



دانشگاه تبریز

دانشکده مهندسی

گروه مهندسی برق

پروژه کارشناسی

عنوان:

جایابی بهینه واحدهای اندازه گیری فازور (PMU) در شبکه

با استفاده از الگوریتم BPSO

استاد راهنما: جناب آقای دکتر منصور اجاقی

دانشجویان:

ماهرخ جزدائمی

رقیه بیات

اردیبهشت ۹۱

فهرست:

فصل اول: طرح های حفاظت سیستم..... ۱

۱-۱ مقدمه..... ۲

۱-۱-۱ ناپایداری گذرای زاویه..... ۴

۱-۱-۲ ناپایداری زاویه ای..... ۴

۱-۱-۳ ناپایداری فرکانس..... ۵

۱-۱-۴ ناپایداری ولتاژ..... ۵

۱-۲ انواع طرح های حفاظت و کنترل سیستمهای قدرت..... ۶

۱-۲-۱ طرح های حفاظت ویژه..... ۷

۱-۳ انواع طرحهای حفاظت ویژه سیستم..... ۸

۱-۳-۱ جداسازی تولید..... ۹

۱-۳-۲ کنترل شیرهای توربین..... ۱۰

۱-۳-۳ راه اندازی واحدهای گازی..... ۱۰

۱-۳-۴ کنترل خودکار تولید..... ۱۰

۱-۳-۵ جداسازی بار بر پایه افت فرکانس..... ۱۰

۱-۳-۶ جداسازی بار بر پایه افت ولتاژ..... ۱۱

۱-۳-۷ کلیدزنی خودکار بانکهای سلفی - خازنی..... ۱۲

۱-۳-۸ ترمز مقاومت دینامیکی..... ۱۳

۱-۳-۹ حفاظت در برابر برون رفت از همگامی..... ۱۳

۱-۳-۱۰ تبادل سریع توان از طریق خطوط جریان مستقیم..... ۱۳

۱-۳-۱۱ کنترل باز وبسته نمودن خطوط میان نواحی و جزیره ای نمودن..... ۱۴

۱-۳-۱۲ قفل وضعیت تپ چنجر..... ۱۴

۱-۲-۲ پایش، حفاظت و کنترل گسترده سیستم های قدرت..... ۱۶

۱-۴ چالش سیستم های کنترل و حفاظت کنونی..... ۱۶

۱-۴-۱ اسکادا چیست؟..... ۱۷

فصل دوم: معرفی PMU..... ۲۰

۱-۲ مقدمه..... ۲۱

۲-۲ معرفی PMU..... ۲۱

۱-۲-۲ تاریخچه..... ۲۲

۲-۲-۲ تعاریف..... ۲۳

۳-۲ ساختار واحدهای اندازه‌گیر فازوری..... ۲۵

۴-۲ کاربردهای واحدهای اندازه‌گیری فازوری..... ۲۶

۵-۲ ساختار اندازه‌گیری..... ۲۷

۶-۲ ساختار WAMS..... ۲۸

۱-۶-۲ کاربردهای محلی..... ۳۱

۲-۶-۲ کاربردهای سراسری سیستم..... ۳۱

۱-۲-۶-۲ محاسبه پارامترهای خط..... ۳۲

۲-۲-۶-۲ نمایش حرارتی خطوط انتقال..... ۳۲

۳-۲-۶-۲ تخمین حالت..... ۳۲

۴-۲-۶-۲ حفاظت‌های خاص..... ۳۳

۵-۲-۶-۲ مطالعات امنیت و پایداری شبکه..... ۳۴

فصل سوم: معرفی الگوریتم بهینه‌سازی توده ذرات..... ۳۷

۱-۳ مقدمه..... ۳۸

۲-۳ هوش جمعی..... ۳۸

۳-۳ شبکه عصبی مصنوعی..... ۳۸

۴-۳ الگوریتم بهینه‌سازی ذرات..... ۳۹

فصل چهارم: جایابی بهینه PMU..... ۴۴

۱-۴ تابع هدف مسئله جایابی بهینه PMU..... ۴۵

۲-۴ تحلیل مشاهده پذیری..... ۴۶

۳-۴ جایابی PMU با استفاده از الگوریتم PSO..... ۴۸

۴-۴ - بررسی مساله جایابی PMU در حالات مختلف..... ۴۹

۱-۴-۴ حالت اول..... ۵۰

۲-۴-۴ حالت دوم..... ۵۲

۵-۴ نتایج شبیه‌سازی..... ۵۳

۱-۵-۴ مثال اول (شبکه ۷ شینه)..... ۵۳

۱-۵-۴-۱ حالت اول..... ۵۳

۱-۵-۴-۱-۱ حالت اول..... ۵۳

۴-۵-۱-۲ حالت دوم..... ۵۴

۴-۵-۲ مثال دوم (شبکه ۱۴ شینه)..... ۵۵

۴-۵-۱-۲ حالت اول..... ۵۶

۴-۵-۲-۲ حالت دوم..... ۵۷

۴-۵-۳ مثال سوم (شبکه ۳۰ شینه)..... ۵۹

۴-۵-۱-۳ حالت اول..... ۵۹

۴-۵-۳-۲ حالت دوم..... ۶۲

۴-۶ نتیجه گیری..... ۶۳

مراجع..... ۶۴



چکیده:

عواملی هم چون توسعه روز افزون تقاضای مصرف و گسترش پدیده تجدید ساختار موجب افزایش بار روی خطوط انتقال شده و بنابراین سیستم های قدرت اغلب نزدیک به مرز ناپایداری خود کار میکنند.

لذا برای مقابله با احتمال ناپایداری سیستم مهندسان سیستم های قدرت به فکر تقویت سیستم های پایش افتادند تا از این طریق از بروز ناپایداری جلوگیری کنند. واحدهای دور سنجی که در سطح سیستم

مورد استفاده قرار میگرفت دادای محدودیت هایی بود اختلاف زمانی بین اندازه گیری های ارسالی از سطح سیستم به مراکز کنترل باعث می شد اپراتور دید مناسبی از رفتار دینامیکی سیستم نداشته باشد.

علاوه بر این نرخ نمونه برداری این تجهیزات نیز محدود بود. این موانع باعث شد تا واحدهای اندازه گیری فازور (Phasor Measurement Units) معرفی شوند. PMUها وسایل اندازه گیری هستند که

مقادیر ولتاژ شین ها و جریان عبوری از خطوط را با دقت و سرعت نمونه برداری بسیار بالا اندازه گیری میکنند. هم چنین این وسایل مقادیر اندازه گیری شده را به علت بهره گرفتن از سیستم موقعیت یاب

جهانی (GPS^1) به صورت کاملا همزمان به مراکز کنترل ارسال میکنند. بهترین حالت برای مشاهده پذیری کل شبکه استفاده از این واحدها در تمامی شین های شبکه است ولی به دلیل هزینه بالای این

تجهیزات و این مساله که PMU نصب شده در هر شین قادر به اندازه گیری فازور ولتاژ و فازور جریان تمامی خطوط مرتبط با آن شین می باشد برای مشاهده پذیری کامل سیستم نیازی به نصب این وسایل

در تمام شین های سیستم نیست. بنابراین جایابی PMUها در سیستم های قدرت از اهمیت بالایی برخوردار است.

در این پایان نامه ابتدا به بررسی علل ناپایداری و فروپاشی در سیستم های قدرت پرداخته و انواع حفاظت های مورد استفاده برای مقابله با این ناپایداری ها مورد مطالعه قرار داده میشود. سپس به معرفی

واحدهای اندازه گیری فازور که به نوعی نقش حفاظت و کنترل سیستم را ایفا میکند پرداخته میشود. در ادامه مساله بهینه سازی تعداد واحدهای اندازه گیری فازور و جایابی بهینه آن ها در شین های یک سیستم

قدرت مورد مطالعه و بررسی قرار میگردد. به منظور حل مساله بهینه سازی تا به حال از الگوریتم های مختلف از جمله روش جستجو بر اساس لیست ممنوعه روش آبکاری فلزات و الگوریتم ژنتیک استفاده

شده است. در این پایان نامه یک الگوریتم جدید بر مبنای توپولوژی شبکه برای رسیدن به مشاهده پذیری کامل شبکه با استفاده از کمترین تعداد PMU بیان می شود. و سپس از الگوریتم

BPSO (Binary Particle Swarm Optimization) برای حل مساله بهینه سازی استفاده می

شود. ترتیب مراحل به شرح زیر است:

مبانی مامد کارشناسی

الف) بیان تابع هدف مساله جایابی بهینه PMU

ب) تعریف مساله مشاهده پذیری و بررسی روش های مختلف

پ) الگوریتم پیشنهاد شده برای حل مساله بهینه سازی

ج) شبیه سازی تست نرم افزار مطلب و ارائه نتایج برای ۴ شبکه نمونه قدرت



پایان نامه کارشناسی

فصل اول:

طرح های حفاظت سیستم

۱-۱- مقدمه

وابستگی روز افزون زندگی بشر به انرژی الکتریکی ایجاب می کند که تحویل انرژی الکتریکی به روش

پیوسته و پایدار صورت پذیرد. به دلایل مختلف اقتصادی، امروزه، هدف این است که حداکثر استفاده از سیستم های قدرت صورت پذیرد با این حال، بنا به دلایل فنی، استفاده حداکثری از سیستم های قدرت

امنیت و پایداری سیستم قدرت را تهدید کرده و می تواند منجر به بروز رخدادهای زیانباری مانند فروپاشی ولتاژ شبکه گردد.

به هم پیوستگی سیستم قدرت گرچه قابلیت اطمینان تامین انرژی الکتریکی را بالا می برد، اما، همین به هم پیوستگی خود می تواند باعث بروز پدیده های ناخواسته ای مانند ناپایداری شود. چنین پدیده هایی

معمولا در اثر پیشامدهای پی در پی رخ می دهند.

معمولا امنیت سیستم های قدرت به هنگام بروز پیشامدهای پی در پی یا چندگانه در فاز طراحی در نظر گرفته نشده و به جای آن تلاش می شود به کمک سازوکارهای کنترلی و حفاظتی ویژه ای مانند طرح های

حفاظت سیستم این هدف دنبال شود.

گذشته از اینکه پدیده های فروپاشی از چه ریشه ای باشند، می توان بطور مشترک دلایل زیر را در رخداد

آنها سهیم دانست: [۱]

- بارگذاری سنگین روی سیستم و همزمان در مدار نبودن یک خط یا ژنراتور به دلیل مسایل نگهداری تعمیرات.

- بروز رفت خطوط به دلیل رخداد خطا یا کارکرد اشتباه سیستم حفاظتی که باعث افزایش بار روی بقیه خطوط و تجهیزات شود.

- کمبود رزرو توان اکتیو و توان را کتیو با سرعت پاسخ کافی.

- ناتوانی بهره بردار در کنترل و مهار خاموشی و نیز مشکل سیستم SCADA^۲ در تهیه داده های درست و به هنگام.

1. Cascaded outages

2. supervisory control and data Acquisition

مناسب از بروز چنین پیشامدهایی جلوگیری کرد. [۲]

مهمترین عوامل موثر در رخداد پدیده های فروپاشی به این صورت بیان شده است :

- نبود داده های درست در زمان مناسب

- نبود زمان کافی جهت تصمیم گیری و اجرای ساز و کارهای بازگرداننده

- برون رفت اجباری تجهیزات

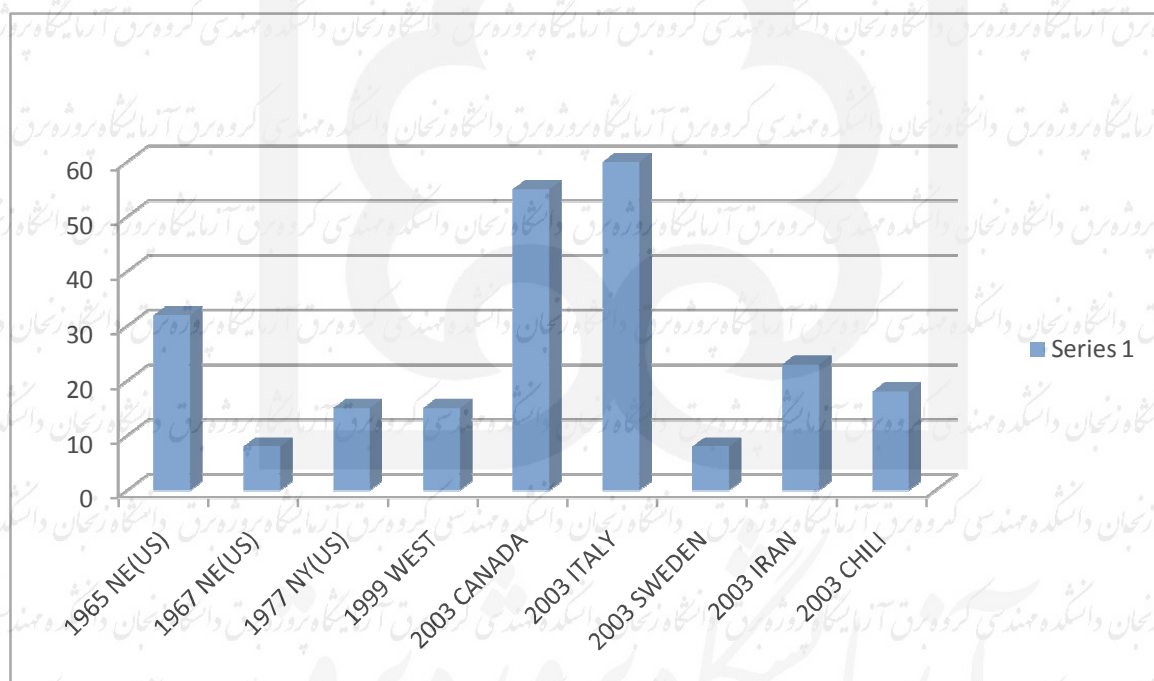
- نبود سیستم های کنترل و حفاظت هماهنگ

با توجه به آنچه که تاکنون گفته شد می توان نتیجه گرفت که بروز پیشامدهای سراسری و فراگیر که

امنیت و پایداری کل شبکه را با خطر جدی مواجه می کند، عمده ترین نگرانی و چالش کنونی سیستم آزمایشگاه پروژه برق

های قدرت بوده که ذهن مهندسان برق را در کلیه مراحل طراحی، بهره برداری، کنترل و حفاظت به خود

مشغول کرده است. [۳]



شکل ۱-۱- آمار رخداد خاموشی های مختلف در نقاط مختلف دنیا

1. Corrective Actions

2. Wide Area Disturbances

در ادامه مهمترین پدیده های ناپایداری که عامل بسیاری از خاموشی های چند دهه ی اخیر بوده است تشریح می شود:

۱-۱-۱ ناپایداری گذرای زاویه^۱

توانایی سیستم قدرت در حفظ سنکرونیسم به هنگام بروز پیشامدهای شدید مانند اتصال کوتاه، از دست رفتن بخشی از بار و تولید و... را پایداری گذرا گویند. [۴]

از دست رفتن سنکرونیسم ممکن است برای یک واحد یا یک نیروگاه یا یک پهنه رخ دهد. در ناپایداری گذرا رخداد یک پیشامد خیلی شدید، مانع از تحویل انرژی الکتریکی ژنراتور به شبکه شده و در نتیجه این

توان توسط روتور جذب و باعث شتاب گیری ژنراتور شده که خود می تواند باعث آسیب دیدن ژنراتور شود بنابراین ابزارهای مورد استفاده باید بتوانند این انرژی الکتریکی را به نحوی تلف یا جذب کنند .

پارامترهای مهمی که در فاز طراحی برای کنترل پایداری گذرا استفاده می شوند عبارتند از امیدانس خط، زمان رفع خطا، بازبست^۲، ثابت اینرسی ماشین ها و یا استفاده از همبند های ویژه دیگر.

امروزه با درنگی که در سیستم های SCADA وجود دارد امکان پایش^۳ نوسانات گذرا وجود ندارد. با این وجود با پیدایش نسل نوین سیستم های اندازه گیری و ارسال داده، می توان به این هدف نزدیک شد .

۱-۱-۲ ناپایداری زاویه ای (سیگنال کوچک)^۴

توانایی یک سیستم قدرت در حفظ سنکرونیسم به هنگام بروز پیشامد های کوچک مانند تغییرات کوچک بار و تولید را پایداری دینامیک یا سیگنال کوچک گویند. [۴]

این ناپایداری به مشخصه ذاتی خود سیستم و شرایط اولیه مربوط بوده و به نوع و شدت پیشامد بستگی

ندارد. فقدان گشتاور سنکرون کننده یا گشتاور میرایی کافی باعث بروز نوسانات فرکانس پایین ناپایدار خواهد شد. ابزارهایی که برای کنترل این نوع ناپایداری به کار گرفته می شوند به صورت کنترل حلقه

۱-۱-۳ ناپایداری فرکانس

1. Transient Instability

2. Reclosing

3. Monitoring

4. Dynamic Instability

نتیجه گیری :

واحدهای اندازه گیری فازور (PMU) تحول عظیمی در بهره برداری از سیستم های قدرت ایجاد کرده

است . در این پایان نامه یک روش جدید برای جایابی بهینه PMU و مشاهده پذیری توپولوژیکی با

استفاده از الگوریتم BPSO بیان شده است . فرآیند بهینه سازی در این روش ۲ هدف را دنبال می کند ::

(۱) کم کردن تعداد PMU مورد نیاز برای مشاهده پذیر کردن کل سیستم . (۲) حداکثر کردن تعداد

المان جایگزین اندازه گیری در تمام شین ها . نتایج شبیه سازی نشان میدهد این روش ضمن سادگی گروه برق آزمایشگاه

عملکرد بسیار مناسبی برای شبکه های مختلف دارا می باشد .



مراجع :

[1] Horowitz. S.H, Phadke. A.G, "Boosting immunity to blackouts," Power and Energy Magazine, IEEE Volume 1, Issue 5, Sep-Oct 2003 Page(s):47 – 53

[2] Tamronglak. S, Horowitz. S.H, Phadke. A.G, Thorp. J.S "Anatomy of power system blackouts: preventive relaying strategies," Power Delivery, IEEE Transactions on, Volume 11, Issue 2, April 1996 Page(s):708 – 715.

[3] Madani. V, Novosel. D,"Getting a grip on the grid" Spectrum, IEEE Volume 42, Issue 12, Dec. 2005 Page(s):42 – 47

[4] IEEE/CIGRE joint task force on stability terms and definitions. "Definition and classification of power system stability" Power Systems, IEEE Transactions on, Volume 19, Issue 3, Aug. 2004 Page(s):1387 – 1401

[5] Anderson. P.M, LeReverend. B.K. "Industry experience with special protection schemes," Power Systems, IEEE Transactions on, Volume 11, Issue 3, Aug. 1996 Page(s):1166 – 1179.

[6] Crossley. P, Ilar. F, Karlsson. D, "System protection schemes in power networks: existing installations and ideas for future development," Seventh International Conference on Developments in Power System Protection, (IEE) 9-12 April 2001 Page(s):450 – 453

[7] Lefebvre. D, Moors. C, Van Cutsem. T, "Design of an undervoltage load shedding scheme for the Hydro-Quebec system" Power Engineering Society General Meeting, IEEE vol. 4, 13-17 July 2003.

[8] Dagle. J, "Postmortem Analysis of Power Grid Blackouts: The Role of Measurement Systems," IEEE Power & Energy Magazine, 4(5), September/October 2006,30–35.

[9] Horowitz. S.H, Phadke. A.G. "Third Zone Revisited," Power Delivery, IEEE Transactions on Volume 21, Issue 1, Jan. 2006 Page(s):23 – 29 .

[10] J. Depablos, V. Centeno, A. G. Phadke, and M. Ingram, "Comparative testing of synchronized phasor.

[11] C. W. Liu and J. Thorp, "Application of synchronized phasor measurements to real-time transient stability prediction," Proc. Inst. Elect. Eng., General Transmission Distribution, vol. 142, pp. 355–360, July 1995.

[12] H. Mesgarnejad, S.M. Shahrtash, "Multi- Objective Measurement Placement with New Parallel Tabu Search Method", The Electrical Power & Energy Conference, EPEC2008, IEEE Canada, Oct 2008.

[13] Kai-Ping, Chin-Wen Liu, Chi-Shan Yu, and Joe- Air Jiang, "transmission network fault location. observability With minimal PMU placement", IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 21, No. 3, pp 1128-1136, July 2006.

[14] T. T. Nguyen and V. L. Nguyen, "Application of Wide-Area Network of Phasor Measurements for Secondary Voltage Control in Power Systems with FACTS Controllers", IEEE, 2005.

[15] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle swarm optimization," in Proc. IEEE Int. Conf. Neural Networks, vol. IV, Perth, Australia, 1995, pp. 1942– 1948.

[16] J. Kennedy and R. C. Eberhart, "A Discrete Binary Version of the Particle Swarm Algorithm," Proc. of the conference on Systems, Man, and Proc. of the conference on Systems, Man, and

[17] احمد احمدی ، مرتضی مرادی ، دکتر یوسف علی نژاد ، " جایابی بهینه واحد های اندازه گیری خنجان و مشاهده پذیری کامل سیستم قدرت با استفاده از الگوریتم ژنتیک ."