



بهبود میرایی نوسانات بین ناحیه ای در سیستم چند ماشینه با کنترلر UPFCPOD

بهادر فانی
استادیار - دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد
Bahador_fani@yahoo.com

غضنفر شاهقلیان
استادیار - دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد
sah_gholianj@iaun.ac.ir

امین بشارتیان
دانشجوی کارشناسی ارشد - دانشگاه آزاد اسلامی نجف آباد
Amin_besharatiyan@yahoo.com

چکیده

پایداری و میرایی نوسانات در سیستم های قدرت هنگام خطا و اغتشاشات گذرا، که ناشی از گشتاور میرا کننده جهت غلبه بر اغتشاشات موجود ایجاد می شود، عوامل مهمی هستند که توجه زیادی از طراحان سیستم قدرت را به خود معطوف کرده اند. روش سنتی بکارگیری پایدارساز سیستم قدرت (PSS) در سیستم های کنترل تحریک ژنراتور جهت حذف این نوسانات است. PSS ها معمولا برای میرایی مدهای های محلی طراحی شده اند و در سیستم های بزرگ نمی توانند به اندازه کافی نوسانات مدهای بین ناحیه ای را میرا کنند. از این رو، به منظور بهبود میرایی در این مدها، به مطالعه ادوات FACTS با کنترل کننده میرایی نوسانات توان (POD) پرداخته ایم. در این مقاله سعی شده با استفاده از کنترلر UPFC POD بهبود میرایی نوسانات توان و پایداری در یک سیستم دونا حیه ای با ۴ ژنراتور و ۱۱ باس در محیط تحلیل سیستم های قدرت (PSAT) که به صورت جعبه ابزاری در محیط متلب می باشد را مورد بررسی قرار دهیم. نتایج شبیه سازی اثر چشمگیر به کارگیری کنترلر UPFCPOD در بهبود میرایی نوسانات بین ناحیه ای در سیستم چند ماشینه را نشان می دهد.

واژه‌های کلیدی: میرایی نوسانات، سیستم چند ماشینه، نوسانات بین ناحیه ای، پایداری، کنترلر UPFCPOD



۱- مقدمه

پایداری سیستم های قدرت یکی از جنبه های مهم در عملکرد سیستم های الکتریکی بوده که بایستی سیستم کنترلی، اندازه فرکانس و ولتاژ را تحت تاثیر هر اغتشاشی از قبیل افزایش ناگهانی بار، خارج شدن یک ژنراتور از مدار یا قطع شدن یک خط انتقال در سطوح ثابتی حفظ کند [1]. توسعه سیستم های قدرت بزرگ و اتصال آنها به هم باعث ایجاد نوساناتی با فرکانس خیلی پایین در محدوده ۰/۲ تا ۳ هرتز می شود [2]. اگر این نوسانات به مدت طولانی در شبکه وجود داشته باشد و میرایی کافی ایجاد نشود دامنه این نوسانات افزایش یافته و باعث جدا سازی و ناپایداری سیستم می شود. به همین دلیل استفاده از ادوات کنترلی و پایدار ساز در سیستم قدرت می تواند تا حد زیادی باعث میراشدن نوسانات شود [3]. تاکنون مقالات بسیاری با استفاده از پایدارساز های سیستم قدرت (PSS) و ادوات FACTS بر منظور میرایی نوسانات ارائه شده است. در [4]، مدلسازی ادوات مختلف FACTS جهت مطالعات شبیه سازی به منظور کنترل و پایداری سیستم های قدرت معرفی شده است. در این مقاله، رفتار دینامیک ادوات الکترونیک قدرت از جمله SSSC, STATCOM, UPFC بر اساس مدل های تجربی تشریح شده است. همچنین در [5] کاربرد UPFC به منظور میرا سازی نوسانات قدرت با استفاده از یک روش ویژه مورد بررسی قرار داده شده است. و نیز در [6] در مورد کاربرد UPFC به منظور میرا سازی نوسانات بحث شده است. در [7] نشان داده شده است که طراحی یک PSS به خوبی یک کنترل کننده UPFC، با استفاده از مدل سیستم چند ماشینه ی غیر خطی توسط روش مستقیم لیاپانوف امکان پذیر است. در این مقاله با استفاده از میرا کننده نوسانات توان (POD) همراه با کنترل کننده یکپارچه توان (UPFC) که یکی از ادوات FACTS موثر می باشد بهبود بیشتری در میرایی نوسانات بین ناحیه ای

