

حفاظت ضد جزیره‌ای و گذر از ولتاژ کم

شبکه‌های هوشمند انرژی الکتریکی

ایمان صادق‌خانی

دانشکده مهندسی برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

تشخیص حالت جزیره‌ای

- حالت جزیره‌ای زمانی اتفاق می‌افتد که بخشی از سیستم توزیع از سیستم اصلی بالادست جدا شده و تأمین انرژی بخش جدا شده توسط DG ادامه پیدا کند.
- تشخیص حالت جزیره‌ای چالش مهمی است که با اتصال DG به سیستم‌های توزیع باید مورد توجه قرار گیرد. از پیامدهای کارکردن سیستم در حالت جزیره‌ای می‌توان به امکان تغییر وسیع و خارج از محدوده مجاز ولتاژ و فرکانس سیستم به دلیل عدم کنترل ولتاژ و فرکانس توسط DG، امکان آسیب دیدن افراد در زمان تعمیرات به علت برق‌دار بودن خطوط و آسیب‌های ناشی از عملیات وصل مجدد بدون برقراری شرایط همگام‌سازی بین سیستم جزیره‌ای و سیستم اصلی اشاره نمود.

تشخیص حالت جزیره‌ای

- با توجه به استاندارد IEEE Std. 1547، منابع پراکنده باید در کمتر از ۲ ثانیه پس از وقوع حالت جزیره‌ای از سیستم جدا شود. در واقع هر واحد DG متصل به سیستم توزیع باید به یک سیستم حفاظت ضد جزیره‌ای مجهز باشد تا بتواند DG را در زمان مناسبی پس از وقوع حالت جزیره‌ای از سیستم جدا نماید.
- علاوه بر این طرح تشخیص حالت جزیره‌ای باید توانایی تفکیک حالت جزیره‌ای از اختلالات غیر جزیره‌ای (مانند وقوع خطای اتصال کوتاه در سیستم) را داشته باشد.

تشخیص حالت جزیره‌ای

روش‌های تشخیص حالت جزیره‌ای:

- روش‌های محلی
- روش‌های مبتنی بر ارتباطات مخابراتی

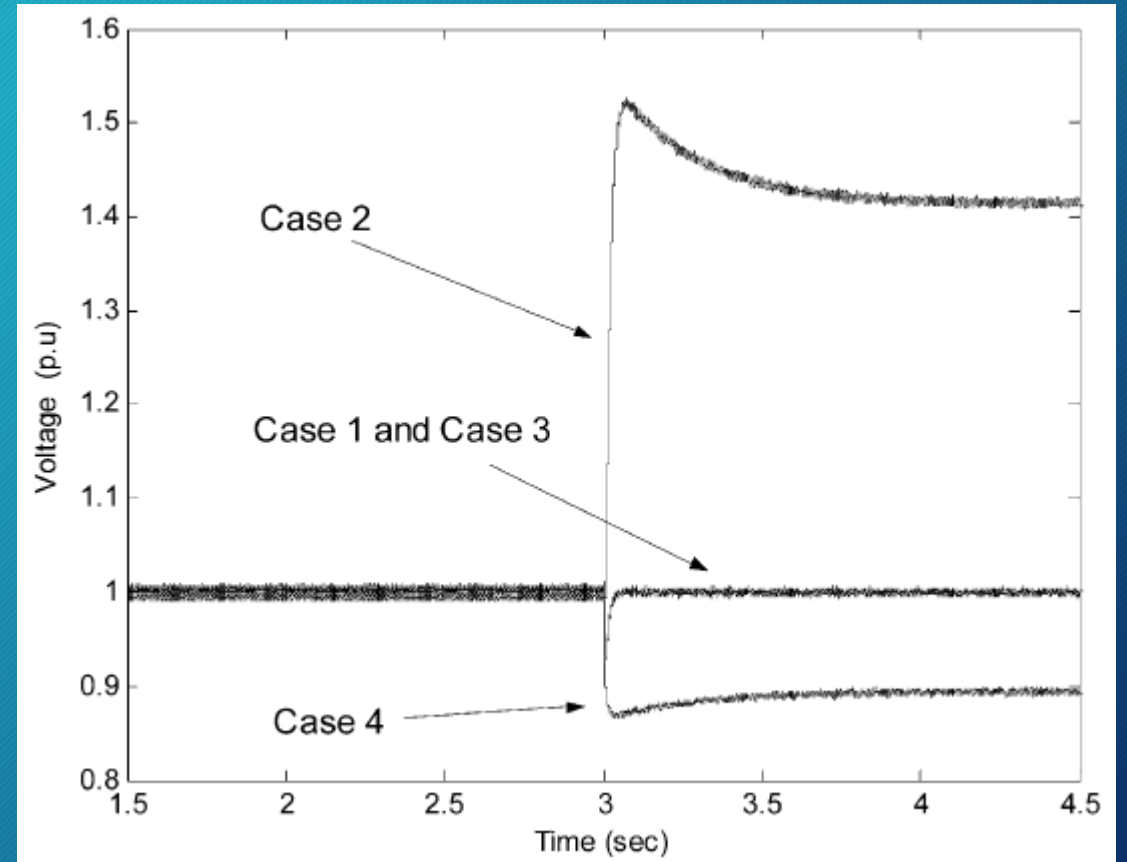
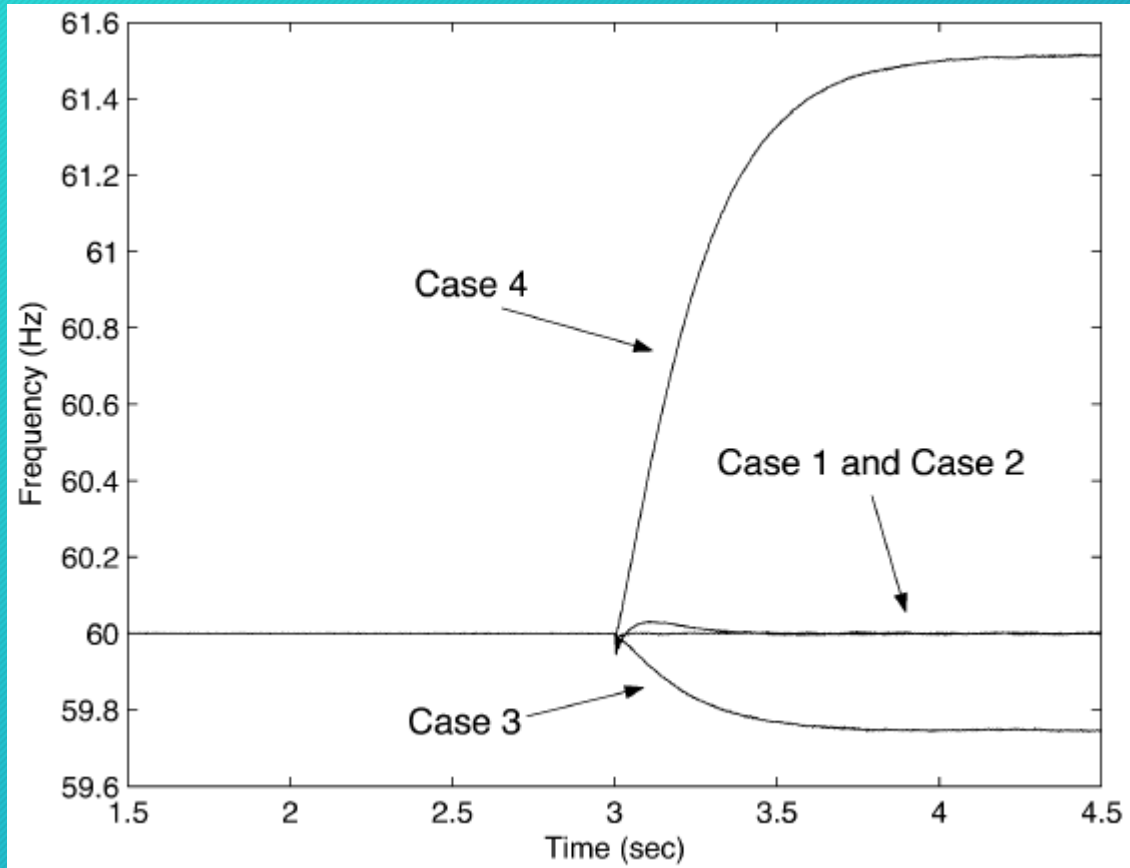
روش‌های محلی:

