



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า

วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นในระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ

Short Term Load Forecasting in Smart Grid

นามผู้วิจัย นางสาวสุธาสินี โพธิ์อ่อง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์วิชัย สุระพัฒน์, วศ.ม.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์คมสันต์ หงษ์สมบัติ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์วิชัย สุระพัฒน์, วศ.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นในระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ

Short Term Load Forecasting in Smart Grid

โดย

นางสาวสุชาสินี โพธิ์อ่อง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุชาลินี โพธิ์อ่อง 2555: การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นในระบบโครงข่าย
ไฟฟ้าอัจฉริยะ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขา
วิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์วิชัย สุระพัฒน์, วศ.ม. 71 หน้า

ในการพัฒนาโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ จะต้องมีการประยุกต์เทคโนโลยีใหม่อย่างมากมาย
ในการผลิตกำลังไฟฟ้า, ระบบสายส่ง, ระบบการส่งจ่าย และการดำเนินการในการใช้พลังงานให้
คุ้มค่า และประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญที่จะเชื่อมต่อให้โครงข่ายไฟฟ้าฉลาดขึ้นนั้น การ
พยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าเป็นสิ่งหนึ่งในการวางแผน และเป็นส่วนสำคัญในโครงข่ายไฟฟ้า
อัจฉริยะ เพื่อสามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการการใช้แหล่งจ่ายพลังงานต่างๆ ใน
วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอ แบบจำลองการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าระยะสั้นในโครงข่ายไฟฟ้า
อัจฉริยะ โดยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression) เพื่อหาความผิดพลาดน้อยที่สุด
จากผลการศึกษาพบว่าวิธีที่นำเสนอสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์ความต้องการระยะ
สั้น ได้ดีและเหมาะสมกับการนำไปใช้ในระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ

Sutasinee Pho-ong 2012: Short Term Load Forecasting in Smart Grid. Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Vichai Surapatana, M.Eng. 71 pages.

In the development of smart grid, These is a large amount of new technologies that should be applied in power generation, transmission and distribution to achieve optimization of the energy efficiency, planning and energy saving. Power demand forecasting is a key element for power system planning to make grid smarter. It can be used as guidelines for management of energy supply from various sources. This paper presents a model for short-term electricity consumption forecasting using a polynomial regression analysis. From the results, the proposed method shows good performance. Due to its simplicity and good performance, this method can be applied and is suitable for short-term electricity consumption forecasting especially for smart grid scenario.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ วิชัย สุระพัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ อาจารย์ ดร.คมสันต์ หงษ์สมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน คำแนะนำการค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ปานจิต คำรงกุลกำจร ประธานกรรมการสอบ ดร.ชงชัย มีนวล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่สละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบ และเสนอแนะให้คำแนะนำการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ผู้ประสานงานโครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่างการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำมาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษา

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอขอบแต่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัวของข้าพเจ้า ที่ให้การส่งเสริม สนับสนุน และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัย

สุธาสินี โพธิ์อ่อง
กันยายน 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	36
สรุปและข้อเสนอแนะ	57
สรุป	57
ข้อเสนอแนะ	59
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	60
ภาคผนวก	62
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	71

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการจ่ายกระแสไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี	21
2	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย เดือน ธ.ค. 54 ถึง ส.ค. 55	24
3	ข้อมูลสภาพอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยา ลพบุรี ช่วงระหว่างเดือน ธ.ค.54 ถึง ส.ค. 55	25
4	ผลการจำลองค่าความต้องการไฟฟ้ารายครึ่งชั่วโมงของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล ในวันพุธที่ 1 สิงหาคม 2555	36
5	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในวันทำงานของ โดยใช้วิธีการถดถอยแบบพหุคูณ	48
6	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์จากผลการพยากรณ์เชิงพหุนามวงจรไฟฟ้าที่ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล วันพุธที่ 1 สิงหาคม 2555	50
7	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในวันทำงานของ โดยใช้วิธีการถดถอยแบบพหุนาม	56
8	ตารางสรุปผลค่าผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ของวิธีการพยากรณ์การถดถอยแบบพหุคูณ และวิธีการพยากรณ์ถดถอยแบบพหุนาม	58
ตารางผนวกที่		
1	ค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมง	62
2	อุณหภูมิ(เซลเซียส)รายครึ่งชั่วโมง	64
3	ข้อมูลสภาพอากาศ ของสถานีอุตุนิยมวิทยา ลพบุรี ปี 2554	66
4	ข้อมูลฝนรายวัน ประจำปี 2555 สถานีอุตุนิยมวิทยา ลพบุรี	67
5	ข้อมูลฝนรายวัน ประจำปี 2555 สถานีอุตุนิยมวิทยา ลพบุรี	68

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (PEA SMART GRIDS)	11
2	วิธีกำลังสองน้อยที่สุด	13
3	ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่อยู่ในรูปเชิงเส้น	14
4	รูปแบบความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงในวันทำงาน ของฤดูหนาว ฤดูร้อน และ ฤดูฝน	21
5	รูปแบบความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงในวันหยุด ของฤดูหนาว ฤดูร้อนและ ฤดูฝน ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล	22
6	รูปแบบความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงของโหลดประเภทอุตสาหกรรมในวันหยุด และวันทำงานของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล	22
7	รูปแบบความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงของโหลดประเภทธุรกิจและที่อยู่อาศัย ในวันหยุด และวันทำงานของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล	23
8	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์	27
9	ความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองค่าความเร็วลม	29
10	กราฟความถี่ค่าลมของความเร็วลมที่มีการกระจายแบบเรย์ลี	29
11	กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลม	31
12	กำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมกับความต้องการไฟฟ้าจริง	32
13	รูปแบบความต้องการไฟฟ้าที่มีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม	33
14	ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองพยากรณ์โหลดระยะสั้นแบบพหุคูณ	34
15	ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยในวันทำงาน ของฤดูหนาว(ธันวาคม 2554) ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล	39
16	ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยในวันหยุด ของฤดูหนาว(ธันวาคม 2554) ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล	39
17	ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยในวันทำงาน ของฤดูร้อน(เมษายน 2555) ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล	40
18	ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยในวันหยุด ของฤดูร้อน(เมษายน 2555) ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล	41

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
19	ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยในวันทำงาน ของฤดูฝน(สิงหาคม 2555) ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล	41
20	ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยในวันหยุด ของฤดูฝน(สิงหาคม 2555) ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล	42
21	เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้า วันทำงานที่สถานี ฤดูหนาว ฤดูร้อนและฤดูฝน	42
22	เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้า วันหยุด ที่สถานี ฤดูหนาว ฤดูร้อนและฤดูฝน	43
23	เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในวันทำงาน ฤดูหนาว	45
24	เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในทำงาน ฤดูร้อน	46
25	เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในวันทำงาน ฤดูฝน	46
26	เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในวันหยุด ฤดูหนาว	47
27	เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในวันหยุด ฤดูร้อน	47
28	เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในวันหยุด ฤดูฝน	48
29	ผลการพยากรณ์โดยวิธีการถดถอยเชิงพหุนาม	49
30	ผลค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของการพยากรณ์วิธีเชิงพหุนามแต่ละอันดับการยกกำลัง	50
31	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ที่ ของค่าอันดับการยกกำลังในการพยากรณ์ กรณีใช้ ข้อมูลย้อนหลัง 6 ชั่วโมง	51
32	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ที่ ของค่าอันดับการยกกำลังในการพยากรณ์ กรณีใช้ ข้อมูลย้อนหลัง 4 ชั่วโมง	52
33	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ที่ ของค่าอันดับการยกกำลังในการพยากรณ์ กรณีใช้ ข้อมูลย้อนหลัง 2 ชั่วโมง	52
34	เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริง ของ วันทำงาน ในฤดูหนาว	53
35	เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริง ของ วันหยุด ในฤดูหนาว	54
36	เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริง ของ วันทำงาน ในฤดูร้อน	54

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
37	เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริงของ วันหยุด ในฤดูร้อน	55
38	เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริงของ วันทำงาน ในฤดูฝน	55
39	เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริงของ วันหยุดในฤดูฝน	56

การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น ในระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ

Short Term Load Forecasting in Smart Grid

คำนำ

ปัจจุบันหน่วยงานไฟฟ้าของประเทศไทย เช่น การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีเป้าหมายที่จะยกระดับระบบจ่าย และผลิตไฟฟ้าให้ทันสมัยมากยิ่งขึ้น ภายใต้โครงการ PEA Smart Grid หรือโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ เนื่องจากความต้องการไฟฟ้าที่สูงขึ้นในขณะที่แหล่งทรัพยากรพลังงานต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศลดน้อยลงจนต้องมีการจัดหาไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน เช่น พลังงานลม แสงแดด และพลังงานชีวภาพ ปัจจุบันมีการจำหน่ายไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทดแทนเข้าสู่ระบบแล้วประมาณ 300 เมกะวัตต์ ในด้านการพัฒนาโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะต้องมีการประยุกต์เทคโนโลยีใหม่อย่างมากมายในการผลิตกำลังไฟฟ้า, ระบบสายส่ง, ระบบการส่งจ่าย และการดำเนินการในการใช้พลังงานให้คุ้มค่า และประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นกุญแจสำคัญที่จะเชื่อมต่อให้โครงข่ายไฟฟ้าฉลาดขึ้นนั้น การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า เป็นสิ่งหนึ่งในการวางแผน และการดำเนินการในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยมีวิธีการหลากหลายวิธีการในการดำเนินการ เช่น ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert system), ชนิดที่มีการแพร่ค่าย้อนกลับ (Back-Propagation Learning Algorithm), โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANN) และอีกหลายๆ อย่าง ที่เกี่ยวกับการพยากรณ์โหลด

การพยากรณ์โหลด เป็นประโยชน์อย่างสำคัญของระบบไฟฟ้าในหลายๆ ด้าน และเป็นส่วนสำคัญในโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะทำให้ เพื่อสามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการการใช้แหล่งจ่ายพลังงานต่างๆ ในระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ให้สามารถใช้พลังงานอย่างชาญฉลาด และคุ้มค่า ลดการใช้งานจากพลังงานเชื้อเพลิง, ลดหน่วยสูญเสีย และมีคุณภาพไฟฟ้าที่ดีขึ้น ความแม่นยำในการพยากรณ์โหลด จะให้ข้อมูลที่แน่นอนเกี่ยวกับการใช้พลังงานและการผลิตพลังงานในตลาดซื้อขายไฟฟ้า และยังป้องกันไม่ให้เกิดพลังงานสูญเสีย ทำให้ราคาค่าไฟฟ้าไม่ผันผวน ตามช่วงเวลาหรือ ตามปัจจัยต่างๆ เช่น ฤดูกาล, การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, วันหยุดสุดสัปดาห์ และวันหยุดจากภัยพิบัติ และเหตุผลทางการเมือง ซึ่งจากสถานะ การดำเนินงานของโรงไฟฟ้าและความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบ จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงความต้องการของโหลดและกำลังการผลิต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นในโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น ในโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ



การตรวจเอกสาร

การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า

การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า หมายถึง การประมาณการค่าความต้องการไฟฟ้าในอนาคต ว่ามีความต้องการใช้ไฟฟ้าในปริมาณเท่าใด เพื่อนำผลที่ได้จากการประมาณการไปวางแผนการผลิต และจัดหาไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าอย่างพอเพียง โดยทำการพยากรณ์ทั้งความต้องการกำลังไฟฟ้า (Demand) และ พลังงาน (Energy) การพยากรณ์ความต้องการกำลังไฟฟ้า เพื่อใช้หาความสามารถของระบบการผลิต (Generation) ระบบส่ง (Transmission) และระบบจำหน่าย (Distribution) ส่วนการพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า เพื่อใช้วางแผนหาแหล่งเชื้อเพลิงที่จะใช้ในการผลิตในอนาคต (Sullivan, 1977)

1. จุดมุ่งหมายของการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า

การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า สามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ คือ การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Energy Demand Forecast) การพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand Forecast) และการประมาณค่าตัวประกอบโหลด (Load Factor) ซึ่งจุดมุ่งหมายของการพยากรณ์เป็นดังนี้

1.1. การพยากรณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (Energy Demand Forecast) เป็นปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละชั่วโมงตลอดทั้งปี มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) หรือเรียกว่า Unit หรือ "หน่วย" เพื่อใช้วางแผนการจัดหาเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า วิเคราะห์ทางการเงิน และการศึกษาอัตราค่าพลังงาน

1.2. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand Forecast) เป็นค่าสูงสุดของความ ต้องการไฟฟ้าในแต่ละปีมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) หรืออาจใช้เมกะวัตต์ (MW) เพื่อใช้วางแผนในการสร้างโรงไฟฟ้าหรือรับซื้อไฟฟ้าจากเอกชนทั้งในประเทศ และต่างประเทศ

1.3. การประมาณค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (Load Factor) เป็นค่าที่แสดงถึงความสม่ำเสมอในการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มการใช้ไฟฟ้ากลุ่มต่างๆ โดยแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 3 กลุ่ม คือ

บ้านที่อยู่อาศัย ธุรกิจและอุตสาหกรรม และอื่นๆ ซึ่งแต่ละกลุ่มมีวิธีการพยากรณ์ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันออกไป และทำการพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดโดยอาศัยลักษณะการใช้ไฟฟ้า แล้วจึงคำนวณหาค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า จากอัตราส่วนระหว่าง ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาที่สนใจ กับ ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาที่สนใจคูณกับช่วงเวลาที่สนใจ

2. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าแบ่งตามระยะเวลา

2.1. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นมาก (Very Short-Term Load Forecasting : VSTLF) เป็นการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในช่วงเวลาสั้นมาก เช่น รายนาที่ รายครึ่งชั่วโมง เป็นต้น การพยากรณ์ในลักษณะนี้มีจุดประสงค์เพื่อควบคุมให้การวางแผนการใช้เชื้อเพลิงในการผลิต การซื้อขาย ให้ประหยัด คุ่มค่า และระบบต้องมีความมั่นคงมากที่สุด หรือใช้กำหนดราคาค่าไฟฟ้า

2.2. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น (Short-Term Load Forecasting: STLF) เป็นการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในช่วงเวลาสั้น เช่น รายชั่วโมง รายวัน รายสัปดาห์ เป็นต้น การพยากรณ์ในลักษณะนี้มีจุดประสงค์เพื่อวางแผนการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ จัดตารางในการบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า และควบคุมการผลิตระบบกำลังไฟฟ้าสำรอง

2.3. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะกลาง (Medium-Term Load Forecasting: MTLF) เป็นการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในช่วงเวลาปานกลาง เช่น รายเดือน รายปี เป็นต้น การพยากรณ์ในลักษณะนี้มีจุดประสงค์ เพื่อวางแผนการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอ กับกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ ขยายระบบผลิต และระบบส่ง

2.4. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะยาว (Long-Term Load Forecasting: LTLF) เป็น การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในระยะยาว เช่น 15-20 ปีล่วงหน้า เพื่อวางแผนการขยายกำลังผลิตสร้างโรงไฟฟ้า หรือจัดหากำลังไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้าในอนาคต การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในระยะยาวของประเทศ เป็นหน้าที่ของคณะกรรมการการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ซึ่งอยู่ภายใต้คณะกรรมการบริหารนโยบายพลังงาน โดยรัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงานเป็นประธานกรรมการบริหารนโยบายพลังงาน ได้แต่งตั้งคณะกรรมการฯ ซึ่งประกอบด้วยผู้แทนหน่วยงานผู้ผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สมาคมผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชน ผู้แทนหน่วยงาน

ราชการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ตัวแทนจากผู้ใช้ไฟฟ้า ได้แก่ สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สภาหอการค้า และผู้ทรงคุณวุฒิ

