

Komputerowa automatyzacja a kształcenie akademickie¹

Tadeusz Koźluk,
Maciej Szafarczyk,
Marek Żelazny *

Wprowadzenie

Sterowanie automatyczne było znane już w starożytności i stosowane w średniowieczu, lecz było wykorzystywane głównie do tworzenia specjalnych efektów: drzwi świątyni, które same się otwierają, pochód figur na wieży zegarowej [1]. Do pracy zawodowej i życia codziennego automatyzację zaczęto wprowadzać dopiero w XVIII w. W początkowej fazie były to mechaniczne układy sterowania, w których trudno wyróżnić sygnały sterujące. Stosowane zwykle do automatyzacji mechanizmów krzywkowe przekazywały łącznie zarówno energię, jak i informację. Informacja była zawarta w odpowiednio ukształtowanej energii napędowej.

Stosowanie sygnałów technicznych, jako wybranych cech wielkości fizycznych o niskim poziomie energii, przeznaczonych wyłącznie do przekazywania informacji, pojawiło się właściwie dopiero w XIX wieku. Sygnały pozwoliły na wydzielenie zużywających niewielką moc układów sterujących, które przetwarzają w żądany sposób informacje-sygnały, a na obiekt sterowany oddziałują poprzez wpływanie na doprowadzane do niego oddzielnie, zwykle znacznie większe, strumienie energii. Powstały dzięki temu możliwości sterowania ręcznego bez wysiłku fizycznego oraz tworzenia nawet bardzo złożonych i bardziej elastycznych niż mechanizmy krzywkowe sterowań automatycznych. Takie sterowania automatyczne były znacznie bardziej przyjazne dla użytkownika.

Ponieważ otaczający nas świat – przy rozpatrywaniu w makroskali, bez dochodzenia do budowy atomowej – ma zwykle charakter ciągły, więc i sygnały miały przede wszystkim charakter ciągły. Były to sygnały analogowe. Jedynie w najprostszych zadaniach sterowania, sprowadzających się do włączania i wyłączania, naturalne było stosowanie sygnałów dwustanowych (jednobitowych). Najpoważniejsze wady sygnałów analogowych to: mała odporność na zakłócenia, stosunkowo mała i trudna do

określenia dokładność przekazywanych informacji oraz trudna i zmniejszająca dokładność realizacja złożonych związków i przekształceń.

Były, co prawda, próby stosowania techniki analogowej nawet w układach sterowania numerycznego obrabiarek [2] oraz w konkurujących z komputerami analogowych maszynach matematycznych, tworzonych z łączonych wzmacniaczy operacyjnych. Jednak prawdziwy rozwój informatyki i szybki rozwój sterowań automatycznych nastąpił dopiero w XX wieku, po zastosowaniu sygnałów cyfrowych wielobitowych.

Komputerowa automatyka

Wielobitowe sygnały w połączeniu z rozwojem elektronicznych obwodów scalonych i zastosowaniem struktur programowalnych (komputerowych) opanowały nie tylko automatyczne sterowanie, lecz wpłynęły na niemal wszystkie dziedziny życia.

W automatyce programowalne układy mikroprocesorowe mogą być stosowane do prostych zadań sterowania sygnałami jednobitowymi i wówczas, w postaci uproszczonych programowalnych sterowników logicznych z wbudowanym programatorem (tzw. mini-PLC) [3], mogą zastąpić kilka czy kilkanaście przekładników elektromagnetycznych. Mogą jednak również – w postaci „dorosłych” komputerów działających w systemach operacyjnych czasu rzeczywistego – zastąpić kilka szaf sterujących zawierających specjalizowane układy elektroniczne i aparaturę zestykową. W obu przypadkach uzyskuje się: mniejszy koszt automatyzacji, znaczne oszczędności miejsca, a zautomatyzowany układ może spełniać trudniejsze zadania (być bardziej „wyrafinowanym”), łatwiejszym do modyfikacji (bardziej elastycznym) i znacznie bardziej przyjaznym dla obsługującego go człowieka.

