

รายการอ้างอิง

- [1] ฝ่ายพัฒนาและแผนงานโครงการ (อพผ.). [Online]. Available from: http://www2.egat.co.th/re/egat_wind. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย * [2011, Jan 6]
- [2] Zang, T.C. Initial Study of Using Rechargeable Batteries in Wind Power Generation with Variable Speed Induction Generators. IET Renewable Power Generation, 2, 2 (July 2007): 89-101.
- [3] นิพนธ์ เกตุจ้อย และ อชิตพล ศศิธรานุวัฒน์. เทคโนโลยีพลังงานลม. Naresuan University Journal (2004): 57-73.
- [4] Qi, W., Xiao-hu, C., Wan-min, F. and Yan-chao, J. Study of Brushless Doubly-fed Control for VSCF Wind Power Generation System Connected to Grid. Third International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (April 2008): 2453 – 2458.
- [5] Song, L.P. and Li, H. Simulation for Strategy of Maximal Wind Energy Capture of Doubly Fed Induction Generators. Sixth International Conference on Natural Computation (ICNC) (August 2010), 4 : 2154 - 2158
- [6] The MathWorks, Inc. MATLAB & Simulink [Online]. 2010. Available from: <http://www.mathworks.com> [2010, December 12]
- [7] Chirapongsananurak, P. and Hoonchareon, N. Design of a Controller for DFIG-Based Wind Power Generation Using Model Predictive Control. Electrical Engineering/Electronics Computer Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON) (May 2010) : 833 – 837.
- [8] Jiang,Z. ,and Yu X. Modeling and Control of an Integrated Wind Power Generation and Energy Storage System. Power & Energy Society Generation Meeting, IEEE (July 2009): 1 – 8.
- [9] Wu,F., Zhang, X.P., Godfrey, K., and Ju, P. Modeling and Control of Wind Turbine with Doubly Fed Induction Generator. Power Systems Conference and Exposition, IEEE PES (November 2006): 1404 – 1409.
- [10] Kundur, P. Power system stability and control. New York: McGraw-Hill, 1994.
- [11] Ackermann, T. Wind power in power system. Chichester: John Wiley & Sons,

2005.

- [12] Ong, C. Dynamic simulation of electric machinery using MATLAB/Simulink. New Jersey: Prentice Hall, 1997.
- [13] Mohan, N., Undeland, T. M., and Roobbins, W. P. Power electronics: Converters, applications, and design. 3rd Edition. New York: John Wiley & Sons, 2003.
- [14] Bhadra, S. N., Kastha, D., and Banerjee, S. Wind electrical systems. New Delhi: Oxford University Press, 2005.
- [15] Bingchang Ni ,and Constantinos Sourkounis .Control Strategies for Energy Storage to Smooth Power Fluctuations of Wind Parks. MELECON, IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference (April 2010): 973 – 978.
- [16] วัฒนพงษ์ รัชชีวีเชียร และ นิพนธ์ เกตุจ้อย (2549) เอกสารประกอบรายวิชาระบบสะสมพลังงาน, วิทยาลัยพลังงานทดแทน, มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- [17] Mukund, R. Patel. Wind and Solar Power Systems. United States of America: CRC Press LLC, 2000.
- [18] Isidor Buchmann.[Online]. Available from: <http://www.batteryuniversity.com>, [2010 November 13].
- [19] ชันติ ปานขลิบ. กักเก็บผลผลิตไฟฟ้าสำหรับบ้านพักอาศัย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สหมิตรเครื่องกล, 2551.
- [20] รศ.ดร.โคทมอารียา. อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1-2. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544.
- [21] Acha, E., Agelidis, V.G., Anaya-Lara, O., and Miller, T.J.E. Power Electronic Control in Electrical Systems. Oxford: Newnes, 2002.
- [22] Chan, H.L., and Sutanto, D. A New Battery Model for use with Battery Energy Storage Systems and Electric Vehicles Power Systems. Power Engineering Society Winter Meeting, IEEE, 1 (January 2000): 470 – 475.
- [23] Ziyad, M., Salameh Margaret, A. and Casacca William A. Lynch. A Mathematical Model for Lead-Acid Batteries. IEEE Transactions on Energy Conversion (March 1992) : 93 – 98.
- [24] Margaret A. Casacca and Ziyad M. Salameh. Determination of Lead-Acid Battery Capacity Via Mathematical Modeling Techniques. IEEE Transactions on Energy Conversion (September 1992): 442 – 446.
- [25] Janthanramin, N., and Zhang, L. A New Dynamic Model for Lead-Acid Batteries.

