



دانشگاه زنجان

**دانشکده مهندسی**

**گروه برق**

**پایان نامه کارشناسی**

**گرایش: قدرت**

**عنوان:**

**تجزیه تحلیل UPQC و نقش آن در کنترل کیفیت توان**

**استاد راهنما: دکتر اوجاقی**

**نگارش: قهرمانی شیدا**

**تابستان 91**

## تقدیم به :

پدر و مادر مهربانم که مرا باور داشتند

و همسفر عزیزم که مرا در این امر یاری نمود...



## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

### فصل اول

### کیفیت توان و روشهای بهبود آن

- ۱-۱- مقدمه ..... ۱
- ۱-۲- دسته بندی اغتشاشات کیفیت توان ..... ۲
- ۱-۲-۱- حالت های گذرا ..... ۴
- ۱-۲-۱-۱- گذرای ضربه ای ..... ۴
- ۱-۲-۱-۲- گذرای نوسانی ..... ۵
- ۱-۲-۲- تغییرات کوتاه مدت و لتاژ ..... ۶
- ۱-۲-۲-۱- وقفه ..... ۶
- ۱-۲-۲-۲- کمبود ولتاژ ..... ۷
- ۱-۲-۲-۳- بیشبود ولتاژ ..... ۷
- ۱-۲-۳- تغییرات بلند مدت و لتاژ ..... ۸
- ۱-۲-۳-۱- اضافه ولتاژ ..... ۸
- ۱-۲-۳-۲- کاهش ولتاژ ..... ۹
- ۱-۲-۳-۳- وقفه بادوام ..... ۹
- ۱-۲-۴- عدم تعادل و لتاژ ..... ۹
- ۱-۲-۵- اعوجاج شکل موج ..... ۱۰
- ۱-۲-۵-۱- افست DC ..... ۱۰
- ۱-۲-۵-۲- هارمونیک ها ..... ۱۱
- ۱-۲-۵-۳- میان هارمونیک ها و زیر هارمونیک ها ..... ۱۲

دانشگاه مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۲- ۵- ۴- شکاف	۱۲	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۲- ۵- ۵- نويز	۱۳	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۲- ۶- نوسان ولتاژ	۱۴	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۲- ۷- انحراف فرکانس	۱۵	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۳- روش های بهبود کیفیت توان	۱۵	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۳- ۱- منبع تغذیه بدون وقفه	۱۵	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۳- ۲- ذخیره ساز انرژی مغناطیسی ابر رسانا	۱۶	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۳- ۳- بازیاب دینامیکی ولتاژ	۱۷	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۳- ۴- جبران کننده سنکرون استاتیکی توزیع	۱۷	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۳- ۵- فیلترهای قدرت فعال	۱۷	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۳- ۶- مطلوب ساز کیفیت توان یکپارچه	۱۹	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان

## فصل دوم

### بررسی سیستم کنترل و اصول عملکرد UPQC

دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۱- ۲- مقدمه	۲۰	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۲- ۲- اجزای اصلی UPQC	۲۱	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۲- ۳- روش های کنترل فیلترهای فعال سری و موازی	۲۲	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۲- ۳- ۱- کنترل فیلتر فعال موازی	۲۲	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۲- ۳- ۱- ۱- استراتژی کنترل توان ثابت منبع	۲۲	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۲- ۳- ۱- ۲- استراتژی کنترل جریان سینوسی منبع	۲۵	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۲- ۳- ۱- ۳- استفاده از تئوری توان لحظه ای	۲۶	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۲- ۳- ۱- ۲- استفاده از چهار چوب مرجع سنکرون	۲۷	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۲- ۳- ۲- کنترل فیلتر فعال سری	۲۸	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان
۲- ۳- ۲- ۱- استراتژی کنترل توان ثابت منبع	۲۹	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان	دانشگاه مهندسی گروه برق	دانشگاه زنجان

۳۰	۲-۲-۲- استراتژی کنترل و لتاژ سینوسی بار.....
۳۰	۲-۳-۲- استفاده از تئوری توان لحظه ای.....
۳۱	۲-۳-۲- استفاده از تبدیل چهار چوب مرجع سنکرون.....
۳۲	۲-۳-۲- مقایسه دو روش جبران سازی و لتاژ مبتنی بر تئوری توان لحظه ای و تبدیل چهار چوب مرجع سنکرون.....
۳۲	۲-۳-۲- مقایسه دو روش کنترل توان ثابت و ولتاژ سینوسی.....
۳۹	۲-۴- کنترل مبدل‌های الکترونیک قدرت.....
۴۰	۲-۴-۱- مبدل موازی.....
۴۳	۲-۴-۲- مبدل سری.....

