

شبیه سازی سیلندر هیدرولیک مجزا



## سیمولینک (Simulink)

سیمولینک یکی از ابزارهای مهم در متلب به شمار می رود. در این ابزار که یک کتابخانه عظیم است شما به راحتی می توانید تحلیل های واقعی خود را در محیطی مجازی با تنظیم اندازه دقیق پارامترها به دست آورید این کتابخانه ها آنقدر عظیم و بزرگ هستند که در اکثر گرایش های مهندسی اعم از برق، کامپیوتر، مکانیک و ... کاربرد بسزایی دارند.

سیمولینک (به انگلیسی: Simulink) یک ابزار شبیه سازی همراه با نرم افزار متلب است. موارد استفاده از سیمولینک عمومی هستند و مانند بسیاری دیگر از نرم افزارهای شبیه سازی مهندسی، منحصر به کاربردهای خاصی نیست. که این مورد مزایا و معایب متفاوتی را برای سیمولینک ایجاد می کند.

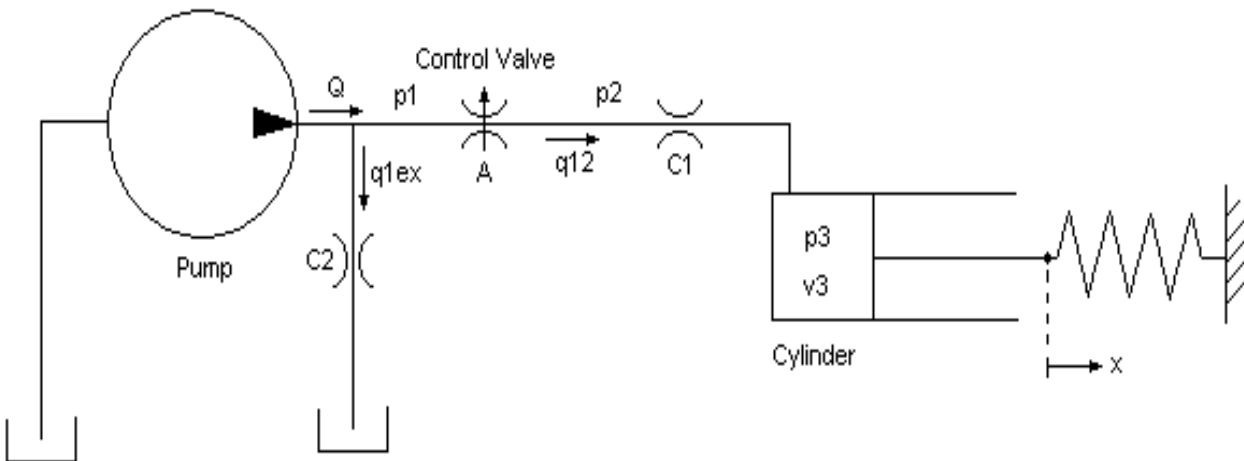
### ارتباط با متلب

سیمولینک را نمی توان جداگانه اجرا کرد. برای اجرای آن باید در ابتدا متلب را اجرا کرد و سپس در آن با تایپ دستور `simulink` برنامه اجرا می شود. می توان متغیرها را در متلب تعریف کرده و از آنها در سیمولینک استفاده کرد.

## شبیه سازی سیلندر هیدرولیک مجزا

### تحلیل و شماتیک مدل

شکل ۱-۲ یک مدل شماتیکی از مدل پایه را نمایش می‌دهد. مدل جریان پمپ را برای تولید فشار  $p_1$  هدایت می‌کند. از شیر کنترل برای ایجاد افت فشار در سیستم استفاده می‌کنند. فشار سیلندر پیستون را در برابر بار گذاری فنر در راستای  $x$  حرکت می‌دهد.



شکل ۱-۲: شماتیکی از مدل پایه

معادله مربوط به بلوک ۱

$$Q = q_{12} + q_{1ex}$$

$$q_{1ex} = C_2 \cdot p_1$$

$$p_1 = \frac{(Q - q_{12})}{C_2}$$

$Q$  = pump flow

$q_{12}$  = control valve flow

$q_{1ex}$  = leakage

$C_2$  = flow coefficient

$p_1$  = pump pressure

جریان آشفته گذرنده از شیر کنترل توسط معادله اریف مدل سازی می شود. توابع علامت و قدرمطلق جریان را در هر دو جهت تطبیق می دهد. (معادله بلوک ۲)

## معادله بلوک ۲

$$q_{12} = C_d \cdot A \cdot \text{sgn}(p_1 - p_2) \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} |p_1 - p_2|}$$

$C_d$  = orifice discharge coefficient

$A$  = orifice area

$p_2$  = pressure downstream of control valve

$\rho$  = fluid density

همچنین تراکم پذیری سیال به صورت معادلات مربوط به بلوک ۳ مدل شده است.

## معادله بلوک ۳

$$\frac{dp_3}{dt} = \frac{\beta}{V_3} \left( q_{12} - A_c \frac{dx}{dt} \right)$$

$$V_3 = V_{30} + A_c \cdot x$$

$p_3$  = piston pressure

$\beta$  = fluid bulk modulus

$V_3$  = fluid volume at  $p_3$

$V_{30}$  = fluid volume in the piston for  $x = 0$

$A_c$  = cylinder cross-sectional area

ما از جرم فنر و پیستون به خاطر بزرگ بودن نیروهای هیدرولیکی صرف نظر می‌کنیم. سیستم معادلات با دیفرانسیل گیری از این روابط و ترکیب افت فشار بین  $p_2$  و  $p_3$  کامل می‌شود. معادلات بلوک ۴ تعادل نیروها در پیستون را نمایش می‌دهد.

