دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی برق گرایش قدرت

طراحی و ساخت فلیکرمتر اصلاح شده IEC

استادان راهنما:

دکتر پیمان معلم

دکتر آرش کیومرثی

پژوهشگر:

ابوالفضل زرگری

خرداد ماه ۱۳۸۹

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه متعلق به دانشگاه اصفهان است.

دانشگاه اصفهان

دانشکده فنی مهندسی

گروه برق

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی مهندسی برق گرایش قدرت

آقای ابوالفضل زرگری تحت عنوان

طراحی و ساخت فلیکرمتر اصلاح شده IEC

در تاریخ ۸۹/۳/۵ توسط هیئت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استادان راهنمای پایان نامه دکتر پیمان معلم با مرتبه علمی استادیار امضا

دکتر آرش کیومرثی با مرتبه علمی استادیار امضا

۲- استاد داور داخل گروه دکتر محمد صباحی با مرتبه علمی استادیار امضا

۳- استاد داور خارج از گروه دکتر بهزاد نظری با مرتبه علمی استادیار امضا

امضای مدیر گروه

با سپاس از همه کسانی که از من حمایت کردند
و
تقدیم به همه کسانی که دوستشان دارم

چکیده

امروزه مساله کیفیت توان نقش مهمی را در سیستم قدرت ایفا می کند. یکی از مشکلات کیفیت توان که اخیراً به آن توجه شده است، مواجهه با میان هارمونیک‌ها می‌باشد. متأسفانه میان هارمونیک ها اثرات مضری بر تجهیزات الکتریکی و مصرف کننده ها دارند. میان هارمونیک ها نوسانات ولتاژ و یا تغییراتی را در پوش ولتاژ تغذیه باعث می‌شوند. نمونه ای از اثرات نوسانات ولتاژ، فلیکر لامپ می‌باشد. هنگامی که نوسانات ولتاژ منجر به ایجاد چشمک زدن نور لامپ می‌شود، به این نوسانات، فلیکر ولتاژ گویند.

چشمک زدن نور لامپ، به عنوان اثر نوسان روشنایی یا رنگ شناخته می‌شود و هنگامی به وجود می‌آید که فرکانس مشاهده آن در محدوده فرکانس پایین تا فرکانس ترکیب تصاویر تغییر کند. چشمک زدن نور لامپ، یک مشکل ادراکی است اما این مساله از نوسانات ولتاژ در سیگنالی که برای روشن کردن لامپ استفاده می‌شود، ناشی می شود. قسمتی از این پایان نامه، عملکرد یک لامپ رشته‌ای و سیگنال فراهم شده برای آن را ارائه می دهد.

روش های اندازه گیری شدت فلیکر تخمین اثرات فلیکر بر روی مصرف کننده ها و سیستم قدرت را تسهیل خواهد کرد، همچنین اطلاعاتی را در مورد انتخاب یک تکنیک مناسب جهت کاهش فلیکر در اختیار قرار خواهد داد. در این پایان نامه، به ارزیابی روش های متداول و غیر متداول در اندازه گیری میان هارمونیک ها و فلیکر ولتاژ پرداخته شده و سپس دو روش متداول اندازه گیری فلیکر یعنی Δv_{10} و فلیکرمتر IEC61000-4-15 به طور مفصل مورد بحث قرار گرفته و مشکلات و کمبود های این دو روش متداول بررسی شده است. در پیاده سازی روش Δv_{10} معمولا از تبدیل FFT استفاده می شود که به خاطر خطای نشتی فرکانسی این تبدیل، نتایج حاصل از این روش مشکوک به نظر می رسد. فلیکرمتر IEC دارای سه ضعف است: عدم توانایی اندازه گیری اثر فلیکر ناشی از میان هارمونیک های فرکانس بالا، عدم توانایی اندازه گیری اثر فلیکر در انواع دیگر لامپ و عدم توانایی تعیین جهت فلیکر انتشار یافته در نقطه اندازه گیری.

برای هر کدام از روشهای ذکر شده، اصلاحاتی پیشنهاد شده و عملکرد آنها در یک سیستم شبیه سازی، مورد ارزیابی قرار گرفته است. در پایان، نمونه عملی هر کدام از این روش های پیشنهاد شده، پیاده سازی شده و عملکرد آنها در عمل مورد ارزیابی قرار گرفته است.

