



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Model Based Design [N1Eltech2>PO12-MBD]

### Przedmiot

Kierunek studiów  
Elektrotechnika

Rok/Semestr  
5/9

Studia w zakresie (specjalność)  
–

Profil studiów  
ogólnoakademicki

Poziom studiów  
pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu  
polski

Forma studiów  
niestacjonarne

Wymagalność  
obieralny

### Liczba godzin

Wykład	Laboratorium	Inne
10	10	0
Ćwiczenia	Projekty/seminaria	
0	10	

### Liczba punktów ECTS

4,00

### Koordynatorzy

dr inż. Jan Szymenderski  
jan.szymenderski@put.poznan.pl

dr inż. Stanisław Mikulski  
stanislaw.mikulski@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Od studenta oczekuje się wiedzy i umiejętności na poziomie umożliwiającym samodzielną pracę z modelami i podstawowymi algorytmami sterowania. W szczególności wymagane jest opanowanie podstaw matematyki inżynierskiej (analiza i algebra liniowa), elementów teorii sterowania i dynamiki układów oraz umiejętność programowania na poziomie podstawowym. W laboratorium wymagana jest świadomość zasad bezpiecznej pracy z urządzeniami i stanowiskami badawczymi.

### Cel przedmiotu

Celem przedmiotu jest nauczenie praktycznego podejścia Model-Based Design (MBD) od inżynierii wymagań i kryteriów akceptacji, przez modelowanie i implementację, aż do weryfikacji i walidacji w łańcuchu MIL/SIL/PIL/HIL. Studenci poznają sposób budowania spójnych artefaktów (wymagania- model-testy-wyniki) oraz prowadzenia testów integracyjnych z użyciem HIL, gdzie DUT (Device Under Test) współpracuje z obiektem uruchomionym w czasie rzeczywistym. Przedmiot akcentuje praktykę przemysłową: iteracyjne wytwarzanie (Agile) oraz wymagania jakościowe i bezpieczeństwa charakterystyczne dla projektów automotive (np. ASPICE, ASIL).

## Przedmiotowe efekty uczenia się

### Wiedza:

Student zna podstawy narzędzi i przepływu MBD oraz rozumie role etapów MIL/SIL/PIL/HIL w wytwarzaniu i testowaniu oprogramowania. Rozumie podstawy sterowania i implementacji sterowników dla układów energoelektronicznych i napędowych (np. PMSM+falownik, BMS, przekształtniki OŹE) oraz ograniczenia pracy w czasie rzeczywistym. Zna podstawowe zasady inżynierii wymagań.

### Umiejętności:

Student potrafi przygotować i zweryfikować rozwiązanie w łańcuchu MIL→SIL→PIL→HIL, w tym dobrać scenariusze testowe wynikające z wymagań i ocenić wyniki. Potrafi uruchomić eksperyment HIL: skonfigurować model czasu rzeczywistego, połączyć go z DUT (Device Under Test) oraz wykonać pomiary, testy i podstawową diagnostykę. Potrafi stosować narzędzia ICT/CAX do automatyzacji testów i opracowania raportu oraz zaplanować pracę zespołu i harmonogram projektu.

### Kompetencje społeczne:

Student jest gotów do stałego uzupełniania kompetencji w obszarze narzędzi MBD oraz metod testowania. Jest również gotów do odpowiedzialnego pełnienia ról w zespole projektowym, przestrzegania zasad etyki zawodowej oraz ponoszenia odpowiedzialności za wspólnie realizowane zadania.

## Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wiedza nabyta w ramach wykładu weryfikowana jest podczas egzaminu końcowego w formie pytań otwartych jednakowo punktowanych z zakresu opisanego w treściach programowych przedmiotu. Zaliczenie wykładu uzyskuje się po osiągnięciu progu co najmniej 50% punktów.

Umiejętności nabyte w ramach laboratorium są weryfikowane na podstawie wykonania ćwiczeń HIL, obejmujących konfigurację stanowiska, uruchomienie modeli czasu rzeczywistego, integrację z obiektem DUT (Device Under Test - fizycznym elementem testowanym, np. sterownikiem, falownikiem, kontrolerem BMS lub układem sterowania przekształtnika), przeprowadzenie testów scenariuszowych oraz interpretację wyników. Ocenie podlega poprawność i powtarzalność procedury, jakość logowania i analizy danych, a także kompletność dokumentacji laboratoryjnej. Laboratorium uznaje się za zaliczone po uzyskaniu co najmniej 50% punktów z części laboratoryjnej.

Część projektowa weryfikowana jest na podstawie realizacji zadania zespołowego, w którym studenci przechodzą przez spójny fragment procesu wytwórczego: od specyfikacji zachowania (w tym kryteriów akceptacji), przez modelowanie i testowanie (MIL/SIL), po uruchomienie i walidację w konfiguracji HIL. Oceniana jest jakość artefaktów projektu, w szczególności spójność modelu i testów, udokumentowane wyniki oraz uzasadnione wnioski, a także organizacja pracy zespołu i terminowość. Projekt uznaje się za zaliczony po uzyskaniu co najmniej 50% punktów.

