# علل کمبود ولتاژ و جبرانسازی آن در سیستم توزیع

**غضنفر شاهقلیان*[۱] ، زهرا عظیمی[۲]**

***۱- استادیار، گروه قدرت، دانشکده برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد** *shahgholian@iaun.ac.ir*

**۲- مربی، گروه قدرت، دانشکده برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد** *azimi_zhra@yahoo.com*

**چکیده: با پیشرفت سریع تکنولوژی در فرآیندهای کنترل صنعتی، صنایع بزرگ تقاضامند کیفیت توان بالاتری می‌باشند. در بین پدیده‌های کیفیت توان، کمبود ولتاژ از مهمترین مسائل و مشکلات سیستم‌های قدرت در مواجهه با صنایع پیشرفته می‌باشد. در این مقاله پس از مروری کلی بر روی پدیده کمبود ولتاژ، به بررسی اصلی‌ترین علل و عوامل رخداد این پدیده (خطاهای اتصال کوتاه، راه‌اندازی موتورهای القائی و انرژی‌دار شدن ترانسفورماتور) پرداخته می‌شود. سپس مشخصه‌های کمبود ولتاژ ارائه و در ادامه راهکارهای مورد استفاده در قدیم و امروزه جهت کاهش این پدیده، مورد بررسی و مقایسه قرار خواهد گرفت.**

**واژه‌های کلیدی: کیفیت توان، کمبود ولتاژ، خطاهای اتصال کوتاه، استارت موتورهای القایی بزرگ، انرژی‌دار شدن ترانسفورماتور، تنظیم کننده دینامیکی ولتاژ، جبرانگر دینامیکی ولتاژ**

## ۱- مقدمه

در بازار خصوصی برق، رعایت استاندارد کیفیت توان بعنوان شاخص شایستگی برای رقابت شرکتهای برق پدیدار شده است[۱ , ۲]. عمدتاً به چهار دلیل زیر، موضوع کیفیت توان، دارای اهمیت است:

۱- حساسیت بیشتر بارهای جدید نسبت به تغییرات کمی و کیفی برق[۳ - ۵]

۲- استفاده از وسایل و تجهیزات الکترونیک قدرت برای افزایش راندمان و در نتیجه میزان هارمونیک‌ها در شبکه

۳- افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان از موضوع کیفیت برق

۴- اتصال تجهیزات و وسایل الکتریکی از طریق شبکه‌ها و تأثیرات متقابل آنها

از دید تولیدکنندگان، کیفیت توان معادل قابلیت اعتماد تعریف شده است و از دید سازندگان تجهیزات الکتریکی، مشخصه و معیارهای منبع تغذیه، بطوریکه تجهیزات و وسایل مربوطه در آن شرایط بطور مطلوب و صحیح کار کنند. از دید مصرف‌کنندگان، کیفیت توان موضوع مربوط به مصرف‌کنندگان است.

طبق استاندارد*IEEE 1159-1995*، هرگونه مشکلی که در ولتاژ، جریان و یا فرکانس ظاهر شده و باعث ایجاد خطا و یا عملکرد ناصحیح در تجهیزات الکتریکی مصرف‌کنندگان شود، بعنوان یک مشکل کیفیت برق مطرح می‌شود. سیستم‌های توزیع نیروی برق، همیشه در معرض عوامل تخریب کننده شکل موج (ولتاژ و جریان) سینوسی از قبیل کمبود ولتاژ، بیشبود ولتاژ، قطعی و ... هستند که این پدیده‌ها کیفیت توان و قابلیت اطمینان شبکه را کاهش می‌دهند [۶ - ۸]. این پدیده‌ها اغتشاشاتی‌اند که عمدتاً از طرف مصرف‌کنندگان به شبکه تحمیل می‌گردند و همچنین بروز این اغتشاشات، بر مصرف‌کنندگان دیگر و تجهیزات شبکه اثرات سوء دارد. در این قسمت به تعریف این سه پدیده مهم کیفیت توان می پردازیم [۹].



[ Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12 ]

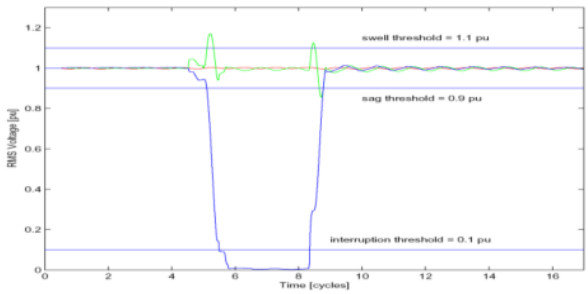
[ DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.4.0 ]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012

کمبود ولتاژ یا افت ولتاژ، کاهش بین ۰/۱ تا ۰/۹ پریونیت در مقدار مؤثر ولتاژ با فرکانس قدرت و برای مدت زمان نیم سیکل تا یک دقیقه است.

بیشبود ولتاژ، افزایش در ولتاژ مؤثر با فرکانس قدرت برای مدت زمان نیم سیکل تا یک دقیقه است. معمولاً مقادیر بین ۱/۱ تا ۱/۸ پریونیت هستند.

قطعی برق، یک تغییر کوتاه مدت است و از دست رفتن کامل ولتاژ ($<$۰/۱$pu$) در یکی یا بیشتر هادی‌های فاز، برای پریود زمانی بین نیم سیکل تا ۳ ثانیه است.

در شکل (۱) نمونه رویدادهایی که بعنوان کمبود ولتاژ، بیشبود و قطعی طبقه‌بندی می‌شوند، نشان داده شده است. همانطور که دیده می‌شود. کمبود ولتاژ هنگامی‌که یکی از ولتاژهای مؤثر به کمتر از مقدار آستانه کاهش می‌یابد، شروع و هنگامی‌که هر سه مقدار مؤثر ولتاژ به بالاتر از مقدار آستانه باز می‌گردد، پایان می‌یابد. آستانه کمبود ولتاژ، ۹۰ درصد ولتاژ مرجع انتخاب می‌شود و بیشبود ولتاژ هنگامی‌که یکی از کوچکترین ولتاژهای مؤثر به بالای آستانه صعود می‌کند، شروع و هنگامیکه هر سه ولتاژ مؤثر به زیر مقدار آستانه بازمی‌گردد، پایان می‌یابد. آستانه بیشبود، ۱۱۰ درصد ولتاژ مرجع انتخاب می‌شود و قطعی هنگامی‌که سه ولتاژ مؤثر به زیر مقدار آستانه کاهش می‌یابد، شروع و هنگامی‌که یکی از کوچکترین آنها به بالاتر از آستانه باز می‌گردد، پایان می‌یابد. آستانه قطعی، ۱۰ درصد ولتاژ مرجع انتخاب می‌شود. با توجه به این موضوع که کمبود ولتاژ تقریباً ۸۰ درصد از مشکلات کیفیت توان موجود در سیستم را شامل می‌شود. در قسمت اول این مقاله، به معرفی مختصری پیرامون عوامل ایجاد کمبود ولتاژ پرداخته می‌شود. در قسمت دوم مشخصه‌های کمبود ولتاژ بیان می‌گردد و در قسمت سوم نیز راهکارهای مورد استفاده جهت کاهش این پدیده مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بهره‌گیری از روشهای مرسوم در زمینه جبرانسازی کمبود ولتاژ، قادر نخواهند بود این پدیده را به طور کامل برطرف نمایند. لذا در سالهای اخیر با توجه به پیشرفت صنایع نیمه‌هادی، استفاده از ادوات الکترونیک قدرت برای جبرانسازی این پدیده مورد توجه کارشناسان صنعت برق قرار گرفته است و در پایان نیز نحوه جبرانسازی کمبود ولتاژ با استفاده از جبرانگرهای مختلف مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.



