١٠٨٢٧٢

۸۷/۱/۱۰۱۶۱۰
۸۷/۱۰/۲۱

دانشکده فنی
گروه عمران
گرایش سازه

بهینه سازی پارامترهای کنترل فعال پل های معلق در برابر نیروی زلزله

از :
ایمان صدری نژاد

۱۳۸۷/۱۰/۱۳

استاد راهنما :
دکتر سعید پورزینلی

استاد مشاور :
دکتر جواد رزاقی

شهریور ۱۳۸۷

۱۰۸۲۷۲

تقدیم به خانواده مهربانم

به پاس حمایت ها و زحماتشان

تقدیر و تشکر

اکنون که نگارش این پایان نامه با یاری خداوند متعال به پایان رسیده است، بر خود واجب می دانم از زحمات و راهنمای های اساتید ارجمندم آقایان دکتر پورزینلی و دکتر رزاقی و تمامی اساتیدی که در طول مدت تحصیل در دانشگاه گیلان از محضرشان بهره بردم تشکر و قدردانی نمایم.

همچنین از دوستان عزیزم، مهندسین میرعلی محمد میرگذار لنگرودی ، رامین برومند، موسی اکبری، سعید ابولقاسمی، سید یاسین موسوی، محمد تقی چاییچی، حمزه اشرفی و حامد همتی که همیشه همراه و مشوقم بودند سپاسگذاری می نمایم.

