بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد تهران مرکزی

دانشکده فنی مهندسی، گروه برق

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد(M.Sc)

گرایش: الکترونیک

عنوان:

طراحی یک نظاره گر فازی هیبریدی جهت جبران سازی هارمونیک ها در فیلتر فعال قدرت موازی

استاد راهنما:

دکتر شهرام جوادی

استاد مشاور:

دکتر رضاصباغی ندوشن

پژوهشگر:

آتنا اصغری

تابستان ۱۳۹۲

ISLAMIC AZAD UNIVERSITY

Central Tehran Branch
Faculty of Electronic Engineering

Thesis Submitted In partial Fulfillment Of The Requirement For the Degree Of Master of Science

Subject:

Design of shunt active power filter for harmonic compensation using supervised fuzzy controller

Advisor:

Dr. Shahram Javadi

Reader:

Dr. Reza Sabbaghi-nadooshan

By:

Atena Asghari

Summer 2013

تشکر و قدردانی:

با سپاس فراوان از راهنمائی‌ها و زحمات استاد راهنما محترم و گرانقدر جناب آقای دکتر شهرام جوادی که از ابتدای راه و در طی انجام این تحقیق، با راهنمائی‌های خود مرا در نگارش این اثر یاری نمودند و استاد محترم مشاورجناب آقای دکتررضا صباغی که با هدایت و حمایت‌های بی دریغشان یاری‌ام نمودند.

و در پایان از زحمات خانواده خوبم و دوستان عزیزم و سایر کسانی که در تدوین این تحقیق مرا یاری نمودند متشکرم و از خداوند منان سلامت و سعات ایشان را خواستارم.

تقدیم به پدر و مادرم:

که از نگاهشان صلابت

از رفتارشان محبت

واز صبرشان ایستادگی را آموختم.

و تقدیم به برادر و خواهرانم:

که همواره در طول تحصیل متحمل زحماتم بودند و تکیه گاه من در مواجهه با مشکلات, و وجودشان مایه دلگرمی من می باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه ای برموضوع ۲

۱-۲- اهداف پروژه ۳

۱-۳- ساختارگزارش..... ٤

فصل دوم: فیلترهای حذف هارمونیک

۲-۱- مقدمه ٦

۲-۲- هارمونیک ها ٦

۲-۲-۱- تقسیم بندی بارهای هارمونیکی ۷

۲-۲-۱-۱- بارهای تغذیه شونده جریانی ۸

۲-۲-۱-۲- بارهای تغذیه شونده ولتاژی ۹

۲-۲-۲- مشکلات هارمونیکها ۹

۲-۲-۳- استانداردهای مربوط به هارمونیک ۱۰

۲-۳- فیلترهای پیسو ۱۱

۲-٤- فیلترهای فعال خالص ..... ۱۳.

۲-٤-۱ - ساختارهای مداری فیلترهای اکتیو ۱۵

۲-٤-۱-۱- تقسیم بندی از نظرمبدل ۱٦

۲-٤-۱-۱-۱- کلیدهای مورداستفاده درمبدل ها ۱۸
٤-۱-۲- تقسیم بندی به لحاظ توپولوژی ۱۹
۲-٤-۱-۳ - تقسیم بندی به لحاظ سیستم تغذیه ۲۱
۲-٤-۲- کاربرد فیلترهای اکتیو براساس توپولوژی ۲۳
۲-۵- فیلترفعال ترکیبی ۲۵
۲-۵-۱- انواع ساختارهای فیلتر فعال ترکیبی ۲۵
۲-٦- اصول فیلترفعال خالص ۲۷
۲-۷- تقسیم بندی فیلتر فعال از نظر کنترل ۲۸
۲-۸- عیب فیلتر فعال خالص ۲۹

