



دانشکده فنی مهندسی

گروه مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: کنترل

عنوان:

**طراحی avr و pss برای پایداری سیستم های قدرت مبتنی بر الگوریتم بهینه سازی ازدحام**

**ذرات (particle swarm optimization)**

استاد راهنما: **دکتر مهرداد بابازاده**

نگارش: **سید مجتبی موسوی**

بهار ۹۵

فصل اول: مقدمه.....	۱
فصل دوم: مفاهیم پایه.....	۳
۱-۲ سیستم قدرت.....	۳
۲-۲ کنترل کننده ها .....	۴
۲-۳ اغتشاش.....	۴
۴-۲ پایداری.....	۴
۵-۲ سیستم تحریک.....	۵
۶-۲ مدارهای پایدارساز سیستم تحریک.....	۵
۷-۲ پایدارساز سیستم قدرت.....	۶
۸-۲ توربین هیدرولیک و گاورنر (HTG).....	۶
فصل سوم: مدل سیستم مورد مطالعه.....	۷
۱-۳ سیستم تک ماشینه، سیستم تحریک و مدل خطی شده سیستم.....	۷
۲-۳ معادلات حالت سیستم و ثوابت هفرون- فلیس .....	۷
۱-۲-۳ تعریف نمادها.....	۱۰
۳-۳ طراحی کنترل کننده میرا کننده.....	۱۱
۴-۳ هماهنگی AVR و PSS.....	۱۲
۵-۳ سیستم شبیه سازی شده در محیط SIMULINK نرم افزار MATLAB.....	۱۳
۱-۵-۳ ساختار برخی از بلو کهای سیستم شبیه سازی شده.....	۱۵
فصل چهارم: معرفی الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات.....	۲۰
۱-۴ بهینه سازی ازدحام ذرات.....	۲۰
۲-۴ الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات.....	۲۵
فصل پنجم: نتایج.....	۲۷
۱-۵ نتایج، جداول و نمودارها.....	۲۷
نتیجه گیری.....	۳۱
مراجع.....	۳۲

## چکیده:

پژوهش حاضر، هماهنگی بین تنظیم کننده خودکار ولتاژ (AVR)<sup>۱</sup> و پایدارسازهای سیستم قدرت (PSS)<sup>۲</sup> را به منظور بهبود میرایی نوسانات در گستره محدوده ناپایداری سیستم بدین منظور که پایداری سیستم قدرت و عملکرد قابلیت انتقال بهبود یابد، ارائه می‌دهد. مسئله طراحی هماهنگ کننده به عنوان یک مسئله بهینه سازی طبقه بندی شده است که از الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات (PSO)<sup>۳</sup> برای حل مسئله استفاده می‌کند. پارامترهای AVR و PSS که قرار است بهینه شوند از تکنیک PSO برای حداقل کردن نوسانات در سیستم قدرت در مدت زمانی که اختلالی در یک سیستم تک ماشینه منتهی به شین بی نهایت (SMIB)<sup>۴</sup> اتفاق می‌افتد، استفاده می‌کند. کارایی تکنیک PSO، بر حسب دقت پارامترها و زمان محاسبات مدنظر قرار می‌گیرد. نتایج زمان شبیه سازی و آنالیزهای مقادیر ویژه نشان داده‌اند که روش PSO تکنیک بهینه سازی بهتری فراهم می‌کند.

**کلمات کلیدی:** پایدارسازهای سیستم قدرت، الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات، تنظیم کننده خودکار ولتاژ، سیستم تک ماشینه منتهی به شین بی نهایت.

