

جبرانسازی رفتار غیر خطی کنترل ولو در سیستم توربین بخار نیروگاه هسته ای

احمد پیروزمند

دانشگاه شیراز، دانشکده مهندسی مکانیک، بخش مهندسی هسته ای

چکیده:

برای استفاده بهتر از کنترل ولو توسط سیستمهای کنترل خودکار در سیستم توربین بخار یک نیروگاه هسته ای قدرت نیازمند عملکرد خطی کنترل ولو می باشیم. با این وجود مشخصه جریان کنترل ولو که وظیفه تنظیم بخار ورودی به توربین را بر عهده دارد، بصورت غیر خطی است. این مشخصه را می توان با استفاده از شکل مناسب مشخصه ولو که بصورت پس خور یا پیش خور با کنترل ولو قرار می گیرد خطی کرد. با توجه به گسترش روزافزون کنترل دیجیتال، در این تحقیق این ایده بصورت دیجیتالی با استفاده از جعبه ابزار سیمولینک نرم افزار متلب پیاده سازی شده است.

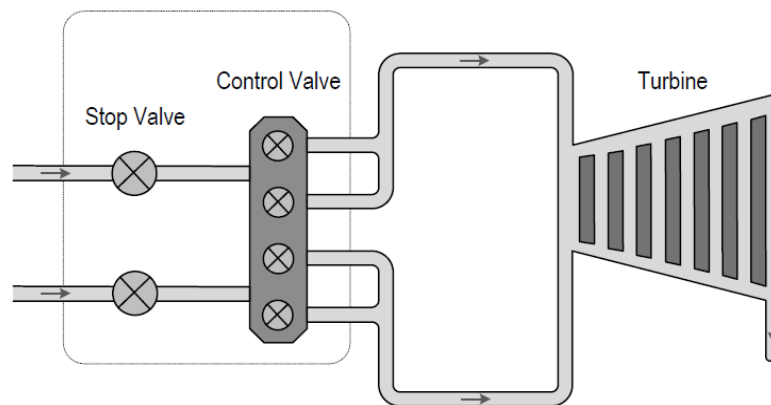
کلمات کلیدی: کنترل ولو، خطی سازی، توربین نیروگاه هسته ای

مقدمه :

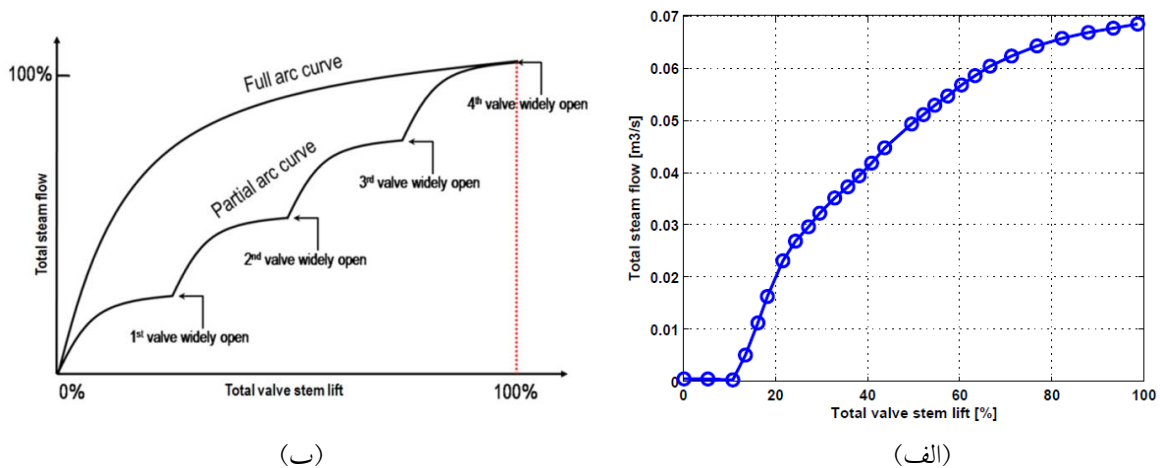
مشخصه کنترل ولو استفاده شده در سیستم توربین نیروگاه هسته ای که وظیفه تنظیم مقدار بخار ورودی به توربین و در نتیجه تنظیم فرکانس برق تولیدی نیروگاه را بر عهده دارد بصورت غیر خطی است. در واقع با حرکت محور کنترل ولو (Control Valve stem) از حالت کاملاً بسته تا حالت کاملاً باز، مقدار افزایش جریان برای یک تغییر مشخص در موقعیت محور در نزدیکی انتهای بسته نسبت به انتهای باز بیشتر است. بنابراین برای کنترل بهتر جریان بخار ورودی به توربین با استفاده از یک سیستم کنترل خودکار، نیازمند خطی سازی مشخصه جریان کنترل ولو هستیم. با توجه به شکل غیر خطی مشخصه، اگر کنترل ولو وقتی محور آن در انتهای بسته قرار دارد با سرعت کمتر و همچنین در انتهای باز با سرعت بیشتر باز شود آنگاه می توان این مشخصه را خطی کرد [۱،۲ و ۳]. در واقع می توان با استفاده از شکل مناسب مشخصه جریان کنترل ولو بصورت پس خور یا پیش خور با کنترل ولو، جبران سازی را انجام داد. در کارهای قبلی این ایده بصورت تجربی برای یک کنترل ولو و همچنین با استفاده از طراحی مدار الکترونیکی زمانی که تمام کنترل ولوها بطور همزمان باز می شوند مورد بررسی قرار گرفته است [۱ و ۳]. با توجه به افزایش روز افزون کنترل دیجیتال و سادگی پیاده سازی ایده مطرح شده با استفاده از میکروکنترلرهای موجود، در این تحقیق این ایده بصورت دیجیتالی با استفاده از جعبه ابزار سیمولینک نرم افزار متلب برای حالتی که کنترل ولوها بصورت همزمان یا بصورت متوالی توسط سیستم کنترل خودکار باز می شوند پیاده سازی شده است.