فصل سوم: انواع سیستم های کنترل هارمونیک و روش های تعیین سیگنال مرجع برای آنها

۳-۱- مقدمه ۳۱
۳-۲- روش های کنترلی فیلترهای فعال موازی ۳۱
۳-۳- روش های متداول تعیین سیگنال مرجع برای سیستم کنترل فیلتر فعال ۳۵
۳-۳-۱- تئوری IRP ۳۵
۳-۳-۲- روش d-q ۳۸
۳-۳-۲-۱- اصلاح تاخیر محاسباتی ۳۹
۳-۳-۳- روش UPF ٤۰
۳-۳-٤- روش PHC ٤۱
۳-٤- جبران سازی هارمونیکی با استفاده از فیلتر فعال ٤۲
۳-۵- کنترل کننده PID ٤۵
۳-٦- کنترل کننده فازی ٤۷
۳-۷- انواع کنترل کننده منطق فازی ٤۹

فصل چهارم: طراحی و شبیه سازی فیلتر فعال در نرم افزار MATLAB

٤-١- مقدمه ٥٤

٤-٢- فیلتر اکتیو ٥٤

٤-٢-١- طراحی فیلتر اکتیو ٥٤

٤-٢-٢- تخمین جریان مرجع ٥٥

٤-٢-٣- شبیه سازی فیلتر فعال در MATLAB ٥٧

٤-٢-٤- بررسی نمودار بار ٥٨

٤-٣- کنترل کننده PI ٥٩

٤-٣-١- شبیه سازی فیلتر فعال موازی با کنترل کننده PI ٦٠

٤-٣-٢- عملکرد فیلتر فعال با کنترل کننده PI ٦١

٤-٣-٢- بررسی ولتاژ دو سر خازن ٦٣

٤-٤- کنترل کننده فازی ٦٣

٤-٤-١- طراحی کنترل کننده فازی ٦٣

٤-٤-١-١- قوانین فازی ٦٤

٤-٤-٢- شبیه سازی فیلتر فعال موازی با کنترل کننده فازی ٦٨

٤-٤-٣- عملکرد فیلتر فعال با کنترل کننده فازی ٦٩

٤-٤-٤- بررسی ولتاژ دوسرخازن..... ٧٢

٤-٥- نظاره گر فازی هیبریدی ٧٢

٤-٥-١- طراحی نظاره گری فازی هیبریدی ٧٢

٤-٥-١-١- قوانین فازی هیبریدی ٧٣

٤-٥-٢- شبیه سازی فیلتر فعال موازی با کمک نظاره گر فازی هیبریدی ٧٧

٤-٥-٣- عملکرد فیلتر فعال با کمک نظاره گر فازی هیبریدی ٧٩

٤-٥-٤- بررسی ولتاژ دو سر خازن ٨١

فصل پنجم: نتیجه گیری وپیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری ۸۳

۵-۲- ارائه پیشنهادات ۸۵

منابع ۸۶

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول(۲-۱): کلیدهای الکترونیکی مورد استفاده در فیلترهای اکتیو ۱۹

جدول(۲-۲): مقایسه فیلتر فعال سری و فیلتر فعال موازی ۲۳

جدول(۲-۳): مقایسه فیلتر فعال برای کاربردهای مختلف ۲٤

جدول(٤-۱): مشخصات بار غیر خطی ۵۸

جدول(٤-۲): طیف هارمونیک جریان بار ۵۹

جدول(٤-۳): طیف هارمونیک جریان منبع با کنترل کننده PI ٦۲

جدول(٤-٤): قوانین فازی ٦٦

جدول(٤-۵): طیف هارمونیک جریان منبع با کنترل کننده فازی ۷۱

جدول(٤-٦): قوانین برای KP..... ۷٤

جدول(٤-۷): قوانین برای Ki ۷۵

جدول(٤-٨): طیف هارمونیک جریان منبع با نظاره گر فازی هیبریدی ٨١

جدول(٥-١): طیف هارمونیک جریان بار و منبع با کنترل کننده PI، کنترل کننده فازی و نظاره گر فازی هیبریدی ٨٤

