بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه
صنعتی
نوشیروانی
بابل

دانشکده مهندسی برق وکامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق- قدرت

موضوع:

بهبود پایداری ولتاژ دینامیکی ریزشبکه‌ها با استفاده از پایدارساز ولتاژ MGVS

استاد راهنما :
دکتر عبدالرضا شیخ‌الاسلامی

استاد مشاور:
دکتر علی نبوی

نام دانشجو:
مائده محضرنیا

تابستان 1392

تقدیم به

دستهای زحمتکش پدر

و

محبتهای بی‌دریغ مادر

تشکر و قدردانی

وظیفه خود می‌دانم سپاسگزار تمام آنهایی باشم که در این دوره، ارزشمند بودنشان و امیدشان رهگشای من بود. خانواده عزیزم که همانند تمام روزهای گذشته با صبر و حوصله در کنارم بودند، اساتید عزیز و گرانقدر دانشکده برق و کامپیوتر، بخصوص جناب آقای دکتر شیخ‌الاسلامی که با تلاشهای بیشائبه و دلسوزانه خود نه تنها در انجام این پایان نامه بلکه در تمام طول دوره کارشناسی ارشد مرا یاری نمودند و به هنگام نیاز برای حل مشکلات اینجانب از هیچ کمکی دریغ نورزیدند.

مائده محضرنیا

دانشجوی ارشد دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

چکیده

ریزشبکه‌ها به عنوان واحدهایی قابل کنترل در موازات شبکه اصلی به‌کار می‌روند. فواصل الکتریکی میان منابع توان راکتیو موجود در این نوع سیستم‌ها و بارهایی که نیاز به جبران‌سازی راکتیو دارند، زیاد نیست. بنابراین باید نوعی جبران‌سازی هماهنگ میان منابع راکتیو صورت گیرد تا از افت ولتاژ سریع جلوگیری شود. ازاینرو، استفاده از نوعی پایدارساز ولتاژ در ریزشبکه‌ها که پاسخگوی چنین نیازی باشد، مطلوب می‌باشد. در این پژوهش، نوعی پایدارساز ولتاژ به نام MGVS به کار گرفته شده است. ورودی این پایدارساز، مقدار کل کسری ولتاژ سیستم در حالت دینامیکی می‌باشد و خروجی آن نیز میان منابع تولیدپراکنده توزیع می‌شود. هدف اصلی این تحقیق، بررسی صحت عملکرد پایدارساز مذکور در ریزشبکه‌ای شامل منابع تولید پراکنده با واسطه‌های الکترونیک‌قدرتی است. سیستم مورد تست نیز ریزشبکه 21 باسه IEEE است، که سه منبع تولیدپراکنده موجود در آن از نوع منابع فتوولتائیک انتخاب شده است. در این پایان‌نامه، ابتدا به معرفی مدل کنترلی MGVS و تعیین پارامترهای آن پرداخته شده است. پارامترهای پایدارساز مذکور به گونه‌ای انتخاب شده است که متناسب با ریزشبکه تحت بررسی باشند. سپس منبع فتوولتائیک و تجهیزات مورد نیاز آن مدل‌سازی شده است. نهایتاً با اِعمال اغتشاشات دینامیکی مختلف به ریزشبکه‌ی تحت بررسی، پروفیل ولتاژ در حضور MGVS و در غیاب آن مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی در محیط نرم-افزاری MATLAB/Simulink نشان می‌دهد که در حضور این پایدارساز، پروفیل ولتاژ باس‌های ریزشبکه بهبود می‌یابد و بنابراین سطح پایداری ولتاژ دینامیکی افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی:

ریزشبکه، پایدارساز ولتاژ MGVS ، منابع فتوولتائیک، اینورتر کنترل‌شده با ولتاژ DC ، MATLAB/Simulink

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... ج
فهرست شکل‌ها ..... د
فهرست علایم اختصاری ..... و

فصل 1- مقدمه 1
1-1 پیشگفتار 2
2-1 انگیزه استفاده از پایدارساز ولتاژ در ریزشبکه‌ها و اهداف اصلی پایان‌نامه 5
3-1 ساختار پایان نامه 7

