پايان نامة دكتري برق- قدرت

جزيره سازي كنترل شدة شبكة قدرت مبتني بر گروه بندي ژنراتورهاي همپا

Controlled Power System Islanding Based on Coherency Grouping of Generators

ارائه دهنده:

رحيم ايلدرآبادي

استاد راهنما:

دكتر علي پيروي

1389

تقدير و تشكر

بر خود لازم مي دانم از زحمات فرآوان استاد محترم راهنمايم جناب آقاي دكتر پيروي تشكر نمايم. همچنين از اساتيد دفاع، جناب آقاي دكتر جاويدي، جناب آقاي دكتر فتوحي، جناب آقاي دكتر ساده و جناب آقاي دكتر پرنياني به خاطر مطالعة دقيق و ارائة سوالات، پيشنهادات و انتقادات سازنده و ارزشمند كه منجر به افزايش بار علمي پايان نامة اينجانب شد، كمال تشكر را دارم.

خلاصه:

ميزان آسيب پذيري سيستمهاي قدرت امروزه با گسترش آنها افزايش يافته است. در چنين شرايطي سيستمهاي حفاظت متداول نمي توانند بطور مطلوبي سيستم قدرت را تحت حفاظت قرار دهند. اين نوع سيستمها طوري طراحي نشده اند كه كل شبكة قدرت را در مقابل حوادث قابل انتشار در شبكة قدرت حفاظت نمايند. بنابراين لازم است براي نظارت و كنترل عملكرد رله هاي حفاظتي و انجام اعمال كنترلي و حفاظتي گسترده، سيستم فراگيري براي جلوگيري از انتشار اغتشاش در كل شبكه ايجاد شود. اين گونه سيستمها بايستي داراي سرعت عملكرد بالايي باشند. از جملة حفاظتهاي خاص، مي توان به جزيره كردن شبكة قدرت اشاره نمود كه به عنوان آخرين راهكار براي جلوگيري از فروپاشي كل شبكة قدرت مي تواند پيشنهاد شود. در اين روش قبل از آنكه خود شبكه به دليل وقوع حوادث و اغتشاشات شديد بخواهد به چندين جزيره تبديل شود، بهره بردار سيستم آن را به طور منطقي و مناسب به دو يا چند جزيره تقسيم مي نمايد تا از عواقب ناشي از حوادث رخ داده شده كاسته شود. تاكنون روشهاي متعددي براي جزيره كردن كنترل شدة سيستم قدرت ارائه شده است. در اين پايان نامه، ضمن بيان روش طيفي و استفاده از آن براي جزيره سازي، ثابت مي شود كه اين روش مي تواند نرخ تغييرات فركانس داخل جزاير را حداقل نمايد. علاوه بر آن با استفاده از فرآيند ابتكاري متراكم سازي، روش چند سطحة بهبود يافته اي ارائه مي گردد كه زمان انجام جزيره سازي كنترل شده را به ميزان قابل توجهي كاهش مي دهد. مطالعات موردي روي 8 شبكة نمونة 9 باسة IEEE ، 30 باسة IEEE ، 39 باسة IEEE ، 57 باسة IEEE، 118 باسة IEEE ، 300 باسة IEEE ، 2383 باسة لهستان و 2746 باسة لهستان، انجام شده است.

فهرست مطالب

فهرست جدولها

فهرست شکلها

نمادها

J تابع کمینه سازي

d فاصلة داده ها

x_i مختصات دادة iام

m_i مرکز دستة iام

u_{ij} درجة عضویت دادة iام در دستة j ام

G گراف

N مجموعة گره هاي گراف

B مجموعة شاخه هاي گراف

n_i گرة iام گراف

b_i شاخة iام گراف

A ماتریس مجاورت گراف

D ماتریس درجة گره هاي گراف

Q ماتریس لاپلاسین گراف

λ_i مقدار ویژة iام

v_i بردار ویژة iام

V ماتریس بردارهاي ویژة

K تعداد دسته ها

π_k دستة kام

$|\pi_c|$ مجموع وزن گره هاي موجود در دستة c ام

Π مجموعة همة دسته ها

Y ماتریس تخصیص

P ماتریس دسته بندي

AP ماتریس شبه دسته بندي

D_i هزینة گره iام

g شاخص هزینة کاهشي

Ker ماتریس کرنل (Kernel)

