

جلوگیری از عملکرد رله دیستانس در برابر ناپایداری ولتاژ شبکه به کمک داده‌های دستگاه‌های اندازه‌گیری فازور

حامد مسگر نژاد سید محمد شهرتاش

shahrtash@iust.ac.ir hmesgarnejad@ieee.org

قطب علمی اتوماسیون و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت

دانشگاه علم و صنعت ایران

چکیده-- در این مقاله، هدف جلوگیری از عملکرد رله‌های دیستانس در برابر ناپایداری ولتاژ شبکه است. برای این منظور، با بررسی مهمترین خروج تکی خطوط و افزایش ناگهانی بار در شرایط مختلف سیستم؛ فازورهای ولتاژ و جریان در نقاط مختلف شبکه محاسبه گردیده است. سپس با آموزش درخت تصمیم بر مبنای داده‌های بدست آمده، مهمترین داده‌ها برای بررسی پایداری ولتاژ شبکه مشخص شده است. با نصب واحدهای اندازه‌گیری فازور در مکان‌هایی که داده‌های آن، برای بررسی پایداری ولتاژ شبکه، مهم تشخیص داده شده (به همراه سایر PMU که برای رویت‌پذیری شبکه نصب شده‌اند) اطلاعات لازم از وضعیت فازورهای ولتاژ و جریان کسب شده تا در صورت تشخیص شرایط بروز ناپایداری، از عملکرد رله‌های دیستانس در برابر این پدیده جلوگیری شود. کلمات کلیدی-- واحدهای اندازه‌گیری فازور، حفاظت پهنه وسیع، امنیت ولتاژی شبکه، رله دیستانس

۱- مقدمه

از سوی دیگر با رشد و گسترش سیستم حفاظت

دیجیتال و به ویژه توسعه بکارگیری واحدهای اندازه‌گیری فازور مأموریت سیستم‌های حفاظتی از شناسایی و تشخیص اتصال کوتاه و جداسازی کوچکترین بخش شبکه در اطراف اتصالی به وظیفه شناسایی و تشخیص احتمال وقوع شرایط بحرانی شبکه و انجام اقدامات پیشگیرانه و یا اصلاحی چنین شرایطی توسعه یافته است [۱].

در واقع با امکان جمع‌آوری و بکارگیری داده‌های شبکه قدرت توسط دستگاه‌های اندازه‌گیری فازور، صرف استفاده از آنها در محاسبات مربوط به تشخیص شرایط مختلف بهره‌برداری شبکه حداقل استفاده از این تجهیزات محسوب می‌گردد. هدف اساسی استفاده از این تجهیزات تشخیص شرایط مختلف شبکه به صورت همزمان و اجراء مناسب ترین فرمان با توجه با آنهاست. بر این اساس است

با گسترش خروج‌های سراسری در سیستم‌های قدرت تصمیم‌گیری صحیح و سریع اهمیتی دوچندان یافته است. تجهیزهای حفاظتی در خط مقدم این تصمیم‌گیری قرار دارند و عملکرد ناصحیح آنها خود از اصلی‌ترین عامل- های همان خروج‌های سراسری است. برای جلوگیری از این تصمیم‌های ناصحیح باید تصمیم‌گیری‌ها از حالت منطقه‌ای درآمد و توسط مرکز کنترل شبکه انجام گیرد. مهمترین تجهیزاتی که این هدف را امکان‌پذیر کرده، واحد اندازه‌گیری فازور است. واحدهای اندازه‌گیری فازور تجهیزاتی هستند که با دریافت پالس ساعتی از ماهواره‌های مکان یاب جهانی به داده‌های محلی اندازه‌گیری شده برچسب زمانی اختصاص می‌دهند. با استفاده از این داده‌ها، فازورهای سیستم با دقت بالا و به صورت همزمان قابل محاسبه خواهد بود [۱].