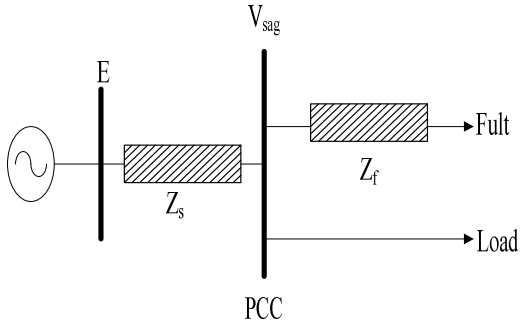

شکل(۱): نمونه‌ای از کمبود ولتاژ، بیشبود و قطعی

## ۲- عوامل ایجاد کمبود ولتاژ

در میان همه طبقه‌بندی‌های اغتشاشات الکتریکی، کمبود ولتاژ کابوسی برای این فرآیندهای اتوماتیک هستند. در پی تحقیقات گسترده کارشناسان مشخص شده است که ۸۵ درصد از عملکرد بد منبع توان (که به کیفیت توان ضعیف نسبت داده می‌شود)، بوسیله کمبود ولتاژ است [۱ , ۱۰]. در این قسمت به عوامل ایجاد این پدیده و نحوه محاسبه آن اشاره شده است. با توجه به مطالب عنوان شده، پیرامون کمبود ولتاژ، این پدیده جزء رویدادهای گذرای فرکانس پایین و متوسط طبقه‌بندی می‌گردد

### ۲-۱- خطاهای اتصال کوتاه

از مهمترین عوامل رخداد پدیده کمبود ولتاژ خطاهای اتصال کوتاه بوده، که خطاهای نامتقارن مانند اتصال کوتاه تکفاز به زمین سهم عمده‌ای را نسبت به خطاهای متقارن که به ندرت در سیستم‌های قدرت اتفاق می‌افتد، به خود اختصاص می‌دهد [۵ - ۷]. برای تعیین دامنهٔ کمبود ولتاژ در شبکه‌های شعاعی می‌توان از مدل تقسیم ولتاژ استفاده نمود. این مدل مداری در شکل (۲) نشان داده شده است. در این شکل، $Z_S$ امپدانس منبع در نقطهٔ اتصال مشترک و $Z_F$ امپدانس بین نقطهٔ اتصال مشترک و محل خطا می باشد.




شکل (۲): مدل تقسیم ولتاژ در محاسبه کمبود ولتاژ

ولتاژ در نقطهٔ $PCC$ و در ترمینال تجهیزات از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$V_{sag} = \frac{Z_F}{Z_S + Z_F} E \qquad (۱)$$

از معادلهٔ فوق به راحتی می‌توان دریافت که کمبود ولتاژ در حالتی که خطا نزدیک مصرف‌کننده رخ دهد ($Z_F$ کمتر باشد) و در سیستم‌هایی با کوچکترین سطح خطا ($Z_S$ بزرگتر باشد)، عمیق‌تر خواهد بود[۱۱]. جهت محاسبه دامنه کمبود ولتاژ در یک سیستم حلقوی و بر پایه تئوری تونن، می‌توان کمبود ولتاژ در باس $i$ که



[ DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.4.0 ]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012
[ Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12 ]

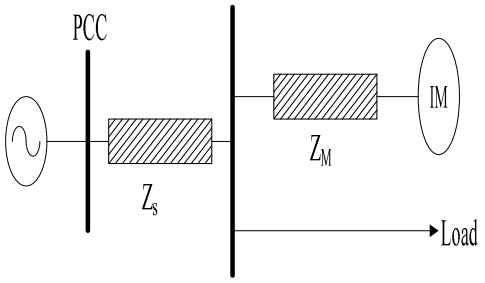
بوسیلهٔ خطا در گره $r$ ایجاد شده است را بـا اسـتفاده از رابطـه زیـر بدست آورد [۱۰ - ۱۳].

$$u_{sag,i} = u_{0,i} - \frac{Z_{ir}}{Z_{rr} + Z_F} u_{0,r} \qquad (۲)$$

که $u_{sag,i}$ و $u_{sag,r}$ بـه ترتیـب کمبودهـای ولتـاژ در طـول خطـا در گره‌های $i$ و $r$ هستند. مقادیر $u_{.,i}$ و $u_{.,r}$ نیز ولتاژهای قبل از خطا می‌باشند. همچنین $Z_{rr}$ المان قطری در ماتریس امپـدانس گـره، $Z_{ir}$ المان انتقالی در ماتریس امپدانس گره که مرتبط با گـره‌هـای $i$ و $r$ بوده و $Z_F$ امپدانس خطا است.

## ۲-۲- استارت موتورهای بزرگ

از دیگر عوامل مهم در ایجاد پدیدهٔ کمبود ولتاژ (که بیشـتر مربـوط به طراحی سیستم‌های قدرت صنعتی می‌باشد) راه‌اندازی موتورهای القایی بزرگ است [۱۴]. در حین استارت یک موتور القایی، جریـان بزرگتری از حالت نرمال (نوعاً ۵ تا ۶ برابر) از سیستم گرفته می‌شود. این جریان تا زمانیکه موتور به سرعت نامی‌خود برسد، باقی می‌مانـد که این پدیده نوعاً بین چند ثانیـه تـا یـک دقیقـه طـول مـی‌کشـد [۱۵ , ۱۶]. در این وضعیت، افـت ولتـاژ بـه شـدت بـه پارامترهـای سیستم وابسته است. به این منظور سیستم نشان داده شده در شکل (۳) را در نظر بگیرید که در آن $Z_S$ امپـدانس منبـع و $Z_M$ امپـدانس موتور در حین راه‌اندازی است.




