



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی برق

پایان نامه

کارشناسی برق (گرایش قدرت)

مطالعه و بررسی فلش ولتاژ در شبکه های قدرت

نگارش :

ابوطالب وقاری

مصطفی شعبانی

استاد راهنما: دکتر کاظم مظلومی

تیر ۱۳۹۱

تشکر و قدردانی

در اینجا لازم می دانیم از زحمات و راهنماییهای استاد گرامی جناب آقای دکتر کاظم مظلومی و همچنین

استاد محترم جناب آقای دکتر منصور اوجاقی تشکر نماییم.

به امید موفقیت این عزیزان.

چکیده

امروزه همگام با پیشرفت هایی که در تمام رشته های علوم و فناوری ها حاصل شده است ، در صنعت برق نیز پیشرفت و توسعه چشمگیری به وجود آمده است.

یکی از مباحثی که امروزه بسیار مورد توجه محققین است ، بحث کیفیت توان به ویژه پدیده فلش ولتاژ می باشد. اهمیت پدیده فلش ولتاژ با پیشرفت تکنولوژی در صنایع تولیدی به صورت روزافزون در حال افزایش است. بنابراین بررسی وضعیت فلش ولتاژ در شین های دارای بار اهمیت ویژه ای پیدا کرده است . اصولاً برای ارزیابی وضعیت فلش ولتاژ دو راه وجود دارد : (۱) اجرای مانیتورینگ کامل فلش ولتاژ (۲) شبیه سازی (تخمین آماری). راه حل اول به لحاظ اقتصادی مردود می باشد . زیرا اجرای برنامه مانیتورینگ کامل احتیاج به صرف هزینه بالا و زمان طولانی دارد . در این پایان نامه وضعیت فلش ولتاژ با استفاده از روش پیش بینی آماری بررسی می شود.

از این رو در این پایان نامه سعی شده است با شبیه سازی شبکه قدرت و انواع خطاها ، افت ولتاژ ناشی از آنها را بررسی کرده و به کمک داده های آماری اطلاعات مفید و جامعی را جهت مانیتورینگ بهینه شبکه بدست آوریم .

برای بالا بردن دقت محاسبات از برنامه **digsilent** برای شبیه سازی استفاده شده است.

5

۲-۶-۳ محاسبات جریان خطا

۲-۶-۴ ولتاژ خطا

۲-۷-۷ دسته بندی فلش ولتاژ

۲-۷-۱ اندازه فلش ولتاژ و دسته بندی بر اساس آن

۲-۷-۲ تغییرات ولتاژ در اثر یک خطای تک فاز به زمین

۲-۷-۳ تغییرات ولتاژ در اثر خطای دو فاز

۲-۷-۴ تغییر ولتاژ ایجاد شده توسط خطای دو فاز به زمین

۲-۷-۵ ولتاژ مشخصه و فاکتور مثبت - منفی

۲-۸ محاسبه و پیش بینی فلش ولتاژ در سیستم های قدرت (تخمین آماری)

