



دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش: الکترونیک - قدرت

عنوان:

ریز شبکه و نقش آن در شبکه هوشمند

استاد راهنما: دکتر اوجاقی

نگارش: عباسی مریم - رسولی اکرم

تابستان ۹۱

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که حتی لحظه ای حمایت خود را از ما دریغ نکرد.

تقدیم به مهربان فرشتگانی که:

لحظات ناب باور بودن، لذت و غرور دانستن، جسارت خواستن،
عظمت رسیدن و تمام تجربه های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون
حضور سبز آنهاست

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

چکیده

فصل اول : شبکه هوشمند

- 1-1-1- مقدمه.....1
- 1-2-1- شبکه ی هوشمند.....3
- 1-3-1- سیستم زیر ساخت هوشمند.....6
- 1-4-1- سیستم مدیریت هوشمند.....6
- 1-5-1- سیستم حفاظت هوشمند.....6
- 1-6-1- تولید انرژی.....6
- 1-7-1- شبکه انتقال هوشمند.....8
- 1-8-1- شبکه توزیع.....9
- 1-9-1- مروری بر تحقیقات انجام شده بر روی زیرسیستم های انرژی.....10
- 1-9-1-1- بکارگیری موثر منابع تجدیدپذیر متناوب و دارای نوسان.....10
- 1-9-1-2- سیستم اطلاعات هوشمند.....10
- 1-9-1-3- اندازه گیری و مقیاس بندی اطلاعات.....10
- 1-9-1-4- زیرسیستم ارتباطات هوشمند.....11
- 1-9-1-5- مدیریت اطلاعات.....13
- 1-9-1-6- ذخیره سازی موثر اطلاعات.....13
- 1-10-1- جایگاه ریزشبکه در شبکه هوشمند.....14

