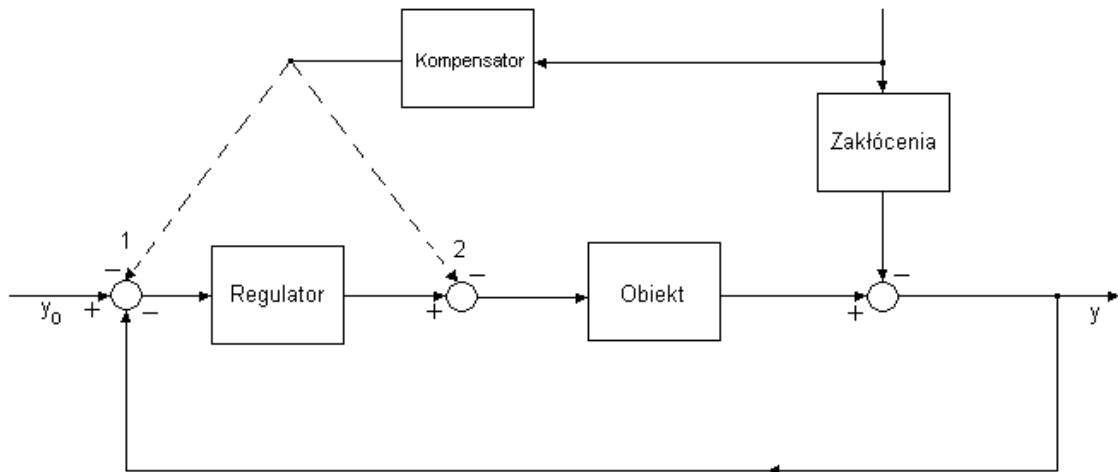


## 1. Cel ćwiczenia

Zapoznanie się z metodami kompensacji zakłóceń w pętli sprzężenia zwrotnego w układach zamknięto-otwartych z kompensacją na wejściu regulatora oraz z kompensacją na wejściu obiektu.

## 2. Schemat ideowy URZO



W zależności od wyboru miejsca dołączenia gałęzi kompensatora, otrzymujemy:

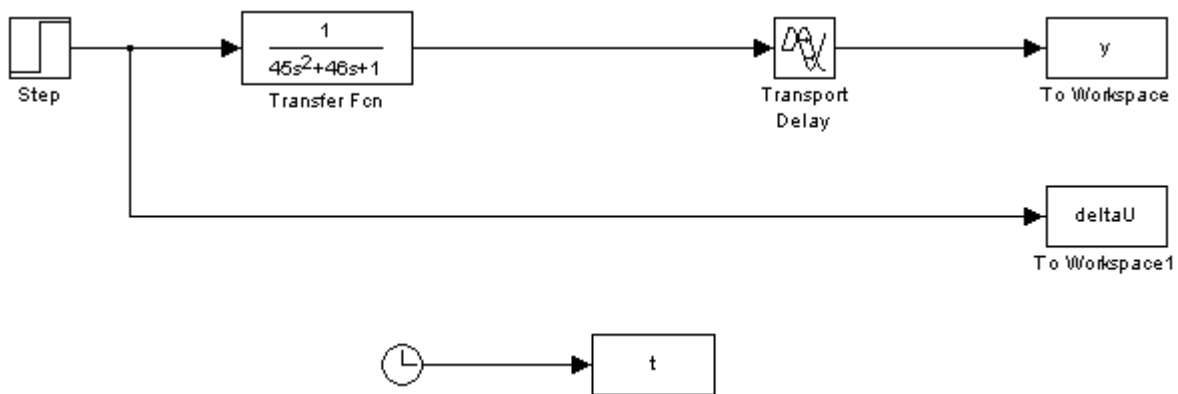
- 1- układ z kompensacją na wejściu regulatora
- 2- układ z kompensacją na wejściu obiektu

### 3. Identyfikacja

W badaniu układu regulacji zamknięto-otwartej użyliśmy następujących parametrów obiektu i zakłóceń:

$$\text{obiekt } p = \frac{e^{-0,5s}}{(1+45s)(1+s)}, \quad \text{zakłócenia } p = \frac{e^{-0,8s}}{(1+15s)(1+s)}.$$

Aby zidentyfikować obiekt i zakłócenia wykorzystaliśmy następujący schemat:



dzięki któremu, wyznaczone zostały przy użyciu funkcji `kupfmuller(deltaU,t,y)` parametry obiektu oraz zakłóceń, pozwalające nam na wyznaczenie transmitancji kompensatora i nastaw regulatora PID.

