

مطالعه پایداری گذرای شبکه برق آذربایجان با طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای AVR و گاورنر نیروگاه اردبیل .

الناز گلستانی

شرکت برق منطقه ای آذربایجان

El_golestani@yahoo.com

دکتر محمد تقی بطحایی

استاد دانشکده برق دانشگاه خوجه نصیرالدین طوسی

bathae@kntu.ac.ir

batthae@yahoo.com

چکیده - در این مقاله پایداری شبکه انتقال برق آذربایجان با در نظر گرفتن اثر نیروگاه گازی در دست احداث اردبیل بدون سیستم های کنترلی و با طراحی سیستم های کنترلی مناسب و تنظیم پارامترهای AVR و گاورنر نیروگاه اردبیل مورد بررسی قرار گرفته است . در این مطالعه ابتدا شبکه انتقال برق ایران بصورت کامل مدل شده است . سپس معادلات الکتریکی و مکانیکی ژنراتورهای نیروگاه اردبیل بدست آمده است . قدم بعدی طراحی AVR و گاورنر مناسب برای بهبود پایداری گذرا است . در انتها نحوه عملکرد شبکه انتقال برق آذربایجان با تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر واحدهای گازی نیروگاه اردبیل بررسی شده است .

کلید واژه- پایداری گذرا ، کنترل ، گاورنر ، AVR

1- مقدمه

خواهد شد . [1] روش های متعددی تا کنون برای افزایش پایداری سیستم های قدرت ارائه شده است از جمله استفاده از انواع پایدار سازهای سیستم قدرت [2] و [3]، تغییر دهنده های فاز [4]، استفاده از جبران کننده های توان (SVC) [5] و [6] و یا استفاده از ذخیره کننده های انرژی مغناطیسی ابر رسانا (SMES) [7] می باشد . در سالهای اخیر هم استفاده از روش U.P.F.C برای بهبود پایداری گذرا مورد بررسی قرار گرفته است [8] در این مقاله مساله پایداری شبکه انتقال برق آذربایجان با طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر نیروگاه در دست احداث اردبیل مورد بررسی قرار گرفته است.

2- شبکه مورد مطالعه

سیستم مورد مطالعه شبکه انتقال شرکت برق منطقه ای آذربایجان در سال 1388 با در نظر گرفتن کل شبکه انتقال برق ایران و تبادلات با کشورهای همجوار می باشد که با تقریب نسبتا خوبی می توان آنرا شبکه واقعی انتقال برق آذربایجان در سال 1388 در نظر گرفت با قطعی شدن

سیستم قدرت باید بصورت یک سیستم غیر خطی برای اغتشاش های بزرگ مدل شود . امنیت سیستم های قدرت به دو نوع امنیت استاتیکی و دینامیکی تقسیم می گردد . امنیت دینامیکی توانایی حفظ پایداری دینامیکی و یا گذرای سیستم قدرت پس از وقوع اختلال بوده ، در حالیکه امنیت استاتیکی توانایی حفظ و نگهداری متغیرهای بهره برداری مثل دامنه ولتاژ شین ها و توان عبوری از خطوط می باشد . پایداری گذرا توانایی سیستم قدرت در حفظ سنکرونیسم است هنگامی که تحت تاثیر اغتشاش گذاری بزرگ مانند از دست دادن تولید ، یا از دست دادن یک بار بزرگ قرار گیرد . چنین اغتشاشهایی موجب نوسات بزرگی در زوایای روتور ژنراتور ، توان های انتقالی ، ولتاژ شینها و سایر متغیرهای سیستم می گردد . پایداری گذرا از مشخصه های غیر خطی سیستم قدرت تأثیر می پذیرد . اگر انحراف زاویه پدید آمده بین ماشینهای سیستم درون کرانه های معینی باقی بماند، سیستم سنکرونیسم را حفظ خواهد کرد . اما اگر سنکرونیسم ، بواسطه ناپایداری گذرا از دست برود، پس از 2 تا 3 ثانیه از بروز اغتشاش اولیه معلوم