۱ Automatic Voltage Regulator  
۲ Power System Stabilizer  
۳ Particle Swarm Optimization  
۴ Single Machine Infinite Bus

## فصل اول: مقدمه

مسائلی چون درک، مدل‌سازی، تحلیل و روش‌های بهبود مسائل کنترل و پایداری سیستم قدرت، ملاحظات بسیار مهمی را در برنامه ریزی، طراحی و بهره برداری از سیستم‌های مدرن قدرت شامل می‌شود. به دلیل رشد به هم پیوستگی‌ها و استفاده از تکنولوژی‌های جدید، پیچیدگی سیستم‌های قدرت مرتباً در حال افزایش است. در همان حال، قیود مالی و مقررات، شرکت‌های برق را مجبور به استفاده از سیستم‌ها، تقریباً در حدود پایداری خود کرده است. این دو عامل، انواع جدیدی از مسائل پایداری را به وجود آورده است؛ بنابراین برای تقویت قابلیت اطمینان سیستم، تسهیل طرح اقتصادی و تأمین قابلیت انعطاف بیشتر کار سیستم، اعتماد بیشتر به استفاده از ابزارهای خاص کنترلی معطوف شده است. به علاوه پیشرفت در تکنولوژی کامپیوتر، تحلیل عددی، نظریه کنترل و مدل‌سازی تجهیزات، به ایجاد ابزار اصلاح شده محاسباتی و روش‌های بهتر طراحی سیستم، منجر شده است.

به منظور داشتن عملکردهای کارا و قابل اطمینان در سیستم‌های قدرت، توجه ما باید کاملاً به مطالعات پایداری دینامیک و گذرا معطوف شود. علت این امر آن است که نوسانات الکترومکانیکی، سیستم قدرت را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه سبب بروز اختلال می‌شوند که اگر وسایل میرایی مناسب تدارک دیده نشوند، ممکن است منجر به ناپایداری سیستم و حتی فقدان همگامی<sup>۱</sup> شود.

نیاز به سیستم تحریک با عملکرد بالا (AVR) برای حفظ کردن پایداری گذار و حالت دائمی ژنراتورها در سیستم‌های قدرت مناسب‌تر شد. سیستم‌های تحریک ژنراتورها از AVR برای حفظ دامنه ولتاژ ترمینال ژنراتورهای همگام در سطح مطلوب استفاده می‌کنند. AVR در سیستم‌های قدرت همچنین نقش مهم دیگری را نیز ایفا می‌کند و آن کنترل توان را اکتیو<sup>۲</sup> برای کمک به بهبود پایداری سیستم است. قبل از این، در اوایل سال ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰، نیروگاه‌ها به طور مداوم به یک AVR مجهز می‌شدند؛ اما همچنان که تعداد نیروگاه‌های مجهز به AVR به طور مداوم بیشتر می‌شد، مشخص شد که عملکرد بالای این AVRها یک اثر بی‌ثبات کننده روی سیستم‌های قدرت دارد. این آثار بی‌ثبات کننده نوسانات توان با دامنه کم و نوسانات فرکانس پایین هستند که در یک بازه زمانی طولانی به صورت مداوم مفهوم می‌یابند. یک روش معمول این است که ژنراتورها را در حالت گذرا و در یک بازه زمانی کوتاه، در معرض اختلالات شدید قرار می‌دهند؛ این اختلالات یک افت ولتاژ زیاد را در ترمینال ژنراتور سبب می‌شوند.

پایدارسازهای سیستم قدرت (PSSها) به عنوان رایج‌ترین کنترل کننده‌ها در بین سایر کنترل کننده‌ها برای میرا کردن نوسانات الکترومکانیکی و نوسانات درون ناحیه‌ای در سیستم‌های قدرت آشفته شناسایی شده‌اند. PSS به خاطر توانایی بسیار زیادش به عنوان یک ابزار کنترلی که میرایی اضافی‌ای را جهت توسعه عملکرد پر جنب و جوش در سیستم‌های قدرت اعمال می‌کند، به طور گسترده شناخته شده است. PSSها برای میرا کردن نوسانات فرکانس پایین در محدوده ۰.۲ تا ۳ هرتز به کار گرفته می‌شود.