ω_i وزن گره iام

فصل اول

مقدمه

1-1- پيش زمينه

با ظهور تجديد ساختار در سيستمهاي قدرت كه موجب مطرح شدن توابع اقتصادي جديدي براي بهره برداري از آن شده است، ميزان استرس در سيستم قدرت نيز افزايش يافته است [1]. به دليل بهره برداري از سيستم قدرت در نزديكي حداكثر ظرفيت خود، وجود اتصالات ضعيف، حوادث غير مترقبه، خطاهاي پنهان سيستم قدرت، خطاهاي بهره برداران سيستم و ساير استرسها، ممكن است سيستم قدرت پايداري خود را از دست داده و يا حتي دچار فروپاشي[1] و خاموشي گسترده شود. طراحان سيستم قدرت همواره سعي مي كنند تا سيستم قابل اطمينان تري طراحي نمايند تا از عهدة شرايط اضطراري احتمالي برآيد [2] و [3]. اما حتي براي بهترين طراحي ها نيز حوادث غير مترقبه ممكن است استرسهايي فراتر از حدود حاشيه هاي طراحي ايجاد نمايند [4]. سطح امنيت شبكه با تغيير نحوة بهره برداري تغيير مي نمايد. امنيت مشخصه اي است كه ميزان توانمندي مقاومت سيستم قدرت در مقابل شرايط اضطراري، بدون ايجاد وقفه در سرويس دهي را نشان مي دهد. براي جلوگيري از وقوع ناپايداري و يا فروپاشي شبكة قدرت و افزايش امنيت شبكة قدرت، بايستي تدابير حفاظتي و كنترلي خاصي اتخاذ گردد [5]. براي اين منظور سيستم هاي مديريت انرژي مدرن موسوم به EMS[2] طراحي و مورد استفاده قرار مي گيرند [6]. اين سيستم ها توسط

1- Collapse
2- Energy Management System

نرم افزار كنترل نظارتي و كسب داده (SCADA[1])، ابزارهاي تحليل سيستم قدرت نظير پخش بار، پخش بار اقتصادي، تخمين حالت، تحليل امنيت، تحليل پايداري و تكنيكهاي بهينه سازي خطي و غير خطي، حمايت مي شوند [7]، [8] و [9]. از اين بابت در بكارگيري هر كدام از موارد مذكور بايستي به دو جنبة دقت و سرعت توجه نموده و مصالحه اي بين آنها ايجاد نمود.

بسياري از نرم افزار هاي بهينه سازي و ارزيابي قابليت امنيت نمي توانند حالتهاي ديناميكي را پوشش دهند. علاوه بر آن، معمولاً روشهاي عددي براي پوشش دادن انتشار اغتشاش در مطالعات به تنهايي كافي نبوده و بايستي روشهاي ابتكاري نيز مورد استفاده قرار گيرند [10] و [11]. به طور مثال خطاهاي غير قابل انتظار كه از ديد رله هاي حفاظتي پوشيده مي مانند، ممكن است باعث حالتهاي اضطراري مضاعف غير قابل انتظار شوند. بهره برداران مجرب و تعليم ديده مي توانند چنين وقايعي را تشخيص و عمل پشيگيرانة مناسبي را اتخاذ نمايند ولي تضميني براي عملكرد مطمئن و سريع آنها وجود ندارد.

در يک شبكة مدرن بهم پيوسته، يک حالت اضطراري ممكن است خيلي سريع در ناحية وسيعي رشد نمايد [12] و [13]. چون در اين حالت پاسخگويي ژنراتور ممكن است خيلي كند باشد، وجود يک عملكرد خودكار سريع جهت كاهش اثر اغتشاش لازم مي باشد. اين عملكرد خودكار ممكن است به صورت محلي، متمركز و يا تركيبي از هر دو باشد. به طور معمول اعمال خودكار محلي مستقل از كنترل مركزي بوده و غالباً اغتشاشات كل ناحيه را پوشش نمي دهند. اعمال كنترل خودكاربه تغييرات سيگنالهاي خروجي ناشي از شرايط اضطراري، پاسخ مي دهند. طرحهاي خيلي محدودي وجود دارند كه بتوانند به حوادث يا سناريوهاي غير قابل پيش بيني پاسخ مناسبي بدهند [14] و [15].

