|  |
| --- |
| Automatyka i Robotyka  Komputerowe Systemy Sterowania  Robotyka |
| Projektowanie Układów Automatyki Przemysłowej |
| **Analiza działania regulatora LQG dla wybranych 5 problemów z zestawu problemów 2** |
| C:\Users\wrona\Desktop\agh_nzw_s_pl_1w_wbr_rgb_150ppi.jpg |
| **Autor:**  Dawid Wrona |
| **Ocena**: |
| Kraków, styczeń 2016 |

Spis treści

[1 Wstęp 5](#_Toc440989129)

[2 Synteza regulatora LQG 7](#_Toc440989130)

[2.1 Synteza regulatora LQ 7](#_Toc440989131)

[2.2 Synteza filtru Kalmana 7](#_Toc440989132)

[2.3 Synteza regulatora LQG 7](#_Toc440989133)

[3 Tworzenie modelu układu 8](#_Toc440989134)

[4 Testy 9](#_Toc440989135)

[5 Wnioski 10](#_Toc440989136)

# **Wstęp**

Zazwyczaj do opisu badanego procesy używamy równań stanu w następującej postaci:

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1.1 |

Niestety, dla znacznej większości procesów wyjście *y* jest narażone na zakłócenia związane z szumem pomiarowym (*n*) a sama dynamika procesu narażona jest na zakłócenia (*d*). W takim wypadku proces jest opisany następującym układem równań:

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1.1 |

Natomiast korelacja szumu przedstawia się następująco:

Również w takim wypadku zwykły regulator może nie wystarczyć. Wtedy najlepszym wyborem jest zastosowanie regulatora LQG.

Regulator LQG (Linear-Quadratic-Gausian), to regulator działający w warunkach: niepewności, narażonych na zakłócenia addytywnym białym szumem Gaussa. Składa się on z dwóch części: regulatora liniowo-kwadratowego (LQR), oraz filtru Kalmana:

* Regulator Liniowo Kwadratowy (Linear-Quadratic Regulator) – to regulator ze sprzężeniem zwrotnym określający rozwiązanie dla problemu liniowo-kwadratowego (LQ), czyli dla przypadku, gdy układ dynamiczny jest opisany przy pomocy liniowych równań różniczkowych(1.1), natomiast koszt opisany jest przez funkcjonał kwadratowy(1.2):

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1.1 |

* Filtr Kalmana – jest to algorytm wyznaczania estymaty wektora stanu modelu liniowego dyskretnego układu dynamicznego na podstawie pomiarów wartości wejściowych oraz wyjściowych tego układu. Teoretycznie jest to estymator problemu liniowo-kwadratowego narażonego na zakłócenia wytworzone przez biały szum Gaussa.

# **Synteza regulatora LQG**

## Synteza regulatora LQ

Pierwszym krokiem na drodze do utworzenia poprawnej syntezy regulatora LQG jest utworzenie regulatora LQ. Jak już było wspomniane regulator LQ (…). Do wygenerowania wektora wzmocnień regulatora LQ wykorzystany został program MATLAB oraz dostępna w nim funkcja *lqr*. Funkcja ta jako parametry wejściowe przyjmuje badany system w postaci równań stanu, a także współczynniki Q i R. Zwraca natomiast macierz wzmocnień regulatora, rozwiązanie równania Riccatiego, na podstawie którego osiągnięto wzmocnienie , oraz wartości własne układu . Kod programu MATLAB realizujący to zadanie dla każdego z problemów znajduje się poniżej:

|  |
| --- |
| %Synteza regulatora LQ%  SYS = ss(A, B, C, D);  Gp=tf(SYS);  [K,S,E] = lqr(SYS,Q,R); |

## Synteza filtru Kalmana

Kolejnym zadaniem była synteza filtru Kalmana. Jak już wcześniej wspomniano filtr Kalmana (…). Do wygenerowania estymaty stanu również wykorzystany został program MATLAB oraz dostępna w nim funkcja *Kalman*. Funkcja ta jako parametry wejściowe pobiera układ obserwatora w postaci *równań stanu*, oraz macierze wartości oczekiwanych szumów pomiarowych i zakłócenia. Zwraca natomiast model równań stanu estymatora , optymalne wzmocnienie estymatora oraz obliczony z równania Riccatiego błąd w stanie ustalonym . Kod programu MATLAB realizujący to zadanie dla każdego z problemów znajduje się poniżej:

|  |
| --- |
| %Synteza filtru Kalmana%  sys=ss(A,[B Noise\_Gain\*BB],C,0);  [est,L,P]=kalman(sys,QN,RN); |

