دانشگاه زنجان
دانشکده ی مهندسی
گروه برق

پایان نامه ی کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان: روش تشخیص جزیره ای شدن منابع تولید پراکنده با تکنیک موجک

استاد راهنما: دکتر نوروزیان

نگارش: سید محسن حسینی

اردیبهشت ۹۰

فهرست مطالب

شماره ی فصل	عنوان	شماره ی صفحه
۱	**معرفی تولیدات پراکنده**	**۱**
	۱-۱ مقدمه	۲
	۱-۲ حفاظت جزیره ای برای تولیدات پراکنده	۲
	۱-۳ تولید و تقاضای انرژی الکتریکی	۳
	۱-۴ تولیدات پراکنده به عنوان یک جایگزین حیاتی	۵
	۱-۵ انواع تولیدات پراکنده	۶
	۱-۶ تولیدات پراکنده با چند واحد	۶
	۱-۷ معرفی تولید پراکنده	۷
	۱-۸ تکنولوژی های تولید پراکنده	۸
	۱-۹ جایابی تولیدات پراکنده	۱۰
	۱-۱۰ اثرات واحد تولید پراکنده بر شبکه	۱۱
	۱-۱۱ مزیت های تولیدات پراکنده	۱۳
	۱-۱۲ مشکلات استفاده از تولیدات پراکنده	۱۴
	۱-۱۳ جزیره ای شدن	۱۶
	۱-۱۴ کارکرد جزیره ای	۱۷
	۱-۱۵ تولیدات پراکنده از دید شبکه و کارکرد جزیره ای آنها	۱۸
۲	**روش تشخیص کارکرد جزیره ای تولیدات پراکنده**	**۲۰**
	۲-۱ تکنیک های تشخیص کارکرد جزیره ای	۲۱
	۲-۲ روش های کنترل و تشخیص از راه دور (تشخیص جزیره ای شدن)	۲۱
	۲-۳ طرح سیگنال و خطوط قدرت	۲۲
	۲-۴ طرح سیگنال تریپ	۲۴
	۲-۵ تکنیک های تشخیص محلی	۲۵
	۲-۶ روش های پسیو	۲۵
	۲-۷ روش های تشخیص اکتیو	۲۸

۲-۸ تکنیک های هایبرید ۳۰
۲-۹ رله های موجود برای تشخیص حالت جزیره ای ۳۴
۳ شبیه سازی ۳۸
۳-۱ شبیه سازی شبکه ۳۹
۳-۲ جزئیات مدل ۴۰
۴ تبدیل موجک ۴۲
۴-۱ مقدمه ۴۳
۴-۲ تبدیلات فوریه ۴۳
۴-۳ سیگنال ایستا ۴۳
۴-۴ تبدیل فوریه ی زمان کوتاه ۴۵
۴-۵ تبدیل موجک ۴۶
۴-۶ علت برتری تبدیل موجک به تبدیل فوریه زمان کوتاه ۴۷
۴-۷ سیگنال غیر ایستا ۴۹
۴-۸ نگاهی دقیق تر به تبدیل فوریه ۵۰
۴-۹ تبدیل فوریه ی زمان کوتاه ۵۱
۴-۱۰ نگاهی دقیق به تبدیل موجک ۵۲
۴-۱۱ تفکیک پذیری زمان فرکانس ۵۲
۴-۱۲ تبدیل موجک پیوسته ۵۳
۴-۱۳ تبدیل موجک گسسته ۵۴
۴-۱۴ محاسبات سریع و آنالیز چند نرخی ۵۵
۴-۱۵ خانواده ی موجک ۵۷
۴-۱۶ موجک های شبه متعامد ۵۹
۴-۱۷ کاربرد تبدیل موجک ۵۹
۴-۱۸ مرور کاربرد ها ۶۰
۴-۱۹ کاربرد تبدیل موجک در حفاظت سیستم های قدرت ۶۲
۵ نتایج شبیه سازی ۶۴
۵-۱ مقدمه ۶۵
۵-۲ استفاده از محاسبه ی اعوجاج هارمونیکی کل با تبدیل موجک ۶۶

