

Dobór algorytmów regulacji oraz samostrojenia dla sterownika PLC współpracującego z nieliniowym obiektem mechatronicznym

Piotr Banaszkiewicz, Kraków 2017

Promotor: dr inż. Andrzej Tutaj

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
AGH University of Science and Technology



Plan prezentacji

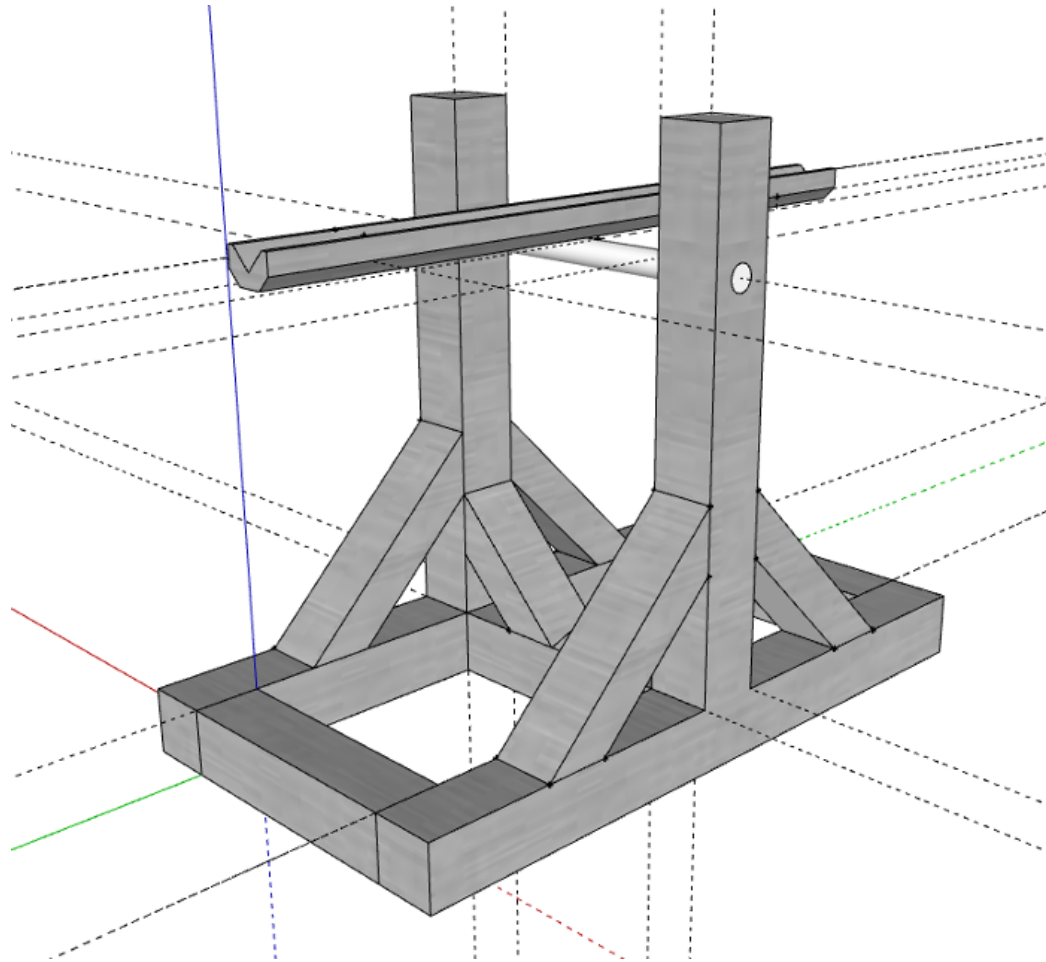
1. Przedstawienie problemu (3–4)
2. Obiekt regulacji (5)
3. Układ sterowania i instrumentacji (6–18)
4. Model obiektu (19–23)
5. Model symulacyjny (24)
6. Algorytm sterowania (25–27)
7. Algorytm samostrojenia (28–29)
8. Eksperymenty (30)
9. Wnioski (31)

