

Innowacje w edukacji zawodowej

Adam BARTNICKI, Agnieszka KLIMEK

Edukacja dorosłych w laboratorium hydrotroniki napędów robotów mobilnych

Adult education in hydronics laboratories
of mobile robots' drives

Słowa kluczowe: edukacja dorosłych, laboratoria hydrotroniki, napędy robotów mobilnych.

Key words: adult education, hydronics laboratories, mobile robots' drives.

Abstract. The continuous development of drive systems of modern machines and devices results in an increase in the demand for qualified engineers in the operation and maintenance of these drives. The article presents a laboratory of hydronics for mobile robots' drives at the Institute of Mechanical Engineering of the Military of Technology and its educational activities for students and engineering staff.

Wprowadzenie. Nieustanny rozwój układów napędowych współczesnych maszyn i urządzeń powoduje wzrost zapotrzebowania na wykwalifikowanych inżynierów w zakresie eksploatacji i obsługi tych układów. Problem ten dotyczy zarówno kształcenia przyszłych kadr inżynierskich, jak i doskonalenia zawodowego inżynierów.

Dyskusje prowadzone z przedstawicielami placówek i ośrodków edukacyjnych wskazują, że jedną z głównych barier wdrożenia i utrzymania wysokiej jakości kształcenia praktycznego, a przede wszystkim zapewnienia standardów kompetencji zawodowych jest brak nowoczesnego wyposażenia laboratoryjnego w tych placówkach i ośrodkach [5, 6].

Kolejne cięcia budżetowe, ograniczenia wydatków na rozwój placówek dydaktycznych, przy jednocześnie stosunkowo wysokich cenach profesjonalnych stanowisk powodują, że prowadzenie zajęć praktycznych staje się coraz trudniejsze, a przedstawianie tych zagadnień w postaci wirtualnych prezentacji wypacza elementarne efekty kształcenia zawodowego.

Zaniedbania ostatnich lat, niedofinansowanie szkolnictwa zawodowego w dobie odbudowy potencjału dydaktycznego szkół zawodowych i uczelni technicznych wymaga kompleksowych przedsięwzięć zmierzających do rozbudowy bazy laboratoryjnej tych placówek, co w świetle Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 7 lutego 2012 r. w sprawie podstawy programowej kształcenia nabiera szczególnego znaczenia [11].

Brak odpowiedniego zabezpieczenia laboratoryjnego w procesie kształcenia praktycznego to nie tylko problem szkół średnich i uczelni wyższych. Rosnąca świadomość zawodowa, postępujący rozwój technologiczny, gwałtowny wzrost zapotrzebowania przemysłu i gospodarki na wykwalifikowaną kadrę inżynierską powodują coraz większe zainteresowanie procesem doskonalenia zawodowego wśród osób czynnych zawodowo. Funkcjonujące i powstające ośrodki szkolenia i doskonalenia zawodowego próbują wyjść naprzeciw temu zapotrzebowaniu, oferując coraz szerszy zakres prowadzonych kursów i szkoleń. Niestety ograniczenia budżetowe tych placówek powodują, że zabezpieczenie laboratoryjne sprowadza się do minimalnego poziomu, spełniającego wymagania formalne stawiane tym placówkom.

W dobie dynamicznie rozwijającego się e-learningu coraz częściej placówki edukacyjne, poza typowym kształceniem teoretycznym na odległość, oferują zdalny dostęp do stanowisk laboratoryjnych w ramach tzw. blended learningu [1, 2, 3, 4]. Tego typu forma nauczania jest szczególnie istotna w procesie kształcenia zawodowego zarówno przyszłych inżynierów, jak również może stanowić dobre narzędzie podnoszenia kwalifikacji zawodowych pracowników, stażystów czy nauczycieli prowadzących zajęcia z przedmiotów zawodowych.

W artykule przedstawiono *Laboratorium hydrotroniki napędów robotów mobilnych*, które powstało w Instytucie Budowy Maszyn Wydziału Mechanicznego WAT dzięki dotacji Ministerstwa Obrony Narodowej, w którym oprócz cyklicznych zajęć prowadzonych dla studentów studiów dziennych i niestacjonarnych, prowadzone są szkolenia doskonalące dla zawodowej kadry inżynierskiej.