Wydaje się, że powstała nowa jakość automatycznego sterowania, którą można nazwać **automatyką komputerową**. Z automatyką taką spotykamy się codziennie, żyjemy w jej kręgu, a w życiu zawodowym stała się ona podstawowym parametrem wszelkich poczyniń. Niestety nie spowodowało to odpowiednich modyfikacji studiów akademickich, a zwłaszcza inżynierskich. Profesorowie przy formułowaniu krajowych wytycznych, przy układaniu programów oraz przy bezpośrednim nauczaniu studentów, nie uwzględniają niestety istotnych zmian wprowadzonych przez szybki jakościowy rozwój oraz wszechobecność komputerowej automatyki. W związku z tym „produkujemy” w większości absol-

1) Tekst oparty na prezentacji na I Jubileuszowej Konferencji Naukowej „Technologia Maszyn i Automatyzacja Produkcji w Dobie Społeczeństwa Informacyjnego”, Gdańsk, 1-2 czerwca 2006 r.

* dr Tadeusz Koźluk, prof. PWSBiA; prof. dr inż. Maciej Szafarczyk; doc. dr inż. Marek Żelazny – Prywatna Wyższa Szkoła Businessu i Administracji (PWSBiA) Warszawa

wentów nieprzygotowanych do działania w obecnym zautomatyzowanym i skomputeryzowanym świecie.

W tym opracowaniu zostaną przedstawione uwagi na podstawie **wytocznych kształcenia i programów studiów pierwszego stopnia** dla różnych kierunków kształcenia: *Mechanika i budowa maszyn, Zarządzanie i inżynieria produkcji, Automatyka i robotyka, Informatyka oraz Informatyka i ekonometria*, a także jednej „autonomicznej” specjalizacji Inżynieria produkcji na Wydziale Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej.

Zostaną również sformułowane wymagania w stosunku do innych „uniwersyteckich” kierunków, wynikające z potrzeby przekazywania odpowiednio ukształtowanej wiedzy o komputerowej automatyzacji na kierunkach nietechnicznych. Wymagania te wynikają z wszechobecności komputerowej automatyzacji i istotnego jej wpływu zarówno na problemy ekonomiczne, jak socjologiczne.

Automatyka w kierunku kształcenia *Mechanika i Budowa Maszyn (MiBM)*

Nowoczesne maszyny zarówno duże np. dźwigi czy obrabiarki, jak małe np. aparaty fotograficzne czy zegarki, nie są urządzeniami czysto mechanicznymi, lecz urządzeniami interdyscyplinarnymi, określanymi zwykle stosunkowo niedawno utworzonym terminem mechatroniczne. Nazwa kierunku kształcenia Mechanika i budowa maszyn może prowadzić do wypaczenia i nie uwzględnienia tej rzeczywistej sytuacji. Oczywiście problemy mechaniczne są nadal ważne, lecz nie mogą przesłaniać problemów sterowaniowych i sterowaniowo-napędowych. Zwykle, już na początku projektowania maszyny trzeba ją rozpatrywać i optymalizować łącznie, jako system, strukturę mechaniczno-serwo-napędową. Później, tym bardziej, trzeba uwzględnić specyficzne cechy takiej mechatronicznej struktury: zwłaszcza duże możliwości budowy modułowej, przyjaznego współdziałania z operatorem-użytkownikiem, odmienne możliwości i wymagania serwisowe itp.

Obecna sytuacja i prawdopodobne zmiany w programach kształcenia zostaną przeanalizowane na podstawie:

- 1) *Standardów kształcenia* kierunku *Mechanika i budowa maszyn* [6]
- 2) programu Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej [5]
- 3) zestawienia wykonanego w ramach europejskiego projektu EPRODE [4].

W *Standardach kształcenia* przy określaniu minimalnej liczby godzin podano jedynie łącznie dla *Treści kształcenia kierunkowego* 615 g. W grupie tej jedną z wymienionych pozycji jest *Automatyka i robotyka*, bez określania liczby godzin. W wyszczególnianiu *Treści i efektów kształcenia* podano jedynie hasła z zakresu podstaw automatyki oraz sterowanie manipulatorów i robotów. Roboty są interesującą i efektywną, lecz tylko jedną z form komputerowej automatyzacji, uzasadnioną właściwie w kilku procentach praktycznych zastosowań.