فصل 2- بررسی ریزشبکه‌ها و و پژوهش‌های صورت گرفته در مورد آنها 8
1-2 ریزشبکه‌ها 9
2-2 اهداف و مزایای استفاده از ریزشبکه‌ها 12
3-2 انواع ریزشبکه‌ها 13
1-3-2 ریز شبکه‌های DC 13
2-3-2 ریز شبکه‌های AC 15
4-2 مدهای عملکردی ریزشبکه 15
1-4-2 مد متصل به شبکه 16
2-4-2 مد جزیره‌ای (مستقل از شبکه) 16
5-2 چالش‌های موجود در مبحث ریزشبکه‌ها 17
6-2 پایداری و کنترل ریزشبکه‌ها 18
1-6-2 مروری کلی بر کنترل فرکانسی ریزشبکه‌ها 19
7-2 مطالعات صورت‌گرفته در رابطه با پایداری ولتاژ در سیستم‌های قدرت و به ویژه ریزشبکه‌ها 20
1-7-2 پایداری ولتاژ در سیستم‌های قدرت 20
2-7-2 مطالعات انجام شده در زمینه کنترل ولتاژ و پایداری ولتاژ ریزشبکه‌ها 22
8-2 جمع‌بندی مطالعات 27

فصل 3- مدل‌سازی پایدارساز ولتاژ ریزشبکه (MGVS) در ریزشبکه‌ای شامل منابع فتوولتائیک 29
1-3 مقدمه 30
2-3 مدل‌سازی "پایدارساز ولتاژ ریزشبکه" و اِعمال آن به ریزشبکه: 30
1-2-3 استراتژی‌های کنترلی ریزشبکه‌ها 30
1-1-2-3 کنترل PQ اینورتر 31
2-1-2-3 کنترل ولتاژ و فرکانس یا VSI 32

2-2-3 پایدارساز ولتاژ ریزشبکه 32
3-2-3 مدل‌سازی فضای حالت بلوک‌های پیش فاز ـ پس فاز 32
4-2-3 مدل‌سازی پایدارساز ولتاژ ریزشبکه با استفاده از بلوک‌های کنترلی تعریف شده 35
3-3 مدل‌سازی سیستم فتوولتائیک (منبع تولیدپراکنده فتوولتائیک (PV) به همراه اجزای مورد نیاز یک سیستم فتوولتائیک) 41
1-3-3 اصول کار یک پنل فتوولتائیک و مدل‌سازی آن 42
2-3-3 مدل‌سازی اجزای مربوط به بخش واسطه در سیستم فتوولتائیک 44
1-2-3-3 مدل مبدل افزاینده DC-DC حلقه بسته 44
2-2-3-3 مدل اینورتر به‌کار رفته در سیستم فتوولتائیک و متناسب با پایدارساز ولتاژ (اینورترکنترل‌شده با ولتاژ DC) 46
3-3-3 ذخیره‌سازهای انرژی (باطری‌ها) 51
4-3 جمع‌بندی 52

فصل 4- شبیه‌سازی و مطالعات موردی 53
1-4 مقدمه 54
2-4 ساختار شبکه مورد مطالعه 54
3-4 روند کلی تغییرات مربوط به متغیرهای جبری منابع تولیدپراکنده و متغیرهای جبری شبکه در اثر وقوع خطا در ریزشبکه 57
4-4- اِعمال اغتشاشات مختلف به ریزشبکه‌ی دربردارنده MGVS و تحلیل نتایج 60
1-4-4 تحلیل پایداری ولتاژ ریزشبکه در مد جزیره‌ای در حضور اغتشاشات مختلف 61
1-1-4-4 بررسی تأثیر MGVS در ریزشبکه جزیره‌ای به هنگام وقوع خطای اتصال کوتاه سه فاز 62
2-1-4-4 بررسی تأثیر MGVS در ریزشبکه جزیره‌ای به هنگام وقوع خطای اضافه بار ناگهانی 66
2-4-4 تحلیل پایداری ولتاژ ریزشبکه در حین فرآیند (اغتشاش) جزیره‌ای شدن و اتصال مجدد 70
5-4 جمع‌بندی از شبیه‌سازی‌ها 75

فصل 5- جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات 76
1-5 نتیجه‌گیری 77
2-5 پیشنهادها 78
پیوست 80
مراجع 89

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول 3-1 فاکتورهای وزنی برای باس‌های بار 37
جدول 3-2 پارامترهای کنترلی MGVS 38
جدول 3-3 فاکتورهای وزنی برای باس‌های ژنراتوری ریزشبکه تحت بررسی 38
جدول 3-4 مشخصات ماژول و آرایه فتوولتائیک 43
جدول 4-1 اطلاعات شبکه سراسری 55
جدول 4-2 داده‌های مربوط به باس‌های ریزشبکه مورد تست 56
جدول 4-3 داده‌های مربوط به خطوط ریزشبکه مورد تست 57