11-1- ویژگی های مهم ریزشبهه ها 16

1-11-1- عملکرد خودکار 16

2-11-1- کنترل برق و فرکانس 16

3-11-1- افت فرکانس 16

3-11-1- حفاظت 17

12-1- موانع مقرراتی 16

1-12-1- سیاست های مقرراتی 16

2-12-1- مدل های مالکیت ریزشبهه 18

3-12-1- قانونی بودن ریزشبهه ها 18

4-12-1- قلمرو (محدوده) سرویس دهی 18

5-12-1- تعرفه 19

6-12-1- اثر متقابل ریزشبهه و مصرف کننده بر یکدیگر 19

7-12-1- قوانین شهری و محیطی 19

13-1- چند مثال از ریزشبهه ها 19

فصل دوم: عملکرد جزیره ای ریزشبهه ها

2-1- عملکرد جزیره ای ریزشبهه 22

2-2- آرایش عمومی ریز شبکه و کنترل آن 23

3-2- مدلسازی دینامیکی اجزا 25

1-3-2- مدل سازی ریزمنابع 25

2-3-2- مدلسازی ابزارهای ذخیره سازی 27

3-3-2- مدلسازی اینورتر 27

4-3-2- کنترل اینورتر در هنگام اتصال کوتاه ها و اضافه بارهای گذرا 30

2-3-5- مدل سازی بار شبکه.....30

3-3- کنترل MG برای عملکرد جزیره ای.....32

4-3- کنترل ثانویه بار.....34

فصل سوم : منابع انرژی تجدید پذیر

3-1- مقدمه.....37

3-2- طبقه بندی انواع DG.....39

3-3- ساختار DG.....40

3-4- ریتینگ DG.....41

3-5- ناحیه تحت پوششی DG.....41

3-6- محدودیت های عملیاتی.....41

3-7- انواع DG.....42

3-8- DG ها با انرژی تجدید پذیر.....42

3-8-1- سیستم های مبدل انرژی باد (WECS).....42

3-8-2- سیستم های فتوولتائیک (PV).....44

3-8-3- سیستم های هیدروالکتریک در مقیاس کوچک.....45

3-9- سیستم های تولید همزمان انرژی و گرما (CHP).....47

3-9-1- سیستم های میکرو CHP.....47

3-9-2- موتورهای احتراق داخلی (IC).....48

3-9-3- موتورهای استرلینگ.....48

3-9-4- میکروتوربین ها.....49

3-9-5- پیل های سوختی FC.....52

3-10- ابزار ذخیره.....54

3-11- مزایای DG.....54

فصل چهارم: اقتصاد در میکرو شبکه

4-1- مقدمه.....57

2-4- اقتصاد در میکرو شبکه.....58

4-3- اقتصاد بین ریز شبکه و شبکه ی اصلی.....61

4-4- توافق و مصالحه برای گرد هم آیی میکرو ژنراتورها در ریز شبکه.....63

4-5- تابع هدف برای بهینه سازی هزینه.....65

4-6- هزینه ی ساخت ریز شبکه.....67

4-7- هزینه ی قطع برق.....68

4-8- هزینه های متفرقه سالیانه.....68

4-9- محدودیت های اعمالی بر منابع بهینه.....69

4-10- نتیجه گیری.....71

فصل پنجم: مسائل حفاظتی ریز شبکه

5-1- مقدمه.....72

5-2- مشکلات موجود در حفاظت ریز شبکه.....74

5-3- مسائل مرتبط با حفاظت ریز شبکه ولتاژ پایین (LV).....75

5-4- فلسفه حفاظت ریز شبکه.....78

5-5- طرح حفاظتی پیشنهاد شده اول.....79

5-5-1- طراحی رله جهتی.....79

5-5-2- الگوریتم تشخیص محل خطا.....85

5-6- طرح حفاظتی پیشنهاد شده دوم.....86

فصل ششم: مروری بر استانداردهای شبکه هوشمند

6-1- مقدمه 87

6-2- حفاظت پست و کنترل خودکار آن 87

6-2-1 (1) استاندارد IEEE 1379 88

6-2-2 (2) IEC 61850 قسمتهای 1 تا 10 89

6-2-3 (3) IEC 61850-90-1 90

6-2-4 (4) IEC 61869-9, IEC 61869-13 90

6-2-5 (5) IEC 62271-3 91

6-2-6 (6) IEC 62439-3 91

6-2-7 (7) IEC/IEEE 60255-24 91

6-3- موقعیت هوشیاری وسیع (WASA) 91

