



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI,
INFORMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ

KATEDRA AUTOMATYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ

Projekt

Analiza regulatorów strojonych metodami automatycznego strojenia zaimplementowanymi w Matlab Control Toolbox dla pierwszego zestawu problemów

Analysis of regulators tuned automatically by tools implemented in Matlab Control Toolbox for the first set of problems

Autor:

Mirosz Mach

Kierunek studiów:

AiR, Komputerowe Systemy Sterowania, Robotyka

Prowadzący:

Jerzy Baranowski, dr inż.

Kraków, 2016

Spis treści

Wstęp.....	3
1. Wprowadzenie teoretyczne	4
1.1. PID Tuner	4
1.2. SISO Design Tool.....	5
1.3. Strojenie z wiersza poleceń	6
2. Rozwiążanie	7
2.1. Wstęp	7
2.2. Źródła.....	8
2.3. Analiza układu zamkniętego.....	10
3. Analiza wyników	144
Spis rysunków	152

Wstęp

Celem niniejszego projektu jest analiza regulatorów strojonych automatycznie przy wykorzystaniu narzędzi zaimplementowanych w pakiecie Matlab Control Toolbox. W pierwszej kolejności autor opisuje 3 różne podejścia do tematu automatycznego strojenia regulatorów. Następnie, po wybraniu narzędzia zapewniającego najlepszą możliwość automatyzacji procesu, przedstawia wyniki strojeń wszystkich 134 obiektów.

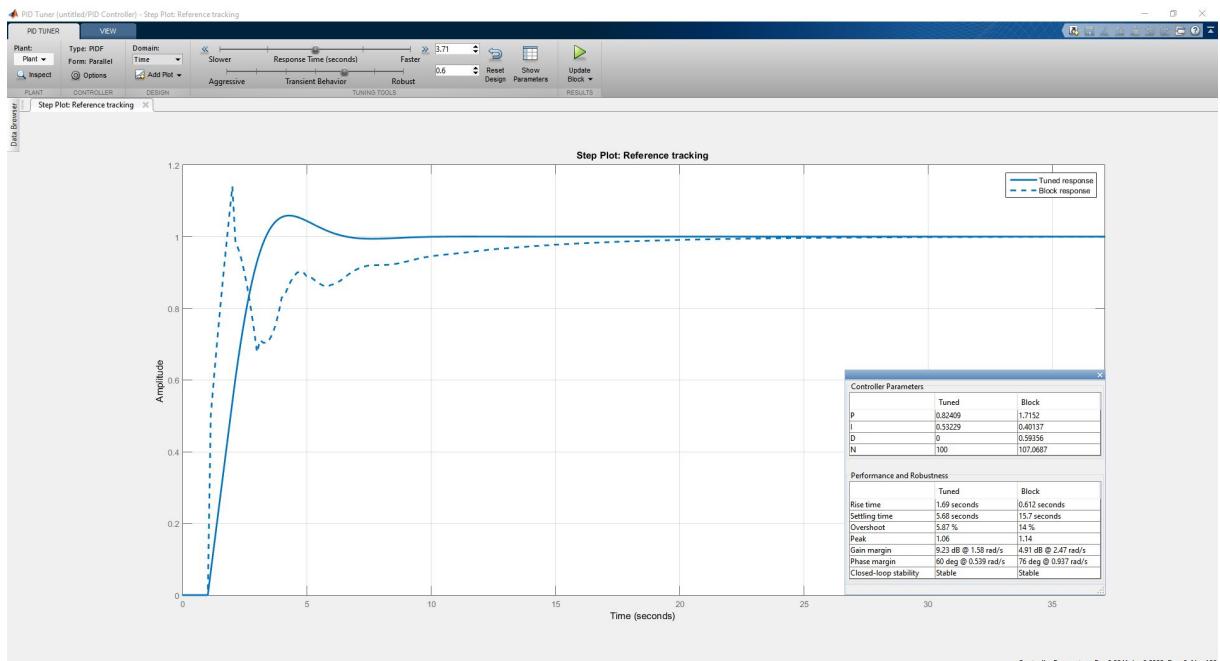
1. Wprowadzenie teoretyczne

Matlab Control Toolbox to przybornik dostarczający narzędzia i algorytmy do analizy, projektowania oraz strojenia liniowych układów regulacji. Umożliwia pracę na układach reprezentowanych przykładowo przez transmity (transfer function) oraz równania stanu (state-space). Pozwala analizować zachowanie układu w dziedzinie czasowej oraz częstotliwościowej. W szczególności, przybornik posiada zestaw narzędzi służących do strojenia regulatorów PID tak, by regulowany układ w satysfakcyjnym czasie osiągnął wartość zadaną, możliwie bez przeregulowań.

1.1. PID Tuner

Pierwszym rozwiązań jest skorzystanie z automatycznej, interaktywnej metody strojenia regulatorów PID dla systemów SISO. Dostęp do niej uzyskuje się poprzez umieszczenie w modelu Simulink bloczka PID, a następnie wybranie opcji Tune widocznej przy parametrach regulatora. Można również skorzystać z komendy

`pidTuner(sys,type).`



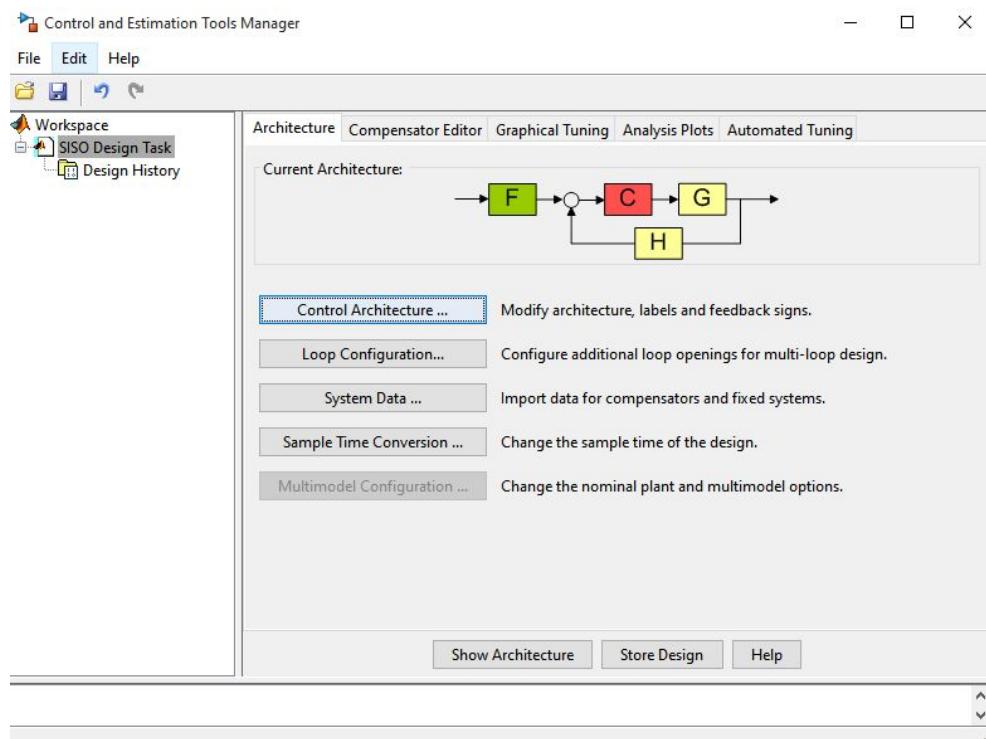
Rysunek 1.1.1: Zrzut ekranu przedstawiający narzędzie PID Tuner

Otwiera się wówczas okno, które bazując na podanym modelu wyświetla jego aktualną odpowiedź. Użytkownik jest w stanie zmienić typ regulatora, domyślnie pozostając przy PID. Korzystając z suwaków, można modyfikować czas reakcji oraz agresywność odpowiedzi. Podczas takich zmian, użytkownik na bieżąco obserwuje odpowiedź układu oraz zmieniające się parametry regulatora. Możliwe jest również wyświetlenie innych przebiegów - takich, jak odpowiedź układu otwartego, odpowiedź skokowa obiektu regulacji - w dziedzinie czasowej lub częstotliwościowej.

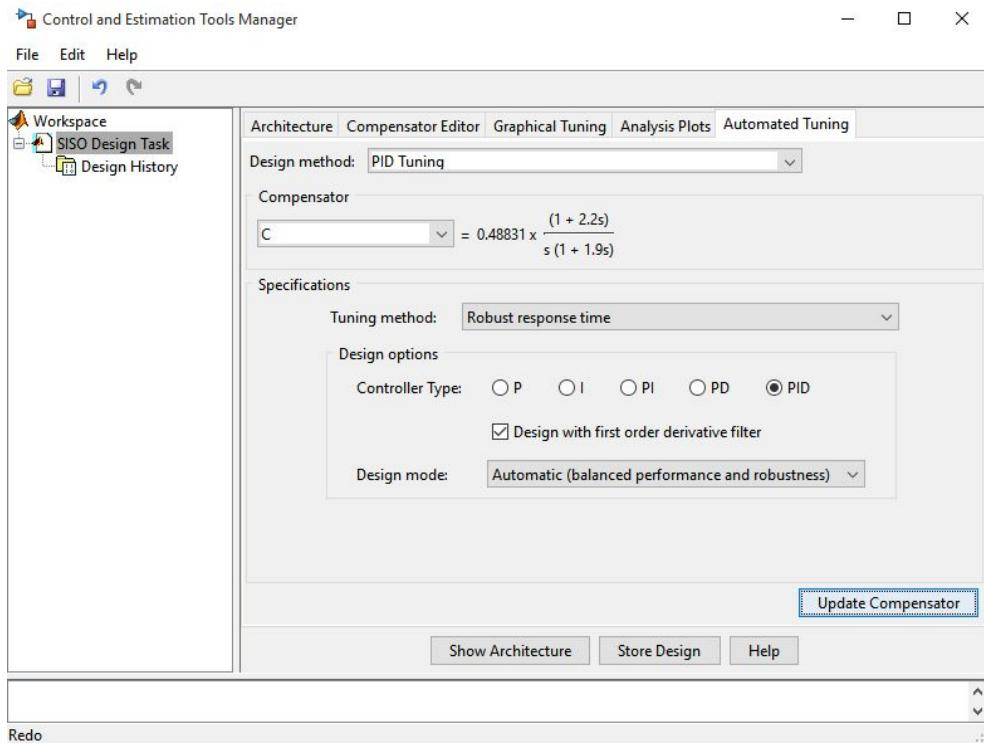
1.2. SISO Design Tool

Kolejne narzędzie do tworzenia regulatorów i filtrów wejściowych dla układów o jednym wejściu i jednym wyjściu. Program posiada wygodny interfejs umożliwiający bieżący podgląd charakterystyk czasowych i częstotliwościowych zarówno układu otwartego (dla regulatora) oraz zamkniętego (obiekt + regulator). Użytkownik definiuje układ poprzez wybór jednego ze schematów, podaje wartości obiektów (np. z Workspace'a), a następnie przechodzi do zakładki poświęconej strojeniu. Narzędzie uruchamia się poprzez wpisanie komendy

`controlSystemDesigner.`



Rysunek 1.2.2: Zrzut ekranu przedstawiający narzędzie definiowanie obiektu w SISO Design Tool



Rysunek 1.2.3: Zrzut ekranu przedstawiający proces automatycznego strojenia w SISO Design Tool

1.3. Strojenie z wiersza poleceń

Ostatnim i zarazem wykorzystanym w niniejszym projekcie sposobem jest strojenie regulatora za pomocą komendy uruchamianej w skrypcie. Umożliwiło to automatyzację działań. Polecenie

`pidTune(sys,type,opts)`.

zaprojektuje regulator typu *type* dla obiektu *sys* w pętli sprzężenia zwrotnego. Funkcja zwraca obiekt *pid* oraz informacje na temat:

- Stabilności,
- Częstotliwości crossover,
- Zapas fazy.

Komenda pozwala dodać opcje modyfikujące domyślne ustawienia strojenia. Są to:

- Zapas fazy (domyślnie 60),
- Tryb strojenia (domyślnie *balanced*),
- Ilość niestabilnych pierwiastków.

2. Rozwiązańe

2.1. Wstęp

Celem projektu jest nastrojenie regulatorów dla następujących procesów:

– $P_1(s) = \frac{e^{-s}}{1+sT}$,

gdzie $T = 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1, 1.2, 1.5, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000$

– $P_2(s) = \frac{e^{-s}}{(1+sT)^2}$,

gdzie $T = 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1, 1.2, 1.5, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 50, 100, 200, 500$

– $P_3(s) = \frac{e^{-s}}{(1+s)(1+sT)^2}$,

gdzie $T = 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 2, 5, 10$

– $P_4(s) = \frac{1}{(1+s)^n}$,

gdzie $n = 3, 4, 5, 6, 7, 8$

– $P_5(s) = \frac{1}{(1+s)(1+\alpha s)(1+\alpha^2 s)(1+\alpha^3 s)}$,

gdzie $\alpha = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$

– $P_6(s) = \frac{e^{-sL}}{s(1+sT)}$,

gdzie $L = 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1$ i $T + L = 1$

– $P_7(s) = \frac{Te^{-sL}}{(1+sT)(1+sT1)}$,

gdzie $T = 1, 2, 5, 10$ i $L = 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 1$ i $T1 + L = 1$

– $P_8(s) = \frac{1-\alpha s}{(s+1)^3}$,

gdzie $\alpha = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1, 1.1$

– $P_8(s) = \frac{1}{(s+1)((sT)^2 + 1.4sT + 1)}$,

gdzie $T = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1$

Po wprowadzeniu i posegregowaniu każdej transformaty w Matlabie, utworzono przedstawiony w następnej sekcji skrypt, którego zadaniem jest zautomatyzowane obsłuszenie każdego obiektu. Obsługa ta zakłada:

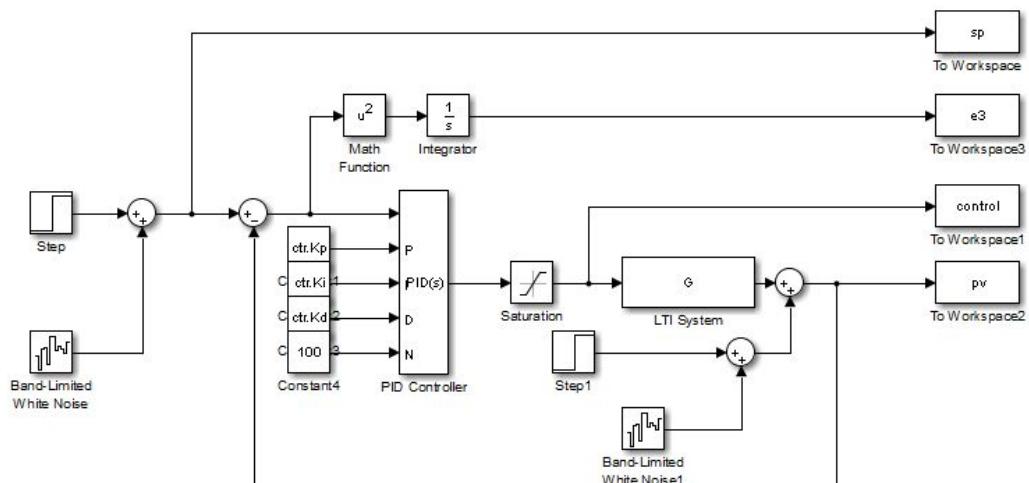
– Wyrysowanie odpowiedzi skokowej obiektu;

– Zaprojektowanie regulatora PID;

- Wyrysowanie przebiegów na podstawie modelu, który w pierwszej sekundzie symulacji zmienia wartość zadaną z 0 na 1:

- bez modyfikowanego sterowania,
- ze sterowaniem poddanym saturacji,
- ze sterowaniem poddanym saturacji oraz szumem na wartości zadanej oraz wyjściu obiektu.

2.2. Źródła



Rysunek 2.2.1: Model w Simulinku

Poniżej przedstawiono skrypt napisany w Matlabie.

```
quality=[];
load('transfer_functions.mat')
n=9;
m=[21 21 10 6 9 9 36 11 10];
simulation_time = 30;
model_nsat = 'PIDmodel_nsat.slx';
model_sat = 'PIDmodel_sat.slx';
model_sat_noise = 'PIDmodel_sat_noise.slx';
for i = 1:n
    for j=1:m(i)
        try
            %% Load transfer function %%
            name=strcat('G',num2str(i), '(' ,num2str(j) , ')');
            G = eval(name);
            transfer_function=strcat('$$G(s)=', latex(poly2sym(cell2mat(eval(strcat(name, '.num'))))), s)
```

```

/poly2sym(cell2mat(eval(strcat(name,'.den'))),s)), '$$');

%% Plot step response %%
fig = figure();
h=subplot(2,1,1);
step(G,simulation_time);
grid on;

%% Design PID controller %%
[ctr,info]=pidtune(G,'pid');
cmd_sys=feedback(ctr*G,1);

%% Perform simulation (not saturated), plot model response %%
sim(model_nsat);

h=subplot(2,1,2);
plot(sp, 'r');
hold on;
plot(control, 'g');
plot(pv, 'b');
grid on;
ylabel('Amplitude');
xlabel('Time (seconds)');
title(strcat(transfer_function, ', Saturation: off, Noise: off', ', e=', num2str(e1.Data(length(e1.Data)))), 'Interpreter', 'Latex')
legend('set value','control value','response value', 'Location','southeast');

%% Save to file %%
file = strcat('sprawozdanie\G',int2str(i), '-tf-', int2str(j), 'a');
print(fig,file,'-dpng');
close(fig)

%% Perform simulation (saturated), plot model response %%
sim(model_sat);

fig = figure();
h=subplot(2,1,1);
plot(sp, 'r');
hold on;
plot(control, 'g');
plot(pv, 'b');
grid on;
ylabel('Amplitude');
xlabel('Time (seconds)');
title(strcat(transfer_function, ', Saturation: on, Noise: off ', ', e=', num2str(e2.Data(length(e2.Data)))), 'Interpreter', 'Latex')
legend('set value','control value','response value', 'Location','southeast');

%% Perform simulation (saturated with noise), plot model response %%
sim(model_sat_noise);

h=subplot(2,1,2);
plot(sp, 'r');

```

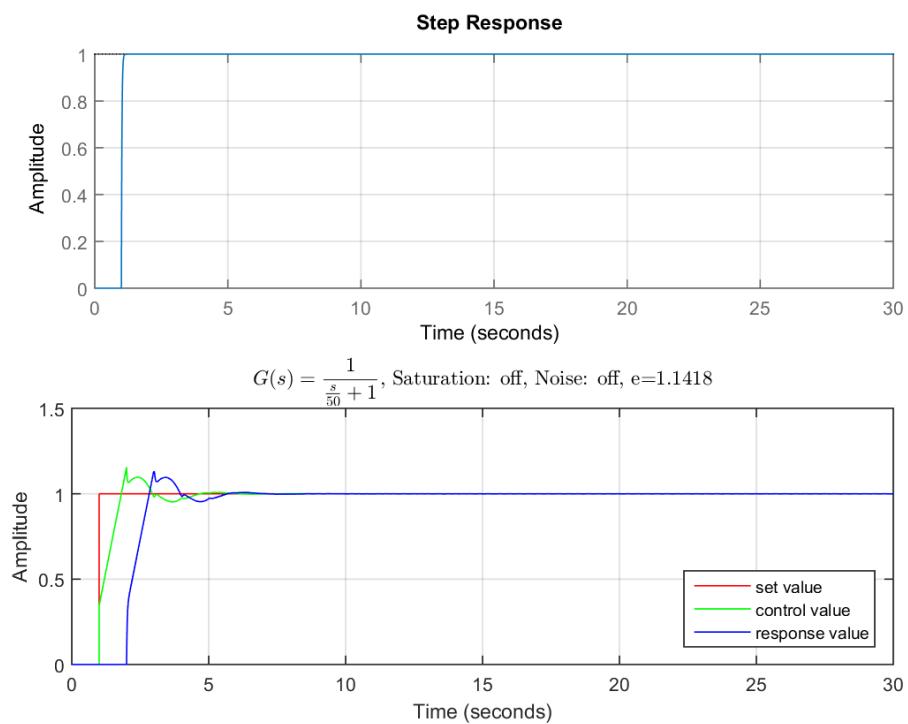
```

hold on;
plot(control, 'g');
plot(pv, 'b');
grid on;
ylabel('Amplitude');
xlabel('Time (seconds)');
title(strcat(transfer_function, ', Saturation: on, Noise: on ',',
e=',num2str(e3.Data(length(e3.Data)))), 'Interpreter', 'Latex')
legend('set value','control value','response value', 'Location','southeast');

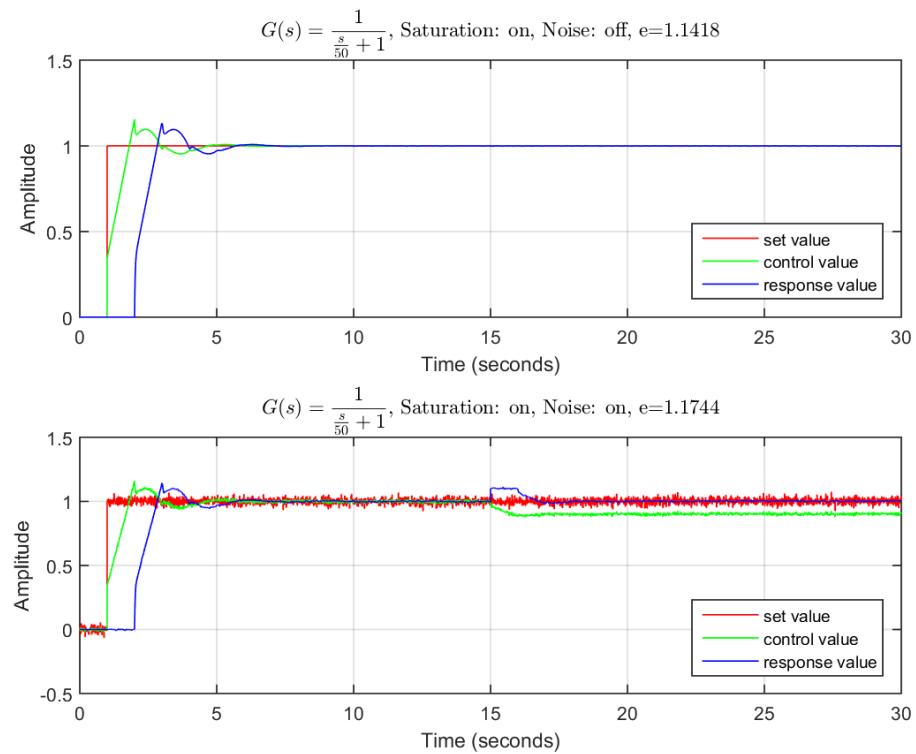
quality=[quality; i j e1.Data(length(e1.Data)) e2.Data(length(e2.Data)) e3.Data(length(e3.Data))];
%% Save to file 2%
file = strcat('sprawozdanie\G',int2str(i),'-tf-', int2str(j), 'b');
print(fig,file,'-dpng');
close(fig)
catch ME
    strcat('Błąd w: G',int2str(i), '(',int2str(j), ') .')
end
end
save('sprawozdanie\report.txt','quality','-ascii')

