بنام خداوندگار بخشنده مهربان

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

(پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی برق-قدرت

عنوان

طراحی کنترل کننده هوشمند برای عناصر موازی *FACTS* جهت بهبود رفتار دینامیکی بارهای صنعتی

استاد راهنما:

دکتر مهرداد عابدی

استاد مشاور:

دکتر حسن رستگار

نگارنده:

احسان سعیدپور پاریزی

زمستان ۱۳۸۶

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی‌تکنیک تهران)

بسمه تعالی

فرم اطلاعات پایان‌نامه
کارشناسی- ارشد و دکترا

تاریخ:
شماره:

معاونت پژوهشی
فرم پروژه تحصیلات تکمیلی ۷

مشخصات دانشجو:

نام و نام خانوادگی: احسان سعیدپور پاریزی دانشجوی آزاد ◯ بورسیه ◯ معادل ◯

شماره دانشجوئی: ۸۴۱۲۳۰۸۳ دانشکده: برق رشته تحصیلی: مهندسی برق گروه: قدرت

مشخصات استاد راهنما:

نام و نام خانوادگی: دکتر مهرداد عابدی درجه و رتبه: پروفسور

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

مشخصات استاد مشاور:

نام و نام خانوادگی: دکتر حسن رستگار درجه و رتبه: استادیار

نام و نام خانوادگی: درجه و رتبه:

عنوان پایان‌نامه به فارسی :

طراحی کنترل کننده هوشمند برای عناصر *FACTS* جهت بهبود رفتار دینامیکی بارهای صنعتی

عنوان پایان‌نامه به انگلیسی:

Design Intelligence Controller for Parallel FACTS for Improve Dynamic Industrial LOad

نوع پروژه: کارشناسی ارشد ● دکترا ◯ سال تحصیلی: ۱۳۸۶

کاربردی ◯ بنیادی ● توسعه‌ای ◯

نظری ◯

تاریخ شروع : ۱۳۸۵/۰۴/۰۱ تاریخ خاتمه : ۱۳۸۶/۱۱/۲۹ تعداد واحد : ۶ سازمان تأمین کننده اعتبار : دانشگاه صنعتی امیرکبیر

واژه‌های کلیدی به فارسی: الگوریتم ژنتیک، کروموزوم، توابع عضویت فازی، سیستم فازی

واژه‌های کلیدی به انگلیسی :FACTS, Genetic Algorithm, Fuzzy System, Membership Function

مشخصات ظاهری	تعداد صفحات ۱۲۲	تصویر ● جدول ● نمودار ◯ نقشه ◯ واژه‌نامه ◯	تعداد مراجع ۲۲	تعداد صفحات ضمائم ۳
زبان متن	فارسی ● انگلیسی ◯	چکیده	فارسی ● انگلیسی ●	
یادداشت				

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه

استاد:

دانشجو:

امضاء استاد راهنما: **تاریخ: ۱۳۸۷/۰۶/۱۹**

۱ : ارائه به معاونت پژوهشی به همراه یک نسخه الکترونیکی از پایان‌نامه و فرم اطلاعات پایان‌نامه بصورت PDF همراه چاپ چکیده (فارسی انگلیسی) و فرم اطلاعات پایان‌نامه

تقدیم به مادرو پدر عزیزم

که ذره ذره وجودشان پژواک نور و عشق است و ایثارو محبتهایشان جبران ناکامی و صبرشان آموزشگاه روحم.

تقدیم به همسر مهربانم

که همواره پشتیبانم بوده و بار مشقتهای این پروژه بی شک تنها بر دوش او سنگینی می کرد.

تقدیم به اساتید بزرگوارم؛ آقایان دکتر مهرداد عابدی و دکتر حسن رستگار

که هادی بسیاری از انسانها بوده و هستند، با امید سلامت و شکوفایی بیش از پیش در اهداف مطهرتان، نشاط موفقیت های پس از این را با سپاس از تاثیر وجود عزیزتان در به پایان بردن این مقطع را با شما تقسیم می کنم.

