

میراسازی گشتاورهای پیچشی روی محور توربین - ژنراتور به کمک پایدارسازهای نوین ژنتیکی و فازی

عباس شولائی^(۱) - محمد بیاتی پوده^(۲) - غضنفر شاهقلیان^(۳)

(۱) استاد گروه برق - دانشکده برق - دانشگاه علم و صنعت

(۲) کارشناسی ارشد گروه برق - دانشکده برق - دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

(۳) استادیار گروه برق - دانشکده برق - دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

تاریخ دریافت: پاییز ۱۳۸۷

تاریخ پذیرش: پاییز ۱۳۸۸

خلاصه: حضور تنش‌های روی محور توربین- ژنراتور که محصول بروز اغتشاش در سیستم‌های قدرت هستند، باعث کاهش عمر مفید محور می‌شود. در این مقاله میراسازی سریع و کنترل این تنش‌ها، با کمک پایدارسازهای نوین محقق می‌گردد. پایدارساز ترکیبی در این مقاله بر روی سیستم تحریک ولتاژ ژنراتور و سیستم کنترلی خط انتقال جریان مستقیم عمل می‌کند؛ در تنظیم پارامترهای این پایدارساز از الگوریتم ژنتیک با هدف کاهش تنش‌ها، یاری گرفته می‌شود که تاثیر این پایدارساز را چندین برابر می‌نماید. همچنین در کنترل بهتر این پایدارساز از روش کنترل منطق فازی استفاده می‌شود که تاثیر قابل توجهی در کنترل تنش‌های به وجود آمده در سیستم مورد مطالعه دارد. نتایج شبیه‌سازی مویده تاثیر پایدارسازهای طراحی شده در کنترل گشتاورهای پیچشی روی محور توربین- ژنراتور است.

کلمات کلیدی: پایدارساز قدرت، الگوریتم ژنتیک، منطق فازی، تنش‌های پیچشی محور توربین- ژنراتور.

۱- مقدمه

در دنیای امروز، با توجه به پیچیدگی‌ها و اتصالات داخلی سیستم‌های قدرت الکتریکی، به منظور تامین انرژی‌های مصرفی، نیاز است که عملکرد شبکه‌ها، تجهیزات سیستم و کنترل‌کننده‌های موجود در سیستم بهینه گردد. یک سیستم قدرت شامل خط انتقال، ژنراتور و توربین‌ها و بارهای مختلف است و در قسمت مکانیکی محور توربین-ژنراتور، به تعداد توربین‌های فشار قوی (HP)، فشار متوسط (IP)، فشار ضعیف (LP)، و ژنراتور (GEN) وجود دارند که با طول زیادی به وسیله فلنج‌ها به هم متصل می‌شوند. چنین محوری در نیروگاه به عنوان جسم صلب در حال چرخش، مدهای نوسانی پیچشی متفاوتی دارد [۱]. در صورتی که با ایجاد اغتشاشی همانند اتصال کوتاه، کلیدزنی، قطع بار و اضافه بار ناگهانی، فرکانس شبکه دچار تغییرات شود [۲]، رفتار ژنراتور سنکرون همانند ژنراتور القایی می‌شود و در حالی که تفاضل فرکانس جدید ژنراتور سنکرون و فرکانس سنکرون شبکه، با یکی از فرکانس مدهای نوسانات چرخشی محور یکسان شود، باعث تشدید آن مد نوسانی محور می‌شود. در این حالت گشتاور

الکتریکی در این فرکانس زیاد می‌شود که باعث تقویت دامنه نوسانات پیچشی روی محور می‌گردد [۳]. با توجه به محدودیت محور در تحمل این تنش‌ها، بروز خستگی و در نهایت شکست در محور به وجود می‌آید که خسارت‌های جبران‌ناپذیری را در پی دارد و بایستی در جلوگیری از پیدایش آن تلاش جدی انجام گیرد. به منظور جلوگیری از وقوع و میراسازی سریع نوسانات در صورت بروز، تجهیزات و روش‌های متنوعی به عرصه آمده‌اند. استفاده از فیلترهای اکتیو، تجهیزات کنترل توان راکتیو [۱]، استفاده از ترمزهای مقاومتی سوئیچ‌شونده به وسیله ترستور [۴]، و حتی کاهش وابستگی بخش‌های مکانیکی و الکتریکی نیروگاهها [۵]، در این زمینه انجام شده است. طراحی پایدارسازهای سیستم قدرت از جمله راهکارهای مقابله با این پدیده است [۶]، که در این راستا روش‌های کنترلی متنوعی نیز به کار گرفته شده است [۷،۸]. در این مقاله در راستای بررسی این پدیده، سیستم تک ماشین متصل به شین بینهایت (مدل استاندارد اول IEEE) مورد مطالعه قرار گرفته است. این سیستم استاندارد شامل ژنراتور، توربین‌های فشار قوی، فشار متوسط و فشار ضعیف به همراه خط انتقال DC موازی با خط انتقال

