

عنوان مقاله :

بررسی اثر راه اندازی موتور های القایی بر فرافتادگی

ولتاژ و شبیه سازی آن

استاد راهنما :

دکتر کاظم مظلومی

استاد داور :

دکتر سعید جلیل زاده

گرد آورنده : مسعود علایی

شهریور ۱۳۹۰

# پایان نامه کارشناسی

تغییرات ولتاژ میتواند اثراتی را بر روی مصرف کننده های خانگی و صنعتی داشته باشد که باعث درست عمل نکردن و یا عملکرد ناصحیح آنها بشود. که این عملکرد ناصحیح میتواند ضایعاتی را بوجود آورد. یکی از مهمترین دلایل وقوع این پدیده راه اندازی موتور های بزرگ است. در این مقاله سعی شده است تغییرات ولتاژ ناشی از راه اندازی موتور ها را توسط مقاومت سری با استاتور کاهش داد. قبل از پرداختن به موضوع اصلی نیاز بود مقدمات و تعاریفی ارائه شود. که فصول اول تا سوم را شامل می شود.

فصول مختلف به قرار زیر است.

## • فصل اول: انواع روش های راه اندازی موتور های آسنکرون

## • فصل دوم: فروافتادگی ولتاژ (تعاریف، انواع و...) افت ولتاژ (تعاریف، روشهای پیش گیری و...)

## • فصل سوم: مسئله کیفیت توان

## • فصل چهارم: بررسی اثر راه اندازی موتورهای القایی بر فرو افتادگی ولتاژ و تاثیر مقاومت سری با استاتور در کاهش فروافتادگی و شبیه سازی آن توسط نرم افزار ETAP