3- مدل دینامیکی ژنراتور سنکرون

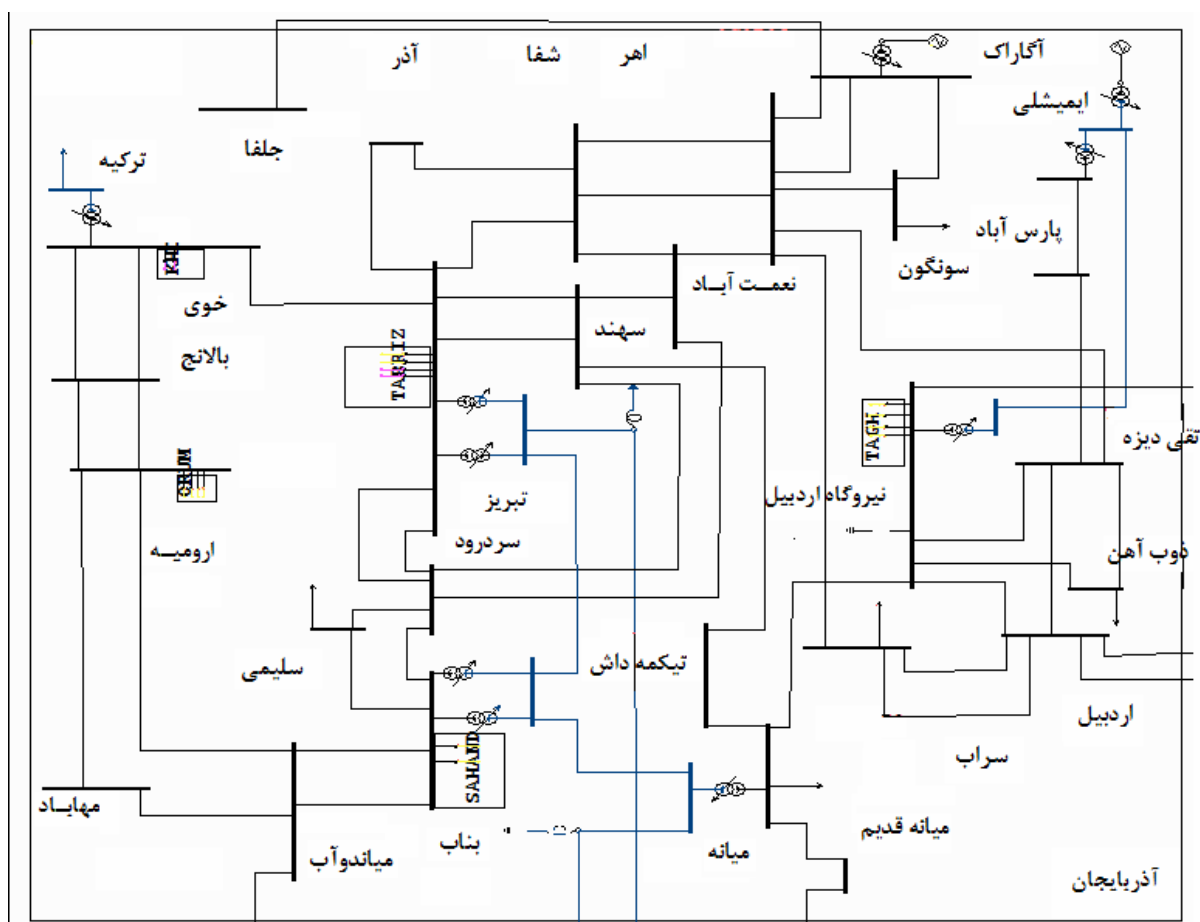
پاسخ دینامیکی ژنراتور سنکرون در یک شبکه قدرت واقعی هنگامیکه خطایی رخ می دهد بسیار پیچیده است و متشکل از بسیاری از توابع غیر خطی از جمله اشباع مغناطیسی می باشد. باتمام این تفصیل، عموماً مدل دینامیکی کلاسیک درجه سوم ژنراتور برای طراحی و مدلسازی بکار می رود. مدل دینامیکی کلاسیک درجه سوم بصورت زیر نوشته می شود. [9]

