تابع تبدیل داده شده در مقاله بفرم زیر است.

$$\mathbf{G}(s) = \begin{pmatrix} \frac{5e^{-s}}{100s+1} & \frac{e^{-4s}}{10s+1} \\ \frac{-5e^{-4s}}{10s+1} & \frac{5e^{-s}}{100s+1} \end{pmatrix}$$

برای تعیین صفرها و قطبها از فرم اسمیث مکمیلان استفاده میکنیم و خواهیم داشت.

$$G(s) = \frac{1}{(100s+1)(10s+1)} \begin{bmatrix} 5(10s+1)e^{-s} & (100s+1)e^{-4s} \\ -5(100s+1)e^{-4s} & 5(10s+1)e^{-s} \end{bmatrix}$$

$D_0 = 1$

$D_1 = 1$

$D_2 = (s+2)(s+3)^2(s+3)^2(s-4) - 5(s+1)(s+2)^2(s+3)$

$$M(s) = \begin{bmatrix} \frac{1000}{(10s+1)(100s+1)} & 0 \\ 0 & 1 - \frac{\frac{570s}{7} + \frac{3}{7}}{(10s+1)(100s+1)} \end{bmatrix}$$

با توجه به فرم اسمیث مک میلان بدست آمده صفرها و قطبهای سیستم به صورت زیر خواهند بود.

جند جملهای صفر:

$Z(s) = 7000000\, s^2 + 200000\, s + 4000$

صفرهای سیستم نیز عبارتند از:

$Z: \ -0.0143 \pm 0.0192i$

$$P = \begin{bmatrix} s+0.01 & 0 & 0 & 0 & .25 & 0 \\ 0 & s+0.1 & 0 & 0 & 0.5 & 0 \\ 0 & 0 & s+0.1 & 0 & 0 & 0.25 \\ 0 & 0 & 0 & s+0.011 & 0 & 0.25 \\ -.2 & 0 & -0.4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & -0.2 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

برای بدست آوردن صفرهای دکوپله از یکی از دو فرمول زیر استفاده می‌کنیم.

صفرهای دکوپله ورودی (با حذف صفرهای دکوپله خروجی)- صفرهای دکوپله ورودی=صفرهای دکوپله سیستم

صفرهای دکوپله خروجی (با حذف صفردکپله‌ی خروجی)-صفرهای دکوپله خروجی=صفرهای دکوپله سیستم

برای بدست آوردن صفرهای دکوپله‌ی ورودی توجه داریم چون تحقق مینیمال است پس کنترل پذیر و رویت پذیر است چون کنترل پذیر (رویت پذیر) است پس صفر دکوپله‌ی ورودی(خروجی) نداریم. و هرکدام از شرایط کنترل پذیری و رویت پذیری که برقرار باشد صفر دکوپله نخواهیم داشت.

ضمنا توجه داریم که صفر انتقالی سمت راست نداریم و نیازی به جایابی صفر انتقال نمی‌باشد.

برای دکوپله سازی بوسیله‌ی فیدبک حالت ابتدا باید ببینیم این سیستم قابلیت دکوپله‌سازی بوسیله‌ی فیدبک حالت را دارد یا خیر.

ابتدا ماتریس D که که درجه‌ی نسبی سطر وستون است را بدست می‌آوریم.

$$D(s) = \begin{bmatrix} s & 0 \\ 0 & s \end{bmatrix}$$

برای اینکه سیستم را بتوانیم دکوپله کنیم باید دترمینان ماتریس زیر مخالف صفر باشد

و سیستم حلقه بسته به صورت زیر می‌شود.

$$\dot{X}(t) = (A - B(B^*)^{-1}\,\bar{B})X(t) + B(B^*)^{-1}V(t)$$
$$Y(t) = (C - D(B^*)^{-1}\bar{B})X(t) + D(B^*)^{-1}V(t)$$