شکل (۳): مدار معادل کمبود ولتاژ ناشی از استارت موتور القائی

کمبود ولتاژ ایجاد شـده بـر روی باسـی کـه موتـور و بـار را تغذیـه می‌نماید ، از معادلهٔ تقسیم ولتاژ زیر بدست می‌آید:

$$V_{sag} = \frac{Z_M}{Z_S + Z_M} E \qquad (۳)$$

در این حالت امپدانس منبع و موتور در حین راه‌اندازی، با توجه بـه اینکه موتور در توان نامی $S_{motor}$، از یک منبع با تـوان اتصـال کوتـاه $S_{source}$ تغذیه گردد، این‌چنین بدست می‌آید:

$$Z_S = \frac{V_n^2}{S_{saurce}}$$
$$Z_M = \frac{V_n^2}{\beta S_{motor}} \qquad (۴)$$

که $\beta$ نسبتی بین جریان راه‌اندازی و جریان نامی مـی‌باشـد. در ایـن حالت معادله (۳) را بدین‌گونه بازنویسی می‌گردد:

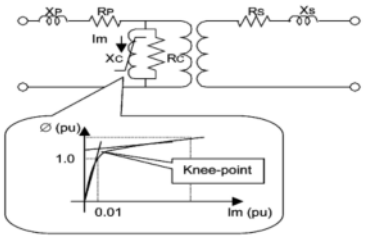
$$V_{sag} = \frac{S_{source}}{S_{saurce} + \beta S_{motor}} \qquad (۵)$$

این مقدار می‌تواند برای تخمین کمبود ولتاژ به علت راه‌اندازی موتور القایی مورد استفاده قرار گیرد. مدت زمـان کمبـود ولتـاژ بـه علـت راه‌اندازی موتور، به تعدادی از پارامترهای موتـور وابسـته اسـت کـه اینرسی موتور مهمترین از آنها می‌باشد. هنگامیکه زمـان راه‌انـدازی موتور تعیین می‌شود، تعیین دامنـهٔ کمبـود در ترمینـال موتـور نیـز دارای اهمیت می‌باشد. گشتاور تولید شده بوسیلهٔ موتور متناسب بـا مربع ولتاژ ترمینال است. با فرض آنکه ولتـاژ ترمینـال نـامی باشـد، گشتاور مکانیکی نصف گشتاور الکتریکی در حـین بیشـترین زمـان راه‌اندازی است. هنگامیکـه ولتـاژ تـا ۹۰ درصـد مقـدار نـامی افـت می‌کند، گشتاور الکتریکی تا ۸۱ درصد مقدار نامی کاهش مـی‌یابـد که ۱۶۲ درصد گشتاور مکانیکی است. گشتاور شتاب‌دهنده، اختلاف بین گشتاور الکتریکی و مکانیکی از ۱۰۰ درصد تـا ۶۲ درصـد افـت نموده که یک افت ۳۸ درصدی را به همراه دارد [۱۷].

## ۲-۳- انرژی‌دارشدن ترانسفورماتور

انرژی‌دار شدن ترانسفورماتور، از عوامل دیگر رخداد پدیده کمبود ولتاژ در سیستم های قدرت است. نتیجه انرژی‌دار شدن ترانسفورماتور، ایجاد جریان هجومی است که سرانجام به یک جریان مغناطیس‌کنندگی کوچک کاهش می‌یابد. زمان لازم جهت کاهش جریان هجومی وابسته به مقاومت و راکتانس مدار شامل راکتانس مغناطیس‌کنندگی ترانسفورماتور است. در این وضعیت، جریان هجومی باعث افت ولتاژ موقت در امپدانس شبکه، بین منبع و ترانسفورماتور انرژی‌دار شده می‌گردد. برخلاف خطاهای اتصال کوتاه مطرح در بخش‌های قبل، انرژی‌دار شدن ترانسفورماتور یک حادثه عملی طراحی شده است. در نتیجه باید کمبود ولتاژ در رابطه با این رویداد، در برابر ظرفیت بارهای صنعتی حساس محدود گردد [۱۸]. بازگشت ولتاژ بعد از هر پدیده کمبود ولتاژ نیز می‌تواند ترانسفورماتور را به اشباع برده و این پدیده باعث ایجاد جریان هجومی مشابه با انرژی‌دار شدن ترانسفورماتور شود. شکل (۴) مدار معادل یک ترانسفورماتور تکفاز را نشان می‌دهد.

[ DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.4.0 ]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012
[ Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12 ]




شکل (۴): مدار معادل ترانسفورماتور تکفاز

در این حالت، می‌توان از یک روش ساده برای بدست آوردن ماکزیمم جریان هجومی و کمبود ولتاژ ایجاد شده به علت انرژی‌دار شدن ترانسفورماتور استفاده نمود. در این شرایط، جریان هجومی نمی‌تواند از رابطه زیر متجاوز گردد:

$$I_{Inrush\ \max} = \frac{1}{(X + X_P + X_C(\min))} E \qquad (۶)$$

که در آن، $X$ راکتانس منبع در باسی که ترانسفورماتور انرژی‌دارشده است. مینیمم راکتانس مغناطیسی، $X_C(\min)$ حداکثر امکان شار بعد از انرژی‌دار شدن ترانسفورماتور را نشان می‌دهد. می توان فرض کرد که اندوکتانس فاصله هوایی می‌تواند دو برابر امپدانس اتصال کوتاه باشد، یعنی $X_C(\min)$ نوعاً به عنوان $۲(X_P + X_S)$ یا $۲X_T$ در نظر گرفته شود [ ۱۹]. با فرض آنکه راکتانس نشتی در هر یک سیم‌پیچ‌ها مساوی در نظر گرفته شوند، در این حالت، ماکزیمم کمبود ولتاژ را می‌توان از رابطه زیر بدست آورد.

$$V_{sag} = \frac{X}{X + ۲/۵X_T} \qquad (۷)$$

## ۳- مشخصه‌های کمبود ولتاژ

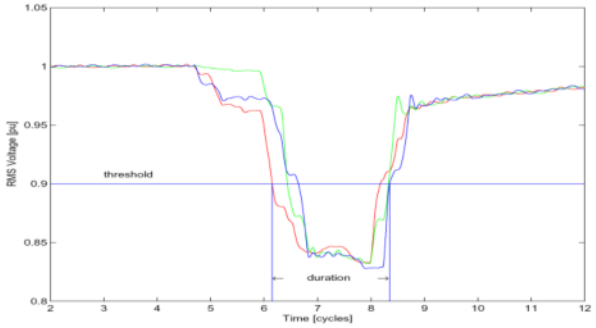
هر پدیدهٔ کمبود ولتاژ با سه فاکتور دامنه (ولتاژ باقیمانده)، مدت زمان و پرش زاویه فاز مشخص می‌نمایند[۲۰]. این سه مشخصه، اصلی‌ترین و مهمترین خصوصیاتی هستند که رفتار تجهیزات را تعیین می‌کنند. دامنه (ولتاژ باقیمانده) در کمبود ولتاژ، کمترین ولتاژ مؤثر در هر سه‌فاز است. این مشخصه به حساسیت تجهیزات وابسته است. دامنه بوسیلهٔ فاصله الکتریکی تا محل خطا تعیین می‌شود. عوامل مؤثر در تعیین دامنه بصورت محل خطا، نوع خطا، امپدانس خطا، شرایط بار، تأثیر اتصالات ترانسفورماتور و ولتاژ قبل از خطا بیان می‌شود [۱۲ و ۲۰]. نحوه محاسبه دامنه کمبود ولتاژ قبلاً بیان شد در عوامل ایجاد کمبود ولتاژ بیان گردید.