معادلات مکانیکی ژنراتور

$$\dot{d} = w$$

$$\dot{w} = -\frac{D}{2H} w + \frac{w_0}{2H} (P_m - P_e)$$

احداث نیروگاه اردبیل با چهار واحد گازی 150 مگاواتی و تولید 600 مگاوات در مجاورت پست تقی دیزج مطالعات پایداری گذرا روی شبکه انتقال برق آذربایجان انجام گرفت و تاثیر سیستم های کنترلی مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر در بهبود پایداری گذرای شبکه مذکور بررسی گردید. دیاگرام تک خطی شبکه انتقال برق آذربایجان در شکل (1) نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود چهار واحد گازی نیروگاه اردبیل به شین نیروگاه اردبیل متصل می باشند مطالعات پایداری با قطع خط تقی دیزه - اردبیل در زمان 0,2 ثانیه انجام گرفته است. زیرا با انجام مطالعات contingency مشاهده شد که قطع شدن خط تقی دیزه - اردبیل بیشترین تاثیر را در ناپایدار شدن واحدهای نیروگاه اردبیل دارد.



شکل 1: دیاگرام تک خطی شبکه انتقال برق آذربایجان

معادلات الکتریکی ژنراتور

$$E_d' - V_d = R_a \cdot I_d - X_q' \cdot I_q \quad (4)$$

$$E_q' - V_q = X_d' \cdot I_d + R_a \cdot I_q \quad (5)$$

$$dE_q''/dt = [E_q' - (X_d' - X_d'') \cdot I_d - E_q'']/T_{do}'' \quad (6)$$

$$dE_d''/dt = [(X_q' - X_q'') \cdot I_q - E_d'']/T_{qo}'' \quad (7)$$

$$E_d'' - V_d = R_a \cdot I_d - X_q'' \cdot I_q \quad (8)$$

$$E_q'' - V_q = X_d'' \cdot I_d + R_a \cdot I_q \quad (9)$$

$$\dot{E}_q' = \frac{1}{T_{do}} (E_f - E_q')$$

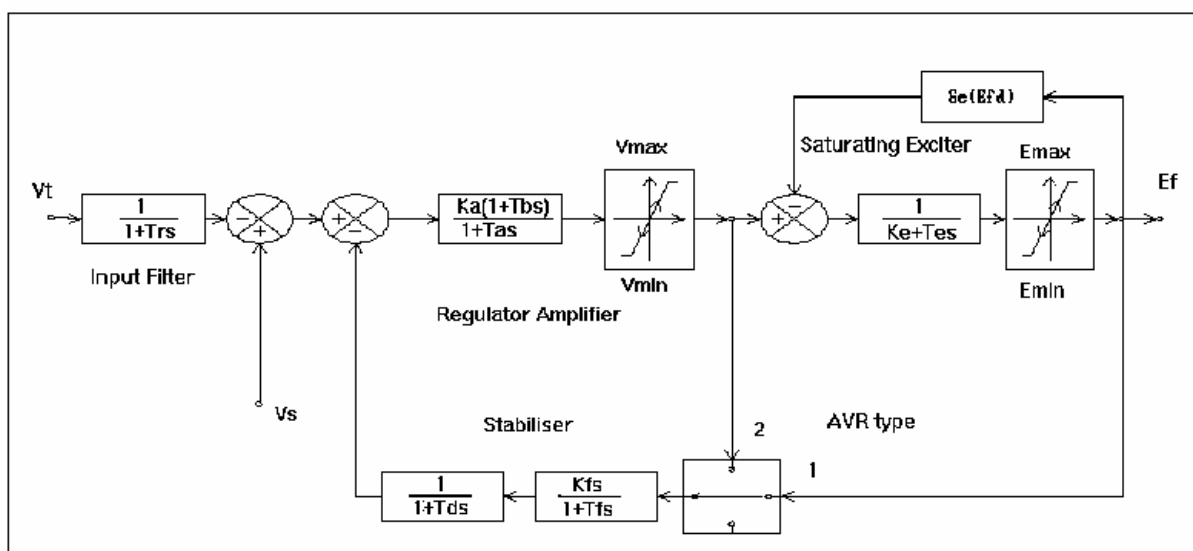
در نرم افزار استفاده شده در شبیه سازی این مقاله مدل ماشین سنکرون بامعادلات زیر بیان شده است که منطبق با استانداردهای بین المللی استفاده شده جهت مدلسازی ماشین سنکرون می باشد.