واژه های کلیدی: کیفیت توان، میان هارمونیک، فلیکر ولتاژ، فلیکرمتر، Δv_{10}، IEC61000-4-15.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه

۱-۱- کیفیت توان..... ۱

۱-۲- منابع ایجاد هارمونیک ها و میان هارمونیک ها..... ۲

۱-۳- فلیکر..... ۳

۱-۴- روشهای اندازه گیری..... ۴

۱-۴-۱- اندازه گیری میان هارمونیک ها..... ۵

۱-۴-۲- اندازه گیری فلیکر ولتاژ..... ۶

۱-۴-۳- روشهای غیرمتداول اندازه گیری..... ۷

۱-۵- اهداف پایان نامه..... ۸

فصل دوم: مدلسازی فلیکر

۲-۱- مقدمه..... ۹

۲-۲- معرفی لامپ رشته ای..... ۹

۲-۳- ولتاژ تغذیه لامپ..... ۱۱

۲-۴- نتیجه گیری..... ۱۵

فصل سوم: روشهای اندازه گیری Δv_{10} و فلیکرمتر IEC

۳-۱- مقدمه..... ۱۶

۳-۲-اندازه گیری فلیکر به روش Δv_{10}..... ۱۶

۳-۳- فلیکر متر IEC..... ۱۸

۳-۳-۱- ترانسفورمر ورودی..... ۱۸

۳-۳-۲- بلوک اول..... ۲۰

۳-۳-۳- بلوک دوم..... ۲۰

۳-۳-۴- بلوک سوم..... ۲۰

۳-۳-۵- بلوک چهارم..... ۲۱

عنوان **صفحه**

۳-۳-۶- بلوک پنجم ۲۱
۳-۳-۷- درون یابی خطی ۲۲
۳-۳-۸- درون یابی غیر خطی ۲۳
۳-۳-۹- محاسبه شاخصهای اندازه گیری ۲۴
۳-۳-۱۰- کالیبره کردن فلیکرمتر ۲۵
۳-۴- نتیجه گیری ۲۷

فصل چهارم: اصلاح روشهای اندازه گیری Δv_{10} و فلیکرمتر IEC

۴-۱- مقدمه ۲۸
۴-۲- اصلاح روش اندازه گیری Δv_{10} ۲۸
۴-۲-۱-مشکلات به کارگیری تبدیل FFT ۲۹
۴-۲-۲- الگوریتم پیشنهادی برای بهبود روش اندازه گیری Δv_{10} ۳۰
۴-۲-۳- یک مثال از عملکرد الگوریتم پیشنهادی ۳۶
۴-۲-۴- ارزیابی الگوریتم پیشنهادی ۳۹
۴-۳- اصلاح روش اندازه گیری فلیکرمتر IEC ۴۳
۴-۳-۱- نقص و کمبود فلیکرمتر IEC ۴۳
۴-۳-۲- اصلاحات پیشنهادی برای رفع نقصهای فلیکرمتر IEC ۴۸
۴-۳-۳- فلیکرمتر پیشنهادی ۵۹
۴-۳-۴- شبیه سازی عملکرد فلیکرمتر پیشنهادی ۶۰
۴-۴- نتیجه گیری ۶۸

فصل پنجم: پیاده سازی عملی روش های پیشنهادی

۵-۱- مقدمه ۶۹
۵-۲- پیاده سازی سخت افزاری الگوریتم پیشنهادی اندازه گیری شاخص Δv_{10} ۶۹
۵-۲-۱- پیاده سازی بلوک ADALINE ۷۲
۵-۲-۲- ذخیره سازی داده های نمونه برداری شده ۷۲

عنوان **صفحه**

۵-۲-۳- پیاده سازی بلوک FFT and Estimation ۷۲

۵-۲-۴- پیاده سازی بلوک PSO..... ۷۶

۵-۲-۵- پیاده سازی بلوک Δv_{10}..... ۷۷

۵-۲-۶- نمایش شاخص Δv_{10} بر روی LCD..... ۷۷

۵-۲-۷- فلوچارت برنامه نوشته شده برای میکروکنترلر ۷۷

۵-۲-۸- زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی در پیاده سازی سخت افزاری..... ۷۸

