همایش ملی انرژی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر
آذر **1394**

طراحی و مدلسازی انواع ژنراتور القایی بادی سیستم های قدرت

با استفاده از متلب/سیمولینک

خلیل ولیپور [1]، حسن فتح اللهی [2*]،
* نویسنده مسئول: hfathollahi@gmail.com

چکیده

این مقاله مقایسه عملکرد یک سیستم قدرت باد بر اساس سه ژنراتور القایی متفاوت است،سه ماشین القایی مورد مطالعه قرار گرفته عبارت اند از ژنراتور القایی قفس سنجابی(SCIG)، ژنراتور القایی دو سو تغذیه (DFIG) و ژنراتور القایی دو سو تغذیه ارتباط با شبکه یک طرفه. اجرای بین SCIG، DFIG و DFIG در سیستم اتصال تک وجهی در شبکه مقایسه شده است. استاتور SEF-DFIG ماشین به یک شبکه برق مستقیم متصل است، و روتور توسط یک اینورتر بدون هیچ گونه منبع قدرت خارجی کنترل می شود. در این مقاله، برای استفاده از این طرح پیشنهادی برای توربین بادی، طراحی و مدل سازی ژنراتور القایی شبیه سازی شده در محیط MATLAB / SIMULINK انجام شده است.

واژه‌های کلیدی

ماشین القایی دو سو تغذیه ، کنترل میدان جهت دار، سیستم قدرت باد.

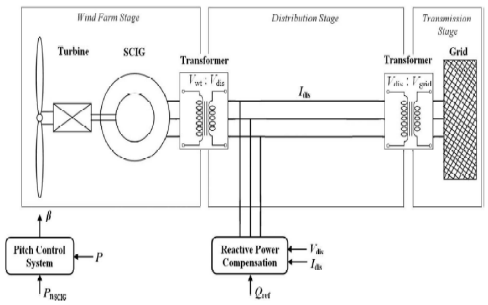
1-استادیار گروه برق و کامپیوتر دانشگاه محقق اردبیلی
2- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه محقق اردبیلی

1- مقدمه

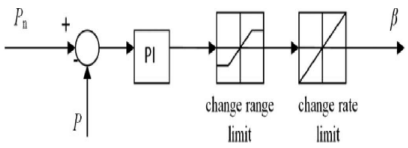
با کمبود سوخت های فسیلی و نگرانی های جهانی برای سازگاری با محیط زیست، تقاضا برای انرژی های تجدید پذیر به طور پیوسته در حال افزایش است. باد سیستم تبدیل انرژی است که عموما به شبکه برق متصل شده و تامین کننده انرژی الکتریکی برای تکمیل قدرت پایه برای سیستم های نسل دیگر با استفاده از سوخت های فسیلی یا انرژی هسته ای است. تاکید بر افزایش انرژی تجدید پذیر باد منجر به توجه روز افزون در مورد سیستم های مولد برق قابل اطمینان تر و با صرفه تر شده است. سیستم های ژنراتور القایی به طور گسترده استفاده می شود و در سیستم قدرت باد به دلیل مزایای بیشتر ژنراتور سنکرون مورد مطالعه قرار می گیرد. ژنراتور القایی ژنراتور آسنکرون است، این یک نوع از ژنراتور الکتریکی AC است. بکار انداختن ژنراتور القایی توسط گردش مکانیکی رتور سریع تر از سرعت سنکرون است. این در برنامه های کاربردی مانند نیروگاه های آبی و زمینی توربین های بادی مفید هستند. ژنراتور القایی به صورت مکانیکی و الکتریکی ساده تر از دیگر انواع ژنراتوراست. ژنراتور القایی بخصوص مناسب است برای ایستگاه های تولید باد که در این مورد سرعت همیشه یک عامل متغیر است. بر خلاف موتور سنکرون، ژنراتور القایی به بار وابسته است و نمی تواند در بالا برای کنترل فرکانس شبکه استفاده شود. روش تبدیل توان با استفاده از ژنراتور القایی قفس سنجابی ساده (SCIG) به طور گسترده ای در برنامه های کاربردی سرعت ثابت با تاکید کمتر بر روی بهره وری بالا و کنترل جریان برق پذیرفته شده است. مشکل بزرگ دیگر در سیستم قدرت SCIG منبع توان راکتیو است. از سوی دیگر، ژنراتور القایی دو سو تغذیه (DFIG) با سرعت متغیر با توانایی جذب انرژی بالاتر کیفیت توان بهبود یافته است. با ظهور تکنیک های برق قدرت، مبدل پشت به پشت، که متشکل از دو مبدل دو طرفه و یک لینک DC، به عنوان یک رابط در ردیابی عملکرد بهینه بین ژنراتور و شبکه عمل می کند. اگر چه استحکام بالا، قابلیت اطمینان و هزینه تعمیر و نگهداری پایین از مزایای استفاده از این سیستم است، اما نکته منفی این است که سرعت ماشین و قدرت تولید قابل کنترل نیست چون به سادگی سرعت باد مشخص نیست. این نوع از WECS می تواند نوسانات برق به علت تغییرات سرعت باد را کاهش دهد، و آن نیز ممکن می سازد برای رسیدن به حداکثر قدرت نقاط ردیابی(MPPT) ، چون که مدولاسیون عرض پالس پشت به پشت (PWM)توسط قدرت تولید شده کنترل می شود. در این مقاله یک پیکربندی تغذیه تک سویه DFIG (SEF-DFIG) که در آن یک اینورتر سمت رتور پیشنهاد می کند. انرژی مصرف شده در اینورتر سمت روتور از سیم پیچ های استاتور متصل به شبکه عرضه می شود. از آنجا که SEF-DFIG همچنین قادر است به کنترل گشتاور، قدرت و سرعت مولد باد به عنوان DFIGمتعارف و بکار انداختن نوع سرعت متغیر و تنظیم قدرت تولید شده در سرعت باد مختلف است. تمرکز اصلی این مقاله مقایسه بین سه مدل ژنراتور القایی بادی سیستم های قدرت است.