$$dw/dt = [w/(2.H)].(P_m - P_e - D.w) \quad (1)$$

$$dE_q'/dt = [E_{fd} - (X_d - X_d') \cdot I_d - E_q']/T_{do}' \quad (2)$$

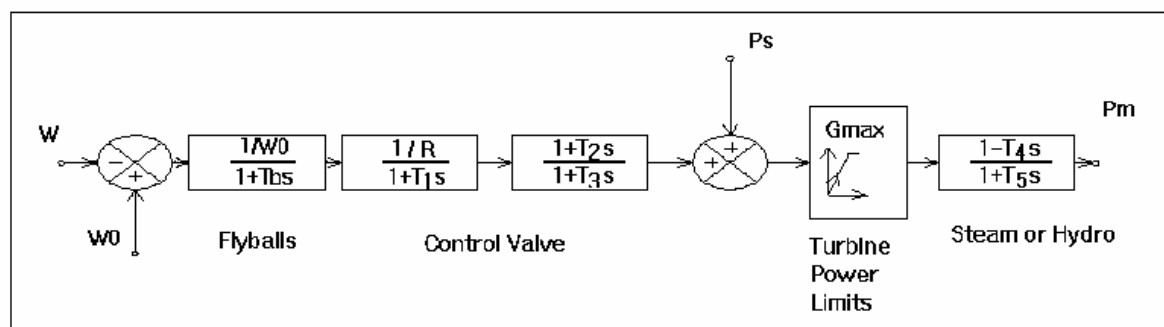
$$dE_d'/dt = [(X_q - X_q') \cdot I_q - E_d']/T_{qo}' \quad (3)$$

AVR model



شکل 2: مدل سیستم تحریک

governor model

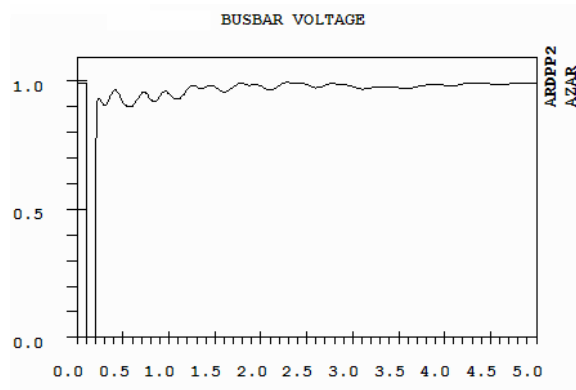


شکل 3: مدل گاورنر سرعت

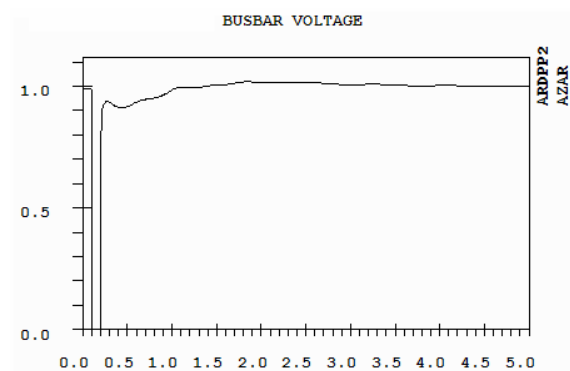
مدل سیستم تحریک در شکل (2) و مدل گاورنر سرعت در

4- مدلسازی سیستم تحریک و گاورنر

حاصل از شبیه سازی در شکل های (4) تا (8) نشان داده شده است. شکل (4 الف) مشخصه ولتاژ باسبار نیروگاه اردبیل و شکل (4 ب) بهبود مشخصه مذکور را از طریق طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر نشان می دهد.



شکل 4 الف: مشخصه ولتاژ باسبار نیروگاه اردبیل



شکل 4 ب: مشخصه ولتاژ باسبار نیروگاه اردبیل با طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر

شکل (5 الف) مشخصه زاویه ولتاژ باسبار نیروگاه اردبیل و شکل (5 ب) بهبود مشخصه مذکور را از طریق طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر نشان می دهد. ملاحظه میشود که نوسانات در شکل (5 ب) کم شده است.

شکل (3) نشان داده شده است. مدل های نشان داده شده در شکل های مذکور منطبق بر استاندارد IEEE هستند.

