



Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i  
Inżynierii Biomedycznej

## Podstawy Automatyki

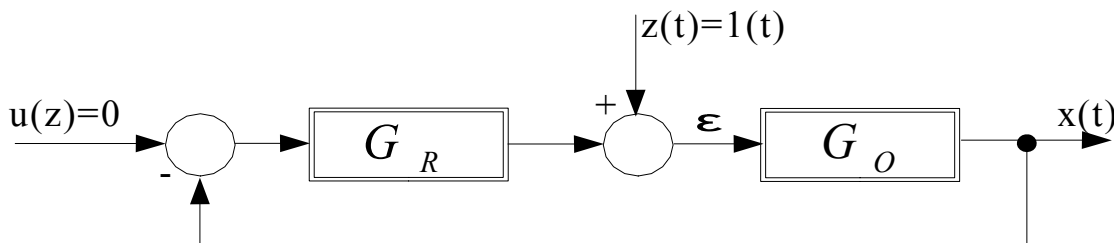
Informatyka Stosowana, rok II



### Optymalizacja Parametryczna Regulatorów

#### 1. Opis zadania

Dany jest układ zamknięty, w którym w czasie  $t = 0$ , między regulatorem a obiektem, pojawia się stałe zakłócenie skokowe  $z(t) = 1(t)$ :



gdzie:

$G_R$  - regulator PI

$G_O$  - obiekt III rzędu

$z(t)$  - zakłócenie skokowe

$\varepsilon$  - sygnał sterujący z zakłóceniem

Należy dobrać optymalne parametry regulatora tak, aby cały układ miał jak najniższą wrażliwość na zakłócenie (zakłócenie powinno być jak najszybciej i z jak najmniejszym przeregulowaniem sprowadzane do zera).

Obiekt sterowania jest dany transmitancją:

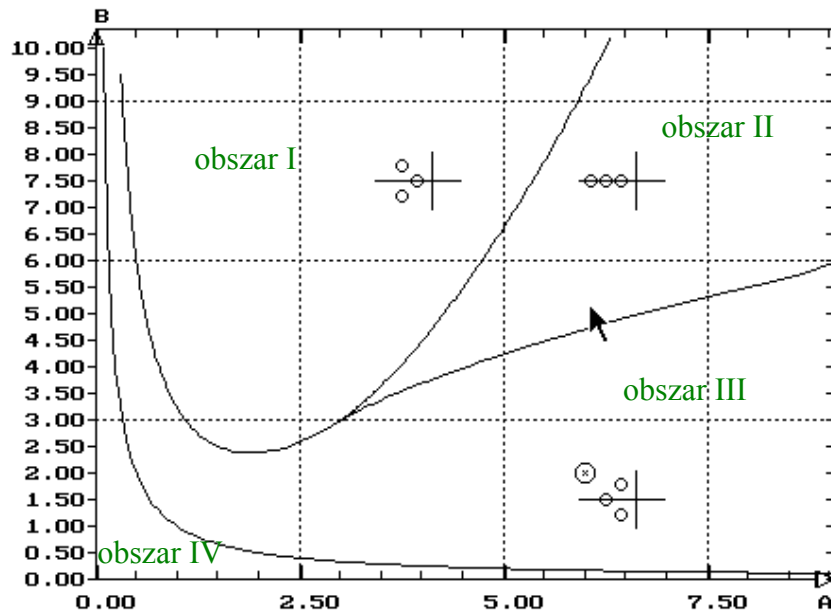
$$G_0(s) = \frac{1}{s^3 + As^2 + Bs + 1}$$

a regulator PI:

$$G_R(s) = K + \frac{\alpha}{s}$$

- dla każdego z czterech obszarów na wykresie Wyszniegradzkiego (czyli czterech różnych obiektów) należy porównać ze sobą odpowiedzi skokowe i częstotliwościowe układu otwartego (parametry A i B można wybrać dowolnie, byle należały do odpowiedniego obszaru)
- dla każdego obiektu należy znaleźć optymalne nastawy regulatora dostępnymi metodami zawartymi w programie – uzyskamy w ten sposób zestaw czterech regulatorów dla każdego z czterech obiektów
- należy porównać wyniki działania regulatora na skok jednostkowy (odpowieź układu zamkniętego) dla każdego z czterech obiektów i dla wszystkich metod optymalizacji (uwzględnić takie kryteria porównawcze jak: duży/mały czas dochodzenia do wartości ustalonej, mniejsze/większe przeregulowanie, mniejsze/większe oscylacje)