۵-۲-۹- ساخت منبع فلیکر برای ارزیابی عملکرد سخت افزار طراحی شده..... ۷۹

۵-۲-۱۰- ارزیابی عملی سخت افزار طراحی شده..... ۸۱

۵-۳- پیاده سازی سخت افزاری فلیکرمتراصلاح شده IEC..... ۸۸

۵-۳-۱- پیاده سازی بلوک تنظیم کننده ولتاژ ورودی..... ۹۲

۵-۳-۲- پیاده سازی بلوک دمدولاتور..... ۹۵

۵-۳-۳- ذخیره داده های نمونه برداری شده..... ۱۰۲

۵-۳-۴- پیاده سازی بلوک سوم و چهارم فلیکرمتر..... ۱۰۴

۵-۳-۵- پیاده سازی بلوک پنجم فلیکرمتر..... ۱۲۴

۵-۳-۶- پیاده سازی بلوک تحلیل آماری داده ها..... ۱۳۳

۵-۳-۷- پیاده سازی قسمت مربوط به تعیین جهت فلیکر..... ۱۳۵

۵-۳-۸- فلوچارت برنامه میکروکنترلر..... ۱۳۶

۵-۳-۹- زمان اجرای الگوریتم پیشنهادی در پیاده سازی سخت افزاری..... ۱۳۷

۵-۳-۱۰- نحوه عملکرد دستگاه طراحی شده..... ۱۳۷

۵-۴- نتیجه گیری..... ۱۳۸

فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات

منابع و مآخذ..... ۱۴۱

فهرست شکل ها

عنوان **صفحه**

شکل (۲-۱): ساختار لامپ رشته ای ۱۰

شکل (۲-۲): نمودار $v(t)$ ۱۳

شکل(۲-۳): نمودار $v_{lamp}^{2}(t)$ ۱۳

شکل(۲-۴): نمودار $v_{lamp}^{2}(t)$ پس از عبور از فیلتر میان گذر ۱۴

شکل (۲-۵): نمودار توان رسیده به لامپ ۱۵

شکل (۳- ۱): منحنی حساسیت بینایی ۱۷

شکل(۳-۲): بلوک دیاگرام فلیکرمتر IEC ۱۹

شکل (۳-۳): بلوک سوم فلیکرمتر ۲۰

شکل(۳- ۴): منحنی CPF ۲۲

شکل (۳-۵): درون یابی خطی ۲۳

شکل (۳-۶): درون یابی غیرخطی ۲۴

شکل (۴-۱):دامنه و فرکانس تخمین زده شده توسط تبدیل FFT در مقایسه با مقادیر واقعی ۲۹

شکل (۴-۲): بلوک دیاگرام روش پیشنهادی ۳۰

شکل (۴-۳): شبکه آدالاین طراحی شده ۳۲

شکل(۴-۴): تغییرات پارامترهای w_1,w_2 در طول زمان ۳۷

شکل (۴-۵): منحنی های $v(t)$ و خروجی آدالاین و سیگنال خطا ۳۷

شکل(۴-۶): طیف فرکانسی سیگنال A_{EN} ۳۸

شکل (۴-۷): خطای میان خروجی روش پیشنهادی و مقادیر واقعی با تغییر فرکانس مولفه فلیکر ۳۹

شکل (۴-۸): منحنی های $v(t)$ و خروجی آدالاین و سیگنال خطا ۴۰

شکل(۴-۹): طیف فرکانسی سیگنال A_{EN} ۴۱

شکل (۴-۱۰): خطای میان خروجی روش پیشنهادی و مقادیر واقعی سیستم ۴۲

شکل (۴-۱۱): شکل موج ایجاد شده توسط میان هارمونیک ۱۸۷ هرتز و طیف مجذور ولتاژ ۴۵

شکل (۴-۱۲): الف) اثر اینترهارمونیک ۴۵ هرتز و ۱۴۵ هرتز ۴۶

عنوان **صفحه**

شکل (۴-۱۳): فیلتر باتروورث مرتبه ۶ ۴۷

شکل (۴-۱۴): مقایسه فیلتر باتروورث با فیلترهای دیگر ۴۷

شکل (۴-۱۶): جدا کردن مدل چشم-مغز و مدل لامپ ۴۸

شکل (۴-۱۷): منحنی مدل چشم- مغز ۴۹

شکل(۴-۱۸):منحنی تابع تبدیل لامپ Brilux Ekoline SGN 11W ۴۹

شکل (۴-۱۹): منحنی مرزی تابع تبدیل ۵۰

شکل (۴-۲۰): طیف فرکانسی مولفه اصلی به همراه میان هارمونیک ۵۸ هرتز ۵۲

شکل (۴-۲۱): شیفت مولفه ها ۵۲

شکل (۴-۲۲): مدل مداری چند منبع فلیکر ۵۴

شکل (۴-۲۳): بلوک دیاگرام اندازه گیری توان فلیکر ۵۶

شکل (۴-۲۴): شین شبکه قدرت با دو خط خروجی شامل منابع فلیکر ۵۷

شکل(۴-۲۶): فلیکرمتر بهبود یافته IEC ۵۹

شکل (۴-۲۷): بلوک های بهبود یافته فلیکرمتر ۶۰

شکل (۴-۲۸): دیاگرام تک خط ساده شده سیستم ۶۱

شکل (۴-۲۹): مدل هر فاز سیستم جوشکاری ۶۱

شکل (۴-۳۰): دیاگرام سیستم شبیه سازی ۶۱

شکل(۴-۳۱): پیاده سازی سیستم شبیه سازی در محیط SIMULINK ۶۲

شکل(۴-۳۲):پیاده سازی سیستم جوشکاری در محیط SIMULINK ۶۳

شکل(۴-۳۳): ولتاژ و جریان در ورودی فلیکرمتر و نقطه PCC ۶۳

شکل(۴-۳۴): طیف فرکانسی ولتاژ در نقطه PCC ۶۴

شکل (۴-۳۵): خروجی ولتاژ و جریان دمدولاتور مربعی فلیکرمتر (بلوک دوم) ۶۴

شکل (۴-۳۶): خروجی دمدولاتور پس از عبور از فیلتر میان گذر ۶۵

شکل(۴-۳۷): نمودارهای CPF ۶۶

شکل (۴-۳۸): توان فلیکر ۶۷

عنوان **صفحه**

شکل(۵-۱): یک فلیکرمتر آزمایشی برای اندازه گیری شاخص Δv_{10} بر پایه میکروکنترلر ARM ۷۰

