



Karta przedmiotu

Nazwa i kod przedmiotu	Control and Automation in Wind Energy Systems , PG_00066994						
Kierunek studiów	Inżynieria energii odnawialnej (studia w języku angielskim)						
Data rozpoczęcia studiów	październik 2026 r.	Rok akademicki realizacji przedmiotu			2027/2028		
Poziom kształcenia	II stopnia	Grupa zajęć			Grupa zajęć specjalnościowych Grupa zajęć powiązanych z prowadzonymi badaniami naukowymi w dziedzinie nauki związanej z kierunkiem - profil ogólnoakademicki		
Forma studiów	stacjonarne	Sposób realizacji			na uczelni		
Rok studiów	2	Język wykładowy			angielski		
Semestr studiów	4	Liczba punktów ECTS			3.0		
Profil kształcenia	ogólnoakademicki	Forma zaliczenia			zaliczenie		
Jednostka prowadząca	Wydziały Politechniki Gdańskiej -> Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa -> Instytut Budowy Okrętów -> Zakład Automatyki i Energetyki Morskiej						
Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)	Odpowiedzialny za przedmiot		dr inż. Mohammad Ghaemi				
	Prowadzący zajęcia z przedmiotu						
Formy zajęć	Forma zajęć	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium	RAZEM
	Liczba godzin zajęć	15.0	15.0	15.0	0.0	0.0	45
W tym liczba godzin zajęć na odległość: 0.0							
Aktywność studenta i liczba godzin pracy	Aktywność studenta	Udział w zajęciach dydaktycznych, objętych planem studiów		Udział w konsultacjach		Praca własna studenta	RAZEM
	Liczba godzin pracy studenta	45		7.0		23.0	75
Cel przedmiotu	Celem kursu jest pogłębienie wiedzy osób studiujących w zakresie zasad automatyki i sterowania we współczesnych systemach energetyki wiatrowej, z uwzględnieniem elementów mechanicznych, hydraulicznych i elektrycznych, a także zagadnień zintegrowanego zarządzania na poziomie całej farmy wiatrowej. Uczestniczki i uczestnicy kursu nauczą się projektować, analizować i wdrażać niezawodne oraz efektywne rozwiązania sterujące, wykorzystując zaawansowane metody stosowane w rzeczywistych aplikacjach przemysłowych związanych z wytwarzaniem energii z wiatru.						

Efekty uczenia się przedmiotu	Efekt kierunkowy	Efekt z przedmiotu	Sposób weryfikacji i oceny efektu
	[K7_W101] identyfikuje w pogłębionym stopniu kluczowe obiekty i zjawiska związane ze studiowanym kierunkiem oraz opisujące je teorie i możliwe do zastosowania metody analityczne i projektowe	identyfikuje w pogłębionym stopniu ważniejsze elementy systemów elektrowni wiatrowych, takie jak turbiny, generatory i układy sterowania, oraz opisujące je teorie i metody modelowania, analizy i projektowania układów automatyki.	[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej
	[K7_U02] potrafi tworzyć i analizować cyfrowe modele systemów energetyki odnawialnej, w tym wiatrowej, wykorzystuje narzędzia cyfrowe w procesie analizy, oceny i nadzoru nad projektami i ich optymalizacje	potrafi tworzyć i analizować cyfrowe modele turbin wiatrowych oraz ich układów sterowania, wykorzystując narzędzia symulacyjne i cyfrowe do oceny działania, nadzoru oraz optymalizacji pracy systemów automatyki w elektrowniach wiatrowych.	[SU5] Ocena umiejętności zaprezentowania wyników realizacji zadania
	[K7_K101] uznaje znaczenie wiedzy związanej ze studiowanym kierunkiem w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych, krytycznie oceniając pozyskiwane informacje	potrafi rozpoznać znaczenie wiedzy z zakresu automatyki i sterowania w elektrowniach wiatrowych w rozwiązywaniu problemów technicznych i inżynierskich oraz krytycznie analizuje informacje dotyczące algorytmów sterowania, modelowania dynamicznego i integracji elementów siłowni wiatrowych.	[SK2] Ocena postępów pracy
	[K7_W02] zna i rozumie problematykę efektywnej integracji zdecentralizowanego wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych do systemu energetycznego oraz zagadnienia dotyczące magazynowania energii, w szczególności zna i rozumie technologie wykorzystywane w energetyce wiatrowej	zna i rozumie technologie wykorzystywane w energetyce wiatrowej oraz kluczowe interakcje pomiędzy elementami systemu sterowania i automatyki w siłowniach wiatrowych lądowych i offshore, w szczególności zależności między turbiną, generatorem, układami regulacji i warunkami środowiskowymi.	[SW1] Ocena wiedzy faktograficznej