Power Electronics, Machines and Drives, *IET* (April 2008): 86-90.

- [26] จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (สถาบันวิจัยพลังงาน). รายงานฉบับที่ 3 โครงการเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าระยะที่ 3 เสนอ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (ตุลาคม 2552).
- [27] Rolls UK & Europe is a division of Barden UK Ltd. [Online]. Available from: <http://www.rolls-battery.com/pdf/S12-290AGM.pdf> [2011 February 14]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลความเร็วลม

ตาราง ก.1 ความเร็วลมเฉลี่ยในแต่ละเดือนในปี 2005 วัดที่แหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต

เดือน	ความเร็วลม (m/s)	เดือน	ความเร็วลม (m/s)
มกราคม	6.03	กรกฎาคม	7.38
กุมภาพันธ์	4.80	สิงหาคม	6.39
มีนาคม	5.22	กันยายน	6.48
เมษายน	4.00	ตุลาคม	4.74
พฤษภาคม	5.24	พฤศจิกายน	4.21
มิถุนายน	7.08	ธันวาคม	5.64

ตาราง ก.2 ความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่วโมงในแต่ละฤดู

ชั่วโมง	ความเร็วลมในแต่ละฤดู (m/s)		
	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
1	5.023097	5.361823	6.114633
2	5.333031	5.107254	6.230987
3	5.021410	5.380161	5.665252
4	5.191660	5.411383	6.046494
5	5.002902	5.040668	6.354089
6	5.235122	5.393733	6.280955
7	5.291449	5.528281	6.035546
8	5.085919	5.365979	6.286418
9	5.652379	5.101217	6.325065
10	4.775389	5.56653	6.429313
11	5.317346	5.255554	6.083991
12	5.075287	5.178833	6.753120
13	5.273727	5.328746	6.135622
14	5.708895	5.183230	6.521348

ชั่วโมง	ความเร็วลมในแต่ละฤดู (m/s)		
	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
15	5.356315	5.382313	6.146731
16	5.289101	5.634856	6.340065
17	5.087979	5.004967	6.417576
18	5.130245	5.495877	5.953362
19	5.069434	5.347554	6.536653
20	5.235235	5.169870	5.987508
21	5.197467	5.354199	6.219599
22	4.733282	5.349153	6.357155
23	5.177131	5.494930	6.298403
24	4.965493	5.367475	6.398169

ตาราง ก.3 ระดับความเร็วลมในการผลิตกำลังไฟฟ้า

ระดับความเร็วลม	ความเร็วลม (m/s)
ความเร็วลมเข้าระบบ (Cut-in Speed)	3.5
ความเร็วลมเต็มพิกัด (Nominal or Rated Wind Speed)	13
ความเร็วลมตัดออก (Cut-out Wind Speed)	25

ภาคผนวก ข

ข้อมูลระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมและการควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในภาคผนวกนี้จะนำเสนอข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสองทาง และตัวควบคุมที่ใช้ระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม โดยข้อมูลค่าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสองทางและคอนเวอร์เตอร์มีค่าตามตาราง ข.1 ส่วนค่าตัวแปรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสองทางจะแสดงในตารางที่ ข.2