روش کار :

شکل (۱) نمونه ای از یک سیستم توربین با چهار کنترل ولو را نشان می دهد [۱]. سیستم توربین شامل دریچه مسدود کننده (Stop valve)، کنترل ولو و توربین است. بخار تولید شده توسط مولد بخار از طریق دریچه مسدود کننده و کنترل ولو وارد توربین می شود. دریچه مسدود کننده وظیفه قطع کامل جریان بخار به توربین در شرایط غیر عادی را بر عهده دارد. در شرایط کار عادی تنظیم جریان بخار ورودی به توربین توسط کنترل ولوها صورت می گیرد. در واقع کنترل ولوها با تغییر جریان بخار اثرات ناشی از اختلال در بار را جبران و همچنین متغیرهای تنظیم شده را نسبت به مقادیر مرجع در محدوده مناسب حفظ می کنند.



شکل (۱): سیستم توربین بخار با چهار کنترل ولو [۱]

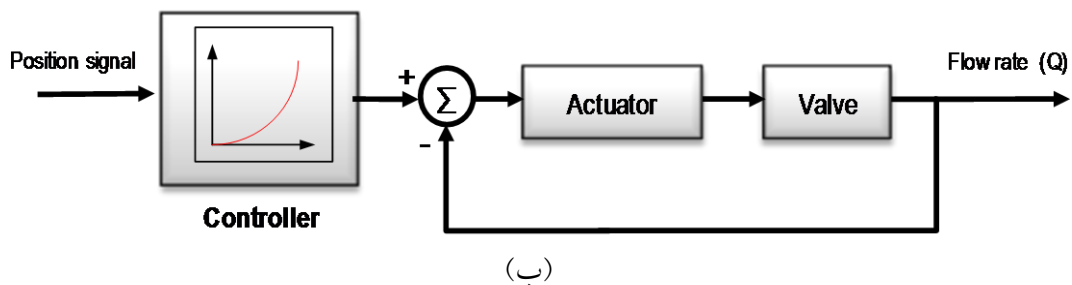
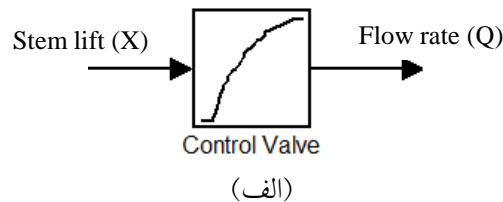


شکل (۲): الف) مشخصه واقعی جریان کنترل ولو، ب) سناریو باز شدن چهار کنترل ولو موازی [۳]