دیستانس در شبکه و جلوگیری از عملکرد ناصحیح آنهاست، که برمبنای روندنمای به صورت شکل ۱ صورت می‌گیرد. در این راستا در بخش‌های ۲ و ۳ پروسه‌ای برای بررسی پایداری شبکه در شرایط مختلف کاری معرفی شده است. خروجی این برنامه، پایداری سیستم در شرایط کاری مختلف و داده‌های شبکه در هر یک از این حالت‌ها است.

سپس با استفاده از داده‌های آن یک درخت تصمیم [۶] آموزش داده می‌شود تا داده‌های ضروری برای بررسی پایداری سیستم، که باتوجه به مدل‌های مورد استفاده و خطاهای مورد بررسی می‌توان گفت که پایداری ولتاژ است [۷]، مشخص گردد. این مورد در بخش ۴ بررسی خواهد شد.

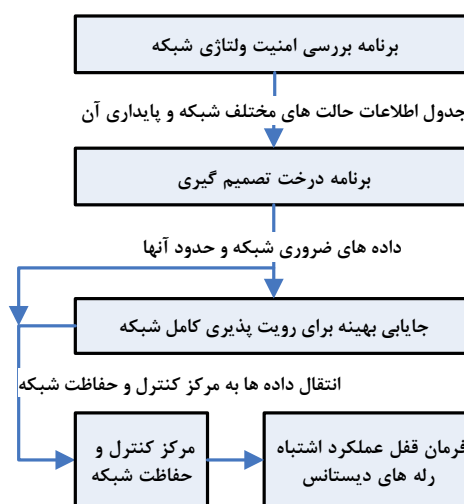
در نهایت با استفاده از این داده‌ها دو رویکرد را می‌توان تعریف کرد. در رویکرد اولیه، که در بخش ۵ بررسی شده، می‌توان این داده‌ها به یک الگوریتم بهینه‌سازی [۳] داده تا مکان‌یابی بهینه تجهیزات را برای رویت‌پذیری کامل شبکه و با هدف حداقل نمودن واحدهای اندازه‌گیری فازور انجام گیرد. این برنامه به گونه‌ای است که با در نظرگیری ضریب اهمیت برای اندازه‌گیری‌های ضروری (خروجی بخش درخت تصمیم)؛ سعی خواهد کرد تا بیشترین تعداد این مکان‌ها دارای واحد اندازه‌گیری مستقل باشند. رویت‌پذیری کامل شبکه در برنامه‌های کنترلی و پایداری بلند مدت شبکه قابل استفاده است.

رویکرد دیگر رویکرد حفاظت جامع و کنترل همزمان شبکه است که در بخش ۶ بررسی شده است. بدین معنی که با پیاده سازی منطق نهایی درخت تصمیم در مرکز کنترل شبکه و با در اختیار داشتن داده‌های لازم برای این تصمیم‌گیری می‌توان احتمال بروز ناپایداری ولتاژ در شبکه را تشخیص داد. در این شرایط می‌توان عملکرد رله‌های دیستانس شبکه را قفل کرد تا از بدتر شدن شرایط سیستم و وقوع پدیده خروج‌های پی‌درپی جلوگیری شود.

که به کارگیری آنها در کمک به مدیریت بهره‌برداری شبکه‌های قدرت نیز مدنظر مهندسین و متخصصین شبکه‌های برق قرار گرفته است.

کاربردهای بسیاری برای این تجهیزات تعریف شده است. لیکن به دلیل هزینه بالا و محدودیت‌های مخابراتی نمی‌توان این واحدها را در تمامی شینه‌های سیستم قرار داد. لذا محل‌یابی برای این دستگاه‌ها ضروری است. روش‌های مختلفی برای بررسی محل‌یابی بهینه این واحدها تاکنون ایجاد شده است که می‌توان آنها را به دو دسته کلی تقسیم کرد.