در یک سیستم سه‌فاز، مدت زمان کمبود ولتاژ، مدت زمانی که یکی از کمترین مقادیر مؤثر ولتاژها، زیرسطح آستانه کمبود ولتاژ (۹۰ درصد ولتاژ نامی) قرار داشته است. کمبود ولتاژ، از هنگامی‌که یکی از مقادیر مؤثر ولتاژها به زیر آستانه سقوط کند، شروع و هنگامی‌که همهٔ ولتاژهای مؤثر سه‌فاز به بالاتر از آستانه باز گردد، پایان می‌یابد.

این مدت زمان می‌تواند بعنوان اختلاف، بین زمانی که همه ولتاژهای مؤثر به بالاتر از آستانه بازمی‌گردد و زمانی که یکی از کوچکترین مقادیر ولتاژهای مؤثر به زیر آستانه سقوط می‌کند، محاسبه گردد [۱۳]. این مدت زمان، بوسیلهٔ زمان از بین رفتن خطا تعیین می‌شود. در نتیجه مشخصه فوق به عملکرد تجهیزات حفاظتی اضافه جریان و اینکه چه مدت جریان خطا اجازه عبور می‌یابد، وابسته است [۱۲ و ۲۰]. در شکل (۵) نحوه محاسبه این مدت زمان نشان داده شده است.

هنگامی‌که یک اتصال کوتاه در سیستم قدرت رخ می‌دهد، نه تنها دامنه ولتاژ افت می‌کند، بلکه باعث تغییر زاویه فاز ولتاژ می‌شود. که آن را پرش زاویه فاز می‌نامند که مشخصه سوم در هر پدیده کمبود ولتاژ است. پرش زاویه فاز بدین مفهوم است که زاویه فاز در طول کمبود ولتاژ و قبل از آن متفاوت است.پرش زاویه فاز با استفاده از روش مؤلفه پایه ولتاژ به صورت زیر توصیف می‌گردد:

$$V_{fun}(t) = \frac{۲}{T} \int_{t-T}^{t} v(\tau) e^{j\omega.\tau} d\tau \qquad (۸)$$




شکل (۵): محاسبه مدت زمان کمبود ولتاژ

که $\omega = \frac{۲\pi}{T}$ و $T$ یک سیکل از فرکانس اصلی است. دامنه و پرش زاویه فاز بطور مستقیم به ولتاژ در فازهای خطادار یا بین فازهای خطادار، در نقطه اتصال مشترک(*PCC*) بین بار و خطا، مرتبط است[۱۲].

## ۴- راهکارهای کاهش کمبود ولتاژ

با توجه به استفاده از تجهیزات حساس در طرح‌های صنعتی مدرن نظیر فرآیندهای کنترل، *PLC*، درایوهای تنظیم سرعت(*ASD*) و روبات‌ها، دیگر پدیده کمبود ولتاژ در سیستم های قدرت قابل تحمل ناست و روشهای مختلفی جهت کاهش کمبود ولتاژ بکار گرفته شده است. روشهای مرسوم در این زمینه شامل استفاده از بانکهای خازنی، احداث فیدرهای جدید موازی و نصب منابع تغذیه



[ DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.4.0 ]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012
[ Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12 ]

غیرقابل قطع(*UPS*) است. بکارگیری این روشها نه‌تنها مشکلات کیفیت توان بطور کامل حل نمی‌کند بلکه منجر به جبرانسازی توان راکتیو غیرقابل کنترل، هزینه بسیار بالا در احداث فیدرهای جدید و استفاده از منابع تغذیه غیرقابل قطع شده است[۵].

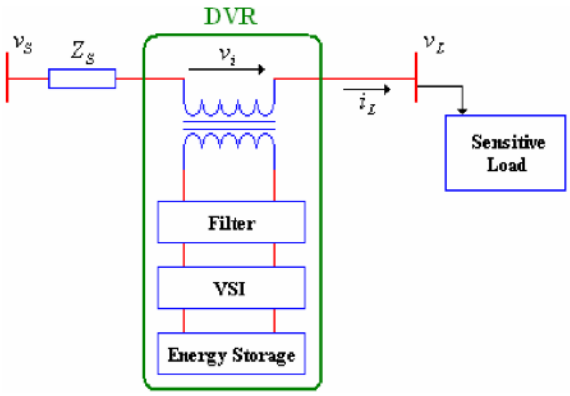
یکی دیگر از روشهای کاهش کمبود ولتاژ استفاده از استفاده از فیوزهای محدودکننده جریان است[۲۱]. در اینگونه فیوزها با محدودسازی مدت زمان عبور جریان خطا و قطع سریع محل اتصال، می‌توان کمبود ولتاژ در سیستم را کاهش داد. تنظیم و هماهنگی صحیح رله‌ها و فیوزها (بطور کلی ادوات حفاظتی) نیز می‌تواند به تصحیح این پدیده کمک نماید. این نکته قابل توجه است که ۵۰ درصد از موضوعاتی که به کمبود ولتاژ اختصاص دارد به رفتار حفاظتی و تأثیر متقابل این تجهیزات بر روی یکدیگر و کمبود ولتاژ تحمیلی از فیدرهای مجاور با تغذیه یکسان می‌پردازد [۲۲].

یکی دیگر از روشهای کاهش، انتقال فیدرها در سیستم توزیع است. که اجرای آن با استفاده از سوئیچینگ انجام شده و شامل دو گام است. در ابتدا پیدا کردن نقاط ضعف برای کمبود ولتاژ از روش ارزیابی ریسک و با استفاده از داده‌های قابلیت اطمینان، مدت و دامنه کمبود ولتاژ و ضرائب تأثیر روی مشترکین، تعیین و نقاط ضعف مشخص می‌گردد. گام بعدی انتقال نقاط ضعف به دیگر منابع در مدت عبور جریان خطا است. در این حالت نیز از روش مونت کارلو و داده‌های قابلیت اطمینان استفاده می‌شود [۲۳].

در سالهای اخیر با توجه به پیشرفت‌های سریع در صنایع نیمه‌هادی و سیستم‌های کنترلی، استفاده از جبران‌کننده‌هایی بر پایه کانورترهای منبع ولتاژ و جریان، مورد توجه کارشناسان صنعت برق قرار گرفته است. این تجهیزات که اولین بار توسط *N.G.Hingorani* در سال ۱۹۹۵ بیان گردید موسوم به ادوات انعطاف‌پذیر سیستم‌های انتقال (*FACTS*) هستند که در شبکه‌های توزیع آن‌ها را تجهیزات *DFACTS* یا وسایل توان مشتری می‌نامند که توانایی جبرانسازی سریع، بلادرنگ و قابل‌کنترل را دارا می‌باشند [۲۴ , ۲۵]. استفاده از این ادوات، امروزه بطور روزافزونی مورد توجه مهندسان برق برای غلبه بر مشکلات کیفیت توان قرارگرفته است. با توجه به مطالعات صورت گرفته جهت کاهش کمبود ولتاژ، استفاده از دو نوع جبرانگر سری و موازی پیشنهاد گردیده است [۲۶].