- روش‌های پسیو
- روش‌های اکتیو
- روش‌های ترکیبی

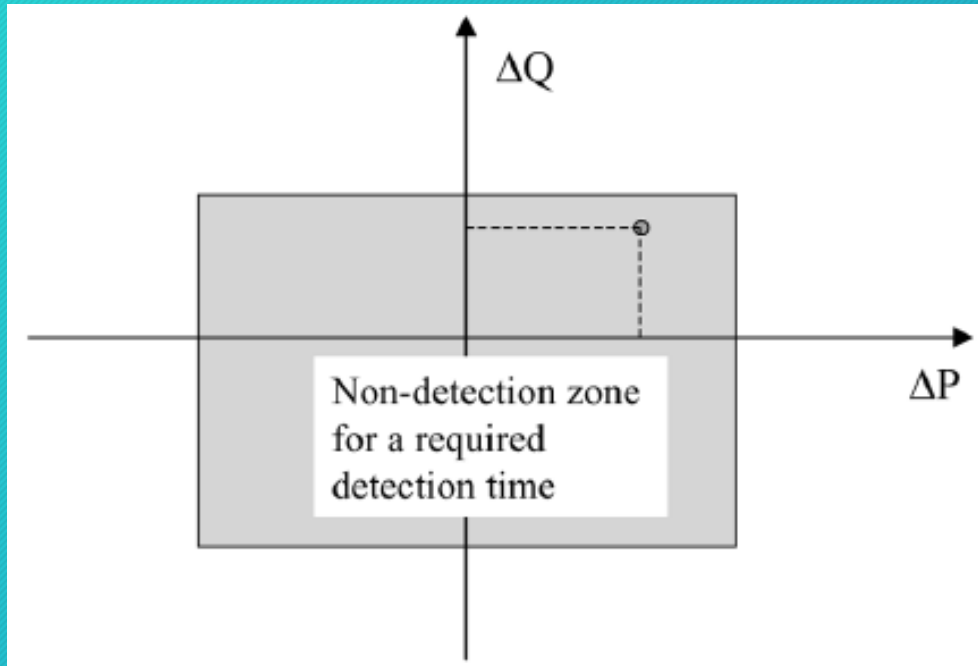
روش‌های تشخیص حالت جزیره‌ای پسیو

- روش‌های پسیو بر مبنای انتخاب یک شاخص و مقایسه آن با مقدار آستانه عمل می‌کنند. متداولترین نوع رله‌های مورد استفاده در این دسته رله‌های فرکانس و ولتاژ هستند. مبنای عملکرد این رله‌ها این است که در حالت عملکرد متصل به شبکه، بارها توسط منابع پراکنده و شبکه تغذیه می‌شوند؛ اما هنگامی که حالت جزیره‌ای رخ می‌دهد، به احتمال زیاد توان حقیقی و راکتیو تولیدی منبع با توان مصرفی بارها برابر نیست و در نتیجه فرکانس و ولتاژ از مقادیر نامی خود منحرف می‌شوند. در نتیجه با استفاده از مقادیر ولتاژ و فرکانس و یا نرخ تغییرات آنها می‌توان وقوع شرایط جزیره‌ای را تشخیص داد.

