



**KRZYSZTOF KRUPA**

## **Treści kształcenia z zakresu mechatroniki samochodowej w nauczaniu-uczeniu się studentów kierunku mechatronika**

---

### **The content of education in the field of automotive mechatronics in the teaching-learning students of mechatronics**

Doktor, Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Katedra Mechatroniki i Automatyki, Polska

#### **Streszczenie**

W artykule zawarto charakterystykę treści kształcenia przedmiotu mechatronika samochodowa w nauczaniu-uczeniu się studentów kierunku mechatronika na Uniwersytecie Rzeszowskim ze szczególnym uwzględnieniem zagadnień realizowanych na zajęciach wykładowych.

**Słowa kluczowe:** mechatronika, mechatronika samochodowa, treści kształcenia, sensory, akulatory.

#### **Abstract**

The article includes the description of educational content of mechatronics car subject, when it comes to the teaching of students of Mechatronics at the University of Rzeszów, with special emphasis on the activities carried out on lectures.

**Key words:** mechatronics, automotive mechatronics, educational content, sensors, actuators.

---

#### **Wstęp**

Powstanie mechatroniki jako dyscypliny naukowo-technicznej związane było z rozwojem robotyki w Japonii. Początkowo integrowała ona mechanikę i robotykę [Heimann, Gerth, Popp 2001: 11]. Obecnie obejmuje mechanikę, elektronikę, automatykę i informatykę. Dziedziny te łączą się ze sobą, a efekty tego połączenia nie są sumą odrębnych osiągnięć tych dziedzin wiedzy, lecz w wyniku tego połączenia następuje eskalacja efektów. Konstrukcje mechatroniczne mają charakter emergentny, co rozumieć należy tak, że urządzenia techniczne realizujące złożone funkcje bazują na prostszych elementach [Furmanek 2011: 8, 10].

Wymienione zalety mechatroniki oraz jej szybki rozwój sprawiły, że stała się ona jednym z czynników napędowych rozwoju motoryzacji. To właśnie mechatronika dostarcza motoryzacji rozwiązań technicznych umożliwiających po-

prawę osiągnięć pojazdów, zmniejszenie emisji czynników szkodliwych dla środowiska oraz poprawę bezpieczeństwa pasażerów [Gajek, Juda 2009: 8, 9]. Wprowadzenie do techniki motoryzacyjnej rozwiązań mechatronicznych spowodowało zdecydowane zmiany o charakterze jakościowym w zakresie projektowania i serwisowania pojazdów samochodowych, co przekłada się na konieczność doskonalenia systemu kształcenia przyszłych kadr inżynierskich. Fakt ten został uwzględniony poprzez włączenie przedmiotu mechatronika samochodowa do planów studiów na kierunku mechatronika realizowanym na Uniwersytecie Rzeszowskim [Leniowska, Kos, Pajda 2011: 39–69].

### **Mechatronika samochodowa jako przedmiot kształcenia**

Kierunek studiów mechatronika realizowany jest na Uniwersytecie Rzeszowskim w dwóch stopniach kształcenia. I stopień obejmuje studia inżynierskie, na których nauka trwa 7 semestrów (3,5 roku), oraz II stopień, czyli studia magisterskie trwające 3 semestry (1,5 roku). I stopień ukierunkowuje studentów na dwie specjalności – *projektowanie systemów mechatronicznych* i *systemy wbudowane*. II stopień obejmuje trzy specjalności – *systemy pomiarowe i sterujące*, *aparatura medyczna i urządzenia rehabilitacyjne* oraz *zarządzanie przedsiębiorstwem*. Przedmiot mechatronika samochodowa, realizowany w formie wykładów (15 godzin) i zajęć laboratoryjnych (15 godzin), umieszczony jest w planach studiów II stopnia jako przedmiot specjalnościowy dla specjalności *systemy pomiarowe i sterujące* [Leniowska, Mazan, Sierzęga, Kos 2012: 9–23].