## ۴-۱- تنظیم‌کننده دینامیکی ولتاژ

تنظیم‌کننده دینامیکی ولتاژ یک جبرانگر سری استاتیکی، که برای جبرانسازی کمبود ولتاژ در سطح توزیع بکار می‌رود [۲۷ - ۳۰]. این جبرانگر، یک وسیلهٔ سری بوده که ولتاژ *ac* را تولید کرده و آن را بصورت سری با منبع ولتاژ و از طریق یک ترانسفورماتور جهت جبرانسازی کمبود ولتاژ، تزریق می‌نماید. همچنین ولتاژ تزریقی و جریان بار، توان *DVR* را تعیین می‌کنند. اجزاء اصلی این جبرانگر شامل: منبع انرژی طرف *dc*، اینورتر منبع ولتاژ *VSI*، ترانسفورماتور سری تزریقی و فیلتر هارمونیکی است. که دیاگرام مداری آن در شکل (۶) به نمایش درآمده است.




شکل (۶): ساختار شماتیک جبرانگر *DVR*

این جبرانگر از نقطه نظر تزریق ولتاژ، به سه روش جبرانسازی هم فاز، جبرانسازی قبل از کمبود و جبرانسازی پیشرفته فاز قادر است به سیستم، ولتاژ تزریق نماید. [۳۰ , ۳۱]

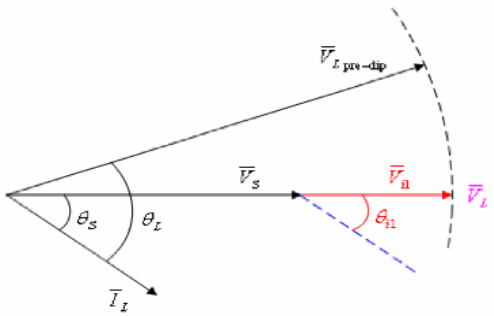
### ۴-۱-۱- روش جبرانسازی هم‌فاز (*IPC*)

این روش پر استفاده‌ترین، روش جبرانسازی با *DVR* است که درآن ولتاژ بار در طول جبرانسازی همفاز با ولتاژ منبع، بدون توجه به جریان بار و ولتاژ پیش از خطا است. در این حالت $S_{i1}$ توان ظاهری تزریقی و $P_{i1}$ توان اکتیو تزریقی بدین صورت هستند.

$$S_{i1} = I_L V_i = I_L (V_L - V_S)$$
$$P_{i1} = I_L V_i \cos\theta_s = I_L (V_L - V_S)\cos\theta_S \qquad (۹)$$

که دامنه و زاویه ولتاژ تزریقی این چنین است:

$$V_{i1} = V_L - V_s$$
$$\theta_{i1} = \theta_S \qquad (۱۰)$$




شکل (۷): دیاگرام فازوری در روش جبرانسازی هم‌فاز

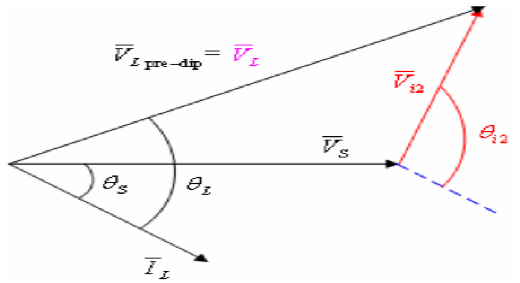
### ۴-۱-۲- روش جبرانسازی قبل از کمبود (*PDC*)

بعضی بارها به پرش زاویه فاز خیلی حساس هستند. در این حالت نیاز به ایجاد ولتاژ باس بار کمکی، هم‌فاز با ولتاژ قبل از کمبود است. در این حالت $S_{i2}$ توان ظاهری تزریقی و $P_{i2}$ توان اکتیو تزریقی است که به صورت زیر تعیین می‌شود:



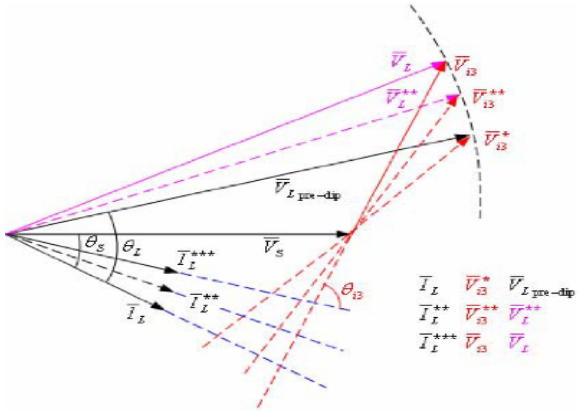
[ DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.4.0 ]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012
[ Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12 ]

$$S_{i2} = I_L V_i = I_L \sqrt{V_L^2 + V_S^2 - 2V_L V_S \cos(\theta_L - \theta_S)}$$
$$P_{i2} = I_L (V_L \cos\theta_L - V_S \cos\theta_S) \qquad (۱۱)$$

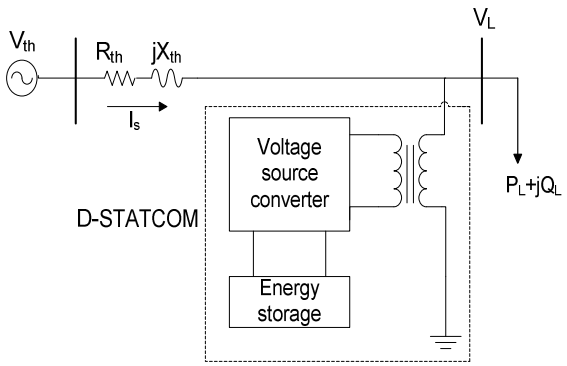



شکل(۸): دیاگرام فازوری در روش جبرانسازی قبل از کمبود

از نقطه نظر کیفیت توان، روش *PDC* بهترین استراتژی جبرانسازی است. بدلیل اینکه در این روش ولتاژ به دامنهٔ آن قبل از کمبود بازگردانده شده و فاز آن نیز بدون تغییر است، می‌تواند برای بازگرداندن ولتاژ بار بکار رود. لذا دامنه و زاویه ولتاژ تزریقی به ترتیب عبارتند از:




شکل (۹): دیاگرام فازوری در روش جبرانسازی پیشرفته فاز




شکل (۱۰): جبرانگر ولتاژ موازی

$$V_{i2} = \sqrt{V_L^2 + V_S^2 - 2V_L V_S \cos(\theta_L - \theta_S)}$$
$$\theta_{i2} = \tan^{-1}\left[\frac{V_L \sin\theta_L - V_S \sin\theta_S}{V_L \cos\theta_L - V_S \cos\theta_S}\right] \qquad (۱۲)$$

### ۴-۱-۳- روش جبرانسازی پیشرفته فاز (*PAC*)

در این روش، ولتاژ بصورت پیش‌فاز در مقایسه با ولتاژ منبع و به منظور کاهش انرژی تزریقی، تزریق می‌گردد. در معادله (۱۱)، $P_{i2}$ توان تزریقی هنگامی مینیمم که $\theta_S = 0$ یا $V_S$ و $I_L$ هم فاز باشند. بنابراین برای حفظ مینیمم توان تزریقی در فرآیند جبرانسازی، بایستی بردار ولتاژ بار بر روی یک دایره که شعاع آن برابر با دامنه ولتاژ بار حرکت کند. این روش برای بارهایی که به پرش زاویه فاز خیلی حساس هستند، نامناسب است. در این حالت، $S_{i3}$ توان ظاهری تزریقی و $P_{i3}$ توان اکتیو تزریقی به صورت زیر است:

$$S_{i3} = I_L V_i = I_L \sqrt{V_L^2 + V_S^2 - 2V_L V_S \cos\theta_L}$$
$$P_{i3} = I_L (V_L \cos\theta_L - V_S) \qquad (۱۳)$$

معادله بالا نشان می‌دهد هنگامی‌که $V_L \cos\theta_L > V_S$ است، *DVR* باید یک ولتاژ به نحوی که $V_S$ و $I_L$ هم‌فاز نگه دارد ($\theta_S = 0$)، تزریق نماید.