Brak w tym punkcie, np. podstaw sterowania numerycznego (oczywiście komputerowego), które jest coraz powszechniej stosowane w wyrobach przemysłu maszynowego, a opanowało całkowicie sterowanie maszyn technologicznych. Jest to bardzo istotnym niedostatkiem.

Na Wydziale Inżynierii Produkcji w programie kierunku MiBM umieszczono *Podstawy automatyki* w wymiarze 30 g. wykładów +15 g. laboratorium (30W+15L) oraz *Napęd elektryczny i sterowanie maszyn technologicznych i robotów* (15W+15L). Ten ostatni przedmiot mógłby być wykorzystany do przekazania inżynierom-absolwentom praktycznej wiedzy z zakresu automatyzacji, lecz musiałby mieć co najmniej dwukrotnie większy wymiar godzinowy.

Przy realizacji europejskiego projektu EPRODE przeprowadzono analizę kilkudziesięciu programów kształcenia inżynierów-mechaników, w tym niemal wszystkich programów w uczelniach polskich. Wyniki były zdecydowanie niezadowolające z punktu widzenia przygotowania do obecnego poziomu i charakteru automatyzacji. Wyniki te wpłynęły na odpowiednie wzmocnienie „tematyki sterowaniowej” w opracowywanym projekcie ujednoliconego programu kształcenia.

Automatyka w kształceniu inżynierów produkcji

Obecna sytuacja zostanie omówiona na podstawie programu wydzielonej specjalizacji *Inżynieria Produkcji (IP)* na Wydziale Inżynierii Produkcji PW [5]. Specjalizacja IP należy do kierunku kształcenia MiBM i obowiązują ją standardy dla tego kierunku, jednak rekrutacja studentów odbywa się oddzielnie, a program kształcenia jest właściwie całkowicie niezależny. Przedstawiona zostanie również analiza standardów kształcenia kierunku *Zarządzanie i inżynieria produkcji (ZIP)* [7]. Omówienie potrzebnych zmian zostanie oparte na założeniach ujednoliconego programu europejskiego opracowanego w ramach projektu EPRODE [8].

W programie IP znajdują się dwa przedmioty z analizowanego obszaru tematycznego *Podstawy automatyki i sterowania* część I (30W) oraz część II –15 g. ćwiczeń + 15 g. laboratorium (15C+15L). Zaletą w porównaniu do MiBM jest większy wymiar godzinowy, lecz również w tym wypadku brak praktycznego podejścia do automatyzacji, podejścia istotnego dla współczesnych inżynierów produkcji. Przy takim sformułowaniu programu przedmioty te mogą obejmować jedynie podstawy automatyki.

W *Standardach kształcenia ZIP* przewidziano temat-przedmiot *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych* w *Grupie treści kierunkowych*, w której jest to jeden z jedenastu przedmiotów, na które przewidziano łącznie 600 g. W *Wyszczególnieniu treści i efektów kształcenia* wymieniono tak dużo zadań tego przedmiotu, że nie wydaje się możliwe, aby je można było spełnić. Część zadań sformulowano prawidłowo, lecz wydaje się, że pozostałe zadania to hasła dodane dosyć chaotycznie, po to jedynie, aby całość wyglądała

poważnie i nowocześnie. Błędem jest, że nie przewidziano typowych podstaw automatyki (charakterystyki dynamiczne, człony elementarne...), bez których trudno, wręcz nie można, wytłumaczyć działania i wymagań nowoczesnej automatyzacji.

W projekcie EPRODE przedstawiono program kształcenia *Inżynierów produkcji* w postaci dwunastu modułów wydzielonych tak, aby stanowiły merytoryczne całości [8]. Każdemu z modułów odpowiada około 120 g. „zajęć z nauczycielem” (15 ECTS). Dwa z tych modułów są związane z automatyzacją, chociaż nie są poświęcone jej całkowicie (*Information Technology and CNC, Manufacturing Systems*). Można w związku z tym założyć, że na sterowanie automatyczne i jego konsekwencje planuje się około 120-150 formalnych godzin kształcenia – zdecydowanie więcej niż w obecnie obowiązujących programach i polskich *Standardach kształcenia*.