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل (2-1): ساختار کامل یک ریزشبکه 10
شکل (2-2): الف) شماتیکی از محل قرارگیری MGCC و کنترل‌کننده‌های محلی درریزشبکه ب) ارتباط MGCC با کنترل‌کننده‌های محلی (MC و LC) 11
شکل (2-3): شارش دو طرفه توان میان شبکه قدرت اصلی و سیستم ریزشبکه 12
شکل (2-4) : شماتیکی از ساختار درونی ریزشبکه DC 14
شکل (2-5): ساختار کلی ریز شبکه‌های DC در اتصال به شبکه اصلی 14
شکل (2-6): ساختار نمونه‌ای از یک دیزل‌ژنراتور 15
شکل (2-7): شماتیکی ساده از اتصال ریزشبکه‌های DC وAC به شبکه اصلی 15
شکل (2-8): انتقال میان مدهای عملکردی ریزشبکه توسط کلید بای‌پس استاتیکی 16
شکل (2-9): استفاده از DSTATCOM در ریزشبکه به منظور بهبود پایداری ولتاژ 23
شکل (2-10): الف) مدل کنترل‌کننده لغزشی(SMC) ب) استفاده از کنترل‌کننده فازی برای کنترل سوئیچ 24
شکل (2-11): ساختار ریزشبکه مورد بررسی (شامل یک منبع سنکرون ، یک منبع آسنکرون و SES) 25
شکل (2-12): الف) شماتیک کلی SES ب) حلقه بیرونی کنترل توان ج) حلقه درونی کنترل جریان 25
شکل (3-1): بلوک دیاگرام پسفاز (Lag) 33
شکل (3-2): بلوک دیاگرام پیشفاز - پسفاز (Lead - Lag) 33
شکل (3-3): مدل بازآرایی شده از بلوک دیاگرام پیشفاز - پسفاز (Lead - Lag) 34
شکل (3-4): مدل پایدارساز ولتاژ ریزشبکه 36
شکل (3-5): مدل کاربردی‌تر از پایدارساز ولتاژ ریزشبکه 36
شکل (3-6): نحوه اِعمال سیگنال خروجی MGVS به منابع PV موجود در ریزشبکه 39
شکل (3-7): فرآیند عملکرد پایدارساز MGVS در ریزشبکه‌ها به جهت افزایش پایداری ولتاژ دینامیکی 40
شکل (3-8): اجزای سیستم فتوولتائیک 41
شکل (3-9): پروسه تولید برق به وسیله یک سلول فتوولتائیک 42
شکل (3-10): مدار معادل ساده‌ای برای ماژول فتوولتائیک 43
شکل (3-11): اتصال آرایه فتووولتائیک به سیستم قدرت(بار الکتریکی) توسط بخش واسطه 44
شکل (3-12): شبیه‌سازی مبدل افزاینده DC-DC حلقه بسته در Matlab/Simulink 45
شکل (3-13- الف): شکل موج ولتاژ خروجی مبدل افزاینده DC-DC حلقه بسته 45
شکل (3-13-ب): شکل موج ولتاژ خروجی مبدل DC-DC حلقه بسته پس از عبور از حالت گذرای اولیه با حداکثر بزرگ‌نمایی 46
شکل (3-14): شماتیک اینورتر کنترل شده با ولتاژ DC 47
شکل (3-15): الف) شکل موج توان اکتیو منبع تولیدپراکنده سوم ب) شکل موج توان راکتیو منبع تولیدپراکنده سوم 49
شکل (3-16): شکل موج ولتاژ پیش از عبور از فیلتر LC 50
شکل (3-17): شکل موج ولتاژ پس از عبور از فیلتر LC 51
شکل (3-18): اتصال باطری به سیستم فتوولتائیک 52
شکل (4-1): سیستم ریزشبکه‌ی مورد تست 55
شکل (4-2): ریزشبکه‌ی مورد تست در مد جزیره‌ای 61
شکل (4-3): مقایسه پروفیل ولتاژ باس‌های بار برای خطای اتصال کوتاه سه فاز، در حضور MGVS و در غیاب آن 63
شکل (4-4): مقایسه توان راکتیو تولیدی منابع PV برای خطای اتصال کوتاه سه فاز، در حضور MGVS و در غیاب آن 65
شکل (4-5): مقایسه پروفیل ولتاژ باس‌های بار برای خطای کلیدزنی بار(اضافه بار ناگهانی)، در حضور MGVS و در غیاب آن 67
شکل (4-6): مقایسه توان راکتیو تولیدی منابع PV برای خطای اضافه بار ناگهانی، در حضور MGVS و در غیاب آن 69