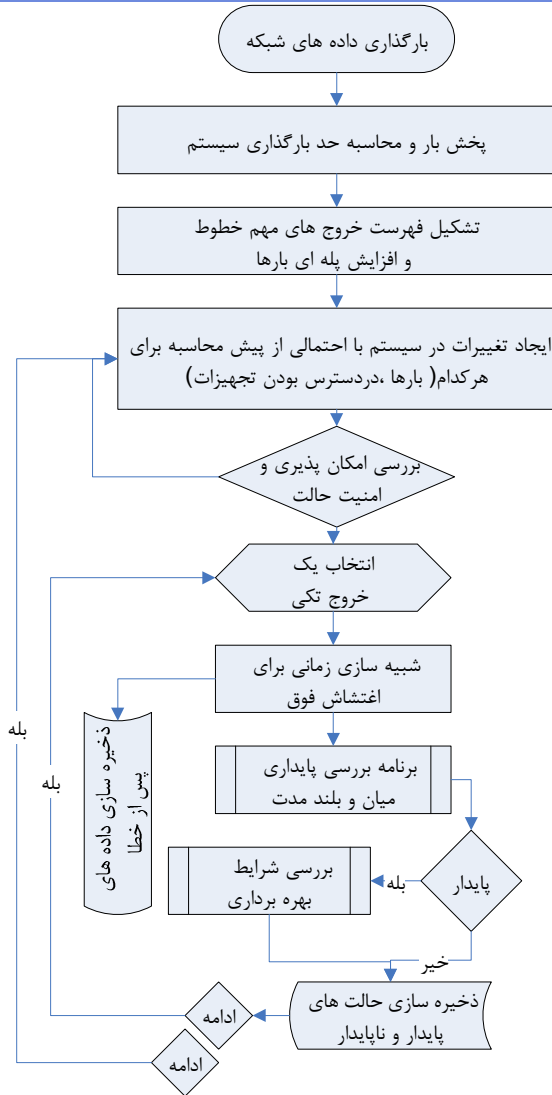
در دسته اول روش‌هایی قرار دارند که هدف آنها رویت‌پذیری سیستم است. رویت‌پذیری در اینجا به معنی قابل محاسبه بودن فازورهای ولتاژ تمامی شین‌های شبکه است. در این گروه روش‌های مختلف بهینه‌سازی و روش‌های بر مبنای ماتریس تخمین حالت سیستم قرار می‌گیرند [۳ و ۲]. در مقابل در دسته دیگر روش‌های قرار دارند که برای هدفی خاص، مانند پایداری ولتاژ، جایابی را انجام می‌دهند [۵ و ۴].



شکل ۱ روند نمای کار انجام شده

هدف این مقاله بررسی روش استفاده از داده‌های واحدهای اندازه‌گیری فازور در کمک به عملکرد رله‌های

۲- الگوریتم تخمین امنیت



شکل ۲. روندنمای الگوریتم تخمین امنیت شبکه

۳-۱- اندیس‌های حساسیت

همان‌طور که در مقدمه نیز اشاره شد برای تغییرات در سیستم یکسری اندیس محاسبه خواهد شد که بر اساس آنها بارهای شبکه تغییر، تولید ژنراتورها تنظیم و خطوط حساس از مدار خارج می‌شوند. لذا لازم است این اندیس‌ها پیش از ایجاد هرگونه تغییری در سیستم برای تمامی خطوط و بارها و ژنراتورهای شبکه محاسبه گردد. برای محاسبه این اندیس‌های حساسیت از عناصر قطری ماتریس ژاکوبین که برنامه DigSILENT در اختیار قرار می‌دهد، به صورت زیر استفاده شده است.

به منظور بررسی پایداری ولتاژی سیستم تاکنون روش‌ها مختلفی معرفی شده است. برخی از این روش‌ها بر مبنای اندیس‌هایی است که از تحلیل‌های ریاضی مسئله بدست آمده‌اند، مانند انواع اندیس‌های پایداری و معیاری بر مبنای تکین شدن ماتریس ژاکوبین شبکه در زمان فروپاشی. در دسته دیگری از این روش‌ها تحلیل‌های off-line شبکه قرار دارند. برای نمونه روش پخش بار پیوسته (CPF) که در حالت‌های مختلف بارگذاری شبکه میزان پایداری را در اختیار می‌گذارد.