و همچنین پایداری سیستم را با توجه به نتایج بدست آمده از شبیه سازی مشاهده می شود. در این مقاله ابتدا به تعریف پایداری، نوسانات محلی و بین ناحیه ای پرداخته می شود. سپس در بخش بعدی کنترل UPFCPOD به عنوان یکی از ادوات کنترلی معرفی و شرح داده شده و در نهایت با شبیه سازی یک سیستم دوناحیه ای چند ماشینه در محیط PSAT و ایجاد خطا در یکی از باسها، باعث ایجاد اغتشاش می شود که می توان با استفاده از کنترلر UPFC FOD بهبود میرایی نوسانات را مشاهده کرد.

۲- نوسانات الکترو مکانیکی

نوسانات الکترو مکانیکی را می توان بطور گسترده به دو گروه اصلی طبقه بندی کرد:

۲-۱- نوسانات محلی

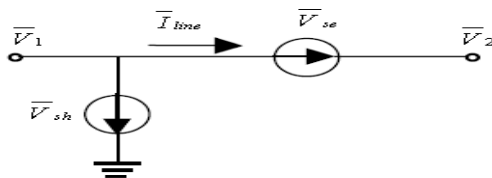
نوسانات محلی زمانی که یکی از نوسانات خاص نیروگاه در برابر بقیه سیستم و یا چندین ژنراتور رخ دهد مشاهده می شوند که به طور معمول در فرکانسهای ۱ هرتز تا ۲ هرتز رخ می دهند.

۲-۲- نوسانات بین ناحیه ای

نوسانات بین ناحیه ای زمانی مشاهده می شود که یک گروه از ژنراتورها در یک ناحیه نوساناتی در برابر گروه دیگری در سایر ناحیه ها داشته باشند که به طور معمول در فرکانس زیر ۱ هرتز مشاهده می گردند. مطالعه حالت های بین ناحیه ای کاملاً پیچیده و نیاز به اجرا دقیق کل سیستم به هم پیوسته دارد و همچنین حالت های بین ناحیه ای تحت تاثیر چندین بخش از مناطق بزرگتر در شبکه قدرت می باشند [8].

۳- پایداری

۱. حالت تزریق مستقیم ولتاژ: ورودی های مرجع به طور مستقیم اندازه گیری شده و راه به فاز ولتاژ سری نیز، مشخص می باشد؛
 ۲. حالت شبیه سازی جابجایی فاز: ورودی مرجع جابجایی بین ولتاژ ابتدا و انتها می باشد.
 ۳. حالت شبیه سازی امپدانس خط: ورودی مرجع مقدار امپدانس است که باید بطور سری با امپدانس خط اعمال گردد؛
 ۴. حالت کنترل خودکار پخش توان: ورودی مرجع حفظ مقادیر P و Q خط انتقال در بازه دلخواه هنگام تغییرات سیستم است.
- به طور کلی، برای میرایی نوسانات سیستم قدرت، UPFC باید در حالت تزریق مستقیم ولتاژ، بهره برداری شود. مدل ریاضی UPFC برای شبیه سازی دینامیکی در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۲): مدل دینامیکی UPFC