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- بارهایی که نیاز به جبرانسازی دارند ۳

۱-۳- تعریف ناپایداری موتور القائی سه فاز ٤

۱-۴- عوامل ناپایداری موتورها ٥

۱-۵- روش های نجات موتورهای الکتریکی ٥

۱-۵-۱- طرح تعویض باس ٦

۱-۵-۲- وارد کردن مقاومت در مدار روتور ٦

۱-۵-۳- استفاده از تنظیم کننده سرعت ٦

۱-۵-۴- جلوگیری از سقوط ولتاژ در هنگام بروز اختلالات ٦

۱-۶- کنترل توان راکتیو ۷

۱-۶-۱- نیاز به کنترل توان راکتیو ۷

۱-۶-۲- ارتباط کنترل توان راکتیو و تنظیم ولتاژ ۸

۱-۶-۳- کنترل توان راکتیو و اصلاح ضریب توان ۹

۱-۶-۴-کنترل توان راکتیو برای حفظ پایداری ۹

۱-۷- هدف ۱۰

۱-۸- ساختار پایان نامه ۱۲

فصل دوم: معرفی و مدلسازی سیستم

۲-۱- مقدمه ۱۵

۲-۲- سیستم مورد مطالعه ۱۵

۲-۳- مدل شبکه سراسری ۱۵

۲-۴- مدل ترانسفورماتورهای قدرت ۱٦

۲-۵- مدل موتور القایی سه فاز ۱٦

عنوان **صفحه**

۲-۶- مدل موتور سنکرون سه فاز ۲۰

۲-۷- مدل موتور جریان مستقیم *(DC)* ۲۱

فصل سوم: مفاهیم و فن آوری شبکه های انتقال نیروی انعطاف پذیر

۳-۱- مقدمه ۲۶

۳-۲- بررسی پارامترهای الکتریکی خط انتقال ۲۶

۳-۲-۱- پارامترهای مستقل خط انتقال ۲۶

۳-۲-۲- پارامترهای وابسته خط انتقال ۲۷

۳-۳- روابط توان انتقالی در خط ۲۹

۳-۴- فلش ولتاژ ۳۰

۳-۵- فلیکر ولتاژ ۳٤

۳-۵-۱- عوامل بوجود آورنده فلیکر ولتاژ ۳٦

۳-۵-۲- مشخصه یک نوسان ولتاژ نمونه ۳۷

۳-۶- پایداری و افزایش توان انتقالی ۳۸

۳-۷- مقدمه ای بر سیستم های انتقال توان انعطاف پذیر متناوب ۳۹

۳-۸- تعریف سیستم های انتقال توان انعطاف پذیر متناوب ٤۰

۳-۹- روش های عملی کنترل سیلان قدرت ٤۰

۳-۱۰- جبرانسازی ٤۱

۳-۱۱- مدل عمومی ادوات *FACTS* ٤۲

۳-۱۲- نسل اولیه عناصر *FACTS* ٤۲

۳-۱۳- انواع جبران کننده ها در سیستم قدرت ٤۳

۳-۱۳-۱- جبران کننده های پسیو ٤۳

۳-۱۳-۲- جبران کننده های اکتیو ٤۳

۳-۱۴- جبران کننده های استاتیک توان راکتیو *(SVC)* ٤٤

عنوان **صفحه**

۳-۱۵- جبرانساز سنکرون ایستا *(STATCOM)* ٤٨

فصل چهارم: منطق فازی و کنترل کننده های فازی

۴-۱- مقدمه ٥١

۴-۲- دسته های فازی و توابع عضویت ٥٢

۴-۳- سیستم های مبتنی بر منطق فازی ٥٣

۴-۴- مدل های مختلف سیستم های فازی ٥٥

۴-۴-۱- سیستم های فازی ممدانی ٥٥

۴-۴-۲- سیستم های فازی سوگانو ٥٨

فصل پنجم: الگوریتم ژنتیک و شیوه های ترکیب آن با کنترل کننده های فازی

۵-۱- مقدمه ٦١

۵-۲- جمعیت ٦٢

۵-۳- انتخاب والدین ٦٢

۵-۴- تولید مثل ٦٣

۵-۴-۱- تقاطع ٦٣

۵-۴-۲- جهش ژنتیکی ٦٣

۵-۵- تابع سازگاری ٦٤

۵-۶- تلفیق کنترل کننده های فازی با الگوریتم ژنتیک ٦٦

۵-۶-۱- تبدیل پایگاه قوانین سیستم فازی ممدانی به کروموزوم ها ٦٦