۴۴	۲-۵- سیستم کنترل و لتاژ <b>DC</b> .....
۴۴	۲-۵-۱- تصحیح اختلاف و لتاژ خازنها.....
۴۶	۲-۵-۲- تنظیم مجموع و لتاژ خازنها.....

### فصل سوم

	شبیه سازی کامپیوتری <b>UPQC</b> و بررسی نتایج
۴۷	۳-۱- مقدمه.....
۴۷	۳-۲- شبیه سازی <b>UPQC</b> در یک شبکه نمونه.....
۴۸	۳-۲-۱- منبع و لتاژ.....
۴۸	۳-۲-۲- بار غیر خطی متعادل.....
۴۸	۳-۲-۳- بار خطی نامتعادل.....
۴۹	۳-۲-۴- بار غیر خطی نامتعادل.....
۴۹	۳-۲-۵- مدل خط توزیع.....

انجام آزمایشات مختلف و بررسی نتایج حاصله .....	۳ - ۳ - ۳
نتایج جبران سازی بار خطی نامتعادل .....	۳ - ۳ - ۱
نتایج جبران سازی بار غیر خطی متعادل .....	۳ - ۳ - ۲
نتایج جبران سازی بار غیر خطی نامتعادل .....	۳ - ۳ - ۳
جمع بندی و نتیجه گیری .....	۶۴
مراجع .....	۶۵

## فهرست شکل ها

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱- یک موج جریان ضربه ای ناشی از اصابت صاعقه.....	۴
شکل ۱-۲- حالت گذرای نوسانی فرکانس پایین ناشی از کلید زنی بانک خازنی.....	۵
شکل ۱-۳- وقفه آنی ناشی از وقوع اتصال کوتاه.....	۶
شکل ۱-۴- کمبود ولتاژ ناشی از راه اندازی یک موتور القایی پر قدرت.....	۷
شکل ۱-۵- بیشبود ولتاژ ناشی از وقوع یک اتصال کوتاه تکفاز به زمین.....	۸
شکل ۱-۶- عدم تعادل در ولتاژهای سه فاز شبکه.....	۱۰
شکل ۱-۷- اعوجاج ولتاژ ناشی از جریانهای هارمونیکی.....	۱۱
شکل ۱-۸- شکاف ولتاژ ناشی از پدیده کموتاسیون.....	۱۳
شکل ۱-۹- فلیکر ولتاژ ناشی از کار کوره قوس الکتریکی.....	۱۴
شکل ۱-۱۰- اصول عملکرد مطلوبساز یکپارچه کیفیت توان.....	۱۹
شکل ۲-۱- ساختار کلی <i>UPQC</i> و نحوه اتصال آن به شبکه.....	۲۱
شکل ۲-۲- اجزای اصلی <i>UPQC</i> .....	۲۱
شکل ۲-۳- بلوک دیاگرام سیستم کنترل فیلتر فعال موازی در حالت کنترل توان ثابت منبع.....	۲۳
شکل ۲-۴- مولفه های توان در روش کنترل توان ثابت منبع.....	۲۵
شکل ۲-۵- بلوک دیاگرام سیستم کنترل فیلتر فعال موازی در حالت کنترل جریان سینوسی با استفاده از تئوری توان لحظه ای.....	۲۶
شکل ۲-۶- بلوک دیاگرام سیستم کنترل فیلتر فعال موازی در حالت کنترل جریان سینوسی با استفاده از تبدیل چهار چوب مرجع سنکرون.....	۲۸
شکل ۲-۷- بلوک دیاگرام سیستم کنترل فیلتر فعال سری در حالت کنترل توان ثابت منبع.....	۲۹



شکل ۲ - ۸ - بلوک دیاگرام سیستم کنترل فیلتر فعال سری در حالت کنترل ولتاژ

سینوسی با استفاده از تئوری توان لحظه ای ..... ۳۱

شکل ۲ - ۹ - بلوک دیاگرام سیستم کنترل فیلتر فعال سری در حالت کنترل ولتاژ

سینوسی با استفاده از تبدیل چهار چوب مرجع سنکرون ..... ۳۲

شکل ۲ - ۱۰ - شکل موجهای ولتاژ و جریان بار غیر خطی در یک سیستم

هارمونیکی متعادل ..... ۳۴

شکل ۲ - ۱۱ - توانهای لحظه ای حقیقی، موهومی و توالی صفر بار غیر خطی متعادل .... ۳۵

