حهارمین کنفرانس ملی ایده مای نو در مهندسی برق



۲۰وا ۲۲ بان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آ زاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسکان)



بهبودحفاظت LOE` با استفاده از روش SVM`و تاثیرات آن در پایداری سیستم قدرت

محمد پاپری'، سیروس محمدی'

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد مهندس برق دانشگاه آزاد واحد یاسوج، m_Papari90@yahoo.com ^۲عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی برق واحد یاسوج، Sirusjozar@gmail.com

چکیده – دراین مقاله روشی مبتنی بر ترکیب شبکه عصبی ماشین بردار پشتیبان با آنتروپی ویژه ویولت برای تشخیص و تفکیک خطای از دست رفتن تحریک در ژنراتورهای سنکرون ارائه شده است. این روش از ویژگیهای تبدیل ویولت، تجزیه مقادیر ویژه و آنتروپی شانون جهت استخراج ویژگی و تعریف شاخصههای ورودی شبکه عصبی استفاده میکند. متغییر های ورودی استفاده شده در این روش از اندازهگیری ولتاژ و جریان و توان اکتیو و راکتیو ترمینال خروجی ژنراتور برای هر سه فاز بدست می آید. در این مقاله دقت تفکیک و سرعت عملکرد این الگوریتم در تشخیص خطای از دست رفتن تحریک از دیگر خطاهای خارجی شبکه مورد بحث و بررسی قرار میگیرد.

کلید واژه- استخراج ویژگی، از دست رفتن تحریک، تبدیل موجک گسسته، ماشین بردار پشتیبان، آنتروپی شانون.

۱– مقدمه

یکی از مهمترین خطاهای سیسستم تحریک از دست رفتن تحریک (LOE) میباشد. این پدیده باعث میگردد ژنراتور از حالت سنکرون خارج و تبدیل به ماشین القایی گردد و توان راکتیو زیادی را جذب کند که باعث صدمات زیادی به ژنراتور و ناپایداری شبکه قدرت می گردد.[1].

با توجه به اینکه تشخیص سریع و همچنین عملکرد سیستم حفاظتی در مواجه با پدیده LOE مهمترین مساله در حفظ پایداری سیستم قدرت میباشد، لذا تحقیقات و مقالات زیادی در رابطه با تشخیص فالت LOE و تفکیک فالتهای خارجی از فالت LOE به منظور جلوگیری از عملکرد اشتباه رلههای حفاظتی صورت گرفته است. فالت LOE به طور سنتی بر اساس امپدانس اندازه گیری شده در خروجی ترمینال ژنراتور مشخص میشود و رله مربوط با توجه به خط سیر این امپدانس و زمان تنظیم شده عکس العمل نشان می دهد [2]. در سال ۱۹۴۹ شرکت جنرال الکتریک روش مهو تک زونه جهت شناسایی فالت LOE و تنظیم رلههای حفاظتی ارائه داد [2]. در اندک زمانی شرکت و

ستینگ هوس از ترکیب روش مهو تک زونه با یک المنت حفاظتی دایرکشنال در رلههای خود استفاده کرد[3].

استفاده از روش امپدانس این عیب را داشت که رله LOE نسبت به بعضی از نوسانات توان سیستم که در زون عملکرد رله قرار می گرفت، عکسالعمل نشان میداد. جهت رفع این عیب در سال ۱۹۷۵ جنرال الکتریک از یک زون امپدانس اضافی دیگر با یک زمان کوردینیشن استفاده کرد[3]. در سال ۱۹۷۹ شرکت اونتاریو هایدرو با ترکیب یک المان under voltage در مدارهای ac

در شرکت زیمنس از ادمیتانس به جای امپدانس استفاده گردید[5].

بعضی از تحقیقات دیگر از روش توان راکتیو و یک زمان تاخیر جهت تعیین LOE استفاده گردید[6]. تحقیقات دیگری از اندازه گیری شار در فاصله هوایی ماشین جهت شناسایی LOE استفاده گردیده است[7]. همچنین در سالهای اخیر از تکنیکهای استفاده گردیده است[7]. همچنین در سالهای اخیر از تکنیکهای مدرن دیجیتال مانند: منطق فازی، شبکههای عصبی و تکنیک جمع آوری نمونه وروش فیلتر کردن تطبیقی استفاده گردیده است.