فهرست مطالب

عنوان ..... الف

تقدیم ..... ب

تقدیر و تشکر ..... پ

فهرست مطالب ..... ت

فهرست جداول ..... د

فهرست شکل ها ..... ر

چکیده فارسی ..... ص

چکیده انگلیسی ..... ض

فصل اول : مقدمه ۲

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- سیستم های کنترل سازه ها ۳

۱-۳- سیستم میراگر جرمی تنظیم شونده غیر فعال و فعال ۵

۱-۴- لزوم انجام تحقیق حاضر ۵

۱-۵- مراحل انجام پروژه ۶

فصل دوم : مروری بر تحقیقات گذشته ۹

۲-۱- مقدمه ۹

۲-۲-منشأ پیدایش پلهای معلق ۱۰

۲-۲-۱- تکامل پلهای معلق مدرن ۱۰

۲-۲-۲- ابعاد پلهای معلق در جهان ۱۲

۲-۳- تاریخچه تحقیقات سیستم TMD ۱۴

۲-۴- تاریخچه تحقیقات سیستم ATMD ۱۹

۲-۵-کاربردهای عملی ۲۳

۲- ۶-تاریخچه کنترلگر بهینه کلاسیک ۲۷

۲-۷-تاریخچه کنترلگر فازی ۲۸

۲-۸-تاریخچه الگوریتم ژنتیک ۳۰

فصل سوم : سیستم های کنترل سازه و ساختار سازه ای پل های معلق ۳٤

۳-۱-مقدمه ۳۴

۳-۲-کنترل غیرفعال ۳۵

۳-۲-۱- ایزولاسیون پایه ۳۵

۳-۲-۲- میراگرهای الحاقی ۳۸

۳-۲-۳- میراگر جرمی تنظیم شونده(TMD) ۴۳

۳-۳- کنترل فعال ۴۵

۳-۳-۱- میراگر جرم محرک فعال(AMD) ۴۷

۳-۳-۲- میراگر جرمی تنظیم شونده فعال(ATMD) ۴۸

۳-۴-کنترل نیمه فعال ۴۹

۳-۵-مرکب ۴۹

۳-۶- کنترلگرهای سیستم های فعال و نیمه فعال ۴۹

۳-۶-۱- کنترل بهینه کلاسیک ۵۰

۳-۶-۲-کنترل فازی ۵۳

۳-۶-۲-۱- ساختار کنترلگر فازی ۵۶

۳-۶-۲-۲- نگاشت ورودی – خروجی ۶۳

۳-۷- ساختار سازهای پل های معلق ۶۵

۳-۷-۱-اجزای سازهای ۶۵

۳-۷-۲- انواع پلهای معلق ۶۶

۳-۷-۳- برجهای اصلی ۶۸

۳-۷-۴-کابلها ۶۸

۳-۷-۵-سازه های معلق ۶۹

۳-۷-۶-لنگرگاه ۶۹

فصل چهارم : مفاهیم پایه منطق فازی ۷۳

۴-۱- مقدمه ۷۳

۴-۲- منطق فازی چیست ۷۳

۴-۳- مجموعه های فازی ۷۶

۴-۴- عملیات پایه بر روی مجموعه های فازی ۷۸

۴-۴-۱- متمم یک مجموعه فازی ۷۸

۴-۴-۲- اجتماع فازی (S-Norm) ۷۹

۴-۴-۳- اشتراک فازی (T-Norm) ۸۰

۴-۵- روابط فازی ۸۰

۴-۵-۱- تصویر کردن (Projections) ۸۱

۴-۵-۲- گسترش استوانه ای (Cylindrical Extension) ۸۱

۴-۵-۳- ترکیب روابط فازی ۸۲

۴-۶- قواعد اگر آنگاه فازی ۸۲

۴-۶-۱- گزاره های فازی ۸۲

۴-۶-۲- برداشت از قواعد فازی ۸۳

۴-۷- منطق فازی و استنتاج تقریبی ۸۴

۴-۷-۱- اصولی کوتاه در منطق کلاسیک ۸۴

۴-۷-۲- اصول پایه در منطق فازی ۸۵

۴-۷-۳- قانون ترکیبی استنتاج ۸۶

۴-۸- پایگاه قوانین فازی (Fuzzy Rule Base) ۸۷

۴-۹- سیستم استنتاج فازی (FIS) ۸۸

۴-۹-۱- استفاده از ترکیب روابط فازی در ساختن FIS ۸۹

۴-۱۰- فازی ساز (Fuzzifier) و فازی برگردان (Defuzzifeir) ۹۰

۴-۱۰-۱- فازی ساز ۹۰

۴-۱۰-۲- فازی برگردان ۹۱

۴-۱۰-۲-۱- فازی بر گردان از نوع مرکز سطح ۹۱

۴-۱۰-۲-۲- فازی بر گردان میانگین وزنی مراکز ۹۲

۴-۱۱- مراحل ساختن یک سیستم استنتاج فازی ۹۳

فصل پنجم : الگوریتم های ژنتیکی ۱۰۰

۵-۱- مقدمه ۱۰۰

۵-۲- الگوی ریاضی استاندارد مسائل بهینه سازی ۱۰۱

۵-۳- روشهای بهینه یابی ۱۰۱

۵-۳-۱- روشهای مبتنی بر ریاضیات ۱۰۳

۵-۳-۲- روشهای تکراری ۱۰۳

۵-۳-۳- روشهای تصادفی ۱۰۳

۵-۴- الگوریتم های تکاملی ۱۰۵

۵-۵- الگوریتم‌های ژنتیکی ۱۰۷

۵-۵-۱- الگوریتم ژنتیکی موازی ۱۰۷

۵-۵-۲- برنامه‌ریزی ژنتیکی ۱۰۸

۵-۵-۳- الگوریتم ژنتیکی سری ۱۰۸

۵-۶- عملگرهای ژنتیکی ۱۰۹

۵-۶-۱-کد باینری ۱۰۹

۵-۶-۲- عملگر پیوند (Cross Over) ۱۱۰

۵-۶-۳- جهش (Mutation) ۱۱۱

۵-۷- انتخاب نسل جدید ۱۱۲

۵-۷-۱- فضای نمونه سازی ۱۱۲

۵-۷-۲- نحوه نمونه سازی ۱۱۳

۵-۷-۳- احتمال انتخاب ۱۱۶

۵-۸- کاربرد الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی سیستم های فازی ۱۱۷