<sup>۱</sup> Synchronism  
<sup>۲</sup> Re-active Power

شوند. PSSها همچنین برای میزان کردن میرایی منفی ای که توسط AVR به سیستم تحمیل می‌شود، و همچنین میرا کردن نوسان روتور از طریق تنظیم سیگنال ورودی به سیستم تحریک<sup>۱</sup>، به کار گرفته می‌شوند. محققان تعداد بسیار زیادی از طرح‌ها و روش‌های میزان سازی را که به عنوان روش‌های مرسوم شناخته شده‌اند، برای تنظیم پارامترهای کنترل‌کننده‌ها ارائه کرده‌اند. تکنیک‌های معروف در بین روش‌های مرسوم، تکنیک جاگذاری قطب، روش مانده، روش حساسیت مقادیر ویژه و غیره است. این طرح‌های قراردادی با هزینه‌های محاسباتی سنگین و سایر نقص‌ها مانند اتلاف زمان و قابلیت افتادن در یک کمینه محلی رو به رو هستند؛ در نتیجه یک راه حل بهینه نادرست ارائه می‌دهند. اخیراً تعداد قابل توجهی روش محاسباتی توسط محققان در زمینه حل مشکل پایداری حالت گذرا و ماندگار با ارجاعات به خصوص برای میرا کردن نوسانات فرکانس پایین در سیستم‌های قدرت گزارش شده است. در بین سایر روش‌ها، روش‌های جستجوی تابو<sup>۲</sup>، التهاب شبیه سازی شده<sup>۳</sup>، الگوریتم ژنتیک<sup>۴</sup> و بسیاری دیگر هستند. گزارش شده است که روش PSO راه حل دقیق‌تری نسبت به روش‌های دیگر ارائه می‌دهد. با این حال، عملکرد روش PSO شدیداً به پارامترهایش وابسته است و غالباً از مشکل افتادن در کمینه محلی رنج می‌برد.

این پژوهش روش PSO را ارائه می‌دهد که برای ایجاد هماهنگی بین AVR و کنترل‌کننده‌های PSS به منظور بهبود پایداری گذرای یک سیستم قدرت و به طور همزمان میرا کردن نوسانات فرکانس پایین سیستم به کار گرفته می‌شود. برای آزمایش مسئله روش طراحی هماهنگ کننده، خط انتقال یک سیستم تک ماشینه منتهی به شین بی‌نهایت، در معرض اختلالات شدید قرار داده شده است.

قبل از پرداختن به مدل سیستم مورد مطالعه، ابتدا کلیاتی را درباره مفاهیم سیستم قدرت، از جمله کنترل‌کننده‌ها، اغتشاش، پایداری، سیستم تحریک و... مطرح می‌کنیم.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

## نتیجه گیری

این پژوهش الگوریتم بهینه سازی ازدحام ذرات را برای هماهنگی همزمان AVR و PSS به منظور

بهبود پایداری دینامیکی سیستم قدرت ارائه داد. یک پروسه قوی تنظیم بهینه AVR و پیش فازی- پس

فازی PSS مبتنی بر بهینه سازی ازدحام ذرات به طور موفقیت آمیزی روی یک سیستم تک ماشینه منتهی

به شین بی نهایت شامل پارامتر سیستمی نامعلوم در شرایط کاری نامی اعمال شد. نتایج شبیه سازی ثابت

کرد که PSO طراحی شده مبتنی بر PSS می تواند پایداری مقاوم و کارآیی سیستم تحت گستره وسیعی از

شرایط کاری سیستم و نقاط نامعلوم سیستم را ضمانت کند. نتایج، امید بخش است و بر توانایی این

الگوریتم برای هماهنگی بهینه طراحی AVR و PSS صحه می گذارند.



## مراجع

[۱] پروفسور پرابها شانکار کندور، "پایداری و کنترل سیستم‌های قدرت"، ترجمه دکتر حسین سیفی و دکتر علی خاکی صدیق، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس

[۲] P. Kundur, "Power System Stability"

[۳] دکتر مهدی کراری، "دینامیک و کنترل سیستم‌های قدرت"، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر

[۴] Jafaru Usman, Mohd Wazir Mustafa and Garba Aliyu, "Design of AVR and PSS for Power System Stability based on Iteration Particle swarm Optimization", International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), Volume 2, Issue 6, December 2012

[۵] Ali Reza Roosta and Dider Georges, "Nonlinear Control of Power System based Backstepping Method"

[۶] دکتر علیرضا روستا، جزوه دینامیک سیستم‌های قدرت، دانشگاه صنعتی شیراز، دانشکده برق و الکترونیک، گروه قدرت