## • فصل پنجم: نتیجه گیری

## • فصل ششم: منابع

فهرست

فصل اول : انواع روش های راه اندازی موتور های آسنکرون..... ۶

۱-۱- مقدمه..... ۷

۱-۱-۱- اصلی ترین روش های راه اندازی..... ۷

۱-۲-۱- راه اندازی مستقیم..... ۷

۱-۲-۲- راه اندازی ستاره- مثلث..... ۸

۱-۲-۳- ستاره- مثلث + مقاومت -مثلث..... ۱۰

۱-۲-۴- راه اندازی part winding..... ۱۰

۱-۲-۵- راه اندازی با مقاومت..... ۱۱

۱-۲-۶- راه اندازی به وسیله اتو ترانسفور ماتور ها..... ۱۲

۱-۲-۷- راه اندازی موتور به روش رینگ لغزشی (slip ring)..... ۱۴

۱-۲-۸- روش راه اندازی بوسیله soft starter..... ۱۵

۱-۲-۹- راه اندازی بوسیله مبدل های فرکانسی..... ۱۶

۲- فصل دوم : فرو افتادگی ولتاژ..... ۱۸

۲-۱- فرو افتادگی ولتاژ..... ۱۹

۲-۲- VOLTAGE DIP..... ۱۹

۲-۳- مشخصه های فرو افتادگی ولتاژ..... ۱۹

۲-۴- موقعیت های وقوع فرو افتادگی ولتاژ..... ۲۱

۲-۵- دلایل وقوع voltage sag..... ۲۱

۲-۶- تاثیر فرو افتادگی ولتاژ بر تجهیزات حساس..... ۲۴

۲-۷- فرو افتادگی تک فاز و چند فاز..... ۲۴

۲-۸- هزینه های تحمیلی ناشی از فرو افتادگی ولتاژ..... ۲۵

۲-۹- مسئولیت کارخانجات..... ۲۶

۲-۱۰- وسایل تصحیح فرو افتادگی ولتاژ..... ۲۷

۲-۱۱- افت ولتاژ..... ۲۸

۲-۱۱-۱- مقدمه..... ۲۸

۲-۱۱-۲- اثر تغییرات ولتاژ بر عملکرد وسایل الکتریکی..... ۳۱

۲-۱۱-۳- افت ولتاژ مجاز در اجزاء شبکه..... ۳۴

۲-۱۱-۴- روش های تنظیم ولتاژ در شبکه توزیع..... ۳۵

۲-۱۱-۵- تنظیم در قسمت های مختلف شبکه توزیع..... ۳۹

۳- فصل سوم : مسئله کیفیت توان..... ۴۱

۳-۱- مقدمه..... ۴۲

۳-۲- کیفیت توان چیست؟..... ۴۲

۳-۳- اغتشاشات کیفیت توان، علل و اثرات آنها..... ۴۳

۳-۴- نظارت بر کیفیت توان..... ۴۹

۳-۵- راهکارهای بهبود کیفیت توان..... ۴۹

۳-۶- استانداردهای کیفیت توان..... ۵۰

۳-۴- بررسی اثر راه اندازی موتورهای القایی بر فرو افتادگی ولتاژ و تاثیر مقاومت سری با استاتور در کاهش فرو افتادگی و شبیه سازی آن توسط نرم افزار ETAP..... ۵۲

۳-۱- مقدمه..... ۵۳

۳-۴- مدل راه اندازی موتور..... ۵۴

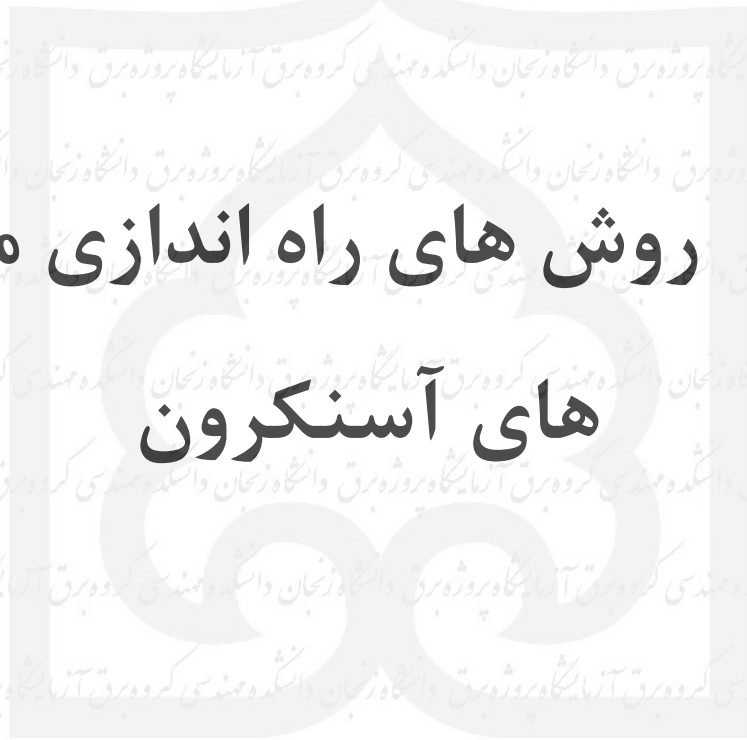
۳-۴	معادلات ریاضی پروژه راه اندازی موتور.....	۵۴
۴-۴	شبیه سازی کامپیوتری جریان راه اندازی موتور.....	۵۷
۵-۴	جداول.....	۶۸
۶-۴	رسم نمودار.....	۷۰
۵	نتیجه گیری.....	۷۰
۶	منابع.....	۷۴

# پایان نامه کارشناسی



# فصل اول:

## انواع روش های راه اندازی موتور های آسنکرون





۱-۱- مقدمه:

در لحظه راه اندازی موتور، جریان هجومی بالایی وجود دارد که با عبور از خطوط قدرت، مخصوصاً خطوط با توان کمتر باعث افت ولتاژ در باری ها می شود. این فروافتادگی در بعضی موارد باعث انفصال قابل توجه نور در تجهیزات روشنایی می شود. برای غلبه بر این مشکل قوانینی وجود دارد که از اتصال مستقیم موتور در لحظه راه اندازی به شبکه ی قدرت جلوگیری می کند.