روش‌های تشخیص حالت جزیره‌ای پسیو



روش‌های تشخیص حالت جزیره‌ای پسیو



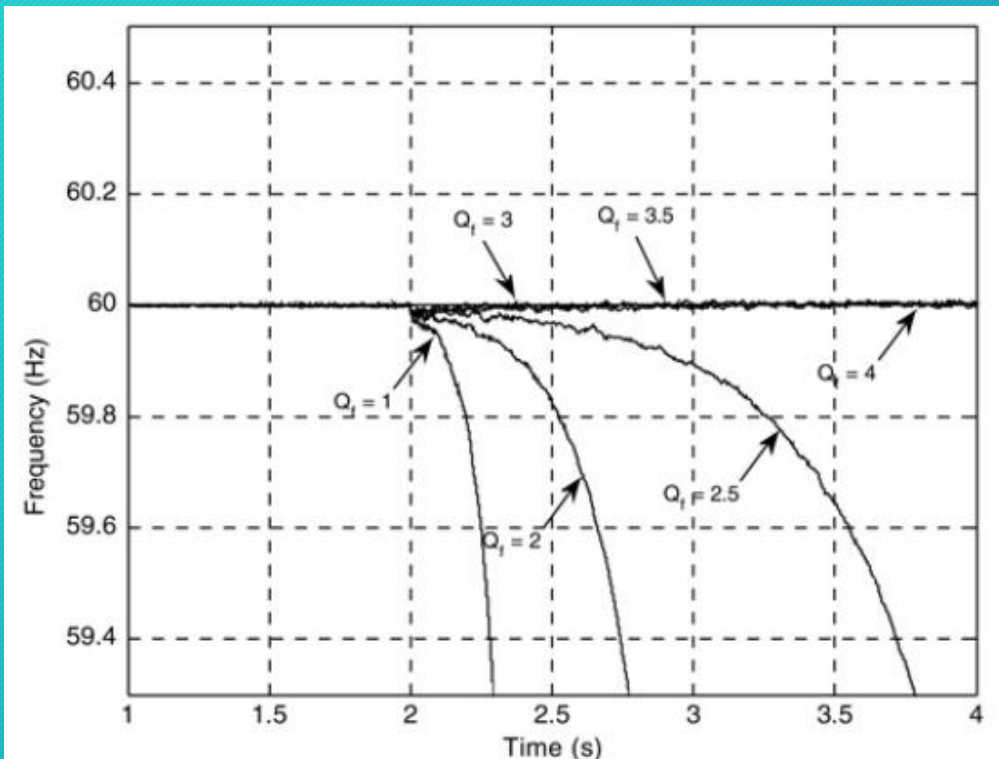
اگر توان حقیقی و توان راکتیو تولیدی منبع با توان مصرفی بار تفاوت زیادی نداشته باشد، روش‌های پسیو با مشکل مواجه می‌شوند. این مشکل را با ناحیه غیرقابل آشکارسازی (NDZ) نشان می‌دهند.

روش‌های تشخیص حالت جزیره‌ای پسیو

- روش‌های پسیو ارزان و از نظر پیاده‌سازی در سیستم ساده می‌باشند ولی به ازای عدم تعادل توان کم بین تولید DG و مصرف بارها، قادر به تشخیص حالت جزیره‌ای در زمان مناسب نیستند؛ به عبارتی این روش‌ها شامل ناحیه NDZ به نسبت بزرگی هستند.

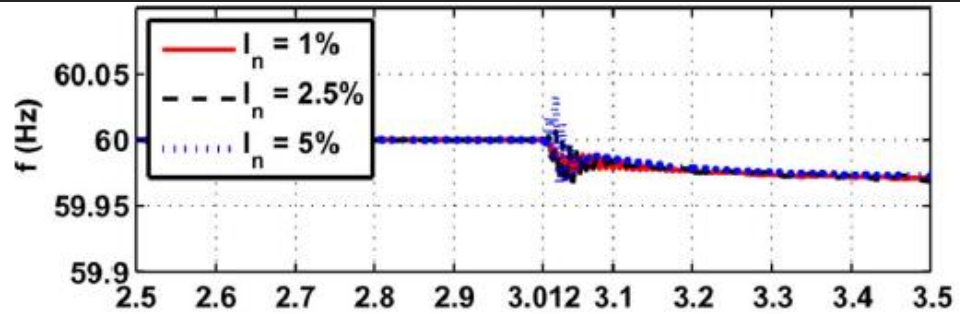
روش‌های تشخیص حالت جزیره‌ای اکتیو

روش‌های اکتیو دو دسته هستند:

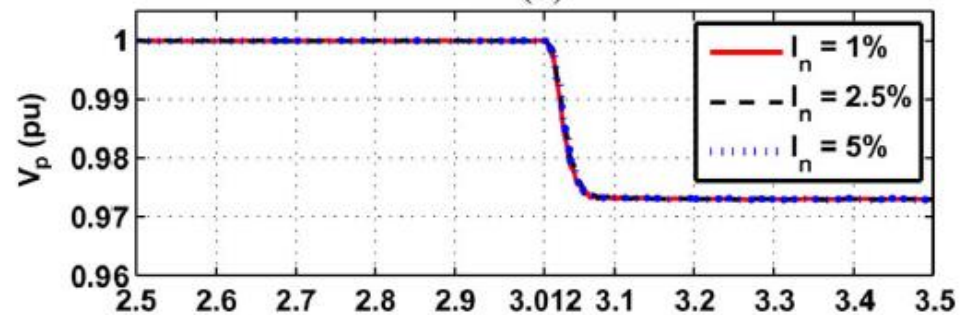


- یک دسته با استفاده از فیدبک مثبت، منجر به انحراف فرکانس و ولتاژ و در واقع ناپایدار شدن سیستم می‌شوند.