۵-۶-۲- تبدیل پایگاه قوانین سیستم فازی سوگانو به کروموزوم ها ٦٦

۵-۶-۳- تبدیل توابع عضویت به کروموزوم ها ٦٧

۵-۶-۴- تبدیل تمامی سیستم فازی به کروموزوم ها ٦٩

عنوان **صفحه**

فصل ششم: نتایج شبیه سازی

۶-۱- مقدمه ۷۲

۶-۲- شبکه مورد مطالعه و سیکل راه اندازی ۷۲

۶-۳- کنترل کننده کلاسیک *PID* ۷۳

۶-۴- کنترل کننده فازی (ممدانی) ۷٤

۶-۵- کنترل کننده فازی سوگانو ساده ۵×۵ تنظیم شده توسط الگوریتم ژنتیک برای *SVC* ۷٦

۶-۶- کنترل کننده فازی سوگانو وزن دار ۵×۵ تنظیم شده توسط الگوریتم ژنتیک برای *SVC* ۸۰

۶-۷- کنترل کننده فازی سوگانو ساده $m\times n$ تنظیم شده توسط الگوریتم ژنتیک برای *SVC* ۸۳

۶-۸- کنترل کننده فازی سوگانو وزن دار $m\times n$ تنظیم شده توسط الگوریتم ژنتیک برای *SVC* ۸۷

۶-۹- کنترل کننده فازی سوگانو وزن دار $m\times n$ تنظیم شده توسط الگوریتم ژنتیک برای *STATCOM* ۸۹

فصل هفتم: نتیجه گیری و پیشنهادات

نتیجه گیری ۹۵

پیشنهادات ۹۸

مراجع ۱۰۰

ضمیمه ۱۰٤

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمات

شکل ۱-۱: مشخصه سرعت - گشتاور موتور القایی ۴

شکل ۱-۲: سیستم مورد مطالعه ۱۰

فصل دوم: معرفی و مدلسازی سیستم

شکل ۲-۱: مدار معادل ماشین القایی متقارن سه فاز در دستگاه مرجع اختیاری ۲۰

شکل ۲-۲: مدار معادل یک ماشین سنکرون متعادل سه فاز در دستگاه مرجعی که در روتور قرار گرفته است ۲۱

شکل ۲-۳: مدار معادل ماشین جریان مستقیم *(DC)* ۲۲

فصل سوم: مفاهیم و فن آوری شبکه های انتقال نیروی انعطاف پذیر

شکل ۳-۱: مدار معادل یک جزء از خط انتقال ۲۷

شکل ۳-۲: مدل π خط انتقال با تولید کننده و مصرف کننده ۲۹

شکل ۳-۳: شبکه نمونه ۳۲

شکل ۳-۴: دیاگرام تک خطی سیستم نمونه ۳۵

شکل ۳-۵: منحنی تغییر ولتاژ بر حسب زمان، *u(t)* ۳۷

شکل ۳-۶: مشخصه تغییر ولتاژ نسبی، *d(t)* ۳۷

شکل ۳-۷: مشخصه توان-زاویه خط انتقال ۳۸

شکل ۳-۸: یک مدل عمومی از تجهیزات *FACTS* ۴۲

شکل ۳-۹: انواع متداول جبران کننده های استاتیک توان *(SVC)* ۴۵

شکل ۳-۱۰: مشخصه، مدار معادل و دیاگرام برداری *SVC* ۴۵

شکل ۳-۱۱: الف) تغییرات سوسپتانس معادل *SVC* بر حسب زاویه آتش ب) تغییرات ۴۸

عنوان **صفحه**

راکتانس معادل *SVC* بر حسب زاویه آتش
شکل ۳-۱۲: دیاگرام، مشخصه، مدار معادل و دیاگرام برداری یک *STATCOM* ٤٨

فصل چهارم: منطق فازی و کنترل کننده های فازی
شکل ۴-۱: بلوک دیاگرام سیستم های فازی ٥٣
شکل ۴-۲: توابع عضویت برای ورودی اول کنترل کننده فازی ٥٧
شکل ۴-۳: توابع عضویت برای ورودی دوم کنترل کننده فازی ٥٧
شکل ۴-۴: توابع عضویت برای خروجی کنترل کننده فازی ٥٧