فصل سوم -

تخمین آماری فلش ولتاژ و تئوری برنامه مانیتورینگ

۳-۱-۱ تخمین آماری بر اساس روش محل خطا

۳-۲-۲ برنامه مانیتورینگ

۳-۲-۱ استفاده از مانیتورینگ برای توصیف فلش ولتاژ

۳-۲-۲ ماتریس فلش ولتاژ

۳-۳ یافتن محل خطا

فصل چهارم

معرفی شبکه و شبیه سازی آن

۴-۱ معرفی سیستم

۴-۲-۴ فلش ولتاژ متعادل

۴-۲-۱ ناحیه آسیب پذیری شین ۵

۴-۲-۲ ناحیه آسیب پذیری شین ۱۵

۴-۲-۳ ناحیه آسیب پذیری شین ۲۶

۴-۲-۴ ناحیه تحت تأثیر بر اثر خطای سه فاز متقارن

۴-۲-۵ خطای ۳ فاز در شین ۵

۴-۲-۶ خطای ۳ فاز در شین ۱۵

۴-۲-۷ خطای ۳ فاز در شین ۲۶

۴-۳ فلش ولتاژ نامتقارن

۴-۳-۱ افت ولتاژ ناشی از خطای تک فاز

۴-۳-۲ افت ولتاژ ناشی از خطای دوفاز

فصل پنجم

راهکارهای مقابله با فلش ولتاژ

۵-۱-۱ مسائل مربوط به مشترکین

۵-۱-۱-۱ ترکیب کننده های مغناطیسی

۵-۱-۱-۲ UPS همیشه در مدار

۵-۱-۱-۳ UPS اضطراری

۵-۱-۱-۴ مشخصات تجهیزات مشترکین

کاهش تعداد فلش

۱-۲-۵ استفاده از عمل وصل مجدد

۲-۲-۵ حفظ کردن فیوزها

۳-۲-۵ تأثیر حذف عمل حفظ کردن فیوزها

۴-۲-۵ تنظیم تطبیقی رله ها

۵-۲-۵ جلوگیری از وقوع خطا در سیستم

فصل ششم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۱-۶ نتیجه گیری

۲-۶ پیشنهادات

مراجع

پایان نامه کارشناسی

فصل اول

مفاهیم مقدماتی و اهداف پروژه

مقدمه

امروزه نیاز جوامع بشری به انرژی الکتریکی امری بسیار ضروری می باشد. همگام با پیشرفت روزافزون سایر صنایع، نیاز این صنایع به انرژی الکتریکی بیشتر شده است، به طوری که امکان تصور ذهنی و پیشرفت برای بشر، بدون در نظر گرفتن انرژی الکتریکی امری دور از ذهن می باشد.

صنعت برق شامل سه بخش تولید، انتقال و توزیع انرژی الکتریکی می باشد، که این بخش ها با همکاری یکدیگر انرژی الکتریکی را در اختیار مصرف کننده ها قرار می دهند. آنچه که در این بین مهم می باشد، کیفیت انرژی تحویلی به مصرف کننده و تداوم برق رسانی به آن می باشد. چرا که در اثر کوچکترین وقفه در امر تغذیه مصرف کننده ها، ممکن است خسارات جبران ناپذیری بوجود آید.

اساسی ترین توقع مصرف کننده از توان الکتریکی، مداوم بودن تولید آن است، که از آن به قابلیت اطمینان یاد می شود. اما امروزه مصرف کننده تنها به قابلیت اطمینان رضایت نمی دهد و به کیفیت برق^۱ نیز اهمیت می دهد. برای مثال مصرف کننده ای که به شینی متصل است که بار موتوری را تغذیه می کند، به هنگام استارت موتور، دچار فلش ولتاژ^۲ می شود. بسته به میزان حساسیت بار مصرف کننده، ممکن است این فلش ولتاژ منجر به بروز خطا و یا قطعی در کل یک کارخانه گردد. گرچه برق مصرف کننده قطع نمیگردد، ولی مصرف کننده اغتشاشی به نام فلش ولتاژ را تجربه می کند. بارهای حساسی مانند بیمارستان ها، کارخانجات فرآیندی، کنترل ترافیک هوایی و مؤسسات مالی که احتیاج به برق دائمی و بدون قطعی دارند، از اهداف اصلی کیفیت توان هستند.

یکی از اغتشاشات که در حوزه کیفیت توان مورد توجه است، پدیده فلش ولتاژ می باشد. در واقع با استفاده روزافزون از تجهیزات حساس الکترونیکی و کنترولی در صنایع تولیدی، نیاز مطالعه فلش ولتاژ در شین ها هرچه بیشتر احساس می شود.