- napisać sprawozdanie z wykonanych badań i oddać je na następnych zajęciach

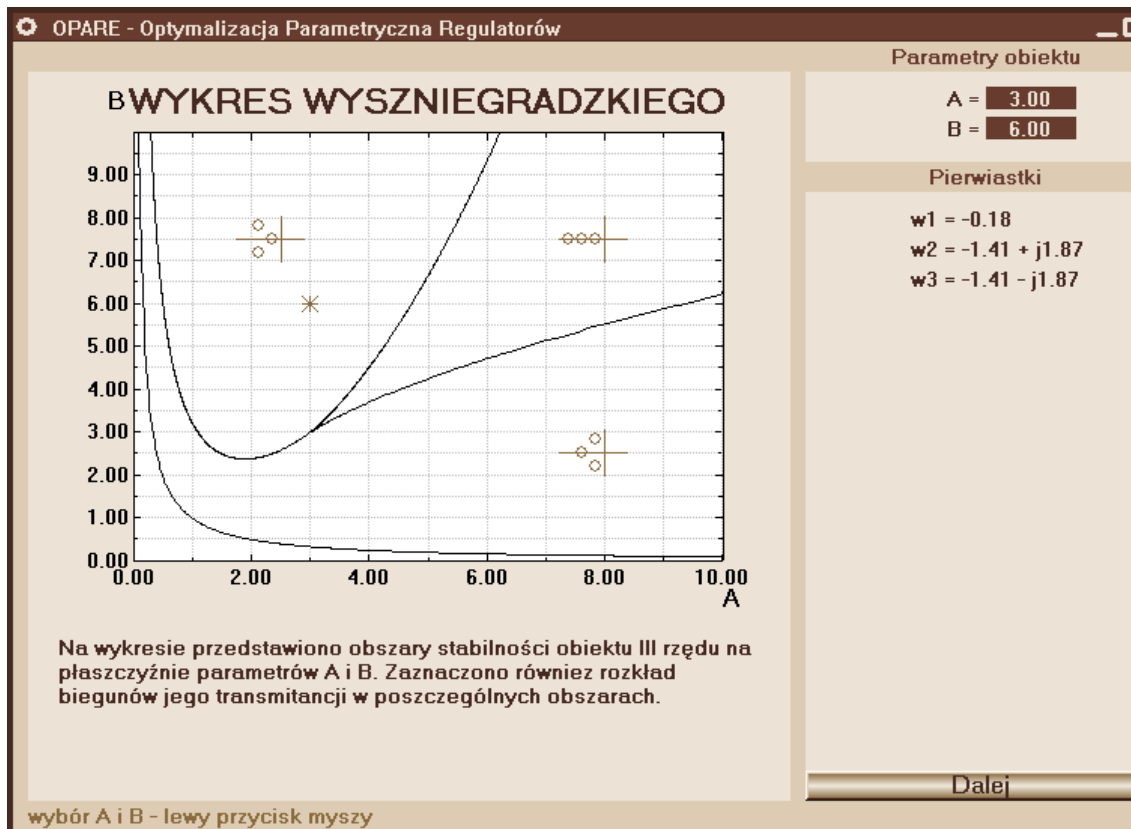


Wykres Wyszniegradzkiego.