در اینجا به منظور تحلیل پایداری سیگنال کوچک و بررسی توانایی سیستم قدرت در نگهداری سنکرویزم در مقابل اغتشاش‌های کوچک، بایستی معادلات حاکم بر سیستم خطی شوند، که در این صورت ناپایداری به دو صورت افزایش ماندگار در زاویه روتور یا نوسان روتور با دامنه افزایشی ظاهر می‌گردد [۱]. به عبارت دیگر، چون روتور توربین-ژنراتور، شامل ساختار بسیار پیچیده مکانیکی با چندین جرم غالب (از قبیل روتورهای قسمت‌های توربین، ژنراتور، تزویج‌ها و روتور تحریک‌کننده)، که با محورهایی با سختی محدود به هم وصل شده‌اند می‌باشد بنابراین هنگامی که ژنراتور دچار انحراف می‌شود، نوسان‌هایی پیچشی، بین ناحیه‌های مختلف روتور توربین ژنراتور پدید می‌آید [۳]. در مدل ساده شکل (۳)، سیستم انتقال جریان مستقیم به همراه قسمت کنترلی آن در کنار بلوک‌های مربوط به مجموعه توربین-ژنراتور نمایش داده شده است. در این بلوک دیاگرام دینامیکی، ضرایب به صورت زیر قابل محاسبه می‌باشند [۹، ۱۰].

گشتاور الکتریکی در ماشین سنکرون در حوالی سرعت سنکرون به صورت رابطه (۱) مدل می‌شود.

$$\Delta T_e = H_1 \Delta \delta + H_2 \Delta E'_q + H_3 \Delta \alpha + H_4 \Delta I_R \quad (1)$$

و ضرایب H_1 تا H_4 به صورت زیر می‌باشند.

$$\begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ i_{q0} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_d & F_q \\ Y_d & Y_q \\ T'_d & T'_q \\ Z'_d & Z'_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (X_q - X'_d) i_{q0} \\ E_{q0} + (X_q - X'_d) i_{q0} \end{bmatrix} \quad (2)$$

برای قسمت تحریک در سیستم مورد مطالعه، رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$(1 + sT'_{d0} H_5) \Delta E'_q = H_5 [\Delta E_{fd} - H_6 \Delta \delta - H_7 \Delta \alpha - H_8 \Delta I_R] \quad (3)$$

که در آن:

$$H_5 = \frac{1}{1 + (X_d - X'_d) Y_d} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} H_6 \\ H_7 \\ H_8 \end{bmatrix} = (X_d - X'_d) \begin{bmatrix} F_d \\ T'_d \\ Z'_d \end{bmatrix} \quad (5)$$

ولتاژ شین AC ترمینال ژنراتور به صورت (۶) نشان داده می‌شود.

$$\Delta V_t = H_9 \Delta \delta + H_{10} \Delta E'_q + H_{11} \Delta \alpha + H_{12} \Delta I_R \quad (6)$$

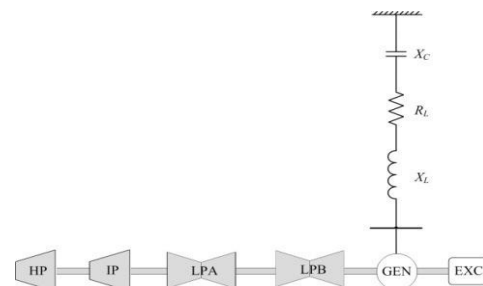
$$\begin{bmatrix} H_9 \\ H_{10} \\ H_{11} \\ H_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ V_{q0} / V_{t0} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} F_d & F_q \\ Y_d & Y_q \\ T'_d & T'_q \\ Z'_d & Z'_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -X'_d \frac{V_{q0}}{V_{t0}} \\ X_q \frac{V_{d0}}{V_{t0}} \end{bmatrix} \quad (7)$$

در طرف یکسوکننده خط DC، رابطه زیر مبین عملکرد آن است.

AC می‌باشد که سیستم‌های مکمل تحریک و گاورنر را هم شامل می‌گردد. در قسمت دوم این مقاله، سیستم قدرت مورد مطالعه به همراه معادلات و نمودار بلوکی ارائه می‌گردد؛ نتایج شبیه‌سازی سیستم مورد مطالعه و همچنین پایداری‌سازهای طراحی شده ژنتیکی و فازی در قسمت سوم نشان داده می‌شود. در نهایت نتایج حاصل از این مقاله در قسمت چهارم بیان می‌گردد.

۲- سیستم قدرت تک ماشینه متصل به شین بینهایت به همراه خطوط انتقال AC و DC

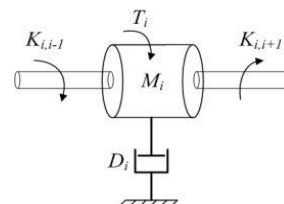
شکل (۱)، سیستم مورد مطالعه که شامل خطوط انتقال و یک توربین-ژنراتور متصل به یک سیستم بزرگ است را نشان می‌دهد.