شکل(۵-۲): شماتیک مدار طراحی شده برای محاسبه شاخص Δv_{10} ۷۱

شکل(۵-۳): سه مرحله محاسبات یک DFT با ۸ نقطه ۷۶

شکل(۵-۴): محاسبات پروانه ای پایه در الگوریتم FFT تقسیم در زمان مرتبه ۷۶

شکل(۵-۵): شماتیک اتصال LCD به میکروکنترلر ۷۷

شکل(۵-۶): فلوچارت برنامه پیاده سازی عملی روش پیشنهادی Δv_{10} بوسیله میکروکنترلر ARM ۷۸

شکل(۵-۷): سیستم سخت افزاری طراحی شده به عنوان منبع فلیکر ۷۹

شکل(۵-۸): شماتیک مدار تولید فلیکر ۸۰

شکل (۵-۹): خروجی مدار منبع فلیکر بر روی اسیلوسکوپ ۸۱

شکل (۵-۱۰): خروجی شبکه آدالاین بر روی اسیلوسکوپ ۸۲

شکل(۵-۱۱): نمایش شاخص Δv_{10} محاسبه شده، بر روی LCD ۸۲

شکل(۵-۲۱): نمای سخت افزار فلیکرمتر طراحی شده IEC ۸۹

شکل (۵-۲۲): شماتیک مدار فلیکرمتر طراحی شده ۹۰

شکل (۵-۲۳): سیگنال معادله (۵-۹) در حوزه زمان ۹۱

شکل (۵-۲۴): طیف سیگنال آورده شده در رابطه (۵-۹) در حوزه فرکانس ۹۲

شکل (۵-۲۵): سیگنال معادله (۵-۹) در حوزه زمان و بر روی اسیلوسکوپ ۹۲

شکل(۵-۲۶): تراشه MC1494 در مدار ۹۳

شکل (۵-۲۷): شماتیک مدار تنظیم کننده ولتاژ ورودی ۹۴

شکل (۵-۲۸): تصویر خروجی مدار تنظیم کننده ولتاژ ۹۵

شکل(۵-۲۹): شماتیک مدار تشخیص عبور از صفر ۹۶

شکل (۵-۳۰): سیگنال خروجی مقایسه گر به همراه سیگنال اصلی ۹۶

شکل(۵-۳۱): خروجی دمدولاتور برای لامپ گازی 60w ۹۷

شکل(۵-۳۲): طیف سیگنال خروجی دمدولاتور در حوزه فرکانس برای لامپ گازی 60w ۹۸

شکل (۵-۳۳): سیگنال خروجی دمدولاتور بر روی اسیلوسکوپ برای لامپ گازی 60w ۹۸

عنوان **صفحه**

شکل(۵-۳۴):سیگنال خروجی دمدولاتور برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W..... ۹۹

شکل (۵-۳۵): طیف سیگنال خروجی دمدولاتور در حوزه فرکانس..... ۹۹

شکل(۵-۳۶):سیگنال خروجی دمدولاتور بر روی اسیلوسکوپ برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W..... ۱۰۰

شکل(۵-۳۷):سیگنال خروجی دمدولاتور برای لامپ GE BiaxFEA 18TBX/HPF/I 20W..... ۱۰۰

شکل (۵-۳۸): طیف سیگنال خروجی دمدولاتور در حوزه فرکانس..... ۱۰۱

شکل (۵-۳۹): سیگنال خروجی دمدولاتور بر روی اسیلوسکوپ..... ۱۰۱

شکل (۵-۴۰) شکل پایه های کارت حافظه..... ۱۰۳

شکل (۵-۴۱): اتصال کارت به میکروکنترلر..... ۱۰۴

شکل(۵-۴۲): ابزار fdatool و فیلتر میان گذر طراحی شده..... ۱۰۵

شکل(۵-۴۳): سیگنال خروجی فیلتر میان گذر برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC..... ۱۰۶

شکل(۵-۴۴): سیگنال خروجی فیلتر میان گذر برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC..... ۱۰۶

شکل(۵-۴۵): سیگنال خروجی فیلتر میان گذر بر روی اسیلوسکوپ برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC..... ۱۰۷

شکل(۵-۴۶):سیگنال خروجی فیلتر میان گذر برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W..... ۱۰۷

شکل (۵-۴۷): طیف سیگنال خروجی فیلتر میان گذر در حوزه فرکانس..... ۱۰۸

شکل(۵-۴۸): سیگنال خروجی فیلتر میان گذر بر روی اسیلوسکوپ برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W..... ۱۰۸

شکل(۵-۴۹): سیگنال خروجی فیلتر میان گذر برای لامپ GE BiaxFEA 18TBX/HPF/I 20W..... ۱۰۹