### **Treści wykładowe**

Celem przedmiotu mechatronika samochodowa jest kształtowanie umiejętności diagnozy sensorów, aktuatorów i całych zespołów oraz projektowania, budowania i uruchamiania alternatywnych układów mechatroniki samochodowej, w tym układów elektronicznych i elektrycznych. Umiejętności te powinny być rozwijane w poczuciu dbałości o powierzone mienie oraz odpowiedzialności za bezpieczeństwo użytkowników pojazdów samochodowych [Krupa 2016]. Treści wykładowe przedmiotu mechatronika samochodowa zostały podzielone na 6 grup, w skład których wchodzi następujące zagadnienia tematyczne:

- 1) układy sterowania silnika z zapłonem iskrowym,
- 2) układy sterowania silnika z zapłonem samoczynnym,
- 3) systemy bezpieczeństwa czynnego pojazdów samochodowych,
- 4) systemy bezpieczeństwa biernego pojazdów samochodowych,
- 5) systemy kontroli trakcji,
- 6) systemy związane z komfortem użytkownika pojazdu samochodowego.

Wstęp do wykładu stanowi omówienie podstawowych zagadnień dotyczących silników samochodowych, począwszy od budowy i zasady działania maszyn cieplnych oraz wyróżnienia silników cieplnych i ich podziału na silniki

o spalaniu wewnętrznym i zewnętrznym. Z grupy silników o spalaniu wewnętrznym omówione zostają silniki tłokowe, które scharakteryzowano z wydzieleniem silników o zapłonie samoczynnym i iskrowym oraz z tłokiem pracującym w sposób posuwisto-zwrotny i obrotowy. Na tle tego podziału przedstawiono budowę silników dwu- oraz czterosuwowych wraz z ich podstawowymi układami [por. Zajac 2010].

Z punktu widzenia tematyki obejmowanej przedmiotem mechatronika samochodowa na szczególną uwagę zasługują układy rozrządu, zapłonowy i zasilania, które zostają szczegółowo omówione, uwzględniając niezbędne w nowoczesnych samochodach procesy regulacyjne. W zakresie układu rozrządu zaprezentowana jest istota faz rozrządu i ich znaczenia dla pracy silnika oraz możliwości zastosowania systemów mechatronicznych w procesach sterowania fazami rozrządu [por. Herner, Riehl 2004].

Aby wprowadzić słuchaczy w tematykę elektronicznych systemów zapłonowych, zagadnienia początkowe dotyczą tradycyjnych, stykowych układów zapłonowych, na bazie których można w przystępny sposób wyjaśnić sposób regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu uzależnionego np. od prędkości obrotowej wału korbowego [por. Sokolik 1995]. Następnym etapem jest wyjaśnienie budowy i działania bezstykowych układów zapłonowych z uwzględnieniem różnego rodzaju czujników prędkości obrotowej silnika, położenia wału korbowego, temperatury silnika i jego obciążenia [por. Gajek, Juda 2009].

Jednym z bardziej związanych z mechatroniką układów wspomagających pracę silnika jest układ zasilania, dlatego ten dział wykładu jest rozszerzony. Aby wprowadzić słuchaczy w zagadnienia dotyczące zasilania silników, zaprezentowane zostają tradycyjne układy – gaźnikowe – celem wyjaśnienia potrzeby dostosowania się układu zasilania do aktualnych potrzeb wynikających z etapów pracy silnika, takich jak: rozruch, rozgrzewanie silnika zimnego, bieg jałowy, praca pod obciążeniem częściowym, praca pod obciążeniem pełnym, gwałtowne przyspieszenie oraz hamowanie silnikiem. Omówiony zostaje zatem gaźnik elementarny, układ rozruchu, czyli „ssania”, różne rozwiązania gaźnikowych układów biegu jałowego, układ kompensacyjny gaźnika i pompka przyspieszająca [por. Kijewski 1995]. Podczas prezentowania tych zagadnień uwaga słuchaczy zostaje ukierunkowana na specyfikę pracy silnika, który w wymienionych fazach pracy charakteryzuje się znacznym zróżnicowaniem parametrów uwzględnianych w układzie zasilania. Jest to punkt wyjścia do zaprezentowania układów wtryskowych.