Kierunek kształcenia *Automatyka i robotyka (AiR)*

Analizę obecnej sytuacji przeprowadzono na podstawie projektu *Standardów kształcenia* kierunku AiR [9] i programu tego kierunku obowiązującego na Wydziale Inżynierii Produkcji PW [5]. Kierunek AiR, już nazwą, jest związany bezpośrednio z kształceniem w zakresie nowoczesnej automatyzacji i powinien być pod tym względem wzorcowy.

Również w tych *Standardach* teoretyczne podstawy automatyki nie zalicza się do Treści kształcenia podstawowego, (ale znalazła się tam np. „Grafika inżynierska”). Nie wydaje się to właściwe – metody analizy i opisu właściwości dynamicznych są obecnie narzędziami tak dojrzałymi i niezbędnymi wszystkim inżynierom, że powinny być traktowane jako wiedza podstawowa. Na pewno jest to wiedza podstawowa w tym kierunku kształcenia.

W *Kierunkowych treściach kształcenia* projektu wymieniono poszczególne przedmioty, przypisując do nich konkretne liczby godzin. Z automatyką są związane wprost dwa z tych przedmiotów *Sygnały i systemy dynamiczne* oraz *Podstawy automatyki*, każdy po 60 godzin zajęć. Umieszczono tu również *Podstawy robotyki* w wymiarze 60 g. Wszystkie te przedmioty mają charakter teoretyczny-podstawowy. Projekt zawiera jednak również blok przedmiotów „specjalizujących” oceniony na 120 g. Wymieniono w nim, do wyboru, szereg interesujących i na pewno potrzebnych przedmiotów, niestety przewidywany wymiar godzinowy ogranicza znacznie możliwości wyboru.

W programie AiR Wydziału Inżynierii Produkcji PW proporcje między teorią a praktyką zostały rozłożone w zasadzie prawidłowo. W części teoretycznej obok typowych podstaw automatyki wydzielono *Podstawy układów logicznych i komputerów* (15W, 15L) i to już w drugim semestrze studiów. W części praktycznej są realizowane dwa przedmioty *Sterowanie maszyn technologicznych i robotów* (30W, 15L) oraz *Automatyczne monitorowanie i nadzór wytwarzania* (15W, 30L). Być może na prawidłowe sformułowanie programu miał

wpływ charakter Wydziału, od wielu lat związanego z wytwarzaniem maszyn. To w wytwarzaniu maszyn powstało sterowanie numeryczne, a obrabiarki NC są podstawowym środkiem produkcji, wpływając na komputerową integrację i automatyczny nadzór.

Automatyka w kierunku kształcenia *Informatyka*

Sytuacja zostanie przeanalizowana na podstawie projektu *Standardy kształcenia kierunku Informatyka* [10]. Istnieją również *Standardy kształcenia Informatyki i Ekonometrii*, lecz są to studia nietechniczne kończące się stopniem licencjata [11].

Informatyka została ukierunkowana wyłącznie na komputery. Z punktu widzenia sterowania automatycznego uwzględniono systemy wbudowane (systemy operacyjne czasu rzeczywistego) i to aż w dwóch przedmiotach: *Systemy operacyjne* i oddzielnym *Systemy wbudowane*. Chyba tylko jako ciekawostkę można traktować wstawienie do przedmiotów podstawowych Przedmiot z nauk technicznych. W omówieniu podano, że może to np. być przedmiot: *Elementy elektroniki, Cyfrowe przetwarzanie sygnałów* czy *Podstawy automatyki*.

