بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

**پایان نامه کارشناسی ارشد**

**رشته مهندسی برق گرایش قدرت**

**عنوان پایان نامه :**

# بررسی تاثیر موتور القایی بر انتشارفلش ولتاژ

**استاد راهنما: دکتر عارف درودی**

**نگارش : مرتضی قاسمی نژاد**

**زمستان ۸۸**

توجه :

کلیه حقوق این اثر برای مولف و دانشگاه شاهد محفوظ می باشد.

**هر گونه نسخه برداری و دخل و تصرف در این اثر باید با اجازه مولفین صورت گیرد.**

دانشگاه شاهد

دانشکده فنی و مهندسی

## صورت جلسه هیئت داوران رساله کارشناسی ارشد

جلسه دفاعیه پروژه کارشناسی ارشد مربوط به آقای **مرتضی قاسمی نژاد** به شماره دانشجویی**۸۶۷۵۱۶۰۰۲**در رشته **قدرت** با عنوان "**بررسی تاثیر موتور القایی بر انتشار فلش ولتاژ**" به ارزش **۶ واحد** در روز **۸۸/۱۲/۲۴** در دانشکده فنی و مهندسی با حضور افراد ذیل تشکیل شد، نتیجه به قرار زیر است :

☐ پروژه نامبرده با نمره ۱۹/- قابل قبول می‌باشد.

☐ پروژه نامبرده مردود می‌باشد.

☐ پروژه نامبرده به شرط انجام اصلاحات جزیی قابل قبول می‌باشد. نمرهٔ دانشجو متعاقباً اعلام می‌شود.

☐ نام استاد راهنمای اول علی ... دانشگاه : شاهد امضاء

☐ نام استاد راهنمای دوم دانشگاه : امضاء

☐ نام استاد مشاور اول دانشگاه : امضاء

☐ نام استاد مشاور دوم دانشگاه : امضاء

☐ نام داور اول محمد ترکمن دانشگاه : خواجه نصیر امضاء

☐ نام داور دوم ... دانشگاه : شاهد امضاء

☐ نام داور سوم دانشگاه : امضاء

☐ نام داور چهارم دانشگاه : امضاء

☐ نام نماینده معاونت پژوهشی محمدرضا امضاء

# تقدیم به

***پدر و مادرم***

**که در طول مدت تحصیل**

**همواره حامی و مشوق من بوده‌اند.**

# تشکر و قدردانی

برخود لازم می‌دانم از زحمات کلیه کسانی که در طول انجام این پایان نامه با راهنمایی‌ها و زحمات خود به اینجانب کمک کرده اند، تشکر و سپاسگزاری نمایم.

از استاد راهنمای خود جناب آقای دکتر درودی به دلیل صبر، زحمات و راهنمایی‌هایشان در طول انجام این پایان‌نامه، کمال تشکر را دارم.

در پایان نیز از کلیه اساتید محترم گروه قدرت، به خاطر زحمات بی‌دریغشان در طول مدت تحصیلم، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

# چکیده

امروزه با گسترش سیستم‌های الکتریکی و پیدایش پدیده‌های نو ظهور در سیستم های تولید، انتقال و مصرف، موضوعات مربوط به کیفیت توان الکتریکی اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده اند. یکی از اغتشاشات مربوط به کیفیت توان، فلش ولتاژ است که می‌تواند تأثیرات نامطلوب متفاوتی روی تجهیزات داشته باشد. از جمله این تجهیزات، موتورهای القایی هستند که در صنایع مختلف سرویس‌های مهمی را برعهده دارند. اهمیت بررسی عکس‌العمل موتورهای القایی در برابر اغتشاشات توان از آنجاست که از یک طرف باید آنها را در برابر آسیب خودشان و تجهیزات متصل به آنها مصون کنیم. از طرف دیگر جایی که این موتورها سرویس مهمی را ارائه می‌دهند، از قطعی‌های غیر ضروری آنها جلوگیری کنیم. در این مجموعه، سعی شده است تا در ادامه تحقیقات در زمینه فوق، تأثیرات انواع مختلف فلش ولتاژ روی موتورهای القایی با حل معادلات اصلی موتور بررسی شود. در ادامه همچنین رفتار موتور القایی با استفاده از مدار معادل های مولفه های توالی مثبت و منفی نیز بررسی شده است. رفتار موتور القایی نیز بر مشخصه فلش ولتاژ تاثیر می‌گذارد. وقتی که تعداد زیادی موتور القایی در شبکه وجود داشته باشد باید دینامیک بار را هم در نظر گرفت و تاثیر آن را در انتشار فلش ولتاژ در شبکه بررسی کرد. هنگامی که یک فلش ولتاژ در ترمینال یک موتور القایی بوجود می‌آید گشتاور و سرعت موتور به زیر مقادیر نامی کاهش پیدا می‌کنند. به محض اینکه فلش ولتاژ برداشته شود موتور القایی تلاش می‌کند که دوباره شتاب بگیرد و مقدار زیادی جریان دوباره از منبع تغذیه می‌کشد. جاری شدن جریان از امپدانس منبع تغذیه باعث جلوگیری از بازیافت ولتاژ و دوره فلش ولتاژ طولانی تری می‌شود. این فلش ولتاژ بوجود آمده ممکن است باعث از مدار خارج شدن تجهیزات حساس شود در حالیکه فلش قبلی مشکلی را بوجود نمی‌آورد. پس تاثیری که موتور القایی در انتشار فلش ولتاژ و بر روی مشخصه فلش ولتاژ خواهد داشت مهم خواهد بود. برای بررسی تاثیر دینامیک موتور القایی بر روی فلش ولتاژ از نرم‌افزار simulink/matlab استفاده شده است. همچنین فلش غیر مستطیلی منتجه ، اساساً دارای یک دامنه متغیر با زمان است. بنابراین برای استفاده در جداول دامنه- دوره فلش که برای محاسبه تعداد خروج از مدار تجهیزات حساس بکار می‌روند مناسب نخواهد بود.