ในส่วนของค่าเริ่มต้นของจุดทำงานและค่าสัญญาณอ้างอิงของการควบคุมของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมจะมีค่าตามตาราง ข.3 และ ข.4 ตามลำดับ สุดท้ายคือค่าตัวแปรควบคุมต่างๆ ได้แก่ ตัวควบคุมมุมพิชของใบพัดกังหันลม ตัวควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายออกจากสเตเตอร์ ตัวควบคุมแรงดันที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตัวควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดโรเตอร์ ตัวควบคุมแรงดันไฟตรงในคอนเวอร์เตอร์ และตัวควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรกรองที่กริด จะแสดงในตารางที่ ข.1 ถึง ข.10 ตามลำดับ

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลค่าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสองทางและคอนเวอร์เตอร์

กำลังไฟฟ้าพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	2 MVA
แรงดันพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	22 kV
ความถี่ของจุดทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	50 Hz
กำลังไฟฟ้าพิกัดของคอนเวอร์เตอร์	1 MVA

ตารางที่ ข.2 ค่าของตัวแปรในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำสองทาง

ตัวแปรในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า DFIG	ค่าของตัวแปร	หน่วย
R_s	0.00706	p.u
L_s	3.071	p.u
R_r	0.005	p.u
L_s	3.056	p.u
R_g	0.0015	p.u
L_g	0.15	p.u
L_m	2.9	p.u

ตัวแปรในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า DFIG	ค่าของตัวแปร	หน่วย
H_m	5.04	s
C	10	mF

ตารางที่ ข.3 ค่าเริ่มต้นของจุดทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

จุดทำงาน	ค่าของตัวแปร	หน่วย
$\omega_{r,0}$	1	p.u
$V_{dc,0}$	1200	V

ตารางที่ ข.4 ค่าสัญญาณอ้างอิงของการควบคุมในระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม

ค่าสัญญาณอ้างอิง	ตัวควบคุมของระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม
$V_{dc,ref}$	1200 V
$i_{qg,ref}$	0 p.u

ตารางที่ ข.5 ตัวแปรที่ใช้ควบคุมมุมพิชของกังหันลม

ตัวแปรควบคุม	ค่าการควบคุม	หน่วย
K_β	500	p.u
β_{max}	45	degree
$\omega_{r,max}$	1.5	p.u

ตารางที่ ข.6 ตัวแปรควบคุมกำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายออกจากสเตเตอร์

ตัวแปรควบคุม	ค่าการควบคุม	หน่วย
K_{p,P_s}	1	p.u
K_{i,P_s}	100	p.u

ตารางที่ ข.7 ตัวแปรควบคุมแรงดันที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ตัวแปรควบคุม	ค่าการควบคุม	หน่วย
K_{p,V_s}	1.25	p.u
K_{i,V_s}	300	p.u
X_s	0.02	p.u

ตารางที่ ข.8 ตัวแปรควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดโรเตอร์

ตัวแปรควบคุม	ค่าการควบคุม	หน่วย
K_{p,I_r}	0.3	p.u
K_{i,I_r}	8	p.u

ตารางที่ ข.9 ตัวแปรควบคุมแรงดันไฟตรงในคอนเวอร์เตอร์

ตัวแปรควบคุม	ค่าการควบคุม	หน่วย
$K_{p,V_{dc}}$	10	p.u
$K_{i,V_{dc}}$	100	p.u

ตารางที่ ข.10 ตัวแปรควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลในในวงจรกรองที่กริด

ตัวแปรควบคุม	ค่าการควบคุม	หน่วย
K_{p,I_g}	1	p.u
K_{i,I_g}	100	p.u

ภาคผนวก ค

ข้อมูลของระบบทดสอบ

ในภาคผนวกนี้จะนำเสนอข้อมูลระบบทดสอบของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานลมที่มีแบตเตอรี่ติดตั้งอยู่