#### معادلات بلوک ۴

$$x = p_3 \frac{A_c}{K}$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dp_3}{dt} \frac{A_c}{K}$$

$$q_{23} = q_{12} = C_1 (p_2 - p_3)$$

$$p_2 = p_3 + \frac{q_{12}}{C_1}$$

$K$  = spring constant

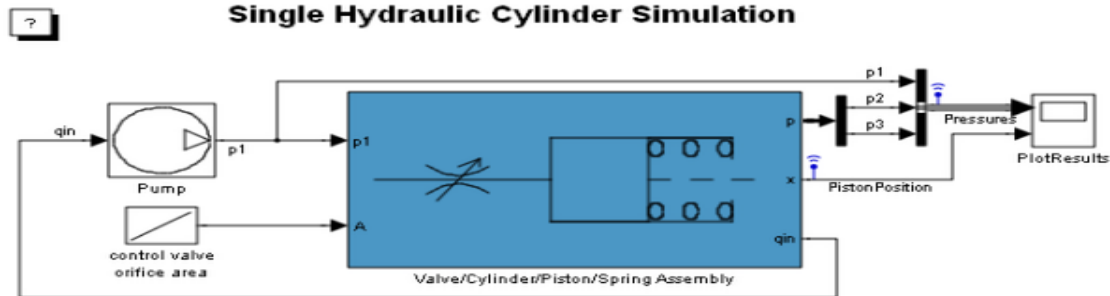
$C_1$  = laminar flow coefficient

#### مدل کردن

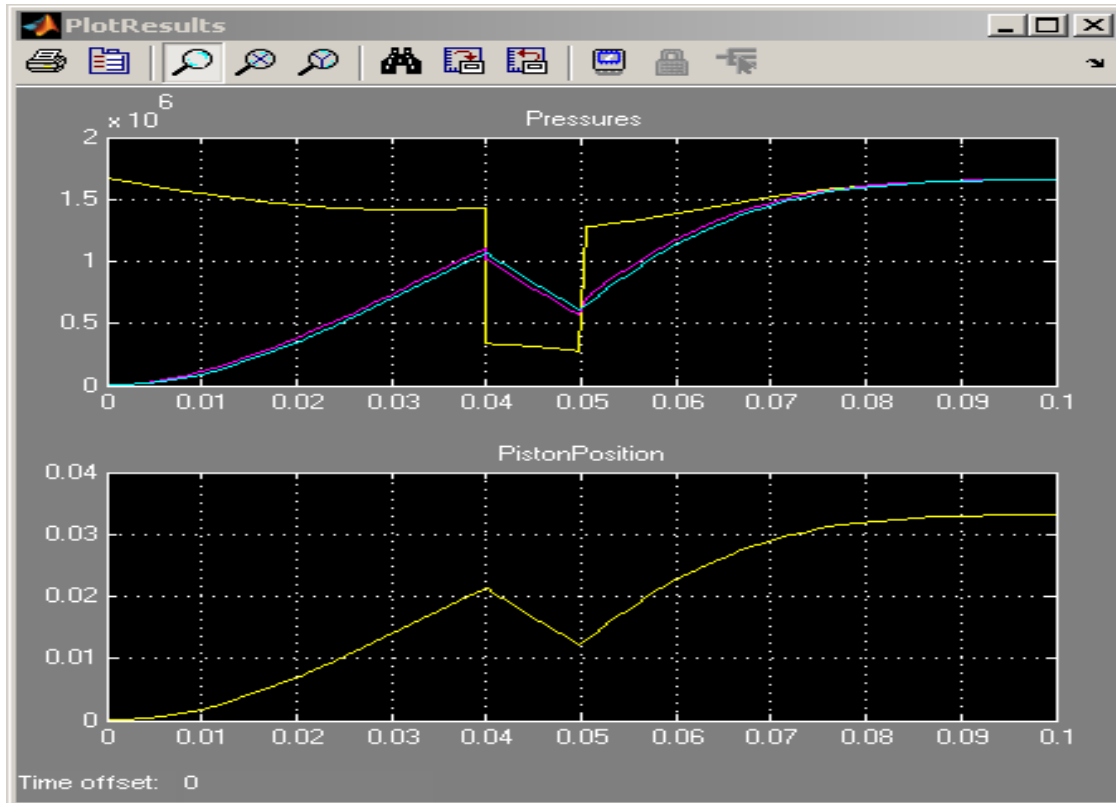
شکل ۲-۲ دیاگرامی از مدل را نمایش می‌دهد. جریان پمپ و سطح اریفی جریان کنترل به عنوان ورودی شبیه سازی شده‌اند. مدل از دو قسمت پمپ و مجموعه فنر/پیستون/سیلندر/شیر تشکیل شده است.

باز کردن مدل و اجرا کردن شبیه سازی

برای باز کردن مدل در متلب sldemo\_hydcyl تایپ می شود و سپس play اجرا می شود.



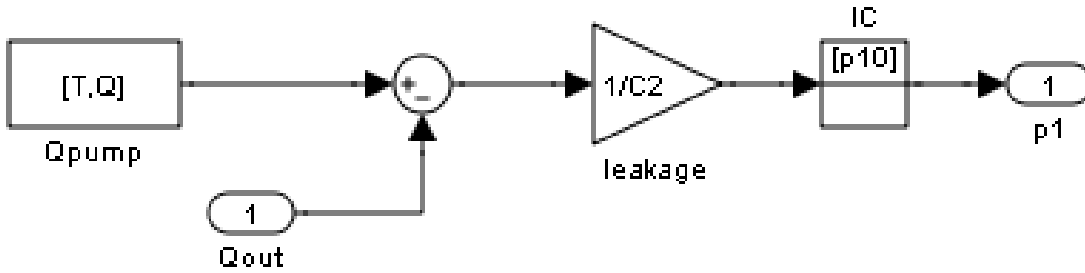
Copyright 1990-2007 The MathWorks, Inc.