برای استفاده فلش در جداول دامنه- دوره، روش هایی برای تبدیل مشخصه غیر مستطیلی فلش ولتاژ به یک مشخصه مستطیلی معادل ارائه شده است. تبدیل مشخصه غیر مستطیلی فلش ولتاژ به یک مشخصه مستطیلی معادل براساس یکسانی اتلاف ولتاژ بررسی شده است. نشان داده شد که این شاخص در برخی موارد نمی تواند به خوبی عمل کند و این

معیار برای تبدیل یک فلش غیر مستطیلی به فلش مستطیلی معادل کاملاً مناسب نیست. ضمن تشریح چگونگی بدست آمدن منحنی تلورانس ولتاژ مستطیلی، استفاده از این منحنی در معادل کردن فلش غیر مستطیلی به یک فلش مستطیلی طی دو مرحله بررسی و روشی جدید پیشنهاد شد. در این روش با در نظرگرفتن منحنی تلورانس ولتاژ هر تجهیز و همچنین با تعیین دقیق تر طول دوره فلش ولتاژ، فلش مستطیلی معادلی به دست می‌آید که براحتی در جداول دامنه-دوره فلش برای محاسبه تعداد خروج از مدار آن تجهیز حساس بکار می‌رود.

## فهرست مطالب


**فصل اول** ..... ۱
مقدمه ..... ۱
۱-۱ مقدمه ..... ۲
۱-۲ تعریف کیفیت توان ..... ۳
۲-۲ کلیات تحقیق ..... ٦
**فصل دوم** ..... ۹
فلش های ولتاژ و دسته بندی آنها ..... ۹
۲-۱ تعریف فلش ولتاژ ..... ۱۰
۲-۲ عوامل ایجاد فلش ولتاژ ..... ۱۱
۲-۳ محاسبه دامنه و طول فلش ..... ۱۸
۲-۴ حوزه آسیب پذیری [۸] ..... ۱۹
۲-۵ حساسیت تجهیز به فلش های ولتاژ [۸] ..... ۲۰
۲-۶ دسته بندی فلش های ولتاژ ..... ۲۳
۲-۶-۱ اتصال کوتاه سه فاز ..... ۲۵
۲-۶-۲ اتصال کوتاه تکفاز به زمین ..... ۲۵
۲-۶-۳ خطای فاز به فاز ..... ۲۹
۲-۶-۴ خطای دو فاز به زمین ..... ۳۱
۲-۶-۵ اثرات انواع مختلف اتصالات سیم پیچی ترانسفورماتور بر نوع فلش عبوری ..... ۳۳
**فصل سوم** ..... ۳۷
اثر انواع فلش ولتاژ روی موتورهای القایی ..... ۳۷
۳-۱ مقدمه ..... ۳۸
۳-۲ مدل کردن موتور های القایی گروهی برای مطالعات فلش ولتاژ ..... ۳۹
۳-۳ بررسی تاثیر فلش ولتاژ بر رفتار موتور القایی ..... ٤۰
۳-۴ تاثیر زاویه ولتاژ در هنگام شروع فلش (محل وقوع فلش روی موج ولتاژ) بر روی پیک جریان و پیک گشتاور ..... ٤٥
۳-۵ تاثیر دوره فلش ولتاژ بر روی پیک گشتاور ..... ٤۷
۳-۶ بررسی تاثیر فلش ولتاژ بر رفتار موتور القایی با استفاده از مدار معادل های توالی مثبت و منفی ..... ٤۸
۳-۶-۱ تغییرات گشتاور الکترومغناطیس ..... ٤۹
۳-۶-۲ تغییرات سرعت ماشین در طول و بعد از فلش ولتاژ ..... ٥۰
۳-۶-۳ تغییرات جریان ماشین در طول و بعد از فلش ولتاژ ..... ٥۱
۳-۷ نتیجه گیری ..... ٥٤
**فصل چهارم** ..... ٥٥
تاثیر موتور القایی بر فلش ولتاژ ..... ٥٥
۴-۱ مقدمه ..... ٥٦
۴-۲ تغییر اساسی در شکل فلش در نتیجه دینامیک موتور القایی ..... ٥۷
۴-۳ بررسی تغییر شکل فلش در اثر دینامیک موتورالقایی با استفاده از مدار معادل های توالی مثبت و منفی ..... ٦۰