شکل (۵-۵۰): طیف سیگنال خروجی فیلتر میان گذر در حوزه فرکانس..... ۱۰۹

شکل (۵-۵۱): سیگنال خروجی فیلتر میان گذر بر روی اسیلوسکوپ..... ۱۱۰

شکل(۵-۵۲): سیگنال خروجی منحنی وزن دهی برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC..... ۱۱۱

شکل (۵-۵۳): طیف سیگنال خروجی منحنی وزن دهی در حوزه فرکانس..... ۱۱۲

شکل(۵-۵۴): سیگنال خروجی منحنی وزن دهی بر روی اسیلوسکوپ برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC..... ۱۱۲

شکل(۵-۵۵): مقایسه تابع تبدیل تقریبی و واقعی برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W..... ۱۱۴

شکل(۵-۵۶): سیگنال خروجی منحنی وزن دهی برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W..... ۱۱۵

عنوان **صفحه**

شکل (۵-۵۷): طیف سیگنال خروجی منحنی وزن دهی در حوزه فرکانس..... ۱۱۵
شکل (۵-۵۸): سیگنال خروجی منحنی وزن دهی بر روی اسیلوسکوپ..... ۱۱۶
شکل(۵-۵۹): مقایسه تابع تبدیل تقریبی و واقعی برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W..... ۱۱۷
شکل(۵-۶۰): سیگنال خروجی منحنی وزن دهی برای لامپ GE BiaxFEA 18TBX/HPF/I 20W..... ۱۱۸
شکل (۵-۶۱): طیف سیگنال خروجی منحنی وزن دهی در حوزه فرکانس..... ۱۱۸
شکل (۵-۶۲): سیگنال خروجی منحنی وزن دهی بر روی اسیلوسکوپ..... ۱۱۹
شکل(۵-۶۳): سیگنال خروجی تابع تبدیل برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC..... ۱۲۰
شکل(۵-۶۴): طیف سیگنال خروجی تابع تبدیل در حوزه فرکانس برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC..... ۱۲۰
شکل(۵-۶۵): سیگنال خروجی تابع تبدیل بر روی اسیلوسکوپ برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC..... ۱۲۱
شکل(۵-۶۶): سیگنال خروجی تابع تبدیل برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W..... ۱۲۱
شکل (۵-۶۷): طیف سیگنال خروجی تابع تبدیل در حوزه فرکانس..... ۱۲۲
شکل (۵-۶۸): سیگنال خروجی تابع تبدیل بر روی اسیلوسکوپ..... ۱۲۲
شکل(۵-۶۹): سیگنال خروجی تابع تبدیل برای لامپ GE BiaxFEA 18TBX/HPF/I 20W..... ۱۲۳
شکل (۵-۷۰): طیف سیگنال خروجی تابع تبدیل در حوزه فرکانس..... ۱۲۳
شکل (۵-۷۱): سیگنال خروجی تابع تبدیل بر روی اسیلوسکوپ..... ۱۲۴
شکل(۵-۷۲): سیگنال خروجی مربع کننده برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC..... ۱۲۵
شکل (۵-۷۳): طیف سیگنال خروجی مربع کننده در حوزه فرکانس..... ۱۲۵
شکل(۵-۷۴): سیگنال خروجی مربع کننده بر روی اسیلوسکوپ برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC..... ۱۲۶
شکل(۵-۷۵): سیگنال خروجی مربع کننده برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W..... ۱۲۶
شکل (۵-۷۶): طیف سیگنال خروجی مربع کننده در حوزه فرکانس..... ۱۲۷
شکل (۵-۷۷): سیگنال خروجی مربع کننده بر روی اسیلوسکوپ..... ۱۲۷
شکل(۵-۷۸): سیگنال خروجی مربع کننده برای لامپ GE BiaxFEA 18TBX/HPF/I 20W..... ۱۲۸
شکل (۵-۷۹): طیف سیگنال خروجی مربع کننده در حوزه فرکانس..... ۱۲۸
شکل (۵-۸۰): سیگنال خروجی مربع کننده بر روی اسیلوسکوپ..... ۱۲۹

عنوان **صفحه**

شکل(۵-۸۱): سیگنال IFL برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC ۱۳۰

شکل(۵-۸۲): طیف فرکانسی سیگنال IFL برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC ۱۳۰

شکل(۵-۸۳): سیگنال IFL برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W ۱۳۱

شکل(۵-۸۴): طیف فرکانسی سیگنال IFL برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W ۱۳۱

شکل(۵-۸۵): سیگنال IFL برای لامپ GE BiaxFEA 18TBX/HPF/I 20W ۱۳۲

شکل(۵-۸۶): طیف فرکانسی سیگنال IFL برای لامپ GE BiaxFEA 18TBX/HPF/I 20W ۱۳۲

شکل(۵-۸۷): نمودار CPF برای لامپ 60w فلیکرمتر IEC ۱۳۳

شکل(۵-۸۸): نمودار CPF برای لامپ Brilux Ekoline SGN 11W ۱۳۴

شکل(۵-۸۹): نمودار CPF برای لامپ GE BiaxFEA 18TBX/HPF/I 20W ۱۳۴

شکل(۵-۹۰): فلیکرمتر اصلاح شده IEC ۱۳۵

شکل(۵-۹۱): فلوچارت برنامه میکروکنترلر LPC2368، برای پیاده سازی عملی فلیکرمتر IEC ۱۳۶