Automatyka w nietechnicznych kierunkach kształcenia

Ponieważ automatyka jest wszechobecna w naszym życiu i wpływa na wszelkie jego dziedziny, więc podstawową wiedzę o nowoczesnej automacie i jej konsekwencjach powinni mieć również specjaliści z dziedzin nietechnicznych. W niektórych specjalnościach jest to szczególnie ważne. Trudno sobie wręcz wyobrazić, aby bez takiej wiedzy być dobrym: ekonomistą, biznesmem, politykiem czy socjologiem.

Bezpośrednie spojrzenie na automatyzację, bez pogłębionej analizy, może nasuwać wnioski sugerujące, że wpływa ona na zwiększenie bezrobocia. Przeciwnie z istoty automatyzacji wynika, że w przypadku działań zautomatyzowanych potrzeba mniej pracowników, aby uzyskać określoną wielkość produkcji. Trzeba jednak uwzględnić, że obecnie produkcja ma charakter globalny, obejmuje właściwie cały świat. W niektórych rejonach świata koszt prostej pracy, niewymagającej specjalnej wiedzy i umiejętności, jest kilkanaście razy niższy niż w krajach uprzemysłowionych. Powoduje to przenoszenie stosunkowo prostej i pracochłonnej produkcji do krajów o taniej sile roboczej, a przez to wzrost bezrobocia w krajach uprzemysłowionych. Przeciwdziałać tej niebezpiecznej tendencji można przez automatyzację produkcji. Automatyzacja pozwala utrzymać produkcję w bardziej uprzemysłowionych krajach przez obniżenie jej kosztów i nadal zatrudniać tam szereg specjalistów. Są to nie tylko odpowiednio wykwalifikowani pracownicy nadzorujący zautomatyzowaną produkcję, lecz również pracownicy działający przy zwiększonych zadaniach serwisowych czy przy komputeryzacji struktury informatycznej.

Bardzo istotną cechą przemawiającą za automatyzacją produkcji (a także automatyzacją usług) jest jakość wyników. Automatyzacja zapewnia bardzo dużą dyscyplinę technologiczną oraz bardzo dużą powtarzalność. Jest to powtarzalność zdecydowanie większa nawet od działania najbardziej zdyscyplinowanych pracowników azjatyckich. Na zautomatyzowane działania nie ma wpływu ani zmęczenie, ani spowodowana innymi przyczynami niedyspozycja pracowników.

Wprowadzenie komputerów umożliwiło usunięcie podstawowej wady dotychczasowych metod automatyzacji. Dotychczasowe metody automatyzacji utrudniały, ze względów na koszty i przerwy w produkcji, zmiany wyrobów lub procesów technologicznych. Automatyzacja była opłacalna tylko w przypadku ustalonej produkcji masowej. Komputerowa automatyzacja znacznie zmniejszyła koszty zmian i skróciła niezbędne przerwy przy zmianach produkcji. Często określa się, że komputerowa automatyzacja jest „elastyczna”. Można ją stosować również przy produkcji małoseryjnej.

Wnioski

Oczywistą wydaje się potrzeba znacznego zwiększenia roli automatyki przy kształceniu inżynierów w kierunkach związanych z poszczególnymi „branżami”. Wymusza to stan przemysłu, w którym komputerowa automatyka obejmuje poszczególne, coraz to wyższe poziomy wytwarzania i kierowania produkcją. Zarówno specjalista projektujący nowy wyrób jak specjalista w danej technologii produkcji i stosowanych w niej urządzeniach musi znać możliwości i wymagania nowoczesnej automatyki. Tylko wówczas potrafi w pełni wykorzystać jej możliwości; bardzo znaczne i coraz większe możliwości, zarówno w kierunku zwiększania wydajności, jak też zwiększenia jakości produkcji. Tylko wówczas, gdy będzie rozumiał zasady działania i możliwości nowoczesnej automatyki, będzie wartościowym partnerem dla specjalistów-automatyków we wspólnych dążeniach do najbardziej efektywnej automatyzacji w konkretnym zakładzie, w przypadku konkretnego procesu technologicznego. Będzie również partnerem do opracowania i praktycznego zastosowania komputerowej integracji przekazującej na bieżąco do poziomu dyrekcji aktualnych informacji o produkcji, a to pozwoli na całościową optymalizację pracy zakładu.