Wtryskowe układy zasilania silnika są omawiane zgodnie z historyczną kolejnością pojawiania się ich w produkowanych samochodach wraz z charakterystyką kolejno eliminowanych w nich wad. Jako pierwszy przedstawiony zostaje układ wtrysku ciągłego – K-Jetronic – uzupełniony dodatkowo sondą lambda wraz z systemem biegu jałowego. Następnie, uwzględniając zmiany sposobu

sterowania ciśnieniem paliwa, prezentuje się system KE-Jetronic wraz z elementami wprowadzonymi do tego systemu, np. czujnik położenia przepustnicy. Zwracając uwagę na niedoskonałości układów sterowania z ciągłym wtryskiem paliwa, przechodzi się do rozwiązań oferowanych przez układy z wtryskiem przerywanym, takie jak np. L-Jetronic. W układach tych szczególną rolę pełni przepływomierz, dlatego w sposób płynny przechodzi się do jego omówienia, wiążąc istotę jego działania z klapą spiętrzącą stosowaną w poprzednich systemach. Wyróżnia się w tym miejscu przepływomierze objętościowe oraz masowe.

Zwieńczeniem rozdziału obejmującego tematykę układów zasilania jest układ Motronic integrujący system zasilania i zapłonowy. Ponieważ układ zapłonowy został wstępnie omówiony na poprzednich etapach wykładu, treści dotyczące zapłonu są uzupełnione o zagadnienia specyficzne odnoszące się do systemu Motronic. Dodatkowo omówione są zagadnienia związane z elektronicznymi przepustnicami, układami recyrkulacji spalin oraz odprowadzania oparów paliwa ze zbiornika [por. Herner, Riehl 2004].

Część wykładów dotyczących zasilania silników z zapłonem samoczynnym rozpoczyna się od omówienie budowy i zasady działania silników o zapłonie samoczynnym. Następnie omówione zostają wtryskiwacze oraz rzędowa pompa wtryskowa i układy wspomagające jej pracę, aby przejść do zagadnień związanych z pompami rozdzielaczowymi i układami Common Rail. Na tym etapie prezentowane są treści związane z mechatronicznymi systemami sterowania początkiem wtryski i dawką wtrysku różnych pomp wtryskowych, układami sterowania zaworem recyrkulacji spalin oraz turbodoładowaniem i układami sterowania świecami żarowymi [Herner, Riehl 2004].

Kolejny etap wykładów dotyczy szczegółowych zagadnień obejmujących różnego rodzaju sensory i aktulatory stosowane w układach sterowania silnikiem. Treści te obejmują takie aktulatory, jak: zawór powietrza dodatkowego, zawór regulacji biegu jałowego, zawór modulacji podciśnienia, przepustnicę elektroniczną, nastawnik przepustnicy, tempomat oraz sensory: hallotronowe, magnetorezystancyjne, indukcyjne, potencjometryczne, przepływomierze powietrza, czujnik poziomu paliwa, czujniki termistorowe, czujniki tensometryczne, piezoelektryczne, optoelektroniczne, elektrolityczno-rezystancyjne oraz elektrolityczno-napięciowe [Gajek, Juda 2009].

Następna część wykładów obejmuje układy bezpieczeństwa czynnego samochodu. Wstępem do tej tematyki są definicje bezpieczeństwa czynnego i biernego oraz podstawy kinematyki pojazdu z uwzględnieniem zagadnień poślizgu. Ponadto omówiony zostaje system przeciwdziałający blokowaniu kół hamowanych (ABS) wraz z czujnikami oraz jego aktulatory. Kolejne zagadnienia ogniskują się na systemie elektronicznego rozdziału siły hamowania osi przedniej i tylnej oraz systemach wspomagających nagłe hamowanie. Poza tym omawiane są układy przeciwdziałające poślizgowi kół napędzanych i różne sposoby regulacji momentu obrotowego na kołach pojazdu.

Szerzej prezentowanym zagadnieniem jest układ kontroli trakcji, wprowadzeniem do którego jest zdefiniowanie pojęcia nad- i podsterowności pojazdu oraz możliwości eliminacji tych zjawisk. Następnie omawiana jest budowa ogólna ze szczególnym uwzględnieniem możliwości wykorzystania sensorów i aktuatorów systemu ABS. Ponadto prezentowana jest budowa i zasada działania czujników specyficznych dla pomiaru stabilności toru jazdy samochodu.

W dalszej kolejności omawiane są układy bieżącego pomiaru ciśnienia w ogumieniu, systemy sygnalizujące przekroczenie linii na jezdni, systemy wspomagające utrzymanie stałej odległości od poprzedzającego pojazdu, systemy adaptacji zawieszenia do rodzaju nawierzchni i asystent parkowania.