شکل (4-7): جزیره‌ای شدن سیستم ریزشبکه 70
شکل (4-8): مقایسه پروفیل ولتاژ باس‌های بار در اثر فرآیند جزیره‌ای شدن ریزشبکه و اتصال مجدد آن به شبکه اصلی، در حضور MGVS و در غیاب آن 72
شکل (4-9): مقایسه توان راکتیو تولیدی شبکه اصلی و منابع PV موجود در ریزشبکه در زمان فرآیند جزیره‌ای شدن ریزشبکه و اتصال مجدد آن به شبکه اصلی، در حضور MGVS و در غیاب آن 74

فهرست علایم اختصاری

عنوان	علامت اختصاری
تنظیم‌کننده اتوماتیک ولتاژ (Automatic Voltage Regulator)	AVR
تولید پراکنده (Distributed Generation)	DG
ائتلاف فنآوری‌های قابلیت اطمینان (Consortium for Electric Reliability Technology Solutions)	CERTS
تولید همزمان برق و گرما (Combined Heat and Power)	CHP
کنترل‌کننده بار (Load Controller)	LC
کنترل‌کننده محلی (Local Controller)	LC
کنترل‌کننده ریزمنابع (Micro-sources Controller)	MC
کنترل‌کننده مرکزی ریزشبکه (Micro Grid Central Controller)	MGCC
پایدارساز ولتاژ ریزشبکه (Micro-Grid Voltage Stabilizer)	MGVS
پایدارساز سیستم قدرت (Power Systemint Stabilizerling)	PSS
سلول خورشیدی (Photo Voltaic)	PV
کنترل‌کننده مد لغزشی (Sliding Mode Controller)	SMC
ذخیره‌سازهای انرژی خازنی با ظرفیت بالا (Supercapacitor Energy Storage)	SES
کلید استاتیکی (Static Switch)	SS
کیفیت توان (Power Quality)	PQ
اینورتر منبع ولتاژ (Voltage Source Inverter)	VSI

فصل1- مقدمه

1-1 پیشگفتار

تأمین برق در شبکه‌های سنتی توسط نیروگاه‌های بزرگ که به صورت متمرکز در نقاط مشخصی قرار گرفته‌اند، انجام می‌شود. انرژی تولید شده باید توسط شبکه‌های انتقال و توزیع به نقاط مصرف انتقال داده شود. سیستم قدرت فوق دارای اشکالات بسیاری است که از جمله آن می‌توان به کاهش قابلیت اطمینان و دسترس‌پذیری در اثر فرسوده شدن زیرساخت‌های سیستم الکتریکی و تحمیل شدن هزینه‌های زیاد تلفات در انتقال انرژی به نقاط بار اشاره کرد.

با رشد مصرف انرژی الکتریکی و نیاز به کیفیت بالاتر برق مصرفی و همچنین افزایش تقاضا در سیستم قدرت مشکلات زیادی برای قابلیت‌های سیستم تولید و انتقال به وجود آمده است، که منجر به افزایش تعداد قطعی‌های برق می‌شود. به عنوان مثال در ایالات متحده آمریکا، این قطعی‌های برق پی‌درپی منجر به صرف هزینه‌ای بالغ بر 104 تا 164 میلیارد دلار در هر سال برای شبکه قدرت آسیب‌دیده می‌شود. نیروگاه‌های بزرگ مرکزی نیز به علت تلفات تولید و انتقال در بهترین حالت دارای بازده ٪35 می‌باشند. این بازده پایین در سیستم قدرت سبب افزایش تشعشعات گازهای گلخانه‌ای می‌شود. از اینرو، صنعت برق به سوی استفاده از فنآوری‌های جدید سوق یافته است. از سوی دیگر روند رو به رشد خصوصی‌سازی، رقابتی شدن بازار برق و تبدیل سرمایه‌گذاران بزرگ به سرمایه‌گذاران کوچک، مدیران صنعت برق را بر این می‌دارد تا بیش از پیش به افزایش توان تولیدی و تجهیزات شبکه با حداکثر بازدهی انرژی و حداقل هزینه‌ی بهره‌برداری توجه کنند.

