



دانشگاه زنجان

دانشکده فنی مهندسی - گروه مهندسی برق کنترل

طراحی و ساخت و کنترل سیستم گوی و میله Ball & Beam با روش فیدبک حالت

جناب آقای دکتر صالح مبین

نگارش

علیرضا بیات - ایرج بیات

پاییز ۹۵

چکیده

سیستم گوی و میله¹ شامل یک گوی و میله ای است که میله با اعمال گشتاور به مرکز دوران آن (وسط میله)،

چرخیده و گوی می تواند بصورت آزادانه در راستای میله به عقب و جلو حرکت کند. این سیستم ذاتا ناپایدار

است و هدف در کنترل آن، طراحی کنترل کننده ای است که درضمن حفظ پایداری، بتواند با سرعت مناسبی،

ورودی فرمان را دنبال نماید. ما برای کنترل این سیستم از نرم افزار متلب² استفاده میکنیم که در ادامه به

توضیح فاکتور های مورد نیاز در این پروژه می پردازیم

¹Ball & beam

²matlab

فهرست مطالب

مقدمه	۱
۱- مدل ریاضی	۲
۱-۱ مدل گوی و میله	۲
۱-۲ سرو موتور	۶
۱.۳ مدل سرو موتور	۹
۱-۴ مسافت یاب لیزری	۱۱
۲. پیش نیاز قبل از آزمایشگاه	۱۴
۲.۱ طراحی کنترلر سرو	۱۴
۲.۲ طراحی کنترلر گوی و میله	۱۶
۲.۳ سیمولیشن دیجیتال	۱۷
۲-۴ طراحی کنترلر در proteus	۱۸
۳. روند آزمایش	۱۹
۳.۱ دیگرام سیمی	۱۹
۳.۲ ساخت مدل فیزیکی	۲۰
۴. ساختن مدل در سیمولینک	۲۴
۴-۱ پاسخ حلقه باز	۲۸
۴-۲ جبران ساز پیش فاز	۳۲
۴-۳ بدست آوردن gain	۳۶
۴-۴ نمایش پاسخ حلقه بسته	۳۸
نتیجه گیری	۴۳
پیوست ها	۴۴
الف - دیتا شیت سنسور GP2D12	۴۴
ب- دیتا شیت سرو موتور MG995	۵۴
ج- دیتا شیت ATmega 16	۵۵
منابع و مآخذ	۵۷

هدف اصلی پروژه، کنترل محل قرارگرفتن گوی در طول مسیر با تغییر حرکت زاویه‌ای سیستم فرمان است. این سیستم معمولاً در کنترل بسیاری از سیستم‌های کنترلی مانند مدل کنترل‌کننده حرکت موشک، جایی که سیستم فیدبک³ مانع خارج شدن موشک از مسیر پیش‌بینی شده (به‌وسیله نیروها و لحظه‌هایی که ممکن است حرکت عمودی دچار آشفتگی گردد) شود.

سیستم گوی و میله بوسیله سرو موتور⁴ حرکت داده می‌شود. مسیر از دو میله آهنی متقاطع تشکیل شده که گوی به راحتی در طولش حرکت کند. یک طرف میله به سرو موتور از طریق یک اهرم و چرخ دنده‌ها متصل شده و طرف دیگر ثابت است. پروژه بر اساس سیستم کنترل¹ آزمایشگاه پروژه برق و الکترونیک دانشگاه زنجان و الکترونیک دانشگاه زنجان و الکترونیک دانشگاه زنجان است. تشخیص مکان گوی بوسیله سنسورهای طول انجام می‌گیرد. همچنین می‌شود یک کنترل از راه دور اختیاری برای حرکت ارباب/برده⁵ هم قرار داد.

سنسور به عنوان ورودی مکان گوی و میله، گوی را مجبور به تبعیت از میله می‌کند، که در این پروژه اولین قدم برای طراحی سیستم کنترل، طراحی مدل فیزیکی سیستم است.

