دانشکده مهندسی برق و رباتیک

گروه قدرت

تشخیص نقاط اتصال منابع فلیکر در یک سیستم قدرت

دانشجو:

جلال خداپرست قادی کلایی

استاد راهنما:

دکتر علی دستفان

استاد مشاور:

دکتر هادی گرایلو

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۰

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه

درخت پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنها شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان

در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم.

والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چرا

که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی ام بوده اند دستم را گرفتند و راه رفتن

را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند.

آموزگارانی که برایم زندگی؛ بودن و انسان بودن را معنا کردند

حال این برگ سبزی است تحفه درویش تقدیم آنان...

و تقدیم به خواهر عزیزم سارینا

تشکر و قدردانی

از زحمات استاد گرانقدر، جناب آقای دکتر علی دستفان که در تهیه این پایان نامه مرا یاری نمودند و در تمامی مراحل مرا از راهمنایی های خردمندانه خویش بهره مند ساختند کمال تشکر و قدر دانی نمایم. همچنین از جناب آقای دکتر هادی گرایلو نیز به دلیل راهنماییهای بسیار خوبشان کمال تشکر را دارم. امیدوارم همیشه در پناه لطف خدای متعال، موفق و پیروز باشند.

چکیده

در سال های اخیر، با زیاد شدن بار های غیر خطی در شبکه قدرت، بحث کیفیت توان هم برای مصرف کننده و هم برای تولید کننده از اهمیت خاصی برخوردار شد. یکی از مهم ترین پدیدههای کیفیت توان، فلیکر است. به جهت رقابتی که در بازار برق وجود دارد، حذف یا کاهش اثرات منفی فلیکر ضروری است. هسته اصلی تحلیل وبررسی فلیکر، دنبال سازی پوش ولتاژ است. در این پایان نامه، چهار روش بر پایه تبدیل d-q برای دنبال سازی همه مولفه های فلیکری موجود در پوش ارائه شده است (روش جدید بر پایه تبدیل d-q، روش مربعی بهبود یافته، روش یکسو کننده نیم موج بهبود یافته، روش شیفت فاز بهبود یافته). روش های پیشنهادی قادر به دنبال سازی بیش از یک مولفه فلیکری در پوش ولتاژ می باشند.

شناسایی منابع فلیکر یک بخش مهم در مسائل جبران سازی است. روش های زیادی در مقالات مختلف برای شناسایی منبع فلیکر ارئه شده است از جمله توان فلیکر و شبکه عصبی. اما مساله وجود چندین منبع فلیکر به طور هم زمان با استفاده از شبکه عصبی تا کنون بررسی نشده است. در این پایان نامه از روش یکسو کننده نیم موج بهبود یافته برای استخراج دامنه و فاز مولفه های فلیکری استفاده شده و سپس سه روش مختلف برای شناسایی چندین منبع فلیکر در یک سیستم قدرت پیشنهاد داده شده است. در روش پیشنهادی اول، اختلاف فاز بین ولتاژ و جریان مولفه های فلیکری به عنوان شاخص تشخیص منابع فلیکر در نظر گرفته شده است و با استفاده از جهت شارش توان فرکانس اصلی در خطوط مورد نظر به عنوان مرجع، و جهت توان فلیکر، منابع فلیکر به درستی شناسایی شدند. در روش پیشنهادی دوم، دامنه مولفه های فلیکری به عنوان شاخص تشخیص منابع در نظر گرفته شده و بزرگترین دامنه، محل نصب بار فلیکر زا را نشان می دهد. در روش سوم به منظور کاهش دستگاه های اندازه گیری، از دامنه مولفه های فلیکری و شبکه عصبی باهم استفاده شده است.

عملکرد تبدیل d-q در دنبال سازی مولفه های فلیکری با استفاده از سیگنال های مصنوعی تولید شده در MATLAB بررسی شد وعلاوه بر این، سه روش پیشنهادی برای تشخیص منابع فلیکر زا بر روی یک شبکه قدرت شش باسه مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج شبیه سازی ها نشان می دهد که با استفاده از روش های پیشنهادی می توان همه بار های فلیکرزا را به درستی شناسایی کرد.