۵-۸-۱- بهینه سازی سیستم فازی ۱۱۷

۵-۸-۲- طراحی توابع رمزگذاری ۱۱۹

۵-۸-۲-۱-توابع عضویت ۱۱۹

۵-۸-۲-۱-۱-توابع عضویت مثلثی ۱۲۰

۵-۸-۲-۱-۲-توابع عضویت غیر مثلثی..... ۱۲۱
۵-۸-۲-۱-۳-روش عمومی کدگذاری توابع عضویت..... ۱۲۲
۵-۸-۲-۲-رمزگذاری قوانین فازی..... ۱۲۳
۵-۸-۲-۲-۱- روش میشیگان..... ۱۲۳
۵-۸-۲-۲-۲- روش پیتزبورگ..... ۱۲۳
۵-۸-۲-۲-۳- روش کدگذاری Kinzel..... ۱۲۳

فصل ششم : مطالعات عددی..... ۱۲۷

۶-۱-مقدمه ۱۲۷
۶-۲- سازه مورد مطالعه..... ۱۲۸
۶-۳- معادله دینامیکی حرکت..... ۱۲۸
۶-۴- تحریکات تکیه گاهی ۱۳۵
۶-۵- حل معادلات دینامیکی ۱۴۱
۶-۵-۱-آنالیز مودال..... ۱۴۱
۶-۵-۲-فضای حالت..... ۱۴۳
۶-۶-پاسخ های سازه در حالت کنترل نشده..... ۱۴۴
۶-۷- طراحی سیستم TMD..... ۱۴۷
۶-۷-۱- تعیین مودهای اصلی ارتعاش پل..... ۱۴۸
۶-۷-۲- تعیین درصد جرمی TMD..... ۱۵۱
۶-۷-۳-تعیین فرکانس اصلی ارتعاش TMD..... ۱۵۳
۶-۷-۴-تعیین ضریب میرایی سیستم TMD..... ۱۵۶
۶-۷-۵- پاسخ های سازه در حالت کنترل شده بوسیله TMD با استفاده از مقادیر بهینه پارامترها..... ۱۵۹
۶-۸-طراحی سیستم ATMD..... ۱۶۵
۶-۸-۱- طراحی کنترلگر LQR..... ۱۶۶
۶-۸-۱-۱- پاسخ های سازه مجهز به ATMD با کنترلگر LQR..... ۱۷۱

۶-۸-۲- کنترلگر فازی (FLC) ۱۷۴

۶-۸-۲-۱-طراحی کنترلگر بر اساس توصیه های طراحی(FLC) ۱۷۵

۶-۸-۲-۲- طراحی کنترلگر بهینه فازی به وسیله الگوریتم ژنتیک(GFLC) ۱۷۶

۶-۸-۲-۲-۱- طراحی پایگاه قواعد فازی ۱۷۷

۶-۸-۲-۲-۲- طراحی توابع عضویت فازی ۱۸۲

۶-۸-۲-۳- کنترل پایداری کنترلگرهای FLC و GFLC ۱۸۴

۶-۸-۲-۴- پاسخ های سازه مجهز به ATMD با کنترلگر FLC و GFLC ۱۸۷

۶-۹-مقایسه سیستم های کنترل مورد استفاده ۱۹۱

نتیجه گیری و پیشنهاد برای ادامه کار ۱۹۳

۷-۱- نتایج ۱۹۳

۷-۲-پیشنهادات برای ادامه کار ۱۹۴

مراجع ۱۹۶

فهرست جداول

جدول (۲-۱) : ابعاد بلندترین پل های معلق دنیا ۱۳

جدول(۲-۲) : سیستم های کنترل فعال اجرا شده در ساختمان ها با مقیاس واقعی تا سال ۲۰۰۰ ..... ۲۴

جدول(۲-۳) : سیستم های کنترل فعال اجرا شده در پل ها با مقیاس واقعی تا سال ۲۰۰۰ ..... ۲۶

جدول(۳-۱): اشکال مختلف اسکلت بندی برج های اصلی ۷۰

جدول(۳-۲): اشکال مختلف برج های اصلی ۷۰

جدول(۴-۱) : حاصل عبارت $p \to q$ به ازای مقادیر مختلف p و q ۸۳

جدول(۴-۲) : نمایش صحت عبارات $(p \to q) \leftrightarrow (\overline{p} \vee q)$ و $(p \to q) \leftrightarrow ((p \wedge q) \vee \overline{p})$ به ازای مقادیر متفاوت p و q ۸۵