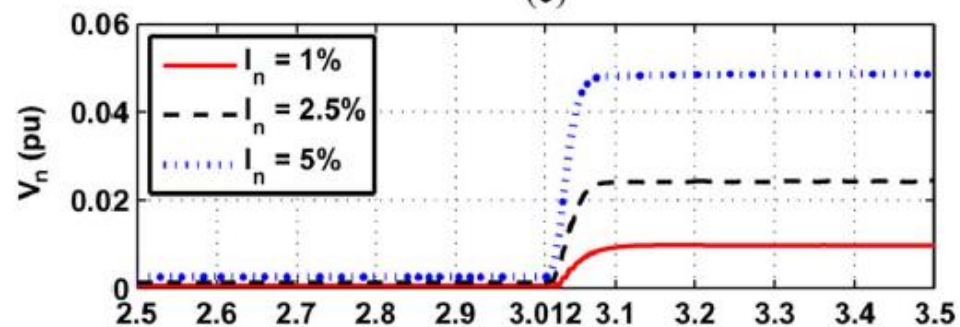
روش‌های تشخیص حالت جزیره‌ای اکتیو



(b)



(c)



Time (s)

- دسته دیگر بر مبنای تزریق یک سیگنال (مثلاً جریان توالی منفی) و مشاهده سیگنالی دیگر (مثلاً ولتاژ توالی منفی) کار می‌کند.

روش‌های تشخیص حالت جزیره‌ای اکتیو و ارتباطی

- روش‌های اکتیو NDZ کوچکی دارند ولی کیفیت توان سیستم را کاهش می‌دهند.
- روش‌های ارتباطی مبتنی بر یک زیرساخت مخابراتی هستند و با ارسال و دریافت سیگنال بین ادوات حفاظتی، شرایط جزیره‌ای را آشکار می‌کنند. این روش‌ها NDZ ندارند ولی هزینه اجرای آنها به دلیل پیچیدگی در ساختار بالا می‌باشد که این به عنوان یک مانع مهم در اجرای این روش‌ها مطرح است.

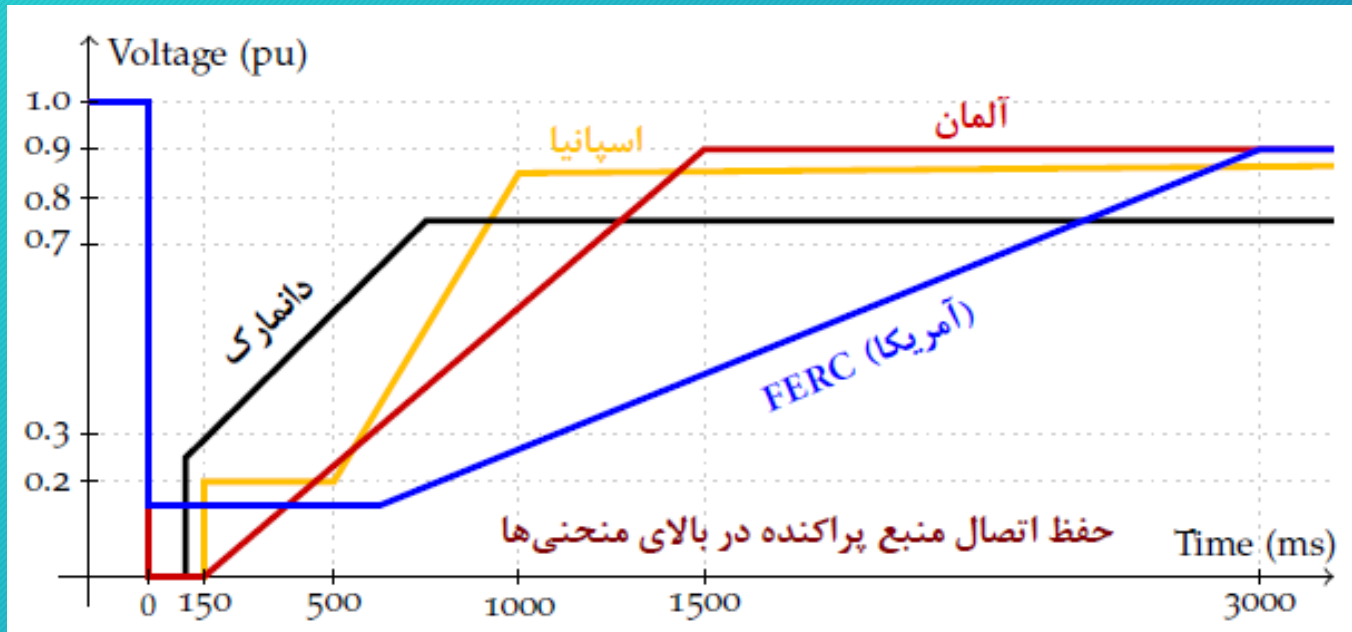
گذر از شرایط ولتاژ کم

همانگونه که پیش از این اشاره شد، اقدام معمول در مقابل اغتشاشات شبکه، قطع منابع پراکنده و ریز شبکه‌هاست. اما با توجه به افزایش ظرفیت و ضریب نفوذ این منابع، قطع ناگهانی آنها بر پایداری و قابلیت اطمینان کل سیستم اثر می‌گذارد:

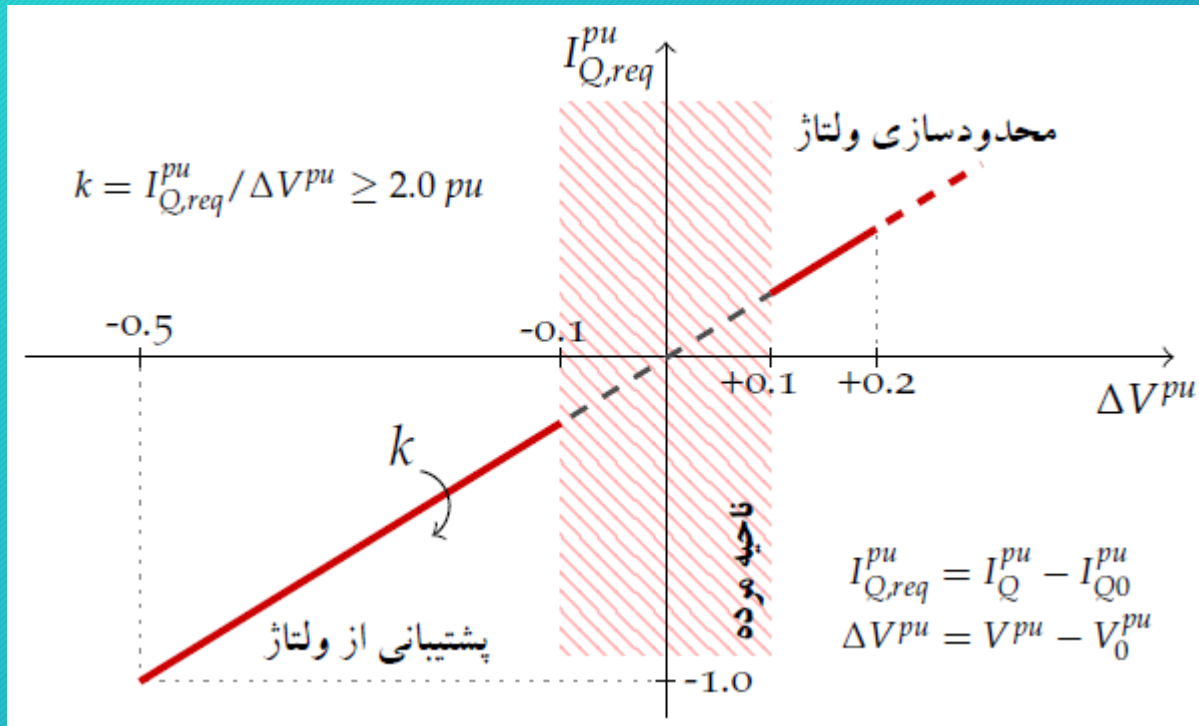
- مشکل اول: اقتصادی نبودن این روش به دلیل عدم استفاده از ظرفیت کامل منابع تولیدی
- مشکل دوم: احتمال آسیب رسیدن به تجهیزات الکتریکی به دلیل تغییرات غیرعادی ولتاژ
- مشکل سوم: لزوم فرآیند وصل مجدد به شبکه اصلی (سنکرون سازی)

نیازمندی‌های گذر از شرایط ولتاژ کم

در برخی کشورها که نیروگاه‌های بادی بزرگ دارند، گرید کدهایی تدوین شده است که بر مبنای آنها، واحدهای بادی باید قادر به گذر از کمبود ولتاژ شبکه (LVRT) در مدت زمان معین باشند.



نیازمندی‌های گذر از شرایط ولتاژ کم



از طرفی بر اساس برخی
 گریدکدها، منابع پراکنده باید
 در حین کمبود ولتاژ شبکه،
 پشتیبانی توان راکتیو را نیز
 فراهم کنند تا از بروز مشکلات
 بالقوه از جمله کاهش پایداری
 شبکه جلوگیری شود.