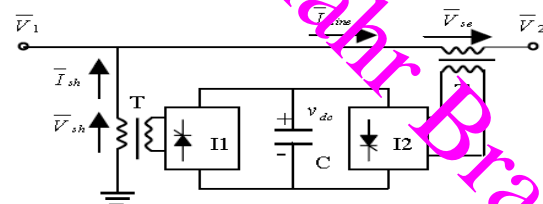
۵- کنترلر UPFC POD

مکمل عمل کنترل ادوات FACTS جهت افزایش میرایی، میراکننده نوسانات سیستم قدرت (POD) نامیده می شود. از آنجا که کنترل کننده FACTS در سیستم‌های انتقال واقع شده است، سیگنال های ورودی محلی همیشه ترجیح داده می شوند، معمولا پخش بار اکتیو و راکتیو از طریق ادوات FACTS و یا ولتاژ ترمینال FACTS صورت می گیرد. شکل (۳) سیستم حلقه بسته را نشان می‌دهد که در آن $G(s)$ نشان دهنده سیستم قدرت از جمله ادوات FACTS و $H(s)$ کنترلر UPFCPOD می باشد [3].

پایداری سیستم قدرت طبق تعریف عبارت است از توانایی سیستم قدرت در باقی ماندن در حالت تعادل در شرایط عملکرد عادی سیستم و بدست آوردن نقطه کار تعادل جدید پس از به وجود آمدن اغتشاش در سیستم. در حالت کلی در سیستم قدرت با چهار نوع پایداری استاتیکی، دینامیکی، گذرا و ولتاژ مواجه هستیم [9].

۴- مدل UPFC (تئوری UPFC)

اصولا، UPFC دارای دو مبدل منبع ولتاژ (VSI) است که از طریق یک خازن DC بهم متصل هستند. و از طریق دو ترانسفورماتور تزویج به سیستم متصل می شوند. یک VSI از طریق یک ترانسفورماتور موازی و دیگری از طریق یک ترانسفورماتور سری به سیستم متصل است. طرح کلی UPFC در شکل (۱) نشان داده شده است.

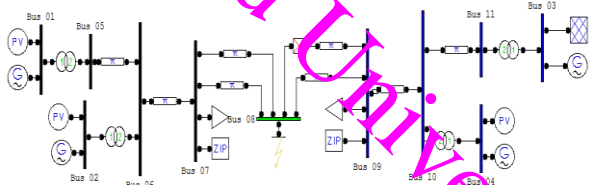


شکل (۱): طرح کلی UPFC

UPFC دارای چند حالت بهره برداری می باشد. دو حالت کنترلی برای کنترل موازی امکان پذیر است: [9,10].

- (۱) حالت کنترل VAR: ورودی مرجع تقاضا کننده سلفی خازنی VAR می باشد؛
- (۲) حالت کنترل خودکار ولتاژ: هدف، تثبیت ولتاژ نقطه اتصال خط انتقال در یک مقدار مرجع است. با کنترل ولتاژ سری، UPFC می تواند به چهار روش مختلف [9,10] بهره برداری شود:

ترانسفورماتور، می باشد. در این شبکه واحدهای
ژنراتوری به عنوان باسهای PV استاندارد و بارها هم به
صورت بارهای ثابت PQ در نظر گرفته شده اند.