به هر حال سيستمهاي قدرت مدرن با ابزارهاي جديدي نظير توليدهاي پراكنده و ادوات FACTS[2] روبرو هستند كه اين ابزارها مي توانند بعنوان ادوات كنترلي مورد استفاده قرار گيرند [16] و [17]. بنابراين يک حفاظت تطبيقي و هوشمند، جهت كاهش اثر اغتشاشات عمده، لازم مي باشد [18] و [19]. تاكنون تنها كنترلهاي متمركز براي تحليل سيستمهاي پيچيده مورد استفاده قرار مي گرفتند، چرا كه تنها در اين سطح، حمايتهاي مخابراتي و كامپيوتري توجيه پذير بودند. اما امروزه به دليل سهولت دسترسي، افزايش قابليت و كاهش هزينة كامپيوترها، ابزارهاي ارتباطي و وسايل اندازه گيري، ايجاد كنترلهاي هوشمند محلي نيز توجيه پذير شده است. ميزان ارتباط مناسب سيستمهاي كنترلي متمركز و محلي به ميزان هوشمندي آنها وابسته است [20]. بنابراين امروزه امكان استفاده از روشهاي متمركز سازي از نظر عملي و اقتصادي توجيه پذير شده است. روشهاي

1- Supervisory Control and Data Acquisition
2- Flexible AC Transmission System

متمرکز سازي موجب اتخاذ تصميمات محلي بر اساس اندازه گيريهاي محلي و اطلاعات ساير نقاط ناحية شبکة قدرت و قابليت ارسال داده هاي پردازش شدة ابتدايي به کنترل مرکزي را فراهم نموده اند. مهمترين مسئله در اين روشها توانمندي سيستم در دريافت و ارسال اطلاعات به طور مناسب و صحيح بين واحدهاي کنترل محلي و مرکزي مي باشد. اين اطلاعات بايستي حالتهاي غالبِ موثر سيستم قدرت را منعکس نمايند [23-21].

براي پيشگيري از وقوع حوادث فاجعه آميز راه کارهاي امنيتي مختلفي نظير حذف بار[1]، حذف توليد[2]، و جزيره سازي کنترل شدة شبکه هاي قدرت مورد استفاده قرار مي گيرند که غالب آنها را مي توان تحت حفاظتهاي خاص مطرح نمود [24] و [25]. جزيره سازي کنترل شده زماني که شبکة قدرت در آستانة فروپاشي کامل و جزيره شدن اجباري قرار گرفته است، به عنوان آخرين ترفند مورد استفاده قرار مي گيرد تا بجاي فروپاشي، سيستم قدرت را به بهترين حالت ممکن تجزيه نمايد، به نحوي که بازيابي آن با سهولت بيشتري ممکن باشد، ضمن اينکه کمترين حذف بار و توليد ايجاد شود. بايستي متذکر شد که وجود ادوات FACTS و توليدهاي پراکنده به طور اساسي نمي توانند روي نحوة جزيره سازي کنترل شدة شبکة قدرت اثري داشته باشند، ولي بعد از تجزية کنترل شدة شبکة قدرت در جهت بهبود وضعيت جزيره هاي ايجاد شده مي توانند موثر باشند.

در سيستم هاي قدرت بزرگ و به هم پيوسته که هر قسمتي بـه سـاير قـسمتها وابـسته مـي باشـد، اغتشاشات مي توانند در داخل شبکه منتشر شوند. بنابراين، در صورتيکه سيستم قدرت نزديـك بـه حداکثر ظرفيت خود کار نمايد، اغتشاشات مي توانند باعث ايجاد مزاحمت براي کل شبکة قـدرت گردند. مي توان موارد زير را براي حوادث و اغتشاشات حادث در شـبکة قـدرت در نظـر گرفـت [26].