تمامی دلایل فوق‌الذکر زمینه‌ساز انجام تحقیقات گسترده‌ای با هدف تأمین نیاز افزاینده انرژی، بدون بالا بردن قابلیت‌های سیستم انتقال شده است.

استفاده از فنآوری تولیدات پراکنده[1] (توربین بادی، PV و ...) برای تولید برق، یکی از راه‌هایی است که اکنون برای پوشش چالش‌های پیشرو به ویژه دغدغه‌های زیست‌محیطی پیشنهاد می‌شود. بر طبق تعریف، تولیدات پراکنده واحدهای تولید انرژی الکتریکی با ظرفیتی کمتر از 10 مگاوات هستند که در پست‌ها، فیدرهای توزیع یا سطوح مشتری به شبکه متصل می‌شوند. تولیدات پراکنده انواع مختلفی نظیر توربین گازی

[1] . Distributed Generation

احتراقی، توربین کوچک، وسایل ذخیره انرژی، توربین بادی، انرژی بیو مس، پیل سوختی و سلول خورشیدی دارند.

در واقع ایده‌ی تولید پراکنده، ایده‌ای قدیمی و مربوط به اواخر قرن 19 میلادی است. اما اکنون پس از گذشت نزدیک به یک قرن از بهره‌برداری انسان از انرژی الکتریکی، طراحان و برنامه‌ریزان صنعت برق در سراسر دنیا به ایده‌ی تولید پراکنده روی آورده و در جهت کوچک‌سازی حجم مراکز تولید و سطح تحت پوشش آنها تلاش می‌کنند. محدودیت سوخت‌های فسیلی و آلودگی هوا از مشوق‌های اصلی گسترش تولید پراکنده است. این فنآوری مبتنی بر تولید برق در نزدیکی محل مصرف می‌باشد که در نتیجه‌ی آن کاهش تلفات در سیستم و نیز انعطاف بیشتری برای ارائه خدمات گوناگون به مصرف‌کنندگان پدید می‌آید.

به طور کلی کاهش تلفات خطوط، بهبود پروفیل ولتاژ، کاهش انتشار گازهای آلاینده، آزادسازی ظرفیت سیستم‌های توزیع و انتقال، به تعویق افتادن سرمایه‌گذاری برای توسعه شبکه، ارتقاء بهره‌وری و افزایش امنیت برای بارهای حساس و پراهمیت شبکه‌های توزیع از نتایج مثبت بکارگیری تولید پراکنده برای تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان انرژی در شبکه است.

همچنین لازم به ذکر است که از آنجاییکه تولیدات پراکنده دارای قابلیت اطمینان و بازده بالا و همچنین بهره‌برداری آسان هستند، در نتیجه از توانایی رقابت با شبکه سیستم قدرت برخوردار می‌باشند. که این امر با توجه به گسترش روزافزون بازار رقابتی در برق بسیار حائذ اهمیت است. زیرا بعضی موارد تولیدات پراکنده، برقی با قیمت پایین‌تر و قابلیت اطمینان بالاتر از شبکه سیستم قدرت، به مشتریان ارائه می‌کنند. گاهاً نیز می‌توانند با وصل شدن به شبکه سیستم قدرت به بهبود عملکرد شبکه کمک کنند.

اما با افزایش نفوذ منابع تولید پراکنده در شبکه‌های برق و کاربرد بی‌برنامه از آنها، عدم قطعیت‌های انواع تجدیدپذیر آنها و همچنین تبدیل شدن شبکه‌های توزیع غیرفعال به شبکه‌های توزیع فعال، چالش‌های عمده‌ای برای طراحی سیستم‌های قدرت در آینده مطرح می‌شود.

یکی از دیدگاه‌هایی که برای افزایش مؤثرتر مشارکت این منابع پیشنهاد می‌شود، تجمیع این منابع با اهداف رویت‌پذیری، ارتباط مناسب میان این منابع و شبکه برق و همچنین کنترل هرچه کاراتر این منابع

است. یکی از روش‌های تجمیع منابع تولید پراکنده، مفهومی نوین به نام ریزشبکه[1] است. ریزشبکه‌ها، شبکه-های توزیع فعال ولتاژ پایین و یا ولتاژ متوسطی هستند که از مجموعه‌ای متشکل از بارها، منابع تولید پراکنده و ادوات کنترلی تشکیل شده‌اند و می‌توانند به عنوان واحدهایی قابل کنترل در موازات شبکه اصلی به کار روند. این شبکه‌ها نفوذ آسان منابع انرژی تجدیدپذیر را در سیستم قدرت امکان‌پذیر می‌سازند، فشار وارد بر شبکه را کاهش می‌دهند، صورت‌حساب مشتریان را کاهش داده، مشاغلی مطابق با محیط زیست ایجاد می‌کنند و قابلیت اطمینان و ایمنی شبکه را افزایش می‌دهند. ضمناً تلفات انتقالشان بسیار پایین بوده و دارای بازده تقریباً ٪85 می‌باشند. همچنین ریزشبکه‌ها، توانایی کاهش بحران انرژی جهانی را دارند (با کاهش بار بر روی شرکت برق[2]، کاهش ریسک‌های مربوط به امنیت و ایمنی شبکه و تأمین منابع انرژی پاک که بسیار اقتصادی‌تر و قابل اطمینان‌تر هستند).

به واسطه وجود منابع تولیدپراکنده در ریزشبکه‌ها، از کاربردهای اصلی این سیستم‌ها می‌توان به پیاده-سازی و بهره جستن از آنها در مناطقی که توسعه شبکه به سختی قابل اجراست و یا مناطقی که در بردارنده بارهای بسیار حساس می‌باشند، اشاره کرد. همچنین به دلیل استقلال در بهره‌برداری، ریزشبکه‌ها می‌توانند از شبکه اصلی جدا شده و به صورت جزیره‌ای بهره‌برداری شوند و به این طریق در حین قطعی برق و اختلالات، دسترس‌پذیری توان را در سطح قابل قبولی حفظ کنند و از خاموشی سراسری و از دست رفتن تولیدات جلوگیری کنند.

در واقع هدف عمده شکل‌گیری این شبکه‌ها مسائل فنی مرتبط با افزایش قابلیت اطمینان و کیفیت برق تحویلی به مصرف‌کنندگان است. از این رو ریزشبکه از دید شبکه‌های بالادست یک عنصر با ویژگی دوگانه است که گاهی بار و گاهی منبع تولید تلقی می‌شود. استقلال در بهره‌برداری که از ویژگی‌های اصلی ریزشبکه‌هاست، وظایفی را متوجه بهره‌بردار ریزشبکه می‌کند. بهره‌بردار ریزشبکه موظف به حفظ امنیت این شبکه‌ها و تأمین خدمات جانبی[3] مورد نیاز برای بهره‌برداری ایمن از آنهاست.

---

[1]. Micro-Grid
[2]. Utility Grid
[3]. Ancillary Services

از طرف دیگر باید مشوق‌های لازم از دیدگاه اقتصادی برای منابع تولید انرژی ایجاد گردد که چنین شبکه‌هایی با نفوذ بالای منابع تولید پراکنده، قابلیت تشکیل داشته باشند. باید توجه داشت که شرکت منابع تولید پراکنده به صورت انفرادی در بازارهای برق و خدمات جانبی مرتبط، محدودیت‌هایی به لحاظ اقتصادی و فنی ایجاد می‌کند که با تجمیع آنها در ریزشبکه، این محدودیت‌ها تا حدودی مرتفع می‌شود.

در آینده با توسعه ریزشبکه، شبکه‌های توزیع فعالی متشکل از ریزشبکه‌ها و منابع تولید پراکنده و بارهای قابل قطع و غیرقابل قطع شکل می‌گیرند. این شبکه‌ها که با نام ریزشبکه چندگانه[1] شناخته می‌شوند، خود باید استراتژی‌های لازم را برای بهره‌برداری مستقل از شبکه‌های بالادست به اجرا بگذارند. در واقع بهره-برداران ریزشبکه‌های چندگانه (بهره‌بردار شبکه توزیع فعال) باید سازوکارهای فنی و اقتصادی لازم برای استفاده بهینه از منابع را فراهم آورند. با این دیدگاه بهره‌بردارهای ریزشبکه و ریزشبکه چندگانه موظف به اجرای مجموعه وظایفی هستند که ضمن تضمین امنیت سیستم، رضایت را برای اعضای شبکه خود به همراه آورند. به این منظور باید برنامه‌ریزی[2] با هدف رضایت منابع و بارهای کل سیستم تحت کنترل خود را با در نظرگرفتن تمامی قیود فنی و اقتصادی و همچنین ارتباط بالقوه با بازارهای بالادست به اجرا بگذارند. یکی از مواردی که در این برنامه‌ریزی مورد توجه است، حصول اطمینان از پایداری ریزشبکه‌ها در شرایط دینامیکی متفاوت با استفاده از استراتژی‌های کنترلی مختلف است که در این پایان‌نامه به یکی از انواع این استراتژی‌ها پرداخته می‌شود.

2-1 انگیزه استفاده از پایدارساز ولتاژ در ریزشبکه‌ها و اهداف اصلی پایان‌نامه

غالباً به هنگام وقوع اغتشاشات در ریزشبکه‌ها (و یا سیستم‌های قدرت متصل به آنها) ولتاژ باس‌های سیستم دچار افت می‌شوند. میزان این افت ولتاژ بستگی به نوع اغتشاش وارد شده، از مقادیری ناچیز تا مقادیر بسیار زیاد که ممکن است منجر به فروپاشی سیستم شود، متغیر است. همچنین در یک سیستم توزیع ممکن است برخی از بارها به تغییرات ولتاژ حساس باشند و همه منابع تولیدپراکنده قابلیت جبران-سازی توان راکتیو را در حالت دینامیکی نداشته باشند.

[1]. Multi Microgrid

[2]. Scheduling

از اینرو برای جلوگیری از افت ولتاژ سریع، قابلیت راکتیو دینامیکی کافی مورد نیاز می‌باشد. در حقیقت فعالیت هماهنگ میان منابع راکتیو می‌تواند منجر به کارایی بیشتر این منابع و افزایش قابلیت راکتیو شبکه شود. اگرچه در سیستم‌های قدرت مرسوم که فواصل الکتریکی میان منابع راکتیو و بارهای راکتیو زیاد است، این فعالیت هماهنگ ممکن است خیلی مناسب و کاربردی نباشد. زیرا در این‌صورت سیستم با افت ولتاژ شدید ناشی از انتقال توان راکتیو در فواصل طولانی مواجه خواهد شد. به همین دلیل در عمل، جبران‌سازی راکتیو معمولاً در منابع محلی صورت می‌گیرد.

در ریزشبکه‌ها بر خلاف سیستم‌های قدرت متداول، فواصل الکتریکی میان منابع توان راکتیو و بارهایی که نیاز به جبران‌سازی راکتیو دارند، خیلی زیاد نیست. بنابراین نوعی جبران‌سازی هماهنگ در منابع راکتیو برای پایداری ولتاژ دینامیکی باید در نظر گرفته شود. ریزشبکه‌های ضعیف که خوب پشتیبانی نشده‌اند، گاهاً از عهده مقابله با مشکلات مربوط به پایداری ولتاژ بر نیامده و ممکن است منجر به فروپاشی خودشان و یا حتی در صورت اتصال به شبکه، منجر به خاموشی‌های سراسری در سیستم قدرت شوند. از اینرو به جهت کنترل هماهنگ منابع راکتیو دینامیکی و بهبود پایداری ولتاژ دینامیکی ریزشبکه، استفاده از پایدارساز ولتاژی برای ریزشبکه‌ها مطلوب می‌باشد.

پایدارسازی که در این پایان‌نامه استفاده شده است، MGVS نامیده می‌شود. پیش از این صحت عملکرد پایدارساز مذکور برای ریزشبکه‌هایی شامل منابع تولیدپراکنده مبتنی بر ماشین سنکرون از جمله دیزل-ژنراتورها مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین این پایان‌نامه به دنبال پیاده‌سازی آن در ریزشبکه‌ای با منابع تولیدپراکنده مبتنی بر واسطه‌های الکترونیک قدرتی[1] می‌باشد. از میان انواع مختلف منابع فوق‌الذکر، در این پایان‌نامه ریزشبکه‌ای شامل منابع فتوولتائیک مورد بررسی قرار گرفته است.

در راستای نیل به هدف این پایان‌نامه، ابتدائاً ساختار کلی ریزشبکه مورد تست، منابع فتوولتائیک و اجزای مربوط به آن به‌گونه‌ای که ارتباط میان پایدارساز و سیستم ریزشبکه به سهولت انجام گیرد، شبیه‌سازی می-شوند. شبیه‌سازی و مطالعات موردی در محیط نرم‌افزاری MATLAB/Simulink صورت خواهد گرفت.

