طراحی کنترلر بهینه مقاوم بروش تئوری فیدبک کمی برای سیستم تعلیق خودرو

مجید معاونیان
استادیار-دانشگاه فردوسی مشهد
moaven@um.ac.ir

امیر علی امیری مقدم
کارشناس ارشد-دانشگاه کاشان
amirali1211982@yahoo.com

امیر مهدی پاشایی نژاد
کارشناس ارشد-دانشگاه فردوسی مشهد
amir_pashaeenezhad@yahoo.com

چکیده

ایدهٔ اصلی در طراحی کنترلر برای سیستم تعلیق خودرو کاهش شتاب عمودی و کاهش جابجایی سیستم تعلیق بمنظور افزایش آسایش سرنشینان می باشد. در این مقاله پس از بدست آوردن مدل سیستم، با در دست داشتن تابع تبدیل و خطی سازی معادلات دینامیکی، کنترلر بهینه مقاومی با استفاده از روش تئوری فیدبک کمی برای سیستم تعلیق طراحی شده است و نتایج آن با کنترلر فازی مقایسه شده و نشان داده شده که برای کنترلر مقاوم طراحی شده اندازه شتاب عمودی، میزان جابجایی سیستم تعلیق و نیروی عملگر نسبت به کنترلر فازی به مراتب کمتر است.

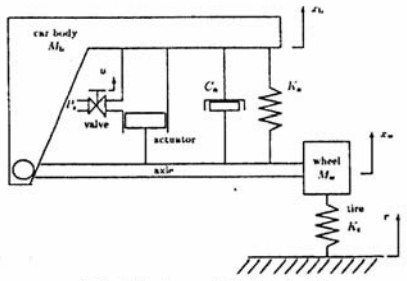
کلمات کلیدی: سیستم تعلیق فعال-کنترل مقاوم-تئوری فیدبک کمی

مقدمه

نیاز به راحتی سفر و ایمنی وسائط نقلیه جاده ای،بسیاری از صنایع خودرو سازی را بر آن داشته است تا از تعلیق فعال در خودروهای خود استفاده کنند. این در حالی است که عملکرد مناسب سیستم تعلیق فعال وابسته به روش کنترلی اعمال شده بر آن می باشد و به همین جهت روش کنترل مناسب سیستم تعلیق یکی از دغدغه های اصلی تولید کنندگان بزرگ خودرو می‌باشد. J.E Shannan و E.Esmailzadeh به ترتیب در سالهای ۱۹۸۹ و ۱۹۹۲ از کنترل فیدبک حالت برای کنترل سیستم تعلیق فعال استفاده کردند[۱و۲]. P.K. Sinha و R.J.Caudill در سال ۱۹۸۹ از روش کنترل بهینه خطی به منظور کنترل سیستم تعلیق وسایل نقلیه ریلی استفاده کردند[۳و۴]. روشهای یاد شده با فرض در دسترس بودن متغیرهای حالت برای اندازه گیری، به کنترل سیستم پرداخته اند در حالی که به دلیل محدودیتهای عملی همچون گرانی، دقت کم و اغتشاش سنسورها نمی توان تمامی پارامترهای مورد احتیاج جهت طراحی کنترلر فیدبک را اندازه گرفت. اما در روش تئوری فیدبک کمی با این مشکل روبرو نیستیم. در سیستم تعلیق از بین پارامترهای زیادی از قبیل جابه جایی بدنه، جابه جایی سیستم تعلیق، شتاب وارد به بدنه، اغتشاشات داخلی ناشی از ترمز، نیروی وارد بر محورها و غیره برای بهینه شدن وجود دارد. از بین این پارامترها شتاب وارد به بدنه و جابه جایی سیستم تعلیق از اهمیت ویژه ای برخوردارند.در این مقاله با استفاده از روش تئوری فیدبک کمی در پی بهینه کردن این دو پارامترمی باشیم. به منظور بررسی کارایی کنترلر، پاسخهای کنترلر با کنترلر فازی پیشنهاد شده توسط F. J. D'Amata [۵] مقایسه می‌شود. لازم به ذکر است که هر دو کنترلر در شرایط مساوی قرار دارند.

مدل سازی سیستم تعلیق فعال

شماتیک مدل شبیه سازی شده سیستم تعلیق در شکل۱ آورده شده است. مدل مورد بررسی شامل یک چهارم سیستم تعلیق خودرو می باشد در این سیستم چرخ خودرو و اکسل بدون جرم، توسط ترکیبی از فنر، دمپر و عملگر هیدرولیکی به بدنه خودرو متصل شده اند و تایر چرخ با یک فنر مدلسازی شده است.



شکل۱- شماتیک سیستم تعلیق فعال

طراحی کنترلر بهینه مقاوم

تئوری فیدبک کمی یکی از روشهای کنترل مقاوم می باشد که در دو دهه اخیر به وجود امده است.این روش به طور موفقیت آمیزی برای طراحی هر دو نوع سیستم یک ورودی یک خروجی و چند ورودی چند خروجی به کار می رود.همچنین جهت طراحی برای سیستمهای غیر خطی و متغیر با زمان نیز گسترش پیدا کرده است.در مقایسه با دیگر روشهای بهینه سازی مقاوم مانند H_∞ ، تئوری فیدبک کمی دارای مزایای ذیل می باشد:

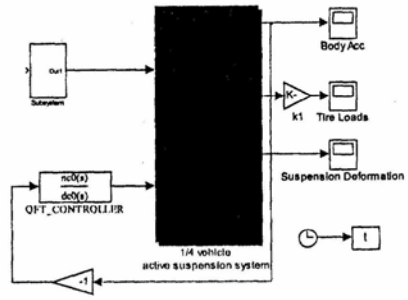
الف) قابلیت دسترسی به کمترین مقدار بهره فیدبک

ب) توانایی به احتساب در آوردن اطلاعات فاز سیستم

هدف در این مقاله ،ارائه تکنیکهای طراحی کمی برای بدست آوردن کنترلر و پیش فیلتر برای سیستم با توجه به نامعینی های موجود جهت برآورده کردن مشخصه های مطلوب سیستم مدار بسته می باشد.با طراحی باند مناسب در خروجی سیستم اثر تداخل حلقه از بین رفته و مساله از حالت چند ورودی چند خروجی به صورت یک ورودی یک خروجی تبدیل میشود.برای این کار مدل غیر خطی سیستم را توسط تکنیک حاضر به مجموعه سیستمهای خطی ثابت با زمان تبدیل میکنیم.در این روش ایده اصلی، تبدیل تابع تبدیل سیستم مدار بسته به یک ماتریس مسلط قطری میباشد[۶]

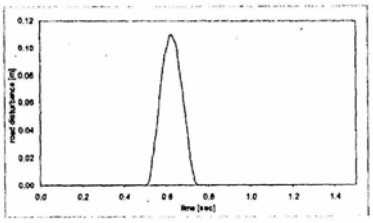
شبیه سازی و بررسی پاسخها

جهت طراحی کنترلر بهینه مقاوم، ابتدا مدل سیستم به همراه کنترلر در محیط Simulink برنامه Matlab تهیه شده و سپس برای شبیه سازی سیستم، برنامه ای نوشته شده است.شکل شماره (۲) نشاندهنده مدل می باشد.

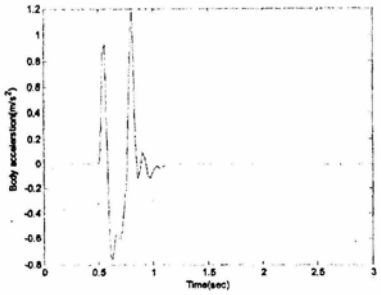


شکل۲- مدل شبیه سازی سیستم تعلیق فعال

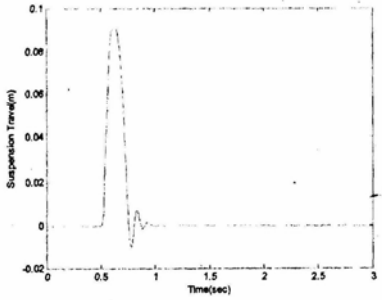
نتایج شبیه سازی شده موید این مطلب است که در کنترلر طراحی شده شتاب وارد بر بدنه به طور قابل توجهی کمتر از مقدارداده شده برای کنترلر فازی طراحی شده در مرجع شماره[۵]میباشد.مضاف بر آن سیستم تعلیق نوسان کمتری می کند که نتیجه آن استهلاک کمتر و عمر بیشتر سیستم تعلیق میباشد. شکل شماره (۳) اغتشاش جاده را نشان می دهد.شکلهای شماره (۴) و (۵) به ترتیب نشاندهنده نتایج کنترلر بهینه مقاوم مربوط به شتاب بدنه و جابجایی سیستم تعلیق می باشد.لازم به ذکر است که نمودارهای مربوط به فرآیند طراحی کنترلر مقاوم شامل شکل دهی حلقه ای سیستم مدار باز،باندهای عملکرد مقاوم و تقاطع باندها بعلت کمبود فضا در مقاله ۸ صفحه ای خواهد آمد.



شکل۳- اغتشاش جاده



شکل۴- شتاب بدنه



شکل۵- جابجایی سیستم تعلیق

نتیجه گیری

در این مقاله کنترلر بهینه مقاوم برای مدل یک چهارم خودرو طراحی شده است ونتایج آن با کنترلر فازی مقایسه شده است و نشان داده شده که شتاب وارد بر بدنه بطور قابل توجهی در این کنترلر نسبت به کنترلر فازی کمتر است (در شرلیط یکسان). علاوه بر آن برای کنترلرمقاوم، سیستم تعلیق نوسان کمتری میکند که نتیجه آن استهلاک کمتر و عمر بیشتر سیستم میباشد.نیروی عملگر برای کنترلر طراحی شده به مقدار زیادی کاهش یافته است بنابراین مصرف انرژی کاهش چمشگیری می یابد.

مراجع

1.Shannan J.E, Vanderploeg M.J. A vehicle handling modeling with active suspensions. Mechanisms Transmissions and automation in Design, 1989.
2.Esmailzadeh E, Bateni H. Optimal active vehicle suspensions with full state feedback control. SAE Transactions Journal of Commercial Vehicles, 1992.
3.Sinha P.K, Wormely D.N, Hedrick J.K, Rail passenger vehicle lateral dynamic performance improvement through active control. ASME Publication, 1978.
4.Caudill R.J, Sweet L.M, Oda K, Magnetic guidance of conventional railroad vehicles. ASME Dynamic Systems Measurement and Control, 1982.
5.D'Amato F. J, Viassolo D. E, Fuzzy control for active suspensions, Mechatronics 10, 2000.
6.Ching cheng c.et.al," Quantitative Feedback Design of uncertain Multivariable control systems