Po użyciu tej procedury otrzymaliśmy poniższe wyniki dla naszego obiektu i zakłóceń:

Obiekt	Zakłócenia
$\tau = 2,3925$	$\tau = 2,5028$
$T = 48,2879$	$T = 18,2302$
$K_m = 1,00$	$K_z = 1,001$
$km = \frac{1 \cdot e^{-2,4}}{48,3 + 1}$	$kz = \frac{1 \cdot e^{-2,5}}{18,2 + 1}$

Nastawy regulatora PID zostały wyznaczone z następujących założeń wykorzystując parametry modelu:

$$\begin{aligned} K_{pid} &= 1,2 \cdot T / (\tau \cdot K_m) & K_{pid} &= 22,2013 \\ T_{ipid} &= 2 \cdot \tau & T_{ipid} &= 4,7850 \\ TD_{pid} &= 0,4 \cdot \tau & TD_{pid} &= 0,8852 \end{aligned}$$

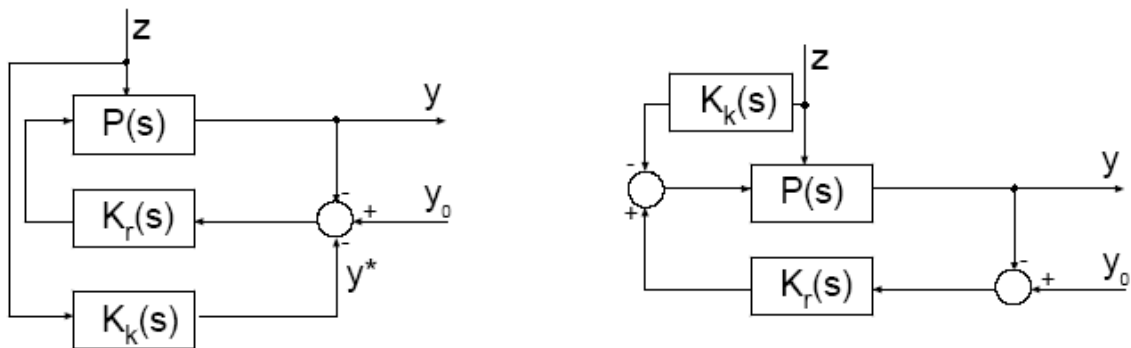
co umożliwiło wyznaczenie jego transmitancji. Przedstawia się ona następująco:

$$k_r = 22,2 \cdot \left(1 + \frac{1}{4,8 \cdot s} + 0,89 \cdot s\right)$$

$$k_r = 19,6526 \cdot s^2 + 22,2013 \cdot s + 4,6398$$

#### 4. Dobór kompensatorów.

Układ regulacji zamknięto-otwarty może być wykorzystany z kompensacją na wejściu regulatora, jak i na wejściu obiektu, co przedstawione zostało na poniższych rysunkach.



W zależności od zastosowanej pracy kompensatora, jego transmitancja zostaje wyznaczona w następujący sposób:

-kompensator podłączony na wejście regulatora (rysunek z lewej strony)

$$K_k = \frac{K_z}{K_m} \cdot \frac{1}{K_r}$$

-kompensator podłączony na wejście obiektu (rysunek z prawej strony)

$$K_k = \frac{K_z}{K_m}$$

Wykorzystując dane otrzymane podczas identyfikacji obiektu i zakłóceń, po podstawieniu do pierwszego przypadku, otrzymaliśmy następującą transmitancję kompensatora;