از این رو راه های مختلفی برای راه اندازی موتور و نوع اتصال آنها وجود دارد که با توجه به موتور و بار آن با یکدیگر متفاوتند و به طور خاصی انتخاب می شوند. البته انتخاب ها برحسب عوامل دیگری چون الکتریکی، مکانیکی و اقتصادی محدود میشوند. همچنین انواع رانش موتور در لحظه راه اندازی در این انتخاب دخیل می باشد.

۱-۲- اصلی ترین روش های راه اندازی:

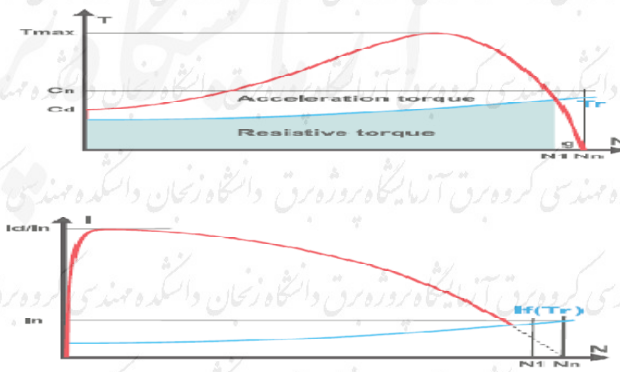
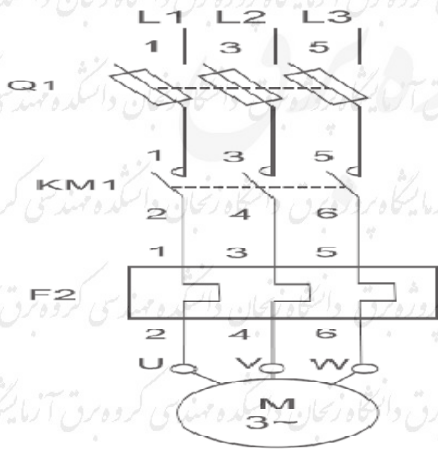
۱-۲-۱- راه اندازی مستقیم:

این روش ساده ترین روش راه اندازی می باشد در این روش استاتور به صورت مستقیم به منبع تغذیه اصلی متصل می شود و با پارامتر های خودی راه اندازی می شود.

وقتی موتور استارت می شود شبیه ترانسفورماتوری رفتار می کند که ثانویه آن اتصال کوتاه شده باشد و دارای مقاومت بسیار ناچیزی در روتور قفسی خود می باشد. این عامل باعث القای جریان بسیار زیادی در روتور می شود که سبب پیک جریانی در شبکه تأمین برق می شود.