جهارمین کنفرانس ملی ایده مای نو در مهند سی برق



۲۰وا ۲ بان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسکان)

در سال ۲۰۰۹ از روش شبکه عصبی جهت شناسایی LOE استفاده گردید در این روش متغیرهای ورودی شامل ولتاژ تحریک و توان اکتیو بوده که دقت این روش ۹۹٪ است[8].

در سال ۲۰۱۰ از روش منطق فازی جهت شناسایی فالت LOE استفاده گردید که متغیر ورودی امپدانس ظاهری و ولتاژ ترمینال بوده است. یک سری قانون از رفتار این متغیر های در شرایط LOE شناسایی و استفاده می گردد که دقت این روش ۱۰۰٪ است[9].

در سال ۲۰۱۱ یک روش دینامیکی تغییر قطر مشخصه زون مهو بوسیله تخمین زدن یک منبع امپدانس معادل ارائه شد[10].

در سال ۲۰۱۲ روش دیگر با استفاده از شبکه عصبی SVM ارائه گردید[11]. تکنیکی جدیدی که در این مقاله استفاده شده است مبتنی بر ترکیب ویژگی و کاربردهای تبدیل ویولت[12] و تجزیه مقادیر ویژه[13] و شبکه عصبی [14] میباشد این ترکیب سبب ایجاد روشی موثر با سرعت عملکرد بالا در تشخیص خطا شده است. در این روش از شکل موجهای جریان، ولتاژ، توان اکتیو و راکتیو در شین خروجی ژنراتور نمونهبرداری شده و با استفاده از تبدیل ویولت آنالیز شده و ماتریس ضرایب با استفاده از بدست میآیند سپس مقادیر ویژه ماتریس ضرایب با استفاده از تجزیه مقادیر ویژه بدست میآید در آخر چهار شاخص بعنوان ورودی شبکه عصبی جهت تشخیص خطا مطابق فرمول زیر محاسبه میشوند.

ادامه مقاله بدین شکل سازمان یافته است در قسمت ۲ تبدیل ویولت و تجزیهsvd و شبکه عصبی مورد بررسی قرار گرفته است مدلسازی و شبیهسازی سیستم بهمراه نتایج در قسمت ۳ بیان شده است و در قسمت ۴ نتایج نهایی بیان شده است.

۲- تبدیل ویولت

تبدیل ویولت یکی از پرکاربردترین تبدیلات در حوزه پردازش به خصوص پردازش سیگنال و تصویر میباشد. معمولا تبدیل ویولت یک سیگنال گذرا، بوسیله یک الگوریتم سریع تجزیه چند رزولوشنه ارائه میشود، که از آن جهت تجزیه سیگنال، به مولفههایی با مقیاسهای مختلف بکار برده میشود. از کاربردهای مهم تبدیل ویولت میتوان به استخراج ویژگی به منظور تصمیم

گیری، انتقال و تحلیل اطلاعات و همچنین فیلترینگ جهت فشرده سازی اطلاعات نام برد.

تبدیل ویولت پیوسته برای سیگنال S_(t) با توجه به ویولت مادر Ψ_(t) بصورت زیر بیان میشود:

$$W_{\tau,m}(t) = \frac{1}{\sqrt{m}} \int_{-\infty}^{+\infty} S(t) \Psi\left(\frac{t-\tau}{m}\right) dt \qquad (1)$$

که m فاکتور مقیاس و τ فاکتور تبدیل میباشد. ضرایب تبدیل ویولت نیز بصورت زیر بیان میشود:

 $C(m, \tau) = \int_{0}^{+\infty} S(t) W'_{\tau,m}(t) dt$ (2)

در کل، تبدیل ویولت شامل جفتهای متوالی از فیلترهای باند بالا و پایین میباشد. مولفههای مقیاس بالا و فرکانس پایین و تقریب نامیده میشوند، در حالی که مولفههای مقیاس پایین و فرکانس بالا جزئیات نامیده میشوند. جزئیات و تقریبها ماتریس ضرایب تبدیل ویولت را که ما به آن احتیاج داریم را تشکیل میدهد.