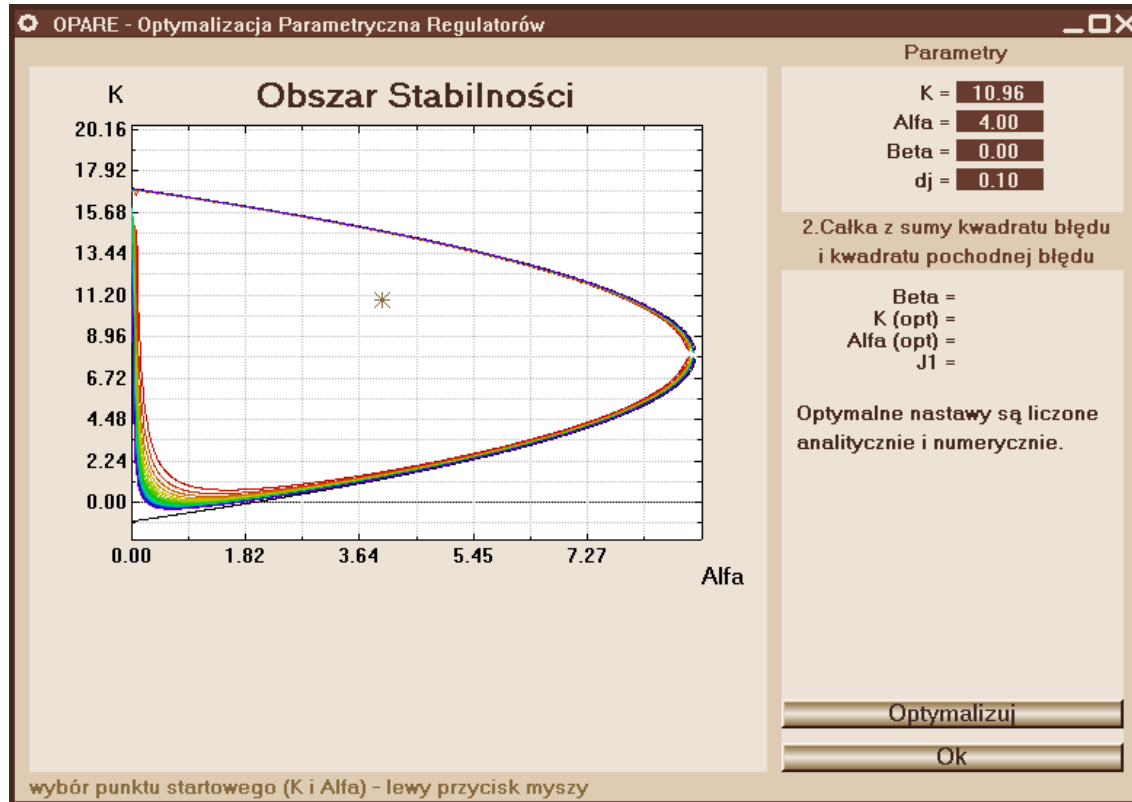
## 2. Przykład pracy z programem OPARE dla wybranego wskaźnika jakości

Po uruchomieniu programu OPARE i naciśnięciu przycisku „Wykres Wyszniegradzkiego” pojawi się poniższy wykres. Z wykresu wybieramy dowolny punkt, należący do interesującego nas obszaru, np.  $A = 3$ ,  $B = 6$ .

Po wybraniu punktu z wykresu naciskamy przycisk „Dalej” widoczny w prawym dolnym rogu okna programu.