جریان در لحظه راه اندازی = ۵ تا ۸ برابر جریانی نامی

گشتاور در لحظه راه اندازی = ۰.۵ تا ۱.۵ برابر گشتاور نامی



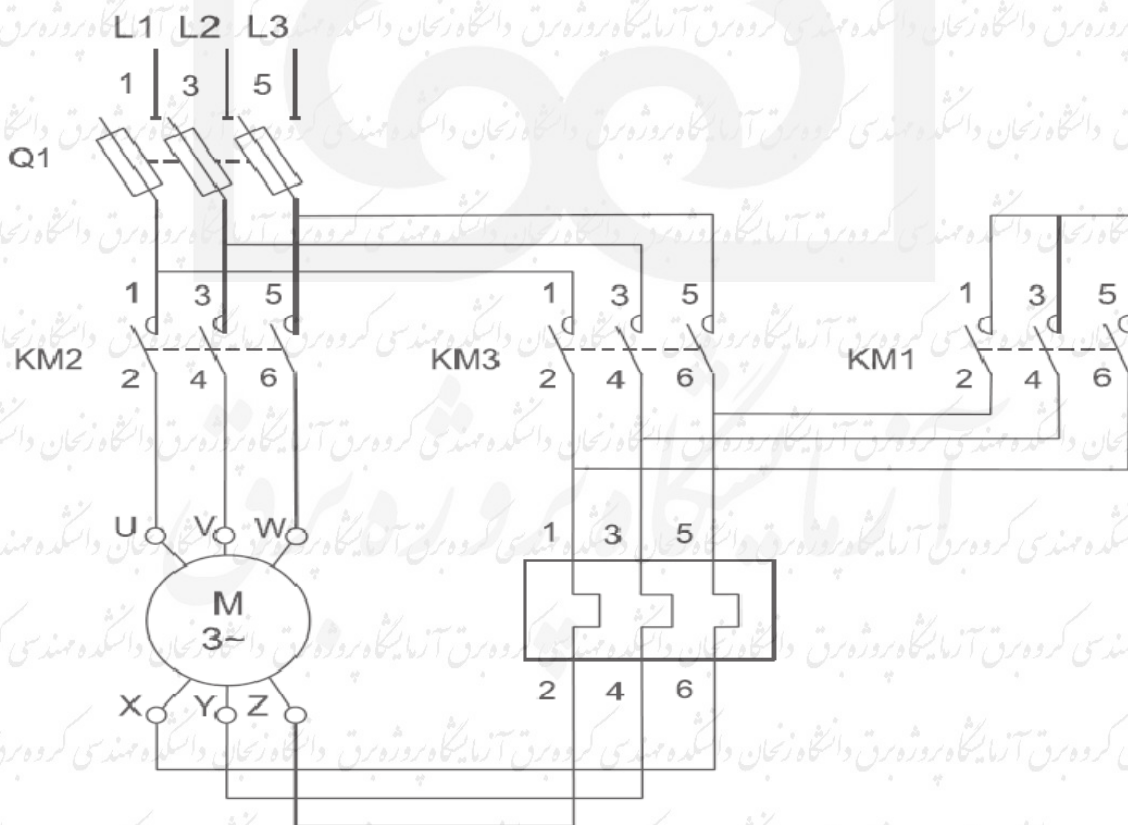
علی رغم مزایای این روش (تجهیزات ساده، گشتاور راه اندازی بالا، سرعت استارت سریع، هزینه ی پایین)، راه اندازی مستقیم تنها وقتی مناسب است که:

- قدرت موتور در مقایسه با شبکه ی اصلی کم باشد که از لحاظ جریان هجومی آن محدودیت نداشته باشد.
- ماشین هایی که حرکت آنها به افزایش تدریجی سرعت احتیاج نداشته باشد ویا دارای یک سیستم میرا ومتعادل کننده باشد تا شوک های ناشی از راه اندازی را محدود کند.
- گشتاور راه اندازی بدون توجه به ماشین راه اندازی شده ،بتواند مقدار بزرگی داشته باشد.

### ۱-۲-۲- راه اندازی ستاره- مثلث:

این روش راه اندازی تنها در موتورهایی به کار می رود که هر دو انتهای ۳سیم پیچ استاتور در برد ترمینال ها تعبیه شده باشند.

بعلاوه سیم پیچ ها به گونه ای باشند که در اتصال مثلث با ولتاژ شبکه تطبیق شوند. مثلا برای یک منبع سه فاز ۳۸۰ ولت به یک موتور با سیم پیچی ۳۸۰ ولت مثلث و ۶۶۰ ولت ستاره نیاز داریم .



اصل مهم در راه اندازی، اتصال ستاره در ولتاژ اصلی می باشد این عمل باعث تقسیم ولتاژ اصلی اعمالی به هر سیم پیچ بر ضریب معینی می شود.

مثلاً در مورد ولتاژهای بحث شده قبل:

در این روش پیک جریان راه اندازی (sc:starting current) بر ضریب  $\sqrt{3}$  تقسیم می شود:

$$Sc = 1.5 \text{ تا } 2.6 \text{ RC} \quad Rc = \text{rated current}$$

یک موتور ۳۸۰/۶۶۰ ولت با اتصال ستاره در ولتاژ نامی ۶۶۰/۷ خود جریانی  $\sqrt{3}$  برابر کمتر از اتصال مثلث در ولتاژ ۳۸۰/۷ کسب می کند.