لیکن این روش برای افزایش بارها و میزان تولید ژنراتورهای شبکه ضریبی یکسان در نظر گرفته و آنها را به صورت خطی و همزمان تغییر می‌دهد. همچنین در این نوع شبیه‌سازی اثر از دست رفتن تکی تجهیزات و تغییرات نامتعادل بار در نظر گرفته نمی‌شود. در [۴] نویسنده به معرفی روشی پرداخته است که بر اساس آن تمامی حالت‌های کاری شبکه در نظر گرفته می‌شود. روندنمای این روش را می‌توان به صورت شکل ۲ نشان داد.

در بخش بعدی مقاله نحوه پیاده‌سازی این الگوریتم و فرض‌هایی که برای ساده‌تر و قابل برنامه نویسی شدن آن در نرم‌افزار DigSILENT در نظر گرفته شده است شرح داده می‌شود.

۳- تغییر در حالت کاری سیستم

در بخش اول، در ابتدا برنامه با استفاده از عناصر قطری ماتریس ژاکوبین شبکه ضرایب حساسیت را برای خطوط و شینه‌های بار و تولید شبکه محاسبه می‌کند. سپس بر اساس ضرایب بدست آمده حالت کاری سیستم را تغییر می‌دهد. این بخش برنامه را می‌توان به زیر بخش‌هایی تقسیم کرد که در ادامه توضیح داده شده‌اند.

- وضعیت پایداری میان مدت و بلند مدت (۱) به معنای پایداری و صفر به معنای ناپایداری)

برای بررسی پایداری از داده‌های ولتاژ شین‌های شبکه در طول زمان استفاده شده و دو نوع پایداری مورد بررسی قرار گرفته است:

- پایداری میان مدت؛ به این معنی که برای یک پنجره زمانی به طول ۱۰ ثانیه (۵۰ سیکل) که در زمان در حال پیشروی است، مقدار اختلاف بیشینه و کمینه ولتاژ همگرا شود.
- پایداری بلند مدت؛ به این معنی که مقدار نهایی ولتاژها به مقدار حالت ماندگار بدست آمده از پخش بار میل کند.

نمونه ای از داده های ورودی برنامه بررسی پایداری									
نمونه ای	ساختار	برای تمامی خطوط							
		برای تمامی شین‌ها				انتهای خط			
نمونه ای	ساختار	Va	Vp	Ia	Ip	La	Lp	La	Lp
۱	۱								
۲	۰	۱/۰۴	۰/۱۲	۰/۲۸	۰/۱۰	۰/۱۸	۰/۷۵	۰/۱۲	۰/۲۳
۳	۱	۱/۰۲	۰/۰۵	۰/۳۲	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۵۵	۰/۰۵	۰/۱۲
n	۱	۰/۹۸	۳/۷	۰/۲۱	۴/۴	۰/۱۰	۰/۲۲	۰/۰۴	۰/۱۲

• ارسال داده ها به برنامه درخت تصمیم گیری در نرم افزار MATLAB

نمونه ای از داده های خروجی درخت تصمیم											
واحدهای اندازه گیری	شین ها								خطوط		
	Va	Vp	Ia	Vp	Ia	Vp	Va	Vp	Lp	La	
اندازه	14	14	10	10	7	7	13	5	6 to 11	1 to 5	3 to 4
رنجه	8	1	7	4	3	5	11	9	2	6	10

شکل ۳ و روی و خروجی های درخت تصمیم

۴- استفاده از درخت تصمیم برای مکان یابی

با تکرار شبیه‌سازی‌ها برای حالت‌های کاری مختلف شبکه جدولی تشکیل خواهد شد که پارامترهای آن پارامترهای شبکه و داده اصلی آن پایداری سیستم در حالت کاری مربوط به آن داده‌هاست. با تزریق این داده‌ها به برنامه درخت تصمیم‌گیری این برنامه پارامترهایی را که بهترین تقسیم بندی را برای خروجی (پایداری شبکه) به ترتیب