2- سیستم قدرت باد SCIG

طرح ها از سیستم SCIG از جمله توربین بادی، کنترل زمین و جبران توان راکتیو. کل سیستم شامل سه مرحله برای ارائه انرژی از توربین بادی به شبکه برق است. اولین مرحله مزرعه بادی با ولتاژ پایین ، مرحله دوم توزیع که ولتاژ متوسط است و مرحله سوم شبکه انتقال که ولتاژ بالا است. ترانسفورماتور سه فاز رابط بین مراحل برای مراقبت است. همانطور که اشاره شد، قدرت اسمی $P_{n\ SCIG}$به عنوان مرجع قدرت اکتیو در نظر گرفته شده برای تنظیم زاویه در حالی که V_{dis} و I_{dis} به معنی ولتاژ خط به خط و جریان فاز ، و آنها برای جبران قدرت راکتیو برای خط توزیع است. این روش نسبتا ساده برای اولین بار مورد استفاده قرار گرفت از آنجا که ساده، دارای ساختمان ناهموار، عملکرد قابل اعتماد و هزینه کم است. با این حال، سرعت ثابت ضروری و مشکلات ناپایداری ولتاژ بالقوه به شدت عملیات توربین بادی را محدود می کند. از آنجا که SCIG ژنراتور سرعت ثابت است، برای سرعت باد خاص، خروجی توان اکتیونیز ثابت خواهد ماند. بنابراین، با افزایش سرعت باد، قدرت خروجی تا رسیدن به قدرت اسمی، سرعت باد در این لحظه به نام سرعت باد اسمی نامیده می شود.



شکل 1- سیستم قدرت باد SCIG



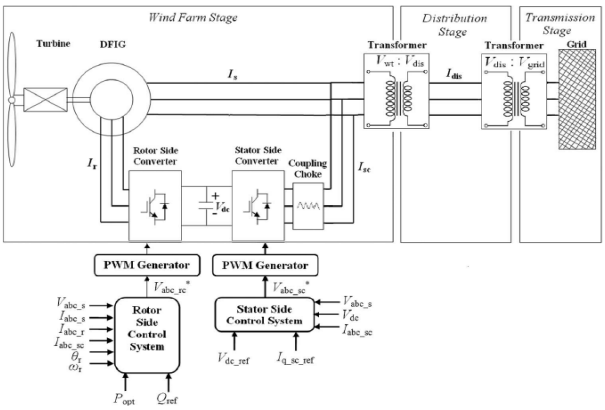
شکل 2-کنترل زاویه گام

انتگرال نسبی (PI) کنترلی است که استفاده می شود برای کنترل زاویه پره به منظور محدود کردن قدرت خروجی برق به قدرت مکانیکی اسمی. زاویه زمین در صفر درجه ثابت نگه داشته شده زمانی که قدرت خروجی الکتریکی اندازه گیری شده برابرقدرت اسمی آن است. هنگامی که از مقدار نرمال افزایش می یابد کنترلر PI زاویه زمین را برای بازگرداندن قدرت اندازه گیری شده به مقدار اسمی آن افزایش می دهد.