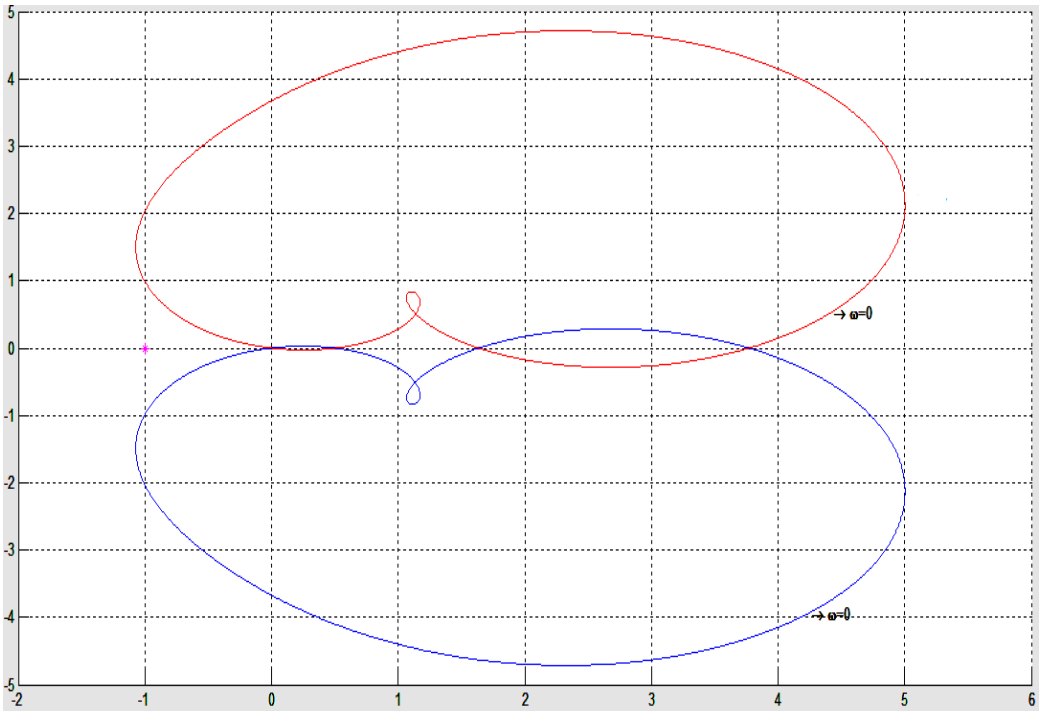
با جایگذاری عددی خواهیم داشت.

$$\dot{X}(t) = \begin{bmatrix} -.0095 & .0476 & .0095 & -.001 \\ .0010 & -.0048 & .0190 & -.0019 \\ .0048 & -.0238 & -.0048 & 0.005 \\ .0048 & -.0238 & 0.0952 & -.0095 \end{bmatrix} X(t) + \begin{bmatrix} .2381 & -.4762 \\ .4762 & -.9524 \\ 2.3810 & .2381 \\ 2.3810 & .2381 \end{bmatrix} V(t)$$

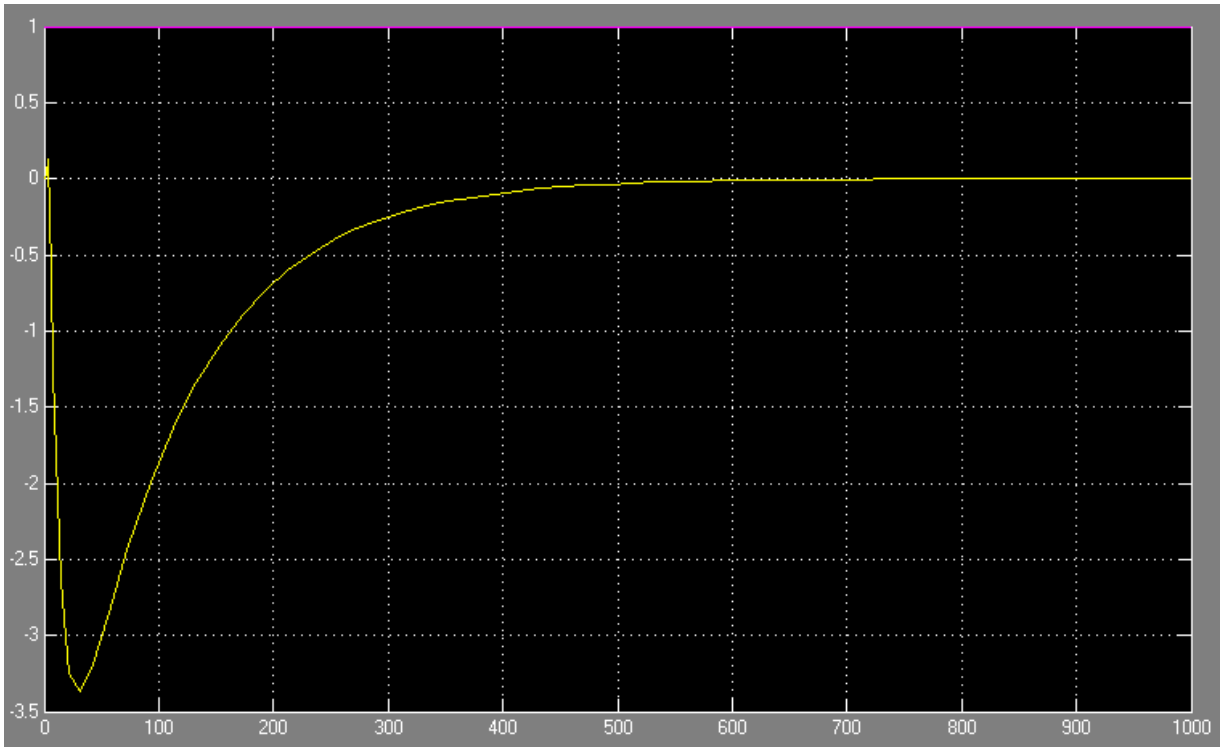
$$Y(t) \left[\begin{bmatrix} .02 & 0 & .04 & 0 \\ 0 & -0.1 & 0 & .002 \end{bmatrix} \right] X(t) + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} V(t)$$