۲-۲- تجزیه مقادیر ویژه:

بر اساس تجزیه مقادیر ویژه، برای ماتریس $A_{m^{*n}}$ ، یک ماتریس $U_{m^{*r}}$ و یک ماتریس متعامد $V_{m^{*r}}$ و یک ماتریس متعامد $D_{m^{*r}}$ و یک ماتریس قطری $D_{r^{*r}}$ وجود دارد که ماتریس A بطور معادل در فرم تجزیه مقادیر ویژه به شکل زیر بیان می شود [۲]. در متلب از کد (A) (A) جهت تجزیه ماتریس A استفاده می شود.

که

$$D = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_i & \vdots \\ \vdots & \lambda_i & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \lambda_r \end{bmatrix} ; i = 1, \dots, r$$
(3)

A مقادیر ویژه ماتریس λ مقادیر ویژه ماتریس A نامیده میشوند. مقادیر ویژه همگی اعدادی مثبت میباشند و به صورت کاهشی مرتب شدهاند.

$$(\lambda_1 \geq \ldots \geq \lambda_{r-1} \geq \lambda_r > 0)$$

حهارمین کنفرانس ملی ایده مای نو در مهندسی برق





۲۰و۲۱ بان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسکان)

۲-۳-آنتروپی شانون:

آنتروپی شانون در دامنه زمان یک اندازه از سیگنال یا خطای تخمینی سیستم می باشد. بر اساس طیف آنتروپی، آنتروپی شانون می تواند بعنوان یک اندازه گیر سیگنال بکار گرفته شود. بنابراین، آنالیز ویولت بر اساس اندازه گیری آنتروپی ویولت می تواند بر پیچید گی سیگنال گذرا در دو دامنه فرکانس و زمان دلالت کند.

جهت بدست آوردن آنتروپی آرایه مقادیر ویژه، بایستی احتمال P_i با توجه به مقادیر ویژه *λ*_i همانطور که در ادامه تعریف شده است، بدست آید.

$$\mathbf{P}_{\mathbf{i}} = \frac{\lambda_{\mathbf{i}}}{\sum_{j=1}^{r} \lambda_{j}} \tag{4}$$

در آخر، آنتروپی ویژه ویولت (S(t توسط آنتروپی شانون به صورت زیر حاصل میشود.

$$H = -\sum_{i=1}^{r} (P_i * \ln P_i)$$
 (5)

جهت شاخصهای ولتاژ و جریان ابتدا آنتروپی شانون هر فاز را بطور جداگانه محاسبه نموده و سپس آنتروپی شانون کل با جمع آنتروپی شانون هر سه فاز بعنوان شاخص وروردی SVM محاسبه می شود.

۲-۴- مدل شبیهسازی

مدل شامل ژنراتور سنکرون قطب برجسته که بوسیله ترانس به شین بینهایت وصل شده است نظر این مدل در نرم افزار متلب شبیهسازی شده است.

در لحظه وقوع خطا از سیگنالهای جریان و ولتاژ و توان اکتیو و راکتیو شین خروجی ژنراتور نمونهبرداری می شود مدل با انواع خطاها و با بارهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است در این مقاله از ویولت سطح ۴ با ویولت مادر haar استفاده شده است جهت طراحی شبکه عصبی svm از کرنل rbf با سیگما ۴٫۰ و جهت حل مسئله بهینهسازی از روشqp استفاده شده است. جهت و امانه بهینه سازی از موشqp استفاده شده نوسانات توان شبکه استفاده شده است جهت تولید نوسانات توان یک خطای سه فاز در شین خروجی ژنراتور در زمان ۰=t بوجود آورده خطا در حدود ۲ ثانیه ادامه دارد جهت بوجود آوردن شرایط lof در زمان ۴=t ناگهان خروجی سیستم تحریک را قطع می کنیم. مجموعا ۱۲۰۰داده جهت training بدست می آید که

۲۰۰ داده مربوط به شرایطloe میباشد و ۱۰۰۰ داده مربوط به نوسان توان در پی خطای سه فاز به زمین میباشد.