۴-۴ نتیجه گیری ..... ٦٢
**فصل پنجم** ..... ٦٤
تبدیل فلش غیر مستطیلی به یک فلش مستطیلی معادل ..... ٦٤
۵-۱ مقدمه ..... ٦٥
۵-۲ مفهوم منحنی تلورانس ولتاژ ..... ٦٦
۵-۲-۱ آزمایش تلورانس ولتاژ ..... ٦٧
۵-۲-۲ ساختار نوعی یک منبع تغذیه کامپیوتر و تجهیزات الکترونیکی ..... ٦٨
۵-۲-۳ تخمین منحنی تلورانس ولتاژ کامپیوتر ..... ٦٨
۵-۲-۴ اندازه گیری تلورانس ولتاژ کامپیوترهای شخصی ..... ٧٢
۵-۲-۵ تلورانس ولتاژ تجهیز: CBEMA ..... ٧٢
۵-۲-۶ مفهوم پارامتر استاندارد ..... ٧٣
۵-۲-۷ بدست آوردن منحنی CBEMA ..... ٧٤
۵-۳ معایب روش نمایش متعارف ..... ٧٧
۵-۳-۱ بررسی ولتاژ dc یکسوکننده ..... ٧٩
۵-۴ تبدیل فلش غیر مستطیلی به فلش مستطیلی با استفاده از مفهوم اتلاف ولتاژ ..... ٧٩
۵-۵ تبدیل فلش غیر مستطیلی به فلش مستطیلی با در نظر گرفتن منحنی حساسیت تجهیز ..... ٨٣
۵-۵-۱ به دست آوردن دامنه فلش معادل ..... ٨٣
۵-۵-۲ بهبود تعریف دوره فلش ..... ٨٤
۵-۶ نتیجه گیری ..... ٨٨
**فصل ششم** ..... ٨٩
نتیجه گیری و پیشنهادات جهت کارهای آینده ..... ٨٩
ضمیمه ..... ٩٢
مراجع و منابع ..... ٩٥

# فهرست شکل ها

## فصل اول

شکل۱ -۱. اغتشاشات متداول کیفیت توان [۴] . ..... ۵

## فصل دوم

شکل ۲ -۱ . مشخصه های فلش ولتاژ ..... ۱۱
شکل ۲ -۲ . a) مداری که تولید فلش ولتاژ ناشی از راهاندازی موتور را نشان می دهد. ..... ۱۲
شکل ۲ -۳ جریان اولیه ترانسفورماتور که توسط کوره قوس کشیده میشود. نوسانات شدید جریان قبل از ماندگار شدن آن مشاهده می شود.۱۳
شکل ۲ -۴ . فلش ولتاژ ناشی از اعمال بار ناگهانی به ژنراتور. باس ژنراتور با ولتاژ نامی ۴۸۰V یک فلش ۳۸۹V با طول مدت S ۱۵ را تحمل می کند. ..... ۱۴
شکل ۲ -۵ . برآمدگی ولتاژ ناشی از حذف بار. باس ژنراتور با ولتاژ نامی ۴۸۰V یک افزایش تا ۵۴۱V را که حدوداً ۱۸ سیکل طول می کشد تجربه می کند. ..... ۱۴
شکل ۲ -۶ . شبکه قدرت و نقاط وقوع خطا روی آن. ..... ۱۵
شکل ۲ -۷ مثالی از تفکیک محل خطا که سبب عملکرد نادرست تجهیزات حساس در یک مجتمع صنعتی می شود ( سیستم نمونه چند فیدر توزیع هوایی و یک سیستم انتقال هوایی دارد که پست را تغذیه می کند). ..... ۱۶
شکل ۲ -۸. فلش ولتاژ ناشی از اتصال کوتاه روی فیدر موازی. ..... ۱۷
شکل ۲ -۹ . خطای اتصال کوتاه به همراه دو عمل وصل مجدد سریع. ..... ۱۷
شکل ۲ -۱۰. مقسم امپدانسی برای محاسبه دامنه فلش. ..... ۱۸
شکل ۲ -۱۱. حوزه آسیب پذیری. ..... ۲۰
شکل ۲ -۱۲. منحنی قابلیت عبور از فلش برای چند دستگاه نوعی. ..... ۲۲
شکل ۲- ۱۳.شبکه های توالی مثبت، منفی و صفر. ..... ۲۴
شکل ۲- ۱۴. شبکه توالی برای اتصال کوتاه تکفاز به زمین. ..... ۲۶
شکل ۲ -۱۵ . اتصال کوتاه تکفاز به زمین برای سیستم زمین شده با امپدانس. ..... ۲۸
شکل ۲ -۱۶. شبکه توالی برای اتصال کوتاه فاز به فاز. ..... ۲۹
شکل ۲ -۱۷. شبکه توالی برای اتصال کوتاه دو فاز به زمین. ..... ۳۱
شکل ۲ -۱۸. مدار معادل سه فاز اتصال کوتاه دو فاز به زمین. ..... ۳۳