شکل ۲ - ۱۲ - ولتاژ فیلتر فعال سری برای دو روش کنترلی مختلف ..... ۳۶

شکل ۲ - ۱۳ - ولتاژهای سه فاز شبکه پس از جبران سازی ..... ۳۷

شکل ۲ - ۱۴ - توانهای لحظه ای حقیقی، موهومی و توالی صفر شبکه در حالت کنترل

توان ثابت ..... ۳۸

شکل ۲ - ۱۵ - توانهای لحظه ای حقیقی، موهومی و توالی صفر شبکه در حالت کنترل

ولتاژ سینوسی ..... ۳۸

شکل ۲ - ۱۶ - دو نوع ساختار مختلف برای مبدل موازی ..... ۴۱

شکل ۲ - ۱۷ - ساختار مبدل سری و نحوه اتصال آن به شبکه ..... ۴۳

شکل ۲ - ۱۸ - سیستم کنترل ولتاژ  $DC$  ..... ۴۵

شکل ۳ - ۱ - دیاگرام تک خطی شبکه توزیع نمونه جهت مطالعه عملکرد

$UPQC$  ..... ۴۸

شکل ۳ - ۲ - ولتاژ و جریان سه فاز بار خطی نامتعادل قبل از اتصال  $UPQC$  ..... ۵۱

شکل ۳ - ۳ - ولتاژ و جریان سه فاز بار خطی نامتعادل بعد از اتصال  $UPQC$  در

شبکه ..... ۵۲

شکل ۳ - ۴ - ولتاژ و جریان تزریقی به شبکه با وجود بار خطی نامتعادل ..... ۵۳

شکل ۳ - ۵ - توانهای صفر، حقیقی و موهومی بار خطی نامتعادل ..... ۵۴

شکل ۳ - ۶ - ولتاژ و جریان سه فاز بار غیر خطی متعادل قبل از اتصال  $UPQC$

در شبکه ..... ۵۵

شکل ۳-۷- ولتاژ و جریان سه فاز بار غیر خطی متعادل بعد از اتصال UPQC

در شبکه ..... ۵۶

شکل ۳-۸- ولتاژ و جریان تزریقی به شبکه با وجود بار غیرخطی متعادل ..... ۵۷

شکل ۳-۹- توانهای صفر، حقیقی و موهومی بار غیر خطی متعادل ..... ۵۸

شکل ۳-۱۰- ولتاژ و جریان سه فاز بار غیر خطی نامتعادل قبل از اتصال

UPQC در شبکه ..... ۵۹

شکل ۳-۱۱- ولتاژ و جریان سه فاز بار غیر خطی نامتعادل بعد از اتصال

UPQC در شبکه ..... ۶۰

شکل ۳-۱۲- ولتاژ و جریان تزریقی به شبکه با وجود بار غیرخطی نامتعادل ..... ۶۱

شکل ۳-۱۳- توانهای صفر، حقیقی و موهومی بار غیر خطی نامتعادل ..... ۶۲

## فهرست جدولها

صفحه

عنوان

جدول ۱-۱- اغتشاشات کیفیت توان و مشخصات آنها ..... ۳

جدول ۳-۱- مشخصات ترانسفورمرهای بکار رفته در فیلترهای سری و موازی ..... ۴۹

## چکیده

این پروژه، به بررسی عملکرد  $UPQC$  در بهبود کیفیت توان شبکه های توزیع، اختصاص داشته است. پس از معرفی ساختمان و اصول عملکرد آن روشهایی که برای کنترل هر کدام از شاخه های موازی و سری  $UPQC$  بکار می رود، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته اند. استراتژی های « کنترل توان ثابت » و « کنترل جریان سینوسی » برای فیلتر فعال موازی و استراتژی های « کنترل توان ثابت » و « کنترل ولتاژ سینوسی » جهت استفاده از سیستم کنترل فیلتر فعال سری، مورد بررسی واقع شده اند که استراتژی توان ثابت، با استفاده از تئوری توان لحظه ای به اجرا در آمده و پاسخ آنها در سیستم های کنترل مربوطه، با یکدیگر مقایسه شده است. در سیستم کنترل ولتاژ  $DC$ ، برای تصحیح اختلاف ولتاژ خازنهای  $DC$ ، روش « باند هیستریزس دینامیکی » مورد استفاده واقع شده است و دو روش مبتنی بر « محاسبه توان متوسط » و « جبران کننده تناسبی - انتگرالی » جهت تنظیم مجموع ولتاژ خازنها، مورد بررسی قرار گرفته اند.