```

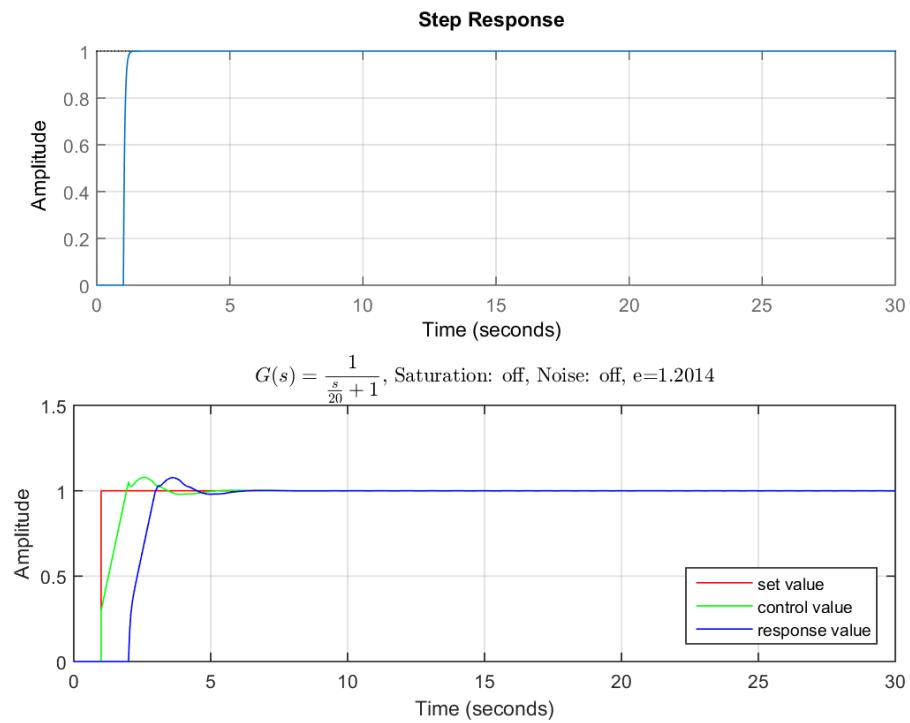
2.3. Analiza układu zamkniętego



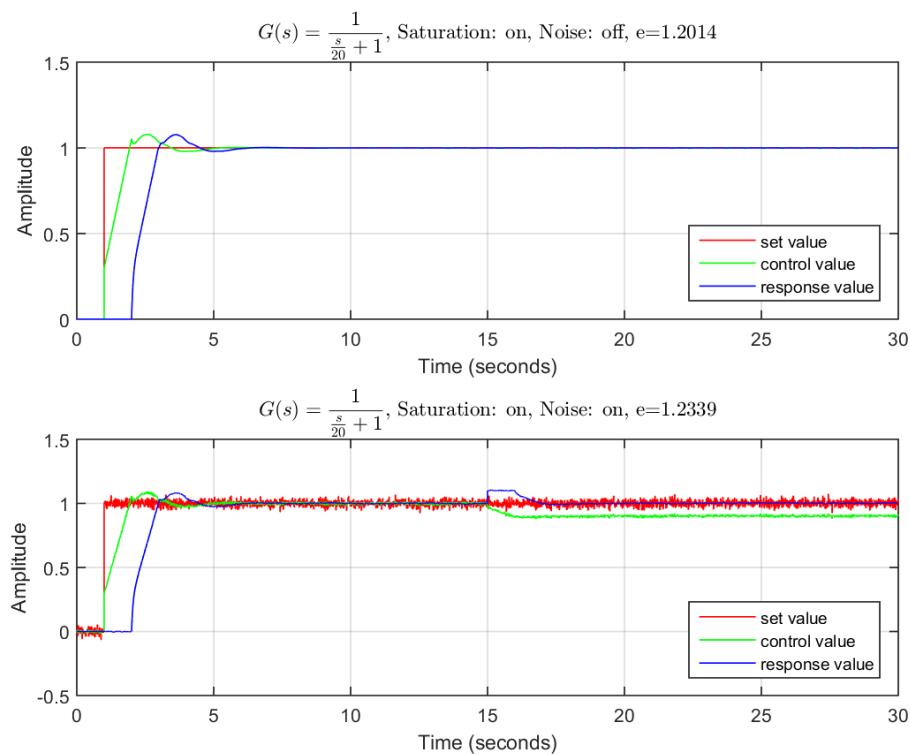
Rysunek 2.3.2: Obiekt G1-tf1a



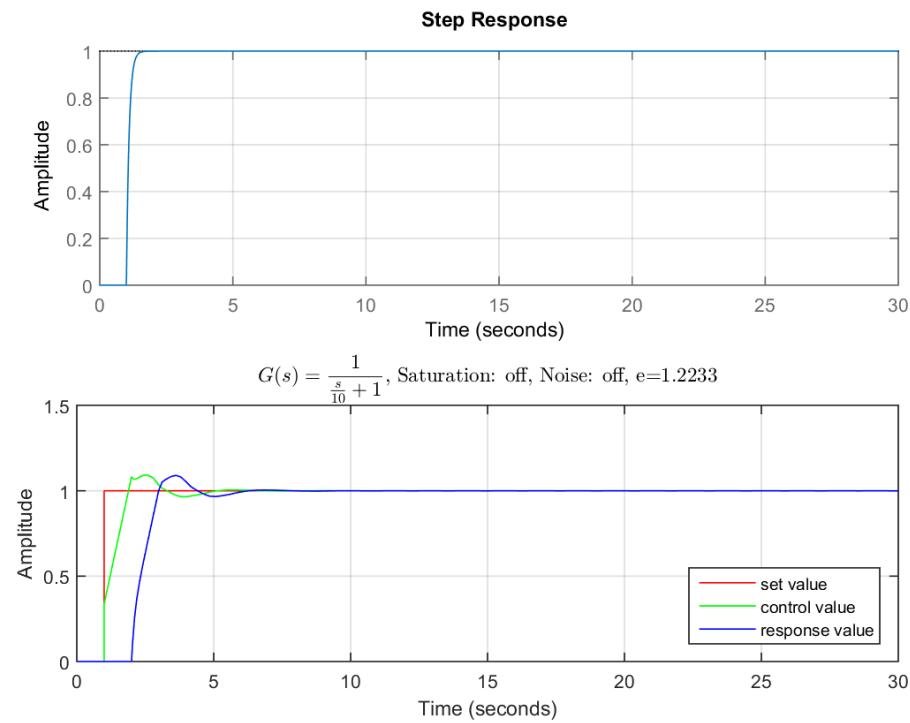
Rysunek 2.3.3: Obiekt G1-tf1b



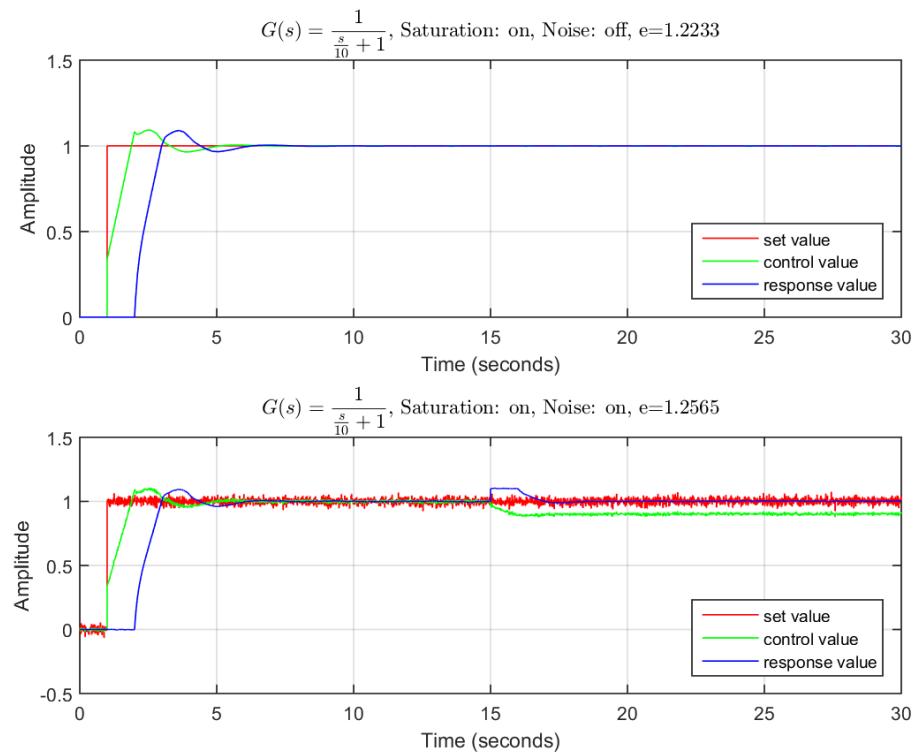
Rysunek 2.3.4: Obiekt G1-tf2a



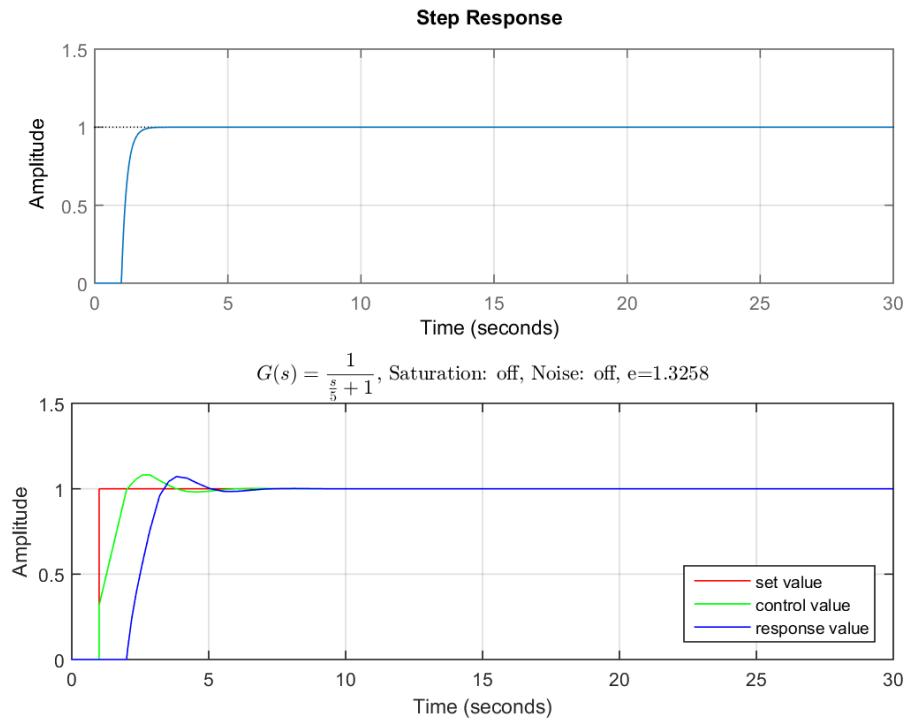
Rysunek 2.3.5: Obiekt G1-tf2b



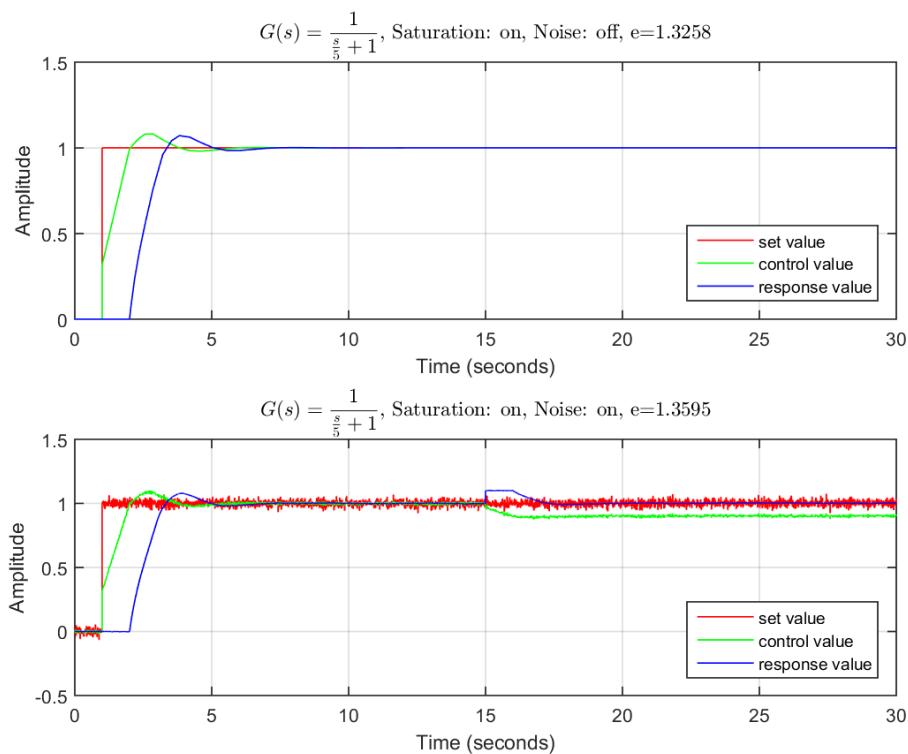
Rysunek 2.3.6: Obiekt G1-tf3a



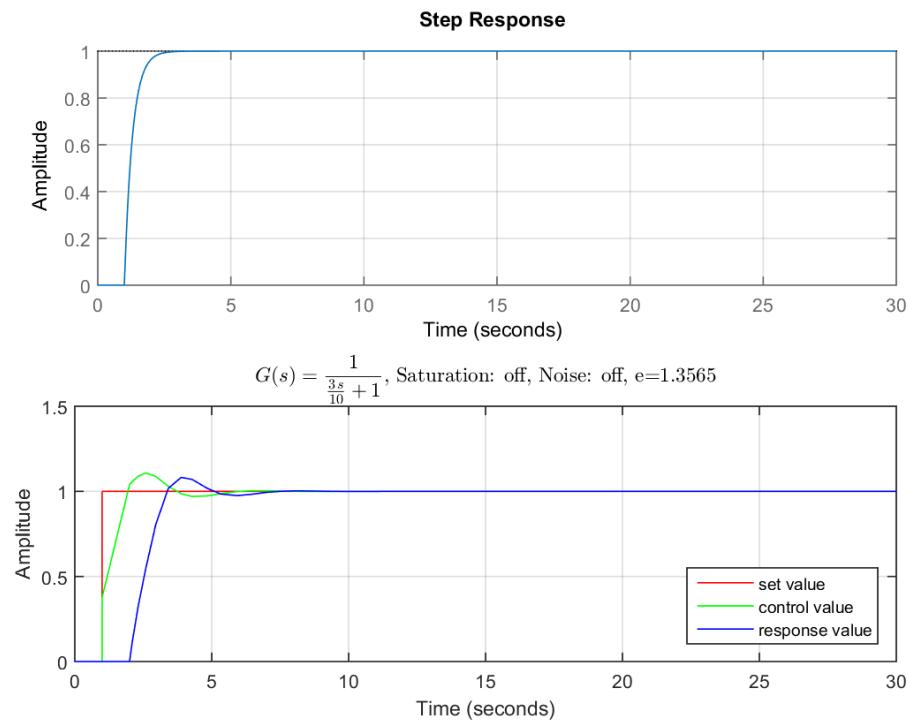
Rysunek 2.3.7: Obiekt G1-tf3b



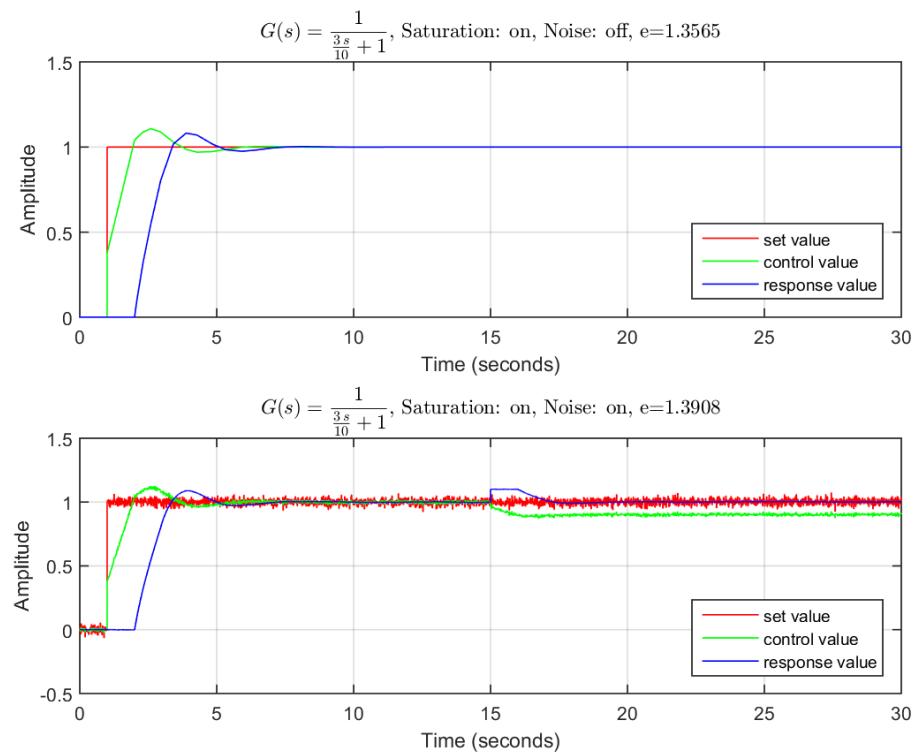
Rysunek 2.3.8: Obiekt G1-tf4a



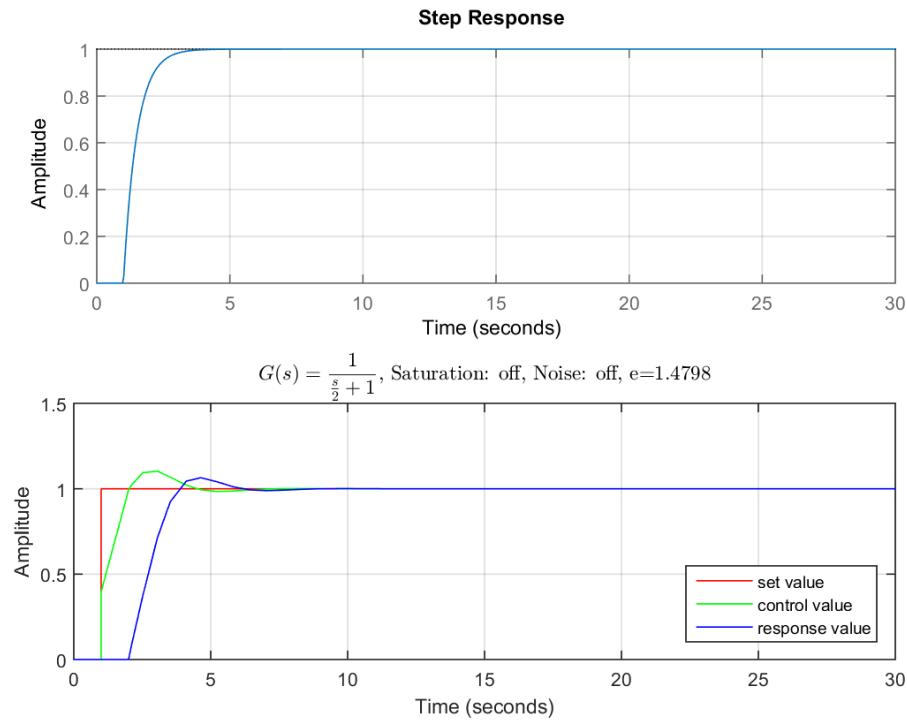
Rysunek 2.3.9: Obiekt G1-tf4b



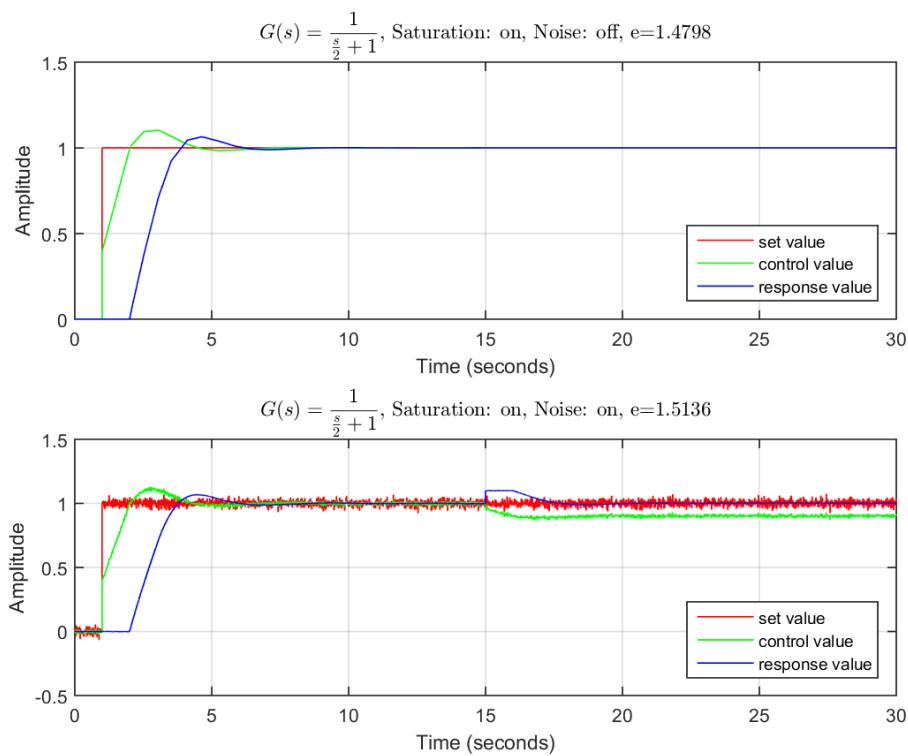
Rysunek 2.3.10: Obiekt G1-tf5a



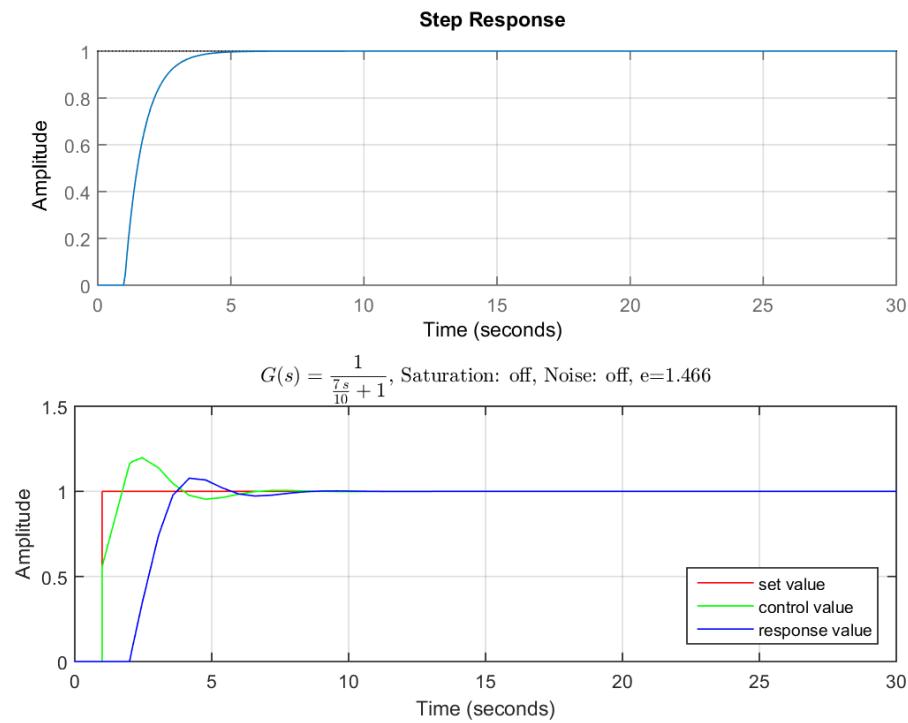
Rysunek 2.3.11: Obiekt G1-tf5b



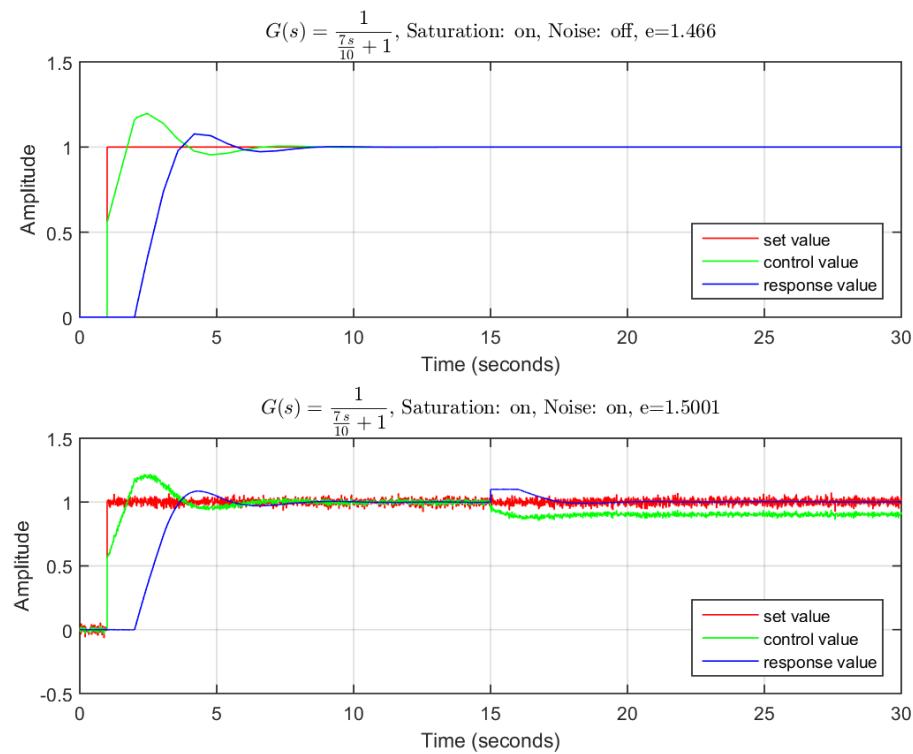
Rysunek 2.3.12: Obiekt G1-tf6a



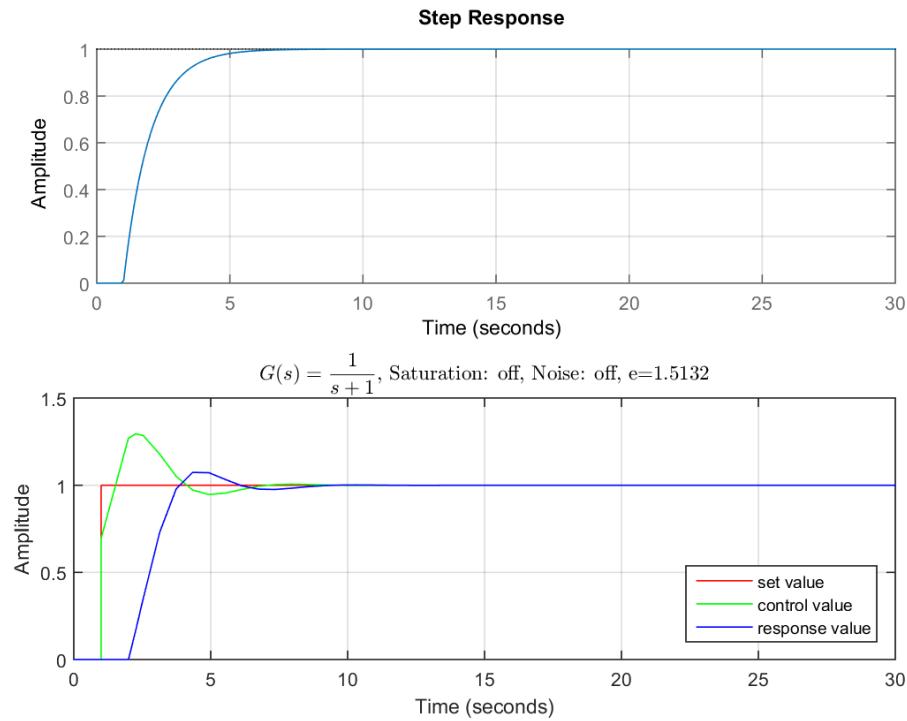
Rysunek 2.3.13: Obiekt G1-tf6b



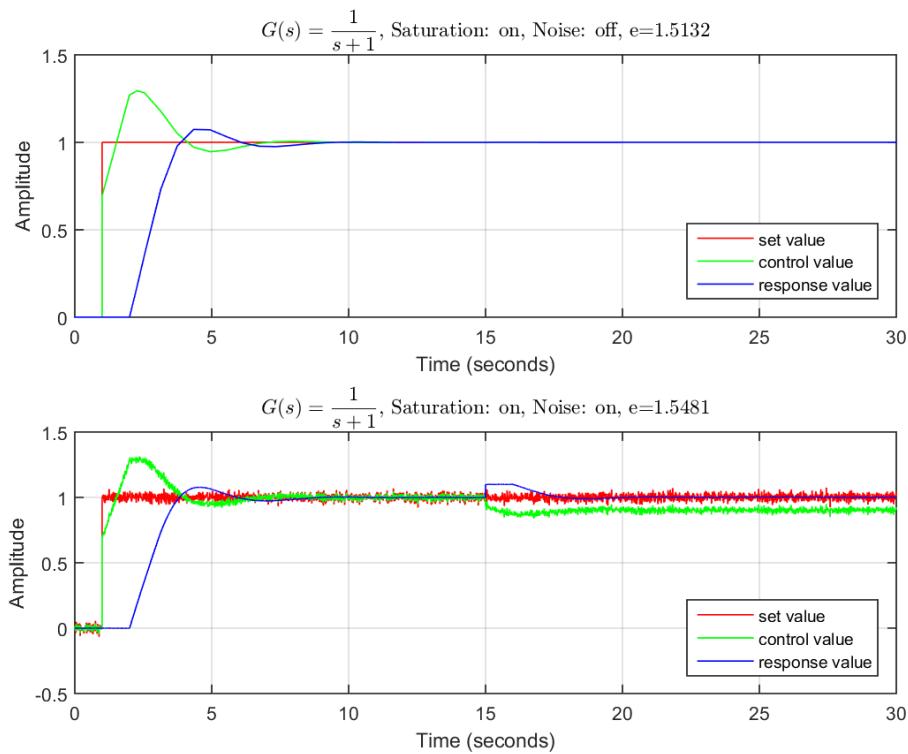
Rysunek 2.3.14: Obiekt G1-tf7a



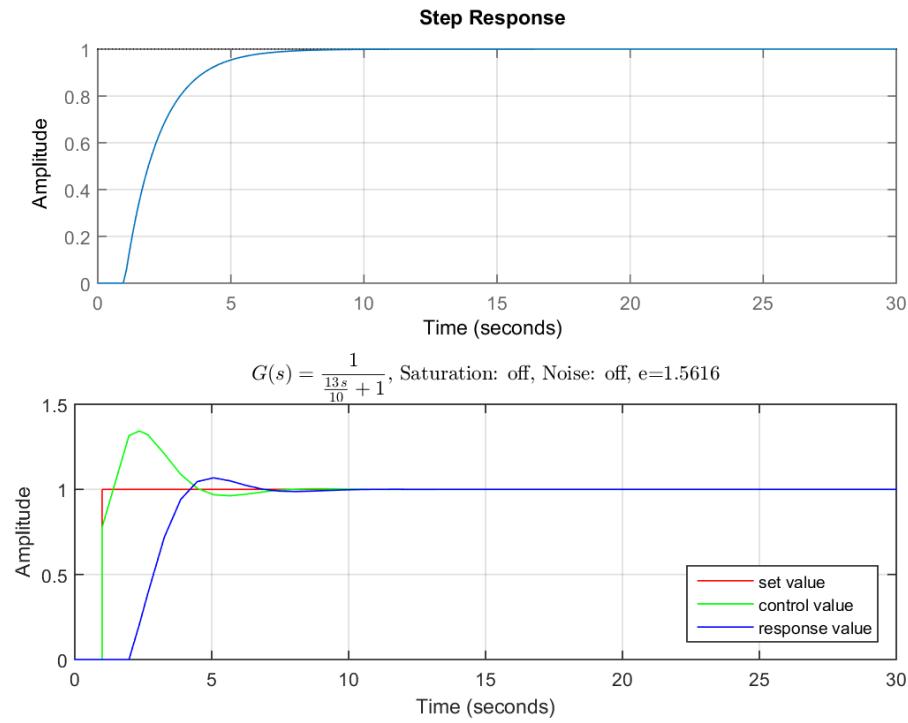
Rysunek 2.3.15: Obiekt G1-tf7b



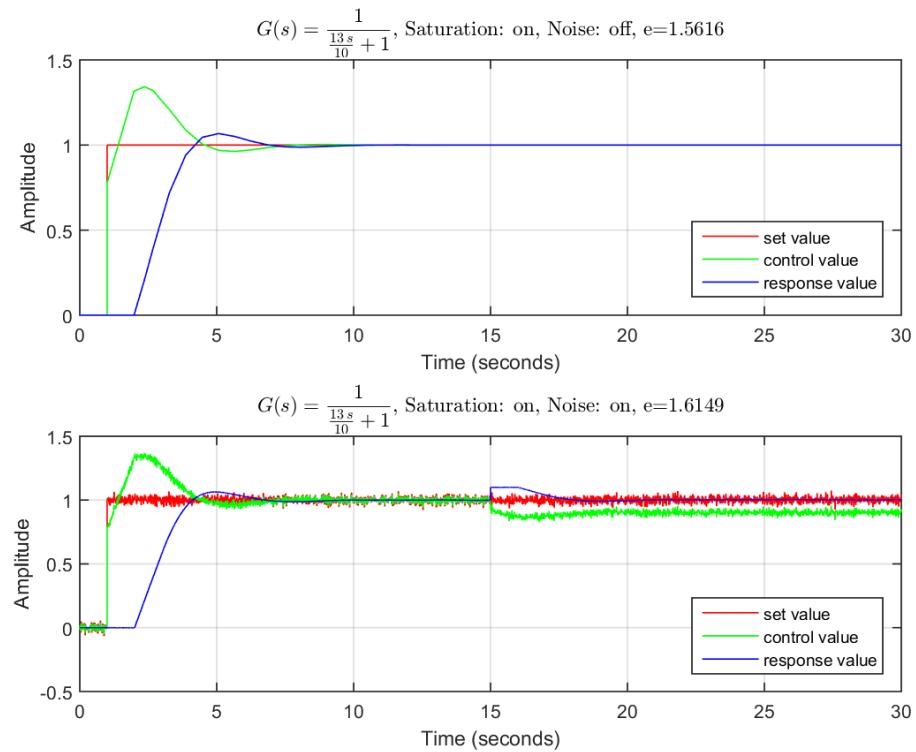
Rysunek 2.3.16: Obiekt G1-tf8a



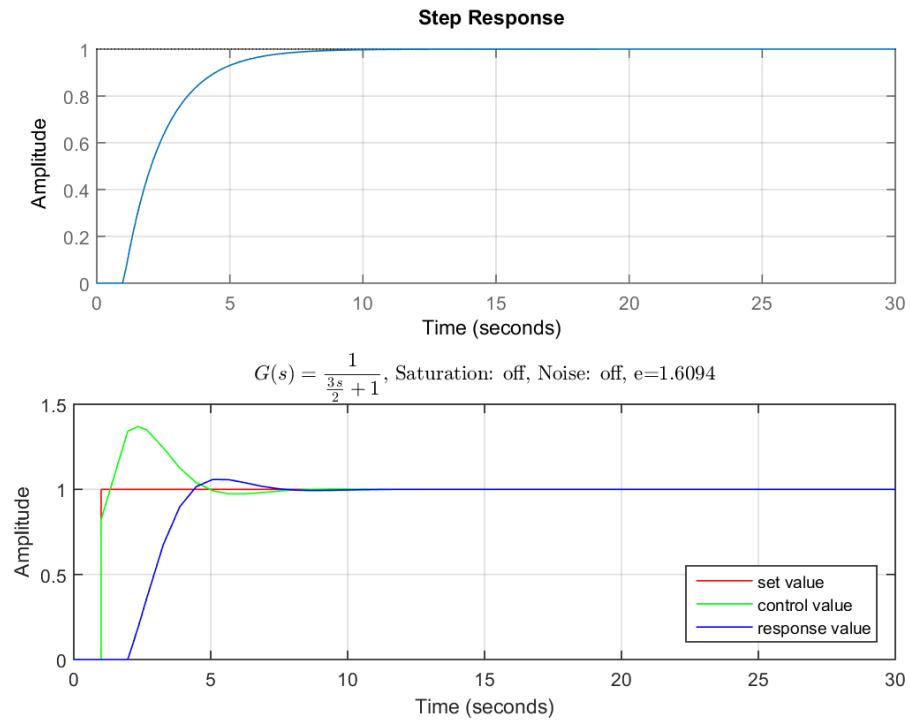
Rysunek 2.3.17: Obiekt G1-tf8b



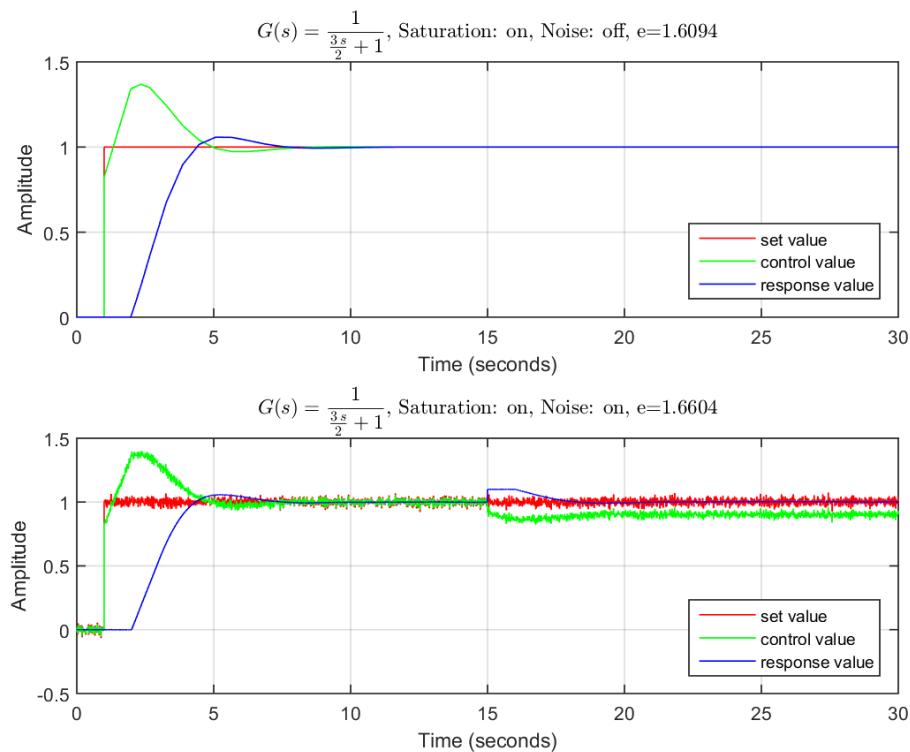
Rysunek 2.3.18: Obiekt G1-tf9a



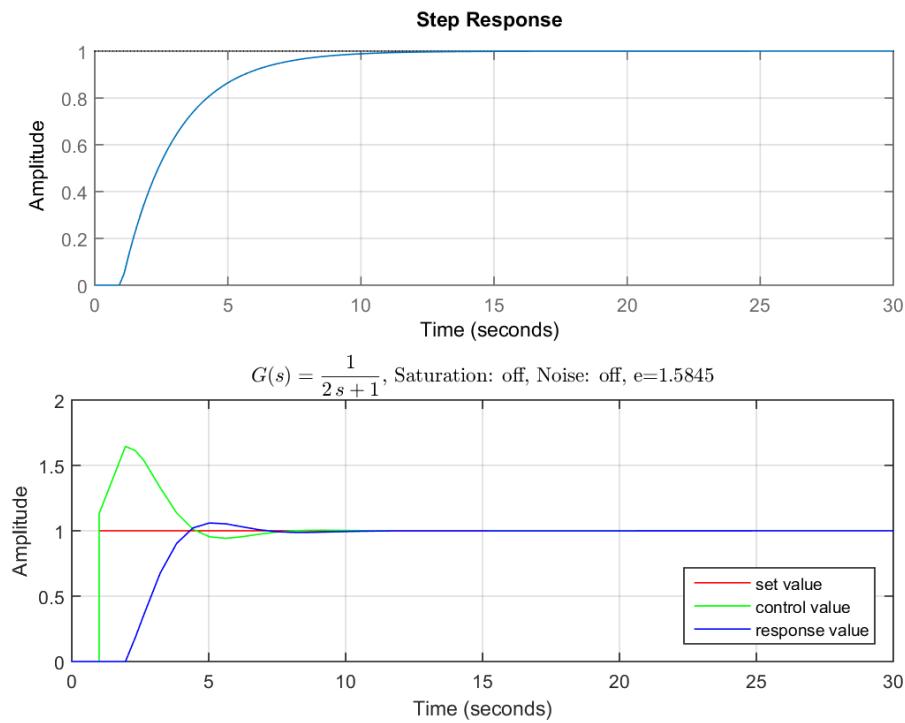
Rysunek 2.3.19: Obiekt G1-tf9b



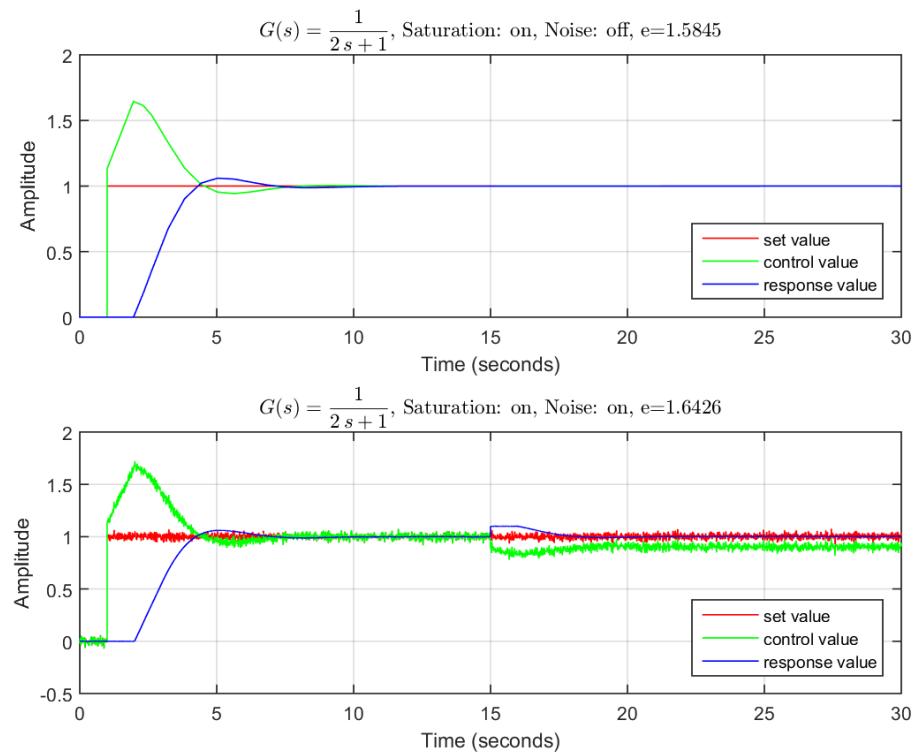
Rysunek 2.3.20: Obiekt G1-tf10a



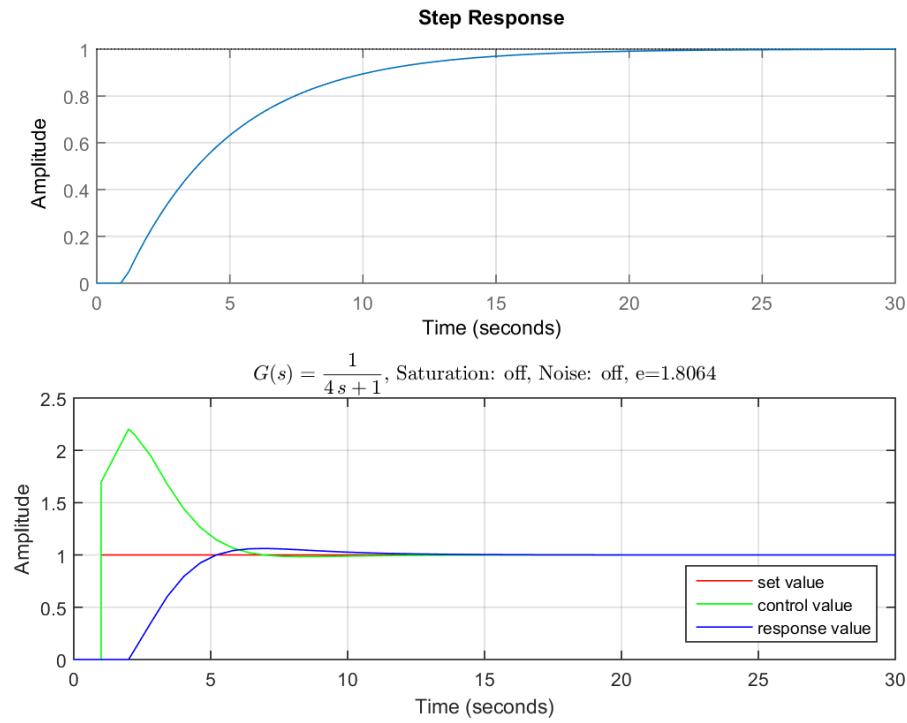
Rysunek 2.3.21: Obiekt G1-tf10b



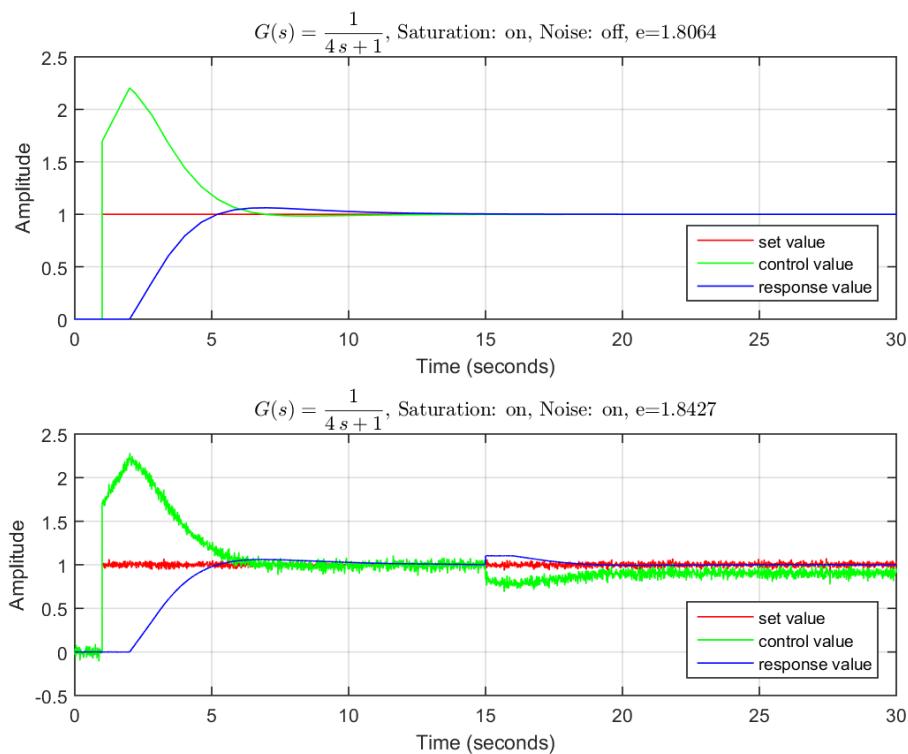
Rysunek 2.3.22: Obiekt G1-tf11a



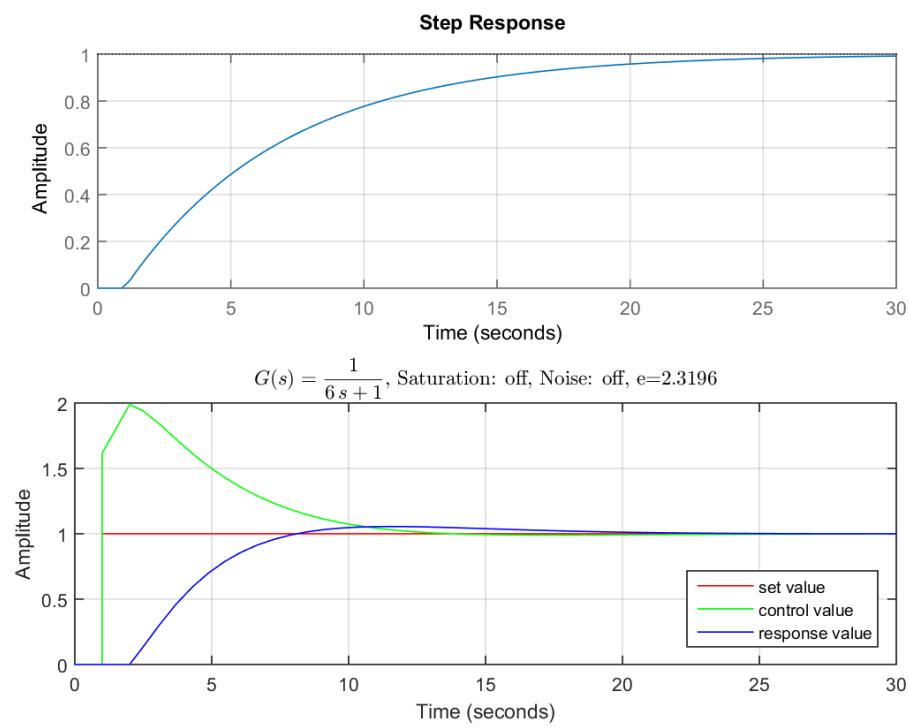
Rysunek 2.3.23: Obiekt G1-tf11b



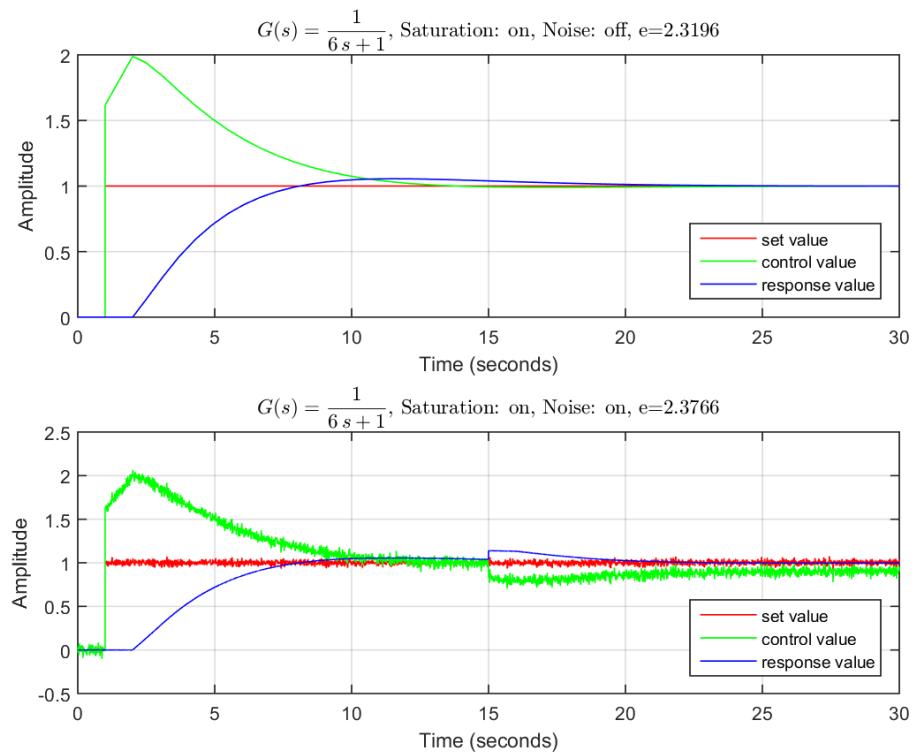
Rysunek 2.3.24: Obiekt G1-tf12a



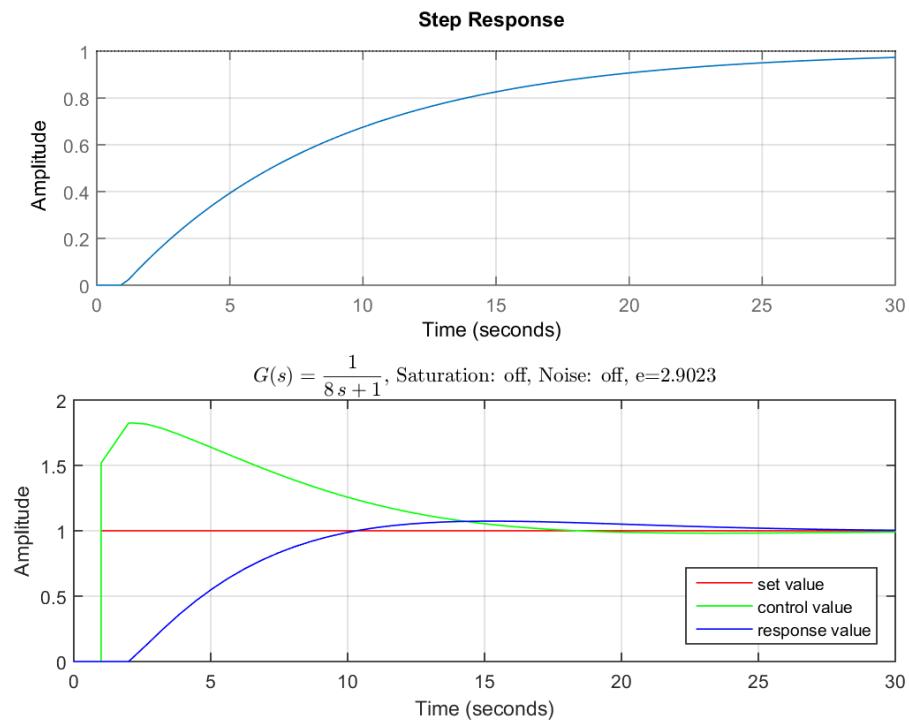
Rysunek 2.3.25: Obiekt G1-tf12b



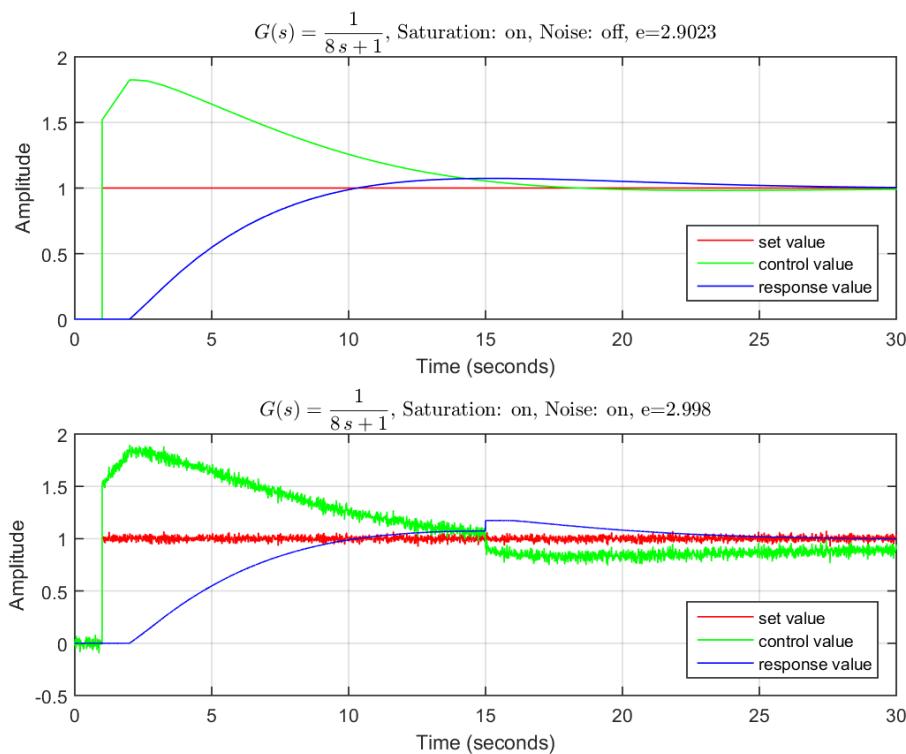
Rysunek 2.3.26: Obiekt G1-tf13a



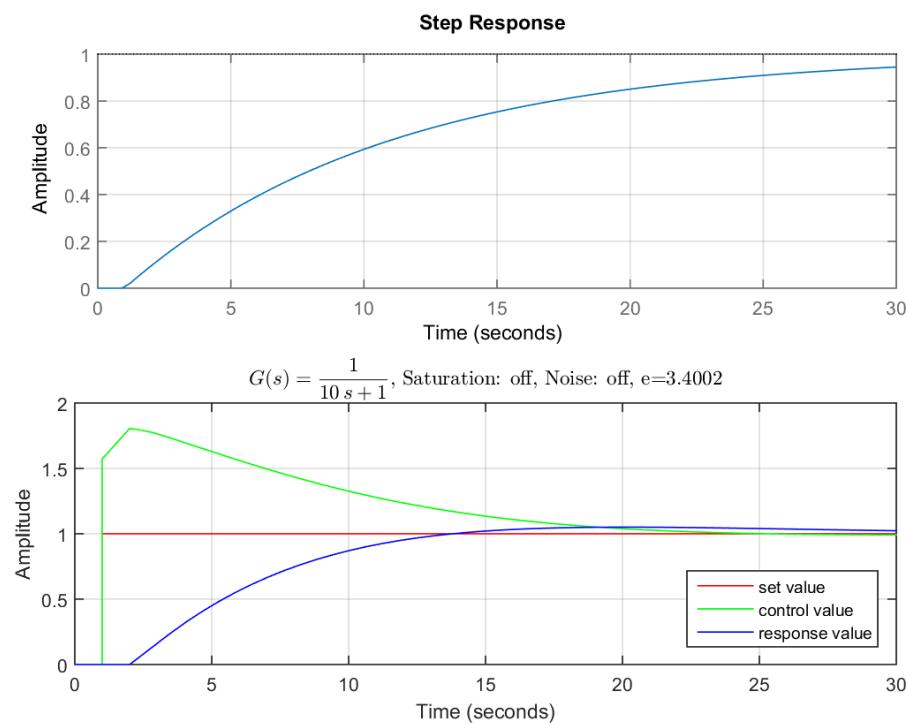
Rysunek 2.3.27: Obiekt G1-tf13b



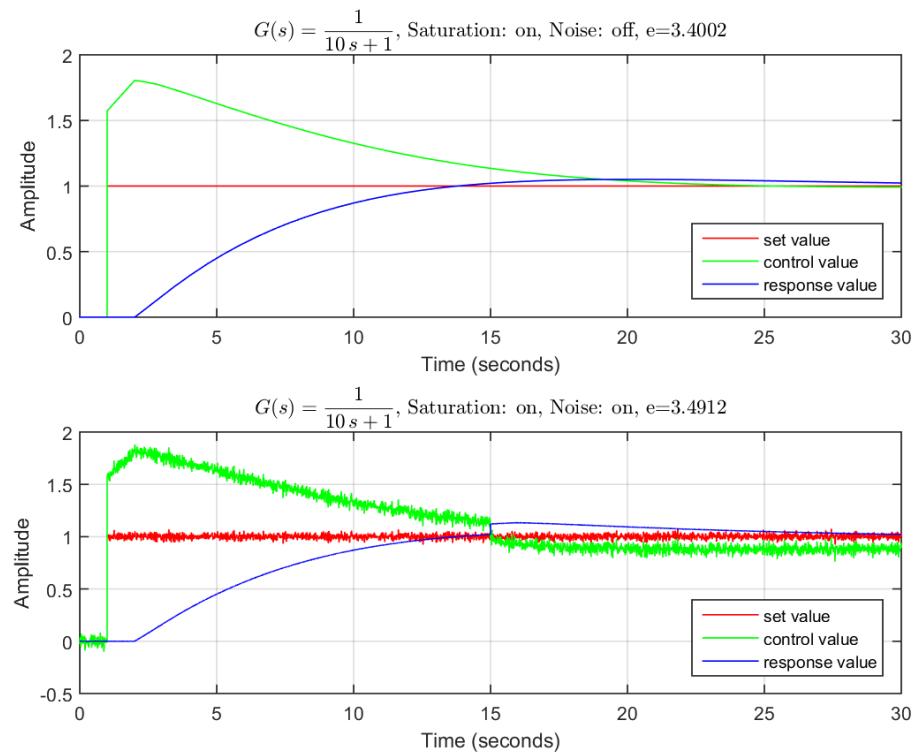
Rysunek 2.3.28: Obiekt G1-tf14a



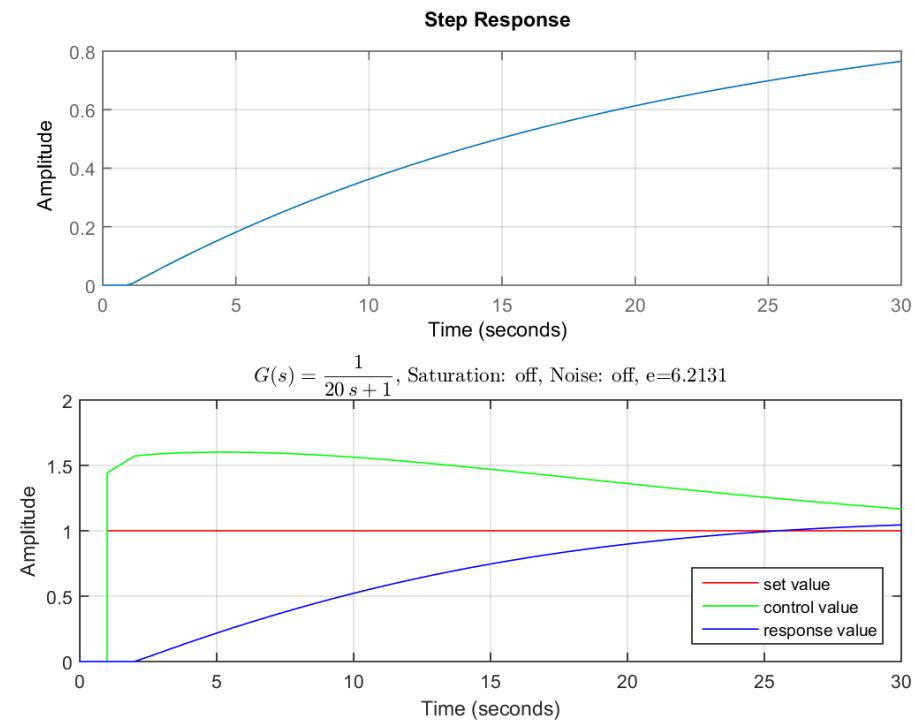
Rysunek 2.3.29: Obiekt G1-tf14b



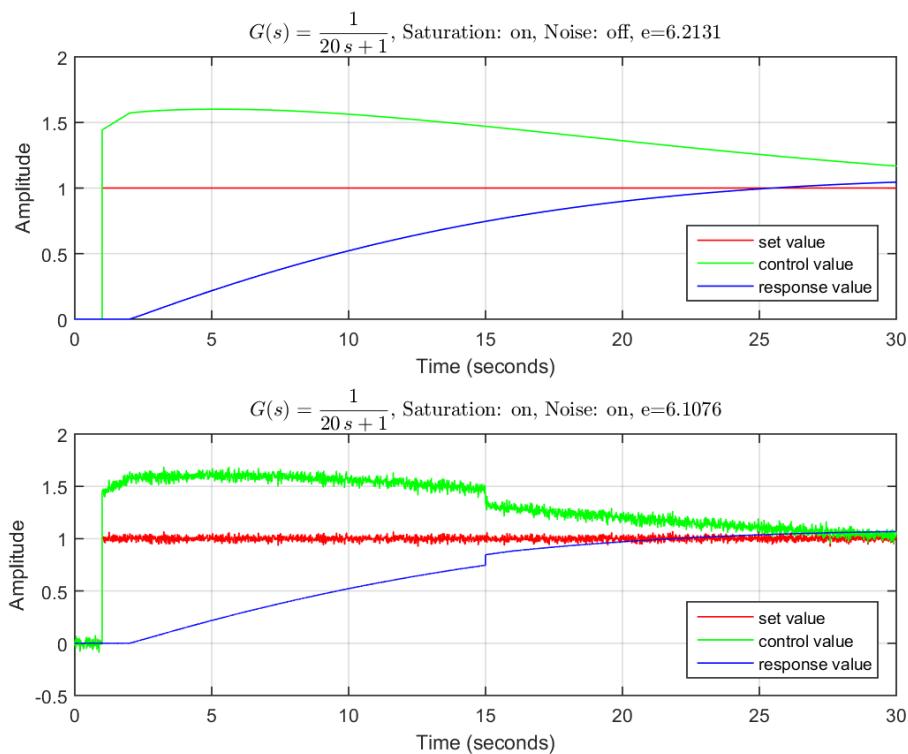
Rysunek 2.3.30: Obiekt G1-tf15a



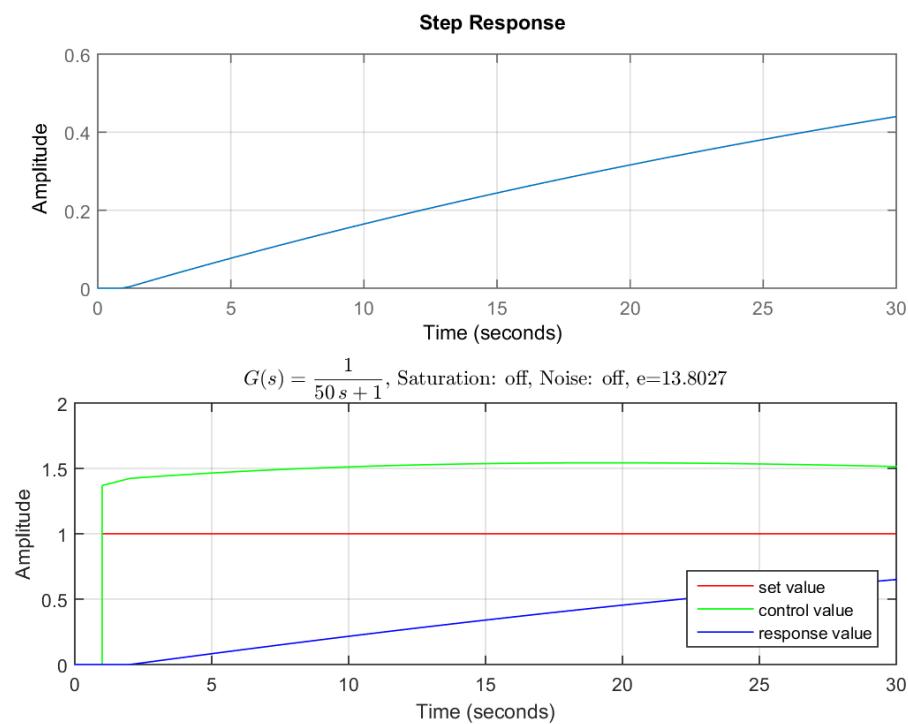
Rysunek 2.3.31: Obiekt G1-tf15b



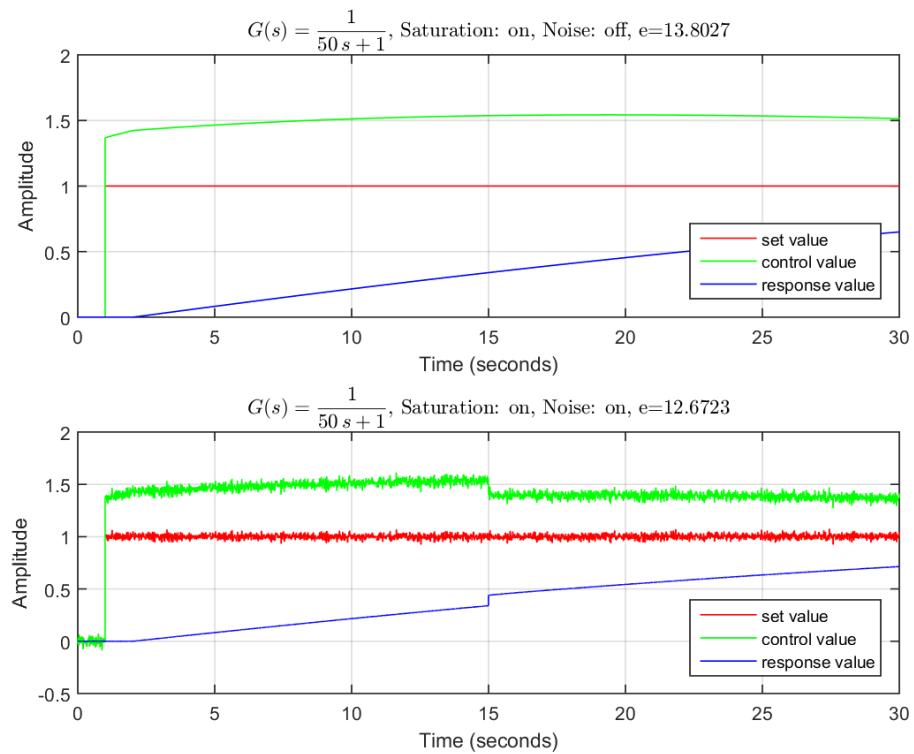
Rysunek 2.3.32: Obiekt G1-tf16a



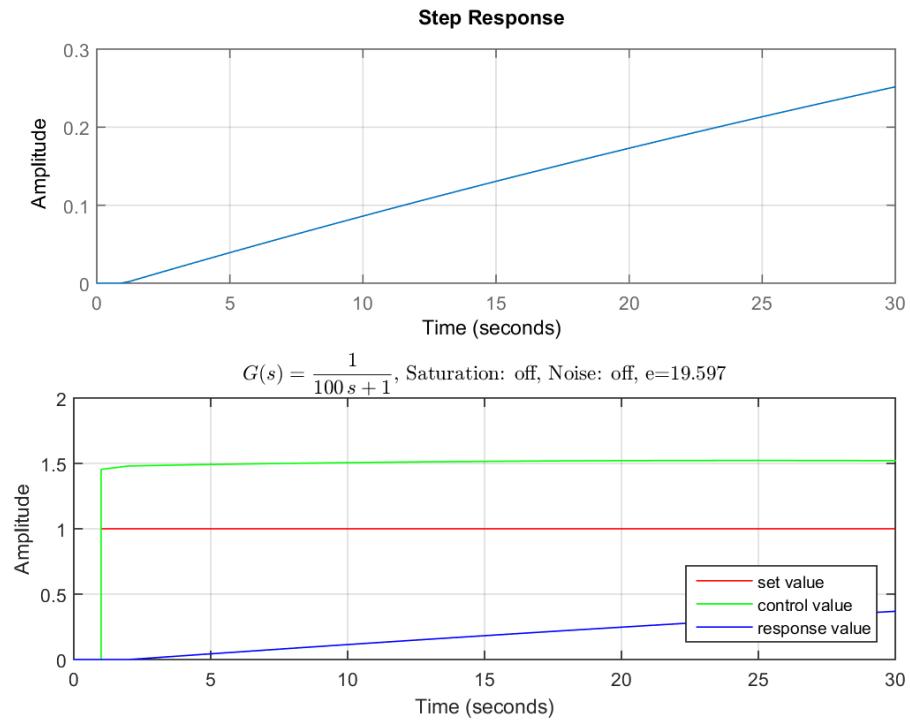
Rysunek 2.3.33: Obiekt G1-tf16b



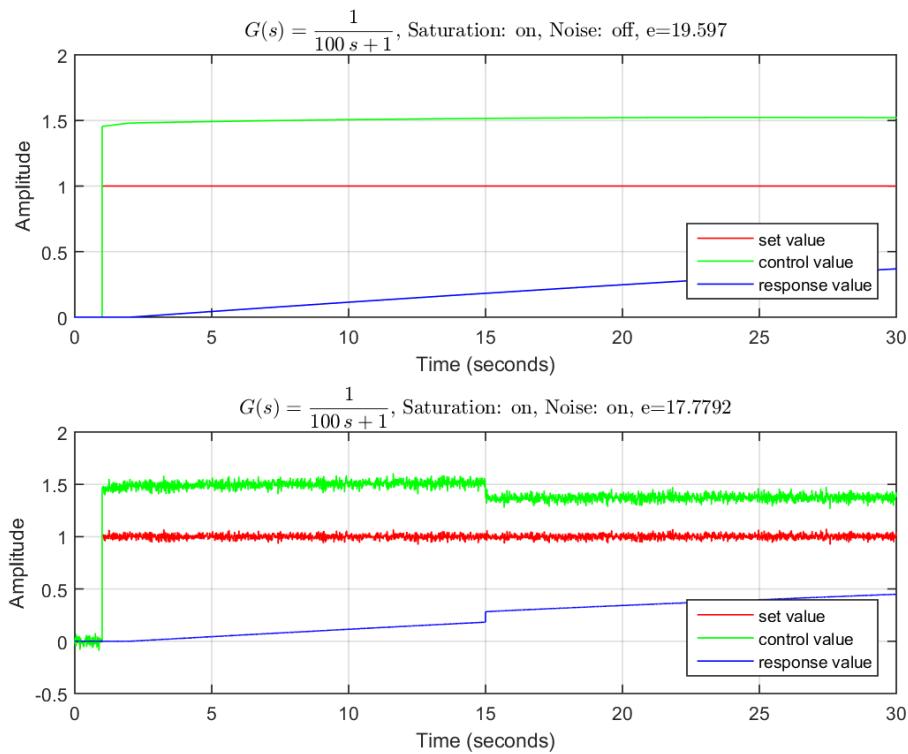
Rysunek 2.3.34: Obiekt G1-tf17a



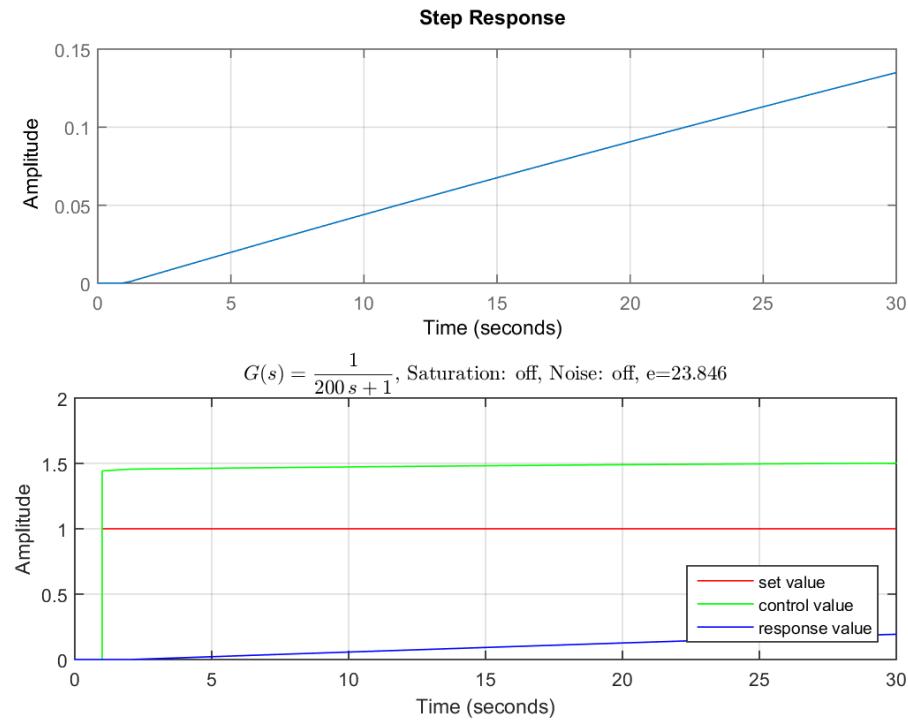
Rysunek 2.3.35: Obiekt G1-tf17b



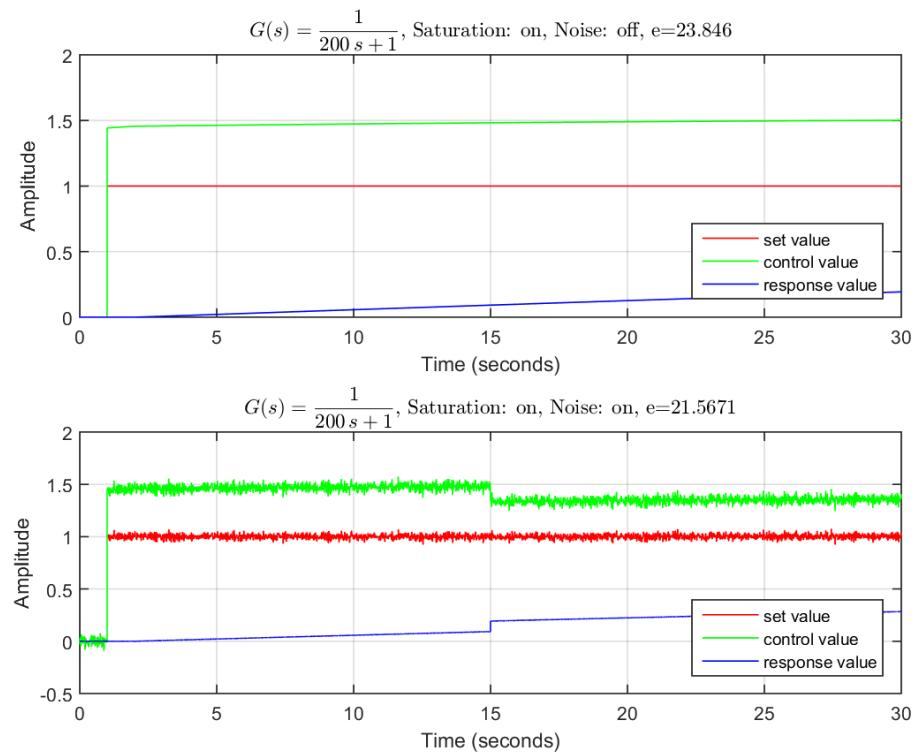
Rysunek 2.3.36: Obiekt G1-tf18a



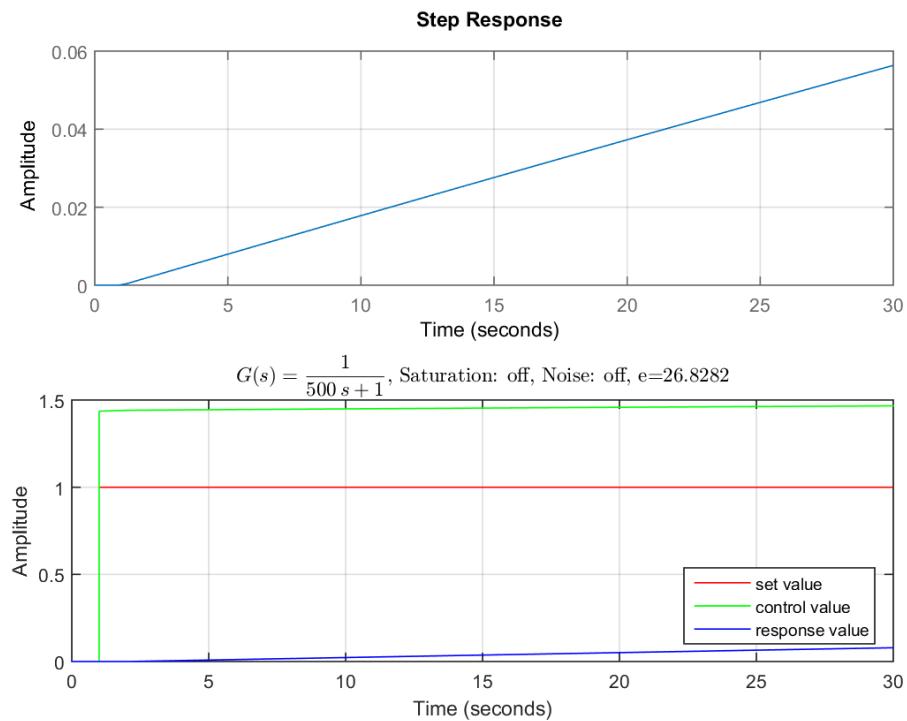
Rysunek 2.3.37: Obiekt G1-tf18b



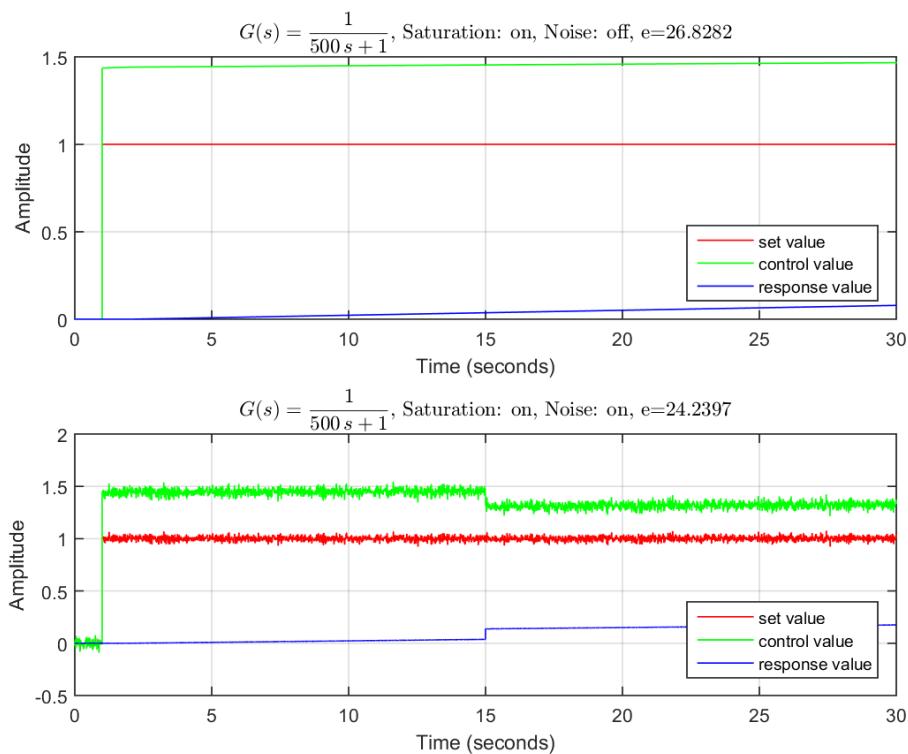
Rysunek 2.3.38: Obiekt G1-tf19a



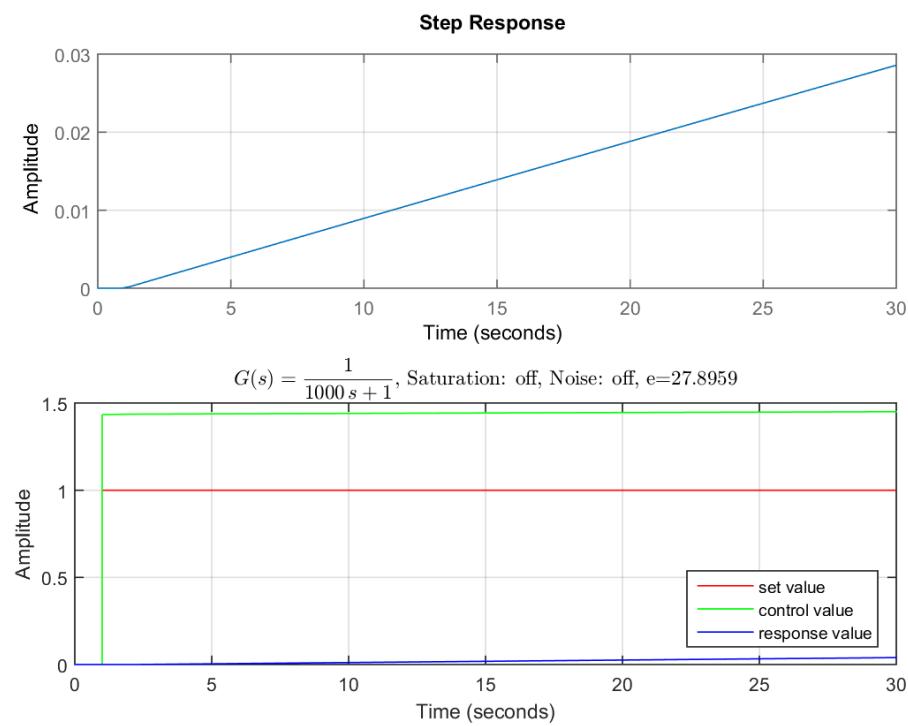
Rysunek 2.3.39: Obiekt G1-tf19b



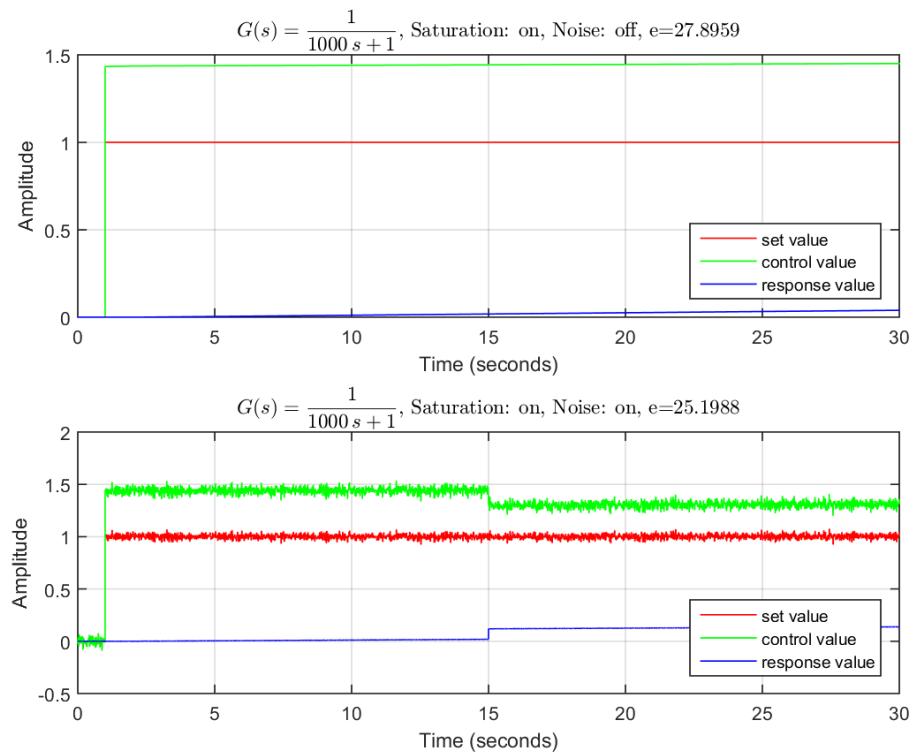
Rysunek 2.3.40: Obiekt G1-tf20a



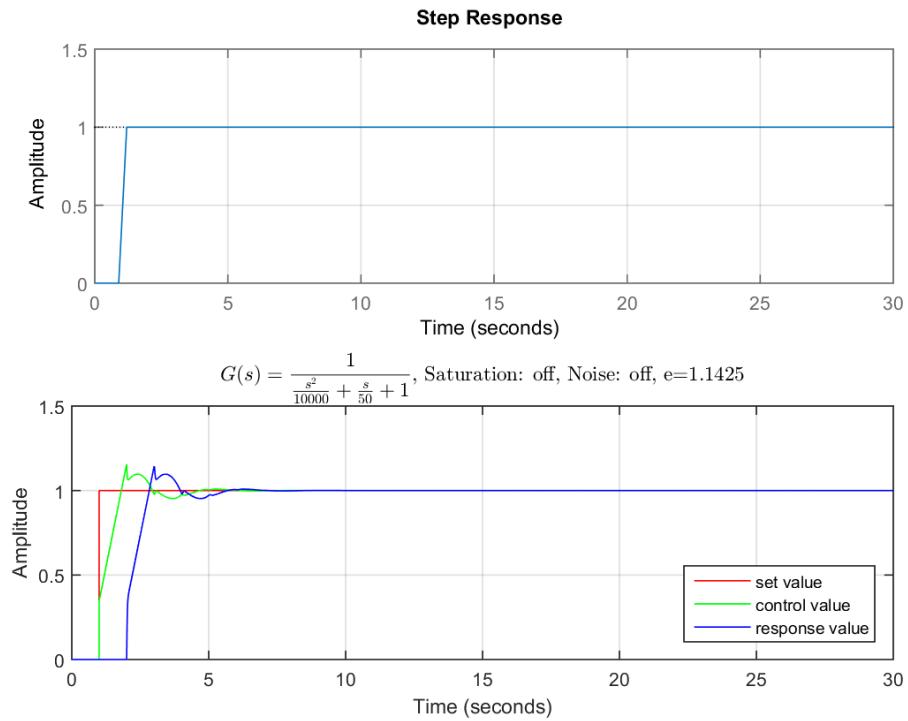
Rysunek 2.3.41: Obiekt G1-tf20b



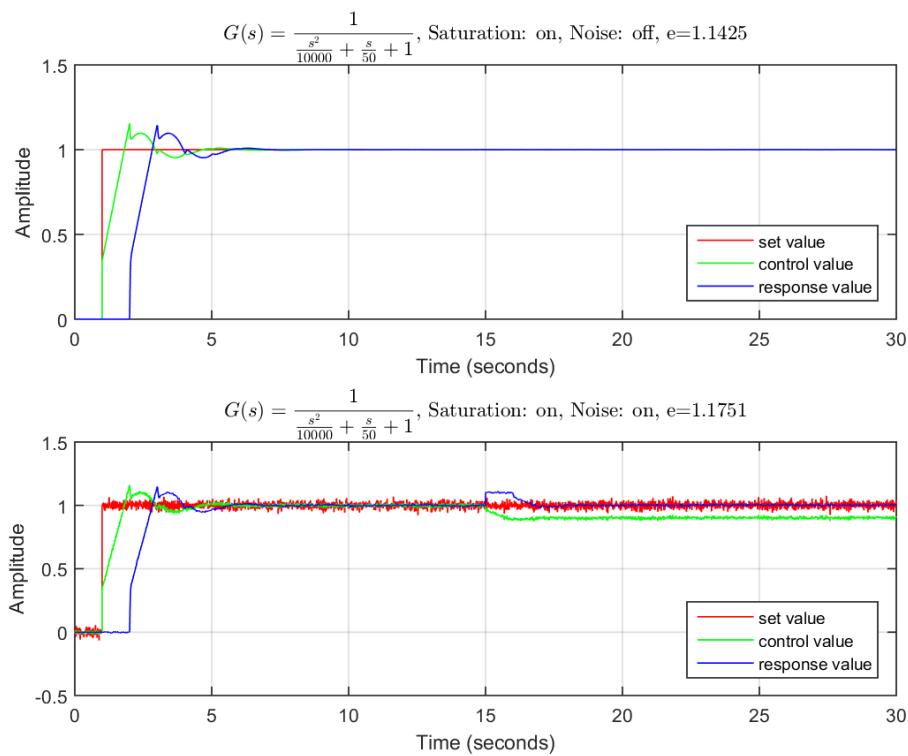
Rysunek 2.3.42: Obiekt G1-tf21a



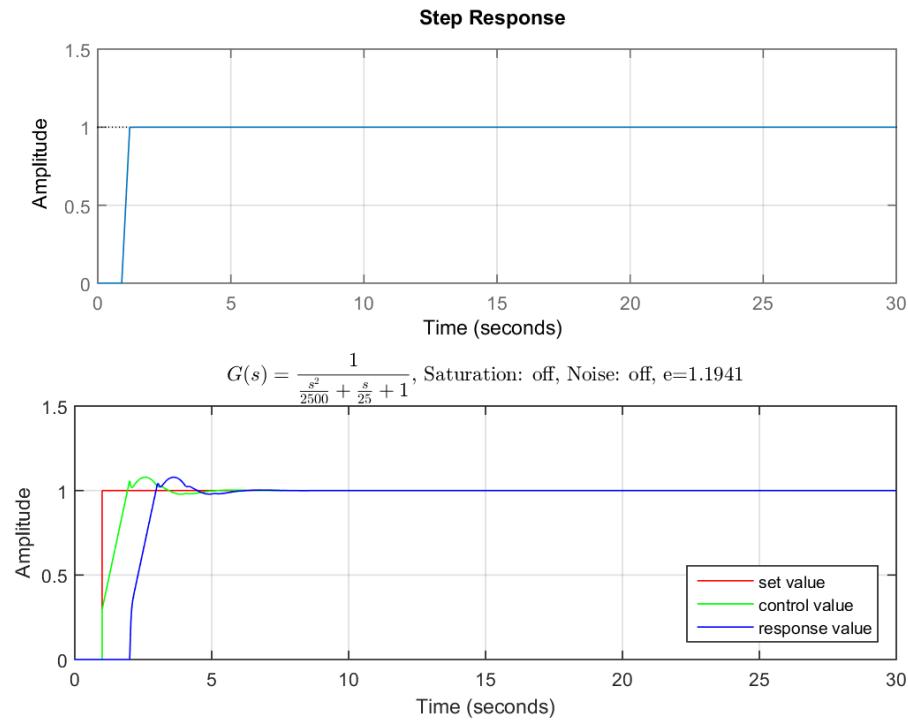
Rysunek 2.3.43: Obiekt G1-tf21b



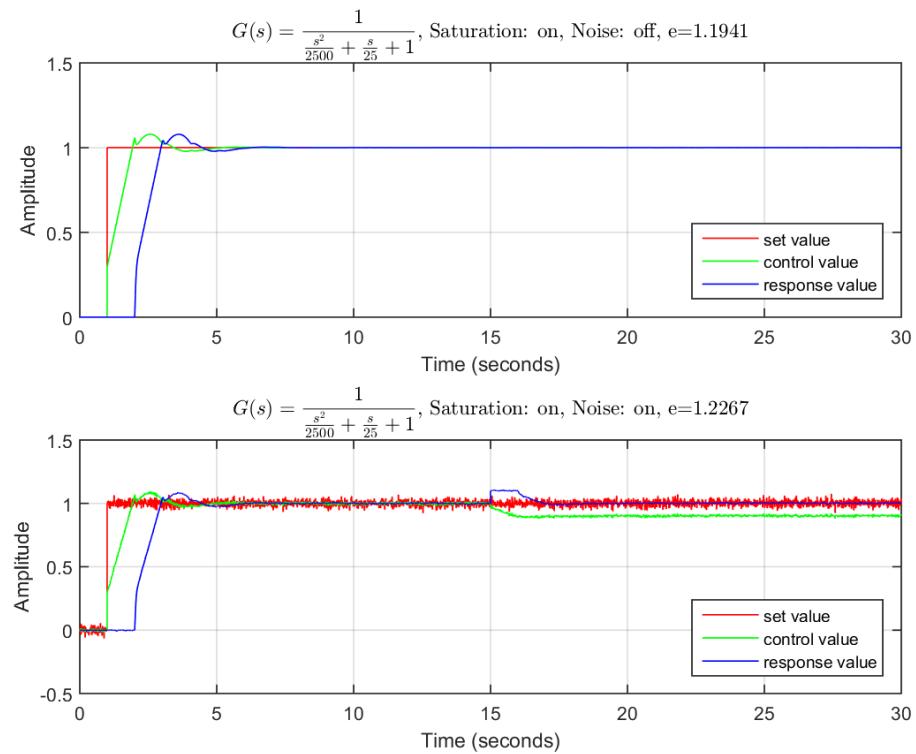
Rysunek 2.3.44: Obiekt G2-tf1a



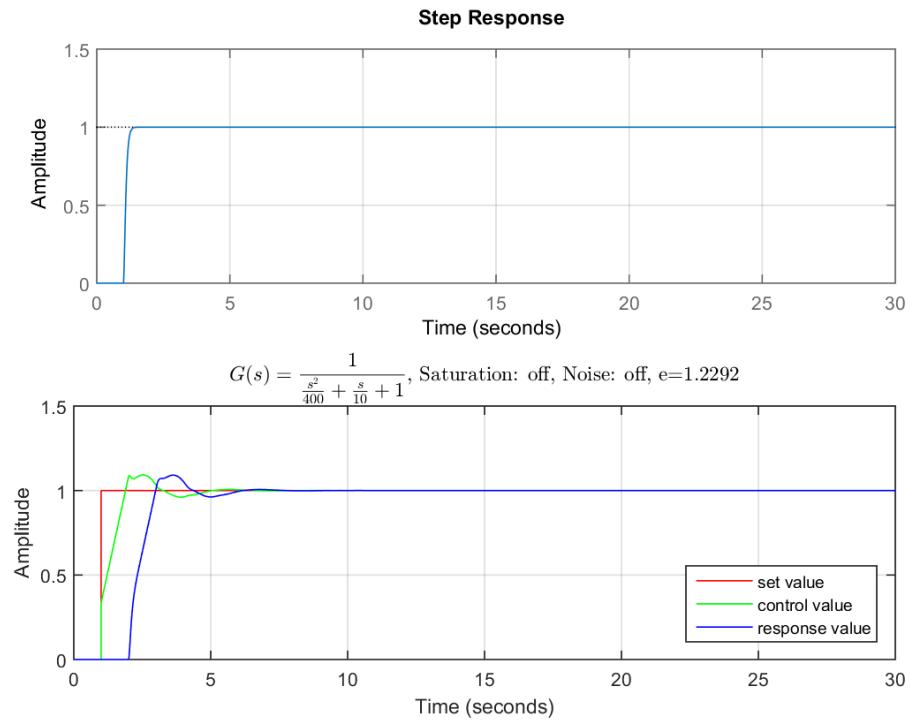
Rysunek 2.3.45: Obiekt G2-tf1b



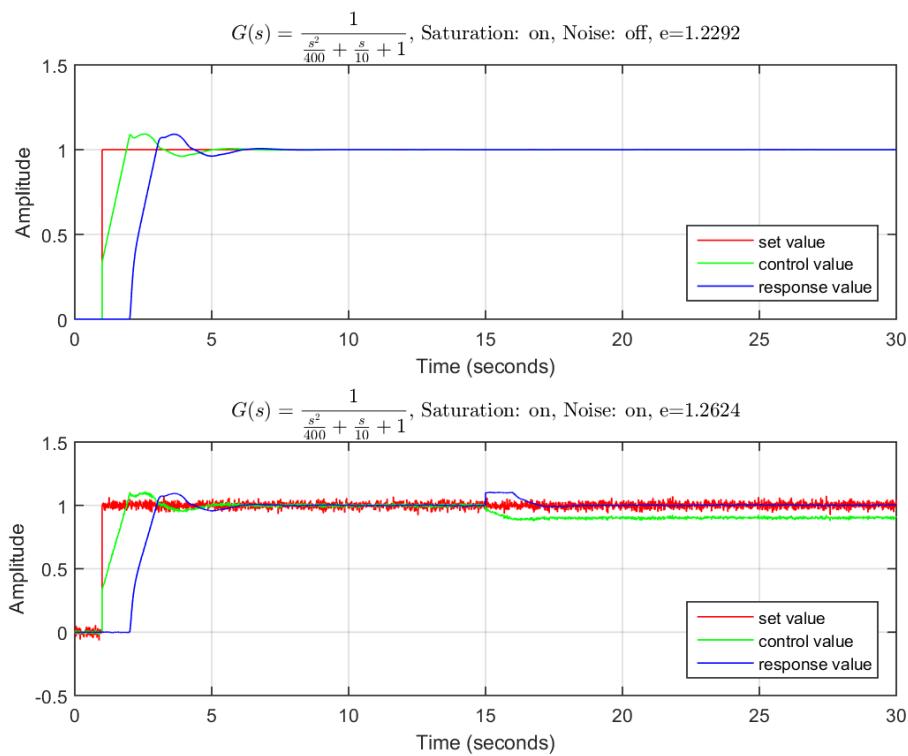
Rysunek 2.3.46: Obiekt G2-tf2a



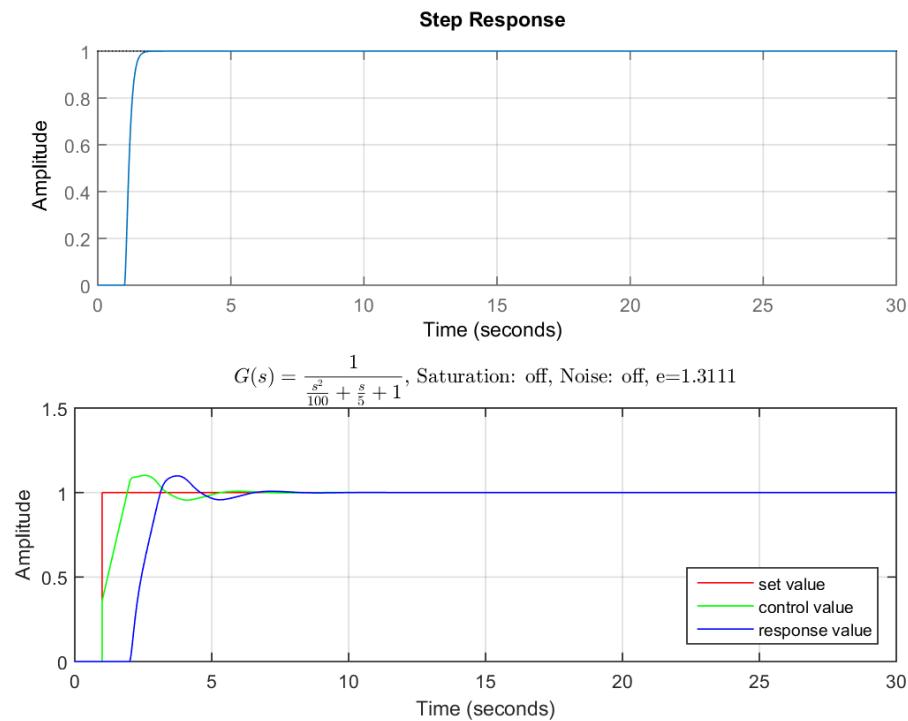
Rysunek 2.3.47: Obiekt G2-tf2b



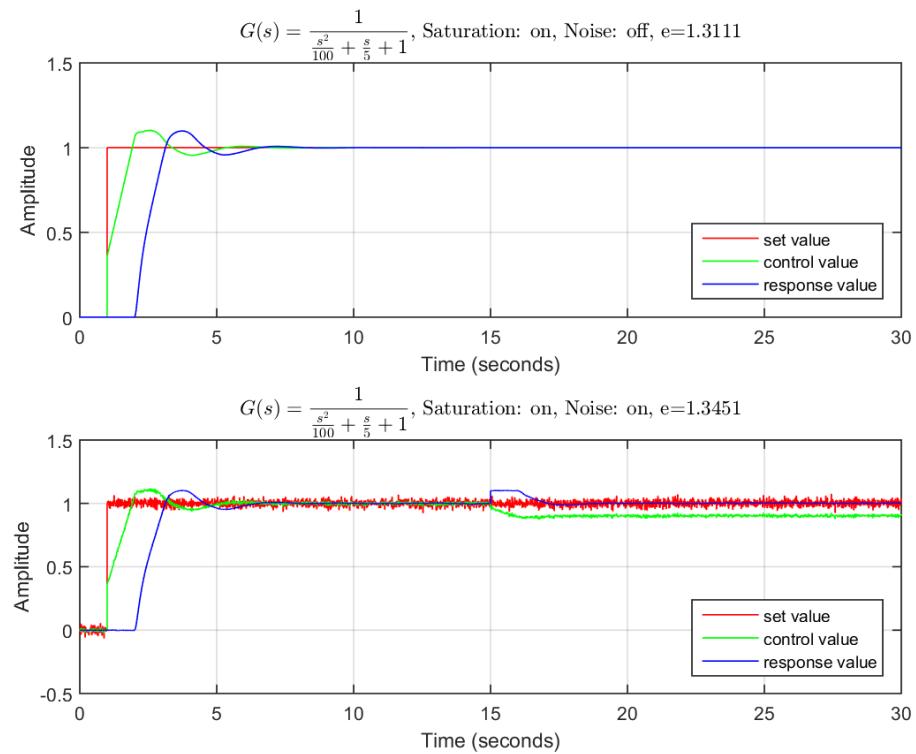
Rysunek 2.3.48: Obiekt G2-tf3a



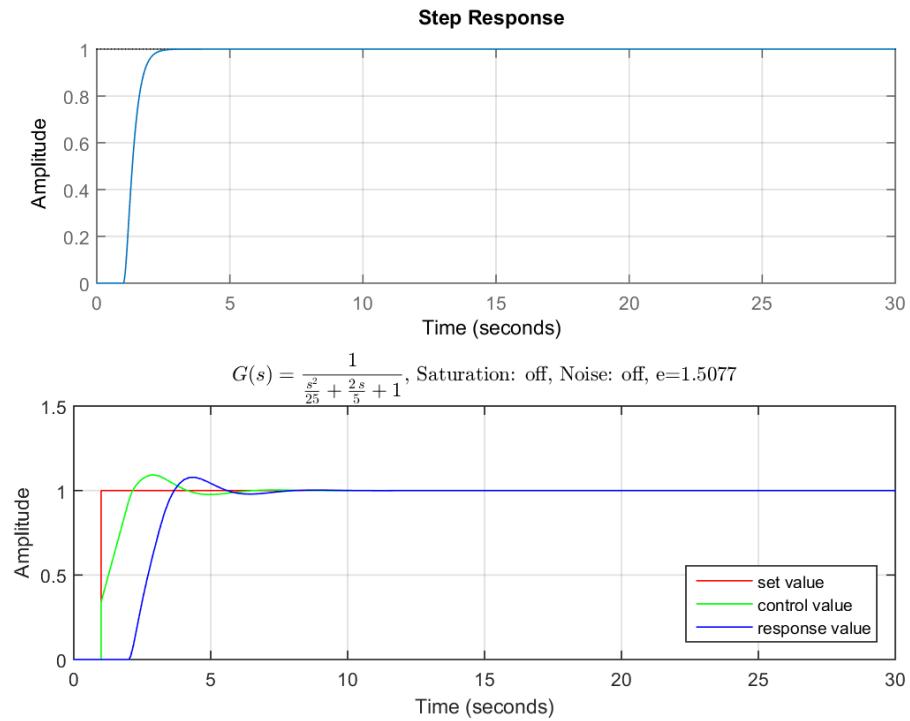
Rysunek 2.3.49: Obiekt G2-tf3b



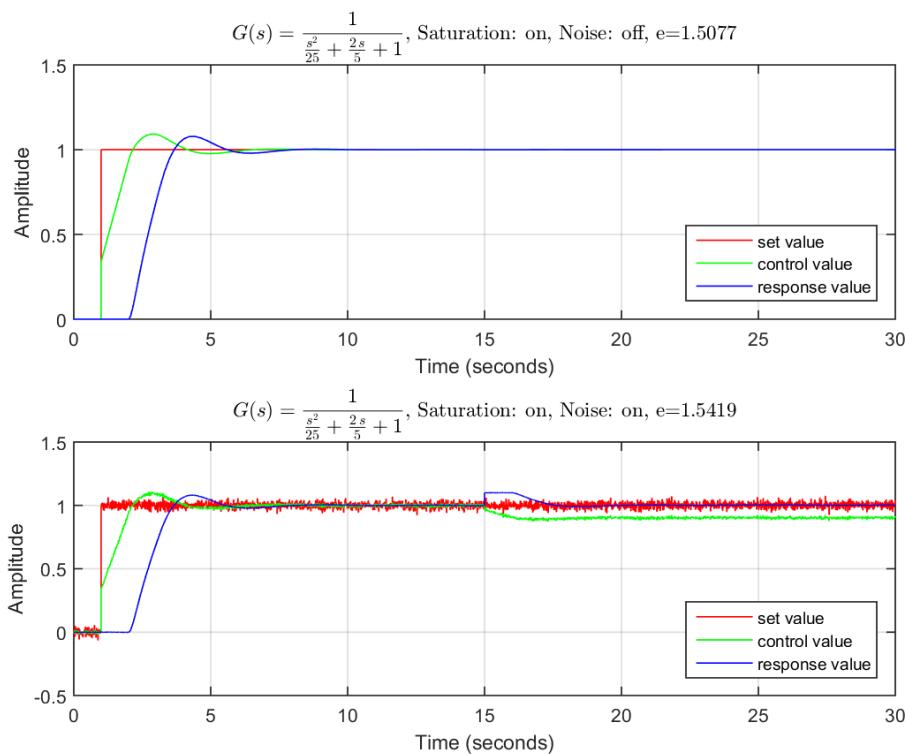
Rysunek 2.3.50: Obiekt G2-tf4a



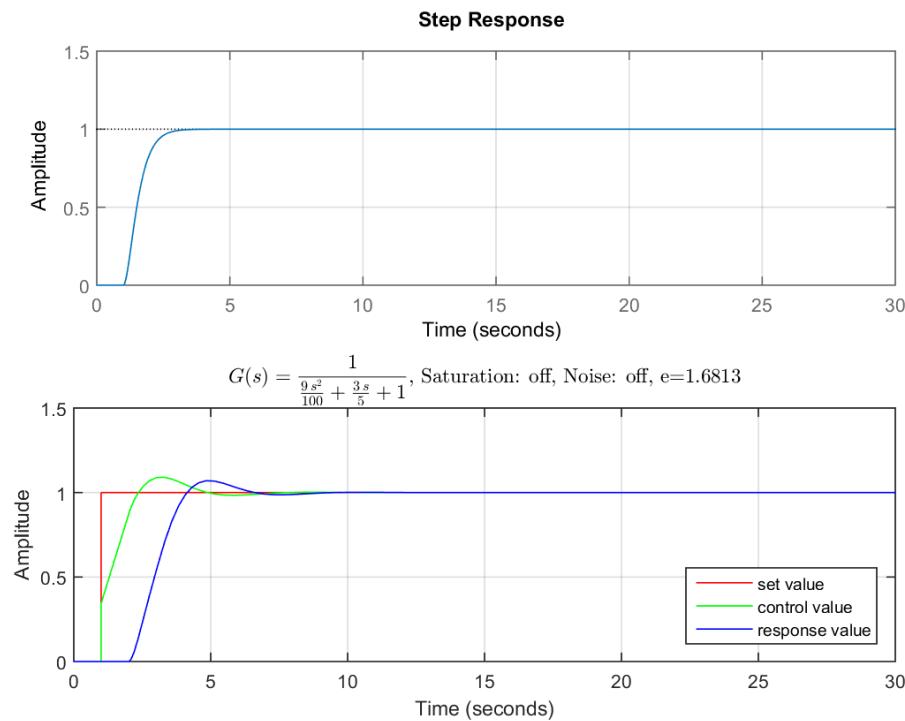
Rysunek 2.3.51: Obiekt G2-tf4b



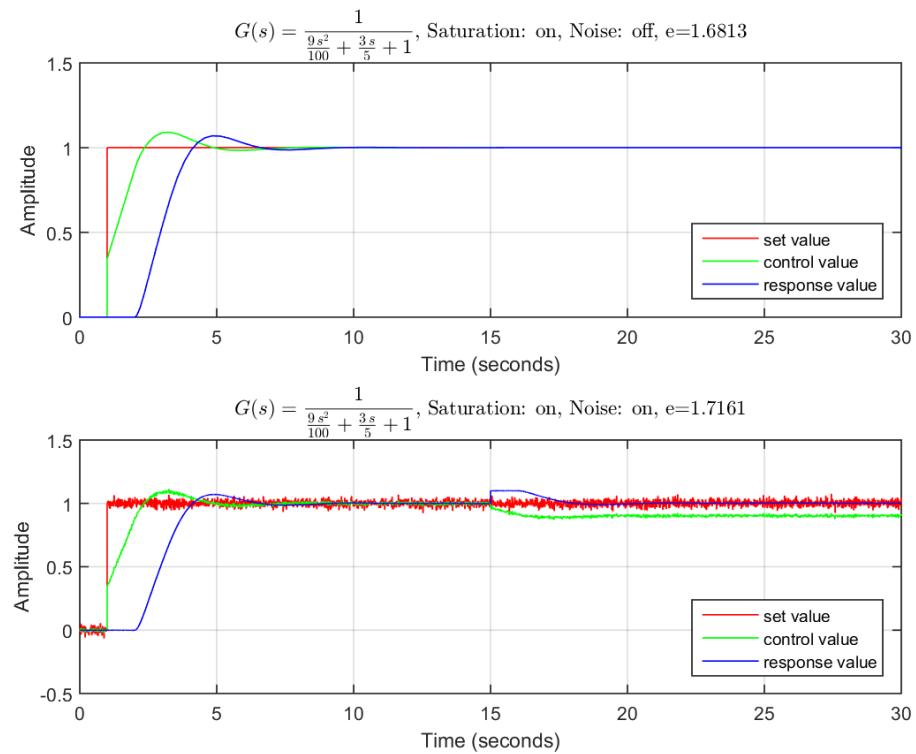
Rysunek 2.3.52: Obiekt G2-tf5a



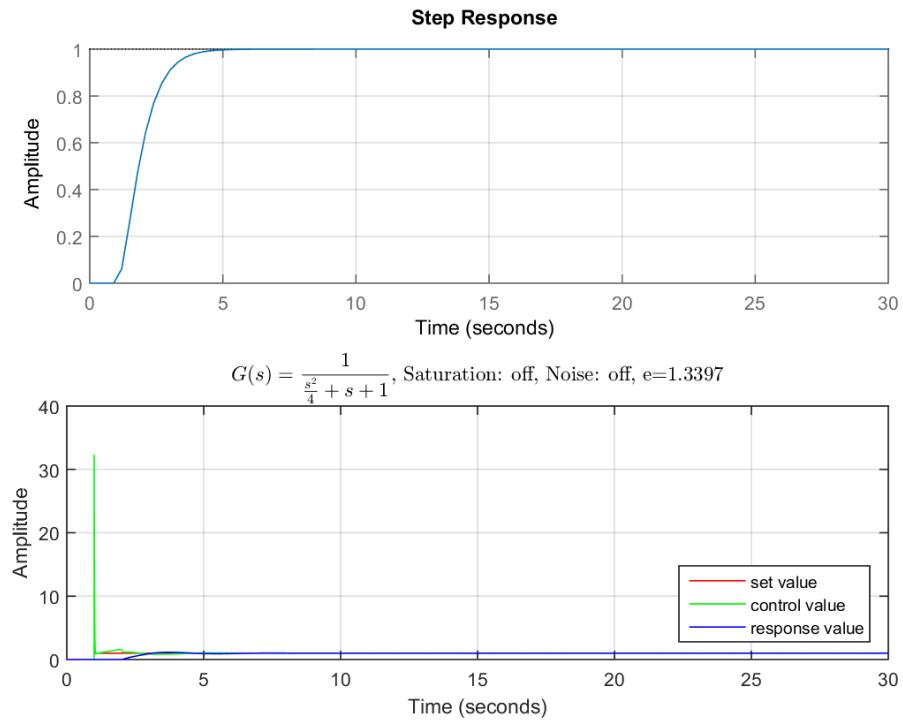
Rysunek 2.3.53: Obiekt G2-tf5b



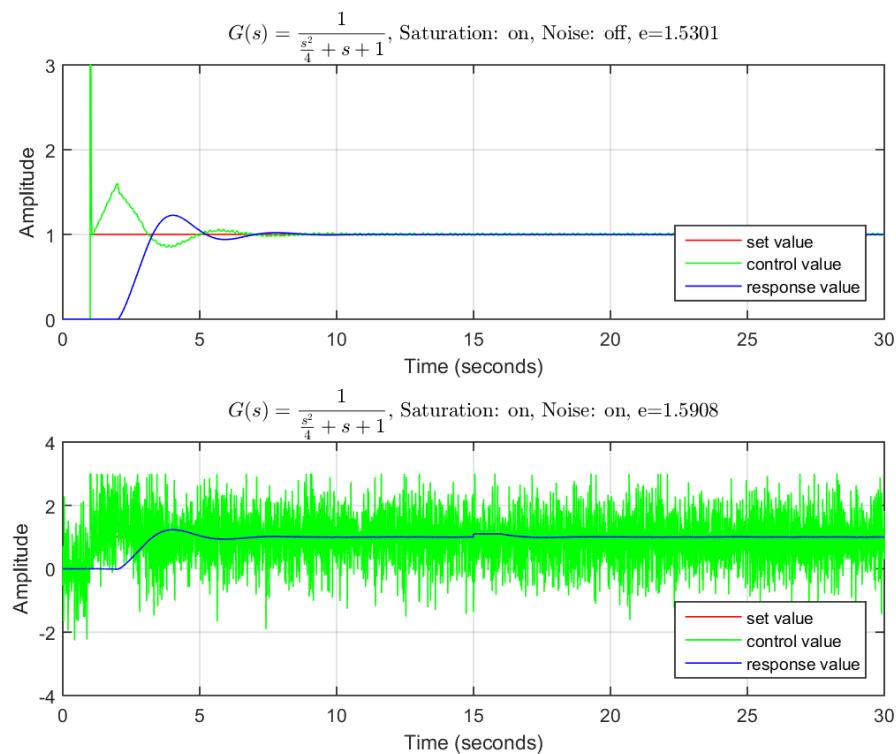