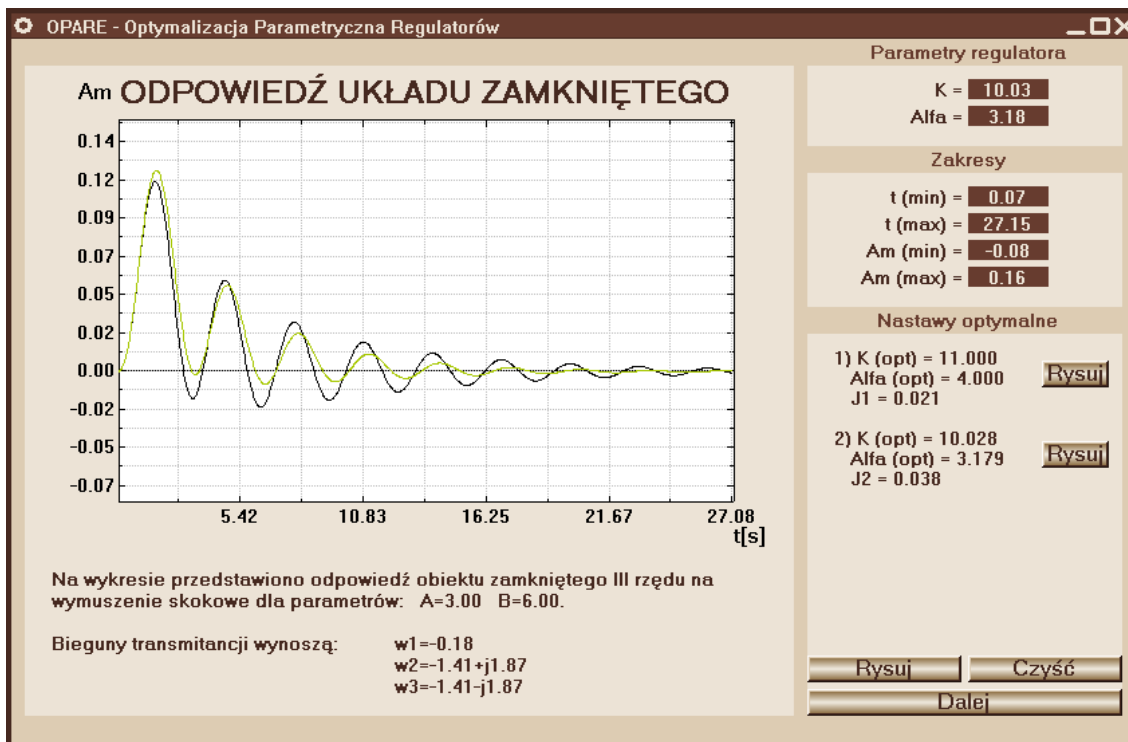


Kolejnym krokiem będzie dokonanie optymalizacji względem wybranego wskaźnika jakości. Przykładowo, niech to będzie to całka z kwadratu błędu i kwadratu pochodnej błędu. W tym celu naciskamy przycisk „*Optymalizacja Parametryczna*”. Następnie wyszukujemy w oknie programu odpowiedni wskaźnik jakości i naciskamy odpowiadający mu przycisk „Start”. Powinien ukazać się poniższy obrazek:



W pole tekstowe odpowiadające parametrowi Beta wpisujemy wartość wagi, np. 0.5. Następnie po naciśnięciu widocznego w prawym dolnym rogu przycisku „*Optymalizuj*” zostanie dokonana optymalizacja względem wybranego wskaźnika jakości. Naciśnięcie przycisku „Ok” spowoduje powrót do okna wyboru wskaźnika jakości. W tym przykładzie nie interesują nas inne wskaźniki dlatego wciskamy przycisk „*Dalej*”.

Dokonyamy teraz porównania wybranego wskaźnika z nastawami liczonymi analitycznie (pierwszy wskaźnik jakości). Jak widać na kolejnym rysunku, obie charakterystyki nakładają się na siebie w pierwszych sekundach. Wybrana przez nas metoda (jaśniejszy wykres) charakteryzuje się większym przeregulowaniem przy globalnym maksimum. Jednak kolejne maksima lokalne (jak również minima) odznaczają się mniejszym przeregulowaniem od metody pierwszej (analitycznej). Tempo dochodzenia do wartości ustalonej jest przez to szybsze.



### 3. Opis programu

#### 3.1. Wygląd i interfejs

Do prezentacji wyników jak również dialogu z użytkownikiem program wykorzystuje GDI (*Graphic Device Interface*) - standardową bibliotekę graficzną systemu Windows®.

OPARE umożliwia dostosowanie swojego wyglądu (kolorystyki) do indywidualnych preferencji użytkownika. Zmiana szaty graficznej jest bardzo prosta a dokonuje się jej po naciśnięciu przycisku *Ustawienia* z głównego menu aplikacji. Z wyświetlonej palety kolorów wystarczy teraz wybrać żądany kolor i nacisnąć przycisk *Zastosuj*. Można także przywrócić ustawienia domyślne naciskając przycisk *Domyślne*.

#### 3.2. Funkcjonalność.

Interfejs użytkownika jest intuicyjny, tzn. znając ogólne zasady pracy w „okienkowych” systemach operacyjnych, aplikacja nie powinna sprawić żadnych problemów z obsługą.

Z programu można korzystać wyłącznie przy pomocy myszy. Jednak taka funkcjonalność nie zawsze jest wystarczająca, np. precyzyjne wybranie parametrów A i B z wykresu Wyszniegradzkiego używając myszki może być kłopotliwe lub wręcz niemożliwe. W związku z tym program został wyposażony w pola tekstowe. Umożliwiają one zarówno podgląd aktualnych wartości odpowiadających im zmiennych, jak również ich zmianę.