دسته‌بندی روش‌های گذر از شرایط ولتاژ کم



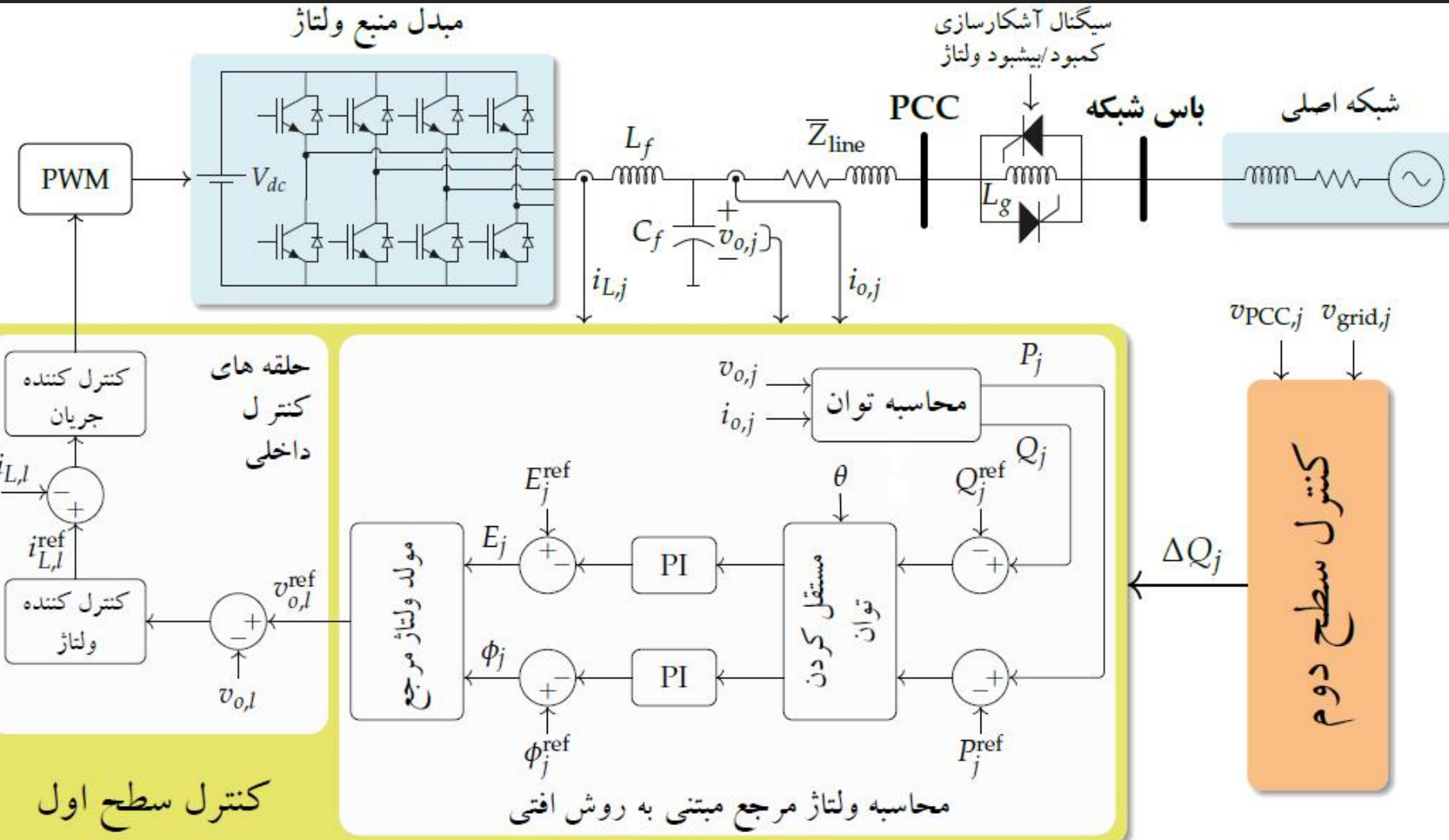
گذر از شرایط ولتاژ کم

- عیب روش‌های مبتنی بر ادوات اضافی نیاز به تجهیزات است که این امر هزینه را افزایش و قابلیت اطمینان را کاهش می‌دهد.
- روش‌های مبتنی بر اصلاح سیستم کنترل در مود کنترل توان (جریان) بر این اساس عمل می‌کنند که جریان‌های مرجع مبدل را با توجه به نیازمندی‌های گذر از خطا و دیگر نیازمندی‌ها تعیین می‌کنند. عیب این دسته این است که سطح ولتاژ بهبود نمی‌یابد.

گذر از شرایط ولتاژ کم

- روش‌های مبتنی بر اصلاح سیستم کنترل در مود ولتاژ با هدف برقراری نیازمندی‌های گذر از خطا و بهبود ولتاژ ریز شبکه طراحی می‌شوند. در واقع در این روش، تنظیم و متعادل کردن ولتاژ در سراسر ریز شبکه برای تغذیه مداوم بارهای حساس محلی به دو نیازمندی گذر از ولتاژ کم اضافه می‌شود.