## فصل سوم

شکل۳ -۱ جریان استاتور فازa با اعمال فلش نوع A با $h = 0.5$ و دوره۲۰ سیکل و $\psi_{iA} = 45^0$ ..... ۴۱
شکل۳ -۲ سرعت و گشتاور موتور القایی با اعمال فلش نوع A با $h = 0.5$ و دوره۲۰ سیکل و $\psi_{iA} = 45^0$ ..... ۴۱
شکل۳ -۳ . جریان استاتور فاز a با اعمال فلش نوع B با $h = 0.5$ و دوره ۲۰ سیکل و $\psi_{iB} = 90^0$ ..... ۴۲
شکل۳ -۴. سرعت و گشتاور موتور القایی با اعمال فلش نوع B با $h = 0.5$ و دوره ۲۰ سیکل و $\psi_{iB} = 90^0$ ..... ۴۲
شکل۳ -۵ .تغییرات متفاوت سرعت با اعمال دو فلش ولتاژ متقارن و نامتقارن C ..... ۴۳
شکل۳ -۶ . تاثیر اینرسی موتور و بار بر روی رفتار موتور القایی ..... ۴۳
شکل۳ -۷ . تغییرات متفاوت سرعت با اعمال دو فلش ولتاژ نا متقارن B و C ..... ۴۵
شکل۳ -۸ . تاثیر پارامتر زاویه ولتاژ در هنگام شروع فلش ولتاژ بر روی پیک گشتاور برای انواع فلش ولتاژ با دامنه فلش ولتاژ $h = 0.1$ و دوره فلش ۲۰ سیکل ..... ۴۶

شکل۳ -۹ . تاثیر پارامتر زاویه ولتاژ در هنگام شروع فلش ولتاژ بر روی پیک جریان برای انواع فلش ولتاژ با دامنه فلش ولتاژ $h = 0.1$ و دوره فلش ۲۰ سیکل ..... ۴۷
شکل۳ -۱۰. تاثیر پارامتر طول دوره فلش ولتاژ بر روی پیک گشتاور برای انواع فلش ولتاژ با دامنه فلش $h = 0.6$ ..... ۴۸
شکل۳ -۱۱ مدار معادل ساده شده موتور القایی- a) مدار معادل توالی مثبت b) مدار معادل توالی منفی ..... ۴۹
شکل۳ -۱۲. پاسخ موتور با استفاده از مدار معادل های توالی مثبت و منفی الف) فلش ولتاژ اعمال شده ..... ۵۳
شکل۳- ۱۳ . مقایسه سرعت موتور با استفاده از مدار معادل های توالی مثبت و منفی و حل معادلات اصلی ..... ۵۳

## فصل چهارم

شکل۴ -۱. سیستم مورد مطالعه ..... ۵۷
شکل۴ -۲ ولتاژ فاز a ترمینال موتور القایی ..... ۵۷
شکل۴ -۳ . RMS ولتاژ های ترمینال موتور القایی ..... ۵۸
شکل۴ -۴ .تاثیر گروه های مختلف موتورهای القایی بر روی مشخصه فلش ولتاژ ..... ۵۹
شکل۴ -۵ . تاثیر اینرسی های مختلف بر مشخصه فلش ولتاژ ..... ۵۹
شکل۴ -۶. تاثیر دینامیک موتور القایی بر مشخصه فلش ولتاژ با تغییر طول دوره و دامنه فلش ولتاژ ..... ۶۰
شکل۴ -۷. تاثیر موتور بر مشخصه فلش با استفاده از مدار معادل های توالی مثبت و منفی الف) فلش ولتاژ اعمال شده ..... ۶۲