- حوادث آغازين ممکن است منجر به خروج يک جزء از N جزء و يا K جـزء از N جـزء شوند (در ادبيات مهندسي سيستم قدرت، اگر N جزء وجود داشته باشد، N-1 به مفهوم از دست دادن يکي از آنها و N-K به مفهوم از دست دادن K جزء از N جزء، مي باشد).
- به دنبال حالتهاي اضطراري آغازين، خروج هاي ديگري معمولاً به صورت پـي در پـي رخ مي دهند.
- حوادث فاجعه آميز ممکن است در هر فصلي و هر ساعتي و به دلايل مختلفي رخ دهند.
- عملکرد غلط سيستم حفاظتي، ناکافي بودن توان راکتيو و تنظيم غلط رله هـا، همگـي مـي توانند منجر به خاموشي هاي پي در پي گردند.

1- Load Shedding
2- Generation Shedding

استفاده از طرحهاي حفاظتي خاص و يا هر طرح كنترلي ديگر خـود ممكـن اسـت استرسـهايي بـه سيستم قدرت اعمال نمايد كه براي ارزيابي ميزان ريسک استفاده يا عدم استفاده از آنها مي تـوان از روشهايي نظير FMEA[1] (مدهاي خرابي و مدهاي تحليل) [27] ، FTA[2] (تحليل درخـت خطـا) [28]، مونت كارلو[3] [29] و روش هاي فضاي حالت (ماركوف[4]) [27] استفاده نمـود. زمـاني كـه تعداد حالتها كم مي باشد و يا امكان كاهش حالت هاي سيستم وجود داشته باشد، مي توان قابليـت اطمينان سيستم را با شمارش يكايك مدهاي خرابي بدست آورد.

سيستم قدرت مي تواند به واسطة خطاي انساني، حوادث طبيعي، اثرات بازار بـرق، يـا حـوادث زنجيره وار حاصله از وقوع خطاهاي پنهاني در تجهيزات حفاظتي، آسيب پذير شـود [30] و [31]. وقتي كه خطائي روي اجزاء سيستم قدرت رخ دهد، سيستم هاي حفاظتي سعي مي كنند تا قـسمت تحت خطا را از بقية سيستم قدرت جدا نمايند. به هر حال، وقتي كـه رلـه هـا داراي خرابـي هـاي پنهان غير قابل پيش بيني باشند، ممكن است حوادث پي در پي رخ دهند كه باعـث خرابـي فاجعـه آميز در سيستم قدرت شوند [32]. در صورت بروز فروپاشي در شبكة قدرت صـدمات زيـادي بـه بخشهاي مختلف وارد مي شود. جدول 1-1 حوادث فاجعه آميزي كـه در كـشورهاي مختلـف رخ داده است را نشان مي دهد [35-33]. با توجه به اين جدول، مي توان ملاحظه نمود كـه جمعيـت زيادي تحت تاثير اثرات نامطلوب فروپاشي مي توانند واقع شوند.

مطالعة آسيب پذيري سيستم عموماً شامل خـصوصيات سيـستم، تهديـدات و خطـرات، آسـيب پذيري ها، تحليل نتايج حاصله، و اقدامات لازم براي ايجاد سيستم مقاوم، مي باشد. آسيب پـذيري خاصيتي است كه توانمندي سيستم قدرت را جهت تحمل تهديدات و حـوادث تـصادفي كـه مـي تواند از داخل خود سيستم و يا خارج آن ناشي شده باشد، محدود مي نمايـد [36]. سـطح امنيـت شبكه با تغيير نحوة بهره برداري تغيير مي نمايد و مي تواند از شرايطي نظير شرايط جوي كه خارج از حوزة كنترلي بهره بردار است، متاثر شود. همچنين، تهديدات و مخاطرات سيستم مي تواننـد بـر اساس نتايج ممكن، روش ها يا منابعي كه بايستي تحت كنترل قرار گيرند و يا اينكه چه چيـزي يـا چه كسي باعث تهديد شده است، طبقه بندي شوند. جدول 1-2 طبقه بندي تهديدات و مخاطرات مربوط به سيستم قدرت را نشان مي دهد [31].