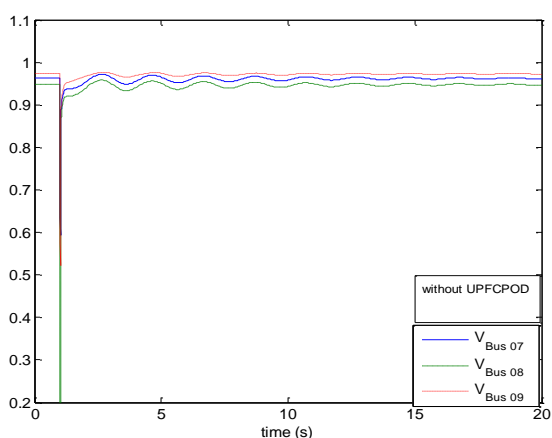


شکل (۵): سیستم دوناچه ای ۱۱ باسه استاندارد

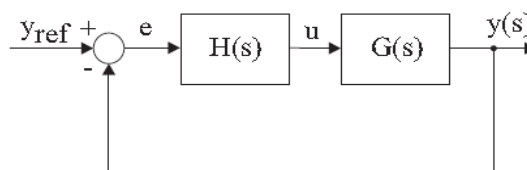
۷-۱- تایج شبیه سازی

۷-۱- بررسی نوسانات در سیستم بدون کنترلر UPFC

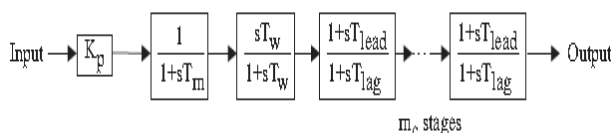
همانطور که در شکل (۵) مشخص است یک خطا در باس
۸ در نظر گرفته شده ،که بروز این خطا باعث
ایجاد اغتشاشات در شبکه می شود، و این اغتشاشات موجب
نوسانات محلی و نوسانات بین ناحیه ای می گردد، که این
نوسانات بر روی ولتاژ باسها ، توان اکتیو و راکتیو ژنراتورها
تاثیر می گذارد. در این بخش سیستم را بدون کنترلر
UPFCPOD در نظر گرفته شده است و ولتاژ باسهای
۷ و ۸ و ۹ را در شکل (۶) و نیز توان اکتیو ژنراتورها را در
شکل (۷) و توان راکتیور را در شکل (۸) مشاهده می شوند و
بروز نوسانات در این سیستم در شکلها مشخص است.



شکل (۶): ولتاژ باس ۷ و ۸ و ۹ بدون UPFCPOD



شکل (۳): سیستم حلقه بسته با کنترلر POD



شکل (۴): ساختار کنترلر POD

کنترلر POD متشکل از بلوک تقویت، wash-out، فیلتر
پایین گذر و مراحل mc بلوک های پیش-پس فارمی
باشند همانطور که در شکل (۴) (معمولاً mc = 2) نشان
داده شده است. تابع انتقال H(s)، کنترلر POD در زیر
داده شده است:

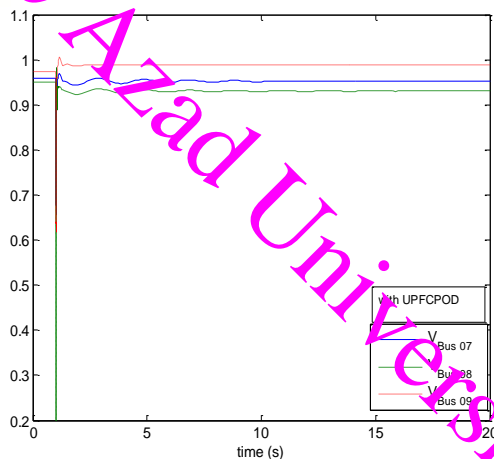
$$H(S) = K \left(\frac{1}{1+sT_m} \right) \left(\frac{sT_w}{1+sT_w} \right) \left(\frac{1+sT_{lead}}{1+sT_{lag}} \right)^{mc}$$

$$= KH_1(s)$$

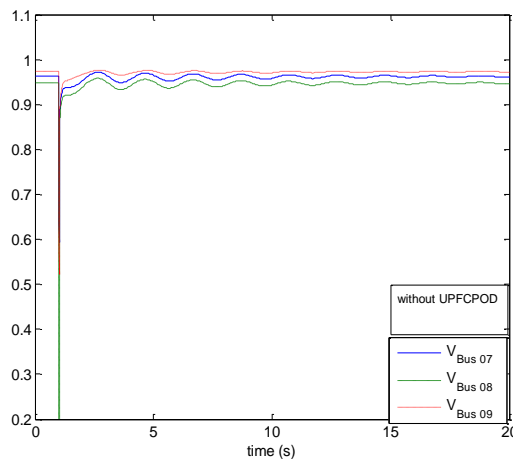
که در آن: K بهره ثابت مثبت و $H_1(s)$ تابع فیلتر wash-out
فیلتر پایین گذر و بلوک پیش-پس می باشد. T_m ثابت
زمانی اندازه گیری شده و T_w ثابت زمانی wash-out
است. T_{lag} و T_{lead} به ترتیب ثابت زمانی پیش و پس فاز می
باشند.