Rysunek 2.3.54: Obiekt G2-tf6a



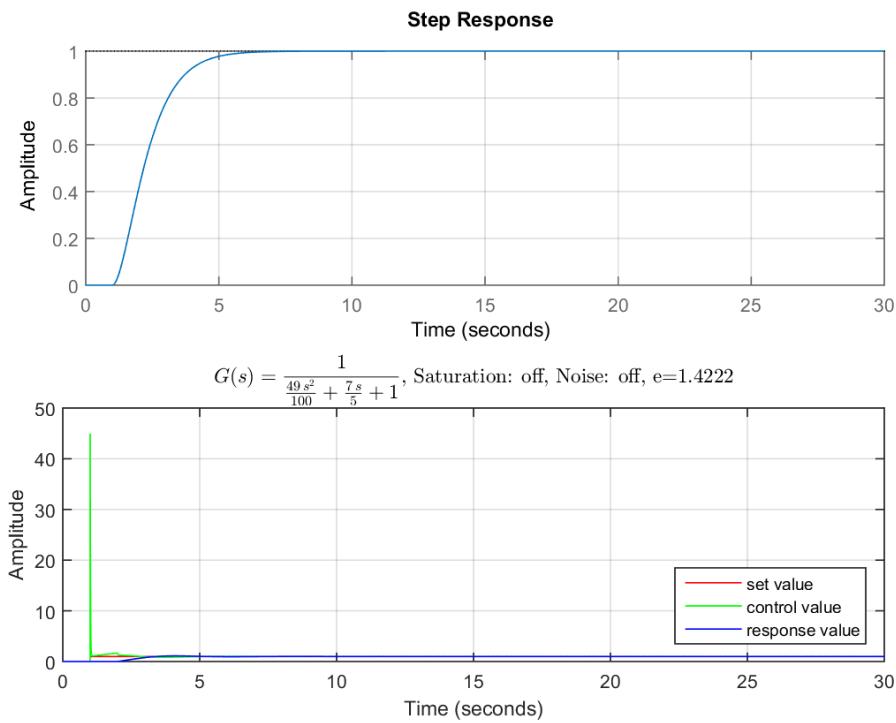
Rysunek 2.3.55: Obiekt G2-tf6b



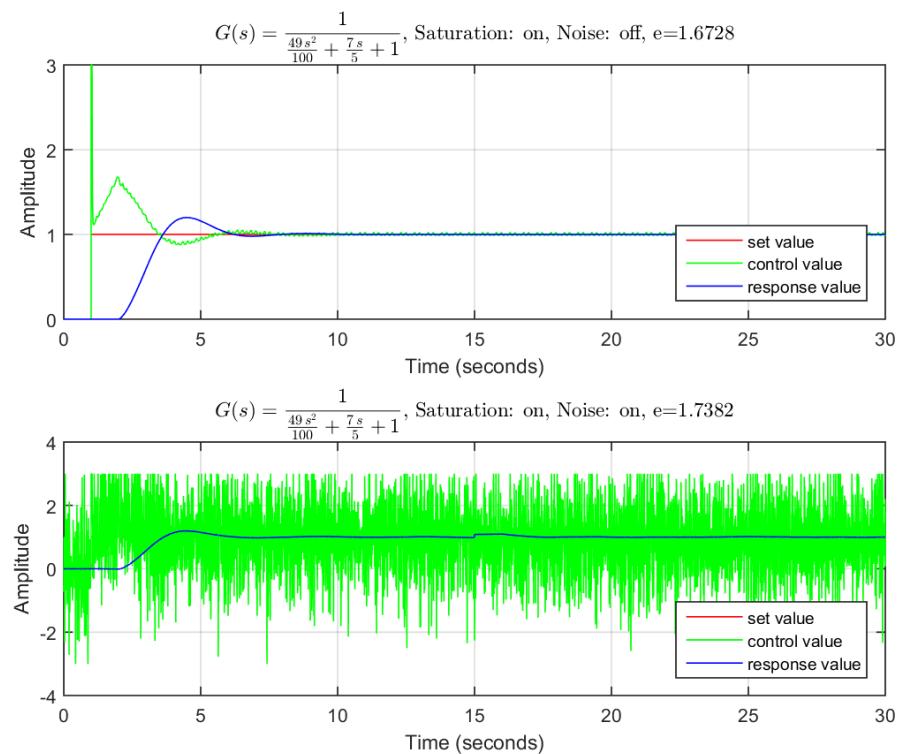
Rysunek 2.3.56: Obiekt G2-tf7a



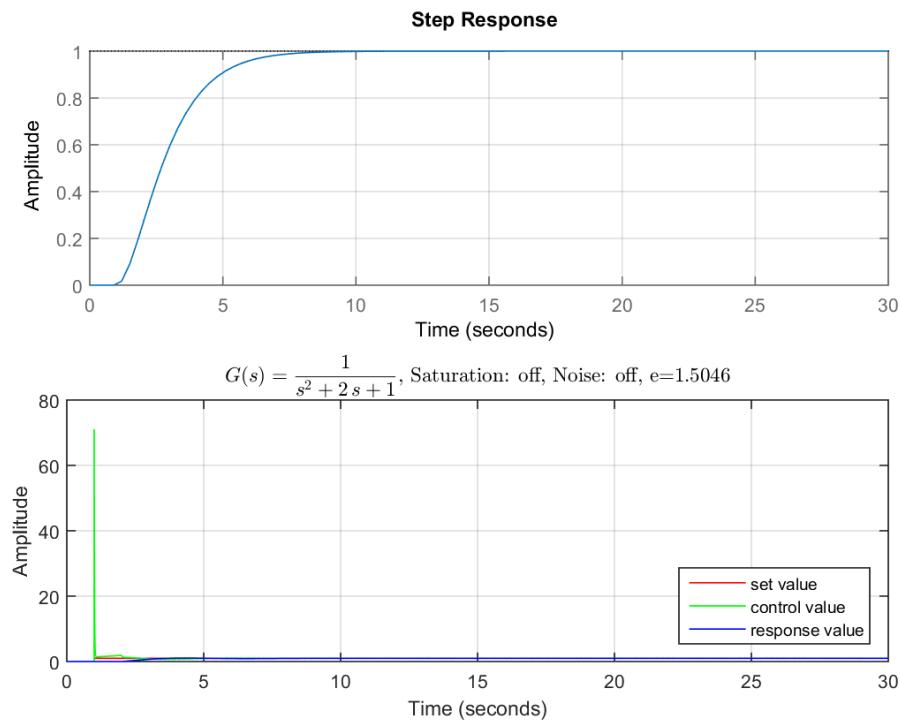
Rysunek 2.3.57: Obiekt G2-tf7b



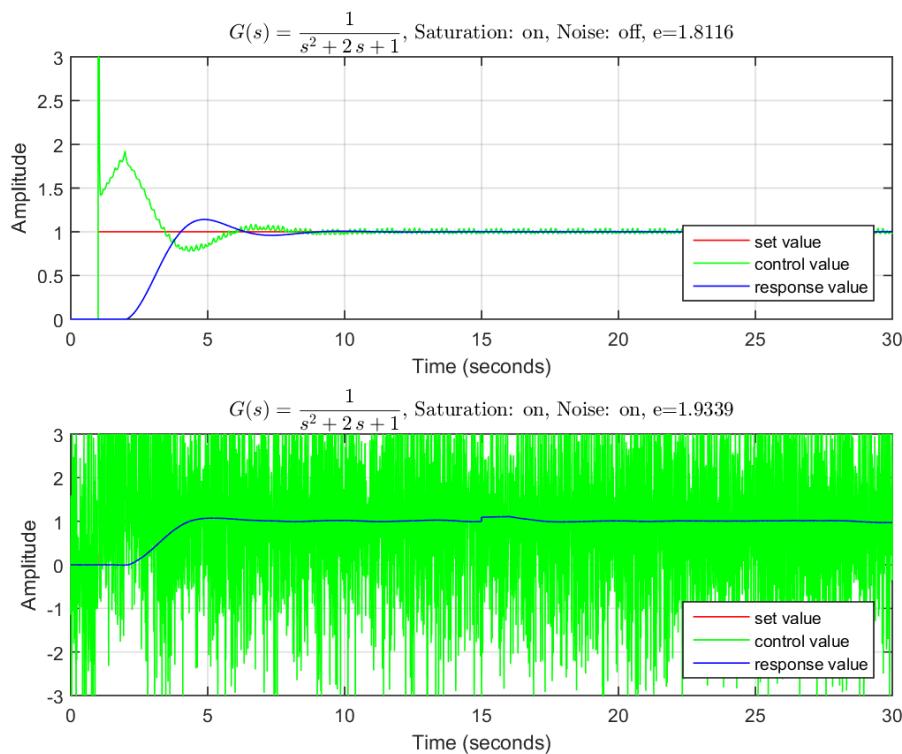
Rysunek 2.3.58: Obiekt G2-tf8a



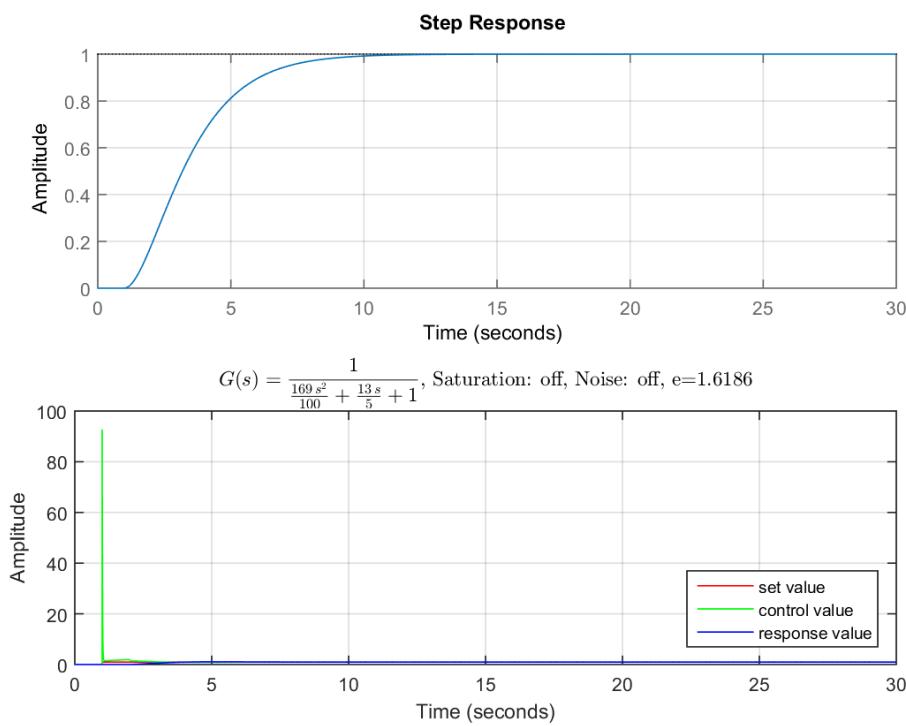
Rysunek 2.3.59: Obiekt G2-tf8b



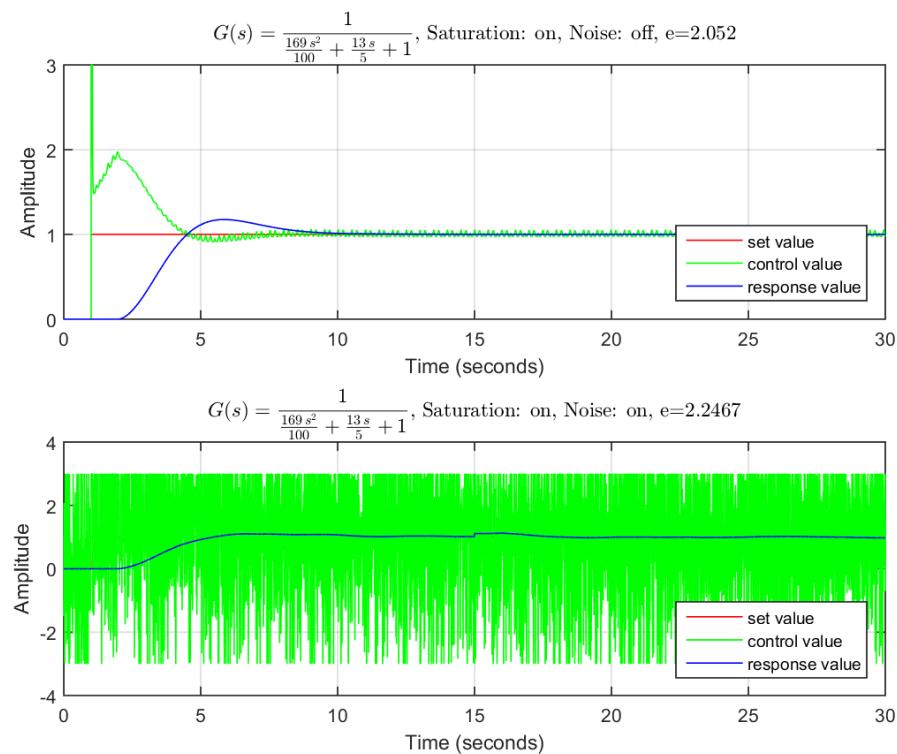
Rysunek 2.3.60: Obiekt G2-tf9a



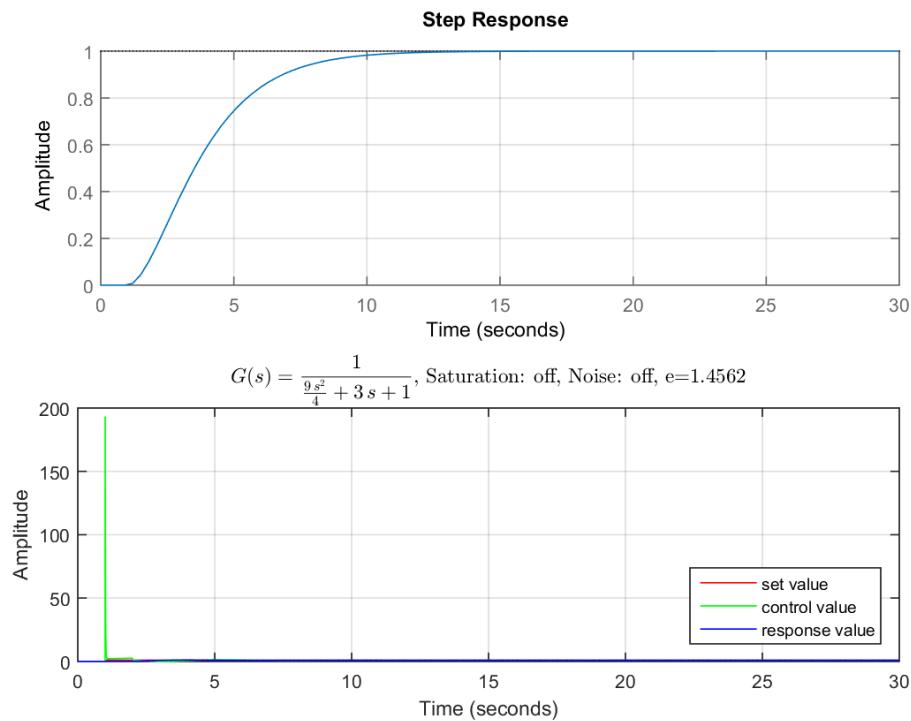
Rysunek 2.3.61: Obiekt G2-tf9b



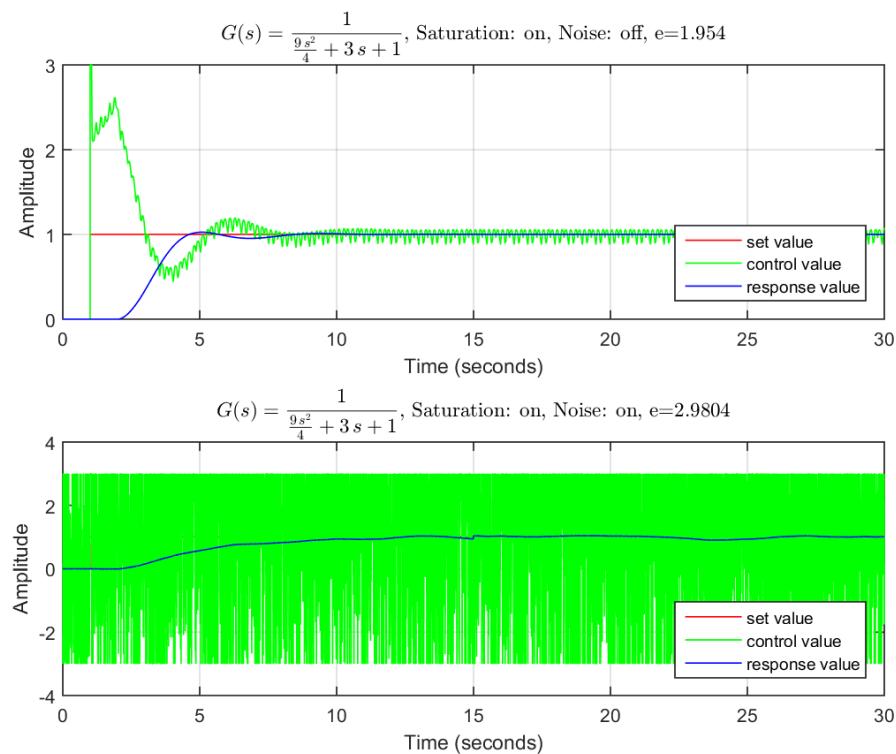
Rysunek 2.3.62: Obiekt G2-tf10a



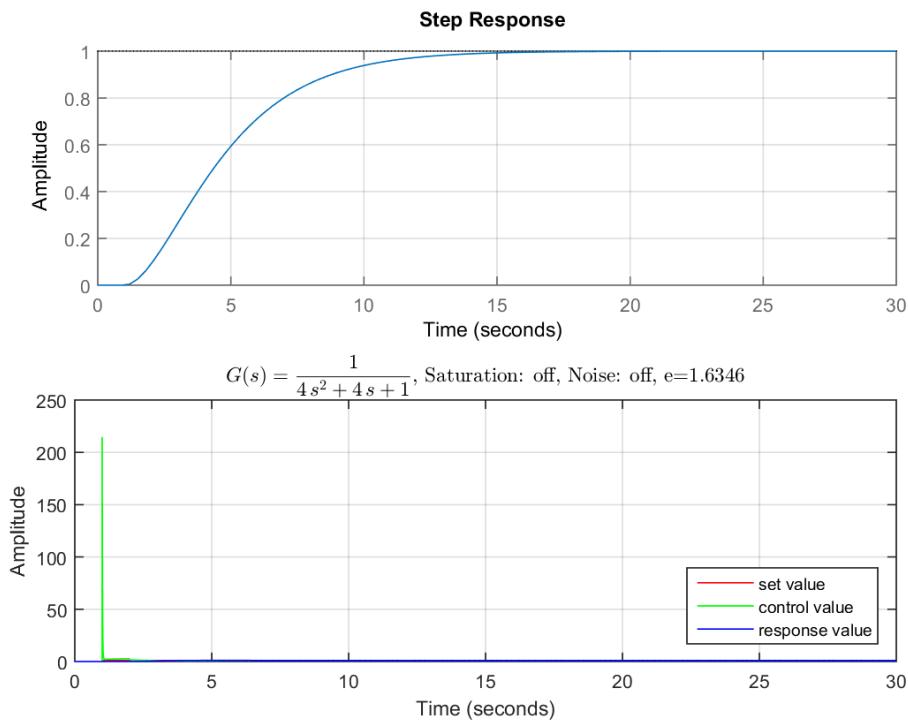
Rysunek 2.3.63: Obiekt G2-tf10b



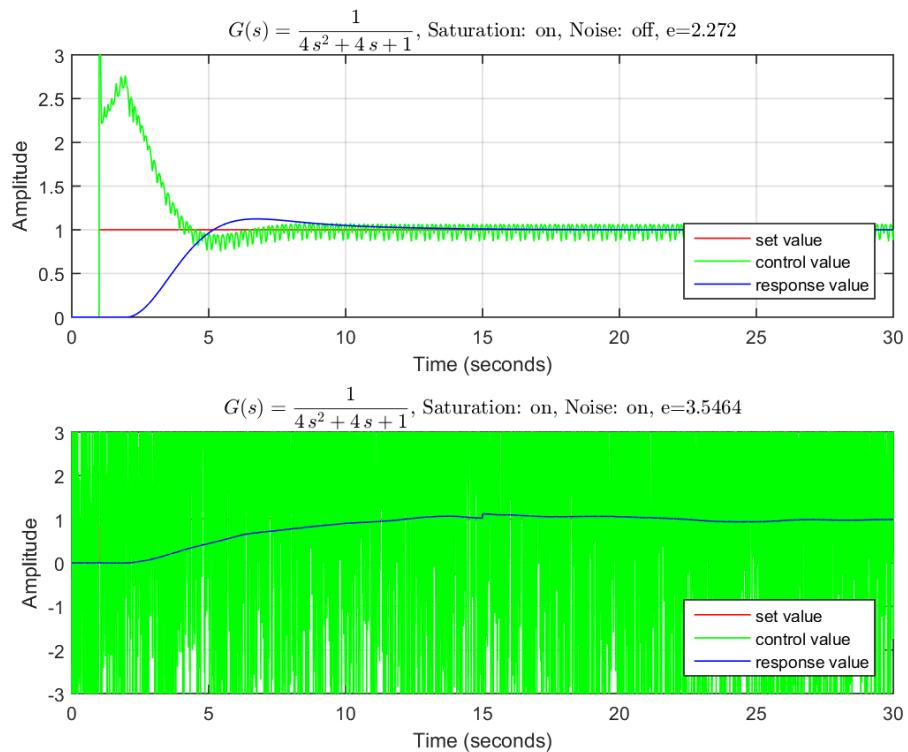
Rysunek 2.3.64: Obiekt G2-tf11a



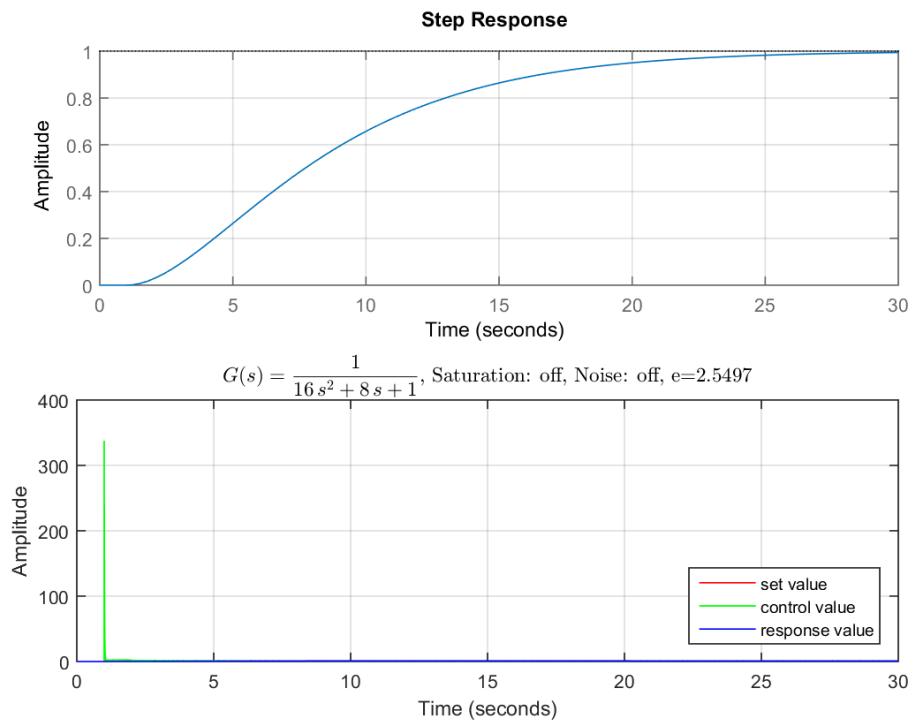
Rysunek 2.3.65: Obiekt G2-tf11b



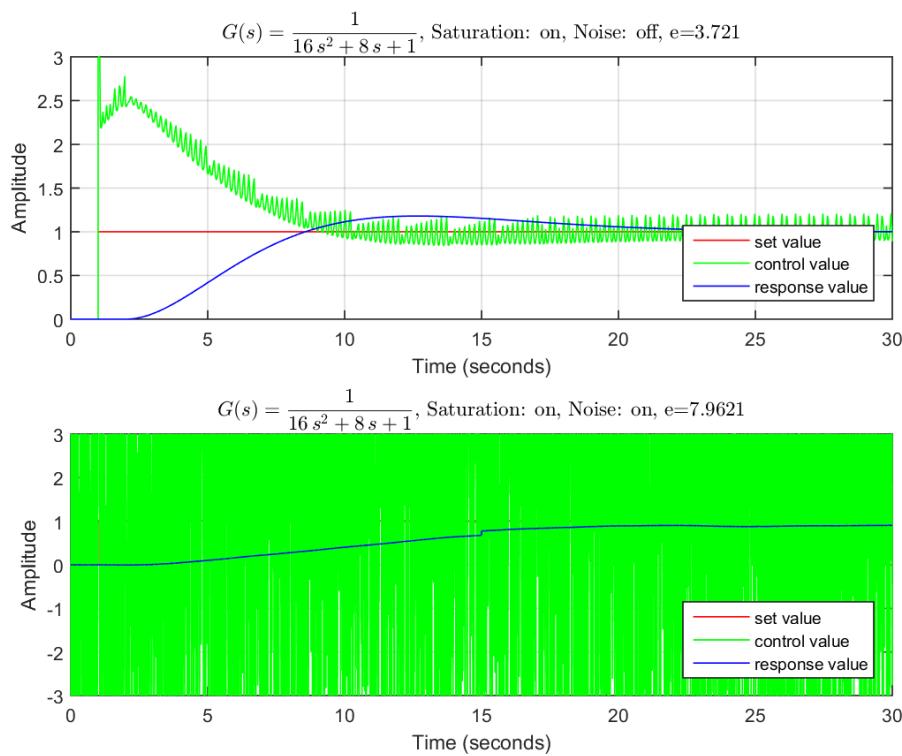
Rysunek 2.3.66: Obiekt G2-tf12a



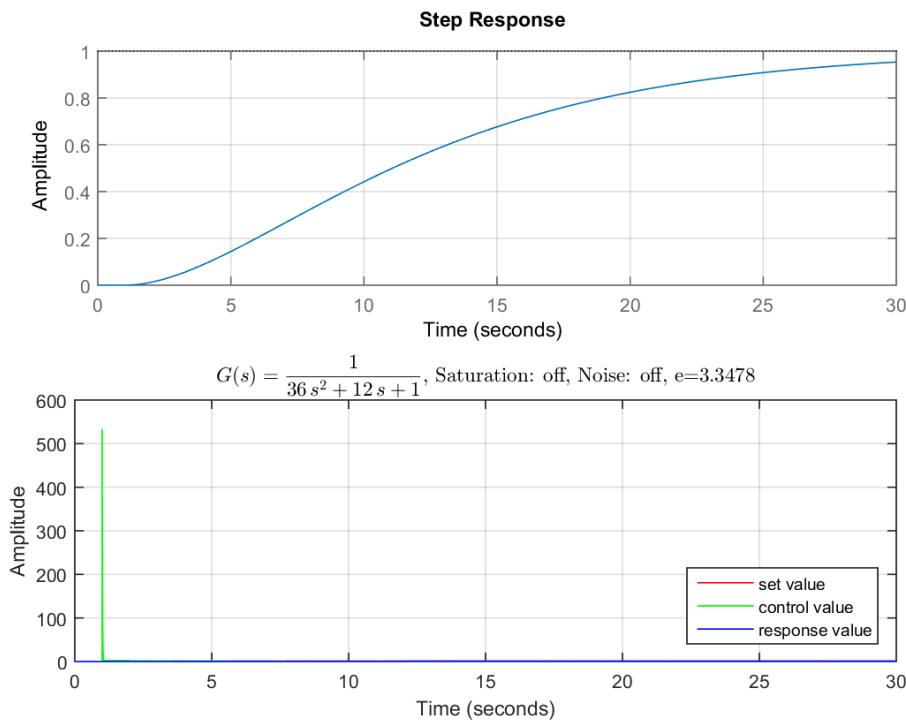
Rysunek 2.3.67: Obiekt G2-tf12b



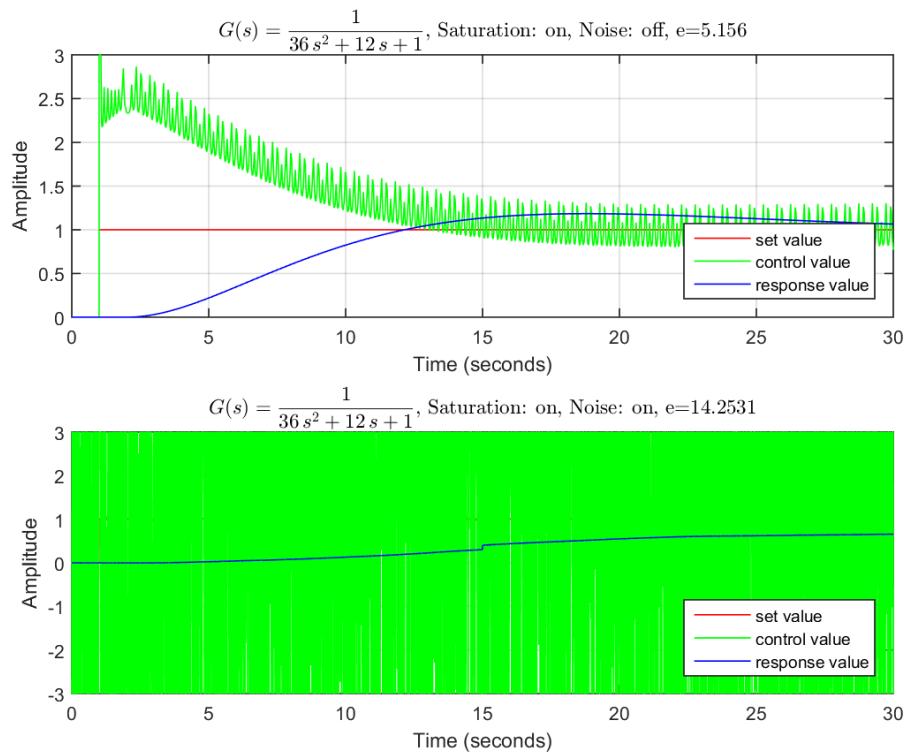
Rysunek 2.3.68: Obiekt G2-tf13a



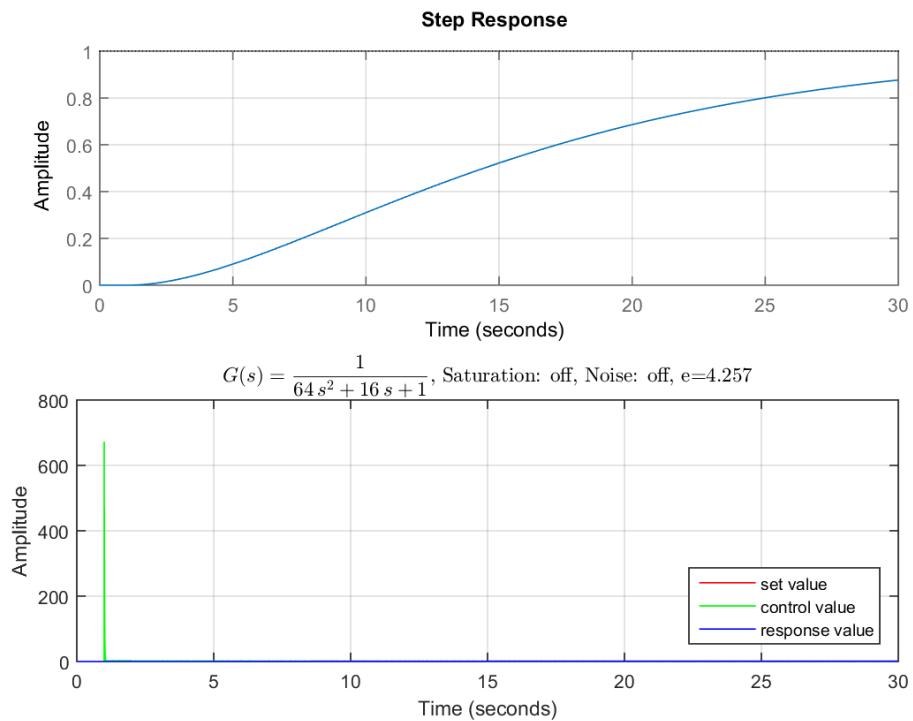
Rysunek 2.3.69: Obiekt G2-tf13b



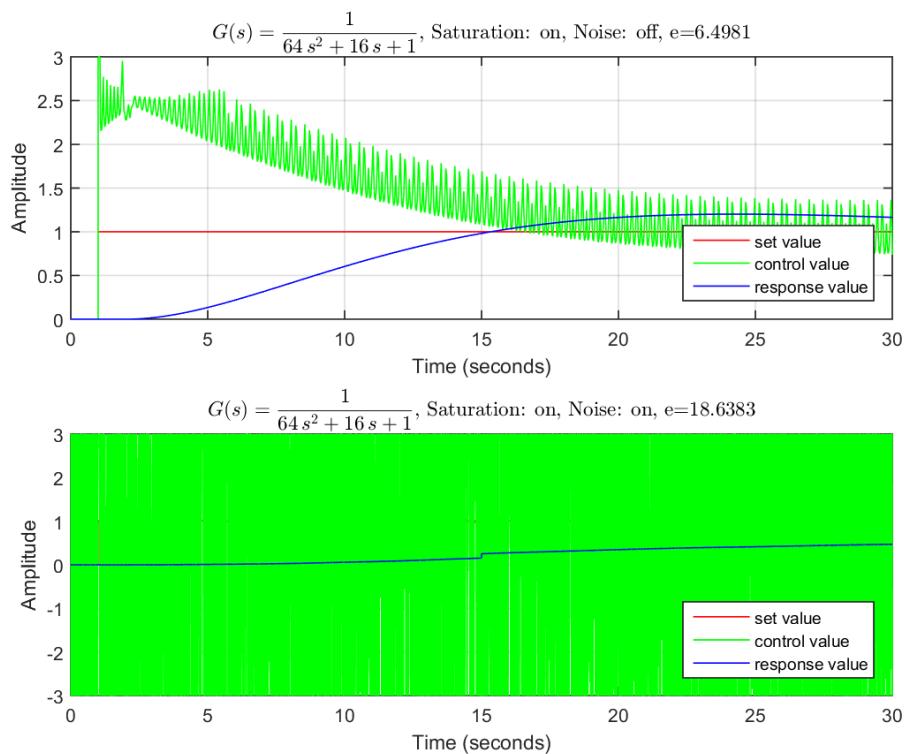
Rysunek 2.3.70: Obiekt G2-tf14a



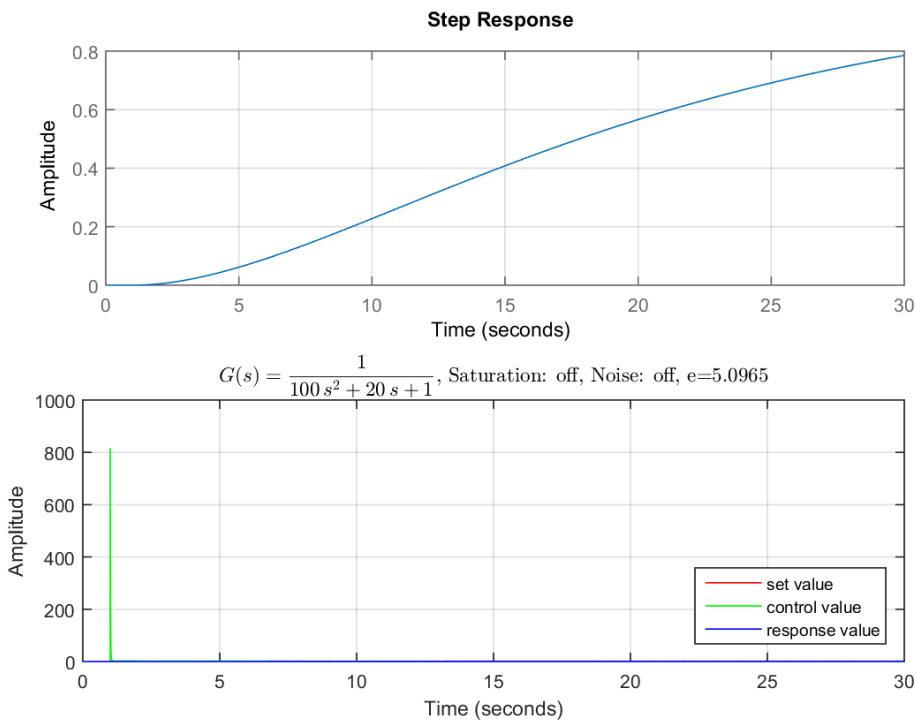
Rysunek 2.3.71: Obiekt G2-tf14b



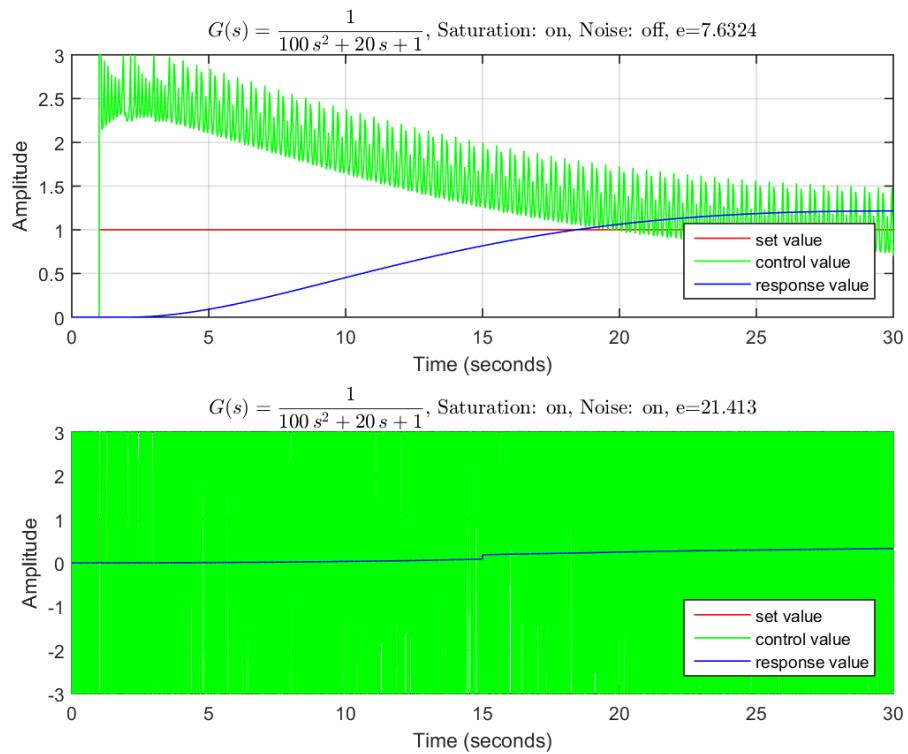
Rysunek 2.3.72: Obiekt G2-tf15a



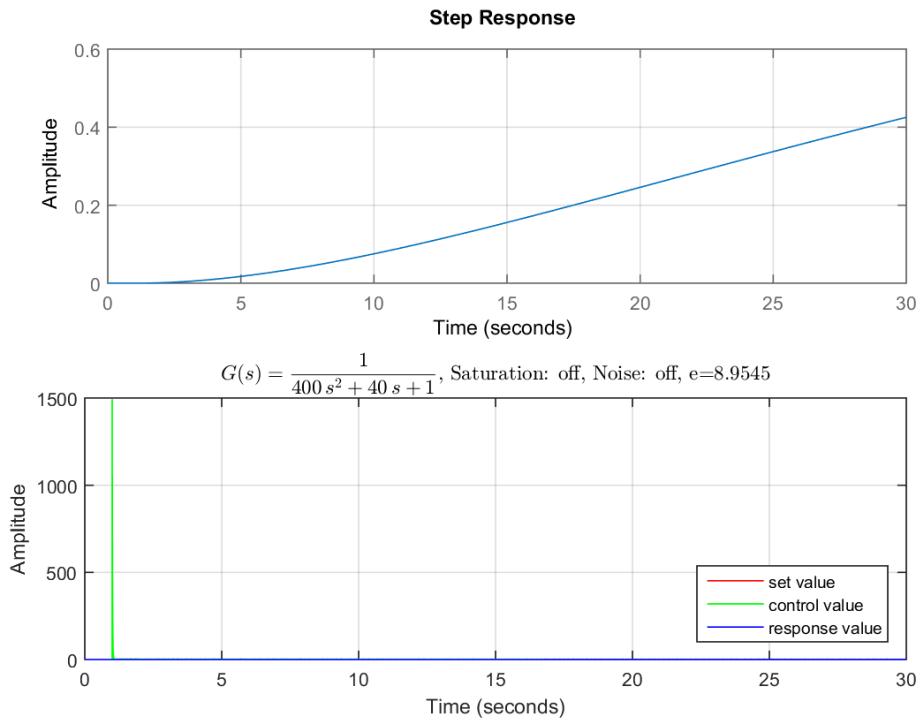
Rysunek 2.3.73: Obiekt G2-tf15b



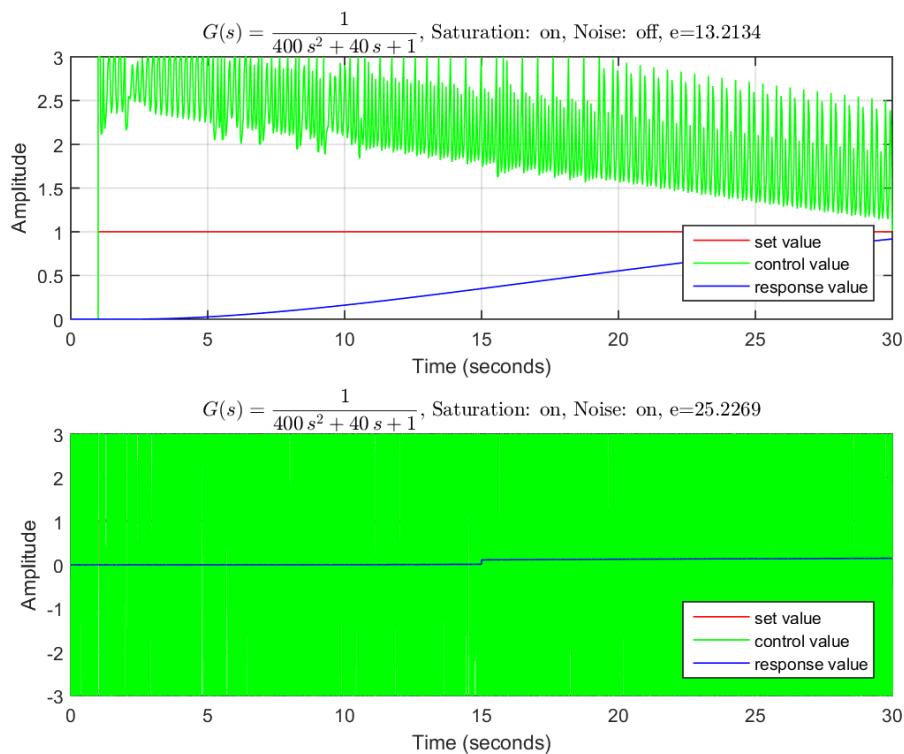
Rysunek 2.3.74: Obiekt G2-tf16a



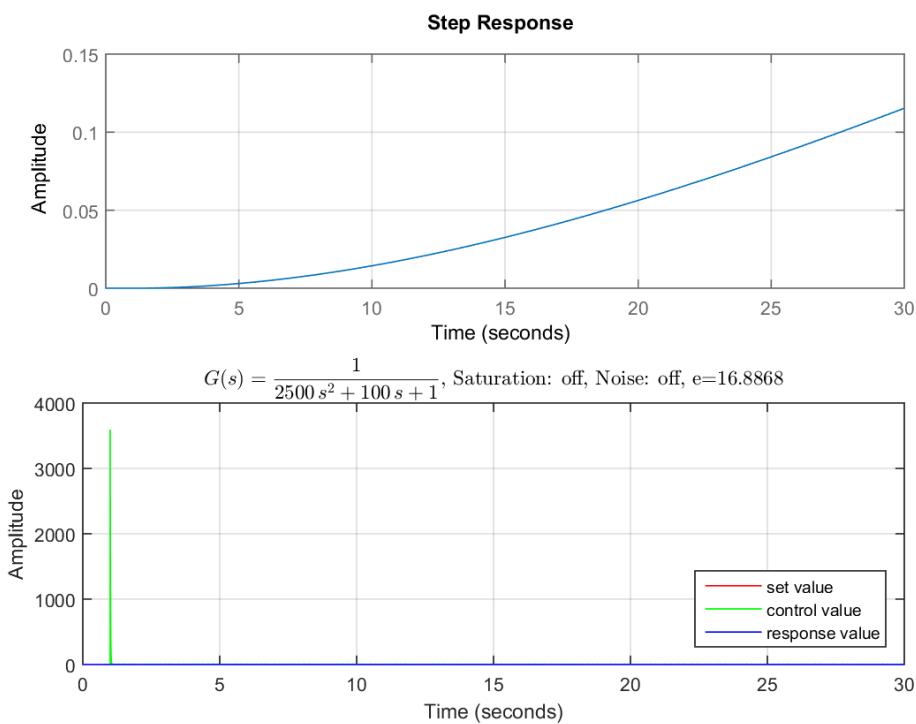
Rysunek 2.3.75: Obiekt G2-tf16b



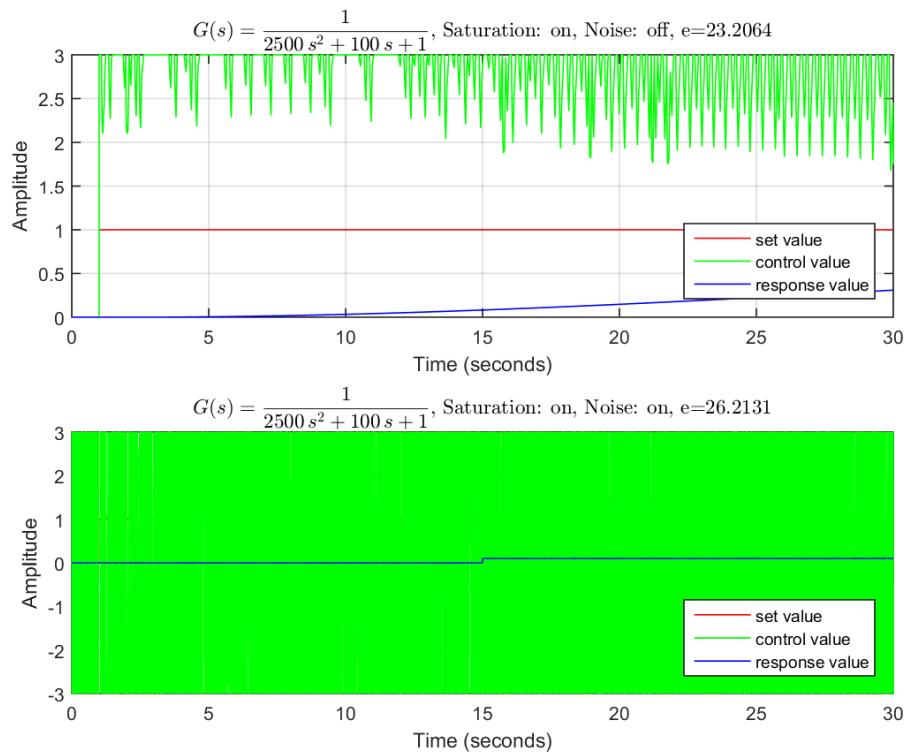
Rysunek 2.3.76: Obiekt G2-tf17a



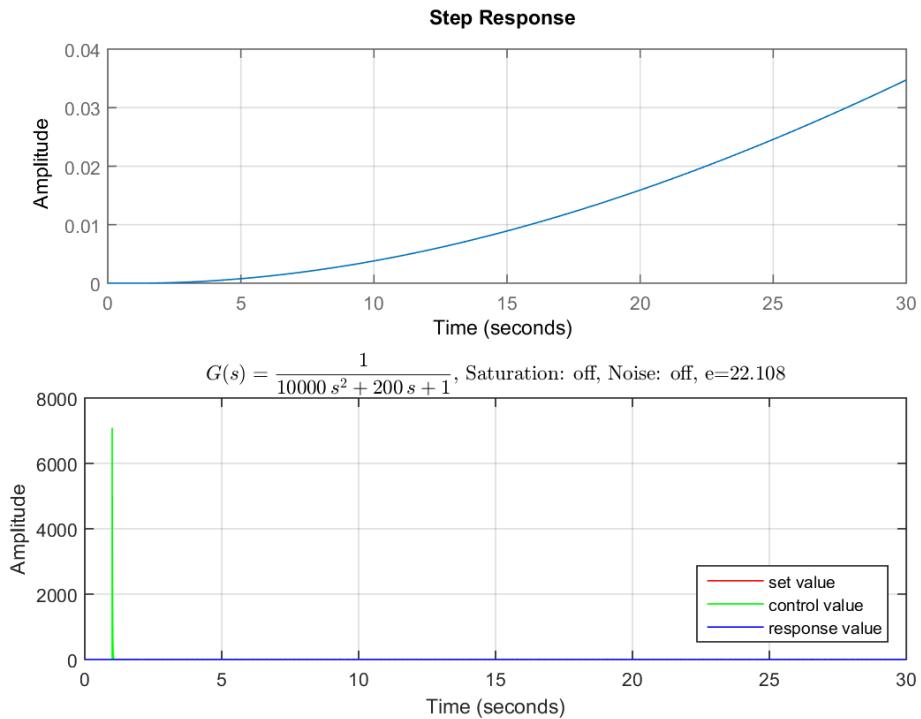
Rysunek 2.3.77: Obiekt G2-tf17b



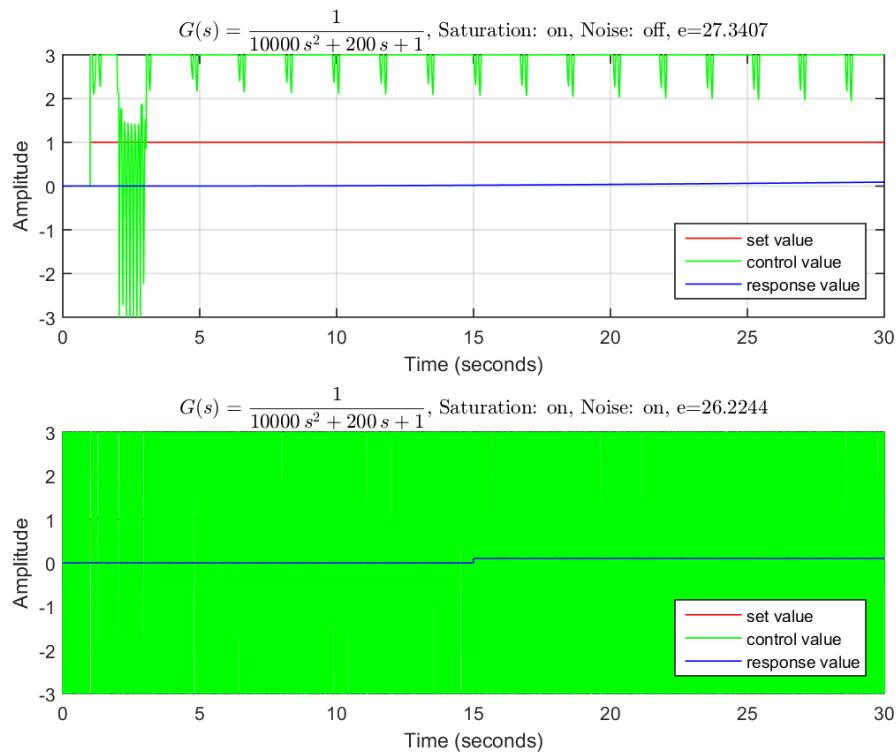
Rysunek 2.3.78: Obiekt G2-tf18a



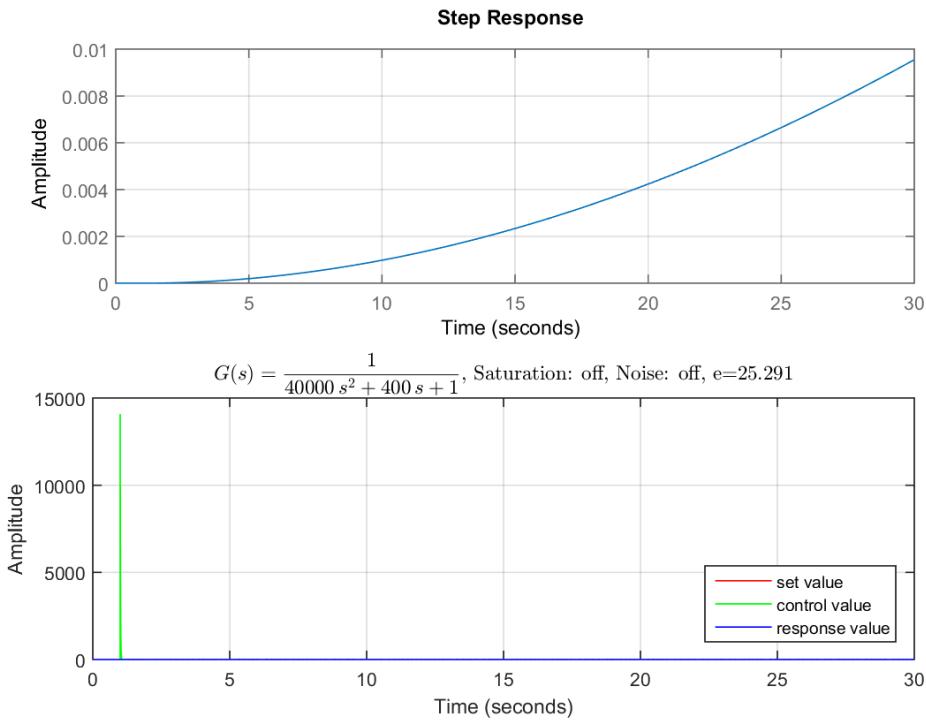
Rysunek 2.3.79: Obiekt G2-tf18b



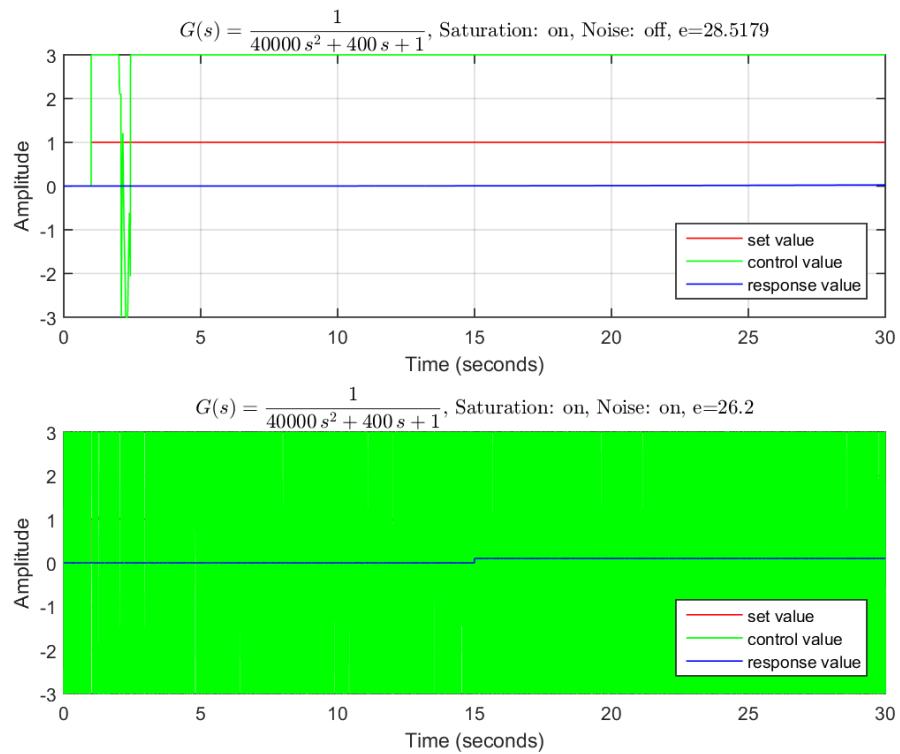
Rysunek 2.3.80: Obiekt G2-tf19a



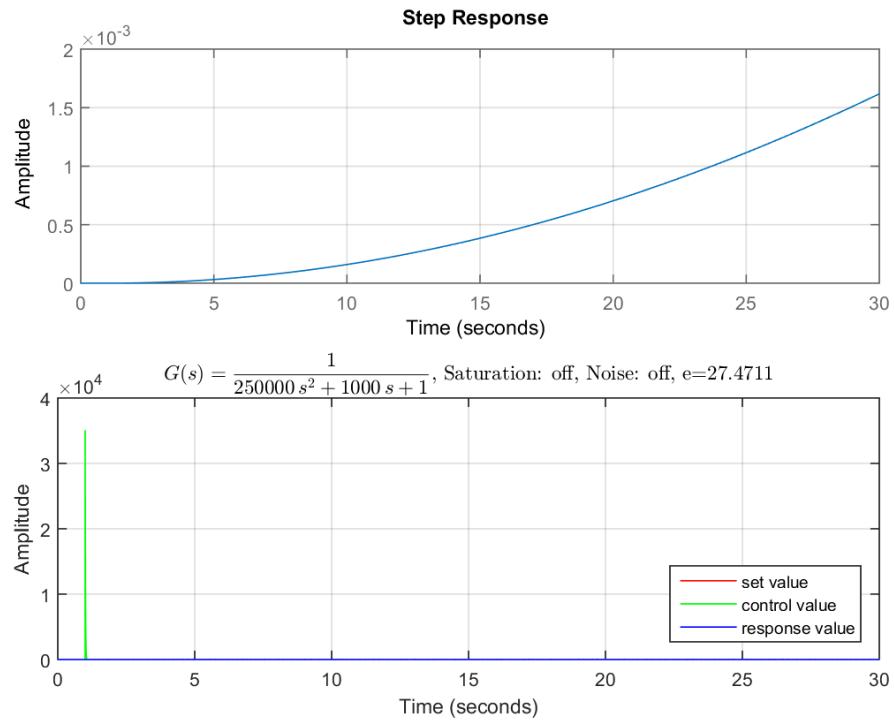
Rysunek 2.3.81: Obiekt G2-tf19b



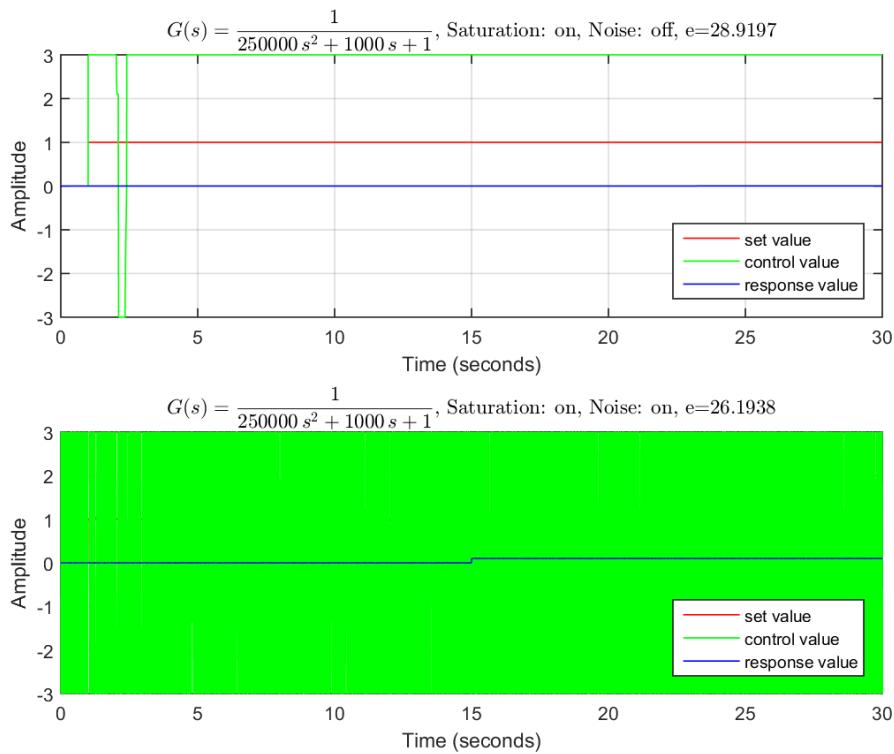
Rysunek 2.3.82: Obiekt G2-tf20a



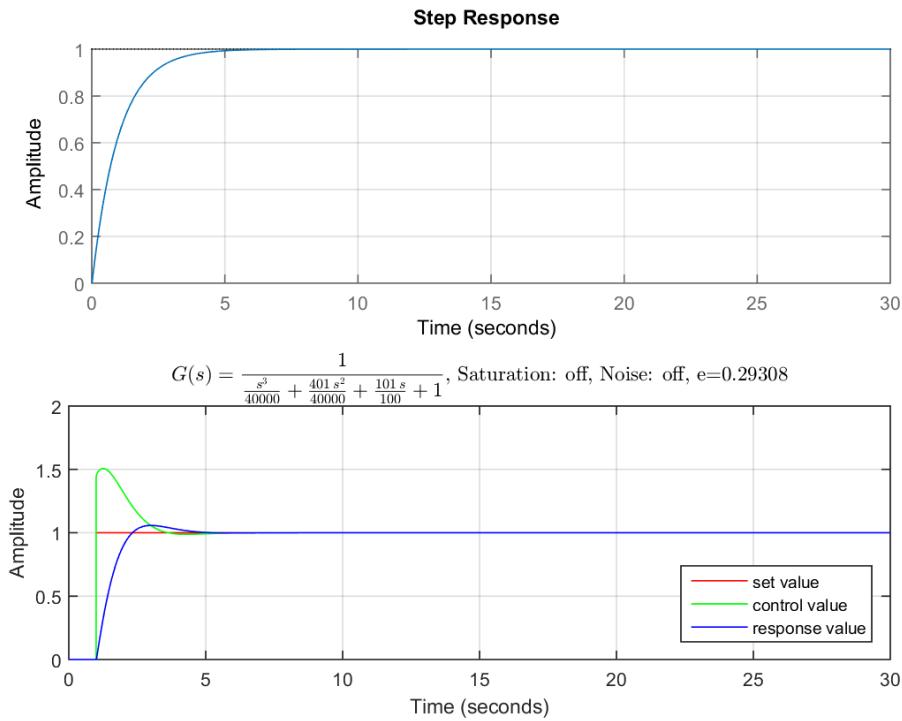
Rysunek 2.3.83: Obiekt G2-tf20b



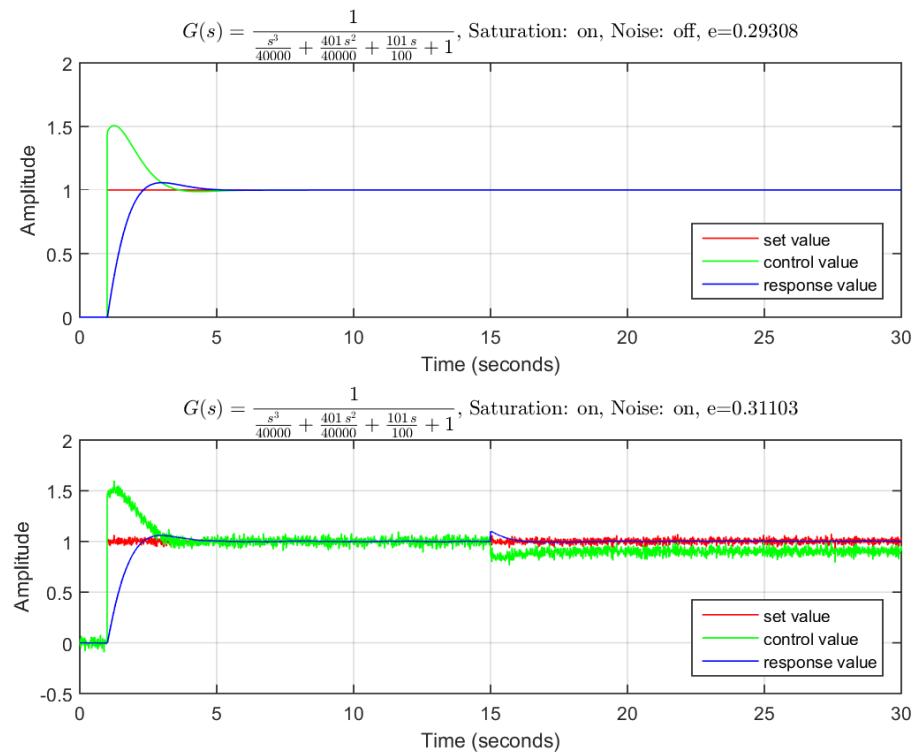
Rysunek 2.3.84: Obiekt G2-tf21a



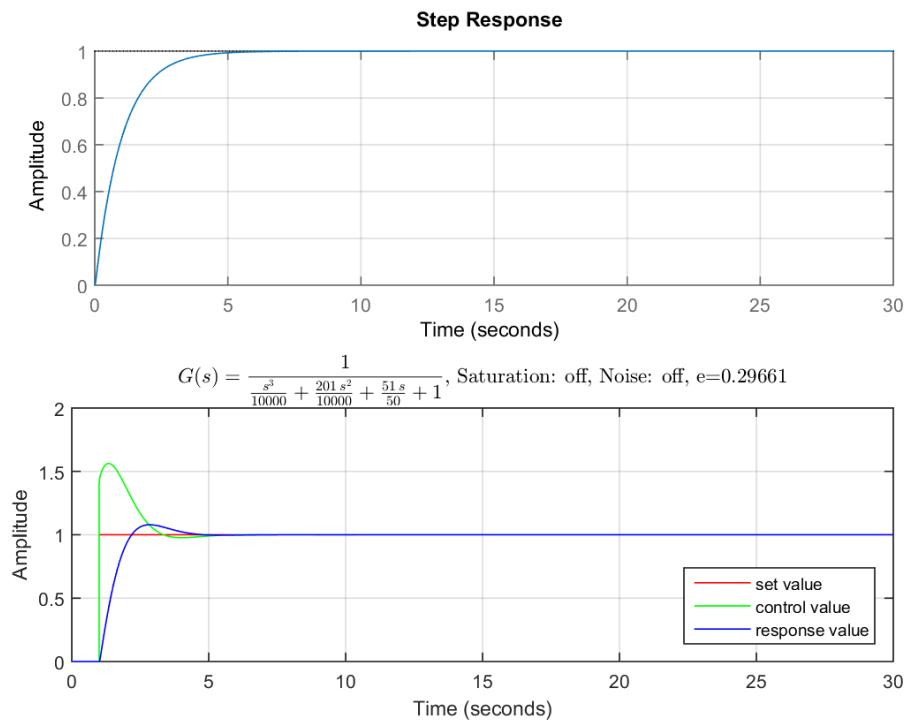
Rysunek 2.3.85: Obiekt G2-tf21b



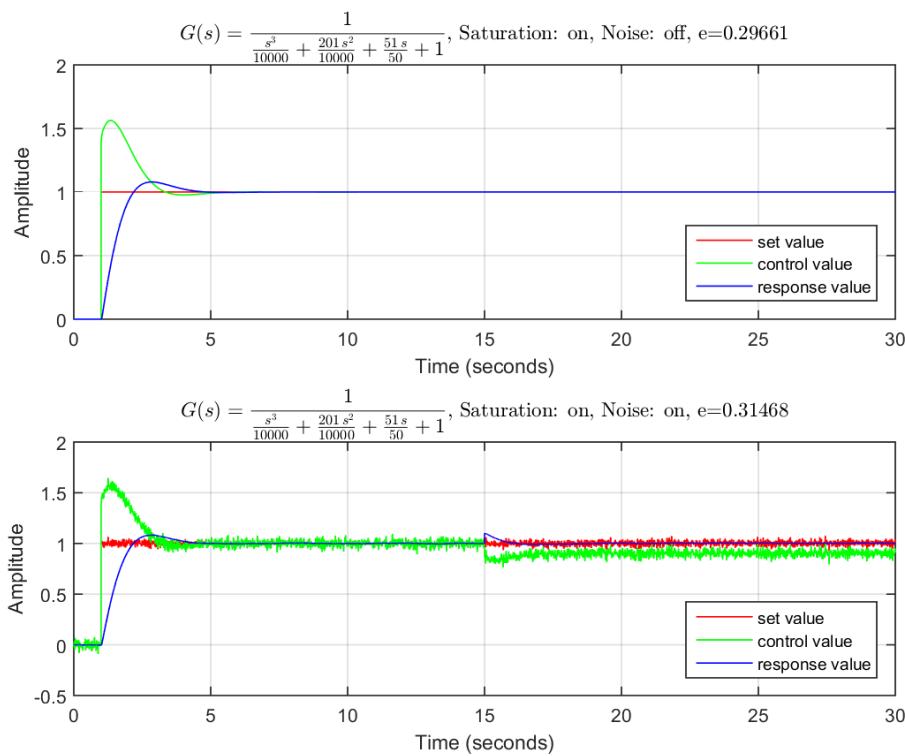
Rysunek 2.3.86: Obiekt G3-tf1a



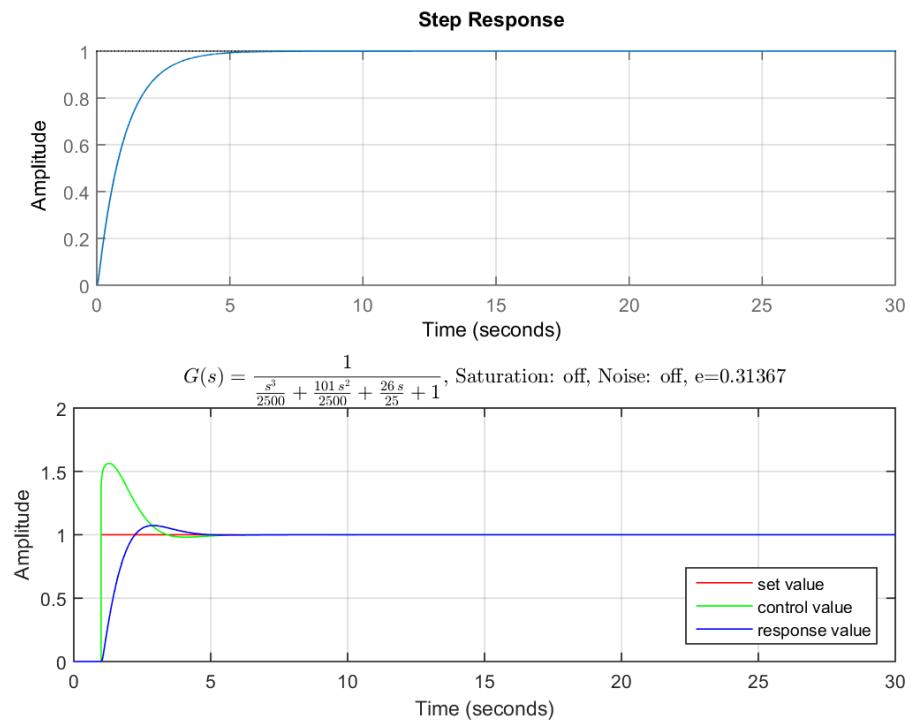
Rysunek 2.3.87: Obiekt G3-tf1b



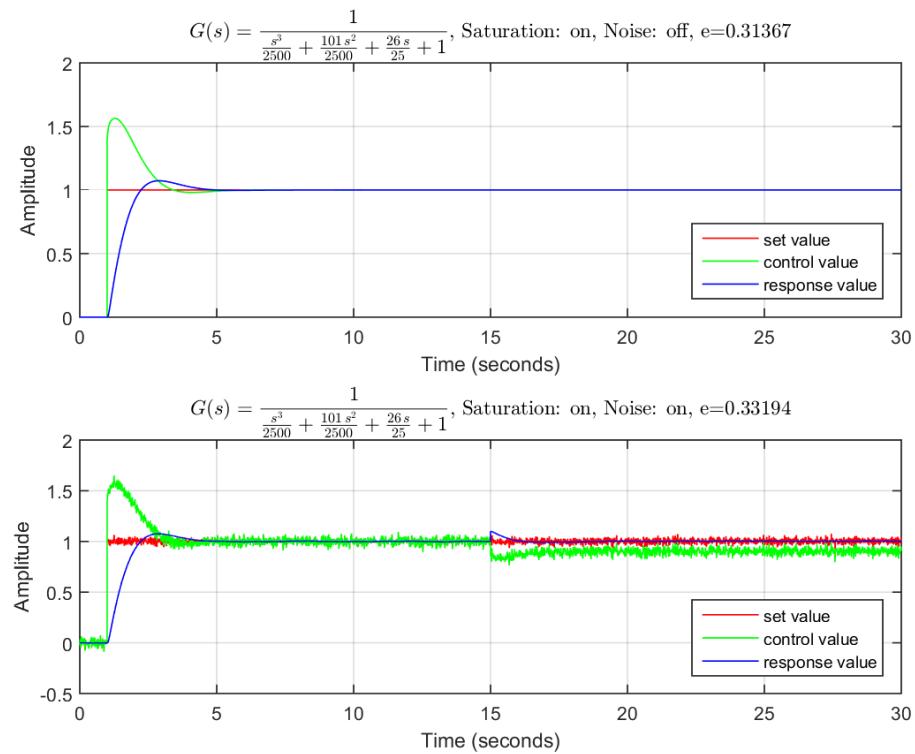
Rysunek 2.3.88: Obiekt G3-tf2a



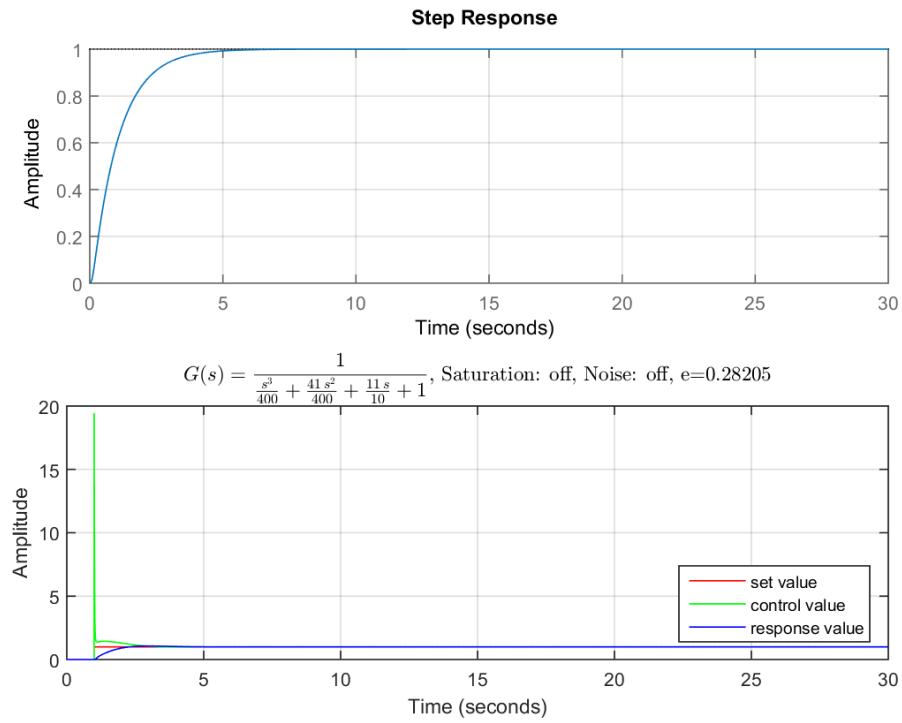
Rysunek 2.3.89: Obiekt G3-tf2b



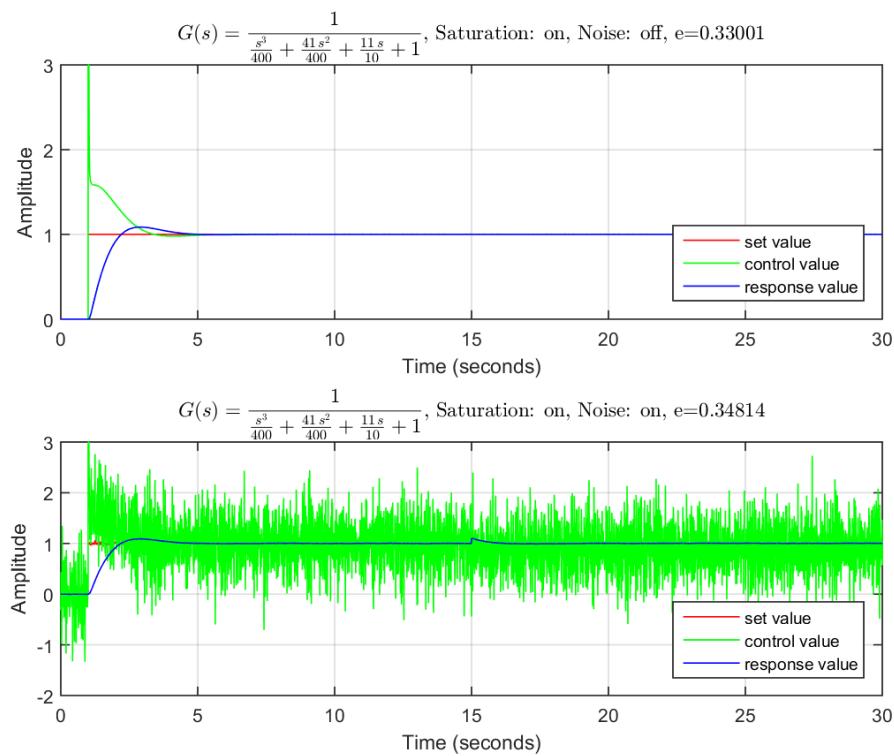
Rysunek 2.3.90: Obiekt G3-tf3a



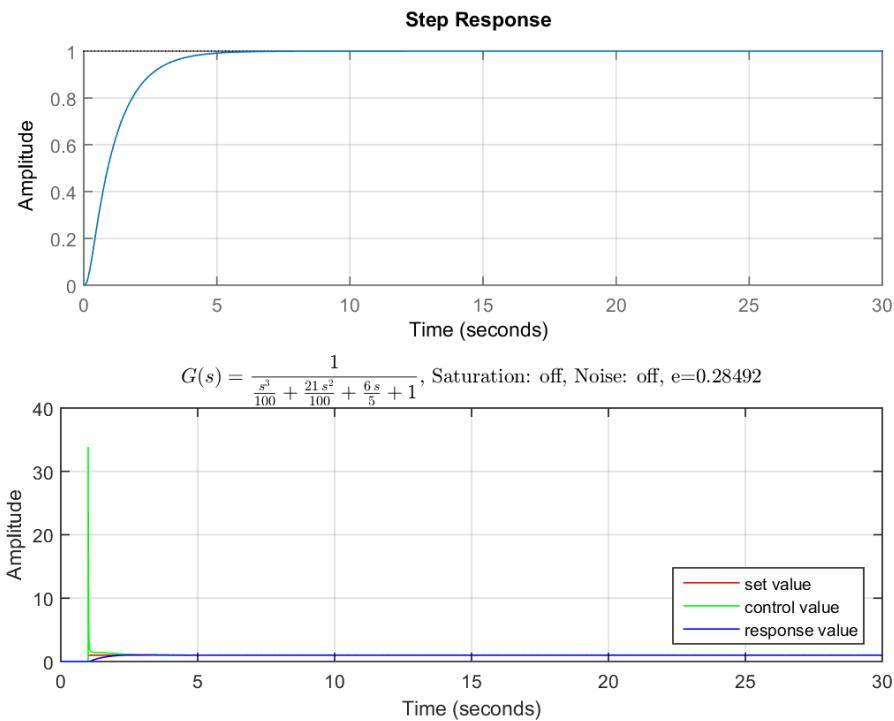
Rysunek 2.3.91: Obiekt G3-tf3b



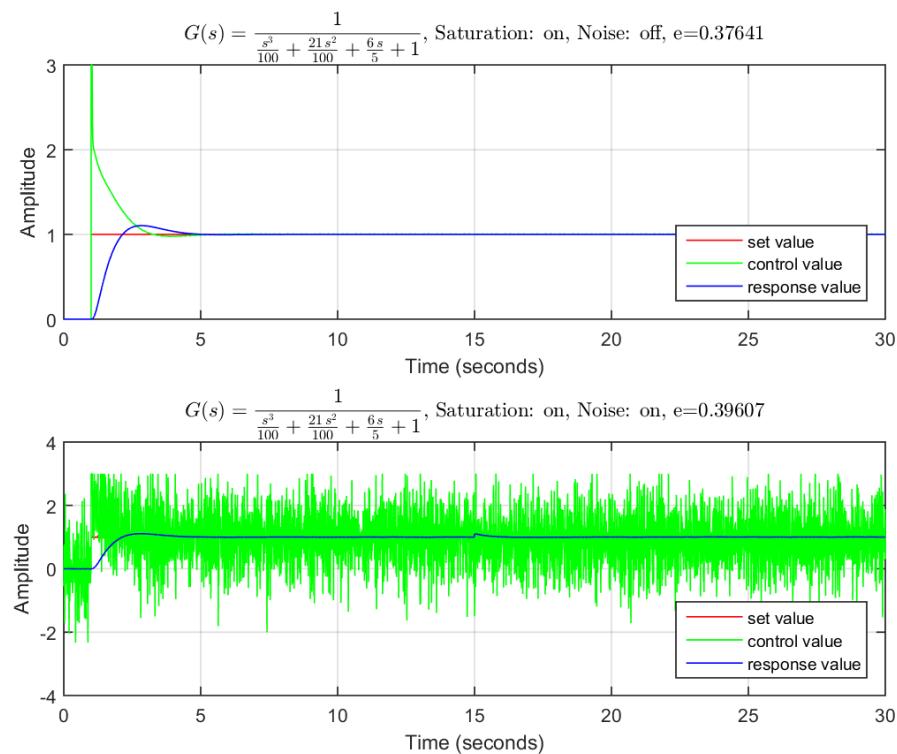
Rysunek 2.3.92: Obiekt G3-tf4a



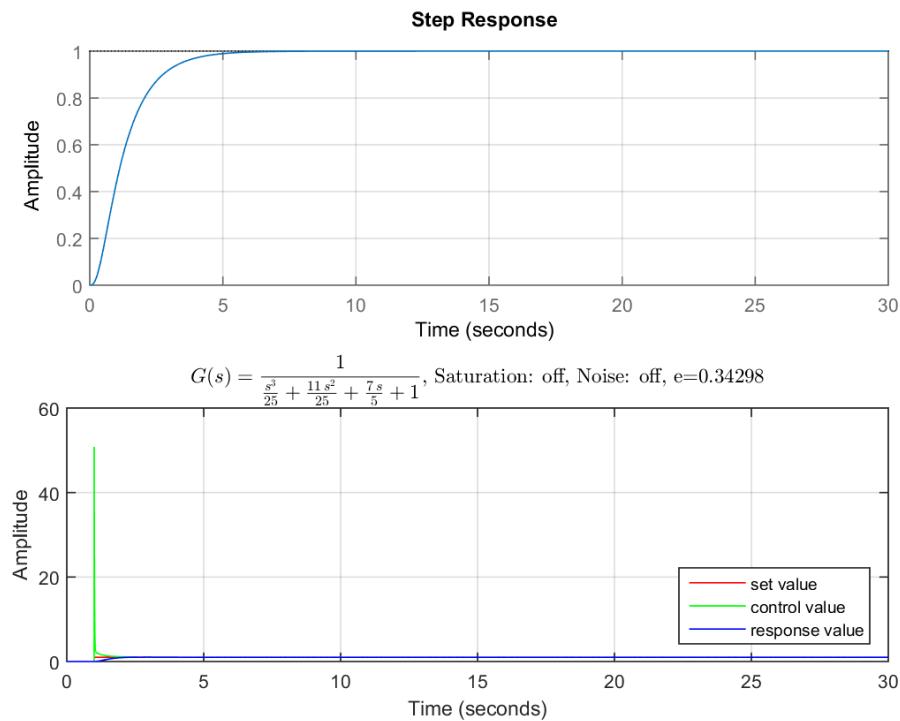
Rysunek 2.3.93: Obiekt G3-tf4b



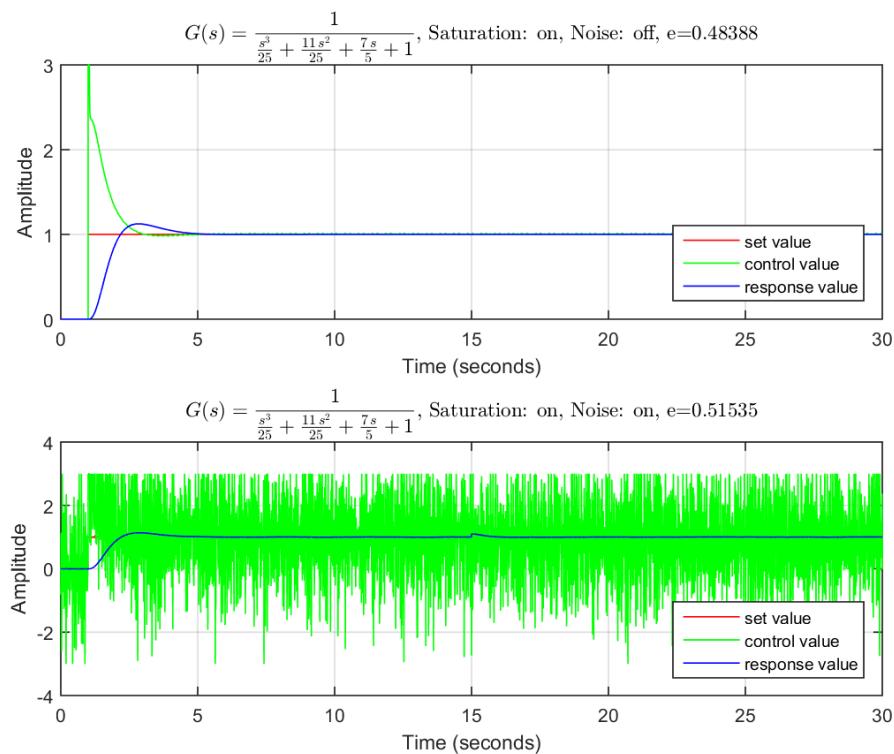
Rysunek 2.3.94: Obiekt G3-tf5a



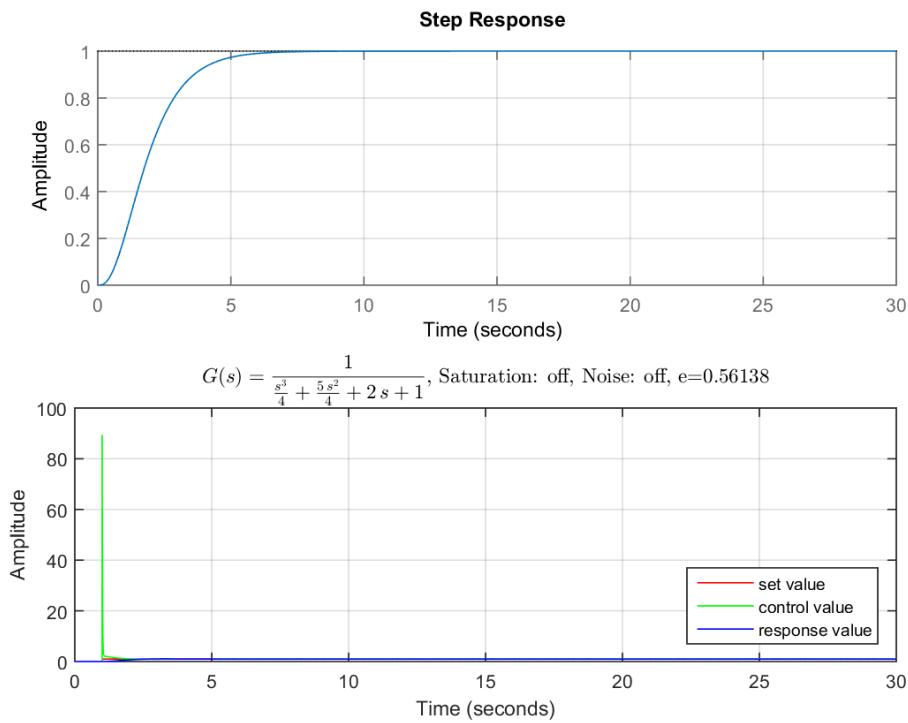
Rysunek 2.3.95: Obiekt G3-tf5b



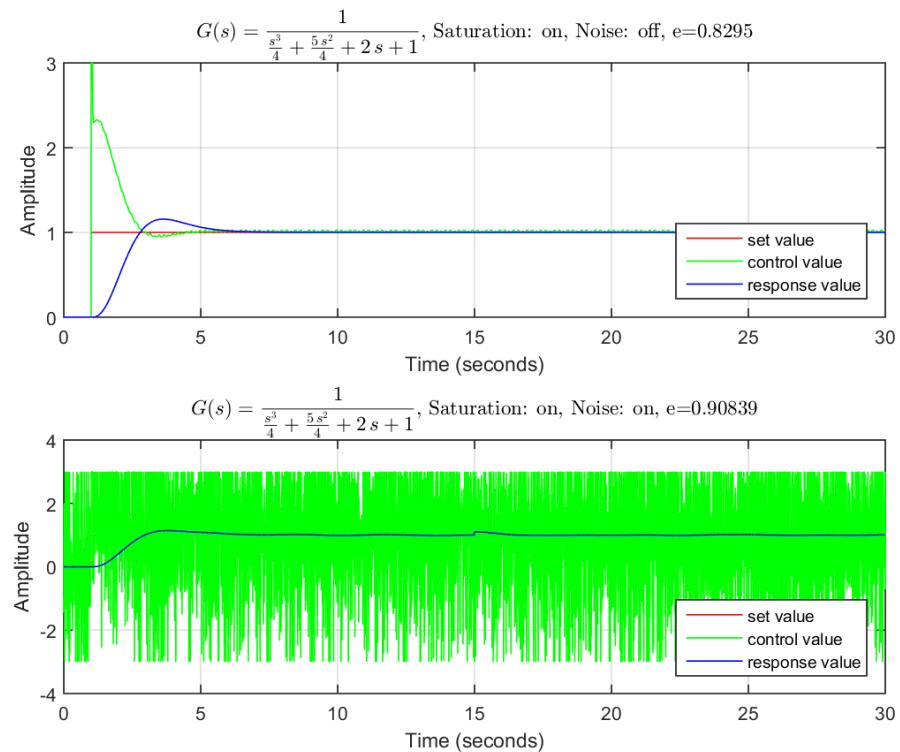
Rysunek 2.3.96: Obiekt G3-tf6a



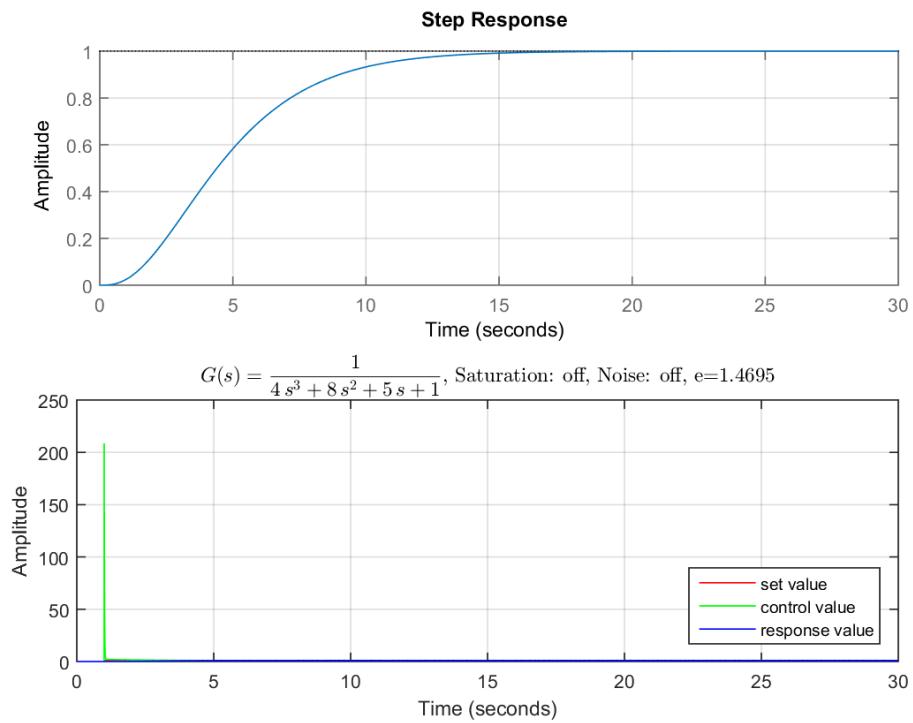
Rysunek 2.3.97: Obiekt G3-tf6b



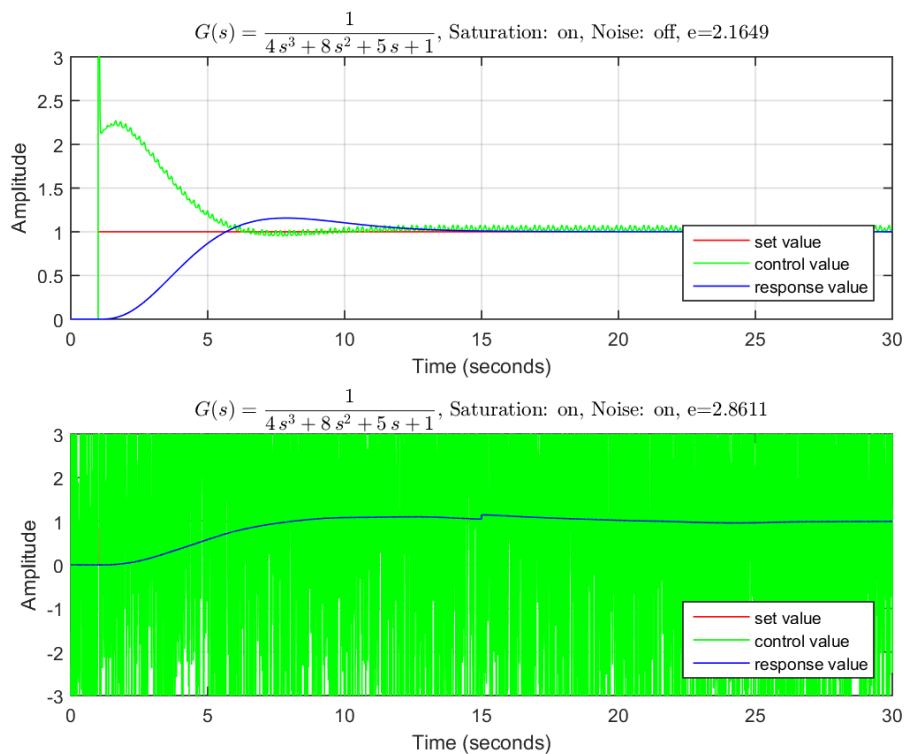
Rysunek 2.3.98: Obiekt G3-tf7a



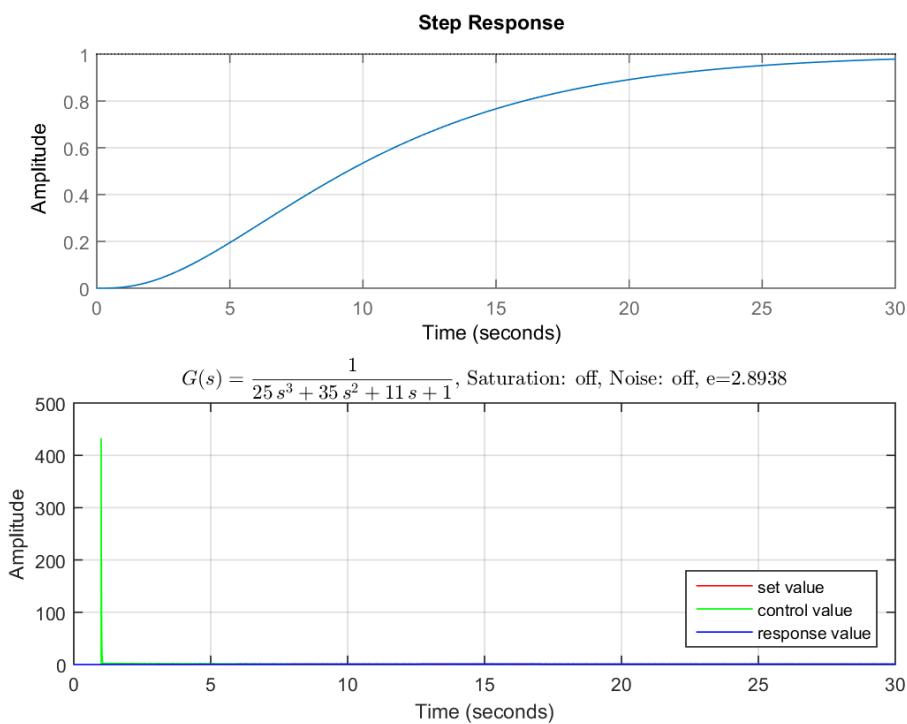
Rysunek 2.3.99: Obiekt G3-tf7b



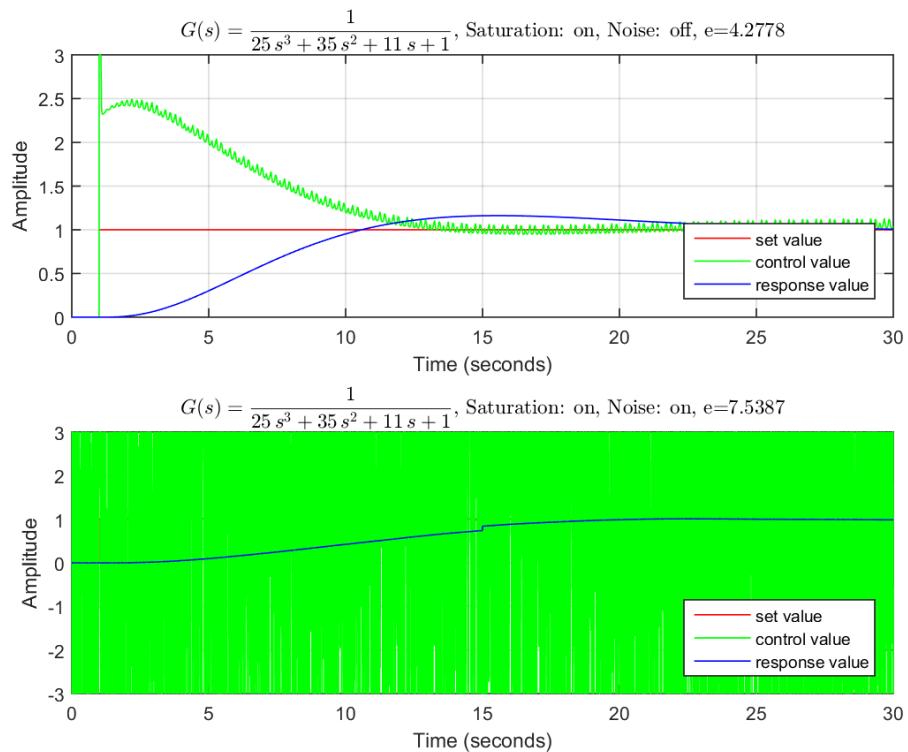
Rysunek 2.3.100: Obiekt G3-tf8a



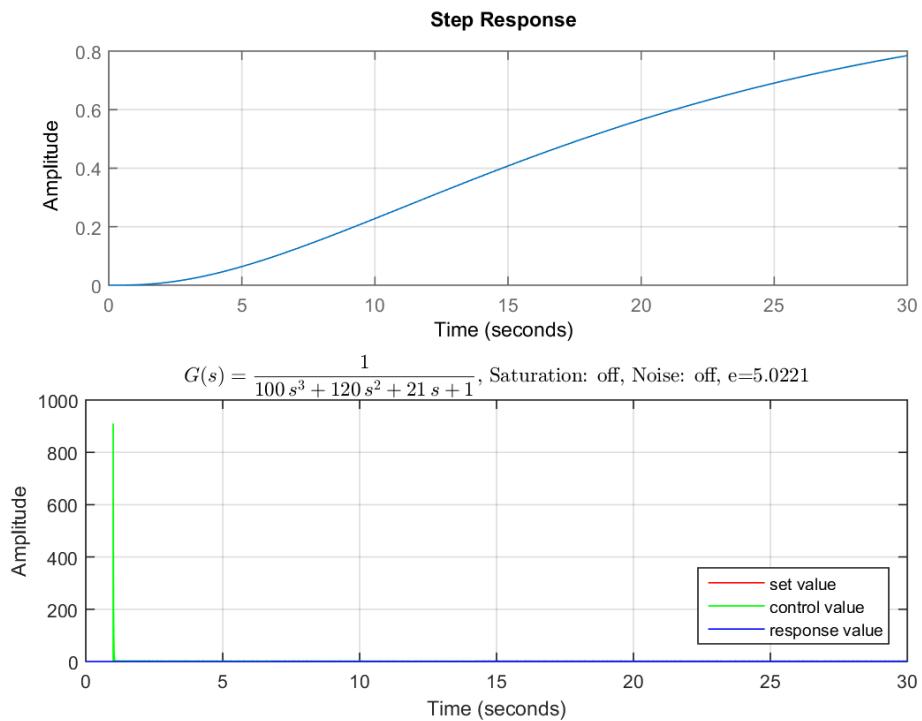
Rysunek 2.3.101: Obiekt G3-tf8b



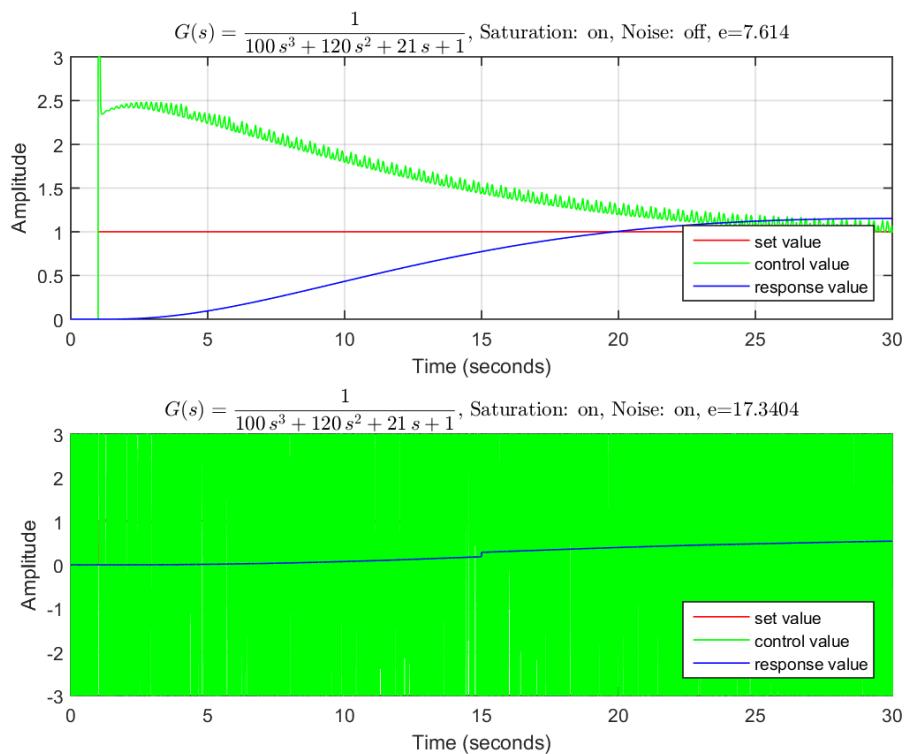
Rysunek 2.3.102: Obiekt G3-tf9a



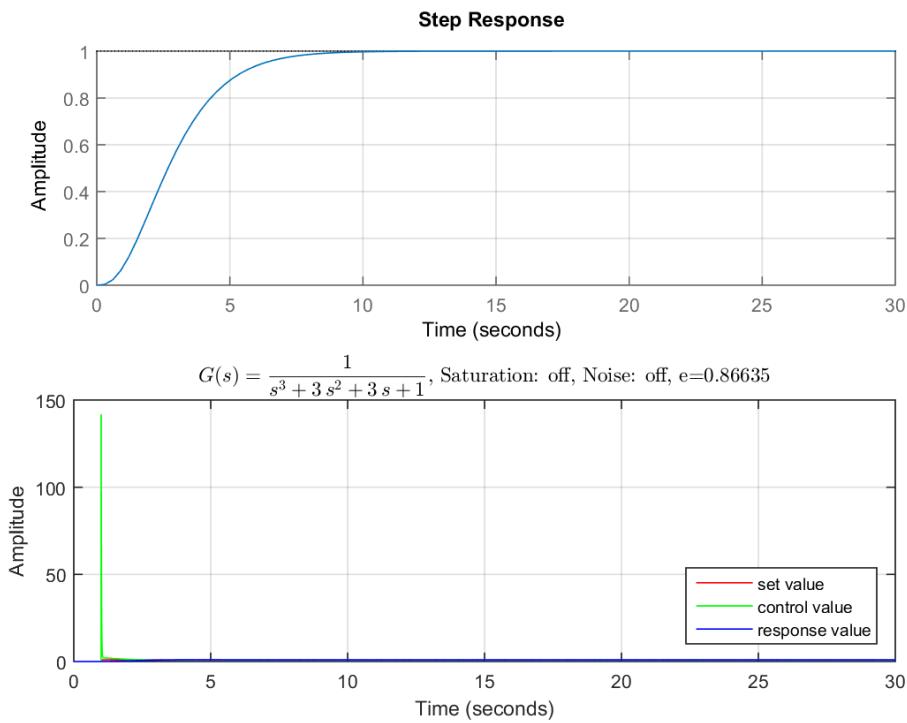
Rysunek 2.3.103: Obiekt G3-tf9b



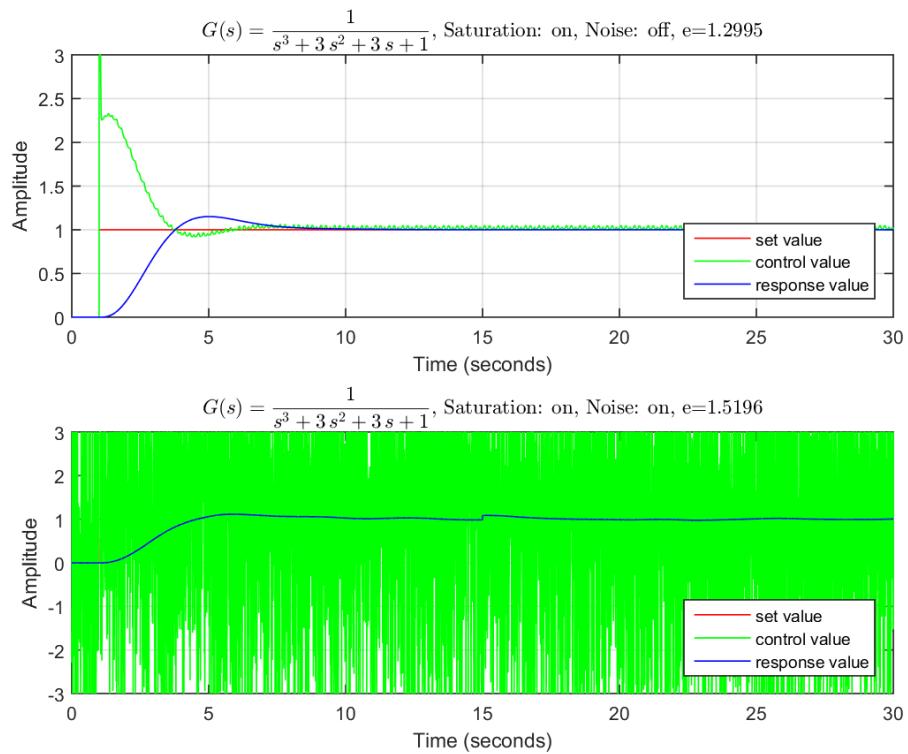
Rysunek 2.3.104: Obiekt G3-tf10a



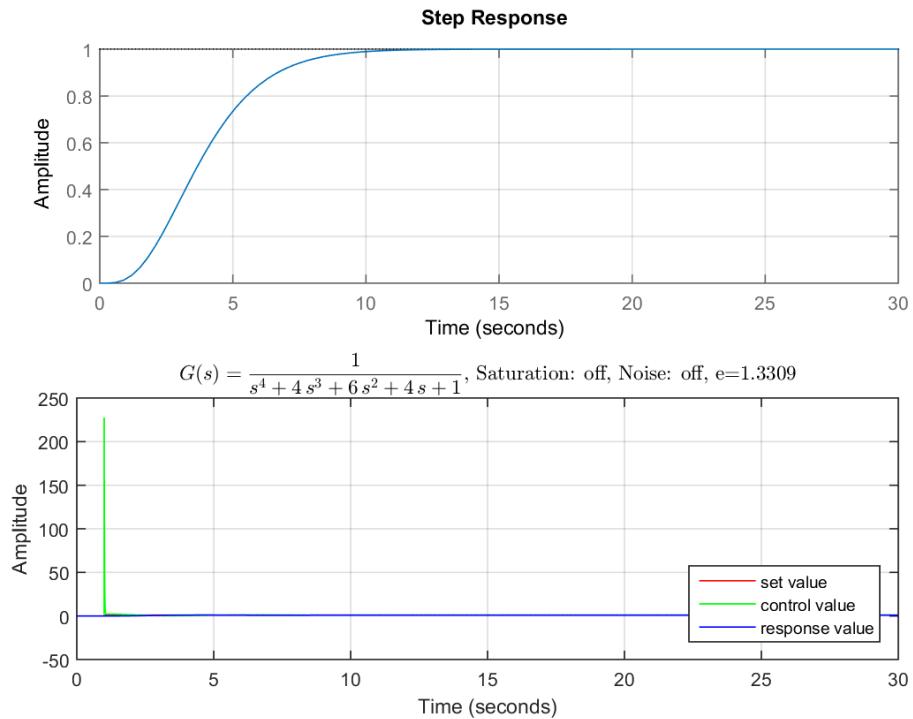
Rysunek 2.3.105: Obiekt G3-tf10b



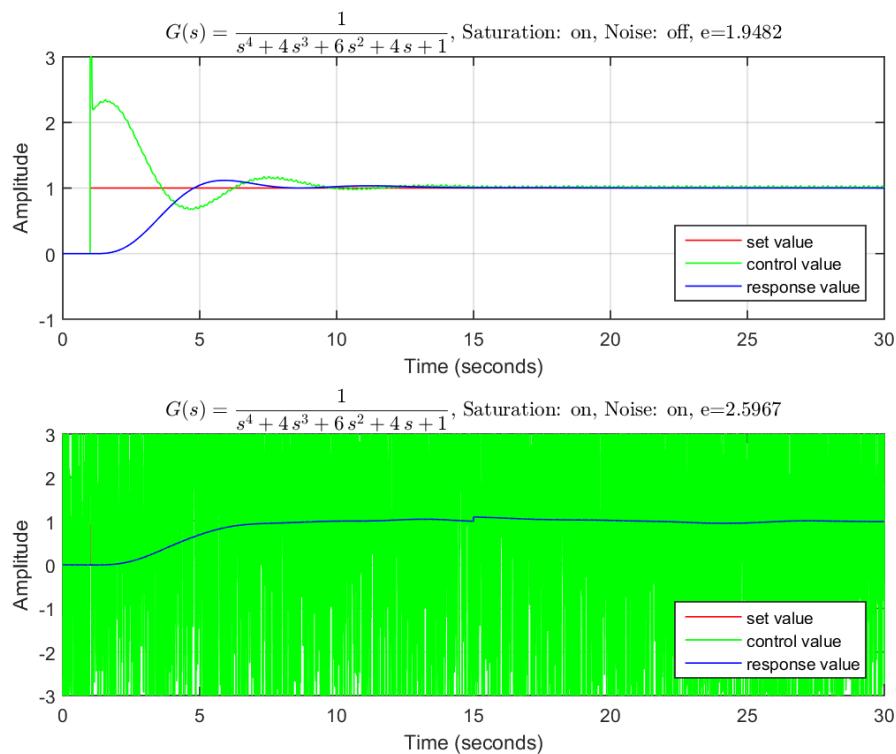
Rysunek 2.3.106: Obiekt G4-tf1a



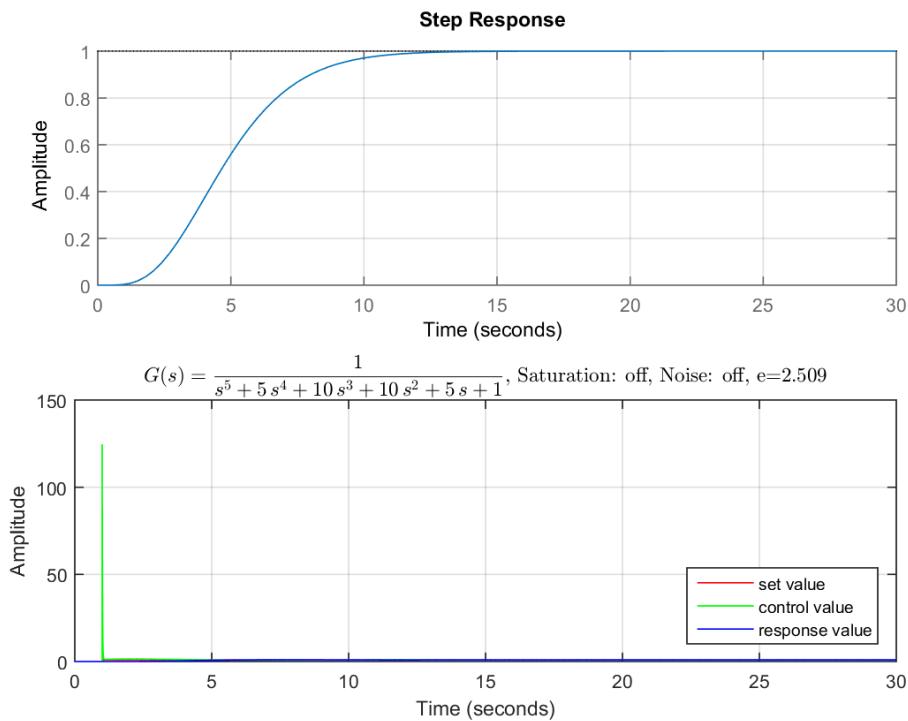