Przedstawienie problemu – kontrola kulki na belce



Źródło: http://www.quanser.com/Products/ball_beam

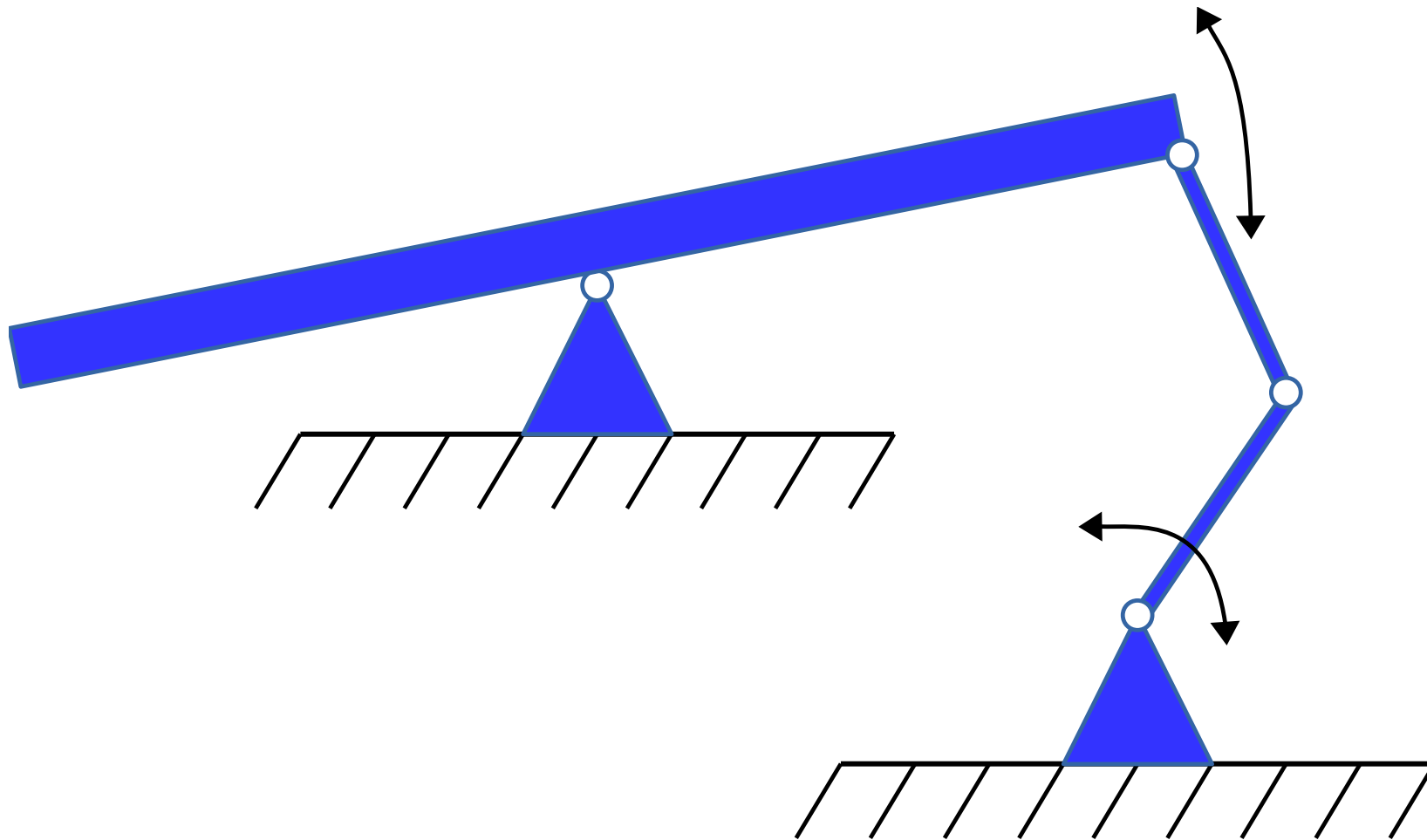
Przedstawienie problemu – obiekt mechatroniczny



