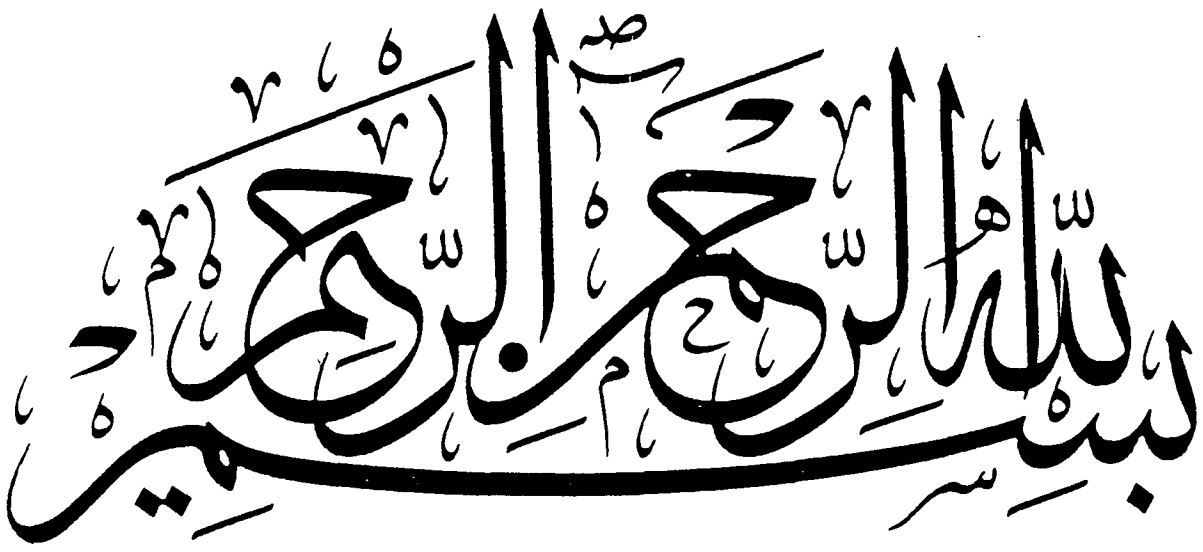



٤٢٣٤٧

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تقدیم به مرکز

دانشگاه مازندران
دانشکده فنی مهندسی

۱۳۸۱ /۸/ ۶

موضوع:

# طراحی یک سیاست کنترلی مناسب برای بازیاب دینامیکی ولتاژ(DVR)جهت حذف کمبود ولتاژ

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی برق گرایش قدرت

**استاد راهنما :**

**دکتر عبدالرضا شیخ‌السلامی**

**استاد مشاور:**

**دکتر سید علی نبوی‌نیاکی**

**نگارش :**

**حمیدرضا صابری‌نژاد**

۳۲۰۴۷

تیر ۱۳۸۱

باسمه تعالی

دانشگاه مازندران

معاونت آموزشی

تحصیلات تکمیلی

# ارزشیابی پایان نامه در جلسه دفاعیه

دانشکده فنی و مهندسی

نام و نام خانوادگی دانشجو : حمید رضا صابری نژاد　　شماره دانشجوئی : ۷۸۵۱۳۶۱۰۰۵

رشته تحصیلی : مهندسی برق - قدرت　　مقطع : کارشناسی ارشد

سال تحصیلی : نیمسال دوم ۸۱-۱۳۸۰

عنوان پایان نامه :

" طراحی یک سیاست کنترلی برای بازتاب دینامیکی ولتاژ (DVR) جهت حذف کمبود ولتاژ "

تاریخ دفاع : ۱۳۸۱/٤/۸

نمره پایان نامه ( به عدد) : - ۱۹/۱ (نوزده)

نمره پایان نامه ( به حروف) : نوزده

هیات داوران :

استاد راهنما : دکتر عبدالرضا شیخ الاسلامی　　امضا

استاد مشاور : دکتر سید علی نبوی نیاکی　　امضا

استاد مدعو : دکتر جواد روحی　　امضا

استاد مدعو : دکتر سعید لسان　　امضا

نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی : دکتر ابوالفضل رنجبر نوعی　　امضا

خداوند را سپاس می گویم که توفیق انجام کار به ما عنایت فرمود.

همچنیـن نسبت به اساتید محترم راهنما و مشاور دکتر عبدالرضا شیخ الاسلامی ودکتر سید علـی نبوی نیاکی که در تدوین فصول مختلف این پایان نامه این جانب را کمک وراهنمایی نمودند مراتب تقدیر و تشکر را بجای می اورم.