3. การแบ่งกลุ่มของผู้ใช้ไฟฟ้า

การแบ่งกลุ่มของผู้ใช้ไฟฟ้าที่พิจารณาจากลักษณะตามคุณสมบัติของโหลดได้ดังนี้

3.1. กลุ่มที่พักอาศัย (Residential) ประกอบด้วย บ้านเดี่ยว ทาวน์เฮาส์ คอนโดมิเนียม อพาร์ทเมนท์ เป็นต้น ซึ่งความต้องการไฟฟ้าในกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางเศรษฐกิจน้อยที่สุด

3.2. กลุ่มธุรกิจและการค้า (Commercial) ประกอบด้วยอาคารสำนักงาน ห้างสรรพสินค้า โรงพยาบาล โรงแรมและธุรกิจบริการต่างๆ ซึ่งความต้องการไฟฟ้าในกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจค่อนข้างมาก

3.3. กลุ่มอุตสาหกรรม (Industrial) ประกอบด้วย อุตสาหกรรมขนาดเล็ก อุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ซึ่งความต้องการไฟฟ้าในกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจมากที่สุด

3.4. กลุ่มอื่นๆ (Others) ประกอบด้วย ประเภทส่วนราชการ กิจการขนาดเล็ก การสูบน้ำเพื่อการเกษตร ไฟฟ้าชั่วคราว และไฟฟ้าสาธารณะ เป็นต้น

การพยากรณ์แบบรวมและการพยากรณ์แบบแยกตามกลุ่มผู้ใช้นั้นจะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ถ้าในกรณีที่โหลดมีการเพิ่มขึ้นอย่างมีรูปแบบ ควรใช้การพยากรณ์แบบรวม เพราะสิ้นเปลืองเวลาน้อยกว่า และให้ผลการพยากรณ์ได้ดีกว่า แต่ถ้าในกรณีที่โหลด มีการเพิ่มขึ้นอย่างไม่มีรูปแบบ ซึ่งไม่สามารถพยากรณ์ได้ว่ามาจากสาเหตุใด ควรใช้การพยากรณ์แบบแยก เพราะการเพิ่มขึ้นของโหลดแต่ละกลุ่ม จะมีรูปแบบที่ค่อนข้างแน่นอน และทำได้ง่าย แต่การพยากรณ์แบบนี้จะทำให้สิ้นเปลืองเวลาในการแบ่งกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า และแยกการพยากรณ์ของแต่ละกลุ่มออกจากกัน

4. ปัจจัยที่มีผลต่อการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า

ปัจจัยที่มีผลต่อการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้ามีหลายปัจจัย ทั้งที่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าและปัจจัยที่ไม่สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ ปัจจัยที่สำคัญสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ ปัจจัยทางเศรษฐกิจ (Economic Factor) ปัจจัยสภาพอากาศ (Weather Factors) และปัจจัยด้านเวลา (Time Factors)

4.1. ปัจจัยทางเศรษฐกิจ (Economics Factor) ที่นำมาพิจารณา คือ อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ คือ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) ซึ่งหมายถึง มูลค่าการผลิตสินค้าอุตสาหกรรม การเกษตร การนำเข้าและการส่งออกสินค้าภายในประเทศในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ปัจจัยเหล่านี้มีผลอย่างมากต่อการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะยาว แต่ไม่มีผลต่อการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น

4.2. ปัจจัยสภาพอากาศ (Weather Factor) ประกอบด้วย อุณหภูมิ ฤดูกาล ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ปริมาณน้ำฝน และ อื่นๆ ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น โดยเฉพาะอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด

4.3. ปัจจัยด้านเวลา (Time Factor) เช่น ฤดูกาล วันและเวลาในรอบวัน วันหยุดสุดสัปดาห์ วันหยุดต่างๆ และสถานการณ์ที่เป็นโอกาสพิเศษ เช่น งานเทศกาลที่สำคัญต่างๆ ประเทศไทยมี 3 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน ฤดูร้อน ฤดูหนาว ซึ่งรูปแบบการใช้ไฟฟ้าในแต่ละฤดูไม่เหมือนกัน ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละวันในรอบสัปดาห์ก็ไม่เหมือนกัน วันทำงานจะมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าคล้ายๆ กัน วันหยุดเสาร์-อาทิตย์ก็มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่ำกว่าวันทำงาน ส่วนวันหยุดพิเศษก็มีการใช้ไฟฟ้าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับเป็นวันหยุดต่อเนื่องกันหลายวัน เป็นวันหยุดก่อนหรือหลังวันหยุดเสาร์อาทิตย์ ส่วนเวลาในรอบวัน ในช่วงเวลากลางวันปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะสูงกว่าตอนกลางคืน

5. ทฤษฎีที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น

การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นได้รับความสนใจและศึกษา ค้นคว้าและพัฒนา ตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยอาศัยพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์ สถิติ และคอมพิวเตอร์ มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน เพื่อสร้างแบบจำลองที่มีความสามารถพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าให้มีความ

แม่นยำ และค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด สำหรับวิธีที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น มีดังต่อไปนี้

5.1. Regression Method เป็นวิธีการทางสถิติที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะหรือปัจจัยที่แทนด้วยตัวแปรตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไป เพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ ทิศทาง ความสัมพันธ์ และลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (สำหรับการพยากรณ์ด้วยการหาความสัมพันธ์นั้นสามารถพยากรณ์ได้ทุกช่วงเวลา)

5.2. Time Series Analysis เป็นการพยากรณ์ที่อาศัยข้อมูลในอดีตมาพิจารณาว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลเมื่อเวลาเปลี่ยนไปมีลักษณะเป็นอย่างไร มีการเคลื่อนไหวมากน้อยเพียงใด โดยมีข้อสมมติว่าการเคลื่อนไหวของข้อมูลในอนาคตจะไม่แตกต่างกับในอดีต โดยข้อมูลที่นำมาใช้ต้องเกิดขึ้นตามลำดับเวลาที่มียุทธศาสตร์ห่างเท่าๆ กันอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน อาจเป็นนาฬิกา ชั่วโมง วัน เดือน หรือปีก็ได้

5.3. Exponential Smoothing เป็น วิธีการพยากรณ์ที่คำนวณค่าพยากรณ์จากค่าสังเกตของอนุกรมเวลาโดยให้ความสำคัญหรือให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับค่าสังเกตของอนุกรมเวลาแต่ละค่าต่างกัน ไป ค่าสังเกตล่าสุดจะให้น้ำหนักเท่ากับค่าคงที่ปรับให้เรียบ และค่าถ่วงน้ำหนักจะมีค่าลดลงเมื่อค่าสังเกตออกห่างจากค่าปัจจุบันมากขึ้น

5.4. Box & Jenkins เป็นวิธีการวิเคราะห์อนุกรมเวลาที่อาศัยขบวนการสโตคาสติก (Stochastic Process) โดยถือว่าข้อมูลที่เกิดขึ้นตามเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป มีลักษณะการเกิดที่เป็นไปตามกฎความน่าจะเป็น ซึ่งการวิเคราะห์อนุกรมเวลาโดยวิธีนี้ ลักษณะของอนุกรมเวลาต้องเป็นอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติสแตชันนารี (Stationary Time Series) เท่านั้นกรณีทีอนุกรมเวลาไม่มีคุณสมบัติสแตชันนารี จะต้องแปลงอนุกรมเวลาดังกล่าวให้มีคุณสมบัติสแตชันนารี โดยการหาผลต่างของค่าสังเกตที่อยู่ติดกัน หรือหาลอการิทึมของค่าสังเกตในอนุกรมเวลานั้น

5.5. Artificial Neural Networks (ANNs) เป็นเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์วิธีหนึ่งที่มีลักษณะการทำงานคล้ายกับการทำงานของสมองของมนุษย์ ซึ่งมีความสามารถเรียนรู้ และนำประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้้นั้นมาหาคำตอบของปัญหาที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้ โดยความรู้เหล่านั้นถูกเก็บอยู่ในรูปของค่าถ่วงน้ำหนัก ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนได้เมื่อมีการเรียนรู้ชุดข้อมูลใหม่

5.6. Fuzzy Logic เป็นวิธีทางคณิตศาสตร์ ที่เป็นเครื่องแสดงความคลุมเครือ ความไม่แน่นอนของระบบที่เกี่ยวข้องกับความคิดความรู้สึกรของมนุษย์ โดยมีการพิจารณาส่วนประกอบต่างๆ ในความไม่แน่นอนเพื่อกำหนดเงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจ โดยอาศัยเซตของความเป็นสมาชิก

5.7. Genetic Algorithm (GA) เป็นวิธีสำหรับค้นหาคำตอบโดยประมาณของปัญหา โดยอาศัยหลักการจากทฤษฎีวิวัฒนาการจากชีววิทยา และการคัดเลือกตามธรรมชาติ นั่นคือ สิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมที่สุดจึงจะอยู่รอด กระบวนการคัดเลือกได้เปลี่ยนแปลงสิ่งมีชีวิตให้เหมาะสมยิ่งขึ้น เช่น การสืบพันธุ์ การกลายพันธุ์ หรือการแลกเปลี่ยนยีน แล้วปรับปรุงคำตอบแต่ละชุด จนได้ประชากรรุ่นใหม่ ที่มีค่าความเหมาะสม (Fitness) มากขึ้น การวิวัฒนาการนี้จะทำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งพบคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมตามต้องการ

5.8. Support Vector Machines เป็นวิธีที่ประยุกต์ใช้แนวความคิดของ Structural risk minimization คือ พยายามที่จะหาสมมติฐาน ที่สามารถพยากรณ์ข้อมูลทดสอบที่ไม่เคยพบเห็นให้เกิดความผิดพลาดต่ำที่สุดโดยลดความผิดพลาดทั่วไปให้ต่ำที่สุดแทนที่จะลดความผิดพลาดของการเรียนรู้ให้ต่ำที่สุดเพียงอย่างเดียว

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าได้มีการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ทฤษฎีที่แตกต่างกันออกไป ยุคแรกๆ จะใช้หลักการประมาณช่วงต่างๆ ตามระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (Numerical Methods) ได้แก่ Time Series, Linear Regression, Exponential Smoothing และ Box & Jenkins ต่อมาคอมพิวเตอร์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับหลักการทางคณิตศาสตร์ เพื่อช่วยในการสร้างแบบจำลองที่มีความสามารถในการเรียนรู้จากข้อมูลในอดีต แล้วทำการพยากรณ์ได้อย่างแม่นยำ เรียกว่า ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent) ได้แก่ Artificial Neural Networks, Fuzzy Logic และ Genetic Algorithm เป็นต้น ซึ่งได้มีการนำไปใช้วิจัยกันอย่างกว้างขวาง นอกจากนี้ยังมีวิธีอื่นที่ถูกคิดขึ้นมา เช่น Support Vector Machines เป็นต้น

โครงข่ายไฟฟ้า และ โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Grid and Smart Grid)

โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ หรือ Smart Grid เป็นโครงข่ายไฟฟ้าที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและระบบสื่อสาร มาเชื่อมต่อโครงข่ายไฟฟ้า ให้สามารถบริหารจัดการ ควบคุมการผลิต การส่ง และกระจายพลังงานไฟฟ้า ให้รองรับการเชื่อมต่อการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน ที่

กระจายอยู่ทั่วไป และระบบบริหารการใช้สินทรัพย์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด รวมทั้งให้บริการกับผู้เชื่อมต่อกับโครงข่ายผ่านมิเตอร์อัจฉริยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความมั่นคง ปลอดภัย เชื่อถือได้ มีคุณภาพไฟฟ้าได้มาตรฐานสากล (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค[กฟภ.], 2555)

International Energy Agency [IEA] (2010) หลักการพื้นฐานที่สำคัญของโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะคือความสมดุลกันระหว่างการจ่ายพลังงานไฟฟ้าและความต้องการพลังงานไฟฟ้าในทุกช่วงเวลา ให้ความสำคัญกับระบบที่มีเสถียรภาพ ไม่ให้ความสำคัญกับระบบตกลงเมื่อความต้องการไฟฟ้ามากเกินไปกว่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตและในทางกลับกัน ความถี่จะมากขึ้นเมื่อมีการผลิตไฟฟ้าเกินความต้องการไฟฟ้า ซึ่งเมื่อมีการเพิ่มขึ้นของการใช้เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนและรถยนต์ไฟฟ้า (electric vehicles, EVs) ประเด็นเรื่องการรักษาสสมดุลระหว่างการผลิตไฟฟ้าและความต้องการใช้ไฟฟ้า จึงกลายเป็นประเด็นที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

ส่วนประกอบหลักของระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ประกอบด้วย : การมอนิเตอร์และการบริหารจัดการโครงข่าย (grid monitoring and management), การบำรุงรักษา(integrated maintenance), โครงสร้างการวัดคุม(advanced metering infrastructures), การตอบสนองความต้องการ (demand response), การเชื่อมต่อกับแหล่งพลังงานหมุนเวียน(renewable integration), รถยนต์ไฟฟ้า(electric vehicles) และ แหล่งสะสมพลังงาน (energy storage)

กฟภ.(2555) ความอัจฉริยะนี้ เกิดจากการเชื่อมโยงระบบไฟฟ้า ระบบสารสนเทศ ระบบสื่อสาร เข้าไว้ด้วยกันเป็นโครงข่าย ซึ่งโครงข่ายดังกล่าวจะสนับสนุนการทำงานซึ่งกันและกันอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสำคัญ 3 ด้าน ได้แก่

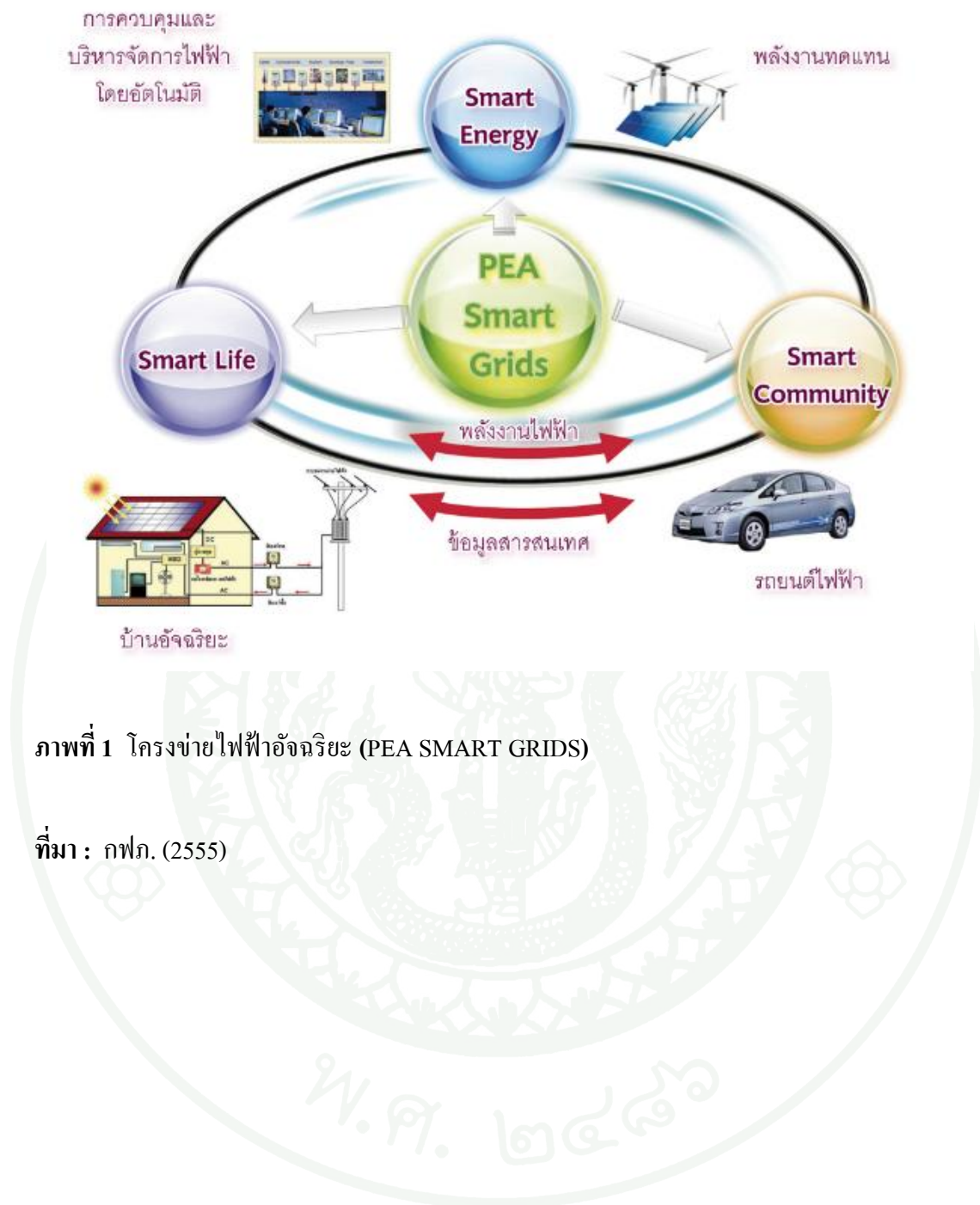
1. อิเล็กทรอนิกส์และระบบฝังตัว (Electronics and Embedded Systems)
2. ระบบควบคุมอัตโนมัติ (System Control and Automation)
3. สารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication)