- اندیس حساسیت خطوط (LVSI)

$$LVSI = \sqrt{\left(\frac{\partial Q_{branch}}{\partial P_{SE}}\right)^2 + \left(\frac{\partial Q_{branch}}{\partial P_{RE}}\right)^2} \quad (1)$$

- اندیس حساسیت بارها (LBSI)

$$LBSI = \frac{\partial V}{\partial Q_L} - \left(\frac{\partial \phi}{\partial Q_L} \times \frac{\partial V}{\partial P_L}\right) / \frac{\partial \phi}{\partial P_L} \quad (2)$$

- اندیس حساسیت ژنراتورها (GBSI)

$$GBSI = \frac{\partial \phi}{\partial P} \quad (3)$$

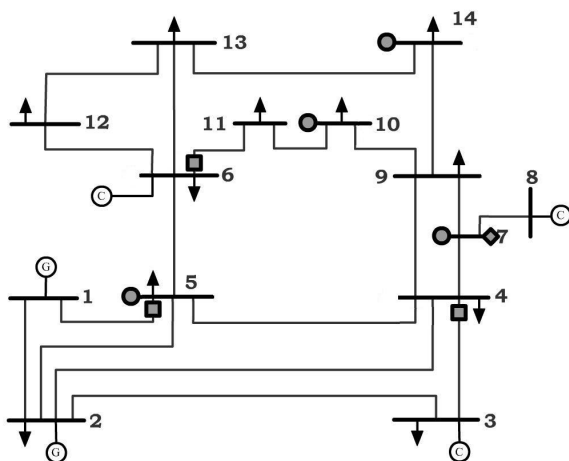
که در این سه رابطه؛ V ولتاژ شین مربوطه، ϕ فاز ولتاژ شین، P توان تزریقی شین و P_L توان بار است. همچنین P_{SE} ، P_{RE} به ترتیب توان سمت فرستنده و گیرنده خط و Q_L ، Q_{branch} به ترتیب توان راکتیو تلفاتی خط و بار است.

گام بعدی، تغییر در پارامترهای شبکه است. برای این منظور تغییرهایی از انواع تغییر در میزان بارگذاری شبکه، در مدار نبودن یکی از خط‌های شبکه و جبران‌سازی استاتیکی و تغییر در تولید در نظر گرفته شده است. البته پس از ایجاد تغییرات در سیستم باید امکان‌پذیر بودن حالت ایجاد شده از نظر ولتاژ شین‌ها (۹۰ تا ۱۱۰٪) و میزان بارگذاری تجهیزات (>۹۵٪) مورد بررسی قرار گیرد.

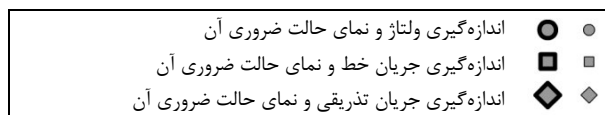
سپس از آنجا که هدف بررسی پایداری ولتاژ شبکه است فقط اغتشاش‌هایی از انواع تغییر در میزان بارگذاری حساس‌ترین بار شبکه (با کمترین ولتاژ شین) و خروج تکی حساس‌ترین خط (با بیشترین توان انتقالی) در شرایط مختلف بهره‌برداری ایجاد شده در مرحله قبل در نظر گرفته شده است. در نهایت برای هر یک از اغتشاش‌های ذکر شده داده‌های زیر برای حالت پیش از خطا ثبت شود.

- اندازه و زاویه ولتاژ شین‌ها (V_p , V_a)
- اندازه و زاویه توان تزریقی (I_p , I_a)
- اندازه و زاویه جریان خطوط (L_p , L_a)

می‌دهد. از میان این واحدها فاز ولتاژ شین ۱۴ دارای بیشترین اهمیت بوده و به صورت تکی داده‌ها تا ۸۳.۷ درصد جداسازی می‌کند. در مرحله بعد و با هدف رویت-پذیری کامل شبکه جایابی بهینه برای دو حالت مختلف با روش جستجو موازی بر اساس لیست ممنوعه [۳] انجام می‌گیرد.