شکل ۲-۲: مدل شبیه سازی شده و نتایج حاصل از شبیه سازی

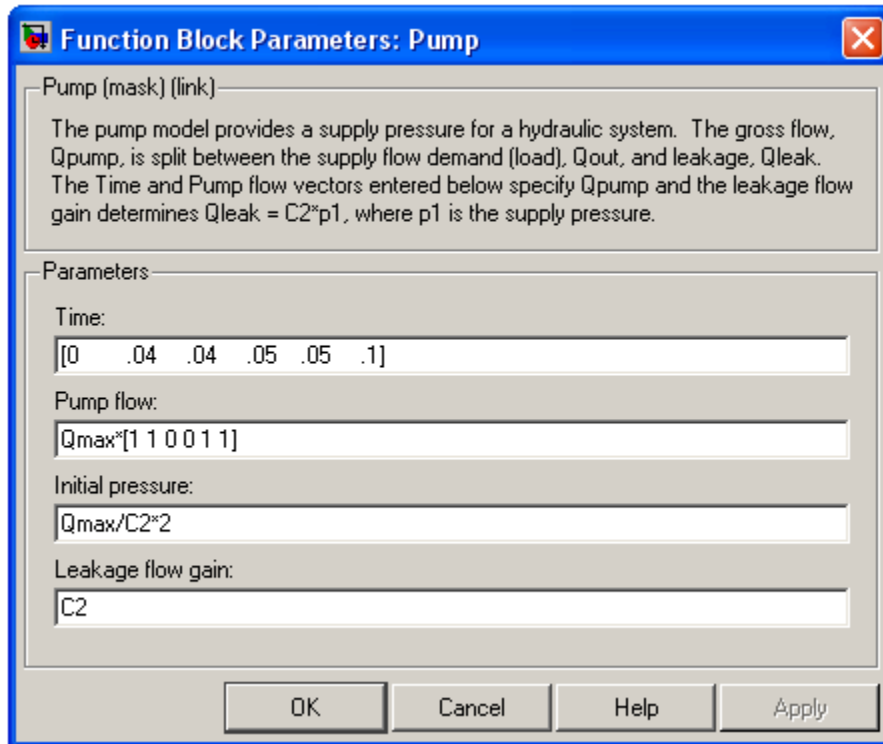
زیر سیستم پمپ

مدل پمپ فشار لازم را به عنوان تابعی از جریان پمپ و بارگذاری سیال فراهم می کند. (شکل ۲-۳)



شکل ۳-۲: ریز سیستم پمپ

پارامترهای مربوط به زیرمجموعه پمپ به صورت شکل ۴-۲ در سیمولینک وارد می‌شود.



شکل ۴-۲: ورودی‌های مربوط به پمپ

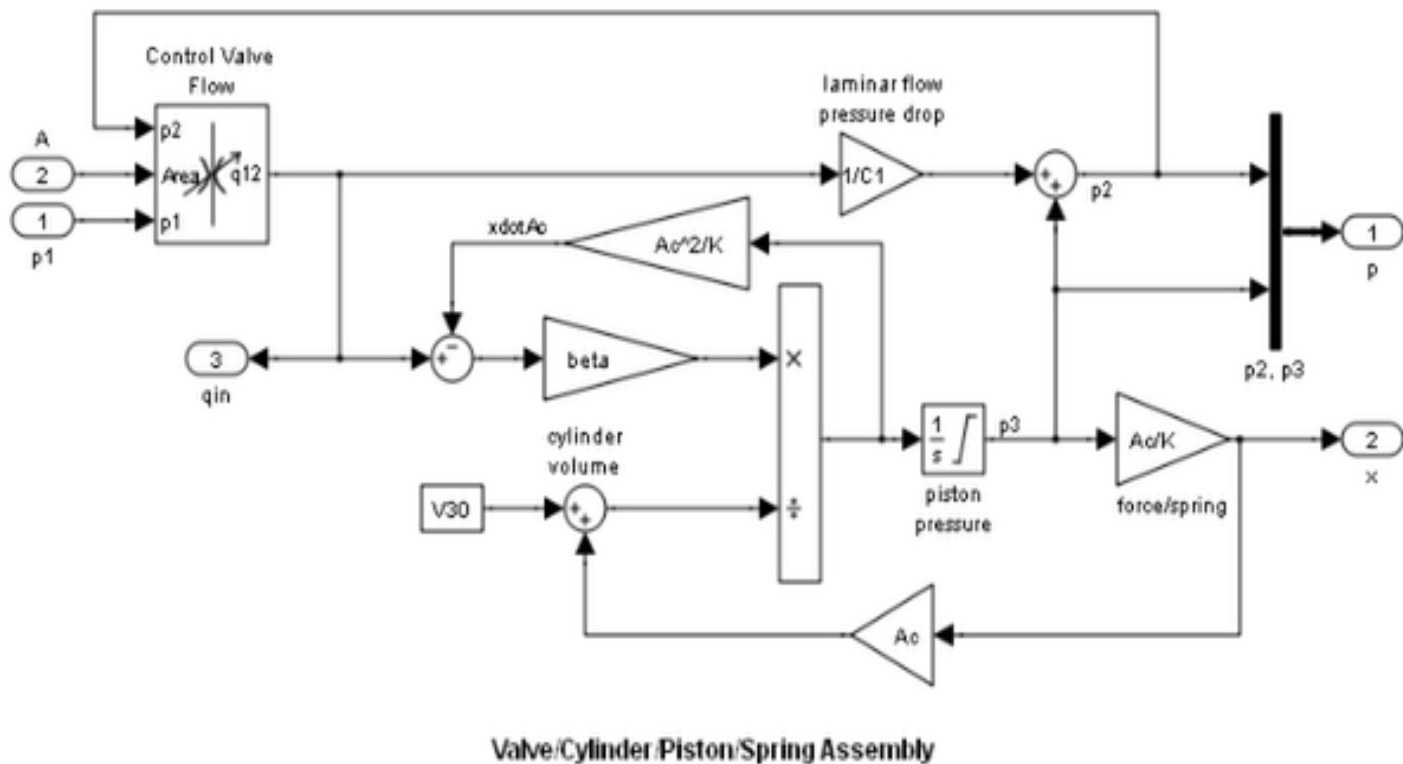
زیر مجموعه، مجموعه فنر/پیستون/سیلندر/شیر