وقوع اغتشاش و خطا در شبكه قدرت مي تواند باعث ناپايداري زاويه، ناپايداري ولتـاژ، اضـافه بار، در سيستمهاي بزرگ شود. اين پديده ها ممكن است توسـط رلـه هـاي حفـاظتي قابـل كنتـرل نباشند [36] و [37].

1- Failure Mode and Effect Analysis
2- Fault Tree Analysis
3- Monte-Carlo
4- Markov

جدول 1-1- برخي از حوادث فاجعه آميز شبكة قدرت در كشورهاي مختلف

رديف	محل وقوع	تاريخ	بار از دست رفته به MW	جمعيت تحت تاثير	مدت زمان فروپاشي	مدت زمان بازيابي
1	شمال آمريكا	Nov. 9, 1965	20000	30 ميليون	13 دقيقه	13 ساعت
2	نيويورک	July 13, 1977	6000	9 ميليون	1 ساعت	26 ساعت
3	فرانسه	Dec. 19, 1978	29000	-------	26 دقيقه	5 ساعت
4	غرب امريكا	Dec. 22, 1982	12350	5 ميليون	----	-------
5	سوئد	Dec. 27, 1983	67٪ از كل بار	-------	53 دقيقه	5 ساعت
6	توكيو (ژاپن)	July 23, 1987	8200	2.8 ميليون	20 دقيقه	75 دقيقه
7	غرب آمريكا	July 2, 1996	11850	2 ميليون	36 ثانيه	-------
8	غرب آمريكا	Aug. 10, 1996	30500	7.5 ميليون	6 دقيقه	9 ساعت
9	برزيل	Mar. 11, 1999	25000	75 ميليون	30 ثانيه	3.5 ساعت
10	شمال آمريكا	Aug.. 14, 2003	61800	50 ميليون	1 ساعت	4 روز
11	دانمارک/ سوئد	Sept. 23, 2003	6550	4.85 ميليون	7 دقيقه	4 ساعت
12	ايتاليا	Sept. 28, 2003	27700	57	27 دقيقه	19.5 ساعت
13	غرب آمريكا	Jan. 17, 1994	7500	-------	1 دقيقه	-------
14	غرب امريكا	Dec. 14, 1994	9300	-------	36 ثانيه	-------
15	غرب امريكا	July 3,1996	1200	-------	1 دقيقه	-------
16	لندن	Aug. 27, 2003	724	476 هزار	8 ثانيه	-------
17	اردن	Sept. 9, 2004	--------	-------	----	-------

-------- در مراجع مربوطه ذكر نشده است

جدول 1-2- طبقه بندي تهديدها و مخاطرهاي سيستم قدرت

نوع خطا	عوامل غير انساني	عوامل انساني	
		غير عمدي	عمدي
داخلي	شكست فني، خطاي صنعتي	فقدان تعميرات، ساختار و يا طراحي غلط	نفوذ به داخل سيستم
خارجي	طبيعي (مثل: رعد و برق، زلزله، و طوفان) وابستگي به ساير سيستم ها	بهره برداري غلط	خرابكاري

ناپايداري زاويه يا از دست دادن سنكرونيزم زماني رخ مي دهد كه زاوية ژنراتوري در قسمتي از شبكه افزايش يابد در حالي كه در بقية شبكه زاوية ژنراتورها كاهش يافته اند [38]. در ايـن حالـت احتمالاً شبكه به دو قسمت مجزا تبديل مي شود. روشهاي متداول، خـارج شـدن شـبكه از حالـت سنكرون را از روي تغييرات ظاهر شده در امپدانس محل ترمينالهاي بار يـا ژنراتـور مـشخص مـي كنند. با رخ دادن يک اغتشاش اين امپدانسها به عنوان تابعي از ولتاژ و زاويـة ژنراتورهـا تغييـر مـي نمايند و امكان وقوع پديدة swing به وجود خواهد آمد. در اين حالت، جزيره شدن شبكه به دليل بوجود آمدن نا متعادلي بار و توليد، احتمالاً اجتنـاب ناپـذير مـي باشـد. بـراي حفاظـت در مقابـل ناپايداري زاويه و وقوع پديدة swing مي توان از حفاظت out of step كه مبتني بر روش معيـار سطوح توان است، استفاده نمود [39]. روش معيار سطوح توان، مدل دو ماشينه را بـراي شـبكه در نظر گرفته و نوسان يكي را در مقابل بقية شبكه بررسي مي نمايد [40].