کلید واژه: الگوریتم d-q، توان فلیکر، شبکه عصبی، کیفیت توان، منابع فلیکر زا، مولفه های فلیکری.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۰

۱-۱- کیفیت توان ۱

۱-۲- محل اتصال منبع فلیکر ۳

۱-۳- ساختار کلی پایان نامه ۴

فصل دوم: بارضربه ای و نوسان ولتاژ..... ۵

۲-۱- مقدمه ۶

۲-۲- بار های ضربه ای ۶

۲-۳- نوسان ولتاژ ۹

۲-۳-۱- محاسبه فلیکر ۱۲

۲-۴- روش های جبران ۱۶

۲-۴-۱- استفاده از ادوات custom power در سیستم توزیع..... ۱۷

۲-۵- خلاصه ۱۸

فصل سوم: دنبال کردن پوش و تشخیص منابع فلیکر..... ۱۹

۳-۱- مقدمه ۲۰

۳-۲- سیستم مانیتورینگ توزیع شده بهبود یافته..... ۲۲

۳-۳- روش شیب ولتاژ- جریان و توان فلیکر..... ۲۴

۳-۳-۱- مدولاسیون دامنه ۳۲

۳-۳-۲- محاسبه توان فلیکر ۳۵

۳-۴- خلاصه ۳۸

فصل چارم: روش های پیشنهادی برای تشخیص چند منبع فلیکر در یک شبکه قدرت..... ۳۹

۴-۱- مقدمه ۴۰

۴-۲- دنبال سازی مولفه های فلیکری موجود در پوش..... ۴۳

۴-۲-۱- الگوریتم پیشنهادی برای شناسایی فرکانس مولفه های فلیکری موجود در پوش۴۳

۴-۲-۲- روش پیشنهادی اول جهت دنبال سازی مولفه های فلیکری..... ۴۷

۴-۲-۳- روش پیشنهادی دوم جهت دنبال سازی مولفه های فلیکری..... ۵۰

۴-۲-۴- روش پیشنهادی سوم جهت دنبال سازی مولفه های فلیکری..... ۵۳

۴-۲-۵- روش پیشنهادی چهارم جهت دنبال سازی مولفه های فلیکری..... ۵۶

۴-۳- تشخیص چند منبع فلیکر در یک شبکه قدرت..... ۶۰

۴-۳-۱- روش تشخیص منابع فلیکر زا بر اساس توان فلیکر و فاز مولفه فلیکری..... ۶۱

۴-۳-۲- روش تشخیص منابع فلیکر زا بر اساس دامنه مولفه فلیکری..... ۶۲

۴-۳-۳- روش تشخیص منابع فلیکر زا بر اساس دامنه مولفه فلیکری و شبکه عصبی.... ۶۳

۴-۴- خلاصه ۶۴

فصل پنجم: نتایج شبیه سازی..... ۶۵

۵-۱- مقدمه ۶۶

۵-۲- نتایج شبیه سازی چهار روش پیشنهادی جهت دنبال کردن مولفه های فلیکری پوش..... ۶۶

۵-۳- تشخیص منابع فلیکر در یک سیستم قدرت..... ۷۷

۵-۳-۱- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش اول..... ۷۹

۵-۳-۱-۱- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش اول (یک بار فلیکر زا)... ۸۰

۵-۳-۱-۲- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش اول (دو بار فلیکر زا) ۸۲

۵-۳-۱-۳- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش اول (سه بار فلیکر زا) ۸۵

۵-۳-۲- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش دوم..... ۸۷

۵-۳-۲-۱- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش دوم (یک بار فلیکر زا) .. ۸۸

۵-۳-۲-۲- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش دوم (دو بار فلیکر زا)... ۸۸

۵-۳-۳- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش سوم..... ۹۳

۵-۳-۳-۱- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش سوم (یک بار فلیکر زا) .. ۹۹

۵-۳-۳-۲- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش سوم (دو بار فلیکر زا) ... ۹۹

۵-۴- خلاصه ۱۰۴

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات..... ۱۰۶

۶-۱- نتیجه گیری ۱۰۷

۶-۲- پیشنهادات ۱۰۸

پیوست ۱۰۹

مراجع ۱۱۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- منحنی ولتاژ جوشکاری با ترانس جوش تغذیه شده از شبکه عمومی.....۷

شکل ۲-۲- مشخصه تجربی قوس ۹

شکل ۲-۳- شکل موج یک نمونه فلیکر ۱۱

شکل ۲-۴- شاخص SCVD به صورت تابعی از توان نامی کوره..... ۱۳

شکل ۲-۵- منحنی تغییرات ضرایب حساسیت بر حسب فرکانس های فلیکر..... ۱۴

شکل ۳-۱- طرح مانیتورینگ توضیح شده بهبود یافته ۲۳

شکل ۳-۲- دیاگرام تک خطی یک سیستم دو باسه با دو منبع فلیکر..... ۲۴

شکل ۳-۳- مدل مداری سیستم دو باسه ۲۶

شکل ۳-۴- مدار ساده شده ۲۷

شکل ۳-۵- تغییرات پوش ولتاژ و جریان ناشی از عملکرد منبع فلیکر در پایین دست نقطه مشاهده..... ۲۹