شکل(۵-۹۲): نمایش LCD در حالت نمونه برداری ۱۳۷

شکل(۵-۹۳): نمایش شاخص P_{st} و جهت آن بر روی LCD ۱۳۸

فهرست جدول ها

عنوان **صفحه**

جدول (۳-۱): محدوده ولتاژهای ورودی ۱۸

جدول (۳-۲): درصد زمان و ضرائب متناظر با آن ۲۵

جدول (۳-۳): پاسخ نرمال فلیکرمتر به نوسانات سینوسی ولتاژ ۲۶

جدول (۳-۴): پاسخ نرمال فلیکرمتر به نوسانات مربعی ولتاژ ۲۶

جدول (۳-۵): مشخصات تست کلاس بندی فلیکرمتر ۲۷

جدول(۴-۱): خروجی بلوک PSO در شرایط متفاوت شیفت فرکانس اصلی سیستم ۴۱

جدول (۴-۲): عملکرد فلیکرمتر در مواجهه با میان هارمونیک های مختلف ۴۴

جدول (۴-۳): مقادیر المانهای سیستم شبیه سازی ۶۲

جدول(۴-۴): شاخص P_{st} برای سه لامپ مختلف ۶۷

جدول(۵-۱): زمان اجرای قسمتهای مختلف فلوچارت برنامه میکروکنترلر ARM ۷۹

جدول(۵-۲): زمان اجرای قسمتهای مختلف فلوچارت برنامه میکروکنترلر ARM ۱۳۷

فصل اول

مقدمه

۱-۱- کیفیت توان

وابستگی زندگی امروز به تداوم انرژی برق باعث شده است که در حوزه سیستم های قدرت، مساله کیفیت توان در بالاترین درجه اهمیت قرار گیرد. کیفیت توان اکنون بخش مهمی از مباحث روز در حوزه برق را تشکیل می دهد. کیفیت توان عبارتی است که برای توصیف عملکرد توان الکتریکی به کار می‌رود. بیش از دو دهه است که مصرف کننده ها و صنایع برق نسبت به مشکلات کیفیت توان و مسائل مربوط به آن حساس شده اند. صنایع برق مسئول فراهم کردن درجه قابل اطمینانی از کیفیت توان برای مصرف کننده است و از طرفی مصرف کننده نیز مسئول

عدم ایجاد اختلال در این کیفیت توان است. استاندارد هایی برای محدودیت های کیفیت توان هم برای مصرف کننده و هم صنایع برق تعریف شده است، از جمله IEEE 519-1992 [۱].

از جمله پدیده های کیفیت توان می توان به موارد زیر اشاره کرد [۲]:

- فرورفتگی ولتاژ
- هارمونیک ها و میان هارمونیک ها
- خمیدگی ولتاژ
- برآمدگی ولتاژ
- عدم تعادل ولتاژ
- پرش فاز ولتاژ
- خرابی های سیستم قدرت

یکی از مشکلات کیفیت توان که اخیراً به آن توجه شده است مواجهه با میان هارمونیک ها می‌باشد. میان هارمونیک ها، ولتاژها و یا جریان هایی هستند که فرکانس‌هایی با مضارب غیر صحیحی از فرکانس سیستم تغذیه دارند. از طرفی هارمونیک‌ها، ولتاژها و جریان هایی هستند که فرکانس‌هایی با مضارب صحیحی از فرکانس تغذیه دارند. یک زیر مجموعه از میان هارمونیکها، زیر هارمونیک ها هستند که دارای فرکانس‌هایی زیر فرکانس اصلی سیستم می‌باشند.

۱-۲- منابع ایجاد میان هارمونیک ها و زیر هارمونیک ها

منابع عمده زیر هارمونیک و یا میان هارمونیک ها بارهای غیر خطی یا بارهای کلیدزنی هستند، مانند درایوهای الکتریکی بار متغیر، مبدل‌های فرکانسی استاتیک و بارهای قوس الکتریکی [۳].