در این فصل ابتدا کیفیت توان به صورت کلی و با تأکید بیشتر بر روی افتادگی ولتاژ (فلش ولتاژ)، تعریف شده و اثرات فلش ولتاژ بر روی تعدادی از تجهیزات بررسی می گردد و فلش ولتاژ از دیدگاه

¹ Power quality
² Voltage sag(dip)

الکترومغناطیسی مورد بحث قرار می‌گردد. در ادامه لزوم بررسی آماری فلش ولتاژ در یک شبکه قدرت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در پایان نیز اهداف مورد نظر این پایان نامه تشریح خواهد شد.

۱-۱ کیفیت توان

مسأله قابلیت اطمینان و کیفیت توان در شبکه های قدرت به عنوان یک قرارداد بین المللی در تمام دنیا مورد توجه قرار می‌گیرد.

در این پایان نامه از قابلیت اطمینان به معنی " تداوم توان تولیدی " در شبکه استفاده می‌شود. اصطلاح " قابلیت اطمینان " بخوبی و برای همه تعریف شده است ولی تعریف واحدی برای کیفیت توان که برای همه قابل قبول باشد، وجود ندارد. مطابق استاندارد " IEEE std 1100 " ، کیفیت توان به معنی روشن کردن و زمین کردن تجهیزات الکترونیکی به روش مناسب می‌باشد ، بطوری که تجهیزات الکترونیکی هماهنگ با سیستم و دیگر تجهیزات متصل به آن کار کند. در واقع این تعریف ، توصیف مناسبی از کیفیت توان برای تجهیزات الکترونیکی ارائه می‌دهد . اما فقط دستگاههای الکترونیکی نیستند که در اثر کیفیت پایین برق دچار اشکال در عملکرد می‌شوند.

هیت^۱ در سال ۱۹۹۱ تعریف دیگری از کیفیت توان الکتریکی ارائه نمود. هیت کیفیت توان الکتریکی را " حفظ دامنه و فرکانس ولتاژ سینوسی شین در مقدار نامی آن " ، معرفی می‌کند. دوگان^۲ در سال ۱۹۹۶ تعریف وسیعتری از کیفیت توان ارائه نمود : " هر مسأله توانی که در اثر تغییرات ولتاژ ، جریان و فرکانس رخ دهد و موجب بروز خطا و یا عدم عملکرد مناسب در تجهیزات مصرف کننده گردد ".

تعریف کاملتری از کیفیت توان در سال ۲۰۰۱ و توسط " Bhattacharya " ارائه شده است:

کیفیت توان ، ترکیبی از کیفیت ولتاژ و کیفیت جریان است که شامل فعل و انفعالات بین بار و شبکه می‌باشد. کیفیت ولتاژ مربوط به تغییرات شکل موج ولتاژ از حالت ولتاژ سینوسی ایده آل با دامنه و فرکانس ثابت ، می‌باشد. کیفیت جریان مربوط به تغییرات شکل موج جریان از حالت جریان سینوسی ایده آل با دامنه و فرکانس ثابت ، می‌باشد. کیفیت ولتاژ بیانگر عملکرد سیستم قدرت نسبت به بار است در حالی که کیفیت جریان بیانگر رفتار بار در قبال سیستم قدرت است.

^۱ Heydt
^۲ Dugan

۲-۱ مزایای کیفیت توان

اساسی ترین توقع مصرف کننده از توان الکتریکی ، مداوم بودن تولید آن است ، که از آن به قابلیت اطمینان یاد می شود. اما امروزه مصرف کننده تنها به قابلیت اطمینان رضایت نمی دهد و به کیفیت برق نیز اهمیت می دهد . برای مثال مصرف کننده ای که به شینی متصل است که بار موتوری را تغذیه می کند ، به هنگام استارت موتور ، دچار فلش ولتاژ می شود. بسته به میزان حساسیت بار مصرف کننده ، ممکن است این فلش ولتاژ منجر به بروز خطا و یا قطعی در کل یک کارخانه گردد. گرچه برق مصرف کننده قطع نمیگردد، ولی مصرف کننده اغتشاشی به نام فلش ولتاژ را تجربه می کند. بارهای حساسی مانند بیمارستان ها ، کارخانجات فرآیندی ، کنترل ترافیک هوایی و مؤسسات مالی که احتیاج به برق دائمی و بدون قطعی دارند ، از اهداف اصلی کیفیت توان هستند. دلایل اهمیت کیفیت توان بصورت خلاصه عبارتند از:

- تجهیزات امروزی در مقابل اغتشاشات ولتاژ ، نسبت به گذشته حساس ترند. مصرف کننده های صنعتی از این موضوع و تلفات اقتصادی ناشی از مسائل کیفیت توان که در فرآیند های صنعتی رخ می دهد ، بیش از همه آگاه هستند.
- تجهیزات موجب بروز اغتشاشات ولتاژ می گردند . بار ها اتفاق افتاده که همان دستگاهی که نسبت به اغتشاشات ولتاژ حساس است ، خود موجب بروز اغتشاشات ولتاژ دیگری می شود.

نیاز به شاخص عملکرد^۱ شرکت های برق. نیاز فزاینده به معیار و ملاکی برای ارزیابی عملکرد شرکت های برق در راستای تولید برق با کیفیت بالا ، ضرورت مطالعات کیفیت توان را بیشتر کرده است. این نیاز مخصوصاً در بخشهای انحصاری زنجیره تولید برق (تولید ، انتقال و توزیع) ، احساس می شود. انحصار طبیعی که شرکت های انتقال و توزیع در بازارهای تجدید ساختار شده^۲ دارا می باشند ، لزوم تهیه یک چهارچوب کیفیت توان با سطوح کیفیت اجباری را هر چه بیشتر نمایان می سازد. افراد تنظیم کننده بازار می بایست چنین چهارچوبی را در قالب شاخص های کیفیت توان تعریف کنند. کیفیت توان قابل اندازه گیری است. قابلیت مانیتورینگ کیفیت توان بدین معناست که کیفیت ولتاژ و جریان در ابعاد وسیع و در عمل قابل اندازه گیری است . در ادامه دلایل بروز فلش ولتاژ و اثرات آن را روی تجهیزات بررسی می کنیم .

3-1 فلش ولتاژ (افتادگی ولتاژ)

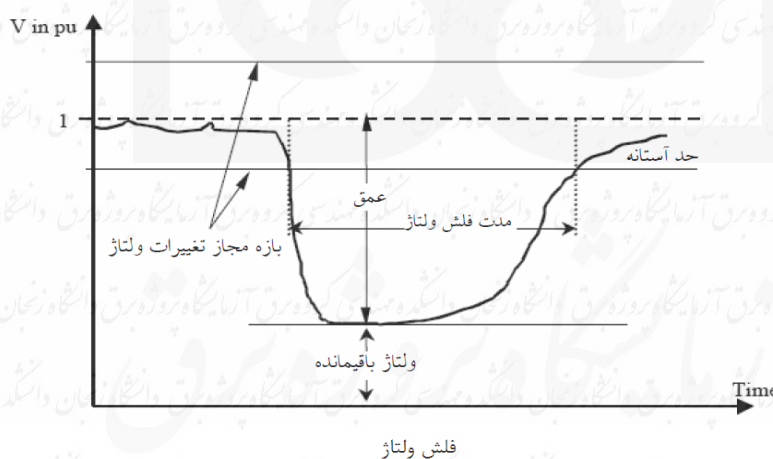
^۱ Performance Criteria

^۲ Deregulated markets

مطابق استاندارد " IEEE std 1346 " ، فلش ولتاژ ، " یک کاهش در مقدار مؤثر ولتاژ یا جریان در فرکانس قدرت و برای ۰.۵ سیکل تا ۱ دقیقه " تعریف شده است. برای داشتن مقدار عددی برای فلش ولتاژ ، فرم پیشنهادی " یک فلش تا X% " ارائه شده است که به این معناست که ولتاژ خطی تا X% مقدار معمول آن سقوط می کند.