شکل ۵ نمای شبکه ۱۴ شین و واحدهای اندازه‌گیری ضروری آن



۵-۱- جایابی بهینه واحدها

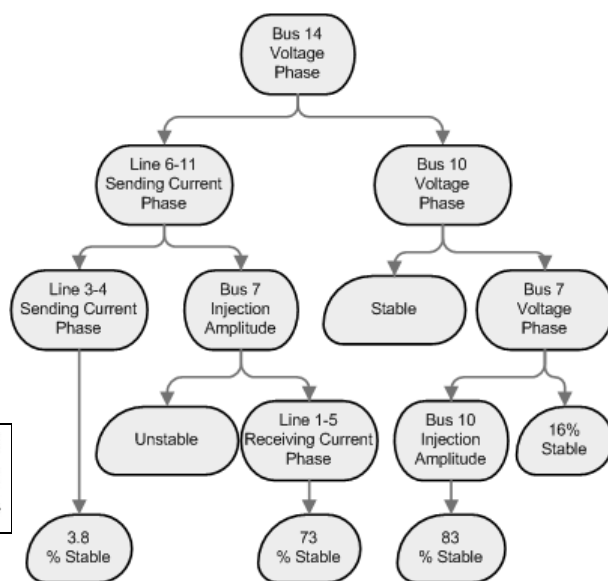
در این بخش جایابی بهینه واحدهای اندازه‌گیری با هدف بیشینه کردن تعداد واحدهای ضروری و کمینه کردن تعداد واحدهای اندازه‌گیری فازور لازم و با قید رویت-پذیری کامل شبکه مورد بررسی قرار گرفته است. بطور کلی شش سناریو مختلف در نظر گرفته شده که نتایج آن در جدول ۱ آورده شده است.

همان طور که در جدول ۱ قابل مشاهده است، در حالت‌های مختلف الگوریتم با توجه به تابع انرژی و میزان اهمیت در نظر گرفته شده برای واحدهای ضروری حداکثر تعداد ممکن از میان آنها را می‌پوشاند.

محاسبه می‌کند (شکل ۴ و ۳). از این رو از این داده‌ها می‌توان به عنوان داده‌های اصلی برای شناسایی یا پیش‌بینی ناپایداری با استفاده از داده‌های پیش از خطا دانست.

۵- شبیه‌سازی

برای شبیه‌سازی از سیستم ۱۴ شینه IEEE استفاده شده است. لیکن به دلیل نزدیکی این سیستم به شرایط حداکثر بارگزاری ظرفیت تمامی ژنراتورهای PV به ۱۰۰ مگاوات‌آمپر افزایش داده شده است.

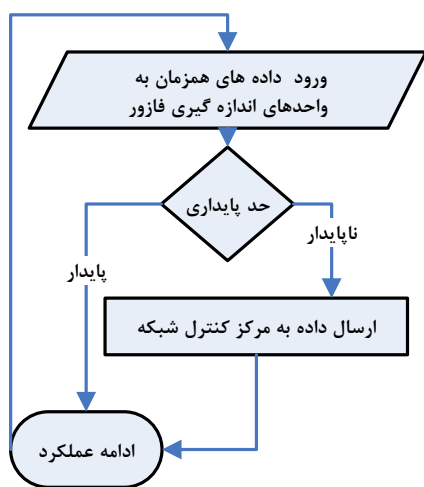


شکل ۴. نمای خروجی برنامه درخت تصمیم

همچنین برای تمامی ژنراتورها کنترل کننده ولتاژ جداگانه‌ای در نظر گرفته شده است. پس از تکرار شبیه‌سازی‌های پایداری برای ۲۶۰ تکرار داده‌ها به برنامه درخت تصمیم نرم‌افزار MATLAB داده و نتایج نشان می‌دهد که ۱۳ واحد اندازه‌گیری برای تفکیک حداکثری این داده‌ها لازم است. شکل ۵ این واحدهای اندازه‌گیری به همراه نمای شبکه مورد بررسی نشان می‌دهد.