การใช้พลังงานอย่างชาญฉลาดและรู้คุณค่า ด้วยประสิทธิภาพของโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Grid) โลกของเราจะสามารถพัฒนาพลังงานไฟฟ้าเพื่อการใช้อย่างชาญฉลาด ไม่ว่าจะเป็นในแง่ของการผลิต และส่งจ่ายพลังงานสู่ผู้ใช้ไฟฟ้า (Supply side) รวมทั้งด้านของผู้ใช้ไฟฟ้า (Demand side) แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Electrical Energy Supply/Source) นอกจากประกอบด้วยโรงไฟฟ้าตามรูปแบบดั้งเดิม เช่น โรงไฟฟ้าถ่านหิน, ก๊าซ, เขื่อนพลังงานน้ำ

ขนาดใหญ่ เป็นต้น แล้ว รูปแบบแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า และแนวคิดที่มีบทบาทมากขึ้นในอนาคต ได้แก่ พลังงานทดแทน (Renewable Energy) เช่น พลังงานลม แสงอาทิตย์ ชีวภาพ ชีวมวล พลังน้ำขนาดเล็ก, แหล่งผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ (Distributed Generation) เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ขนาดเล็ก ติดตั้งบนหลังคาเรือน (Rooftop Photo Voltaic), กังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก (Small Wind Turbine), แหล่งกักเก็บพลังงาน (Energy Storage) เช่น ตัวเก็บประจุไฟฟ้าชนิดอุลตรา (Ultra capacitor), วงล้อ Flywheel, และแบตเตอรี่, รถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle, EV) ซึ่งมีแบตเตอรี่ที่เก็บสะสมพลังงานไฟฟ้า และโรงไฟฟ้าเสมือน (Virtual Power Plant, VPP) เป็น การจัดการกลุ่มแหล่งจ่ายพลังงานขนาดเล็กด้วยเทคโนโลยีควบคุม สั่งการระยะไกลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ สามารถจ่ายไฟจากกลุ่มแหล่งจ่ายไฟข้างต้นเข้าโครงข่ายไฟฟ้าเสมือนหนึ่งจ่ายจากโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ในอดีต

ระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Electrical Power System) นอกจากแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าอัจฉริยะข้างต้นแล้ว โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ ยังรวมไปถึงระบบไฟฟ้าอัจฉริยะที่จะ เอื้ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าอีกด้วย โดยคุณสมบัติของระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ ได้แก่

1. สามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัติ (Automation) ทั้งสถานะปกติ และสถานะฉุกเฉิน
2. สามารถตรวจวัดสถานะของระบบ (Sense and Monitor) ณ เวลาจริง
3. สามารถสื่อสารข้อมูลโต้ตอบ (Data Integration, Interoperability, Two-way Communication/Interactive) กับบุคคลอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และระบบงานต่างๆ ภายในการไฟฟ้า
4. สามารถขายและซื้อไฟฟ้ากับคู่สัญญา ซึ่งอาจจะเป็นทั้งผู้ใช้ไฟและผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Producer & Consumer or Prosumer)
5. รองรับการใช้รถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle, EV)
6. รองรับบ้านเรือนที่พักอาศัย สำนักงาน และอาคารอัจฉริยะ (Smart and Green Office /Building/Home)



ภาพที่ 1 โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (PEA SMART GRIDS)

ที่มา : กฟภ. (2555)

การวิเคราะห์ความถดถอย

กัลยา (2544) การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะประมาณหรือ พยากรณ์ค่าของตัวแปรตัวหนึ่งจากตัวแปรตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ต้องการพยากรณ์ โดยจะต้องมีการกำหนดหรือทราบค่าตัวแปรอื่นๆ ล่วงหน้า โดยการวิเคราะห์ความถดถอยจะใช้ หลักการกำลังสองน้อยที่สุด รูปแบบเมตริกซ์ทั่วไปสำหรับหลักการกำลังสองน้อยที่สุด คือ

$$Y = a_0Z_0 + a_1Z_1 + a_2Z_2 + \dots + a_nZ_n \quad (1)$$

วิธีการวิเคราะห์การถดถอยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ซึ่งเป็นการถดถอยอย่างง่าย (Simple and Multiple Regressions)

$$Z_0 = 1, Z_1 = x_1, Z_2 = x_2, \dots, Z_n = x_n$$

2. การวิเคราะห์ความถดถอยไม่เชิงเส้น (Nonlinear regression) ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบ อาทิเช่น การถดถอยแบบเอ็กโพเนนเชียล (Exponential regression), การถดถอยเชิงพหุนาม (Polynomial regression) เป็นต้น

$$Z_0 = x^0 = 1, Z_1 = x, Z_2 = x^2, \dots, Z_n = x^n$$

จากสมการที่ (1) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$Y = ZA + E \quad (2)$$

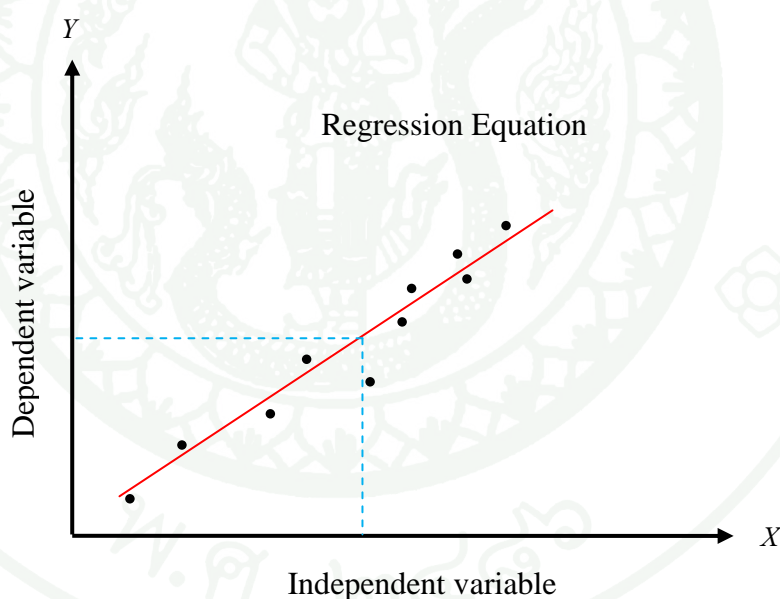
เมื่อ	Y	คือ	ตัวแปรตาม
	A	คือ	ของสัมประสิทธิ์ที่ไม่ทราบค่า
	E	คือ	ค่าความคลาดเคลื่อน
	Z	คือ	ฟังก์ชันตัวแปรอิสระที่สามารถวัด

1. วิธีกำลังสองน้อยที่สุด

วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Method of Least Squares) เป็นวิธีการหาตัวประมาณค่าสัมประสิทธิ์ที่ไม่ทราบค่า (Coefficients) ของเส้นถดถอย โดยหาผลบวกของระยะจากจุดทั้งหลายไปยังเส้นถดถอยโดยวัดขนานกับแกน Y หรือเรียกว่าผลบวกกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (Sum of Square of Error) เขียนย่อว่า SSE ดังแสดงในภาพที่ 2 และมีสูตรดังสมการที่ 3 โดยทำให้ค่า SSE มีค่าต่ำสุด โดยการอนุพันธ์เชิงส่วน (Partial Derivative) เทียบกับค่าสัมประสิทธิ์แต่ละตัว

$$SSE = \sum_{i=1}^n e^2 = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (3)$$

เมื่อ \hat{y} คือ ค่าที่ได้จากเส้นถดถอย

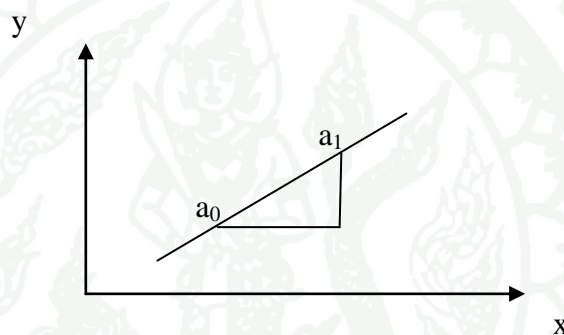


ภาพที่ 2 วิธีกำลังสองน้อยที่สุด

ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการหาความสัมพันธ์ในรูปเชิงเส้นของตัวแปร x และ y โดยการวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) ซึ่งเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ที่ความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น โดยสามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการเชิงเส้นดังนี้

$$y_i = a_0 + a_1x_i + e_i \quad ; i=1,2,\dots,n \quad (4)$$

- เมื่อ y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)
 x คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)
 a_0 คือ ส่วนตัดแกน y (ค่าของ y เมื่อ x มีค่าเป็น 0)
 e คือ ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม (Random Error)
 a_1 คือ ความชัน (slope) ของเส้นตรง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงของ y เมื่อ x เปลี่ยนไป 1 หน่วย โดยเรียก a_1 ว่าเป็น สัมประสิทธิ์ความถดถอย (Regression Coefficient)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่อยู่ในรูปเชิงเส้น

ค่าที่ได้จากเส้นถดถอย (\hat{y}_i) เป็นดังสมการ

$$\hat{y}_i = a_0 + a_1x_i \quad ; i=1,2,\dots,n \quad (5)$$

เพราะฉะนั้นค่าความคลาดเคลื่อนสามารถหาได้จาก

$$e = y_i - \hat{y}_i \quad (6)$$

นำวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมาใช้ในการหาค่า a_0 และ a_1 ก็คือทำให้ SSE มีค่าต่ำที่สุด โดยการอนุพันธ์เชิงส่วน (Partial Derivative) เทียบกับ a_0 และ a_1 แล้วให้เท่ากับศูนย์

ทำการอนุพันธ์เชิงส่วน SSE เทียบกับ a_0 ดังสมการ

$$\frac{\partial(SSE)}{\partial a_0} = (-1) \left[2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i) \right] = 0 \quad (7)$$

จะได้

$$\sum_{i=1}^n y_i - a_0 n - a_1 \sum_{i=1}^n x_i = 0 \quad (8)$$

เพราะฉะนั้น

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x} \quad (9)$$

ทำการอนุพันธ์เชิงส่วน SSE เทียบกับ a_1 ดังสมการ

$$\frac{\partial(SSE)}{\partial a_1} = (-x_i) \left[2 \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i) \right] = 0 \quad (10)$$

จะได้

$$\sum_{i=1}^n x_i y_i - a_0 \sum_{i=1}^n x_i - a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 = 0 \quad (11)$$

เพราะฉะนั้น เมื่อแทนค่า a_0 ที่ได้จากสมการที่ 9 จะได้ค่า a_1 ดังสมการ

$$a_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \quad (12)$$

ดังนั้นวิธีกำลังสองน้อยที่สุดคือการหาค่า Coefficients ที่ทำให้ SSE มีค่าต่ำสุดนั่นเอง ซึ่งการหาค่า Coefficients ที่ทำให้ SSE มีค่าต่ำสุดทำได้โดยการอนุพันธ์เชิงส่วน (Partial Derivative)

เทียบกับ Coefficients แต่ละตัวแล้วให้เท่ากับศูนย์ ดังที่แสดงตัวอย่างด้านบนในการหา Coefficients ของสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

การคำนวณสมการถดถอยที่ผ่านมานั้น จะเป็นการสร้างสมการที่มีตัวแปรอิสระเพียงหนึ่งตัว และตัวแปรตามหนึ่งตัว แต่ความเป็นจริงตัวแปรตามตัวหนึ่งอาจขึ้นอยู่กับตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว ในที่นี้จึงยกเอาสมการทั่วไปที่ใช้หาค่า Coefficients ของสมการถดถอยแบบอื่นๆ ซึ่งใช้หลักการเดียวกันกับที่กล่าวไว้ก่อนหน้านั้นคือ วิธีกำลังสองน้อยที่สุด โดยสามารถเขียนในรูปเมตริกซ์ ได้ดังนี้

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z}^T \mathbf{Z}^{-1} (\mathbf{Z}^T \mathbf{Y}) \quad (13)$$

2. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) แทนด้วย r เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระ (x) และตัวแปรตาม (y) สามารถหาค่าได้ดังสมการ

$$r = \frac{SS_{xy}}{\sqrt{SS_{xx} SS_{yy}}} \quad (14)$$

เมื่อ

$$SS_{xx} = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

$$SS_{xy} = \sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$$

$$SS_{yy} = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

ธีระศักดิ์ (2546) ค่า r จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่ง ถ้า $|r|$ ใกล้เคียง 1 มาก แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นอย่างดี ซึ่งสามารถพิจารณาถึงค่าบวก ค่าลบ และศูนย์ ได้ดังนี้

ถ้า r มีค่าเป็นบวกแสดงว่า ตัวแปร x และ y มีความสัมพันธ์แบบทางเดียวกัน นั่นคือ ถ้า x เพิ่มขึ้น y จะเพิ่มขึ้นด้วย หรือถ้า x มีค่าลดลง y จะมีค่าลดลงด้วย และ $r=1$ หมายความว่า x และ y มีความสัมพันธ์แบบทางเดียวกันอย่างสมบูรณ์

ถ้า r มีค่าเป็นลบ แสดงว่า ตัวแปรคู่ x และ y มีความสัมพันธ์แบบผกผัน นั่นคือ ถ้า x เพิ่มขึ้น y จะมีค่าลดลงหรือถ้า x มีค่าลดลง y จะมีค่าเพิ่มขึ้น และ $r = -1$ หมายความว่า x และ y มีความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างสมบูรณ์

ถ้า $r = 0$ แสดงว่า ตัวแปรคู่ x และ y ไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ x และ y อาจมีความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่นหรือไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

การเปรียบเทียบงานวิจัยในอดีต

Rothe (2009) เสนอวิธีพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นโดยใช้วิธีการถดถอยแบบพหุคูณ วิเคราะห์ค่าแนวโน้ม ค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เวลาทุกชั่วโมงกับความสัมพันธ์ของตัวแปรสภาพอากาศ เพื่อปรับปรุงความแม่นยำ และประสิทธิภาพของการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า แต่ผลที่ได้หลังจากการวิจัยพบว่าต้องปรับปรุงความสัมพันธ์ของข้อมูลขาเข้า การเลือกข้อมูลและตัวแปรของสภาพอากาศ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยของการพยากรณ์มีค่าน้อยกว่า 5 %