شکل ۳-۶- مدل مداری سیستم دو باسه در حالت دوم..... ۳۰

شکل ۳-۷- تغییرات پوش ولتاژ و جریان ناشی از عملکرد منبع فلیکر در بالادست دست نقطه مشاهده... ۳۱

شکل ۳-۸- مدولاسیون دامنه ۳۳

شکل ۳-۹- طیف فرکانسی مدولاسیون دامنه ۳۴

شکل ۳-۱۰- دیاگرام تک خطی شامل یک خط ورودی و N خط خروجی..... ۳۵

شکل ۳-۱۱- جداسازی پوش به روش مربعی (دمدولاسیون مربعی) ۳۶

شکل ۳-۱۲- منحنی درک انسان از فلیکر بر حسب اساتنداردIEC 61000-4-15..... ۳۶

شکل ۴-۱- مفهوم تبدیل abc-dq ۴۲

شکل ۴-۲- تشخیص فرکانس های موجود سیگنال ۴۶

شکل ۴-۳- بلوک دیاگرام واحد تشخیص دهنده..... ۴۶

شکل ۴-۴- روش پیشنهادی اول جهت دنبال سازی مولفه های فلیکری..... ۴۹

شکل ۴-۵- دمدولاسیون مربعی بهبود یافته با استفاده از تبدیل d-q..... ۵۲

شکل ۴-۶- دمدولاسیون یکسو کننده نیم موج بهبود یافته با استفاده از تبدیل d-q..... ۵۵

شکل ۴-۷- دمدولاسیون شیفت فاز بهبود یافته با استفاده از تبدیل d-q..... ۵۹

شکل ۴-۸- روش یکسو کننده نیم موج بهبود یافته جهت شناسایی منابع فلیکر..... ۶۱

شکل ۵-۱- سیگنال خام ولتاژ با دو مولفه فلیکری ۱۰ و ۷ هرتزدر پوش..... ۶۷

شکل ۵-۲- طیف فرکانسی اول (ایجاد شده توسط ضرب کردن در cos) ۶۷

شکل ۵-۳- طیف فرکانسی دوم (ایجاد شده توسط ضرب کردن در sin) ۶۸

شکل ۵-۴- طیف فرکانسی اول (ایجاد شده توسط ضرب کردن در cos) برای نمونه ولتاژ دوم..... ۶۹

شکل ۵-۵- طیف فرکانسی دوم (ایجاد شده توسط ضرب کردن در sin) برای نمونه ولتاژ دوم..... ۷۰

شکل ۵-۶- دنبال سازی مولفه فلیکری ۱۰ هرتز با استفاده از روش پیشنهادی اول..... ۷۱

شکل ۵-۷- دنبال سازی مولفه فلیکری ۷ هرتز با استفاده از روش پیشنهادی اول..... ۷۲

شکل ۵-۸- دنبال سازی مولفه فلیکری ۱۰ هرتز با استفاده از روش دوم ۷۳

شکل ۵-۹- دنبال سازی مولفه فلیکری ۷ هرتز با استفاده از روش روش دوم ۷۳

شکل ۵-۱۰- دنبال سازی مولفه فلیکری ۱۰ هرتز با استفاده از روش روش سوم ۷۴

شکل ۵-۱۱- دنبال سازی مولفه فلیکری ۷ هرتز با استفاده از روش روش سوم ۷۴

شکل ۵-۱۲- دنبال سازی مولفه فلیکری ۱۰ هرتز با استفاده از روش چهارم ۷۵

شکل ۵-۱۳- دنبال سازی مولفه فلیکری ۷ هرتز با استفاده از روش چهارم ۷۵

شکل ۵-۱۴- شبکه قدرت شش باسه ۷۸

شکل ۵-۱۵- مدل یک دستگاه جوش نقطه ۷۸

شکل ۵-۱۶- جریان یک دستگاه جوش تک فاز با فرکانس پوش ۱۰ هرتز..... ۷۹

شکل ۵-۱۷- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش اول (یک بار فلیکر زا در شبکه قدرت) ۸۲

شکل ۵-۱۸- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش اول (دو بار فلیکر زا در شبکه قدرت) ۸۴

شکل ۵-۱۹- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش اول (سه بار فلیکر زا در شبکه قدرت) ۸۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۵-۱- خطای چهار روش پیشنهادی جهت دنبال کردن مولفه های فلیکری پوش..... ۷۶

