

Warsaw University of Technology | Doctoral School No. 4

Course offered in the Doctoral School No. 4
– Spring semester of the 2021/2022 academic year

TITLE
Optimal Control Methods in Engineering Applications
CONDUCTING UNIT
Doctoral School No. 4
SCIENTIFIC DISCIPLINE
Mechanical engineering
IMPLEMENTING UNIT
113000 - Faculty of Power and Aeronautical Engineering
SUMMARY DESCRIPTION
<p>Przedmiot przekazuje porcję wiedzy z zakresu metod optymalizacji i sterowania optymalnego stosowanych w zagadnieniach technicznych. Zakres przedmiotu obejmuje zagadnienia klasyczne, ich rozszerzenia na nowe metody już stosowane i te rozwijane we współczesnej technice. Poprzez strukturę wykładu i dobór przykładów, pokazujemy pewne dość uniwersalne metody, narzędzia i sposoby podejścia do problemów z różnych dziedzin.</p> <p>Wykład uczy sposobu formułowania pewnej klasy zadań naukowych – zadań sterowania i optymalizacji oraz pokazuje, że droga do „odkryć naukowych” prowadzi w naturalny sposób poprzez aktywną działalność inżynierską, podejmowanie nowych zadań i wyzwań naukowych, oraz przez czytanie literatury.</p>
FULL DESCRIPTION
<p>Treść przedmiotu</p> <ol style="list-style-type: none">1. Wprowadzenie – od zadania brachistochrony do programu Apollo – narodziny i rozwój optymalizacji i sterowania optymalnego w zadaniach technicznych. Spis literatury, przewodnik po literaturze.2. Metody badania jakości sterowania w klasycznej teorii sterowania.<ol style="list-style-type: none">2.1 Kryteria jakościowe i ilościowe sterowania dla modeli liniowych stacjonarnych o jednym wejściu i jednym wyjściu (SISO).2.2 Teoria Kalmana w zastosowaniu do modeli liniowych niestacjonarnych o wielu wejściach i wielu wyjściach (MIMO). Sformalizowanie pojęcia „optymalności” w teorii sterowania.2.3 Przykład obliczeniowy optymalizacji z wykorzystaniem metody LQR.

3. Metody programowania liniowego i nieliniowego – optymalizacja parametrów w obecności więzów równościowych i nierównościowych.

3.1 Warunki Khuna-Tuckera.

3.2 Zadanie optymalizacji trajektorii z wykorzystaniem metody NLP.

4. Współczesne metody i algorytmy sterowania nieliniowego.

4.1 Kinematyczne i dynamiczne modele sterowania układów nieliniowych.

4.2 Warunki linearyzacji w pętli sprzężenia zwrotnego nieliniowych modeli sterowania.

4.3 Przykłady projektowania nieliniowych układów sterowania, wyboru metod i algorytmów sterowania optymalnego; co można optymalizować?

5. Klasyczne zagadnienia sterowania optymalnego.

5.1 Metoda Pontriagina badania procesów optymalnych.

5.2 Teoria Hamiltona – Jacobiego.

5.3 Metoda programowania dynamicznego Bellmana.

5.4 Sformułowanie zadania sterowania optymalnego dla nieliniowych niestacjonarnych modeli układów dynamicznych – przykłady.

6. Współczesne metody sterowania optymalnego.

6.1 Optymalne sterowanie nieliniowe w pętli sprzężenia zwrotnego.

6.2 Odwrotne sterowanie optymalne dla modeli nieliniowych afinicznych.

6.3 Badanie stateczności nieliniowych metod i algorytmów sterowania optymalnego i odwrotnego sterowania optymalnego.

6.4 Współczesne rozwinięcia prac Lyapunova i Popova, i ich zastosowania w sterowaniu optymalnym procesami nieliniowymi, ruchem statków powietrznych i pojazdów mobilnych.

6.5 Osobliwości numeryczne rozwiązań zadań sterowania optymalnego i metody ich pokonywania.

Projekt domowy.

7. Podsumowanie kursu.

LITERATURE

1. Bloch, A.M. 2003. Nonholonomic mechanics and control. New York: Springer-Verlag.

2. Cortes, J. Monforte. 2002. Geometric, control and numerical aspects of nonholonomic systems. Lecture Notes in Mathematics. Springer.

3. Kwatny, H.G. and G.L. Blankenship. 2000. Nonlinear control and analytical mechanics. A computational approach. Boston: Birkhauser.

4. E. Jarzębowska, Mechanika analityczna, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2003.

5. Lew, A. and H. Mauch. 2007. Dynamic programming. A computational approach. Berlin: Springer.

6. Chong, E.K. and S. Żak. 2001. An introduction to optimization. New York: John Wiley & Sons

LEARNING OUTCOMES

Efekty uczenia obejmują:

- Zdobyć/uzupełnić wiedzę z zakresu klasycznych metod optymalizacji i sterowania optymalnego, stosowanych w zagadnieniach współczesnej techniki.

- Umiejętności formułowania zagadnień optymalizacji, w zakresie: model systemu, funkcja celu, ograniczenia, zmienne decyzyjne.

- Umiejętność budowania liniowych modeli układu sterowania, doboru funkcji celu i algorytmów sterowania.
- Umiejętność sformułowania zadania optymalizacji do badania metodą NLP.
- Umiejętność doboru algorytmów numerycznych z pakietów oprogramowania, np. MatLaba.
- Umiejętność budowy nieliniowego modelu sterowania dla układów mechanicznych; rozróżnienie modeli kinematycznych i dynamicznych.
- Umiejętność zastosowania metod mechaniki analitycznej w teorii sterowania optymalnego.
- Umiejętność zaprojektowania strategii i algorytmu sterowania optymalnego dla modelu nieliniowego.

ASSESSMENT METHODS AND CITERIA; COURSE COMPLETION FORM

Ocena jest wg skali: 3.0 (dostateczny), 3.5 (dość dobry), 4.0 (dobry), 4.5 (bardzo dobry), 5.0 (wyróżniający).

Ocena wystawiana jest na podstawie wykonania końcowego projektu domowego.

LANGUAGE OF THE COURSE		ECTS CREDITS
English		3
TYPE OF CLASSES	NUMBER OF HOURS	COURSE INSTRUCTOR
Lecture	30	Elżbieta Jarzębowska, dr hab. inż., prof. uczelni
Classes	15	Elżbieta Jarzębowska, dr hab. inż., prof. uczelni