جدول(۴-۳) : نمایش نتایج حاصل از قانون استنتاج پانس تعمیم یافته با استفاده از قانون « اگر x عضو A باشد

آنگاه y عضو B است » به ازای مقادیر A' متفاوت ۸۶

جدول (۵-۱) : برازندگی جمعیت متشکل از ۴ رشته ۱۱۴

جدول (۵-۲) : الگوریتم روش نمونه سازی جهانی ۱۱۵

جدول(۶-۱) : مقادیر بسامد های مودی پل ۱۳۲

جدول(۶-۲) : اسامی شتابنگاشت های انتخاب شده وایستگاه های ثبت آن ها ۱۳۷

جدول(۶-۳) : پارامترهای تاریخچه زمانی شتابنگاشت های انتخاب شده ۱۳۸

جدول(۶-۴) : طبقه بندی خاک ها ۱۴۰

جدول(۶-۵) : حداکثر پاسخ های پل در دهانه های مختلف تحت تحریک زلزله های مختلف ۱۴۶

جدول(۶-۶) : مقدار مشارکت مودها در بیشینه تغییرمکان های پل ۱۵۰

جدول(۶-۷) : مقادیر بهینه نسبت فرکانسی برای آرایش های مختلف TMD تحت اثر تحریک های مختلف ۱۵۵

جدول(۶-۸) : مقادیر بهینه نسبت میرایی برای آرایش های مختلف TMD تحت اثر تحریک های مختلف ۱۵۸

جدول(۶-۹) : مقادیر بهینه پارامترهای سیستم TMD ۱۵۹

جدول(۶-۱۰) : مقادیر معیارهای J_1، J_2، J_3 و J_4 سیستم TMD نوع۱ (Type1) تحت تحریک های مختلف ۱۶۱

جدول(۶-۱۱) : مقادیر معیارهای J_1، J_2، J_3 و J_4 سیستم TMD نوع۲ (Type2) تحت تحریک های مختلف ۱۶۲

جدول(۶-۱۲) : مقادیر معیارهای J_1، J_2، J_3 و J_4 سیستم TMD نوع۳ (Type3) تحت تحریک های مختلف ۱۶۳

جدول(۶-۱۳) : پارامتر وزنی k در طراحی کنترلگر LQR ۱۷۱

جدول(۶-۱۴) : مقادیر معیارهای J_1، J_2، J_3 و J_4 سیستم ATMD مجهز به کنترلگر LQR تحت تحریک های مختلف ۱۷۲

جدول(۶-۱۵) : خصوصیات عمومی کنترلگر مورد استفاده ۱۷۴

جدول(۶-۱۶) : پایگاه های قواعد به دست آمده از بهینه سازی ۱۷۹

جدول(۶-۱۷) : سطوح کنترل مربوط به پایگاه قواعد به دست آمده از بهینه سازی ۱۸۰

جدول(۶-۱۸) : مقادیر معیارهای J_5، J_6، J_7 و J_8 برای پایگاه های قواعد فازی مختلف به دست آمده از بهینه سازی ۱۸۱

جدول(۶-۱۹) : مقادیر به دست آمده از بهینه سازی توابع عضویت فازی و میانگین آنها ۱۸۳

جدول(۶-۲۰) : مقادیر معیارهای J_5، J_6، J_7 و J_8 برای کنترلگر فازی با توابع عضویت بهینه سازی شده ۱۸۴

جدول(۶-۲۱) : مقادیر معیارهای J_1، J_2، J_3 و J_4 سیستم ATMD با کنترلگر FLC تحت تحریک های مختلف ۱۸۸

جدول(۶-۲۲) : مقادیر معیارهای J_1، J_2، J_3 و J_4 سیستم ATMD با کنترلگر GFLC تحت تحریک های مختلف ۱۸۹