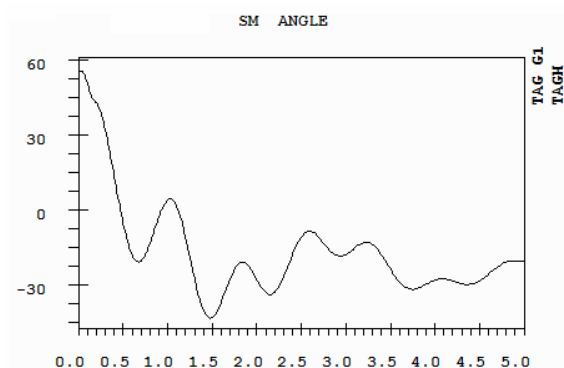
5- ساختار مدل سیستم قدرت

تحلیل پایداری گذرای سیستم های قدرت، شامل محاسبه پاسخ دینامیکی غیرخطی آنها به اغتشاشهای بزرگ می باشد، این اغتشاشها معمولاً به شکل بروز خطای شبکه انتقال، و به دنبال آن جداسازی عنصر تحت خطا با رله های حفاظتی می باشد. برای تحلیل پایداری گذرا، معادلات غیرخطی سیستم حل می شود. علاوه بر آن، اغتشاشات بزرگ ناشی از خطاها و کلید زنیهای شبکه و اغتشاشات کوچک ناشی از حدود روی متغیرهای سیستم، در مدل ظاهر می شود. ولتاژ شینها، توانهای انتقالی خطوط و عملکرد سیستم حفاظتی، علاوه بر اطلاعات اساسی در خصوص پایداری سیستم، مورد توجه هستند.

باید مدل استفاده شده برای هر عنصر برای تحلیل پایداری گذرانااسب باشد و باید معادلات سیستم را به شکل مناسبی برای اعمال روشهای عددی دسته بندی کرد. مدل کامل سیستم شامل دسته ای از معادلات دیفرانسیل معمولی و معادلات بزرگ جبری می باشند. [1]

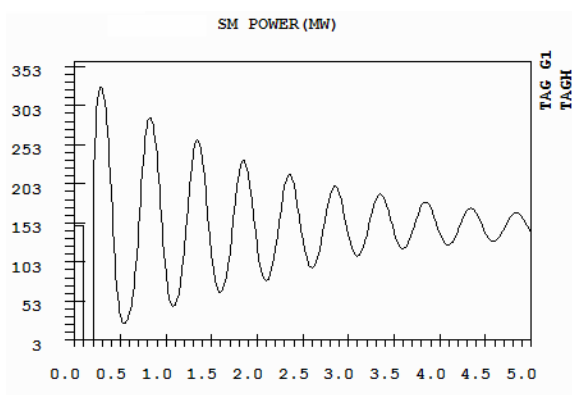
6- شبیه سازی

در این قسمت ابتدا نتایج مطالعات پایداری گذرا بدون کنترل کننده های مناسب نشان داده شده است. سپس نتایج حاصل از شبیه سازی با طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای AVR و گاورنر مورد بحث روی سیستم ارائه شده است. در شبیه سازی، زمانی که سیستم در حالت پایدار دائمی کار می کند یک اغتشاش که ناشی از خروج خط تقی دیزه - اردبیل است در زمان 0.2 ثانیه است به سیستم اعمال شده و عملکرد کنترل کننده مورد نظر با تنظیم پارامترهای AVR و گاورنر بررسی شده است. با بررسی نتایج پخش بار شبکه برق ایران و انجام مطالعات پایداری نیروگاه اردبیل در اثر قطعی خطوط مجاور پست نیروگاه اردبیل، مشخص گردید که قطعی این خط بیشترین تأثیر را در ناپایدار شدن واحدهای نیروگاه اردبیل دارد. بنابراین اغتشاش ناشی از خروج این خط بعنوان مبنای مطالعات پایداری گذرا در این مقاله انتخاب شده است. نتایج

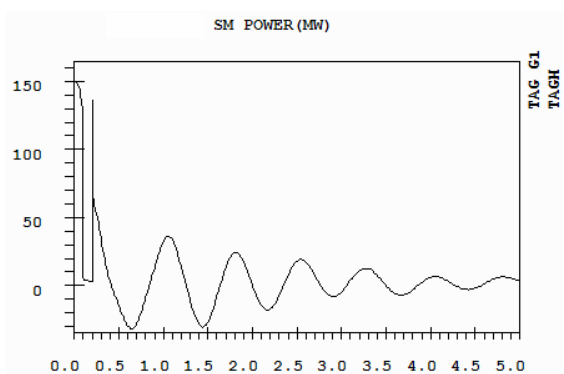


شکل 6 ب: مشخصه زاویه ولتاژ ژنراتور با طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر

شکل (7 الف) مشخصه قدرت اکتیو تولیدی واحد 1 نیروگاه اردبیل و شکل (7 ب) بهبود مشخصه مذکور را از طریق طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر نشان می دهد.