کمیسیون الکتروتکنیکال بین المللی (IEC)^۱ ، فلش ولتاژ را بدین صورت تعریف می کند: " یک فلش ولتاژ ، کاهش ناگهانی ولتاژ در یک سیستم الکتریکی است که پس از طی مدت زمان کوتاهی از نصف سیکل تا چند ثانیه کوتاه، ولتاژ به حالت اولیه بازمی گردد ".

یک فلش ولتاژ، اغتشاش الکترومغناطیسی چند بعدی است و سطح آن بر اساس اندازه و زمان آن سنجیده می شود. اندازه یک فلش ولتاژ، مقدار ولتاژ باقیمانده^۲ در طول وقوع اتفاق است. مدت زمان فلش ولتاژ، مدت زمانی است که در آن ، مقدار مؤثر ولتاژ از یک حد آستانه^۳ پایینتر است. یک فلش ولتاژ می تواند در فاصله وقوع و رفع یک اشکال مانند خطای اتصال کوتاه و یا افزایش زیاد جریان در اثر استارت شدن یک موتور ، رخ دهد. یک فلش ولتاژ با اندازه و مدت زمان آن توصیف می شود. مدت زمان فلش ولتاژ زمان بین لحظه ای که ولتاژ مؤثر تا کمترین مقدار خود پایین می آید تا لحظه ای که دوباره به حالت اولیه بازمی گردد. شکل زیر یک فلش ولتاژ تک فاز و ویژگیهای آن را نشان می دهد. البته ممکن است که ولتاژ شروع فلش ولتاژ با ولتاژ پایان آن برابر نباشد.

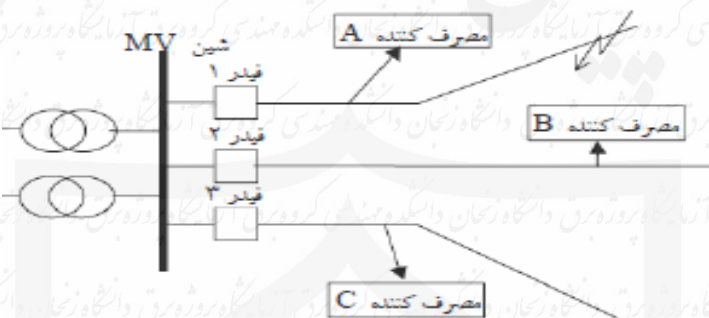


^۱ International Electrotechnical

^۲ Residual Voltage

^۳ Threshold

شکل زیر یک شبکه توزیع را نشان می دهد که دارای ۳ فیدر می باشد. اگر خطایی در محل مصرف کننده A اتفاق افتد آنگاه مصرف کننده A یک کاهش ولتاژ را در اثر جریان بزرگی که در ترانسفورماتور و فیدر بوجود می آید ، تجربه می کند و در ادامه نیز با قطعی برق در اثر عملکرد حفاظت اصلی^۱ در ابتدای فیدر ، مواجه می شود. مصرف کننده های B, C دچار قطعی نمی شوند ، اما یک فلش ولتاژ در اثر جریان خطای جاری در ترانسفورماتور ، در محل شین MV رخ میدهد.



