU Krosno.
- Tubielewicz K., Zaborski A. (2008), *Symulatory pracy maszyn sterowanych numerycznie i ich zastosowanie w nauczaniu*, Mechanik nr 10.
- Tlaczala W. (2002), *Środowisko LabVIEW w eksperymencie wspomaganym komputerowo*, Warszawa.
- Tlaczala W. (2008), *Wirtualne laboratorium podstaw techniki cyfrowej*, Warszawa.

Netografia

- Internet 1, <http://www.festo.com>.
- Internet 2, <http://bip167.lo.pl/?cid=102>.
- Internet 3, <http://www.labview.pl>.
- Internet 4, <http://wazniak.mimuw.edu.pl>.
- Internet 5, <http://css.engineering.uiowa.edu/fluidslab>.
- Internet 6, <http://vlab.psnc.pl>.
- Internet 7, <http://telerobot.mech.uwa.edu.au>.
- Internet 8, <http://lud.bmstu.ru>.

Internet 9, <http://ilab.mit.edu>.
Internet 10, <http://openlabs.bth.se/electronics>.
Internet 11, <http://rcl.physik.uni-kl.de>.
Internet 12, <http://www.virtual-oscilloscope.com>.
Internet 13, <http://www.jhu.edu/~virtlab/virtual-laboratory>.
Internet 14, <http://www.electronicworkbench.com>.
Internet 15, <http://www.evatronix.com.pl/cadcam/elektrosym/cechy.html>.
Internet 16, <http://www.integratedsoft.com/Caspoc>.
Internet 17, <http://www.powersimtech.com>.
Internet 18, <http://www.qxdesign.com/VisualModelQ.htm>.
Internet 19, <http://msdn.microsoft.com/robotics>.
Internet 20, <http://www.automatyka.siemens.pl/solutionsandproducts/2932.htm>.
Internet 21, <http://www.telmatik.pl/download/fab/quickpl.zip>.
Internet 22, http://www.pisoftware.pl/plc_sim.
Internet 23, <http://www.encon.pl/index.php/en/systemy-dla-dydaktyki/symulator-its-plc.htm>.
Internet 24, <http://www.mts-cnc.com/polish/mts.htm>.

Wszystkie odnośniki z dnia 17 czerwca 2009 r.