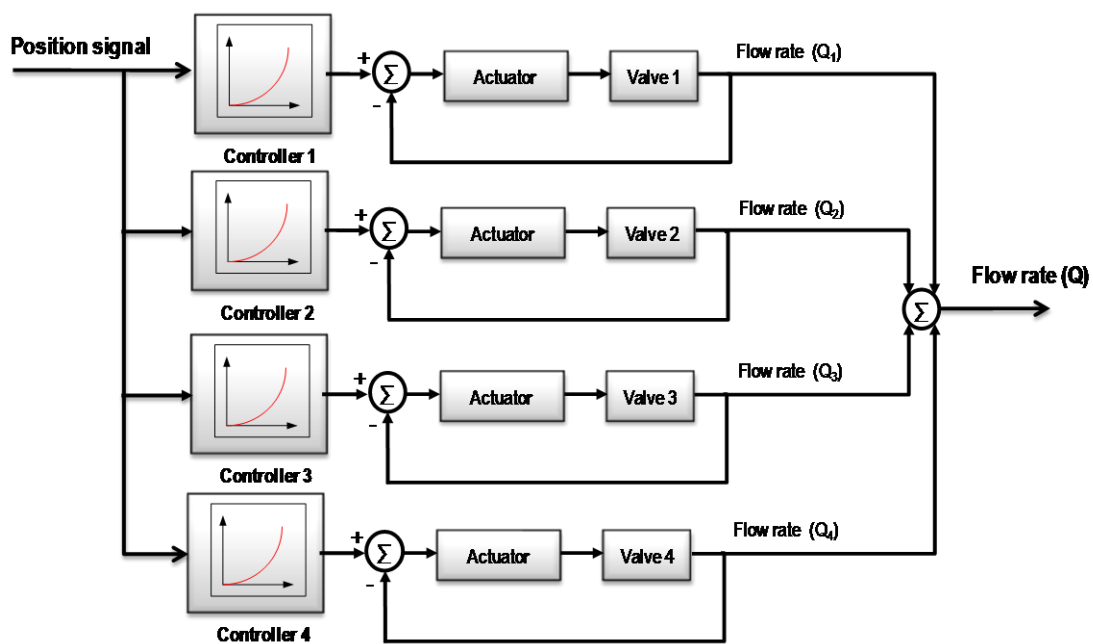
شکل (۲-الف) مشخصه جریان کنترل ولو (از نوع globe valve) اندازه گیری شده بطور تجربی [۱] و شکل (۲-ب) بطور کیفی نحوه تغییرات جریان برای چهار کنترل ولو موازی، زمانی که تمام شیرها بطور همزمان (Full Arc) و یا بصورت متوالی (Partial Arc) باز می شوند را نشان می دهد.

19 th Iranian's Nuclear Conference

شکل‌های (۳) و (۴) به ترتیب اصول جبران سازی رفتار غیرخطی کنترل ولو را برای یک و چهار کنترل ولو نشان می دهند. در این تحقیق فرض می کنیم تمام ولوها دارای مشخصه جریان شکل (۱- الف) هستند. در جبران سازی پیشخور تابع تبدیل جبران ساز، معکوس تابع تبدیل کنترل ولو و فعالساز (Actuator) می باشد.



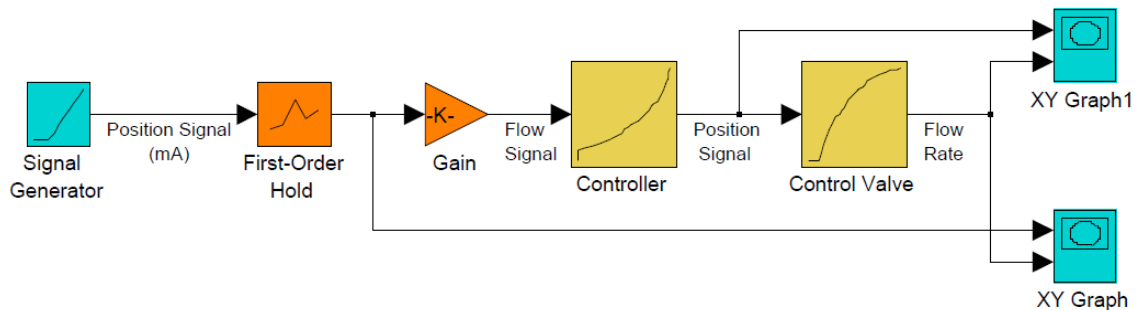
شکل (۳): جبران سازی پیشخور برای یک کنترل ولو الف) مشخصه ولو بدون جبران ساز ب) جبران ساز در بلوک دیاگرام کنترل



