	Wkład		*Lab*
1	**Obiekt i układ regulacji. Model statyczny i model dynamiczny**.	1	Wprowadzenie
	Przedmiot badań – obiekt i układ regulacji (schemat) Równania różniczkowe - konstrukcja równań i parametry (na przykładzie). Równanie statyczne i charakterystyki statyczne. Opis statyczny i dynamiczny – obiektów i układów regulacji (stabilność)		BHP, skrypty, zmienne, wykresy
2	**Badania symulacyjne** własności dynamicznych	2	Charakterystyki statyczne
	Badania analityczne a symulacyjne Ogólne zasady rysowania równań różnicz. na bazie bloków całkujących i State-Space Charakterystyki dynamiczne - stan równowagi i odpowiedzi skokowe (impulsowe) Interpretacja odp.skokowych - różne punkty pracy, stabilność, czas reakcji. Podstawowe własności układów liniowych (czemu są łatwe")		*Model obiektu – ch.statyczne. (wzory analityczne, rozwiązan macierzowe)* - obiekt - model liniowy MIMO, typu pomieszczenie z grzejnikiem - rozwiązanie układu równań (operatory z kropką) - rozwiązanie układu równań macierzowo
3	**Transmitancje** - definicje, obliczanie, symulacja	3	Simulink - model w postaci równań różniczkowych
	Definicja i obliczanie transmitancji. Modele SISO i MIMO. Model obiektu na transmitancjach (na przykładzie). Schematy na bazie bloków TransferFcn		*Schemat obiektu – blok state-space (bloki całkujące?)* *Skrypt (parametry i badania) - stan ustalony, odp.skok.* Wprowadzenie do Simulink – symulacyjne rozwiązywanie równań różniczkowych
4	**Identyfikacja**	4	Simulink – rysowanie r.liniowych i nieliniowych
	Podstawowe człony dynamiki (typy i zastosowanie) Identyfikacja modelu na podstawie odpowiedzi skokowej (model FOTD). Weryfikacja modelu (ocena)		- przygotowanie – równanie stanu obiektu - schemat na bazie bloczka State-Space - skrypt: liczenie parametrów, wymuszenie skokowe (n każdym z wejść osobno) w zadanym punkcie pracy (parametry stepu0, u0 + du), wykresy dla każdego z wyjść
5	**Sterowanie i regulacja**. **Regulator PID**	5	Transmitancje obiektu a r.rózniczkowe
	Sterowanie w układzie otwartym i zamkniętym (regulacja) Układ regulacji – opis i własności: - schemat teoretyczny i praktyczna realizacja - znaki (+/- czy -/+) - transmitancja układu regulacji, - stabilność i jakość Regulator PID – transmitancja (struktura ISA/IND), interpretacja i własności		*Analityczne transmitancje obiektu. Schemat w Simulinku. Badania jak wyżej.* Rozwiązanie r.r. metodą symulacyjną i porównanie wyniku z odpowiedzią wyliczonej przez studentów transmitancji) - przygotowanie – transmitancje wyznaczone analitycznie na podstawie r.r. obiektu (4 szt.) - schemat na bazie Transfer FCN (step:0 ,du) - skrypt jak powyżej (weryfikacja z równaniami stanu)
6	**Dobór nastaw PID**	6	Identyfikacja - model FOTD (Küpfmüllera)
	Inżynierskie metody doboru nastaw (ZN) Blok PID iw Simulinku (PID Tuner) Metody doboru a struktura PID. Ocena układu regulacji – stabilność, obserwacja PV i CV Badania na modelu i na obiekcie		*Identyfikacja modelu FOTD. Schemat z wyznaczonym modelem. Weryfikacja modelu.* - wyznaczenie modelu FOTD (skok od stanu ustal. o d - schemat z wyznaczonym modelem FOTD - weryfikacja modelu FOTD - porównać odpowiedzi obiektu i modelu (określić dokładność modelu)
7	**Stabilność i jakość regulacji**	7	Regulator PID (własny). Nastawy ZN. UR na modelu
	Stabilność – definicja, zapas stabilności Podstawowe wskaźniki jakości - bezpośrednie i całkowe wsk.jakości. Optymalizacja – strojenie ręczne (działanie typu P, I, D), zadania optymalizacji		*Własny regulator. Nastawy ZN. Badania regulacji na modelu FOTD (MPI/ZN). Obserwować PV i CV.* - model regulatora PI z podstawowych bloczków - dobór nastaw – I metoda ZN - uruchomić regulację na modelu FOTD - badać reakcje na skok - obserwować PV i CV
8	**Metodologia projektowania UR**	8	UR na obiekcie (OPI/ZN). Wskaźniki jakości
	Wstępne etapy projektowania układu sterowania – określenie celu i metody Wybór układu o algorytmu sterowania Dobór nastaw (stabilność) Optymalizacja Projektowanie i badania na modelu. Weryfikacja i dostrajanie na obiekcie		*Badania regulacji na obiekcie (OPI/ZN). Porównanie z MPI/ZN. Podstawowe wskaźniki jakości.* - uruchomić regulację na obiekcie - badać reakcje na skok na poszczególnych wejściach obserwować PV, CV - porównać reakcje na modelu i obiekcie - zastosować podstawowe wskaźniki jakości (uchyb ustalony, czas regulacji, przeregulowanie)
9	**Elementy nieliniowe w regulacji ciągłej**	9	PID Tuner
	Elementy nieliniowe w regulacji ciągłej - nasycenie, martwa strefa, ograniczenie całkowania (antiwindup)		*Układ regulacji: model FOTD+PID Matlaba. PID Tuner.* *Dobór na modelu (MPI/PT) i zastosowanie na obiekcie (OPI/PT).* Porównanie PID'a z PID'em Matlaba (różnica w nastawach w zależności od struktury ISA IND) - schemat układu regulacji na modelu z regulatorem

			Matlaba - PID Tuner na modelu - zastosowanie nastaw z PID Tuner'a na obiekcie
10	**Łatwa i trudna regulacja**	10	Zapas stabilności. Ręczna korekcja nastaw.
	Utrudnienia – nieliniowość, opóźnienie transportowe, układy wieloobwodowe		Zapas stabilności. Wrażliwość na zmianę nastaw. Optymalizacja (ręczne dostrajanie)
11	**Regulator proporcjonalny i binarny**	11	Opóźnienie transportowe
	Regulacja P. Regulator 2- i 3- położeniowy		Wpływ opóźnienia transportowego na regulację
12	**Teoria a praktyka**	12	Ograniczenia PID
	Schemat teoretyczny i praktyczna realizacja - urządzenia: regulatory cyfrowe i sterowniki PLC, czujniki, elementy wykonawcze		Ograniczenie wyjścia regulatora PID
13		13	Regulacja P
			- dobór nastaw ZN i PID Tuner - badanie reakcji na skok na poszczególnych wejściach, obserwowanie PV, CV - porównanie regulacji P, PI
14	Podsumowanie	14	Regulacja 2-położeniowa
	Kolokwium zaliczeniowe		uruchomić i zbadać regulację na obiekcie
15	Przykładowe aplikacje sterowania obiektów technologicznych.	15	
	Kolokwium poprawa		

MPI/ZN – model FOTD + PI z nastawami Zieglera-Nicholsa,
MPI/PT – model FOTD + PI z nastawami PID Tuner,
OPI/ZN – obiekt + PI z nastawami Zieglera-Nicholsa,
OPI/PT – obiekt + PI z nastawami PID Tuner