فهرست شکل ها

شکل(۳-۱) : انواع مختلف ایزولاسیون پایه ۳۸
شکل(۳-۲): دستگاه اصطکاکی Pall ۴۰
شکل(۳-۳): میراگر ویسکوالاستیک ۴۱
شکل(۳-۴): میراگر ویسکوز مایع ۴۱
شکل(۳-۵): میراگرهای هیسترزیس ۴۲
شکل(۳-۶): میراگر جرمی تنظیم شونده ۴۴
شکل(۳-۷): الگوریتم کنترل فعال ۴۶
شکل(۳-۸): سیستم جک هیدرولیکی (محرک سیستم کنترل فعال) ۴۷
شکل (۳-۹): نمایی ساده از سیستم های TMD ، AMD و ATMD ۴۸
شکل(۳-۱۰) : واحد های کنترلگر فازی ۵۶
شکل(۳-۱۱) : مثال هایی از توابع عضویت ۶۱
شکل(۳-۱۲) : نگاشت های ورودی- خروجی (هر ردیف یک کنترلگر می باشد) ۶۴
شکل(۳-۱۴) : مثالی از سطح کنترل ۶۵
شکل (۳-۱۵): اجزاء پل معلق ۶۷
شکل(۳-۱۶): انواع پل های معلق ۶۷
شکل(۳-۱۷): انواع شاهتیرهای سخت کننده ۶۷
شکل(۳-۱۸): انواع معلق سازی ۶۷
شکل(۳-۱۹): انواع مهار کابل ها ۶۸
شکل(۳-۲۰): انواع برج های سازه ای اصلی ۶۹
شکل(۳-۲۱) : سیم های دسته بندی شده موازی با تیوپ از جنس پلی اتیلن ۷۰
شکل(۳-۲۲) : انواع شاهتیرهای سخت کننده ۷۱
شکل(۳-۲۳) : انواع مهاربندی ۷۱
شکل(۴-۱) : تبدیل دانش خبره به سیستم فازی ۷۵

شکل(۴-۲) : یک سیستم فازی (کنترلگر فازی) نمونه و اجزای آن ۷۶

شکل(۴-۳) : اشکال هندسی چند نمونه از توابع عضویت ۷۷

شکل(۴-۴) : متمم «یاگر» به ازای مقادیر متفاوت ۷۹

شکل(۴-۵) : نمایش روند قانون « استنتاج ترکیبی تعمیم یافته » در منطق فازی ۸۷

شکل(۴-۶) : نمایش گرافیکی فازی برگردان از نوع مرکز جرم ۹۲

شکل(۴-۷) : نمایش گرافیکی فازی برگردان میانگین مراکز ۹۲

شکل(۴-۸) : سیستم استنتاج بر اساس روش استلزام ممدانی و ورودی های غیر فازی ۹۵

شکل(۴-۹) : سیستم استنتاج بر اساس روش استلزام ماکزیمم- ضرب و ورودی های غیر فازی ۹۶