با راست کلیک کردن بر روی مجموعه فنر/پیستون/سیلندر/شیر در مدل و انتخاب "Look Under Mask" زیر سیستم محرک دیده می‌شود. (شکل ۵-۲)

زیر سیستم شیر کنترل، اریفیس را محاسبه می‌کند. (معادلات بلوک ۲) زیر سیستم جریان شیر کنترل تابع علامت مربع ریشه را مطابق با رابطه ی زیر:

$$y = \text{sgn}(u)\sqrt{|u|}$$

سه تابع غیر خطی استفاده شده است که دو تا از آنه نا پیوسته می‌باشد:



شکل ۵-۲: زیر مجموعه، مجموعه فنر/پیستون/سیلندر/شیر

نتایج

پارامترهای شبیه سازی

مدل را با استفاده از اطلاعات زیر مدل می کنیم. کاربر می تواند اطلاعات را مطابق با شکل های ۴ و ۶ وارد می کند:

$$C_d = 0.61$$

$$\rho = 800 \text{ kg/m}^3$$

$$C_1 = 2e - 8 \text{ m}^3 / \text{sec} / \text{Pa}$$

$$C_2 = 3e - 9 \text{ m}^3 / \text{sec} / \text{Pa}$$

$$\beta = 7e8 \text{ Pa}$$

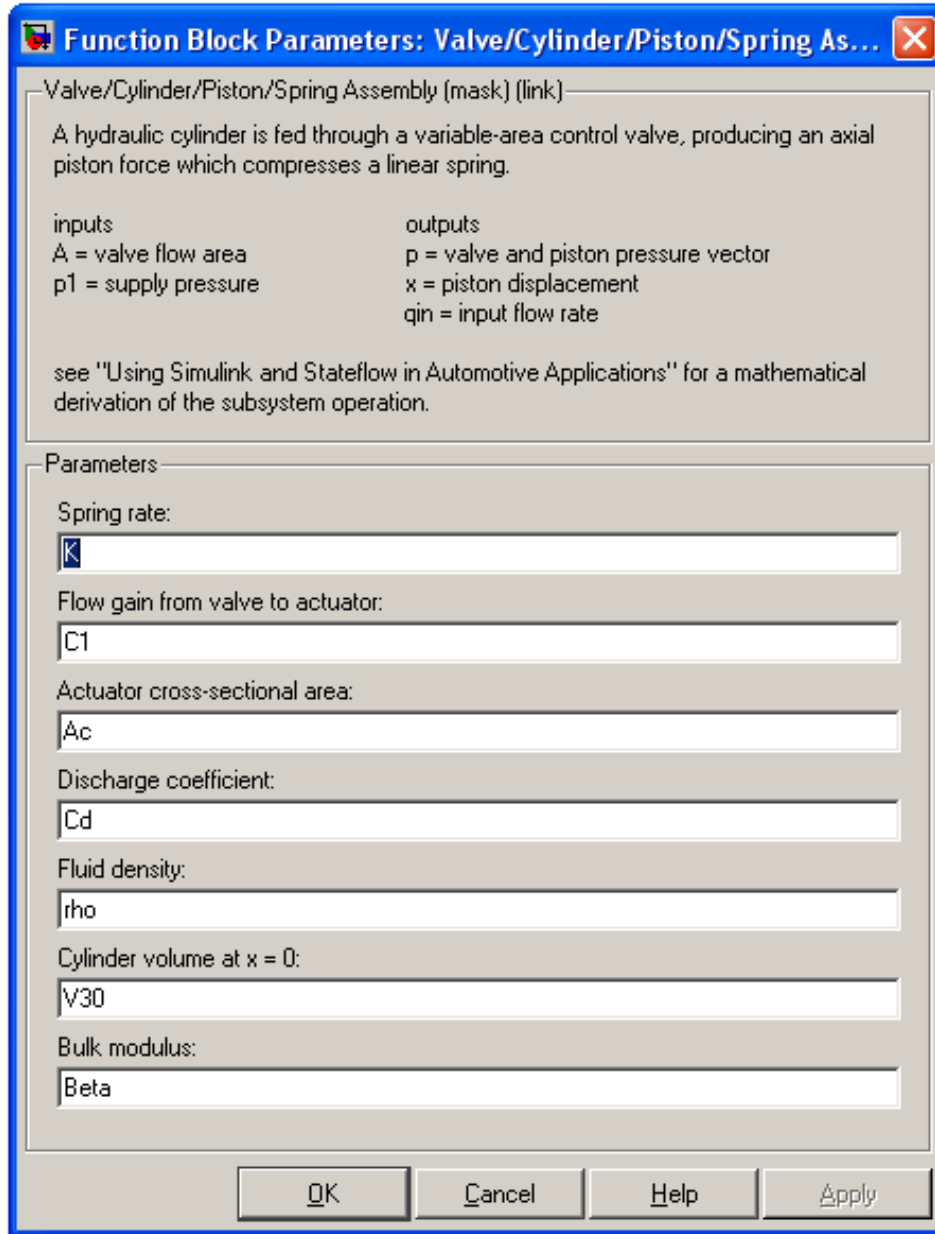
$$A_c = 1e - 3 \text{ m}^2$$

$$K = 5e4 \text{ N/m}$$

$$V_{30} = 2.5e - 5 \text{ m}^3$$

$$T = [0 \ 0.04 \ 0.04 \ 0.05 \ 0.05 \ 0.1] \text{ sec}$$

$$Q = [0.005 \ 0.005 \ 0 \ 0 \ 0.005 \ 0.005] \text{ m}^3 / \text{sec}$$



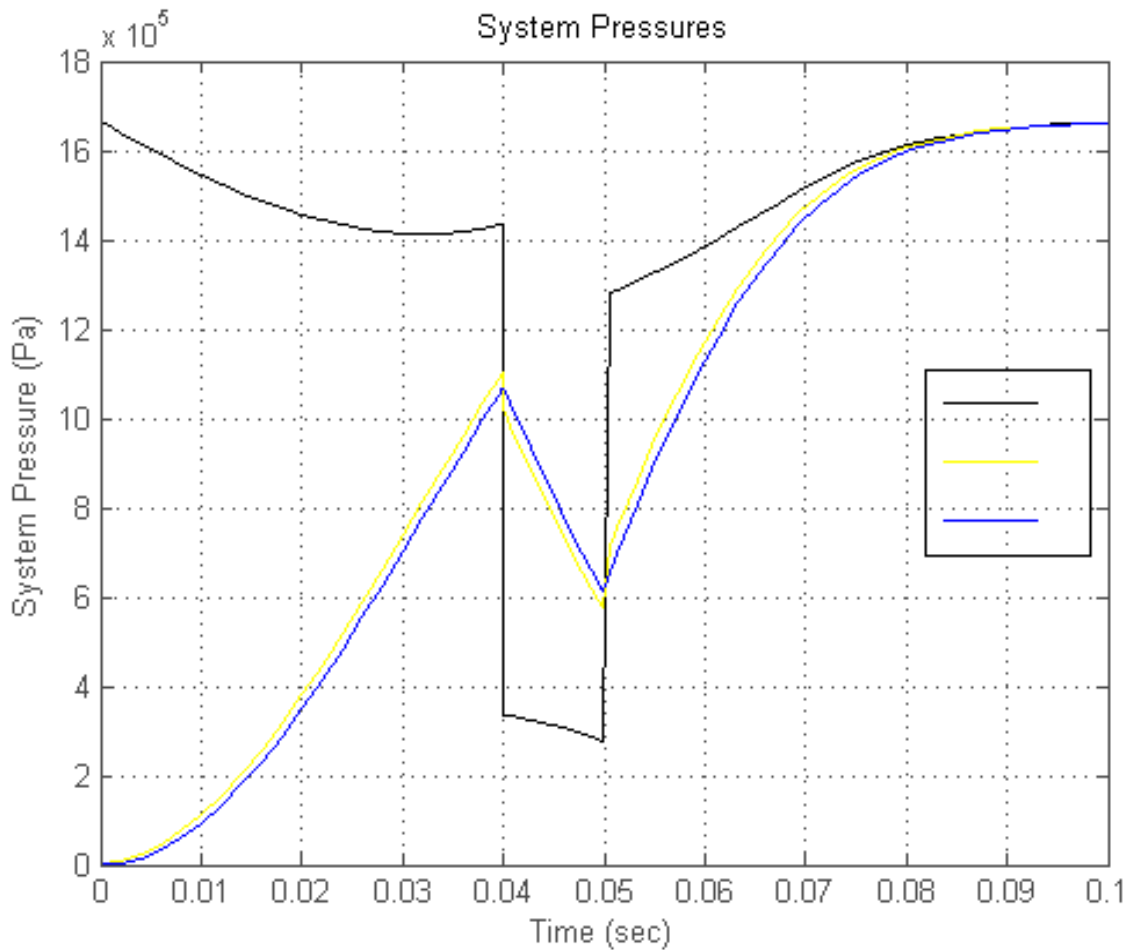
شکل ۶-۲: وارد کردن پارامترهای زیر مجموعه، مجموعه فنر/پيستون/اسيلندر/اشير