شکل (۱): مجموعه توربین-ژنراتور به همراه خط DC موازی با خط AC متصل به شین بینهایت

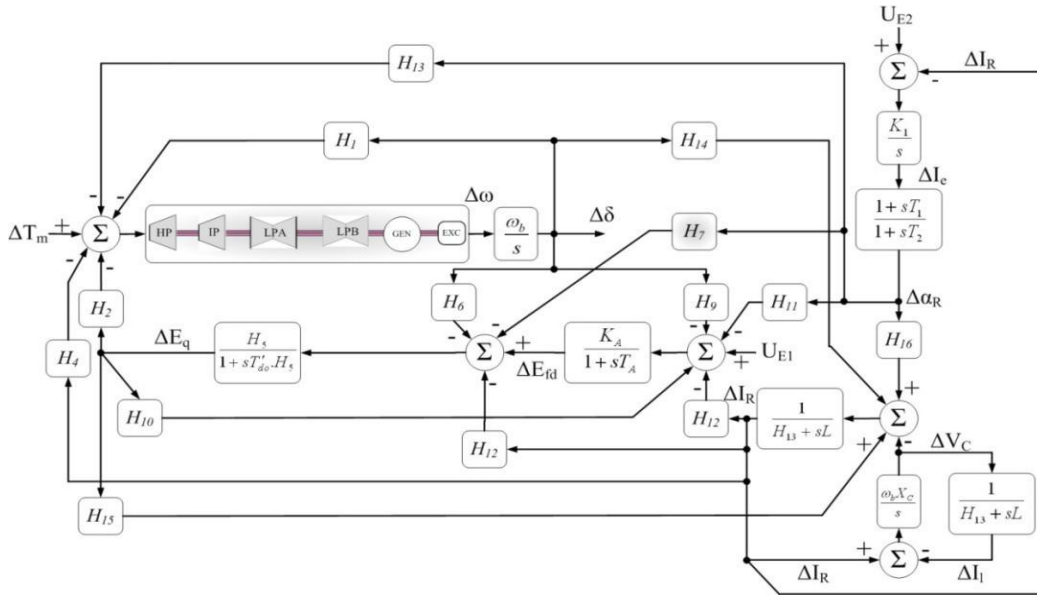
Fig. (1): A collection of turbin- generator with DC line parallel with AC line connected to an infinite sheen

محور سیستم مربوط به واحد توربین-ژنراتور سیستم شکل (۱)، شامل یک توربین فشار قوی (HP)، یک توربین فشار متوسط (IP)، دو توربین فشار ضعیف (LPA) و (LPB)، روتور ژنراتور (GEN) و سیستم تحریک (EXC) است. روتور یک واحد تولید حرارتی، خود سیستم مکانیکی پیچیده‌ای است. روتور ممکن است مجموعاً بیش از 50 متر طول و صدها تن وزن داشته باشد و از قسمت‌های تراشکاری شده محوری با اندازه‌های مختلف و تزویج‌هایی تشکیل شده باشد که یا یکپارچه هستند و یا دارای قسمت‌های کوچکتری می‌باشند که به روتور محکم شده‌اند [۹]. در شکل (۲) مدل جرم N سیستم N جرمی که در محور توربین مصداق دارد نمایش داده شده است.



شکل (۲): i امین جرم از یک سیستم N جرم و فنر در محور

Fig. (2): The i -th mass of an N masses and springs on the axis



شکل (۳): مدل سیستم تک ماشین متصل به شین بینهایت به همراه خط HVDC [۱۰]
 Fig. (3): A single machine system model connected to an infinite sheen with HVDC line [10]

$$\frac{M_G}{\omega_0} \frac{d\omega}{dt} = -T_e + K_{GB}(\delta_B - \delta) - K_{EG}(\delta - \delta_E) - \frac{D_G}{\omega_0}(\omega - \omega_0)$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_0$$

$$\frac{M_B}{\omega_0} \frac{d\omega_B}{dt} = \frac{\omega_0}{\omega_B} P_A + K_{BA}(\delta_A - \delta_B) - K_{GB}(\delta_B - \delta) - \frac{D_B}{\omega_0}(\omega_B - \omega_0)$$

$$\frac{d\delta_B}{dt} = \omega_B - \omega_0$$

$$\frac{M_A}{\omega_0} \frac{d\omega_A}{dt} = \frac{\omega_0}{\omega_A} P_A + K_{AI}(\delta_I - \delta_A) - K_{BA}(\delta_A - \delta_B) - \frac{D_A}{\omega_0}(\omega_A - \omega_0)$$

$$\frac{d\delta_A}{dt} = \omega_A - \omega_0$$

$$\frac{M_I}{\omega_0} \frac{d\omega_I}{dt} = \frac{\omega_0}{\omega_I} P_I + K_{IH}(\delta_H - \delta_I) - K_{AI}(\delta_I - \delta_A) - \frac{D_I}{\omega_0}(\omega_I - \omega_0)$$

$$\frac{d\delta_I}{dt} = \omega_I - \omega_0$$

$$\frac{M_H}{\omega_0} \frac{d\omega_H}{dt} = \frac{\omega_0}{\omega_H} P_H + K_{IH}(\delta_H - \delta_I) - K_{IH}(\delta_H - \delta_I) - \frac{D_H}{\omega_0}(\omega_H - \omega_0)$$

$$\frac{d\delta_H}{dt} = \omega_H - \omega_0 \quad (۱۴)$$

۳- نتایج شبیه سازی

در راستای بررسی پایداری سیستم تک ماشینه در مواجه با اغتشاش، عملکرد سیستم مورد مطالعه که شامل توربین فشار قوی، توربین با فشار متوسط، توربین‌های فشار ضعیف و در نهایت ژنراتور و سیستم تحریک می‌باشد در برابر اضافه بار ده درصدی ارزیابی می‌شود و تنش‌هایی که روی قسمت‌های مختلف محور وارد می‌شوند بررسی می‌گردند. با درخواست اضافه بار 10 درصدی در سیستم تک ماشینه به این علت

$$\Delta I_R = \frac{1}{sL + H_{13}} [H_{14}\Delta\delta + H_{15}\Delta E'_q + H_{16}\Delta\alpha_R - \Delta V_C] \quad (۸)$$