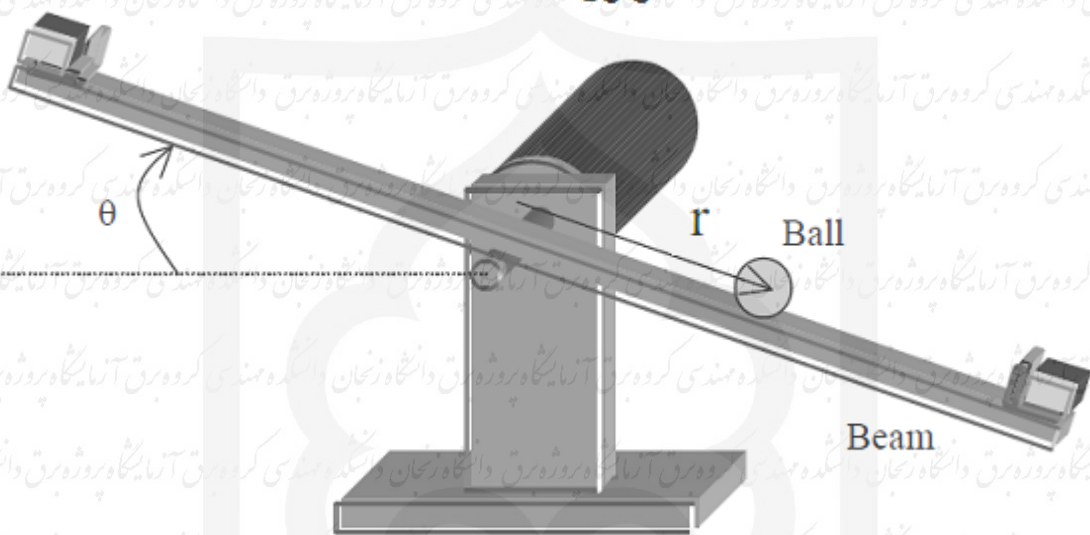
برای طراحی سیستم کنترل، طراحی مدل فیزیکی سیستم است. سنسور به عنوان ورودی مکان گوی و میله، گوی را مجبور به تبعیت از میله می‌کند، که در این پروژه اولین قدم برای طراحی سیستم کنترل، طراحی مدل فیزیکی سیستم است.

سنسور به عنوان ورودی مکان گوی و میله، گوی را مجبور به تبعیت از میله می‌کند، که در این پروژه اولین قدم برای طراحی سیستم کنترل، طراحی مدل فیزیکی سیستم است.

³ feedback⁴ Servo motor⁵ Master/slave

۱- مدل ریاضی

۱-۱ مدل گوی و میله



شکل ۹.۲ طرح کلی و ساده شده ی گوی و میله

شکل ۹.۲ طرح کلی و ساده شده ی گوی و میله

دانشگاه مهندسی گروهبق آرنایگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروهبق آرنایگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروهبق آرنایگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروهبق آرنایگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

ما از معادله‌ی غیرخطی بالا در مدل سیمولینک استفاده می‌کنیم، همچنین معادله‌ی بالا را جهت بدست آوردن ترنسفر فانکشن^۶ در طراحی کنترل کننده گوی و میله خطی می‌کنیم. برای زوایای کوچک ($\sin\alpha=\alpha$) و معادله‌ی ۹.۱ تبدیل می‌شود به:

$$\ddot{x} = \frac{5}{7} g \alpha \quad (9-2)$$

با اندکی تغییر در معادله (۹.۲) بدست می‌آید:

$$\frac{X(s)}{\alpha(s)} = \frac{\left(\frac{5}{7}\right)g}{s^2} \quad (9-3)$$

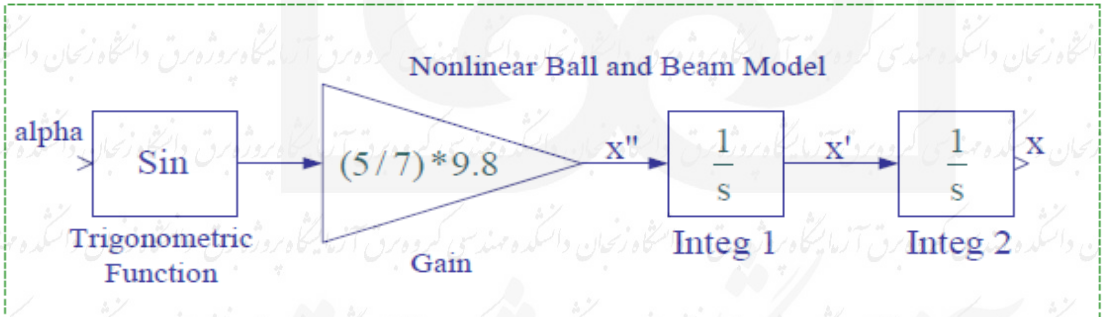
با مقایسه‌ی طول قوس پیموده شده بوسیله‌ی دنده ضرب در شعاع (r) با طول قوس پیموده شده بوسیله‌ی گوی

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروهبق آرنایگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروهبق آرنایگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروهبق آرنایگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

ضرب در مقدار L، بدست می‌آید $r\theta=L\alpha$ یا:

$$\alpha = \frac{r}{L} \theta \quad (9-4)$$

بلوک دیاگرام برای حرکت چرخشی گوی بوسیله‌ی معادله‌ی غیر خطی (۹.۱) در شکل ۹.۴ نشان داده شده است.



