



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان: کاهش فروافتادگی ولتاژ شبکه با استفاده از محدودسازی جریان اتصال کوتاه

استاد راهنما: دکتر منصور اوجاقی

نگارش: مهدی پاشائی وانق علیا

سعید ابی زاده

تاریخ دفاعیه: شهریور ۸۸

چکیده

## فصل اول چشمک ولتاژ و روش های رفع آن

|    |                                                 |
|----|-------------------------------------------------|
| ۲  | ۱-۱- مقدمه                                      |
| ۳  | ۱-۲- تعریف چشمک ولتاژ                           |
| ۴  | ۱-۳- علل بروز چشمک ولتاژ                        |
| ۹  | ۱-۴- چرا باید از وقوع چشمک ولتاژ جلوگیری شود    |
| ۱۱ | ۱-۵- انواع چشمک ولتاژ                           |
| ۱۳ | ۱-۶- رفع چشمک ولتاژ به روش محدود سازی جریان خطا |
| ۲۶ | ۱-۷- موضوع فصول بعدی                            |

## فصل دوم مدار برطرف کننده چشمک ولتاژ

|    |                                      |
|----|--------------------------------------|
| ۲۹ | ۲-۱- مقدمه                           |
| ۳۰ | ۲-۲- طرح مدار و تئوری عملکرد آن      |
| ۳۲ | ۲-۳- عملکرد مدار در حالت اتصال کوتاه |
| ۳۵ | ۲-۴- تجزیه و تحلیل تئوریک            |
| ۳۷ | ۲-۵- مزایا و معایب مدار پیشنهادی     |

## فصل سوم بررسی عملکرد مدار از طریق شبیه سازی

|    |                                                       |
|----|-------------------------------------------------------|
| ۳۹ | ۳-۱- مقدمه                                            |
| ۴۰ | ۳-۲- مشخصات پست و شبیه سازی حالت اتصال کوتاه          |
| ۴۶ | ۳-۳- نتایج شبیه سازی با مدار برطرف کننده ی چشمک ولتاژ |
| ۵۶ | ۳-۴- مطالعه اثر پارامترها ی مدار بر عملکرد آن         |

## فصل چهارم شبیه سازی و بررسی یک پست واقعی

|    |                                    |
|----|------------------------------------|
| ۶۳ | ۴-۱- مقدمه                         |
| ۶۴ | ۴-۲- مشخصات پست                    |
| ۶۵ | ۴-۳- مسائل شبیه سازی               |
| ۷۰ | ۴-۴- مدار برطرف کننده ی چشمک ولتاژ |
| ۷۷ | ۴-۵- نتیجه گیری                    |
| ۷۸ | ضمیمه                              |
| ۹۵ | منابع                              |

## چکیده

کیفیت توان الکتریکی توجه روز افزون شرکت های برق و مشترکین را به خود معطوف کرده است. این واژه یک مفهوم فراگیر است که برای انواع مختلف اغتشاشات سیستم قدرت بکار می رود. از مهمترین مسائل حوزه کیفیت توان مسئله فروافتادگی ولتاژ است. بدلیل رشد روزافزون کاربرد مدارات الکترونیکی و میکرو پروسسوری در صنعت وقوع فروافتادگی ولتاژ می تواند خسارت های اقتصادی کلانی را به مصرف کنندگان صنعتی حساس وارد کند به طوری که در سالهای اخیر شرکت های برق شکایات زیادی از جانب مصرف کنندگان به خاطر بدی کیفیت توان ناشی از فرو افتادگی ولتاژ دریافت کرده اند.

راهکارهای متعددی برای رفع فرورفتگی ولتاژ ارائه شده است. این راه حل ها گستره ی وسیعی از کاربرد ها را پوشش می دهند. یکی از روش های موثر در برطرف کردن فرورفتگی ولتاژ کاربرد مدارات محدودکننده جریان خطا (FCL) است. بر طبق آمار مهمترین دلیل وقوع فرورفتگی ولتاژ اتصال کوتاه شدن خطوط شبکه می باشد. وقوع فرورفتگی ولتاژ متناسب با جریان اتصال کوتاه است. بنابراین با محدود کردن جریان خطا توسط FCL ای که در ابتدای فیدر نصب می شود می توان فرورفتگی ولتاژ را برطرف کرد.