که در آن:

$$H_{13} = R + \frac{3}{\pi} X_{co} - \frac{3\sqrt{3}}{\pi n_R} H_{12} \cos \alpha_{R0} \quad (۹)$$

$$\begin{bmatrix} H_{14} \\ H_{15} \\ H_{16} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -3K_r V_{t0} \sin \alpha_{R0} \end{bmatrix} + \frac{3\sqrt{3}}{\pi n_R} \cos \alpha_{R0} \begin{bmatrix} H_9 \\ H_{10} \\ H_{11} \end{bmatrix} \quad (۱۰)$$

همچنین کنترل کننده حلقه بسته ولتاژ ژنراتور به صورت معادله (۱۱) استفاده می‌شود.

$$\Delta E_{fd} = \frac{K_A}{1+sT_A} (U_{E1} - \Delta V_t) \quad (۱۱)$$

و در راستای کنترل جریان سیستم HVDC از مبدل یکسوکننده کمک گرفته می‌شود که با پیاده‌سازی این کنترل کننده دو متغیر حالت به صورت زیر به سیستم افزوده می‌شود.

$$\Delta\alpha = \frac{(1+sT_1)}{(1+sT_2)} \Delta I_e \quad (۱۲)$$

$$\Delta I_e = \frac{K_1}{s} (U_{E2} - \Delta I_R) \quad (۱۳)$$

ورودی‌های U_{E1} و U_{E2} سیگنال‌های خارجی در مدل ارائه شده می‌باشند. برای قسمت مکانیکی سیستم مورد مطالعه از مجموعه روابط (۱۴) استفاده می‌شود [۱۱].

$$\frac{M_E}{\omega_0} \frac{d\omega_E}{dt} = K_{EG}(\delta - \delta_E) - \frac{D_E}{\omega_0}(\omega_E - \omega_0)$$

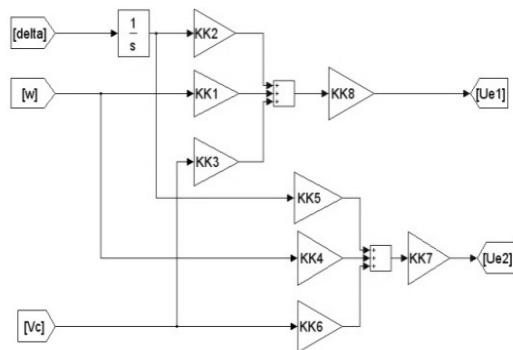
$$\frac{d\delta_E}{dt} = \omega_E - \omega_0$$

الف- پایدار ساز نوین ژنتیکی

در طراحی پایدار ساز قدرت از عوامل مختلف سیستم که بیشترین تاثیر را در بهبود پایداری سیستم دارند در ورودی سیستم تحریک ولتاژ و سیستم کنترلی شبکه انتقال جریان مستقیم استفاده شده است [۳]. ساختار این پایدار ساز، در شکل (۵) نمایش داده شده است، که دو تابع کنترلی برای دو ورودی U_{e1} و U_{e2} را به صورت رابطه (۱۵) فراهم می نماید.

$$U_{e1} = KK_8 \left[KK_1 \Delta\omega + KK_2 \frac{\Delta\delta}{s} + KK_3 \Delta V_C \right] \quad (15)$$

$$U_{e2} = KK_7 \left[KK_4 \Delta\omega + KK_5 \frac{\Delta\delta}{s} + KK_6 \Delta V_C \right] \quad (16)$$

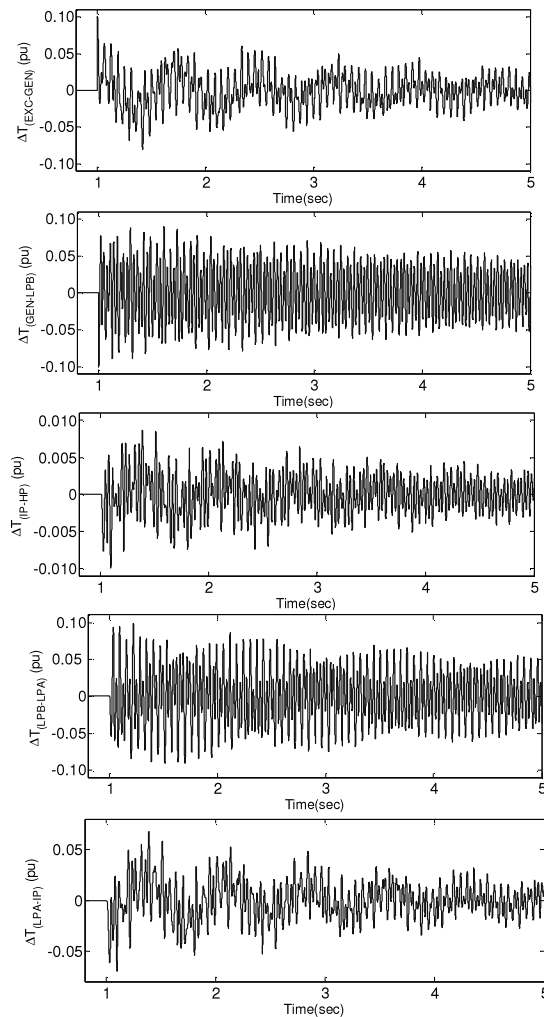


شکل (۵): نمودار بلوکی کنترل کننده های خط انتقال جریان مستقیم موازی و سیستم تحریک (پایدار ساز طراحی شده)