برای تحلیل پایداری به روش‌های مختلفی می‌توان عمل کرد یکی از این روش‌ها نایکویست است.

برای تحلیل از روش نایکویست ابتدا بایستی دیاگرام نایکویست تابع مورد نظر را ترسیم کنیم و داریم.



خروجی دوم:



برای انتخاب پیکربندی مناسب برای کنترل سیستم یکی از بهترین معیارها $RGA(Relative\ Gain\ Array)$ یا همان ماتریس آرایه بهره‌ی نسبی است.

$$\Lambda = (G_0).*(G_0)^{-T}$$

$$(G_0) = \begin{bmatrix} 5 & 1 \\ -5 & 5 \end{bmatrix}$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} .8333 & -.0333 \\ -.8333 & 0.8333 \end{bmatrix}$$

با توجه به ماتریس آرایه‌ی بهره نسبی بدست آمده مناسب است که کنترل خروجی اول با ورودی اول کنترل خروجی دوم با ورودی دوم انجام پذیرد. و ضمن اینکه اگر خروجی اول را ورودی اول کنترل کنیم تداخل کمتری در سیستم خواهیم داشت.

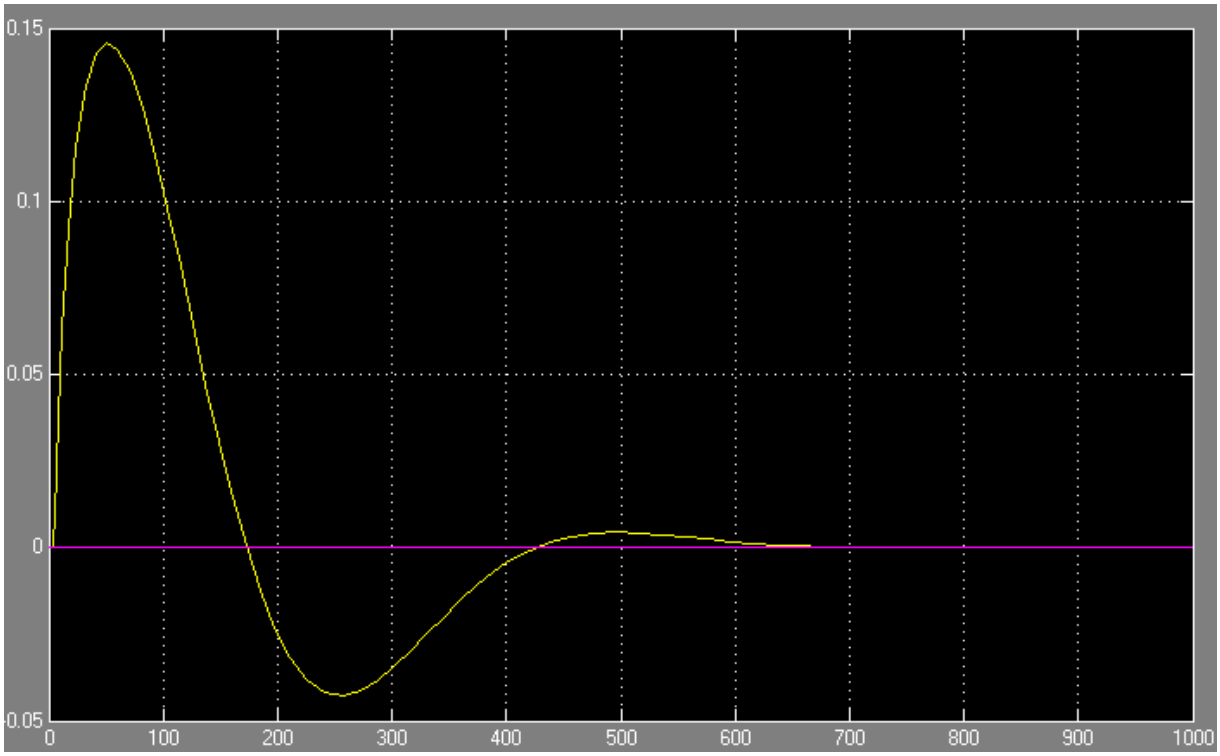
$kp = .11 , ki = 0.0034$

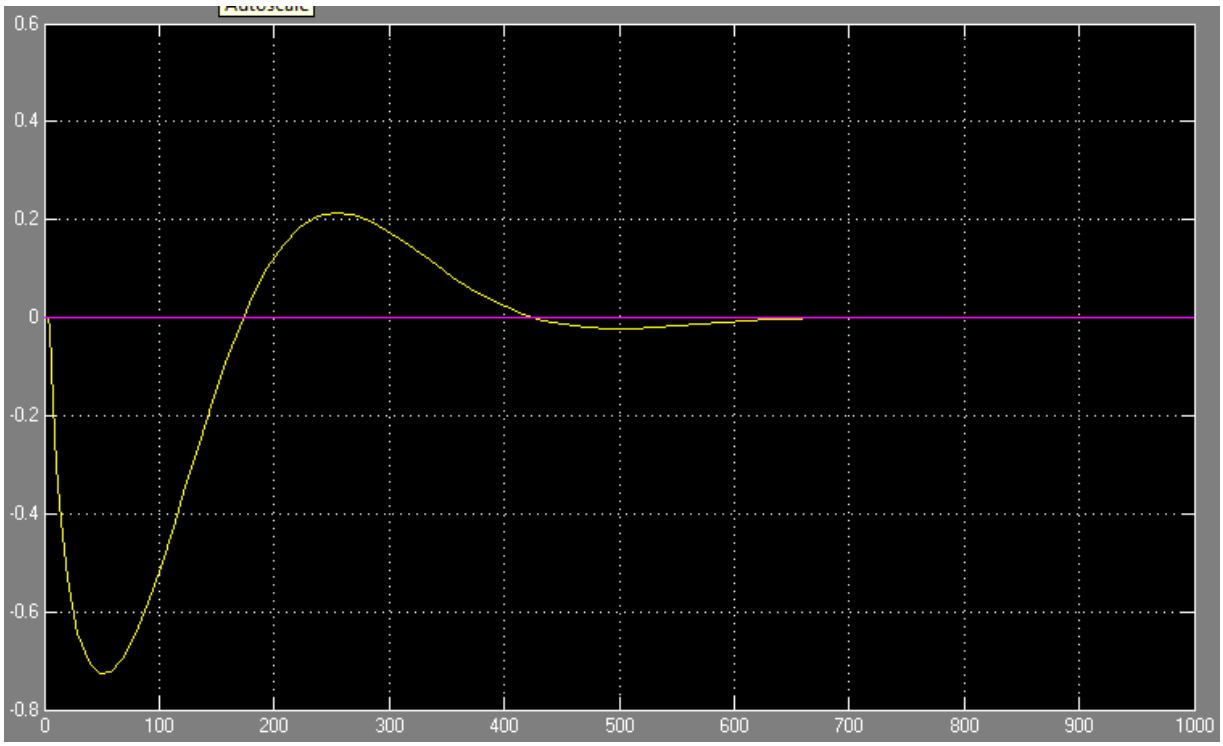
به ازای این ضرائب کنترلر هم دفع اغتشاش خوبی دارد و هم پاسخ پله‌ی مناسبی.

برای خروجی دوم هم با دیدن ترم تداخلی به صورت اغتشاش خواهیم داشت.

$kp = .11 , ki = 0.0034$

با ورودی $[1 \quad 0]$ پاسخ $y1$ و $y2$ به ترتیب به صورت زیر خواهند بود.





همانطور که از شکلها پیداست تداخل کانال اول روی دوم بیشتر از کانال دوم روی اول است و این موضوع را از روی ماتریس بهره‌ی آرایه نسبی هم قابل فهمیدن بود.

$$\Lambda = \begin{bmatrix} .8333 & -.0333 \\ -.8333 & 0.8333 \end{bmatrix}$$

حسین کریمی ۰۹۳۸۹۹۸۷۱۳۹(مشکلات احتمالی)