هنگامی‌که $V_L \cos\theta_L \le V_S$ باشد، $P_{i3}$ منفی می‌شود. در اینصورت بایستی $\theta_S \neq 0$ باشد تا توان اکتیو صفر گردد و کمبود ولتاژ تنها بوسیله توان راکتیو جبرانسازی شود. مقدار $\theta_S$ برای جاری شدن توان صفر از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\theta_S = \cos^{-1}\left[\frac{V_L \cos\theta_L}{V_S}\right] \qquad (۱۴)$$

در هر دو وضعیت، دامنه و زاویه ولتاژ تزریقی به صورت زیر است:

$$V_{i3} = \sqrt{V_L^2 + V_S^2 - 2V_L V_S \cos(\theta_L - \theta_S)}$$
$$\theta_{i3} = \tan^{-1}\left[\frac{V_L \sin\theta_L - V_S \sin\theta_S}{V_L \cos\theta_L - V_S \cos\theta_S}\right] \qquad (۱۵)$$

بهرحال از بررسی فوق، مشهود است که برای دستیابی به مینیمم انرژی اکتیو تزریقی، روش *PAC* مناسب است. اما تنظیم زاویه فاز لحظه‌ای در این روش مورد نیاز بوده که باعث شکل موج ناپیوسته و نوسان توان بار خواهد شد. این موضوع می‌تواند برای بارهای حساس، تعیین کننده است. در مرجع [۳۰] مطالبی پیرامون یک الگوریتم پیشنهادی که تلفیقی از دو روش *IPC* و *PAC* ارائه گردیده که جهت فائق آمدن بر مشکل مذکور راه‌گشا است.



[ DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.4.0 ]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012
[ Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12 ]

## ۴-۲- جبرانگر سنکرون استاتیکی توزیع

جبرانگر *D-Statcom* معمولاً برای جبران کمبود ولتاژ بکار رفته و از آن می‌توان برای محدودسازی نوسانات توان اکتیو و راکتیو یا جریانهای هارمونیکی کشیده شده توسط بار نیز استفاده نمود. این جبرانگر در صورتی که در سیستم انتقال قدرت استفاده شود، *Statcom* ودر صورتی که در سیستم توزیع استفاده شود، *D-Statcom* (که به صورت سه فاز و موازی، نزدیک بارنصب می‌گردد) نامیده می‌شود [۳۲ - ۳۶] .اجزاء اصلی جبرانگر *D-Statcom*،در شکل (۱۰) نمایش داده شد.همانطور که مشاهده کردیدجبرانگر *D-Statcom* شامل خازن *dc*، اینورتر سه‌فاز، فیلتر *ac*، ترانسفورماتور تزویج و استراتژی کنترل است.
در این دیاگرام، جریان تزریقی موازی $I_{sh}$، کمبود ولتاژ را بوسیلهٔ تنظیم ولتاژ در طول امپدانس سیستم $Z_{th}$ تصحیح می‌نماید. مقدار $I_{sh}$ می‌تواند بوسیلهٔ تنظیم ولتاژ خروجی کانورتر کنترل شود

$$I_{sh} = (I_L - I_S) = I_L - \frac{V_{th} - V_L}{Z_{th}} \qquad (۱۶)$$

$$I_{sh}\angle\eta = I_L\angle -\theta - \frac{V_{th}}{Z_{th}}\angle(\delta-\beta) + \frac{V_L}{Z_{th}}\angle -\beta \qquad (۱۷)$$

توان تزریقی *D-Statcom* را می‌توان این‌گونه بیان کرد:

$$S_{sh} = V_L I_{sh}^{*} \qquad (۱۸)$$

در اینجا باید متذکر شد که تأثیر *D-Statcom* در تصحیح کمبود ولتاژ به مقدار $Z_{th}$ یا سطح خطا در باس مربوطه وابسته است. هنگامیکه جریان موازی تزریقی $I_{sh}$، عمود بر $V_L$ نگاه داشته شود، تصحیح مطلوب ولتاژ می‌تواند بدون تزریق هرگونه توان اکتیوی به سیستم بدست می‌آید. از طرف دیگر، هنگامیکه مقدار $I_{sh}$ مینیمم گردد، تصحیح ولتاژ یکسانی را می‌توان با تزریق مینمم توان ظاهری به سیستم، بدست آورد. تصحیح کمبود ولتاژ بوسیلهٔ جبرانگر *D-Statcom* با استفاده از دو تکنیک صورت می‌پذیرد[۳۷].

### ۴-۲-۱- تزریق توان اکتیو صفر (*ZAPI*)

در این حالت، جبرانگر *D-Statcom* هیچ‌گونه توان اکتیوی به سیستم تزریق نمی‌کند. بنابراین توان اکتیو بار سراسری ($P_L$) باید بوسیلهٔ معادل تونن سیستم مهیا گردد. توان اکتیو جاری از طریق امپدانس تونن در شکل (۱۰) (طرف بار) را می‌توان اینگونه نوشت:

$$P_L = \frac{V_{th}V_L}{Z_{th}}\cos(\beta-\delta) - \frac{V_L^2}{Z_{th}}\cos\beta \qquad (۱۹)$$

از معادله (۱۹)، زاویه $\delta$ برابر است با:

$$\delta = \beta - \cos^{-1}\left[\frac{V_L}{V_{th}}\cos\beta + \frac{Z_{th}P_L}{V_{th}V_L}\right] \qquad (۲۰)$$

البته برای مقدار امکان پذیر $\delta$، باید شرط زیر ارضاء گردد:

$$\frac{V_L}{V_{th}}\cos\beta + \frac{Z_{th}P_L}{V_{th}V_L} \le 1 \qquad (۲۱)$$

که شرط فوق را می‌توان به شکل (۲۱) بازنویسی نمود:

$$V_{th} \ge (V_L\cos\beta + Z_{th}\frac{P_L}{V_L}) \qquad (۲۲)$$

بنابراین هنگامیکه دامنه ولتاژ سیستم، معادله (۲۲) را ارضاء نماید، جبرانگر *D-Statcom* می‌تواند کمبود ولتاژ را بدون تزریق هرگونه توان اکتیوی به سیستم، تصحیح نماید. برای چنین وضعیتی، جریان و توان ظاهری تزریقی *D-Statcom*، به آسانی می‌تواند از معادلات (۱۷) و (۱۸) بدست آید. متذکر می‌شویم که توان ظاهری تزریقی، تنها شامل مؤلفه راکتیو است.