شکل(۴-۱۰) : سیستم استنتاج بر اساس روش استلزام ممدانی و ورودی های فازی ۹۷

شکل(۴-۱۱) : سیستم استنتاج بر اساس روش استلزام ماکزیمم- ضرب و ورودی های فازی ۹۸

شکل (۵-۱) : عملیات پیوند بر روی دو کروموزوم ۱۱۰

شکل (۵-۲) : فضای نگاشت پیوندهای جبری محدب، پیوسته و خطی ۱۱۱

شکل (۵-۳) : عملیات جهش بر روی یک کروموزوم ۱۱۲

شکل (۵-۴) چرخ رولت متناظر با جدول (۵-۱) ۱۱۴

شکل (۵-۵) : نمونه سازی جهانی متناظر با جدول (۵-۱) ۱۱۵

شکل (۵-۶) : ساختار کلی الگوریتم ژنتیک سری ۱۱۷

شکل (۵-۷) : پارتیشن بندی فضای مرجع یک متغیر به وسیله مجموعه های فازی ۱۱۹

شکل(۵-۸) : کدگذاری باینری یک تابع عضویت مثلثی و کروموزوم آن ۱۲۰

شکل(۵-۹) : تابع عضویت مثلثی متقارن و کروموزوم آن ۱۲۰

شکل(۵-۱۰) : نمایش ژنتیکی یک تابع عضویت مثلثی متقارن با مرکز ثابت ۱۲۱

شکل(۵-۱۱) : نمایش ژنتیکی یک تابع عضویت مثلثی با عرض پایه ثابت ۱۲۱

شکل(۵-۱۲) : نمایش ژنتیکی یک تابع عضویت مثلثی متقارن به وسیله مرکز و عرض پایه ۱۲۱

شکل(۵-۱۳) : نمایش ژنتیکی توابع عضویت غیر مثلثی ۱۲۲

شکل(۵-۱۴) : نمایش ژنتیکی یک تابع عضویت مثلثی متقارن با عرض پایه ثابت ۱۲۲

شکل(۵-۱۵) : عملگر پیوند « مرکز- شعاع »..... ۱۲۵

شکل (۶-۱) : پل معلق توماس،به طول دهانه های کناری ۱۵۵ متر و دهانه میانی ۴۶۰ متر..... ۱۲۹

شکل (۶-۲) : المان بندی پل برای سه دهانه ، به ترتیب ۱۱ المان و ۲۸ المان و ۱۱ المان..... ۱۲۹

شکل (۶-۳) : شکل های مودهای ۱ تا ۶ ارتعاش قائم سازه پل..... ۱۳۳

شکل (۶-۴) : شکل مودهای ۷ تا ۱۲ ارتعاش قائم سازه پل..... ۱۳۴

شکل(۶-۵) : حداکثر شتاب برای تمام شتابنگاشت ها بر حسب شماره آنها در جدول(۶-۲)..... ۱۳۹

شکل(۶-۷) : توزیع فراوانی حداکثر سرعت(PGV)..... ۱۳۹

شکل(۶-۸) : توزیع فراوانی فاصله ثبت شتابنگاشت ها از مرکز زلزله..... ۱۴۰

شکل(۶-۹) : توزیع فراوانی نوع خاک محل های ثبت شتابنگاشت ها..... ۱۴۰

شکل (۶-۱۰) : تاریخچه زمانی شتاب قائم زمین در زلزله های Kocaeli، Northridge و طبس..... ۱۴۱

شکل (۶-۱۱) حداکثر تغییرمکان قائم پل تحت زلزله های Cape Mendocino، Koaeli، Northridge و طبس..... ۱۴۵

شکل(۶-۱۲) : طیف پاسخ شتابنگاشت های زلزله Kocaeli و Lomaperia..... ۱۴۷

شکل(۶-۱۳) :نمودار تغییرات بیشینه جابجایی در حالت کنترل شده به حالت کنترل نشده

نسبت به تغییرات جرم سیستم های TMD..... ۱۵۲

شکل(۶-۱۴) :نمودار تغییرات بیشینه جابجایی در حالت کنترل شده به حالت کنترل نشده

نسبت به تغییرات ضریب فرکانسی β..... ۱۵۴

شکل (۶-۱۵) : نمودار تغییرات بیشینه جابجایی در حالت کنترل شده به حالت کنترل نشده

نسبت به تغییرات ζ تحت زلزله Northridge(# 28)..... ۱۵۷

شکل (۶-۱۶) : تاریخچه زمانی جابجایی گره های ۶ ، ۲۰ و ۲۶ در حالت کنترل نشده و کنترل شده به وسیله TMD..... ۱۶۴

شکل(۶-۱۷): تاثیر پارا متر k بر پاسخ های سازه و نیروی فعال(Kocaeli-#15)..... ۱۶۸

شکل(۶-۱۸): تاثیر پارا متر k بر پاسخ های سازه و نیروی فعال(Northridge-#28)..... ۱۶۹

شکل(۶-۱۹): تاثیر پارا متر k بر پاسخ های سازه و نیروی فعال(Tabas-#33)..... ۱۷۰

شکل(۶-۲۰) : جابجایی گره های۶ ، ۲۰ و۲۶ در حالت کنترل نشده و کنترل شده بوسیله ATMD به همراه نیروی فعال..... ۱۷۳