در پایـان از کلـیه عواملـی کـه مـن را در اتمام کار یاری کردند مخصوصا دانشجویان هم ورودی، هم اتاقی ها، همکاران ومسئولین دانشگاه تشکر می کنم.

۱۳۸۱/۲/۴

صابری نژاد

# تقدیم به:

# پدر و مادرم

چکیده:

در ایـن پروژه ابتدا مشخصات کمبود ولتاژ (sag) که شامل دامنه، طول ،شیفت فاز و افت ولتاژ نامتعادل است بررسی میشود .

سپس اصول عملکرد و ساختار DVR (بازیاب دینامیکی ولتاژ )که یکی از ادوات موسوم به Custem Power در مبحث کیفیت توان است می پردازیم .

قسـمت هـای مختـلف DVR که بصورت سری با خط جهت رفع افت ولتاژ استفاده می شـود شـامل منبع انرژی ،اینورتر ، فیلتر،ترانس تزریق و سیستم کنترل وامکانات حفاظتی دیگر است بیان می شود.

سیـستم کنـترل سـاده یـک واحـد DVR را بررسی کرده که با استفاده از جریان وولتاژ خروجـی و جـریان فیلتر DVR یک کنترل فید بکی چند حلقه جهت تحریک گیت IGBT ها در اینورتر استفاده می شود که دینامیک کنترل و متغیر های حالت و پایداری بررسی شده است.

طـرح کنـترل هـم فاز و سپس طرح تزریق ولتاژ با شیفت فاز بررسی شده ونتایج شبیه سازی با نرم افزار PSIM ارائه خواهد شد .

نـتایج شـبیه سـازی یـا عملکرد واقعی بازیاب دینامیکی ولتاژ که در مقالات ارائه شده مقایسه و بررسی می شود..

در این شبیه سازی از بلوک DLL استفاده شده است که که اطلاعات مربوط به نرم افزار PSIM را در محیط C++ تحلیل کرده و نتیجه را به برنامه اصلی باز می گرداند.

# فهرست مندرجات


چکیده ۱
فهرست ۲

**فصل اول:**
۱-افت ولتاژ ۳
۱-۱مقدمه ۳
۱-۲ تاریخچه ۶
۱-۳ مشخصات افت ولتاژ ۸
۱-٤ افت نامتعادل ۱۱

**فصل دوم:**
۲-بررسی ساختمان ونحوه اتصال DVR ۱٤
۲-۱ ساختمان DVR ۱٤
۲-۲ اتصال سری DVR ۱۶
۲-۳ تست قدرت بالا ۱۸
۲-٤ تجربه عملکرد DVR ۱۹
۲-۵ کنترل انرژی بهینه DVR ۲۱
۲-۶ اصول عملکرد ۲۳
۲-۷ اشکار کردن پارامترها ۲۵
۲-۸ طرح کنترلی ۲۷
۲-۹ مدل کردن ۲۷
۲-۱۰ طرح کنترل چند حلقه ۲۸
۲-۱۱ شبیه سازی و نتایج ۲۹

**فصل سوم:**
۳-یک استراتژی جدید برای ذخیره انرژی ۳۱
۳-۱ مرور اصول روش جهش فاز توسعه یافته ۳۳
۳-۲ مشخصات افت ۳۵
۳-۳ تجزیه وتحلیل حالات مختلف ۳۶
۳-٤ ارائه روش بازیافت ولتاژ ٤۱
۳-۵ نتایج شبیه سازی ٤۱



آرشیو اطلاعات مرکز تحقیقات ...

۳-۶ جمع بندی و روش با حداقل ولتاژ تزریقی ۴۲

**فصل چهارم:**

۴-شبیه سازی مدل افت ولتاژ با نرم افزار PSIM ۵۷

۴-۱ ولتاژ خط ۵۷

۴-۲ افت ولتاژ ۵۷

۴-۳ امپدانس خط ۵۹

۴-۴ مدل بار ۵۹

۴-۵ اینورتر ۵۹

۴-۶ فیلتر LC ۶۲

۴-۷ ترانس تزریق ۶۲

۴-۸ نحوه کنترل PWM ۶۳

۴-۹ انتگرالگیر ۶۳

۴-۱۰ بلوک DLL ۶۳

**فصل پنجم:**

۵- نتیجه گیری ۷۳

مراجع ۸۹

چکیده لاتین ۹۰

# فصل اول

## ۱-۱-مقدمه:

در دهه اخیر بحث کیفیت توان که موضوع آن کیفیت ولتاژ وجریان در شبکه نیرو است علاقمندی زیادی برای محققان در زمینه قدرت ایجاد کرده است .