Rysunek 2.3.107: Obiekt G4-tf1b



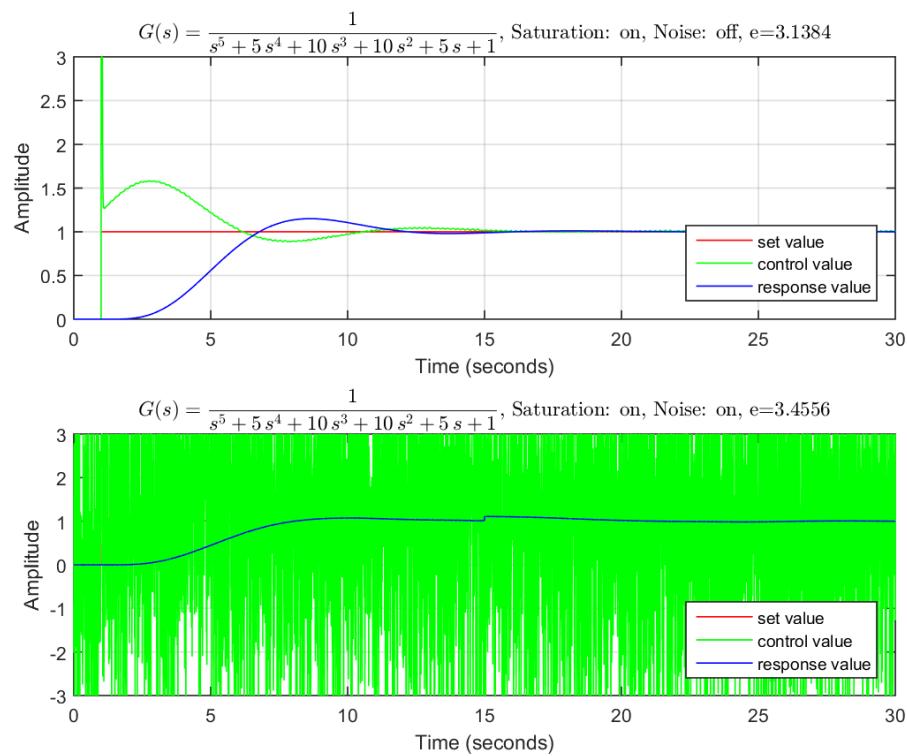
Rysunek 2.3.108: Obiekt G4-tf2a



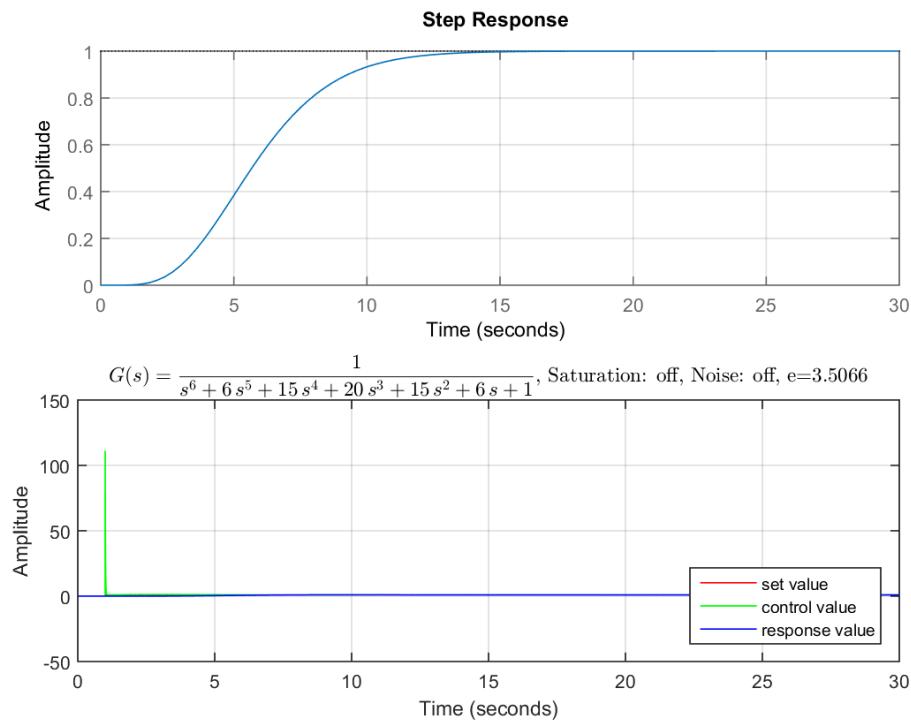
Rysunek 2.3.109: Obiekt G4-tf2b



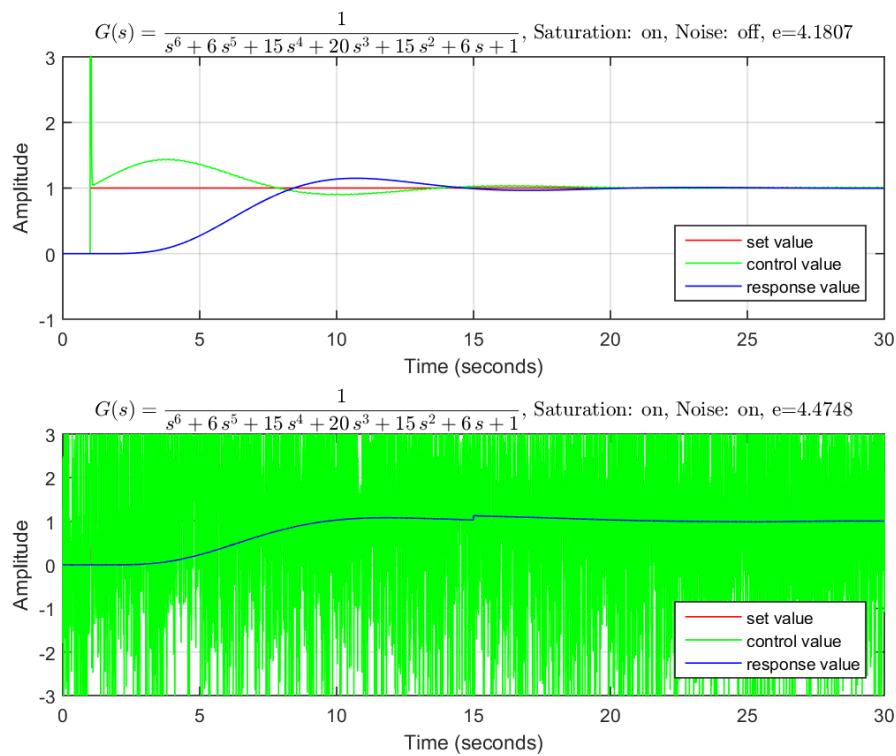
Rysunek 2.3.110: Obiekt G4-tf3a



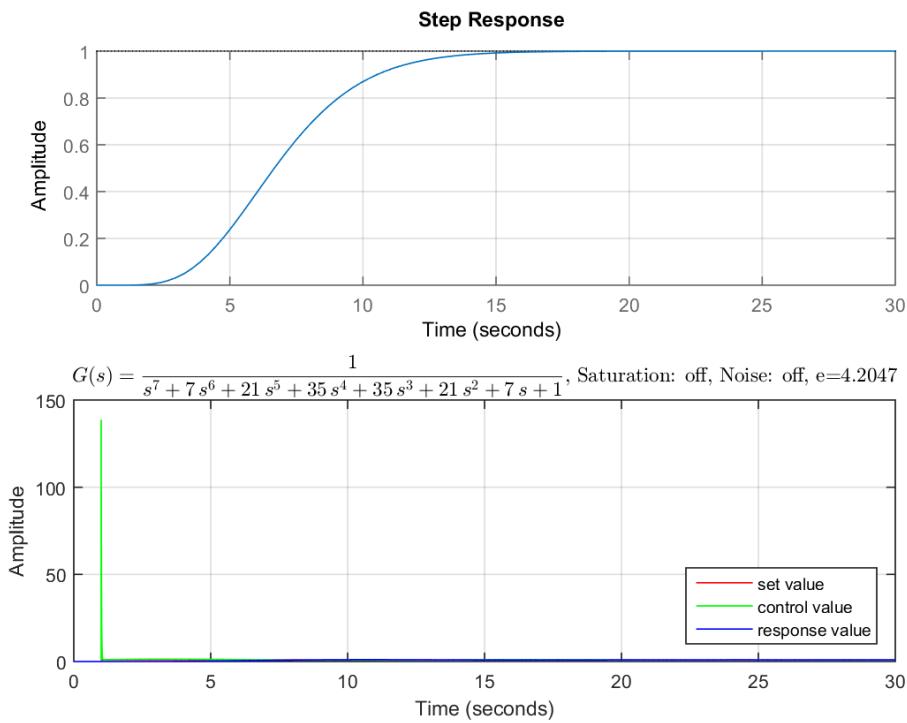
Rysunek 2.3.111: Obiekt G4-tf3b



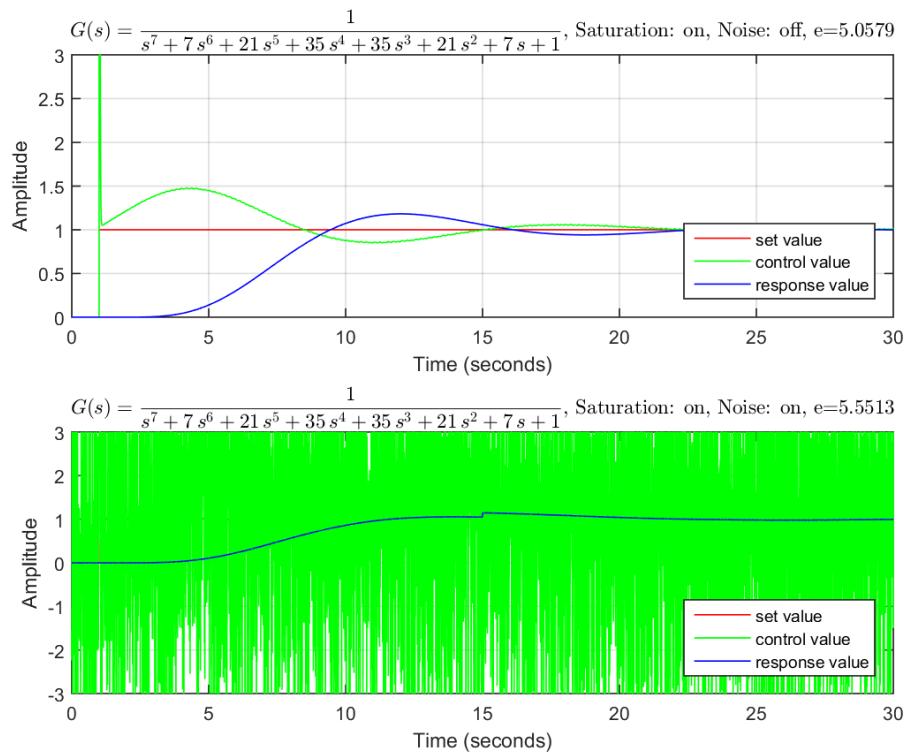
Rysunek 2.3.112: Obiekt G4-tf4a



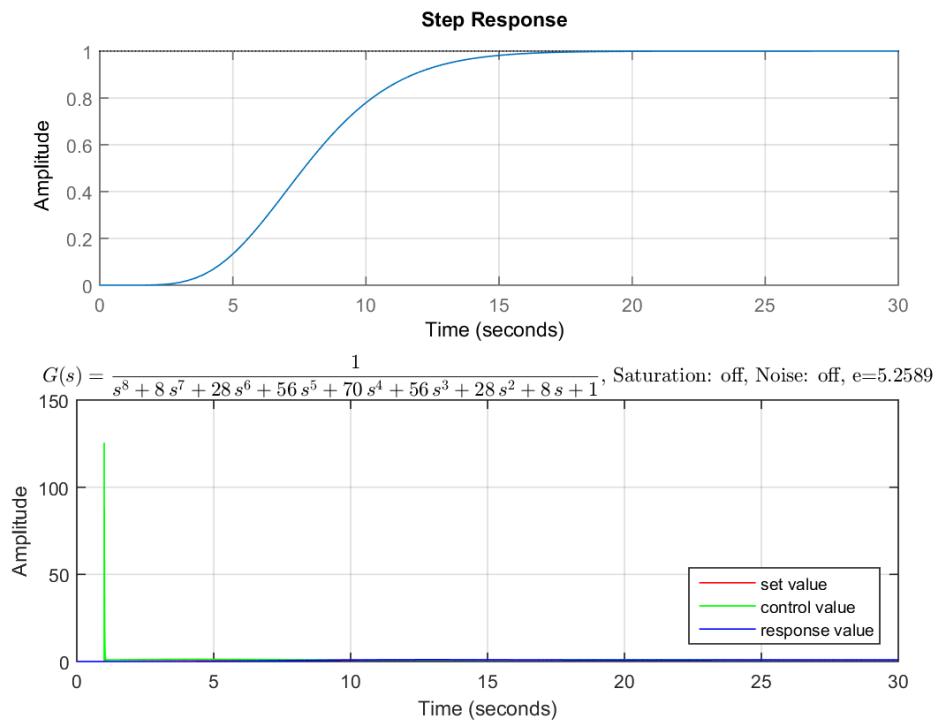
Rysunek 2.3.113: Obiekt G4-tf4b



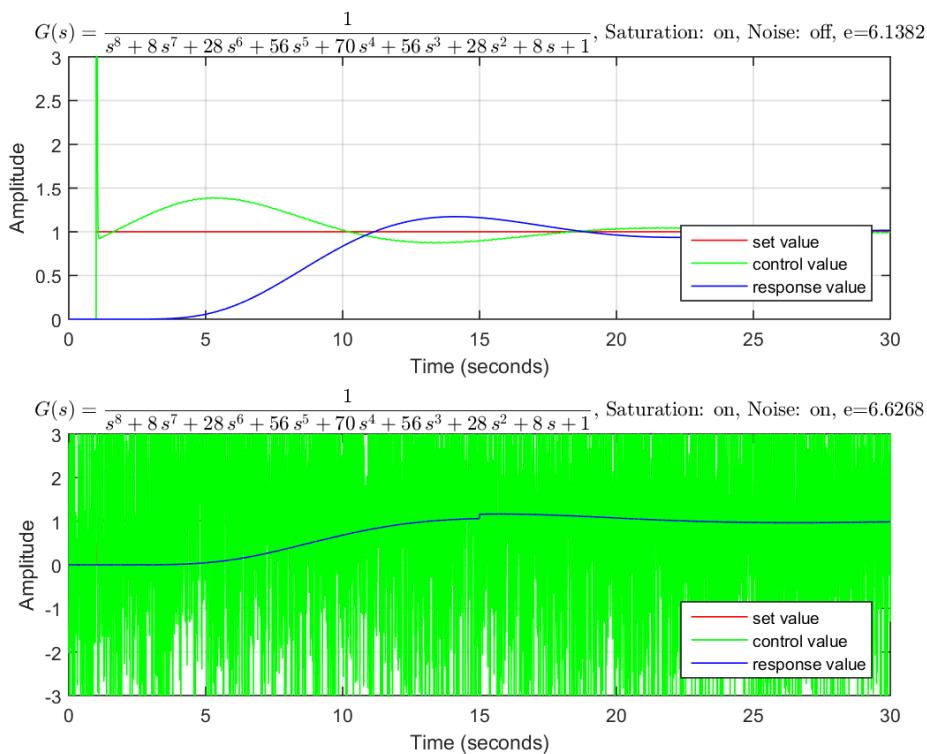
Rysunek 2.3.114: Obiekt G4-tf5a



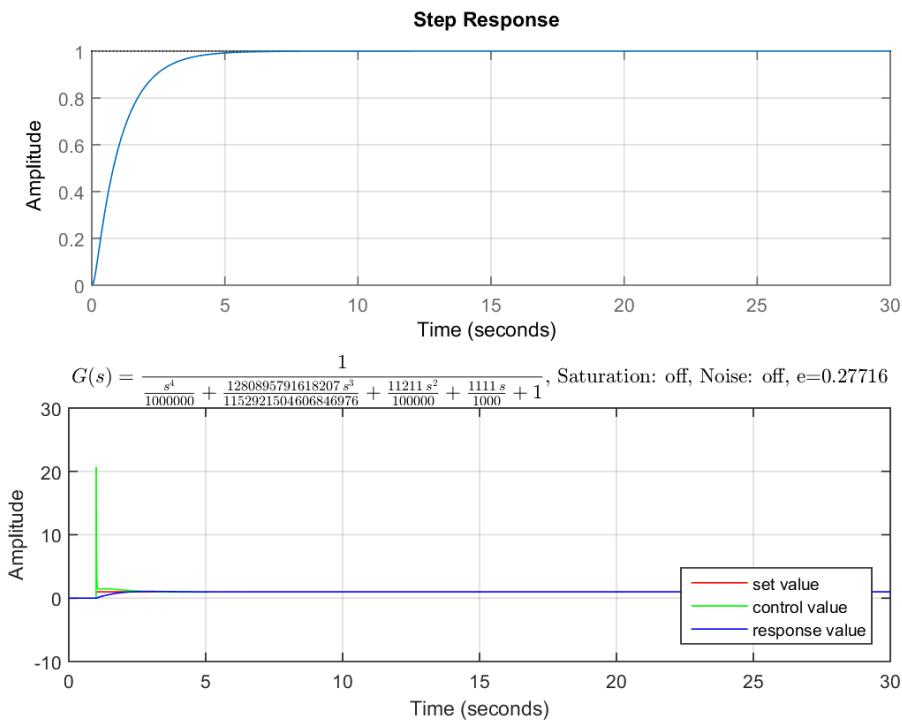
Rysunek 2.3.115: Obiekt G4-tf5b



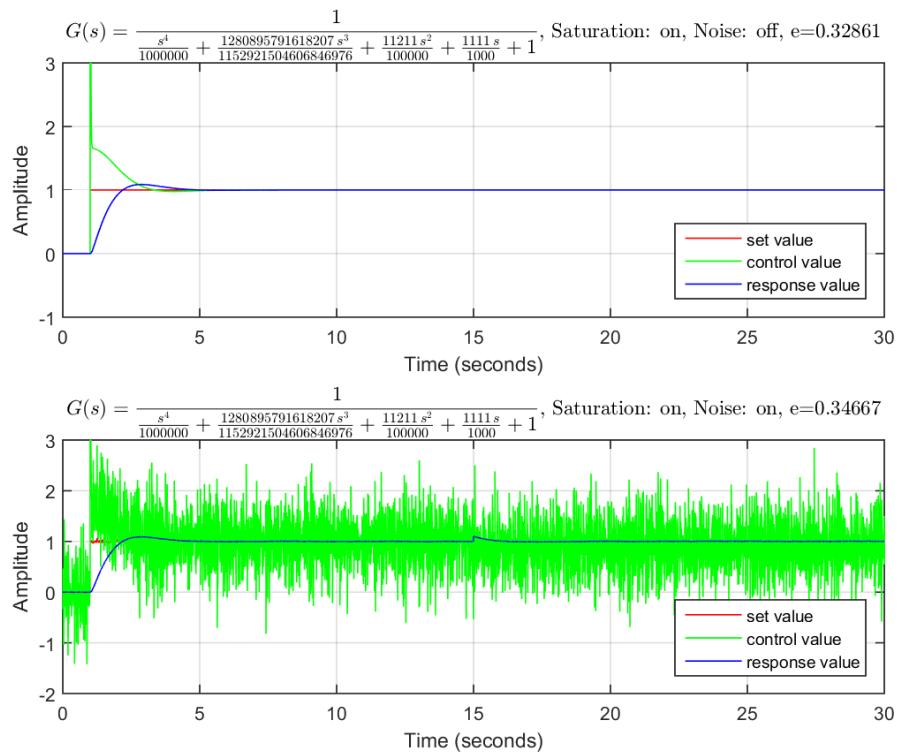
Rysunek 2.3.116: Obiekt G4-tf6a



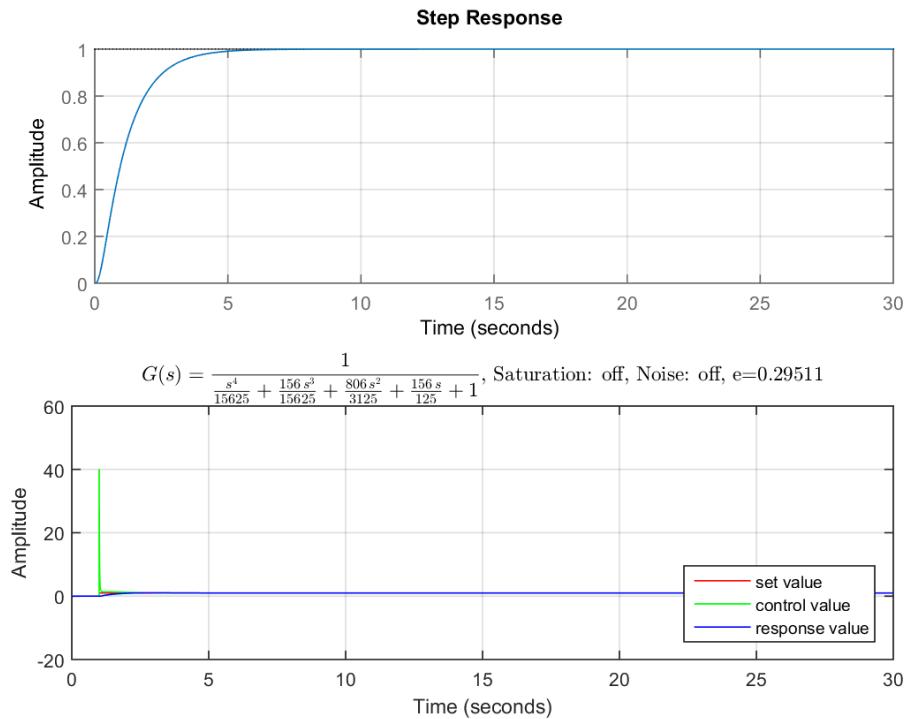
Rysunek 2.3.117: Obiekt G4-tf6b



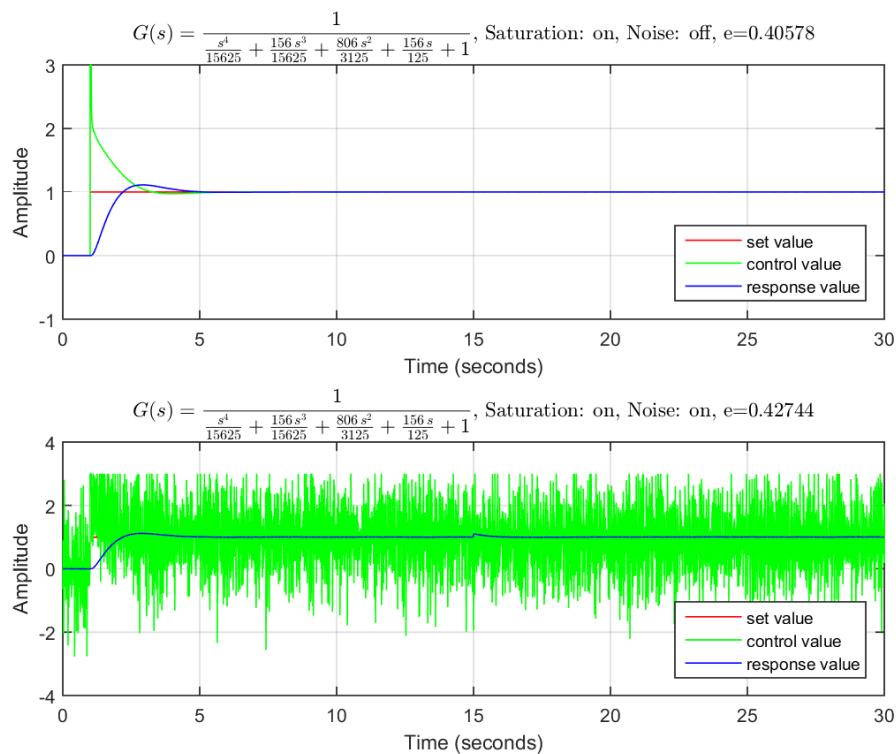
Rysunek 2.3.118: Obiekt G5-tf1a



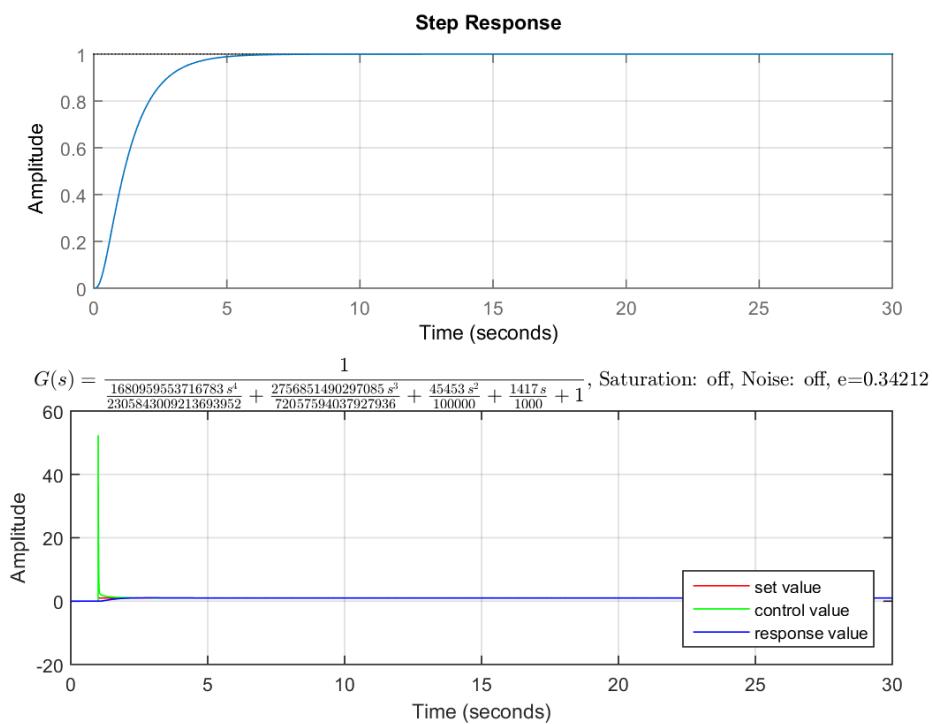
Rysunek 2.3.119: Obiekt G5-tf1b



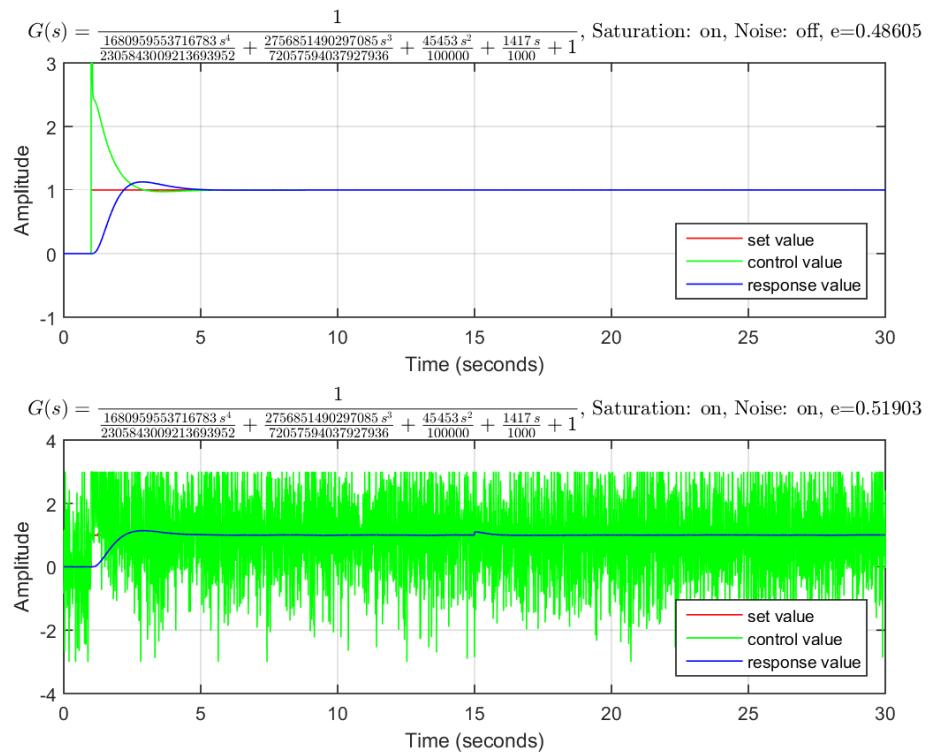
Rysunek 2.3.120: Obiekt G5-tf2a



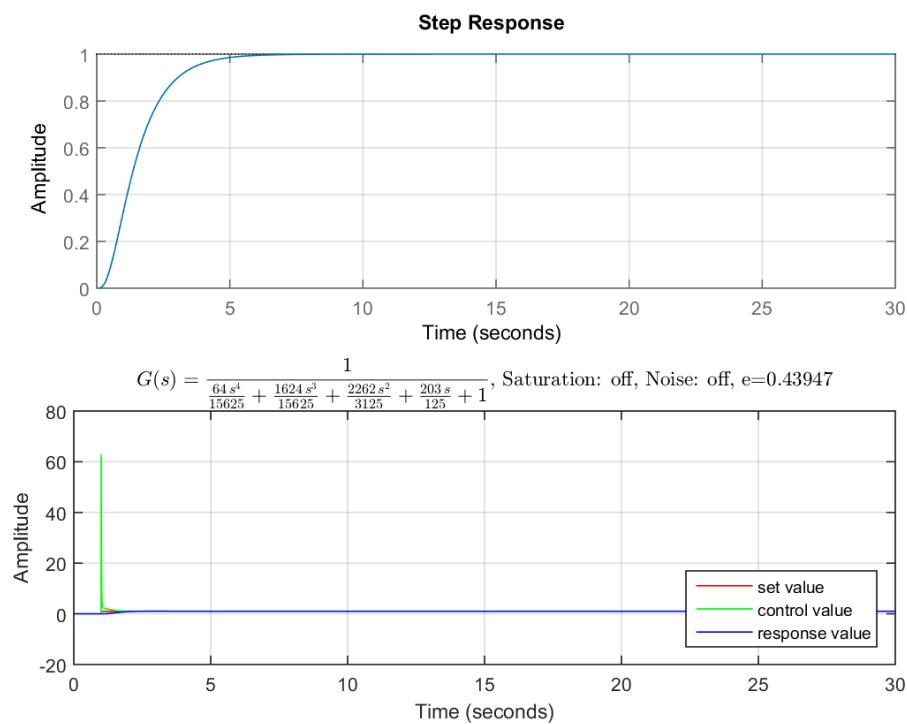
Rysunek 2.3.121: Obiekt G5-tf2b



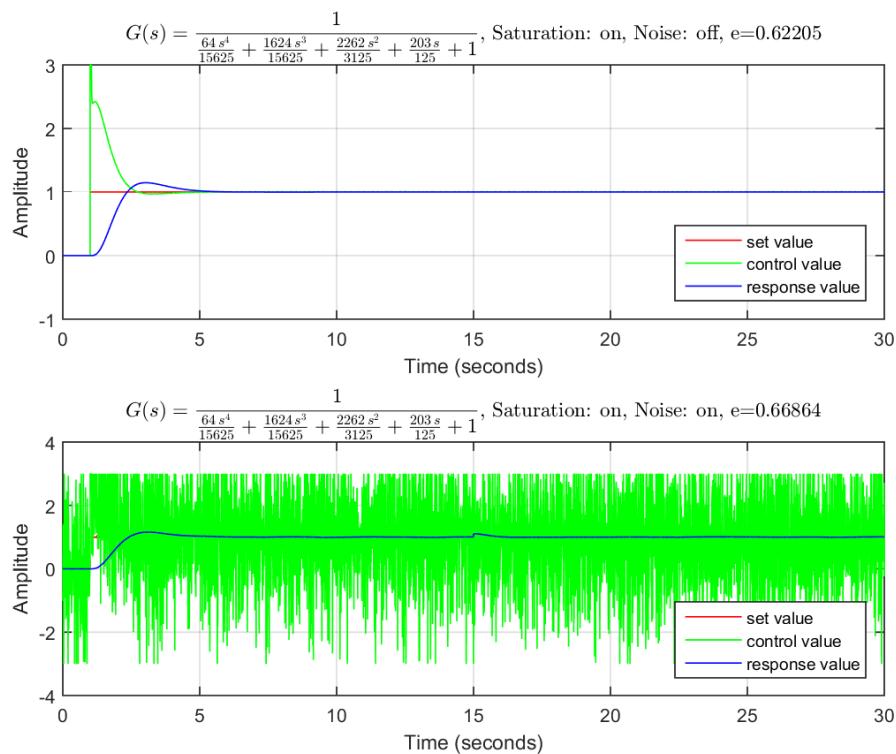
Rysunek 2.3.122: Obiekt G5-tf3a



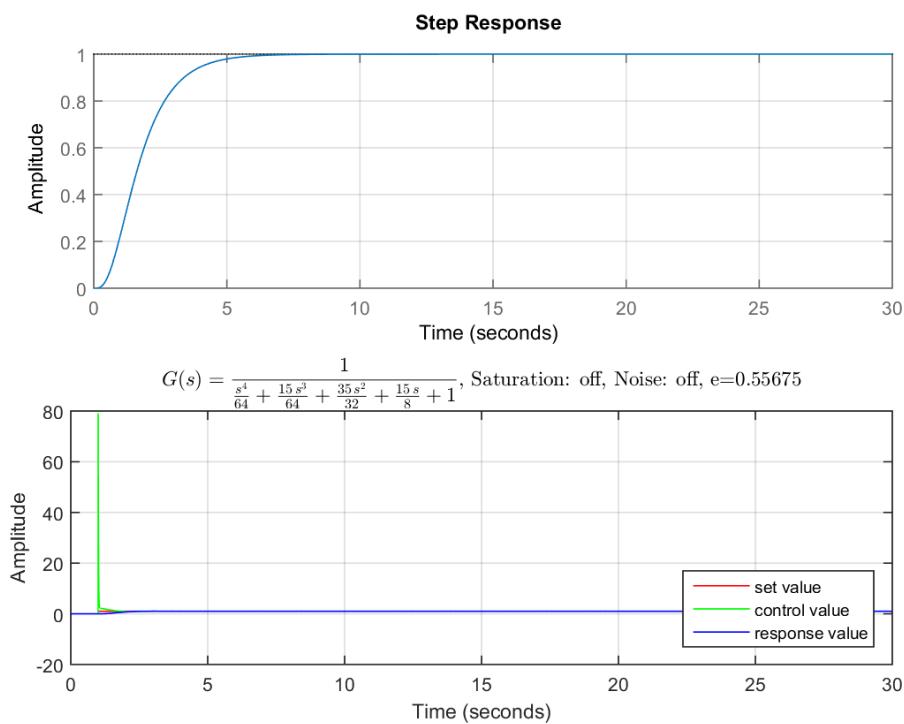
Rysunek 2.3.123: Obiekt G5-tf3b



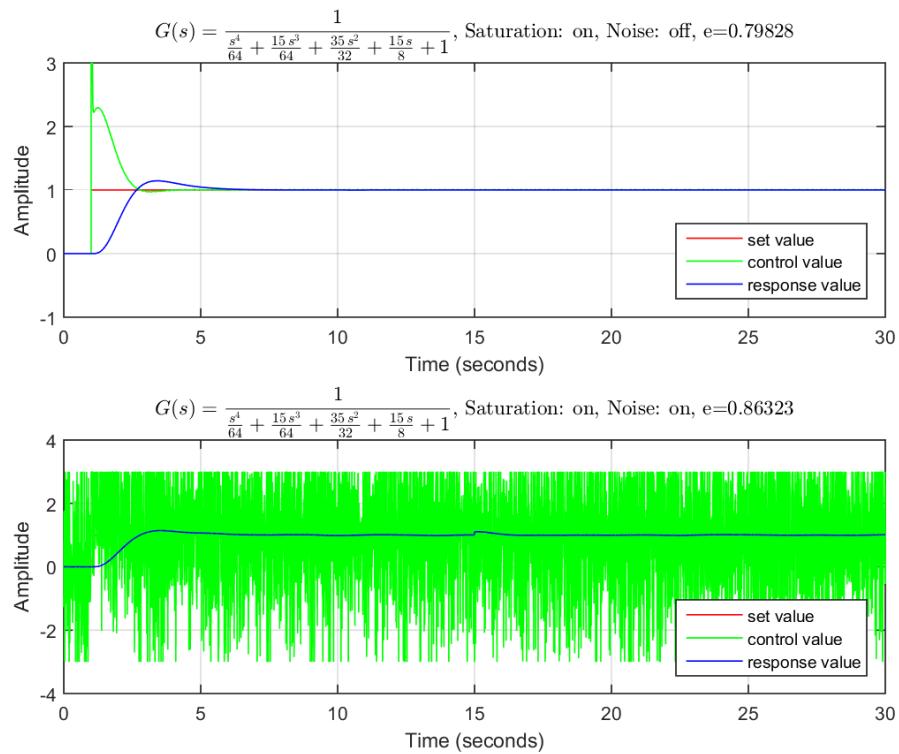
Rysunek 2.3.124: Obiekt G5-tf4a



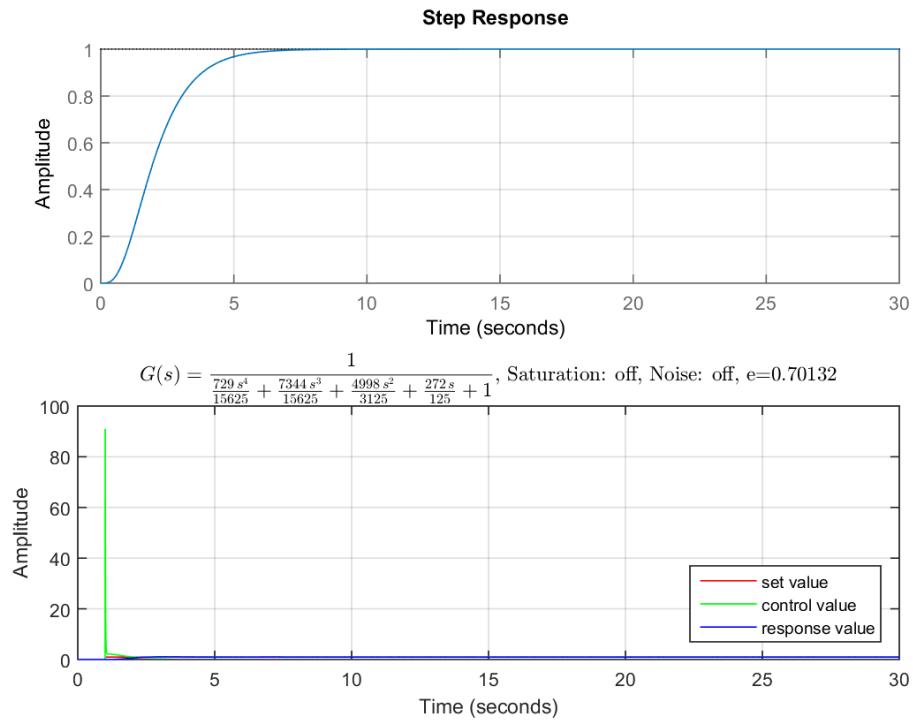
Rysunek 2.3.125: Obiekt G5-tf4b



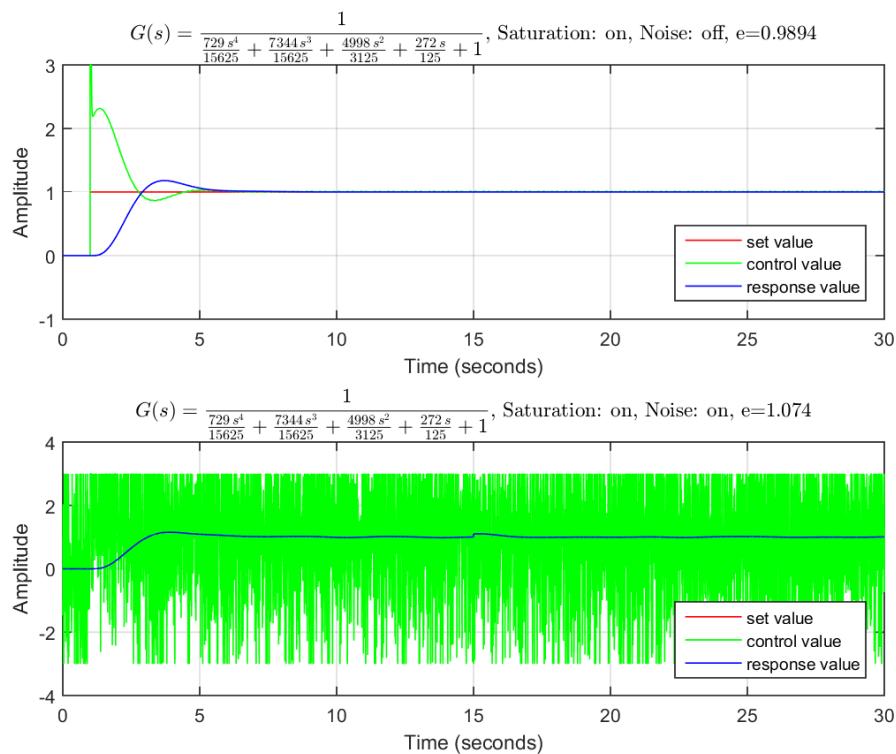
Rysunek 2.3.126: Obiekt G5-tf5a



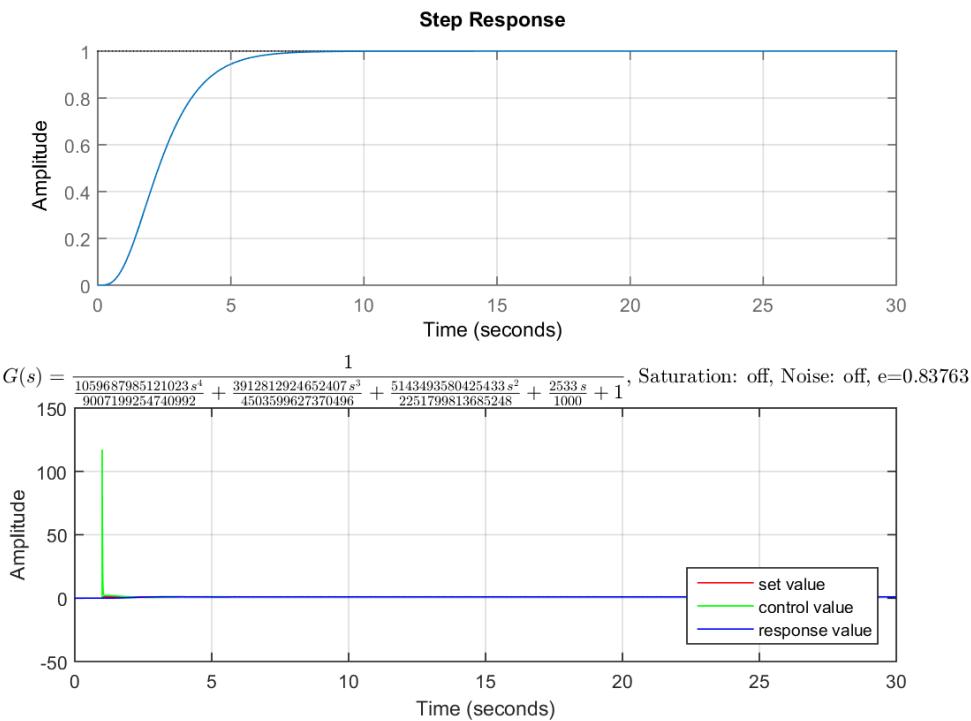
Rysunek 2.3.127: Obiekt G5-tf5b



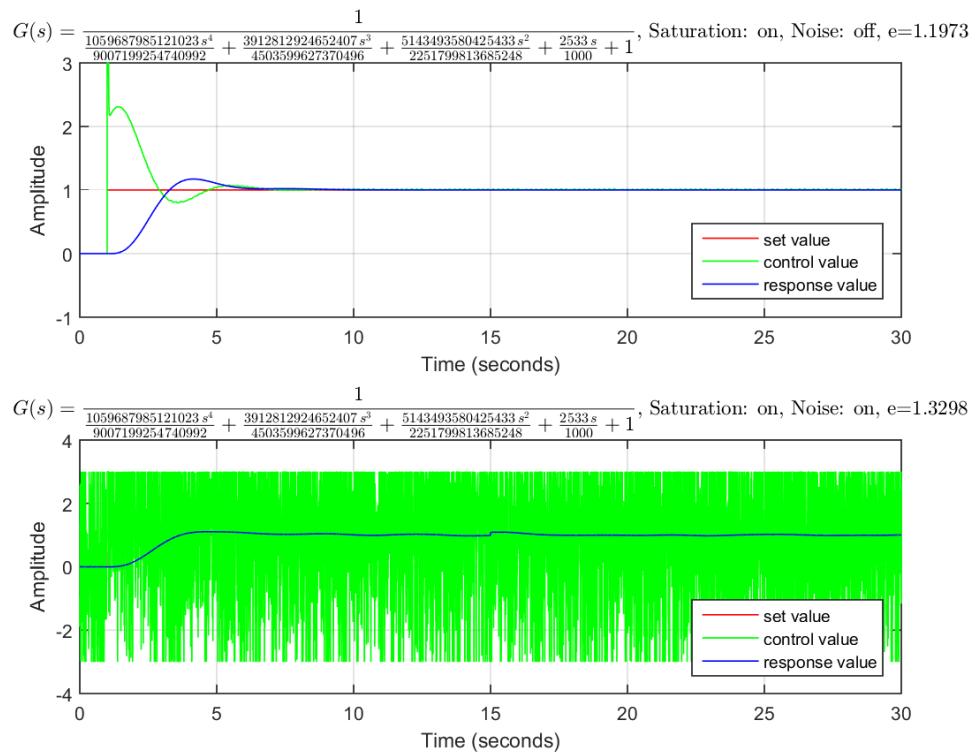
Rysunek 2.3.128: Obiekt G5-tf6a



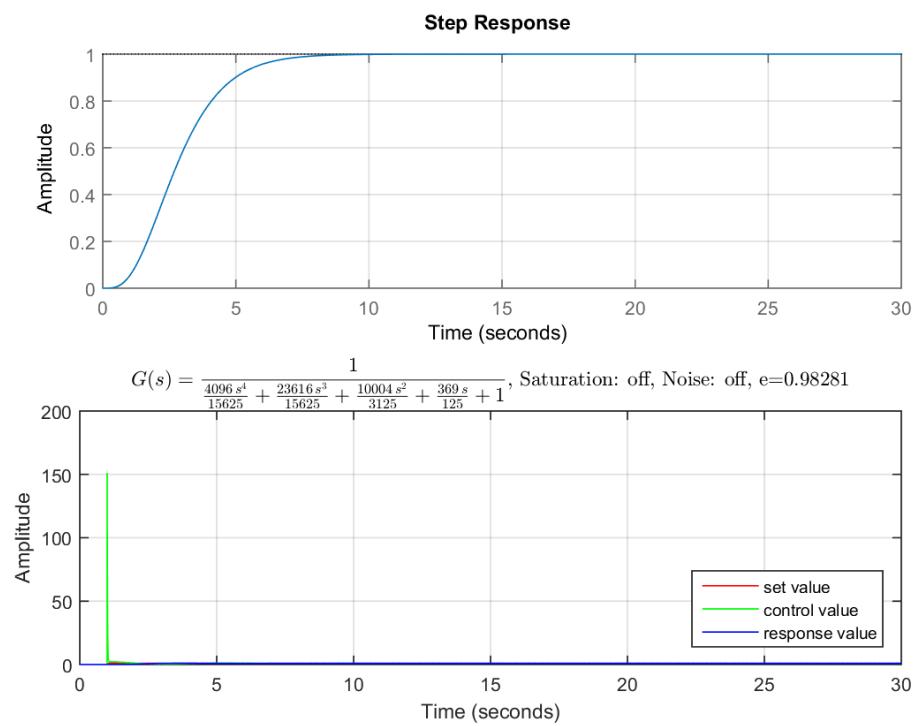
Rysunek 2.3.129: Obiekt G5-tf6b



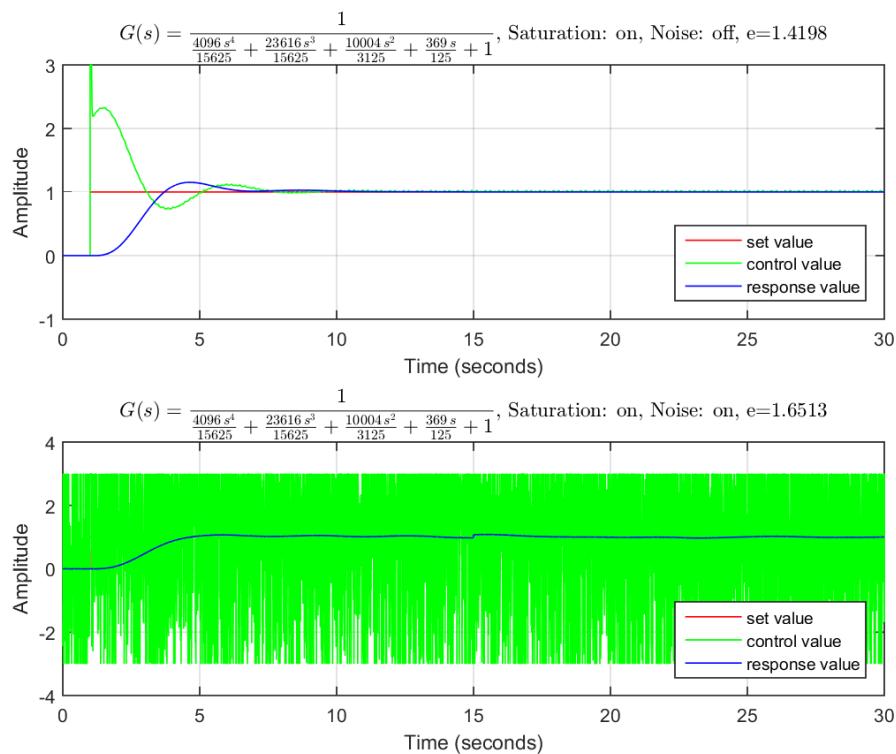
Rysunek 2.3.130: Obiekt G5-tf7a



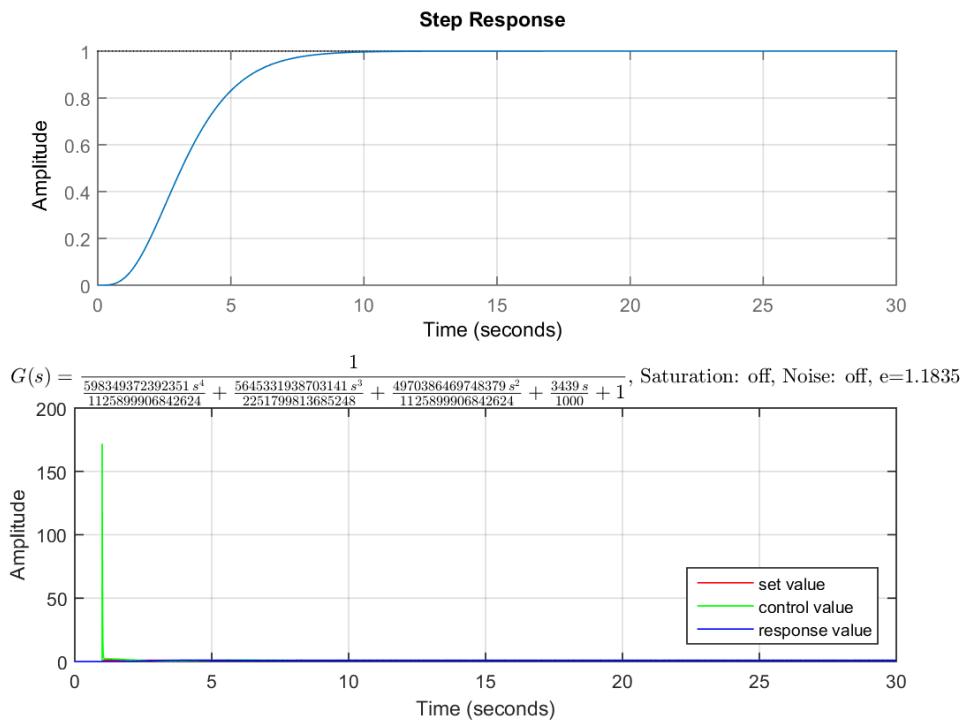
Rysunek 2.3.131: Obiekt G5-tf7b



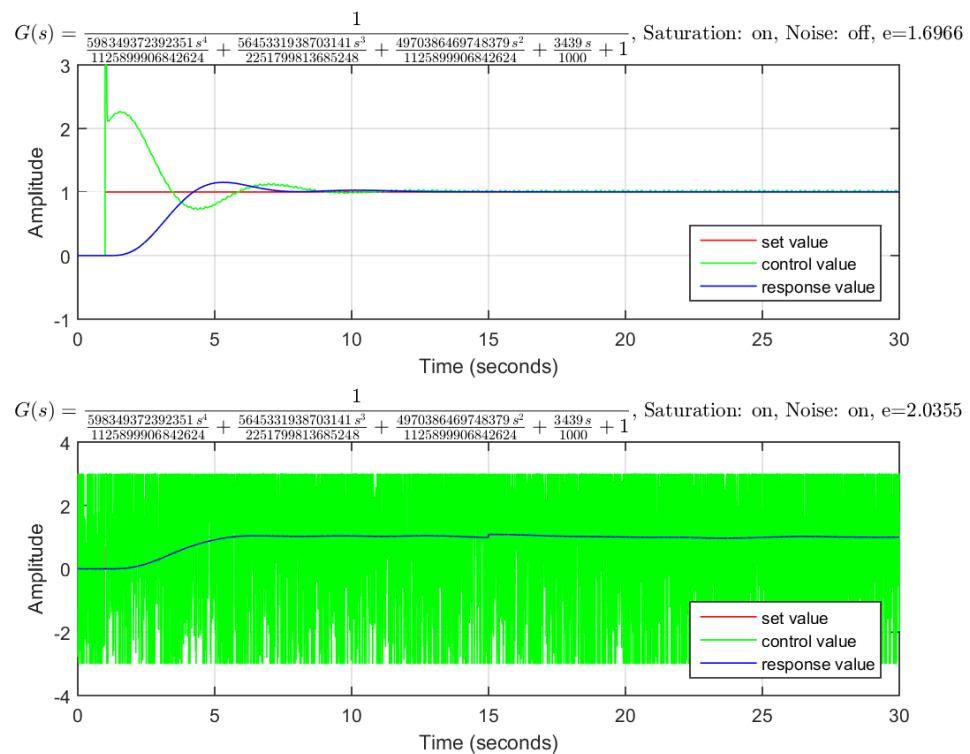
Rysunek 2.3.132: Obiekt G5-tf8a



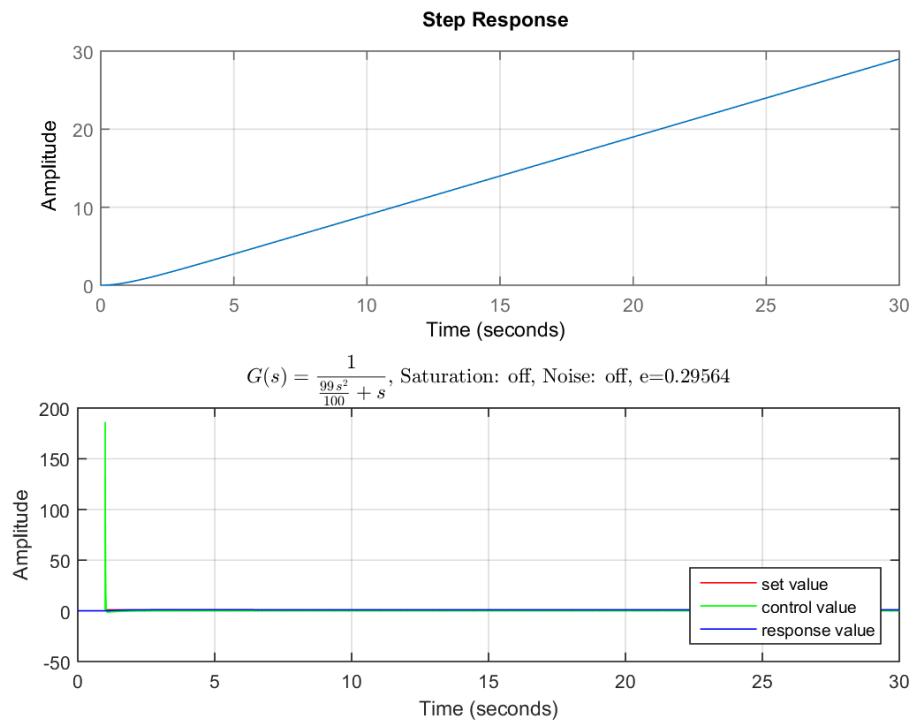
Rysunek 2.3.133: Obiekt G5-tf8b



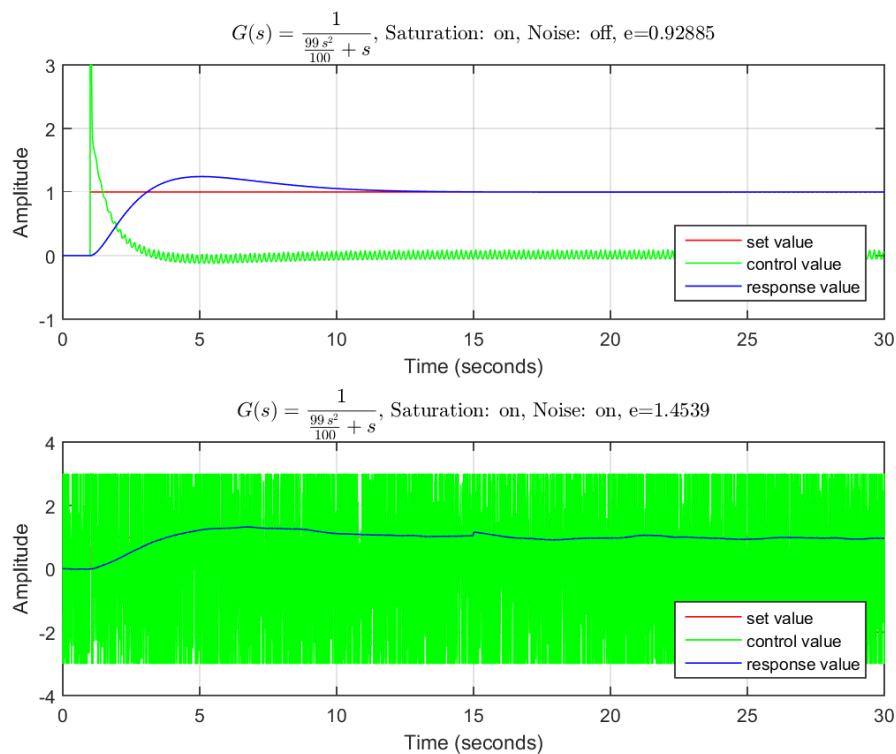
Rysunek 2.3.134: Obiekt G5-tf9a



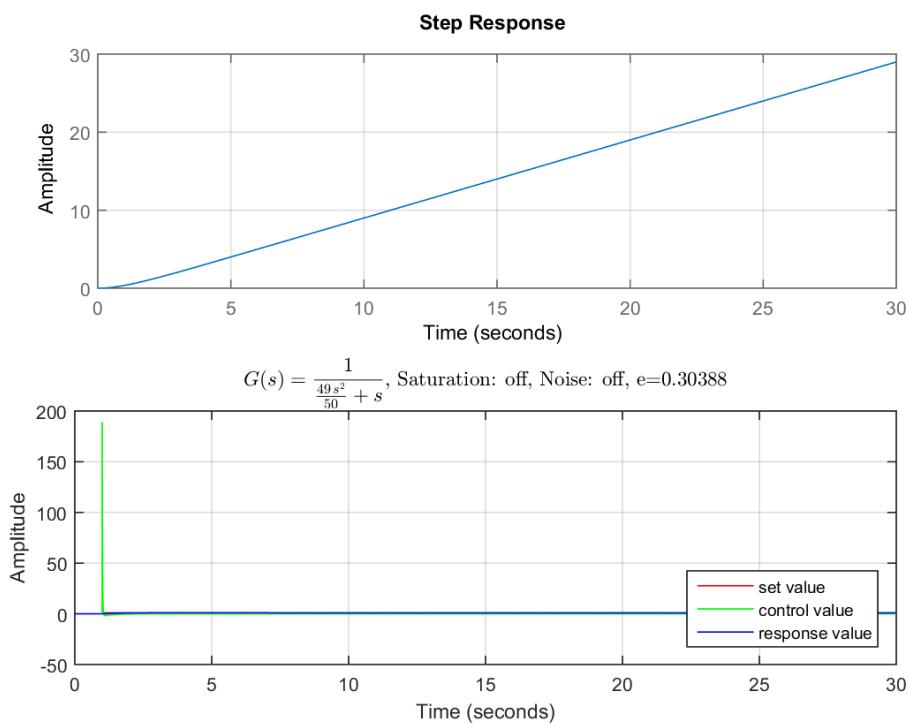
Rysunek 2.3.135: Obiekt G5-tf9b



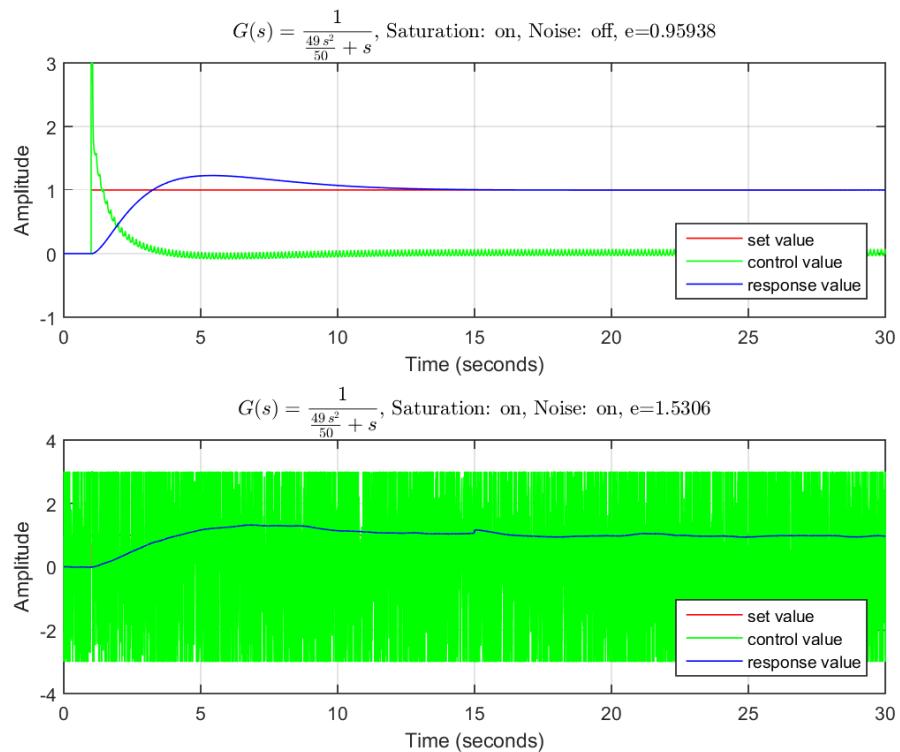
Rysunek 2.3.136: Obiekt G6-tf1a



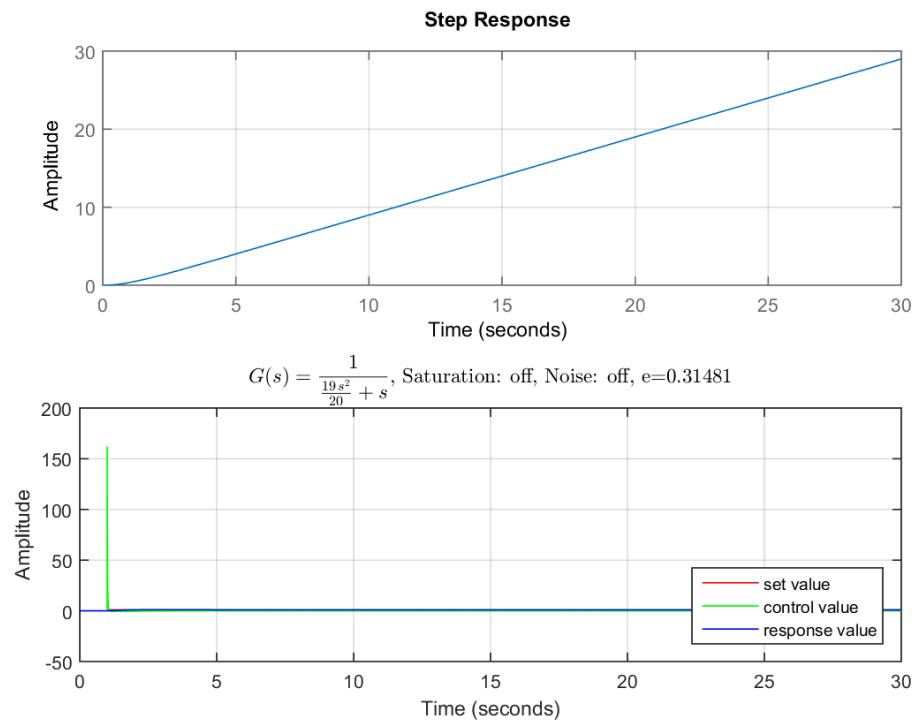
Rysunek 2.3.137: Obiekt G6-tf1b



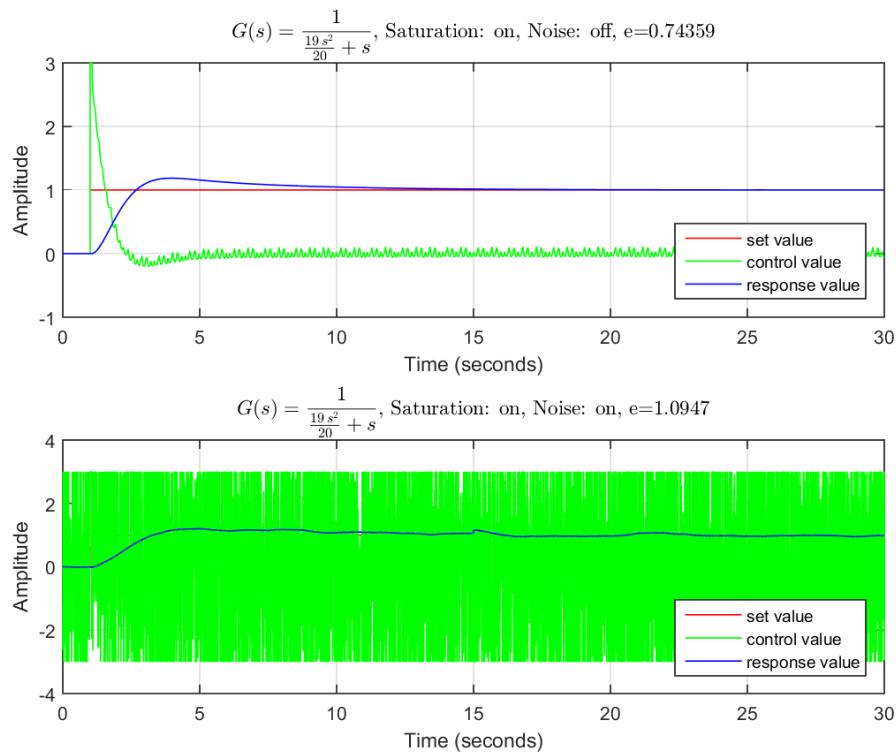
Rysunek 2.3.138: Obiekt G6-tf2a



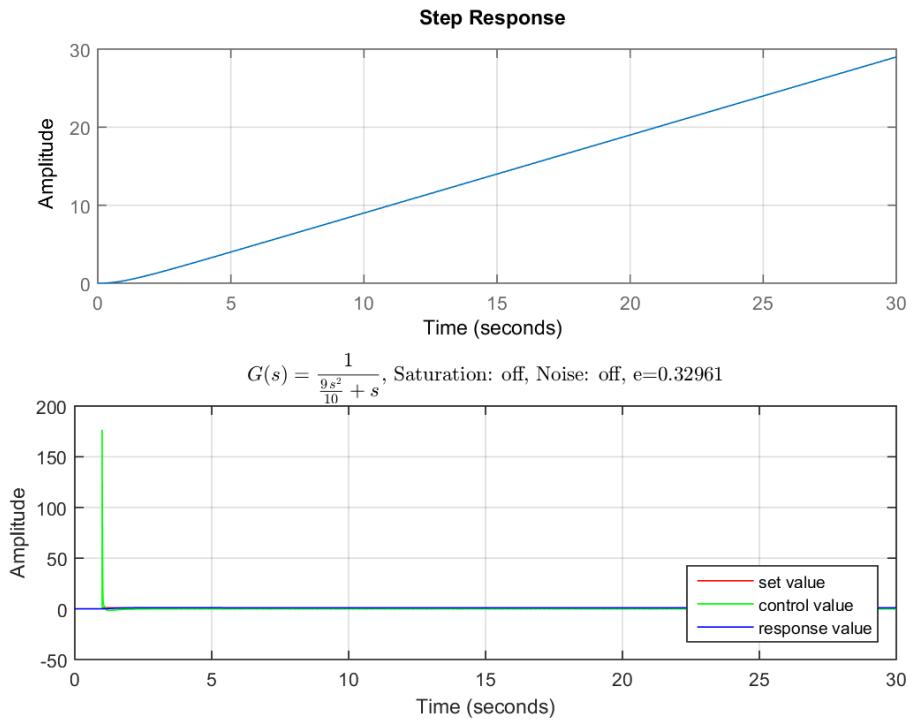
Rysunek 2.3.139: Obiekt G6-tf2b



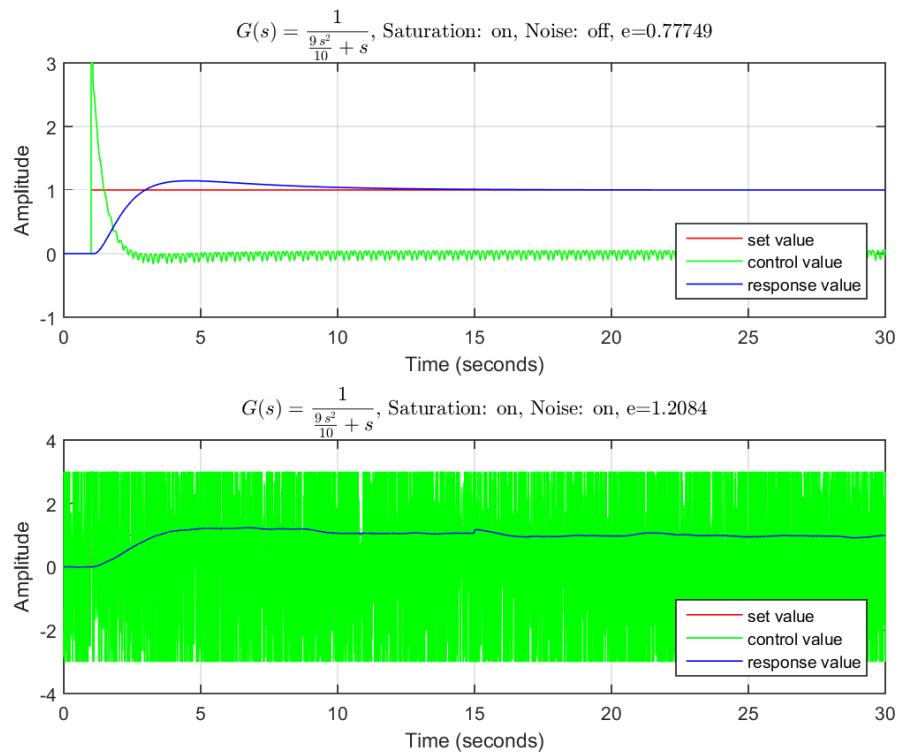
Rysunek 2.3.140: Obiekt G6-tf3a



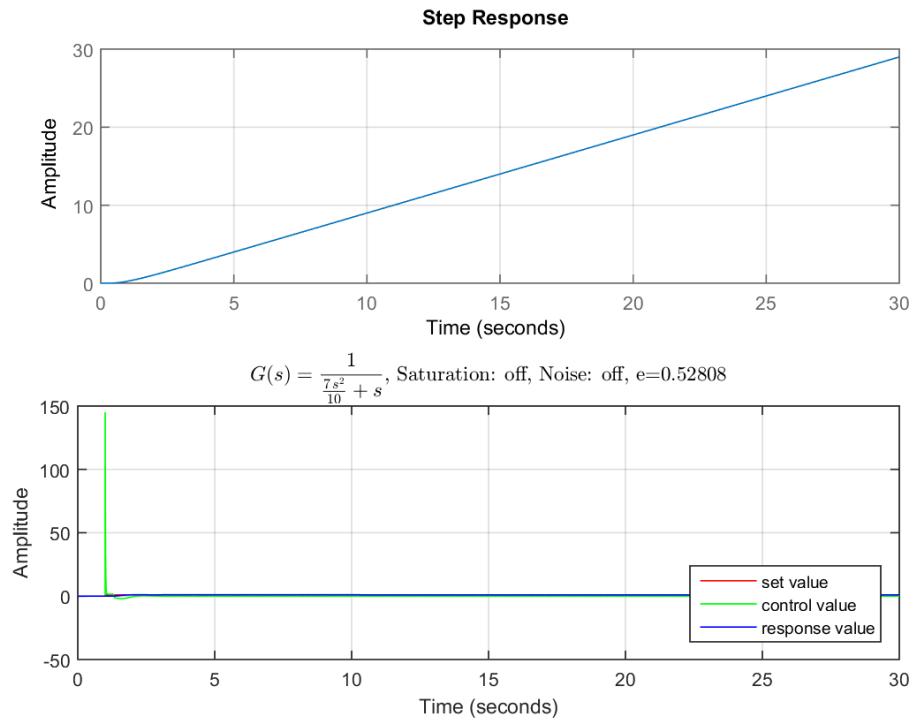
Rysunek 2.3.141: Obiekt G6-tf3b



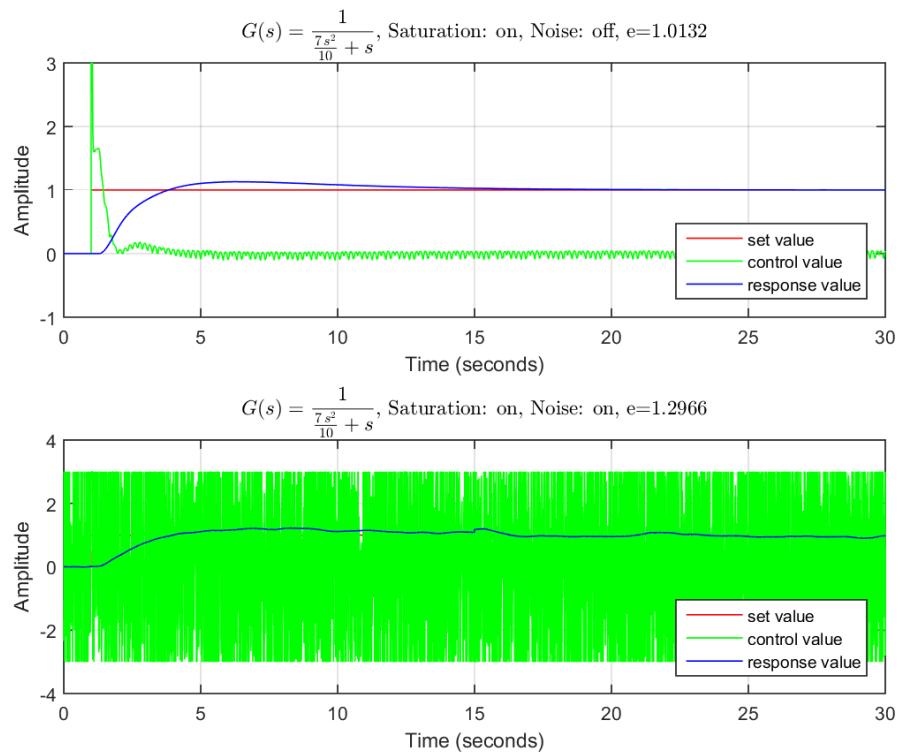
Rysunek 2.3.142: Obiekt G6-tf4a



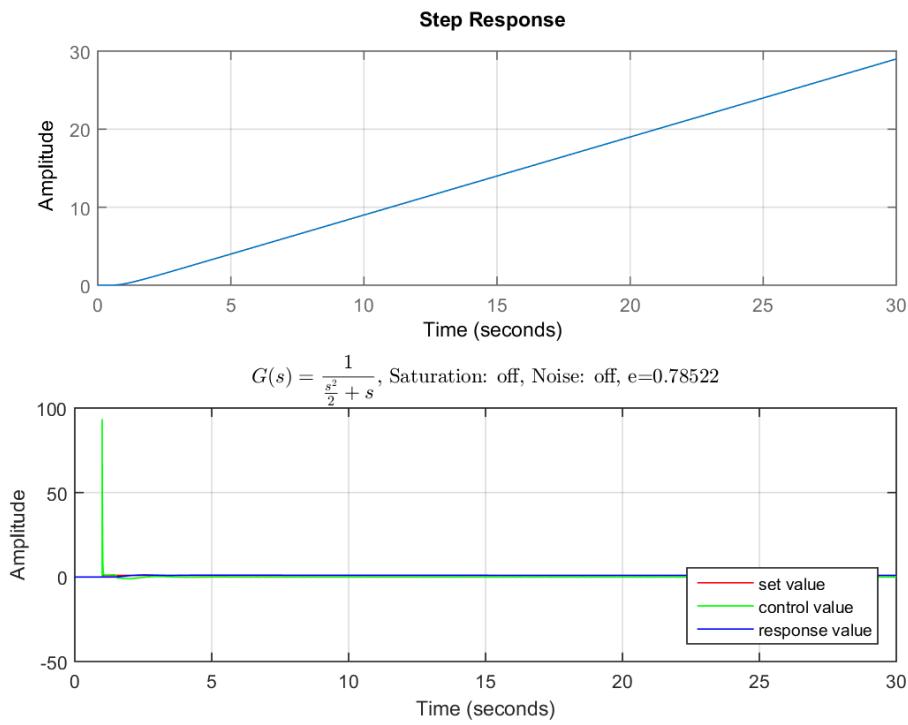
Rysunek 2.3.143: Obiekt G6-tf4b



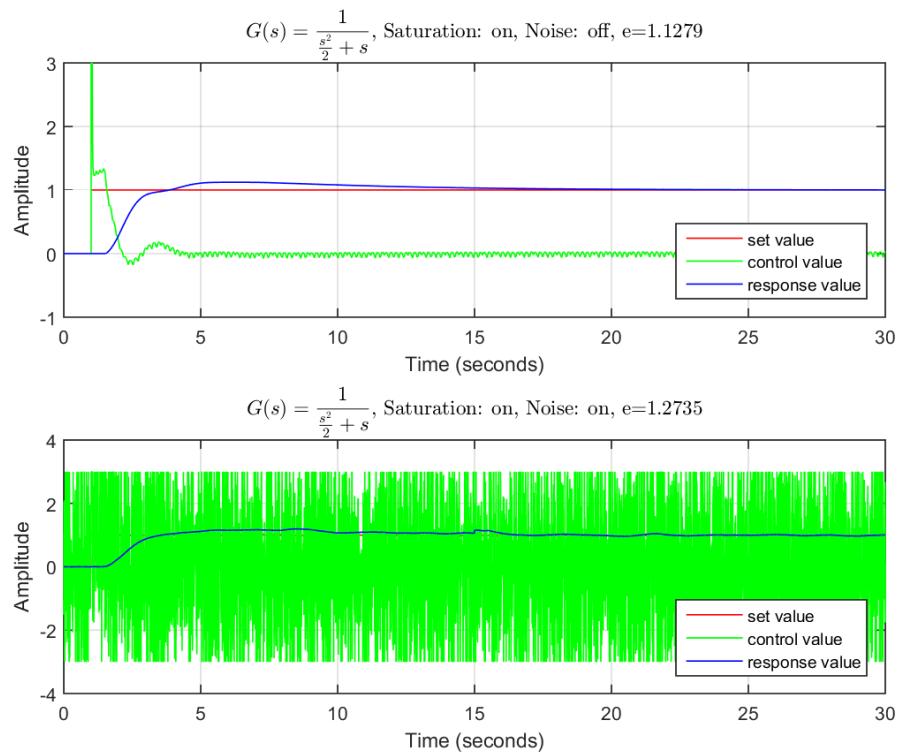
Rysunek 2.3.144: Obiekt G6-tf5a



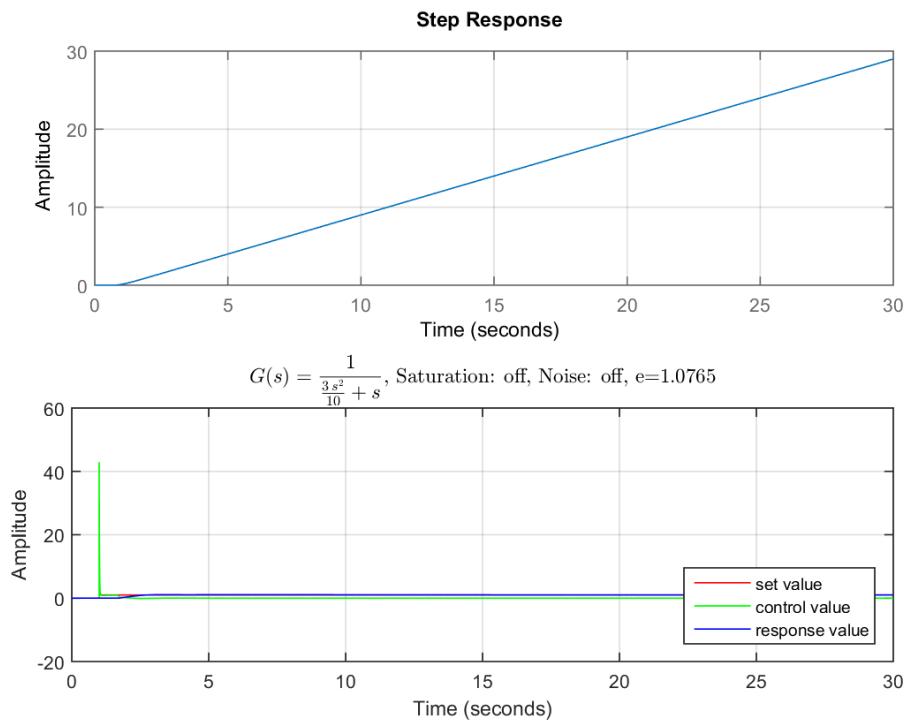
Rysunek 2.3.145: Obiekt G6-tf5b



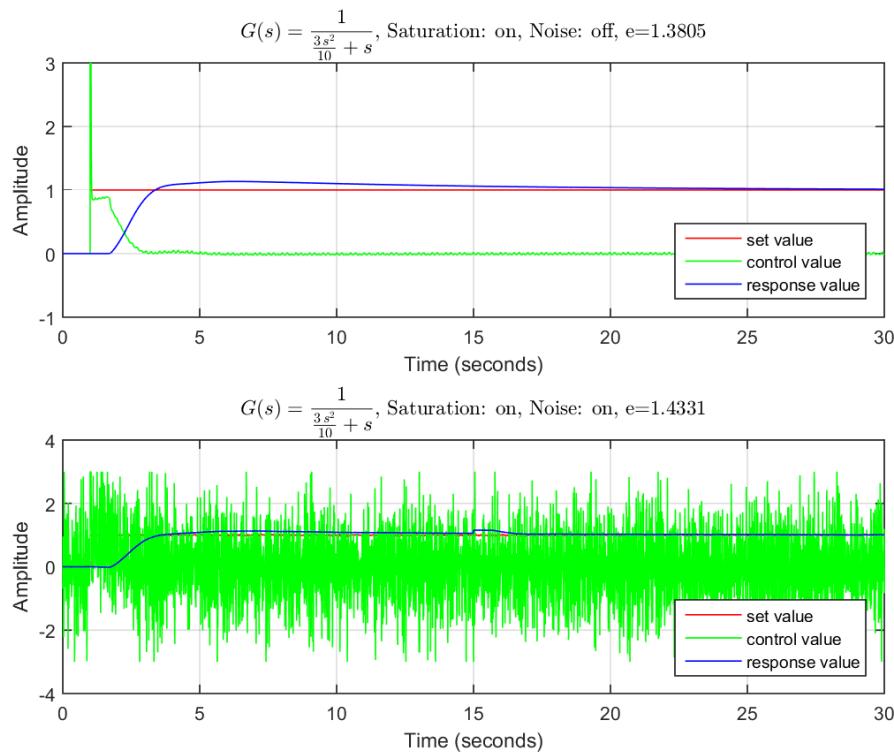
Rysunek 2.3.146: Obiekt G6-tf6a



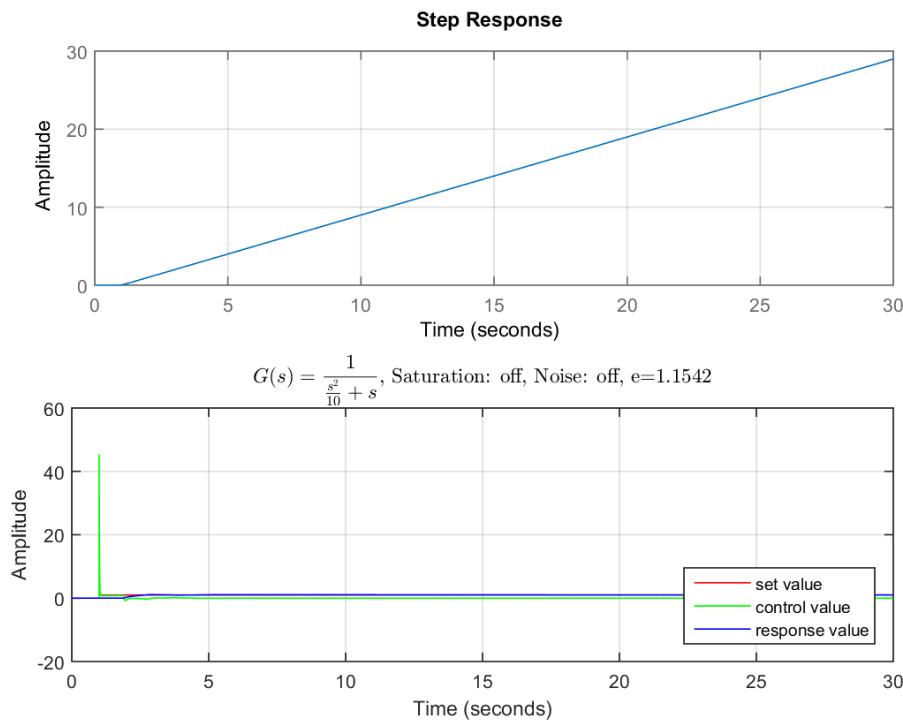
Rysunek 2.3.147: Obiekt G6-tf6b



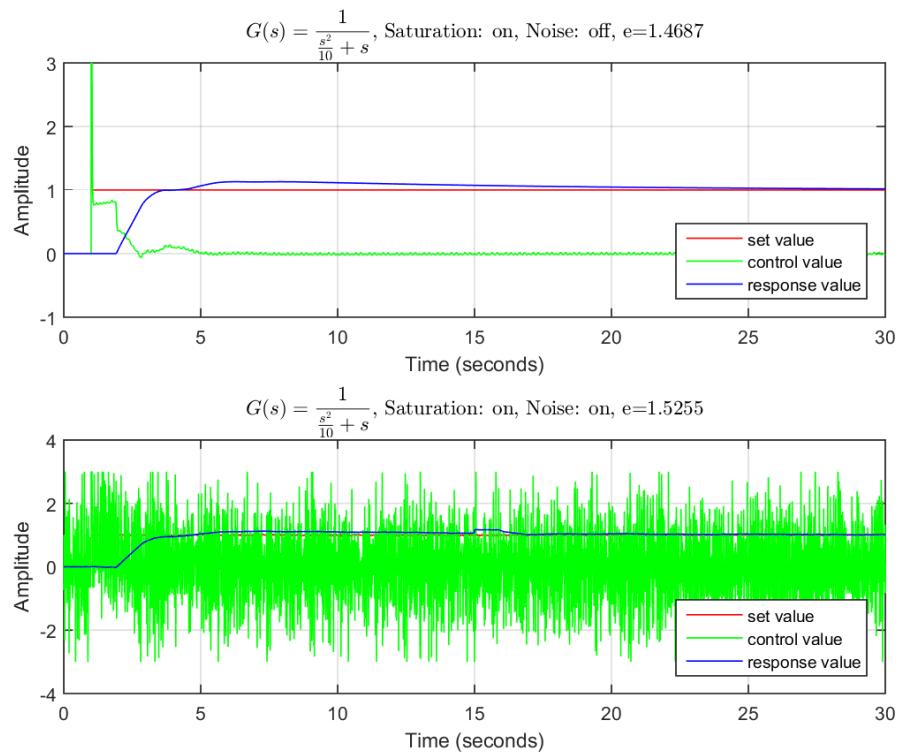
Rysunek 2.3.148: Obiekt G6-tf7a



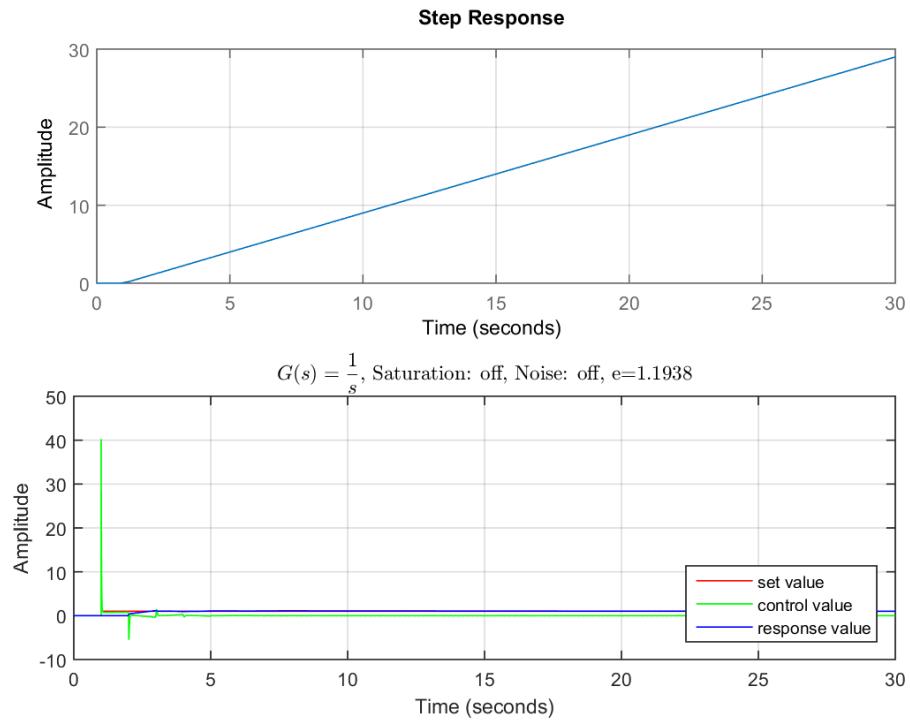
Rysunek 2.3.149: Obiekt G6-tf7b



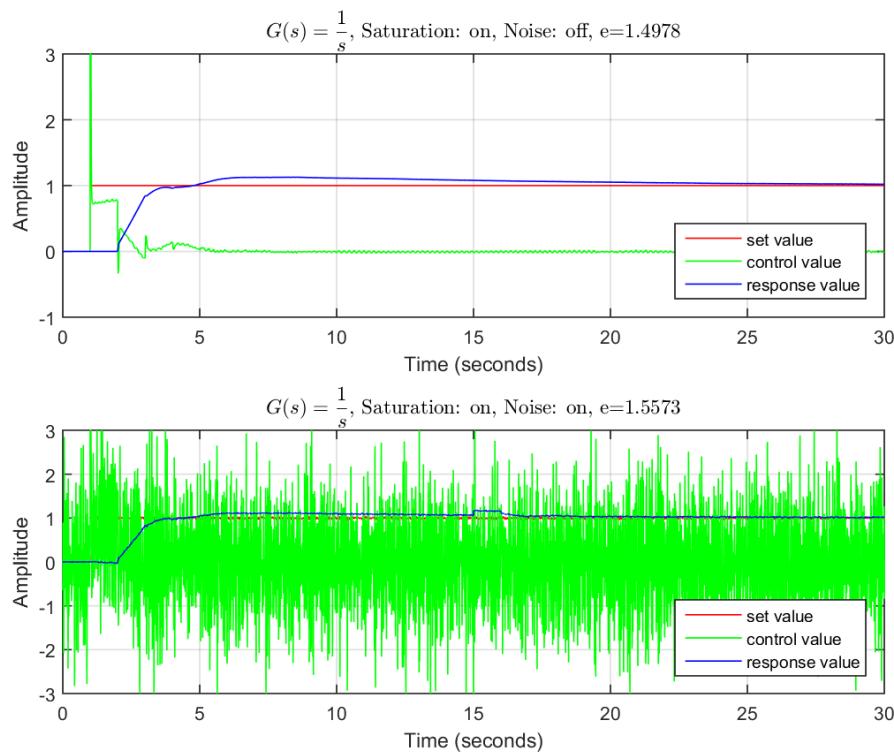
Rysunek 2.3.150: Obiekt G6-tf8a



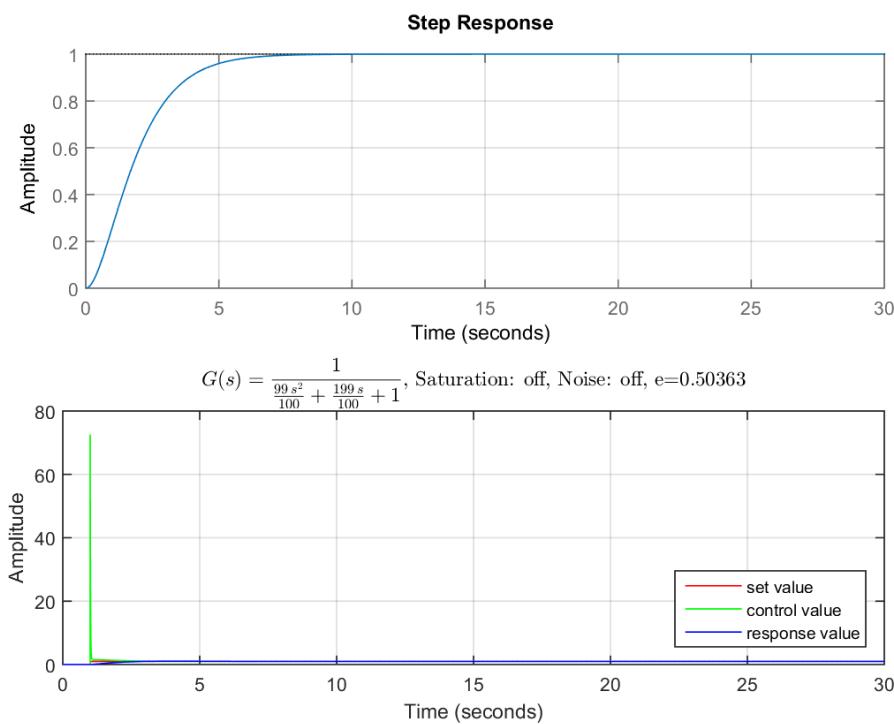
Rysunek 2.3.151: Obiekt G6-tf8b



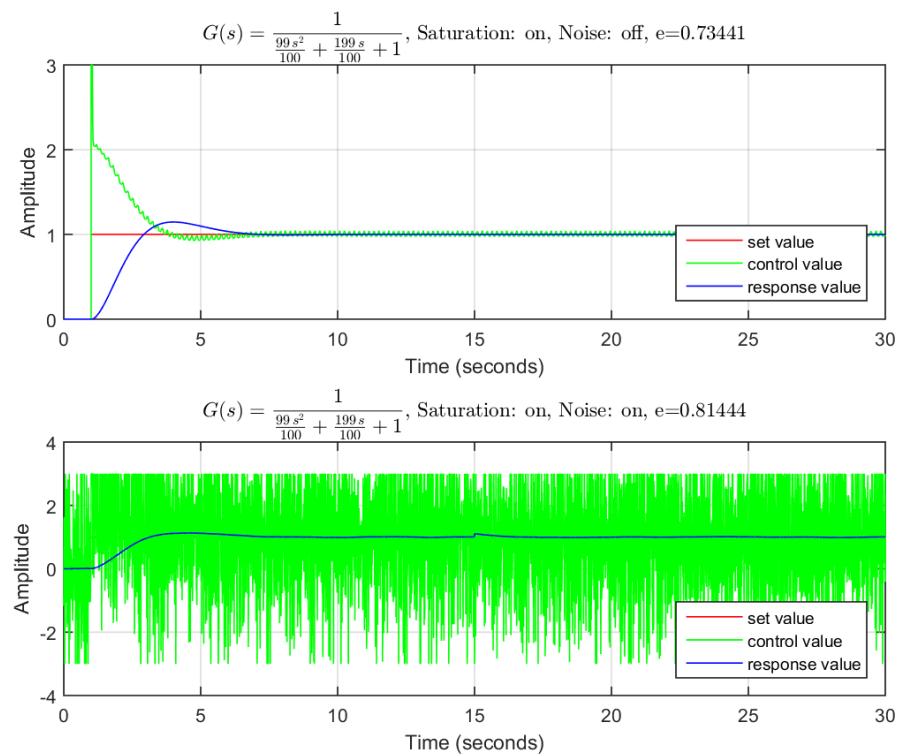
Rysunek 2.3.152: Obiekt G6-tf9a



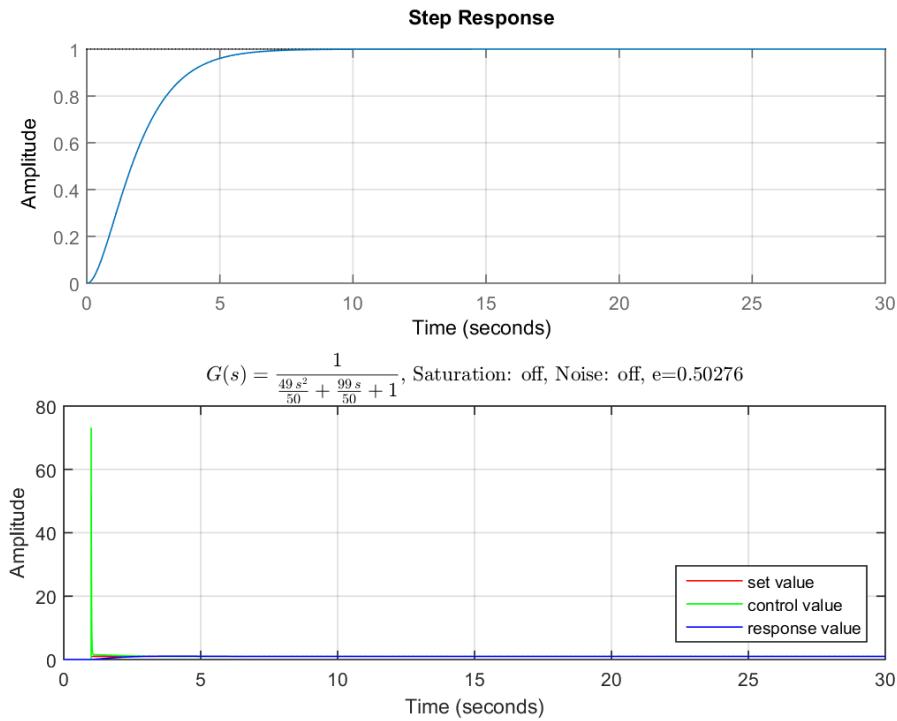
Rysunek 2.3.153: Obiekt G6-tf9b



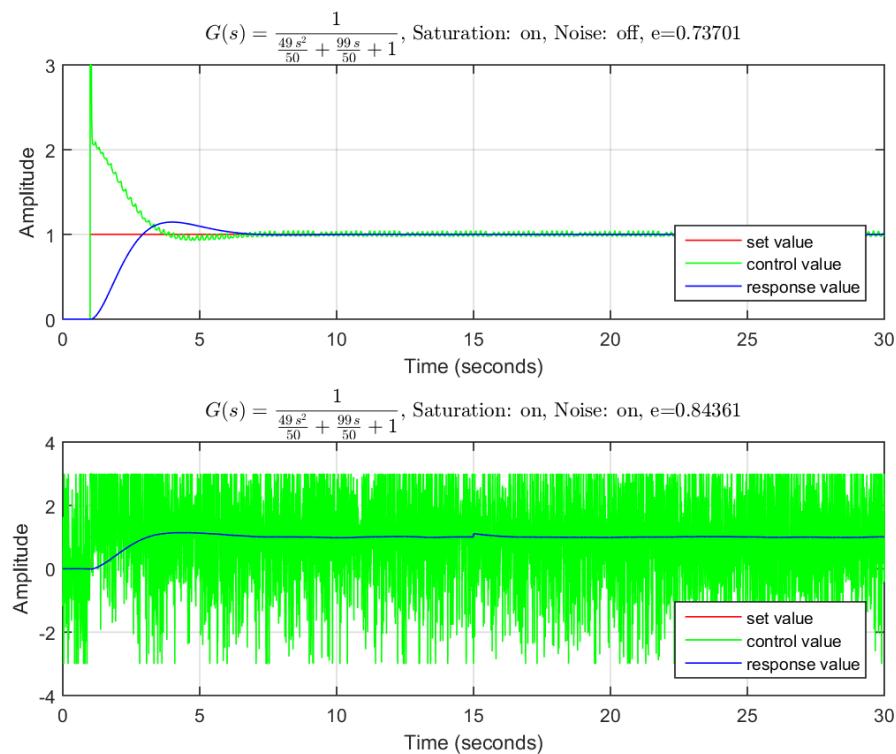
Rysunek 2.3.154: Obiekt G7-tf1a



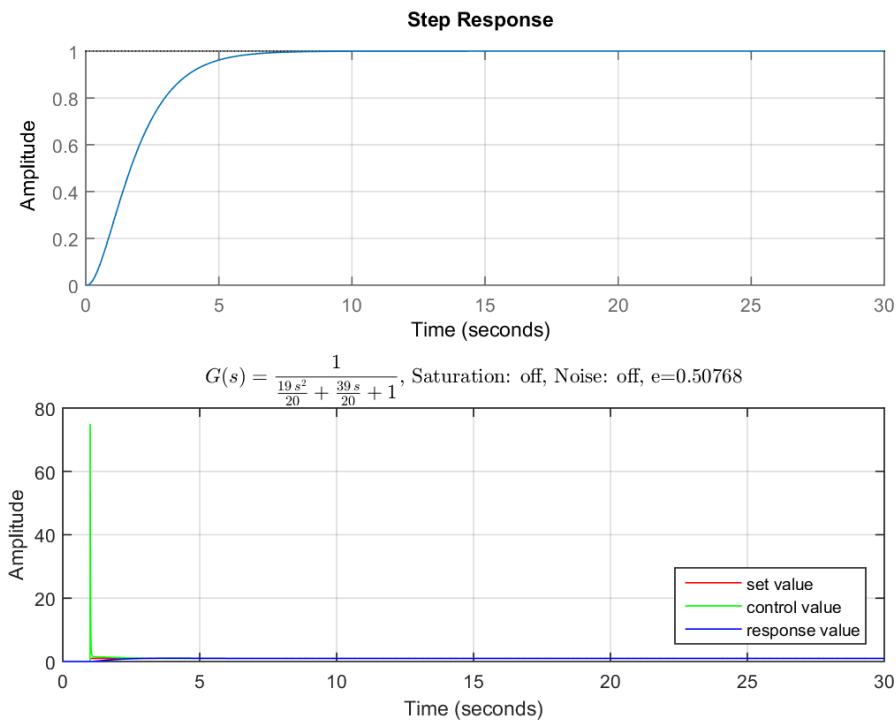
Rysunek 2.3.155: Obiekt G7-tf1b



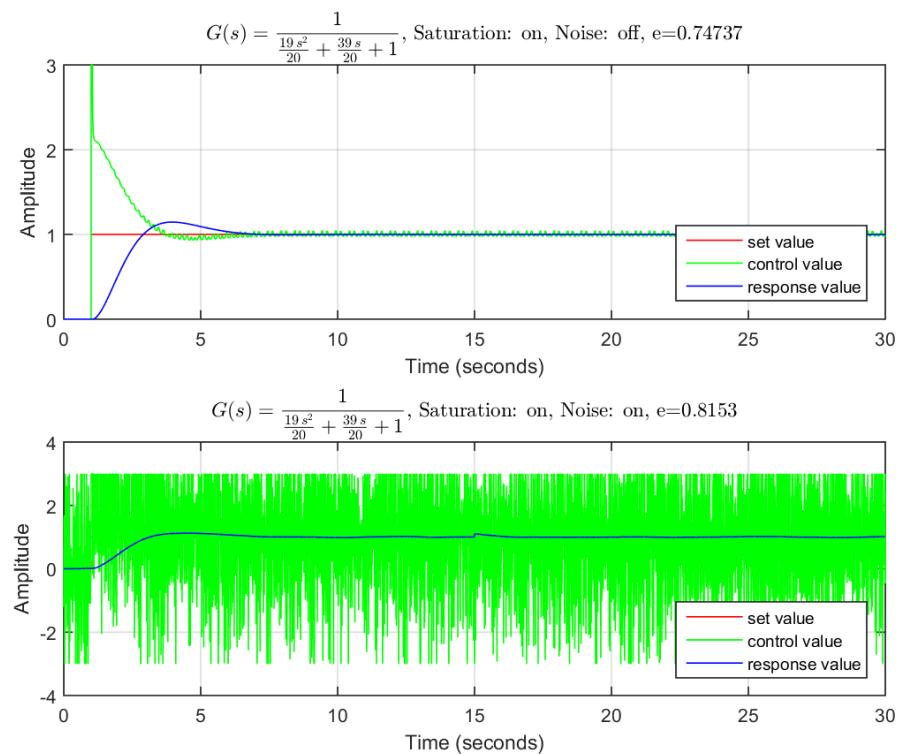
Rysunek 2.3.156: Obiekt G7-tf2a



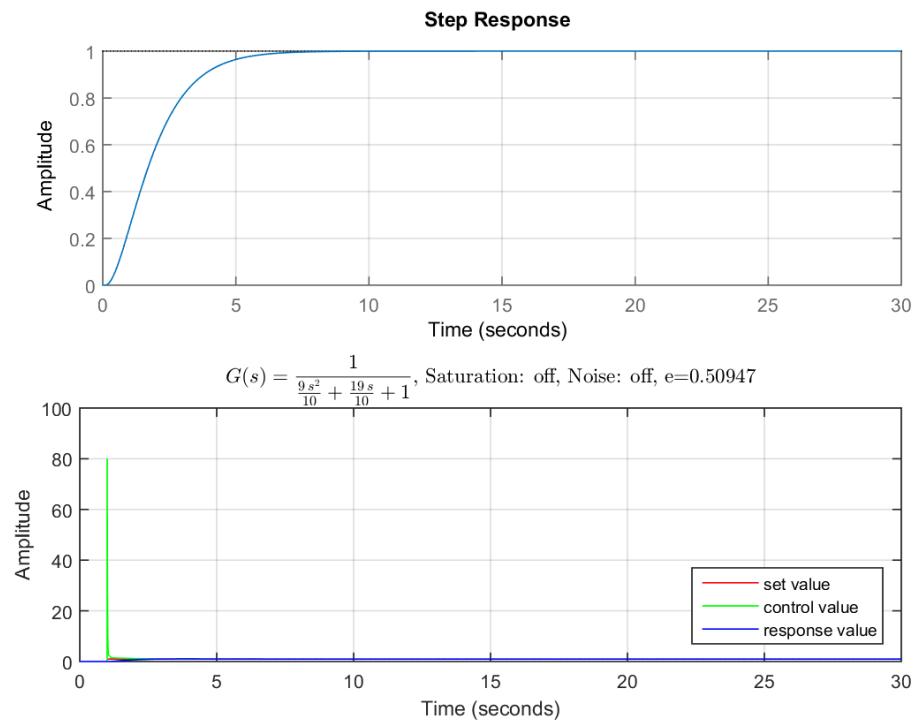
Rysunek 2.3.157: Obiekt G7-tf2b



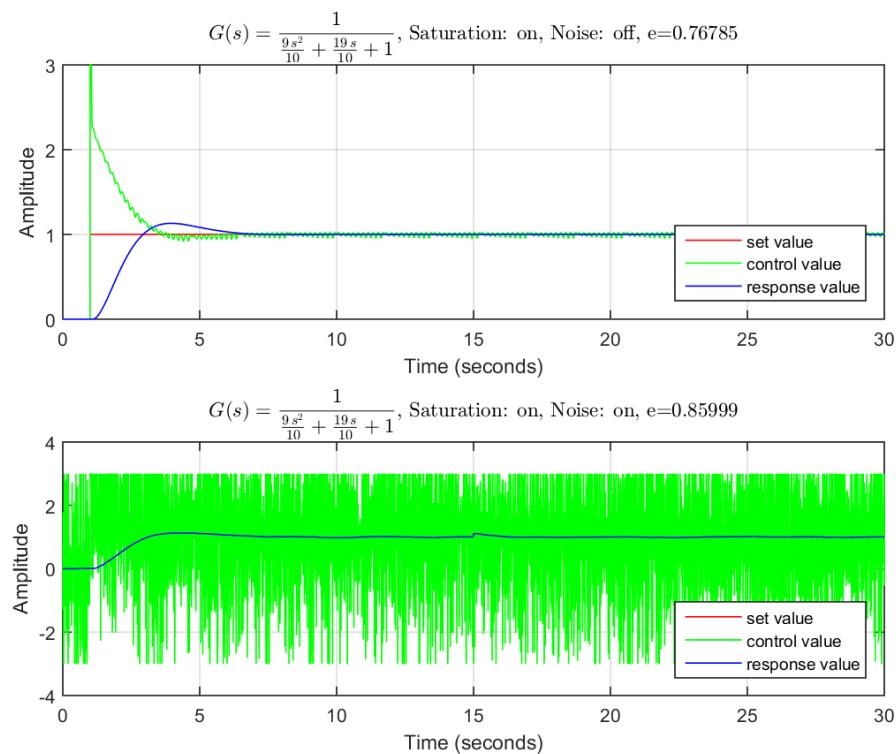
Rysunek 2.3.158: Obiekt G7-tf3a



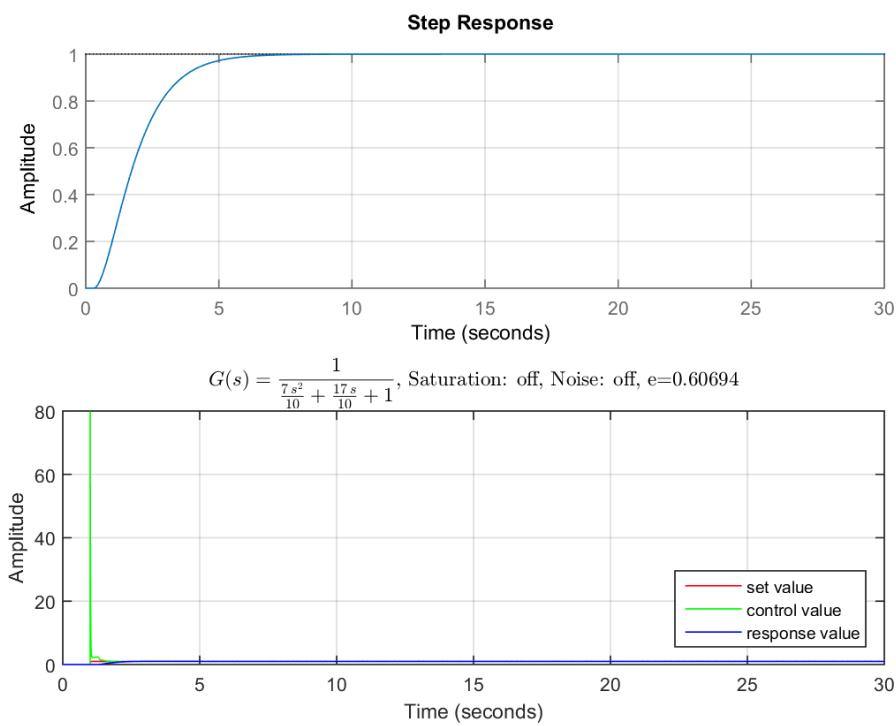
Rysunek 2.3.159: Obiekt G7-tf3b



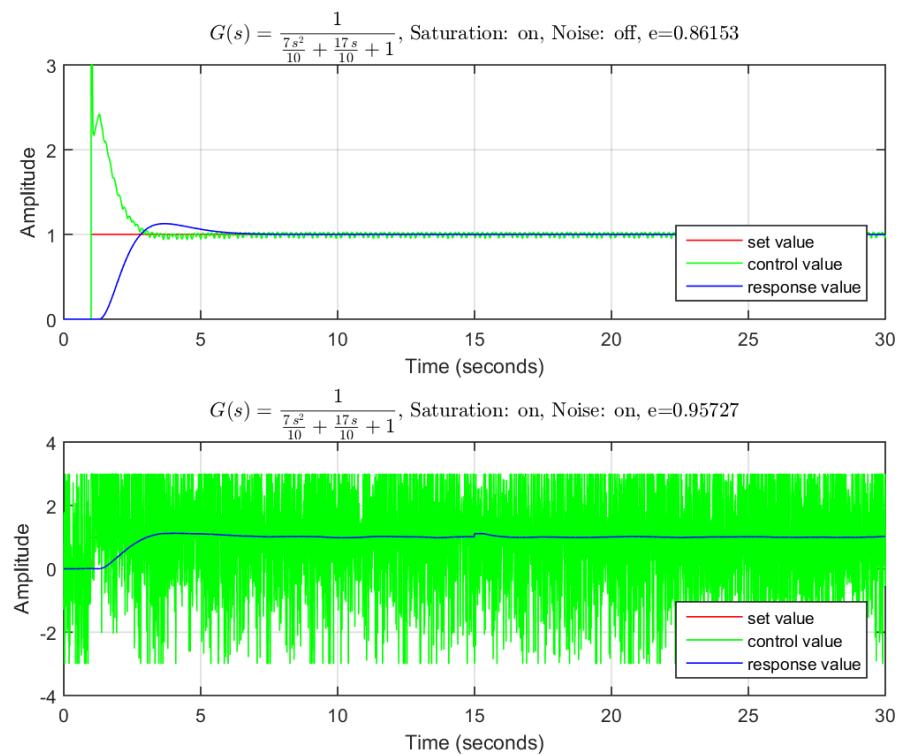