شکل (۶-۲۱): توابع عضویت فازی کنترلگرFLC..... ۱۷۶

شکل (۶-۲۲): پایگاه قواعد کنترلگر FLC ۱۷۶

شکل (۶-۲۳) : نمایش ماتریسی پایگاه قواعد فازی نشان داده شده در شکل(۶-۲۲)..... ۱۷۷

شکل(۶-۲۴) : مجموعه های فازی متغیر های ورودی و خروجی کنترلگر فازی..... ۱۸۳

شکل(۶-۲۵) : جابجایی اولیه فرض شده برای کنترل پایداری کنترلگر ۱۸۴

شکل (۶-۲۶) : آزمون پایداری جابجایی کنترلگر GFLC..... ۱۸۵

شکل (۶-۲۷) : آزمون پایداری نیروی کنترلگر GFLC..... ۱۸۵

شکل (۶-۲۸) : آزمون پایداری جابجایی کنترلگر FLC..... ۱۸۶

شکل (۶-۲۹) : آزمون پایداری نیروی کنترلگر FLC..... ۱۸۶

شکل (۶-۳۰) : جابجایی گره ۶ در پل مجهز به سیستم ATMD با کنترلگرهای FLC و GFLC به همراه نیروی فعال..... ۱۹۰

شکل(۶-۳۱) : مقدار متوسط معیار J_1 برای سیستم های مختلف کنترلی..... ۱۹۱

چکیده

بهینه سازی پارامترهای کنترل فعال پل های معلق در برابر نیروی زلزله

ایمان صدری نژاد

به دلیل انعطاف پذیری زیاد پل های معلق ، بارهای آیرودینامیکی و لرزه ای نوسانهای پیچشی و قائم خطرناکی در این پل ها ایجاد می نمایند. مهندسین برای مقابله با چنین نوسانهایی و کاهش پاسخهای پل از روشهای مختلف کنترل ارتعاشات استفاده می نمایند.

در این رساله هدف طراحی سیستم کنترل میراگر جرمی تنظیم شونده فعال (ATMD)، به منظور کاهش ارتعاشات قائم پل های معلق تحت تحریک مولفه قائم شتاب زمین می باشد.

هر سیستم کنترل فعال از دو بخش اصلی سخت افزاری (دستگاههای کنترلی) و نرم افزاری (کنترلگر) تشکیل شده است که عملکرد صحیح سیستم کنترلی مستلزم کارکرد صحیح این دو بخش می باشد. در این رساله از کنترلگر فازی به عنوان کنترلگر اصلی و از کنترلگر LQR به عنوان کنترلگر شاهد استفاده می شود.

در این رساله در راستای بهینه نمودن عملکرد سیستم کنترلی، ابتدا پارامترهای سخت افزاری سیستم کنترلی(جرم، میرایی و سختی) به روش آزمون و خطا بهینه می شود و پس از آن کنترلگر سیستم کنترل فعال بهینه یابی می شود. در بخش بهینه یابی کنترلگر در شروع کنترلگر LQR ،که یکی از کنترلگر های رایج در کنترل سازه می باشد، بهینه می شود و عملکرد آن ارزیابی می شود. در مرحله بعدی کنترلگر فازی ساخته شده از توصیه های محققین پیشین مورد ارزیابی قرار می گیرد. در مرحله سوم اجزای اصلی کنترلگر فازی(پایگاه قواعد و توابع عضویت) با استفاده از الگوریتم ژنتیک بهینه یابی می شوند. پس از آن پایداری کنترلگر های فازی مورد بررسی قرار می گیرد. در نهایت نتایج به دست آمده از سیستم کنترلی مجهز به کنترلگرهای متفاوت با یکدیگر مقایسه می شوند.

نتایج نشان دادند که بهینه سازی اجزای مختلف کنترلگر فازی در کاهش ارتعاشات پل معلق مورد نظر بسیار موثر است.

کلید واژه: پل معلق، فضای حاالت، منطق فازی، میراگر جرمی تنظیم شونده (TMD)، میراگر جرمی تنظیم شونده فعال(ATMD)، الگوریتم ژنتیک(GA)، کنترل خطی بهینه درجه دو(LQR).