6-3-1 (1) IEEE C37.118-2005 91

6-3-2 (2) IEEE C37.118.1 92

6-3-3 (3) IEEE C37.118.2 93

6-4- معرفی استانداردهای منابع انرژی پراکنده 94

6-4-1 (1) IEEE 1547 94

6-4-2 (2) IEC 61850-7-420 95

6-4-3 (3) IEC 61400-25 95

6-5- همزمان سازی زمانی 95

6-5-1 (1) IRIG-B 96

6-5-2 (2) IEEE 1588 96

6-5-3 (3) IEEE C37.238 96

6-6- امنیت 96

چکیده

در شبکه برق متداول انتقال انرژی الکتریکی از نیروگاهها به مراکز مصرف به صورت یک طرفه بوده و از سویی دیگر، محدودیت منابع انرژی فسیلی، مشکلات اقتصادی موجود در توسعه شبکه متداول و مسائل زیست محیطی و بسیاری مشکلات دیگر، تداوم کار شبکه برق متداول را تهدید می کند. در پی رفع مشکلات مذکور مدل شبکه هوشمند، با امکان انتقال دوطرفه انرژی و با هدف به کار گیری منابع انرژی تجدیدپذیر (تولید پراکنده) مطرح شده است. مفهوم اولیه شبکه هوشمند با ایده زیرسازی اندازه گیری پیشرفته و با هدف توسعه بازده انرژی، مدیریت تقاضا، ساختار ترمیم خودی قابل اطمینان شبکه حفاظت در مقابل خرابکاری های عمدی بدخواهانه و بلایای طبیعی شکل گرفت. ریزشبکه که یکی از پایه های مهم شبکه هوشمند میباشد از پیوستن تولیدات کوچک و مدولار در سیستم های ولتاژ پایین یا متوسط شکل می گیرد که از طریق یک نقطه کوپلینگ مشترک به شبکه توزیع متصل می گردد. به عبارت دیگر، مجموعه ای از الزامات متمرکز تولید، ذخیره سازی و بارگذاری انرژی است که در آن کاربران با استفاده از تولید پراکنده، همانند پنل های خورشیدی، توربین های بادی و سلولهای سوختی قادر به تولید الکتریسیته با ولتاژ پایین هستند. محدود بودن منابع فسیلی تامین انرژی از یک طرف و کاهش ظرفیت خود پالایی محیط زیست از طرف دیگر، بخش قابل توجهی از تحقیقات و فعالیت های پژوهشی در حوزه انرژی را به موضوع انرژی های نو و تجدیدپذیر معطوف نموده است. یکی دیگر از مهمترین ویژگی ها و محاسن ریزشبکه ها، قابلیت جزیره شدن و عملکرد مستقل آن است. مزیت این قابلیت، افزایش قابلیت اعتماد و کیفیت توان مشترکین واقع در ریزشبکه است. با جدا شدن ریزشبکه از سیستم قدرت، وظایف و حالات عملکردی منابع موجود در آن تغییر می کند. این وظایف جدید منابع، شامل کنترل ولتاژ، فرکانس، تقسیم مناسب توان بار بین تمام منابع و پاسخ مناسب و سریع به تغییرات بار می باشد. اگرچه اهداف استفاده از ریز شبکه را به دلیل تاثیرات مثبت آن بر روی محیط زیست و مزایای اقتصادی آن بیان کرده اند اما در واقع اقتصاد اولین هدف در توسعه ریزشبکه ها بوده است که در ادامه به بررسی جنبه های تکنیکی و اقتصادی ریزشبکه و مزایای حاصل آن پرداخته شده است. از آن جا که شبکه های توزیع سنتی به صورت شعاعی بهره برداری می شوند، طراحی سیستم حفاظت برای این شبکه ها چندان پیچیده نمی باشد اما قابلیت عملکرد خودکار و جزیره ای ریزشبکه موجب پیچیدگی طراحی سیستم حفاظتی آن شده است و در نهایت جزئیات استانداردها را از ابتدا، یعنی از استانداردهایی که در حال حاضر بر روی پست های متداول خودکار استفاده می شود؛ شرح داده و سپس به جزئیات استانداردهای بالقوه ای که برای حفاظت و عملکرد خودکار پست های آینده لازم است، می پردازیم.

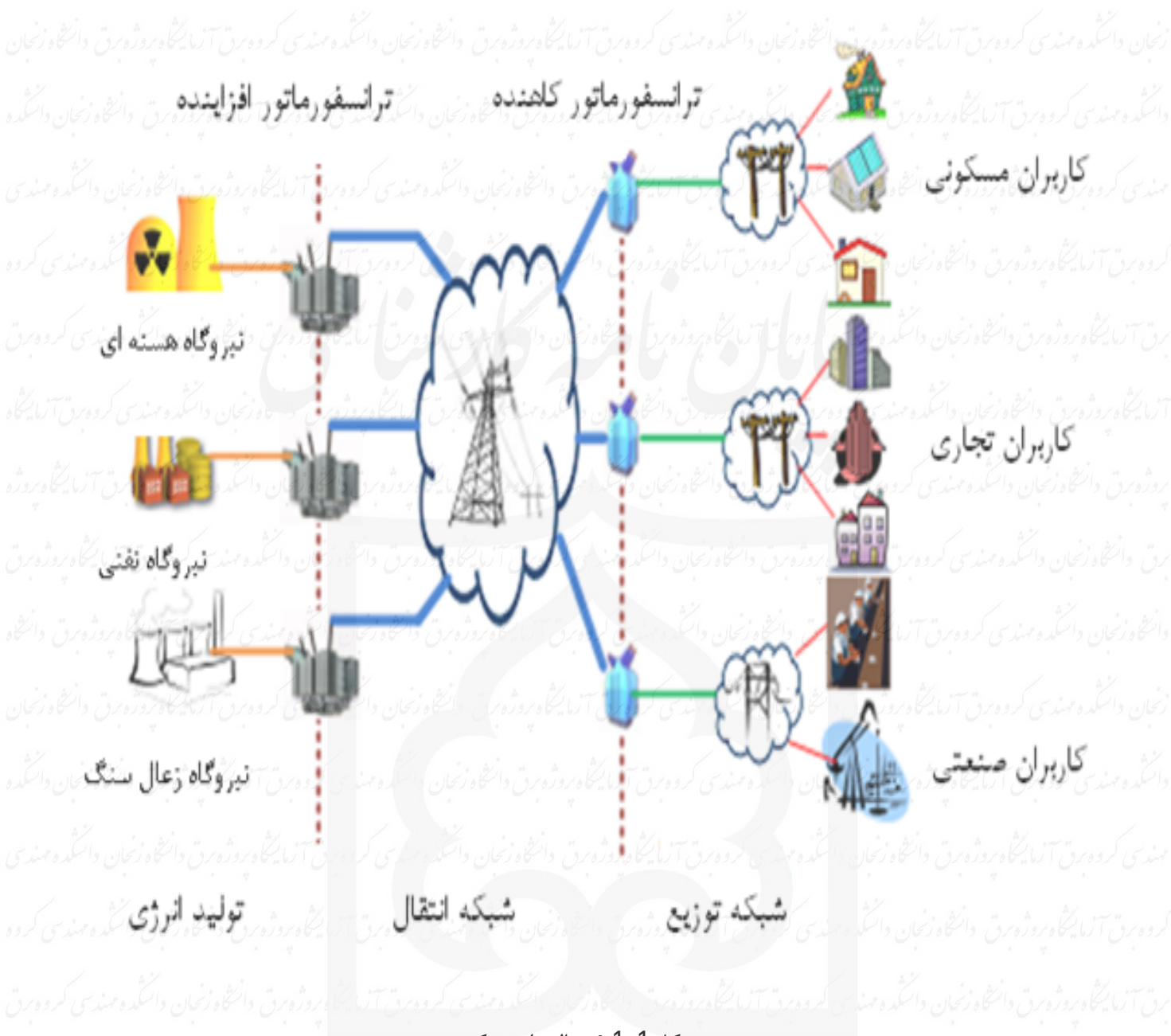
فصل اول

شبکه هوشمند (شبکه برق جدید و توسعه یافته)

1-1- مقدمه

بطور مرسوم کلمه شبکه برای سیستم انرژی الکتریکی که تمام چهار عملکرد زیر را تحت پوشش قرار دهد، مورد استفاده قرار میگیرد: تولید، انتقال، توزیع و کنترل انرژی. شبکه های قدرت مرسوم یک جهته هستند؛ به این معنی که در آنها انرژی الکتریسیته توسط تعداد محدودی نیروگاه برق و با استفاده از ژنراتورهای الکترومکانیکی که عمدتاً با فشار آب، گرما و یا با انرژی هسته ای کار میکنند؛ تولید میشود و مورد استفاده شمار زیادی از مصرف کنندگان قرار میگیرد (شکل 1-1). به منظور رعایت مسائل اقتصادی، نیروگاه های تولیدی معمولاً بزرگ بوده و دور از مناطق با جمعیت زیاد واقع شده اند؛ انرژی تولیدی موجود برای انتقال در شبکه انتقال، به سطح ولتاژ بالاتر تبدیل میشود، شبکه انتقال انرژی را در مسافت های طولانی به پست های برق تحویل میدهد؛ انرژی برق به محض رسیدن به پست، از سطح ولتاژ انتقال به سطح ولتاژ توزیع کاهش داده میشود، سپس به شبکه توزیع وارد میشود و در نهایت با رسیدن به مراکز استقرار بارها، سطح ولتاژ توزیع به سطح ولتاژ مورد نیاز کاهش داده میشود. در مقابل شبکه هوشمند که به عنوان شبکه برق آینده در نظر گرفته میشود، از دو مسیر عبور جریان الکتریکی تشکیل شده است: یک مسیر برای عبور جریان برق و مسیر دیگر برای عبور اطلاعاتی که برای ایجاد یک شبکه توزیع برق اتوماتیک در نظر گرفته می شود. تولید انرژی الکتریکی و الگوی جاری شدن جریان در شبکه هوشمند، بسیار انعطاف پذیر است. برای مثال، شبکه توزیع توانایی تولید انرژی با استفاده از پنل های خورشیدی و توربین های بادی و غیره را دارد.

فصل اول: شبکه هو شمند



شکل 1-1: مثالی از شبکه برق مرسوم

آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجبان و اسکله مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجبان و اسکله مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجبان و اسکله مهندسی گروه برق
پروژه برق و انشعاب زنجبان و اسکله مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجبان و اسکله مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجبان و اسکله مهندسی گروه برق
بق و انشعاب زنجبان و اسکله مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجبان و اسکله مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب زنجبان و اسکله مهندسی گروه برق
و انشعاب زنجبان مقایسه ی بین شبکه برق موجود با شبکه هوشمند در جدول 1-1 ارائه شده است: و اسکله مهندسی گروه برق آزمایشگاه پروژه برق و انشعاب