3- سیستم قدرت باد DFIG

کنترل لغزش دینامیکی به کار گرفته می شود برای به پایان رساندن عملکرد سرعت متغییر در سیستم توربین بادی، که در آن سیم پیچ روتور به مقاومت متغیر متصل شده و کنترل لغزش توسط مقاومت های متنوع صورت می گیرد [1]، [3]. این نوع از سیستم می تواند تغییرات سرعت ژنراتور را محدود کند، اما منبع توان راکتیو خارجی هنوز هم لازم است، برای حذف کامل جبران قدرت راکتیو و برای کنترل هر دوی توان اکتیو و راکتیو به طور مستقل، سیستم قدرت بادDFIG یکی از روش های محبوب در کاربردهای انرژی باد است [1]، [3]، [7].

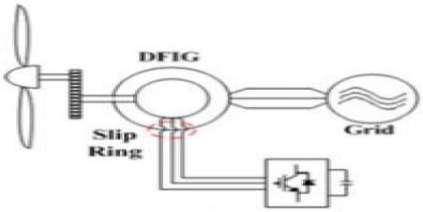
به طور خاص، کانورتر سمت استاتور بصورت چوک سری RL ارائه شده است. هر دو مبدل ولتاژ سمت استاتور و رتور هم تا پایان با یک بخش جریان تنظیمی و بخش اتصال متقابل کنترل می شود. چرخش توربین بادی سیستم قدرت باد DFIG شامل یک ژنراتور القایی روتور سایشی و یک ترانزیستور دو قطبی(IGBT) گیت عایقی ac/dc/ac پالس مبتنی بر عرض مدوله کانورتر (PWM)(مبدل پشت به پشت با لینک DC خازن)، همانطور که در شکل نشان داده شده است. در این پیکربندی، مبدل پشت به پشت متشکل از دو بخش مبدل سمت استاتور شبکه و مبدل سمت رتور است. هر دو مبدل منبع ولتاژ با استفاده از IGBT ها، در حالی که یک خازن بین دو مبدل به عنوان یک منبع ولتاژ DCاست عمل می کند.



شکل 3-پیکربندی سیستم ژنراتور القایی دو سو تغذیه

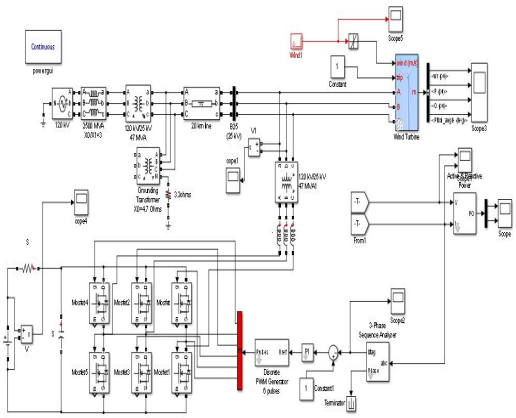
4- سیستم قدرت باد SEF-DFIG

در SEF-DFIG سیستم قدرت باد همان است که در سیستم قدرت باد DFIG مشاهده شد، اما استاتور این ماشین به یک شبکه برق مستقیم وصل و کنترل روتور به طور مستقیم به اینورتر بدون هیچ گونه منبع قدرت خارجی متصل است. این به عنوان تغذیه توسط یک منبع خارجی DFIG با استفاده از یک مبدل برق شبکه اضافی برای تنظیم قدرت روتور می شناسند؛ اما در SEF-DFIG، منبع خارجی به برق شبکه تنها به سیم پیچ های استاتور متصل است. با توجه به این ویژگی، اینورتر سمت روتور را می توان در روتور بدون هیچ گونه لغزش حلقه یکپارچه کرد.



