# شناسایی پارامترهای کلیدی اجزاء نیروگاه

# با استفاده از الگوریتم ژنتیک

عادل محسنی
معاونت برنامه ریزی و نظارت بر امنیت شبکه
شرکت مدیریت شبکه برق ایران
تهران، ایران
mohseni@igmc.ir

عارف درودی
دانشکده فنی
دانشگاه شاهد
تهران، ایران
doroudi@shahed.ac.ir

**چکیده — در این مقاله روشی برای شناسایی پارامترهای دینامیکی اجزاء کنترلی نیروگاه‌های شبکه ارائه شده که علاوه بر قابلیت شناسایی بلوکهای غیرخطی، خطای ناشی از در دسترس نبودن همه سیگنالهای مورد نیاز برای شناسایی را نیز کاهش می دهد. روش فوق به حدس اولیه برای پارامترهای کلیدی شناسایی وابسته نبوده و قابلیت جستجوی مناسب فضای پاسخ برای یافتن پاسخ مناسب را دارد.**

***واژه‌های کلیدی — شناسایی پارامتر؛ پارامتر کلیدی؛ الگوریتم ژنتیک***

## ۱. مقدمه

شبکه قدرت بزرگترین و دشوارترین سیستم ساخت بشر می باشد. چند صد ژنراتور تولید خود را در شبکه به هم پیوسته انتقال و توزیع می ریزند و هزاران بار الکتریکی از این شبکه تغذیه می کنند. تعیین حدود و حفظ پایداری این شبکه در مقابل حوادث گوناگون از دغدغه های اصلی محققان و مهندسین قدرت و بهره برداران شبکه می باشد [۱]. مطالعه و شبیه سازی دینامیکی شبکه قدرت به شدت به اطلاعات دقیق المان ها و پارامترهای سیستم مانند ژنراتور، سیستم تحریک،گاورنر، PSS و بارهای دینامیکی وابسته است. عدم وجود برخی از اطلاعات فنی در مدارک نیروگاهی، وجود اطلاعات تیپیکال در مدارک،تغییر برخی از پارامترها در زمان راه اندازی تغییر و تعویض تجهیزات و اصطحلاک تجهیزات نیروگاهی موجب گردد شناسایی پارامترهای اجزاء دینامیکی نیروگاه و استفاده از آن در مطالعات دینامیک توجیه پذیر باشد. روشهای مختلفی در مقالات علمی جهت شناسایی مدل و پارامترهای دینامیکی ژنراتور توربین،گاورنر،تحریک و پایدار ساز سیستم قدرت ارائه شده است. روشهای فوق مبتنی بر روشهای سنتی مبتنی بر گرادیان و روشهای هوشمند مانند PSO، GA و .... می باشد [۲-۶]. معمولا از اطلاعات حوادث (اطلاعات SCADA، EMS، PMU و ... ) و یا تست های میدانی برای شناسایی اجزاء دینامیکی استفاده شده است[۷ و ۸]. در این مقاله سعی شده است با روش ترکیبی از آنالیز حساسیت و الگوریتم ژنتیک و استفاده است اطلاعات واقعی روشی جهت شناسایی پارامترهای دینامیکی ارائه گردد. روش فوق بر روی بخش کنترل فرکانس گاورنر یکی از نیروگاه های شبکه پیاده سازی شده و نتایج با مدارک مطابقت داده شده است.

## ۲. شناسایی پارامترهای کلیدی

شناسایی پارامترهای زیادی از یک مدل با استفاده از تعداد سیگنال های محدود، خطای شناسایی را افزایش می دهد. از اینرو تلاش می شود پارامترهایی که بیشترین تاثیر را در عملکرد دینامیکی سیستم دارند انتخاب شده و شناسایی گردند. برای این منظور پارامترهای یک مدل به ۴ دسته تقسیم می شوند:

۱. پارامترهای مربوط به حدود محدود کننده ها و اشباع که معمولاً پس از تنظیم اولیه به ندرت باز تنظیم می شوند.
۲. پارامترهای برابر با صفر یا یک که به منظور حذف اثر یک بلوک در مدل استاندارد وتطبیق آن با مدل واقعی قرار داده می شود.

۳. پارامترهایی که تأثیر جزئی یا ناچیز در پاسخ دینامیکی سیستم دارند.

۴. پارامترهایی که تأثیر بسیار زیادی در پاسخ دینامیکی سیستم دارند.

پارامترهای بند ۴ به عنوان پارامترهای کلیدی لحاظ شده و از طریق آنالیز حساسیت بدست می آیند.

## ۳. تابع هدف

یکی از متداول ترین روشها برای تخمین پارامتر، استفاده از روش curve-fitting می باشد، در این روش با اعمال یک ورودی واقعی به سیستم، سعی می شود با تغییر پارامترهای مدل، منحنی حاصل از شبیه سازی را با منحنی اطلاعات واقعی تطبیق دارد. هر چقدر مقدار انطباق منحنی حاصل از شبیه سازی بر منحنی واقعی بیشتر باشد شناسایی دقیقتر خواهد بود. برای تشخیص این انطباق از تابع زیر استفاده شده است.

$$\text{Min } F(x) = \sqrt{\sum ((z-h(x))^T.(z-h(x))/n}$$

که در آن:

| | |
|---|---|
| z | بردار مقادیر اندازه گیری شده (واقعی) |
| x | بردار پارامترها |
| h(x) | بردار شبیه سازی شده متناظر با z |
| n | تعداد نمونه ها |

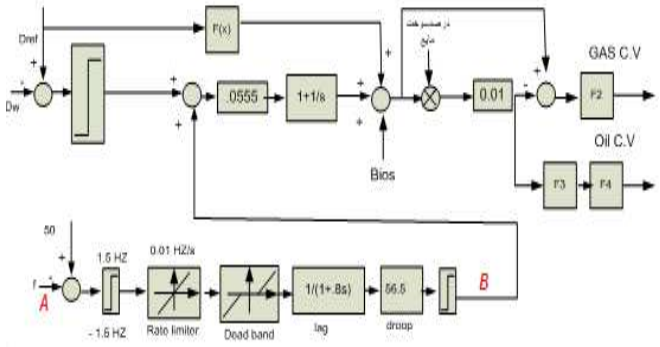
هر قدر پارامترهای شناسایی شده به پارامترهای واقعی سیستم نزدیکتر باشد، میزان انطباق خروجی واقعی و شبیه سازی شده بیشتر شده و مقدار تابع فوق به صفر نزدیکتر خواهد شد و هر قدر انطباق کمتر باشد مقدار این تابع افزایش خواهد یافت.

## ۴. الگوریتم ژنتیک

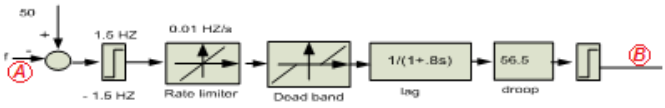
روش های سنتی مانند گرادیان به شدت به مقادیر اولیه حساس می‌باشند از اینرو اگر مقدار اولیه مناسبی انتخاب نشود ممکن است الگوریتم پس از تکرارهای فراوان واگرا شده و جواب مناسبی از آن دریافت نگردد. از این رو از الگوریتم های هوشمند مانند ژنتیک که حساسیت آن به مقادیر اولیه بسیار پایین بوده و قابلیت جستجوی بسیار مناسب را دارند استفاده شود[۴]. در این مقاله از الگوریتم ژنتیک جهت یافتن مقدار بهینه تابع هدف استفاده شده است. مبانی الگوریتم ژنتیک در [۹] آورده شده است.

## ۵. یک مدل مطالعاتی

به منظور اثبات کارایی روش فوق، از مدل گاورنر یکی از نیروگاه های شبکه برق ایران استفاده شده است[۱۰].

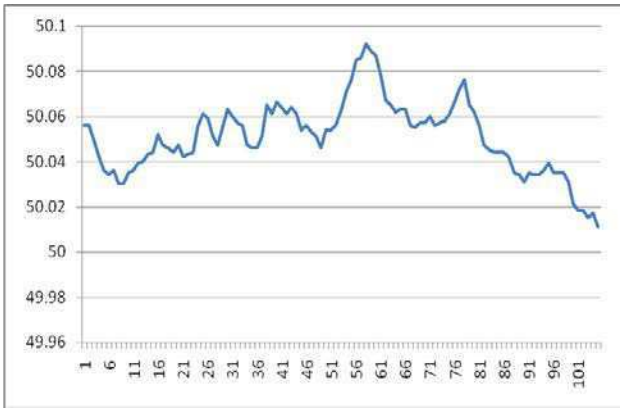



شکل ۱: مدل گاورنر یکی از نیروگاه‌های شبکه برق ایران

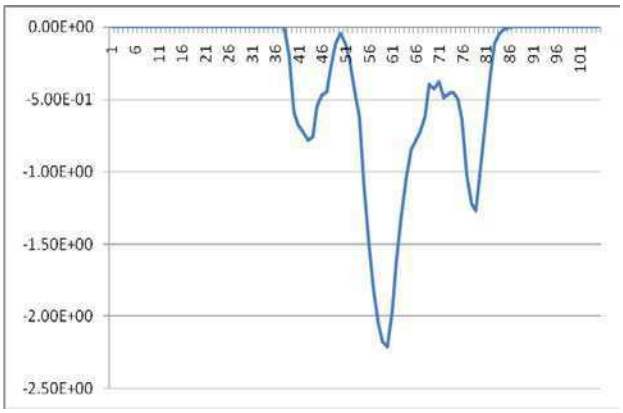



شکل ۲: بخش کنترل فرکانس گاورنر

باتوجه به اینکه سیگنال های واقعی ورودی و خروجی بخش کنترل فرکانس در دسترس بوده اند از سیگنال های فوق برای شناسایی بلوک های کنترلی این بخش که وظیفه پاسخ به تغییرات فرکانس را در گاورنر دارا می‌باشد استفاده شده است. این قسمت از گاورنر (شکل ۲) شامل محدودکننده اولیه، محدود کننده شیب $(Hz/s)$،باند مرده، تاخیر، عکس دروپ و محدود کننده توان خروجی کنترل فرکانس می باشد. می توان عنوان کرد که حداقل ۶ پارامتر باید با استفاده از یک سیگنال ورودی (A) و یک سیگنال خروجی (B) شناسایی شود(شکل ۳ و ۴).




**شکل 3: سیگنال واقعی ورودی به بخش کنترل فرکانس (نقطه A)**




**شکل 4: سیگنال واقعی خروجی بخش کنترل فرکانس (نقطه B)**

برای افزایش دقت شناسایی لازم است تعداد پارامتر های قابل شناسایی کاهش یابد از اینرو پارامترهای ذکر شده را مورد بررسی قرار داده و پارامترهایی که تأثیر زیادی در پاسخ دینامیکی این مسیر دارند را شناسایی می کنیم..

## ۵.۱ یافتن پارامتر کلیدی

بر اساس مطالب ذکر شده در بند ۲، بلوک اول و آخر مدل فوق محدود کننده هایی می باشند که معمولاً مقادیر آن ثابت بوده و تغییر نمی کند لذا از فرایند شناسایی کنار گذاشته می شود. با کمک آنالیز حساسیت پارامترهای بلوکهای باقیمانده که بیشترین تأثیر را در خروجی این قسمت دارند را رتبه بندی می کنیم. برای این منظور ۳ سری سیگنال در ورودی بخش کنترل فرکانس گاورنر (نقطه A) اعملا کرده و در هر حالت هر یک از پارامتر ها ۱۰٪ افزایش و کاهش داده شده و خروجی بخش کنترل فرکانس (نقطه B) مورد بررسی قرار می گیرد. برای بررسی تاثیر تغییرات پارامتر های فوق در خروجی از نرم ۲ خطا استفاده شده است. هرچقدر این مقدار بیشتر باشد به این معنی خواهد بود که خروجی نسبت به حالت پایه حساسیت بیشتری به تغیرات پارامتر مربوطه خواهد داشت. جدول شماره ۱ نتایج آنالیز حساسیت را نشان می‌دهد. سیگنال سری ۳ تغییرات فرکانس در حالت عادی شبکه، سیگنال سری ۲ تغییر فرکانس در شرایط خروج ۷۰۰ مگاوات از تولید شبکه و سیگنال سری ۳ یک سیگنال نمونه با تغییرات شدید تر از دو سیگنال قبل می باشد[۱۱].

**شکل 5: سیگنالهای مورد استفاده برای آنالیز حساسیت**

**جدول 1: نتایج آنالیز حساسیت بر روی پارامترهای مدل**

| پارامترها ی | تاثیر ۱۰٪ کاهش پارامتر | | | تاثیر ۱۰٪ افزایش پارامتر | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ورودی سری ۱ | ورودی سری ۲ | ورودی سری ۳ | ورودی سری ۱ | ورودی سری ۲ | ورودی سری ۳ |
| Rate Limiter | ۰.۳۴۲ | ۰ | ۰ | ۰.۲۸۹ | ۰ | ۰ |
| Dead Band | ۰.۱۶۸ | ۰.۱۴۳ | ۰.۲۲۱ | ۰.۱۶۵ | ۰.۱۳۳ | ۰.۲۱ |
| lag | ۰.۰۴۷ | ۰.۲۰۳ | ۰.۰۰۴ | ۰.۰۷ | ۰.۰۲ | ۰.۰۰۳ |
| 1/R | ۰.۸۵۸ | ۰.۳۸۲ | ۰.۰۸۵۴ | ۰.۸۵۸ | ۰.۳۸۲ | ۰.۰۸ |

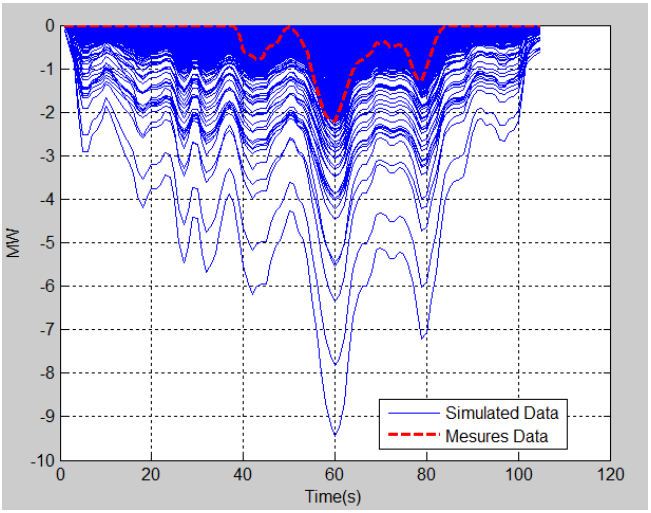
همانطور که از جدول ۱ ملاحظه می شود، خروجی مدل حساسیت بیشتری نسبت به ۱۰ درصد تغییرات مقدار باند ممنوعه و تاثیر دروپ واحد دارد. از این رو این دو پارامتر برای شناسایی انتخاب می گردد.

### ۵.۲ شناسایی پارامتر

به منظور شناسایی مقادیر دقیق دو پارامتر بدست آمده در بخش قبل، مقادیر پارامترهای دارای اهمیت کمتر را برابر مدارک فنی و یا مقادیر نوع (تیپیکال) قرار داده و با استفاده از سیگنال های واقعی ورودی و خروجی بخش کنترل فرکانس گاورنر (شکل ۳ و ۴)، پارامترهای کلیدی شناسایی می‌شود.

تعداد جمعیت اولیه در الگوریتم ژنتیک ۵۰، تعداد نسل (تکرار) ۴۰، احتمال تقاطع ۰.۷ و احتمال جهش ۰.۴ انتخاب شده است. از تکنیک نخبه گرایی نیز در الگوریتم فوق استفاده شده است.

شکل ۵ فضای سیگنالهای خروجی شبیه سازی شده که توسط الگوریتم ژنتیک برای یافتن پارامترهای کلیدی و با هدف حداقل کردن خطا (تابع هدف) جستجو شده است را نشان می دهد. با توجه به نتایج بدست آمده، مقدار پارامتر مربوط به عکس دروپ ۵۴.۴۵ و باند مرده ۰.۰۵۰۱ شناسایی شده است. بر اساس مدارک فنی، مقدار پارامتر مربوط به عکس دروپ برابر ۵۶ و پارامتر مربوط به باند مرده ۰.۰۵ هرتز بوده است. لذا نتایج مورد تایید می باشد.




شکل ۶: فضای جستجو شده توسط الگوریتم ژنتیک

## ۶. نتیجه گیری

مطالعات دینامیک شبکه به منظور حفظ امنیت و پایداری شبکه نیاز به اطلاعات دقیق از تجهیزات کنترلی نیروگاهها دارد. در صورت عدم وجود اطلاعات فوق، شناسایی پارامترها یکی از راه های دستیابی به اطلاعات دقیق می باشد. به دلیل عدم دسترسی به کلیه سیگناها و محدودیت در اندازه گیری برخی از آنها شناسایی تعداد زیادی از پارامترها با استفاده از تعداد محدودی از سیگنالها با خطای زیادی همراه می باشد از اینرو پارامتر های یک مدل دسته بندی شده و پارامترهای کلیدی استخراج شده است.

به دلیل وجود بلوک های غیر خطی امکان استفاده از جعبه ابزارهای شناسایی وجود ندارد. لذا از الگوریتم ژنتیک که به مقادیر اولیه وابسته نبوده و قابلیت جستجوی گسترده ای دار جهت یافتن پارامتر های کلیدی استفاده شده است. نتایج بدست آمده با مدارک فنی تطبیق دارد. در صورت وجود سیگناهای ورودی و خروجی یک سیستم، روش فوق می تواند جهت شناسایی پارامتر های سیتم فوق مورد استفاده قرار گیرد.

## ۷. مراجع

[1] Prabha Kundur, “Power System Stability and Control”, 1994.

[2] M. R. AlRashidi, M. E. El-Hawary, "A survey of particle swarm optimization applications in electric power systems," IEEE Trans. Evolutionary Computation, 2006

[3] Q. F. Liao, D. C. Liu, L. M. Ying, X. Cui, Y. Li and W. T. He, “Parameter Identification of Excitation Systems Based on Hopfield Neural Network”, 2006 International Conference on Power System Technology.

[4] Puma, J.Q., Colome, D.G., “Parameters identification of excitation system models using genetic algorithms”, Generation, Transmission & Distribution, IET, Vol. 2, no. 3, pp. 456-467, May 2008

[5] Yang Tao, Feng Yongxin, Ren Yong, Tang Lei, Li Yanghai, “Parameter identification of steam turbine speed governor system” 978-1-4577-0547-2/12/$31.00 ©IEEE 2012

[6] TIAN LIWEI, XIAO XIANYONG, LI CHANGSONG, ZHOU HONGJUN2, “Parameter Identification of Turbine Speed Governing System by Using GeneticAlgorithm”, 2012, 5th International Conference on Electricity Distribution, Shanghai.

[7] M. Rasouli and M. Karrari, “Nonlinear identification of a brushless excitation system via field tests,” IEEE Trans. Energy Convers., vol. 19, no. 4, pp. 733–740, Dec. 2004.

[8] Z. Huang, P. Du, D. Kosterev, S. Yang, “Generator Dynamic Model Validation and Parameter Calibration Using Phasor Measurements at the Point of Connection” IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 28, NO. 2, MAY 2013

[9] Goldberg, D.E., Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Massachusetts, 1989

[۱۰] "تعیین پارامترهای دینامیکی اجزاء ۳۰ واحد نیروگاهی با اهمیت کشور"، مجری پژوهشگاه نیرو، کارفرما شرکت مدیریت شبکه برق ایران، ۱۳۹۲

[۱۱] "گزارشات ماهانه کنترل فرکانس"، شرکت مدیریت شبکه برق ایران، ۱۳۹۲