### ۴-۲-۲- تزریق توان ظاهری مینیمم (*MAPI*)

همانطور که قبلاً متذکر شدیم، هنگامیکه دامنه جریان تزریقی مینیمم گردد، *D-Statcom* می‌تواند کمبود ولتاژ را با تزریق توان ظاهری مینیمم به سیستم تصحیح نماید. بنابراین شرط تزریق توان ظاهری مینیمم این‌چنین است.

$$\frac{\partial I_{sh}}{\partial\delta} = 0 \qquad (۲۳)$$

یک بیان تحلیلی از $I_{sh}$ را می‌توان از معادله (۱۷) بدست آورد و از حل معادله (۲۳) نیز به رابطه زیر رسید.

$$\delta = \tan^{-1}\left[\frac{Z_{th}I_L\sin(\beta-\theta)}{V_L + Z_{th}I_L\cos(\beta-\theta)}\right] \qquad (۲۴)$$

بنابراین برای یک بار داده شده، مقدار $\delta$ را می‌توان به آسانی از معادله (۲۴) بدست آورد. اگر $\delta$ مشخص باشد، جریان و توان

[ Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.4.0 ]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012

ظاهری تزریقی *D-Statcom*، را می‌توان به ترتیب از معادلات (۱۷) و (۱۸) بدست می‌آید.

## ۵- نتیجه‌گیری

درسال‌های اخیر با واگذاری صنعت برق به بخش خصوصی و تقاضای روز افزون این انرژی، شرکت‌های برق برای اثبات میزان شایستگی خود در رقابت با سایر شرکت‌ها، درصدد تأمین برقی باکیفیت توان بالایی برای تحویل به مشترکین خود هستند. همانطور که در این مقاله بیان شد کمبود ولتاژ از دیرباز جزء یکی از شایع‌ترین و مهمترین مشکلات کیفیت توان بوده، که توجه بسیاری از مهندسین برق به خود جلب کرده است. کمبود ولتاژ جزء پدیده‌های گذارا است که عمدتاً به سبب خطاهای اتصال کوتاه، راه‌اندازی موتورهای بزرگ و انرژی‌دار شدن ترانسفورماتور ایجاد می‌گردد. برای رفع این پدیده گذرا روش‌های مختلفی بیان گردید، که روش‌های مرسوم (مانند استفاده از بانکهای خازنی، احداث فیدرهای جدید موازی، نصب منابع تغذیه غیرقابل‌قطع، تنظیم صحیح رله‌ها و بکارگیری فیوزهای محدودکننده جریان) به طور کامل قادر به رفع این چالش نیستند. لیکن با پیشرفت تکنولوژی ادوات نیمه‌هادی الکترونیک قدرت و معرفی تجهیزات *DFACTS*، نگرشی نوین برای رفع این مشکل بوجود آمده است. عمده‌ترین ادوات مورد استفاده جهت کاهش کمبود ولتاژ درسطح توزیع، جبرانگرهای *DVR* و *D-Statcom* است.

استفاده از جبرانگر *DVR* می‌تواند درصد رضایت بخشی کیفیت توان در سیستم قدرت را افزایش دهد لیکن دارای معایبی مانند عدم جبرانسازی قطعی در سیستم قدرت، همچنین هرگونه اشکال در عملکرد این جبرانگرها موجب قطعی مصرف‌کننده (با توجه نحوه قرارگیری سری در سیستم)خواهد شد.

لیکن جبرانگر *D-Statcom* قادر است در صورت بروز قطعی کوتاه مدت در منبع تغذیه شبکه، انرژی ذخیره‌شده خود را در مدت قطعی تحویل دهند. این کاربرد جبرانگر در مدت قطعی، درست همانند عملکرد *UPS* است. برای عملکرد پیوسته بار، باید فوراً منبع را با کلید الکترونیکی قطع نموده و جبرانگر را همانند یک ژنراتور وارد عمل نمود. پس از برطرف شدن خطای منبع، جبرانگر مجدداً با سیستم سنکرون شده و کلید الکترونیکی بسته می‌شود.

پس باتوجه به این مزایای عنوان شده درخصوص استفاده از جبرانگر *D-Statcom* نسبت به جبرانسازی سری، جهت جبرانسازی پدیده کمبود ولتاژ از جبرانگر موازی استفاده شود.

## مراجع


[1] J. A. Martinez, J. Martin-Arnedo, limitation., "Voltage sag studies in distribution networks—part II: voltage sag assessment," IEEE Trans. Pow. Del., Vol. 21, No. 3, p.p. 1679–1688, Jul. 2006.

[2] J. Schlabbach, D. Blume, T. Stephanblome, "Voltage quality in electrical power system", IEEE/Inst. Elect. Eng. Press, p.p. 103–127, 2001.

[3] J. Wan, Y. Li,X. Gao, Y. Zhou, "Study of the detection and analysis methods of power quality", IEEE/ICECE, p.p. 2063-2066, 2010.

[4] P. Hongbin, L. An and etc, "Development of a shunt type of high power quality regulating device", power system technology, Vol.33,p.p. 11-16. January, 2009.

[5] Roger C Dugan, Mark F. McGranaghan, H Wayne Beaty, "Electrical power systems quality", McGraw Hill Companies, Inc, 1996.

[6] A. Sannino, J. Svensson, T. Larsson, "Review power-electronic solutions to power-quality problems", Electric Power Systems Research, Vol. 66, p.p. 71 – 82, July 2003.

[7] S.R. Naidu,, G.V. de Andrade, E.G. da Costa, "Voltage sag performance of a distribution system and its improvement", IEEE Trans. On Industry Applications, Vol. 48, No. 1, pp. 218-224, Februy 2012

[8] B.E. Kushare, A.A. Ghatol, S. Kala, "Development of web based power quality monitoring system for handling user custom power quality query and auto power quality monitoring report notification via email", IEEE/ICTES, pp. 1-7, 2007.

[9] IEEE Std. 1159-1995. Ieee recommended practice for monitoring electric power quality. Technical report, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, 1995.

[10] A. Sannino, M. G. Miller, M. H.J. Bollen, "Overview of voltage sag mitigation".IEEE/Power Engineering Society Winter Meeting, Vol. 4, p.p. 2872 – 2878, Jan. 2000.

[11] J. A. Martinez and J. Martin-Arnedo, limitation., "Voltage sag studies in distribution networks—Part I: System Modeling", IEEE Trans. Power Del., Vol. 21, No. 3, pp. 338–345, Jul. 2006.

[12] C. Radhakrishna, M. Eshwardas, and G. Chebiyam, "Impact of voltage sag in practical power system Network", IEEE/PES. Vol. 1, pp.567-572, Oct. 2001.