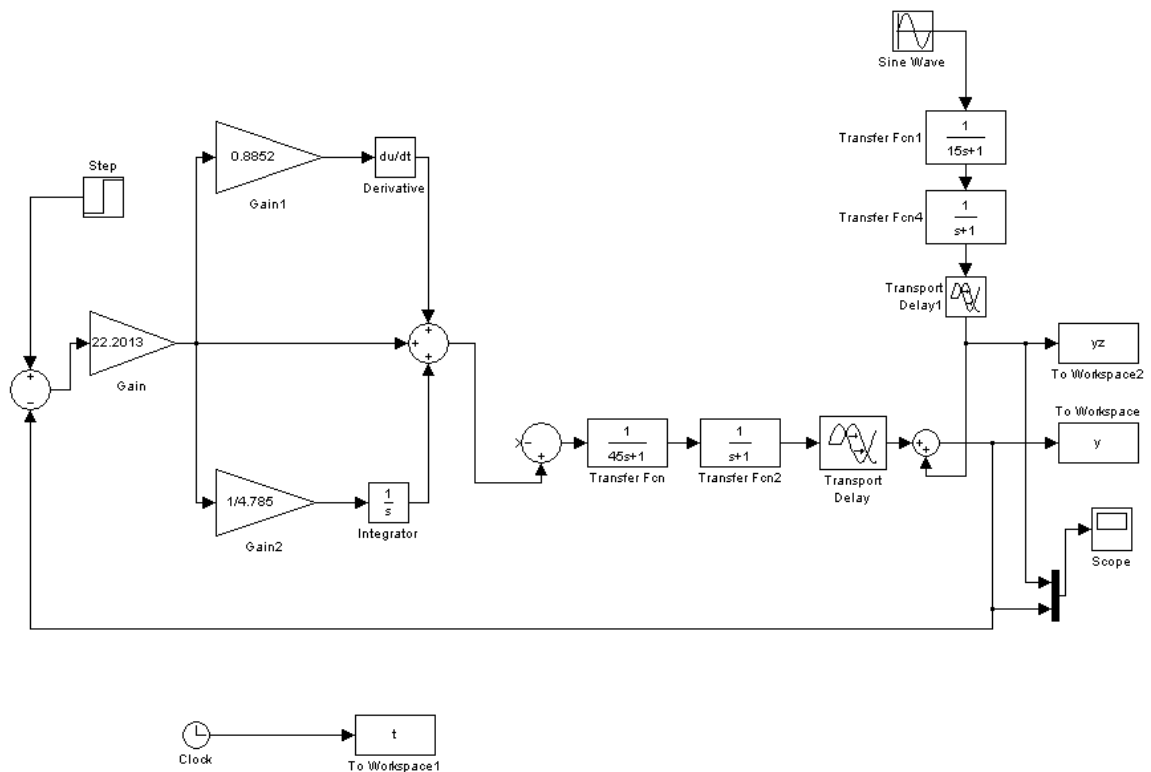
$$K_k = \frac{K_z}{K_m} \cdot \frac{1}{K_r} = \frac{1 \cdot e^{-2,5s}}{18,23s+1} \cdot \frac{1}{\frac{1 \cdot e^{2,4}}{48,29s+1}} \cdot \frac{1}{22,2 \left( 1 + \frac{1}{4,78s} + 0,889s \right)} = e^{-0,16s} \frac{48,29s+1}{18,23s+1} \cdot \frac{1}{22,2 \left( 1 + \frac{1}{4,78s} + 0,889s \right)}$$

dla drugiego przypadku, transmitancja kompensatora pomija człon  $\frac{1}{K_r}$  co daje nam następujący wynik:

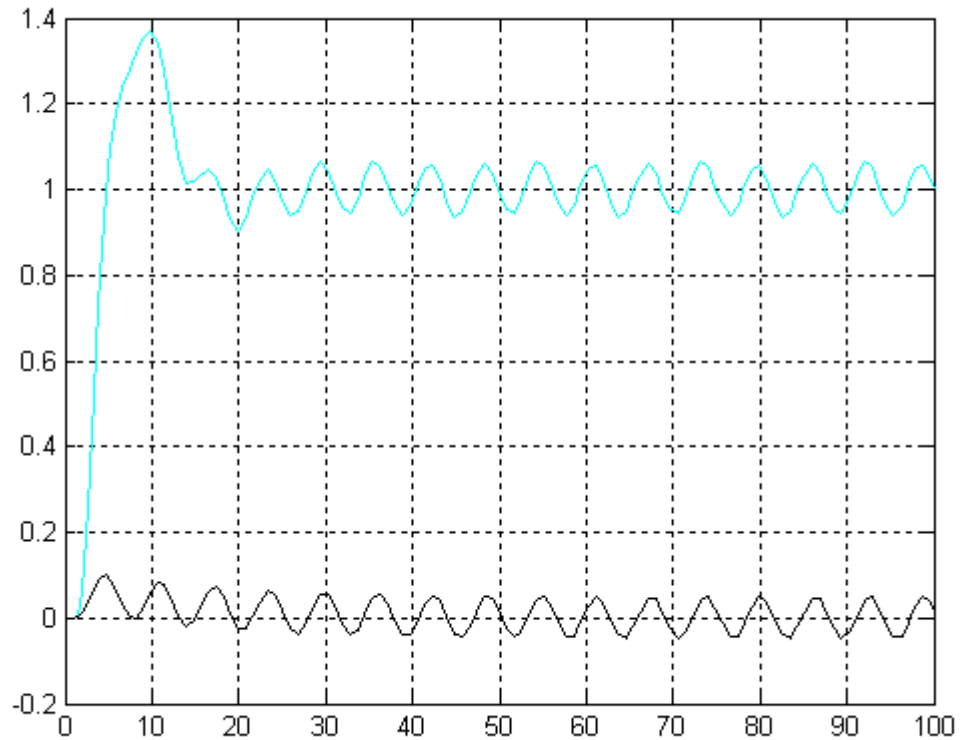
$$K_k = \frac{K_z}{K_m} = \frac{1 \cdot e^{-2,5s}}{18,23s+1} = e^{-0,16s} \frac{48,29s+1}{18,23s+1}$$