## فصل پنجم

شکل۵- ۱ .مراحل بررسی تاثیر موتور القایی بر مشخصه فلش ولتاژ ..... ۶۶
شکل۵ -۲ . یک منحنی تلورانس ولتاژ نوعی ..... ۶۷
شکل۵ -۳. ساختار ساده منبع تغذیه یک کامپیوتر ..... ۶۸
شکل۵ -۴ . ولتاژ باس dc قبل، حین و بعد فلش ولتاژ با دامنه ۵۰ درصد ..... ۶۹
شکل۵ -۵ . ولتاژ باس dc قبل، حین و بعد فلش ولتاژ با دامنه ۴۰ و ۷۰ درصد ..... ۷۰
شکل۵ -۶ . منحنیهای تلورانس ولتاژ برای کامپیوترهای مختلف ..... ۷۲
شکل۵ -۷ . یک منحنی تلورانس ولتاژ تجهیز CBEMA ..... ۷۳
شکل۵ -۸ . یکسوکننده تمام موج با بار RL سری ..... ۷۴
شکل۵ -۹ . ولتاژ باس dc تحت شرایط خطا بر حسب تابعی از طول دوره فلش ..... ۷۵
شکل۵ -۱۰ . منحنی تلورانس ولتاژ با ولتاژ استاندارد 0.87 ..... ۷۶
شکل۵- ۱۱. روش نمایش متعارف فلش ولتاژ با دامنه و طول دوره ..... ۷۷
شکل۵ -۱۲ . تخمین طول دوره دو نوع فلش با روش نمایش متعارف ..... ۷۸
شکل۵ -۱۳ . ولتاژ طرف dc و ac یکسوکننده. الف) فلش ولتاژ نوع A با دامنه ۷۰ درصد در نبود و حضور موتور القایی ب) ولتاژ طرف dc یکسوکننده ..... ۷۹
شکل۵ -۱۴ . روش تبدیل فلش ولتاژ بر اساس مفهوم اتلاف ولتاژ ..... ۸۰
شکل۵ -۱۵ ولتاژ طرف dc و ac یکسوکننده. الف) فلش ولتاژ نوع B با دامنه ۷۰ درصد در حضور موتور القایی به همراه معادل به دست آمده از روش اتلاف انرژی ب) ولتاژ طرف dc یکسوکننده ..... ۸۲
شکل۵ -۱۶ ولتاژ طرف dc و ac یکسوکننده. الف) فلش ولتاژ F با دامنه ۶۰ درصد در حضور موتور القایی به همراه معادل به دست آمده از روش اتلاف انرژی ب) ولتاژ طرف dc یکسوکننده ..... ۸۲
شکل۵ -۱۷ . ولتاژ طرف dc و ac یکسوکننده. الف) فلش ولتاژ B با دامنه ۷۰ درصد در حضور چند موتور القایی به همراه معادل به دست آمده از روش پیشنهادی ب) ولتاژ طرف dc یکسوکننده ..... ۸۴
شکل۵ -۱۸. ولتاژ طرف dc و ac یکسوکننده. الف) فلش ولتاژ F با دامنه ۶۰ درصد در حضور موتور القایی به همراه معادل به دست آمده از روش پیشنهادی ب) ولتاژ طرف dc یکسوکننده ..... ۸۴

شکل۵ -۱۹ . پروفایل ولتاژ تقریبی ..... ۸۵
شکل۵ -۲۰ . ولتاژ طرف dc و ac یکسوکننده. الف) فلش ولتاژ B با دامنه ۷۰ درصد در حضور چند موتور القایی به همراه معادل به دست آمده از روش پیشنهادی و روش اتلاف انرژی ب) ولتاژ طرف dc یکسوکننده ..... ۸۷
شکل۵ -۲۱ . ولتاژ طرف dc و ac یکسوکننده. الف) فلش ولتاژ F با دامنه ۶۰ درصد در حضور چند موتور القایی به همراه معادل به دست آمده از روش پیشنهادی و روش اتلاف انرژی ب) ولتاژ طرف dc یکسوکننده ..... ۸۷

## فهرست جداول

جدول ۲ -۱ . زمان های رفع خطای نمونه ..... ۱۹
جدول ۲ -۲ . نوع خطا ، نوع فلش و نحوه اتصال بار ..... ۳۶
جدول ۲ -۳ . چگونگی تبدیل فلش هنگام انتقال به ثانویه ترانس ..... ۳۶

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱ مقدمه

امروزه توجه شرکت های برق و مشترکین آنها به شکل روزافزونی به مسئله کیفیت توان[1] یا کیفیت انرژی الکتریکی معطوف شده است. موضوعاتی که تحت مبحث کیفیت توان قرار می‌گیرند لزوماً مباحث تازه و نوظهوری نیستند، لیکن آنچه جدید است، تلاش مهندسین برای بررسی پیامدها و اثرات پدیده های مربوط به کیفیت توان و دسته بندی برای این پدیده ها می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به وجود مشکلات زیاد ناشی از کیفیت نامطلوب برق، استفاده از روش های مناسب برای بهبود کیفیت توان و یا جلوگیری از پیامدهای آن امری ضروری به نظر می‌رسد. برای یافتن راه حل های مورد نظر لازم است مفاهیم کیفیت توان به خوبی تعریف و مورد ارزیابی قرار گیرند.