Abstract

Optimization of different parameters in actively controlled of Suspension bridges subjected to earthquake excitations.

Iman sadry nezhad

Suspension bridges often possess high flexibility and low structural damping, which inevitably lead to vulnerability to dynamic loads such as earthquake and strong winds. To mitigate response of suspension bridges, the engineers use different control systems such as active control.

The main purpose of this thesis is designing an "Active Tuned Mass Damper" (ATMD), in order to decrease the response of suspension bridge due to vertical acceleration of the earthquake. The control algorithm for operation of ATMD is developed based on fuzzy logic control theory.

Every active control system has two main parts, hardware (control devices) and software (controllers), which acceptable control system performance involves the proper performance of these two main parts.

To improve control system performance, the components of ATMD are optimized. For this purpose, at first the optimum mechanical parameters of ATMD are calculated by try and error method. Then the genetic algorithm is used for optimization of fuzzy logic controller.

To evaluate the performance of Genetic fuzzy controller (GFLC), the Linear Quadratic Regulator (LQR) and a traditional fuzzy logic controller are employed.

The results of the study show that genetic fuzzy controller is more effective than LQR and traditional fuzzy logic controller in reducing the bridge response, but the require force value of GFLC is higher than two other controller systems.

Key words: Suspension Bridge, State Space, Fuzzy Logic, Tuned Mass Damper(TMD), Active Tuned Mass Damper (ATMD), Genetic Algorithm (GA), Linear Quadratic Regulator (LQR).

فصل اول

مقدمه

مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

زلزله همواره از مشکلات اساسی بشر بوده است که سالانه هزاران نفر را به کام مرگ می کشاند. با نگاهی به تاریخچه زلزله های اتفاق افتاده می توان دریافت که به طور متوسط ۱۷۰۰۰ نفر هر سال در دوازده کشور بر اثر این بلای طبیعی جان خود را از دست می دهند و افزون بر آن خسارت های هنگفتی به اقتصاد ملت ها تحمیل می شود[*Chen*, 2000].

زلزله ها از جمله حوادث چند بعدی هستند که به طرق مختلف باعث خسارت و نابودی می شوند که از آن جمله می توان به تخریب ساختمان ها بر اثرحریق، سونامی و لغزش زمین اشاره کرد. در مقابل دیگر سازه ها نیز از اثرات زلزله ها در امان نیستند. پل ها جزء آن دسته از سازه های استراتژیک هستند که احتمال صدمه دیدن آنها در هنگام زلزله بسیار بالاست. خسارت زلزله به پل ها ممکن است نتایج شدیدی در بر داشته باشد. واضح است که در هنگام فرو ریختن پل علاوه بر اینکه ارتباط مناطق مختلف قطع می شود، افرادی که بر رو و یا زیر آن می باشند نیز دچار مخاطره خواهند شد. همچنین پل های صدمه دیده باید پس از زلزله تعویض گردند و یا گزینه دیگری برای حمل و نقل انتخاب شود.

مسدود شدن یک پل، حتی اگر آن پل موقتی باشد، می تواند اثرات بدی به دنبال داشته باشد زیرا پل ها از اجزای حیاتی سیستم حمل ونقل می باشند. از عواقب بسته شدن یک پل که بلافاصله پس از زلزله اتفاق می افتد، کندی و توقف عملیات امداد رسانی و نجات می باشد. پس از وقوع زلزله و با گذشت زمان عواقب دیگری نیز نمایان می شود که تأثیرات اقتصادی یکی از مهم ترین آنها می باشد. هرچه زمان بسته ماندن یک پل بیشتر باشد تأثیرات اقتصادی آن بیشترمی شود. صدمات پل ها در هنگام زلزله از چندین عامل نشأت می گیرند که به نحو پیچیده ای با یکدیگر در ارتباط هستند. جزئیات و عواقب یک صدمه براحتی از خود صدمه قابل شناخت نیست و در اغلب موارد تحقیق وسیع در زمینه نحوه وقوع حادثه الزامی می باشد. در بسیاری از مواقع علت