۵-۳ تشخیص جزیره ای شدن با استفاده از امپدانس مولفه ی منفی ۸۰
۵-۴ تشخیص جزیره ای شدن براساس ضرائب موجک و ولتاژ مولفه ی منفی ۸۶
۵-۵ تشخیص جزیره ای شدن براساس ضرائب موجک بسته موجک ۹۰
۵-۶ تشخیص جزیره ای شدن براساس معیار اعوجاج انرژی سیگنال ۹۵
۵-۷ الگوریتم پیشنهادی ۱۰۱
۵-۸ نتیجه گیری ۱۰۲
۵-۹ پیشنهاد ادامه ی کار ۱۰۵
مراجع ۱۰۶

چکیده

پیشرفت در تکنولوژی ها مانند سلول های سوختی، توربین های بادی، سلول های خورشیدی و نوآوری های جدید در الکترونیک صنعتی، از سوی دیگر تقاضای مصرف کنندگان برای کیفیت توان بهتر و قابلیت اطمینان بالاتر باعث شده است که صنعت برق به سمت استفاده از تولیدات پراکنده کشیده شود. از این رو تولیدات پراکنده در صنعت برق، بازار برق و محیط زیست اثر گذاشته است. جزیره ای شدن تولیدات پراکنده زمانی رخ می دهد که قسمتی از شبکه شامل تولیدات پراکنده و بار از شبکه ی برق سراسری به صورت الکتریکی ایزوله گردد. یکی از مهمترین ملزومات تولیدات پراکنده برای وصل شدن به شبکه توانایی آنها در کشف حالت جزیره است. حالت جزیره ای پیش آمده، می تواند باعث اشکالاتی برای خود ژنراتور و بارها گردد. در شبکه های برق امروزی تلاش بر این است که حالت جزیره ای در کوتاه ترین زمان تشخیص داده شده و ارتباط ژنراتور و بارها قطع گردد. برای نمونه یک ژنراتور تولید پراکنده پس از رخ داد حالت جزیره ای باید در طول 100^{ms} تا 300^{ms} قطع گردد. برای این هدف هر ژنراتور تولید پراکنده باید به تجهیزاتی برای تشخیص حالت جزیره ای مجهز باشند که به آن حفاظت ضد جزیره ای می گویند از جمله این تجهیزات می توان به رله های نرخ تغییرات ولتاژ و نرخ تغییرات فرکانس[1] اشاره کرد.

موضوعات بررسی شده در چارچوب زیر خواهد بود:

- نگاهی بر تلاش های اخیر در زمینه ی حفاظت تولیدات پراکنده
- مشکلات مربوط به تولیدات پراکنده مانند پدیده ی جزیره ای شدن.
- اهمیت تشخیص جزیره ای شدن تولیدات پراکنده.
- بررسی تکنولوژی های مختلف جزیره ای شرح تولیدات پراکنده.
- مطالعه ی تبدیل موجک
- ارائه ی الگوریتمی جدید برای تشخیص جزیره ای شدن توربین بادی

[1] - ROCOF

فصل اول

معرفی تولیدات پراکنده

۱-۱- مقدمه

در این فصل مشکلات بوجود آمده هنگام استفاده از تولیدات پراکنده در شبکه ی توزیع، مورد بررسی قرار می گیرد. یکی از مشکلات می تواند پدیده ی جزیره ای شدن باشد. این پدیده در سال های اخیر بیشتر مورد توجه بوده است.

۱-۲- حفاظت جزیره ای برای تولیدات پراکنده.

روش ارائه شده در این رساله برای حفاظت ضد جزیره ای، در باس های توزیع ۲۵ کیلوولت و کمتر تست شده است. در سال های اخیر تولیدات پراکنده در ولتاژهای پایین و نزدیک مصرف کننده های بیشتر نصب شده است. همین عمل باعث ایجاد مشکلات جدیدی شده است که روش های جدید را متمایز از روش های مرسوم (برای حفاظت شبکه های شعاعی که قبلاً موجود بوده اند،) کرده است. بنابراین لازم است که روش های حفاظت موجود مانند امپدانس و ریکلوزر[۲]، نوعی برنامه ریزی و طرح گردند که حفاظت جزیره ای را هم انجام دهند. شرایط جزیره ای شدن معمولاً به علت ایزوله شدن الکتریکی قسمت شامل تولید پراکنده از قسمت شامل شبکه ی سراسری ایجاد می شود. این وضعیت معمولاً غیر مطلوب است بدلیل احتمال خرابی در تجهیزات موجود، کاهش کیفیت توان و کاهش قابلیت اطمینان.