ค.1 ข้อมูลบัสของระบบ

ข้อมูลบัสซึ่งเป็นจุดทำงานเริ่มต้นของการทดสอบแสดงไว้ในตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลบัสของระบบ

บัส	ประเภท	ความต้องการกำลังไฟฟ้า		อุปกรณ์ตัวต่อแบบขนาน		แรงดันสูงสุด (p.u.)	แรงดันต่ำสุด (p.u.)
		P(MW)	Q(MVAr)	G_s (MW)	B_s (MVAr)		
1	บัสควบคุมแรงดัน	2	0	0	0	1.05	0.95
2	โหลดบัส	1	0	0	1	1.05	0.95
3	บัสควบคุมแรงดัน	0	0	0	0	1.05	0.95

ค.2 ข้อมูลหม้อแปลง

หม้อแปลงทุกตัวมีค่ารีแอกแตนซ์ 0.00015 pu โดยหม้อแปลงแปลงแรงดันขึ้นที่ต่อระหว่างบัส 1 และ 2 จะมีค่าพิกัดคือ 50 kVA และ 22/230 kV ส่วนหม้อแปลงแปลงแรงดันลงที่ต่ออยู่ระหว่างบัส 1 และคอนเวอร์เตอร์ มีค่าพิกัด 30 kVA และ 22 kV/400 V

ค.3 ข้อมูลสายส่ง

ค่าฐานคือ 100 MVA และ 22 kV

ตารางที่ ค.2 ข้อมูลสายส่งของระบบทดสอบ

สายส่ง	ไปบัส	จากบัส	ความต้านทาน (p.u)	รีแอกแตนซ์ (p.u)
1	1	2	0	0.00015
2	2	3	0	0.05
3	2	3	0	0.093

ภาคผนวก ง

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณความจุแบตเตอรี่

ในภาคผนวกนี้จะนำเสนอข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณความจุแบตเตอรี่ โดยในตาราง ง.1 และ ง.2 จะแสดงข้อมูลการอัดและคายประจุของแบตเตอรี่ของบริษัท Rolls รุ่น S12-290AGM ตามลำดับ และจะมีการประมาณกราฟเพื่อหาสมการเพื่อใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ห่มของตัวแปรต่างๆ ในแบตเตอรี่ และสุดท้ายในตาราง ง.3 จะแสดงค่าเริ่มต้นที่ใช้ในการคำนวณ

ตาราง ง.1 ข้อมูลการอัดประจุของแบตเตอรี่ของบริษัท Rolls รุ่น S12-290AGM

เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	แรงดันที่ชาร์จแบตเตอรี่ (โวลต์)	ประจุของแบตเตอรี่ (แอมแปร์-ชั่วโมง)	กระแสอัดประจุ (แอมแปร์)
5	10.2	214	42.8
10	10.5	234	23.4
20	10.5	260	13
100	13.6	290	2.9

ตาราง ง.2 ข้อมูลการคายประจุของแบตเตอรี่ของบริษัท Rolls รุ่น S12-290AGM

เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)	แรงดันที่ชาร์จแบตเตอรี่ (โวลต์)	ประจุของแบตเตอรี่ (แอมแปร์-ชั่วโมง)	กระแสคายประจุ (แอมแปร์)
0.5	9.6	130	260
1	9.6	151	151
5	10.2	214	42.8
10	10.5	234	23.4
20	10.5	260	13
100	13.6	290	2.9

แต่เนื่องจากจำนวนข้อมูลที่มีอยู่น้อยกว่าจำนวนตัวแปรที่ต้องการหา จึงต้องมีการกำหนดจุดเพิ่ม โดยนำกระแสอัดหรือคายประจุ และเวลาที่ใช้อัดหรือคายประจุมาสร้างกราฟ และประมาณสมการ เพื่อประมาณจุดเวลาและค่ากระแสเพิ่ม ดังรูปที่ ง.1

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวอัญชลี ประภัสสรพิทยา เกิดวันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2530 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2551 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2552