Rysunek 2.3.160: Obiekt G7-tf4a



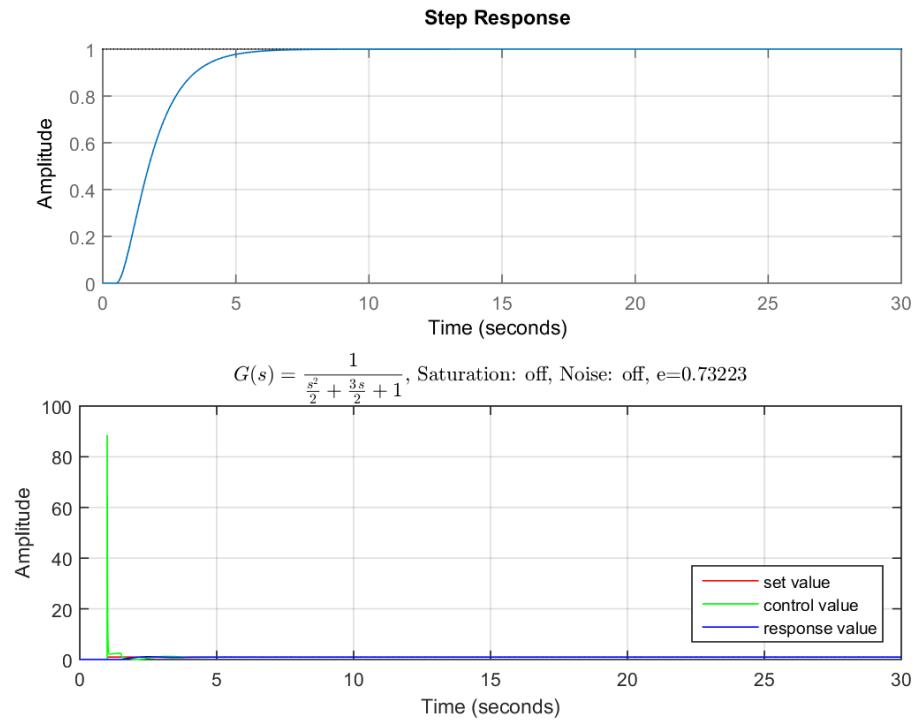
Rysunek 2.3.161: Obiekt G7-tf4b



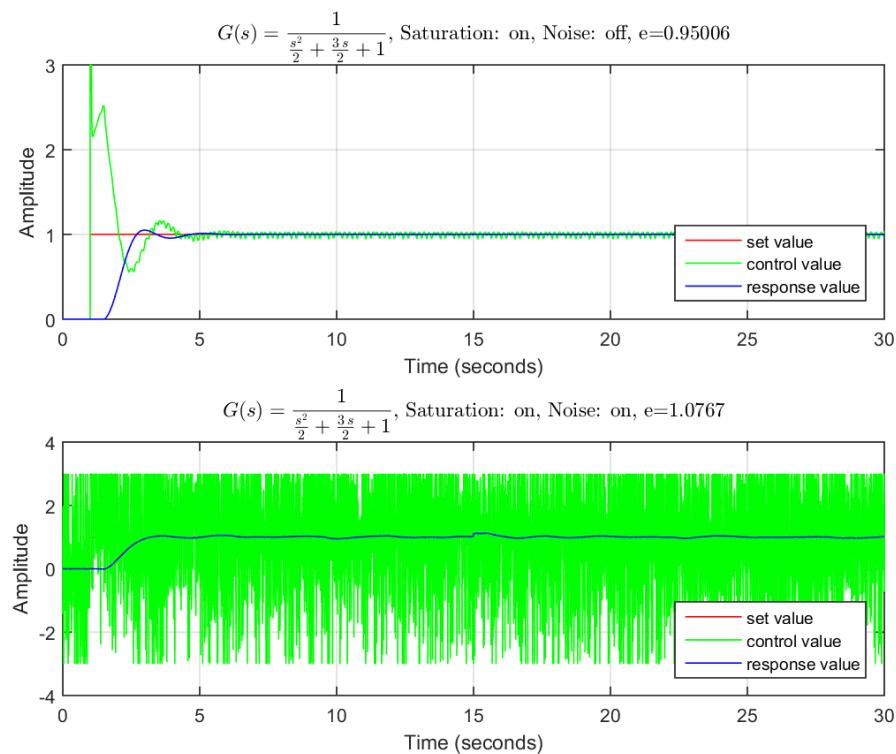
Rysunek 2.3.162: Obiekt G7-tf5a



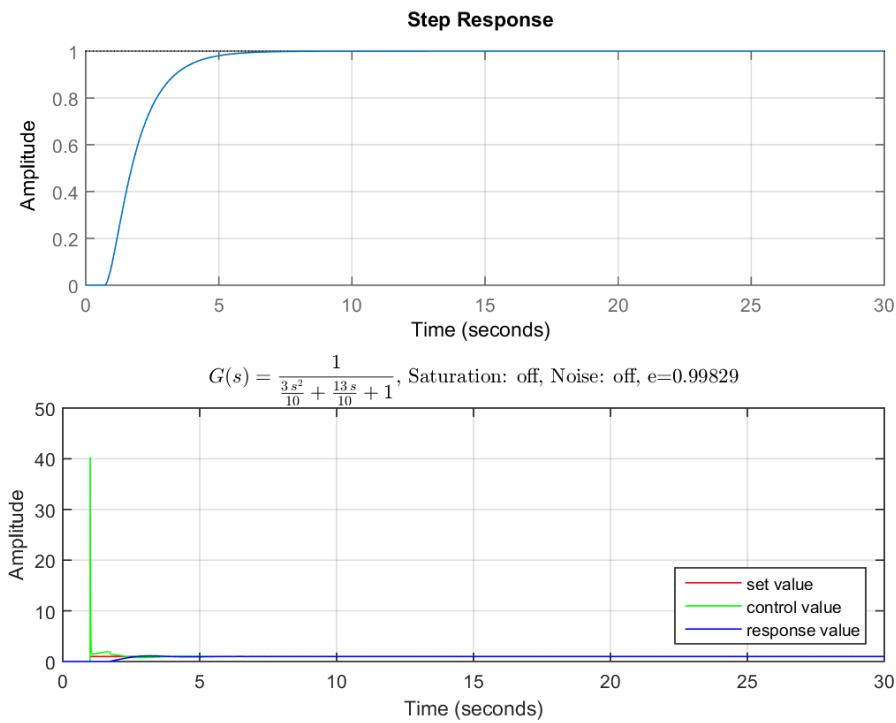
Rysunek 2.3.163: Obiekt G7-tf5b



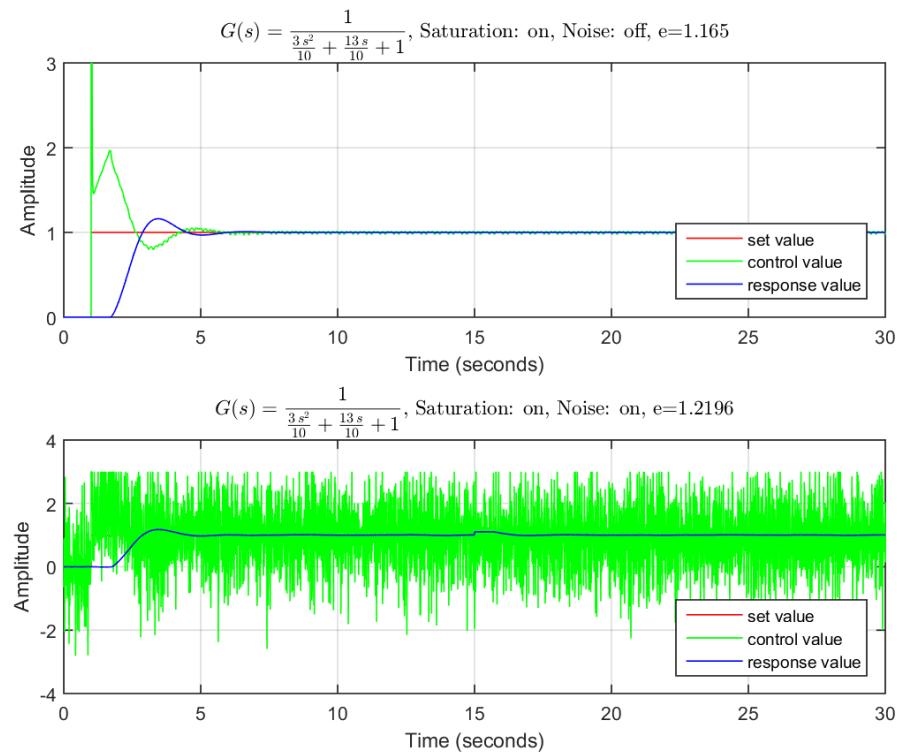
Rysunek 2.3.164: Obiekt G7-tf6a



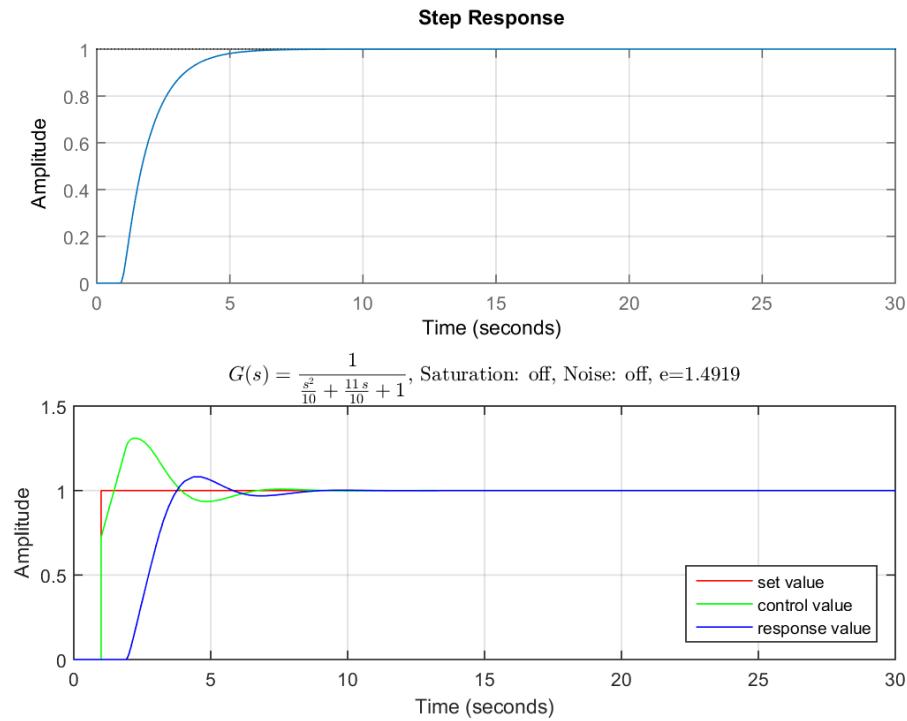
Rysunek 2.3.165: Obiekt G7-tf6b



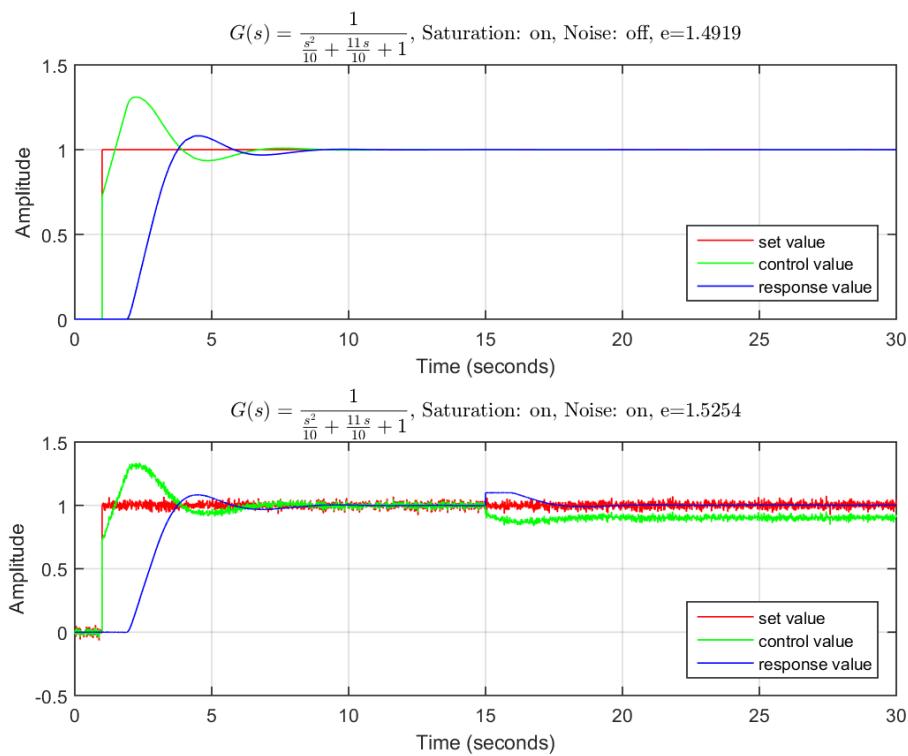
Rysunek 2.3.166: Obiekt G7-tf7a



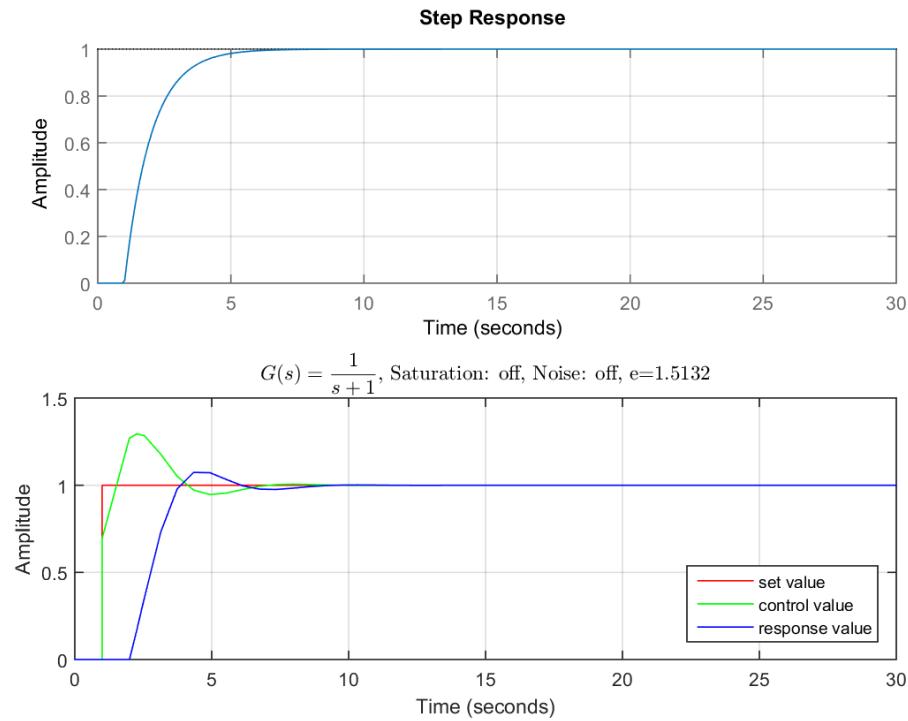
Rysunek 2.3.167: Obiekt G7-tf7b



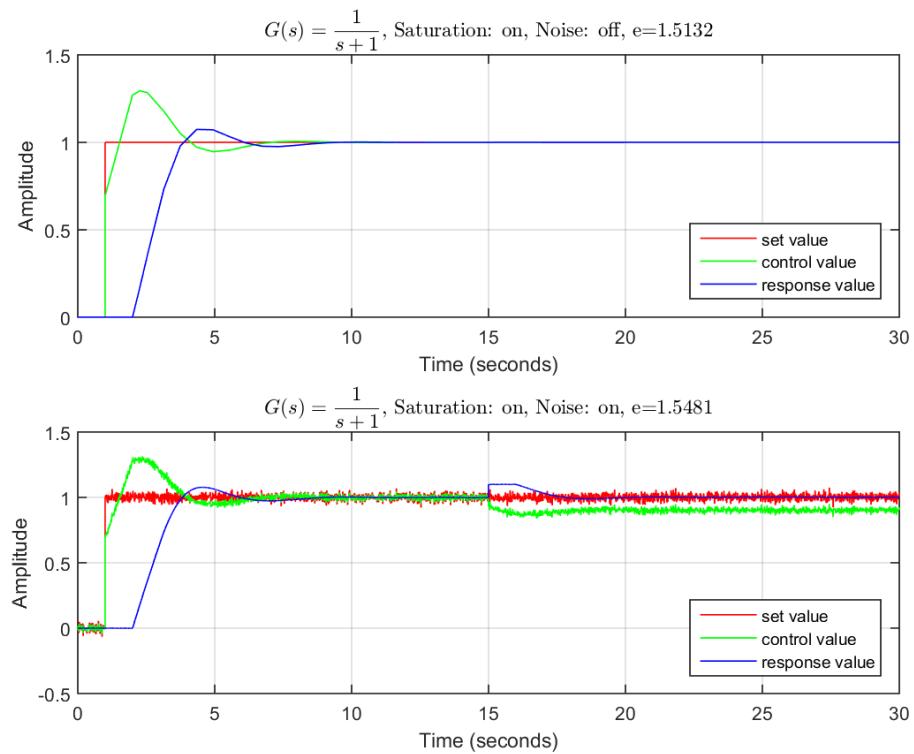
Rysunek 2.3.168: Obiekt G7-tf8a



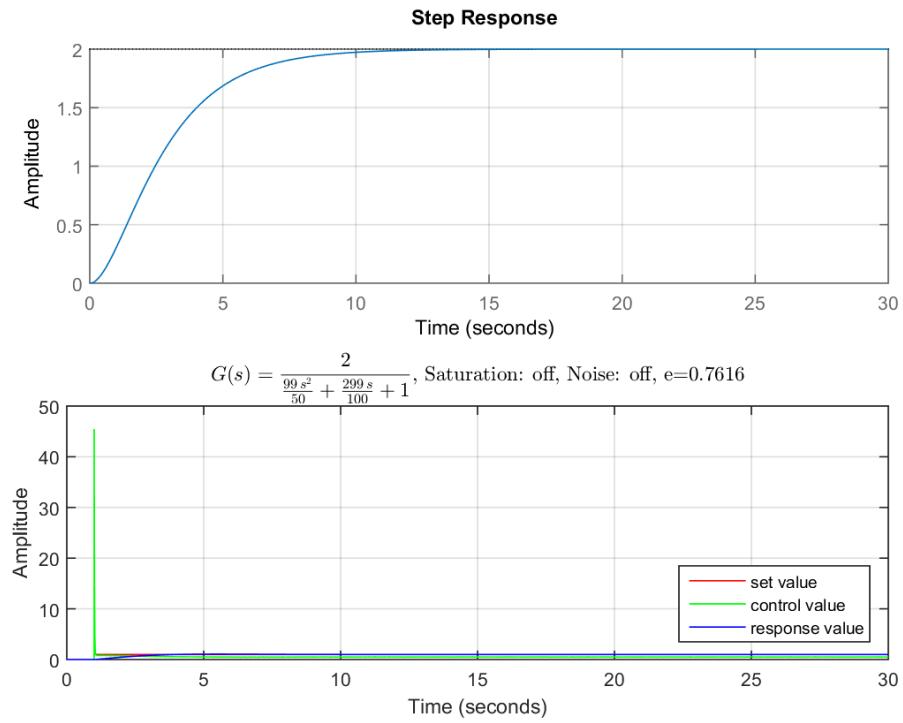
Rysunek 2.3.169: Obiekt G7-tf8b



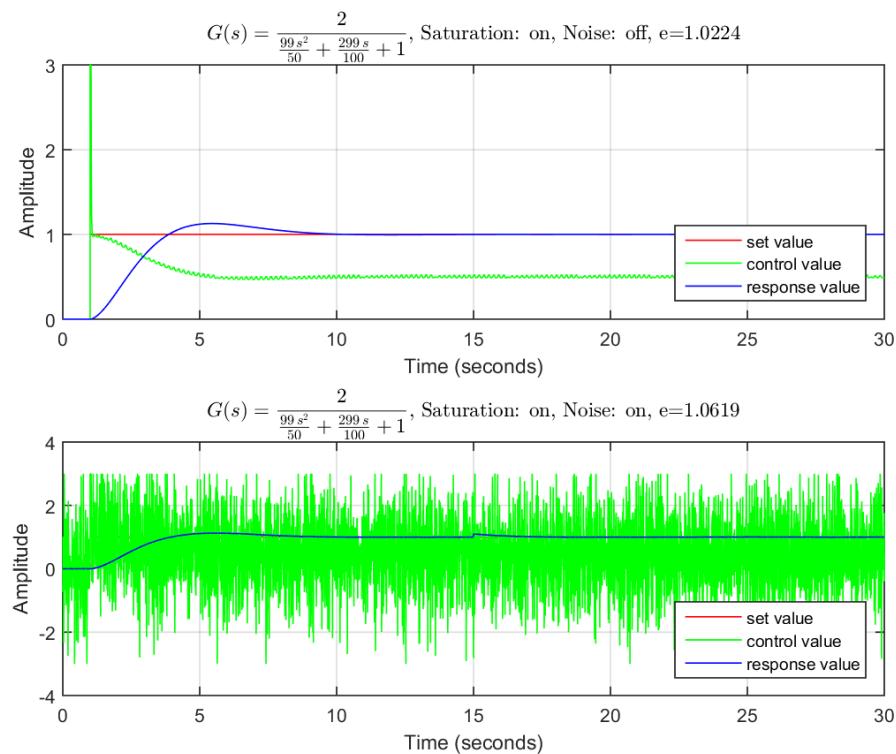
Rysunek 2.3.170: Obiekt G7-tf9a



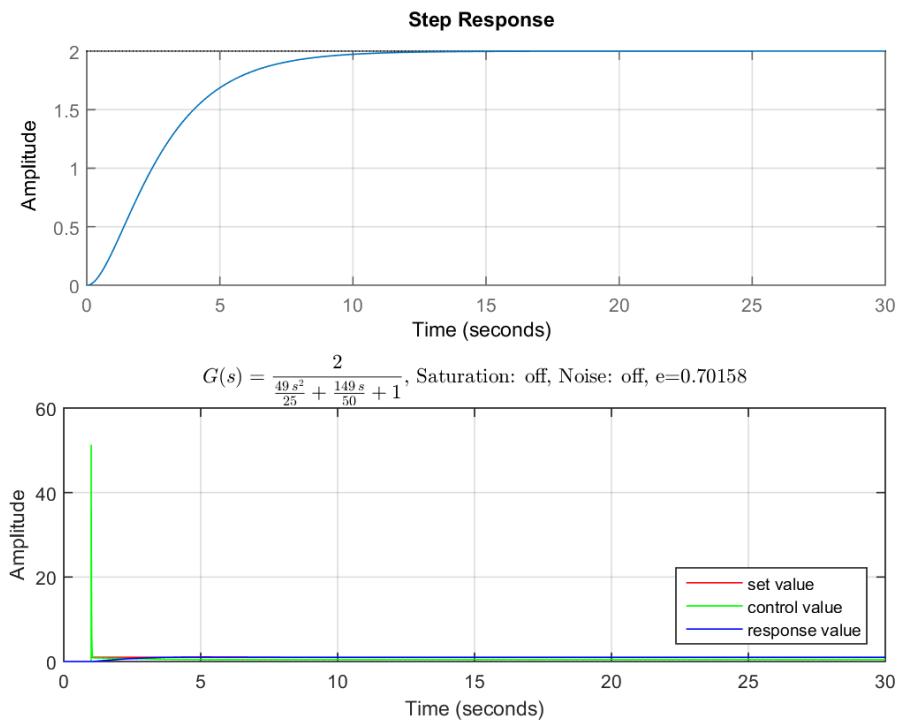
Rysunek 2.3.171: Obiekt G7-tf9b



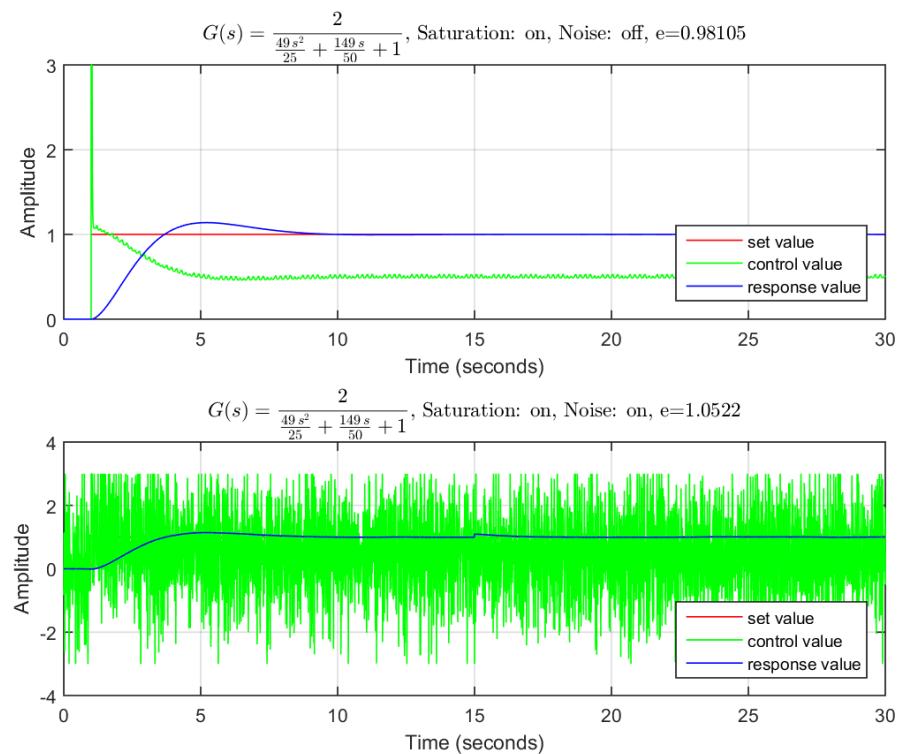
Rysunek 2.3.172: Obiekt G7-tf10a



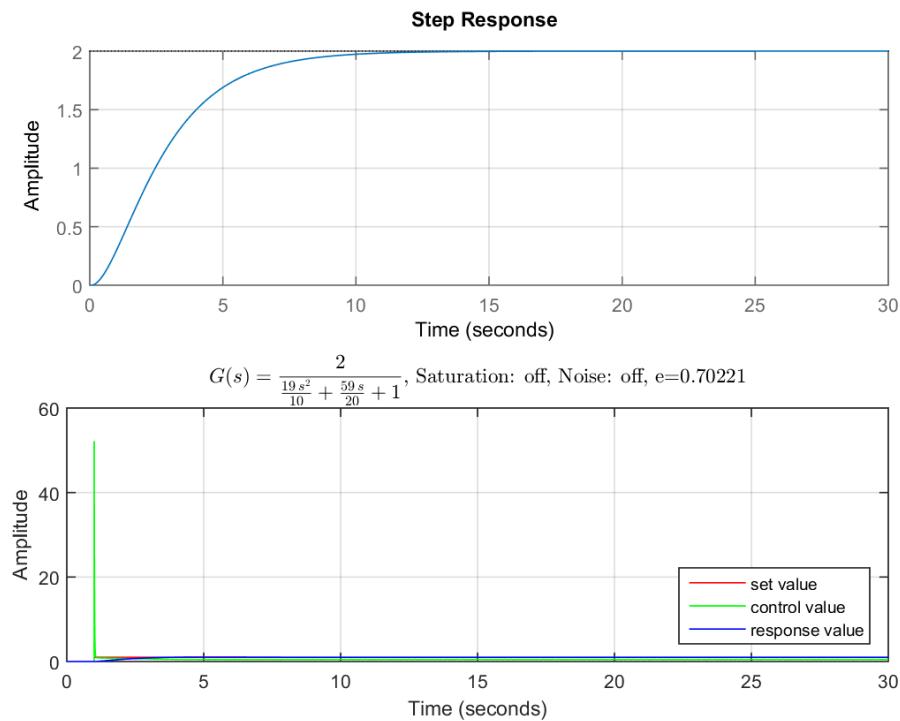
Rysunek 2.3.173: Obiekt G7-tf10b



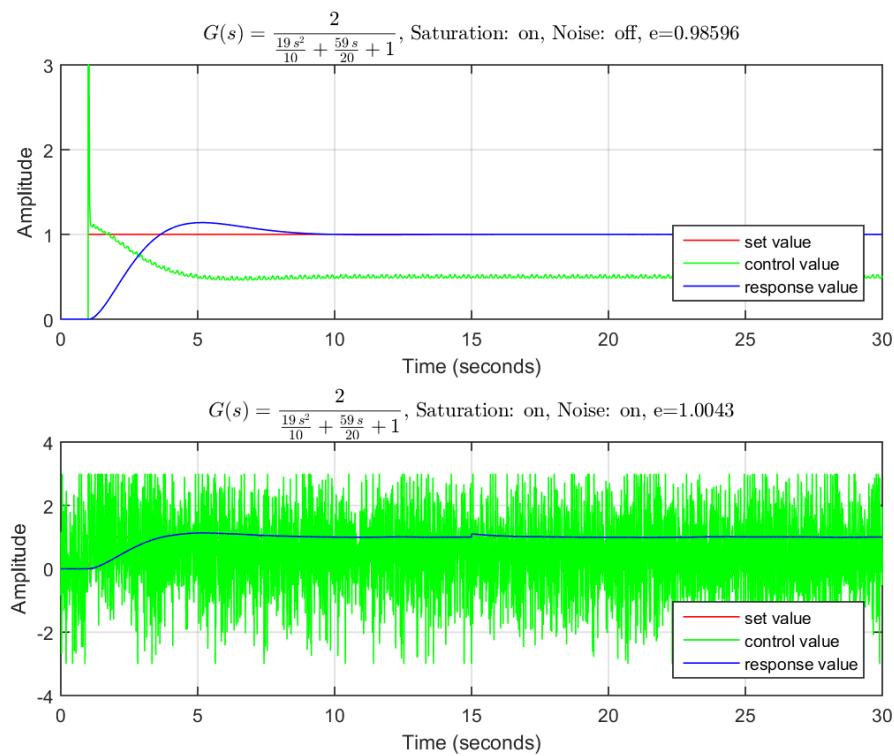
Rysunek 2.3.174: Obiekt G7-tf11a



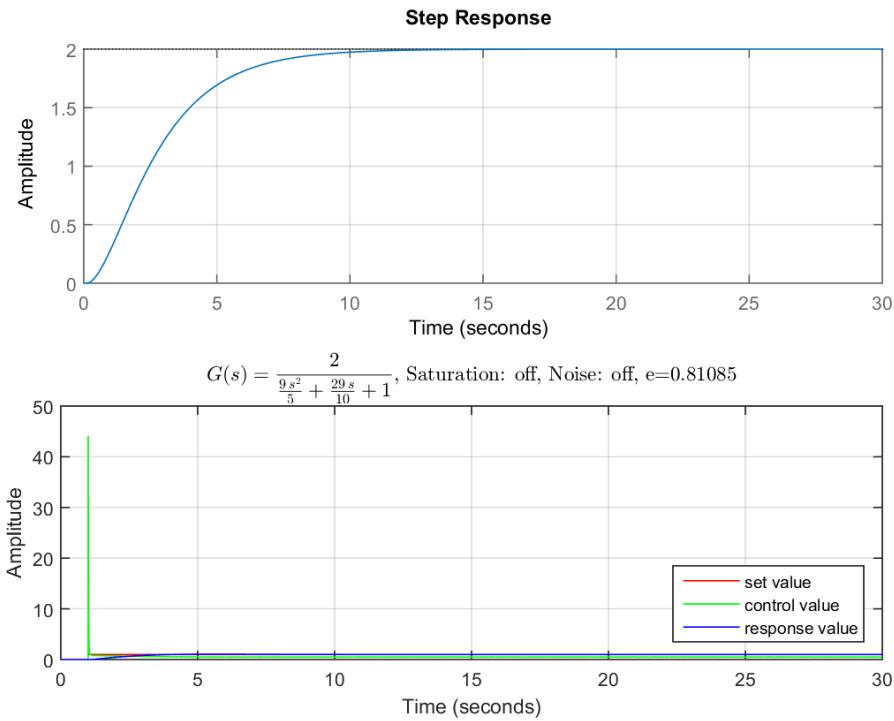
Rysunek 2.3.175: Obiekt G7-tf11b



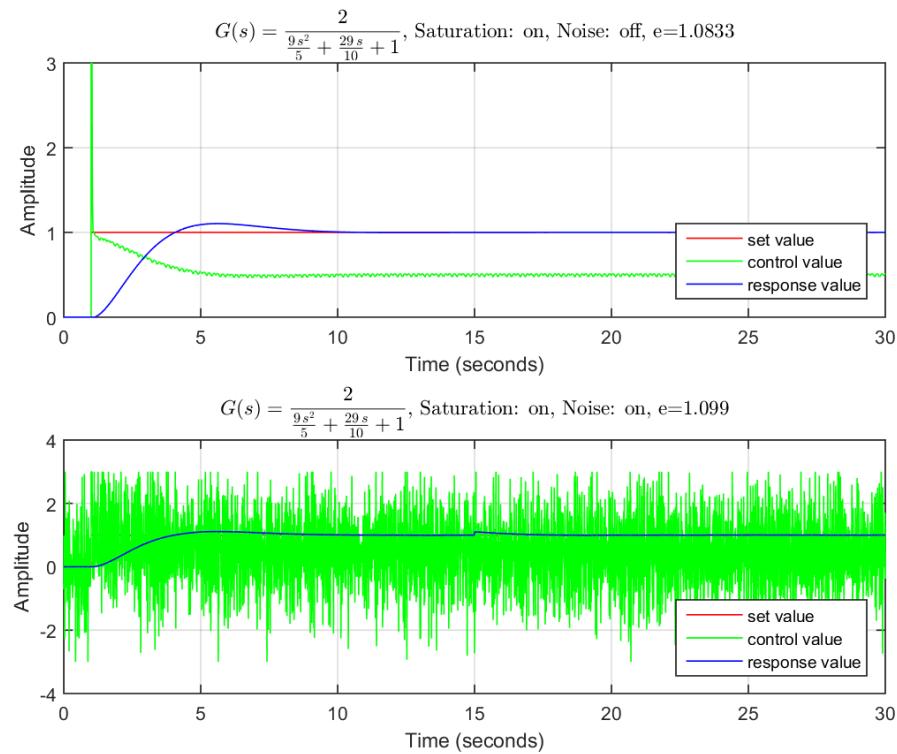
Rysunek 2.3.176: Obiekt G7-tf12a



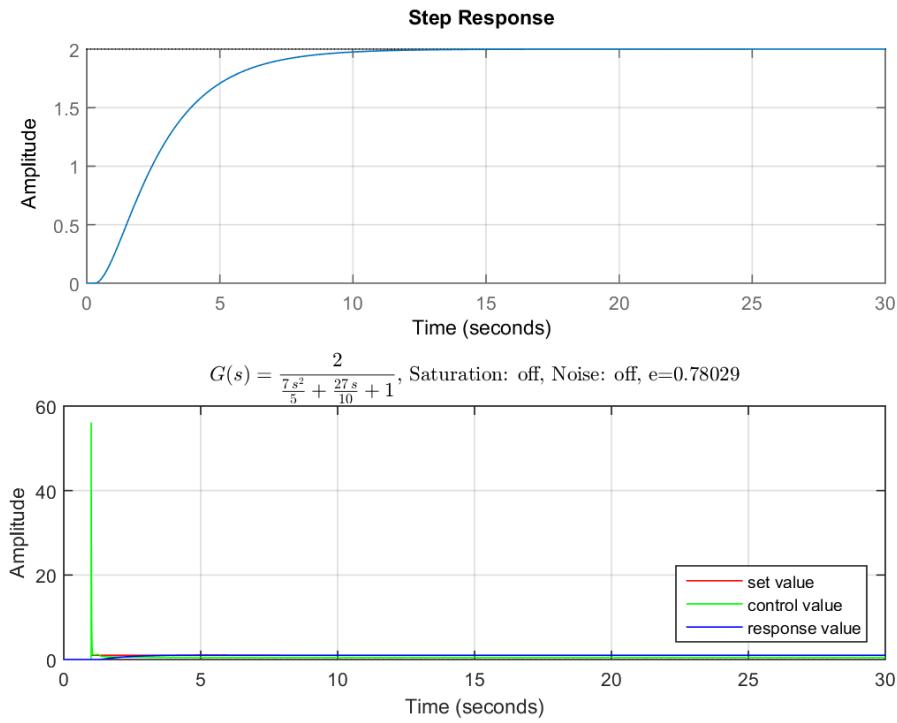
Rysunek 2.3.177: Obiekt G7-tf12b



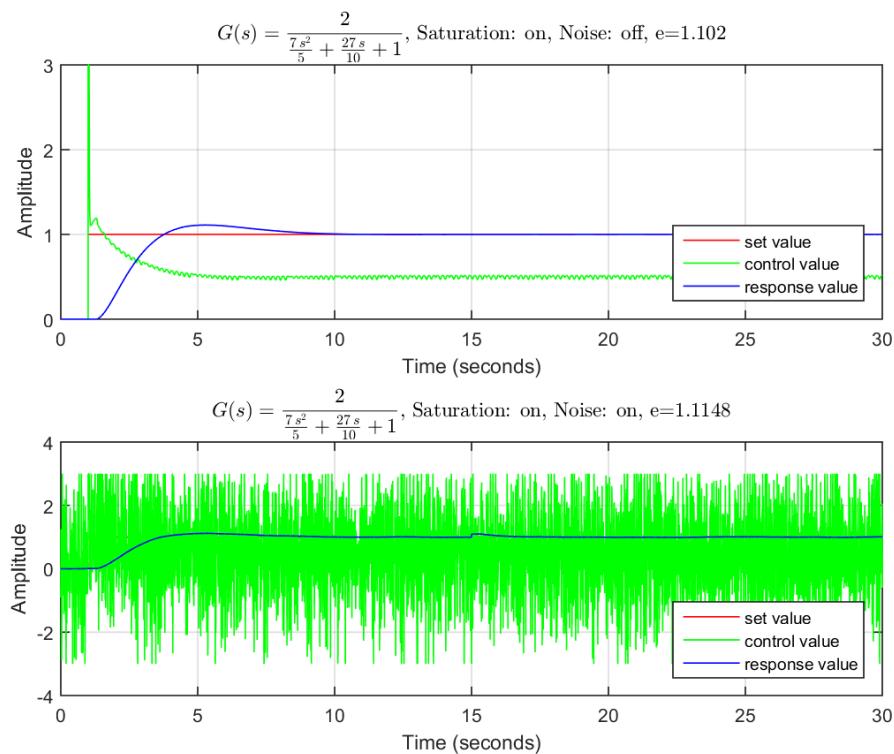
Rysunek 2.3.178: Obiekt G7-tf13a



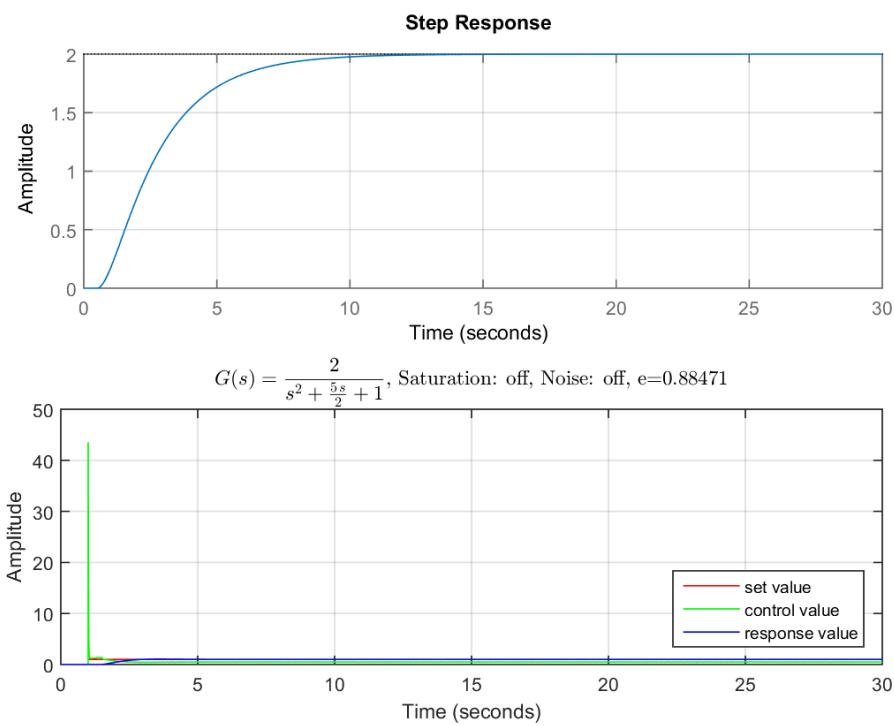
Rysunek 2.3.179: Obiekt G7-tf13b



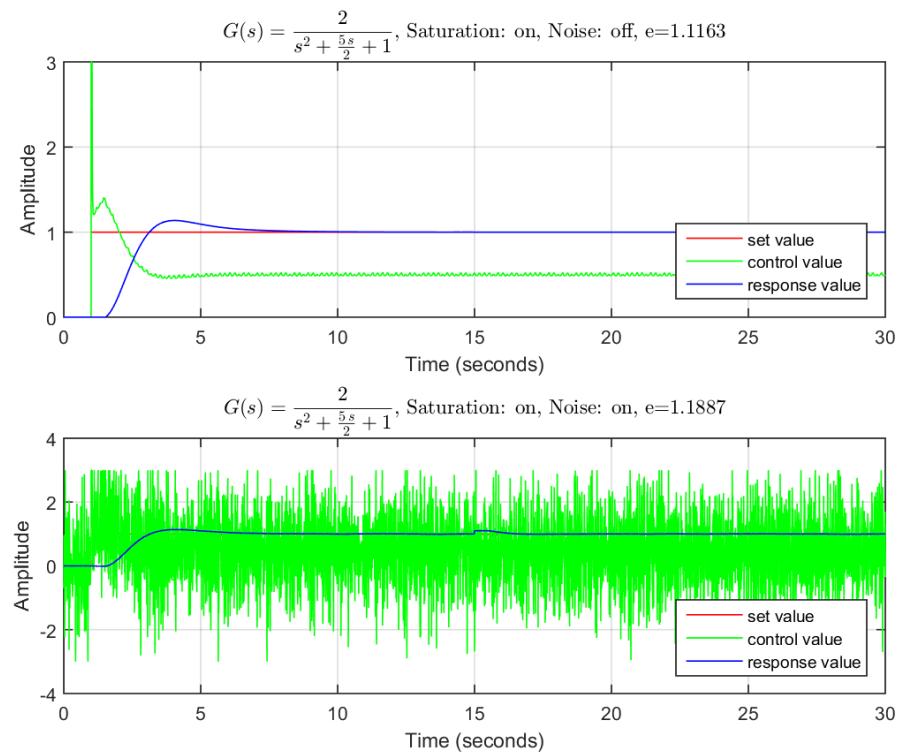
Rysunek 2.3.180: Obiekt G7-tf14a



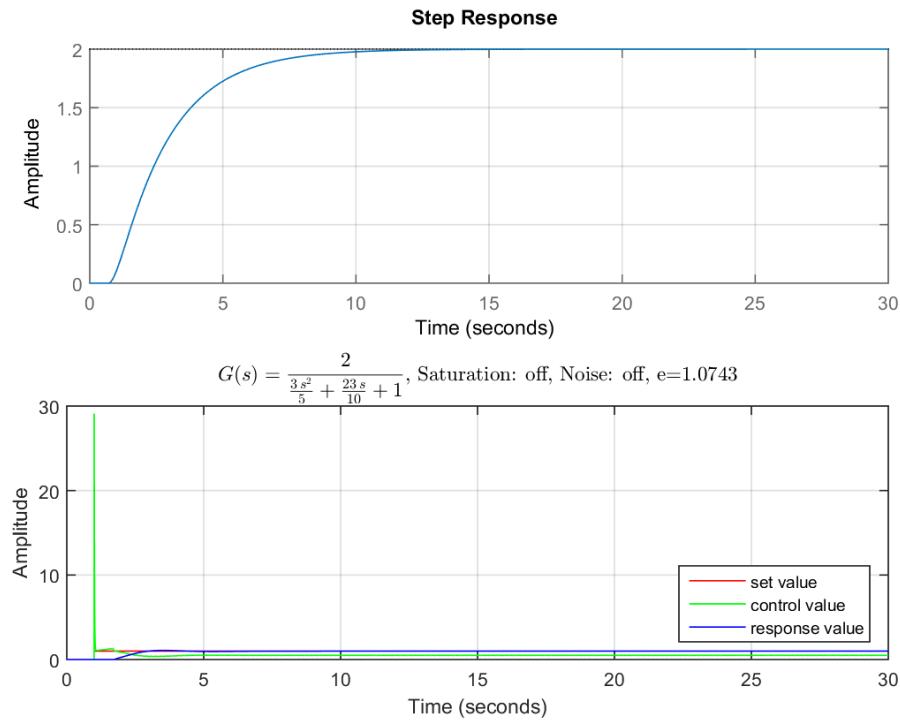
Rysunek 2.3.181: Obiekt G7-tf14b



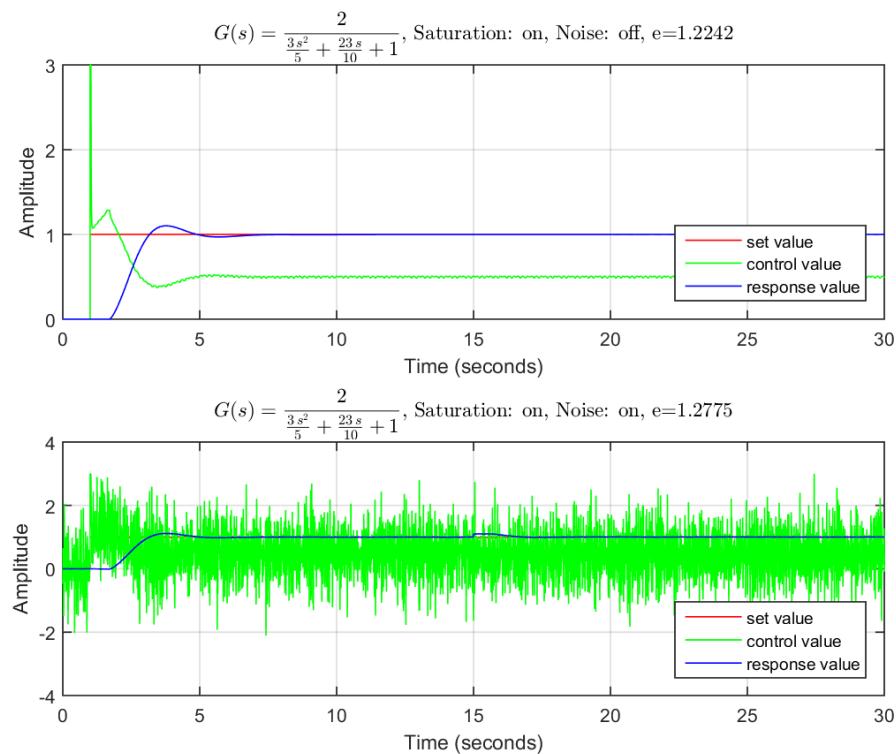
Rysunek 2.3.182: Obiekt G7-tf15a



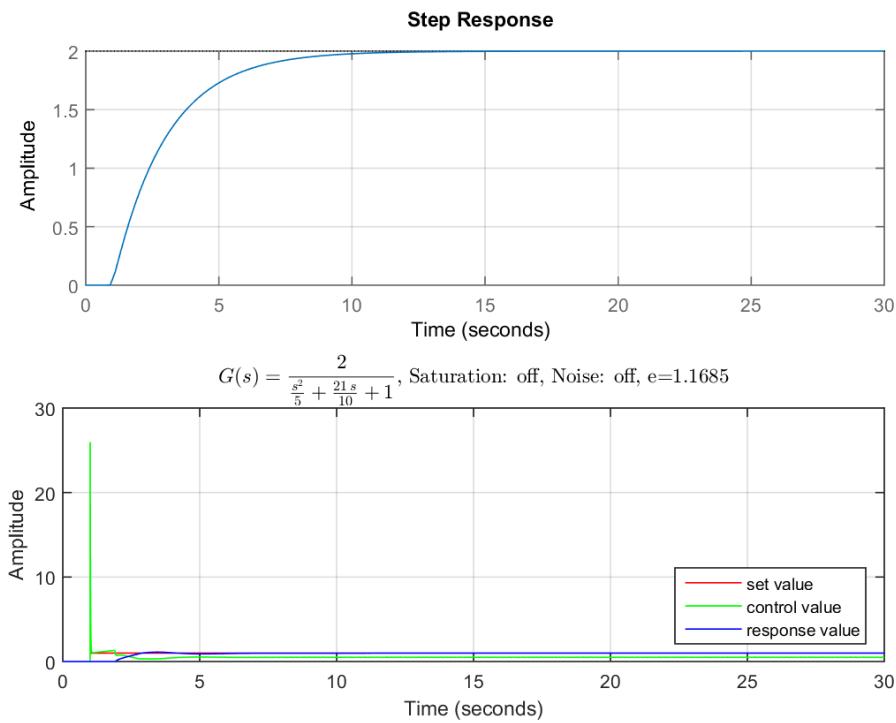
Rysunek 2.3.183: Obiekt G7-tf15b



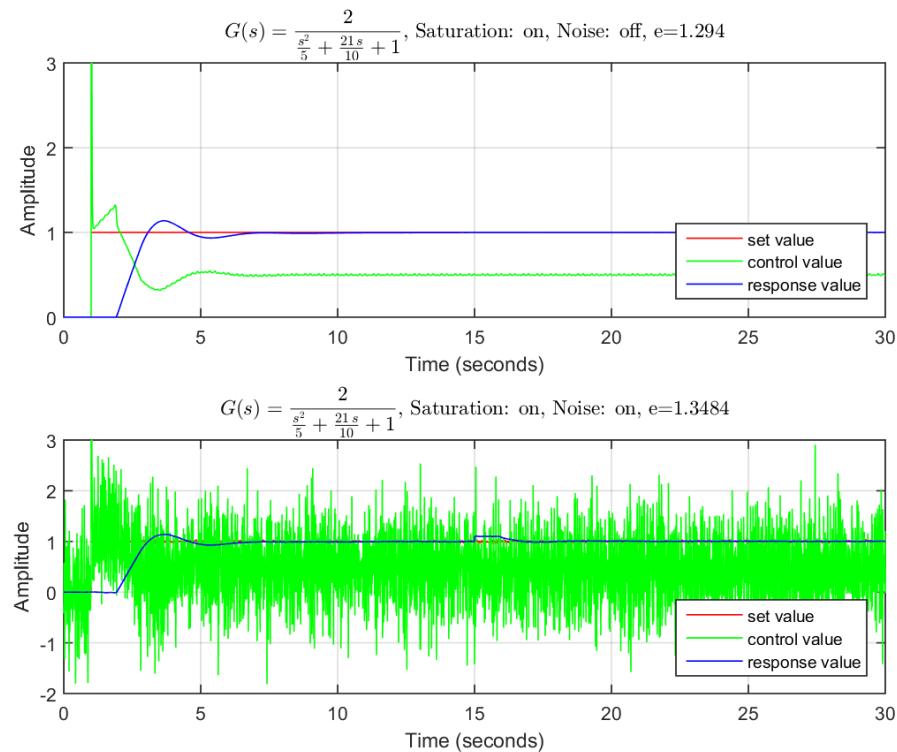
Rysunek 2.3.184: Obiekt G7-tf16a



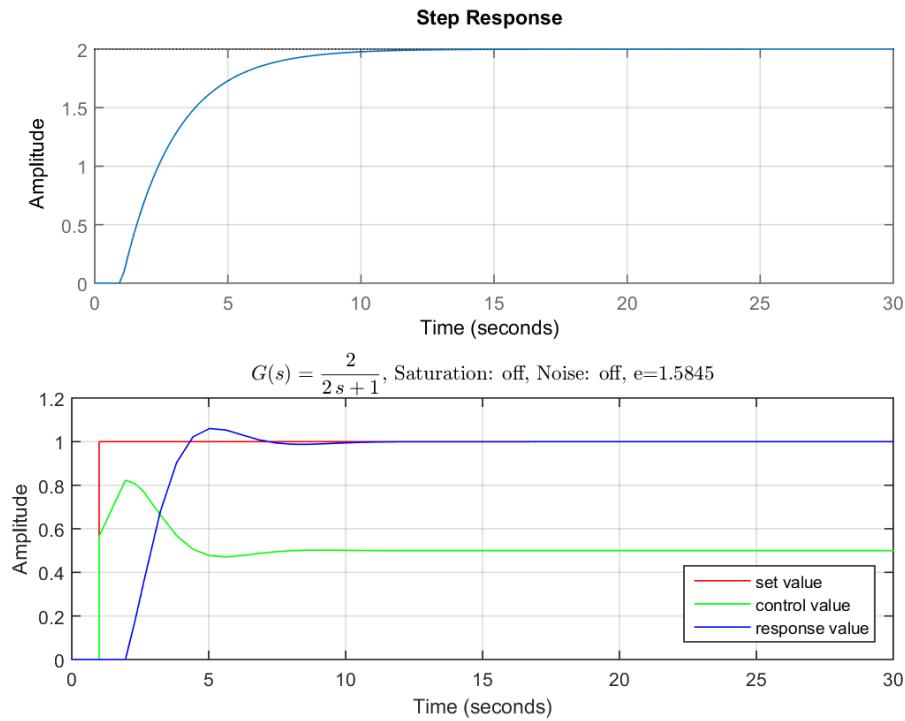
Rysunek 2.3.185: Obiekt G7-tf16b



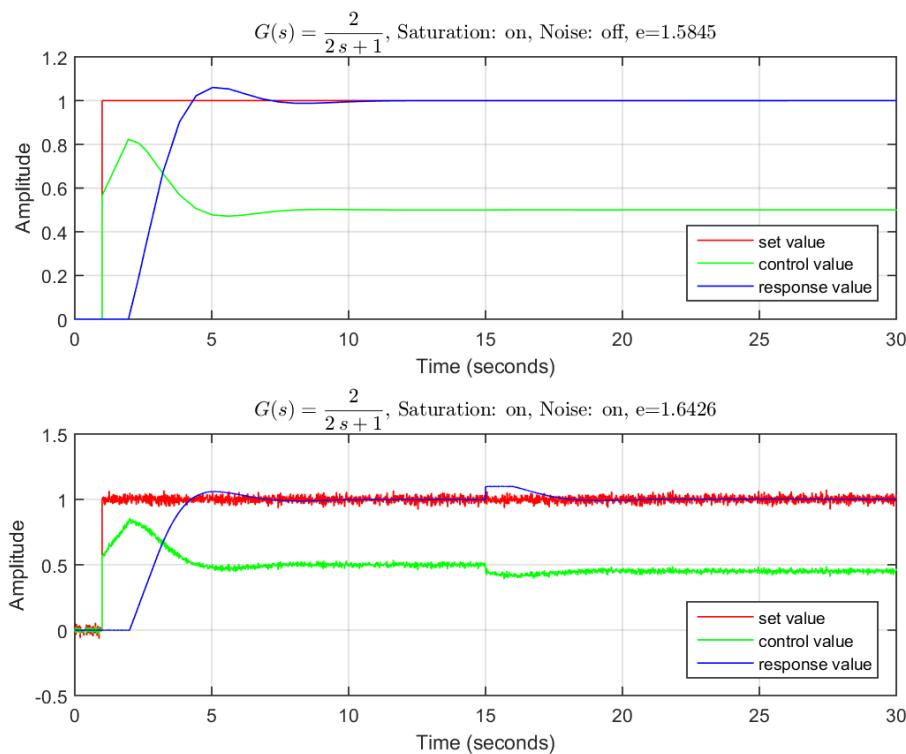
Rysunek 2.3.186: Obiekt G7-tf17a



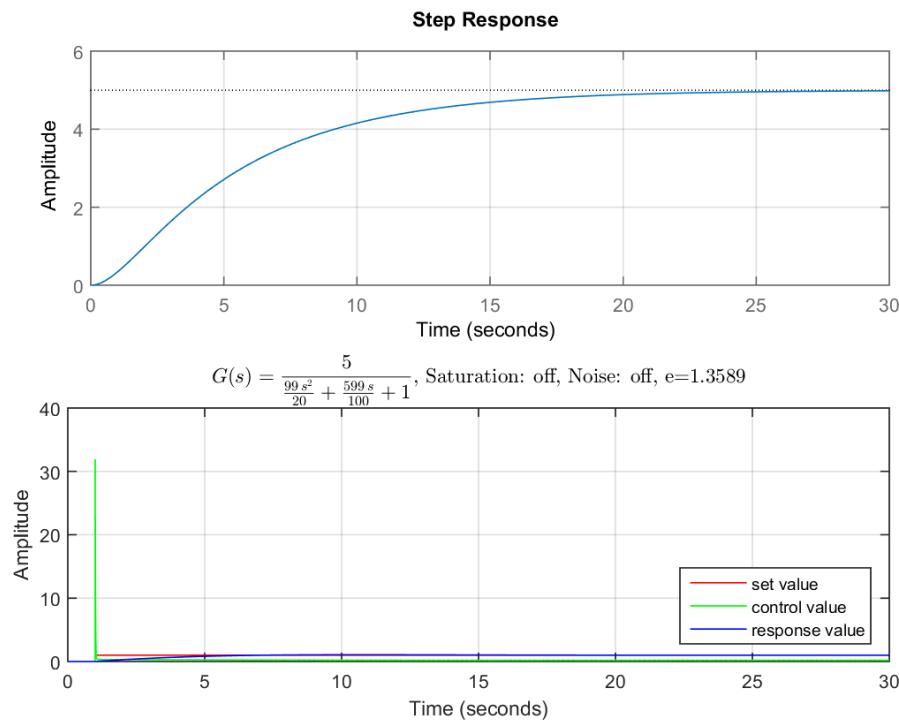
Rysunek 2.3.187: Obiekt G7-tf17b



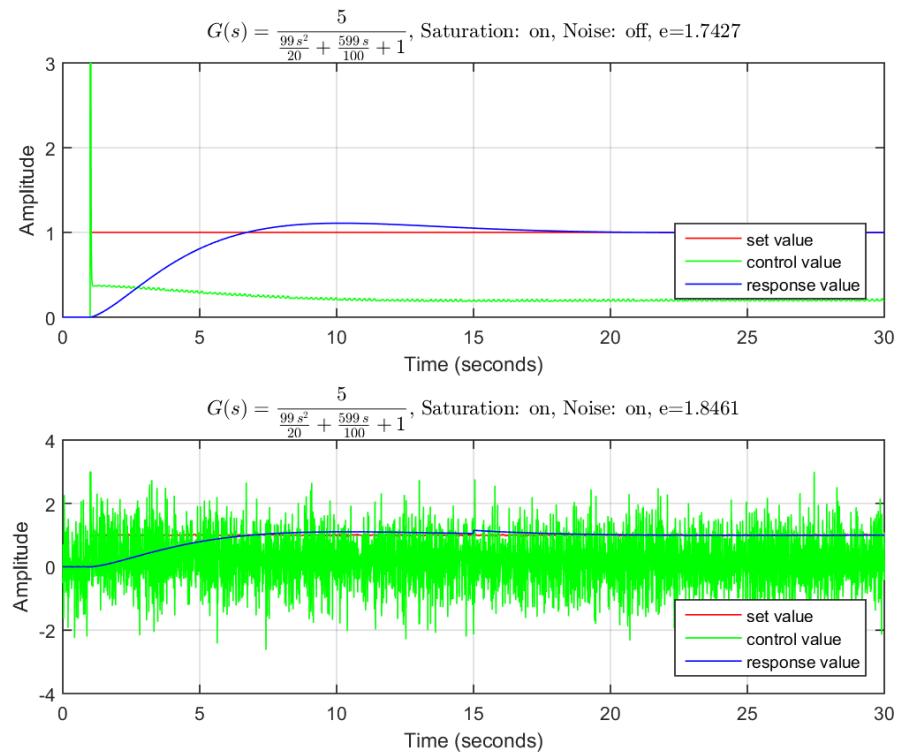
Rysunek 2.3.188: Obiekt G7-tf18a



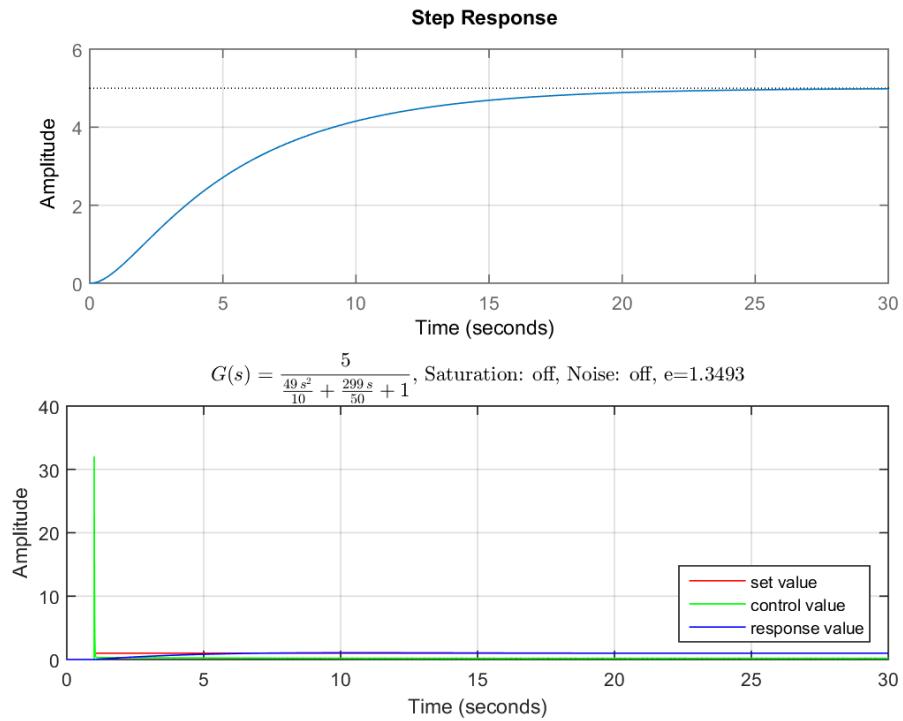
Rysunek 2.3.189: Obiekt G7-tf18b



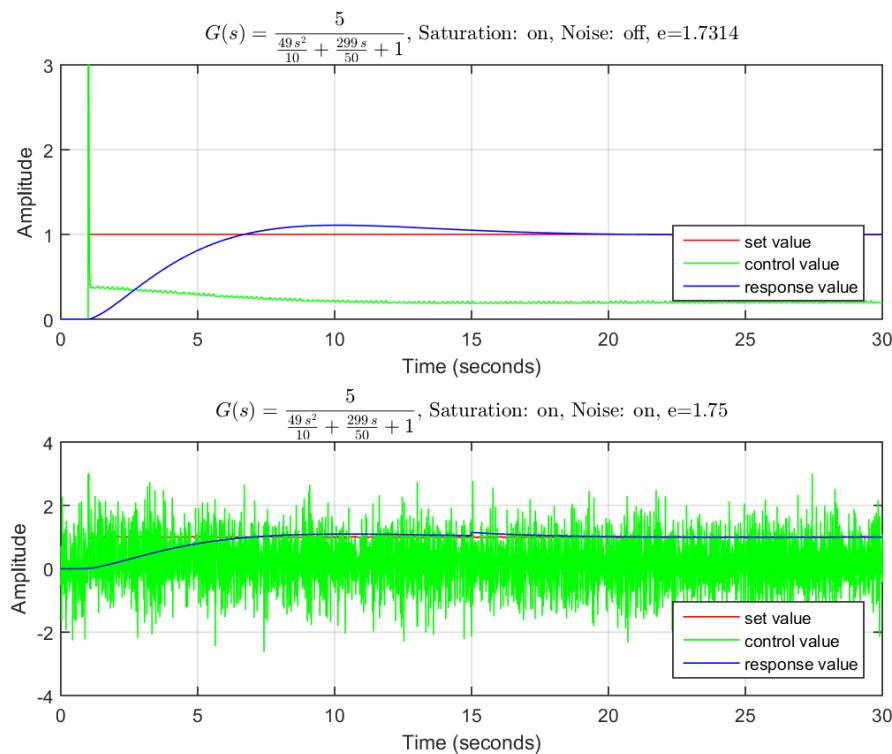
Rysunek 2.3.190: Obiekt G7-tf19a



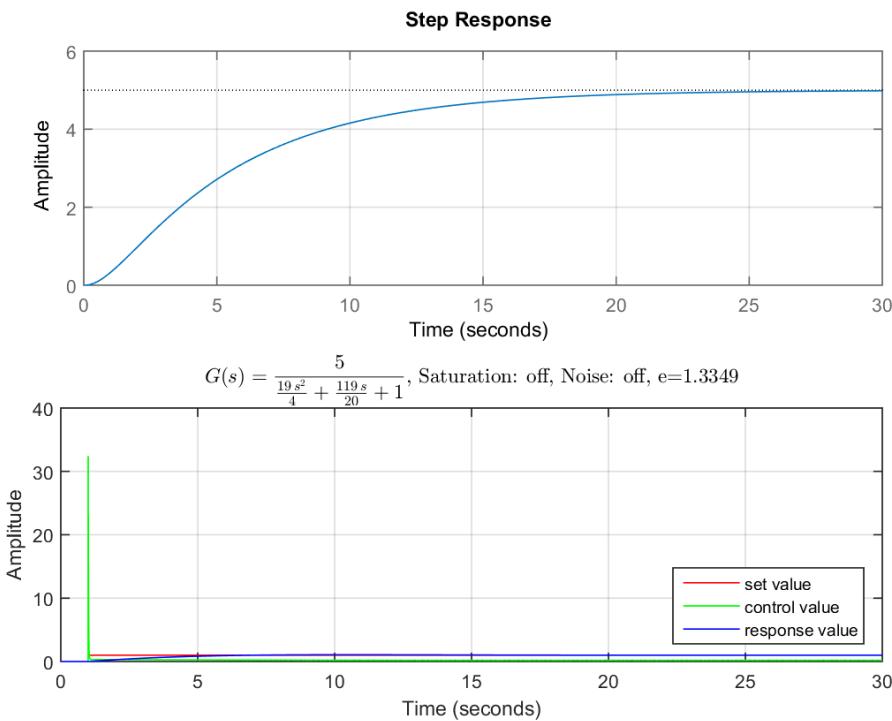
Rysunek 2.3.191: Obiekt G7-tf19b



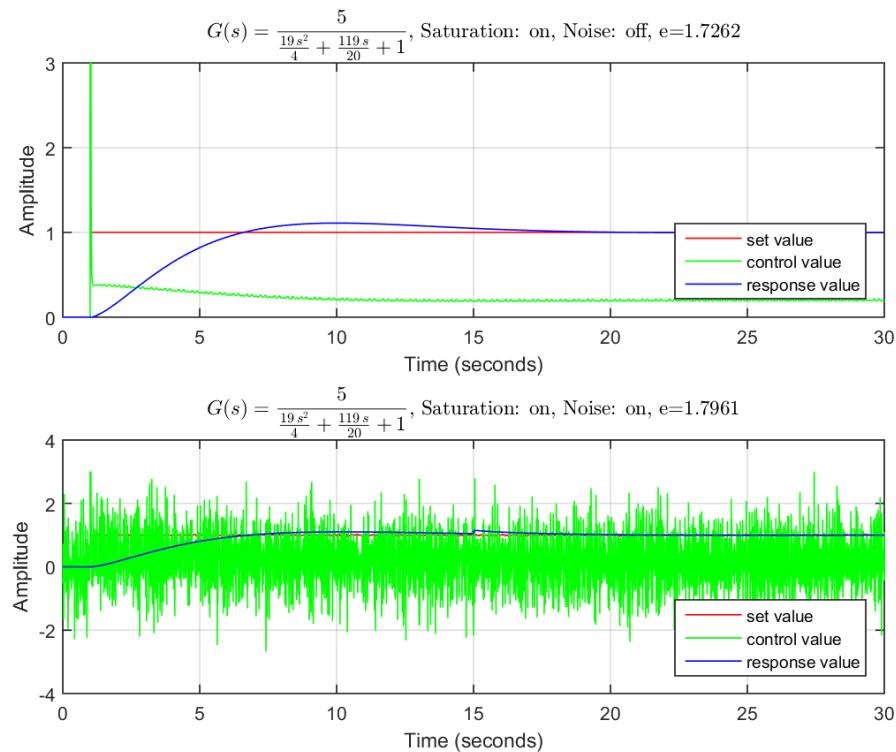
Rysunek 2.3.192: Obiekt G7-tf20a



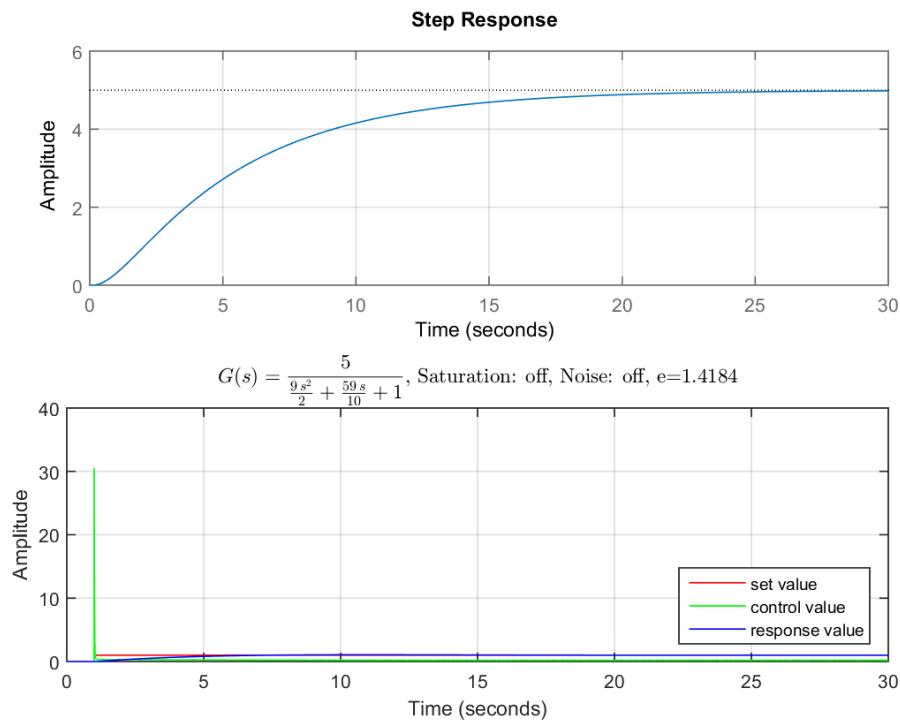
Rysunek 2.3.193: Obiekt G7-tf20b



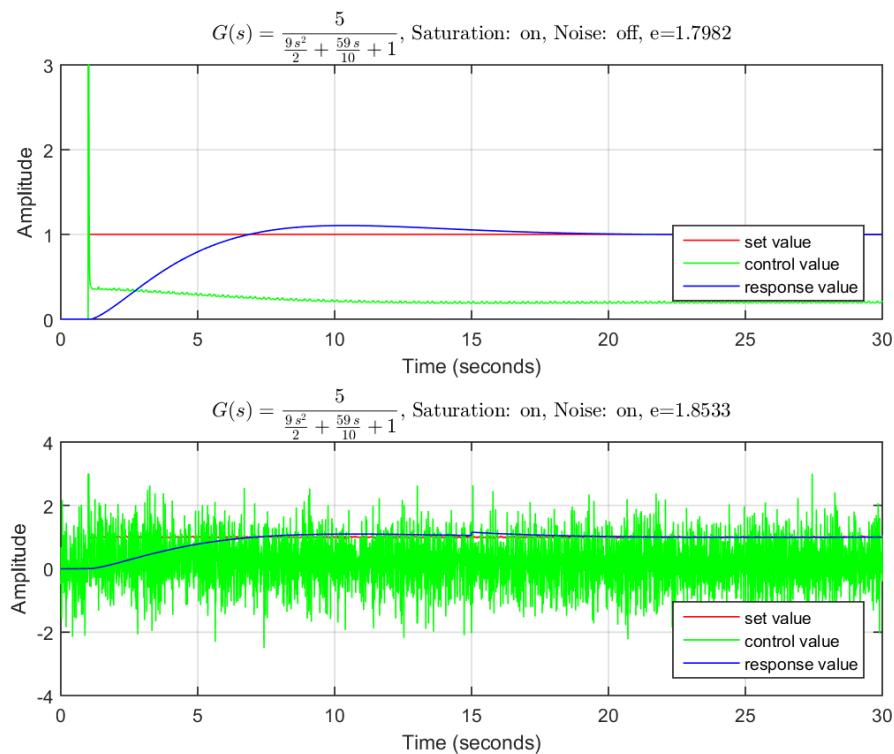
Rysunek 2.3.194: Obiekt G7-tf21a



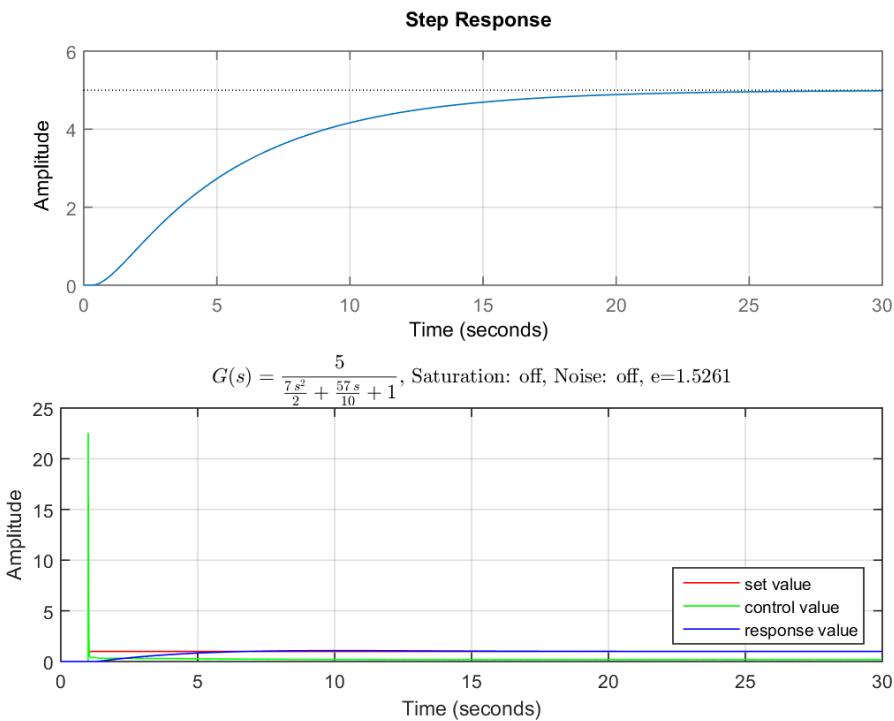
Rysunek 2.3.195: Obiekt G7-tf21b



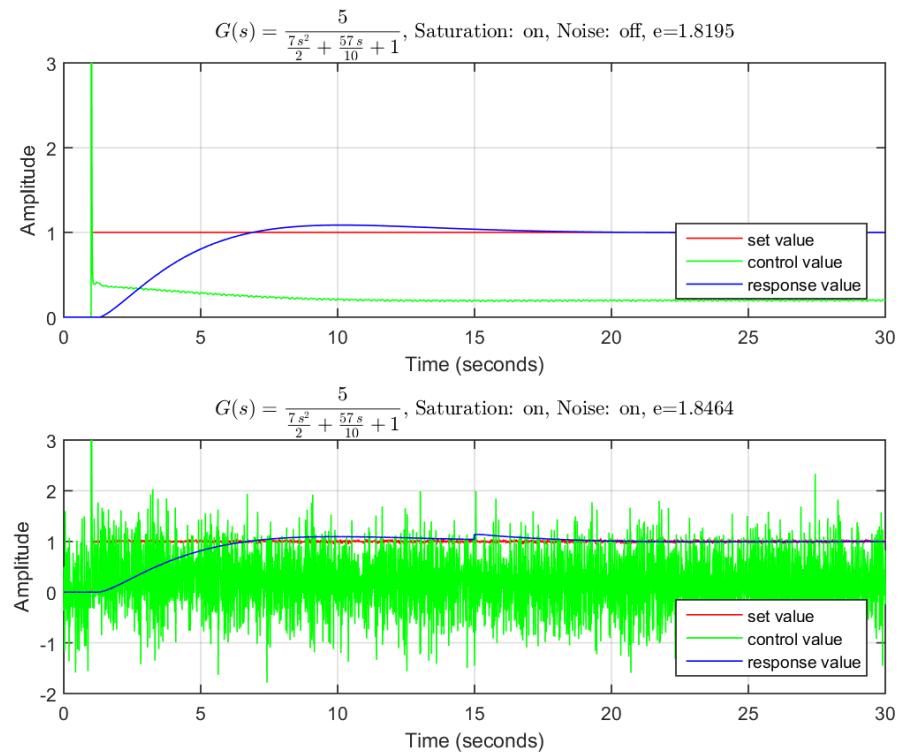
Rysunek 2.3.196: Obiekt G7-tf22a



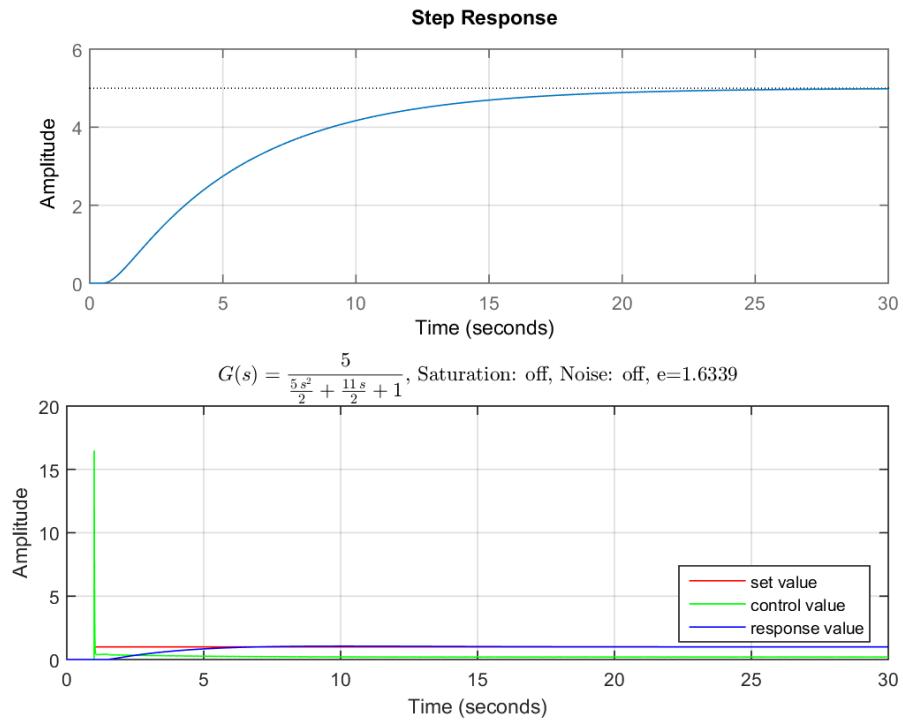
Rysunek 2.3.197: Obiekt G7-tf22b



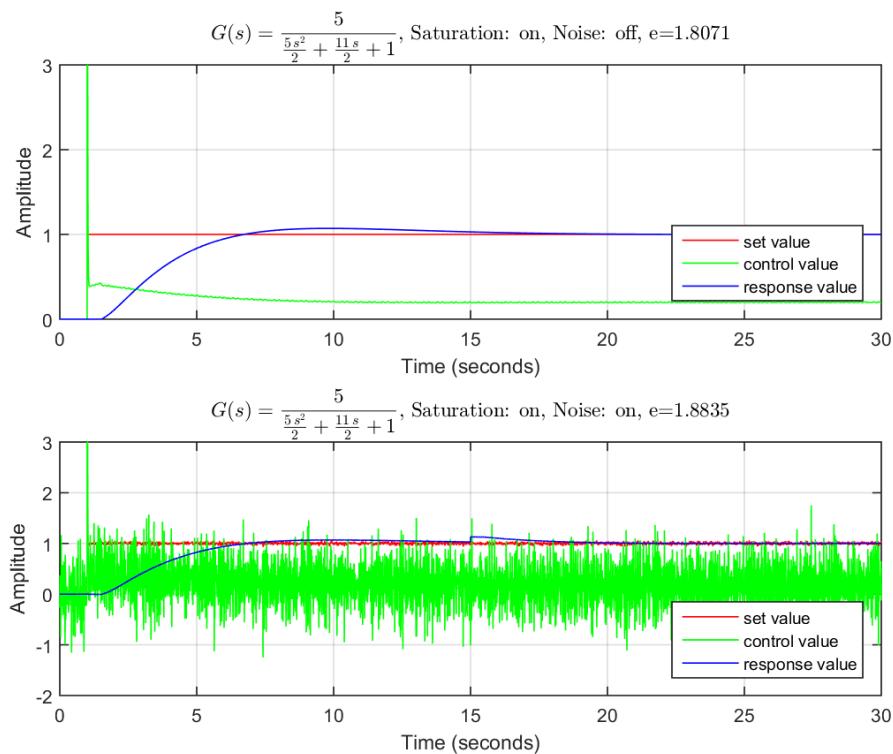
Rysunek 2.3.198: Obiekt G7-tf23a



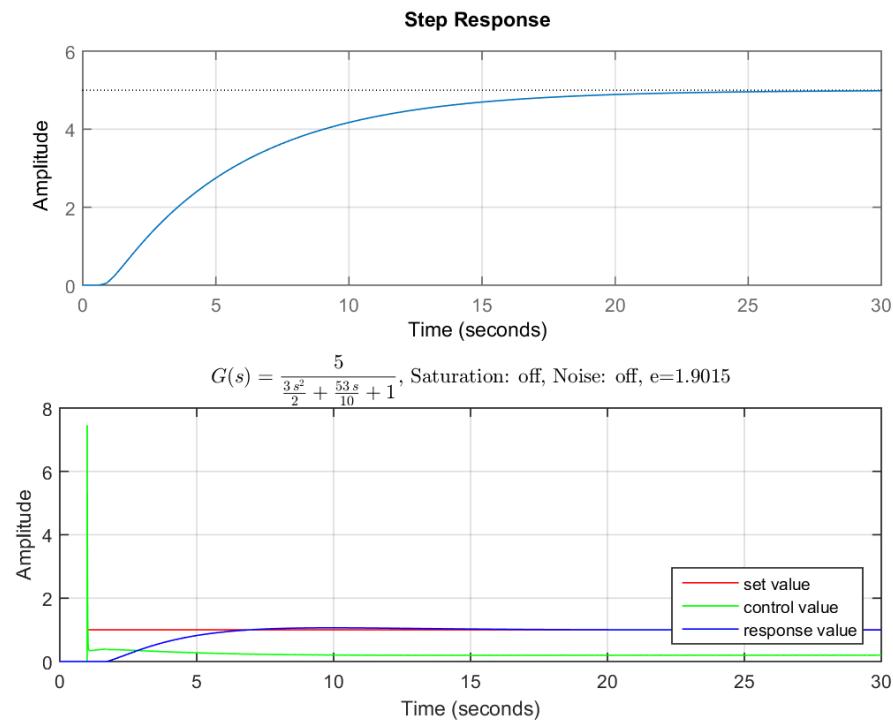
Rysunek 2.3.199: Obiekt G7-tf23b



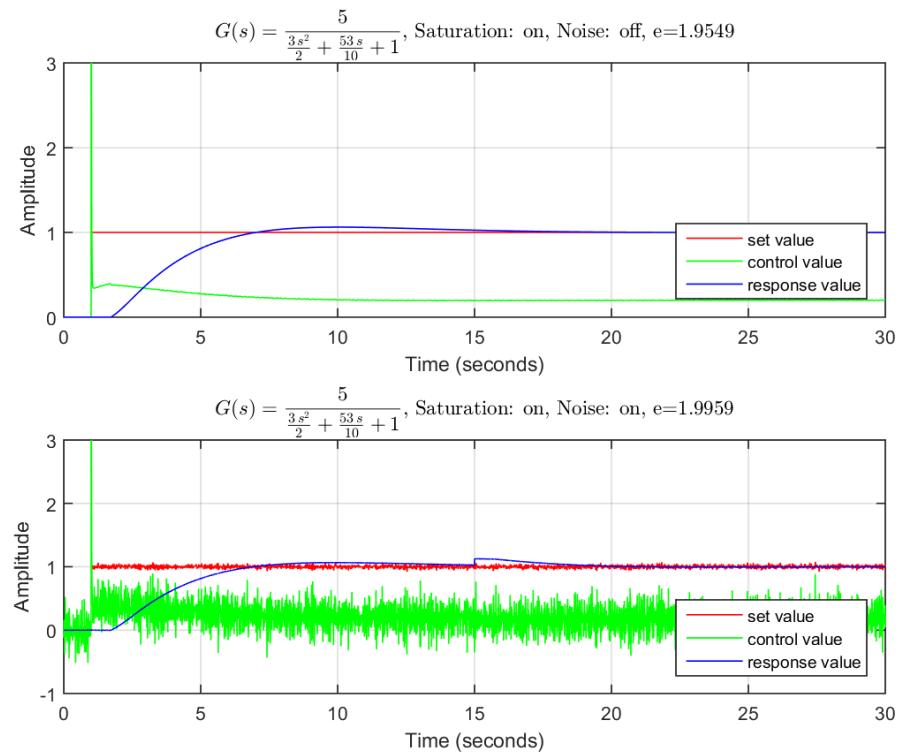
Rysunek 2.3.200: Obiekt G7-tf24a



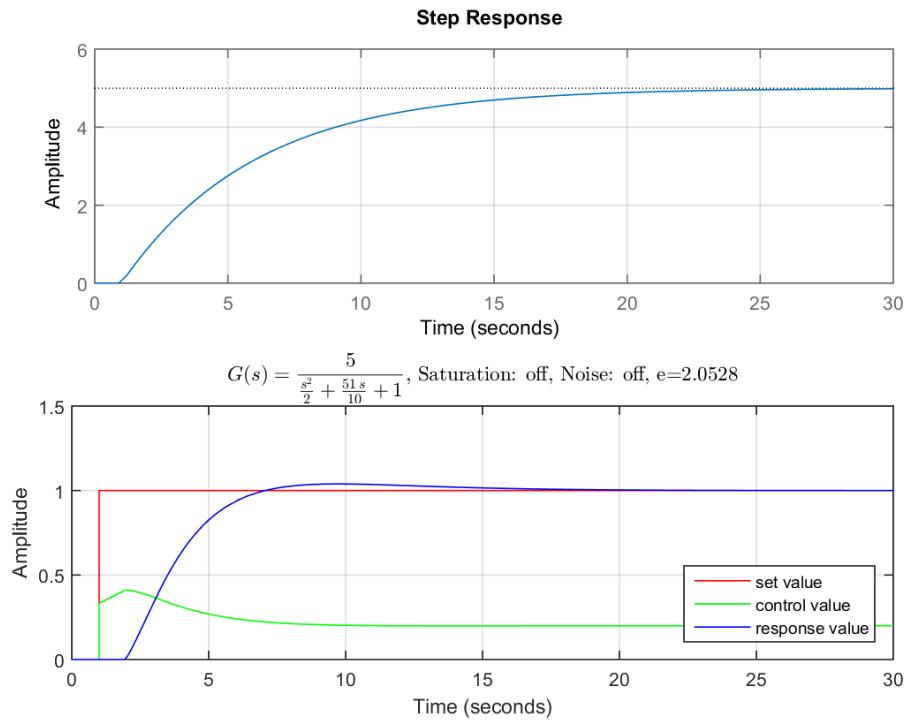
Rysunek 2.3.201: Obiekt G7-tf24b



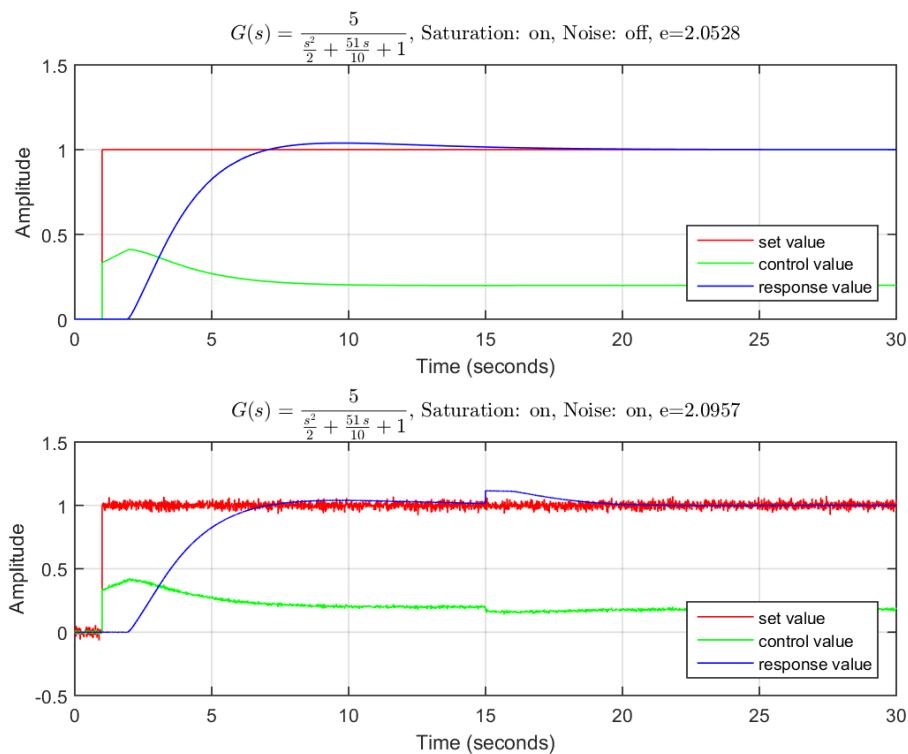
Rysunek 2.3.202: Obiekt G7-tf25a



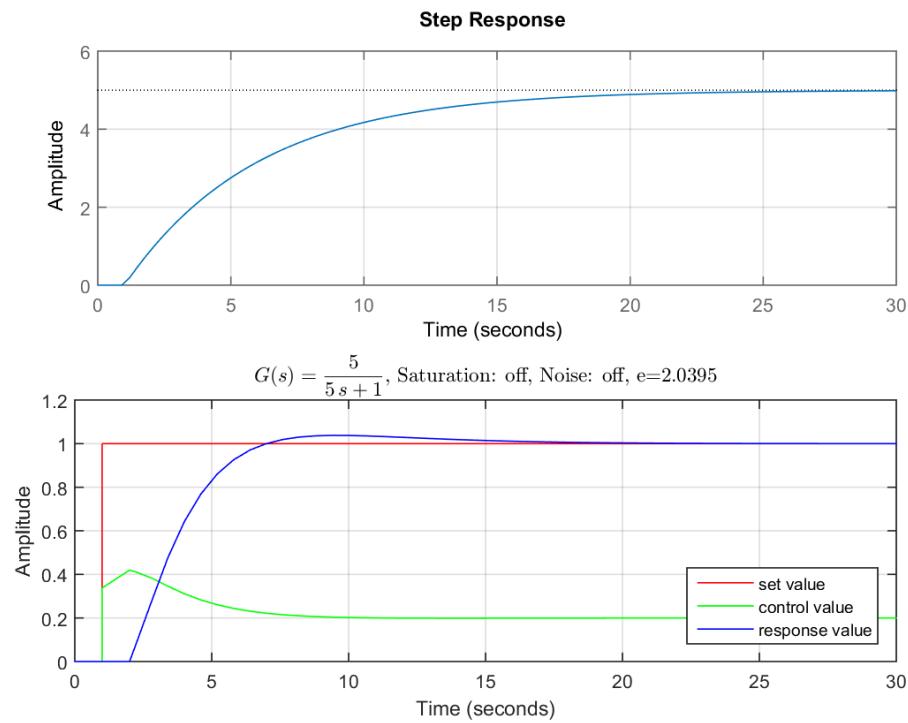
Rysunek 2.3.203: Obiekt G7-tf25b



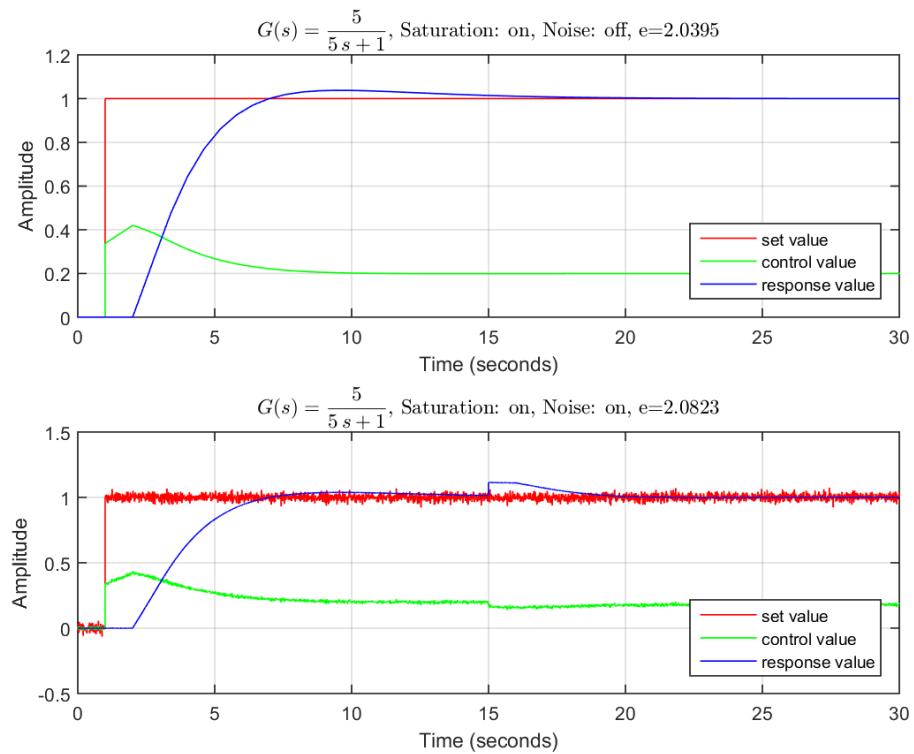
Rysunek 2.3.204: Obiekt G7-tf26a



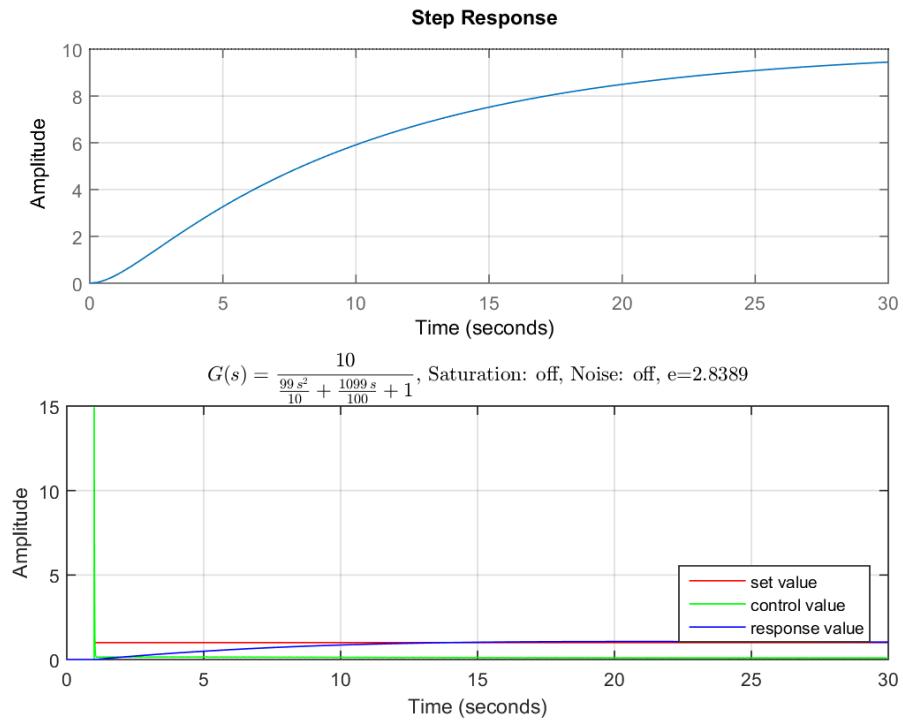
Rysunek 2.3.205: Obiekt G7-tf26b



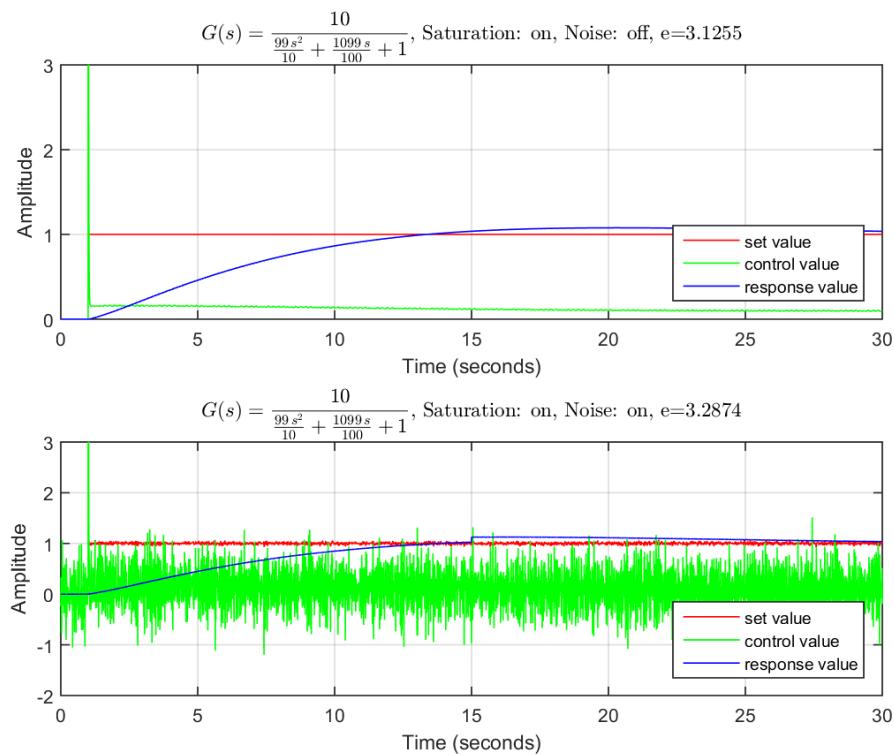
Rysunek 2.3.206: Obiekt G7-tf27a



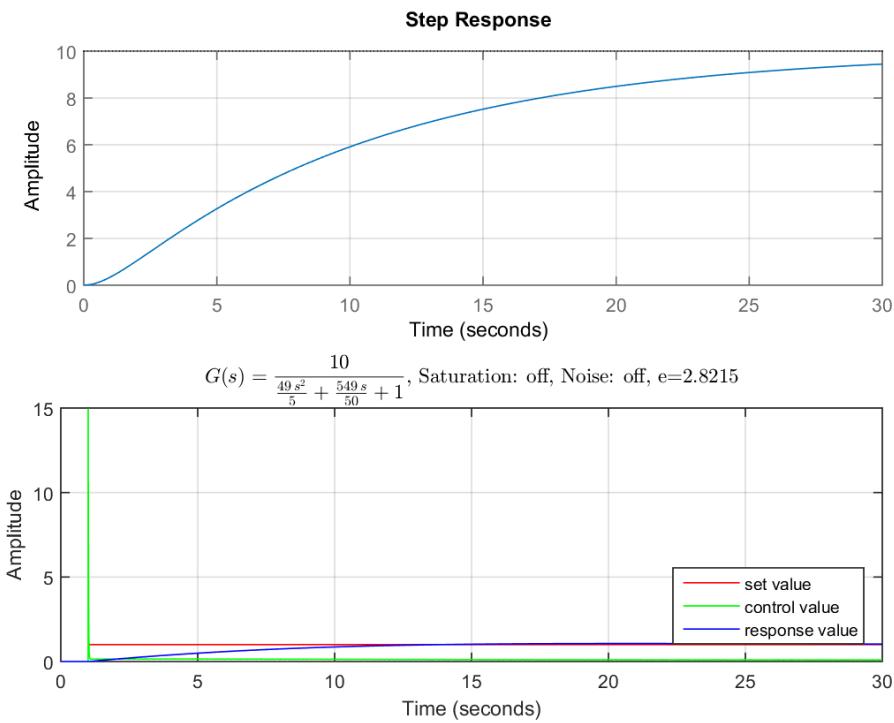
Rysunek 2.3.207: Obiekt G7-tf27b



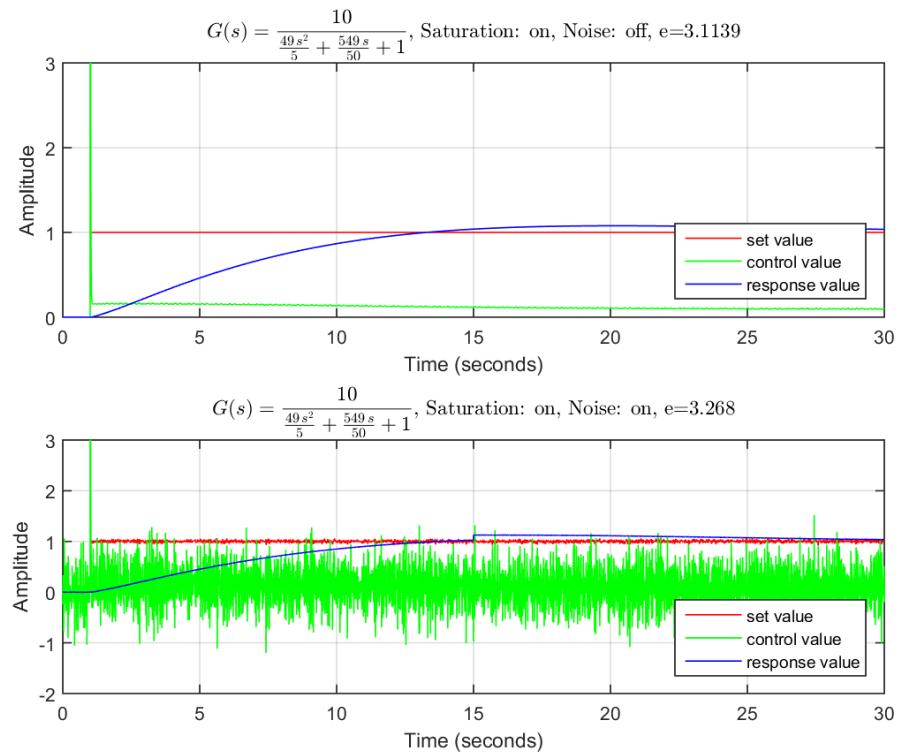
Rysunek 2.3.208: Obiekt G7-tf28a



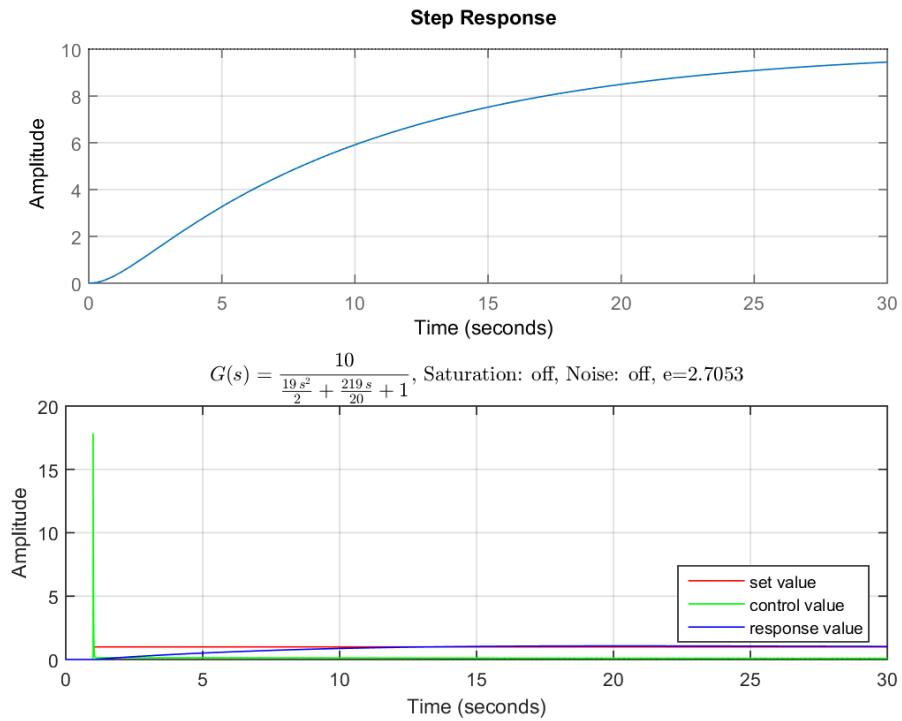
Rysunek 2.3.209: Obiekt G7-tf28b



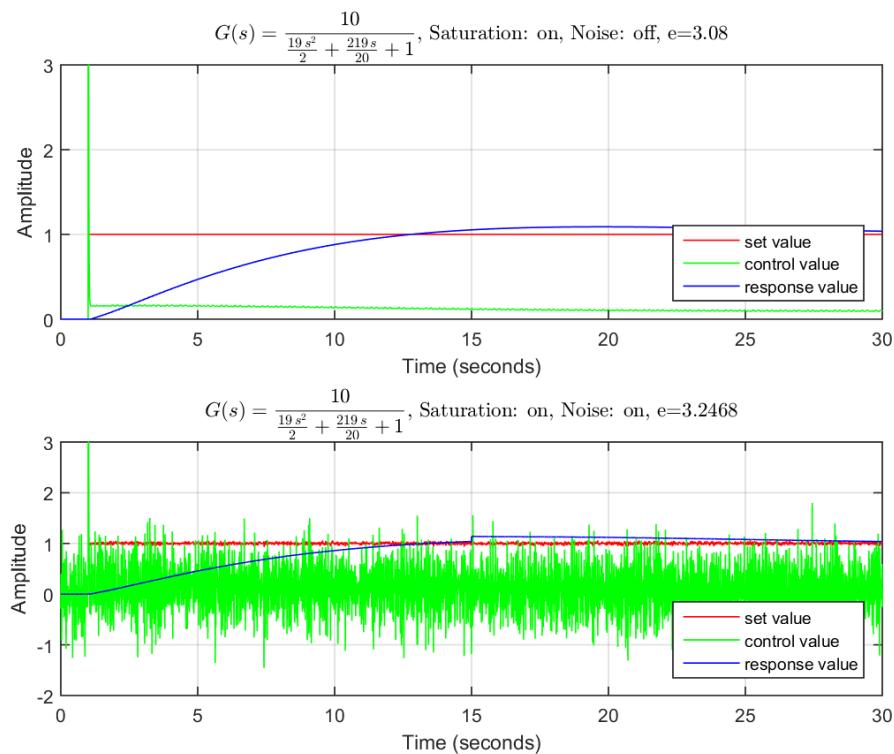
Rysunek 2.3.210: Obiekt G7-tf29a



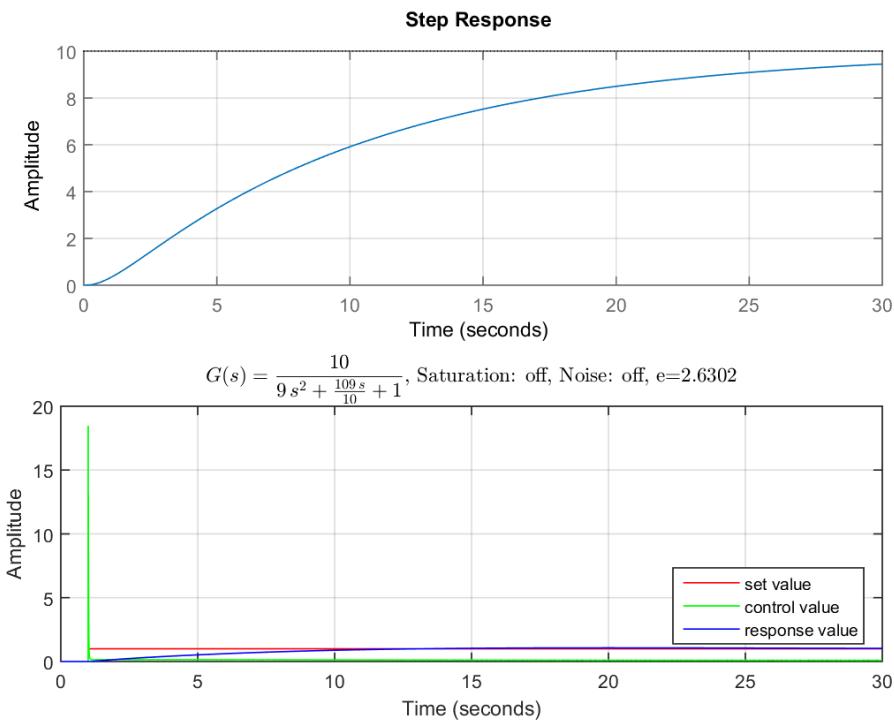
Rysunek 2.3.211: Obiekt G7-tf29b



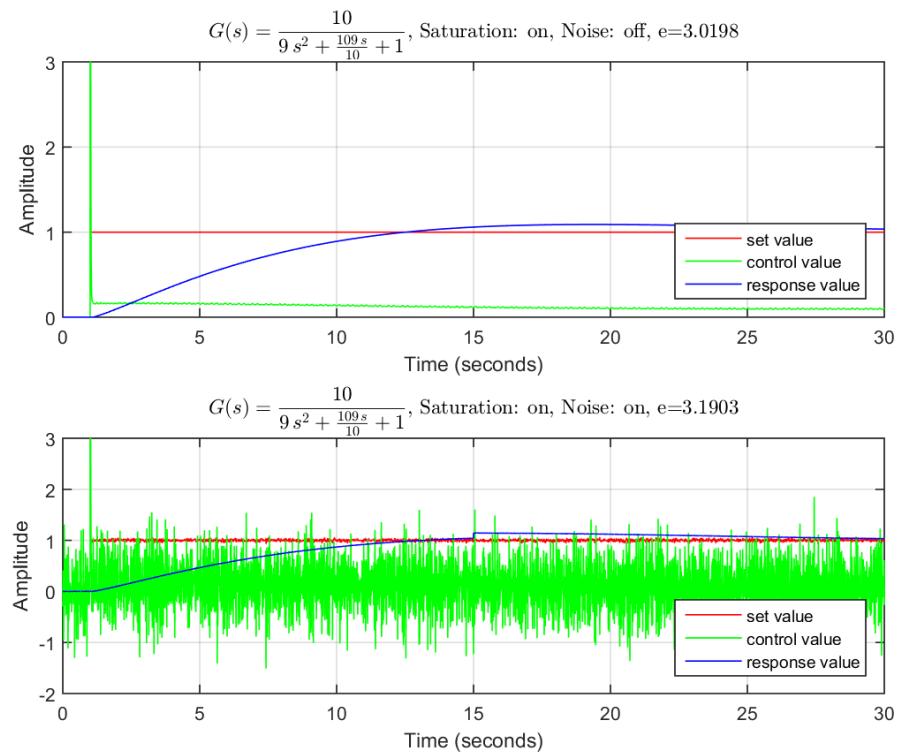