فصل پنجم: الگوریتم ژنتیک و شیوه های ترکیب آن با کنترل کننده های فازی
شکل ۵-۱: عملگرهای تولید مثل ٦٣
شکل ۵-۲: بلوک دیاگرام تابع سازگاری ٦٥
شکل ۵-۳: بلوک دیاگرام الگوریتم ژنتیک ٦٦
شکل ۵-۴: نحوه کدگذاری پایگاه قوانین یک سیستم فازی سوگانو ٦٧
شکل ۵-۵: اولین شیوه کد گذاری تابع عضویت مثلثی ٦٧
شکل ۵-۶: دومین شیوه کد گذاری تابع عضویت مثلثی ٦٨
شکل ۵-۷: سومین شیوه کد گذاری تابع عضویت مثلثی ٦٩
شکل ۵-۸: نمایش یک سیستم فازی به صورت دسته کروموزوم ها ٧٠

فصل ششم: نتایج شبیه سازی
شکل ۶-۱: سیستم مورد مطالعه ٧٢
شکل ۶-۲: نتایج شبیه سازی با کنترل کننده *PID* ٧٤

عنوان **صفحه**

شکل ۶-۳: نتایج شبیه سازی با کنترل کننده فازی (ممدانی) ۷۵
شکل ۶-۴: نقاط مورد آزمایش در الگوریتم ژنتیک ۷۶
شکل۶-۵: نتایج شبیه سازی کنترل کننده فازی سوگانو ساده ۵×۵ تنظیم شده توسط الگوریتم ژنتیک برای *SVC* ۷۷
شکل ۶-۶: نتایج شبیه سازی کنترل کننده فازی سوگانو وزن دار ۵×۵ تنظیم شده توسط الگوریتم ژنتیک برای *SVC* ۸۱
شکل ۶-۷: مشخصه راه اندازی موتور القایی ۸۲
شکل ٦-۸: نتایج شبیه سازی کنترل کننده فازی سوگانو ساده $m\times n$ تنظیم شده توسط الگوریتم ژنتیک ۸٤
شکل ۶-۹: نتایج شبیه سازی کنترل کننده فازی سوگانو وزن دار $m\times n$ تنظیم شده توسط الگوریتم ژنتیک برای *SVC* ۸٦
شکل ۶-۱۰: جریان و سرعت موتور القایی در زمان راه اندازی ۸۷
شکل ۶-۱۱: نتایج شبیه سازی کنترل کننده فازی سوگانو وزن دار $m\times n$ تنظیم شده توسط الگوریتم ژنتیک برای *STATCOM* ۹۰
شکل ۶-۱۲: نتایج شبیه سازی کنترل کننده فازی سوگانو وزن دار $m\times n$ تنظیم شده توسط الگوریتم ژنتیک برای *STATCOM* ۹۱

ضمیمه

شکل ۱: سیستم شبیه سازی شده در نرم افزار *MATLAB* ۱۰۳
شکل ۲: مدل استفاده شده برای شبیه سازی *SVC* به همراه مدار تست و نتیجه ۱۰٤
شکل ۳: مدل استفاده برای شبیه سازی *STATCOM* ۱۰٤

عنوان **صفحه**

فصل چهارم: منطق فازی و کنترل کننده های فازی

جدول ۱-۴: پایگاه دانش کنترل کننده فازی ۵۸

فصل ششم: نتایج شبیه سازی

جدول ۶-۱: پارامترهای مشخصه کنترل‌کننده کلاسیک *PI* ۷۲

جدول ۶-۲: پارامترهای مشخصه کنترل‌کننده فازی (ممدانی) ۷۲

جدول ۶-۳: مشخصات نقاط ابتدایی مورد استفاده برای حل عددی معادلات ۷۷

جدول ۶-۴: پارامترهای محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک ساده برای پایگاه قوانین سیستم فازی سوگانو ۵×۵ ۷۹

جدول ۶-۵: پارامترهای مشخصه کنترل‌کننده فازی ساده (سوگانو) ۵×۵ با توابع عضویت ثابت از پیش تعیین شده ۸۰

جدول ۶-۶: پارامترهای محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک وزن‌دار برای پایگاه قوانین سیستم فازی سوگانو ۵×۵ ۸۱

جدول ۶-۷: پارامترهای مشخصه کنترل‌کننده فازی وزن‌دار (سوگانو) ۵×۵ با توابع عضویت ثابت از پیش تعیین شده ۸۱