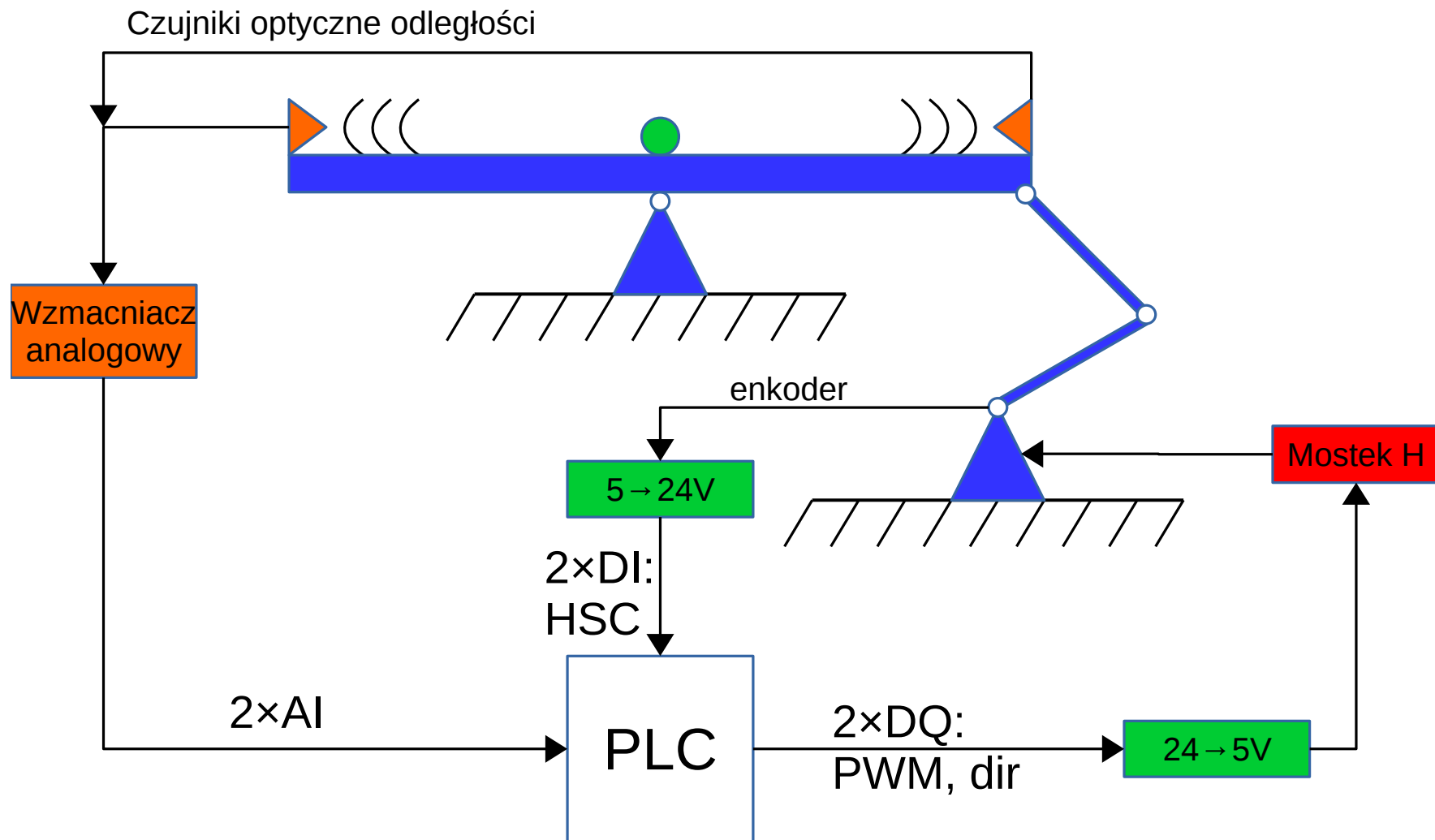
Obiekt regulacji

» Tutaj rzeczywiste zdjęcie

Obiekt regulacji – konstrukcja i przeniesienie napędu



Układ sterowania – schemat poglądowy



Układ sterowania – sterownik PLC



Źródło: <http://www.conrad.com/>

Układ sterowania – silnik i enkoder

- » Silnik DC o parametrach znamionowych 12V, 300mA, 500RPM
- » Przekładnia 18.75:1
- » Zintegrowany enkoder kwadraturowy o 16 impulsach na kanał (1200 za przekładnią)