مسائل مربوط به کیفیت توان که در شبکه ایجاد اختلال میکند شامل گذراهای ضربه ای و نوسانی ، قطعی ها،کمبود وافزایش ولتاژ ،عدم تعادل ولتاژ، هارمونیک ها ،تغییرات فرکانس و ... است که هر کدام می تواند مشکلاتی برای مصرف کننده وشرکتهای تولید وتوزیع برق در بر داشته باشد.

برای مقابله با مسائل کیفیت توان ابتدا سعی می شود تا با طراحی مناسب خطوط انتقال وتوزیع اثراین موارد را به حداقل برسانند ولی با این حال در کنار این اقدامات ادواتی موسوم

بـه FACTS اسـتفاده مـی شـوند که اخیرا توسعه زیادی پیدا کرده اند برخی از انها عبارتند از : فیلـترهای پسـیو واکتـیو ،UPFC، STATCOM ، TSC، SVC و... که بکار گیری انها سبب افزایش ظرفیت انتقال انرژی وقابلیت اطمینان همچنین کاهش تلفات وبهبود پایداری وامکان کنترل توان خواهد شد

درایـن مـیان حـوادث مربوط به دامنه ولتاژ از اهمیت ویژه ای برخوردار است. راه حل هـای موجـود عموما به دو دسته تقسیم می شوند یک بخش مربوط به شرکت برق است که قبلا دربـاره ان صـحبت شـد بخش دیگر که موضوع بحث ماست عناصر با صطلاح Custom Power اسـت کـه بـاید در فیدر مربوط به مصرف کننده در شبکه توزیع نصب شود این کار می تواند توسط شرکت برق انجام شود تا مشتری کمترین خسارت را متحمل شود.

بـه علـت پیشـرفت روزافزون صنایع واتوماسیون انها و بکارگیری ادوات الکترونیکی و میکروپروسـسـوری در تجهـیزات کارخانجـات عملکرد نامناسب انها تحت شرایط کمبود ولتاژ سـبب بوجـود امـدن میلـیونها دلار خسـارت است که با توجه به جنبه اقتصادی در این صنایع اهمیت مقابله با افت ولتاژ و سرمایه گذاری روی تجهیزات Custom Power مشخص می گردد.

مسـائل کیفیـت توان که نتیجه آن هزینه تلفات تولید برای پروسه های حساس به ولتاژ اسـت برای شرکت تولید و مصرف کننده انرژی ایجاد دردسر می کند . چون مسئله اتلاف در انـدازه گـیری طـرف مصـرف کننده موثر است بنابراین کاهش اثرات مسائل کیفیت توان طرف مصـرف بـاید بررسـی شـود . اگر چه منشا آن، از طرف دیگر می تواند باشد . راه حل بهینه

ممکن است شامل تغییرات سیستم قدرت یا نصب تجهیزات بهبود کیفیت تـوان در یـک یـا دو طرف باشد .

معمولا برای مسائل ناشی از طرف شرکت برق ، عملیاتی در طرف مصرف کننده بـرای مستقل کردن بارهای حساس نسبت به ولتاژ که متصل به مدار شرکت برق هستند انجام میشود [3] اگر چه یکبار این تلاش ها انجام شده است هنوز جای کار دارد . در این حالت راه حل طرف مصرف کننده معمولاً خیلی گران تمام می شود (یعنی مانند ساخت یک UPS بـزرگ) ،در همـان حال امکان دارد فصل طرف تولید کننده جهت ساخت پست ها یا مـدارات اختصاصـی خیلـی مشکل باشد وحتی هنوز ملزومات ومحدودیتها دسته بندی نشده است .

مسئله دیگر در اینجا تجهیزات مقابله با افت ولتاژ است که میتواند شامل عناصر ذخیـره کننده انرژی مانند باطری یا خازن بوده یا وسایلی چون موتور ژنراتور ترانس فرو رزنانس و تپ چنجرهای الکترونیکی و... باشد.

در زمینه بازیافت ولتاژ تا کنون تلاشهای زیـادی صـورت گرفتـه و روشـهای متعـددی پیشنهاد شده است که جز عده ای معدود بقیه براساس روش تزریق توان یـا ولتـاژ توسـط VSI (مبدل منبع ولتاژ) استواراست .

از جمله این روشها می توان DVR (بازیـاب دینـامیکی ولتـاژ) را نـام بـرد کـه دارای تکنولوژی برتر وجدیدتری میباشد.