رتبه هر واحد نشان‌گر میزان درجه اهمیت در تفکیک داده‌هاست و در صورت تکرار شدن یک واحد اندازه‌گیری در درخت تصمیم، بهترین رتبه آن در نظر گرفته می‌شود. شکل ۴ چهار سطح از این درخت تصمیم را نشان

خروج‌های پی‌درپی و فروپاشی سیستم را دربر خواهد داشت.



شکل ۶ واحد تشخیص ناپایداری محلی

از آنجا که واحدهای اندازه‌گیری فازور، که در بخش قبل در شینه‌های شبکه حساس قرار گرفته‌اند، داده‌های ضروری را به صورت همزمان پایش می‌کنند، (برای

مثال فاز ولتاژ شین ۱۴ در شبکه مورد نظر)، می‌توان به محض کاهش آن تا حد بدست آمده از طریق درخت تصمیم دستور لازم را برای قفل کردن

ملاحظات	اهمیت‌ها	تعداد واحدهای ضروری	نتایج			تعداد PMUها	حالت بهینه‌سازی
			تعداد کل واحدها				
			V	I	L		
محدودیت روی تعداد واحدهای اندازه‌گیری ولتاژ	---	---	۱	۳	۱۰	۳	بدون محدودیت
بله	اهمیت بالاتر برای واحد ضروری	۱	۱	۳	۱۰	۴	با در نظر گیری مهمترین واحد اندازه‌گیری
بله	اهمیت بالاتر برای کاهش واحدهای PMU	۳	۱	۴	۱۱	۴	با در نظر گیری اهمیت یکسان برای همه واحدهای ضروری
بله	اهمیت بالاتر برای واحدهای ضروری	۵	۱	۴	۱۱	۵	با در نظر گیری اهمیت-های بدست آمده از درخت تصمیم
بله	اهمیت بالاتر برای کاهش واحدهای PMU	۳	۱	۴	۱۱	۴	
بله	اهمیت بالاتر برای واحدهای ضروری	۵	۱	۴	۱۲	۵	
بله	اهمیت بالاتر برای واحدهای ضروری	۵	۴	۶	۹	۶	
خیر		۸					

رله‌های دیستانس ارسال کند (شکل ۶).

همچنین با در نظرگیری میزان اهمیت‌ها بر اساس داده‌های درخت تصمیم نتایج تغییر چندانی نخواهد کرد. در نهایت نیز با حذف محدودیت از روی تعداد واحدهای اندازه‌گیری ولتاژ، تمامی هشت واحدی که به عنوان واحدهای ضروری در این بررسی در نظر گرفته شده‌اند (شکل ۵) پوشش داده خواهند شد.

۶- پیشگیری از عملکرد اشتباه رله دیستانس

همان‌طور که در مقدمه نیز به آن اشاره شد، یکی از هدف‌های استفاده از واحدهای اندازه‌گیری فازور جلوگیری از بروز خاموشی‌های سراسری است که بر اثر عملکرد اشتباه رله‌ها در شبکه بوجود می‌آید. یکی از این رله‌ها که معمولاً در ناپایداری‌های ناشی از نوسانات ولتاژ عملکرد و شرایط سیستم را بدتر می‌کند، رله دیستانس است.

جدول ۱ نتایج حالت‌های مختلف جایابی بهینه

از آنجایی که در هنگام ناپایداری ولتاژ امپدانس ظاهری پایش شده توسط رله کاهش می‌آید، ممکن است این امپدانس به داخل ناحیه سوم رله وارد شده و سبب عملکرد آن گردد. حال از آنجایی که تجهیزات اصلاحی برای ناپایداری ولتاژ بعد از یک تاخیر زمانی وارد مدار می‌شوند، این عملکرد ناپایدار باعث بدتر شدن شرایط سیستم و حتی

بعلاوه حدود بدست آمده از درخت تصمیم امکان بروز ناپایداری ولتاژ در شبکه در تشخیص داده و نسبت به قفل کردن رله‌های دیستانس شبکه اقدام کند.