[۷] A.M. El-Zonkoly, "Optimal tuning of power systems stabilizers and AVR gains using particle swarm optimization", Expert Systems with Applications 31 (2006) 551–557

[۸] رضا کاظمی گلخندان و غلامحسین ظفر آبادی، "ارایه مدل تحلیلی و طراحی پایدارساز سیستم قدرت برای واحدهای فاز دو نیروگاه شهید منتظری"، سومین کنفرانس نیروگاه‌های برق، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، پژوهشگاه نیرو

[۹] H. Shayeghi and A. Ghasemi, "Optimal Design of Power System Stabilizer Using Improved ABC Algorithm", International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE), Iss. 12, Vol. 4, No. 3, Sep. 2012

[۱۰] Rasool Feiz Kerendian, Hamid Lesani and Javad Olamaei, "Optimal Tuning of PSS-AVR Base on Genetic Algorithm", International Journal of Mechatronics, Electrical and Computer Technology, Vol. 4(11), Apr. 2014, pp. 532-541, ISSN: 2305-0543

[۱۱] H. Shayeghi and A. Ghasemi, "Optimal Tuning of PID Type Stabilizer and AVR Gain Using GSA Technique", International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE), Iss. 11, Vol. 4, No. 2, Jun. 2012

[۱۲] Manisha Dubey, Aalok Dubey and Armit Shirvastava, "PSO Based Power System Stabilizer to Improve Power System Stability", 2nd International Conference on Mechanical, Electronics and Mechatronics Engineering (ICMEME'2013) June 17-18, 2013 London (UK)



[۱۳] جواد سنده، محسن اولادی و حسین صادق پور، "بررسی اثر مدل‌سازی سیستم تحریک بر قطع بار

تطبیقی بر اساس فرکانس و ارائه ضریب تصحیح مناسب"، مجموعه مقالات هفدهمین کنفرانس

مهندسی برق ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۲۲ الی ۲۴ اردیبهشت ۱۳۸۸، جلد دوم، قدرت-

سیستم

[۱۴] گروه مهندسی برق، دانشکده فنی، دانشگاه تربیت معلم آذربایجان- تبریز، "طراحی پایدارساز سیستم

قدرت با استفاده از الگوریتم ذوب فلزات و مقایسه آن با نوع کلاسیک"

[۱۵] R. Effatnejad, H. Shayeghi and F G A. Ghasemi, "Multi-machine power

system stabilizer design using improved particle swarm optimization

(PSO) with time-varying acceleration coefficients", Scientific Research

and Essays Vol. 7(26), pp. 2300 -2309, 12 July, 2012

[۱۶] Ali Darvish Falehi, Mehrdad Rostami and Hassan Mehrjardi, "Transient

Stability Analysis of Power System by Coordinated PSS-AVR Design

Based on PSO Technique", Department of Engineering, Shahed

University, Tehran, Iran, Scientific Research, 2011, 3, 478-484

[۱۷] M.A. Abido and Y.L. Abdel-Magid, "Coordinated design of a PSS and an

SVC-based controller to enhance power system stability", Electrical Power

and Energy Systems 25 (2003) 695-704

[۱۸] Omran M G H, "PSO", University of Pretoria -(2005)

[۱۹] M. Suguna, "Damping of Low- frequency Oscillations Using Swarm

Optimized Controller for SMIB System", International Journal of

Engineering and Innovative Technology (IJEIT), Volume 1, Issue 4, April

2012

[۲۰] G.Naresh, M.Ramalinga Raju, S.V.L.Narasimham and K.Ravindra,

"Optimal Multiobjective Design of Power System Stabilizers Using

Simulated Annealing", International Journal of Advances in Science and

Technology, Vol. 3, No.1, 2011

[۲۱] Kennedy, J. and Eberhart, R., "Particle Swarm Optimization",

Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks,

Perth, Australia, 1995, pp. 1942-1945

[۲۲] Maurice Clerc, "Particle Swarm Optimization", ISTE

[۲۳] دکتر طاهر نیکنام، جزوه الگوریتم‌های تکاملی، دانشگاه صنعتی شیراز، دانشکده برق و الکترونیک،

گروه قدرت