البته تا کنون مطالبی که در مورد DVR در مقالات منتشر شده و از ان جمله انها عبارتنـد از:۱- ساختار DVR و متعلقات ان ۲- نحوه عملکرد ان و اتصال ان به شبکه ۳- مثالهای عملی از

نحوه کارDVR ٤-نحوه استخراج پارامترها جهت کنترل DVR ٥- مدل کردن DVR جهت طراحی بلوک دیاگرام کنترلی ٦- ارائه روشی جهت مـی نـیمم کـردن ولتـاژ تزریقـی ٧-تکامـل روش پیشنهادی جهت جلوگیری از ناپیوستگی ولتاژ وتوان تزریقی

ولیکن در منابع موجود مدل مداری که برای ارائه نتایج شبیه سازی استفاده شده موجـود نیست ویا فقط برخی پارامترها بیان شده ودر اینجا سعی شده با ارائه مدل مداری نسبتا عملی بـا تغییر پارامترها و شرایط کاری مختلف عملکرد DVR بررسی شود.البته مدل ارائه شده در سیسـتم تکفاز بررسی شده که برای سیستم سه فاز در افت متعادل قابل اسـتفاده میباشـد ولـی در افـت نامتعادل با تغییراتی در سیستم کنترل داده شود.

چون DVR برای بازیافت ولتاژ تزریق توان در حالت سری با خط انجام میدهد باتوجه به ملاحظات اقتصادی حداقل شدن این توان برای وسائل ذخیره انرژی اهمیت دارد ازاین رو بحث روش کنترل بهینه با مینیمم انرژی مورد توجه میباشد که در این مجال بدان میپردازیم

۲-۱-تاریخچه :

تحقیقاتی روی شرکتهای تولید صنعتی و مصرف کنندگان تجاری در می و ژوئـن ۱۹۹۲ انجام شده است که هدف تحقیق تعیین معیاری برای مصرف کننده و اعمـال نتـایج بررسـی در صورتحساب مصرف کننده همچنین نصب تجهیزات قدرت برای ایجاد سرویس الکتریکی قابـل قبول درزمان اغتشاش است . می دانیم که در مصرف کنند های عمومی قطع برق محدود کننـده سیستم نیست . هر چند موقعی که پروسه ها توسط اغتشاش لحظه ای -که متداول تر از قطعی است- ازکار بیافتند بیشترین مشکلات را در پی دارد. خواسته های اصلی مصرف کننده راه حل

بهینه شرکت تولید باضافه صورتحساب آنهاست که شامل مجموعه کارکرد و پورسانت ها وهزینه نصب تجهیزات در پست جهت رفع اغتشاش خط باشد.DVR بعنوان قسمتی از برنامه های شرکت CUSTEM POWER برای ایجاد چنین شرایطی گسترش یافته است .

ازدیاد تجهیزات حساس به ولتاژ در بخش صنعت پروسه های صنعتی را نسبت به تغییرات منبع تغذیه آسیب پذیر ساخته است چنین تغییرات ولتاژی در شکل Swell,Sag یا قطعی آنی سبب بروز پدیده قطعی در نتیجه میلیون ها دلار اتلاف منابع است . بنابراین اخیراً شرکت تولید نیرو همانند مصرف کننده ناچاراً دنبال راه حلی با هزینه مؤثر برای گذر از اغتشاشات لحظه ای منبع ولتاژ است . چنانچه موضوع وسیله CUSTEM POWER جدید بنام DVR برای جبران اغتشاش ولتاژ در سیستم توزیع اخیراً علاقه و ارزش زیادی ایجاد کرده جدای از DVR برخی تحقیقات وسایل دیگری برای کاهش اغتشاشات لحظه ای پیشنهاد کرده اند . در این میان Static Voltage Booster و Controler Unified Voltageقابل توجه بوده اند .

نصب اولین DVR دنیا در شبکه اصلی امریکا برای حفاظت بار های حساس در برابر اغتشاش ولتاژ سیستم قدرت، اغازی در حل مسائل کیفیت توان در شرکت های برق شد . اولین نوع DVR ساخته شده بوسیله وستینگ هاوس برای EPRI درماه آگوست سال ۱۹۹٦ در شرکت دوک پاور (کارلینای شمالی ) نصب شده است. سیستم$^{KV}$ ۱۲/٤۷ در آن کارخانه، که یک کارخانه تمام اتوماتیک ریسندگی و بافندگی بود نسبت به اغتشاش سیستم شرکت تولید برق که کارخانه را سرویس می داد حفاظت می کرد.