روش های حفاظت جزیره ای موجود معمولاً از طریق کنترل اضافه/ کاهش ولتاژ، کنترل اضافه/ کاهش فرکانس عمل می کنند. بنابراین هر روش دارای یک حساسیت عملکرد مناسب و یک حساسیت عملکرد غیر مناسب می باشد. در وضعیت های عملکردی که روش ها آنها را حس نمی کنند. کیفیت توان کاهش می یابد که به این وضعیت های نامناسب ناحیه ی غیر قابل تشخیص[۳] (NDZ) می گویند. در واقع ناحیه ی غیر قابل تشخیص (NDZ) وضعیت های عملکردی هستند که باید روش ارائه شده آنها را از حالت جزیره ای شدن تشخیص دهد اما بدلیل کاهش حساسیت روش در آن وضعیت ها روش پیشنهادی قادر به تمایز و دسته بندی آن ها نبوده و تشخیص اشتباه

---

[2] - Impedanse, re-closers

3- Non Detection Zone

می دهد. لذا هرچه ناحیه ی غیرقابل تشخیص برای هر روش کمتر باشد یا اصلاً نباشد روش قوی تر است و بهتر عمل می کند.

روش های ارائه شده در این جا از مفاهیم مؤلفه های متقارن ولتاژ وجریان و مفاهیم تبدیل موجک استفاده کرده اند. و هدف این است که با شبیه سازی بررسی شود که این روش ها در چه وضعیت هایی دارای بهترین اثر هستند.

برای شروع مقدمه ای آورده شده در مورد سیستم های قدرت در امریکای شمالی و انگیزه های استفاده از تولیدات پراکنده در آنها. در قسمت های بعدی بررسی روش های موجود و روش های ارائه شده برای تشخیص جزیره شدن بحث شده است.

۱-۳- تولید و تقاضای انرژی الکتریکی

پیشرفت انسان وابسته به افزایش استفاده از انرژی الکتریکی است. در بیست سال اخیر مصرف انرژی الکتریکی به صورت مداوم افزایش داشته است[۲] [۱] به طوری که این روند افزاینده در کانادا با نرخ 1.1 درصد و در ایالات متحده ی آمریکا با نرخ ٪۲ در حال افزایش بوده است[۳] از سوی دیگر افزایش و گسترش نیروگاه ها و مراکز تولید انرژی الکتریکی مانند سدهای آبی، نیروگاه های اتمی و... به دلایل سیاسی، اقتصادی و فیزیکی دارای محدودیت بوده است[۴] برای مثال سرمایه گذاری روی خطوط انتقال در سال ۲۰۰۰ حدوداً 2.5 میلیون دلار کمتر از سرمایه گذاری در همین بخش در مدت مشابه در سال ۱۹۷۵ بوده است[۵]. در حالی که در این مدت تقاضای انرژی الکتریکی تقریباً دو برابر شده است. در شکل های ۱-۱ ، ۱-۳ نحوه ی افزایش تقاضا برحسب سال به صورت تخمینی درج شده است. دیده می شود که در عرض ۵ تا ۱۵ سال تقاضا چگونه از تولید پیشی گرفته و افزایش می یابد این دو شکل عرضه و تقاضا را به ترتیب برای امریکا و کانادا نشان داده است. منابع انرژی کوچک و محلی (نزدیک بار) به نام تولیدات پراکنده (DG) شناخته می شوند [۶] ، یک جایگزین قابل قبول برای منابع بزرگ یا نیروگاه های بزرگ به حساب

می آیند. دلایل زیادی برای افزایش مقبولیت عمومی استفاده از تولیدات پراکنده وجود دارد. در زیر چند نمونه ذکر می شود:

- در انتخاب واحد ها بیشتر تمایل به سمت واحد های تجدید پذیر است مانند نیروهای باری و سلول ی خورشیدی (دوست دار محیط زیست هستند)
- واحد های تولید پراکنده می توانند به عنوان حمایت کننده برای نقاط پیک مصرف مورد استفاده قرار گیرند. این عمل مزایای اقتصادی فراوانی دارد.
- با افزایش تقاضا نیاز به این است که تجهیزات شبکه در سطوح انتقال و توزیع جواب گوی افزایش بار باشند این به معنی افزایش هزینه های به روز رسانی تجهیزات و ا فزایش ظرفیت آنهاست و این عمل نیاز به صرف هزینه و وقت زیادی دارد. که به دلیل محدودیت ها قابل انجام نخواهد بود. لذا راه مقرون به صرفه تر استفاده از تولیدات پراکنده است.

محدودیت های فوق فقط شامل امریکای شمالی نیست بلکه در تمام نقاط دنیا وجود دارد. و تخمین زده می شود که تقاضای انرژی الکتریکی تا ۲۰ سال آینده دوبرابر گردد[۷]

هزینه های قطعی برق در اقتصاد کشورها غیر قابل جبران خواهد بود. هزینه ی قطعی برق مرتبط با تمام بخش های اقتصادی و تولیدی در ایالات متحده در حدود ۱۶۴ میلیون دلار امریکا تخمین زده شده (در طول یک سال) هزینه ی متوسط قطعی برق برای یک شرکت متوسط در ایالات متحده؛ ۱۴۷۷ دلار برای یک ثانیه و ۷۰۰۰ دلار برای یک ساعت است. هزینه ی یک ثانیه قطعی در برابر هزینه ی یک ساعت قطعی قابل توجه است زیرا در حالی که زمان ۳۶۰۰ بار طولانی تر شده است اما هزینه فقط ۴۰۷ بار بزرگتر شده است[۸] به همین دلیل قطعی اولیه و سریع از لحاظ اقتصادی خیلی مهم است. تولیدات پراکنده (DG) می توانند به کاهش این نوع قطعی ها کمک کنند و این کار را از طریق افزایش قدرت شبکه و نگاه داشتن شبکه در نقطه ی کار پایدار انجام می دهند.

نرخ نمونه برداری بزرگتر باشد، تعداد level های مورد بررسی نیزباید بزرگتر باشد. یک قاعده ی دیگر برای تعیین تعداد حداکثر سطوح مورد بررسی در تبدیل موجک می تواند این باشد که سیگنال را طوری تجزیه کنیم باند فرکانس اصلی سیگنال مورد بررسی در قسمت ضریب تخمین سیگنال قرا گیرد و از آن خارج نشود.

۱۵) در مورد انتخاب نوع موجک برای تجزیه ی سیگنال باید به ویژگی های فرکانسی موجک دقت شود. منظور از ویژگی های فرکانسی، پاسخ فرکانسی فیلترهای بالا گذر و پایین گذر مورد استفاده در الگوریتم ملات می باشد. با توجه به این ویژگی ها معمولا در مقالات و پایان نامه های مختلف، برای بررسی حالت گذرای سیگنال از موجک های db3 و db4 استفاده می شود، و برای بحث های مربوط به کیفیت توان و هارمونیک ها از موجک های db10، coif8 استفاده می گردد.

۵-۹- پیشنهاد ادامه ی کار

۱) پیشنهاد می شود که برای مرحله ی تصمیم گیری در الگوریتم از سیستم های کنترلی جدیدتر مانند سیستم های استنتاج فازی، سیستم ها فازی انطباقی (نرو_فازیANFIS) استفاده گردد.

۲) می توان عملکرد روش را برای حالتی منبع تولید پراکنده اینورتری می باشد بررسی کرد.

۳) در این روش فقط نیروگاه های بادی مورد بررسی قرار گرفت، میتوان عملکرد روش را در منابع تولید پراکنده ی هایبرید مورد ارزیابی قرار داد.

مراجع

[1] Jeremy Rifkin. The Hydrogen Economy: The Creation of the Worldwide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth, volume 1. Penguin Putnam Inc., New York, NY, 1 edition, 2002.

[2] Steve Gehl. Electricity technology roadmap: 2003 summary and synthesis. Technical report, Electric Power Research Institute, November 2003.

[3] Kevin J. Dasso. The reliability of bulk electric systems in North America. Technical report, North American Electric Reliability Council, September 2006.

[4] John Micklethwait. Atomic renaissance. The Economist, 384(8545):102–104, September 2007.

[5] Edison Electric Institute. Eei survey of transmission investment. Report, May 2005.

[6] Manisa Pipattanasomporn, Michael Willingham, and Saifur Rahma. Implications of on-site distributed
Generation for commercial/industrial facilities. IEEE Transactions of Power Systems, 20(4):206–212, 2005.

[7] Mossadiq Umedaly. A vision for growing a world-class power technology cluster in a smart, sustainable british columbia. British Columbia Reports and Publications, 2005.

[8] David Lineweber and Shawn McNulty. The cost of power disturbances to industrial and digital
Economy companies. Technical report, Primen, June 2001.

[9] Spencer Abraham. National transmission grid study. Technical report, US Department of Energy,
May 2002.

[10] S. Knoke, J.Majeski, K. Smit, and K. Tarp. Installation, operation, and maintenance costs for distributed
Generation technologies. Technical Report 1007675, Electric Power Research Institute, February 2003.
[11] Electrical Power Research Institute. 1999 summary and synthesis. Technical Report CI-112677- V1, Electrical Power Research Institute, July 1999.

[12] M. Nagpal, F. Plumptre, R. Fulton, and T. G. Martinich. Dispersed generation interconnection utility perspective. Industry Applications, IEEE Transactions on, 42(3):864–872, 2006.
[13] Kevin J. Dasso. The reliability of bulk electric systems in North America. Technical report, North American Electric Reliability Council, September 2006.
[14] N. Acharya, P. Mahat, and N. Mithulananthan, "An analytical approach for DG allocation in primary distribution network," International Journal of Electrical Power & Energy Systems, vol. 28, no. 10, pp 669- 678, Dec. 2006.
[15] P. P. Barker and R. W. De Mello. Determining the impact of distributed generation on power systems. i. radial distribution systems. In Power Engineering Society Summer Meeting, 2000, volume 3, page 1645. IEEE, 2000.
[16] M. K. Donnelly, J. E. Dagle, D. J. Trudnowski, and G. J. Rogers. Impacts of the distributed utility on transmission system stability. Power Systems, IEEE Transactions on, 11(2):741–746, 1996.
[17] M. A. Kashem and Gerard Ledwich. Multiple distributed generators for distribution feeder voltage support. IEEE Transactions On Energy Conversion, 20:676–684, 2005.
[18] P. L. Villenueve. Concerns generated by islanding [electric power generation]. Power and Energy Magazine, IEEE, 2(3):49– 53, 2004.

[19] Bas Verhoeven. Utility aspects of grid connected photovoltaic power systems. Technical Report IEA PVPS T5-01:1998, International Energy Agency, December 1998.

[20] Arne Faaborg Povlsen. Impacts of power penetration from photovoltaic power systems in distribution networks. Technical Report IEA PVPS T5-10: 2002, International Energy Agency, February 2002.

[21] T. Funabashi, K. Koyanagi, and R. Yokoyama. A review of islanding detection methods for distributed resources. Power Tech Conference Proceedings, 2003 IEEE Bologna, 2:1– 6, June 2003.

[22] F. Katiraei, M. R. Iravani, and P. W. Lehn. Micro-grid autonomous operation during and subsequent to islanding process. Power Delivery, IEEE Transactions on, 20(1):248 – 257, 2005.

[23] Ismail Mohamed Elmarkabi. Control and Protection of Distribution Networks with Distributed Generators. Dissertation, North Carolina State University, 2004.

[24] Recommended Practice for Utility Interconnected Photovoltaic (PV) Systems, IEEE Standard 929-2000, 2000.

[25] IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources into Electric Power Systems, IEEE Standard 1547TM, June 2003.

[26] R. A. Walling, and N. W. Miller, “Distributed generation islanding implications on power system dynamic performance,” IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, vol.1, pp. 92-96, 2002.

[27] A. Greenwood, Electrical Transients in Power Systems, New York: Wiley, 1971, pp. 83.

[28] BC Hydro Systems Group. Distribution power generator islanding guidelines. BC Hydro, 2006.

[29] Ward Bower and Michael Ropp. Evaluation of islanding detection methods for photovoltaic utility-interactive power systems. Report IEA PVPS Task 5 IEA PVPS T5-09: 2002, Sandia National Laboratories Photovoltaic Systems Research and Development, March 2002.

[30] M. A. Refern, O. Usta, and G. Fielding, "Protection against loss of utility grid supply for a dispersed storage and generation unit," IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 8, no. 3, pp. 948-954, July 1993

[31] M. A. Redfern, J. I. Barren, and O. Usta, "A new microprocessor based islanding protection algorithm for dispersed storage and generation, units," IEEE Trans. Power Delivery, vol. 10, no. 3, pp. 1249-1254, July 1995.

[32] J. Warin, and W. H. Allen, "Loss of mains protection," in Proc. 1990 ERA Conference on Circuit Protection for industrial and Commercial Installation, London, UK, pp. 4.3.1-12.

[33] F. Pai, and S. Huang, "A detection algorithm for islanding-prevention of dispersed consumer-owned storage and generating units," IEEE Trans. Energy Conversion, vol. 16, no. 4, pp. 346-351, 2001.

[34] S. I. Jang, and K. H. Kim, "A new islanding detection algorithm for distributed generations interconnected with utility networks," in Proc.IEEE International Conference on Developments in Power System Protection, vol.2, pp. 571-574, April 2004.

[35] S. I. Jang, and K. H. Kim, "An islanding detection method for distributed generations using voltage unbalance and total harmonic distortion of current," IEEE Tran. Power Delivery, vol. 19, no. 2, pp. 745-752, April 2004.

[36] S. Jang, and K. Kim, “Development of a logical rule-based islanding detection method for distributed resources,” in Proc. IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, vol. 2, pp. 800-806, 2002.

[37] J. Warin, and W. H. Allen, “Loss of mains protection,” in Proc. 1990 ERA Conference on Circuit Protection for industrial and Commercial Installation, London, UK, pp. 4.3.1-12.

[38] P. D. Hopewell, N. Jenkins, and A. D. Cross, “Loss of mains detection for small generators,” IEE Proc. Electric Power Applications, vol. 143, no. 3, pp. 225-230, May 1996.

[39] J. E. Kim, and J. S. Hwang, “Islanding detection method of distributed generation units connected to power distribution system,” in Proc. 2000 IEEE Power System Technology Conference, pp. 643-647.

[40] G. A. Smith, P. A. Onions, and D. G. Infield, “Predicting islanding operation of grid connected PV inverters,” IEE Proc. Electric Power Applications, vol. 147, pp. 1-6, Jan. 2000.

[41] M. E. Ropp, M. Begovic, A. Rohatgi, G. Kern, and R. Bonn, “Determining the relative effectiveness of islanding detection methods using phase criteria and non-detection zones,” IEEE Transaction on Energy Conversion, vol. 15, no. 3, pp. 290-296, Sept. 2000.

[42] V. Menon, and M. H. Nehrir, “A hybrid islanding detection technique using voltage unbalance and frequency set point,” IEEE Tran. Power Systems, vol. 22, no. 1, pp. 442-448, Feb. 2007.

[43] J. Yin, L. Chang, and C. Diduch, “A new hybrid anti-islanding algorithm in grid connected three-phase inverter system,” 2006 IEEE Power Electronics Specialists Conference, pp. 1-7.

[44] Pukar Mahat, Zhe Chen and Birgitte Bak-Jensen “Review of Islanding Detection Methods for Distributed Generation” DRPT2008 6-9 April 2008 Nanjing China

[45] N. Jenkins, R. Allan, P. Crossley, D. Kirschen, and G. Strbac, Embedded Generation, 1st ed. London, U.K.: Inst. Elect. Eng., 2000.

[46] ABRY P., ALDROUBI A., “Designing multiresolution analysis-type wavelets and
their fast algorithms”, *The Journal of Fourier Analysis and Applications*, vol. 2, no. 2, 1995.

[47]ABRAMOVIC F., BAILEY T.C., SAPATINAS T., “Wavelet analysis and its statistical applications”, *The Statistician*, vol. 49, p. 1-29, 2000.

[48] COHEN A., *Wavelets and Multiscale Signal Processing*, Chapman and Hall, 1995.

[49] matlab 2009 help