Fig. (5): The bloc diagram of the DC current parallel lines controllers and the existing systems (the designed stabiliser)

در این نوع پایدار ساز ترکیبی جدید، از تاثیر پارامترهای مختلف سیستم بهره گرفته شده است. در این پایدار ساز به منظور تنظیم بهره های تاثیر گذاری هر پارامتر، از الگوریتم ژنتیک استفاده می شود. الگوریتم ژنتیک به عنوان یکی از روش های تکامل طبیعی که برای بهینه سازی سیستم های کنترل از دیر باز مورد توجه محققین بوده است، شناخته شده است [۱۲]. در این روش پارامترهای سیستم کنترل که در این سیستم همان بهره های تاثیر گذاری پارامترهای سیستم در پایدار ساز هستند به عنوان ژن های یک کروموزوم در نظر گرفته می شود که تشکیل یک جمعیت تصادفی از کروموزوم های مختلف می دهند. با استفاده از روش های ارتقاء نسل به بهترین پاسخی که تابع هدف کمینه را محقق می کند، بهترین مقادیر بهره برای تاثیر گذاری پارامترهای مختلف سیستم به دست می آید. شکل (۶)، عملکرد الگوریتم ژنتیک در بهینه سازی پارامترهای KK_1 تا KK_8 در تاثیر پذیری پایدار ساز از پارامترهای کنترلی (ω و V_C) و همچنین میزان تاثیر اعمالی کنترل کننده در ورودی های سیستم را نشان می دهد [۳]. در تابع هدف فرایند بهینه سازی کاهش زمان رسیدن به میرایی کمتر از 0.01 در واحد، و همچنین کاهش پوش تنش های پیچشی در محور در مدت مذکور در نظر گرفته شده است.

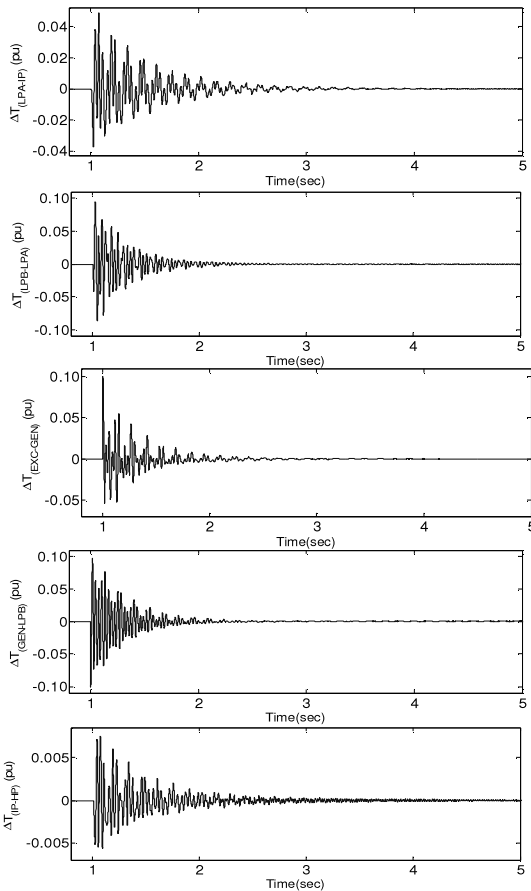
که کل تامین بار ناچاراً توسط یک منبع تولیدی بایستی انجام گیرد، ناگهان با باز شدن ناگهانی دریچه های بخار ورودی به توربین ها، انتظار می رود تنش های بزرگی به محور روتور سیستم تولید وارد شود که در شکل (۴) نشان داده شده است. در این شکل نیروهای چرخشی که به هر قسمت از محور وارد می شود پس از اضافه بار به صورت نوسانات شدید مشهود است که در مدت حضور طولانی این گشتاورهای چرخشی، از عمر مفید محور توربین-ژنراتور کاسته می شود.



شکل (۴): تنش های چرخشی روی قسمت های مختلف محور توربین-ژنراتور پس از درخواست اضافه بار

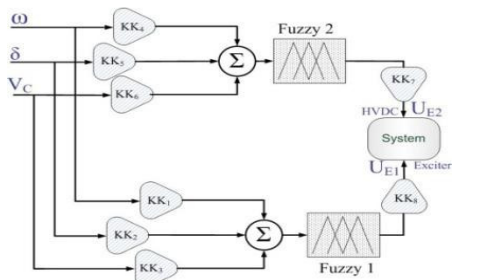
Fig. (4): The torsion tensions on various parts of turbine-generator axis after overload demand

با ملاحظه نتایج بالا در سیستم قدرت مورد آزمایش مشاهده می گردد که سیستم دچار نوسانات شدید در محور می گردد که این تنش ها به مدت بیش از 5 ثانیه حضور دارند. در این مقاله برای کنترل و میراسازی تنش های وارد بر محور توربین-ژنراتور در اثر بروز چنین اغتشاشاتی، از یک پایدار ساز سیستم قدرت نوین کمک گرفته شده است.