پدیده های مربوط به کیفیت توان پیامدهایی دارند که باعث اهمیت این پدیده ها می‌شوند. این پیامدها به طور خلاصه عبارتند از :

**اندازه گیری**: کیفیت توان پایین می تواند در دقت دستگاه های اندازه گیری تأثیر بگذارد.

**سیستم حفاظتی**: کیفیت توان نامطلوب می تواند باعث شود که رله ها و سیستم حفاظتی درست عمل نکنند.

**اتلاف زمان مفید سیستم**[2]: کیفیت توان نامطلوب می‌تواند باعث آسیب و یا از کار افتادن تجهیزات شود که منجر به از دست رفتن پیوستگی فرایند تولید می‌شود.

**هزینه**: کیفیت توان نامطلوب به علت پیامدهای آن باعث افزایش هزینه ها می‌شود.

**سازگاری الکترومغناطیسی**[3]: کیفیت نامطلوب توان می‌تواند منجر به مشکلات مربوط به سازگاری الکترومغناطیسی و نویز شود.

این پدیده ها و پیامدها از ابتدای پیدایش صنعت برق وجود داشتند. اما توجه به این پدیده ها روز به روز بیشتر می شود. دلایل عمده توجه روزافزون به مسائل کیفیت توان عبارتند از [۱]:

---

[1] -power quality.
[2] -downtime.
[3] electromagnetic compability.

- با پیشرفت طراحی و ساخت تجهیزات جدید و تأکید بر بهبود راندمان شبکه، وسایلی مثل محرکه های موتور با قابلیت تنظیم سرعت و نیز خازن های موازی برای بهبود ضریب قدرت مورد استفاده قرار گرفته اند. این تجهیزات باعث ایجاد اعوجاج هارمونیکی و پدیده تشدید و تقویت اعوجاج می شوند. به بیان دیگر، با ظهور تجهیزات جدید در سیستم، نه تنها تأثیرپذیری و حساسیت آنها نسبت به پدیده های کیفیت توان بالاست و نیازمند ملاحظات مربوط به حفاظت و جبران هستند، بلکه خود این تجهیزات باعث ایجاد مشکلات جدید و تشدید مشکلات قبلی می‌شوند که بررسی تأثیرات متقابل این تجهیزات بر شبکه و شبکه بر این گونه تجهیزات را لازم می سازد.

- به دلیل وجود شبکه مجتمع و به هم پیوسته، خرابی هر المان شبکه روی دیگر تجهیزات آن شبکه اثر نامطلوبی گذاشته و تبعات بعدی بیشتری را به همراه خواهد داشت. از آنجا که شبکه های قدرت وسیع و به هم پیوسته هستند، اعوجاج در یک نقطه شبکه می‌تواند در سطح وسیعی از شبکه منتشر شود.

- تجهیزات الکتریکی جدید که از کنترل کننده های میکروپروسسوری و المان های الکترونیک قدرت استفاده می کنند نسبت به انواع اعوجاج موجود در شبکه حساس می‌باشند و در صورت مواجهه با آنها عملکرد نا مناسبی خواهند داشت. باتوجه به کاربرد این تجهیزات در مراکز مهم مثل بیمارستان‌ها و مراکز صنعتی و نظامی، محافظت و ایزوله کردن آنها از چنین مواردی بسیار مهم است.

- عدم وجود دستگاه های حفاظتی و هشدار دهنده مربوط به پایین بودن کیفیت توان نزد مشترکین و شرکت های برق و نیز معلوم نبودن حدود باعث می‌شود که هم مشترکین و هم شرکت های برق دچار سوءتفاهم شوند.

- آگاهی نسبت به مسائل کیفیت توان نزد مشترکین بالا رفته است. موضوعاتی از قبیل قطع برق، پایین بودن ولتاژ و پدیده های گذرای مربوط به کلیدزنی روز به روز مورد توجه مشترکین بیشتری قرار می گیرد و شرکت های برق را وادار می کند که کیفیت برق تحویلی به مشترکین را بهبود بخشند.

- دلیل اصلی و نهایی توجه به کیفیت برق مسأله اقتصادی آن است که بر روی شرکت‌های برق، مشترکین و تولید کننده های وسایل الکتریکی تأثیر فراوانی دارد. تأثیر اقتصادی پدیده های کیفیت توان مستقیماً روی مشترکین صنعتی مشاهده می شود.