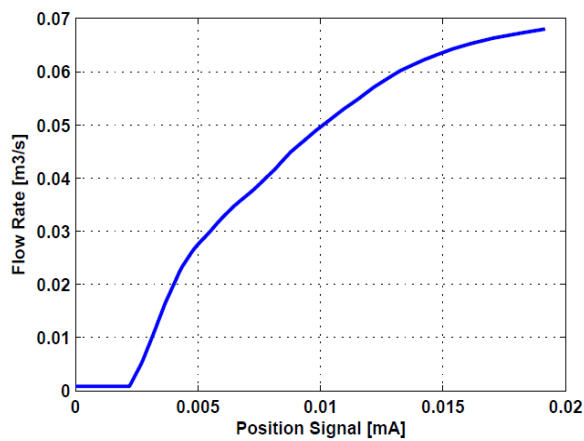
شکل (۴): جبران سازی پیشخور برای چهار کنترل ولو موازی

نتایج :

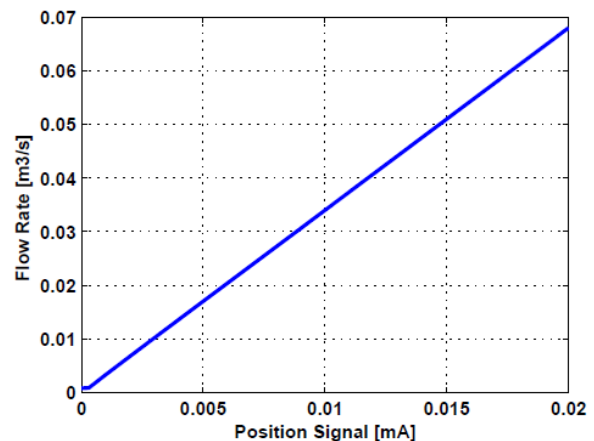
در این بخش نتایج حاصل از شبیه سازی در محیط سیمولینک به ترتیب برای یک و چهار کنترل ولو موازی ارائه می شود. همانطور که در بالا اشاره شد برای زمانی که ولوها بصورت موازی قرار دارند سناریوهای متفاوتی را می توان برای باز شدن ولوها متصور شد. بطور خاص دو حالت که در آن تمام شیرها بطور همزمان (Full Arc) و یا بصورت متوالی (Partial Arc) باز می شوند را مورد بررسی قرار می دهیم. شکل (۵) بلوک دیاگرام جبران سازی در محیط سیمولینک و شکل (۶) مشخصه کنترل ولو را بعد از جبران سازی برای یک کنترل ولو نشان می دهد.



شکل (۵): بلوک دیاگرام جبران سازی برای یک کنترل ولو در محیط سیمولینک



(ب)

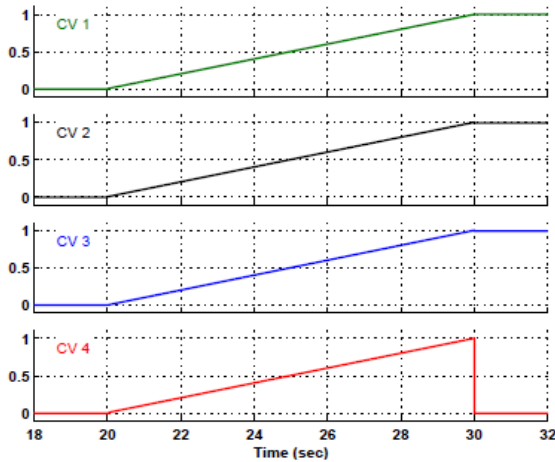


(الف)

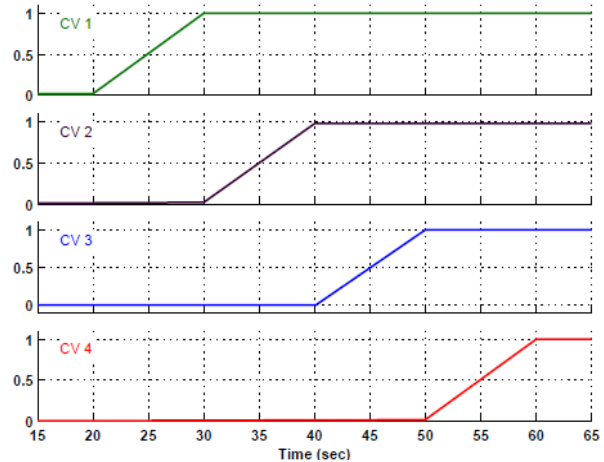
شکل (۶): مشخصه جریان الف) با جبران ساز ب) بدون جبران ساز

با پیاده سازی بلوک دیاگرام شکل (۴) یکبار با جبران ساز و دگر بار بدون آن در محیط سیمولینک و تولید سیگنال مناسب به نحوی که یکبار تمام کنترل ولوها بطور همزمان و دگر بار بطور متوالی (شکل (۷)) باز شوند شبیه سازی صورت می گیرد.