پايداري ولتاژ طبق تعريف كميتة فرعي ديناميكي سيستم IEEE عبارتـست از توانمنـدي حفـظ ولتاژ مادامي كه ادميتانس و به تبع آن توان افزايش مي يابد، به نحوي كه هم ولتاژ و هم توان قابـل كنترل باشند. همچنين فروپاشي ولتاژ عبارتست از افت شديد سطح ولتاژ در قسمت اعظـم سيـستم به دليل ناپايداري ولتاژ. ناپايداري ولتاژ از مشخصة بار نشأت مي گيرد در حالي كه ناپايداري زاويه به ديناميک بين رتور و استاتور ماشين مرتبط است [41]. ريسک ناپايداري ولتاژ بـا افـزايش تـوان سيستم انتقال (پر بار شدن خطوط) افزايش مي يابد. ناپايداري ولتاژ در سيستم هاي انتقال پر بار به دليل عمل نمودن رلة اضافه بار يا تجاوز نمودن كميتها از حـد مجازشـان شـروع مـي شـود [42]. ناپايداري ولتاژ را مي توان با استفاده از روشهاي پيشگيرانه نظير، گذاشـتن جبرانگـر در محـل بـار، مسطح كردن پروفايل ولتاژ، تقويت سيستم انتقال، تغيير شـرايط بهـره بـرداري و اسـتفاده از توليـد پراكنده و قطع بار، تقليل داد. خيلي از بهره برداران به محض كاهش ولتاژ با قطع كردن بار (كـاهش بار) از رخ دادن ناپايداري ولتاژ جلوگيري مي كنند [43] و [44].

اضافه بار غالباً زماني رخ مي دهد كه مصرف توان از حد مجاز شبكه بيشتر شود. اضافه بار مـي تواند موجب رخ دادن خطاهايي نظير افزايش شكم خطوط و يا صدمه زدن بـه تجهيـزات شـود. از طرف ديگر اين پديده ممكن است منجر به خارج شدن خطوط تحت اضـافه بـار شـده و بنـابراين ظرفيت انتقالي انرژي شبكه را كاهش دهد. جهت مقابله با اضـافه بـار مـي تـوان از دسـتگاه هـاي مانيتورينگ و حفاظت كه پديده هاي متاثر از اضافه بار تجهيزات، مانند افزايش دمـا را تـشخيص و به طور مناسبي جهت اعمال كنترلي و نظارت، مدل مي نمايند، استفاده نمود. اما زماني كه اضافه بار شديد باشد بايستي تمهيدات ديگري نظير قطع مصرف كنندگان يا تغيير ساختار مناسب خط انتقـال را در نظر گرفت [45]. خروج يک يا چند المان سيستم قدرت ناشـي از اضـافه بـار، خـود ممكـن

است منجر به اضافه بار در سایر المان هاي سیستم شود [46]. در صورتي كـه اضـافه بـار كـاهش نیابد، ممكن است به مرور زمان باعث خروج زنجیره وار اجزاي سیستم قـدرت شـده و در نهایـت منجر به جزیره شدن شبكه بشود. جزیره شدن كنترل نشده شبكة قدرت غالباً به دلیل به اشتباه فعال شدن رله هاي حفاظتي مي باشد. اما جزیره شدن كنترل شدة سیستم مي تواند توسط رله هاي out of step یا طرحهاي حفاظتي خاص (SPS[1]) انجام شود.