با اتصال ستاره در ولتاژ ۳۸۰ ولت بار دیگر جریان  $\sqrt{3}$  برابر کمتر میشود و در کل ۳ برابر کمتر می شود از

آنجایی که گشتاور راه اندازی (ST) با توان دوم ولتاژ شبکه در تناسب است. مقدار آن هم بر ۳ تقسیم می شود.

$$ST = 0.2 \text{ تا } 0.5 \text{ RT} \quad RT = \text{Rated Torque}$$

• سرعت موتور موقعی پایدار می شود که موتور و گشتاور مقاوم تعادل پیدا کنند. معمولاً این اتفاق در

۷۵ تا ۸۵ درصد سرعت نامی اتفاق می افتد. سپس موتور به صورت مثلث متصل می شود و موتور مقادیر مشخصه های خود را کسب می کند. در ضمن تغییر بین نوع اتصالات توسط تایمر

کنترل می شود. اتصال مثلث تقریباً پس از ۳۰ تا ۵۰ میلی ثانیه بعد از باز شدن ستاره بسته می شوند

که باعث جلوگیری از اتصال کوتاه بین فازها می شود زیرا اتصال ستاره و مثلث نباید در یک لحظه هر دو بسته باشند.

• جریان عبوری از سیم پیچی در حین باز شدن اتصال ستاره و بسته شدن اتصال مثلث از لحاظ

نموداری شکسته می شود. این عمل باعث پدیدار شدن پیک گذرای جریانی مختصر ولی قوی در

لحظه بسته شدن اتصال مثلث می شود که ناشی از عکس العمل نیروی محرکه و موتور می باشد.

روش راه اندازی ستاره مثلث برای ماشین هایی مناسب می باشد که دارای گشتاور مقاوم کمی باشند یا

اینکه بدون بار استارت شوند. (همانند ماشین چوب بری)

در بعضی موارد ممکن است نیاز به کم کردن پدیده گذرا داشته باشیم. از این رو زمان تاخیری برابر

۱ تا ۲ ثانیه بین شیفت از اتصال ستاره به مثلث منظور می کنیم. زمانه تاخیر، عکس العمل نیروی محرکه

و پیک جریان گذرا را کاهش می دهد.



سیستم دیگر راه اندازی سیستم راه اندازی ۳ مرحله ای است:

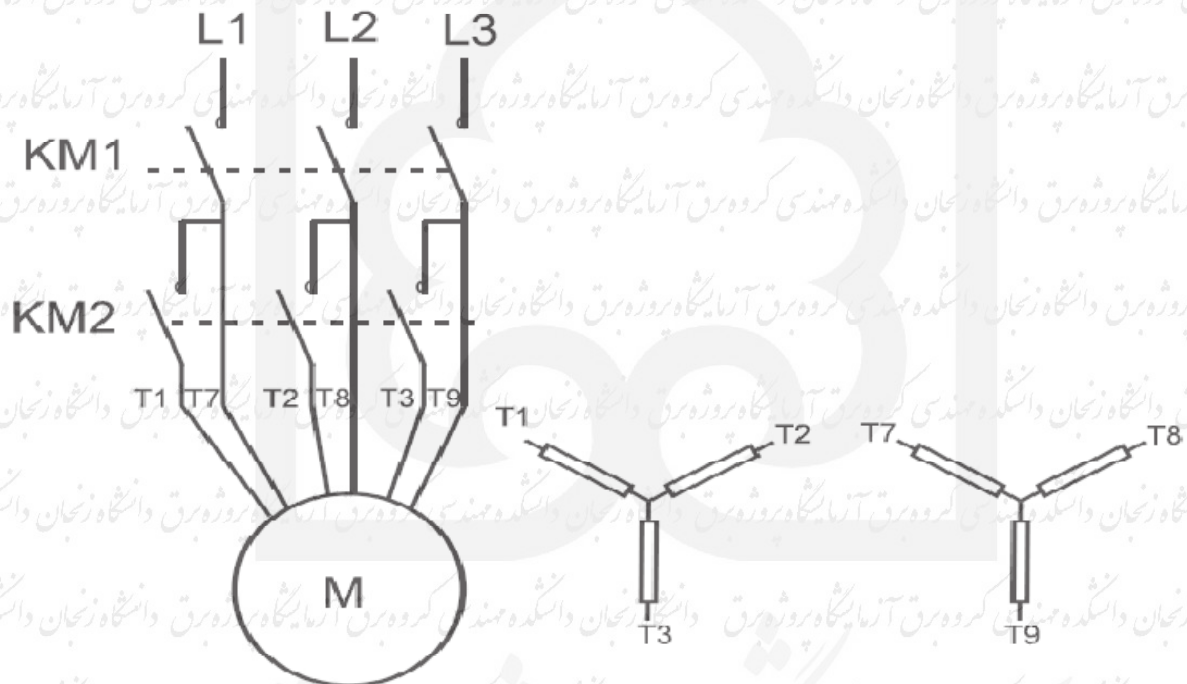
### ۱-۲-۳- ستاره- مثلث + مقاومت - مثلث:

در روش قبلی هنوز شکستگی جریان وجود دارد ولی در این روش با سری کردن ۳ ثانیه ای مقاومت با سیم پیچ های مثلث این پدیده راکاهش می دهیم.

استفاده از این روش نیازمند تجهیزات اضافی است که باید در هزینه های راه اندازی ونصب منظور شود.

### ۱-۲-۴- راه اندازی part winding:

این سیستم به طور گسترده در اروپا استفاده نمی شود ولی در آمریکای شمالی کاملاً رایج می باشد (با ولتاژ ۴۶۰/۲۳۰ با نسبت های (۲ به ۱). این موتورها دارای استاتورهایی هستند که سیم پیچ های آنها به ۲ قسمت موازی با هم تقسیم شده است. که دارای ۶ یا ۲۰ ترمینال خروجی هستند.



این موتور معادل با ۲ نیم موتور (half motor) با قدرت معادل می باشد.

در لحظه شروع به کار نیمی از موتور به صورت مستقیم و به طور کامل به ولتاژ اصلی متصل می شود. این روش باعث می شود که جریان راه اندازی و گشتاور به طور تقریبی نصف شوند. با این وجود گشتاور بیشتر از آنجاست که در روش ستاره- مثلث است.

موقعی است که موتور با روتور قفسی و قدرت برابر و راه اندازی ستاره- مثلث استارت شود.

# پایان نامه کارشناسی

## فصل پنجم:

### نتیجه گیری



نکات زیر بر اساس نتایج بدست آمده استنباط می شود:

❖ در صورت راه اندازی یکی از موتور ها، تمام موتور های متصل به باس از لحاظ نمودار ولتاژی شبیه به هم هستند و تفاوتی ندارند. چنانچه فاصله الکتریکی از باس مذکور افزایش یابد فروافتادگی ولتاژ کاهش می یابد.

❖ با افزایش مقاومت استاتور عمق فروافتادگی ولتاژ کاهش می یابد ولی زمان راه اندازی افزایش می یابد.