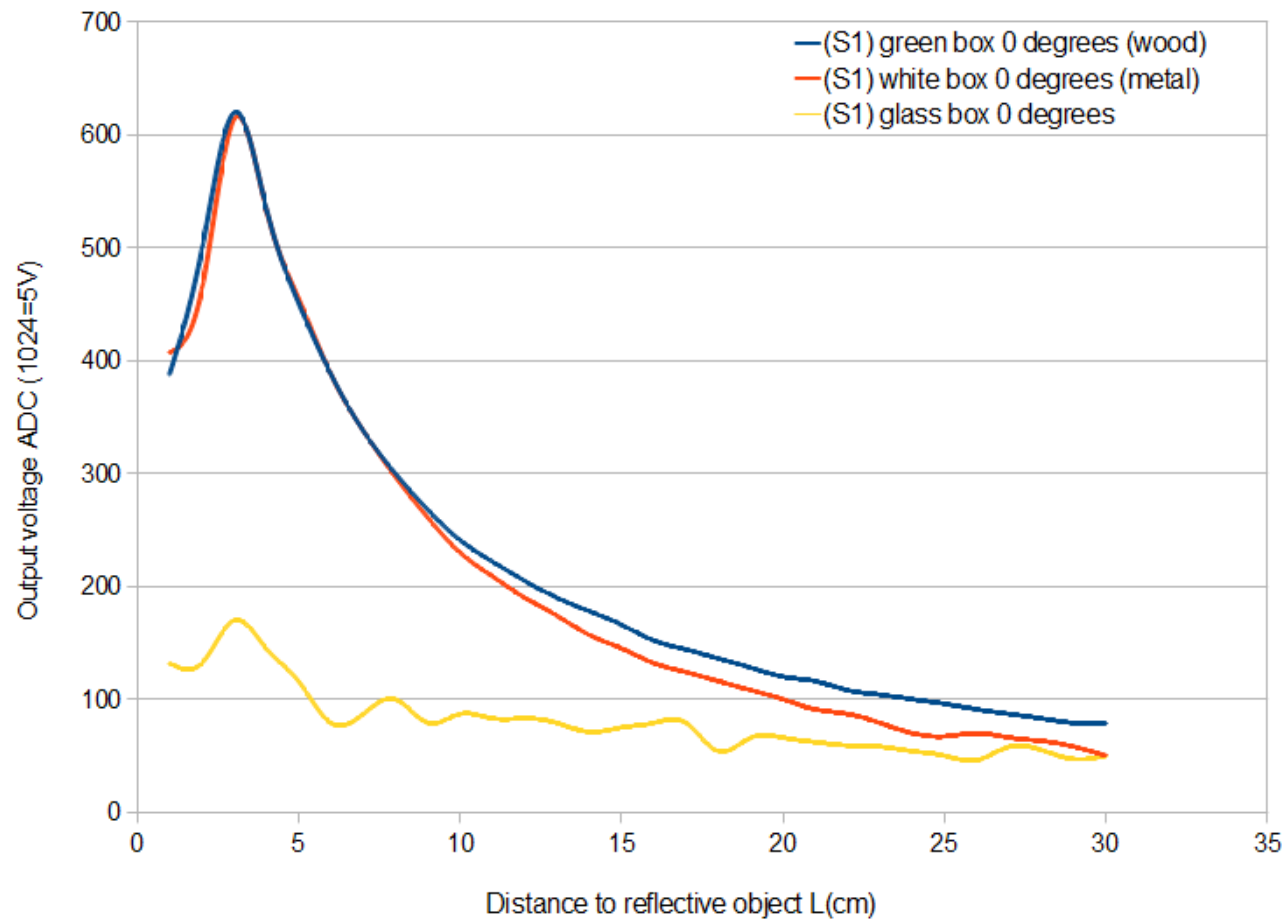
Układ sterowania – mostek H

- » Moduł Pololu BD65496MUV
- » 1-kanałowy, sterowany PWM (+ kierunek)
- » Przewymiarowany przy pracy znamionowej silnika (1.2A @ 16V)

Układ sterowania – czujniki położenia kulki

- » Sharp GP2Y0A41SK0F 4÷30cm
- » Tanie czujniki IR
- » Nieliniowa charakterystyka
- » Skierowane na siebie, w odległości około 40cm

Układ sterowania – czujniki położenia kulki – charakterystyka



Źródło: <http://www.mobilerobots.pl/>

Układ sterowania – konwersja napięć

- » PLC: DI/DQ 24V, AI $0 \div 10V$
- » Enkoder: $3,5 \div 20V$
- » Mostek H: 5V
- » Silnik: 12V
- » Czujniki odległości: zasilanie 5V, sygnał analogowy $0 \div 3,3V$

Układ sterowania – konwersja napięć

» Tranzystor N-MOSFET do konwersji sygnałów:

- PWM (PLC → mostek H)
- Kierunek (PLC → mostek H)
- Kanał A (enkoder → PLC)
- Kanał B (enkoder → PLC)

Układ sterowania – wzmacnienie sygnału analogowego

- » Wzmacniacz operacyjny w układzie wzmacniacza nieodwracającego
- » Wzmocnienie ok. 3x
- » Zwiększone szумы, ale lepsze wykorzystanie przetwornika ADC w PLC

Układ sterowania – bazowanie

- » Wykorzystywane w celu wyzerowania wewnętrznego licznika PLC, kontrolowanego przez enkoder
- » Niebezpieczeństwo ułamania końcówki spowodowane ruchem belki
- » Zastosowany transoptor odbiciowy

Układ sterowania – panel operatora

» Tutaj będzie zdjęcie

Układ sterowania – panel operatora

- » Przyciski START, STOP
- » Dioda określająca stan pracy
- » Diody w układzie elektrycznym (konwersja, wzmacnienie sygnałów napięciowych) określające obecność napięć