## Treści programowe

Przedmiot obejmuje inżynierię wymagań (w tym kryteria akceptacji i śladowanie), projektowanie oprogramowania w podejściu Model-Based Design oraz weryfikację i walidację w łańcuchu MIL/SIL/PIL/HIL w zastosowaniach automotive, elektromobilności oraz OŹE, z odniesieniem do praktyk jakościowych (ASPICE, Agile) i podstaw bezpieczeństwa funkcjonalnego (ASIL).

## Tematyka zajęć

Wykład: Metodyka Model-Based Design jako proces wytwarzania oprogramowania od inżynierii wymagań (wymagania, kryteria akceptacji, śladowanie) do dowodów V&V; przegląd etapów MIL/SIL/PIL/HIL oraz typowych artefaktów (model, testy, wyniki, raporty) w podejściu iteracyjnym (Agile) i z odniesieniem do oczekiwań jakościowych w automotive (ASPICE) oraz podstaw bezpieczeństwa funkcjonalnego (ASIL); modelowanie obiektów i sterowników dla napędów PMSM z falownikiem, systemów BMS oraz przekształtników OŹE (PV/wind, falowniki sieciowe, mikro sieci); praca w czasie rzeczywistym (krok dyskretyzacji, opóźnienia, deterministyczność, synchronizacja I/O), planowanie testów scenariuszowych i brzegowych, analiza wyników oraz zasady bezpiecznych uruchomień.

Laboratorium (HIL): Przygotowanie modelu obiektu do pracy w czasie rzeczywistym i jego

instrumentacja; konfiguracja interfejsów I/O i komunikacji oraz integracja z DUT (Device Under Test) w pętli sterowania; wykonanie testów zgodnych z wymaganiami (testy scenariuszowe, testy brzegowe, podstawowa diagnostyka i elementy fault injection) oraz rejestracja i interpretacja wyników; porównanie zachowania na poziomach MIL/SIL i HIL (spójność, regresja), przygotowanie dokumentacji wyników i wniosków z uwzględnieniem zasad BHP.

Projekt: Zespołowe opracowanie mini-systemu sterowania w obszarze automotive/e-mobility/OŹE w podejściu MBD, obejmujące zdefiniowanie wymagań i kryteriów akceptacji, przygotowanie modelu i testów MIL/SIL, a następnie walidację na stanowisku HIL; praca iteracyjna w krótkich cyklach (Agile) z przeglądami artefaktów (wymagania-model-testy-wyniki) i prowadzeniem śladowania; wynikiem jest raport projektu zawierający opis rozwiązania, zestaw testów i ich wyniki, analizę oraz rekomendacje zmian, zakończony demonstracją działania.

## Metody dydaktyczne

Wykład prowadzony jest w formie prezentacji ilustrowanej przykładami oraz krótkimi analizami przypadków z naciskiem na przejście od wymagań do testów w łańcuchu MIL/SIL/HIL. Laboratorium opiera się na pracy na stanowisku HIL, gdzie studenci samodzielnie konfigurują układ, wykonują testy i analizują wyniki pod nadzorem prowadzącego. Projekt realizowany jest zespołowo i iteracyjnie, z przeglądami wymagań, wyników testów oraz jakości raportu.

## Literatura

Podstawowa:

1. Nicolescu, G.; Mosterman, P. J. (red.) Model-Based Design for Embedded Systems. CRC Press, 2010
2. Wiegers, K.; Beatty, J. Software Requirements. 3rd Edition. Microsoft Press, 2013
3. Tripathi, S. M.; Gonzalez-Longatt, F. M. (eds.) Real-Time Simulation and Hardware-in-the-Loop Testing Using Typhoon HIL. Springer, 2023
4. Schlager, M. Hardware-in-the-Loop Simulation: A Scalable, Component-based, Time-triggered Hardware-in-the-loop Simulation Framework. VDM Verlag, 2008
5. Aarenstrup, R. Managing Model-Based Design. The MathWorks, 2015

Uzupełniająca:

1. Pietrowski, W.; Puskarczyk, M.; Szymenderski, J. Fault Detection Methods for Electric Power Steering System Using Hardware in the Loop Simulation. Energies, 2024, 17(14), 3486. DOI: 10.3390/en17143486
2. von Jouanne, A.; Agamloh, E.; Yokochi, A. Power Hardware-in-the-Loop (PHIL): A Review to Advance Smart Inverter-Based Grid-Edge Solutions. Energies, 2023, 16(2), 916. DOI: 10.3390/en16020916
3. VDA QMC. Automotive SPICE® 4.0 - Process Reference Model / Process Assessment Model (PRM/PAM), Publications (December 2023)
4. Patankar, P.; Kulkarni, S. MATLAB and Simulink In-Depth: Model-based Design with Simulink and Stateflow, User Interface, Scripting, Simulation, Visualization and Debugging. BPB Publications, 2022
5. MathWorks. What Is Hardware-in-the-Loop (HIL)?

## Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	100	4,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	32	1,50
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwium/egzaminu, wykonanie projektu)	68	2,50