วันชัย (2544) ได้สร้างแบบจำลองเลียนแบบการทำงานของเครือข่ายประสาท เพื่อใช้พยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าย่อย โดยแยกการพยากรณ์แต่ละวันตามฤดูกาล ผลการพยากรณ์ แสดงให้เห็นว่า การที่จะพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าให้แม่นยำทำได้ยาก โดยมีค่าความผิดพลาดเปลี่ยนแปลงไปตาม ประเภทวันที่พยากรณ์

ธฤติ (2549) เสนอการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นมากโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ได้แนวความคิดว่าถ้าสร้างแบบจำลองที่สามารถพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นกว่าเดิม จะทำให้พยากรณ์ได้แม่นยำและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมมาใช้พยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นมาก โดยใช้สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Multilayer Feedforward Neural Networks Backpropagation และใช้ขั้นตอนวิธีการเรียนรู้เป็นแบบ Levenberg-Marquardt กำหนดให้โครงข่ายนี้มีจำนวนชั้นซ่อนเพียงชั้นเดียว ผลการพยากรณ์ของแบบจำลองให้ผลที่ดีที่สุดให้ค่า MAPE น้อยกว่าค่า MAPE ของแบบจำลองดังกล่าวที่ผ่านการปรับผลการพยากรณ์โดยใช้ประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญแล้ว ประมาณ 3.5892 %

นฤมล (2550) เสนอการพยากรณ์โหลดระยะสั้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการทดสอบในข้อมูลชุดแรกที่มีประเภทผู้ใช้ไฟหลากหลายประเภท และ

มีวันหยุดนักขัตฤกษ์ มีค่าอยู่ที่ 8.96% ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการทดสอบในข้อมูลชุดแรกที่มีประเภทผู้ใช้ไฟหลากหลายประเภท มีค่าอยู่ที่ 8.81% ส่วนค่าผิดพลาดเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการทดสอบในข้อมูลที่มีผู้ใช้ไฟประเภทอุตสาหกรรมประเภทเดียว มีค่าอยู่ที่ 4.71 %

การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในประเทศไทย

ปัจจุบันหน่วยงานที่พยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ได้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิต การส่ง และการจำหน่ายไฟฟ้า ดำเนินการเพื่อใช้เป็นข้อมูลของหน่วยงานเองแล้วนอกเหนือจากนั้น ยังมีอนุกรรมการ ประกอบด้วย สำนักงานคณะกรรมการนโยบายแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาสังคมและเศรษฐกิจแห่งชาติ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งประเทศไทย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(กฟผ.) การไฟฟ้านครหลวง(กฟน.) และ การไฟฟ้าส่งภูมิภาค(กฟภ.) เป็นคณะทำงานพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของประเทศ เพื่อใช้ในการวางแผนพัฒนากำลังไฟฟ้า และแผนการพัฒนาแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติ ในระยะยาว วิธีการพยากรณ์จะแยกเป็นแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า คือ ที่อยู่อาศัย ธุรกิจ อุตสาหกรรม และอื่น ๆ ปัจจัยหลักที่ใช้ในการพยากรณ์ คือ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) ซึ่งจะพยากรณ์ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด และค่าตัวประกอบโหลด

สำหรับการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในระยะปานกลางและระยะสั้น จะมีการดำเนินการโดย กฟผ. กฟน. และ กฟภ. โดยค่าความต้องการไฟฟ้าระยะปานกลางจะใช้ในการวางแผนการจัดหาเชื้อเพลิงเพื่อการผลิตไฟฟ้า การวิเคราะห์ทางการเงิน การจัดการซ่อมบำรุง และการจัดลำดับการทำงานร่วมกันของโรงไฟฟ้า ในส่วนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะใช้ในการวางแผน การสร้างสถานีไฟฟ้าย่อย การเพิ่มหม้อแปลงไฟฟ้า และการเพิ่มระบบจำหน่ายไฟฟ้า ในขณะที่ ค่าความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น ใช้ในการวางแผนการผลิตไฟฟ้ารายวัน

สำหรับระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ มีจุดมุ่งหมาย คือ ต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ที่มีความไม่แน่นอนของการผลิตไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพอากาศ การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น นำมาใช้ในการจัดสรรการผลิตไฟฟ้าของแหล่งพลังงานหมุนเวียนต่างๆ

โดยทั่วไป การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าเป็นรายชั่วโมง ของสถานีไฟฟ้าย่อยจะใช้วิธีการทางสถิติ และความน่าจะเป็น แนวคิดในการพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้า

ย่อย คือ การศึกษาความสัมพันธ์ ระหว่างโหลดและปัจจัยที่มีอิทธิพล เช่น วัน เวลา และข้อมูลสภาพอากาศของวันที่จะพยากรณ์ ซึ่งค่อนข้างซับซ้อน

ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะสมบัติของโหลด (load characteristic) ในประเทศไทย ได้แก่ วันในสัปดาห์ และสภาพอากาศ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า อุณหภูมิเป็นตัวแปรสภาพอากาศที่สำคัญที่สุด เนื่องจากมีความเกี่ยวพันอย่างมากกับค่าของโหลด ความเร็วลมมีผลต่อโหลดบ้างเล็กน้อย ในขณะที่ปริมาณเมฆปกคลุม ไม่มีความสัมพันธ์กับโหลด นอกจากนี้ในฤดูฝน ถ้าฝนตกชุกอุณหภูมิอาจลดลงบ้าง ค่าความชื้นสัมพัทธ์ เกี่ยวข้องกับความรู้สึกลบสบายตัวของมนุษย์ ทำให้ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ

ปัจจัยด้านสภาพอากาศที่กล่าวมานั้น นอกจากมีผลต่อลักษณะของโหลดการใช้ไฟฟ้าแล้วยังมีผลต่อ การผลิตไฟฟ้าอีกด้วย เช่น ความเร็วลมมีผลให้ โรงงานผลิตไฟฟ้ากังหันลมทำงาน จ่ายไฟฟ้าให้กับสถานีไฟฟ้าบ่อยมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความต่อเนื่องของลมและความเร็วลม ปริมาณเมฆปกคลุมมีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์ เป็นผลให้ ที่สถานีไฟฟ้าบ่อย มีค่าพลังงานไฟฟ้า ผันผวนตามแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายไฟฟ้าให้สถานีไฟฟ้านั้นอีกด้วย

แบบจำลองที่ใช้ในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของระบบจะมีความแตกต่างกัน เพราะปัจจัยต่างๆ ไม่เหมือนกัน โดยทั่วไป จะทำการพยากรณ์ ความต้องการล่วงหน้า หนึ่งวัน ถึงหนึ่งสัปดาห์ และอาจจะแยกแบบจำลองออกเป็นหลายๆ รูปแบบขึ้นกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของโหลด เช่น วันหยุดสุดสัปดาห์ (weekend) คือวันอาทิตย์ และวันเสาร์ วันทำงาน คือวันจันทร์ ถึงวันศุกร์ และวันหยุดพิเศษอื่นๆ เช่น วันขึ้นปีใหม่ วันสงกรานต์ รวมถึงวันหยุดชดเชยอื่นๆ ซึ่ง จะต้องนำมาวิเคราะห์และพิจารณาตัดสินใจ ในการสร้างแบบจำลองลักษณะใด

สำหรับแนวทางการพยากรณ์นั้น อาจกระทำได้หลายแบบ เช่นการพยากรณ์โหลดทีละชั่วโมงต่อเนื่องกันแบบอนุกรม การพยากรณ์โหลดพร้อมกัน 24 ชั่วโมง หรือการพยากรณ์ค่าโหลดสูงสุด และค่าโหลดต่ำสุด แล้วจึงมาเลือกรูปแบบของโหลดที่เหมาะสมกับวันที่พยากรณ์ทำการหาค่าโหลดแต่ละชั่วโมงก็ได้ ทั้งนี้เทคนิคหรือวิธีการที่เลือกใช้ และข้อมูลที่มีว่าจะเหมาะสมกับแนวทางใด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. ระบบปฏิบัติการ Microsoft Window Vista
3. โปรแกรม Microsoft Office 2007 (Words, Excel และPowerPoint)
4. โปรแกรมช่วยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวิศวกรรม คณิตศาสตร์ MATLAB version 7
5. เครื่อง Printer

วิธีการ

งานวิจัยนี้ จะทำการศึกษาการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าที่มีความผันผวนจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน โดยใช้ค่าความต้องการไฟฟ้าในอดีตที่เกิดขึ้น และจำลองพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน เช่น พลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ข้อมูลโหลดในชั่วโมงปัจจุบัน โหลดครึ่งชั่วโมงและโหลดหนึ่งชั่วโมงที่ผ่านมา อุณหภูมิสภาพอากาศและความเร็วลมในแต่ละช่วงเวลาของการใช้โหลดมีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลสำหรับสร้างแบบจำลองความต้องการไฟฟ้า

1.1 ข้อมูลความต้องการไฟฟ้าจากสถานีไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

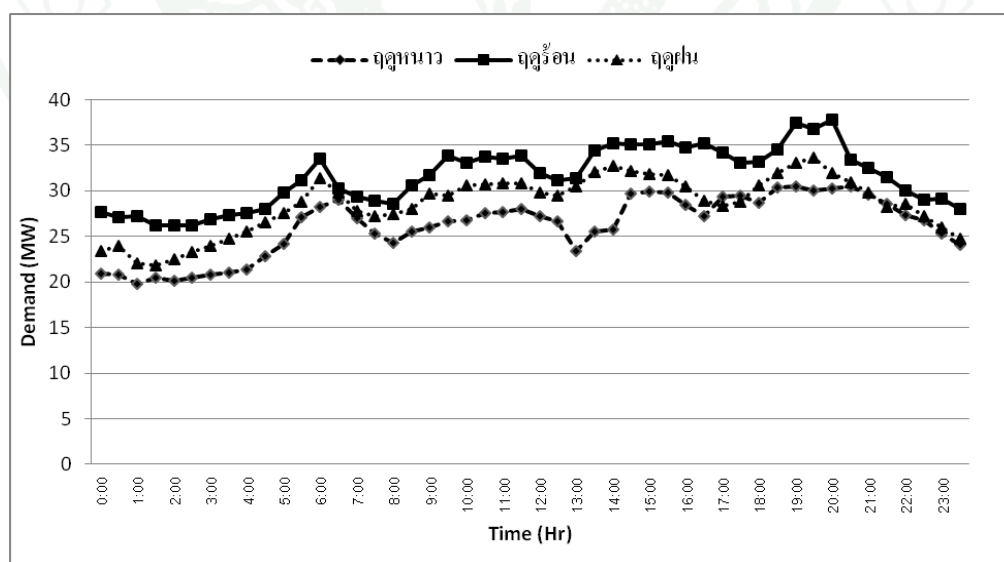
ในงานวิจัยนี้ ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจริงของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล ซึ่งเป็นสถานีไฟฟ้าย่อย สังกัดฝ่ายปฏิบัติการและควบคุมระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 3 ภาคเหนือ ตั้งอยู่ที่อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี สถานีนี้รับไฟฟ้าระบบ 115 kV จากสถานีไฟฟ้าแรงสูง ลพบุรี ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบจำหน่าย จำนวน 9 สาย ป้อนผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 50 MVA 115/22 kV จำนวน 2 เครื่อง จ่ายไฟฟ้าให้กับพื้นที่ อ.ชัยบาดาล, อ.ลำสนธิ, อ.ท่าหลวง, อ.ศรีเทพ โหลดการจ่ายไฟประมาณ 69.25 MW สภาพการจ่ายไฟเป็นโรงงานอุตสาหกรรม, บ้านที่อยู่อาศัย ซึ่งในพื้นที่อำเภอชัยบาดาลนี้มีโครงการก่อสร้าง

โรงไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนขนาดเล็ก (VSPP) และ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อจ่ายไฟให้แก่ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

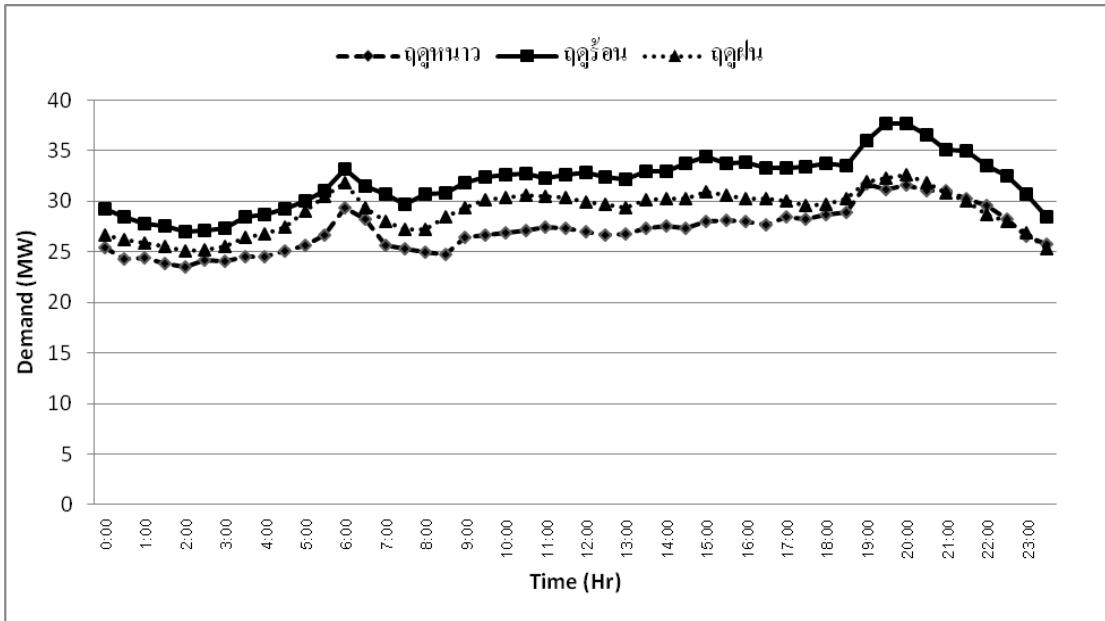
ตารางที่ 1 แสดงการจ่ายกระแสไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี

ลำดับ	รหัสอุปกรณ์	จ่ายไฟให้	โหลดสูงสุด (MW)	ประเภทของโหลด
1	CDA1 VB-01	บริษัทโกลดิลไลท์, บริษัทสหฟาร์ม	4.89	อุตสาหกรรม
2	CDA2 VB-01	ค.ม่วงค่อม, อ.ชัยบาดาล	6.12	ที่อยู่อาศัย, ธุรกิจ
3	CDA3 VB-01	อ.ศรีเทพ, บ.กลาง, สหฟาร์ม	7.4	อุตสาหกรรม, ธุรกิจ
4	CDA4 VB-01	อ.ลำสนธิ, บ.ชัยสมบูรณ์, อท่าหลวง	8.8	ที่อยู่อาศัย, ธุรกิจ
5	CDA5 VB-01	อ.ศรีเทพ	1.5	อุตสาหกรรม
6	CDA6 VB-01	บ.ชัยตะเคียน, บ.ท่าหลวง, บ.มะนาวหวาน	5.44	ที่อยู่อาศัย
7	CDA7 VB-01	อ.ลำสนธิ	7.10	ที่อยู่อาศัย
8	CDA8 VB-01	ศูนย์ฝึกยุทธวิธี	0.72	อื่นๆ
9	CDA9 VB-01	บริษัทโกลดิลไลท์บิสซิเนสส์	5.43	อุตสาหกรรม