جهت تست شبکه عصبی از خطاهای تک فاز با زمین دوفاز به زمین و فاز به فاز استفاده شده است این شبکه با بارهای اولیه مختلف ۴۰٪ و ۶۰٪ نیز تست شده است. همچنین شبکه عصبی svm با کرنلهای مختلف طراحی شده و سپس دقت شناسایی خطا شبکه عصبی با کرنلهای مختلف بررسی شده است.

۳- نتایج شبیهسازی

1-۳- شرایط LOE

در زمان t=4 ثانیه پس از شروع شبیه سازی، شرایط LOE رخ داده است. نتایج شبیه سازی در شکل(۳)، (۴) و (۵) بیان شده است. شکل (۳) سیگنال های نمونه برداری شده جریان، ولتاژ، توان اکتیو و راکتیو در شین خروجی ژنراتور را نشان می دهد. در شکل (۴) تبدیل ویولت سطح ۴ با نوع haar سیگنال های توان اکتیو و راکتیو ذکر شده آورده شده است. همچنین در شکل ۵ شاخص های ورودی SVM بیان شده است.



ه منار (۲) ویر نهایی زیرانوز تار طی سرایط (۲) a) ولتاژ ترمینال (b) جریان ترمینال c) توان اکتیو (b) توان راکتیو

چارمین کنفرانس ملی ایده مای نو در مهندسی برق



E 21.5-



۲۰وا ۳۲ مان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آزاداسلامی واحد اصفهان (خوراسکان)



شكل(٢): تبديل ويولت سطح ۴ a) توان اكتيو b) توان راكتيو C) جريان D) ولتاژ

(D)



شکل(۳): شاخص ورودی SVM. a) آنتروپی شانون جریان b) آنتروپی شانون ولتاژ c) آنتروپی شانون توان اكتيو d) آنتروپي شانون توان راكتيو

کلاسهبندی با استفاده از SVM صورت گرفته است که بدین منطور شاخصهای ورودی این سیستم به دو دسته تقسیم بندی شده است، یک دسته بعنوان آموزش و یک دسته بعنوان آزمایش. کلاسه بندی بایستی بنحوی عمل نماید که فقط شرایط LOE را تشخيص دهد. بمنظور يررسى صحت عملكرد روش پيشنهادى سیستم تحت توعهای مختلف خطا, نوسانات توان و LOE تست شده است.



چهارمین کنفرانس ملی ایده پلی نو در مهند سی برق



۲۰و۲۱ بان ماه ۱۳۹۴ - دانتگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسکان)

۴- نتیجهگیری

در این مقاله روشی مبتنی بر SVM جهت تشخیص LOE در سیستم قدرت ارائه شده است که شاخصهای ورودی SVM بر مبنای آنتروپی شانون ویولت سیگنال های جریان، ولتاژ، توان اکتیو و راکتیو می باشد. نتایج نشان داده که شاخصهای ذکر شده نسبت به تغییرات سیگنال حساس است و همانگونه که مشاهده شد، این روش نسبت به نوسانات بار و خطاهای رخ داده در سیستم از جمله تکفاز به زمین، دو فاز به زمین, سه فاز به زمین و فاز به فاز مقاوم بوده و LOE را بدرستی تشخیص میدهد. در این پایان نامه اثبات شده که روش ذکر شده یک الگوریتم مناسب و سریع در تشخیص LOF تحت شرایط متفاوت میباشد و قادر است که LOE را در کمتر از ۱۰ میلی ثانیه پس از وقوع تشخیص دهد.

				-	-
.स् नी	I index	V index	P index	Q index	SVM classific atiom
LOF	20.0296	20.0472	0.016	1.98	LOF: YES
AG	21.6251	21.8669	9.135 2	8.8224	LOF: NO
ABG	23.0757	23.3930	10.04 76	8.4335	LOF: NO
ABCG	21.7454	21.6514	4.258 5	1.1627	LOF: NO
AB	22.0158	21.6746	9.330 3	8.7093	LOF: NO
FOLLLOAD	22.4904	22.5086	0.398 8	0.5789	LOF: NO
60% load	22.3666	22.3984	2.833 0	5.6023	LOF: NO
40% load	22.7379	22.8171	2.831 4	7.6341	LOF: NO

جدول (۱): کلاسه بندی تحت شرایط مختلف

٣-١-زمان عملكرد الگوريتم:

در شکل(۵) زمان تشخیص LOE مشخص شده است. همانطور که مشاهده می شود، الگوریتم پیشنهادی قادر است که وقوع LOE را در کمتر از ۱۰ میلی ثانیه تشخیص دهد. و سرعت محاسبات الگوریتم پیشنهادی از سرعت بالایی در تشخیص برخوردار است. همچنین در عمل زمان عملکرد رله و تاخیرات سیستم به این زمان اضافه می گردد.