رسم نتایج

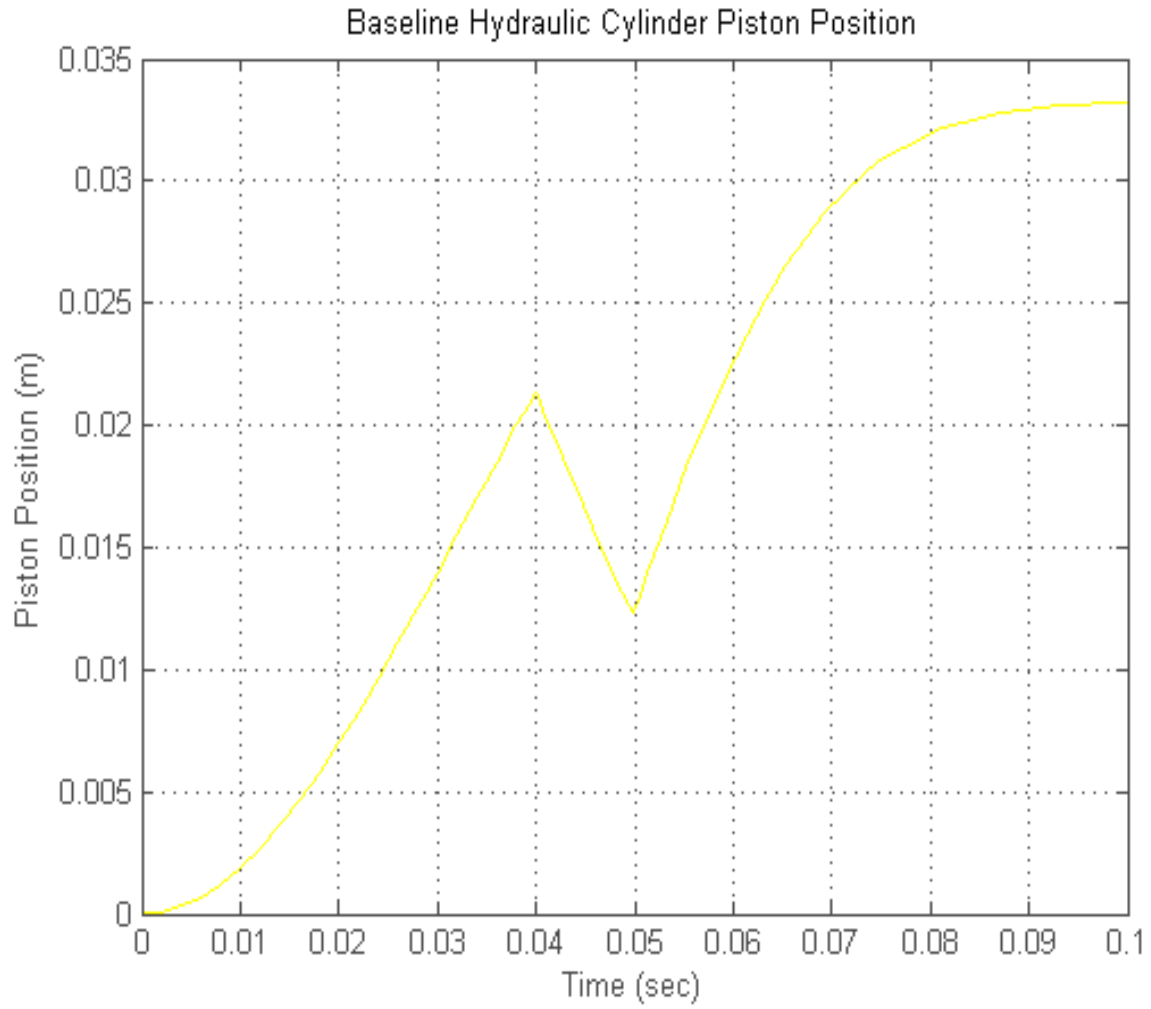
مراحل اولیه سیستم برای جریان یک پمپ از  $0.005 \text{ m}^3/\text{sec} = 300 \text{ l/min}$  ناگهان در زمان  $t = 0.04 \text{ sec}$  به صفر میل می کند، سپس به سرعت اولیه خود در زمان  $t = 0.05 \text{ sec}$  بر می گردد.

شیر کنترل با اریف صفر و شیب  $1e-4 \text{ sq.m}$  شروع می شود. با بسته شدن شیر همه جریان سیال نشت می کند بنابراین فشار اولیه پمپ تا  $p_{10} = Q/C_2 = 1667 \text{ kPa}$  افزایش پیدا می کند. (شکل ۲-۷)

مطابق شکل ۲-۸ دیده می شود که مکان پیستون به طور مستقیم با  $p_3$  متناسب است.



شکل ۲-۷: نتایج شبیه سازی: فشار سیستم



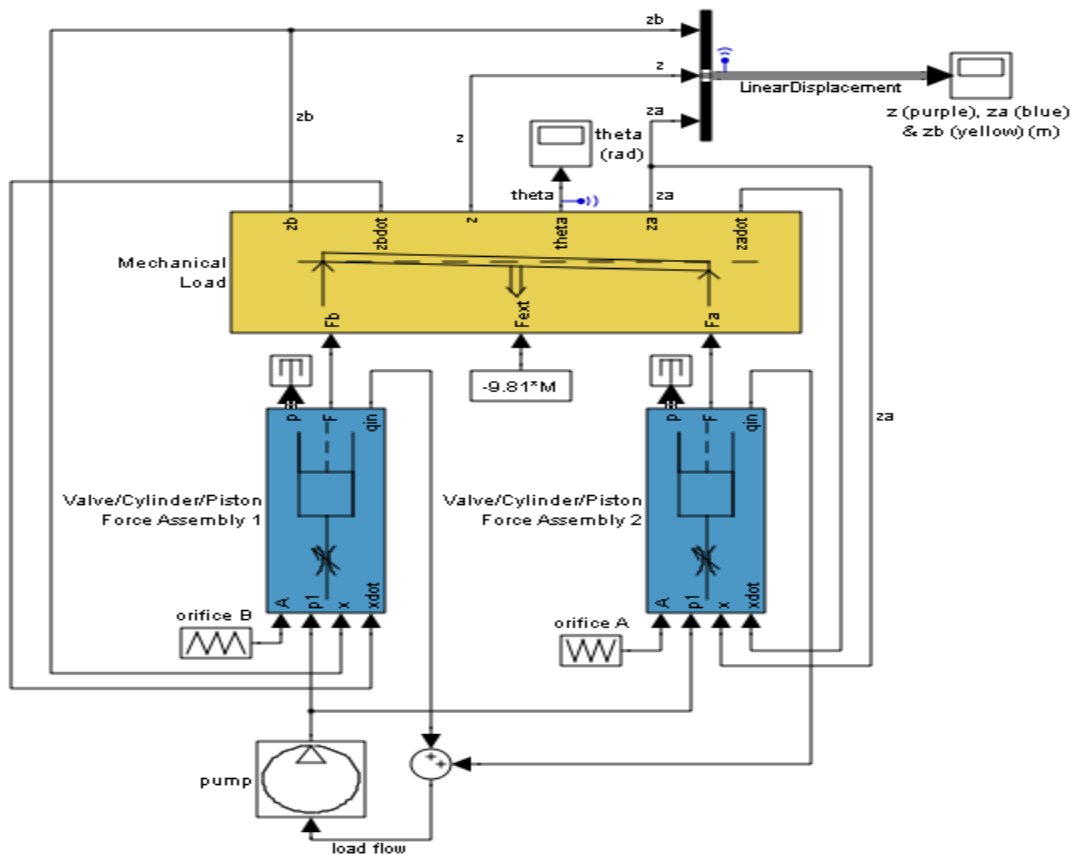
شکل ۸-۲: نتایج شبیه سازی: مکان پیستون

شبیه‌سازی دو سیلندر با میله اتصال

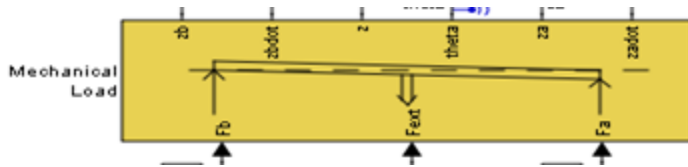
Two Cylinder with Connecting Rod Simulation