19 th Iranian's Nuclear Conference

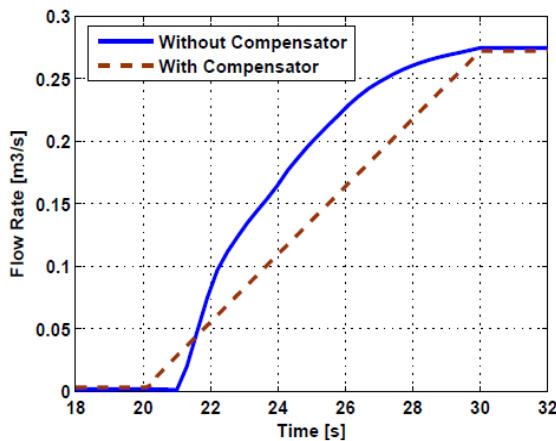


(ب)

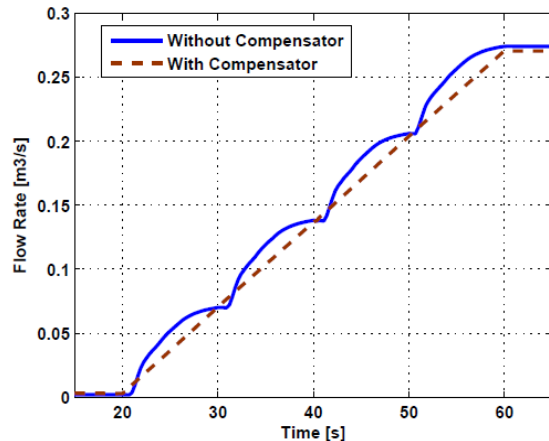


(الف)

شکل (۷): سیگنال تولیدی برای باز شدن ولوها (الف) بصورت متوالی (ب) همزمان



(ب)



(الف)

شکل (۸) تغییرات نرخ جریان سیستم با باز شدن ولوها (الف) بطور متوالی (ب) همزمان

شکل (۸) تغییرات نرخ جریان در چهار کنترل ولو موازی را با باز شدن ولوها بصورت متوالی و همزمان نشان می دهد. همانطور که از شکل (۸) پیداست، استفاده از جبران ساز در هر دو حالت باعث خطی شدن تغییرات نرخ جریان می شود.

بحث و نتیجه گیری :

در این تحقیق جبران سازی رفتار غیرخطی کنترل ولو در سیستم توربین بخار نیروگاه هسته ای مورد بررسی قرار گرفت. هر چند مشخصه جریان کنترل ولوهای استفاده شده در سیستم توربین بخار کاملاً یکسان نیستند،

19 th Iranian's Nuclear Conference

با این وجود برای ارزیابی ایده مطرح شده در این مقاله از مشخصه واقعی یک کنترل ولو با مقیاس ۱:۴ شرکت جنرال الکترونیک برای تمام ولوها استفاده شد. نتایج حاصل به نحو مطلوب نشان دهنده خطی شدن رفتار سیستم برای سناریوهای مختلف باز شدن کنترل ولوها می باشد. برای استفاده بهتر از کنترل ولو توسط سیستمهای کنترل خودکار و با توجه به گسترش روزافزون کنترل دیجیتال این ایده را می توان با هزینه کم در نیروگاههای هسته ای و فسیلی پیاده سازی کرد. در این مقاله تنها روش پیشنهادی برای جبرانسازی مورد بررسی قرار گرفت. ایده مشابهی برای استفاده از مشخصه جریان کنترل ولو در مسیر پسخور به عنوان جبران ساز وجود دارد. همچنین می توان اثرات ناشی از اصطکاک را در تحقیقات آینده مورد بررسی قرار داد.

مراجع :

- [۱] Halimi B., Suh K. Y., Control Engineering of Steam Turbine Valve, The ۸th International Topical Meeting on Nuclear Thermal-Hydraulics, Operation and Safety (NUTHOS-۸), Shanghai, China, October ۱۰-۱۴, ۲۰۱۰.
- [۲] Halimi B., Pirouzmand A., and Suh K. Y., Engineering of Nonlinearity Characteristic Compensation for Turbine Control Valve, ICFD ۲۰۱۰, Sendai, Japan, ۲۰۱۰.
- [۳] Suh K. Y., Halimi B., Kim K. S., Linearized Power Engineering For Small Modular Reactors, The ۲۰th KAIF/KNS Annual Conference, Seoul, Korea, ۲۰۱۰.