فهرست نمودار

عنوان **صفحه**

نمودار(٢-١): تقسیم بندی فیلترهای ترکیبی با ترکیب دو فیلتر ٢٧

نمودار(٤-١): قوانین فازی ٦٥

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل(۱-۱): مخدوش شدن ولتاژ به علت وجود بار غیر خطی..... ۳

شکل(۲-۱): نحوه عملکرد فیلتر فعال موازی برای جبران سازی هارمونیک ها..... ۷

شکل(۲-۲): بار غیر خطی تغذیه شونده جبرانی الف- مدار معادل هارمونیکی ب- شکل موج ولتاژو جریان خط (منبع) ۸

شکل(۲-۳): بار غیر خطی تغذیه شونده ولتاژی الف- مدار معادل هارمونیکی ب- شکل موج ولتاژ خطی و فازی و جریان خط(منبع)..... ۹

شکل(۲-٤): فیلتر پسیو الف- فیلتر تنظیمی - تک تنظیمه ب- فیلتر تنظیمی – دوتنظیمه پ- فیلتر بالا گذار درجه اول ت- فیلتر بالا گذار درجه دوم ث- فیلتر بالا گذار درجه سوم..... ۱۱

شکل(۲-۵): فیلتر فعال الف- موازی ب- سری..... ۱۵

شکل (۲-٦): معرفی اولیه از APF ۱٦

شکل (۲-۷): دو نوع مبدل مورد استفاده در فیلترهای اکتیو الف- اینورتر تغذیه شده جریانی ب- اینورتر تغذیه شده ولتاژی..... ۱۷

شکل (۲-۸): انواع فیلتر های اکتیو از نظر توپولوژی الف- توپولوژی سری ب- توپولوژی موازی ج- توپولوژی سری – موازی د- توپولوژی ترکیبی..... ۲۰

شکل(۲-۹): ساختارهای فیلترهای اکتیو به لحاظ سیستم تغذیه الف- فیلتر فعال سری سه سیمه ب- فیلتر فعال موازی سه سیمه پ- فیلتر فعال سری چهار سیمه با خازن سر وسط ت- فیلتر فعال سری چهار سیمه با توپولوژی چهار قطب ث- فیلترفعال سری چهار سیمه با توپولوژی چهار قطب HB ج- فیلتر فعال موازی چهار سیمه..... ۲۱

شکل(۲-۱۰): توپولوژی مدار توان مختلف از APF ۲۲

شکل(۲-۱۱): فیلتر فعال ترکیبی الف- ترکیب فیلتر فعال سری و فیلتر پیسو موازی ب- اتصال سری فیلتر فعال و پیسو ۲۶

شکل(۲-۱۲): سیستم تک خطی ساختار فیلتر فعال..... ۲۸

شکل(۲-۱۳): توپولوژی کنترلی فیلترهای اکتیو الف- سیستم پیشخور ب- سیستم پیشخور ۲۹

شکل(۳-۱): نحوه تبدیل مختصات abc را به $\alpha - \beta - o$ ۳۵

شکل(۳-۲): نحوه بدست آوردن سینگال های dc و ac توان ۳۶

شکل(۳-۳): مدار معادل و دیاگرام توان در مختصات $\alpha - \beta - o$ ۳۸

شکل(۳-٤): چرخش محور dg و خطا در آن ٤۰

شکل(۳-۵): بار غیر خطی از نوع منبع جریانی و مجموعه ساخته شده از فیلتر فعال موازی تک فاز ٤۳