Kolejny etap stanowią układy bezpieczeństwa biernego pojazdów, w tym układy poduszek powietrznych i napinacze pasów bezpieczeństwa wraz z sensoryką i aktyką tych systemów [por. Boruta, Pięta 2012].

Wykład kończy omówienie budowy i zasady działania różnych układów, których celem jest poprawa komfortu pasażerów samochodu. Do grupy tej zalicza się np. układ klimatyzacji.

### **Wyniki badań istotności treści**

W celu uzyskania informacji na temat opinii studentów o istotności treści realizowanych na zajęciach wykładowych przeprowadzono badania ankietowe. W badaniu wzięło udział 14 studentów, słuchaczy wykładów z mechatroniki samochodowej. Kwestionariusz ankiety miał formę papierową i zawierał 20 zagadnień z zakresu treści przedmiotu. Każde zagadnienie można było ocenić w skali od 0 (nieistotne) do 3 (bardzo istotne). Jako najbardziej istotne treści studenci wskazali systemy bezpieczeństwa biernego, komputerową diagnostykę pojazdów (średnia 2,69) oraz działanie silników spalinowych (2,62). Najniższe wyniki (1,67) uzyskano w odniesieniu do treści z zakresu układów smarowania silnika, zagadnień dotyczących zaworów pneumatycznych silnika i czujników trakcyjnych. Ponieważ w badaniach brała udział niewielka liczba studentów, wyniki badania traktować można jedynie jako orientacyjne, jednak powinny one ukierunkować rozwój przedmiotu w stronę zagadnień diagnostyki komputerowej pojazdów i układów bezpieczeństwa.

### **Podsumowanie**

Rozwój motoryzacji wspierany prężnym rozwojem mechatroniki jest nieunikniony, dlatego należy dołożyć wszelkich starań, aby procesy kształcenia kadry przyszłych inżynierów integrowały treści mechatroniki samochodowej. Na przeciw tym potrzebom wyszedł Uniwersytet Rzeszowski, wprowadzając do siatki studiów kierunku mechatronika przedmiot mechatronika samochodowa. W 2016 r. przeprowadzono pierwsze zajęcia wykładowe i laboratoryjne. Obserwacje poczynione podczas tych zajęć pozwalają stwierdzić, że zagadnienia te są

dla słuchaczy atrakcyjne. Studenci biorą czynny udział tak w wykładach, jak i w zajęciach laboratoryjnych, proponując nowe rozwiązania w zakresie stanowisk dydaktycznych, które mogą być realizowane w kołach naukowych oraz stać się tematem prac inżynierskich i magisterskich. Wiele z tych pomysłów jest obecnie na etapie konceptualizacji, by w przyszłości powiększyć bazę sprzętową stanowiącą wyposażenie Pracowni Mechatroniki Samochodowej.

## Literatura

- Boruta G., Pięta A. (2012), *Mechatronika samochodu: układy bezpieczeństwa czynnego i biernego*, Olsztyn.
- Furmanek W. (2011), *Mechatronika: dyscyplina naukowo-techniczna XXI wieku* [w:] L. Leniowska, W. Furmanek (red.), *Wokół mechatroniki*, Rzeszów.
- Gajek A., Juda Z. (2009), *Mechatronika samochodowa. Czujniki*, Warszawa.
- Herner A., Riehl H.-J. (2004), *Elektrotechnika i elektronika w pojazdach samochodowych*, Warszawa.
- Krupa K. (2016), *Sylabus przedmiotu mechatronika samochodowa. Dokumentacja kierunku studiów mechatronika*, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów.
- Leniowska L., Kos P., Pajda R. (2011), *Kształcenie inżynierów mechatroniki na Uniwersytecie Rzeszowskim* [w:] L. Leniowska, W. Furmanek (red.), *Wokół mechatroniki*, Rzeszów.
- Leniowska L., Mazan D., Sierżęga M., Kos P. (2012), *Kształcenie magistrów mechatroniki na Uniwersytecie Rzeszowskim* [w:] L. Leniowska, W. Furmanek (red.), *Wokół mechatroniki*, Rzeszów.
- Sokolik J. (1995), *Elektrotechnika samochodowa*, Warszawa.
- Zając P. (2010), *Silniki pojazdów samochodowych*, t. I–II, Warszawa,