جدول ۶-۸: پارامترهای محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک ساده برای پایگاه قوانین سیستم فازی سوگانو *m×n* ۸۵

جدول ۶-۹: پارامترهای محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک ساده برای توابع عضویت ورودی اول (خطای ولتاژ) سیستم فازی سوگانو *m×n* ۸۵

جدول ۶-۱۰: پارامترهای محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک ساده برای توابع عضویت ورودی دوم (مشتق خطای ولتاژ) سیستم فازی سوگانو ۸۵

جدول ۶-۱۱: پارامترهای مشخصه کنترل‌کننده فازی ساده (سوگانو) ۵×۵ با توابع ۸۷

عنوان **صفحه**

عضویت متغیر

جدول ۶-۱۲: پارامترهای محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک وزن‌دار برای پایگاه قوانین سیستم فازی سوگانو $m \times n$ ۸۷

جدول ۶-۱۳: پارامترهای محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک وزن‌دار برای توابع عضویت ورودی اول (خطای ولتاژ) سیستم فازی سوگانو $m \times n$ ۸۷

جدول ۶-۱۴: پارامترهای محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک وزن‌دار برای توابع عضویت ورودی دوم (مشتق خطای ولتاژ) سیستم فازی سوگانو ۸۸

جدول ۶-۱۵: پارامترهای مشخصه کنترل‌کننده فازی وزن‌دار (سوگانو) ۵×۵ با توابع عضویت متغیر ۸۸

جدول ۶-۱۶: پارامترهای محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک وزن‌دار برای پایگاه قوانین سیستم فازی سوگانو $m \times n$ ۹۱

جدول ۶-۱۷: پارامترهای محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک وزن‌دار برای توابع عضویت ورودی اول (خطای ولتاژ) سیستم فازی سوگانو $m \times n$ ۹۱

جدول ۶-۱۸: پارامترهای محاسبه شده توسط الگوریتم ژنتیک وزن‌دار برای توابع عضویت ورودی دوم (مشتق خطای ولتاژ) سیستم فازی سوگانو ۹۲

چکیده

امروزه با پیشرفت صنایع برق و افزایش روزافزون آن بحث کیفیت توان بیش از پیش خود را به نمایش گذاشته است و فلش (فلیکر) ولتاژ هر چه بیشتر احساس می گردد و لذا به منظور بهبود پروفیل ولتاژ و همچنین جلوگیری از احساس نوسانات زودگذر توسط مصرف کننده ها، عناصری بر پایه الکترونیک قدرت که زمان عکس العمل کوتاه تری را نسبت به سایر جبرانسازها داشته استفاده می نمایند.

در این پروژه به منظور بررسی نحوه عملکرد آنها از انواع موازی ادوات *FACTS* [1] استفاده نموده ایم ولی با توجه به زمان عکس العمل کوتاه این تجهیزات و هزینه بالای آنها، بایستی از کنترل کننده ای که دارای سرعتی متناسب با تجهیز باشد استفاده نمود.

به این منظور جهت کنترل عناصر موازی ادوات *FACTS* از کنترل کننده فازی که دارای سرعت پاسخگویی بسیار بالاتر نسبت به انواع کلاسیک آن می باشد استفاده نموده ایم ولی با توجه به اینکه برای تنظیم هر کنترل کننده فازی به تجربیات فرد خبره نیاز است و سیستم مورد مطالعه فاقد این مورد می باشد جهت تنظیم کنترل کننده فازی از الگوریتم ژنتیک استفاده نموده ایم.

الگوریتم ژنتیک محاسبه گری بسیار قدرتمند بوده که در یک زمان واحد بر روی چندین نقطه بصورت همزمان عمل نموده و جواب نهایی که در اینجا همان تنظیمات کنترل کننده فازی می باشد را به بهترین نقطه سوق می دهد.

در این پایان نامه به منظور بررسی انواع کنترل کننده در بهبوه پروفیل ولتاژ از یک شینه صنعتی با توان اتصال کوتاه محدود و بارهای صنعتی ائم از موتورهای سنکرون، آسنکرون، جریان مستقیم و بار ساده استفاده نموده ایم.