W kierunku kształcenia *Automatyka i Robotyka* potrzebne jest praktyczne podejście do problemów automatyzacji i wprowadzenie przedmiotów przedstawiających stan obecny oraz wymagania i możliwości w poszczególnych dziedzinach gospodarki i życia codziennego. Dopiero taki, często aktualizowany przegląd, łącznie z projektami opartymi na rzeczywistych potrzebach i na kilkutygodniowej praktyce, może być podstawą dobrego kształcenia specjalisty-automatyka.

Informatyka – lub jak niektórzy wolą *Nauki komputerowe* – została wciągnięta głęboko do nowoczesnej automatyzacji. Stało się tak ze względu na komputerowy charakter automatyzacji, jak i splatanie się jej z coraz bardziej powszechnymi systemami informatycznymi.

Oczywistą wydaje się potrzeba wzmocnienia wśród komputerowców wiedzy i wiadomości na temat automatyki. Próbę taką podjęto w Warszawie w PWSBiA (Prywatnej Wyższej Szkole Businessu i Administracji), opracowując i wprowadzając specjalizację *Komputerowa Automatyka i Robotyka* na kierunku kształcenia *Informatyka*. W celu przekazania inżynierom informatykom praktycznego podejścia do automatyki zarówno opracowanie programów nauczania, jak poszczególnych przedmiotów powierzono specjalistom, którzy automatykę poznali praktycznie, dochodząc do niej od strony procesów i maszyn technologicznych.

W PWSBiA podjęto również eksperyment wprowadzenia do wybranych, nietechnicznych kierunków kształcenia odpowiednio przygotowanej wiedzy podstawowej o nowoczesnej automatyzacji. Celem jest lepsza orientacja w skomputeryzowanym oraz zautomatyzowanym świecie i lepsze wykorzystywanie jego właściwości.

Bibliografia

1. E.I. Jurewicz, *Historia i tendencje rozwojowe teorii sterowania*. (język rosyjski) CNIT Asterion, Sankt Petersburg, 2005.
2. M. Szafarczyk, *Programowe sterowanie obrabiarek*. WNT Warszawa, 1963.
3. LOGO Instrukcja Obsługi. Siemens wydanie 8.
4. Zestawienie na temat programów inżynierskich kierunku MiMB w polskich uczelniach, wykonane w ramach projektu EPRODE, europejskiego programu Leonardo da Vinci.
5. *Informator dla studentów Wydziału Inżynieria Produkcji Politechniki Warszawskiej, Studia dzienne*, Warszawa, 2003,
6. *Standardy kształcenia, kierunek Mechanika i budowa maszyn, studia pierwszego stopnia*. www.men.gov/szk-wyz/aktualnosci/standardy/mechanika_i_budowa_maszyn
7. *Standardy kształcenia, kierunek Zarządzanie i inżynieria produkcji, studia pierwszego stopnia*. www.mein.gov/szk-wyz/aktualnosci/standardy/zarzadzanie_i_inzynieria_produkcji
8. C.M. Nicolescu, M. Szafarczyk, O. Bayard, S. Chatti, *Requirements for Implementing the European Production Engineering Education*. I Jubileuszowa Konferencja Naukowa „Technologia Maszyn i Automatyzacja Produkcji w Dobie Społeczeństwa Informacyjnego” Gdańsk, 1–2 czerwca 2006.
9. *Standardy kształcenia, kierunek Automatyka i Robotyka, studia pierwszego stopnia*, Projekt z dnia 13.01.2006.
10. *Standardy kształcenia, kierunek Informatyka, studia pierwszego stopnia*, Projekt z dnia 22.09.2005.
11. *Standardy kształcenia, kierunek Informatyka i Ekonomia, studia pierwszego stopnia*, www.mein.gov/szk-wyz/aktualnosci/standardy/informatyka_i_ekonomia
12. Ustawa „Prawo o szkolnictwie wyższym” z dnia 27 lipca 2005 r. DzU z 2005 Nr 164 poz. 1365. ■