Najczęściej wykorzystywaną funkcją aplikacji jest wizualizacja wykresów, przez wykres Wyszniegradzkiego po charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowe obiektów i układów zamkniętych. W związku z tym OPARE umożliwia skalowanie wykresu. Skalowanie może odbywać się na dwa sposoby: przy pomocy klawiatury lub myszki. Pierwsza metoda polega na edycji pól tekstowych odpowiadających za zakres wyświetlanego obszaru wykresu. Druga metoda jest prostsza i szybsza, jednak mniej dokładna. Po puszczeniu lewego klawisza myszki zaznaczony fragment wykresu zostanie powiększony i wyświetlony na ekranie. Chcąc spojrzeć na wykres z szerszej perspektywy wystarczy kliknąć prawym przyciskiem na wykresie. Wykres zostanie pomniejszony a środek wykresu znajdzie się w miejscu kliknięcia myszką. Powrót do domyślnego skalowania wykresu następuje poprzez dwukrotne naciśnięcie lewego przycisku myszki.

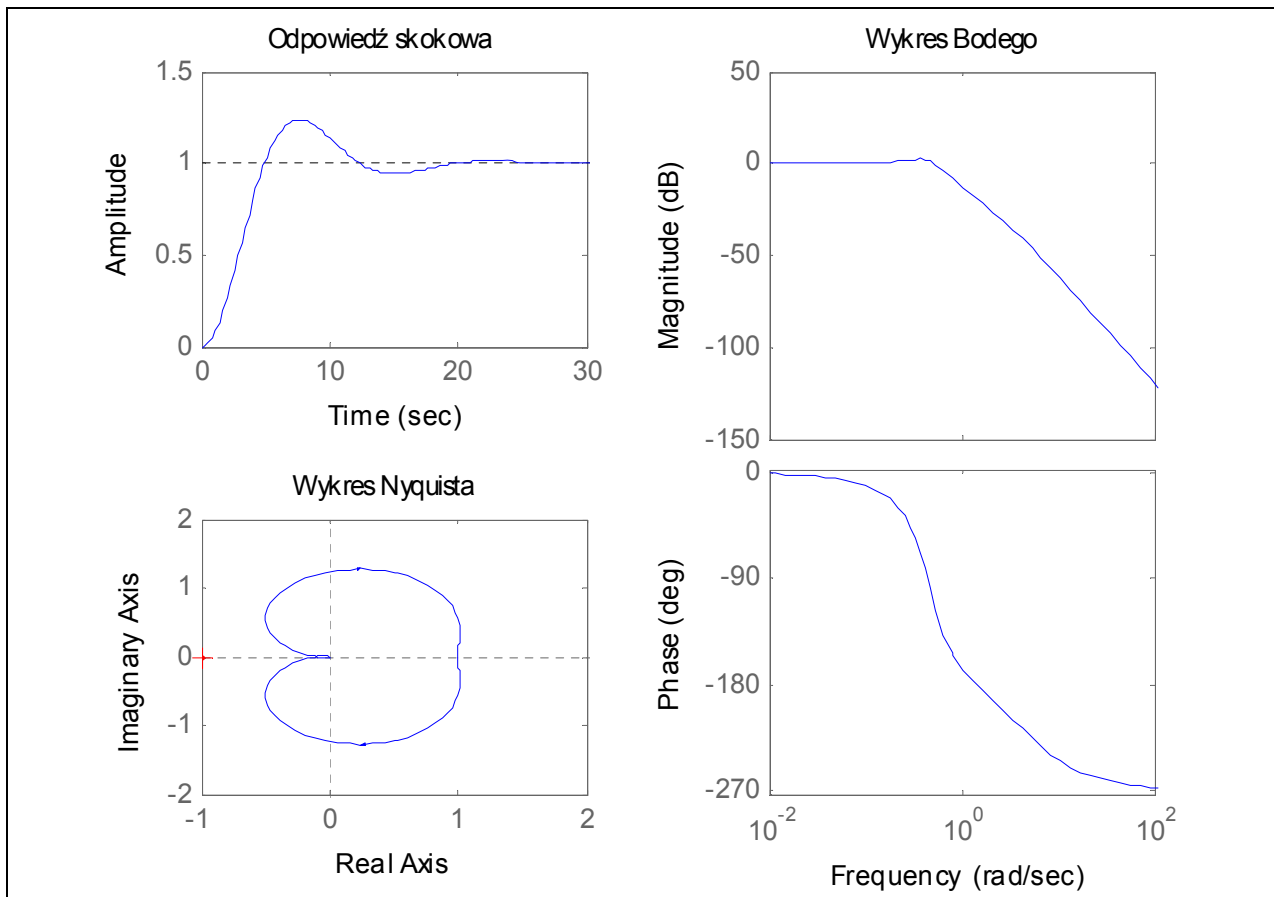
#### 4. Przykład wykonania zadania (dla celów sprawozdania) dla wybranego obiektu