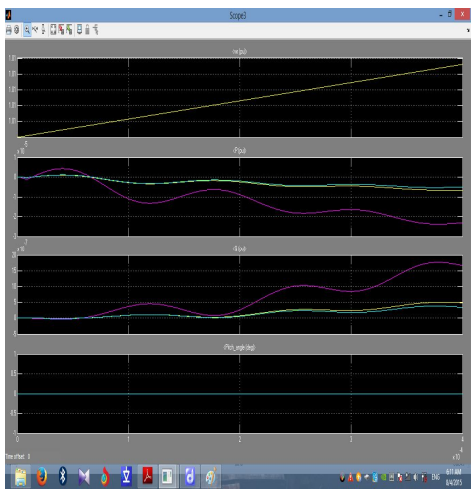
شکل 4-بلوک دیاگرام SEF-DFIG

5- شبیه سازی نتایج

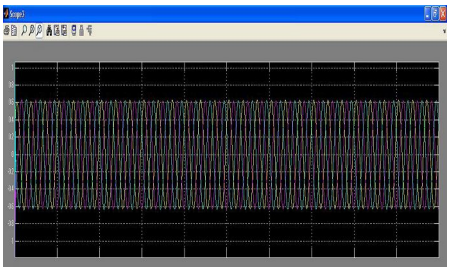


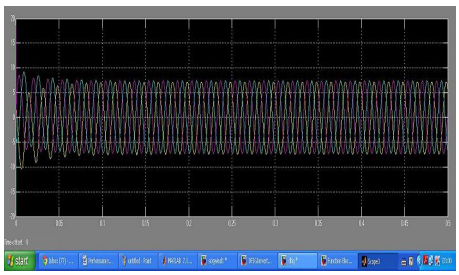
شکل 5-مدار شبیه سازی سیستم قدرت SCIG

شکل 6 پاسخ پله سرعت ژنراتور، توان اکتیو، توان راکتیو و زاویه گام مدل سیمولینک سیستم قدرت بادSCIG را نشان می دهد.

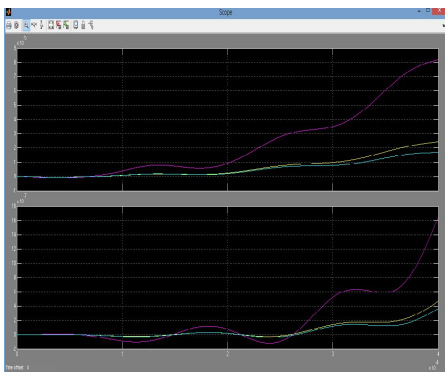


شکل6- سرعت ژنراتور، توان اکتیو، توان راکتیو و زاویه گام توربین بادی



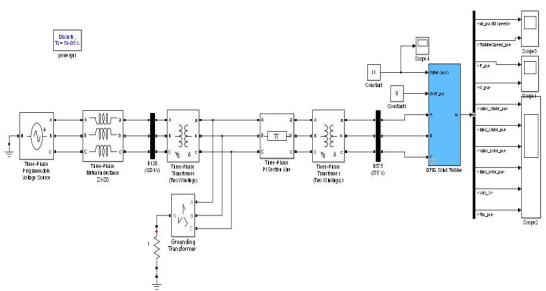


شکل 7-شکل موج ولتاژ و جریان در سیستم قدرت SCIG

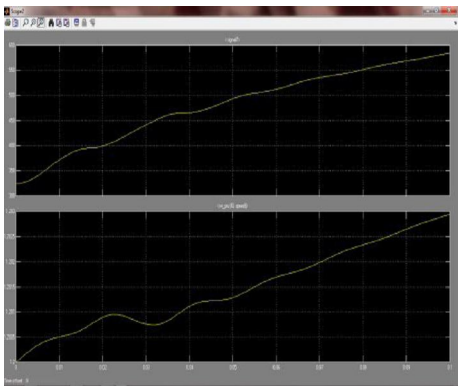


شکل 8-توان اکتیو و توان راکتیو در سیستم قدرت SCIG

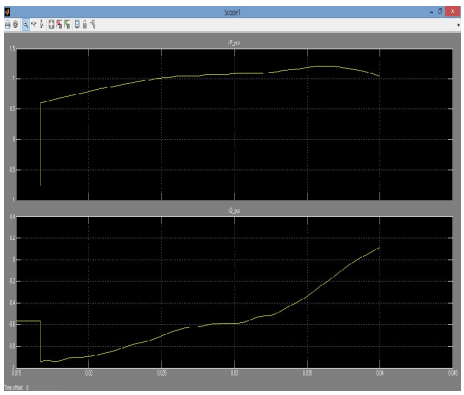
شکل (7) و (8) ولتاژ، جریان، توان اکتیو و توان راکتیو در سیستم قدرت باد SCIG را نشان می دهد.