کاربرد FCL مبتنی بر مدارات تشدید LC بدیع نمی باشد. در این زمینه مدارات متعددی معرفی و بررسی شده اند. در این تحقیق مدار محدودکننده جریان کارمندی ارائه و بررسی می شود. این مدار از المان های در دسترس و ساده ی خازن، راکتور و برقگیر برای محدودسازی جریان و رفع فرورفتگی ولتاژ بهره می گیرد و مزایایی دارد که آن را نسبت به دیگر فناوری های FCL ممتاز می کند.



# پایان نامه کارشناسی

## فصل اول

## فرو افتادگی و لتاز و روش های رفع آن

## ۱-۱- مقدمه

مختصری در خصوص کیفیت توان:

کیفیت توان الکتریکی توجه روز افزون شرکت های برق و مشترکین را به خود معطوف کرده است. عبارت "کیفیت توان از اواخر دهه ۱۹۸۰ بصورت یکی از معروفترین واژه های صنعت برق درآمده است. این واژه بعنوان یک مفهوم فراگیر است که برای انواع مختلف اغتشاشات سیستم قدرت بکار می رود. پدیده های جدید اغتشاش در کنار عوامل سنتی مخرب کیفیت توان مانند صاعقه، کلیدزنی، قطع و وصل بانکهای خازنی و... بررسی این موضوع را ضروری و الزامی ساخته است.

بطور کلی چهار دلیل را می توان برای توجه روزافزون به این موضوع ذکر کرد:

۱- حساسیت تجهیزات الکتریکی کنونی در مقایسه با تجهیزات مورد استفاده در گذشته نسبت به تغییرات کیفیت توان بیشتر شده است. بسیاری از ادوات مشترکین دارای کنترل کننده های میکروپروسسوری و قطعات الکترونیکی قدرت هستند، که به بسیاری از انواع اغتشاشات حساس می باشد.

۲- اهمیت روزافزون بهبود راندمان کلی سیستم قدرت، موجب رشد مداوم استفاده از تجهیزات پربازده از قبیل محرکه های پربازده با قابلیت تنظیم سرعت موتور و خازنهای موازی تصحیح ضریب قدرت برای کاهش تلفات گردیده است. این امر موجب افزایش سطح هارمونیک در شبکه های قدرت شده است و بسیاری از کارشناسان نگران عواقب آتی آن روی شبکه هستند.

۳- افزایش روزافزون آگاهی مشترکین نسبت به موضوعات کیفیت توان: مطلع شدن مصرف کنندگان برق از موضوعاتی مانند قطعی ها، کمبودهای ولتاژ و گذراهای کلیدزنی موجب شده است که شرکت های برق نسبت به بهبود کیفیت توان تحویلی تلاش کنند.

۴- اتصال شبکه ها به یکدیگر و تشکیل شبکه های بزرگتر موجب شده است که معیوب شدن یک عنصر تبعات نامطلوب بیشتری را بدنبال داشته باشد.

انگیزه اصلی پشت این دلایل، افزایش بهره وری مشترکین می باشد. کارخانجات تولیدی خواستار ماشین های سریعتر، بهره وری و راندمان بیشتر هستند. شرکت های برق هم مشوق سوق دادن کارخانجات تولیدی به این سمت هستند زیرا این عمل اولاً "موجب بهره وری بیشتر برای مشترکین و ثانیاً" موجب صرفه جوئی قابل ملاحظه ای در سرمایه گذاری مراکز تولید و پست ها به خاطر استفاده کردن مشترکین از وسایل پربازده خواهد شد. نکته جالب توجه این است که دستگاههایی که برای افزایش بهره وری بکار



می روند اغلب نسبت به بیشتر اغتشاشات کیفیت توان حساس هستند و گاهی اوقات این ادوات خود منشاء مضاعف مشکل کیفیت توان هستند [۱] و [۲].