اولین بارکه DVR در(آگوست ) سال ۱۹۹٦ راه اندازی شد مقدار اغتشاش نسبتاً ملایمی از فیدر توزیع متصل به بار حساس جذب می شد . اغتشاش بقدری ملائم بود که پروسه قطع نمی شد. اما زمان پاسخ عملیDVR در راه اندازی بارهای حساس کوتاه بود که پس از تکمیل وتوسعه یک نمونه ٤مگا ولت امپر که ۵۰ درصد افت را با طول ۷/۵ سیکل با ذخیره انرژی٦۰۰ کیلو ژول پوشش می داد توسط شرکت ABB در سنگاپور درسال ۱۹۹۸ راه اندازی شد ونمونه ۲۲مگا ولت امپر که ۵۰ درصد افت را با طول ۲۵ سیکل با ذخیره ۲مگا ژول پوشش می دهد توسط همان شرکت در سال ۲۰۰۰ در فلسطین اشغالی نصب وراه اندازی شده است.

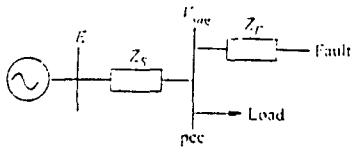
۳-۱مشخصات افت ولتاژ:

افت ولتاژ معمولا با مشخصاتی بیان می شود که مهمترین انها دامنه افت ولتاژ( یا دامنه باقیمانده) ومدت زمان افت ولتاژ است .از مشخصات دیگر شیفت فاز وافت ولتاژ نامتعادل است زیرا بیان مشخصه دامنه فقط برای افت ولتاژ متعادل مناسب است مشخصه اخیر نیز در برخی مواقع ضروری به نظر می رسد .

۱-۳-۱-دامنه افت ولتاژ:

جهت محاسبه ونشان دادن تغییرات دامنه افت ولتاژ روشهای متعددی وجود دارد که عبارتند از :۱-محاسبه مقدار موثر ولتاژ در هر سیکل یا نیم سیکل ۲-نشان دادن مقدار پیک ولتاژ در هر لحظه ۳- نشان دادن مقدار دامنه هارمونیک اصلی در هر لحظه

برای بررسی موارد بالا مدل شبکه قدرت را بصورت شکل عمومی زیر در نظر می گیریم که با توجه به موقعیت خطا در شکل ورابطه ساده تقسیم ولتاژ، دامنه ولتاژ sag بدست می اید اگر E=1 P.U در نظر بگیریم خواهیم داشت.

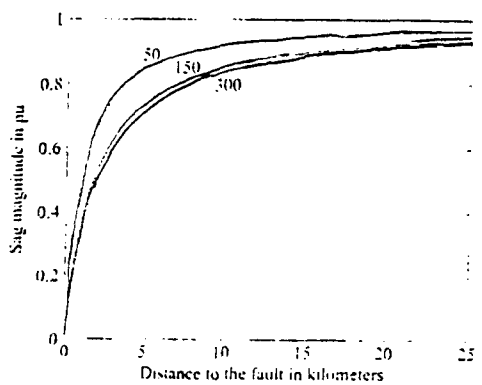


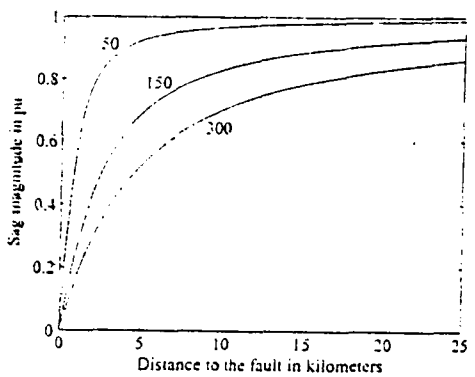

$$V_{sag} = \frac{Z_F}{Z_S + Z_F} E$$

$$V_{sag} = \frac{Z_F}{Z_S + Z_F}$$

شکل ۱-۱ :مدل مورد استفاده برای تحلیل خطا

اگر در رابطه بالا امپدانس نقطه خطا نسبت به باس اندازه گیری را بصورت تابعی از فاصله بنویسیم منحنی های زیر بدست می اید که نشان دهنده کاهش اثر افت با افزایش فاصله میباشد.البته این منحنی ها برای خطوط هوایی وکابل های زیر زمینی مطابق شکل ۲-۱ متفاوت است و هر چه مقطع سیم نازکتر باشد با توجه به امپدانس بیشتر اثر افت ولتاژ در فاصله کمتری برطرف میشود.




شکل ۲-۱ :منحنی تغییرات دامنه افت نسبت به فاصله خطا از باس اندازه گیری