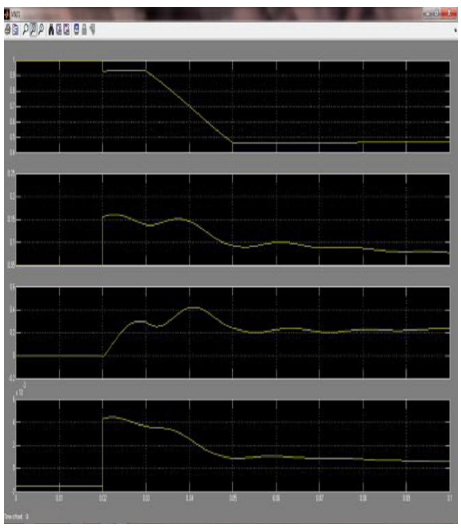
شکل 9-مدار سیمولینک ژنراتور القایی از دو سو تغذیه



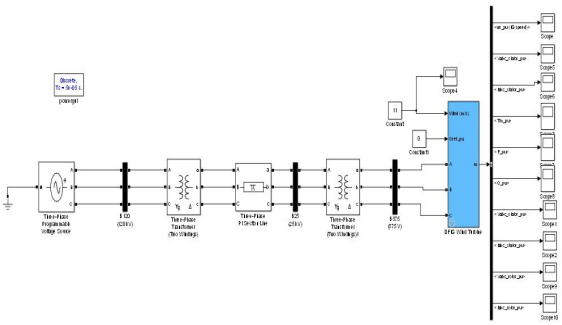
شکل 10-پاسخ پله ای باد الف)ولتاژ DC خط ب)سرعت رتور



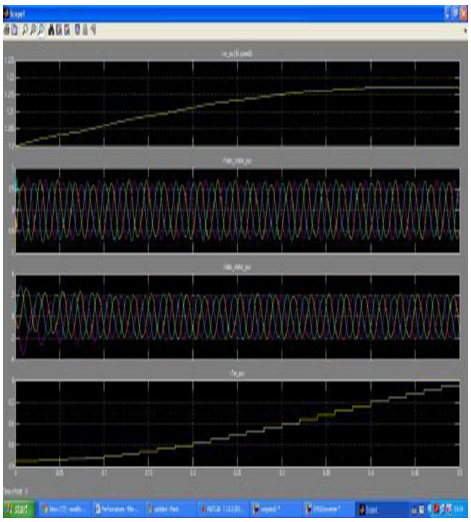
شکل 11-پاسخ پله ای باد الف)توان اکتیو ب)توان راکتیو



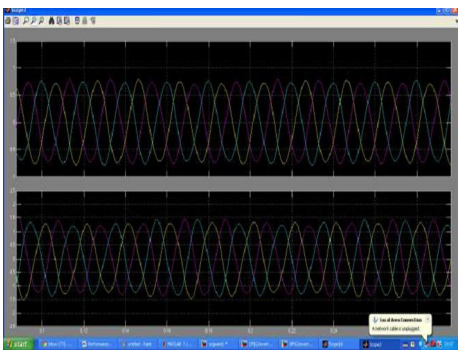
شکل 12-ولتاژ، جریان، توان اکتیو و راکتیو در سیستم قدرت باد DFIG



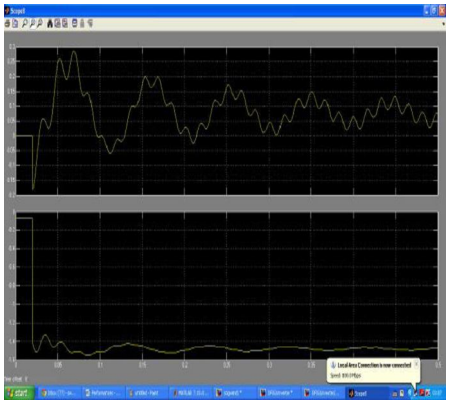
شکل 13-مدار سیمولینک توربین بادی SEF-DFIG