راه انداز سرعت تنظیم پذیر[1] (ASD) یک منبع عمده از میان هارمونیک ها می‌باشد. ASD وسیله‌ای است که سرعت چرخش موتور را کنترل می‌کند. این وسیله سرعت را با تنظیم فرکانس ولتاژ تغذیه کنترل می کند. اجزای اصلی آن شامل یک یکسو کننده پل دیودی است که ولتاژ ac ورودی را به ولتاژ dc تبدیل می کند، در عین حال یک اینورتر مدلاسیون پهنای پالس که ولتاژ dc را به ac تبدیل می‌کند و یک کنترل کننده که فرکانس مطلوب را

1-Adjustable Speed Drive

برای کاربرد مورد نیاز تولید می‌کند. یک پیوند dc برای کاهش ریپل ولتاژ dc به وسیله اتصال یک خازن موازی بزرگ به طرف dc یکسو کننده پل دیودی به کار گرفته می‌شود [۴]. با این وجود برای بارهای نامتعادل، جریان هارمونیکی (که دارای فرکانسی با مضرب صحیحی از فرکانس سیستم تغذیه است) توسط اینورتر ایجاد می‌شوند و ممکن است از طریق پیوند dc انتشار یابند و از آن طرف باعث ایجاد میان هارمونیک هایی در سیستم قدرت شوند [۴ و ۵].

یک نمونه خاص از تزریق میان هارمونیک ها، سیستم راه انداز سیکلوکانورتر[۲] (CDS) می‌باشد. CDSها برای کاربردهایی با موتورهای سنکرون یا القایی از نوع توان بالا و سرعت پایین مانند کارخانه تولید فولاد، کارخانه های تراشکاری، پمپ ها یا متراکم کننده‌ها به کار می‌رود. CDS یک یکسو کننده ac-dc و یک اینورتر dc-ac به کار می‌برد. به خاطر کوپل مستقیم و نه پیوند dc، CDS به عنوان شدیدترین نمونه از تزریق میان هارمونیکها شناخته می‌شود [۶]. اندازه هر میان هارمونیک ایجاد شده بستگی به توپولوژی الکترونیک قدرت مدار و نحوه فیلترکردن آن دارد [۶].

از جمله منابع دیگر میان هارمونیک ها می‌توان به کوره‌های قوس الکتریکی اشاره کرد [۳]. کوره قوس الکتریکی سیستمی است که ماده را به وسیله قوس الکتریکی حرارت می‌دهد. در این هنگام یک جریان بزرگ باعث به وجود آمدن یک قوس در شکاف هوایی می‌شود. کوره قوس در فرایند قالب دهی فلزات استفاده می‌شود جایی که فلز ذوب شده و در قالب ریخته می‌شود. مشکل معروف کوره‌های قوس عدم تعادل، غیر خطی بودن و تغییرپذیر با زمان بودن بار است که باعث بوجود آمدن هارمونیک‌ها و میان هارمونیک می شود [۷ و ۸].

تبدیل انرژی باد از طریق توربین های بادی، یکی دیگر از منابعی است که اثر نامطلوبی بر روی کیفیت توان شبکه می گذارد [۹]. تولید نافرم و ناجور توان و اغلب اتصال آنها در انتهای خطوط تغذیه کننده طویل، برخی از دلایلی است که توربین های بادی را مورد توجه قرار می دهد. فلیکر ایجاد شده در حالت عملکرد پیوسته توربین بادی، به خاطر وجود نوسانات در توان تولید شده می باشد. نوسانات در توان تولید شده به طور عمده ناشی از تغییرات در سرعت باد، اثر سایه برج و مشخصات مکانیکی توربین است. علاوه براین در حالت عملکرد ناپیوسته توربین بادی،

1-Cycloconverter Drive System

در هنگام روشن و خاموش کردن آن، میان هارمونیک به شبکه تزریق خواهد شد [۱۰]. بیشتر تحقیقات انجام شده در این زمینه، بر روی میان هارمونیک ایجاد شده در حالت عملکرد پیوسته توربین انجام گرفته است [۱۱ و ۱۲].

۱-۳- فلیکر

متأسفانه میان هارمونیک ها دارای اثرات مضری بر تجهیزات الکتریکی و مصرف کننده ها هستند. میان هارمونیک ها، نوسانات ولتاژ و یا تغییراتی را در پوش ولتاژ تغذیه باعث می‌شوند. نمونه ای از اثرات نوسانات ولتاژ شامل فلیکر، تداخل مخابراتی و اشباع ترانسفورمرها می‌باشد. فلیکر یک مساله نسبتاً قدیمی در مسائل کیفیت توان است. این مساله ابتدا در دهه ۱۸۸۰ هنگام استفاده از سیستم ac به جای dc بروز پیدا کرد [۱۳]. نوسانات ولتاژی که باعث ایجاد چشمک زدن در شدت نور لامپ می شود را فلیکر ولتاژ گویند [۷ و ۱۳].

چشمک زدن نور لامپ به عنوان اثر نوسان روشنایی یا رنگ شناخته می‌شود و هنگامی به وجود می‌آید که فرکانس مشاهده آن در محدوده فرکانس پایین تا فرکانس ترکیب تصاویر تغییر کند [۱۴]. اینکه آیا چشم انسان چشمک زدن نور لامپ را تشخیص می‌دهد یا نه، بستگی به چند عامل دارد که از جمله می‌توان به نوع لامپ، شدت روشنایی، گذشت زمان، سن فرد، شرایط چشم و انطباق نور پس زمینه اشاره کرد [۱۵]. طبق روال، اگر سطحی در فلیکر توسط ۵۰ در صد افراد مورد آزمایش تشخیص داده شود، گفته می شود که چشمک زدن نور لامپ اتفاق افتاده است.