شکل(۳-٦): دیاگرام شماتیک یک فیلتر فعال موازی یک نمونه ٤٤

شکل(۳-۷): ساختار کنترل کننده PI ٤٦

شکل(۳-۸): کنترل کننده فازی ٤۷

شکل(۳-۹): کنترل کننده مستقیم ٤۹

شکل(۳-۱۰): کنترل کننده افزودنی ۵۰

شکل(۳-۱۱): کنترل کننده تطبیقی ۵۰

شکل(۳-۱۲): کنترل کننده خود تنظیم – پارامترهای عضویت ۵۱

شکل(۳-۱۳): کنترل کننده خود تنظیم – قوانین ۵۲

شکل(٤-١): شما نیک از فیلتر فعال موازی ٥٤

شکل(٤-٢): سیمولنیک بخش قدرت فیلتر فعال ٥٧

شکل(٤-٣): جبران سازی دیودی به عنوان بار غیر خطی ٥٧

شکل(٤-٤): جریان بار غیر خطی ٥٨

شکل(٤-٥): مولفه هارمونیک جریان بار غیر خطی ٥٩

شکل(٤-٦): سیمولنیک فیلتر فعال موازی با کنترل کننده PI ٦٠

شکل(٤-٧): جریان فیلتر فعال ٦١

شکل(٤-٨): جریان منبع فیلتر فعال موازی با کنترل کننده PI ٦١

شکل(٤-٩): مولفه هارمونیک جریان منبع با کنترل کننده PI ٦٢

شکل(٤-١٠): ولتاژ خازن ٦٣

شکل(٤-١١): ساختار کنترل کننده فازی ٦٣

شکل(٤-١٢): توابع عضویت مربوط به ورودی ce(n) و e(n) ٦٦

شکل(٤-١٣): توابع عضویت مربوط به خروجی lm ٦٧

شکل(٤-١٤): روش ممدای max-min ٦٧

شکل(٤-١٥): سطح کنترلی کننده فازی ٦٨

شکل(٤-١٦): سیمولینگ فیلتر فعال با کنترل کننده منطق فازی ٦٩

شکل(٤-١٧): جریان فیلتر فعال ٧٠

شکل(٤-١٨): جریان منبع فیلتر فعال موازی با کنترل کننده فازی ٧٠

شکل(٤-١٩): مولفه هارمونیک جریان منبع با کنترل کننده فازی ٧١

شکل(٤-٢٠): ولتاژ دو سر خازن ٧٢

شکل(٤-٢١): ساختار کنترل کننده فازی تطبیقی ٧٣

شکل(٤-٢٢): توابع عضویت مربوط به ورودی (Dx و Dx Dot) ٧٥

شکل(٤-٢٣): توابع عضویت مربوط به خروجی (Ki و Kp) ٧٦

شکل(٤-٢٤): روش ممدای max-min ٧٦

شکل(٤-٢٥): سطح کنترلی Ki ٧٧

شکل(٤-٢٦): سطح کنترلی Kp ٧٧

شکل(٤-٢٧): سیمولنیک فیلتر فعال موازی با نظاره گر فازی هیبریدی ٧٨

شکل(٤-٢٨): سیمولنیک نظاره گر فازی هیبریدی ٧٩

شکل(٤-٢٩): جریان فیلتر فعال ٧٩

شکل(٤-٣٠): جریان منبع فیلتر فعال موازی با نظاره گر فازی ٨٠

شکل(٤-٣١): مولفه هارمونیک جریان منبع با نظاره گر فازی..... ٨٠

شکل(٤-٣٢): ولتاژ دو سر خازن ٨١

چکیده