Rysunek 2.3.212: Obiekt G7-tf30a



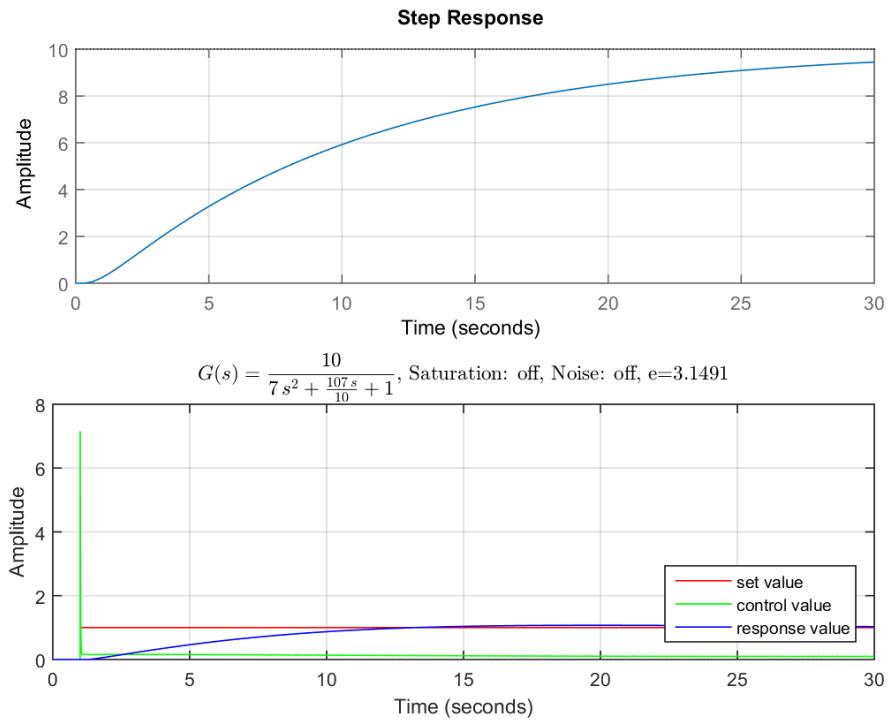
Rysunek 2.3.213: Obiekt G7-tf30b



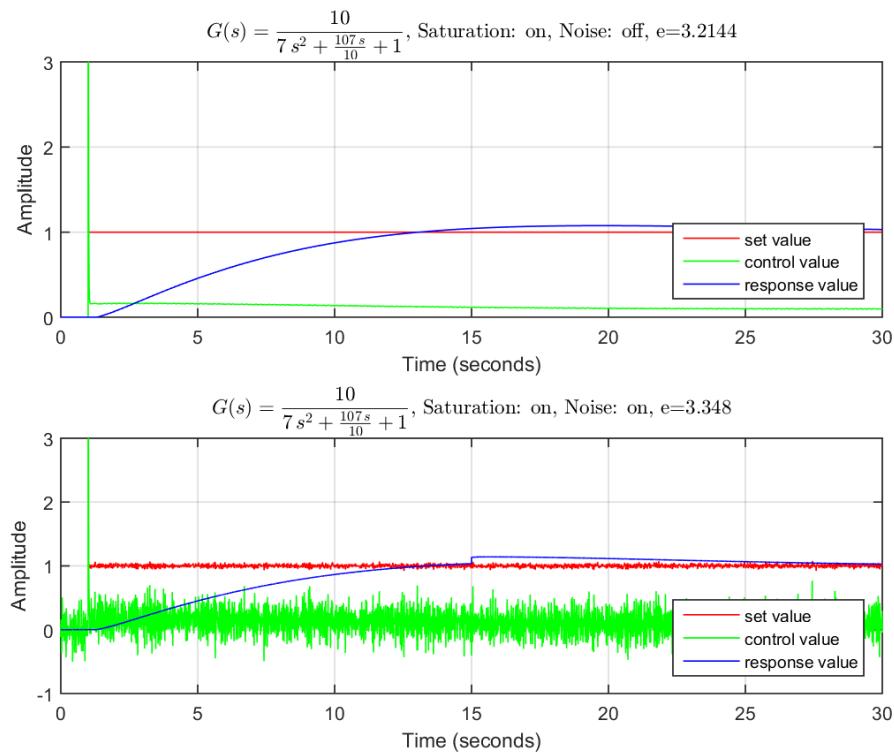
Rysunek 2.3.214: Obiekt G7-tf31a



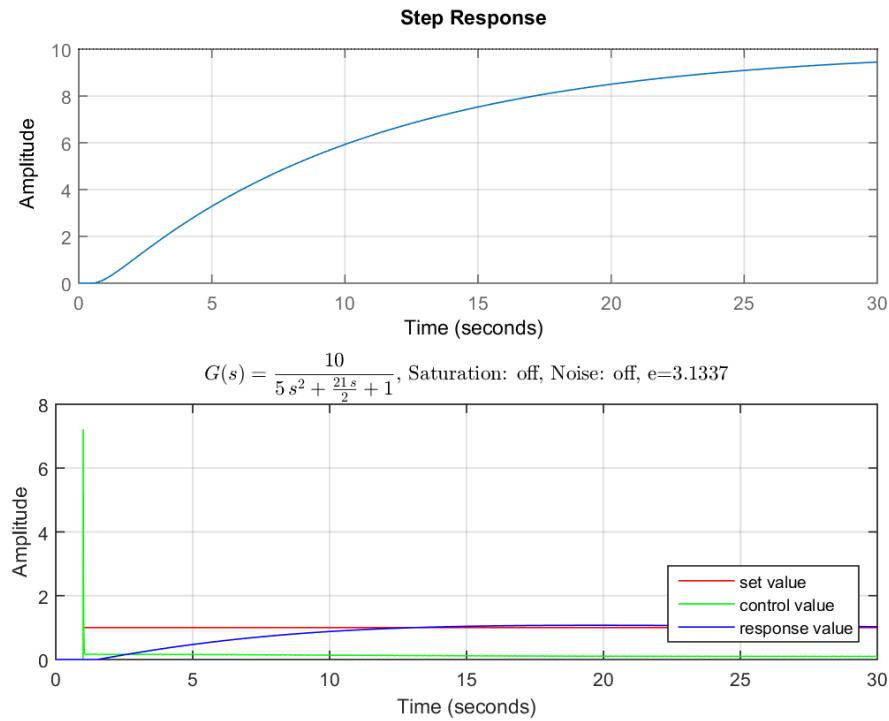
Rysunek 2.3.215: Obiekt G7-tf31b



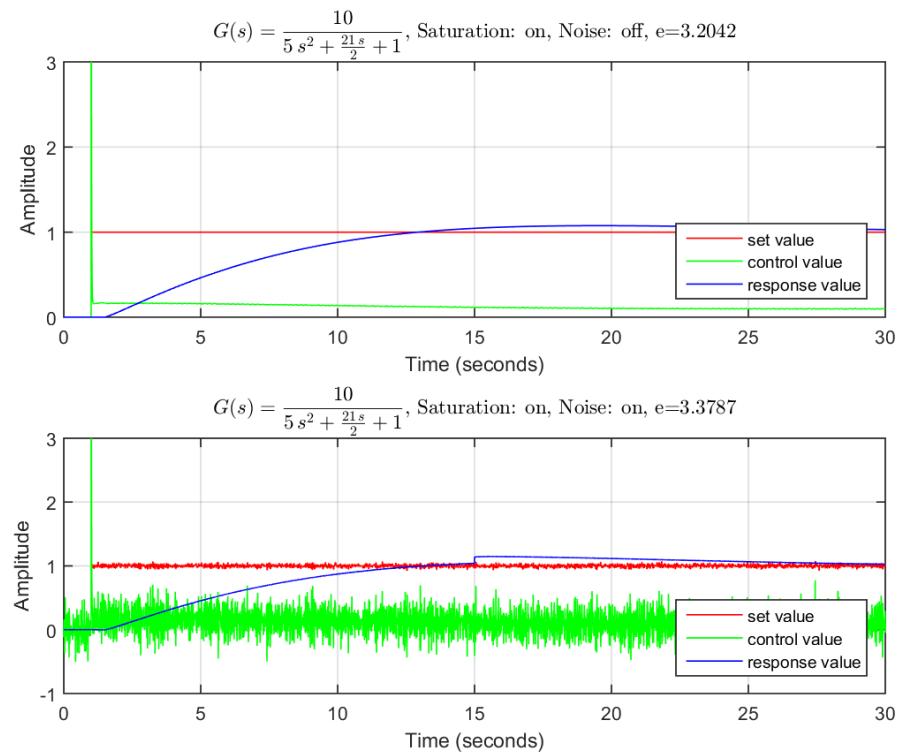
Rysunek 2.3.216: Obiekt G7-tf32a



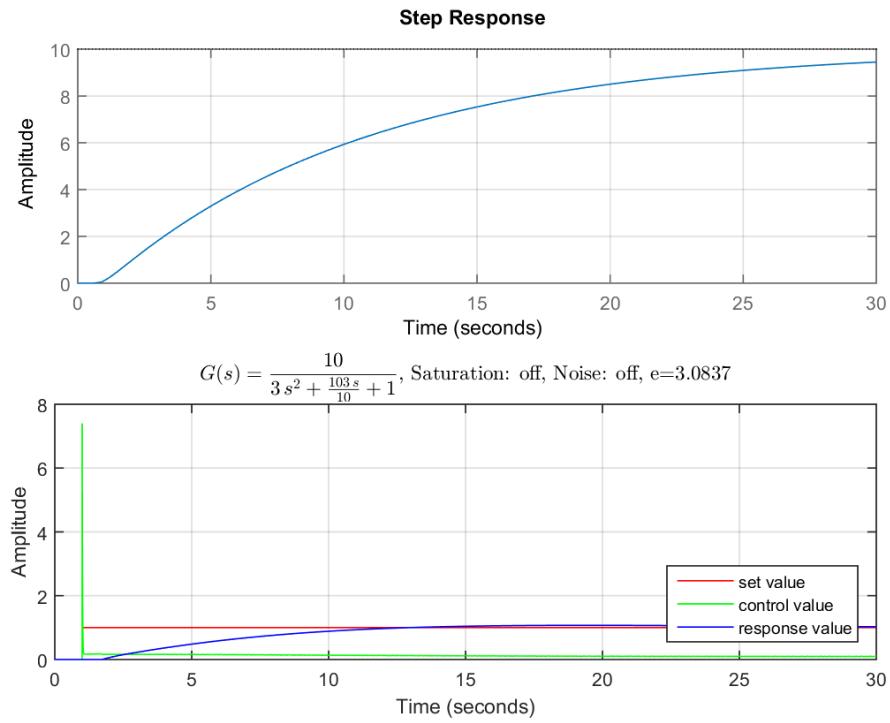
Rysunek 2.3.217: Obiekt G7-tf32b



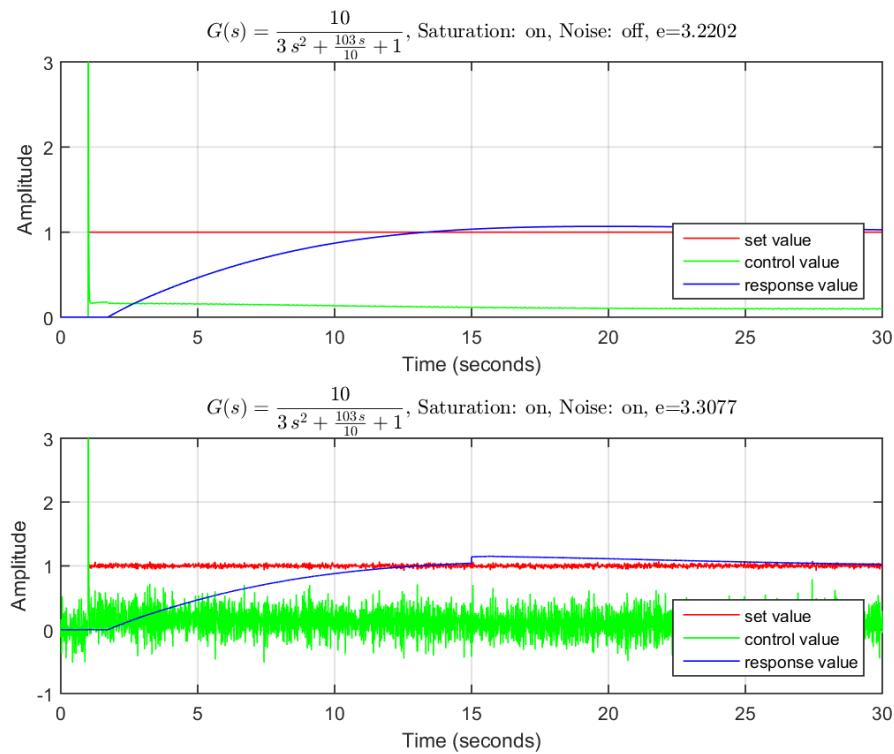
Rysunek 2.3.218: Obiekt G7-tf33a



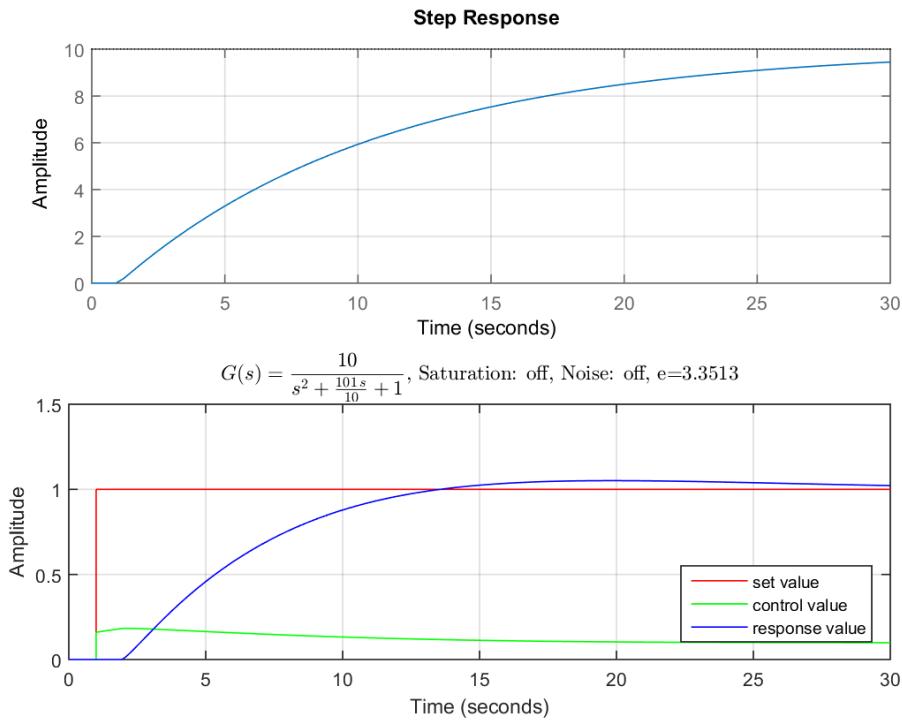
Rysunek 2.3.219: Obiekt G7-tf33b



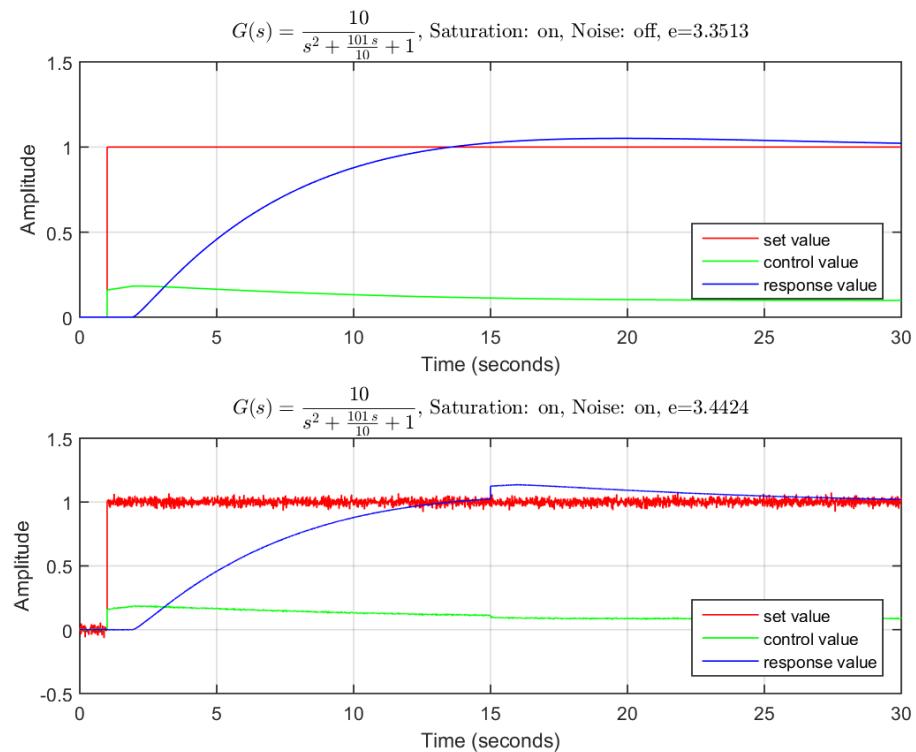
Rysunek 2.3.220: Obiekt G7-tf34a



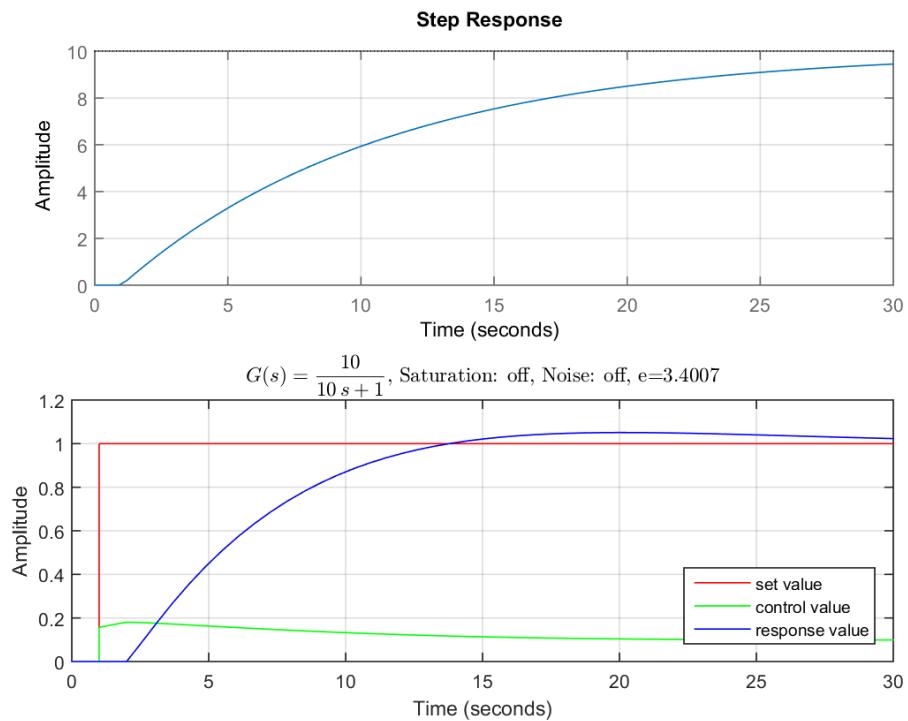
Rysunek 2.3.221: Obiekt G7-tf34b



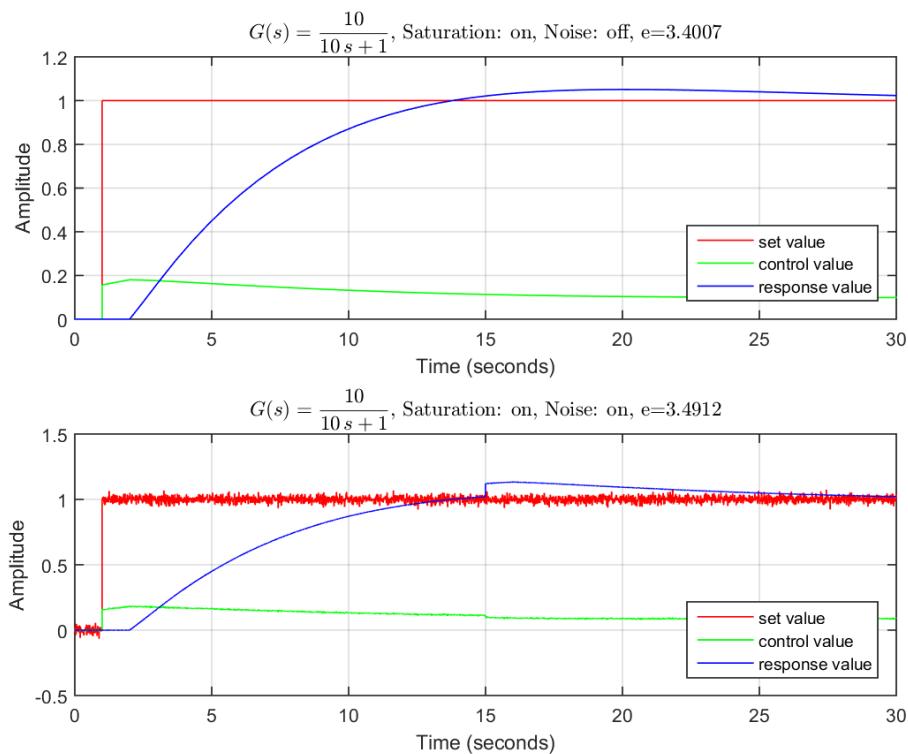
Rysunek 2.3.222: Obiekt G7-tf35a



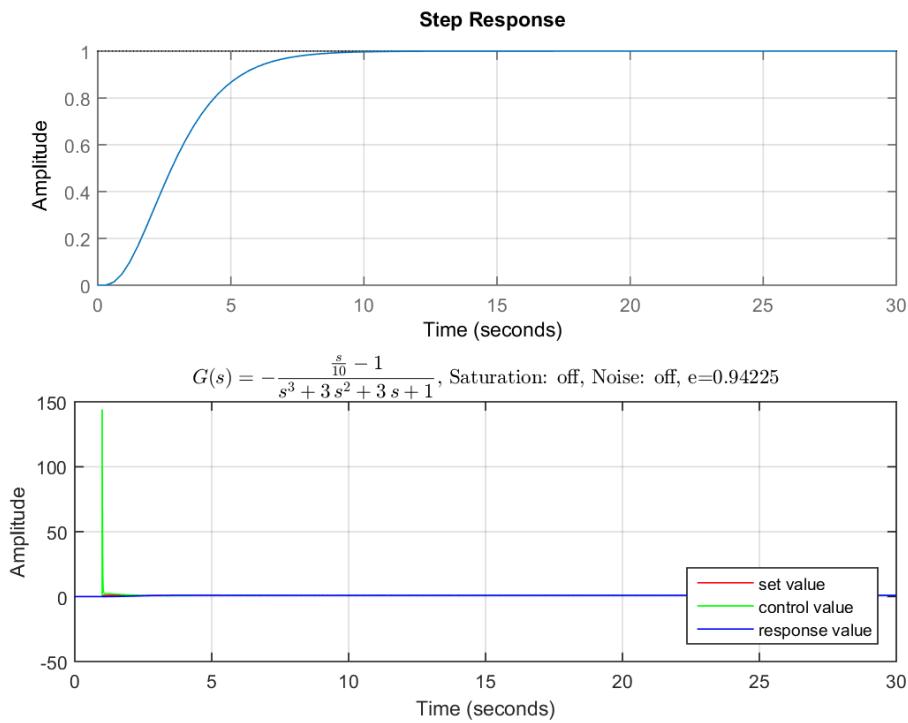
Rysunek 2.3.223: Obiekt G7-tf35b



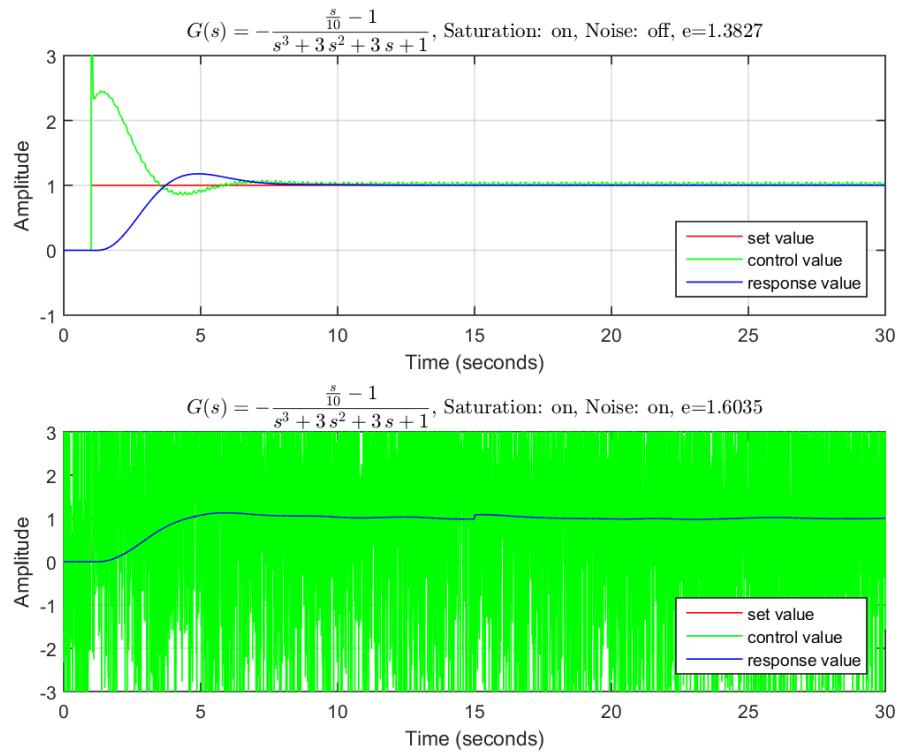
Rysunek 2.3.224: Obiekt G7-tf36a



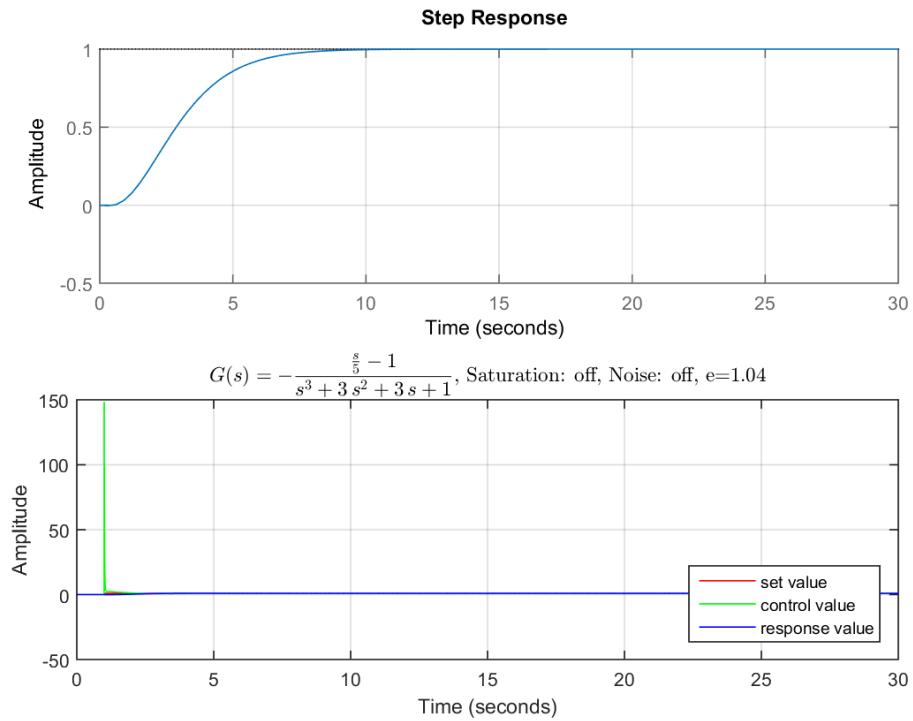
Rysunek 2.3.225: Obiekt G7-tf36b



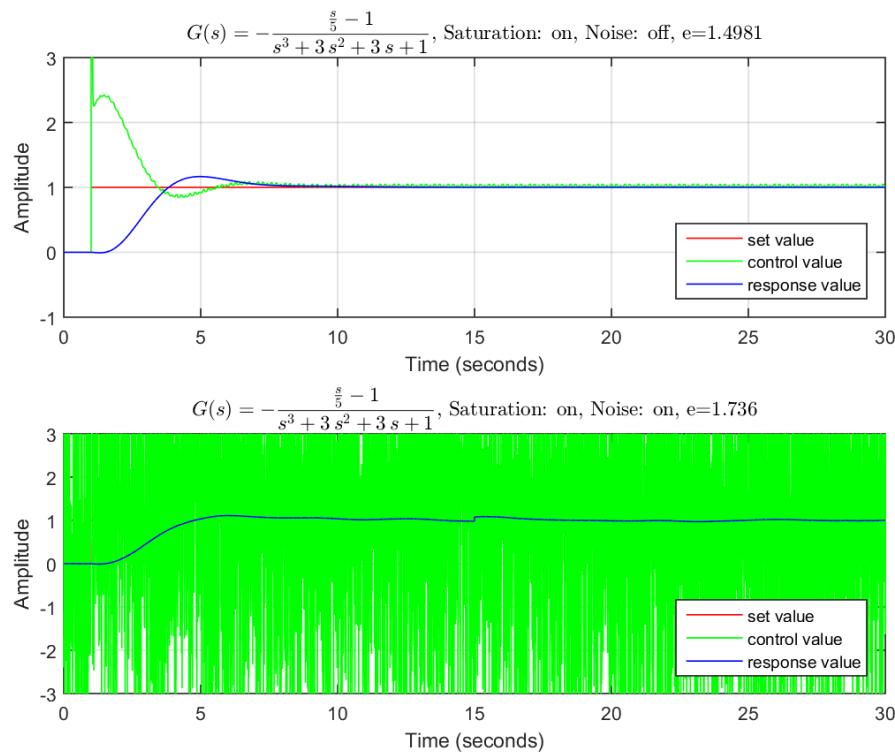
Rysunek 2.3.226: Obiekt G8-tf1a



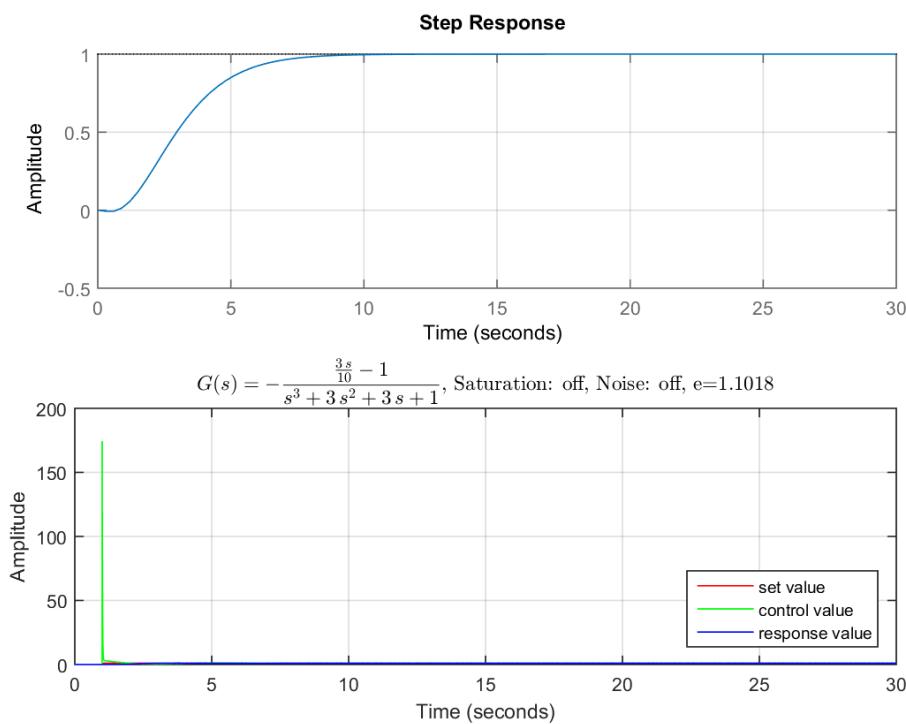
Rysunek 2.3.227: Obiekt G8-tf1b



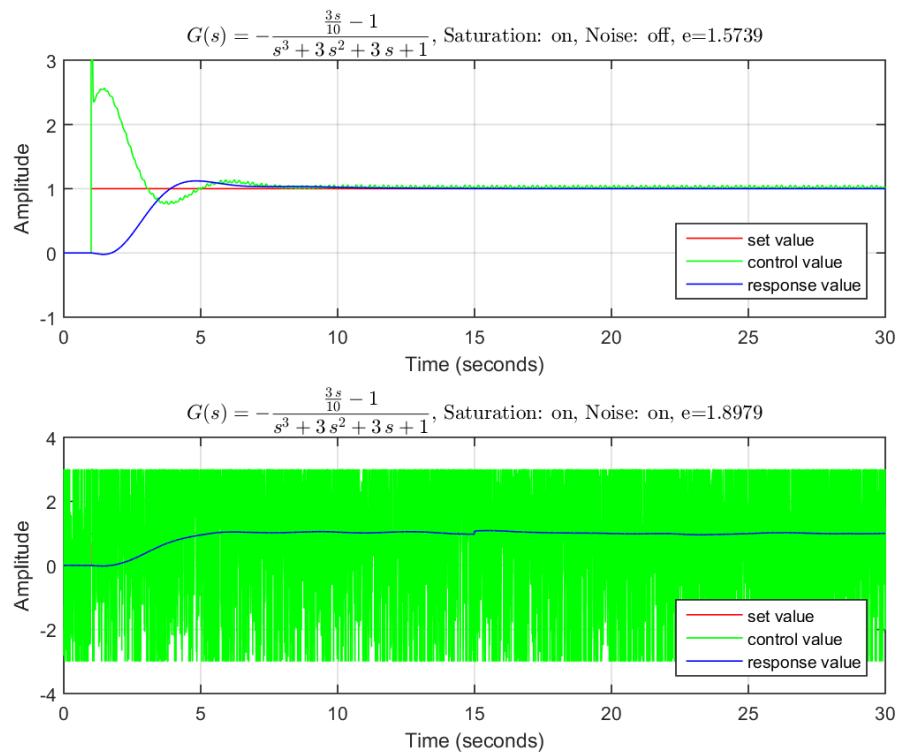
Rysunek 2.3.228: Obiekt G8-tf2a



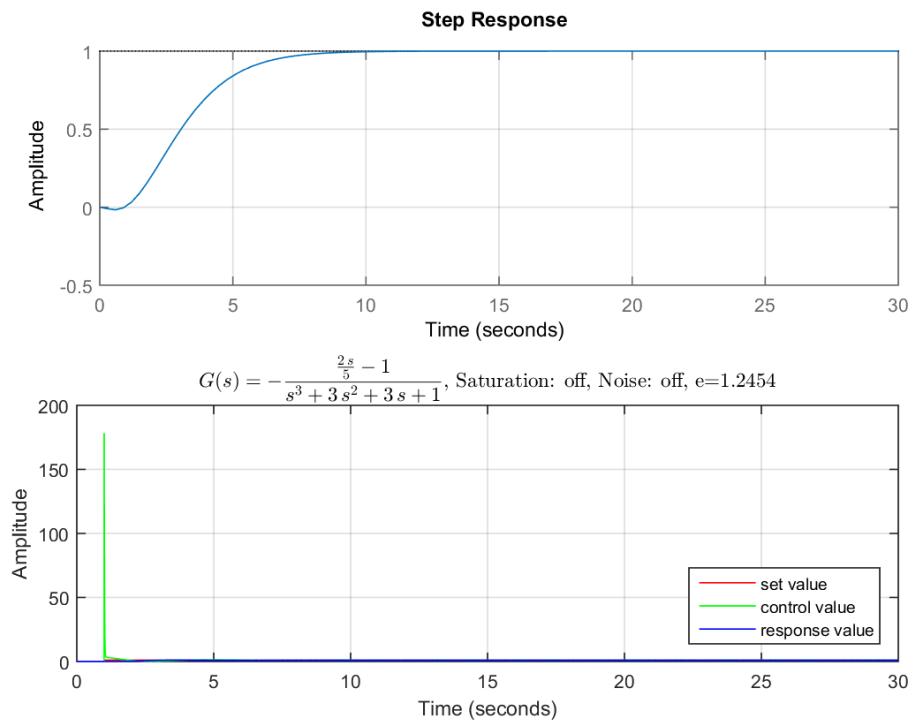
Rysunek 2.3.229: Obiekt G8-tf2b



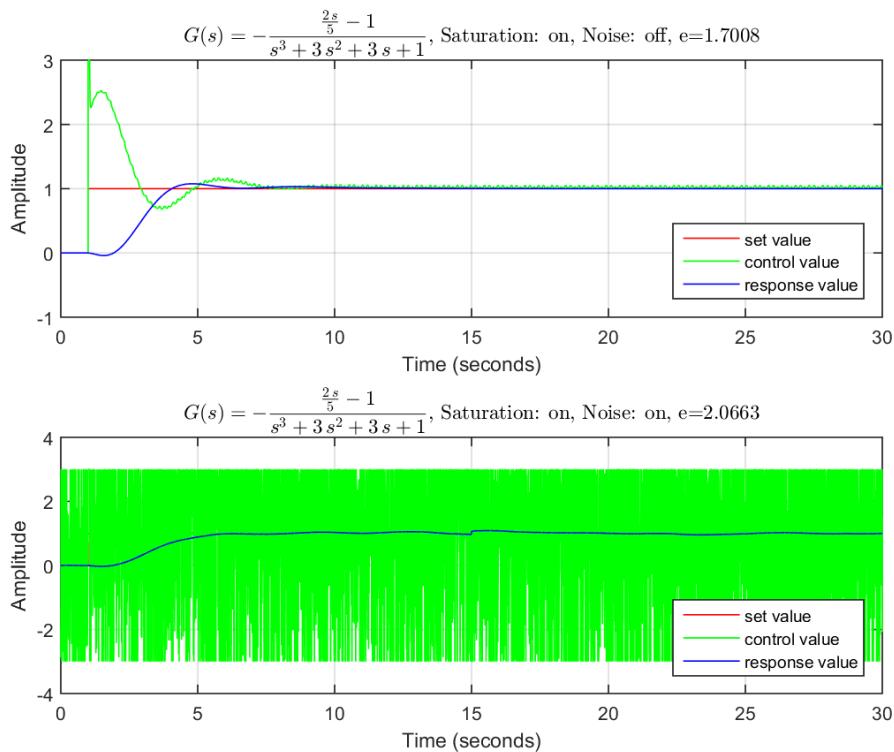
Rysunek 2.3.230: Obiekt G8-tf3a



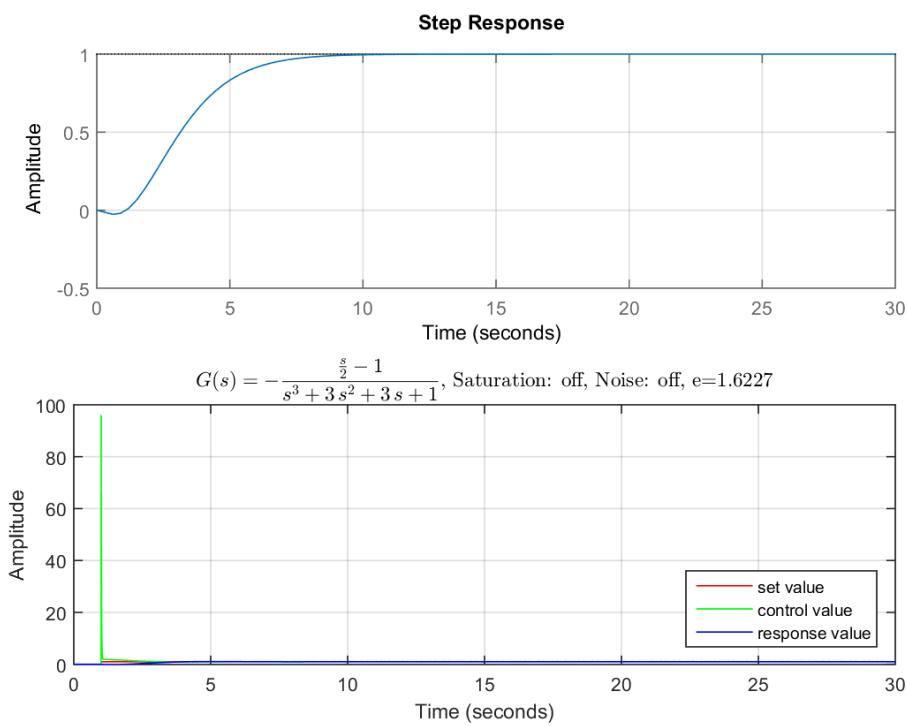
Rysunek 2.3.231: Obiekt G8-tf3b



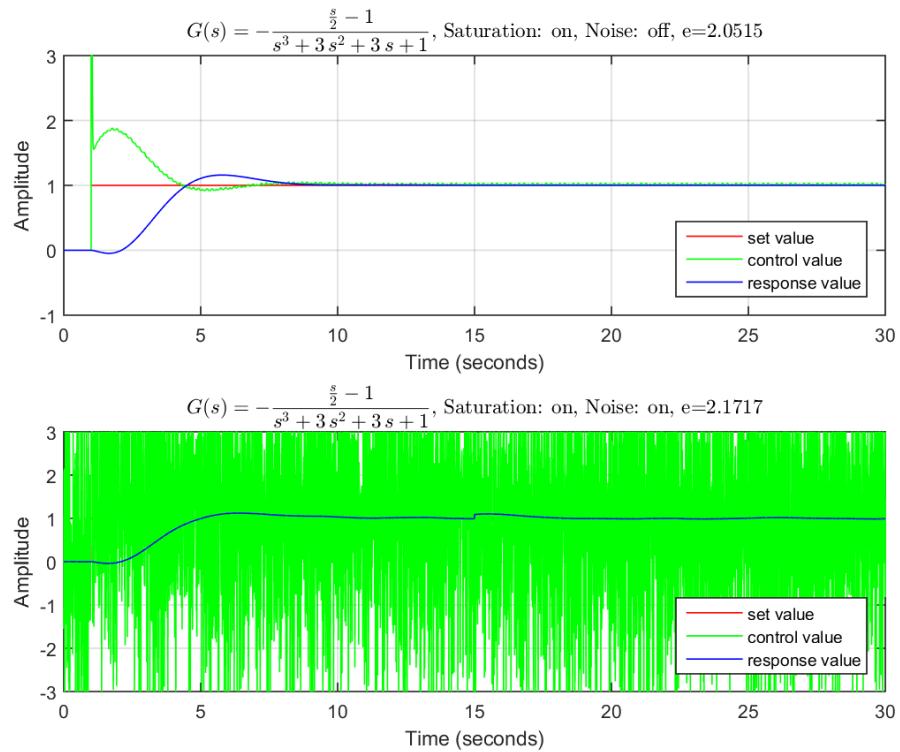
Rysunek 2.3.232: Obiekt G8-tf4a



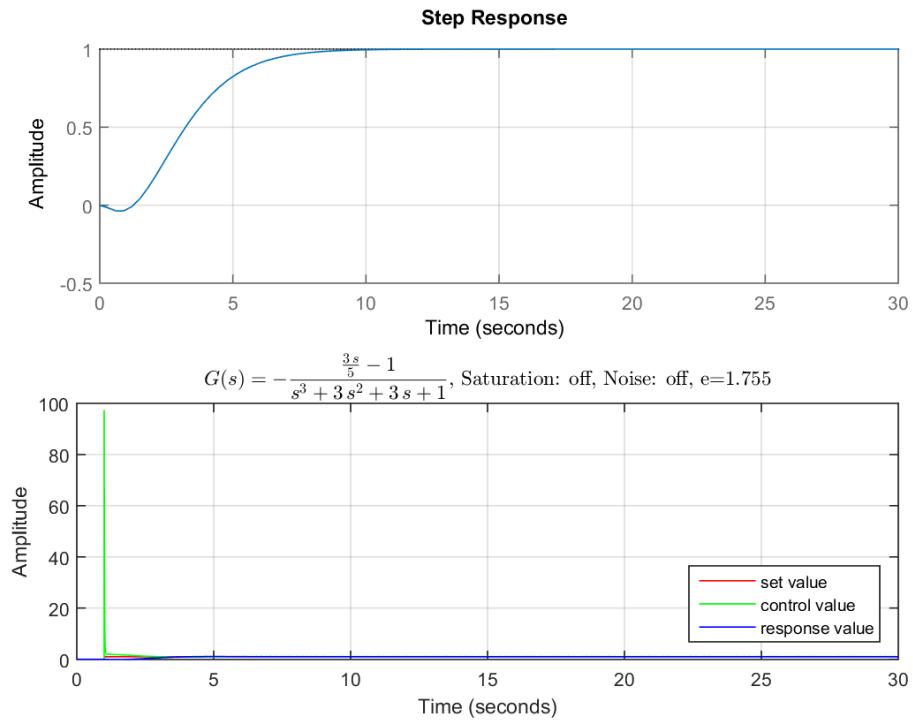
Rysunek 2.3.233: Obiekt G8-tf4b



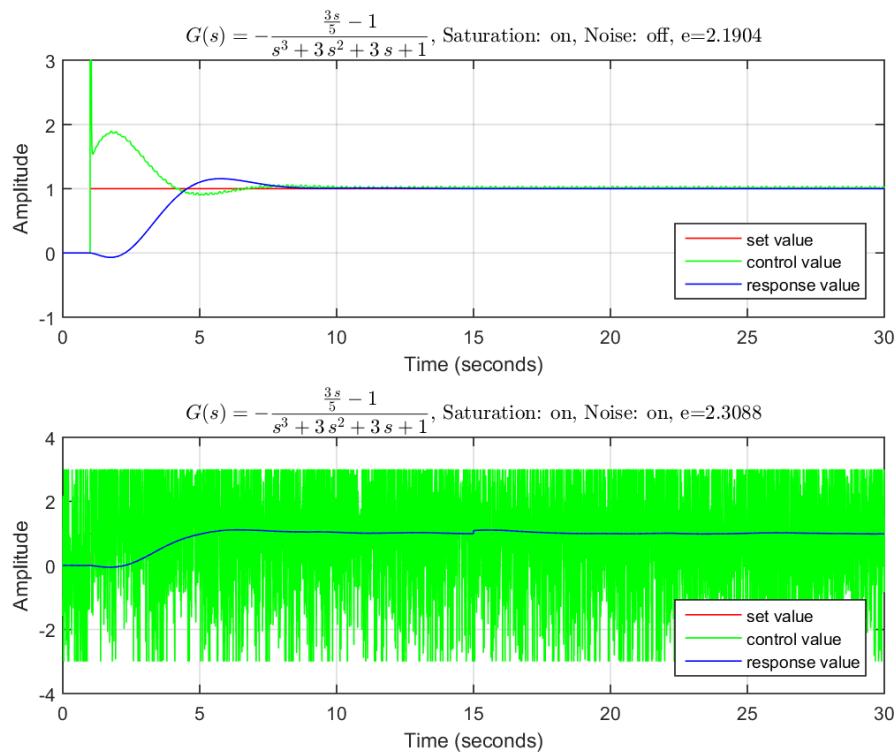
Rysunek 2.3.234: Obiekt G8-tf5a



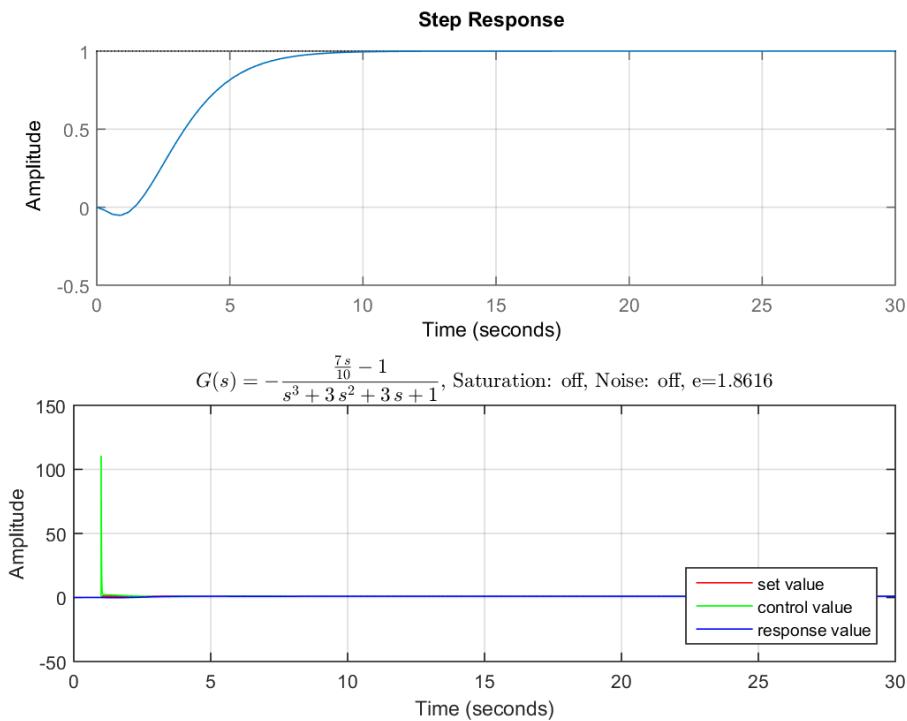
Rysunek 2.3.235: Obiekt G8-tf5b



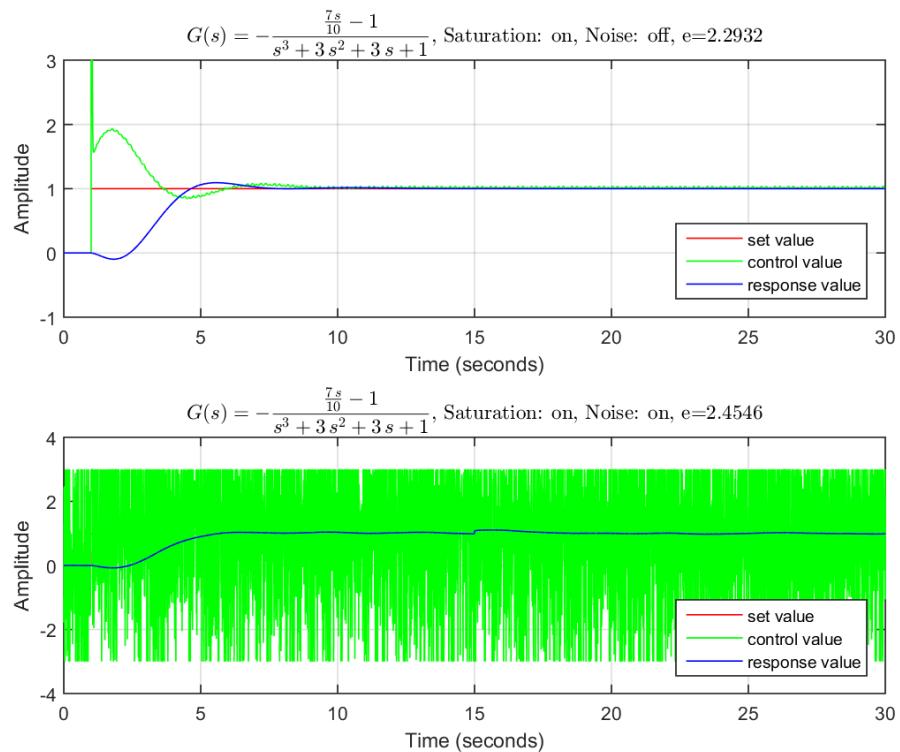
Rysunek 2.3.236: Obiekt G8-tf6a



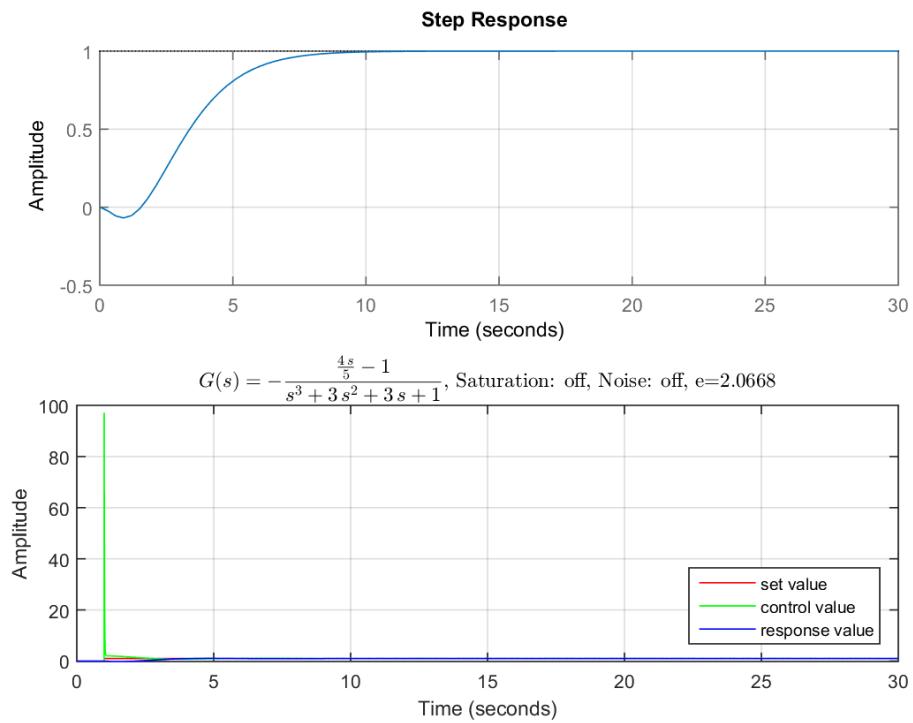
Rysunek 2.3.237: Obiekt G8-tf6b



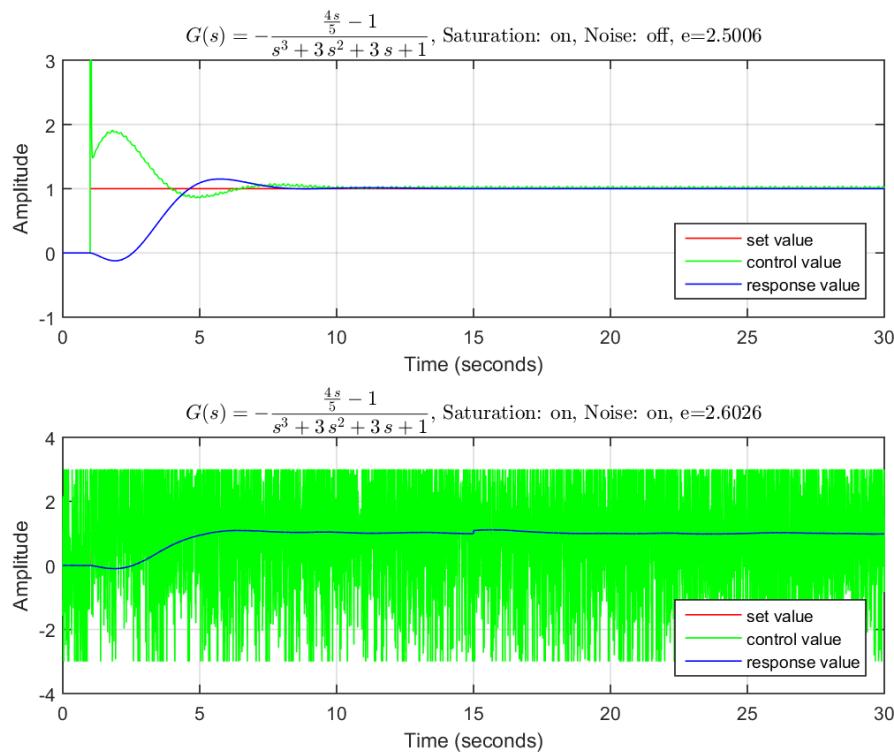
Rysunek 2.3.238: Obiekt G8-tf7a



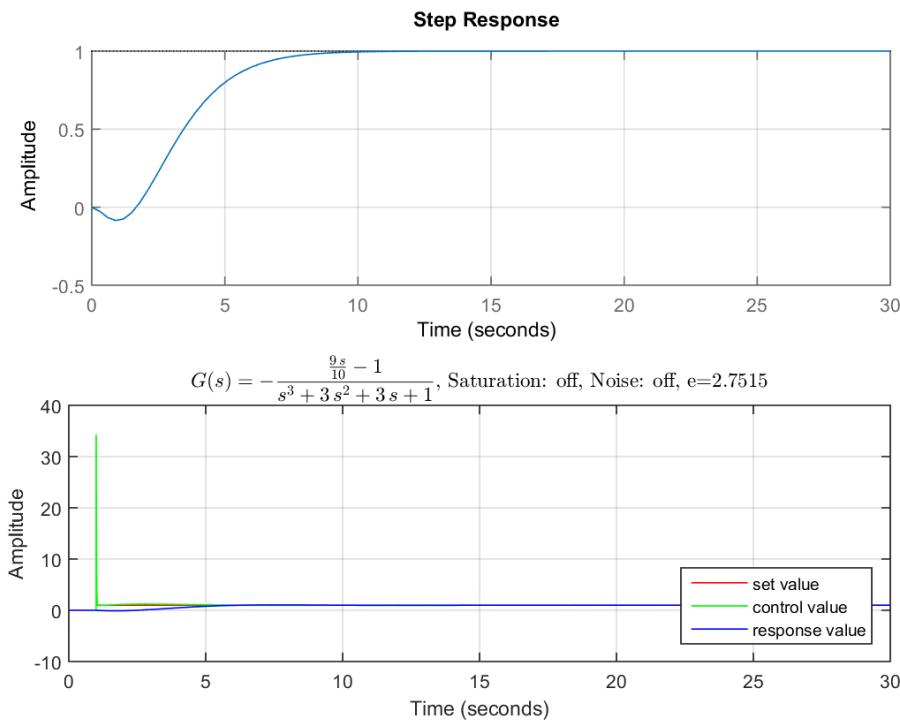
Rysunek 2.3.239: Obiekt G8-tf7b



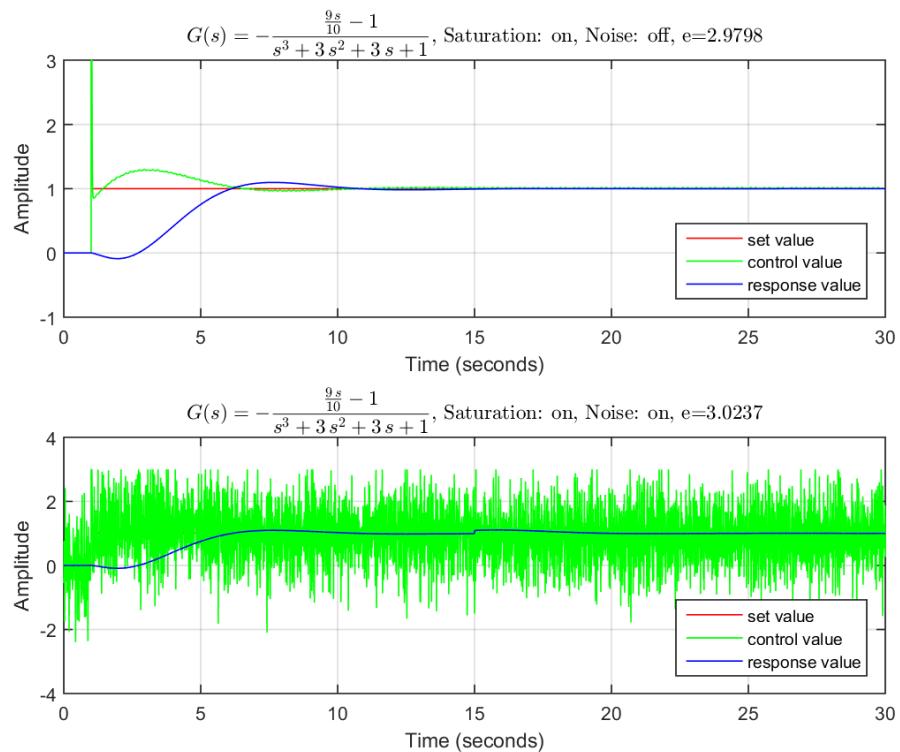
Rysunek 2.3.240: Obiekt G8-tf8a



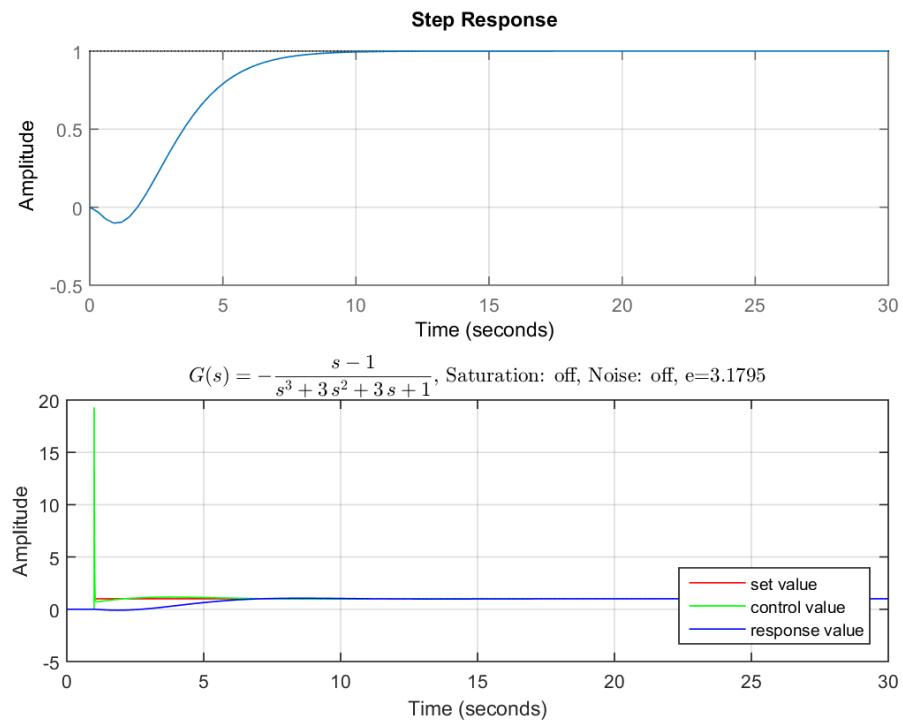
Rysunek 2.3.241: Obiekt G8-tf8b



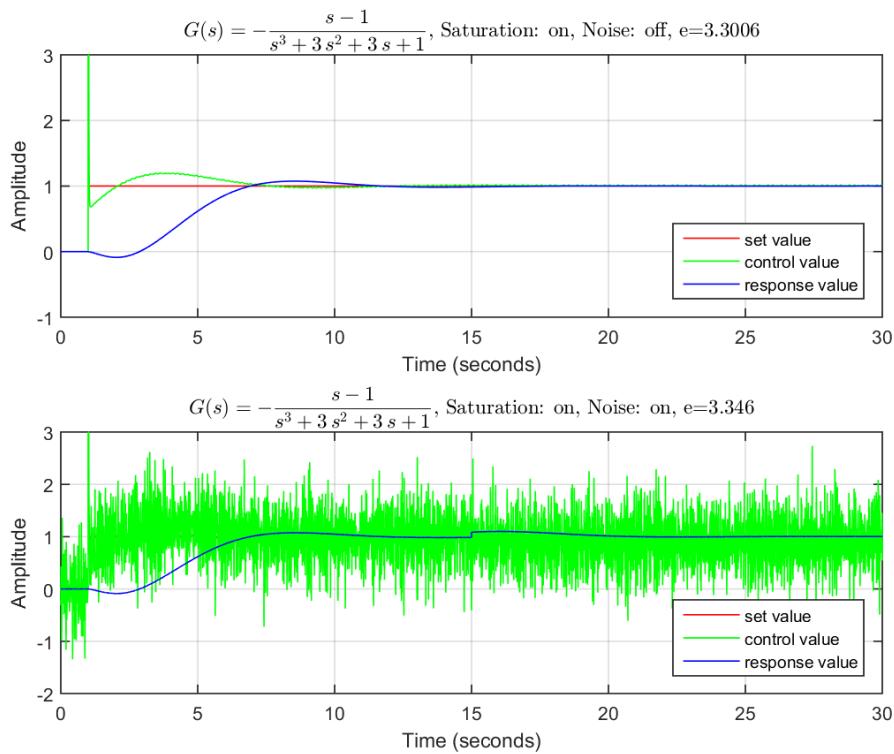
Rysunek 2.3.242: Obiekt G8-tf9a



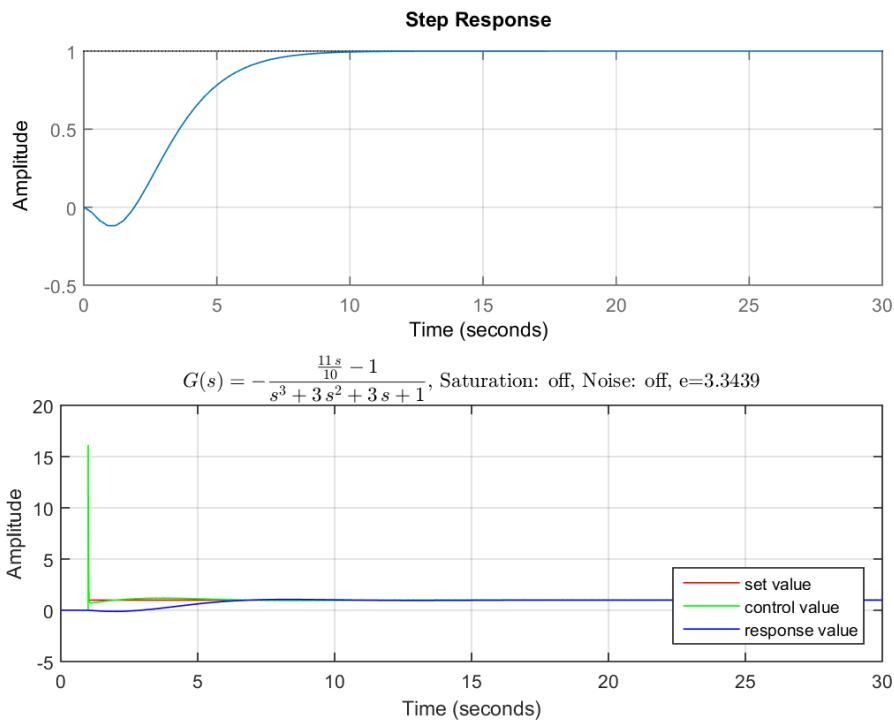
Rysunek 2.3.243: Obiekt G8-tf9b



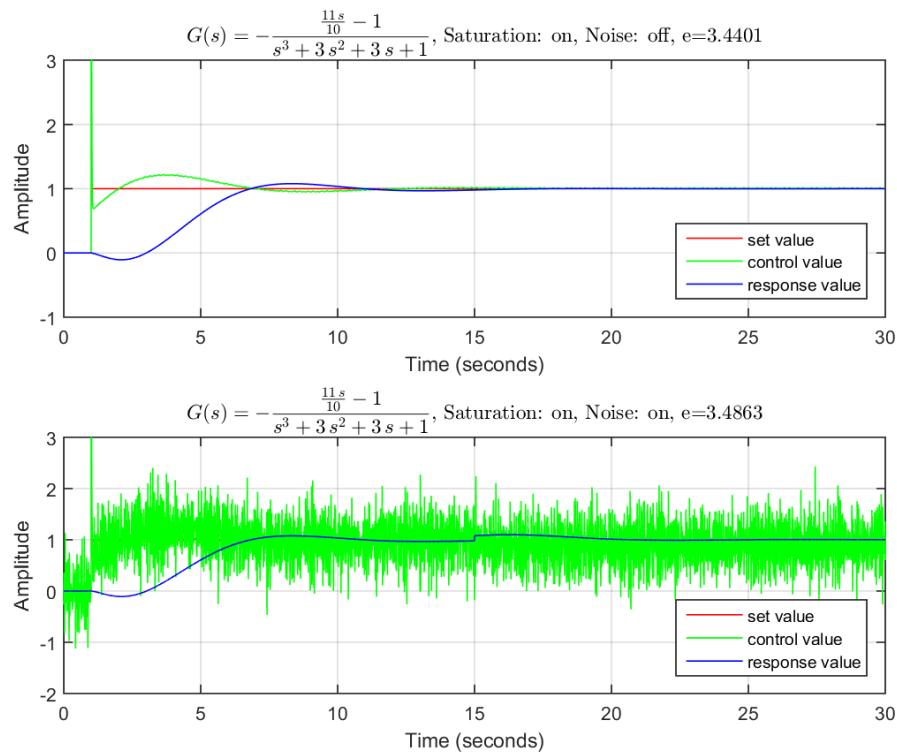
Rysunek 2.3.244: Obiekt G8-tf10a



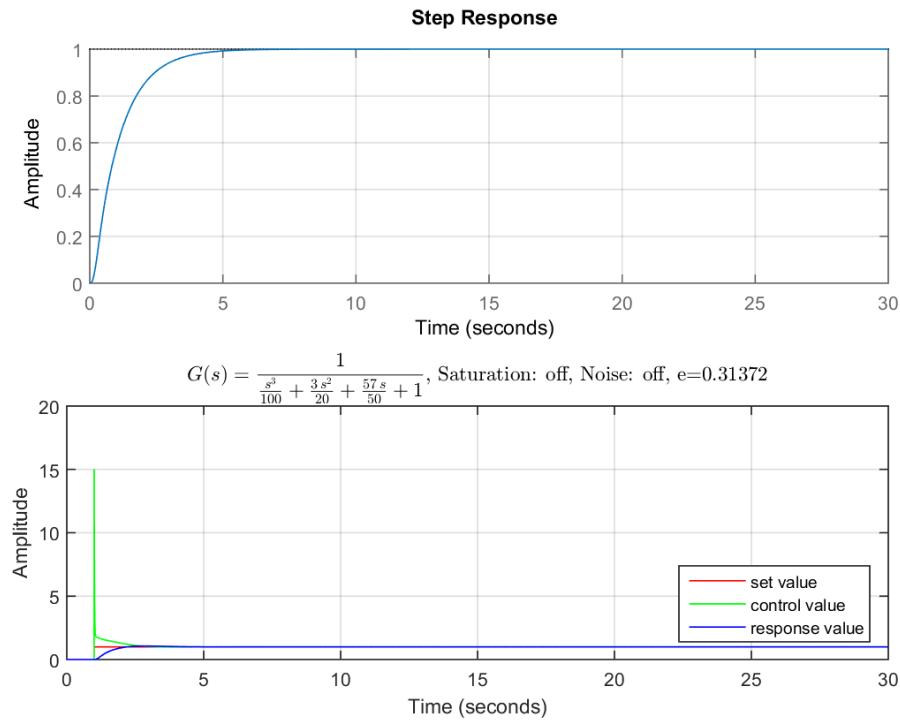
Rysunek 2.3.245: Obiekt G8-tf10b



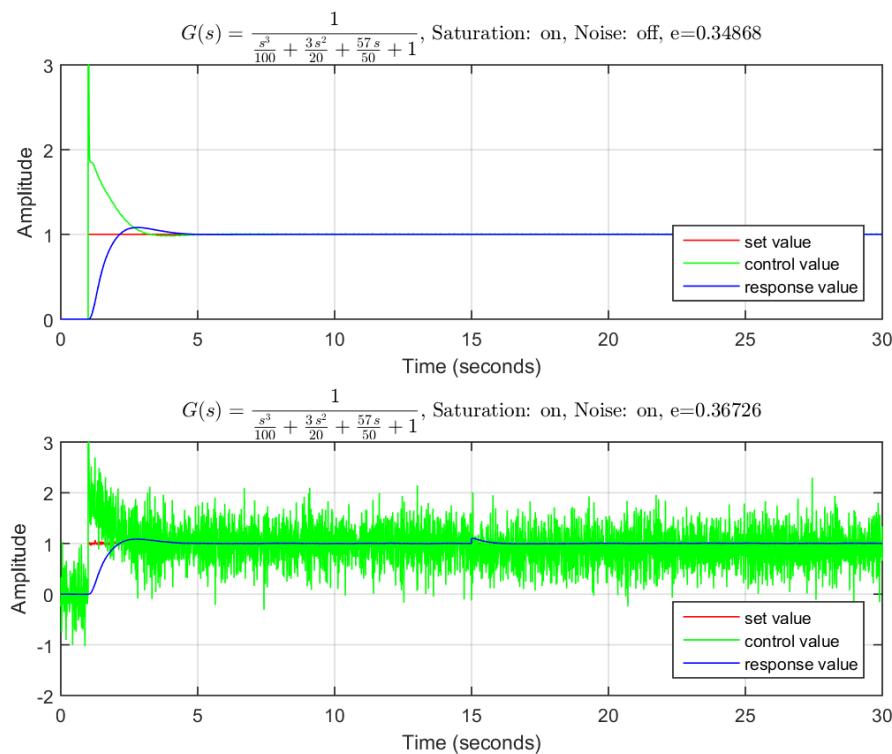
Rysunek 2.3.246: Obiekt G8-tf11a



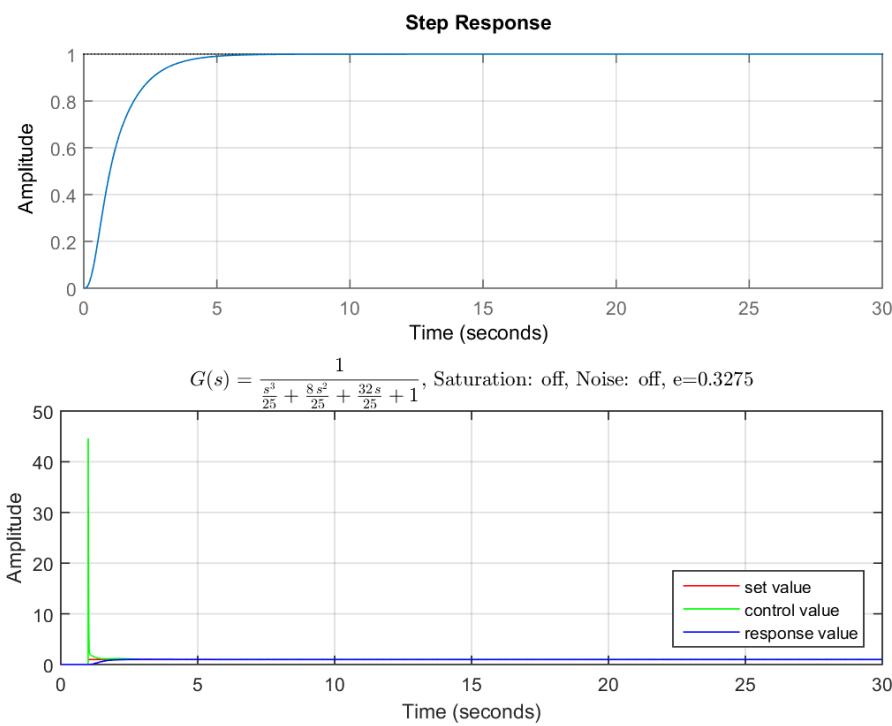
Rysunek 2.3.247: Obiekt G8-tf11b



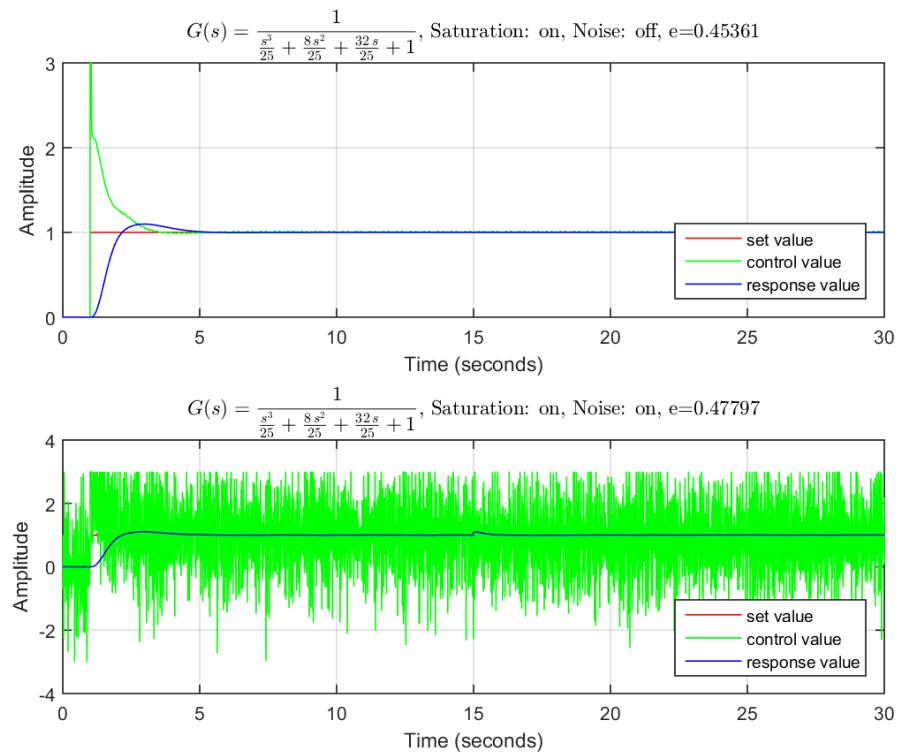
Rysunek 2.3.248: Obiekt G9-tf1a



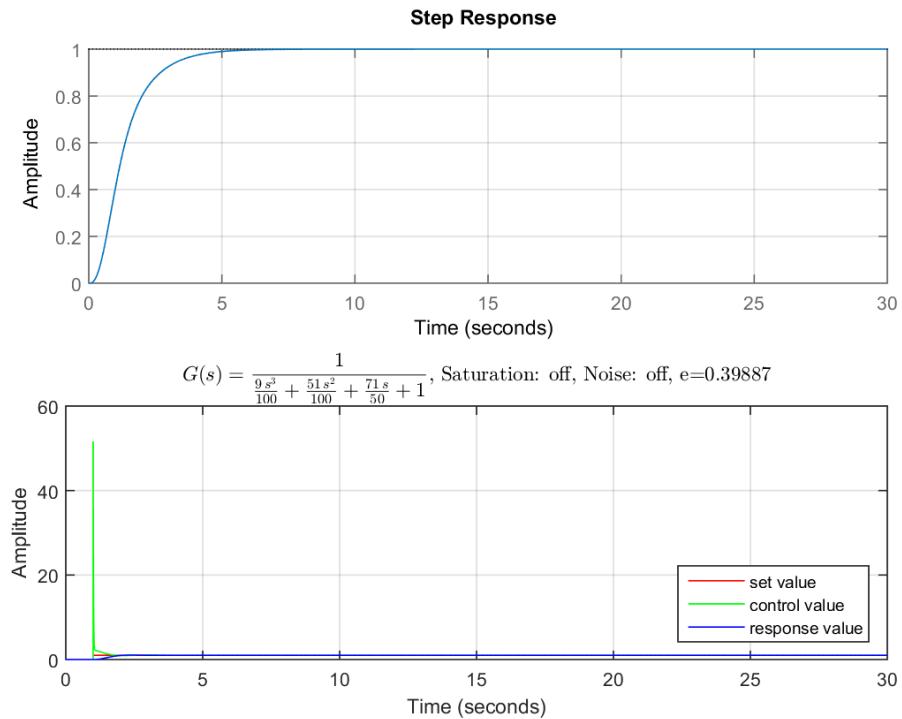
Rysunek 2.3.249: Obiekt G9-tf1b



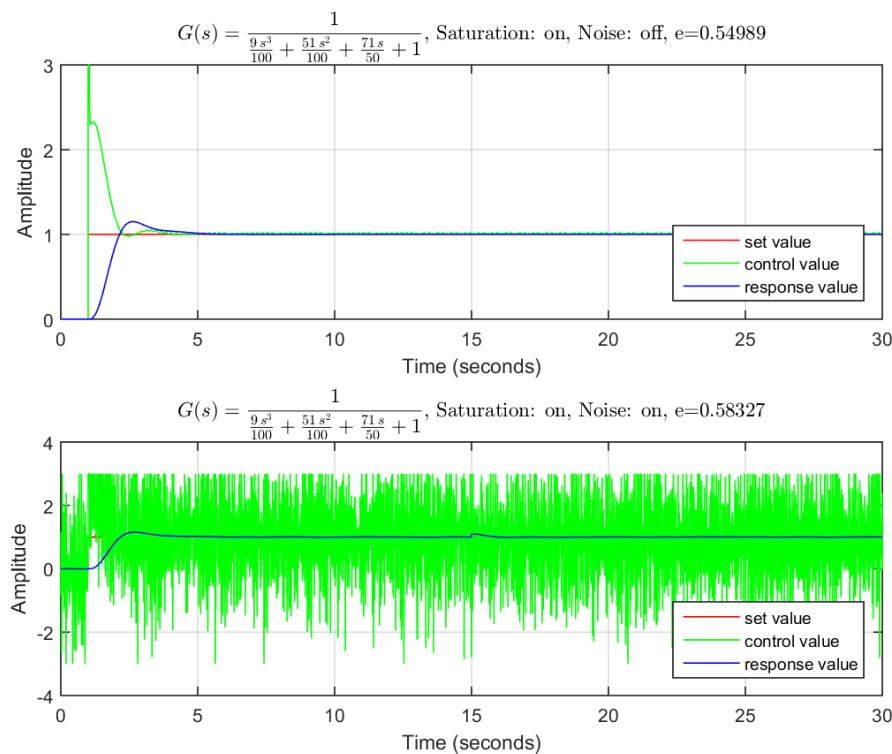
Rysunek 2.3.250: Obiekt G9-tf2a



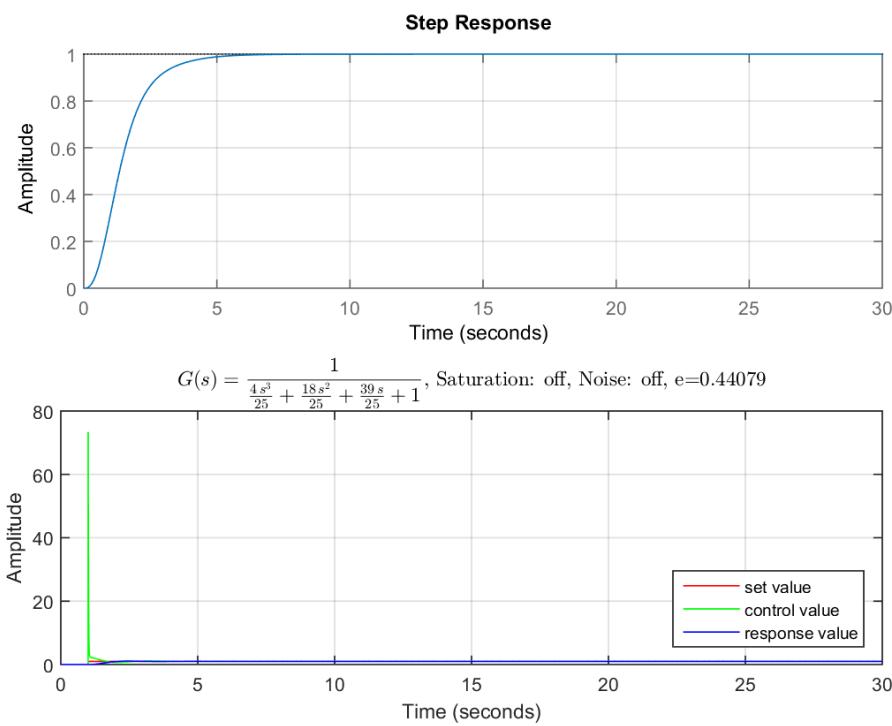
Rysunek 2.3.251: Obiekt G9-tf2b



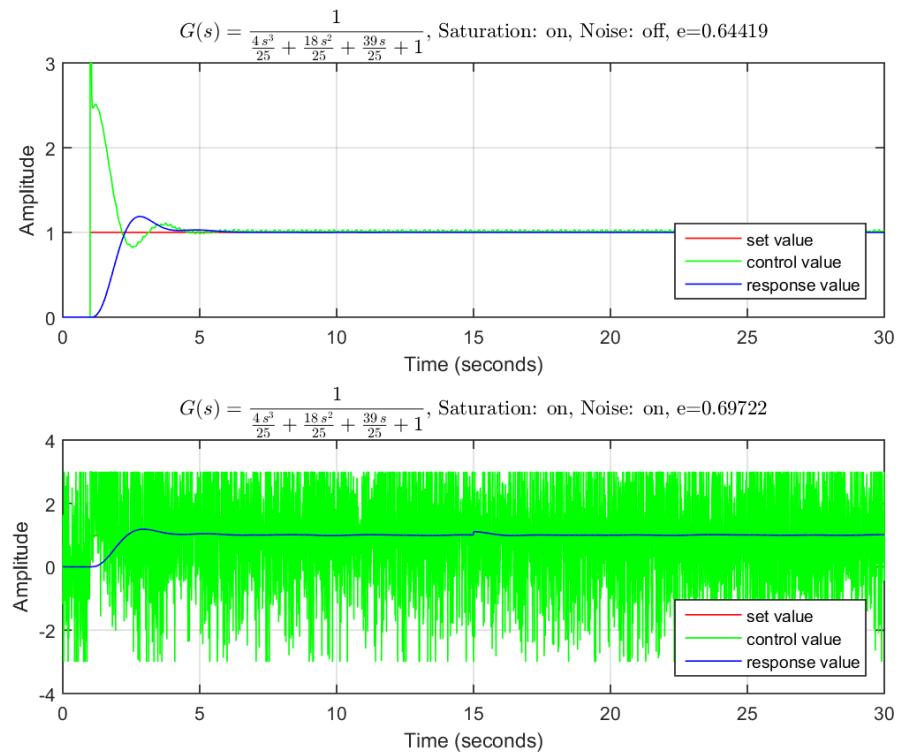
Rysunek 2.3.252: Obiekt G9-tf3a



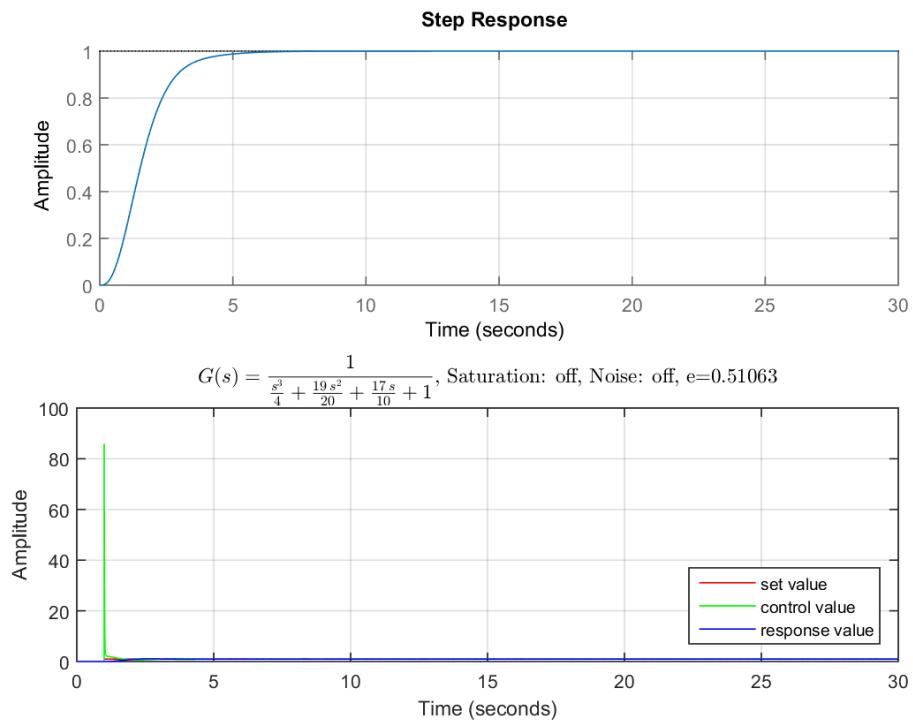
Rysunek 2.3.253: Obiekt G9-tf3b



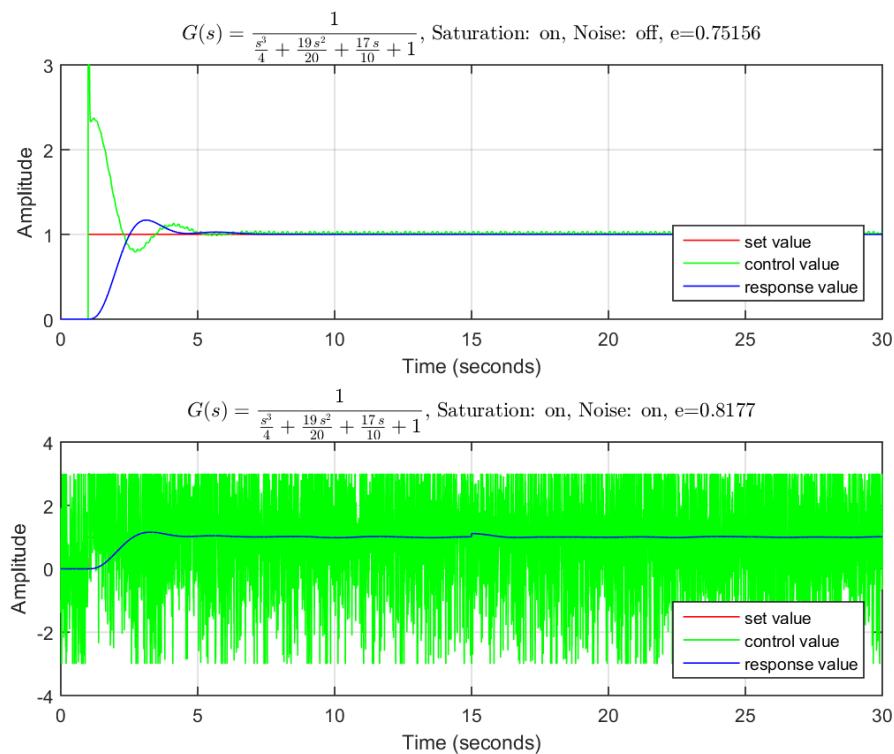
Rysunek 2.3.254: Obiekt G9-tf4a



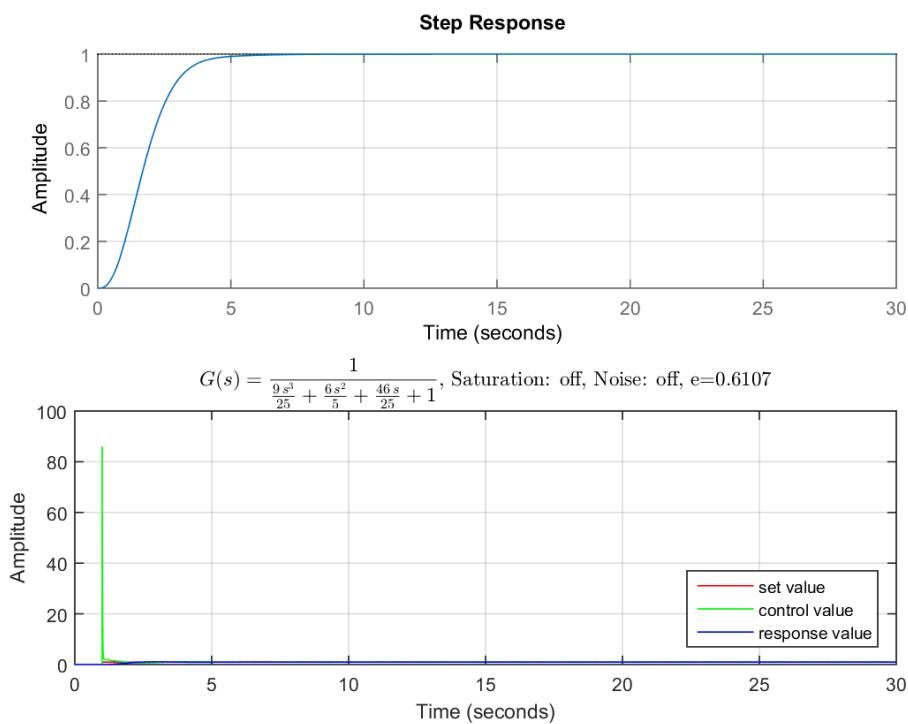
Rysunek 2.3.255: Obiekt G9-tf4b



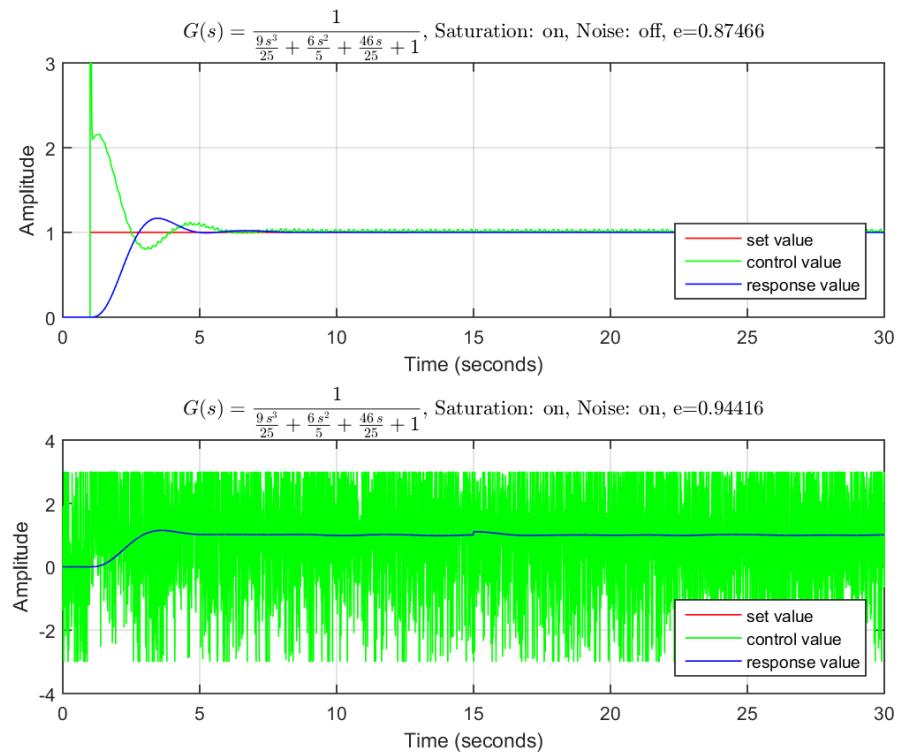
Rysunek 2.3.256: Obiekt G9-tf5a



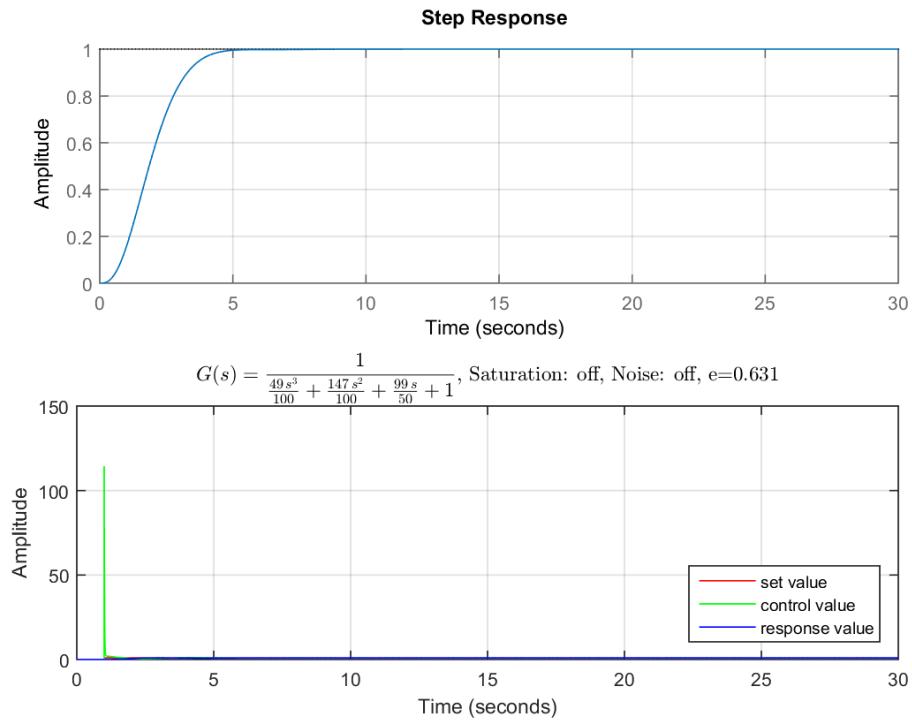
Rysunek 2.3.257: Obiekt G9-tf5b



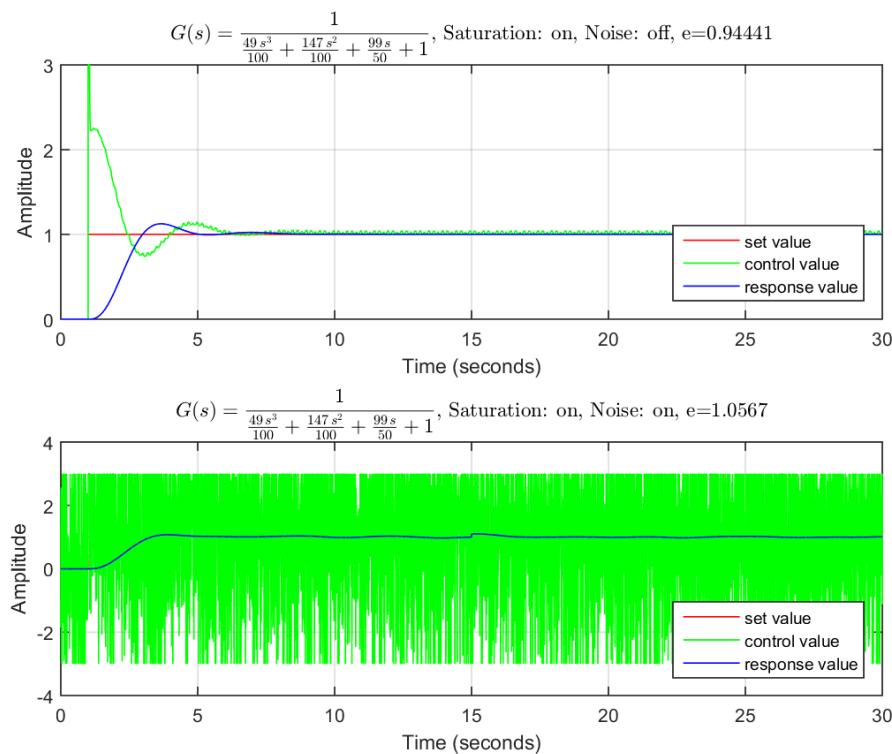
Rysunek 2.3.258: Obiekt G9-tf6a



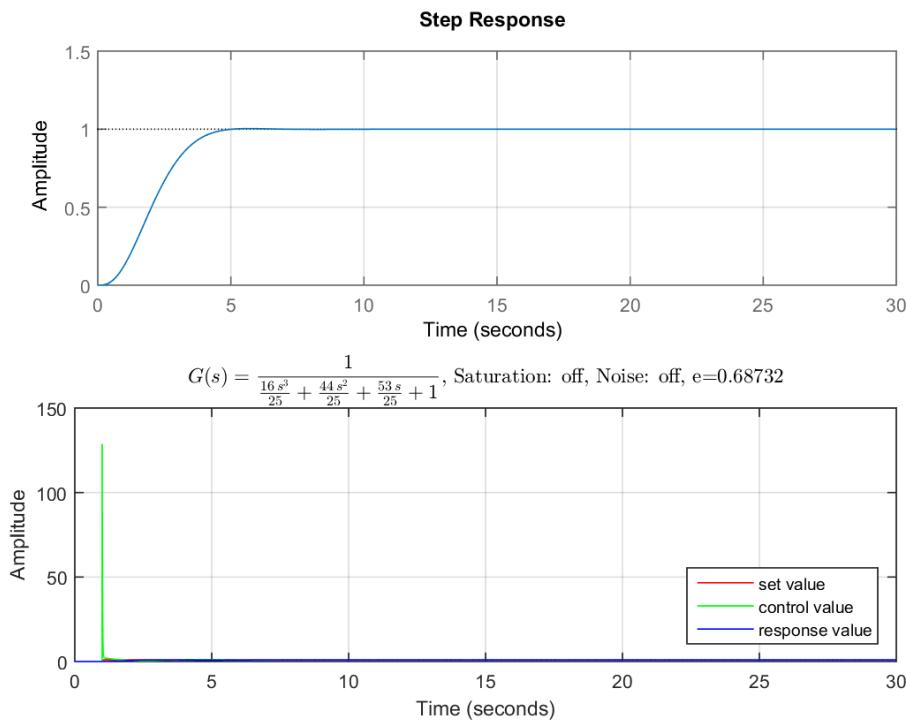
Rysunek 2.3.259: Obiekt G9-tf6b



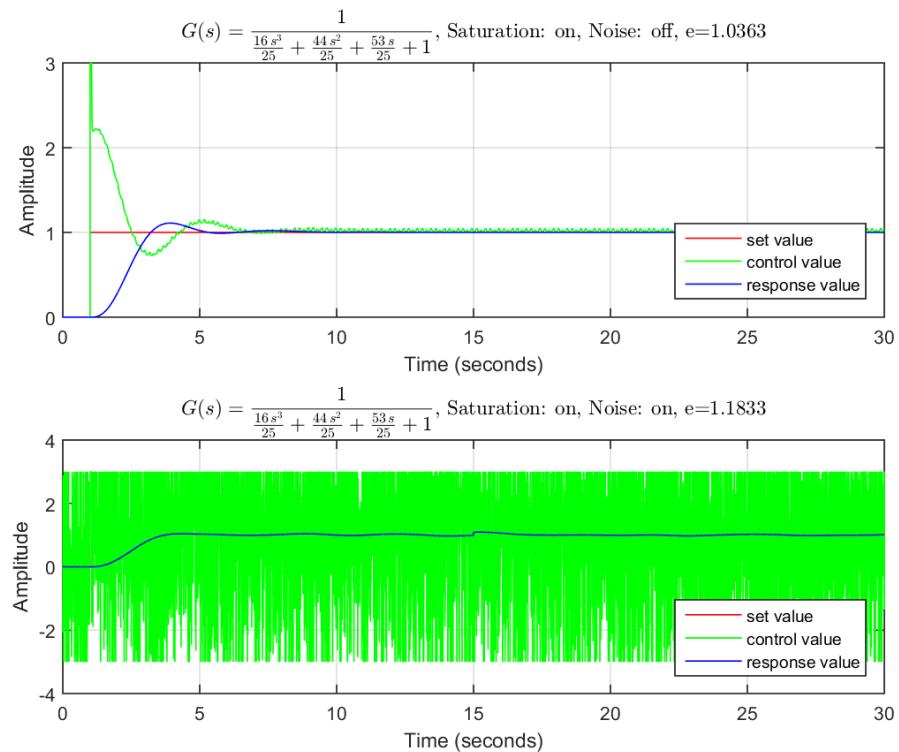
Rysunek 2.3.260: Obiekt G9-tf7a



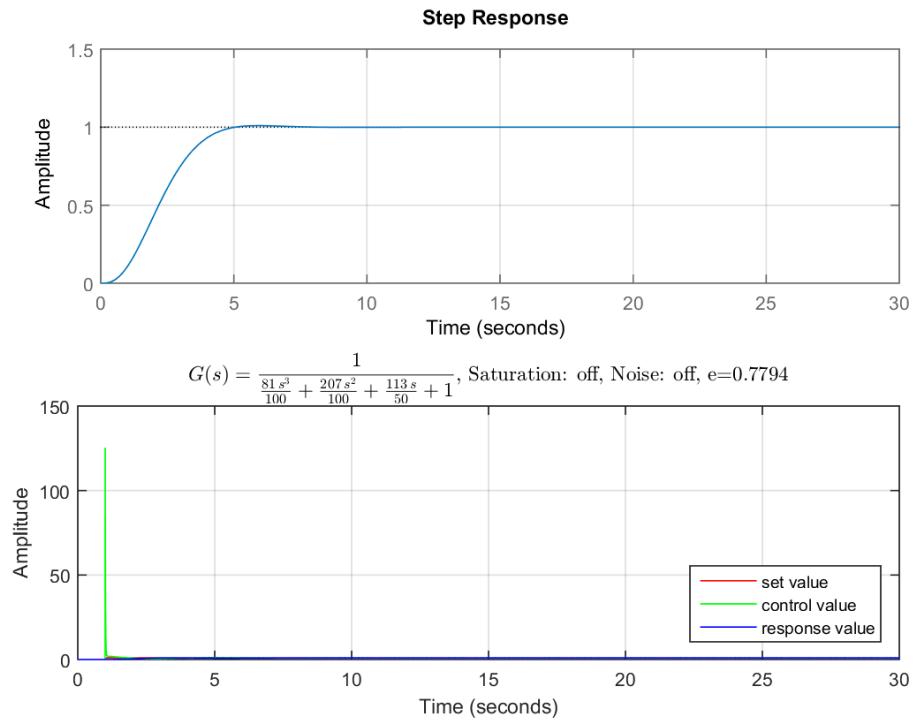
Rysunek 2.3.261: Obiekt G9-tf7b



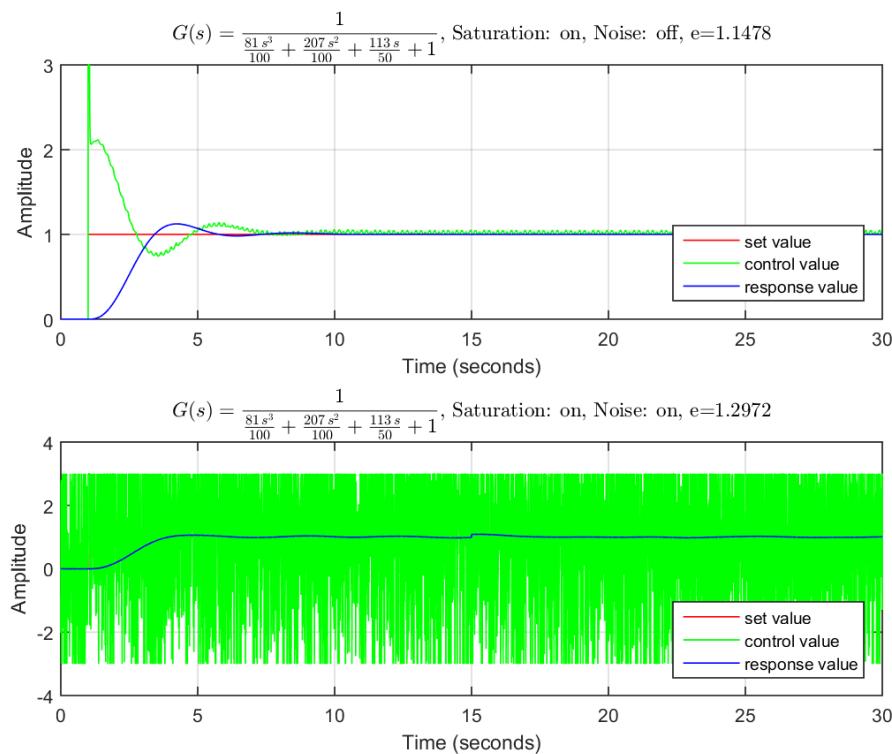
Rysunek 2.3.262: Obiekt G9-tf8a



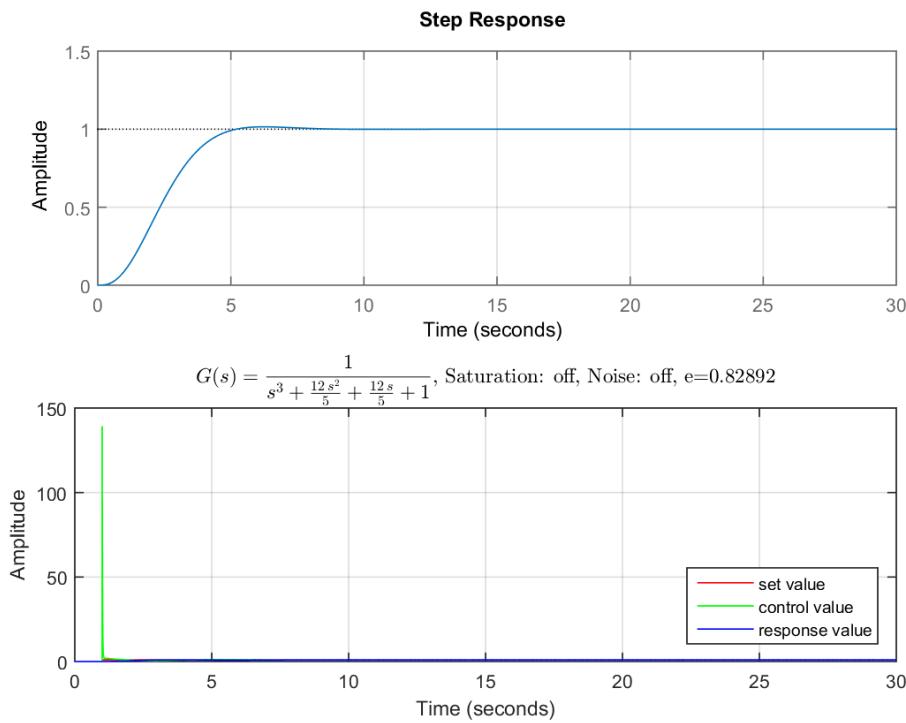
Rysunek 2.3.263: Obiekt G9-tf8b



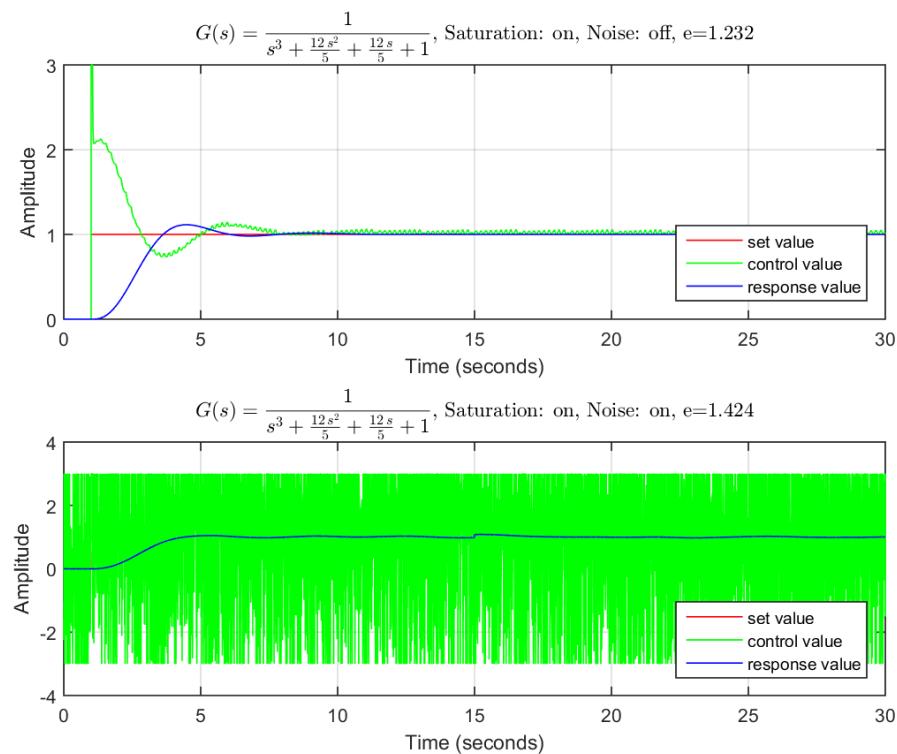
Rysunek 2.3.264: Obiekt G9-tf9a



Rysunek 2.3.265: Obiekt G9-tf9b