گذر از شرایط ولتاژ کم

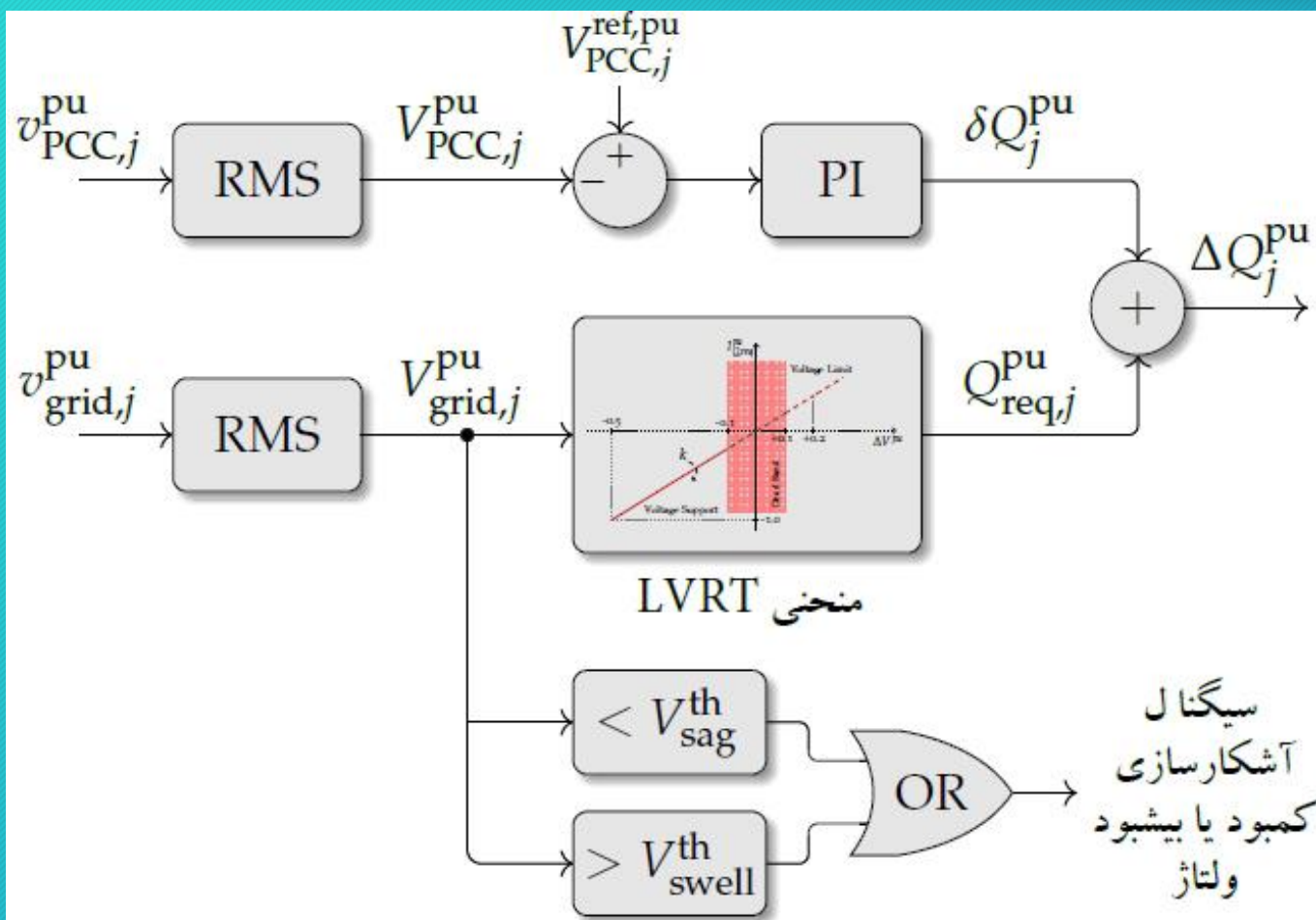


ایده طرح:
کنترل مستقل هر فاز

ابزار:
استفاده از سطح کنترل
دوم ریز شبکه

افزایش ظرفیت جبران
با استفاده از یک سلف
در حین کمبود ولتاژ

گذر از شرایط ولتاژ کم



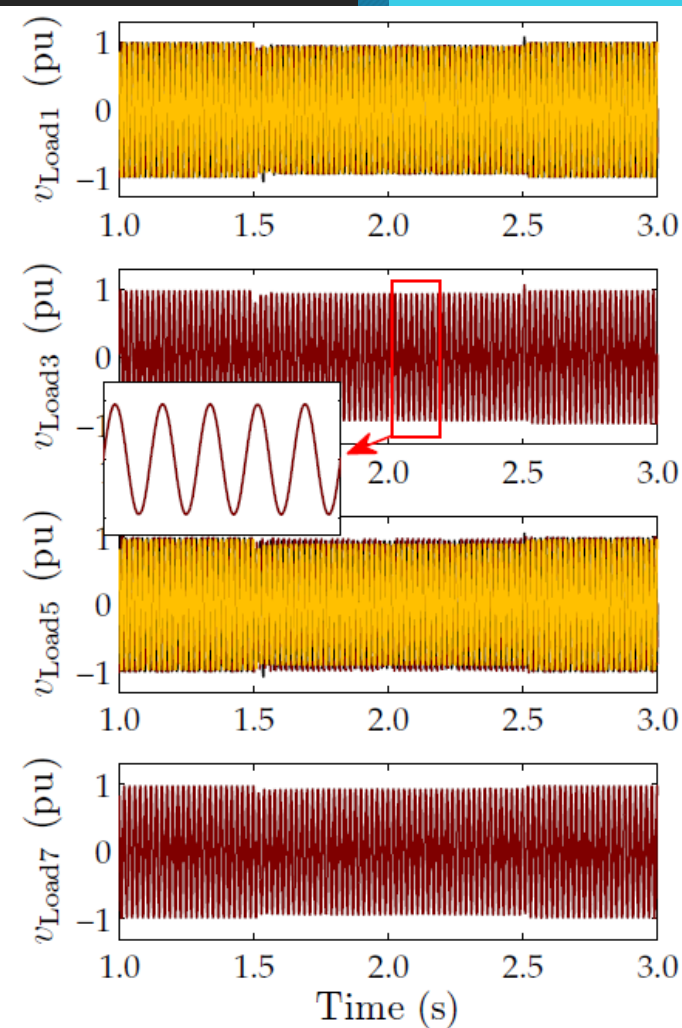
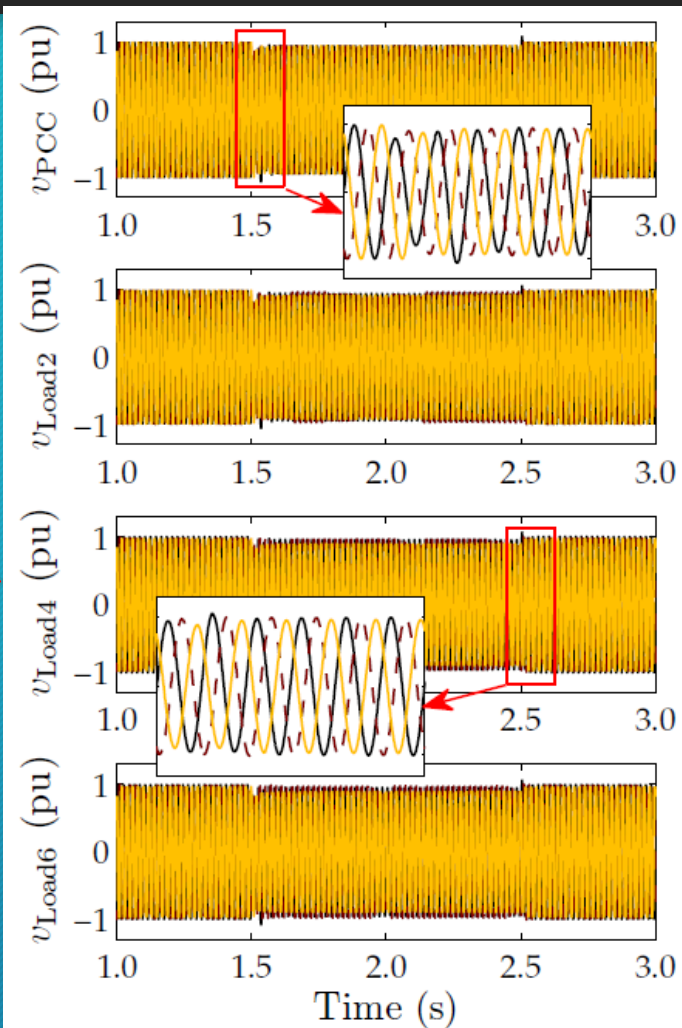
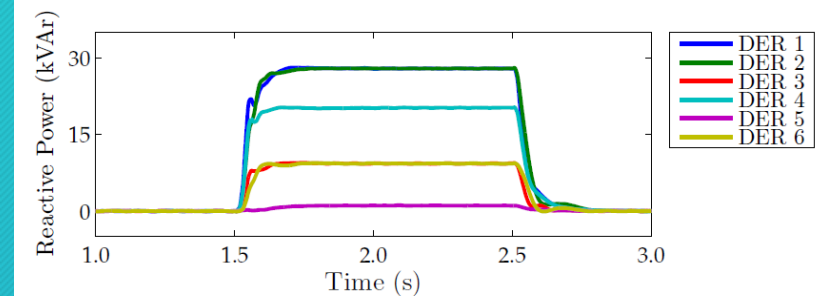
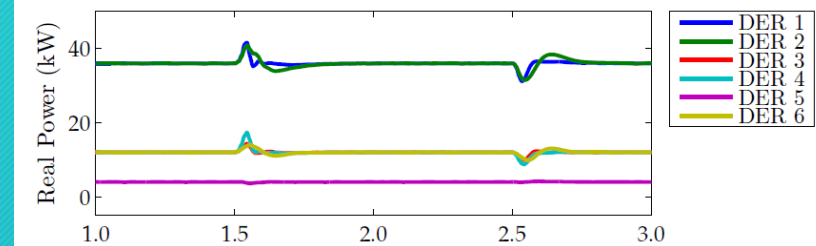
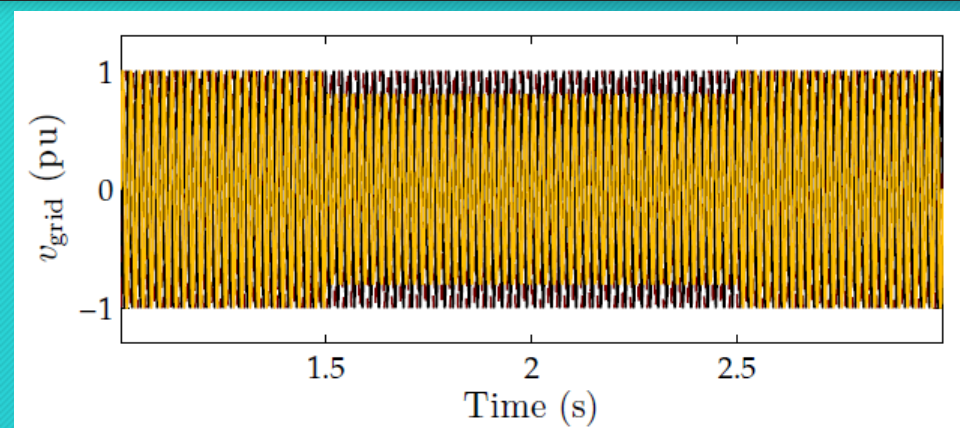
$$Q_{\text{req},j}^{\text{pu}} = \begin{cases} 0, & 0.9 < V_{\text{grid},j}^{\text{pu}} < 1.1 \\ 1, & V_{\text{grid},j}^{\text{pu}} < 0.5 \\ k \left(V_{0,\text{grid},j}^{\text{pu}} - V_{\text{grid},j}^{\text{pu}} \right), & \text{در غیر اینصورت،} \end{cases}$$