۶- سیستم مورد مطالعه

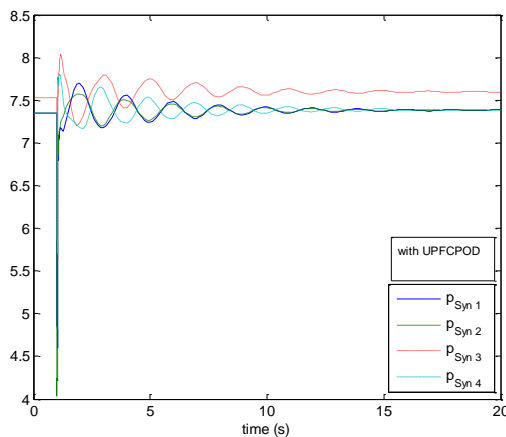
سیستم مورد مطالعه در این مقاله یک شبکه دوناچه ای
۱۱ باسه می باشد [1,3] دیگرام شبیه سازی این شبکه
با نرم افزار PSAT [11] ترسیم شده است که در شکل (۵)
نشان داده شده است. این شبکه ۴ واحد ژنراتوری دارد که
باس ۳ به عنوان باس مرجع در نظر گرفته شده
است. همچنین این شبکه دارای ۸ خط انتقال، ۴



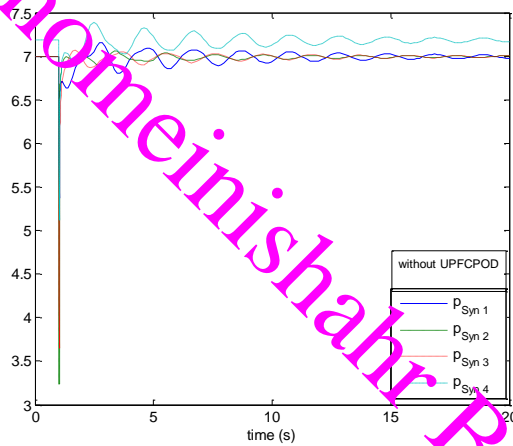
شکل (۹): ولتاژ باس ۷ و ۸ و ۹ با UPFCPOD



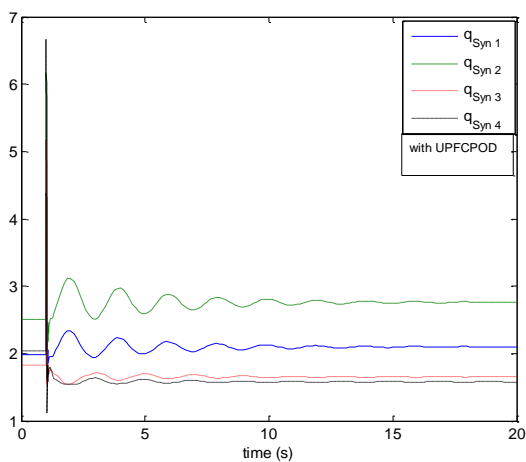
شکل (۷): توان اکتیو ژنراتورها بدون UPFCPOD



شکل (۱۰): توان اکتیو ژنراتورها با UPFCPOD



شکل (۸): توان راکتیو ژنراتورها بدون UPFCPOD



شکل (۱۱): توان راکتیو ژنراتورها با UPFCPOD

۷-۲- بررسی میرایی نوسانات در سیستم با

کنترلر UPFCPOD

با قراردادن UPFCPOD بین باسهای ۸ و ۹ برای بهبود میرایی نوسانات، نتایج مربوط به میرایی نوسانات و پایداری سیستم برای ولتاژ باسهای ۷ و ۸ در شکل (۹) و همچنین میرایی نوسانات توان اکتیو ژنراتورها در شکل (۱۰) و توان راکتیو ژنراتورها در شکل (۱۱) قابل مشاهده می باشد. که با مقایسه نتایج بدست آمده از شبیه سازی ها بهبود میرایی نوسانات توان و همچنین ولتاژ را می توان مشاهده نمود.