برای مشاهده عملکرد  $UPQC$  در بهبود کیفیت توان، بخش فیلتر فعال موازی و فیلتر فعال سری آن در شبکه توزیع نمونه ای شامل بارهای خطی و غیر خطی متعادل و نامتعادل در حضور  $UPQC$  شبیه سازی شده و اغتشاشات مختلفی در آن ایجاد گردیده است. نتایج حاصله، نشان دهنده عملکرد مطلوب  $UPQC$  در اصلاح عدم تعادل جریان سه فاز، جبران سازی توان راکتیو مصرفی بار، اصلاح عدم تعادل ولتاژ سه فاز، جبران سازی کمبود و بیشبود ولتاژ و میراسازی نوسانات هارمونیک بین بار و شبکه می باشند.

## فصل اول

### کیفیت توان و روشهای بهبود آن

#### ۱-۱- مقدمه

کیفیت توان الکتریکی اصطلاحی است که برای بیان میزان کیفیت تغذیه در سیستمهای قدرت  $ac$  بکار می رود. حالت ایده آل برای یک شبکه قدرت، تولید ولتاژ سه فاز متعادل با شکل موج سینوسی و دامنه و فرکانس ثابت است و هرگونه انحرافی از این حالت ایده آل، به معنای ضعف در کیفیت توان می باشد.

مصرف کنندگان انرژی الکتریکی، کیفیت توان را از روی تاثیری که بر عملکرد دستگاهها و تجهیزاتشان ایجاد می کند ارزیابی می نمایند. از آنجایی که میزان حساسیت دستگاههای مختلف نسبت به اغتشاشات کیفیت توان، متفاوت است لذا کیفیت توان تحویلی از دید مشترکین مختلف متفاوت خواهد بود. به عنوان مثال، وجود نوسان در دامنه ولتاژ، ممکن است اختلالی در کار یک دستگاه گرماده برقی ایجاد نکند اما همین پدیده در وسایل تولید روشنائی باعث نوسان در میزان نور آنها خواهد شد که باعث خستگی و آزار چشم می گردد. از دید مصرف کننده اول، این پدیده اختلال قابل توجهی محسوب نمی گردد در حالیکه مصرف کننده دوم، آنرا اغتشاش مهمی در کیفیت توان محسوب می دارد. از اینروست که نمی توان معیار واحدی برای کیفیت توان قائل شد.

در طول سالیان اخیر، تلاش وسیعی از سوی سازمانهای درگیر با این مسئله مانند کمیته بین المللی برق ( $IEC$ ) و انجمن مهندسين برق و الکترونیک ( $IEEE$ ) صورت گرفته است تا اغتشاشات مختلف کیفیت توان، شناسایی و دسته بندی شود و حدود مجاز برای هر یک تعیین گردد. این فصل به معرفی

انواع اغتشاشات کیفیت توان و حدود هر یک می پردازد و روشهایی که برای اصلاح آنها بکار می رود را به اختصار معرفی می کند .

### ۱-۲- دسته بندی اغتشاشات کیفیت توان

در جدول (۱-۱) ، انواع مختلف اغتشاشاتی که در مطالعه کیفیت توان مورد بررسی قرار می گیرند دسته بندی شده اند [ ۱ ] . برای توصیف هر کدام از این پدیده ها ، از مشخصه مناسب آن استفاده می شود . به عنوان مثال ، پدیده های حالت مانا ، با توجه به مشخصه هایی نظیر دامنه و فرکانس یا طیف فرکانسی توصیف می شوند در حالیکه برای پدیده های گذرا ، از مشخصاتی نظیر نرخ صعود و نزول ، زمان تداوم ، دامنه حداکثر و طیف فرکانسی استفاده می شود . در قسمت های بعدی این بخش ، به معرفی و توصیف این پدیده ها پرداخته می شود .