## ۱-۲- تعریف فرو افتادگی ولتاژ

فرو افتادگی ولتاژ عبارت است از کاهش در ولتاژ به اندازه ی ۰.۱ الی ۰.۹ پریونیت در فرکانس نامی که برای مدت زمانی از ۰.۵ سیکل تا یک دقیقه ادامه یابد [۲]. عبارت فرو افتادگی ولتاژ در جمع متخصصین کیفیت توان سالهاست که مورد استفاده قرار گرفته است تا نوع خاصی از اغتشاش کیفیت توان را توصیف کند. این توصیف مستقیماً از معنی کلمه ی **sag** اقتباس شده است. تعریف **IEC** برای توصیف این پدیده کلمه **dip** است. این دو عبارت هم معنی می باشند. ولی در جامعه ی کیفیت توان آمریکا استفاده از کلمه ی **sag** ترجیح داده می شود. فرو افتادگی ولتاژ معمولاً به همراه درصد بیان می شود برای مثال یک کمبود ۲۰ درصد به ولتاژی گفته می شود که دارای دامنه ای برابر ۰.۸ پریونیت باشد. (شکل ۱-۱)



شکل (۱-۱) - نمایش یک فرو افتادگی ولتاژ که دو سیکل ادامه یافته است.

## ۱-۳- علل بروز فرو افتادگی ولتاژ

مهمترین عوامل ایجاد فرو افتادگی ولتاژ می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- (۱) شروع به کار موتورهای القایی بزرگ
- (۲) شروع به کار بارهایی مانند کوره قوس الکتریکی
- (۳) خطاهای اتصال کوتاه شبکه

(۴) انتقال بار از یک منبع به منبع دیگر

موارد بالا به اختصار مورد بحث قرار می‌گیرند.

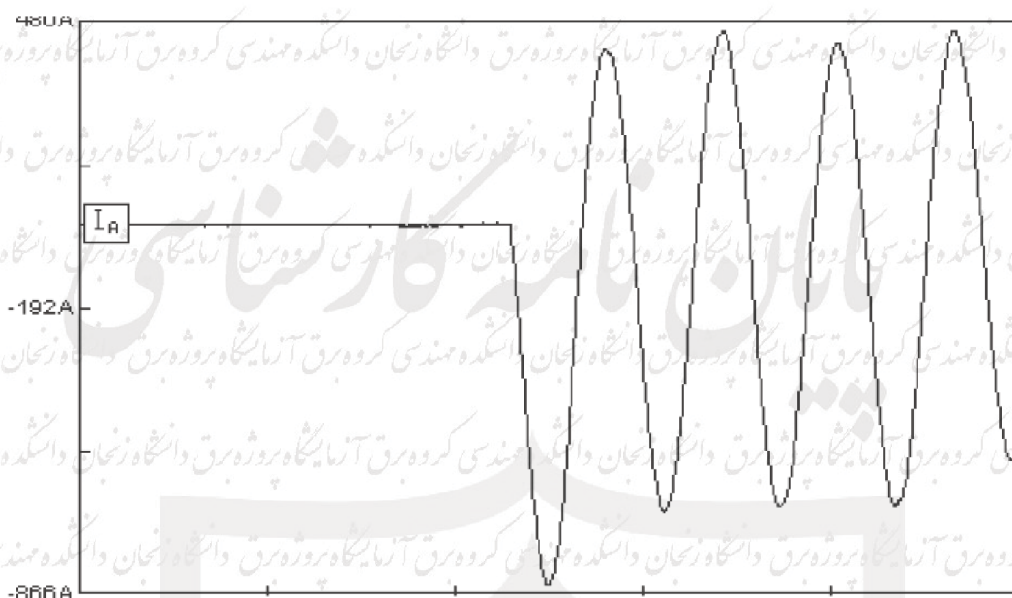
(۱) شروع به کار موتورهای القایی بزرگ:

موتورهای القایی در هنگام راه اندازی جریانی بین ۶ تا ۸ برابر جریان نامی بار کامل خود را از شبکه می‌کشند. این جریان با مقدار زیادی شروع می‌شود و بین ۶ تا ۸ ثانیه که بستگی به طراحی موتور و اینرسی بار دارد، کاهش می‌یابد. بسته به زمان اعمال ولتاژ به موتور این جریان می‌تواند غیر متقارن

باشد. این جریان پس فاز موجب افت ولتاژ در دو سر امپدانس شبکه می‌گردد. اگر دامنه‌ی این جریان در مقایسه با جریان اتصال کوتاه قابل ملاحظه باشد، کمبود ولتاژ پیش آمده می‌تواند چشمگیر باشد

شکل (۱-۲) جریان راه اندازی یک موتور القایی hp ۵۰ با جریان بار کامل A ۶۰ و V ۴۶۰ را نشان می‌دهد. جریان در طول نیم سکل اول دارای مقدار پیک A ۸۶۰ است [۲] و [۳].





شکل (۱-۳) - شکل موج جریان راه اندازی موتور

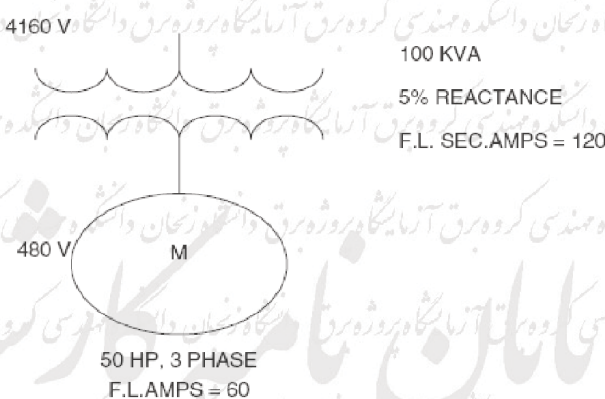
شکل (۱-۳) ترانسفورماتور ۱۰۰-KVA را که موتور را تغذیه می کند، نشان می دهد. اگر ترانس دارای راکتانس نشستی ۵.۰٪ باشد، مقدار ولتاژ فرو افتادگی به این صورت محاسبه می شود:

جریان بار کامل ترانس در ولتاژ  $V = 480$  و  $A = 120$

$$\text{کاهش ولتاژ به دلیل جریان هجومی اولیه} = 25.3\% = (120 \times \sqrt{3}) \div 860 \times 5.0$$

اگر راکتانس خطوط و ترانس شبکه تغذیه کننده موتور را هم در نظر می گرفتیم، فرو افتادگی ولتاژ از این مقدار هم بدتر می شد.





شکل (۱-۳) - ترانس تغذیه کننده موتور

به سادگی می توان فهمید هر تجهیزاتی که به فرو افتادگی ولتاژ ۲۵٪ حساس باشد، از شروع به کار این موتور آسیب می بیند [۱] و [۲].

## ۲) شروع به کار بارهایی مانند کوره قوس الکتریکی

کوره قوس الکتریکی از جمله بارهایی است که درسیستم قدرت ایجاد فرو افتادگی ولتاژ بزرگی می کند. این وسیله با اعمال اتصال کوتاه بر روی فلز و تولید جرقه کار می کند. در نتیجه ی این عمل دمای  $10000^{\circ}\text{C}$  تولید شده و فلز ذوب می شود. این تجهیز از سلف های بزرگی برای پایدار کردن جریان به علت قوس استفاده می کند. در چند ثانیه اولیه فرایند جریان چند هزار آمپری کشیده می شود. شکل (۱-۴) جریان کشیده شده توسط یک کوره قوس الکتریکی نوعی را نشان می دهد. هنگامی که قوس پایدار می شود جریان یکنواخت تر می شود. به دلیل طبیعت جریان کشیده شده که بسیار غیرخطی است، هارمونیک های جریان بزرگی نیز ایجاد می شود. فرو افتادگی ولتاژهای شدیدی در خطوطی که کوره قوس الکتریکی های ۳۰ تا ۵۰ MVA را تغذیه می کنند دیده می شود.