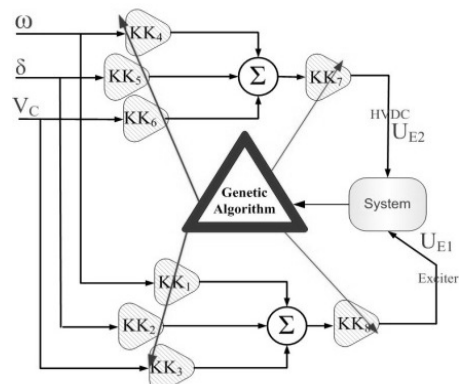
شکل (۷): نوسانات پیچشی روی بخش‌های مختلف محور توربین-ژنراتور با استفاده از پایدارساز ژنتیکی پس از اضافه بار

Fig. (7): The torsion oscillations on the various parts of the turbine-generator axis using a genetic stabilizer after over load



شکل (۸): بلوک دیاگرام سیستم پایدارساز فازی نوین
Fig. (8): The block diagram of a new fuzzy system stabilizer

در این بلوک فازی یک ورودی با ۵ تابع عضویت به صورتی که در شکل (۹) نمایش داده شده است، در نظر گرفته شده است و برای قسمت خروجی این بلوک کنترل کننده فازی از ۳ تابع عضویت شکل (۱۰)، بهره گرفته شده است. انتخاب تعداد توابع عضویت و همچنین ساختار تناسبی این بلوک کنترلی بر اساس اطلاعات شخص خبیره و نتایج قبلی در طراحی پایدارساز که از نوع اطلاعات تجربه‌ای است انجام گرفته است؛ همچنین قابلیت انعطاف این کنترل کننده، با تغییر مقادیر بهره‌های تأثیرگذاری، فراهم گردیده است.



شکل (۶): بلوک دیاگرام سیستم پایدارساز ژنتیکی نوین
Fig. (6): The block diagram of a new genetic stabilising system

در صورتی که مقادیر بهره‌های اعمال تأثیر پارامترهای کنترلی که در جدول (۱) نشان داده شده است، استفاده شوند نتایج ارائه شده در شکل (۷) حاصل می‌گردد. با حضور پایدارساز ژنتیکی نوین طراحی شده، تنش‌های روی محور توربین-ژنراتور در مدتی کمتر از ۳ ثانیه میرا می‌شوند.

Table (1): The coefficients of gain controller in the new genetic stabiliser

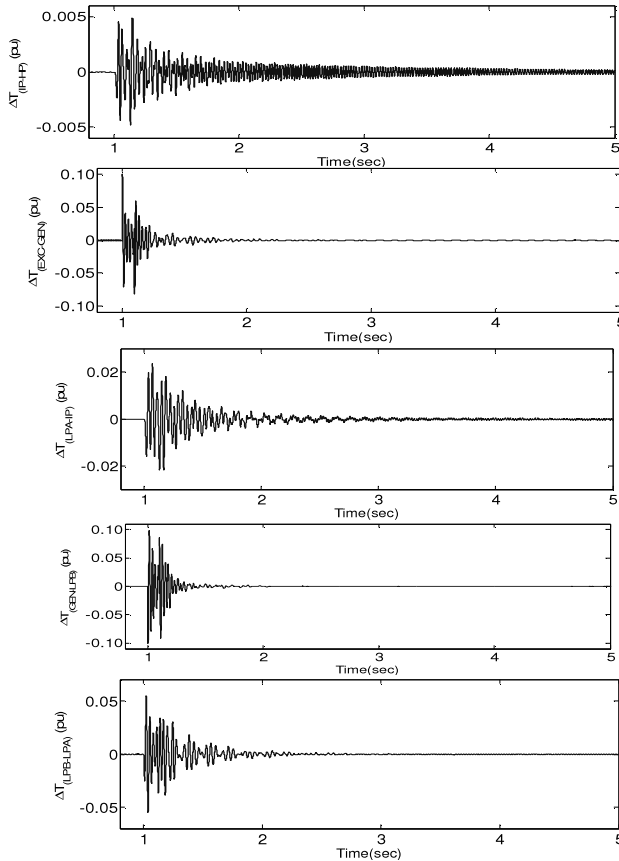
جدول (۱): ضرایب بهره کنترلی در پایدارساز ژنتیکی نوین

Gains Parameters
KK1=0.7502, KK2=1.0557, KK3=0.5760
KK4=2.7202, KK5=1.3829, KK6=0.9806
KK7=0.9480, KK8=48.924

ب- پایدار ساز ترکیبی فازی

در حالی که کنترل مدرن دارای جایگاه مطلوبی در کاربردهای عملی می‌باشد، کنترل کننده‌های فازی نیز به سرعت جایگاه مناسبی را نزد مهندسان کنترل و همچنین در کاربردهای عملی، پیدا کرده‌اند. منطق فازی در حقیقت ابزار قدرتمندی است که به مهندسان این اجازه را می‌دهد تا استدلال‌های انسانی را در الگوریتم‌های کنترلی دخالت دهند. بهبود سریع ایجاد شده در تحلیل توانایی‌های کنترل مدرن و کنترل دیجیتال سبب پیدایش این حقیقت شده است که طراحی کنترل کننده‌های فازی در برخی زمینه‌های کنترل صنعتی، بسیار کارآمد می‌باشد [۱۳]. از مهمترین ویژگی‌های روش کنترل فازی، توانایی منطق فازی در درک کیفی از دینامیک‌های سیستم و اجرای این ایده‌های کیفی، به صورت همزمان، برای سیستم‌های قدرت می‌باشد. در سیستم مورد مطالعه شکل (۳)، برای بررسی تأثیر روش منطق فازی در بهبود پایداری سیستم، برای پایدارساز قدرت طراحی شده در شکل (۵)، دو بلوک کنترل فازی تناسبی به صورت شکل (۸)، در نظر گرفته می‌شود [۳].