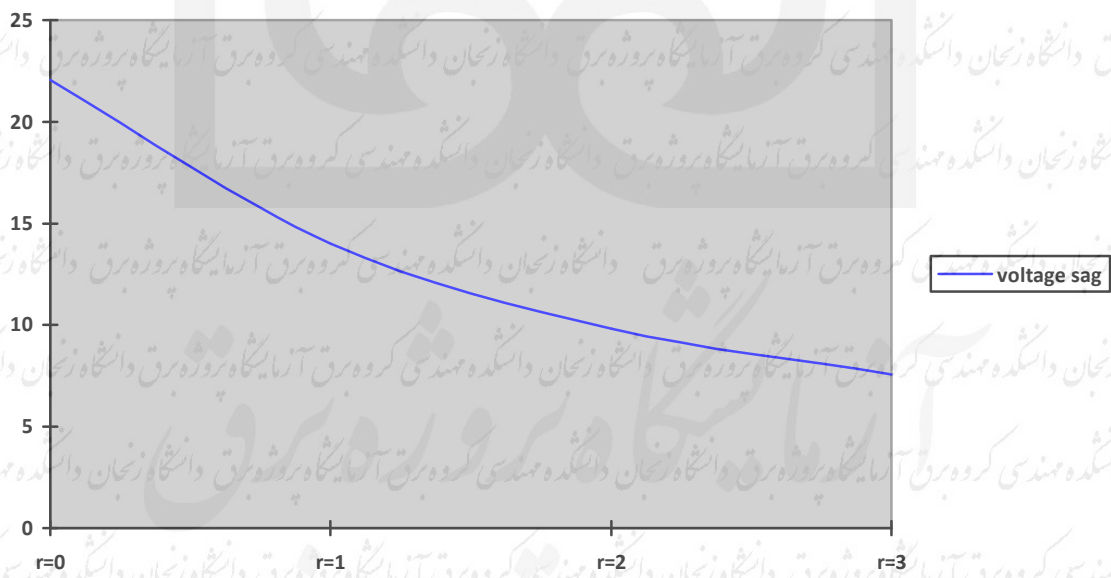
❖ بین فروافتادگی ولتاژ و مقاومت استاتور رابطه غیر خطی وجود دارد. بطوریکه مقاومت های بزرگ تاثیر کمتری روی فروافتادگی ولتاژ دارند.

❖ موتور راه اندازی نشده تاثیری روی افت ولتاژ موتور های دیگر ندارد.

❖ با افزایش مقاومت استاتور جریان استاتور کاهش می یابد و زمان راه اندازی افزایش می یابد. در ضمن رابطه بین مقدار مقاومت با جریان استاتور و زمان راه اندازی غیر خطی است.

❖ در نهایت افزایش مقاومت استاتور باعث کاهش ولتاژ موتور می شود.

در نمودار زیر غیر خطی بودن رابطه بین مقاومت و فروافتادگی ولتاژ باس ۶ کیلو ولت در حالت ۱ به نمایش در آمده است.



بیشترین مقاومت سری شده :

اضافه کردن مقاومت به مدار استاتور باعث کاهش ولتاژ موتور می شود چراکه گشتاور الکترومغناطیسی با

توان دوم ولتاژ متناسب است. با اضافه کردن مقاومت خیلی بزرگ به مدار استاتور (تحت گشتاور زبار) معین شاهد لغو استارت موتور می شویم.

نتایج :

✓ تغییرات پارامترهایی همچون جریان استاتور ، ولتاژ موتور و سرعت موتور در جریان راه اندازی

اغلب شبیه به هم هستند.

✓ بر اساس قابلیت کوتاه مدت باس ها (bus short capability) تفاوت هایی در مقادیر فرو

افتادگی حالت های چهار گانه آزمایش شده مشاهده می شود.

✓ در حین راه اندازی موتور ، ولتاژ دیگر موتور های فعال باس برخلاف قبل (که از مقادیر و پارامترهای موتوری تبعیت می کردند) از ولتاژ باس الگو می گیرد.

✓ با افزایش مقاومت استاتور زمان راه اندازی افزایش می یابد بنابراین استفاده از مقاومت کم، توصیه می شود.

✓ بنا به رابطه گشتاور الکترومغناطیسی با توان دوم ولتاژ ، مقدار مقاومت انتخاب شده باید محدود

باشد.

✓ تئوری این مقاله برای انتخاب حالت های مفید راه اندازی موتور های قدرت جهت کنترل و کاهش تاثیر جریان هجومی می باشد.



# پایان نامه کارشناسی

## فصل ششم :

### منابع

[۱] LIN Hai-Xue. Main Problems of Modern Power Quality. *Power Systems Technology*, ۲۰۰۱, ۲۵(۱۰):۵-۱۲.