وقتي كه سیستم جزیره مي شود، در جزایر بین بار و تولید عدم تعادل ایجاد مي شود و در نتیجه فركانس جزیره ها با فركانس نامي متفاوت مي شود. در صورتي كه این عدم تعادل اصلاح نشود، به ناچار بایستي با خارج كردن بار و یا كاهش تولید در آن جزایر، تعادل را ایجاد نمود. یک راه ساده، مطمئن و سریع براي باز گرداندن تعادل به شبكه كاهش بار یا قطع تولید توسط رله هاي زیر فركانسي مي باشد. این كار با تنوع زیادي بر اساس ویژگیهاي سیستم و تجارب بهره برداري انجام مي شود. در حالیكه تغییر فركانس سیستم مي تواند كمبود یا ازدیاد توان را نشان دهد، نرخ تغییرات فركانس مي تواند كاهش یا افزایش لحظه اي توان را نشان دهد و بنابراین قادر است شروع عدم تعادل تولید و بار را نشان دهد. بایستي متذكر شد كه عوامل دیگري نیز روي نرخ تغییرات فركانس موثر هستند.

خرابي ها و نقایص در سیستمهاي حفاظت یكي از عوامل مهمي هستند كه در تحلیل اغتشاشات فراگیر گزارش شده اند. از مهمترین آنها خرابي پنهان رله ها است كه ناشي از برخي از حالتهاي غیر طبیعي شبكه مي باشد. حالتهاي غیر طبیعي شبكه معمولاً ناشي از وقوع خطاها، بار زیاد، كمبود توان راكتیو و نظایر آن مي باشند. این حالتها باعث خرابي پنهان در رله ها شده و نهایتاً ممكن است وضعیت شبكه را با گسترش اغتشاش در كل شبكه، بدتر نمایند. معمولاً براي امكان شناسایي خرابي پنهان، رله هاي حفاظتي تحت بررسي و نظارت قرار مي گیرند. همراه با هر مد شكست پنهان، منطقة آسیب پذیر آن نیز مشخص مي شود. شكست پنهان رله، منجر به عملكرد نادرست كلید قدرت مربوطه مي شود. در صورتي كه رله سیگنال فرمان به كلید قدرت ارسال كند، بدون اینكه حادثه اي رخ داده باشد، و یا زماني كه خطائي رخ داده شود، رله فرماني به كلید قدرت ارسال نكند، آنگاه رله دچار خطا در عملكرد مي شود. بررسي ها در آمریكا نشان مي دهند كه حدود 70% از قطعي هاي گسترده (خاموشیهاي سراسري) مربوط به عملكرد نادرست رله ها بوده اند. زماني كه رله اي خراب مي شود سیستم حفاظت ضعیف تر شده و اگر سایر رله ها نتوانند به درستي وقوع خطا رخ داده شده را شناسایي و رفع نمایند، آنگاه احتمال گسترس خطا به سایر

1- Special Protection Systems

قسمتهاي شبكة قدرت بيشتر خواهد شد. بنابراين بايستي توجه بيشتري روي رله هاي مهم به منظور ممانعت از ايجاد خطاهاي هاي پنهاني معطوف كرد [32].

منابع داخلي و خارجي آسيب پذير سيستم قدرت، هر كدام ممكن است به حوادث فاجعه آميز يا وقفه هاي زنجيره اي منجر شوند. علاوه بر برطرف نمودن اغتشاشات و قطعي هاي محلي و فراگير، مي بايست مسائلي نظير خرابكاري نيز مد نظر قرار گيرند [47] و [48]. براي كاهش اثر ناشي از حوادث، سيستم قدرت بايستي از انعطاف پذيري و هوشمندي مناسبي جهت قابليت عملكرد هماهنگ شده و اقدامات كنترلي برخوردار باشد تا بتواند اثرات شوكهاي وارده را به حداقل مقدار خود برساند. در اين ميان جزيره سازي كنترل شدة شبكه قدرت به عنوان يک طرح تدافعي، جهت مقابله با اثرات حوادث فاجعه آميز رخ داده شده، مطرح شده است. مزيت هاي جزيره سازي كنترل شده براي كاهش اثرات فروپاشي كامل شبكة قدرت و بازيابي سريعتر و مناسبتر آن، در مرجع [49] ارائه شده است. جزاير ايجاد شده توسط طرح حفاظتي بايستي پايدارتر بوده و تمايل كمتري به از هم پاشيدگي نسبت به حالتي كه خود شبكه جزيره مي شود، داشته باشند. در اين حالت بازيابي سيستم، پيچيدگي كمتري خواهد داشت و بنابراين زمان بازيابي مي تواند كاهش يابد [50]. بدون طرح هاي جزيره كردن كنترل شده، اغتشاشات شديد در شبكه قدرت ممكن است منجر به از دست دادن قسمت عمدة توليد شده و به تجهيزات شبكه، صدمه برساند و يا موجب خرابي آنها شود [50]. يک نمونه از عملكرد موفق جزيره سازي كنترل شده در شبكة قدرت توكيو، هنگامي كه هواپيمايي روي خط انتقال 275 kV اين شبكه سقوط مي كند، در مرجع [51] گزارش شده است. بايستي توجه نمود كه در نتيجة محدوديت سرمايه گذاري، در به روز كردن خطوط انتقال و ساير تجهيزات موجود، توسعة شبكة هوشمند، بيش از پيش مهم شده است [52]. بنابراين جزيره سازي كنترل شدة شبكة قدرت مي تواند نقش عمده اي در دفاع از سيستم قدرت در مقابل حوادث فاجعه آميز داشته باشد.