Wybieramy parametry obiektu z obszaru III, np.:  $A = 5$ ,  $B = 2$ .

Transmitancja wyraża się zatem wzorem:

$$G_0(s) = \frac{1}{s^3 + 5s^2 + 2s + 1}$$

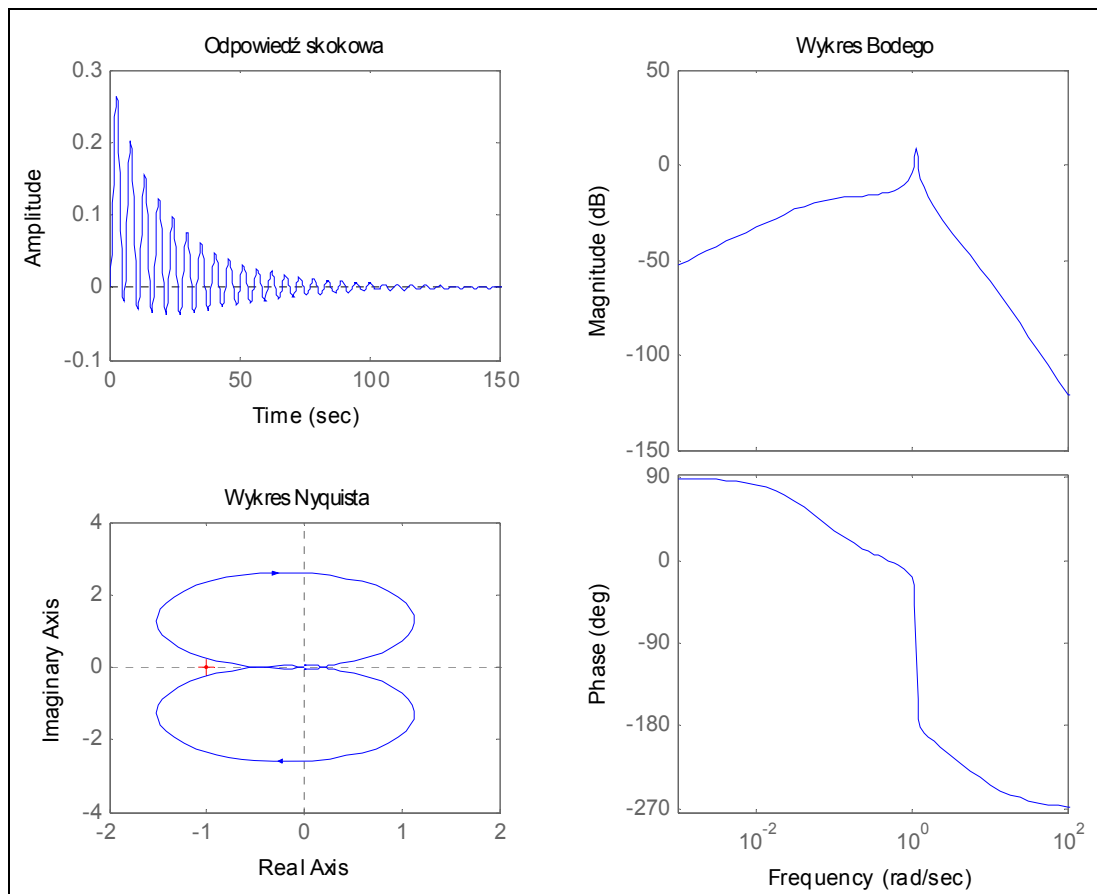
Rysujemy odpowiedzi skokowe i częstotliwościowe **układu otwartego**:



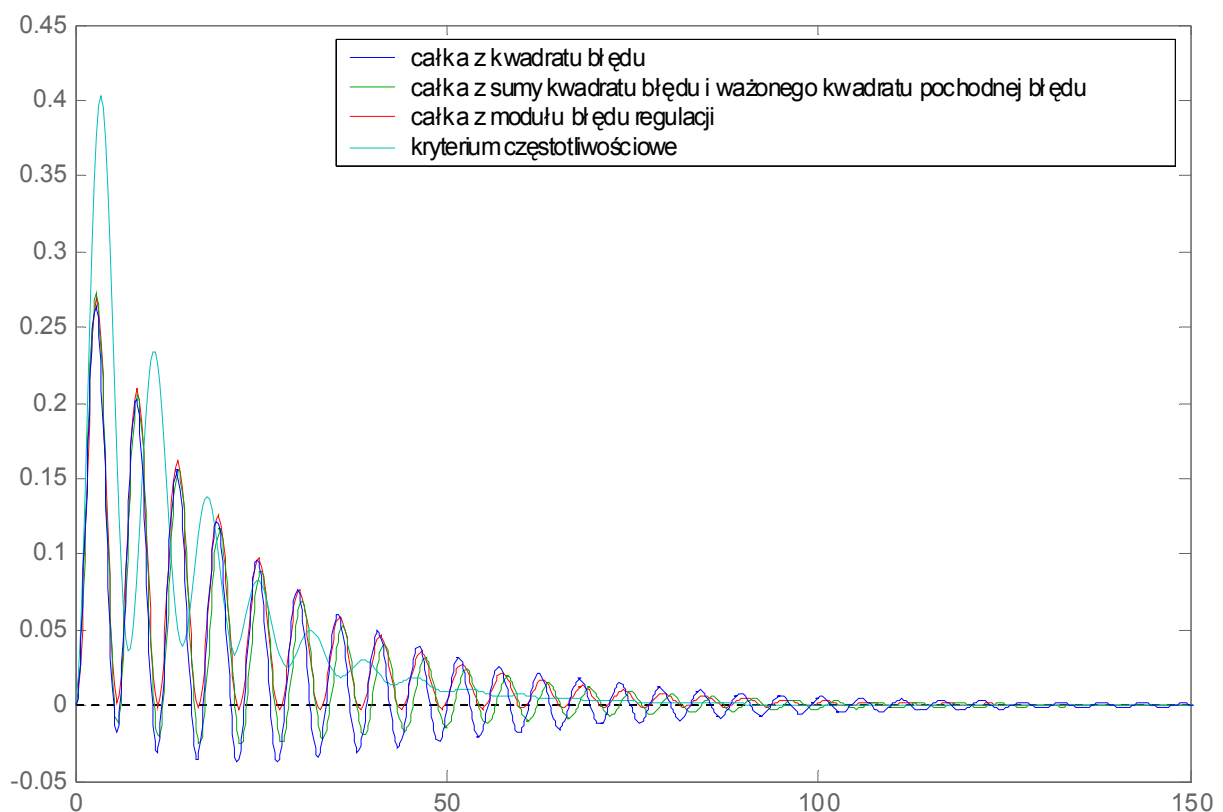
Obliczamy parametry regulatora dla wszystkich, czterech metod optymalizacji:

kryterium	$K_{opt}$	$\alpha_{opt}$	J	Beta
całka z kwadratu błędu	5.667	0.444	0.338	—
całka z sumy kwadratu błędu i ważonego kwadratu pochodnej błędu	5.391	0.404	0.441	0.5
całka z modułu błędu regulacji	5.538	0.312	3.380	—
kryterium częstotliwościowe	2.904	0.240	1.656	—

Rysujemy odpowiedzi skokowe i częstotliwościowe **układu zamkniętego** (z regulatorem PI) dla wszystkich, czterech metod (na poniższym rysunku przykład dla metody „całka z kwadratu błędu”):



Porównujemy odpowiedzi skokowe **układu zamkniętego** (z regulatorem PI) dla wszystkich, czterech metod na jednym wykresie:



Podobnie postępujemy dla obiektów z pozostałych, trzech obszarów. Dodajemy wnioski.  
Uwaga: w tym przykładzie obliczenia zostały wykonane w OPARE, a rysunki w Matlabie.