$$\delta Q_j^{\text{pu}} = k_p E \left(V_{\text{PCC},j}^{\text{pu,ref}} - V_{\text{PCC},j}^{\text{pu}} \right) + k_i E \int \left(V_{\text{PCC},j}^{\text{pu,ref}} - V_{\text{PCC},j}^{\text{pu}} \right) dt,$$

$$\Delta Q_j^{\text{pu}} = Q_{\text{req},j}^{\text{pu}} + \delta Q_j^{\text{pu}}.$$

$$Q_j^{\text{ref}} = Q_0^{\text{ref}} + \Delta Q_j,$$

عملکرد روش در حین کمبود ولتاژ تکفاز ۸۰ درصد



مراجع

بابک احمدزاده شوشتری، محمد اسماعیل همدانی گلشن، ایمان صادق‌خانی، تنظیم حفاظت ضدجزیره ای تولیدات پراکنده سنکرون برای شبکه اصفهان، بیست و نهمین کنفرانس بین‌المللی برق، پژوهشکده نیرو، تهران، آبان ۱۳۹۳.

H. H. Zeineldin, E. F. El-Saadany and M. M. A. Salama, "Impact of DG interface control on islanding detection and nondetection zones," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 21, no. 3, pp. 1515-1523, July 2006.

J. C. M. Vieira, W. Freitas, W. Xu and A. Morelato, "An Investigation on the Nondetection Zones of Synchronous Distributed Generation Anti-Islanding Protection," *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 23, no. 2, pp. 593-600, April 2008.

I. Sadeghkhani, M. E. Hamedani Golshan, A. Mehrizi-Sani and J. M. Guerrero, "Low-voltage ride-through of a droop-based three-phase four-wire grid-connected microgrid," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 12, no. 8, pp. 1906-1914, 4 30 2018.