1-2- تعريف مسئله و مرور ساير فصلها

زماني كه شبكة قدرت به مرز فروپاشي مي رسد و اعمال پيشگيرانه نمی توانند يكپارچگي شبكه قدرت را حفظ نمايند و در شرف جزيره شدن قرار می گيرد، مي توان آن را به صورت كنترل شده به جزاير قابل قبول تري تقسيم نمود تا اولاً كمترين ميزان حذف بار و توليد در جزاير ايجاد شود و ثانياً با حفظ تعادل توان در داخل جزاير بازيابي شبكة قدرت را سريعتر و آسانتر نمود. جزيره سازي كنترل شدة شبكة قدرت بايستي تا حد امكان سريع و بلادرنگ باشد. در اين پايان نامه ابتدا روشهاي دسته بندي كه در ساير زمينه ها مورد استفاده قرار گرفته اند معرفي مي شوند و سپس روش جديدي براي جزيره سازي كنترل شدة شبكة قدرت به منظور كاهش زمان جزيره سازي

ارائه مي شود. با ارائة نتايج مطالعات روي 8 مورد از شبكه هاي قـدرت و مقايـسة روشـها، بهبـود سرعت روش پيشنهادي نشان داده شده است.

در فصل دوم پايان نامه بعد از اينكه روشهاي حفاظتي پيشگيرانه كه به ترتيب جهت مقابله بـا خطـا رخ داده شده بيان شد، انواع روشهاي ارائه شده براي جزيـره سـازي كنتـرل شـده در شـبكه هـاي قدرت از لحاظ اينكه كي و كجا بايستي اين عمل انجام شود ارائه مي شوند. انواع روشـهاي دسـته بندي كه در زمينه هاي مختلف مورد استفاده قرار گرفته اند، در فصل سوم بيـان مـي شـوند. فـصل چهارم ابتدا جزيره سازي مبتني بر روش طيفي را بيان نموده و عيوب آن را مورد بررسي قـرار مـي دهد. در ادامه ثابت مي شود كه جزيره سازي مبتني بر روش طيفـي بـا وجـود عيـوبي كـه دارد بـا اصلاحاتي مي تواند جزايري را با حداقل نرخ تغييرات فركانس در داخل جزايـر، ايجـاد نمايـد. در فصل چهارم همچنين براي اولين بار روش چند سـطحة مبتنـي بـر روشـهاي طيفـي و Kernel k-means ارائه شده است. در ادامة اين فصل نوآوري ديگري جهت كاهش بيشتر زمان انجام جزيـره سازي با ارائة الگوريتم جديدي براي متراكم سازي بيشتر گراف حاصله از شبكة قـدرت ارائـه مـي گردد. روش چند سطحة بهبود يافته قادر است تا ژنراتورهاي همپا را همواره در يک جزيـره حفـظ نمايد. فصل پنجم بعد از ارائة نتيجه گيري، پيشنهاداتي را جهت ادامة كار در زمينـة موضـوع پايـان نامه ارائه مي نمايد.