عملکرد چشم انسان در برابر فلیکر لامپ در مرجع [۱۵] مورد بحث قرار گرفته است. مردمک چشم انسان به وسیله دو ماهیچه مجزا کنترل می شود. ماهیچه باسطه و ماهیچه متسع کننده، ماهیچه باسطه به عنوان یک ماهیچه چرخشی شناخته می‌شود که انقباض مردمک چشم را کنترل می کند. ماهیچه متسع کننده یک ماهیچه شعاعی است که باز شدن مردمک چشم را کنترل می کند. هنگامی که نور به چشم می‌رسد، اندازه مردمک چشم کاهش می‌یابد تا نور کمتری وارد چشم شود. برعکس این حالت، هنگامی که نور کم باشد، اندازه مردمک چشم افزایش پیدا میکند تا اینکه نور بیشتری را جذب کند. اندازه مردمک چشم به طور معمول می‌تواند از ۲mm تا ۸mm تغییر کند. این به این معنی است که با تغییر اندازه مردمک، چشم می‌تواند میزان نوری که وارد می‌شود را تا ۳۰ برابر تغییر دهد. هنگامی که نور فلیکر به چشم می‌رسد ماهیچه باسطه و متسع کننده به طور متناوب منقبض و منسبط می‌شوند. نتیجه نهایی اینکه ماهیچه ها خسته و آزرده خواهند شد که این امر باعث اثراتی مانند سردرد، خستگی چشم و در بدترین حالت

حمله های عصبی می شود [۱۶ و ۱۷]. بنابراین فلیکر ولتاژ به عنوان یک مشکل ادراکی شناخته می شود، همچنین موارد نادری نیز از اثرات نامطلوب فلیکر بر عملکرد درایوهای الکتریکی، سیستمهای UPS[۳] و وسائل برقی نیز وجود دارد [۱۸].

۱-۴- روشهای اندازه گیری

روش های اندازه گیری شدت فلیکر تخمین اثرات فلیکر بر روی مصرف کننده ها و سیستم قدرت را تسهیل خواهد کرد، همچنین اطلاعاتی را در مورد انتخاب یک تکنیک مناسب جهت کاهش فلیکر در اختیار ما قرار خواهد داد. تکنیک‌های کاهش شامل جبران کننده های استاتیکی[۴] (SVC) [۱۹]، جبران کننده های هیبریدی [۲۰]، استفاده از فیلترهای اکتیو و پسیو [۲۱]، جایگزینی ترانسفورمرهای موجود با نوع KVA بالاتر یا افزایش ولتاژ کاری می‌باشد. پژوهش در اندازه گیری فلیکر ولتاژ و یا فلیکر لامپ اغلب به دو مبحث اندازه گیری میان هارمونیک ها و اندازه گیری فلیکر ولتاژ مجزا می‌شود.

۱-۴-۱- اندازه گیری میان هارمونیک ها

روش متداول اندازه‌گیری میان هارمونیک ها، تبدیل فوریه گسسته (DFT) و یا فرم کارآمد آن از لحاظ محاسباتی یعنی تبدیل فوریه سریع (FFT) می‌باشد. این روش به طور گسترده در اندازه گیری محتوای طیف فرکانسی سیگنال های پریودیک و زمان گسسته استفاده شده است [۲۱]. DFT یک تبدیل خطی از تعداد محدودی از نقاط به مجموعه دیگری از نقاط با تعدادی برابر است که روی دایره واحد در صفحه مختلط قرار می‌گیرند [۲۲]. از لحاظ ریاضی، نمونه های DFT، وابسته به ضرائب سریهای فوریه هستند که i امین ضریب فوریه مطابق با دامنه و زاویه فاز i امین هارمونیک می‌باشد. طیف کامل یک سیگنال پریودیک می‌تواند با استفاده از DFT فورموله شود.

مزیت این روش ساختار ساده‌ای است که منجر به بازدهی محاسباتی بالا و پیاده سازی آسان دیجیتالی آن می‌باشد [۲۳]. DFT فرکانس‌های ثابت و شناخته شده ای را بیرون می‌کشد. هنگامی که میان هارمونیک ها به فرکانس اصلی تزریق می شود، نتیجه آن غیر قابل پیش بینی بوده و احتمالاً غیر پریودیک است [۲۴]. مشکل استفاده از DFT برای اندازه گیری میان هارمونیک ها شامل نشت طیفی، توزیع طیف و اثرات Picket-fencing می باشد [۲۵]. DFT به تناوبی از مولفه مورد نظر در پهنای پنجره نمونه برداری نیاز دارد. بنابراین انتخاب یک پنجره مناسب

1-Uninterruptable Power Supply

1-Static Var Compensator