یکی از مزایای استفاده از الگوریتم ژنتیک در تنظیم کنترل کننده فازی، عدم نیاز به شناخت دقیق سیستم بوده و جهت این تنظیم تنها بایستی شناخت کافی نسبت عنصر جبرانساز و سطح اتصال کوتاه شینه داشت، در این پایان نامه به منظور کنترل جبرانساز تنها بایستی از خطای ولتاژ و همجنین مشتق آن نمونه برداری نمود.

[1] Flexible Alternating Current Transmission

فصل اول

مقدمات

۱ ـ ۱ مقدمه

تقریبا سی درصد از منابع اولیه انرژی در جهان به منظور تولید انرژی الکتریکی صرف و تقریبا تمامی این انرژی بوسیله جریان متناوب و در فرکانس های ۵۰ و ۶۰ هرتز تولید، منتقل و توزیع می گردد. در حال حاضر و با توجه به محدودیت های بوجود آمده (محیط زیست و هزینه های بالای احداث خطوط و پستهای انتقال) طراحی و بهره برداری از سیستم های قدرت متناوب با حداکثر بازده و بیشترین میزان قابلیت اطمینان و ایمنی حایز اهمیت است. این نیازمندیها انگیزه و عامل مجموعه پیشرفت هائی در تکنولوژی سیستم های قدرت گردیده است [۱].

در یک سیستم قدرت الکتریکی متناوب ایده آل، ولتاژ و فرکانس در هر نقطه از شبکه باید ثابت و برابر با مقدار تعریف شده آن باشد. تعریف کیفیت تغذیه به صورت یک شاخص بیانگر میانگین حداکثر تغییرات در مقدار موثر ولتاژ در یک بازه زمانی می باشد. بارهای مصرفی هم در سیستم قدرت به گونه ای طراحی می شوند که تحت یک ولتاژ تغذیه مفروض بهترین عملکرد را دارا باشند، بنابراین حساس به سقوط ولتاژ بوده و در این حالت از عمر مفید دستگاه کاسته شد و حتی احتمال اختلال (ناپایداری) در عملکرد بارهای صنعتی نیز وجود دارد. مساله سقوط ولتاژ یکی از مسایل مهم و قابل بحث در رابطه با عناصر حساس به ولتاژ می باشد و عملکرد این عناصر در هنگام بروز این پدیده، مورد توجه خاص قرار می گیرد. هر چند در سالهای اخیر پیشرفت های چشمگیری نصیب صنعت برق گردیده است، اما با توجه به توسعه و رشد بالای سیستم های انتقال و توزیع انرژی الکتریکی و با توجه به گستردگی جغرافیایی آن، جلوگیری از وقوع خطا تقریبا غیر ممکن می باشد و در نتیجه حوادث و مشکلات غیر قابل پیش بینی بوجود آمده در شبکه، نوسانات ولتاژ حاصل می گردد که این نوسانات ولتاژ عامل عدم کارکرد صحیح تجهیزات الکتریکی می باشد [۲].

۱ ۲ بارهایی که نیاز به جبرانسازی دارند

مساله اینکه آیا یک بار معین در شرایط پایدار و یا گذرا نیاز به جبرانسازی دارد یا خیر، یک مساله اقتصادی است که جواب آن به عوامل مختلفی از جمله تعرفه برق، اندازه بار و ضریب توان جبران نشده بستگی دارد. برای بارهای صنعتی بزرگ با ضریب توان جبران نشده بالاتر از ۰/۸ اصلاح ضریب توان مقرون به صرفه می باشد [۳].

بارهایی که منجل به تغییرات سریع ولتاژ تغذیه می شوند بایستی برای اصلاح ضریب توان و همچنین تنظیم ولتاژ جبران شوند. درجه و میزان تغییرات ولتاژ در نقطه کوپلاژ مشترک *(PCC)*[1] ارزیابی می شود. نقطه کوپلاژ مشترک، نقطه ای از شبکه است که در آن محدوده مسئولیت تولید کننده و مصرف کننده یکدیگر را تلاقی می کنند، به عنوان مثال طرف فشار قوی ترانسفورماتوری که مصرف یک کارخانه را تامین می نماید.