## 5. Symulacja układów regulacji zamknięto-otwartej.

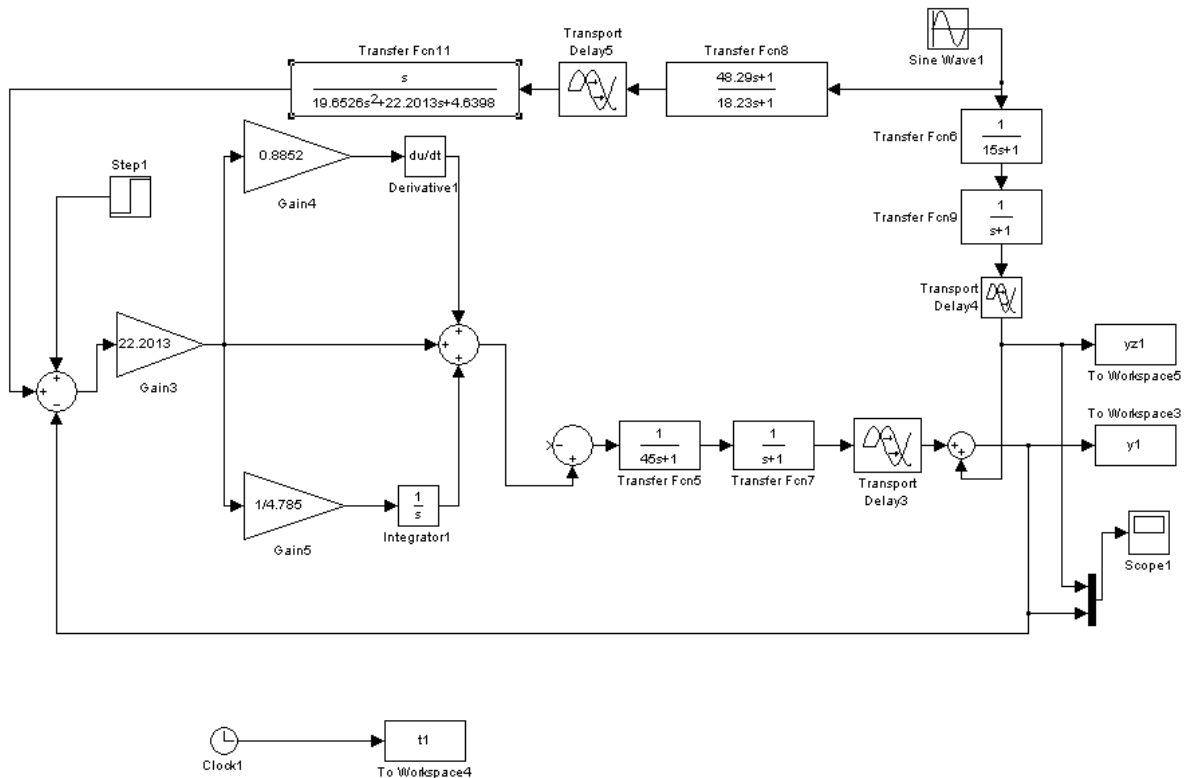
Pierwszy zasymulowany został obiekt z regulatorem bez użycia kompensatora, wykorzystaliśmy do tego następujący układ:



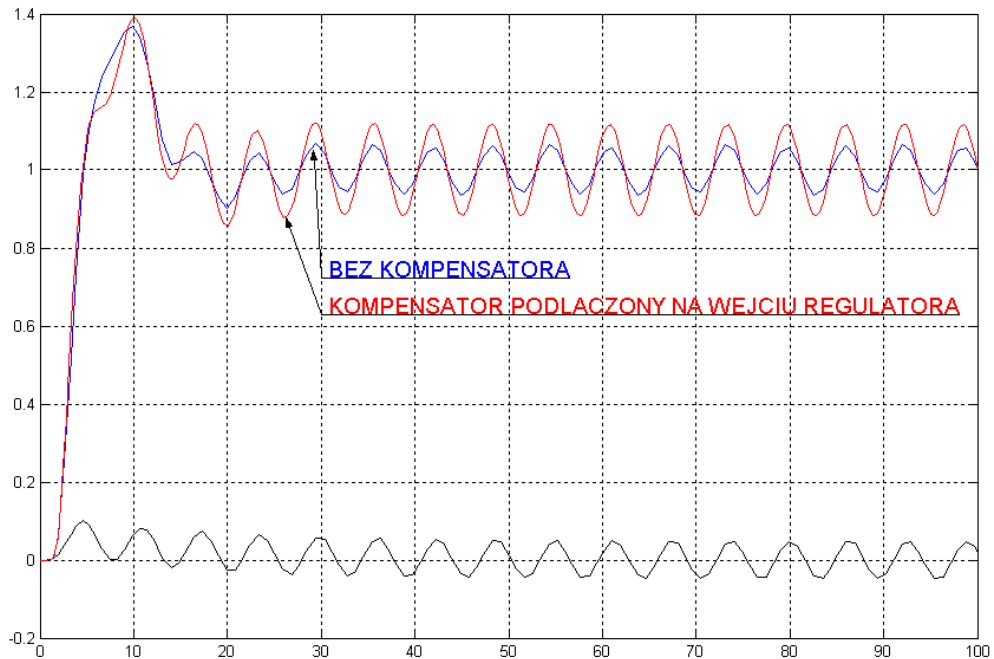
dało to nam odpowiedź układu na skok jednostkowy:



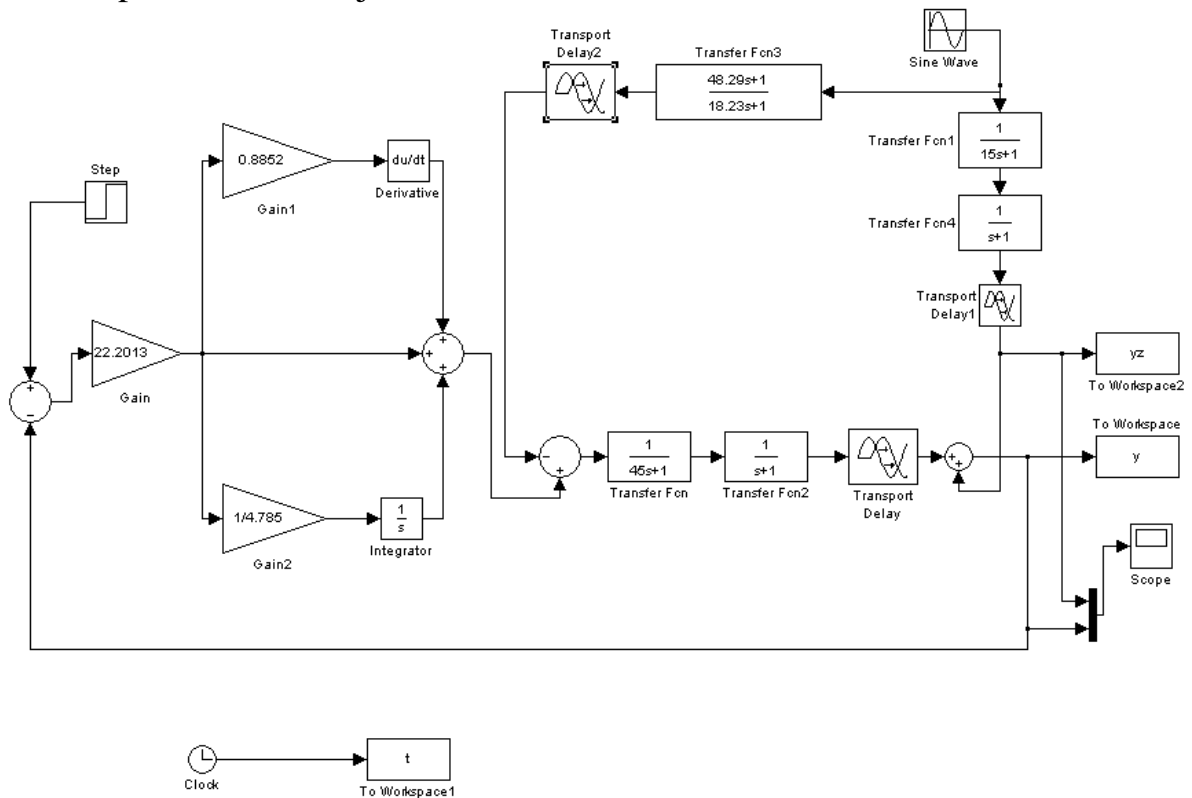
W kolejnym punkcie zastosowany został układ z kompensatorem podłączonym na wejście regulatora:



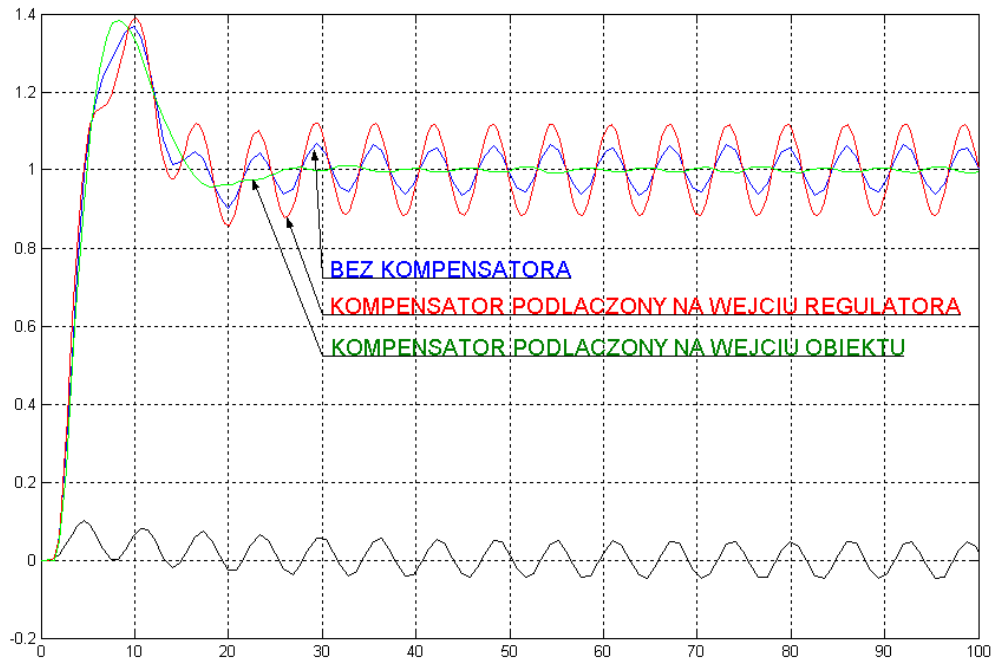
wynikiem czego jest poniższa odpowiedź układu:



Kolejną rzeczą, którą mieliśmy zasymulować, było zastosowanie kompensatora na wejściu obiektu:

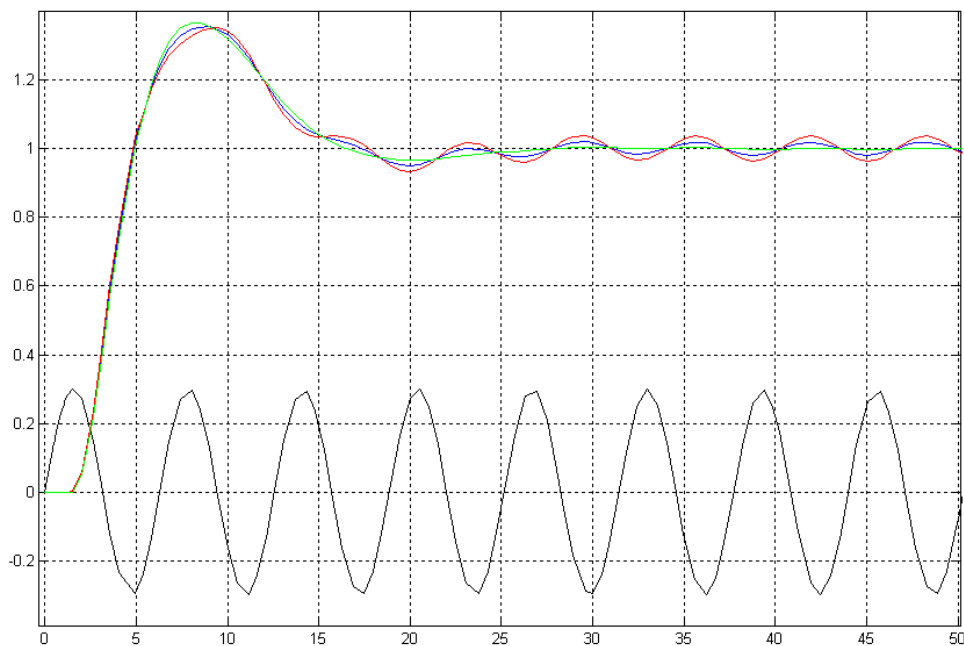


co dało następującą odpowiedź układu z regulacją zamknięto-otwartą:

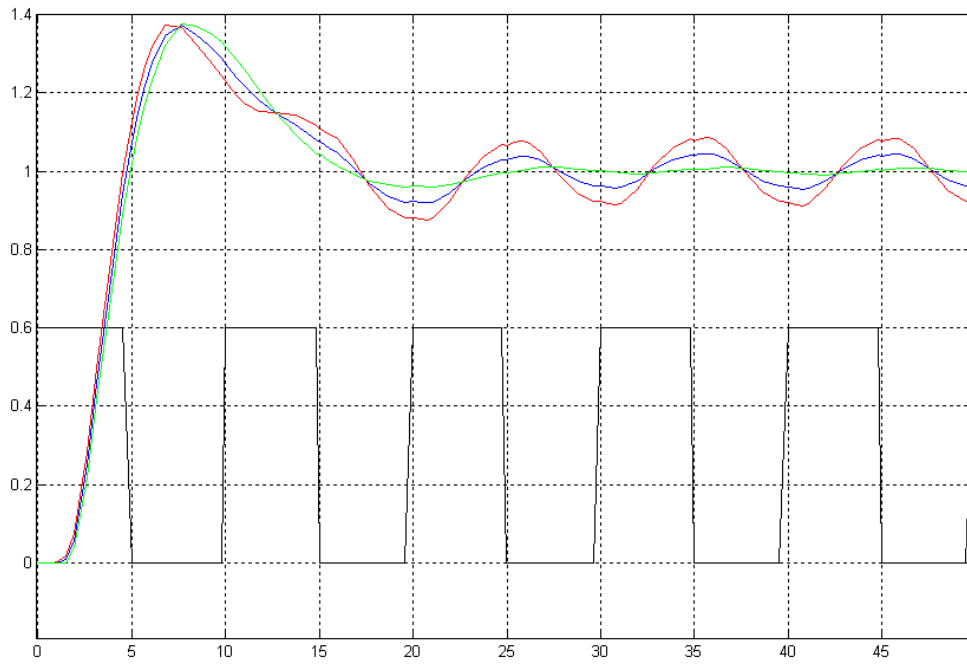


6. Odpowiedź URZO na zakłócenia sinusoidalne, prostokątne, trójkątne oraz impulsowe.

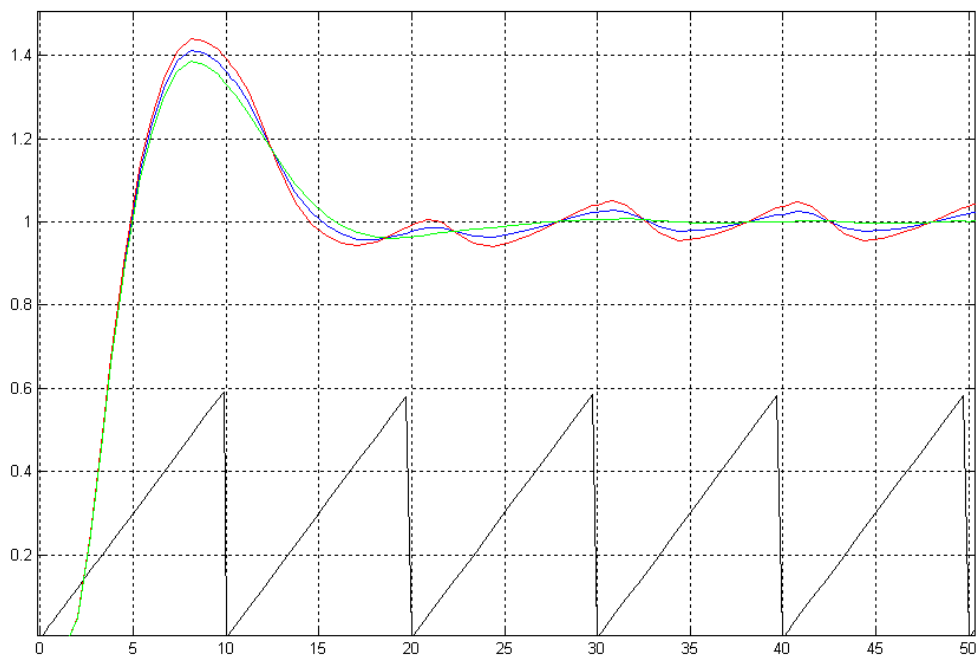
Odpowiedz URZO na zakłócenia sinusoidalne:



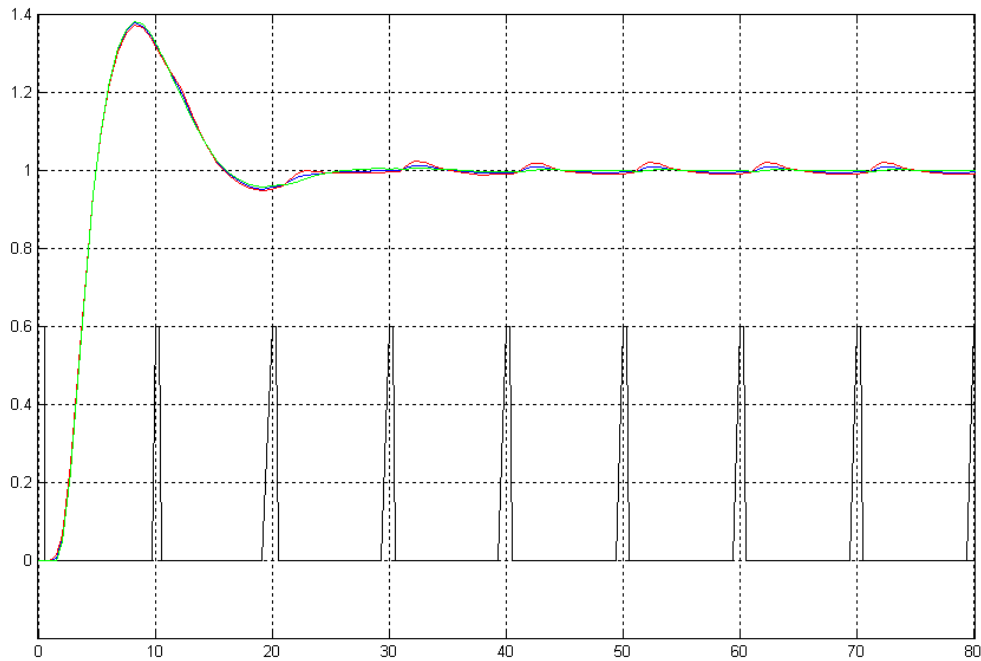
Odpowiedz URZO na zakłócenia prostokątne:



odpowiedz URZO na zakłócenia trójkątne:



odpowiedz URZO na zakłócenia impulsowe:



## 7. Wnioski.

Jak daje się zauważyć układ regulacji zamknięto-otwarty najbardziej niweluje wpływ zakłóceń, przez zastosowanie kompensatora podłączonego na wejściu obiektu. Obrazują to nam powyższe symulacje, które za każdym razem udowadniają jego niezawodność działania przy różnych rodzajach zakłóceń. Kompensator podłączony do wejścia regulatora nie oddziałuje na zmniejszenie wpływu zakłóceń, lecz wzmacnia je, przez co układ zachowuje się dużo gorzej w porównaniu do pracy samego regulatora PID bez zastosowania kompensatora. Minusem kompensacji jest to, iż w celu dobrania odpowiedniego kompensatora, należy wykonać sporą liczbę obliczeń matematycznych. Ponadto kompensator należy obliczyć ponownie po wykonaniu zmian w układzie. Mimo to metoda kompensacji w układzie zamknięto- otwartym spełnia w dobry sposób postawione przed nią zadanie.