Rysunek 2.3.266: Obiekt G9-tf10a



Rysunek 2.3.267: Obiekt G9-tf10b

3. Analiza wyników

Powyżej przedstawiono wykresy stworzone w oparciu o sterowane obiekty. Należy zwrócić uwagę, że przy niektórych transmitancjach konieczne staje się zastosowanie saturacji - sterowanie przekracza dotychczasowe poziomy o rzędy wielkości. Co więcej, wpływ zakłócenia 0.1 w 15 sekundzie i szumów o mocy 0.000005 dodatkowo destabilizuje sygnał sterujący i nieznacznie wpływa na pogorszenie wskaźnika jakości .

Zauważono, że narzędzia do strojenia regulatorów zawarte w Matlab Control Toolbox są dobrym narzędziem, które nie tylko pozwoli dobrze dobrać nastawy regulatora, ale również dostosować jego zachowanie do wybranych przez użytkownika kryteriów.

Spis rysunków

1.1.1	Zrzut ekranu przedstawiający narzędzie PID Tuner	4
1.2.2	Zrzut ekranu przedstawiający narzędzie definiowanie obiektu w SISO Design Tool	5
1.2.3	Zrzut ekranu przedstawiający proces automatycznego strojenia w SISO Design Tool	6
2.2.1	Model w Simulinku	8
2.3.2	Obiekt G1-tf1a	10
2.3.3	Obiekt G1-tf1b	11
2.3.4	Obiekt G1-tf2a	11
2.3.5	Obiekt G1-tf2b	12
2.3.6	Obiekt G1-tf3a	12
2.3.7	Obiekt G1-tf3b	13
2.3.8	Obiekt G1-tf4a	13
2.3.9	Obiekt G1-tf4b	14
2.3.10	Obiekt G1-tf5a	14
2.3.11	Obiekt G1-tf5b	15
2.3.12	Obiekt G1-tf6a	15
2.3.13	Obiekt G1-tf6b	16
2.3.14	Obiekt G1-tf7a	16
2.3.15	Obiekt G1-tf7b	17
2.3.16	Obiekt G1-tf8a	17
2.3.17	Obiekt G1-tf8b	18
2.3.18	Obiekt G1-tf9a	18
2.3.19	Obiekt G1-tf9b	19
2.3.20	Obiekt G1-tf10a	19
2.3.21	Obiekt G1-tf10b	20
2.3.22	Obiekt G1-tf11a	20
2.3.23	Obiekt G1-tf11b	21
2.3.24	Obiekt G1-tf12a	21
2.3.25	Obiekt G1-tf12b	22
2.3.26	Obiekt G1-tf13a	22
2.3.27	Obiekt G1-tf13b	23
2.3.28	Obiekt G1-tf14a	23

2.3.29 Obiekt G1-tf14b	24
2.3.30 Obiekt G1-tf15a	24
2.3.31 Obiekt G1-tf15b	25
2.3.32 Obiekt G1-tf16a	25
2.3.33 Obiekt G1-tf16b	26
2.3.34 Obiekt G1-tf17a	26
2.3.35 Obiekt G1-tf17b	27
2.3.36 Obiekt G1-tf18a	27
2.3.37 Obiekt G1-tf18b	28
2.3.38 Obiekt G1-tf19a	28
2.3.39 Obiekt G1-tf19b	29
2.3.40 Obiekt G1-tf20a	29
2.3.41 Obiekt G1-tf20b	30
2.3.42 Obiekt G1-tf21a	30
2.3.43 Obiekt G1-tf21b	31
2.3.44 Obiekt G2-tf1a	31
2.3.45 Obiekt G2-tf1b	32
2.3.46 Obiekt G2-tf2a	32
2.3.47 Obiekt G2-tf2b	33
2.3.48 Obiekt G2-tf3a	33
2.3.49 Obiekt G2-tf3b	34
2.3.50 Obiekt G2-tf4a	34
2.3.51 Obiekt G2-tf4b	35
2.3.52 Obiekt G2-tf5a	35
2.3.53 Obiekt G2-tf5b	36
2.3.54 Obiekt G2-tf6a	36
2.3.55 Obiekt G2-tf6b	37
2.3.56 Obiekt G2-tf7a	37
2.3.57 Obiekt G2-tf7b	38
2.3.58 Obiekt G2-tf8a	38
2.3.59 Obiekt G2-tf8b	39
2.3.60 Obiekt G2-tf9a	39
2.3.61 Obiekt G2-tf9b	40
2.3.62 Obiekt G2-tf10a	40
2.3.63 Obiekt G2-tf10b	41
2.3.64 Obiekt G2-tf11a	41
2.3.65 Obiekt G2-tf11b	42
2.3.66 Obiekt G2-tf12a	42

2.3.67 Obiekt G2-tf12b	43
2.3.68 Obiekt G2-tf13a	43
2.3.69 Obiekt G2-tf13b	44
2.3.70 Obiekt G2-tf14a	44
2.3.71 Obiekt G2-tf14b	45
2.3.72 Obiekt G2-tf15a	45
2.3.73 Obiekt G2-tf15b	46
2.3.74 Obiekt G2-tf16a	46
2.3.75 Obiekt G2-tf16b	47
2.3.76 Obiekt G2-tf17a	47
2.3.77 Obiekt G2-tf17b	48
2.3.78 Obiekt G2-tf18a	48
2.3.79 Obiekt G2-tf18b	49
2.3.80 Obiekt G2-tf19a	49
2.3.81 Obiekt G2-tf19b	50
2.3.82 Obiekt G2-tf20a	50
2.3.83 Obiekt G2-tf20b	51
2.3.84 Obiekt G2-tf21a	51
2.3.85 Obiekt G2-tf21b	52
2.3.86 Obiekt G3-tf1a	52
2.3.87 Obiekt G3-tf1b	53
2.3.88 Obiekt G3-tf2a	53
2.3.89 Obiekt G3-tf2b	54
2.3.90 Obiekt G3-tf3a	54
2.3.91 Obiekt G3-tf3b	55
2.3.92 Obiekt G3-tf4a	55
2.3.93 Obiekt G3-tf4b	56
2.3.94 Obiekt G3-tf5a	56
2.3.95 Obiekt G3-tf5b	57
2.3.96 Obiekt G3-tf6a	57
2.3.97 Obiekt G3-tf6b	58
2.3.98 Obiekt G3-tf7a	58
2.3.99 Obiekt G3-tf7b	59
2.3.100 Obiekt G3-tf8a	59
2.3.101 Obiekt G3-tf8b	60
2.3.102 Obiekt G3-tf9a	60
2.3.103 Obiekt G3-tf9b	61
2.3.104 Obiekt G3-tf10a	61

2.3.105 Obiekt G3-tf10b	62
2.3.106 Obiekt G4-tf1a	62
2.3.107 Obiekt G4-tf1b	63
2.3.108 Obiekt G4-tf2a	63
2.3.109 Obiekt G4-tf2b	64
2.3.110 Obiekt G4-tf3a	64
2.3.111 Obiekt G4-tf3b	65
2.3.112 Obiekt G4-tf4a	65
2.3.113 Obiekt G4-tf4b	66
2.3.114 Obiekt G4-tf5a	66
2.3.115 Obiekt G4-tf5b	67
2.3.116 Obiekt G4-tf6a	67
2.3.117 Obiekt G4-tf6b	68
2.3.118 Obiekt G5-tf1a	68