بارهای مهمی که در یک مجتمع صنعتی به تغییرات ولتاژ حساس می باشند عبارتند از:

- **موتورهای القایی** نسبت به سایر موتورها دارای قابلیت اطمینان بالاتر، قیمت پایین تر، هزینه تعمیرات و نگهداری کمتر و عمر طولانی تری می باشند و از اینرو در فرایندهای صنعتی به وفور یافت می شوند. یکی از مشکلات بهره برداری از این موتورها، مساله ناپایداری می باشد. چنانچه اختلال وارده به سیستم به گونه ای باشد که سرعت موتور پیوسته کمتر شده و حتی پس از رفع خطا نیز موتور نتواند به نقطه کار عادی خود بازگردد، به این حالت اصطلاحا ناپایداری موتور القایی گویند [۴].
- **موتورهای سنکرون سه فاز** نیز یکی از عناصر مهم و حساس به ولتاژ در سیستم های صنعتی می باشند که به دلایل داشتن سرعت ثابت، بهره برداری مناسب در شرایط پیش فاز و پس فاز و همچنین راندمان بالا، در قدرت های زیاد نسبت به موتورهای القایی هم اندازه در صنایع سنگین مورد توجه قرار گرفته اند. در این موتور نیز مساله حفظ سرعت ثابت (سنکرونیزم) و پایدارسازی موتورها در حالات مختلف، مساله ای مهم می باشد [۴].
- **موتورهای جریان مستقیم** با دارا بودن مشخصه های قابل تغییر و سهولت کنترل، کاربرد گسترده ای در صنایعی که نیاز به طیف وسیع تغییرات سرعت یا کنترل دقیق خروجی موتورها می باشد، دارند. لذا با توجه به کاربرد آنها، ثابت نگاه داشتن سرعت آنها از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد [۵].

1: Point of Common Coupling

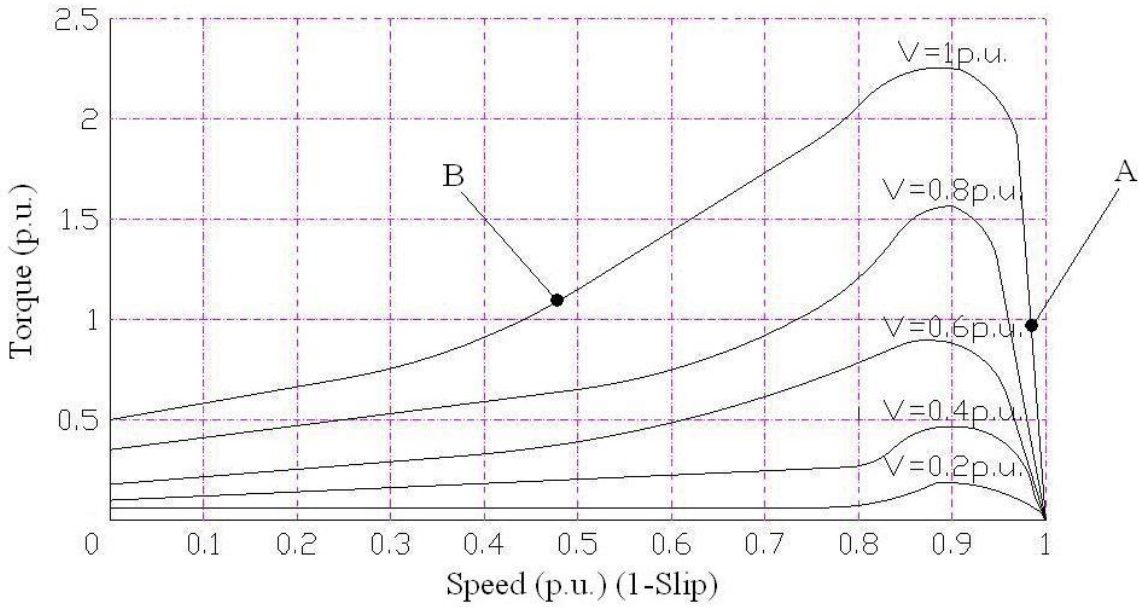
امروزه با گسترش روزافزون **دستگاههای الکترونیک، کامپیوترها و سیستم های کنترل** در گستره وسیعی از مصرف کنندگان صنعتی و غیر صنعتی و به علت مواجه شدن این مصرف کننده ها با پدیده های مختلف کیفیت توان، نیاز به استفاده از جبران کننده ها محسوس شده است.