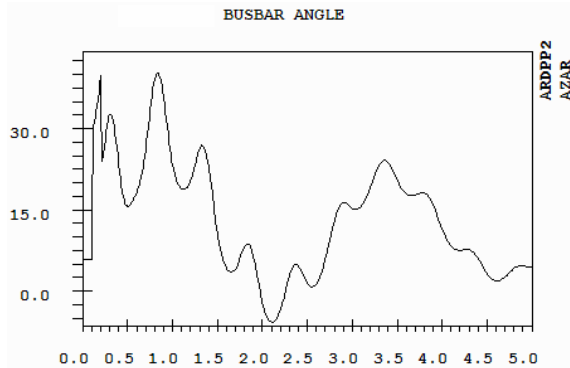


شکل 7 الف: (مشخصه قدرت اکتیو تولیدی

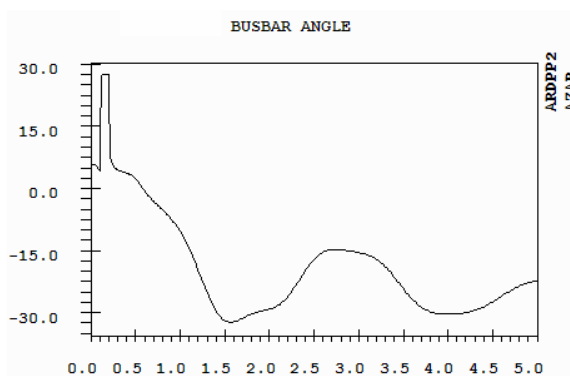


شکل 7 ب: (مشخصه قدرت اکتیو تولیدی با طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر

شکل (8 الف) مشخصه قدرت راکتیو تولیدی واحد 1 نیروگاه

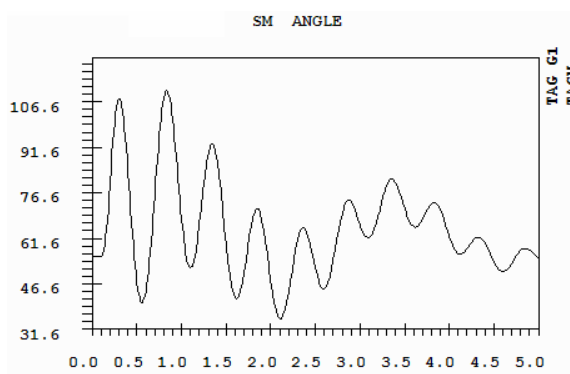


شکل 5 الف: مشخصه زاویه ولتاژ باسبار نیروگاه اردبیل



شکل 5 ب: مشخصه زاویه ولتاژ باسبار نیروگاه اردبیل با طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر

شکل (6 الف) مشخصه زاویه ژنراتور واحد 1 نیروگاه اردبیل و شکل (6 ب) بهبود مشخصه مذکور را از طریق طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر نشان می دهد. ملاحظه میشود که نوسانات در شکل (6ب) کم شده است.