با رشد بارهای غیر خطی در شبکه بخصوص در شبکه توزیع، میزان هارمونیک ها در سیستم قدرت افزایش پیدا کرده است به گونه ای اگر به افزایش آنها بی توجهی شود، ولتاژ سیستم توزیع و عملکرد بسیاری از تجهیزات صنعتی از جمله موتورهای القایی، خازن ها و ... را تحت تاثیر قرار خواهد داد. از جمله راه حل های کاهش هارمونیک ها در سیستم قدرت استفاده از فیلترهای پسیو و فعال است، بزرگترین اشکال فیلتر پسیو امکان بوجود آمدن رزونانس است که این اشکال با مطرح شدن فیلتر فعال برطرف گردیده است. امروزه افزایش اهمیت کیفیت توان و دیگر مشکلات مربوط به ساخت فیلترهای پسیو ازجمله اندازه بزرگ، وزن زیاد، هزینه بالا، ثابت بودن جبران سازی و مشکلات رزونانس این فیلترها با شبکه و بارها باعث تمرکز برروی راه حل الکترونیک قدرت یعنی فیلتر فعال شده است. و با توجه به دامنه وسیع استفاده از مبدل های الکترونیک قدرت، و ایجاد هارمونیک های جریان ناشی از کاربرد آنها در شبکه توزیع استفاده از فیلتر های فعال به منظور حذف اثر هارمونیک ها همیشه مورد توجه بوده است. از اینرو در این پایان نامه اقدام به معرفی فیلتر فعال موازی و روش های مختلف کنترلی آن نموده ایم و جبران ساز هارمونیکی (کاهش هارمونیک ها) از فیلتر فعال موازی به کمک کنترل کننده PI و فازی که در مقالات مختلف انجام شده بررسی نموده ایم ابتدا فیلتر فعال موازی درسیمولینک نرم افزار MATLAB و کنترل کننده PI، فازی شبیه سازی کرده ایم و در ادامه نظاره گر فازی هیبریدی طراحی و شبیه سازی کرده ایم و مقدار کاهش هارمونیک ها را برای هر کدام از کنترل کننده بررسی کرده ایم و نهایتا" سه تا کنترل کننده با هم مقایسه می کنیم.

فصل ۱: مقدمه

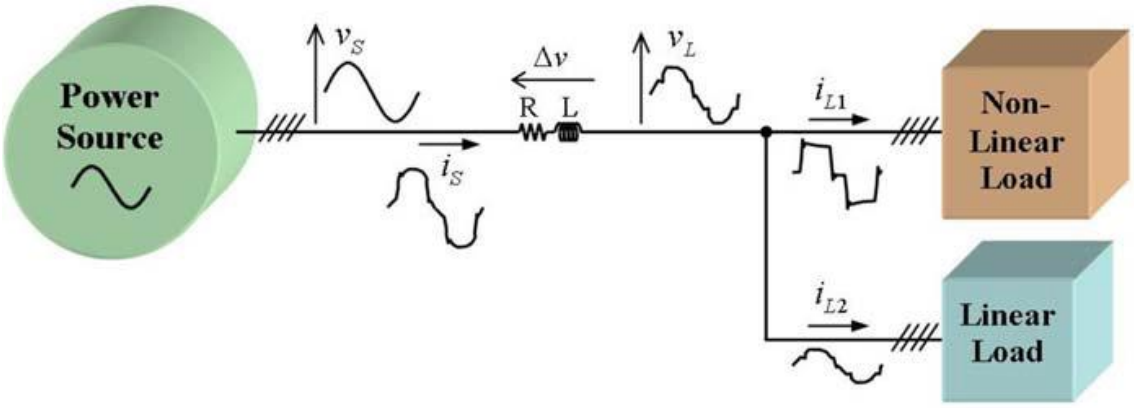
۱-۱- مقدمه ای بر موضوع

از زمانی که اصول اساسی عملکرد فیلترها ی فعال در دهه ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ میلادی به طور قوی مطرح شد این فیلتر مورد توجه بسیاری از مهندسان و محققانی قرار گرفته است. که دارای دلواپسی هایی در مورد آلودگی های هارمونیکی در سیستم های قدرت بودند این علاقه زمانی عمیق تر شد که عناصر کلید زنی نیمه هادی جدید نظیر IGBT[1] ها و MOSFET ها با مشخصه کلید زنی سریع تر وپردازشگرهای سیگنال دیجیتال (DSPها) FPGAها، مبدل های آنالوگ به دیجیتال (A\D)، حسگرهای اثر هال و غیره به بازار آمدند. اما یک نکته که در مورد فیلترهای فعال باید در نظر داشت این است که کاربرد آنها به منظور بهبود کیفیت توان الکتریکی معنایی بسیار وسیع تر از فیلتر کردن هارمونیکی دارد[۱].