۸- مراجع

[۱]. حامد مسگرنژاد، "بررسی حفاظت ناحیه گسترده و کاربرد آن در سیستم‌های قدرت"، سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده برق دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۶.

[۲]. حامد مسگرنژاد، سیدمحمد شهرتاش، "بررسی تطبیقی روش‌های جایابی بهینه واحدهای اندازه‌گیری فازور با هدف رویت‌پذیری کامل شبکه"، دومین کنفرانس تخصصی حفاظت و کنترل سیستم‌های قدرت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۸۶.

[3]. H. Mesgarnejad, S.M. Shahrtash, "Multi-Objective Measurement Placement with New Parallel Tabu Search Method", EPEC, 2008.

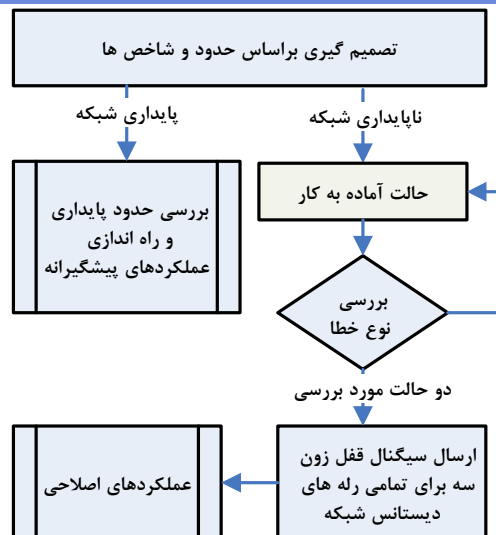
[4]. T. Van Cutsem, L. Wehenkel, M. Pavella, B. Heibornn, M. Goubin, "Decision Tree Approach to Voltage Security Assessment", IEE Proceedings-C, Vol. 140, No. 3, May 1993.

[5]. A. Tianyu, Z. Suquan, "Practical PMU Configuration Based on Weak Voltage Area Monitoring and Incomplete Observability", Power Engineering Society General Meeting, IEEE, 2006, pp. 6-10.

[6]. H. Mesgarnejad, S.M. Shahrtash, "Multi-Objective Measurement Placement with New Parallel Tabu Search Method", EPEC, 2008.

[۷]. مصطفی سرلک، "تشخیص خطای امپدانس بالا به کمک الگوریتم درخت تصمیم"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۸۴.

[8]. ____, "Definition and Classification of Power System Stability", IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 19, No. 2, May 2004.



شکل ۷ روند نمای عملکرد مرکز کنترل

بعلاوه از آنجایی که این معیار محلی نبوده و برای خطا در تمام شبکه عمل می‌کند، این اطلاعات می‌تواند برای مرکز کنترل شبکه ارسال گردد تا از طریق آن برای تمامی رله‌های شبکه ارسال گردد (شکل ۷). باید توجه داشت که عمل قفل شدن رله‌ها تنها در صورت بروز دو نوع خطای در نظر گرفته شده (خروج تکی خطوط و افزایش ناگهانی بار) باید انجام پذیرد.

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله از روی حالت‌های کاری مختلف سیستم و پاسخ آنها به خطاهای مهم و بلند مدت شبکه که در DigSILENT شبیه‌سازی شده است، واحدهای اندازه‌گیری ضروری برای بررسی پایداری توسط درخت تصمیم‌گیری مشخص شده‌اند. با اهمیت دادن به این واحدها در برنامه جایابی بهینه واحدها، بهترین مکان‌یابی با حداکثر پوشش تعداد واحدهای ضروری برآورد می‌شوند.

لیکن همان‌طور که از نتایج قابل مشاهده است به دلیل تفاوت در تعداد واحدهای ضروری و واحدهای بهینه، تعداد واحدهای اندازه‌گیری فازور اندکی افزایش یافته است. در نهایت واحد کنترل و حفاظت جامع شبکه می‌تواند با استفاده از داده‌هایی که این واحدها در اختیار قرار می‌دهند