[1]. Power Electronic Interfaced Distributed Generation Resources

سپس با انتخاب ضرایب مناسب برای پایدارساز مذکور و اِعمال اغتشاشات مختلف تأثیر حضور MGVS در بهبود پروفیل ولتاژ در چنین ریزشبکه‌ای مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

3-1 ساختار پایان‌نامه

این پایان نامه شامل 5 فصل به شرح زیر می‌باشد:

- در فصل اول، مقدمه کلی، موضوع تحقیق، اهداف و ساختار پایان‌نامه ارائه شده است.
- در فصل دوم، پس از معرفی کامل ریزشبکه و انواع مختلف آن، به مطالعات صورت‌گرفته در زمینه‌ی پایداری ولتاژ در سیستم‌های ریزشبکه و معرفی انواع استراتژی‌های کنترلی ولتاژ در سیستم‌های ریزشبکه و معرفی انواع استراتژی‌های کنترلی موجود در آنها برای بهبود پایداری ولتاژ در ریزشبکه‌ها پرداخته می‌شود.
- در فصل سوم، پس از معرفی مدل پایدارساز ولتاژ ریزشبکه (MGVS) و انتخاب مقادیری مناسب برای پارامترهای آن، به مدل‌سازی سیستم فتولتائیک شامل منابع فتوولتائیک و اجزای مربوطه پرداخته خواهد شد.
- در فصل چهارم، MGVS با ضرایب تعیین‌شده در فصل سوم بر روی ریزشبکه 21 باسه استاندارد IEEE و با استفاده از نرم‌افزار MATLAB پیاده‌سازی شده و مطالعات موردی پس از اِعمال اغتشاش شبیه‌سازی می‌شود تا صحت عملکرد پایدارساز مذکور در این نوع از ریزشبکه‌ها مورد تحقیق قرار گیرد.
- در فصل پنجم، جمع‌بندی کلی به همراه نتیجه‌گیری بیان خواهد شد. سپس پیشنهاداتی نیز برای ادامه کار در این زمینه ارائه می‌گردد.

فصل 2- بررسی ریزشبکه‌ها

و پژوهش‌های صورت‌گرفته در مورد آنها

1-2 ریزشبکه‌ها

با تجدید ساختار بازار برق در سال‌های اخیر، سیستم‌های قدرت به استفاده هرچه بیشتر از تولیدات پراکنده ترغیب شده‌اند. اما نفوذ بالای این تولیدات‌پراکنده، چالش‌هایی در رابطه با پایداری و قابلیت اطمینان سیستم قدرت به وجود می‌آورد. این موضوع منجر به ایجاد رویکردی می‌شود که در آن سیستم قدرت شامل تولید، انتقال و زیرسیستم‌ها می‌باشد. این زیرسیستم‌ها، ریزشبکه[1] نامیده می‌شوند که می‌توانند عملکرد پایدار سیستم را در حین اغتشاشات مختلف شبکه تضمین کنند و در نتیجه پایداری و قابلیت اطمینان کل سیستم قدرت را بهبود بخشند [1-3]. در واقع ریزشبکه‌ها، سیستم‌های قدرت کوچک و مستقلی هستند که به واسطه تولیدات پراکنده موجود در آنها، قابلیت اطمینان بالایی دارند و نیز به دلیل داشتن خطوط انتقال کوتاه و قابلیت تولید همزمان برق و حرارت (CHP)[2]، از راندمان بالایی هم برخوردار می‌باشند. ضمن اینکه تجمع منابع انرژی تجدیدپذیر، در این نوع سیستم‌ها آسانتر می باشد [4].

به عبارتی، ریزشبکه را می‌توان به صورت شبکه ولتاژ پایینی شامل منابع تولیدپراکنده (توربین‌های بادی، منابع فتوولتائیک، موتورهای دیزلی و . . .)، بارها (مقاومتی و القایی)، کنترل‌کننده‌ها و یک کلید استاتیک (SS)[3] تعریف نمود [4-6]. به هنگام وقوع اغتشاشات (نظیر خطاهای تعریف شده در استاندارد IEEE 1547 یا رخدادهای مربوط به کیفیت توان)، ریزشبکه‌ها توسط کلید استاتیک، خودشان را از شبکه اصلی جدا می‌کنند و بی‌آنکه آسیبی به یکپارچگی سیستم انتقال وارد شود، بارها را نیز از اغتشاشات جدا می‌کنند. اتصال مجدد ریزشبکه به شبکه اصلی نیز عمدتاً پس از رفع اغتشاشات صورت می‌پذیرد. شکل (2-1) ساختار کامل یک ریزشبکه را نشان می‌دهد.

[1]. Microgrid

[2]. Combined Heat and Power

[3]. Static Switch