شکل ۱-۴ بلوک دیاگرام مربوط به شبیه‌سازی دو سیلندر هیدرولیکی تلسکوپی که توسط یک میله صلب به هم اتصال دارند، را نشان می‌دهد. در ذیل، زیر سیستم‌های استفاده شده در شبیه‌سازی مذکور با معادلات حاکم بر آنها تشریح می‌گردد.

Two Cylinder with Connecting Rod Simulation

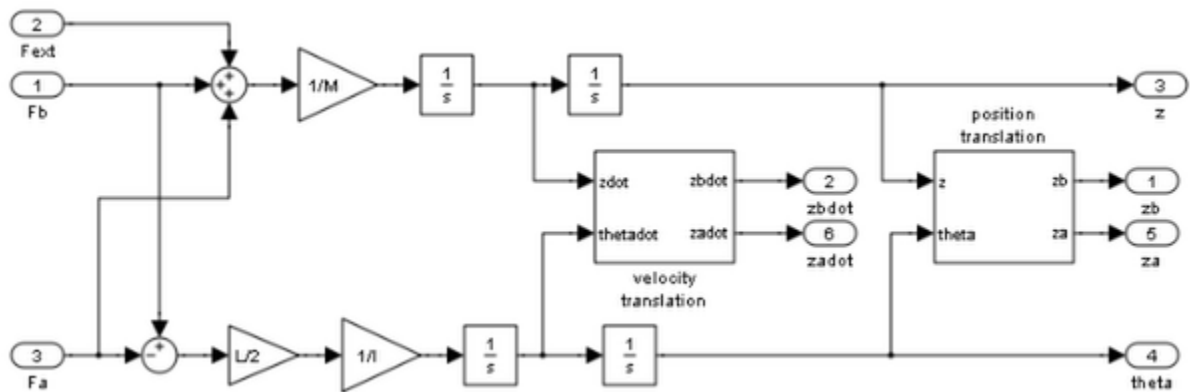


شکل ۱-۴ بلوک دیاگرام مربوط به شبیه‌سازی دو سیلندر با میله اتصال



زیر سیستم مربوط به بار مکانیکی:

شکل ۲-۴ بلوک دیاگرام مربوط به بار مکانیکی تولید شده در شبیه‌سازی سیمولینک را نشان می‌دهد. در این زیر سیستم با حل معادلات حرکت حاکم و با فرض زاویه‌ی چرخش کوچک مقدار بار دینامیکی مدل حاصل می‌شود.



شکل ۲-۴ بلوک دیاگرام مربوط به بار مکانیکی

پارامترهای استفاده شده در شبیه‌سازی بدین صورت می‌باشند:

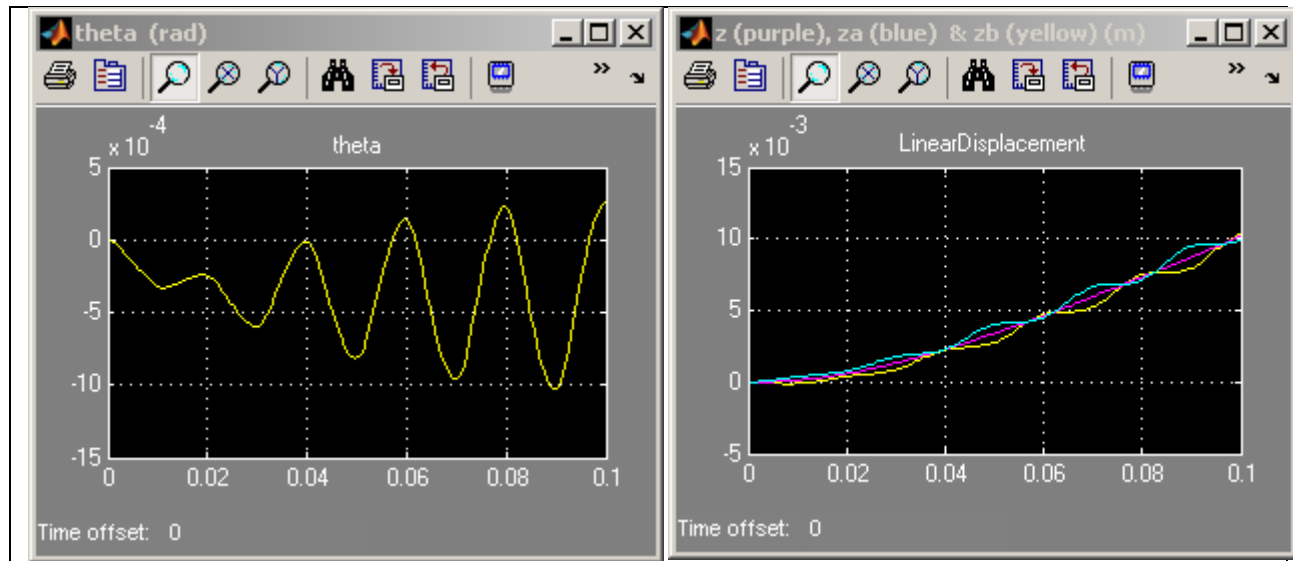
- L = 1.5 m
- M = 2500 kg
- I = 100 kg/m<sup>2</sup>
- Qpump = 0.005 m<sup>3</sup>/sec (constant)
- C2 = 3e-10 m<sup>3</sup>/sec/Pa
- Fext = -9.81\*M Newtons

از طرفی دبی پمپ ثابت لحاظ شده و همچنین شیرها در مدل مذکور به طور مستقل کنترل می‌شوند.