1. Wprowadzenie i struktura kursu

- Przegląd zasad oceniania i wymagań formalnych
- Cele sterowania turbiną wiatrową (zakres i zadania)
- Kluczowe definicje i skróty terminologiczne

2. Podstawy turbin wiatrowych - modelowanie i dynamika

- Podstawy aerodynamiki: limit Betza, współczynnik mocy, współczynnik momentu
- Charakterystyka wiatru: średnia prędkość, intensywność turbulencji, warunki normalne vs. ekstremalne
- Kinematyka i kinetyka turbiny (siły, momenty, przepływ energii)
- Modelowanie wiatru jako procesu stochastycznego: widmowa gęstość mocy, modelowanie turbulencji
- Modele układu napędowego z wieloma masami (np. model dwumasowy)
- Wpływ fal (dla turbin offshore/pływających)

3. Generatory i układy przekształtnikowe w systemach wiatrowych

- Porównanie generatorów synchronicznych i asynchronicznych (indukcyjnych)
- Systemy sterowania generatorów w elektrowniach wiatrowych
- Praca ze stałą vs. zmienną prędkością kątową
- Topologie przekształtników: DFIG (generator dwustronnie zasilany), przekształtniki pełnozakresowe, sterowanie rezystancją wirnika
- Metody estymacji zmiennych stanu w elektrowniach wiatrowych
- Zagadnienia sprawności i klasy turbin według IEC
- Spełnianie wymagań sieciowych (wsparcie napięcia/częstotliwości)

4. Podstawowe metody i strategie sterowania

- Metody pasywne vs. aktywne (regulacja przeciągowa, sterowanie kątem natarcia, sterowanie odchyleniem)
- Śledzenie punktu mocy maksymalnej (MPPT) przy częściowym obciążeniu
- Regulacja mocy i prędkości kątowej (przykłady dla układów asynchronicznych/synchronicznych)
- Ograniczenie mocy przy wysokich prędkościach wiatru
- Strategie redukcji obciążeń (zmęczenie materiałowe, tłumienie drgań wieży)

5. Szczegółowe struktury układów sterowania

- Schematy blokowe typowych regulatorów turbin
- Pętle sterowania systemem kąta natarcia łopatek
- Sterowanie odchyleniem (orientacja względem wiatru)
- Sterowanie po stronie generatora (prędkość, moment, współczynnik mocy, moc bierna)
- Przykłady regulatorów nadrzędnych i podrzędnych (np. prędkość, moc, kąt odchylenia łopatek)
- Sterowanie adaptacyjne (estymacja parametrów online, modele referencyjne)
- Strategie sterowania robustowego (H) dla niepewności parametrów
- Metody LQR/LQG (liniowo-kwadratowe)
- Integracja z pływającymi platformami wiatrowymi (dodatkowe stopnie swobody)

6. Monitorowanie, bezpieczeństwo i integracja

- Systemy bezpieczeństwa, awaryjne wyłączenie, zasilanie awaryjne dla komponentów krytycznych
- Systemy monitorowania stanu (CMS): wykrywanie zużycia i uszkodzeń, dostosowanie pracy
- Systemy SCADA i zdalny nadzór - aspekty sterowania
- Narzędzia i protokoły komunikacyjne (Modbus, OPC, Ethernet, MQTT), integracja z sieciami
- Pozyskiwanie danych, obsługa alarmów, rejestracja zdarzeń
- Cyberbezpieczeństwo systemów sterowania