جدول ۱-۱-۱- اغتشاشات کیفیت توان و مشخصات آنها [۱]

گروه	محتوای طیفی نوعی	مدت تداوم نوعی	دامنه ولتاژ نوعی
۱- حالت‌های گذرا			
۱-۱-۱- گذرای ضربه ای	زمان صعود $5 ns$	$< 50 ns$	
۱-۱-۱-۱- نانو ثانیه	زمان صعود $1 \mu s$	$50 ns - 1 ms$	
۱-۱-۱-۲- میکرو ثانیه	زمان صعود $1 ms$	$> 1 ms$	
۲- تغییرات کوتاه مدت			
۱-۲-۱- گذرای نوسانی	$< 5 KHz$	$3 - 50 ms$	$0.4 - p.u$
۱-۲-۱-۱- فرکانس پایین	$5 - 500 KHz$	$20 \mu s$	$0.8 - p.u$
۱-۲-۱-۲- فرکانس متوسط	$5 - 5 MHz$	$5 \mu s$	$0.4 - p.u$
۱-۲-۱-۳- فرکانس بالا			
۲- تغییرات کوتاه مدت			
۱-۲-۱-۱- آنی			
۱-۲-۱-۲- وقفه (قطعی)		سیکل $30 - 5$	$< 0.1 p.u$
۱-۲-۱-۲-۱- فرورفتگی (کمبود)		سیکل $30 - 5$	$0.9 - 1 p.u$
۱-۲-۱-۲-۲- برآمدگی (بیشبود)		سیکل $30 - 5$	$1.1 - 1.8 p.u$
۱-۲-۱-۲-۳- لحظه ای			
۱-۲-۱-۲-۴- وقفه (قطعی)		سیکل $3$ تا $3$ ثانیه	$< 0.1 p.u$
۱-۲-۱-۲-۴-۱- فرورفتگی (کمبود)		سیکل $30$ تا $3$ ثانیه	$0.9 - 1 p.u$
۱-۲-۱-۲-۴-۲- برآمدگی (بیشبود)		سیکل $30$ تا $3$ ثانیه	$1.4 - 1 p.u$
۱-۲-۱-۲-۴-۳- موقتی			
۱-۲-۱-۳-۲- وقفه (قطعی)		$1 min - 3 s$	$< 0.1 p.u$
۱-۲-۱-۳-۲-۱- فرورفتگی (کمبود)		$1 min - 3 s$	$0.9 - 1 p.u$
۱-۲-۱-۳-۲-۲- برآمدگی (بیشبود)		$1 min - 3 s$	$1.1 - 1.2 p.u$
۳- تغییرات بلند مدت			
۱-۳-۱- وقفه بادوام		$> 1 min$	$0.0 p.u$
۱-۳-۲- کاهش ولتاژ		$> 1 min$	$0.8 - 0.9 p.u$
۱-۳-۳- اضافه ولتاژ		$> 1 min$	$1.1 - 1.2 p.u$
۴- عدم تعادل ولتاژ		حالت پایدار	$2\% - 5\%$
۵- اعوجاج شکل موج			
۱-۵- افست $dc$		حالت پایدار	$0\% - 1\%$
۲-۵- هارمونیکها	$100 - th$	حالت پایدار	$0\% - 20\%$
۳-۵- میان هارمونیکها	$6 - KHz$	حالت پایدار	$0\% - 2\%$
۴-۵- شکاف		حالت پایدار	
۵-۵- نویز	باند وسیع	حالت پایدار	$0\% - 1\%$
۶- نوسان ولتاژ	$< 25 Hz$	دوره ای	$7\% - 1\%$
۷- تغییرات فرکانس			$< 10 s$

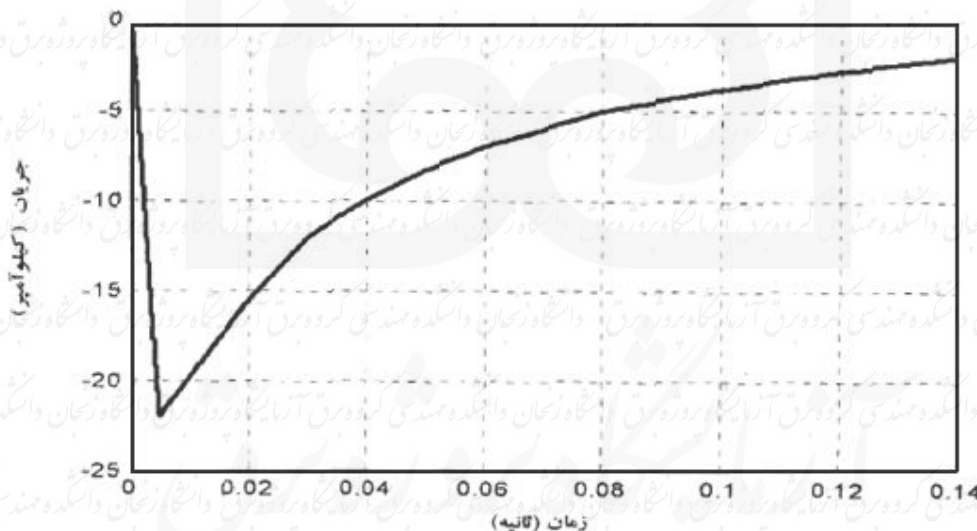
### ۱-۲-۱- حالت های گذرا

این دسته ، شامل پدیده هایی می شود که طبیعتی گذرا دارند و به هنگام انتقال متغیرهای سیستم از یک نقطه کار حالت مانا به نقطه کار حالت مانای دیگر ، ایجاد می شوند . پدیده های گذرا را می توان به دو دسته کلی تقسیم کرد : حالت های گذرای ضربه ای و گذرای نوسانی .