Laboratorium hydrotroniki napędów robotów mobilnych. *Laboratorium hydrotroniki napędów robotów mobilnych* idealnie wpisuje się w trend doskonalenia zawodowego inżynierów i kadr technicznych. Wyposażone w osiem stanowisk dydaktyczno-badawczych (cztery stanowiska firmy Bosch Rexroth oraz cztery stanowiska firmy RDL Hydraulik) laboratorium stwarza możliwość jednoczesnego kształcenia do 32 szkolonych. Każde stanowisko stanowi nowoczesne narzędzie dydaktyczno-szkoleniowe zorientowane na potrzeby kształcenia ustawicznego i doskonalenia zawodowego kadr inżynierskich zarówno dla potrzeb Ministerstwa Obrony Narodowej, jak i gospodarki narodowej. Bogata infrastruktura laboratorium sprawia, że w chwili obecnej jest to jedna z najnowocześniejszych pracowni tego typu zarówno w Polsce, jak i w Europie. Duży wybór będących na wyposażeniu komponentów hydraulicznych, urządzeń pomiarowych, czujników oraz systemów akwizycji danych umożliwia dokładną diagnostykę hydraulicznych układów napędowych, analizę oraz rejestrację ich parametrów roboczych i charakterystyk pracy.

Wyposażenie laboratorium stwarza wiele możliwości w zakresie kształcenia kadr technicznych. Podczas pracy na stanowiskach laboratoryjnych kształceni mogą zdobywać podstawową wiedzę z zakresu hydrostatycznych układów napędowych – w ramach zajęć praktycznych mogą wyznaczać charakterystyki podstawowych elementów hydrostatycznych układów napędowych: pomp, silników, zaworów (maksymalnych, dławiących). Wiedza ta znajduje praktyczne zastosowanie podczas doboru podzespołów hydrostatycznych układów napędowych współczesnych maszyn i urządzeń.



Rys. 1. Stanowiska dydaktyczne firmy RDL Hydraulik

Podczas pracy na stanowiskach laboratoryjnych istnieje możliwość praktycznej obserwacji działania zarówno klasycznych systemów sterowania hydrostatycznymi układami napędowymi (sterowanie dławieniowe, objętościowe), jak również najnowszych rozwiązań tych systemów – sterowania w układzie Load Sensing czy LUDV. Poznanie różnic w funkcjonowaniu tych systemów i możliwości ich wykorzystania ma kluczowe znaczenie w procesie projektowania hydrostatycznych układów napędowych oraz ich diagnostyki.

Wykorzystanie elementów techniki proporcjonalnej pozwala na rozwijanie kompetencji szkolonych w zakresie hydrotronicznych układów napędowych, będących obecnie w powszechnym użyciu zarówno w technice mobilnej (maszyny inżynierskie), jak i technice przemysłowej. Bogaty zakres ćwiczeń laboratoryjnych rozpoczynających się od zbadania zasady działania proporcjonalnego rozdzielacza hydraulicznego aż po kompleksowe zaprogramowanie (dobór parametrów pracy) cyklu roboczego zautomatyzowanej prasy hydraulicznej (rys. 2) umożliwia szczegółową analizę działania elementów proporcjonalnych oraz wpływu parametrów sterujących na zachowanie się układu.



Rys. 2. Automatyczna prasa hydrauliczna z możliwością doboru parametrów cyklu roboczego

Wyposażenie stanowisk laboratoryjnych daje możliwość zapoznania kształconych z najnowszymi technikami w dziedzinie hydrotronicznych układów napędowych, a mianowicie ze sterowaniem opartym o magistralę CAN, programowalne sterowniki CAN-bus oraz aplikację do tworzenia procedur sterujących. Nauczanie z wykorzystaniem tego typu systemów stanowi niezbędny element doskonalenia kadr inżynierskich i stanowi odpowiedź na wyzwania stawiane przez „czwartą rewolucję przemysłową” określaną jako *Przemysł 4.0*.

Należy zaznaczyć, że wszystkie komponenty hydrauliczne, będące na wyposażeniu laboratorium, stanowią elementy przemysłowe spotykane na co dzień w maszynach i urządzeniach. Stanowi to ogromną wartość dodaną, umożliwiającą szkolonym łatwe i intuicyjne przeniesienie zdobytej wiedzy na grunt zawodowy. Ponadto bardzo cennym narzędziem wspierającym proces budowania hydrotronicznych układów napędowych jest środowisko *Automation Studio*, które pozwala budować wirtualne układy napędowe i symulować poprawność ich działania.