این بارها را می توان به بارهایی که ذاتا رفتار غیر خطی دارند و بارهایی که قطع یا وصل آنها ایجاد اغتشاش می نماید، طبقه بندی نمود. بارهای غیر خطی معمولا علاوه بر تولید هارمونیک، باعث تغییرات ولتاژ و فرکانس پایه می گردند.

یکی از مهمترین مواردی که همواره تحت بحث و بررسی بوده است، سرعت موتورهای بکار رفته در صنایع می باشد. از آنجاییکه تقریبا در تمام کارخانه و یا کارگاه های صنعتی از خط تولید استفاده می شود و همواره موتورهای الکتریکی تامین کننده نیروی محرکه این خطوط تولید می باشند، لذا در صنایع حساس که سرعت حرکت بسیار مهم می باشد، چنانچه به هر دلیلی موتور محرک ناپایدار گردد و یا حتی سرعت حرکت آن به خوبی کنترل نگردد، می تواند عامل ضرر و زیان جبران ناپذیری گردد و به همین دلایل می باشد که بحث کنترل سرعت موتور و جلوگیری از ناپایداری آن همواره یکی از مباحث مهم در صنایع می باشد.

۱ ۳ تعریف ناپایداری موتور القایی سه فاز

برای درک ناپایداری موتور القایی سه فاز به شکل (۱-۱) توجه می نماییم:



شکل ۱-۱: مشخصه سرعت - گشتاور موتور القایی

در شکل بالا گشتاور حالت مانای یک موتور القایی به ازای ولتاژهای متفاوت رسم شده است. مشخصه بار به صورت خط راست (مستقل از سرعت) به مقدار ۱ در مبنای واحد رسم گردیده است. فرض کنیم که موتور در نقطه کار A، حالت کار ماندگار بوده و در هنگام وقوع خطا مشخصه گشتاور – سرعت مانا بر موتور حاکم باشد. حال چنانچه اختلال وارده بر موتور به گونه ای باشد که پس از رفع آن، سرعت موتور کمتر از مقدار نامی نظیر نقطه B باشد، حتی با وجود برطرف شدن خطا، موتور دیگر نمی تواند به نقطه کار عادی خود برگردد و سرعت موتور پیوسته کمتر شده تا اینکه متوقف گردد. به این حالت اصطلاحا ناپایداری موتور القایی سه فاز گویند.

۱ ۴ عوامل ناپایداری موتورها

همانگونه که گفته شد موتورهای جریان مستقیم و القایی از عناصر مهم حساس به ولتاژ در سیستم های صنعتی می باشند و سقوط ولتاژ حتی بطور موقتی مطابق آنچه در بخش (۱–۳) نیز به آن اشاره شد، می تواند عامل ناپایداری آنها گردد. کاهش ولتاژ باس موتور در اثر هر یک از عوامل زیر می تواند به وقوع بپیوندد:

- حوادث پیش آمده در شبکه (نظیر اتصال کوتاه، اتصال زمین و ...)
- عملکرد *Auto Recloser*
- خروج یک ژنراتور از سیستم تغذیه یا قطع یکی از مسیرهای تغذیه سیستم
- اتصال بارهای بزرگ به شبکه تغذیه (راه اندازی موتورهای آسنکرون بزرگ و سنکرون و وارد شدن کوره های قوس الکتریکی)

عوامل فوق که افت قابل توجهی را در شبکه تغذیه تجهیزات الکتریکی بوجود می آورند، می توانند سبب ناپایداری موتورها شوند. بنابراین لازم است که به منظور عملکرد صحیح تجهیزات در شرایط متفاوت ولتاژ تثبیت گردد [۱].

۱ ۵ روش های نجات موتورهای الکتریکی

فرایند سقوط ولتاژ که می تواند باعث ناپایداری موتورهای الکتریکی و عملکرد نامناسب تجهیزات گردد، بستگی به چگونگی سیستم تغذیه، طبیعت و مشخصه بارهای موجود در سیستم قدرت، وجود تنظیم کننده های ولتاژ و دینامیک سیستم کنترل ولتاژ دارد. بطور کلی نجات موتورها عبارت است از اعمال روشهایی که از ناپایداری موتور در حین خطاهای گذرا جلوگیری نماید و پس از رفع عیب