## ۱-۲ تعریف کیفیت توان

عبارت کیفیت توان می تواند مفاهیم متعددی در برداشته باشد. مؤسسه مهندسین برق و الکترونیک (IEEE) در استاندارد IEEE1100 کیفیت توان را به مفهوم « تغذیه و زمین کردن تجهیزات الکترونیکی به طرز مناسبی برای تجهیز » تعریف کرده

است. این تعریف ظاهراً مناسب است. اما محدود کردن کیفیت توان به تجهیزات الکترونیکی حساس چندان مناسب نیست. تجهیزاتی که در معرض کیفیت توان قرار می‌گیرند و یا بهتر بگوییم به علت پایین بودن کیفیت توان دچار مشکل می شوند، قابل محدود کردن نیستند. تقریباً تمام تجهیزات الکتریکی وقتی در معرض پدیده های مربوط به کیفیت توان قرار بگیرند ممکن است بدکار کنند یا حتی از کار بیفتند. این تجهیزات می توانند موتورهای الکتریکی، ترانسفورماتور، ژنراتور، کامپیوتر، پرینتر، تجهیز مخابراتی و یا یک وسیله خانگی باشد.

یک تعریف ساده و مختصر مطابق [۲] به صورت زیر است:

«کیفیت توان مجموعه ای از حدود و مرزهای مربوط به کمیت های الکتریکی است که اگر رعایت شود به یک دستگاه اجازه می دهد که به صورت مورد انتظار کار کند، بدون اینکه در عملکرد مناسب و طول عمر آن تأثیر نامطلوب چشم گیری مشاهده شود.» این تعریف دو نکته که برای یک دستگاه الکتریکی مهم است دربردارد. عملکرد مناسب و طول عمر. هر مشکلی مربوط به توان الکتریکی که با یکی از این دو مورد تقابل داشته باشد، به عنوان یک نگرانی و مشکل کیفیت توان خواهد بود.

مرجع [۱] تعریف مشابهی را ارائه کرده است که بدین صورت است:

«هرگونه تغییر در کمیت های ولتاژ، جریان و فرکانس که سبب خرابی و یا عملکرد نادرست تجهیزات مصرف کننده گردد به عنوان یک مشکل کیفیت توانی در نظر گرفته می‌شود.»

علاوه بر این مرجع [۱] کیفیت توان را معادل کیفیت ولتاژ می داند. چرا که در یک سیستم قدرت تنها کیفیت ولتاژ را می توان کنترل کرد و کنترل مناسبی بر روی جریان بارها وجود ندارد. بنابراین استانداردهای موجود در حوزه کیفیت توان عمدتاً حدود مجاز کیفیت ولتاژ منبع را مشخص می‌کنند. البته همواره رابطهٔ نزدیکی بین ولتاژ و جریان یک شبکه قدرت معین وجود دارد. اگر چه منبع، ولتاژ سینوسی خوب و مطلوبی ارائه دهد، جریان های موجود در نقاط مختلف شبکه می تواند انواع مختلفی از اعوجاج های ولتاژی را به وجود آورد. مثلاً جریان های اتصال کوتاه و جریان های حاصل از برخورد صاعقه و جریان های هارمونیکی به ترتیب باعث افت شدید ولتاژ، موج های بزرگ ولتاژ و اعوجاج هارمونیکی ولتاژ در شبکه می شوند.

نمونه هایی از پدیده های مربوط به کیفیت توان عبارتند از [۳] :

- فلش ولتاژ (voltage sag)
- برآمدگی ولتاژ (voltage swell)
- گذرای ضربه ای
- گذرای نوسانی