2.3.119 Obiekt G5-tf1b	69
2.3.120 Obiekt G5-tf2a	69
2.3.121 Obiekt G5-tf2b	70
2.3.122 Obiekt G5-tf3a	70
2.3.123 Obiekt G5-tf3b	71
2.3.124 Obiekt G5-tf4a	71
2.3.125 Obiekt G5-tf4b	72
2.3.126 Obiekt G5-tf5a	72
2.3.127 Obiekt G5-tf5b	73
2.3.128 Obiekt G5-tf6a	73
2.3.129 Obiekt G5-tf6b	74
2.3.130 Obiekt G5-tf7a	74
2.3.131 Obiekt G5-tf7b	75
2.3.132 Obiekt G5-tf8a	75
2.3.133 Obiekt G5-tf8b	76
2.3.134 Obiekt G5-tf9a	76
2.3.135 Obiekt G5-tf9b	77
2.3.136 Obiekt G6-tf1a	77
2.3.137 Obiekt G6-tf1b	78
2.3.138 Obiekt G6-tf2a	78
2.3.139 Obiekt G6-tf2b	79
2.3.140 Obiekt G6-tf3a	79
2.3.141 Obiekt G6-tf3b	80
2.3.142 Obiekt G6-tf4a	80

2.3.143 Obiekt G6-tf4b	81
2.3.144 Obiekt G6-tf5a	81
2.3.145 Obiekt G6-tf5b	82
2.3.146 Obiekt G6-tf6a	82
2.3.147 Obiekt G6-tf6b	83
2.3.148 Obiekt G6-tf7a	83
2.3.149 Obiekt G6-tf7b	84
2.3.150 Obiekt G6-tf8a	84
2.3.151 Obiekt G6-tf8b	85
2.3.152 Obiekt G6-tf9a	85
2.3.153 Obiekt G6-tf9b	86
2.3.154 Obiekt G7-tf1a	86
2.3.155 Obiekt G7-tf1b	87
2.3.156 Obiekt G7-tf2a	87
2.3.157 Obiekt G7-tf2b	88
2.3.158 Obiekt G7-tf3a	88
2.3.159 Obiekt G7-tf3b	89
2.3.160 Obiekt G7-tf4a	89
2.3.161 Obiekt G7-tf4b	90
2.3.162 Obiekt G7-tf5a	90
2.3.163 Obiekt G7-tf5b	91
2.3.164 Obiekt G7-tf6a	91
2.3.165 Obiekt G7-tf6b	92
2.3.166 Obiekt G7-tf7a	92
2.3.167 Obiekt G7-tf7b	93
2.3.168 Obiekt G7-tf8a	93
2.3.169 Obiekt G7-tf8b	94
2.3.170 Obiekt G7-tf9a	94
2.3.171 Obiekt G7-tf9b	95
2.3.172 Obiekt G7-tf10a	95
2.3.173 Obiekt G7-tf10b	96
2.3.174 Obiekt G7-tf11a	96
2.3.175 Obiekt G7-tf11b	97
2.3.176 Obiekt G7-tf12a	97
2.3.177 Obiekt G7-tf12b	98
2.3.178 Obiekt G7-tf13a	98
2.3.179 Obiekt G7-tf13b	99
2.3.180 Obiekt G7-tf14a	99

2.3.181 Obiekt G7-tf14b	100
2.3.182 Obiekt G7-tf15a	100
2.3.183 Obiekt G7-tf15b	101
2.3.184 Obiekt G7-tf16a	101
2.3.185 Obiekt G7-tf16b	102
2.3.186 Obiekt G7-tf17a	102
2.3.187 Obiekt G7-tf17b	103
2.3.188 Obiekt G7-tf18a	103
2.3.189 Obiekt G7-tf18b	104
2.3.190 Obiekt G7-tf19a	104
2.3.191 Obiekt G7-tf19b	105
2.3.192 Obiekt G7-tf20a	105
2.3.193 Obiekt G7-tf20b	106
2.3.194 Obiekt G7-tf21a	106
2.3.195 Obiekt G7-tf21b	107
2.3.196 Obiekt G7-tf22a	107
2.3.197 Obiekt G7-tf22b	108
2.3.198 Obiekt G7-tf23a	108
2.3.199 Obiekt G7-tf23b	109
2.3.200 Obiekt G7-tf24a	109
2.3.201 Obiekt G7-tf24b	110
2.3.202 Obiekt G7-tf25a	110
2.3.203 Obiekt G7-tf25b	111
2.3.204 Obiekt G7-tf26a	111
2.3.205 Obiekt G7-tf26b	112
2.3.206 Obiekt G7-tf27a	112
2.3.207 Obiekt G7-tf27b	113
2.3.208 Obiekt G7-tf28a	113
2.3.209 Obiekt G7-tf28b	114
2.3.210 Obiekt G7-tf29a	114
2.3.211 Obiekt G7-tf29b	115
2.3.212 Obiekt G7-tf30a	115
2.3.213 Obiekt G7-tf30b	116
2.3.214 Obiekt G7-tf31a	116
2.3.215 Obiekt G7-tf31b	117
2.3.216 Obiekt G7-tf32a	117
2.3.217 Obiekt G7-tf32b	118
2.3.218 Obiekt G7-tf33a	118

2.3.219 Obiekt G7-tf33b	119
2.3.220 Obiekt G7-tf34a	119
2.3.221 Obiekt G7-tf34b	120
2.3.222 Obiekt G7-tf35a	120
2.3.223 Obiekt G7-tf35b	121
2.3.224 Obiekt G7-tf36a	121
2.3.225 Obiekt G7-tf36b	122
2.3.226 Obiekt G8-tf1a	122
2.3.227 Obiekt G8-tf1b	123
2.3.228 Obiekt G8-tf2a	123
2.3.229 Obiekt G8-tf2b	124
2.3.230 Obiekt G8-tf3a	124
2.3.231 Obiekt G8-tf3b	125
2.3.232 Obiekt G8-tf4a	125
2.3.233 Obiekt G8-tf4b	126
2.3.234 Obiekt G8-tf5a	126
2.3.235 Obiekt G8-tf5b	127
2.3.236 Obiekt G8-tf6a	127
2.3.237 Obiekt G8-tf6b	128
2.3.238 Obiekt G8-tf7a	128
2.3.239 Obiekt G8-tf7b	129
2.3.240 Obiekt G8-tf8a	129
2.3.241 Obiekt G8-tf8b	130
2.3.242 Obiekt G8-tf9a	130
2.3.243 Obiekt G8-tf9b	131
2.3.244 Obiekt G8-tf10a	131
2.3.245 Obiekt G8-tf10b	132
2.3.246 Obiekt G8-tf11a	132
2.3.247 Obiekt G8-tf11b	133
2.3.248 Obiekt G9-tf1a	133
2.3.249 Obiekt G9-tf1b	134
2.3.250 Obiekt G9-tf2a	134
2.3.251 Obiekt G9-tf2b	135
2.3.252 Obiekt G9-tf3a	135
2.3.253 Obiekt G9-tf3b	136
2.3.254 Obiekt G9-tf4a	136
2.3.255 Obiekt G9-tf4b	137
2.3.256 Obiekt G9-tf5a	137

2.3.257 Obiekt G9-tf5b	138
2.3.258 Obiekt G9-tf6a	138
2.3.259 Obiekt G9-tf6b	139
2.3.260 Obiekt G9-tf7a	139
2.3.261 Obiekt G9-tf7b	140
2.3.262 Obiekt G9-tf8a	140
2.3.263 Obiekt G9-tf8b	141
2.3.264 Obiekt G9-tf9a	141
2.3.265 Obiekt G9-tf9b	142
2.3.266 Obiekt G9-tf10a	142
2.3.267 Obiekt G9-tf10b	143