جدول 1-1 مقایسه شبکه مرسوم و شبکه هوشمند

شبکه برق هوشمند	شبکه برق موجود
دیجیتال	الکترومکانیکی
ارتباط دو طرفه	ارتباط یک طرفه
تولیدپراکنده	تولید متمرکز
سنسورهای سراسری	تعداد سنسورهای کم
مانیتورینگ خودکار	مانیتورینگ دستی
ترمیم خودی	ترمیم دستی
سازوارپذیری و جزیره سازی	خرابی ها و خاموشی ها
کنترل جامع	کنترل محدود

1-2- شبکه هوشمند (شبکه برق جدید و توسعه یافته)

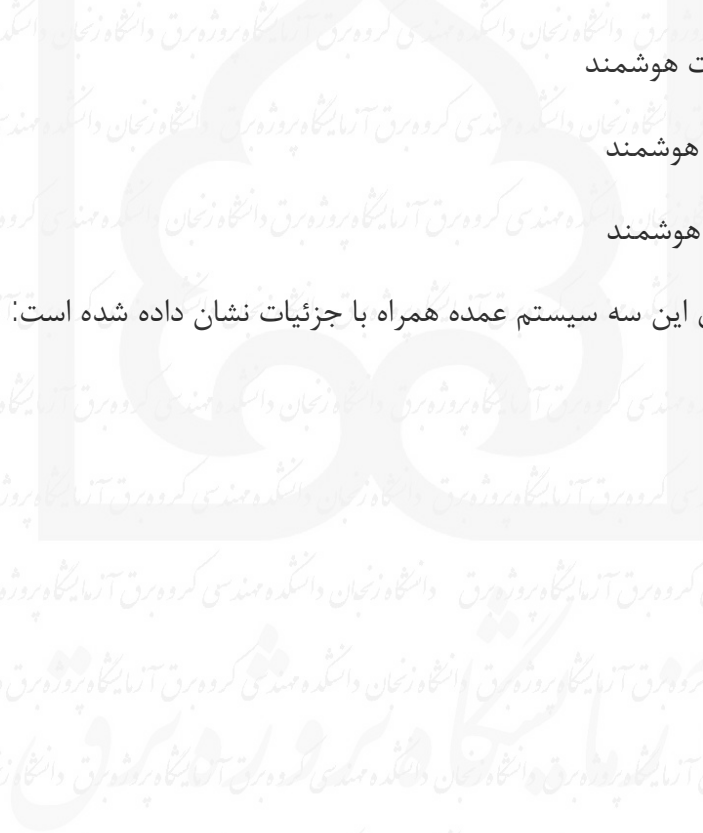
مفهوم اولیه شبکه هوشمند با ایده زیرسازی اندازه گیری پیشرفته و با هدف توسعه بازده انرژی، مدیریت تقاضا، ساختار ترمیم خودی قابل اطمینان شبکه حفاظت در مقابل خرابکاری های عمدی بدخواهانه و بلایای طبیعی شکل گرفت. طبق گزارشی از سازمان ملی استانداردها و تکنولوژی، مزایای پیش بینی شده شبکه هوشمند به شرح زیر است:

- بهبود قابلیت اطمینان و کیفیت انرژی
- افزایش کارایی شبکه های برق موجود
- پاسخگویی خود ترمیمی به اغتشاشات سیستم
- امکان توسعه و گسترش منابع انرژی تجدیدپذیر
- اصلاح منابع انرژی توزیع شده
- عملکرد خودکار
- کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه ای با بکارگیری وسایل نقلیه الکتریکی و منابع انرژی جدید
- کاهش مصرف سوخت با کاهش نیاز به تولید در زمان اوج مصرف

- فراهم آوردن زمینه هایی برای بهبود امنیت شبکه
- افزایش قدرت انتخاب مصرف کننده

شبکه هوشمند نهایی تشکیل شده است از مولفه های مکمل یکپارچه، زیرسیستمها، توابع و سرویسهایی که تحت کنترل فراگیر سیستمهای کنترل و مدیریت هوشمند هستند و همچنین این شبکه، از تکنولوژی های ارتباطاتی ایمن و محاسبات هوشمند به سبک مجتمع سازی در راستای تولید، انتقال، توزیع و مصرف انرژی برای دستیابی به یک سیستم ایمن، قابل اطمینان، قابل انعطاف و کارآمد استفاده میکند. با بکار گیری تکنولوژی های اطلاعاتی مدرن، شبکه هوشمند توانایی تحویل برق با بازده بالا و پاسخگویی به خطاهایی را که در هر نقطه از شبکه مثل بخش تولید، انتقال، توزیع و مصرف رخ میدهد؛ در سطح وسیعی دارد. مثلا اگر خطایی در انتقال ولتاژ متوسط در شبکه توزیع رخ دهد شبکه هوشمند به طور اتوماتیک مسیر عبور جریان را عوض کرده، سرویس تحویل انرژی را بازسازی می کند. این توضیح، دورنمای کلی سیستم انرژی را از تولید تا نقاط انتهایی مصرف پوشش میدهد. در این بخش امکان بکارگیری تکنولوژی برای دستیابی به شبکه هوشمند مورد بررسی قرار گرفته است که ما در آن به توضیح سه سیستم عمده در شبکه برق، از منظر فنی میپردازیم:

- سیستم زیرساخت هوشمند
- سیستم مدیریت هوشمند
- سیستم حفاظت هوشمند



دانشگاه زنجان



شکل 1-2- طبقه بندی شبکه هوشمند به سه زیر سیستم

جمع بندی و نتیجه گیری

تولید انرژی الکتریکی و الگوی جاری شدن جریان در شبکه هوشمند، بسیار انعطاف پذیر است. برای مثال، شبکه توزیع توانایی تولید انرژی با استفاده از پنل های خورشیدی و توربین های بادی را دارد. با بکار گیری تکنولوژی های اطلاعاتی مدرن، شبکه هوشمند توانایی تحویل برق با بازده بالا و پاسخگویی به خطاهایی را که در هر نقطه از شبکه مثل بخش تولید، انتقال، توزیع و مصرف رخ میدهد؛ در سطح وسیعی دارد. استفاده از ریزشبه ها در سیستم توزیع، آسان بوده و پیاده سازی بسیاری از توابع ریزشبه را آسان میکند و این به معنای بهبود قابلیت اطمینان، افزایش استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر، خودترمیمی، کنترل بار اکتیو و بهبود بازده است.

یکی از ویژگی های کلیدی ریزشبه ها، توانایی آنها در جداسدن از شبکه اصلی در مواقع قطع ناخواسته برای تغذیه بخش ایزوله شده است. که این ویژگی موجب افزایش قابلیت اعتماد و کیفیت توان مشترکین واقع در ریزشبه می شود. توسعه ریزشبه به منظور تامین انرژی در صنعت، آینده ی روشنی را ترسیم نموده است که برخی از این فواید عبارتند از: تاثیرات محیطی کمتر ریزشبه نسبت به نیروگاههای حرارتی بزرگ به دلیل کاهش انتشار گازهای گلخانه ای، اصلاح پروفیل ولتاژ و کاهش تلفات به دلیل نزدیک تر شدن فاصله ی الکتریکی و فیزیکی بین تولید و مصرف، افزایش کیفیت توان به دلیل تمرکز زدایی از تولید و حداقل نمودن زمان های قطعی و بروز خاموشی در شبکه. همچنین به دلیل بهره برداری از تلفات گرمایی در سیستم های CHP و کاهش هزینه های تولید، ریزشبه در مسائل اقتصادی نیز منافع زیادی را به دنبال خواهد داشت. با در نظر گرفتن سایر مزایایی که باعث پایین آمدن قیمت انرژی در مقایسه با شبکه ی سراسری می شود ریز شبکه دارای تلفاتی کم است. اما بدیهی است که ریزشبه ها نیاز به یک سری تجهیزات جانبی نیز دارند که باید در محاسبات اقتصادی لحاظ شود.

در ریزشبه ها برق نزدیک بار تولید می شود و این مانع تلفات حاصل از انتقال و توزیع می شود. از آن گذشته ریزشبه ها می توانند به نواحی تبدیل شوند که به موجب آن بارهای بسیار حساس توسط بریکری از بارهای غیر ضروری جدا شوند تا قابلیت اطمینان بیشتری برای آن ها تامین شود. و مصرف کنندگان با توجه به بودجه خود انتخاب کنند که تا چه حد برایشان قطع بار مرتبط به آن مهم است. بنابراین ریزشبه ها بنا بر مقتضیات خود می توانند تعدادی از بارها را قطع کنند بدین ترتیب تبدیل به منابع کنترل پذیر بار می شوند.