Model obiektu

» Wyprowadzony z równań Eulera—
Lagrange'a

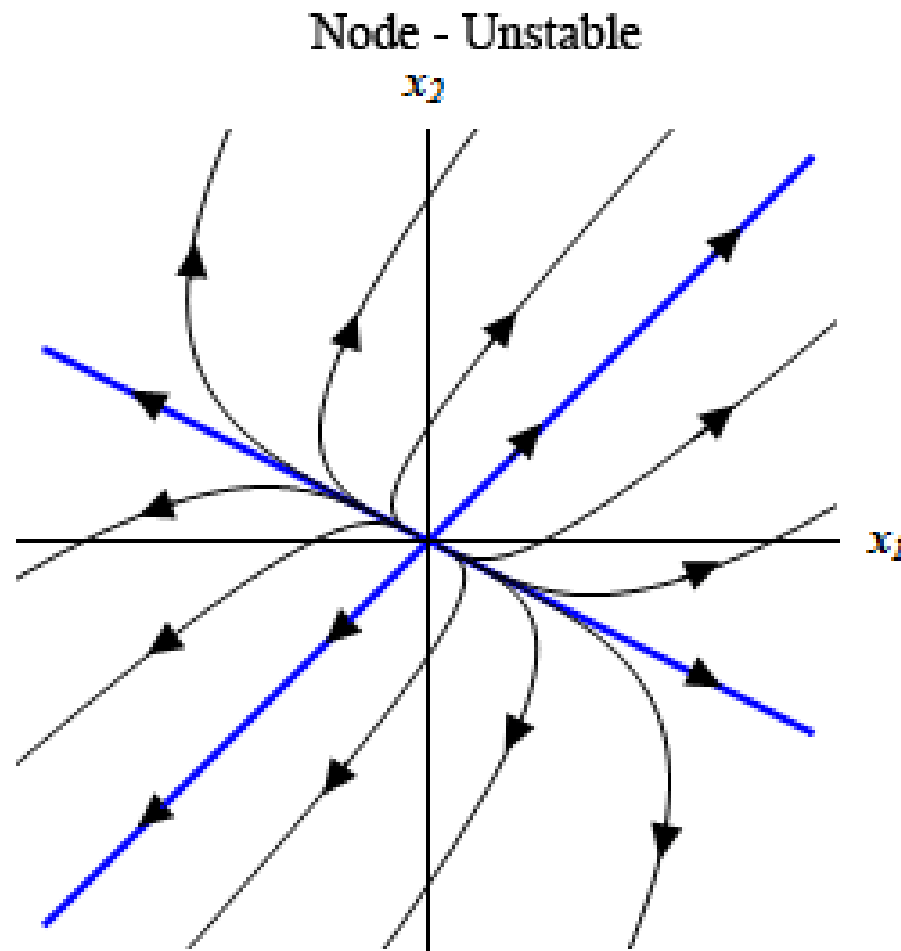
Model obiektu – identyfikacja parametrów