2002:Asia Pacific.IEEE/PEA. Volume
1,Oct.2002.,Page(s):348-353.

[6]S.Moris,P.K.Dash.,K.P. Basu and A.M. Sharaf,"UPFC Controller design for power system stabilization With improved genetic algorithm, Industrial Electronics Society,2003.IECON 03 The 29th Annual Conference of the IEEE. Volume 2,Nov.2003,Page(s):1540-1545.

[7]Bhaskar Ray,"FACTS technology application to retire aging challenges in San Fransisco bay area "Transmission and Distribution Conference and Exposition,2003 IEEE PES Volume 3,Seept.2003 Page(s):1113-1120.

[8] I. Dobson, F. Alvarado, Ch. DeMarco, J. Zhang, S. Greene, and H. Engdahl, *Oscillations Project Final Report*, www.pserc.org/ecow/get/publicatio/2000public/

[9] M. Pavella, D. Ernst and D. Ruiz-Vega, *Transient Stability of PowerSystems*, Kluwer Academic Publishers, 2000.

[10] X. Lei, E. N. Lerch, and D. Povh, "Optimization and coordination of damping controls for improving system dynamic performance," IEEE Trans. Power Systems, vol. 16, August 2001, pp. 473-480.

[11] Federico Milano, Member, IEEE, Luigi Vanfretti, Member, IEEE, and Juan Carlos orataya Member, IEEE." An Open SourcePowerSystemVirtual aboratory:The PSAT Case and Experience".IEEE2008.

[12] E.S. Ali , S.M. Abd-Elazim." TCSC damping controller design based on bacteria foraging optimization algorithm for a multimachine power system", ELSEVIER.2012.

۸- نتیجه گیری

در این مقاله کنترلر UPFCPOD که به عنوان یکی از مهمترین و تاثیر گذارترین ادوات کنترلی در بهبود پایداری و کاهش نوسانات محلی و بین ناحیه ای می باشد پیشنهاد شده است.دلیل استفاده از این کنترلر در این مقاله این می باشد که در یک سیستم چند ماشینه به تنهایی با استفاده از پایدارسازهای کلاسیک نمی توان نوسانات بین ناحیه را از بین برد.که در اینجا با استفاده از این کنترلر نوسانات بین ناحیه ای را باتوجه به نتایج بدست آمده تا حدود زیادی میرا شده است .

۹- مراجع

[1] P. Kundur, "Power System Stability and Control", Mc-Grall Hill, New York, 1994.

[2] Yong Li, Christian Rehtanz, Sven Rüberg, Longfu Luo, and Yijia Cao," Wide-Area Robust Coordination Approach of HVDC and FACTS Controllers for Damping Multiple Interarea Oscillations", IEEE transaction on power delivery, vol. 27, no. 3, july 2012

[3]_H.M. Ayres , I. Kopcak ,*, M.S. Castro , F. Milano, V.F. da Costa_ "A didactic procedure for designing power oscillation dampers of FACTS devices"ELSEVIER.2010

[4]S.M. Abd-Elazim, E.S. Ali, "Coordinated design of PSSs and SVC via bacteria foraging optimization algorithm in a multimachine power system"ELSEVIER.2013.

[5]Nabavi Niaki S.A. and Reza Iravani,M.,"Application of unified power flow controller(UPFC) for damping interarera oscillations,"Transmission and Disterbution Conference and Exhibition



کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در مهندسی ICRAE2013
ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر، اسفند ۱۳۹۱



Islamic Azad University Khomeinishahr Branch