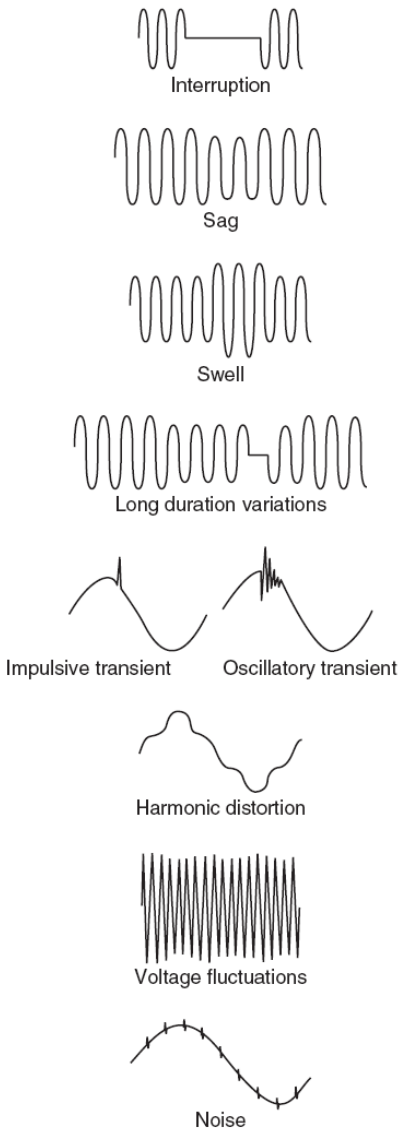
- قطعی ولتاژ

- برش ولتاژ

- فیلکر ولتاژ

- عدم تعادل ولتاژ

شکل ۱-۱ شکل موج ولتاژ هنگام وقوع پدیده های مربوط به کیفیت توان را نشان می‌دهد.




شکل۱ -۱. اغتشاشات متداول کیفیت توان [۴] .

## ۲-۲ کلیات تحقیق

با توجه به مسایلی که عنوان شد، یکی از مهمترین مفاهیم در کیفیت برق، مبحث فلش ولتاژ (Voltage Sag) است. موتور القایی کاربرد بسیار فراوانی در صنعت دارد. در بسیاری از کاربردها پیوستگی فرایندی که موتور در آن سرویس می دهد بسیار مهم می باشد. به طوری که وقفه ای کوتاه در عملکرد آنها باعث توقف چندین ساعته فرایند کل سیستم و در نتیجه تحمیل هزینه سنگین به مجموعه می شود. اگر موتور این قابلیت را داشته باشد که از فلش عبور کند باید سیستم حفاظتی طوری تنظیم شود تا از قطعی های ناخواسته جلوگیری شود. از طرفی دیگر اگر پیامدهای ناشی از فلش را در نظر نگیریم، ممکن است صدمات زیادی به سیستم وارد شود.

بنابراین ابتدا باید پیامدهای ناشی از انواع فلش ولتاژ روی موتورها به دقت تحلیل شود تا بتوان با دید صحیح تنظیمات سیستم حفاظتی را انجام داد تا مصالحه‌ای بین قابلیت عبور از فلش و قطعی های اعمالی ایجاد شود. در این مجموعه که هم‌اکنون پیش روی شماست سعی شده است پس از معرفی و دسته بندی انواع فلش ولتاژ ، بررسی رفتار موتور القایی در برابر انواع فلش ولتاژ بصورت مشخص مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

همچنین این فرض که شکل فلش ولتاژ مستطیلی باشد برای شبکه ای که شامل تعداد زیادی موتور القایی است نمی‌تواند فرض درستی باشد. وقتی که تعداد زیادی موتور القایی در شبکه وجود داشته باشد باید دینامیک بار را هم در نظر گرفت و تاثیر آن را در انتشار فلش ولتاژ در شبکه بررسی کرد. بنابراین تاثیری که موتور القایی در انتشار فلش ولتاژ و بر روی مشخصه فلش ولتاژ خواهد داشت مهم خواهد بود. تاثیر فلش ولتاژ بر رفتار موتور القایی در مقالات متعددی مورد بررسی قرار گرفته است ولی تاثیر موتور القایی بر فلش ولتاژ کمتر بررسی شده است. در این مجموعه تاثیر موتور القایی بر فلش ولتاژ نیز مورد بررسی قرار خواهد گرفت. افت در ولتاژ ترمینال در نتیجه فلش ولتاژ باعث افت در گشتاور و سرعت موتور القایی می‌گردد. هنگامی که ولتاژ برمی‌گردد یک جریان هجومی بزرگ برای ساختن میدان فاصله هوایی و برای شتاب گیری مجدد موتور از سیستم کشیده می‌شود و این امر باعث می‌شود که فلش دارای دوره طولانی‌تر شود. در این حالت  دیگر پروفایل ولتاژ مستطیلی نیست. فلش غیر مستطیلی منتجه ، اساساً دارای یک دامنه متغیر با زمان است. بنابراین برای استفاده در جداول دامنه- دوره فلش که برای محاسبه تعداد خروج از مدار تجهیزات حساس بکار می‌روند مناسب نخواهد بود. برای استفاده فلش در جداول دامنه- دوره، مشخصه غیر مستطیلی فلش ولتاژ باید به یک مشخصه مستطیلی معادل تبدیل شود. برای استفاده فلش در جداول دامنه- دوره، مشخصه غیر مستطیلی فلش ولتاژ باید به یک

مشخصه مستطیلی معادل تبدیل شود. پس از به دست آوردن تاثیر موتور القایی بر مشخصه فلش ولتاژ در فصل ۴، تبدیل فلش غیر مستطیلی به فلش مستطیلی در فصل ۵ بصورت مشخص مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد.