دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان :

حفاظت ویژه در شبکه های هوشمند آینده

استاد راهنما: دکتر مظلومی

نگارش: کجباف والا شایان - گنجوی امین

تابستان91

فهرست

فصل اول : شبکه هوشمند

1.1) مقدمه ای بر شبکه هوشمند ۴

1.2) شبکه هوشمند چیست ۵

1.3) ویژگی و شمای کلی شبکه هوشمند ۵

فصل دوم : بازدهی شبکه هوشمند

2.1) هدف از ایجاد شبکه هوشمند ۱۰

2.2) مزایای اصلی شبکه هوشمند ۱۰

2.3) راه حل های کاهش خاموشی مشترکین ۱۱

2.4) مزایای اقتصادی ۱۱

2.5) روش های کاهش تلفات ۱۲

2.6) پروژه های پیشنهادی جهت اجرای شبکه هوشمند ۱۴

فصل سوم : شبکه هوشمند توزیع

3.1) شبکه هوشمند توزیع.....۱۶

3.2) ویژگی های شبکه هوشمند توزیع.....۱۷

فصل چهارم : Smart Microgrid

4.1) انواع Smart Microgrid.....۲۰

فصل پنجم : Pmu

5.1) Pmu چیست.....۲۲

5.2) تاریخچه Pmu.....۲۲

5.3)پیام های ارسالی و دریافتی pmu..۲۳

5.4) کاربردهایPmu .....۲۶.

5.6) ساختار Wams ۲۷

5.7) حوزه نظارتی Pmu ۲۹

5.8) امنیت و پایداری شبکه ۳۴

فصل ششم : ساختار Sps

6.1) مقدمه ای بر روی ساختار Sps ۳۸

6.2) اجزای اولیه Sps ۴۰

فصل هفتم : ارزیابی قابلیت اطمینان توسط متد کاهش شبکه

7.1) نمودار قابلیت اطمینان Sps ۴۳

7.2) Pmu جزء مهم Sps ۴۴

7.3) Cm جزء مهم Sps ۴۷

7.4) ساختار ساده شده ی Sps ۴۸

7.5) محاسبه Mttf ۵۱

فصل هشتم : ارزیابی قابلیت اطمینان به روش مدل مارکو

8.1) محاسبه Mttff ۵۳

8.2) حالت های موفقیت وشکست ۵۶

فصل نهم : نتیجه گیری ۶۳

فصل اول: شبکه هوشمند

مقدمه ای بر شبکه هوشمند

درسالهای اخیر بارها با عبارت «شبکه هوشمند» در خبرها و گفتگوهای مدیرانصنعت برق مواجه شده‌ایم.

اما کمتر به این موضوع پرداخته می‌شود که شبکه هوشمند چه ویژگی‌هایی دارد؛ پیاده‌سازی آن چه ابعاد و الزام‌هایی دارد وضرورت‌ها و دستاوردهای پیاده‌سازی آن چیست؟

به نظر می‌رسد که مواردسه‌گانه زیر محرک پیشبرد این مهم در جهان بوده است :

گسترش وسایل دیجیتال و حساس به کیفیت برق ، باتوجه به این واقعیت که سهم بار مورد استفاده در این گونه وسایل تا سال 2020 با رشد 5 برابری نسبت به ابتدای قرن حاضر (سال 2000) از 10٪ به 50 %می‌رسد .

توسعه خودروهای الکتریکی و هیبریدی و افزایش سهم 50 درصدی آنها در خودروهای جهان تا سال 2050.

الزام کاهش شدت کربن و ورود روزافزون مولدهای کوچک پراکنده و انرژی‌های تجدیدپذیر به سبد تولید برق.

به نظر می‌رسد که روندهای مورد اشاره در بالا، شبکه برقی را که عناصر آن به شدت تغییر کرده و ارتباط اجزای آن بسیار پیچیده‌تر از اکنون خواهد بود و با شیوه‌های فعلی نمی‌توان آن را مدیریت و راهبری کرد.

ضروری می‌سازد از سوی دیگر، الزام‌هایی چون کنترل پیک بار 41000 مگاواتی ، افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر به میزان 3 درصد از سهم تولید (احداث بیش از 2000 مگاواتنیروگاه تجدیدپذیر)، احداث 3000 مگاوات مولد پراکنده ، کاهش عملکرد ناخواسته حفاظتی و اهداف دیگری نشان از تغییری شگرف در نگاه به توسعه شبکه کشور دارد که هوشمندسازی شبکه را ضروری می‌سازد.

شبکه هوشمند چیست

شبکه هوشمند را به طور معمول سیستمی تعریف می‌کنند که به شرکت توزیع برق امکان نظارت از راه دور و اعمال فرمان و کنترل تجهیزات شبکه را به صورت آن‌لاین می‌دهد.

اما چنین تعریفی به ما تصویری روشن از ویژگی‌های شبکه هوشمند بهدست نمی‌دهد؛ به خصوص که بسیاری از مواقع «اتوماسیون شبکه» و «هوشمندسازی شبکه» به جای یکدیگر به کار می‌روند و مرز بین آن‌ها مخدوش می‌شود.

برای مثال ، اغلب یکی از ویژگی‌های شبکه هوشمند را امکان جداسازی شبکه معیوب به منظور کاهش تعداد مشترکان خاموش و افزایش سرعت بازیابی شبکه می‌دانند.

اما این امر با اتوماسیون شبکه نیز حاصل می‌شود و بسیاریازشرکت‌های توزیع دنیا، پیش از طرح مفهوم شبکه هوشمند در پایان دهه 1990، به آن دست یافته‌اند.

مقایسه این دو مفهوم ــ اتوماسیون شبکه توزیع و شبکه هوشمند در جدول 1 می‌تواند بسیاری از این ابهام‌ها را حل کند.

ویژگی و شمای کلی شبکه هوشمند

همان‌طورکه در جدول 1 نیز دیده می‌شود، با اتوماسیون شبکه توزیع می‌توان اطلاعات شبکه را از راه دور پایشکرد ؛ امکان جداسازی و فرمان برای قطع و وصل تجهیزات نیز وجود دارد ؛ اما شبکه هوشمند فراتر از این می‌رود و می‌تواند با ایجاد ارتباط بین اجزای شبکه و مشترکان ، به کمک نرم‌افزارهای هوشمند نسبت به بازیابی خودکار شبکه ، پخش بار خودکار شبکه به منظور کاهش تلفات واستفاده بهینه از تجهیزات و... اقدام کند.

ویژگی دیگر شبکه هوشمند فراهم آوردن امکان اتصال مولدهای کوچک و بسیار کوچک (مولدهایی که در منازل و ساختمان‌های اداری وجود دارند) به شبکه توزیع است.

چنین شبکه‌ای مزایای متعددی دارد که در زیر فهرست شده‌اند :

- کاهش خاموشی
- کاهش تلفات شبکه
- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق استفاده از منابع مختلف انرژی مانند منابع تجدیدپذیر ، مولدهای پراکنده و ...
- مدیریت مصرف با استفاده از وسایل اندازه‌گیری هوشمند
- افزایش کیفیت برق
- استفاده بهینه از زیرساخت‌های موجود
- ایجاد امکان ارتباط دوسویه با مصرف‌کنندگان و فروش برق مازاد بر مصرف‌شان به شبکه برق

اتوماسیون شبکه	شبکه هوشمند
• مانیتورینگ آن‌لاین شبکه • تشخیص سریع خطاها و امکان جداسازی شبکه معیوب • امکان فرمان دادن برای قطع و وصل تجهیزات شبکه	•ارتباط دوسویه با مشترکان از طریق کنتورهای AMI •نرم‌افزار هوشمند برای تشخیص خودکار عیب‌ها و کارکردهای نامناسب شبکه و اصلاح آنها •امکان اتصال مولدهای پراکنده کوچک و بسیار کوچک به شبکه •توسعه بازار خرده‌فروشی برق

این مزایا را می‌توان در شکل 1 خلاصه کرد.

شبکه هوشمند قرار است، ضمن گسترش استفاده از انرژی الکتریکی به عنوان انرژی پاک، امکان استفاده بهره‌ورتر از شبکه و انرژی را فراهم کند.

چنین چشم‌اندازی بدون مشارکت مصرف‌کنندگان و تسری ویژگی‌های هوشمند شبکه به منازل و ساختمان‌ها ممکن نخواهد بود.

شکل های زیر نماینگر شمای کلی شبکه های هوشمند می باشند:

تنوع در گزینه‌های تولید

شبکه هوشمند می‌تواند از منابع مختلف و تجدیدپذیر، انرژی تولیدی را به شبکه متصل کند.

مدیریت مصرف

توسعه شبکه هوشمند، امکان کنترل دقیق روزانه میزان مصرف انرژی را به مشترکان می‌دهد.

انرژی مورد نیاز دنیای دیجیتال قرن ۲۱

شبکه هوشمند با کاهش خاموشی و افزایش کیفیت برق، به افراد این اطمینان را می‌دهد که هر زمان متقاضی انرژی باشند می‌توانند آن را از شبکه یا مصرف‌کنندگان دیگر کسب کنند.

بازار خرده فروشی برق

شبکه‌های هوشمند باعث رونق بازار برق می‌شود. به عنوان مثال وجود مولدهای بسیار کوچک در شبکه باعث می‌شود منبع خوب درآمدی برای اقتصاد محلی به وجود آید.

قابلیت خود تعمیری

شبکه هوشمند قادر است خطاهای ایجاد شده در شبکه را شناسایی کرده و نسبت به رفع خودکار اختلالات اقدام کند.

استفاده از تمامی منابع تولید و ذخیره انرژی

در شبکه هوشمند تمامی منابع تولید به هم می‌پیوندند تا مشتری به یک منبع مطمئن انرژی دست یابد. با استفاده از تجهیزات ذخیره انرژی در شبکه این اطمینان حاصل می‌شود که انرژی تلف نخواهد شد.

کارایی و بهینه‌سازی

شبکه هوشمند می‌تواند با استفاده از زیرساخت‌های موجود و کاهش تلفات حداکثر انرژی برق را انتقال دهد.

با توجه به گستردگی هوشمندسازی شبکه، همان‌طور که در شکل 2 دیده می‌شود، بازیگران عمده‌ای درخارج از صنعت برق، بر توفیق آن سهیم هستند.

فناوری‌های متعددی برای توسعه شبکه هوشمند، مورد نیاز است که توسعه و به‌کارگیری بسیاری از آنها خارج ازحوزه صنعت برق است. تمامی این موارد از پیچیدگی و گستردگی پروژه هوشمندسازی شبکه توزیع و همچنین ضرورت نگاهی جامع و یکپارچه در ترسیم نقشه راه توسعه شبکه هوشمند خبر می‌دهد .

با دقت در مزایایی که برای شبکه هوشمند در شکل 1 فهرست شده است نیز، متوجه می‌شویم که تحقق این مزایا تنها در اختیار شرکت‌های توزیع و حتی صنعت برق نیز نیست.

برای مثال ، تولیدکنندگان تجهیزات برقی ، مصرف‌کنندگان نهایی، تولیدکنندگان تجهیزات مورد استفاده در شبکه ، فناوری اطلاعات و زیرساخت‌های انتقال داده و... باید (همگام با تلاش صنعت برق برای هوشمندسازی شبکه توزیع) درراستای فراهم آوردن نیازهای چنین شبکه‌ای حرکت کنند.

فصل نهم : نتیجه گیری

برای فهم بهتر قابلیت اطمینان *sps* ها بایک مثال عددی زده ایم فرض می کنیم که تجهیزات ما بر طبق جدول های زیر طبقه بندی شده اند:

TABLE III
RELIABILITY PARAMETERS OF COMPONENTS

Components	Failure rate (1/year)	Repair rate (1/year)
TS1 / TS2	0.01	876
MU1 / MU2	0.01	876
EM1 / EM2	0.01	876
SW1 / SW2	0.01	876
LS1 / LS2	0.01	876
CM1 / CM2	0.03	876
PMU	0.006	786

TABLE IV
SPS RELIABILITY INDICES

Reliability indices	Calculated values
Probability of SPS failure	0.0000076
Frequency of SPS failure (1/year)	0.00601
Mean time to first failure (MTTFF) (years)	166.4

میزان شکست تجهیزات بسیار بر روی قابلیت اطمینان *sps* تاثیردارند. جدول زیر نتایج مختلفی از قابلیت اطمینان *sps* که میزان شکست انها به ترتیب 2–3و5 برابر میزان اصلی وپایه ی خود شده اند نشان می دهد ولی با این توجه که میزان تعمیر انها همانندمیزان تعمیر حالت قبلی خود می باشند. همان طور که مشخص است افزایش میزان شکست تجهیز قابلیت اطمینان را به شدت بدتر می کند.

TABLE V
SPS RELIABILITY INDICES FOR DIFFERENT COMPONENT FAILURE RATES

Reliability indices	Original	Two times	Three times	Five times
Probability of SPS failure	0.0000076	0.000015	0.000023	0.000038
Frequency of SPS failure (1/year)	0.00601	0.0120	0.0181	0.0303
MTTFF (years)	166.4	83.02	55.24	33.02

فاکتور تعمیر نقش به سزایی در قابلیت اطمینان *sps* دارد نمودارهای زیر نشان دهنده ی احتمال نیست *sps* و *MTTFF* میباشند. همان طورکه مشخص است افزایش میزان تعمیر قابلیت اطمینان رابسیار بالا می بر و منطقی است که افزایش میزان تعمیر، افزایش سریعتر شکست رادر بر دارد ولی میزان شکست می توسط *MTTFF* کاهش یابد.

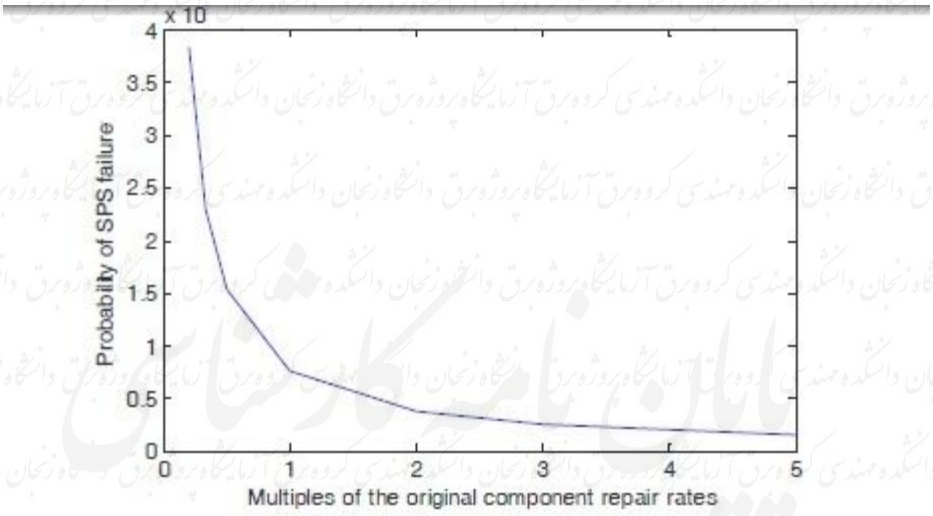
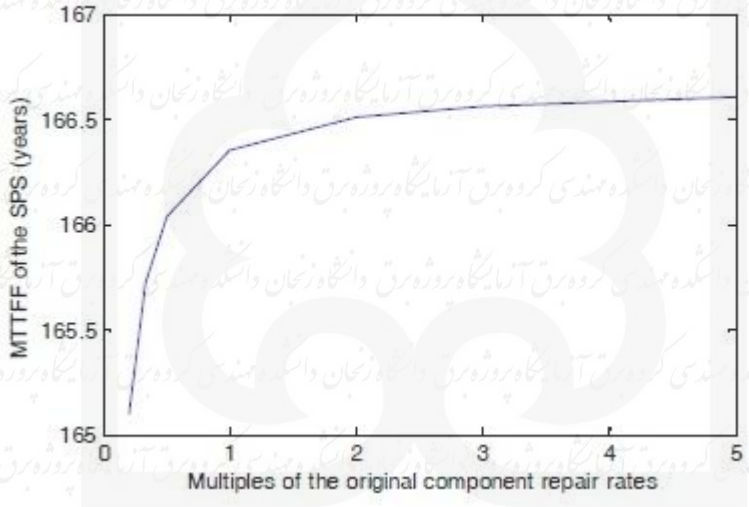


Fig. 11. Probability of SPS failure for different component repair rates



این پروژه ساختار *SPS* را مورد بررسی قرار داده است همانطور که می دانیم *SPS* قلب حفاظت صنعت قدرت است. حائز اهمیت این پروژه بدست اوردن ایده و ساختاری جدید توسط متد کاهش شبکه و روش مدل مارکو می باشد به هر حال بالا بردن میزان تعمیر تجهیز قابلیت اطمینان *SPS* را بالاتر می برد که این نتیجه از مثال عددی که زده شده بدست آمده است.

منابع:

http://www.nerc.com/docs/standards/rs/Glossary_of_Terms_2010April20.pdf
J. McCalley and W. Fu, "Reliability of special protection systems," *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 14, no. 4, pp. 1400-1406, Nov. 1999.

http://www.usatoday.com/money/industries/energy/environment/2008-02-25-wind-power-transmission_N.htm

: www.ferc.gov/EventCalendar/Files/20040915134723-A-3-MISO.pps

. Singh and R. Billinton, *System Reliability Modeling and Evaluation*, London, UK: Hutchinson Educational
Publishers,1977,pp.48-59,Availableonline:

http://www.ece.tamu.edu/People/bios/singh/sysreliability
http://my.epri.com/portal/server.pt?Abstract_id=000000000001015511

E. A. Corte, and J. P. Bouard, *International Standardisation in Nuclear I&C Engineering*, 2005, Available online

: http://www.yellowdocuments.com/6460428-international-standardisation
http://www.nerc.com/files/PRC-004-WECC-1.pdf

en.**wikipedia**.org/**wiki/Smart_grid**

:http://www.midwestreliability.org/01_about_mro/board_of_directors/presentations/Penalty%20tool%20deter minants_MRO%20BOD.pdf