نحوه‌ی تغییرات سطح مقطع عبوری شیر B به صورت زیر با زمان تغییر می‌کند، در لحظه‌ی اول مقدار سطح مقطع عبوری صفر می‌باشد و با رشد به صورت خطی به مقدار  $1.2e-5 \text{ m}^2$  در زمان ۰.۰۱ ثانیه میرسد و سپس با کاهش به صورت خطی به مقدار صفر در لحظه ۰.۰۲ ثانیه دست می‌یابد. در ادامه نیز نحوه‌ی تغییرات سطح مقطع عبوری شیر A با زمان به فرم زیر می‌باشد. در لحظه  $t=0 \text{ sec}$  مقدار Cross-Sectional صفر بوده و با رشد به صورت خطی به مقدار  $1.2e-5 \text{ m}^2$  در زمان ۰.۰۱

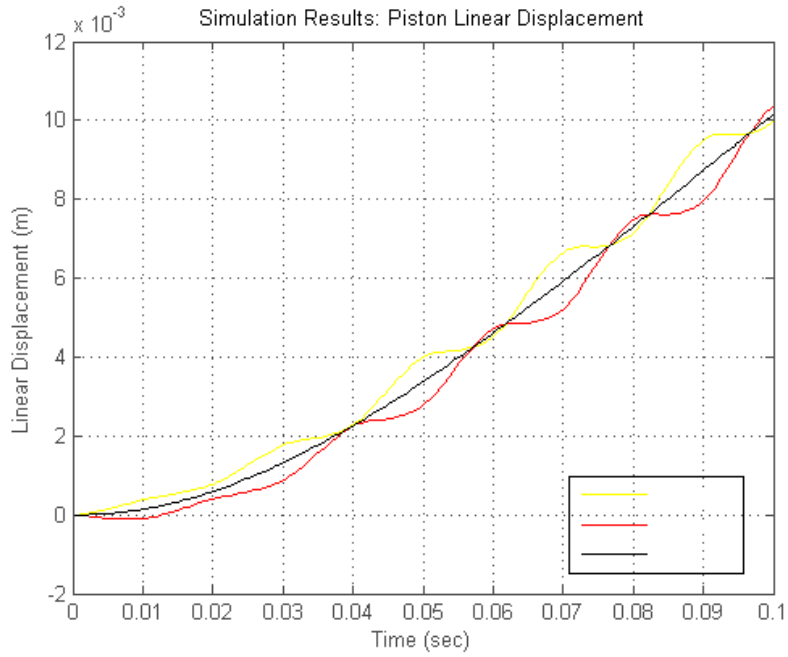
می‌رسد و با سیر نزولی خطی به مقدار صفر در زمان  $0.02$  ثانیه دست می‌یابد. نتیجه اینکه نحوه‌ی باز و بسته شدن شیرهای  $A$  ،  $B$  دارای اختلاف فازی به اندازه‌ی  $180$  درجه می‌باشد.

در شکل ۲-۴ نتایج حاصل از شبیه‌سازی برای مقادیر زاویه چرخش و جابجایی خطی سیلندرها را نشان می‌دهد.

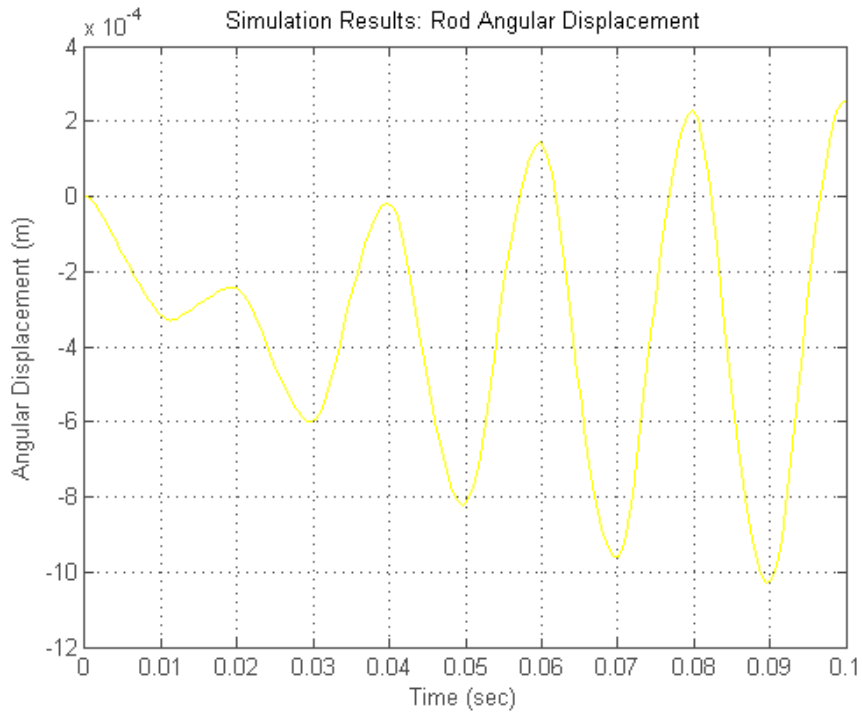


شکل ۲-۴ نتایج حاصل از شبیه‌سازی

نتایج استخراج شده مربوط به جابجایی نسبی شکل ۲-۴ الف، و چرخش زاویه‌ای شکل ۲-۴ ب، میله اتصال دو پیستون نشان می‌دهد که پاسخ پیستون‌ها خارج از فاز مربوط به سیگنال‌های کنترلی می‌باشند.



Linear displacement of the pistons and the load (load is in the middle of the rod)



شکل ۲-۴ ب