Wykorzystanie *Laboratorium hydrotroniki napędów robotów mobilnych* w kształceniu dorosłych. Przedstawione możliwości *Laboratorium hydrotroniki napędów robotów mobilnych* znalazły swoje odzwierciedlenie w zajęciach praktycznych zorganizowanych na bazie infrastruktury Instytutu Budowy Maszyn.

W ramach kształcenia dorosłych, począwszy od pierwszego Spotkania Partnerów Serwisowych Bosch Rexroth Sp. z o.o., organizowane są szkolenia dla osób kształcą-

cych kadry w zakresie budowy i eksploatacji hydrotronicznych układów napędowych oraz kadr technicznych. Podczas pierwszego spotkania uczestnicy mieli możliwość zaprojektowania, samodzielnego skonstruowania oraz sprawdzenia działania hydrostatycznych układów napędu jazdy. Ważnym aspektem szkolenia były zajęcia terenowe polegające na dogłębnej diagnostyce zachowania hydrostatycznego napędu jazdy maszyn mobilnych w różnych warunkach eksploatacji: podczas jazdy, skrętu, urabiania gruntu czy też jazdy w trudnym terenie (rys. 3). We współpracy z firmą Bosch Rexroth zorganizowano również szkolenie praktyczne na stanowisku montażu/demontażu komponentów hydraulicznych. Na stanowisku przeprowadzono procedurę weryfikacji sprawności wybranych elementów hydrostatycznych układów napędowych (rys. 4) i omówiono najczęstsze przyczyny awarii oraz sposoby zapobiegania im.



Rys. 3. Diagnostyka zachowania maszyny roboczej w różnych warunkach eksploatacji



Rys. 4. Praca na stanowisku montażu/demontażu komponentów hydraulicznych

Kolejne spotkanie miało charakter *treningu dla trenerów* – dedykowane było dla kształcących kadry w zakresie budowy i eksploatacji hydrotronicznych układów napędowych. Szkolenie prowadzone było przez przedstawiciela firmy Bosch Rexroth (rys. 5) w oparciu o będące na wyposażeniu laboratorium stanowiska DS4 oraz komponenty hydrauliki mobilnej (rys. 6). Uczestnicy kursu mieli praktyczną możliwość zbudowania i analizy działania systemów sterowania stosowanych w aplikacjach mobilnych – sterowania dławieniowego, typu Load Sensing oraz LUDV. Omówione zostały najczęstsze problemy (np. zjawisko kawitacji) spotykane w eksploatacji wymienionych systemów oraz sposoby przeciwdziałania im. Oprócz wiedzy specjalistycznej podczas szkolenia zwrócono również uwagę na sposób przekazywania wiedzy szkolonym, przede wszystkim na łączenie teorii z praktyką. Szkolenie to było kolejnym krokiem na drodze do powstania na bazie *Laboratorium hydrotroniki napędów robotów mobilnych* Autoryzowanego Centrum Kształcenia Kadr Bosch Rexroth, zajmującego się kształceniem techników serwisów firm partnerskich Bosch Rexroth.



Rys. 5. Szkolenie z przedstawicielem firmy Bosch Rexroth



Rys. 6. Komponenty hydrauliki mobilnej – systemy sterowania typu LUDV

Instytut Budowy Maszyn w ramach kształcenia dorosłych współpracuje również z firmą RDL Hydraulik, dla której partnerów organizuje regularne szkolenia z zakresu podstaw hydrauliki w przemyśle, sterowania hydraulicznego, budowy hydrostatycznych układów napędowych oraz problemów, przyczyn i sposobów rozwiązywania najczęstszych niesprawności układów hydraulicznych. Szkolenie przeznaczone jest dla kadry technicznej oraz automatyków utrzymania ruchu podnoszących swoje kwalifikacje zawodowe.

Dodatkowo w *Laboratorium hydrotroniki napędów robotów mobilnych* prowadzone są zajęcia dla podmiotów współpracujących z Centrum Kształcenia Ustawicznego nr 5 w Warszawie. Brak odpowiedniego zaplecza laboratoryjnego z obszaru budowy i eksploatacji hydrostatycznych układów napędowych w tej placówce powoduje, że w ramach nawiązanej współpracy zajęcia praktyczne dla CKU odbywają się w *Laboratorium hydrotroniki napędów robotów mobilnych*. Poziom oraz tematyka zajęć dostosowywane są do potrzeb szkolonych, w zależności od profilu kształcenia i obejmują zagadnienia z zakresu budowy hydrostatycznych układów napędowych oraz sterowania nimi.