۱-۳-۱ اثرات مخرب فلش ولتاژ

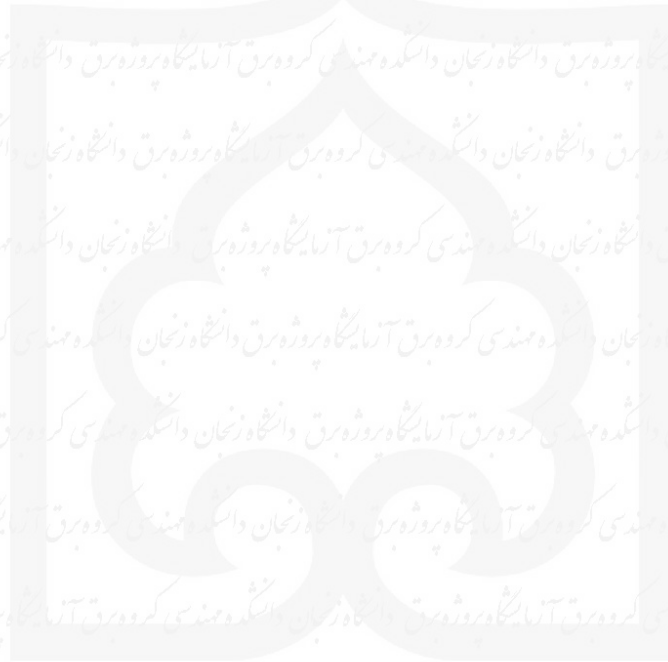
بسیاری از بارهای حساس نمی توانند بین فلش ولتاژ و قطعی موقت^۲ ، تمایزی قائل شوند. در بارهای حساس ، رخداد فلش ولتاژ فقط بر روی دستگاهی که مستقیماً آن را حس می کند ، تأثیر نمی گذارد ، بلکه بسته به فرآیندی که در کارخانه در حال انجام است ، فلش ولتاژ بر روی تمام پروسه تأثیر می گذارد . از آنجاییکه در کارخانجات مدرن چندین دستگاه با هم مشغول انجام یک فرآیند هستند ، بروز اشکال در یک دستگاه ممکن است کل فرآیند را مختل نماید. در واقع این مسأله یکی از اثرات شدید و هزینه ساز فلش ولتاژ می باشد. اما چنین آسیب و تلفاتی ، تابعی از طراحی فرآیند است و در واقع اثر ثانویه^۳ فلش ولتاژ می باشد. در ادامه به بررسی اثرات فلش ولتاژ بر روی تجهیزات می پردازیم.

^۱ Main protection
^۲ Interruption
^۳ Secondary Effect

پایان نامه کارشناسی

فصل ششم

نتیجه گیری و پیشنهاد



۶-۱ نتیجه گیری :

همانطوری که گفته شد فلش ولتاژ، کاهشی به اندازه ۰.۱ تا ۰.۹ پریونیت در ولتاژ نامی بوده که برای مدت زمان ۰.۵ سیکل تا یک دقیقه تداوم می یابد. این پدیده ممکن است بر عملکرد برخی از تجهیزات مشترکین اثر نامطلوبی داشته باشد، در نتیجه لازم است مورد بررسی و توجه قرار گیرد. در صورت درخواست یک مشتری بزرگ صنعتی ، چنانچه مشتری مذکور خواستار تعیین میزان فلش احتمالی به شینه خود باشد، شرکت های برق می توانند مراحل زیر را انجام دهند.

- تعیین دقیق آرایش شبکه متصل به شینه مورد نظر
- تعیین نرخ وقوع اتصال کوتاه ناشی از صاعقه و یا اختلال در شبکه مورد نظر با استفاده از بررسی های آماری و محاسباتی
- تعیین محدوده ای که در اثر وقوع اتصال کوتاه در آن فلش ولتاژی با دامنه ۱۰ تا ۹۰ درصد روی مشترک ایجاد شود. و ...

جمع آوری اتفاقات فلش ولتاژ یک شین شبکه برای یک دوره زمانی ، از آن جهت مورد توجه می باشد که تصمیم گیری جهت کاهش این اتفاقات را هدفمند و کاربردی می سازد. روش مناسب برای ارائه این اطلاعات استفاده از نمودار میله ای و جداول فلش ولتاژ می باشد. برای بدست آوردن این اطلاعات می بایست در کل شبکه مورد مطالعه ، برنامه مانیتورینگ اجرا گردد. اما به علت هزینه بر بودن و طولانی مدت بودن برنامه مانیتورینگ کامل ، اجرای این برنامه غیر منطقی می باشد.