#### ۱-۲-۱-۱- گذرای ضربه ای<sup>۱</sup>

گذرای ضربه ای ، تغییری ناگهانی در مقدار ولتاژ یا جریان سیستم ، در فرکانسی غیر از فرکانس قدرت است که پلاریته آن در یک جهت مثبت یا منفی باشد . این پدیده با زمانهای صعود و نزول و نیز دامنه اش مشخص می گردد . به عنوان مثال یک گذرای ضربه  $10\mu\text{s}$  به مشخصات  $2000\text{V}$  و  $50 \times 1,2 \mu\text{s}$  دارای تغییرات از صفر تا مقدار حداکثر  $2000\text{V}$  است ، در عرض  $1,2\mu\text{s}$  میکرو ثانیه است و پس از  $50\mu\text{s}$  میکرو ثانیه ، مقدار آن به نصف کاهش پیدا می کند .

عامل اصلی ایجاد گذرای ضربه ای در سیستم های قدرت ، اصابت صاعقه به خطوط انتقال انرژی است و از آنجایی که طیف فرکانسی آن حاوی مولفه های فرکانس بالا میباشد ، در عبور از نقاط مختلف شبکه، تغییر شکل داده و مشخصه های متفاوتی از خود نشان می دهد . شکل ( ۱-۱ ) ، نمونه ای از یک موج جریان ضربه ای ناشی از صاعقه را نشان می دهد . امواج ضربه ای می توانند فرکانس نوسان طبیعی اجزای سیستم قدرت را تحریک نموده و باعث ایجاد گذراهای نوسانی می شود .



شکل ۱-۱- یک موج جریان ضربه ای ناشی از اصابت صاعقه

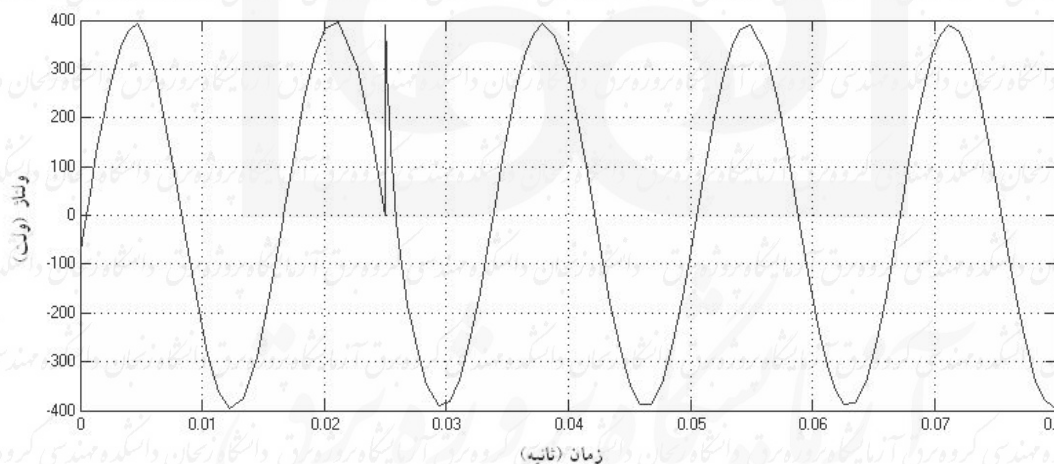
<sup>1</sup> - Impulsive Transient

۱-۲-۱-۲- گذرای نوسانی<sup>۱</sup>

یک گذرای نوسانی ، تغییری ناگهانی در ولتاژ یا جریان سیستم ، در فرکانس قدرت است که پلاریته آن در هر دو جهت مثبت و منفی باشد . مشخصه های توصیف کننده این پدیده ، شامل طیف فرکانسی و فرکانس غالب ، زمان تداوم و دامنه نوسانات می باشند . حالت های گذرای نوسانی را بر حسب فرکانس نوسانات به سه دسته فرکانس بالا ، فرکانس متوسط و فرکانس پایین تقسیم می کنند . گذراهای نوسانی فرکانس بالا ، دارای فرکانسی بالاتر از ۵۰۰ کیلو هرتز و زمان تداومی در حد چند میکرو ثانیه هستند که معمولاً ناشی از پاسخ سیستم به یک گذرای ضربه ای می باشند .