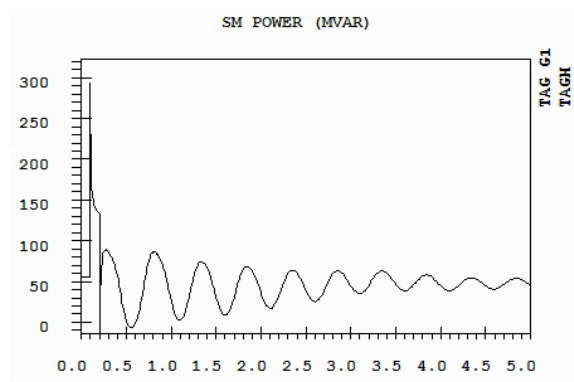
شکل 6 الف: مشخصه زاویه ولتاژ ژنراتور

بسیار سریعتر میرا شده است. شکل های (5 الف)، (5 ب)، (6 الف) و (6 ب) نشان دهنده عملکرد مناسب کنترل کننده طراحی شده و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی برای بهبود مشخصه های زاویه ولتاژ می باشد. شکل های (7 الف)، (7 ب)، (8 الف) و (8 ب) نشان دهنده عملکرد مناسب کنترل کننده طراحی شده و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی برای بهبود مشخصه های قدرت اکتیو و راکتیو تولیدی واحدهای نیروگاه می باشد.

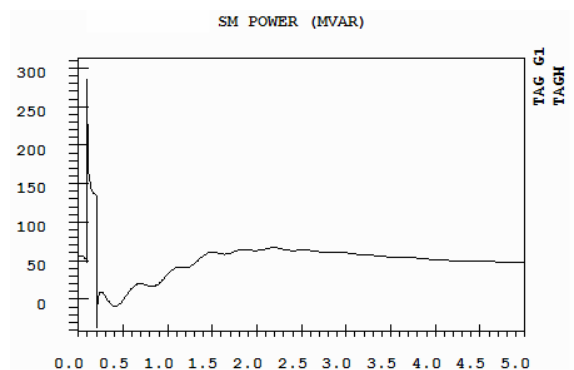
مراجع

- [1] P. Kundur, "Power system stability and control," in *The EPRI Power System Engineering Series*. New York: McGraw-Hill, 1994.
- [2] E.V.Larsen and D.A.Swann, "Applying Power System Stabilizers", IEEE Trans on power apparatus and systems, Vol.pas-100, pp.3317-3046. 1981.
- [3] Murdoch, A. Venkatataraman, S.; Sanchez-Gasca; J.J.; Lawson, R.A., "Practical application consideration for Power System Stabilizer(PSS) Controls", IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, 1999.
- [4] H.Stemmeler and G.Guth, "The Thyristor Controlled Static Phase-Shifter a new Tool for Power Flow Control in AC Transmission System", Brown Boveri Review, Vol.69, pp 73-78, 1982
- [5] Garham, J.L., Jr. Feliachi, A., "Power System Transient Stability Enhancement Using Static Var Compensators" Power Theory, 1998. Proceedings of the Thirtieth Southeastern Symposium on, 1998, pp.133-237
- [6] Khaparde, S.A. Krishna, V., "Simulation of Unified Static Var Compensator Power System Stabilizer for Arresting Sub synchronous resonance", IEEE Transaction on, Power System, Vol.143, Aug.1999, pp:1055-1062.
- [7] H.J.Boining and J.Fhner, "Commissioning Test of Bnnevihe power administration 30 Mj Superconducting Magnetic Energy Storage Unit", IEEE Trans on Power apparatus and systems, Vol.pas-104, No.2, pp.302-312, 1985
- [8] S.Limyingcharen, V.D.Annakkage and N.C.Pahalawaththa., "Effect of Unified Power Flow Controllers on Transient Stability", IEEE Prog-Gener. Transm.Distrib, Vol.145, No.2, 1998.
- [9] P. M. Anderson and A. A. Fouad, *Power System Control and Stability*. New York: IEEE Press, 1994.

اردبیل و شکل (8 ب) بهبود مشخصه مذکور را از طریق طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر نشان می دهد.



شکل 8 الف: مشخصه قدرت راکتیو تولیدی



شکل 8 ب: مشخصه قدرت راکتیو تولیدی با طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر

7- نتیجه گیری

در این مقاله اثر طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر بر روی بهبود پایداری گذرای سیستم قدرت بررسی شده است و نتایج بدست آمده حاکی از عملکرد مناسب کنترل کننده های طراحی شده به منظور میراسازی نوسانات متغیرهای سیستم از لحاظ سرعت میراسازی و هم از نظر دامنه نوسانات می باشد.

همانطور که از شکل های (4 الف) و (4 ب) مشخص است، دامنه نوسانات ولتاژ با طراحی کنترل کننده های مناسب و تنظیم پارامترهای سیستم های کنترلی AVR و گاورنر