شکل 14-سرعت ژنراتور، ولتاژ ، جریان و گشتاور در توربین بادی



شکل 15-ولتاژ و جریان در سیستم قدرت باد SEF-DFIG



شکل 16-توان اکتیو و راکتیو در سیستم قدرت بادSEF-DFIG

6- نتیجه گیری

ماشین القایی مورد مطالعه قرار گرفته برای مقایسه و شبیه سازی ژنراتور القایی قفس سنجابی(SCIG) ، ژنراتور القایی دو سو تغذیه (DFIG) با استفاده از یک ژنراتور القایی دو سو تغذیه (DFIG)تک طرفه در ارتباط با شبکه است. که ژنراتورهای القایی در محیط سیمولینک متلب مدل شده است. اجرای بین SCIG، DFIG و DFIG تک طرفه در سیستم اتصال به شبکه مقایسه شده است. این مقاله، برای استفاده از طرح های پیشنهادی برای توربین بادی، طراحی، مدل سازی و مقایسه شده است.

مراجع:

[۱] M. Molinas, J. A. Suul, and T. Undeland, “Low voltage ride through of wind farms with cage generators: STATCOM versus SVC,” IEEE Trans.

[۲] Z. Chen, J. M. Guerrero, and F. Blaabjerg, “A review of the state of the art of power electronics for wind turbines,” IEEE Trans. Power Electron.,vol. ۲٤, no. ۸, pp. ۱۸٥۹–۱۸۷٥, Aug. ۲۰۰۹

[۳] R. Datta and V. T. Ranganathan, “Variable-speed wind power generation using doubly fed wound rotor induction machine—A comparison with alternative schemes,” IEEE Trans. Energy Convers., vol. ۱۷, no. ۳, pp. ٤۱٤–٤۲۱, Sep. ۲۰۰۲

[٤] A. Causebrook, D. J. Atkinson, and A. G. Jack, “Fault ride-through of large wind farms using series dynamic braking resistors,” IEEE Trans.Power Syst., vol. ۲۲, no. ۳, pp. ۹٦٦–۹۷٥, Aug. ۲۰۰۷.

[٥] M. E. Haque, M. Negnevitsky, and K. M. Muttaqi, “A novel control strategy for a variable-speed wind turbine with a permanent-magnet synchronous generator,” IEEE Trans. Ind. Appl., vol. ٤٦, no. ۱, pp. ۳۳۱–۳۳۹, Jan./Feb ۲۰۱۰.

[٦]S. Bhowmik, R. Sp´ee, and J. H. R. Enslin “Performance optimization for doubly fed wind power generation systems,” IEEE Trans. Ind.

[۷]A. Petersson and S. Lundberg, “Energy efficiency comparison of electrical systems for wind turbines,” in Proc. IEEE Nordic Workshop PowerInd. Electron. (NORPIE), Stockholm, Sweden, Aug. ۲۰۰۲, pp. ۱۲–۱٤.

[۸] A. C. Smith, R. Todd, M. Barnes, and P. J. Tavner, “Improved energy conversion for doubly fed wind generators,” IEEE Trans. Ind. Appl., vol.٤۲, no. ٦, pp. ۱٤۲۱–۱٤۲۸, Nov./Dec. ۲۰۰٦.

[۹]B. Singh, S. K. Aggarwal, and T. C. Kandpal, “DFIG-based wind power conversion with grid power leveling for reduced gusts,” IEEE Trans. Sustainable Energy, vol. ۳, no. ۱, Jan. ۲۰۱۲.

[۱۰] T. Ghennam, E. M. Berkouk, and B. Francois, “DC-link voltage balancing algorithm using a space-vector hysteresis current control for threelevel VSI applied for wind conversion system,” in Proc. Power Elect. Appl. Eur. Conf., Sep. ۲۰۰۷, pp. ۱–۱۰.

[۱۱] Yu Zou, Malik E. Elbuluk and Yilmaz Sozer “Simulation Comparisons and implementation of Induction Generator Wind Power Systems” IEEE Trans ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. ٤۹, NO. ۳, MAY/JUNE ۲۰۱۳.