حفاظت ریزشبه شامل دو مرحله است. مرحله اول شناسایی خطا در حالت متصل به شبکه و انتقال سریع ریزشبه به مد جزیره ای و در مرحله بعد چنانچه خطا در ریزشبه رخ داده باشد، طرح حفاظتی محل خطا را به کمک رله دیجیتال طراحی شده و واحد کنترل کننده ی مرکزی مشخص می نماید و تا قبل از اتصال مجدد ریزشبه به شبکه ی اصلی آن را برطرف می نماید. رله دیجیتال طراحی شده برای تشخیص خطاهای متقارن از مولفه مثبت و خطاهای نامتقارن از مولفه منفی استفاده می کند.

مراجع

[۱] European Technology Smart Grid Platform. (۲۰۰۶). Smart grids: Vision and strategy for European electricity networks of the future. Available

[۲] I. Mitra, T. Degner, M. Braun, "Distributed Generation and Microgrids for Small Island Electrification in Developing Countries: A Review," *Distributed Generation and Microgrids for Small Island Electrification*, SESI JOURNAL, Vol. ۱۸ No. ۱ January-June ۲۰۰۸, pp. ۶-۲۰.

[۳] S. M. Kaplan and F. Sissine. Smart grid: Modernizing electric power transmission and distribution; energy independence, storage and security; energy independence and security act and resiliency; Integra (government series). ۲۰۰۹.

[۴] H. H. Zeineldin, E. F. El-Saadany, and M. M. A. Salama "Distributed generation micro-grid operation: Control and Protection," in Proceedings of the Power Systems Conference: Advanced Metering, Protection, Control, Communication, and Distributed Resources, pp. ۱۰۵-۱۱۱, Mar. ۲۰۰۶.

[۵] J. Paska, "Distributed Generation and Renewable Energy Sources in Poland," EPQU, ۹th International Conference on Oct. ۲۰۰۷
Nikkhajoei H, Lasseter R H, "Micro grid Protection", IEEE Power Engineering Society General Meeting, ۲۰۰۷, pp. ۱-۶.

[۶] Chao Y, Gang W, Xiang-Jun Z, "Protection technology for Distributed generation systems", Power System Protection and Control, Vol, ۳۷(۲), Jan, ۲۰۰۹, pp: ۹۹-۱۰۵.

[۷] Doyle, M.T.; 'Reviewing the impacts of distributed generation on distribution system protection' Power Engineering Society Summer Meeting, ۲۰۰۲ IEEE, Volume: ۱, ۲۱-۲۵ July ۲۰۰۲ Pages: ۱۰۳ - ۱۰۵ vol.۱

[۸] J. A. P. Lopes, C. L. Moreira, and F. O. Resende, "Microgrids black start and islanding operation," in Proc. ۱۵th PSCC, Liège, Belgium, ۲۰۰۵.

[۹] H. Laaksonen and K. Kauhaniemi, "Smart protection concept for LV micro grid," Int. Rev. Electr. Eng. (IREE), vol. ۵, no. ۲, pp. ۵۷۸-۵۹۲, Mar./Apr. ۲۰۱۰.

[۱۰] H. Nikkhajoei and R. H. Lasseter, "Micro grid protection," presented at IEEE Power Eng. Soc. (PES) General Meeting ۲۰۰۷, Tampa, Florida, and Jun ۲۴-۲۸

[۱۱] H. Laaksonen and K. Kauhaniemi, "Voltage and frequency control of low voltage micro grid with converter based DG units," Int. J. Integra. Energy Syst. (IJIES), vol. ۱, no. ۱, pp. ۴۷-۶۰, Jan.-Jun. ۲۰۰۹.

[۱۲] IEC standard for Industrial communication networks - High availability automation networks - Part ۳: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR), IEC ۶۲۴۳۹-۳ Ed. ۱, ۰ Feb. ۲۰۱۰.

[۱۳] IEC standard for communication networks and systems for power utility automation - Part ۷-۴۱۰: Hydroelectric power plants - Communication for monitoring and control, IEC ۶۱۸۵۰-۷-۴۱۰, ۱st ed., ۲۰۰۷.

[۱۴] IEEE standard for Synchrophasors for Power Systems, IEEE C۳۷,۱۱۸ ۲۰۰۵