[13] M.H.J. Bollen, "Understanding power quality problems - voltage sags and interruptions", IEEE Press, New York, 2000

[14]X. Wang, J. Yong,, W. Xu,, W.Freitas, "Practical power quality charts for motor starting assessment", IEEE Trans. On Pow.Del, Vol. 26, No. 2, April 2011.

[15] A. F. Huweg S. N. Basi ,N. Mariun, "A STATCOM simulation model to improve voltage sag due to starting of high power induction motor",


[ DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.4.0 ]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012
[ Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12 ]

National Power & Energy Conference, 2004 Proceedings, p.p. 148-152 , Malaysia, 2004.
[16] J.C. Gomez, M.M. Morcos, C. Reineri, and G. Campetelli, "Induction motor behavior under short interruptionsand voltage Sags", IEEE Po. Eng. Re, p.p. 11-15, 2001.
[17] M. h. J Bollen, and M. Hager, C. Roxenius, "Effect of induction motor and other loads on voltage dips: theory and measurements,".2003 Bologna PowerTeach conference, june. 2003.
[18] M. Nagpal, T. G. Martinich, A. Moshref, K. Morison, P. Kundur, "Assessing and limiting impact of transformer inrush current on power quality", IEEE Trans. Pow. Del., Vol. 21, No. 2, p.p. 890-896, Apr. 2006.
[19] J. H. Brunke, K. J. Fröhlich, "Influence of phase-angle jamp on inrush current of tansformers" IEEE Melecon, Vol. 25, No. 1, p.p. 244–260, May. 2006.
[20] A. Sannino, "Power quality and electromagnetic compatibility courses compendium", Chalmers University of Technology, Dept. of Electric Power Engineering, Spring 2004.
[21] G.A. Taylor, "Power quality hardware solutions for distribution systems: custom power", IEE Nonh Eastern Centre Power Seclion Symposium,p.p. 11/1-11/9. Durham, UK, 1995.
[22] J.C. Gomez, G.N. Campetelli, "Voltage sag mitigation by current limiting fuses", IEEE/IAC, Vol. 5, p.p. 3202-3207, 2000.
[23] C. Sharmeela, G. Uma, M. R Mohan, K. Karthikeyan, "Multi-level distribution Statcom for reducing the effect of voltage sag and swell,", Internatinal Conference on Power system Technology, singapore, Vol. 1, p.p. 306-310, Nov. 2004.
[24] A.K. Sahoo, T. Thyagarajan, "Modeling of facts and custom power device in distribution network to improve power quality", IEEE/ICPWS, p.p. 1-7, 2009.
[25] N. G. Hingorani, "Introducing custom power," IEEE/Spectr., vol. 31, No.6, p.p. 41–48, Jun. 1995.
[26] S.V. Ravi Kumar , S. Siva Nagaraju, "Simulation of DSTATCOM and DVR in power systems", ARPNJ. of Eng. Ap.plied Sciences, Vol. 2, No. 3, p.p. 7-13, June 2007.
[27] Jowder, F.A.L, "Design and analysis of dynamic voltage restorer for deep voltage sag and harmonic compensation", IET Gener. Trans. 2009, Vol.3, No.6, p.p. 547–560, 2009.
[28] C. Benachaiba, and B. Ferdi, "Voltage quality improvement using DVR", Electrical Power Quality and Utilisation, Journal Vol. XIV, No. 1, 2008.
[29] J. Praveen, B.P. Muni, S. Venkateshwarlu, H.V. Makthal, "Review of dynamic voltage restorer for p.power quality im rovement", IEEE/IECON, Vol.1, p.p. 749-754, Korea, 2-6 November 2004.
[30] A. Moreno-Munoz, D. Oterino, M. Gonzalez, F.A.Olivencia, J.J. Gonzalez-dela-la-Rosa, "Study of sag compensation with DVR", IEEE/MELECON.2006, p.p. 990-993, Spain, 16-19 May 2006.
[31] Brice J. Quirl, Brian K. Johnson, Herb L. Hess, "Mitigation of voltage sag with phase jump using a dynamic voltage restorer," Power Symposium 2006, NAPS 2006, 38th North American, p.p. 647-654, September 2006.
[32] S. Naetiladdanon, "Design considerations of DSTATCOM for voltage sag compensation without interaction",IEEE/ECTICON, Vol. 2, p.p. 989-992, 2008.
[33] S. Naetiladdanon," Voltage sag compensation performance by DSTATCOM with series inductor and energy storage",IEEE/PEDS, p.p. 550-554, 2007.
[34] S.H. Hosseini, A .Nazarloo, E. Babaei, "Application of D-STATCOM to improve distribution system performance with balanced and unbalanced fault conditions", IEEE/EPEC, p.p. 1-6, 2010.
[35] H. Nasiraghdam, A. Jalilian, "Balanced and unbalanced voltage sag mitigation using DSTATCOM with linear and nonlinear loads", IEEE/PWASET, Vol. 22, p.p. 20-25, July 2007.
[36] K.Murugesan, R. Muthu, "Modeling and simulation of D-STATCOM for voltage regulations", IEEE/ ICEES, p.p. 1-5,2011.
[37] N. Khelef, A. Mohamed, H. Shareef," Practical mitigation of voltage sag in distribution networks by combining network reconfiguration and DSTATCOM", IEEE/PEC, Malaysia, Nov 29 - Dec 1, 2010.

## رزومه



غضنفر شاهقلیان (متولد آذر ماه سال ۱۳۴۷ شهر اصفهان) دارای دکتری تخصصی در رشتهٔ مهندسی برق - قدرت از دانشگاه علوم و تحقیقات در سال ۱۳۸۵ می‌باشد. وی دورهٔ کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را نیز در رشتهٔ مهندسی برق – قدرت در سال ۱۳۷۰ و ۱۳۷۳ به ترتیب در دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه تبریز به پایان رسانده است. زمینه تخصصی الکترونیک قدرت، دینامیک سیستم، ماشینهای الکتریکی، کنترل و شبیه سازی سیستمها می‌باشد. از ایشان تاکنون بیش از صد مقاله علمی در کنفرانسهای ملی و بین المللی و مجلات معتبر چاپ شده است. چاپ هشت کتاب در زمینه‌های مدارهای الکتریکی، ماشینهای الکتریکی و بررسی سیستمهای قدرت و ارائه چند طرح تحقیقاتی از دیگر فعالیتهای علمی ایشان می‌باشد.

[ Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.4.0 ]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012



زهـرا عظیمـی متولـد سـال ۱۳۶۵ شـهر اصـفهان اسـت. وی دورهٔ کارشناسـی و کارشناسی ارشـد خـود را در دانشـگاه آزاد اسلامی واحـد نجـف آبـاد گذرانـده اسـت. زمینـه تحقیقـاتی ایشـان اداوات FACTS، الکترونیک قدرت، دینامیک سیسـتم هـای قدرت می‌باشد.

[ DOR: 20.1001.1.23222468.1391.1.3.4.0 ]
Journal of Novel Researches on Electrical Power - Vol. 1-No. 3- winter 2012
[ Downloaded from jeps.dezful.iau.ir on 2026-11-12 ]