شکل ۹.۴ بلوک دیاگرام مدل چرخشی گوی

یک زیرسیستم با α به عنوان ورودی و X به عنوان خروجی (در واحد رادیانس) می‌سازیم. برای انجام این کار، کل بلوک را همان طور که در شکل ۹.۴ نشان داده شده انتخاب میکنیم. گزینه ی create a subsystem

⁶ Transfer function

دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

Edit menu را انتخاب می کنیم. این تغییرات را اعمال کنید (in 1 an out 1 ports as alpha and x) و نام زیر سیستم را به Rolling Ball Model تغییر دهید و زیر سیستم نشان داده شده در شکل ۹.۵ را بدست آورید. [۱]



Rolling Ball Model

شکل ۹.۵ سیستم سیمولینک برای مدل چرخشی گوی

۲-۱ سرو موتور

برق دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

سروموتور یا موتور کنترل^۷ نوعی از موتورهای الکتریکی است که با هدف بکارگیری در سیستم‌های کنترل فیدبک طراحی می‌شود. لختی (اینرسی) در این موتورها پایین بوده و در نتیجه تغییر سرعت در این موتورها بسیار سریع است. معمولاً قطر این موتورها کم، اما درازای آنها زیاد می‌باشد.

دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

سروموتور یک دستگاه کوچک است که یک محور (شفت)^۸ خروجی دارد. این محور قادر است تا در یک موقعیت و زاویه‌ی خاص، با ارسال سیگنال رمزی قرار گیرد. در واقع چگونگی حرکت و موقعیت‌های زاویه‌ای این محور خروجی توسط دسته‌ای از سیگنال‌های رمزی که برای سیم کنترل آن تعریف می‌شود کنترل می‌شود.

برق دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

برای طول مدت زمانیکه یک سیگنال فعال بوده و یک پالس بر روی خط ورودی آن قرار دارد این محور خروجی در موقعیت خاص زاویه‌ای که مختص آن سیگنال است قرار می‌گیرد و با تغییر سیگنال رمزی موقعیت زاویه‌ای تغییر می‌کند. در عمل سرو موتورها در صنایع رباتیک و تولیدات صنعتی مانند موتورهای کنترل کننده هواپیماها، کنترل موقعیت سطوح (مانند آسانسورها و ...) و ... کاربرد وسیعی دارند. [۱،۲]

سروموتور صنعتی

دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق دانشگاه زنجان

در کاربردهای مدرن، واژه سرو یا مکانیسم سرو به یک سیستم کنترلی فیدبک که متغیر کنترل شونده، موقعیت یا مشتق موقعیت مکانیکی به عنوان سرعت و شتاب است، محدود می‌شود.

⁷ Control motor

⁸ Shaft

منابع و مأخذ

[1] Y. C. Chu and J. Huang, "A neural-network method for the nonlinear servomechanism problem," *IEEE Trans. Neural Networks*, vol. 10, no. 6, pp. 1412–

1423, 1999.

[2] P. H. Eaton, D. V. Prokhorov, and D. C. Wunsch II, "Neurocontroller alternatives for fuzzy ball-and-beam systems with nonuniform nonlinear friction," *IEEE Trans.*

Neural Networks, vol. 11, no. 2, pp. 423–435, 2000

[3] F. Gordillo, F. Gómez-Estern, R. Ortega, and J. Aracil, "On the ball and beam problem: regulation with guaranteed transient performance and tracking periodic

orbits," *International Symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems*, University of Notre Dame, 2002.

[4] J. Hauser, S. Sastry, and P. Kokotovic, "Nonlinear control via approximate input-output linearization: ball and beam example," *IEEE Trans. on Automatic*

Control, vol. 37, no. 3, pp. 392–398, 1992.

[5] R. M. Hirschorn, "Incremental sliding mode control of the ball and beam," *IEEE Trans. on Automatic Control*, vol. 47, no. 10, pp. 1696–1700, 2002.