امروزه می توان کمیت و کیفیت انرژی الکتریکی تولید شده در یک کشور را معیاری مناسب برای سنجش میزان پویایی صنعتی آن کشور در نظر گرفت. آنچه در دنیای صنعتی کنونی برای ما بسیار مهم است، کیفیت بهتر برای عرضه و برآوردن رضایت مصرف کنندگان می باشد. بارهای غیرخطی با ایجاد هارمونیک های ولتاژ وجریان از جمله مشکلات و مسایل در تامین این اهداف هستند. با افزایش مصرف کننده های غیرخطی، هارمونیک های تزریق شده به شبکه و اثرات آنها اهمیت بیشتری یافته است. جریان های هارمونیکی در مسیرهای با امپدانس کم یا در شرایط تشدید، در سیستم قدرت انتشار یافته است و می توانند مشکلاتی را برای مصرف کننده هایی که خود تولید کننده هارمونیک نیستند، به وجود آورند[۲]. این مسئله در شکل (۱-۱) نشان داده شده است.

[1] .Insulated-Gate Bipolar Transistors

مصرف کننده الکترونیکی، کاربردهای داخلی و محدوده وسیعی از کاربردهای صنعتی برای مثال توان الکتریکی می توا ند باعث اختلال زیادی در تغذیه الکتریکی شده است[۳].



شکل (۱-۱) :مخدوش شدن ولتاژ به علت وجود بار غیر خطی

۱-۲- اهداف پروژه

هدف از انجام این پروژه، مطا لعه و شبیه سازی فیلتر فعال توان موازی جهت جبران سازی هارمونیک های تولید شده است که برای این منظور از کنترل کننده منطق فازی هیبریدی استفاده شده است از جمله هدف های اولیه این موضوع است.

به طور خلاصه، اهداف پروژه را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

۱- بررسی فیلترها بخصوص فیلترهای فعال و هارمونیک ها

۲- مطالعه و شناخت جامع روش های کنترلی مختلف فیلترهای فعال

۳- طراحی وشبیه سازی فیلتر فعال موازی با کمک کنترل کننده PI، منطق فازی و نظاره گر فازی هیبریدی جهت جبران سازی هارمونیک ها

۱-۳- ساختار گزارش

گزارش حاضر مشتمل بر پنج فصل است که توضیحات فصول در زیر آمده است. در فصل اول، مقدمه، ابتدا با ذکر مقدمه ای بر موضوع، اهداف پروژه بررسی و نهایتا" ساختار گزارش به طور کلی مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل دوم، فیلترهای فعال در سیستم قدرت مورد بررسی قرار گرفته است. در این فصل ابتدا هارمونیک ها و مشکلات و استانداردهای مربوط به هارمونیک توضیح داده شده است. و نحوه دسته بندی بارهای هارمونیکی از منظر فیلتر کردن آنها بیان شده است. و در ادامه فصل به فیلترها بخصوص فیلترهای فعال و به اصول کلی فیلترهای فعال توضیح و سپس در مورد فیلترهای فعال ترکیبی توضیحات لازم صورت گرفته است.

فصل سوم، روش های تعیین سیگنال مرجع برای سیستم کنترل، روش های کنترلی فیلتر فعال موازی و فرمول بندی٤ روش کنترلی فیلتر فعال موازی بررسی گردیده و در ادامه فصل جبران سازی هارمونیکی با استفاده از فیلتر فعال و کنترل کننده PI، فازی توضیح داده شده است.

فصل چهارم اقدام به طراحی فیلتر فعال موازی با کنترل کننده PI، فازی ونظاره گر فازی هیبریدی جهت جبران سازی هارمونیکی شبیه سازی شده است.

فصل پنجم به مقایسه نتایج کنترل کننده های مورد استفاده و نیز ارائه پیشنهادات برای کارهای آینده اختصاص دارد.

فصل۲: فیلترهای حذف هارمونیک