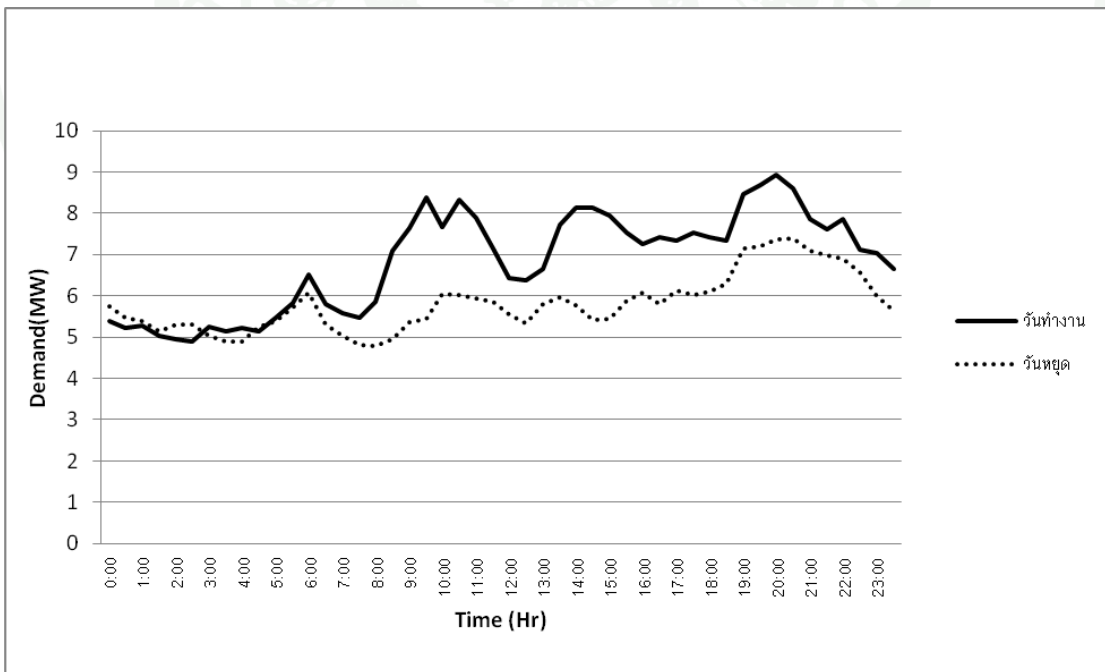
ที่มา: ศูนย์ควบคุมการจ่ายไฟ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 3 ภาคเหนือ จังหวัดลพบุรี (2555)



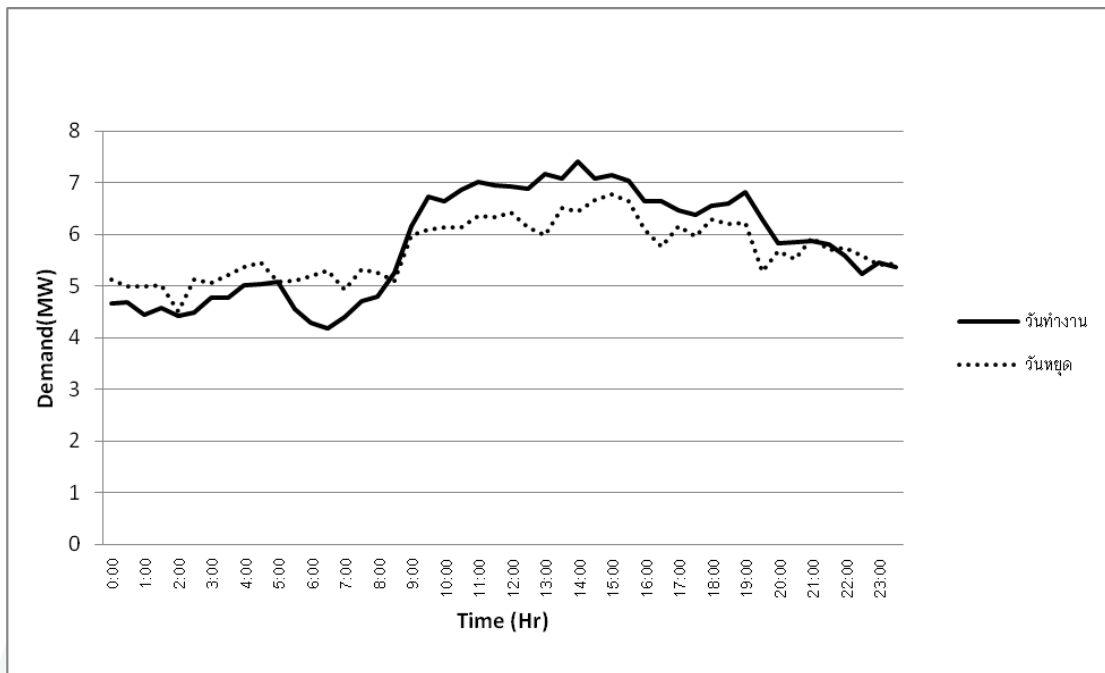
ภาพที่ 4 รูปแบบความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงในวันทำงานของอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมและ อุตสาหกรรมของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล



ภาพที่ 5 รูปแบบความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงในวันหยุด ของอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมและ อุตสาหกรรม ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล



ภาพที่ 6 รูปแบบความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงของ โหลดประเภทอุตสาหกรรมในวันหยุด และวันทำงานของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล



ภาพที่ 7 รูปแบบความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงของโหนดประเภทธุรกิจและที่อยู่อาศัยในวันหยุดและวันทำงานของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล

สถานีไฟฟ้าย่อยเป็นสถานีจ่ายไฟฟ้าที่ใกล้กลุ่มผู้ใช้ไฟมากที่สุด โดยทั่วไปจะจำแนกกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้า เป็น อุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัย และ ธุรกิจ โดยรูปแบบการใช้ไฟฟ้าของกลุ่มผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละกลุ่มจะแตกต่างกันออกไป เช่น ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทอุตสาหกรรม มักจะมีการใช้ไฟฟ้าสูงสม่ำเสมอในเวลากลางวันของแต่ละวัน ในวันทำงาน ส่วนในวันหยุดจะมีการใช้ไฟฟ้าต่ำตลอดเวลา เพราะไม่มีการผลิต สำหรับประเภทที่อยู่อาศัยจะมีความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาเย็นและค่ำ ยกเว้นวันหยุดที่จะมีการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางวันสูง กว่าปกติ อันเนื่องมาจากการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้า และเปิดเครื่องปรับอากาศในบ้านอยู่อาศัย สำหรับประเภท ธุรกิจ จะใช้ไฟฟ้าสูงในช่วงบ่ายถึงค่ำ

1.2 ข้อมูลสภาพอากาศ

ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะของการใช้โหนด ได้แก่ วันในสัปดาห์ และสภาพอากาศ สำหรับลักษณะของการใช้โหนด อุณหภูมิเป็นตัวแปรของสภาพอากาศสำคัญที่สุดเนื่องจากมีการ

เกี่ยวข้องกับการใช้โหลด ความเร็วลมมีผลต่อการใช้โหลดบ้าง ในขณะที่ ปริมาณเมฆที่ปกคลุมไม่มีความสัมพันธ์ต่อการใช้โหลดของผู้ใช้ไฟ แต่ปริมาณของเมฆ และความเร็วลมมีความสัมพันธ์กับการผลิตไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และ โรงไฟฟ้าพลังงานลม ที่จ่ายไฟฟ้าให้ สถานีไฟฟ้า ซึ่งจะต้องนำข้อมูลดังกล่าวมาพิจารณา สำหรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับฤดูกาลนั้น ฤดูร้อน ฤดูหนาว มีอุณหภูมิ ค่อนข้าง ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่ใน ฤดูฝนช่วงที่มีฝนตกชุก อุณหภูมิจะลดต่ำลง มีเมฆมาก มีผลต่อการใช้โหลดและการผลิตพลังงานแสงอาทิตย์ ความเร็วลมในฤดูหนาวมีลมพัดต่อเนื่อง กว่าฤดูฝนและฤดูร้อน และมีช่วงเวลากลางวันสั้นกว่า ฤดูร้อน ซึ่งมีผลต่อการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์

ในกรณีของการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของสถานีไฟฟ้าย่อย ที่มีแหล่งจ่ายของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และ พลังงานลม ข้อมูลสภาพอากาศที่จะใช้ประกอบ ในการพิจารณาความเกี่ยวข้องกับความต้องการไฟฟ้าในบริเวณนั้น ในที่นี้ได้เก็บรวบรวมจากสถานีตรวจอากาศจังหวัดลพบุรี ได้แก่อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และปริมาณฝน ประกอบไปด้วยค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าต่ำสุด ของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ในขณะที่ความเร็วลมเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง และปริมาณน้ำฝนเป็นมิลลิเมตร ซึ่งจะแสดงข้อมูลเป็น รายวันของสถานีตรวจอากาศจังหวัดลพบุรี

ตารางที่ 2 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย เดือน ธ.ค. 54 ถึง ส.ค. 55

เดือน	อุณหภูมิ(°C)		เดือน	อุณหภูมิ(°C)		เดือน	อุณหภูมิ(°C)	
	สูงสุด	ต่ำสุด		สูงสุด	ต่ำสุด		สูงสุด	ต่ำสุด
ธ.ค. 54	34.2	17.1	มี.ค. 55	37.3	23.2	มิ.ย. 55	35.2	24.8
ม.ค. 55	34.6	20.5	เม.ย. 55	38.3	22.7	ก.ค. 55	36.7	23.2
ก.พ. 55	35.8	20.6	พ.ค. 55	38.5	23.5	ส.ค. 55	35.1	23.7
เฉลี่ย	34.87	19.40		38.03	23.13		35.67	23.90

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดลพบุรี (2555)

ตารางที่ 3 ข้อมูลสภาพอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยา ลพบุรี ช่วงระหว่างเดือน ธ.ค.54 ถึง ส.ค. 55

เดือน	ความชื้น		ความเร็วลม สูงสุด (กม./ ชม)	จำนวนฝน รวมทั้งเดือน (มม.)	จำนวนวันที่ มีฝนตก (วัน)
	สัมพัทธ์ สูงสุด (%)	สัมพัทธ์ ต่ำสุด (%)			
ธ.ค. 54	85	38	12	7.1	2
ม.ค. 55	95	37	20	0	2
ก.พ. 55	97	40	22	33	2
มี.ค. 55	97	37	22	19	3
เม.ย. 55	98	42	17	62	5
พ.ค. 55	100	40	16	134	11
มิ.ย. 55	99	58	17	92	15
ก.ค. 55	99	49	13	106	15
ส.ค. 55	100	51	24	160	19

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดลพบุรี (2555)

จากตารางที่ 2 และตารางที่ 3 เป็นค่าสภาพอากาศที่ สถานีตรวจอากาศลพบุรี ในช่วงระหว่างเดือน ธันวาคม 2554 ถึง สิงหาคม 2555 ซึ่งในตารางที่ 2 เป็นตารางแสดงค่าอุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุดในแต่ละเดือน ซึ่งอุณหภูมิสูงสุด เกิดขึ้นในเดือนพฤษภาคม คือ 38.5 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิต่ำสุด ในเดือนธันวาคม 17.1 องศาเซลเซียส ส่วนในตารางที่ 3 เป็น ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ต่ำสุด สูงสุด ค่าความเร็วลมสูงสุด และ จำนวนน้ำฝนในแต่ละเดือน ในช่วงระหว่างเดือน ธันวาคม 2554 ถึง สิงหาคม 2555 จากอุณหภูมิ ข้างต้น สามารถสรุปแยกอากาศของจังหวัดลพบุรี ออกเป็นสามฤดูกาล คือ ฤดูหนาว (winter) ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2554 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2555 ฤดูร้อน (Summer) ตั้งแต่เดือน มีนาคม ถึงเดือน พฤษภาคม และ ฤดูฝน(rainy) จะอยู่ในช่วงเดือน มิถุนายน ถึงเดือนสิงหาคม เนื่องจากมี्यानความชื้นสัมพัทธ์สูง 99% - 100%และมีวันที่ฝนตก มากกว่า 15 วัน ต่อเดือน

2. การสร้างแบบจำลองของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

IEA (2010) พลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ขึ้นกับเวลาในช่วงวันและสภาพอากาศ สามารถจำลองค่าพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่ได้รับการพัฒนา จากพื้นฐานของการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจริงของโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์ ซึ่งได้ศึกษาการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จากโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์จริงๆ กล่าวคือ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เมื่อมีแสงแดดมาส่องกระทบกับแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งจะมีการผลิตกระแสไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวันเท่านั้น คือ ตั้งแต่ช่วงเวลาที่พระอาทิตย์ขึ้นที่เวลาหกโมงเช้าถึงเวลาที่พระอาทิตย์ตกที่เวลาหกโมงเย็น จากการศึกษาการทำงานดังกล่าวสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าได้ตามสมการดังนี้

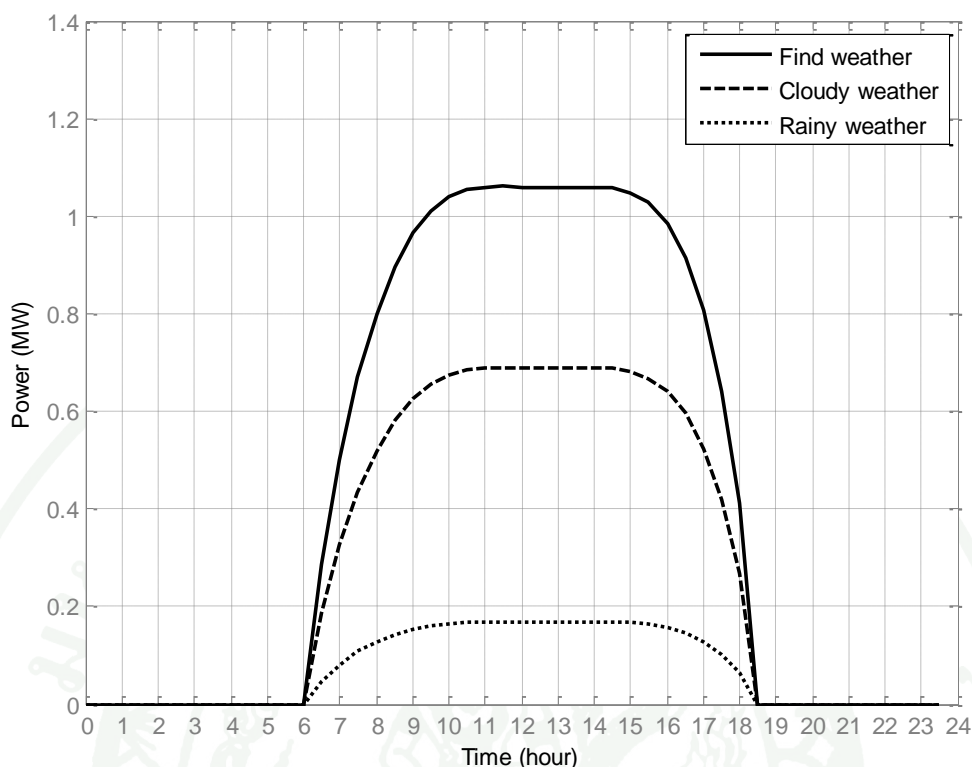
สำหรับ $6 < T < 18.5$:

$$Ppv(T) = (-0.0000323955T^5 + 0.0012949488T^4 - 0.0133779943T^3 + 2.0436509568T - 7.9849739044) \times WF \quad (15)$$

สำหรับ $T < 6$ และ $T > 18.5$:

$$Ppv(T) = 0$$

เมื่อ T คือ เวลา เช่น 18.5 เป็น 18.30 น. และ ค่า WF คือ ค่าปัจจัยสภาพอากาศ เป็น ค่าปัจจัยของสภาพอากาศโดยกำหนดให้ สภาพอากาศดีไม่มีฝนตก มีค่า $WF = 1$, สภาพอากาศมีเมฆมากมีฝนตกเล็กน้อยมีค่า $WF = 0.65$ และ สภาพอากาศมีฝนตกที่มีปริมาณน้ำฝนมีค่า $WF = 0.16$ โดยที่ค่ากำลังไฟฟ้าตามสมการที่ 15 สำหรับช่วงเวลาตั้งแต่ 6.00 น. ถึง 18.30 น. และ ค่ากำลังไฟฟ้าเป็น 0 ที่ช่วงเวลาก่อน 6.00 น. และ หลัง 18.30 น. สามารถนำมาสร้างเป็นแบบจำลองของกำลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นค่าเปอร์ยูนิตได้ค่าดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