» Wszystko zmierzone suwmiarką i miarką

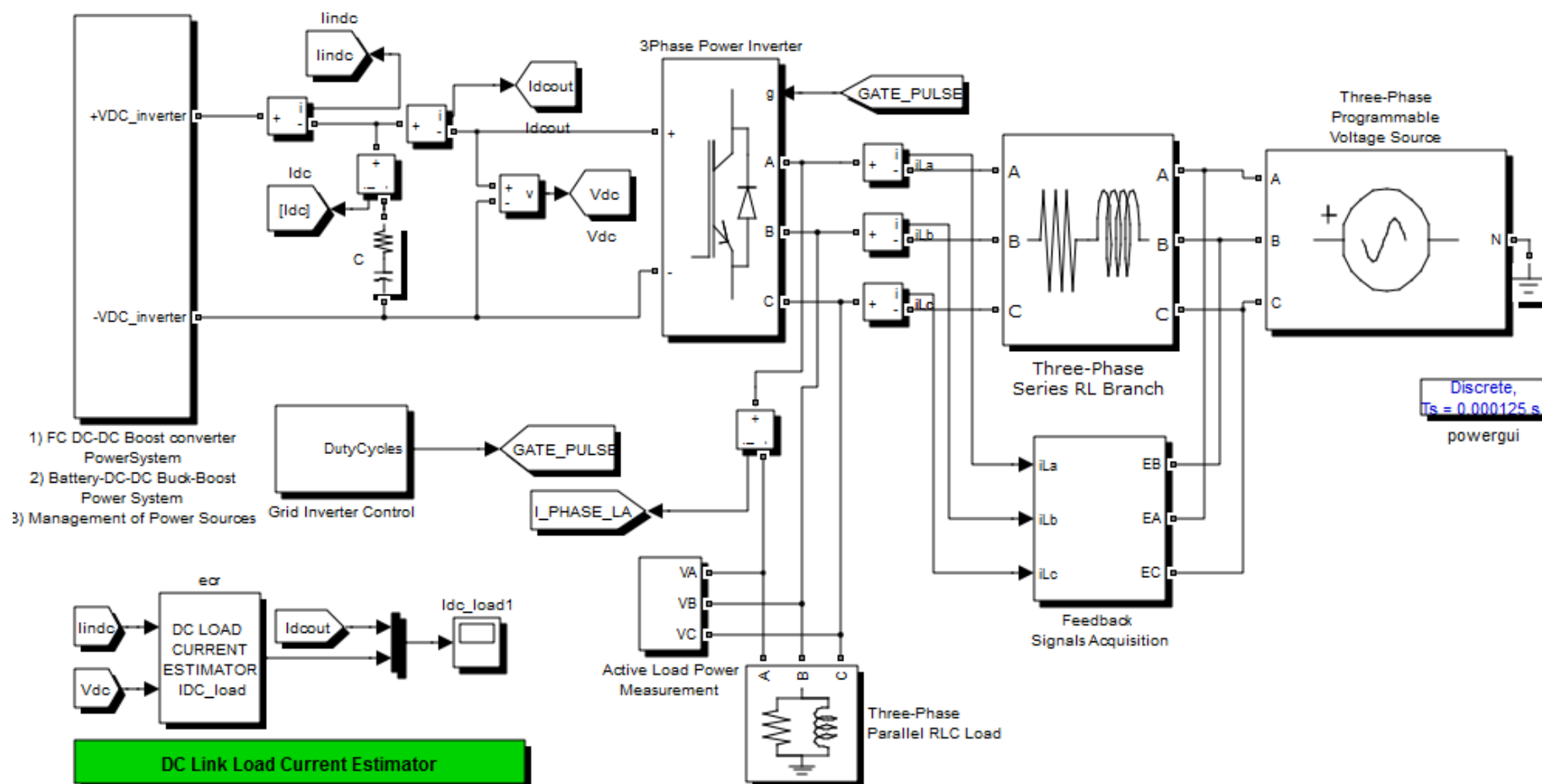
Model obiektu – linearyzacja

- » Punkt pracy: $(0, 0)$
- » Macierze A , B :

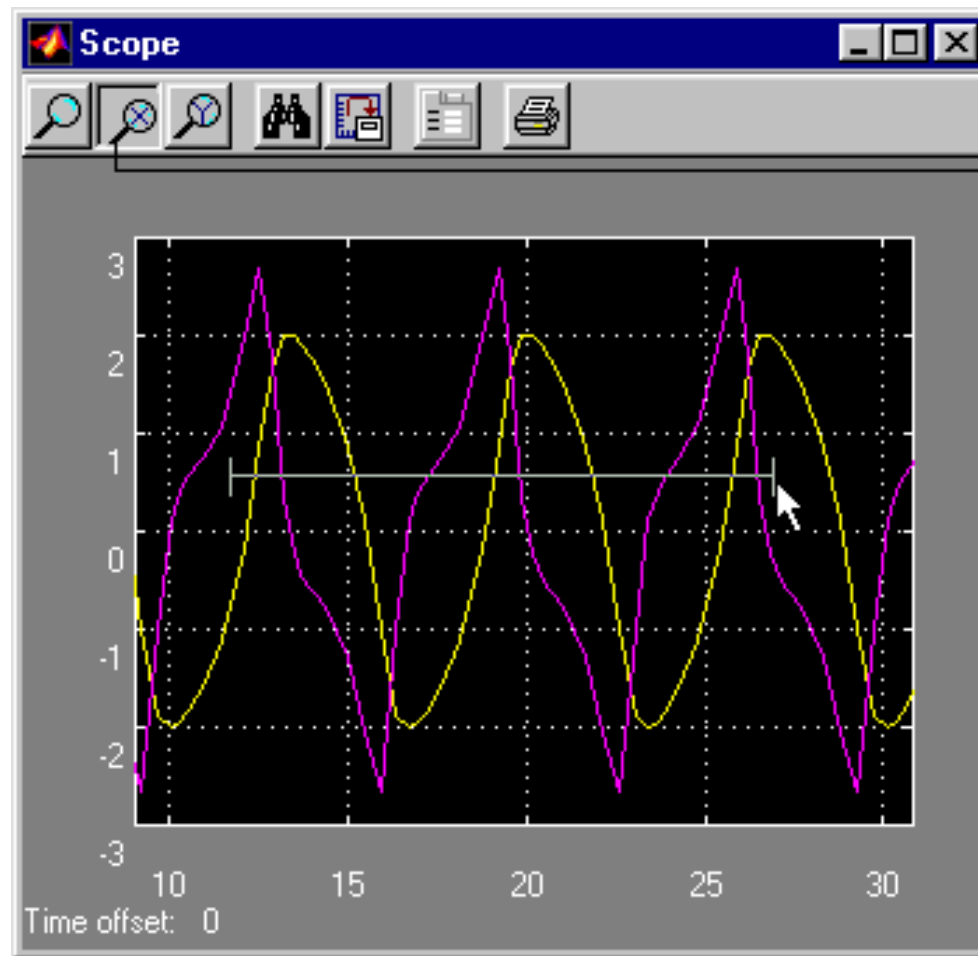
Model obiektu – linearyzacja – portret fazowy w otoczeniu punktu pracy