جدول ۵-۲- نتایج بدست آمده در حالت وجود یک منبع فلیکر زا (روش اول)..... ۸۰

جدول ۵-۳- نتایج بدست آمده از روش اول برای مولفه فلیکری ۵ هرتز (دو منبع فلیکرزا)..... ۸۳

جدول ۵-۴- نتایج بدست آمده از روش اول برای مولفه فلیکری ۱۰ هرتز ا(دو منبع فلیکرزا)..... ۸۳

جدول ۵-۵- نتایج بدست آمده از روش اول برای مولفه فلیکری ۵ هرتز (سه منبع فلیکرزا)..... ۸۵

جدول ۵-۶- نتایج بدست آمده از روش اول برای مولفه فلیکری ۱۰ هرتز (سه منبع فلیکرزا)..... ۸۶

جدول ۵-۷- نتایج بدست آمده از روش اول برای مولفه فلیکری ۱۵ هرتز (سه منبع فلیکرزا)..... ۸۶

جدول ۵-۸- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش دوم (یک بار فلیکر زا در شبکه قدرت) ۸۹

جدول ۵-۹- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش دوم (دو بار فلیکر زا)(سه حالت اول)..... ۹۱

جدول ۵-۱۰- تشخیص منابع فلیکر با استفاده از روش دوم (دو بار فلیکر زا)(سه حالت دوم) ۹۲

جدول ۵-۱۱- ورودی شبکه عصبی جهت انجام فرآیند آموزش..... ۹۶

جدول ۵-۱۲- خروجی شبکه عصبی جهت انجام فرآیند آموزش..... ۹۷

جدول ۵-۱۳- ورودی و خروجی تست شبکه عصبی برای حالت یک بار فلیکر زا(دو حالت اول)..... ۱۰۰

جدول ۵-۱۴- ورودی و خروجی تست شبکه عصبی برای حالت یک بار فلیکر زا (دو حالت دوم) ۱۰۱

جدول ۵-۱۵- ورودی و خروجی تست شبکه عصبی برای حالت دوبار فلیکر زا (حالت اول)..... ۱۰۲

جدول ۵-۱۶- ورودی و خروجی تست شبکه عصبی برای حالت دوبار فلیکر زا (حالت دوم) ۱۰۳

جدول الف-۱- اطلاعات خطوط شبکه شش باسه..... ۱۱۰

جدول الف-۲- اطلاعات ژنراتور ها و بار های شبکه شش باسه..... ۱۱۱

فصل اول

مقدمه

۱-۱- کیفیت توان[1]

امروزه به طور گسترده توجه مشترکین به شکل روز افزونی به مسئله کیفیت برق تحویلی و تداوم آن معطوف شده است. مشترکین مانند گذشته فقط به داشتن برق اکتفا نکرده بلکه برقی با کیفیت بالا مورد نظر آنهاست. از جمله دلایل این توجه، استفاده روز افزون از تجهیزات الکتریکی جدیدتر نسبت به گذشته و حساسیت این تجهیزات نسبت به تغییرات کیفیت برق می باشد. اخیراً تاکید بسیاری روی پیشرفت صنایع با استفاده از دستگاه های مدرن و اتوماتیک صورت پذیرفته واین مسائل نسبت به نوسانات موجود در شبکه برق حساس میباشند. علاوه بر آن در بخش مصارف خانگی و تجاری استفاده از وسایل الکتریکی جدید مخصوصاً کامپیوتر و تلویزیون و سایر وسایل مشابه، روز به روز فزونی یافته و با توجه به حساسیت این وسایل و تجهیزات به کیفیت برق مخصوصاً عدم نوسان ولتاژ شبکه، ارائه برق مطمئن و با کیفیت خوب از وظایف اصلی شرکت برق میباشد. نوسانات ناشی از ترانس های جوشکاری در ولتاژ شبکه توزیع بعضاً به مشترکینی که از همان شبکه تامین برق شدهاند خساراتی وارد مینمایند وشکایات زیادی از مشترکین به شرکتهای توزیع در این زمینه وجود دارد که بعضاً منجر به پرداخت خسارات به مشترکین میشود. نوسانات ناشی از آسانسورها نیز در شبکه توزیع مشکل ساز است. از طرفی با توجه به روند ساخت وساز ها و نیاز به استفاده از آسانسورها در مجتمعهای تجاری و مسکونی میبایست راه حل و روشهای تامین برق این بارها از شبکههای عمومی توزیع مورد بررسی قرار گیرد. در شبکه های قدرت نیز، کورههای قوس الکتریکی [2] و دستگاههای جوش نقطه[3] مسائل کیفیت توان در شبکه قدرت ایجاد می کنند. شرکت های برق نیز بنا به دلایل زیادی از

[1] - Power Quality
[2] - Arc Furnace
[3] - Spot Welder

قبیل ضرورت رضایت مشترکین، عملکرد صحیح تجهیزات حفاظتی و رلهها، کاهش خسارات وارد شده به مشترکین و رقابت در بازار برق، به مشکلات فوق توجه نشان میدهند.