Podsumowanie. Proces doskonalenia zawodowego kadr jest naturalną konsekwencją dynamicznego rozwoju gospodarczego. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia w przypadku kadr inżynierskich, których doskonalenie zawodowe uwarunkowane jest istnieniem wysoce wyspecjalizowanych podmiotów edukacyjnych (np. Centrów Kształcenia Ustawicznego) wyposażonych w nowoczesne laboratoria edukacyjno-badawcze. Rozważając zagadnienia dotyczące kształcenia dorosłych, należy również pamiętać o grupie osób, które w ramach rekonwersji zawodowej pragną pozyskać wiedzę i doświadczenia, które pozwolą im podjąć pracę w zawodach, do wykonywania których wcześniej nie byli przygotowani.

Stąd też kluczowym elementem warunkującym rozwój edukacji i doskonalenia zawodowego dorosłych wydaje się odpowiednie dofinansowanie funkcjonujących placówek kształcących dorosłych i budżetowanie nowych, szczególnie w rejonach silnie uprzemysłowionych. Dobrym rozwiązaniem, wychodzącym naprzeciw zapotrzebowaniom społecznym, są ośrodki kształcenia zawodowego umiejscowione przy zakładach produkcyjnych i przedsiębiorstwach, które szkolą specjalistów na własne potrzeby kadrowe. Niestety na tego typu rozwiązania mogą sobie pozwolić jedynie duże przedsiębiorstwa i zakłady produkcyjne. Nie zawsze jednak nawet duże przedsiębiorstwa zainteresowane prowadzeniem takiej działalności, zlecając szkolenie swoich kadr zawodowych wyspecjalizowanym placówkom dydaktycznym. Przykładem może być wspomniany wcześniej pomysł stworzenia Autoryzowanego Centrum Kształcenia Kadr Bosch Rexroth, które będzie kształciło – doskonalilo zawodowo specjalistów z dziedziny hydrauliki siłowej na potrzeby zasilenia kadrowego lokalnych, autoryzowanych serwisów firmy Bosch-Rexroth.

Bibliografia

1. Agarwal N., Srivastava E.: *E-learning: New trend in Education and Training*. International Journal of Advanced Research (2013), Volume 1, Issue 8, 797–810.
2. Dąbrowski M.: *E learning w szkolnictwie wyższym*. Studia BAS 3(35) 2013, s. 203–212.
3. Kowalik D., Wojutyński J., Siczek M.: *E-learningowe stanowiska dydaktyczne w nowoczesnym kształceniu zawodowym*. Międzynarodowa Konferencja Naukowa – Rozwój zawodowy nauczycieli, 20–21 listopada 2014, Jedlnia-Letnisko. Edukacja Ustawiczna Dorosłych, 4/2014, s. 199.
4. Łabędzka J.: *Współdzielenie zasobów cyfrowych w edukacji – platformy informatyczne*, Edukacja Ustawiczna Dorosłych, 3/2014, s. 132.
5. Rekomendowane wyposażenie pracowni i warsztatów szkolnych. <http://new.koweziu.edu.pl/wyposazenie-pracowni> [cit. 2017-10-26].
6. Standardy kompetencji zawodowych <https://www.mpips.gov.pl/praca/bazy-danych-mpips-dla-potrzeb-edukacji-i-pracy/rejestr-instytucji-szkoleniowych/> [cit. 2017-10-26].
7. Wojutyński J., Dobrodziej J., Siczek M., Kaczyński J.: *Opracowanie modelowego stanowiska programowania systemów pomiarowo-sterujących w konwencji wirtualnego laboratorium*. Prace ITeE – PIB, Radom 2011.
8. Wojutyński J., Siczek M.: *Wirtualne laboratorium kształcenia zawodowego*. Edukacja Ustawiczna Dorosłych, 2/2015, s. 148–156.
9. Norma PN-EN 61508-1 *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/ elektronicznych/ programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem*.
10. Norma PN-EN 61508-2 *Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/ elektronicznych/ programowalnych elektronicznych systemów związanych z bezpieczeństwem*.
11. Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 7 lutego 2012 w sprawie podstawy programowej kształcenia.

dr inż. Adam BARTNICKI, mgr inż. Agnieszka KLIMEK

Wojskowa Akademia Techniczna

im. Jarosława Dąbrowskiego