## Synteza regulatora LQG

Ostatnim krokiem była końcowa synteza regulatora LQG. Regulator ten możemy uzyskać używając stanu estymowanego zamiast prawdziwego stanu . Równanie stanu takiego regulatora wygląda następująco:

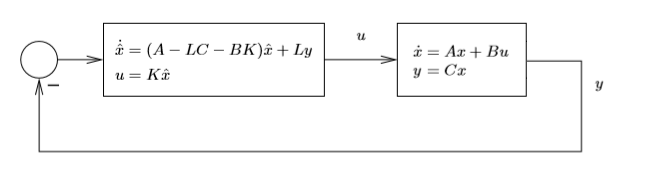
|  |  |
| --- | --- |
|  | 2.3.1 |

Również i tutaj pomocny okazał się program MATLAB, w którym dostępna jest specjalna funkcja . Funkcja ta jako parametry wejściowe przyjmuje równania stanu obiektu, macierz wzmocnień regulatora LQ, oraz optymalne wzmocnienie estymatora. Zwraca natomiast równania stanu regulatora LQG gotowe do użycia. Kod programu MATLAB realizujący to zadanie dla każdego z problemów znajduje się poniżej:

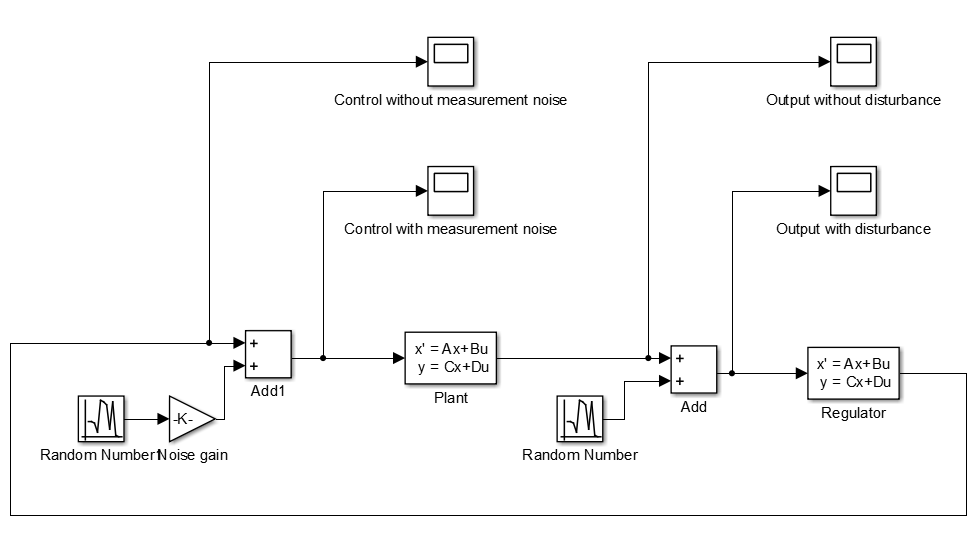
|  |
| --- |
| %Synteza regulatora LQG%  RSYS=reg(SYS,K,L);  Gr=tf(RSYS); |

# Tworzenie modelu układu

Po wygenerowaniu równań stanu regulatora LQG możliwa jest implementacja całego układu, na który składa się ów regulatora oraz badany obiekt. Schemat blokowy takiego układu znajduje się na poniższym rysunku (Rys. 3.1):



By zaimplementować i przetestować powyższy model użyty został pakiet Simulink programu MATLAB. W pakiecie tym przy pomocy bloków: *State-Space, Random Number, Add* i *Scope* zbudowany został model układu znajdujący się na Rys. 3.1 wraz z zakłóceniami. Model ten znajduje się na poniższym rysunku (Rys. 3.2):



# Testy

# Wnioski