حال جهت مقایسه شبکه عصبی SVM با کرنلهای مختلف و مقایسه دقت تشخیص آنها در هر مرحله کرنلهای شبکه عصبی svm را با پارامترهای ذیل تغییر داده و با هم مقایسه میکنیم. جدول (۲): دقت تشخیص کرنلهای مختلف

Line	ar	Quadratic	Polynomial	Radial Basis Function	Multilayer Perce ptron
7.1.	•	%99,07	٩٨,١٨%	١٠٠٪	% ٩۶, ٣٨

Rbf-sigma = 0.4Mlp-params=[1 -1]Polyorder = 2

مراجع

- Mason,C.R.:'A new loss-of-excitation relay for synchronous generators', AIEE Trans. III, Power Appar. Syst., 1949, 68, pp. 1240–1245.
- [2] Tremaine, R.L., Blackburn, J.L.: 'Loss-of-field protection for synchronous machines', AIEE Trans. III, Power Appar. Syst., 1954, 73, (1), pp. 765–772.
- [3] Mackenzie, W.F., Imhof, J.A., Dewey, C., et al.: 'Loss-of-field relay operation during system disturbances working group report – June 1971', IEEE Trans. Power Appar. Syst., 1975, PAS-94, (5), pp.1464–1472.
- [4] Berdy, J.: 'Loss of excitation protection for modern synchronous generators', IEEE Trans. Power Appar. Syst., 1975, PAS-94, (5), pp. 1457–1463
- [5] Lee, D.C., Kundur, P., Brown, R.D.: 'A high speed, discriminating generator loss of excitation protection', IEEE Trans. Power Appar. Syst., 1979, PAS-98, (6), pp. 1895–1899.
- [6] Usta, O., Musa, M.H., Bayrak, M., et al.: 'A new relaying algorithm to detect loss of excitation of synchronous generators', Turk. J. Eletr. Eng., 2007, 15, (3), pp. 339–349.
- [7] Yaghobi, H., Mortazavi, H., Ansari, K., et al.: 'A novel flux-based method for synchronous generator loss of excitation protection'. Proc. 25th Int. Power System Conf. (PSC 2010), 2010, pp. 1–14.
- [8] Bo, F., Xiaoquan, L., Peng, X., et al.: 'The research UL-P of loss of excitation protection for generator based on the artificial neuralnetworks'. Asia Pacific Power and Energy Engineering Conf. (APPEEC 2009), 2009, pp. 1-4.



چهارمین کنفرانس ملی ایده مای نو در مهند سی برق ۲۰و۲ ۳ بان ماه ۱۳۹۴ - دانشگاه آ زاد اسلامی واصد اصفهان (خوراسگان)



- [9] Morais, A.P., Cardoso, G., Mariotto, L.: 'An innovative loss-of-excitation protection based on the fuzzy inference mechanism' IEEE Trans. Power Deliv., 2010, 25, (4), pp. 2197-2204.
- [10] Bi, T., et al: 'Adaptive loss of field protection based on phasor measurements' . Power and Energy Society General Meeting, 2011, pp. 1-4.
- [11] Seethalekshmi, K., Singh, S.N., Srivastava, S.C.: 'A classification approach using support vector machines to prevent distance relay maloperation under power swing and voltage instability', IEEE Trans. Power Deliv., 2012, 27, (3), pp. 1124-1133.
- [12] S. G. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 1, no. 7, pp. 674-693, Jul. 1989.
- [13] V. C. Klema and A. J. Laub, "The singular value decomposition: Its computation and some applications," IEEE Trans. Autom. Control, vol. AC-25, no. 2, pp. 164–176, Apr. 1980.
- [14] C. E. Shannon, "A mathematical theory of communication," Bell Syst. Tech. J., vol. 27, pp. 379-423, Oct. 1948.