فلش ولتاژ نوع A توسط خطاهای سه فاز متقارن تولید می شود و در سطح وسیعی از شبکه منتشر می گردد. ناحیه در دسترس مانیتورها در این حالت بسیار وسیع می باشد. فلش های نوع C و D در اثر خطاهای نامتقارن تولید می شوند، بنابراین دارای دامنه انتشاری کمتری نسبت به فلشهای متعادل می باشند.

برای بررسی انواع خطاها نیاز به شبیه سازی کامل شبکه و خطا گذاری در نقاط مختلف آن می باشد. به کمک این نتایج می توان خطرناکترین نقاط شبکه از نظر پایداری را مشخص نمود و تنظیم رله های حفاظتی این نقاط را به گونه ای انجام داد تا در صورت بروز خطا در این نقاط ، سریعتر عمل کنند.

۶-۲ پیشنهادات :

در این پایان نامه پدیده فلش ولتاژ بعنوان یک پدیده تصادفی و به روش آماری مورد آنالیز قرار گرفت. در

کلیه مراحل شبیه سازی این پایان نامه ، سعی بر بالا بردن دقت محاسبات فلش ولتاژ شده است تا برنامه

والگوریتم معرفی شده قابل اجرا بر روی شبکه واقعی مورد مطالعه باشد. در عین حال پیشنهاداتی نیز جهت

کامل شدن این پایان نامه به نظر می رسد که در اینجا ذکر می شود:

• علاوه بر اندازه فلش ولتاژ، مدت زمان آن نیز در آنالیز فلش ولتاژ منظور گردد. در واقع در شبکه ای

مانند شبکه مورد مطالعه در این پایان نامه، زمان عملکرد رله های دیستانس می تواند به عنوان یک

عامل مهم در مدت زمان فلش ولتاژ در نظر گرفته شود. زیرا بسته به محل وقوع خطا بر روی

خطوط، زمان عملکرد این رله ها متفاوت خواهد بود.

• در این پایان نامه از رفتار دینامیکی بار صرف نظر شده است. در واقع از یک حالت ایده آل بدون بار

شبکه برای شبیه سازی فلش ولتاژ استفاده شده است. با در نظر گرفتن رفتار دینامیکی بار، یگر نمی

توان یک اندازه و یک مدت زمان برای فلش ولتاژ ارائه نمود. این حالت مخصوصاً زمانی که بار

موتوری داشته باشیم بسیار اهمیت پیدا می کند. بنابراین ارائه یک مدل مناسب برای بار که بتواند

رفتار دینامیکی بار را به خوبی در تخمین آماری فلش ولتاژ وارد نماید، مناسب به نظر می رسد. یک

روش مناسب استفاده از بار با امپدانس متغیر در شبیه سازی ها می باشد.

• در این پایان نامه فلش های حاصل از اتصال کوتاه مطالعه گردید، در حالیکه تعدادی از فلش های

اتفاق افتاده در یک شبکه واقعی حاصل از ورود بارهای بزرگ در شبکه می باشد. به عبارت دیگر

عواملی چون راه اندازی موتورهای سنگین یا خازنهای بزرگ به عنوان عوامل تولید فلش ولتاژ مورد

مطالعه قرار گیرند.

مراجع:

- hein , p., lehtonen , m., voltage sag distributions caused by power system faults, IEEE transactions on power systems ,vo1. 18, no . 4, 4 november 2003 , pp.1367-1373
- حسینیان - سید حسین و درودی - عارف ، کیفیت توان ، شرکت برق منطقه ای تهران، بهار ۱۳۸۳.
- سعادت - هادی، بررسی سیستم های قدرت، ترجمه حیدرعلی شایانفر، شهرام جدید، احد کاظمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۰.
- مقالات منتشر شده در بیست و سومین کنفرانس بین المللی برق
- یاسر گریوانی ، "دسته بندی اطلاعات مربوط به فلش ولتاژ و تعیین تعداد و محل بهینه نصب دستگاههای اندازه گیری فلش ولتاژ" ، پایان نامه کارشناسی ارشد، اسفند ۱۳۸۵