7. Uwagi dodatkowe i praktyczne

- Bilansowanie sprawności, niezawodności i obciążeń konstrukcyjnych
- Kierunki rozwoju: pływające turbiny, zaawansowane algorytmy sterowania, integracja z systemami energetycznymi, systemy hybrydowe
- Aspekty ekonomiczne, przegląd rynkowy

Ćwiczenia:

1. Modelowanie, symulacja i analiza turbiny wiatrowej oraz jej systemów sterowania
2. Analiza właściwości dynamicznych i drgań własnych
3. Implementacja i testowanie systemów estymacji zmiennych stanu generatora
4. Sterowanie multiskalarnie generatorów asynchronicznych
5. Sterowanie FOC w generatorach asynchronicznych i synchronicznych

	<p>-----</p> <p>Laboratorium:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pomiar charakterystyk turbiny wiatrowej i wentylatora 2. Implementacja systemu sterowania MPPT w mikrokontrolerze 3. Testowanie systemu sterowania multiskalarnego dla generatora asynchronicznego 4. Testowanie systemu FOC dla generatora asynchronicznego 5. Testowanie systemu sterowania dla generatora synchronicznego 6. Eksperymentalna analiza zasobów energii wiatrowej 7. Implementacja i testowanie obserwatora zmiennych stanu dla generatora 8. Implementacja struktur regulatorów PID w systemie sterowania generatorem 														
<p>Wymagania wstępne i dodatkowe</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Podstawy automatyki (na poziomie st. inżynierskich np. kierunek Energetyka) • Podstawy elektrotechniki i elektroniki ((na poziomie st. inżynierskich np. kierunek Energetyka) 														
<p>Sposoby i kryteria oceniania osiągniętych efektów uczenia się</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Sposób oceniania (składowe)</th> <th style="width: 33%;">Próg zaliczeniowy</th> <th style="width: 33%;">Składowa oceny końcowej</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kolokwium (ćw.)</td> <td>50.0%</td> <td>33.0%</td> </tr> <tr> <td>Sprawozdanie (lab.)</td> <td>50.0%</td> <td>33.0%</td> </tr> <tr> <td>Kolokwium (wykład)</td> <td>50.0%</td> <td>34.0%</td> </tr> </tbody> </table>			Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej	Kolokwium (ćw.)	50.0%	33.0%	Sprawozdanie (lab.)	50.0%	33.0%	Kolokwium (wykład)	50.0%	34.0%
Sposób oceniania (składowe)	Próg zaliczeniowy	Składowa oceny końcowej													
Kolokwium (ćw.)	50.0%	33.0%													
Sprawozdanie (lab.)	50.0%	33.0%													
Kolokwium (wykład)	50.0%	34.0%													
<p>Zalecana lista lektur</p>	<p>Podstawowa lista lektur</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lubośny Z., Farmy wiatrowe w systemie elektroenergetycznym, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2016. 2. Bianchi F. D., De Battista H., Mantz R. J., Wind turbine control systems - principles, modelling and gain scheduling design, ISBN-10: 1-84628-492-9, Springer-Verlag London Limited, 2007. 3. Krzemiński Z.: Digital Control of Asynchronous Machines, Gdańsk, PG Publishing House, 2003. 													
	<p>Uzupełniająca lista lektur</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Orłowska-Kowalska T.: Sensorless Drive Systems with Asynchronous Machines, Wrocław University of Technology Publishing House, 2005. 2. Kołodziejek P. Transient States of the Multiscalar Controlled Double Fed Induction Generator in the Wind Farm, IEEE International Conference on Machine Learning and Applications, Honolulu, USA 2011 													
	<p>Adresy eZasobów</p>														

Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jakie są podstawowe cele układów sterowania we współczesnych systemach energetyki wiatrowej? 2. Zdefiniuj i wyjaśnij znaczenie granicy Betza w kontekście aerodynamiki turbiny wiatrowej. 3. W jaki sposób intensywność turbulencji wpływa na strategię sterowania turbiną wiatrową? 4. Na czym polega różnica między warunkami wiatrowymi normalnymi a ekstremalnymi i jaki mają one wpływ na pracę turbiny? 5. Opisz kinematykę oraz przepływ energii w poziomej osiowej turbinie wiatrowej. 6. Jaką funkcję pełni model dwumasowy w analizie mechanicznego układu przeniesienia napędu turbiny wiatrowej? 7. W jaki sposób modeluje się wiatr jako proces stochastyczny na potrzeby projektowania systemów sterowania? 8. Jakie znaczenie ma oddziaływanie fal morskich na dynamikę turbin wiatrowych typu offshore lub pływających? 9. Porównaj zalety i ograniczenia generatorów synchronicznych i asynchronicznych stosowanych w turbinach wiatrowych. 10. Opisz rolę przekształtników energoelektronicznych w turbinach wiatrowych pracujących przy zmiennej prędkości obrotowej. 11. Jakie są zasadnicze różnice między układami z generatorem DFIG a systemami z pełnym przekształcaniem mocy? 12. Na czym polega estymacja zmiennych stanu w układach sterowania generatorem turbiny wiatrowej? 13. Jakie problemy techniczne występują przy realizacji wymagań sieciowych, takich jak wsparcie napięciowe i częstotliwościowe? 14. Scharakteryzuj różnice między pasywnymi a aktywnymi metodami regulacji mocy w turbinach wiatrowych. 15. Opisz, w jaki sposób realizowana jest metoda śledzenia punktu maksymalnej mocy (MPPT) w zakresie częściowego obciążenia. 16. Jak turbina wiatrowa reguluje prędkość obrotową i moc wyjściową w warunkach silnych wiatrów? 17. Jakie strategie redukcji obciążeń są stosowane w nowoczesnych systemach sterowania turbinami wiatrowymi? 18. Przedstaw i wyjaśnij schemat blokowy typowego układu sterowania kątem łopatek (pitch control). 19. W jaki sposób układ sterowania azymutem (yaw control) wpływa na efektywność pracy turbiny wiatrowej? 20. Wyjaśnij zasadę działania sterowania wektorowego (Field-Oriented Control) w regulacji generatorów asynchronicznych. 21. Opisz funkcję regulatora nadrzędnego w hierarchicznej strukturze sterowania turbiną wiatrową. 22. Jakie korzyści niesie zastosowanie adaptacyjnych metod sterowania w układach turbiny wiatrowej? 23. W jaki sposób strategię sterowania odpornego (np. H) przeciwdziałają niepewnościom parametrów układu? 24. Jakie zastosowanie mają metody liniowo-kwadratowe (LQR/LQG) w optymalizacji regulacji turbiny wiatrowej? 25. Jakie modyfikacje wprowadzane są w strukturze sterowania w przypadku pływających turbin wiatrowych z dodatkowymi stopniami swobody? 26. Opisz strukturę systemu bezpieczeństwa i awaryjnego wyłączenia turbiny wiatrowej. 27. Jaką rolę pełni system monitorowania stanu technicznego (CMS) w zapewnieniu niezawodności turbiny? 28. W jaki sposób systemy SCADA wspierają zdalne sterowanie i optymalizację pracy farmy wiatrowej? 29. Jakie protokoły komunikacyjne stosuje się w systemach sterowania turbin wiatrowych i dlaczego cyberbezpieczeństwo jest kluczowe? 30. Opisz proces implementacji algorytmu MPPT w systemie sterowania opartym na mikrokontrolerze, w warunkach testów laboratoryjnych.
Zajęcia praktyczne w ramach przedmiotu	Nie dotyczy

Dokument wygenerowany elektronicznie. Nie wymaga pieczęci ani podpisu.