طراحی شده قدرت میراسازی بیشتری را در کاهش زمان حضور تنش‌ها روی محور دارد. این تنش‌ها که در محل فلنج‌های محور توربین-ژنراتور نمایش داده شده است با حضور خود از عمر مفید محور می‌کاهد و حتی امکان شکست در قسمت‌های مختلف محور، مخصوصاً بین توربین‌های فشار قوی و فشار متوسط را تشدید می‌کند که این پدیده با حضور پایدارساز طراحی شده تاثیر سوء کمتری را خواهد داشت.

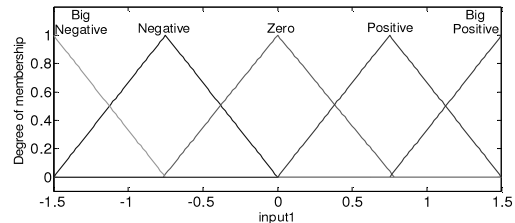


شکل (۱۱): نوسانات پیچشی روی بخش‌های مختلف محور توربین-ژنراتور با استفاده از پایدارساز فازی پس از اضافه بار

Fig. (11): The torsion oscillations on the various parts of turbine-generator using fuzzy stabilizer after over load

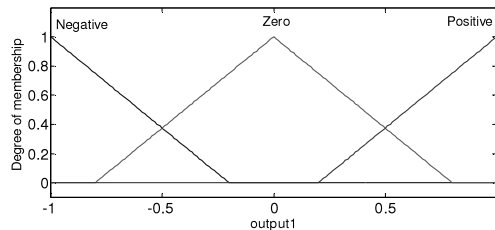
۴- نتیجه گیری

اغتشاشاتی همانند اتصال کوتاه، قطع بار یا اضافه بار از جمله پدیده‌هایی هستند که همیشه سیستم‌های قدرت و عملکرد پایدار آنها را تهدید می‌نمایند. از اثرات این پدیده‌ها، تنش‌های پیچشی حاصل از عملکرد گاورنر و دیگر تجهیزات وابسته بر روی محور توربین-ژنراتور واحدهای تولیدی است. این تنش‌ها با حضور خود از عمر مفید محور توربین-ژنراتور می‌کاهد. در این مقاله با طراحی پایدارسازی نوین بر اساس روش‌های مدرن کنترلی الگوریتم ژنتیک و منطق فازی تنش‌های حاصل از اضافه بار در سیستم کنترل شده است. در این راه پایدارساز فازی نوین طراحی شده، از تاثیر خوبی در میراسازی تنش‌های روی محور برخوردار است.



شکل (۹): توابع عضویت ورودی کنترل کننده فازی

Fig. (9): The input membership functions of fuzzy controller



شکل (۱۰): توابع عضویت خروجی کنترل کننده فازی

Fig. (10): The output membership functions of fuzzy controller

نحوه تصمیم‌گیری در این کنترل کننده بر اساس مجموعه قوانینی که در جدول (۲) نشان داده شده است انجام می‌گیرد. مقادیر بهره‌های موثر در پایدارساز فازی شکل (۸) در جدول (۳) نشان داده شده است.

Table (2): The collection of fuzzy laws in the combined fuzzy stabilizer

جدول (۲): مجموعه قوانین فازی در پایدارساز ترکیبی فازی

قوانین فازی در پایگاه قوانین فازی	
1.	If (input1 is Big Negative) then (output1 is Negative)
2.	If (input1 is Negative) then (output1 is Negative)
3.	If (input1 is Zero) then (output1 is Zero)
4.	If (input1 is Positive) then (output1 is Positive)
5.	If (input1 is Big Positive) then (output1 is Positive)

Table (3): The coefficients of gain control in the combined fuzzy stabilizer

جدول (۳): ضرایب بهره کنترلی در پایدارساز ترکیبی فازی

Gain fuzzy	
KK1=0.7500,	KK2=1.0560,
KK3=0.0005	
KK4=0.0272,	KK5=0.0013,
KK6=0.0009	
KK7=47.400,	KK8=0.0245

تاثیر منطق فازی در کنترل پایدارساز ترکیبی طراحی شده با توابع عضویت و قوانین فازی ارائه شده، در شکل (۱۱) میراسازی تنش‌های تحمیلی بر محور توربین-ژنراتور نمایش داده شده است. چنانچه ملاحظه می‌شو، پایدارساز ترکیبی فازی نیز همانند پایدارساز ژنتیکی طراحی شده، از توانایی خوبی در کنترل تنش‌هایی که در اثر بروز اغتشاش در سیستم وارد می‌شود برخوردار است. همانگونه که از نتایج ارائه شده در شکل‌های (۷) و (۱۱) مشخص می‌باشد، پایدارساز فازی