Model symulacyjny



Model symulacyjny – porównanie odpowiedzi



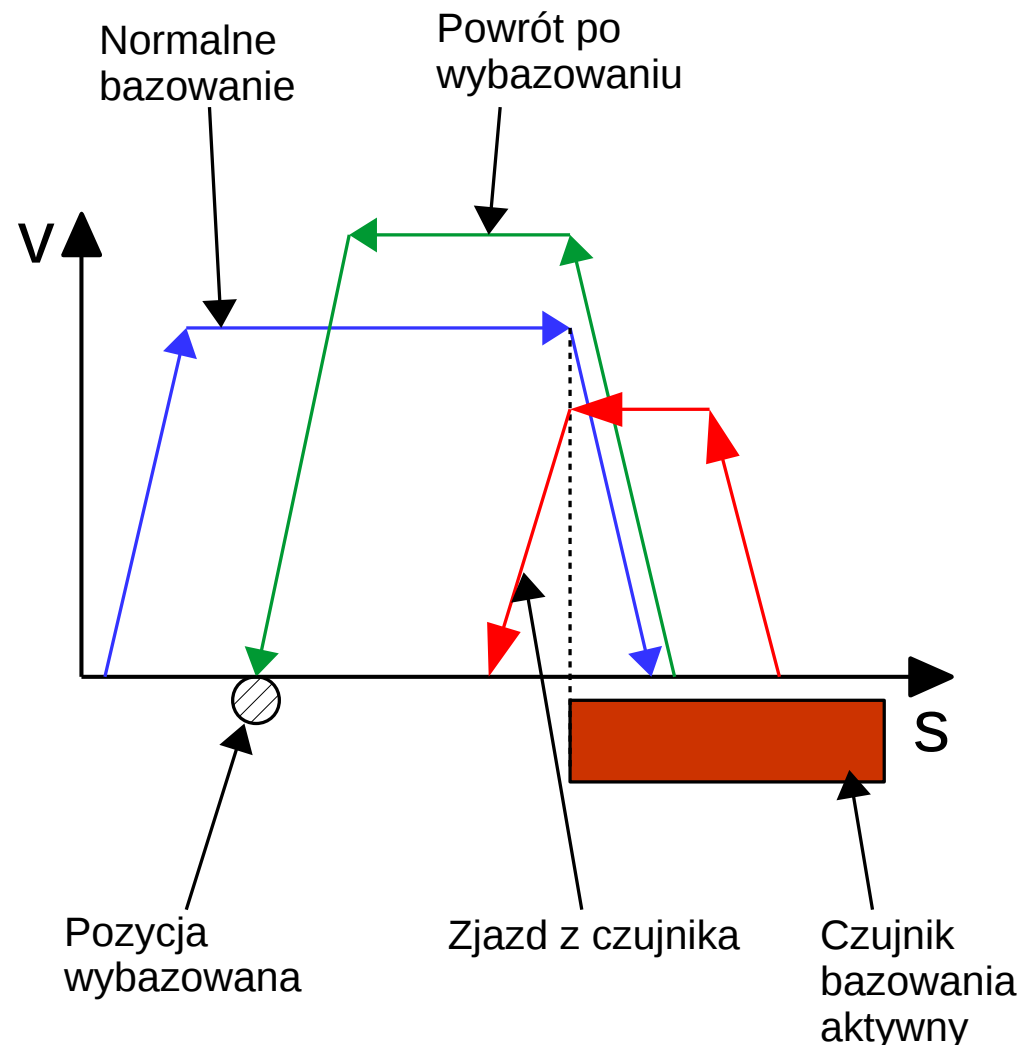
Zoom in x direction

Algorytmy sterowania – zestawienie

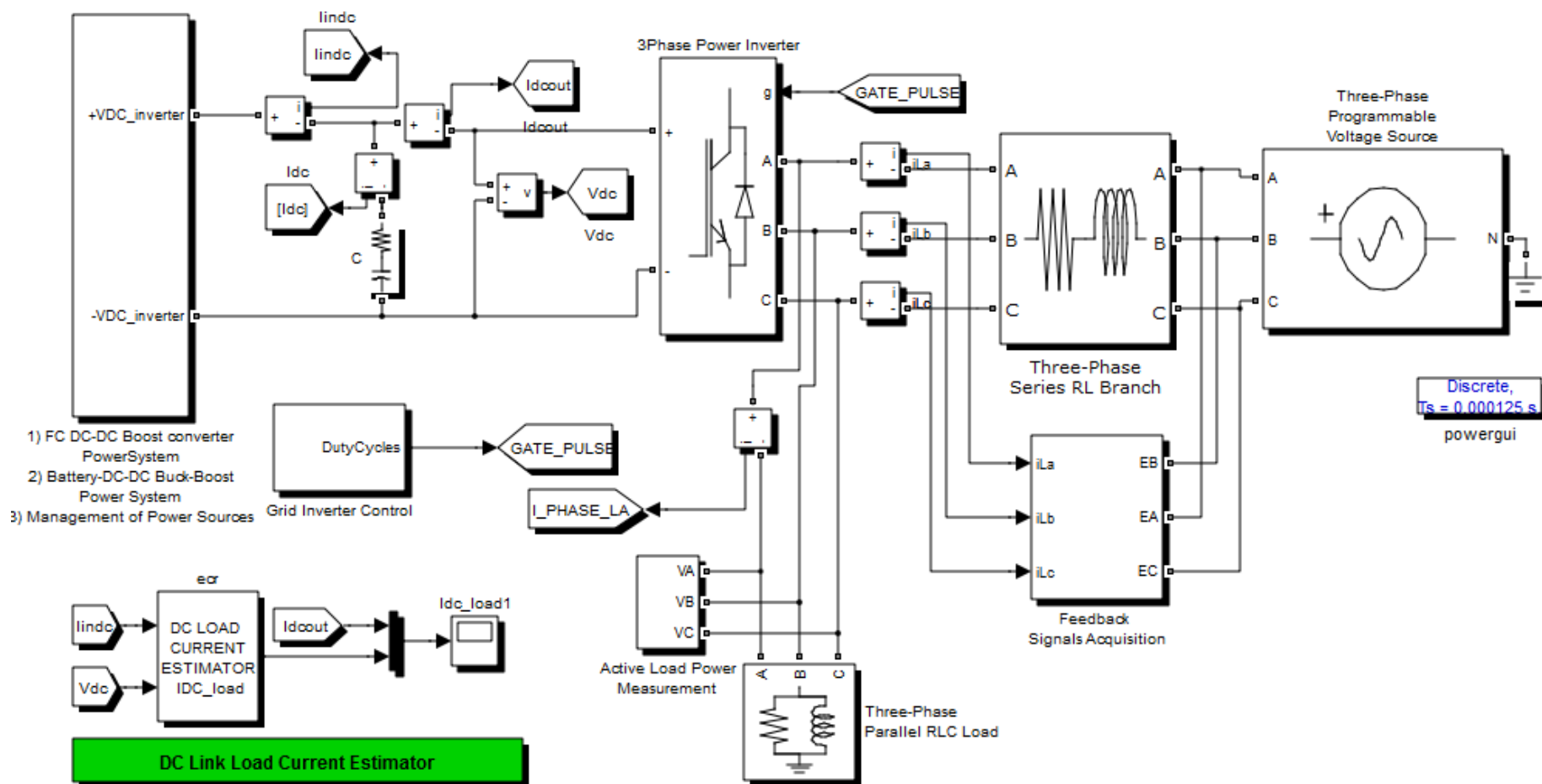
- » Użyto osobnych algorytmów sterowania do:
 - bazowania
 - stabilizacji kulki w zadanym położeniu

Algorytm bazowania

- » Czujnik odbiciowy zawsze widoczny w dolnym zakresie ruchu belki
- » Gwarantowane bazowanie tylko z jednej strony (eliminacja luzów)



Algorytm sterowania



Algorytmy samostrojenia – przegląd

1. Automatyczne metodą Zieglera-Nicholsa
2. Automatyczne metodą cyklu granicznego

Algorytmy samostrojenia – wybrany algorytm

» Ziegler-Nichols

Eksperymenty

- » Sprawdzenie rozmiarów kulki
- » Sprawdzenie momentu bezwładności kulki wokół własnej osi

Wnioski

- » Ciekawy problem, tak mechaniczny, jak i programistyczny
- » Pamiątka na dalsze lata
- » Spore doświadczenie
- » Coś ciekawego do zaprezentowania potencjalnym pracodawcom

Koniec

Podziękowania dla Opiekuna pracy, Pana
Doktora Andrzeja Tutaja