[۲] HAN Ying-Duo, YAN Gan-Gui, JIANG Qi-Rong, etc. Information power, FACTS and DFACTS[J]. *Power System Automation*, ۲۰۰۰, ۲۰(۱۹):۱-۷.

[۳] LI Fa-Hai, ZHU Dong-Qi.. *Electrical Apparatus (Edition ۳)[M]*. Science Press, ۲۰۰۱

[۴] J. Lamoree, J. C. Smith, P. Vinett, T. Duffy, M. Klein, "The Impact of Voltage Sags on Industrial Plant Loads," *First International Conference on Power Quality, PQA '۹۱*, Paris, France.

[۵] P. Vinett, R. Temple, J. Lamoree, C. De Winkel, E. Kostecki, "Application of a Superconducting Magnetic Energy Storage Device to Improve Facility Power Quality," *Proceedings of the Second International Conference on Power Quality: Enduse Applications and Perspectives, PQA '۹۲*, Atlanta, GA, September ۱۹۹۲.

[۶] G. Beam, E. G Dolack, C. J. Melhorn, V. Misiewicz, M. Samotyj, "Power Quality Case Studies, Voltage Sags: The Impact on the Utility and Industrial Customers," *Third International Conference on Power Quality, PQA '۹۳*, San Diego, CA, November ۱۹۹۳.

[۷] J. Lamoree, D. Mueller, P. Vinett, W. Jones, "Voltage Sag Analysis Case Studies," *۱۹۹۳ IEEE I&CPS Conference*, St. Petersburg, FL.

[۸] M. F. McGranaghan, D. R. Mueller, M. J. Samotyj, "Voltage Sags in Industrial Systems," *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. ۲۹, no. ۲, March/April ۱۹۹۳.

[۹] Le Tang, J. Lamoree, M. McGranaghan, H. Mehta, "Distribution System Voltage Sags: Interaction with Motor and Drive Loads," *IEEE Transmission and Distribution Conference*, Chicago, IL, April ۱۰-۱۵, ۱۹۹۴, pp. ۱-۶.

[۱۰]. EPRI RP ۳۰۹۸-۱, *An Assessment of Distribution Power Quality*, Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA.

[۱۱] *IEEE Standard Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*, IEEE Standard ۱۳۶۶-۲۰۰۱.

[۱۲] James J. Burke, *Power Distribution Engineering: Fundamentals and Applications*, Marcel Dekker, Inc., ۱۹۹۴.

[۱۳] C. M. Warren, "The Effect of Reducing Momentary Outages on Distribution Reliability Indices," *IEEE Transactions on Power Delivery*, July ۱۹۹۳, pp. ۱۶۱۰-۱۶۱۷.

[۱۴] R. C. Dugan, L. A. Ray, D. D. Sabin, et al., "Impact of Fast Tripping of Utility Breakers on Industrial Load Interruptions," *Conference Record of the ۱۹۹۴ IEEE/IAS Annual Meeting*, Vol. III, Denver, October ۱۹۹۴, pp. ۲۳۲۶-۲۳۳۳.

[۱۵] T. Roughan, P. Freeman, "Power Quality and the Electric Utility, Reducing the Impact of Feeder Faults on Customers," *Proceedings of the Second International Conference on Power Quality: End-use Applications and Perspectives (PQA '۹۲)*, EPRI, Atlanta, GA, September ۲۸-۳۰, ۱۹۹۲.

[۱۶] J. Lamoree, Le Tang, C. De Winkel, P. Vinett, "Description of a Micro-SMES System for Protection of Critical Customer Facilities," *IEEE Transactions on Power Delivery*, April ۱۹۹۴, pp. ۹۸۴-۹۹۱.

[۱۷] Randall A. Stansberry, "Protecting Distribution Circuits: Overhead Shield Wire Versus Lightning Surge Arresters," *Transmission & Distribution*, April ۱۹۹۱, pp.