References

- [1] P. Kundur, "Power system stability and control", McGraw-hill, 1994.
- [2] P. Pourbeik, D.G. Ramey, N. Abi-Samra, D. Brooks, A. Gaikwad, "Vulnerability of large steam turbine generators to torsional interactions during electrical grid disturbances", IEEE Trans. on Pow. Sys., Vol.22, Issue 3, pp.1250 – 1258. Aug. 2007.
- [3] M. Bayati Poudeh, "Sub-synchronous oscillations in power system and damping them with controller over High Voltage Direct Current (HVDC)", M.S. Thesis, IAUN, Iran, 2008.
- [4] M.K. Donnelly, J.R. Smith, R.M. Johnson, J.F. Hauer, R.W. Brush, R. Adapa, "Control of a dynamic brake to reduce turbine-generator shaft transient torques", IEEE Trans. on Pow. Sys., Vol.8, Issue 1, pp.67 – 73, 1993.
- [5] M.R. Iravani, "A method for reducing transient torsional stresses of turbine-generator shaft segments", IEEE Trans. on Pow. Sys., Vol.7, Issue 1, pp.20 – 27, 1992.
- [6] A. Murdoch, S. Venkatarman, J.J. Sanchez-Gasca, R.A. Lawson, "Practical application considerations for power system stabilizer (PSS) controls", IEEE Pow. Engi. Soci., Vol.1, pp.83 – 87, 1999.
- [7] R.E. Beaulieu, M.E. Coultes, "Suitability of excitation systems for power system stabilizer application", IEEE Pow. Engi. Soci., Vol.3, 2003.
- [8] R. Asgharian, "A robust H_{∞} power system stabilizer with no adverse effect on shaft torsional modes", IEEE Trans. on Ene. Conv., Vol.9, Issue 3, pp.475 – 481, 1994.
- [9] H.R. Najafi, F. Robinson, A. Shoulaie, "Novel dynamic modelling of parallel HVAC/HVDC system", 39th Inter. Univ. Pow. Engi. Conf., UPEC 2004, Vol.3, pp.1160–1165, 2004.
- [10] A. Shoulaie, Gh. Shahgholian, M. Bayati Poodeh, "Damping the oscillation in an HVDC/HVAC system with a GA-controller", Inte. Conf. on Pow. Cont. and Opti. (PCO 2008).
- [11] Y.N. Yu, "Electric power system dynamics", ACADEMIC PRESS, INC., 1983.
- [12] R.L. Haupt, S.E. Haupt, "Practical genetic algorithms", New York, 2004.
- [13] T. Terano, K. Asai, M. Sugeno, "Applied fuzzy systems", Academic Press Inc., pp.86-93, 1994.

رزومه



عباس شولائی متولد اصفهان، در دانشگاه علم و صنعت ایران در سال ۱۳۵۲ مدرک کارشناسی را اخذ کرده و در سال ۱۳۶۰ و ۱۳۶۳ به ترتیب موفق به دریافت مدارج کارشناسی ارشد و دکترا از دانشگاه مون پلیه کشور فرانسه شد. وی در سال ۱۳۷۵ در جشنواره خوارزمی مقام سوم در تحقیقات کاربردی را به خاطر پروژه ۲۵ کیلو ولت HVDC کسب و برنده کتاب برتر سال ۱۳۷۹ (الکترونیک قدرت) گردید. علایق تحقیقاتی وی در زمینه الکترونیک قدرت و سیستم‌های مغناطیسی و موتورهای خطی و همچنین سیستم‌های HVDC می‌باشد.



محمد بیاتی پوده متولد شهر اصفهان بوده و تحصیلات کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را در دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد اصفهان در رشته برق گرایش قدرت به ترتیب در سالهای ۱۳۸۴ و ۱۳۸۷ به اتمام رسانیده است. تحقیقات او در زمینه کنترل سیستم‌های قدرت و بررسی پایداری و نوسانات زیر سنکرون می‌باشد. وی همچنین علاقمند به تحقیق در زمینه تاثیر ادوات Facts با به کارگیری روش‌های کنترلی هوشمند و مدرن در زمینه میراسازی نوسانات سیستم قدرت می‌باشد.



غزنفر شاهقلیان (متولد آذر ماه سال ۱۳۴۷ شهر اصفهان) دارای دکتری تخصصی در رشته مهندسی برق - قدرت از دانشگاه علوم و تحقیقات در سال ۱۳۸۵ می‌باشد. وی دوره کارشناسی و کارشناسی ارشد خود را نیز در رشته مهندسی برق - قدرت در سال ۱۳۷۰ و ۱۳۷۳ به ترتیب در دانشگاه صنعتی اصفهان و دانشگاه تبریز به پایان رسانده است. زمینه تخصصی الکترونیک قدرت، دینامیک سیستم، ماشینهای الکتریکی، کنترل و شبیه‌سازی سیستمها می‌باشد. از ایشان تاکنون بیش از پنجاه مقاله علمی در کنفرانسهای ملی و بین‌المللی و مجلات معتبر چاپ شده است. چاپ هشت کتاب در زمینه‌های مدارهای الکتریکی، ماشینهای الکتریکی و بررسی سیستمهای قدرت و ارائه چند طرح تحقیقاتی از دیگر فعالیت‌های علمی ایشان می‌باشد.