کوره قوس الکتریکی همراه با بانک های خازنی و فیلترهای هارمونیک کار می کند تا ضریب توان بهبود یابد و همچنین هارمونیک های جریانی فیلتر شوند. بنابراین روی تجهیزاتی که از همان خطوط نیرو استفاده می کنند تاثیر نمی گذارد. گاهی اوقات مشاهده می شود که برای تغذیه کوره قوس الکتریکی از خطوط اختصاصی استفاده می شود تا اثر آن بر مصرف کننده های دیگر حداقل گردد. وجود کاپاسیتانی خازنی بزرگ در سیستم قدرت موجب افزایش ولتاژ در اثر تزریق توان می شود. مگر اینکه این توان توسط توان پس فاز مورد نیاز بارهای دیگر خنثی شود. به همین علت است که بانک های خازنی که به منظور

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

## ۴-۵- نتیجه گیری

شبیه سازی پست در دو حالت بدون مدار برطرف کننده فروافتادگی و با آن بخوبی حاکی از عملکرد مناسب این مدار می باشد. مقدار موثر ولتاژ فاز به فاز بایس در حالت نرمال  $kV \frac{26.9}{\sqrt{3}}$  است (شکل ۴-۹). در حال اتصال کوتاه مدار برطرف کننده فروافتادگی آن را در حد  $kV \frac{26.5}{\sqrt{3}}$  نگه داشته است که بسیار مطلوب است و تنها ۷۲۸۵ افت ولتاژ داریم. جریان نیز تا حد  $A \ 370$  محدود شده است. این شبیه سازی کارایی این روش برای حل مشکل پست کوشکن را اثبات می کند و می تواند به عنوان یک روش موثر در حل مشکل این پست مطرح شود. از مزایای این روش نسبت به روش های دیگر این است که شرکت برق بدون صرف هزینه بالا و بطور اقتصادی می تواند مشکل چشمک ولتاژ را برطرف کند. این مسئله برای شرکت های برق که به دنبال راه حل های اقتصادی و پربازده هستند قابل توجه است. از طرفی این روش نیاز به سیستم کنترلی و حفاظتی پیچیده ندارد که در نتیجه باز هم در هزینه ها صرفه جویی می گردد.



## مراجع

[۱] C.SANKARAN POWER QUALITY, CRS PRESS, Washington D.C.

۲۰۰۷

[۲] دکتر جواد روحی، دکتر عبدالرضا شیخ الاسلامی، "کیفیت توان سیستم های الکتریکی، بابلسر، دانشگاه

مازندران، ۱۳۷۸

[۳] Lan K.p.Ross, Omniverter Inc," voltage sags :an explanation ,cause ,effects and correction-part ۱", novemeber ۲۰۰۷

[۴] j.c.krause , " short circuit current limiter", Eindhoven, Netherlands, Department of Engineering, ۱۹۸۰

[۵] Pb power," application of fault current limiter", ۲۰۰۷

[۶] Fabio Toato, Stefano Quaia, " reducing voltage sag through fault current limitation", ۲۰۰۱, IEEE paper

[۷] دکتر حسین محسنی، "مبانی مهندسی شار قوی الکتریکی"، چاپ سوم، تهران، دانشگاه تهران، ۱۳۸۶

[۸] MATLAB Simpower Help ,R۲۰۰۸a version

[۹] Jonathan Woodworth , "MOV Protection of Series Capacitor Banks", ArresterWorks , July ۱۷, ۲۰۰۸