گذراهای نوسانی فرکانس متوسط ، به حالت های گذرای اطلاق می شود که دارای نوساناتی با فرکانس ۵ تا ۵۰۰ کیلو هرتز و زمان تداوم چند ده میکرو ثانیه هستند . مثالی از این حالت ، وارد مدار شدن خازن های پشت به پشت است که می تواند باعث بروز چنین نوساناتی در ولتاژ سیستم گردد .

گذراهای نوسانی فرکانس پایین به آن دسته از حالت های نوسانی گفته می شود که دارای فرکانسی زیر ۵ کیلو هرتز و زمان تداوم بین ۰,۳ تا ۰,۵ میلی ثانیه باشند . از عوامل ایجاد این نوع حالت گذرا می توان به کلید زنی بانک های خازنی اشاره کرد که باعث ایجاد نوساناتی در ولتاژ ، با دامنه معمول ۱,۳ تا ۱,۵ پریونیت و زمان تداومی در حدود ۰,۵ تا ۳ سیکل می شوند . در بدترین حالت ، حداکثر دامنه این نوسانات به دو پریونیت می رسد . شکل ( ۱-۲ ) ، نمونه ای از این نوع نوسانات را نشان می دهد . پدیده فرورزونانس در ترانسفورمرها نیز می تواند چنین نوسانات فرکانس پایینی را در ولتاژ شبکه ایجاد نماید .



شکل ۱-۲- حالت گذرای نوسانی فرکانس پایین ناشی از کلید زنی بانک خازنی

<sup>۱</sup> - Oscillatory Transient



پس از شبیه سازی های انجام داده و نمودارهای حاصله قبل و بعد از اتصال UPQC میتوان به این نتیجه رسید که: در این نمودارها بار غیر خطی که دارای مولفه توان توالی صفر است پس از اتصال UPQC جبران می شود. همانطور که در فصل گذشته گفته شد، با توجه به اینکه توان گرفته شده از منبع نباید مولفه توان توالی صفر داشته باشد و از آنجایی که ولتاژ سیستم در حالت کلی دارای مولفه صفر است جریان منبع باید فاقد مولفه صفر باشد که این هم توسط UPQC جبران می شود. در حالت کلی هم هر کدام از توان های موهومی، توان توالی صفر و جز نوسانی توان حقیقی جبران شده و در کل توان سه فازی که از منبع گرفته می شود با توجه به نامتعادلی ها و هارمونیک هایی که، توسط UPQC جبران می شود دارای مقدار ثابتی می باشد.

شاخه ی موازی در UPQC مولفه های هارمونیک و ولتاژ و نیز عدم تعادل و نیز کمبود و بیشبود ولتاژ را جبران نموده و شاخه ی موازی آن مولفه هارمونیک جریانی بارو توان راکتیو و ولتاژ شبکه را نیز تا حدودی جبران می کند.

### جمع بندی و نتیجه گیری

این پروژه، به تجزیه و تحلیل مطلوب‌ساز یکپارچه کیفیت توان ( $UPQC$ )، از نقطه نظر ساختمان، اصول عملکرد و نحوه کنترل اختصاص داشته است. ساختارهای فیزیکی مختلف و نیز روشهای کنترلی متفاوت، مورد بررسی قرار گرفته و نتایج زیر حاصل شده اند:

۱- در انتخاب نوع مبدل‌های الکترونیک قدرت بکار رفته در  $UPQC$ ، ساختار «اینورتر خازن شکسته» به دلیل استفاده از تعداد سوئیچهای نیمه هادی کمتر، هزینه پایینتر و تلفات کمتر، بر «اینورتر چهار ستونه» ترجیح داده می شود.

۲- برای کنترل فیلتر فعال موازی، دو استراتژی کلی «کنترل توان ثابت منبع» و «کنترل جریان سینوسی منبع» مورد بررسی قرار گرفته اند که استراتژی دوم، به جهت جبران سازی تمام مولفه های هارمونیک و توالی های منفی و صفر جریان خط تغذیه، برای استفاده در  $UPQC$ ، مناسبتر می باشد.