در سالهای اولیه اختراع برق و استفاده از این انرژی برای روشنایی، مردم کم و بیش با پدیده سو سو زدن نور لامپها برخورد میکردند ولی به علت نو بودن انرژی الکتریکی توجه چندانی به آن نداشتند. با پیشرفت تکنولوژی و اختراع دستگاهها و تجهیزات مختلف برقی مسئله فوق باعث نارضایتی مشترکین گردید. لذا مسئله بررسی نوسانات ولتاژ و چگونگی جبران آنها و بهبود کیفیت برق مورد توجه شرکت های برق قرار گرفت. از عوامل ایجاد نوسان ولتاژ در شبکه میتوان به تغییرات ناگهانی در جریان وسایلی نظیر کورههای الکتریکی، دستگاههای نورد، حفاری و جوشکاری و هم چنین جریان راه اندازی موتورهای الکتریکی اشاره نمود (در کل بارهای بزرگی که به صورت قطع و وصلی وارد شبکه میشوند). این بارها به بارهای ضربه ای معروف هستند. هنگام کار بارهای مذکور، ولتاژ شبکه به شدت دچار نوسان شده و پدیده ای به نام فلیکر[1] روی شبکه ایجاد میشود که اثرات ناشی از آن به صورت چشمک زدن در لامپهای روشنایی و بروز اختلال در وسائل خانگی مانند تلویزیون وکامپیوتر و دستگاههای الکترونیکی پدیدار می شود. صفت ضربهای برای این بارها از آن جهت انتخاب شده که آن ها به صورت ناگهانی توان مصرفی خود را تغییر میدهند. میتوان ترانسهای جوشکاری و آسانسورها را در شبکه های توزیع و دستگاه جوش نقطه در کارخانجات صنعتی و کوره قوس الکتریک را در شبکه های فوق توزیع به عنوان نمونههایی از بارهای ضربه ای نام برد.

[1] - Flicker

۱-۲- محل اتصال منبع فلیکر

یافتن منبع یا منابع تولیدکننده فلیکر، هم برای شرکتهای برق و هم برای مشترکین از اهمیت خاصی برخوردار است زیرا شرکتهای برق به دلیل وجود بازار رقابتی در پی بالا بردن کیفیت برق تولیدی خود هستند و کاهش یا در صورت امکان حذف فلیکر، یکی از اقداماتی است که باید در این زمینه انجام دهند. کاهش یا حذف فلیکر موجود در شبکه، جز با یافتن محل منبع یا منابع فلیکر امکان پذیر نیست. هسته اصلی مباحث مربوط به تشخیص محل بار فلیکرزا، شناسایی وجداسازی پوش ولتاژ و جریان از سیگنال اصلی آنها میباشد. زیرا بر طبق روابط ریاضی که در فصلهای آینده مطرح خواهد شد، فلیکر، خود را به صورت پوش قرار گرفته شده روی هارمونیک اصلی نمایش می دهد. روشهای متعددی برای شناسایی این پوش وجود دارد. روشهای دمدولاسیون مربعی [۱]، یکسو کننده نیم موج [۲]، شیفت فاز [۳] از جمله این روشها هستند. بعد از جداسازی پوش، باید با استفاده از اطلاعات بدست آمده از این پوشها محل بار های فلیکر زا را در شبکه تعیین کرد. روش های معدودی در مقاله های مختلف برای شناسایی منابع فلیکر مطرح شده است. از جمله این روش ها، میتوان روش توان فلیکر را نام برد. اما مسئله بررسی چند منبع فلیکر به طور هم زمان به ندرت تا کنون بررسی شده است. برای بررسی چنین حالتی، دنبال کردن همه مولفه های فلیکری [۴] موجود در پوش الزامی است. این کار با استفاده از الگوریتم d-q [۵] در این پایان نامه انجام شده است. تبدیل d-q تا کنون برای شناسایی و دسته بندی اغتشاشات کیفیت توان استفاده شده است. با استفاده از این روش، سیگنالهای سه فاز به

[1] - Square Demodulation
[2] - Half Wave Rectifier
[3] - Phase Shifting
[4] - Flicker Tones
[5] - d-q Transformation