۳- برای کنترل فیلتر فعال سری، دو استراتژی کلی «کنترل توان ثابت منبع» و «کنترل ولتاژ سینوسی بار» مورد بررسی قرار گرفته اند که استراتژی دوم بجهت جبران سازی تمام مولفه های هارمونیک و توالی منفی و صفر ولتاژ خط تغذیه، برای استفاده در  $UPQC$ ، مناسبتر می باشد.

۴- برای تحقق استراتژی کنترل جریان سینوسی برای فیلتر فعال موازی، دو روش مبتنی بر «تئوری توان لحظه ای» و «تبدیل چار چوب مرجع سنکرون» با یکدیگر مقایسه شده و روش اول، به جهت سهولت جبران سازی مولفه های مختلف توان، مناسبتر تشخیص داده است.

۵- برای تحقق استراتژی کنترل ولتاژ سینوسی برای فیلتر فعال سری، دو روش مبتنی بر «تئوری توان لحظه ای» و «تبدیل چار چوب مرجع سنکرون» با یکدیگر مقایسه شده و روش اول، به جهت سهولت مناسبتر تشخیص داده شده است.

۶- برای کنترل ولتاژ خازنهای  $DC$ ، دو روش مبتنی بر «محاسبه توان متوسط» و «جبران کننده تناسبی - انتگرالی» با یکدیگر مقایسه شده اند که روش دوم، به جهت پاسخ سریعتر، خطای حالت مانای کمتر، و نیز عدم نیاز به محاسبات اضافی، مناسبتر می باشد.

۷- شاخه سری در یک  $UPQC$ ، توانایی جبران سازی مولفه های هارمونیک و ولتاژ تغذیه، تصحیح عدم تعادل ولتاژ، جبران سازی کمبود و بیشبود ولتاژ، میراسازی نوسانات هارمونیک بین بار و شبکه، و نیز جبران سازی فیلیکر ولتاژ را دارا می باشد.

پس از شبیه سازی  $UPQC$ ، و قرار دادن آن در یک شبکه نمونه، انواع اغتشاشات کیفیت توان در آن ایجاد گردیده و نتیجه زیر حاصل شده است:

۸- یک  $UPQC$ ، توسط شاخه موازی خود، قادر به جبران سازی مولفه های هارمونیک جریانی بار، جبران سازی توان راکتیو، تصحیح عدم تعادل جریانهای سه فاز خط تغذیه می باشد و نیز همانطور که در شکلها مشخص است فیلتر فعال موازی تا حدودی ولتاژ شبکه را تصحیح می کند.

۹- یک  $UPQC$ ، توسط بخش سری خود، توانایی جبران سازی مولفه های هارمونیک ولتاژ بار، جبران سازی توان راکتیو، تصحیح عدم تعادل ولتاژهای سه فاز خط تغذیه می باشد و نیز همانطور که در شکلها مشخص است فیلتر فعال سری تا حدودی جریانی شبکه را نیز تصحیح می کند.

## مراجع

[ ۱ ] ارزیابی کیفیت توان ؛ تالیف جی آریلاگا - ان آر ، واتسون - اس . چن ؛ ترجمه دکتر سید حسین

حسینیان ، مهندس حسین کیانی ، مهندس فرح امیری ؛ مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیر کبیر تابستان ۱۳۸۲

[ ۲ ] کنترل توانهای غیر اکتیو و هارمونیک ها ؛ تالیف دکتر محمد توکلی بینا ؛ دانشگاه صنعتی خواجه

نصیرالدین طوسی آبان ۱۳۸۲

[ ۳ ] *International Conference on Renewable Energies and Power Quality*

(ICREPQ'۰۹) ; Valencia (Spain), ۱۵th to ۱۷th April, ۲۰۰۹ ; Simplified Control

Method for Unified Power Quality Conditioner (UPQC) ; Metin Kesler,

Engin Ozdemir

[ ۴ ] راهنمای جامع *MATLAB / SIMULINK* ؛ تالیف نیما جمشیدی: بهار ۱۳۸۶

[ ۵ ] *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. IA-*

۲۰, NO. ۳, MAY/JUNE ۱۹۸۴; Instantaneous Reactive Power Compensators

Comprising Switching Devices without Energy Storage Components HIRO FUMI

AKAGI , YOSHIHIRA KANAZAWA , AND AKIRANABAE, MEMBER, IEEE ۶۲۵

[ ۶ ] کیفیت توان و اثرات آن بر تجهیزات فشارقوی ؛ تالیف مهدی باقری ، رضا مهری ؛ ویرایش دکتر

حسین مختاری ؛ موسسه تحقیقات ترانسفورماتور ایران ۱۳۸۹