3. การสร้างแบบจำลองของโรงไฟฟ้าพลังงานลม

ธรรมชาติของพลังงานลมมีความไม่แน่นอนและไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะมีกระแสลมพัดมาทิศทางใด มีความเร็วเท่าใด ซึ่งในการศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานลมได้มีการศึกษาและพัฒนากังหันลมเพื่อมาผลิตกระแสไฟฟ้า ตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งปัจจุบันสามารถพัฒนากังหันลมรูปแบบต่างๆ มาติดตั้งเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในหลายประเทศทั่วโลก ในประเทศไทยหน่วยงานที่ทดลองติดตั้งใช้งานพลังงานลม ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และ ภาคเอกชนที่ต้องการขายไฟให้แก่ การไฟฟ้า ซึ่งในอนาคตแนวโน้มการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมาก ดังนั้นจึงทำการจำลองแบบจำลองโรงไฟฟ้าพลังงานลม เพื่อศึกษาความผันผวนของกำลังงานไฟฟ้าที่ผลิตเข้ามาในระบบไฟฟ้า

3.1. จำลองการสุ่มค่าความเร็วลม

IEA (2010) การจำลองแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลม โดยเริ่มจากการจำลองข้อมูลความเร็วลมจากการสุ่มค่าความเร็วลมให้มีความหนาแน่นการกระจายแบบไวบูลล์โดยโปรแกรม Matlab ตามสมการที่ (16) โดยที่ความเร็วลมที่ได้มีค่าเท่ากับความเร็วลมเฉลี่ย

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{V}{c}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right) \quad (16)$$

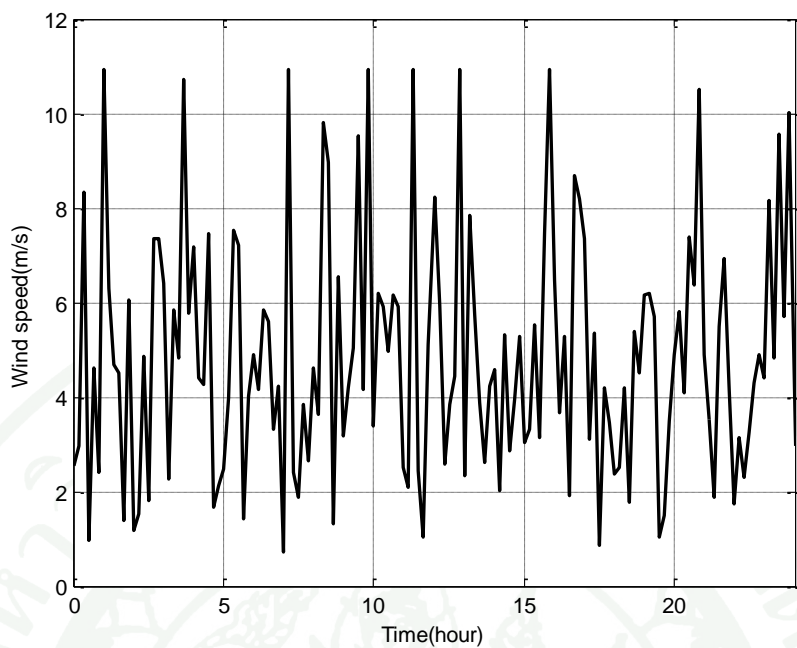
จากสมการที่ (16) ให้ค่า k เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของรายละเอียด ให้ค่าเท่ากับ 2 และค่า c เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของขนาดและ v เป็นค่าความเร็วลม สามารถแทนค่าสมการได้ดังสมการที่ (17)

$$f(v) = \frac{\pi}{2} \left(\frac{v}{V}\right) \exp\left(-\frac{\pi}{4} \left(\frac{v}{V}\right)^2\right) \quad (17)$$

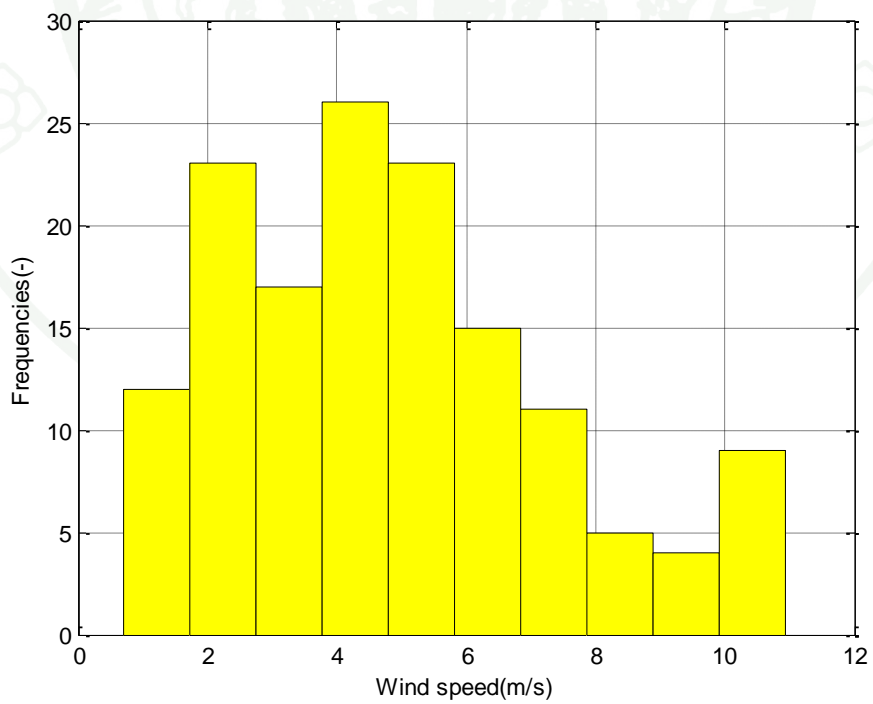
\bar{V} คือ ค่าความเร็วลมเฉลี่ยจากนั้น อินทิเกรต สมการที่ (17) จาก V เปลี่ยนจาก 0 ถึง 1 จะได้สมการที่ (18) ซึ่งตัวแปร X เป็นตัวแปรสุ่มและได้ V เป็นค่าสุ่มที่มีการกระจายแบบเรย์ลี (Rayleigh distribution)

$$v = \frac{2\bar{V}}{\sqrt{\pi}} (-\ln(1-x))^{0.5} \quad (18)$$

ค่าความเร็วลมที่สุ่มค่าได้ สุ่มจากค่าความเร็วลมทุกๆ 10 นาที และใช้ค่าเป็นความเร็วลมเฉลี่ย



ภาพที่ 9 ความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองข้อมูลค่าความเร็วลม



ภาพที่ 10 กราฟความถี่ค่าข้อมูลของความเร็วลมที่มีการกระจายแบบเรย์ลี (Rayleigh distribution)

3.2 จำลองกำลังไฟฟ้าพลังงานลม

ลักษณะการผลิตไฟฟ้าของกังหันลม จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะเฉพาะของกังหันลม ดังนี้

3.2.1. ค่าความเร็วลมเริ่มทำงาน (Cut in speed) คือ ความเร็วลมต่ำสุดที่กังหันลมสามารถผลิตไฟฟ้าได้ ประมาณ 2.8 m/s หากความเร็วลมต่ำกว่า ค่าความเร็วลมเริ่มทำงาน (Cut in speed) กังหันลมจะไม่ผลิตไฟฟ้า

3.2.2. ค่าความเร็วลมพิกัด (Rated speed) คือ ความเร็วลมที่กังหันลมสามารถผลิตไฟฟ้าได้สูงสุด เมื่อความเร็วลมเพิ่มสูงขึ้นกว่า ค่าความเร็วลมเริ่มทำงาน (Cut in speed) กังหันลมจะเริ่มผลิตไฟฟ้า และกำลังผลิต (Production Capacity) จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยแปรตามความเร็วลมที่เพิ่มขึ้น จนเมื่อความเร็วลมถึงระดับความเร็วลมพิกัด (Rated speed) ของกังหันลมประมาณ 12 m/s กังหันลมจะผลิตไฟฟ้าออกมาเริ่มคงที่

3.2.3. ค่าความเร็วลมหยุดทำงาน (Cut out speed) คือ ความเร็วลมที่กังหันลมจะหยุดการทำงาน เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับโครงสร้างของกังหันลม เมื่อมีความเร็วลมสูงกว่า Cut out speed ของกังหันลม ประมาณ >25 m/s

กังหันลมที่ความสูง 100 เมตร จากความเร็วลมที่วัดได้ 14.83 กิโลเมตร/ชั่วโมง หรือ 4.1 เมตรต่อวินาที สามารถคำนวณค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงต่างๆ ได้จากสมการ

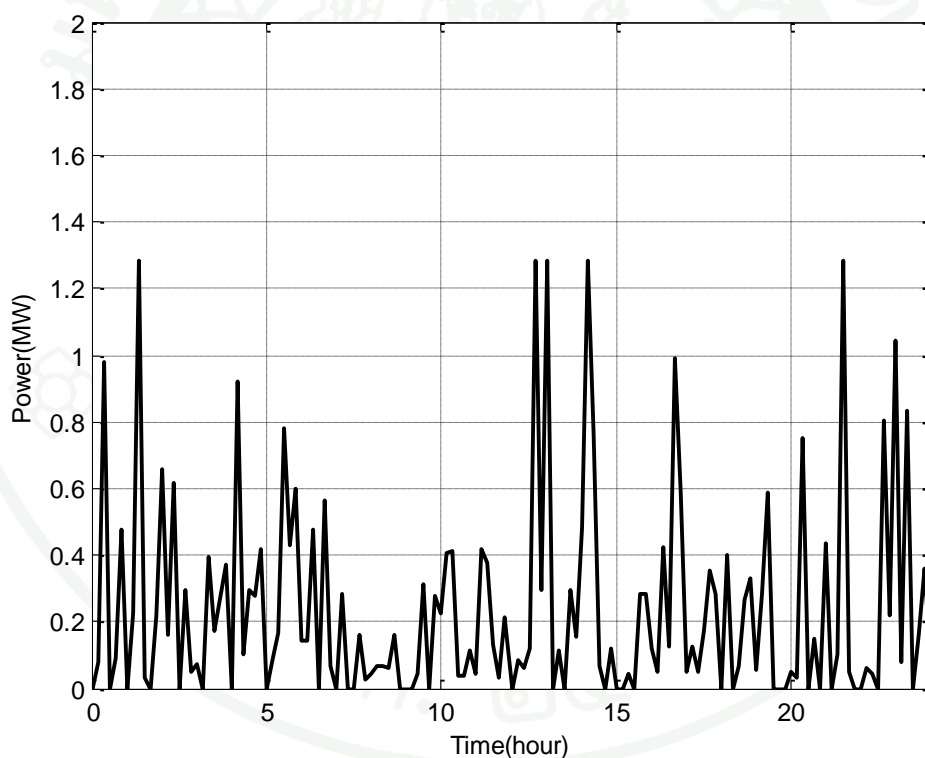
$$V(y) = V(x) \left[\frac{h(y)}{h(x)} \right]^{\sigma} \quad (19)$$

เมื่อ $V(y)$ คือ	ความเร็วลมที่ความสูง y เมตร หน่วย เมตรต่อวินาที
$V(x)$ คือ	ความเร็วลมที่ความสูง x เมตร หน่วย เมตรต่อวินาที
$h(y)$ คือ	ความสูงที่ระดับ y เมตร
$h(x)$ คือ	ความสูงที่ระดับ x เมตร
σ คือ	$\frac{1}{7}$

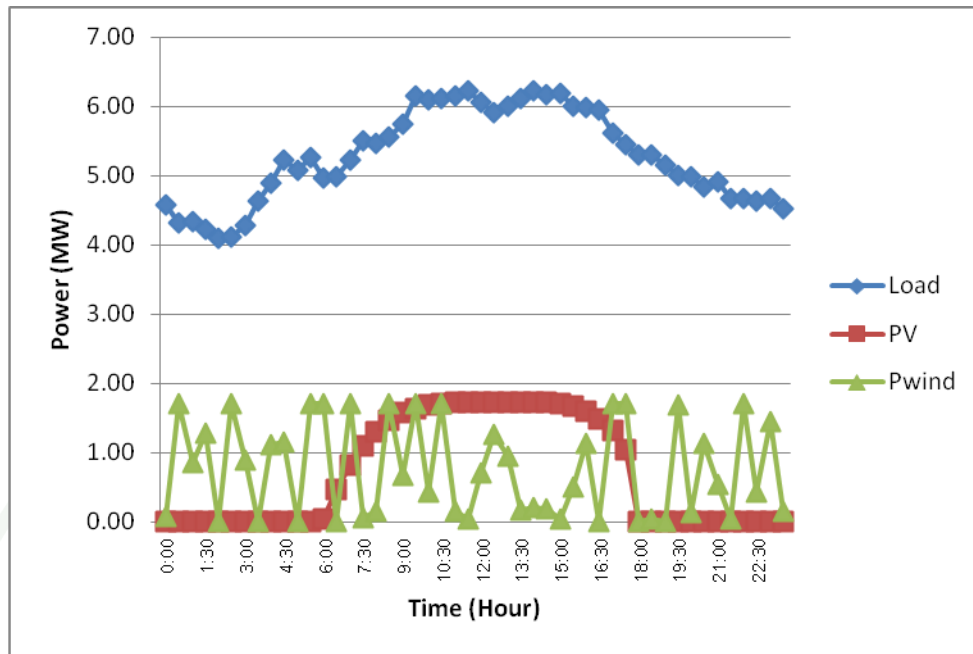
แบบจำลองการผลิตกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลมตามสมการที่ (20)

$$P_w = \frac{C_w \rho A}{2} V^3 = \frac{C_w \rho \pi R^2}{2} V^3 \quad (20)$$

- เมื่อ A คือ ค่าพื้นที่หน้าตัดของกังหันลม (m^2)
 ρ คือ ค่าความหนาแน่นของอากาศ มีค่าเท่ากับ 1.225 kg/m^3
 C_w คือ ประสิทธิภาพของชนิดกังหันลม
 R คือ ค่ารัศมีของกังหันลม (m)
 V คือ ค่า ความเร็วลม (m/s)



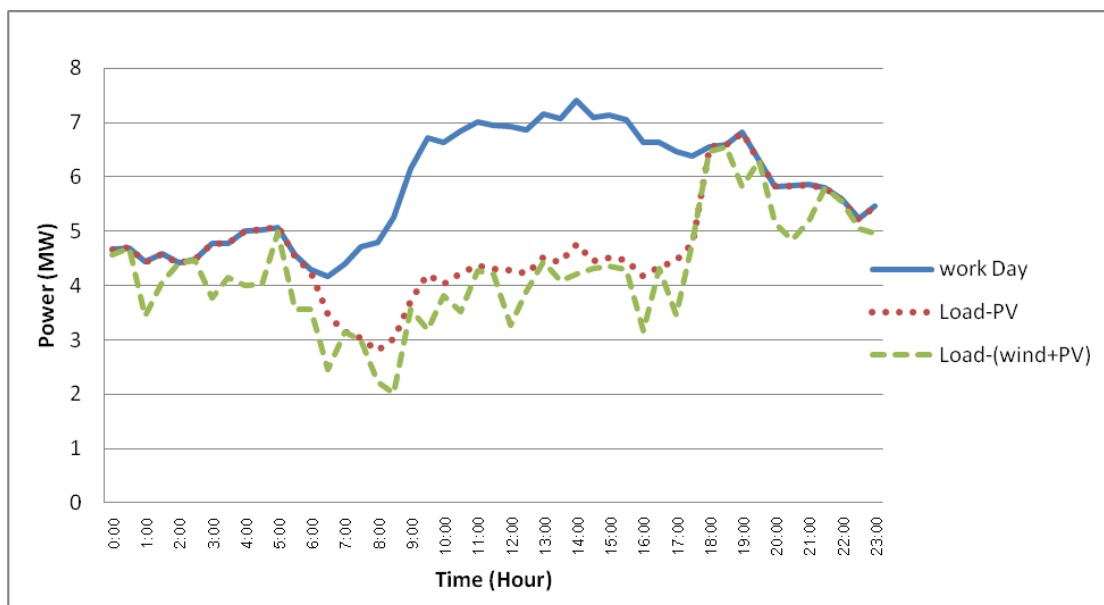
ภาพที่ 11 กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกังหันลม



ภาพที่ 12 กำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมกับค่าความต้องการไฟฟ้าจริง

4. การสร้างแบบจำลองความต้องการไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้า

ทำการทดลองจำลองการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าย่อย ซึ่งในวงจรไฟฟ้านั้น มีโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์ และ โรงไฟฟ้าพลังงานลม เชื่อมต่อ ซึ่งผลการจำลองค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าแสดงไว้ในรูปที่ 13 พื้นที่ที่ติดด้านหน้า คือ ค่าความต้องการไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าย่อย กับ ค่ากำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 2.5 MW และกำลังไฟฟ้าจากพลังงานลมขนาด 1.7 MW



ภาพที่ 13 รูปแบบความต้องการไฟฟ้าที่มีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมเชื่อมต่อกับ

5. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าโดยวิธีการถดถอยเชิงพหุคูณ

จากการจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าที่มีค่าความผันผวนของกำลังไฟฟ้ามาก นำข้อมูลที่ได้มาพยากรณ์ ด้วยวิธีการถดถอยเชิงพหุคูณ และวิธีการถดถอยเชิงพหุนาม

5.1. การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าโดยวิธีการถดถอยพหุคูณ

ตามปัจจัยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในแต่ละวัน เช่น อุณหภูมิและความเร็วลม เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการใช้ไฟฟ้า รูปแบบลักษณะของการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบจำหน่ายจะขึ้นกับสภาพอากาศ ขณะที่อัตราใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นหรือลดลงจะขึ้นอยู่กับจำนวนของผู้ใช้ไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับระบบ

ค่าความต้องการใช้ไฟในชั่วโมงที่ผ่านมาแล้ว มีแนวโน้มส่งผลต่อค่าความต้องการไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นใหม่ในชั่วโมงต่อไป และอุณหภูมิ ในชั่วโมงปัจจุบัน หรือในชั่วโมงที่ผ่านมาส่งผลต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในชั่วโมงต่อไปได้ ค่าอุณหภูมิ และค่าความต้องการไฟฟ้าเป็นค่าพารามิเตอร์ ที่สามารถนำไปหาค่าความต้องการไฟฟ้าในครึ่งชั่วโมงถัดไปได้



ภาพที่ 14 ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองพยากรณ์โหลดระยะสั้นแบบพหุคูณ

วิธีการวิเคราะห์แบบถดถอยพหุคูณ เป็นเทคนิควิธีการหนึ่งที่จะสามารถ หาค่าแบบจำลองกำลังสองที่น้อยที่สุดของ ข้อมูลที่มีพารามิเตอร์หลายค่า โดยสามารถสร้างสมการ โดยใช้ข้อมูลจาก พารามิเตอร์ อุณหภูมิและความต้องการไฟฟ้าและความเร็วลมจาก โปรแกรม Matlab แสดงข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองการพยากรณ์โหลดระยะสั้นตัวแปรอิสระ ที่พิจารณา มีทั้งหมด 9 ตัว โดยใช้ข้อมูลรายวันจาก สถานีไฟฟ้าชัยบาดาล 7 วัน เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองสมการถดถอยเชิงพหุคูณ

$$P_{(k+t)} = a_0 + a_1P_k + a_2P_{(k-t)} + a_3P_{(k-2t)} + a_4T_k + a_5T_{(k-t)} + a_6T_{(k-2t)} + a_7V_k + a_8V_{(k-t)} + a_9V_{(k-2t)} \quad (20)$$

โดยที่	P_k	คือ	ค่าความต้องการไฟฟ้า ณ เวลาปัจจุบัน
	T_k	คือ	อุณหภูมิสภาพอากาศ ณ เวลาปัจจุบัน
	V_k	คือ	ความเร็วลม ณ เวลาปัจจุบัน
	a	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์
	t	เท่ากับ	30 นาที

หาค่าสัมประสิทธิ์ จากข้อมูลก่อนหน้า 24 ชั่วโมงเพื่อนำไปพยากรณ์ ค่าความต้องการไฟฟ้าในรายครึ่งชั่วโมงถัดไป

5.2 การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าวิธีการถดถอยเชิงพหุนาม

จากข้อมูลค่าความต้องการไฟฟ้านำมาทดลองพยากรณ์โดยใช้วิธีการถดถอยเชิงพหุนาม ทดลองพยากรณ์ค่าความต้องการที่อันดับค่ายกกำลังต่าง ๆ หาค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ต่อการพยากรณ์ ทดลองพยากรณ์โดยแบ่งช่วงของเวลาที่ใช้เป็นข้อมูลในการพยากรณ์หลายช่วงเวลา และหาค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ ที่อันดับค่ายกกำลังที่ทดสอบหาค่ายกกำลัง เพื่อหาค่ายกกำลังที่มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด ที่สามารถนำมาพยากรณ์ให้ได้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำโดยที่จำนวนเวลาที่นำมาพยากรณ์ยังสั้นค่ายกกำลังที่ใช้ยังมีค่าน้อย ทำการทดลองพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้า โดยใช้ข้อมูลค่าความต้องการไฟฟ้าที่เวลาปัจจุบัน ครั้งชั่วโมงที่ผ่านมาและหนึ่งชั่วโมงที่ผ่านมา

ผลและวิจารณ์

ผลการจำลองค่าความต้องการไฟฟ้า

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาการพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ ซึ่งส่วนประกอบสำคัญของระบบไฟฟ้าอัจฉริยะ คือการมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียนเข้าสู่ระบบไฟฟ้า ซึ่งในการวิจัยนี้ได้จำลองระบบไฟฟ้าให้มีแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานหมุนเวียน ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของพื้นที่การจ่ายไฟของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล จ.ลพบุรี คือ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 2.5 เมกะวัตต์ และ โรงไฟฟ้าพลังงานขนาด 1.7 เมกะวัตต์ โดยใช้ค่าความต้องการไฟฟ้าของสถานีชัยบาดาล ร่วมกับจำลองค่ากำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม ตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หาผลการจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้ศึกษาวิธีการพยากรณ์อีกต่อไป

ตารางที่ 4 ผลการจำลองค่าความต้องการไฟฟ้ารายครึ่งชั่วโมงของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล
ในวันพุธที่ 1 สิงหาคม 2555

เวลา (น.)	ค่าความต้องการ ไฟฟ้า (MW)	แหล่งกำเนิดไฟฟ้า		ค่าความต้องการไฟฟ้าที่ สถานีไฟฟ้าย่อย(MW)
		พลังงานแสงอาทิตย์ (MW)	พลังงานลม (MW)	
00.00	6.04	0.00	0.10	5.94
00.30	6.12	0.00	0.42	5.70
01.00	6.08	0.00	1.70	4.38
01.30	6.01	0.00	0.87	5.14
02.00	5.95	0.00	0.44	5.51
02.30	5.97	0.00	1.70	4.27
03.00	5.99	0.00	0.09	5.90
03.30	6.21	0.00	1.70	4.51
04.00	6.36	0.00	1.25	5.11
04.30	6.55	0.00	0.54	6.01
05.00	6.55	0.00	1.39	5.16
05.30	6.73	0.00	1.70	5.03
06.00	6.56	0.06	1.70	4.80

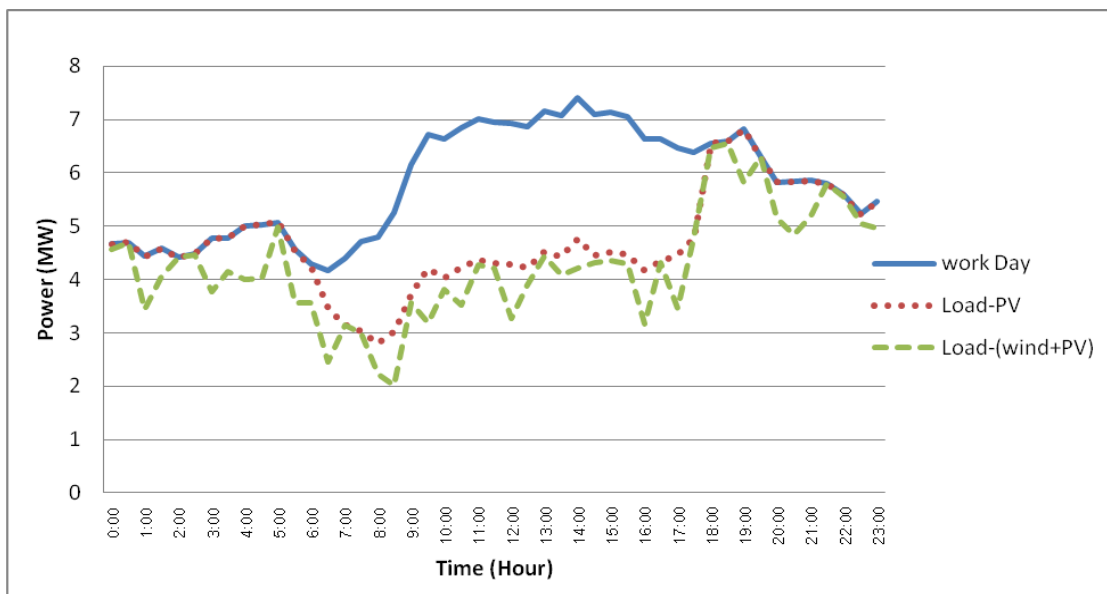
ตารางที่ 4 (ต่อ)

เวลา (น.)	ค่าความต้องการ	แหล่งกำเนิดไฟฟ้า		ค่าความต้องการไฟฟ้าที่
	ไฟฟ้า	พลังงานแสงอาทิตย์	พลังงานลม	สถานีไฟฟ้าย่อย(MW)
	(MW)	(MW)	(MW)	
06.30	6.48	0.72	0.23	5.53
07.00	6.51	1.25	1.70	3.56
07.30	6.56	1.68	0.71	4.17
08.00	6.48	2.00	1.70	2.78
08.30	6.85	2.24	0.17	4.44
09.00	6.93	2.41	0.08	4.44
09.30	7.18	2.53	0.10	4.55
10.00	7.06	2.60	0.52	3.94
10.30	7.03	2.63	1.70	2.70
11.00	7.12	2.65	0.96	3.51
11.30	7.34	2.65	1.70	2.99
12.00	7.14	2.65	1.70	2.79
12.30	7.16	2.65	0.89	3.62
13.00	7.30	2.65	0.34	4.32
13.30	7.41	2.65	0.71	4.05
14.00	7.53	2.65	0.00	4.88
14.30	7.35	2.64	0.51	4.20
15.00	7.28	2.62	1.08	3.58
15.30	7.28	2.57	0.12	4.60
16.00	7.12	2.46	0.00	4.66
16.30	6.82	2.29	1.70	2.83
17.00	6.88	2.01	0.00	4.87
17.30	6.90	1.61	0.88	4.41
18.00	6.85	0.00	1.70	5.15
18.30	6.33	0.00	0.13	6.20
19.00	6.01	0.00	1.70	4.31
19.30	5.70	0.00	1.06	4.64
20.00	5.58	0.00	1.45	4.13
20.30	5.51	0.00	1.70	3.81
21.00	5.49	0.00	1.04	4.45

ตารางที่ 4 (ต่อ)

เวลา (น.)	ค่าความต้องการ	แหล่งกำเนิดไฟฟ้า		ค่าความต้องการไฟฟ้า ที่ สถานีไฟฟ้าย่อย(MW)
	ไฟฟ้า (MW)	พลังงานแสงอาทิตย์ (MW)	พลังงานลม (MW)	
21.30	5.50	0.00	1.70	3.80
22.00	5.26	0.00	0.05	5.21
22.30	5.21	0.00	0.93	4.28
23.00	5.21	0.00	1.70	3.51
23.30	5.23	0.00	0.12	5.11

จากตารางข้างบน เป็นผลการจำลองกำลังไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าย่อยเป็นรายชั่วโมง โดยกำลังไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ในแต่ละวัน จำลองตามรูปแบบการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คือ จะมีการผลิตกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึง 18.30 น. โดยความสามารถในการผลิตกำลังไฟฟ้าแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละวัน แบ่งเป็น 3 สภาพอากาศ คือ สภาพอากาศดี สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ตามพิกัดสูงสุด สภาพอากาศมีเมฆมากมีฝนตก และสภาพอากาศฝนตก โดยการใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา ที่สถานีตรวจอากาศลพบุรี จ.ลพบุรี

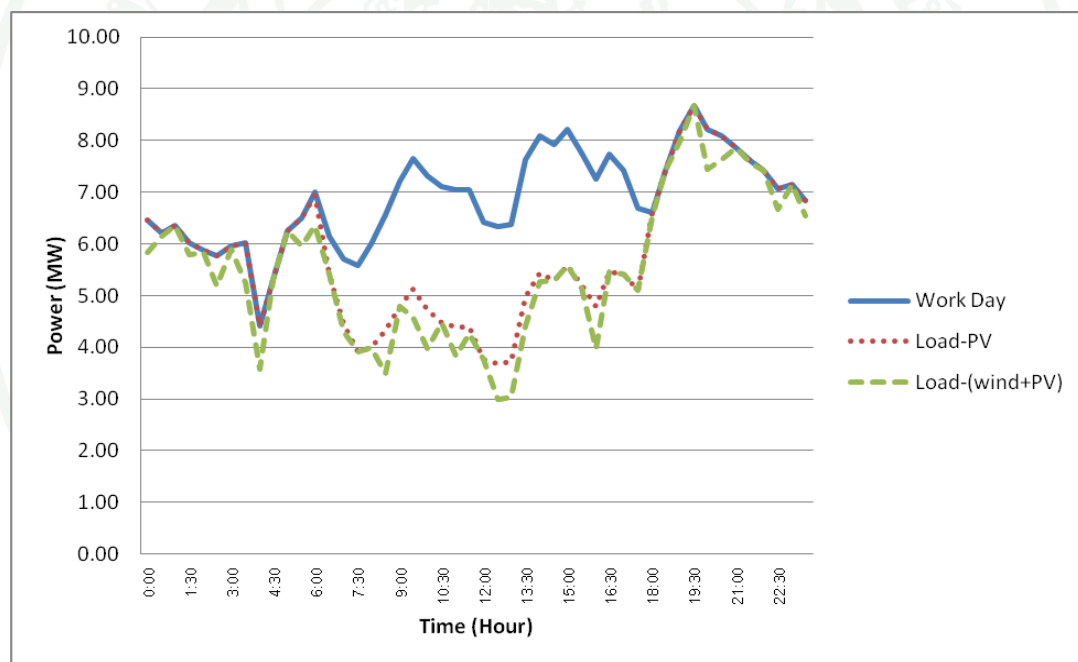


ภาพที่ 15 ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยในวันทำงาน ของฤดูหนาว(ธันวาคม 2554) ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล

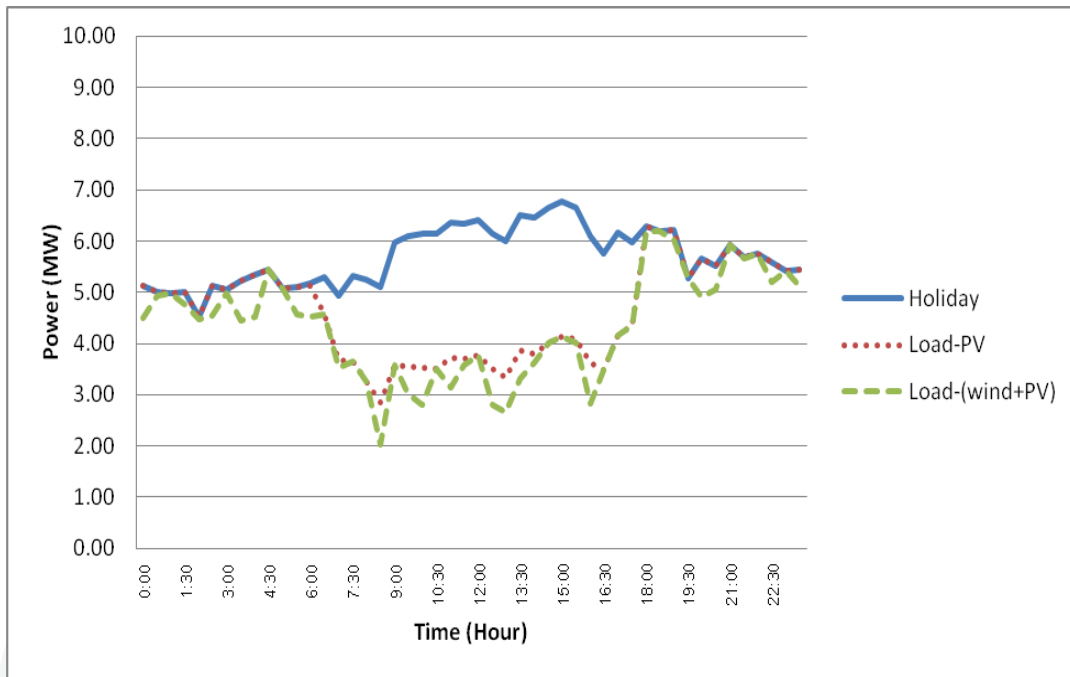


ภาพที่ 16 ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าในวันหยุด ของฤดูหนาว (ธันวาคม 2554) ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล

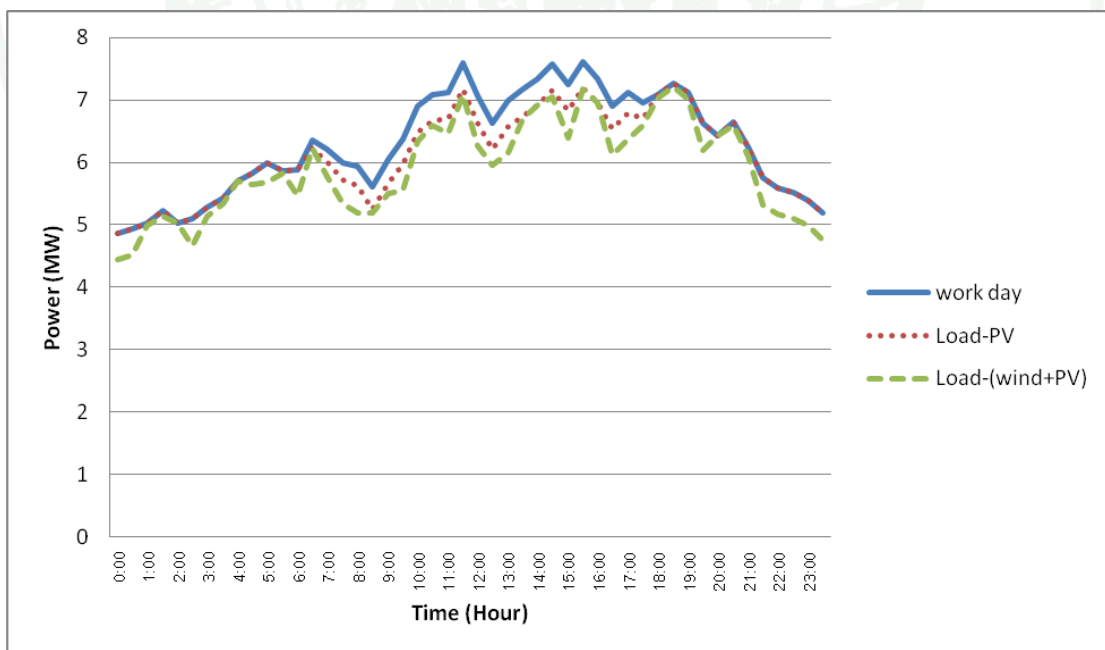
จากภาพที่ 15 เป็นผลการจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยของวันทำงานในเดือนธันวาคม 2554 โดยมีสภาพอากาศของเดือนธันวาคมดังนี้ อุณหภูมิสูงสุด 34.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 17.1 องศาเซลเซียส ความเร็วลมสูงสุด 12 กม/ชม สภาพอากาศดี ไม่มีฝนตก โดยกราฟเส้นทึบ คือ ค่าความต้องการไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้า กราฟเส้นจุดประ เป็น ค่าความต้องการไฟฟ้าจริงลบกับ ผลจำลองค่ากำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่สภาพอากาศดี และ กราฟเส้นประ เป็น ค่าความต้องการไฟฟ้าจริงลบกับ ผลรวมของแบบจำลองค่ากำลังไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และโรงไฟฟ้าพลังงานลม ซึ่งค่าความต้องการไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้า มีความผันผวนมาก ตามค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกำลังงานลมที่มีความผันผวนตามค่าความเร็วลม และจากภาพที่ 16 เป็นผลการจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยของวันหยุดต่างๆ ในเดือนธันวาคม 2554 ซึ่ง ค่าความต้องการไฟฟ้าของวันหยุดจะมีค่าความต้องการไฟฟ้าในช่วงกลางวันน้อยกว่าในวันทำงาน



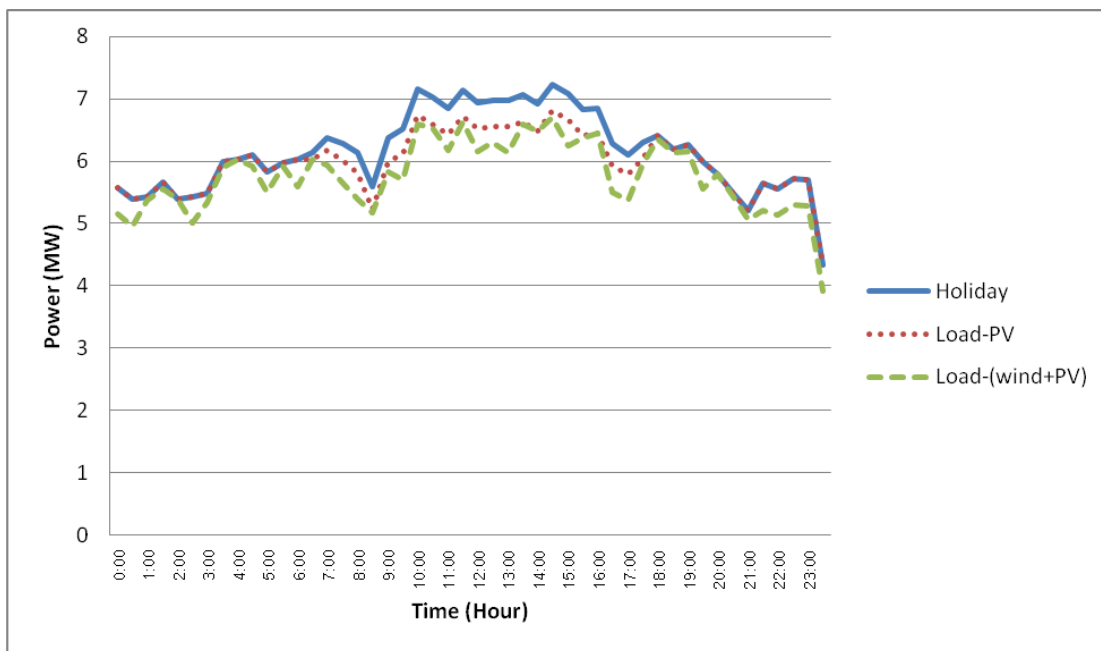
ภาพที่ 17 ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยในวันทำงาน ของฤดูร้อน(เมษายน 2555) ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล



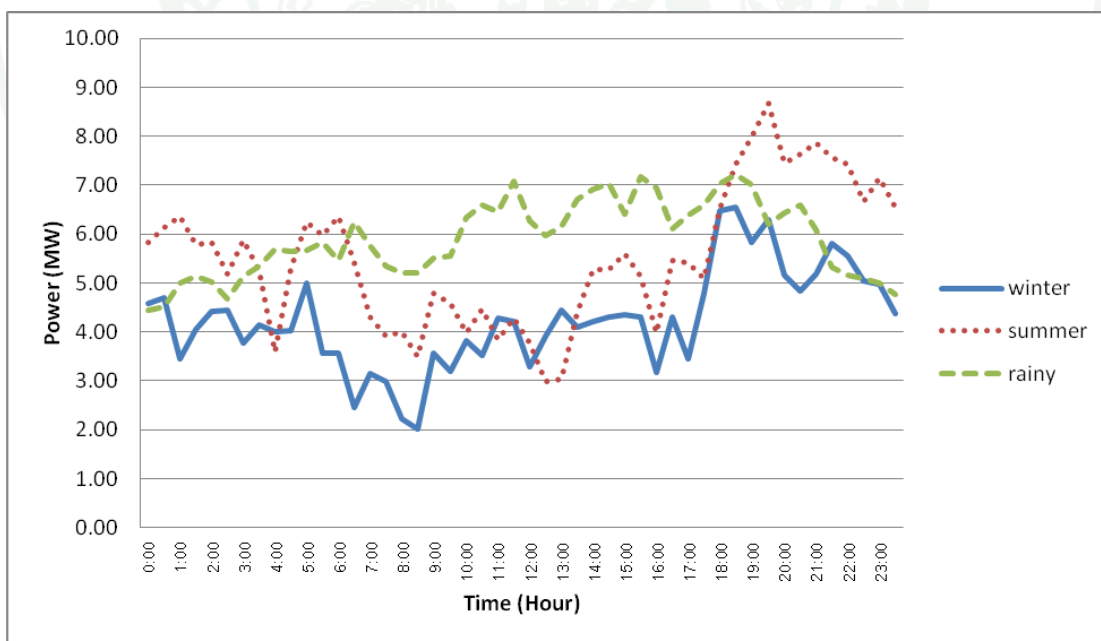
ภาพที่ 18 ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยในวันหยุดของฤดูร้อน(เมษายน 2555)
ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล



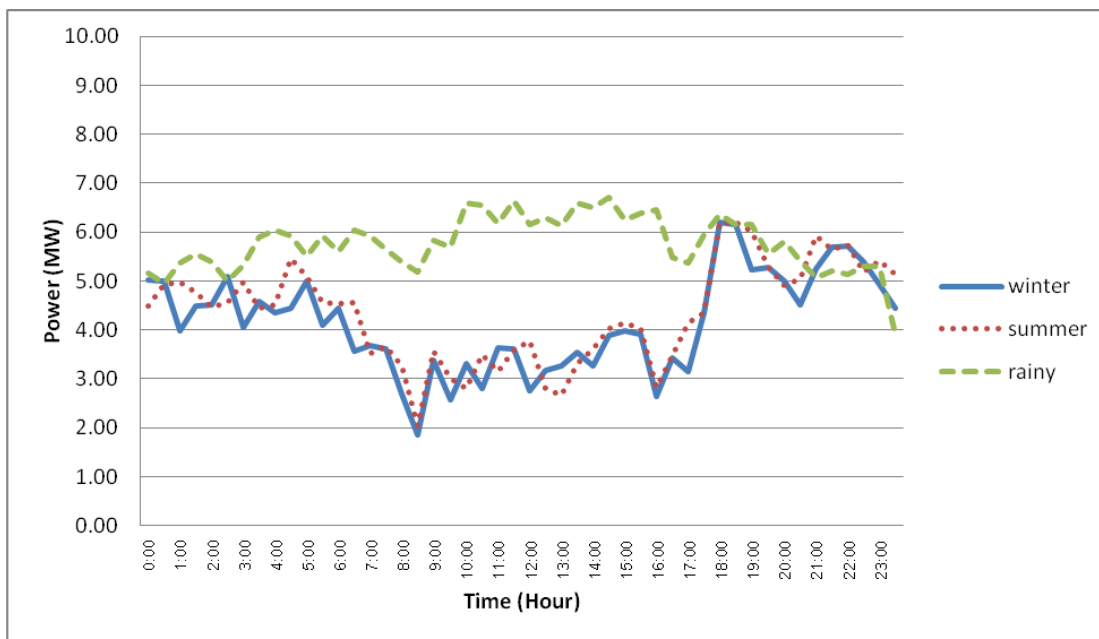
ภาพที่ 19 ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยในวันทำงานของฤดูฝน (สิงหาคม 2555)
ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล



ภาพที่ 20 ผลจำลองค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยในวันหยุดของฤดูฝน (สิงหาคม 2555) ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล



ภาพที่ 21 เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าในวันทำงานที่สถานี ในฤดูหนาว ฤดูร้อนและฤดูฝน



ภาพที่ 22 เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าในวันหยุดที่สถานี ในฤดูหนาว ฤดูร้อนและฤดูฝน

จากภาพที่ 21 และภาพที่ 22 เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่สถานีของฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝนในวันทำงาน และวันหยุดต่างๆ ซึ่งในฤดูหนาวจากอุณหภูมิต่ำ ความต้องการไฟฟ้าโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าฤดูกาลอื่นๆ เพราะความต้องการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าฤดูกาลอื่น และการผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์จะผลิตได้ในสภาพอากาศดี มีความเร็วลมพัดแรงต่อเนื่อง ทำให้ ค่าความต้องการไฟฟ้าที่สถานีมีความผันผวนมาก ฤดูร้อนค่าความต้องการใช้ไฟฟ้ามากที่สุด การผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตได้ในสภาพอากาศดี ความเร็วลมไม่พัดแรงเท่ากับ ความเร็วลมในฤดูหนาว และในฤดูฝนค่าความต้องการไฟฟ้ามีค่าใกล้เคียงกับฤดูร้อนน้อยกว่าเล็กน้อย การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้น้อย เพราะมีฝนตก และมีเมฆมาก ค่าความเร็วลมไม่พัดแรงเท่ากับฤดูหนาว

การพยากรณ์จะทำการพยากรณ์ แบ่งเป็น 3 ฤดูกาล คือ ฤดูหนาว ฤดูร้อน และ ฤดูฝน โดยจะพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในวันทำงาน (วันจันทร์ถึงวันศุกร์) วันหยุดประจำสัปดาห์ และวันหยุดพิเศษ

ผลการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า

ผลการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าจากวิธี ถดถอยพหุคูณ

การพยากรณ์โดยใช้วิธีการถดถอยพหุคูณ ได้ผลการทดลองเปรียบเทียบกับความต้องการไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าจริง แสดงเป็นกราฟ โดย วันที่พยากรณ์ของความต้องการไฟฟ้าในฤดูหนาว คือ วันหยุด และวันทำงาน ในเดือน ธันวาคม 2554 ถึงธันวาคม 2555 และฤดูฝน เดือน สิงหาคม 2555 โดยใช้ค่าสภาพอากาศในแต่ละวันเป็น จากข้อมูลสภาพอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา

โดยศึกษาวิธีการพยากรณ์ระยะสั้นรายครึ่งชั่วโมง โดยใช้ค่าความต้องการที่เพิ่งเกิดขึ้นและปัจจัยด้านสภาพอากาศ คือ อุณหภูมิ และความเร็วลม มาใช้เพื่อหา ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการแบบวิธีการถดถอยพหุคูณ ผลการพยากรณ์จะได้ค่าความต้องการไฟฟ้าแต่ละวัน เป็นรายครึ่งชั่วโมง ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับความผิดพลาดจากค่าความต้องการไฟฟ้าจริง จะได้ค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์นำมาคิดเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Absolute Percentage Error) หรือ APE ที่แต่ละชั่วโมง ด้วยสมการที่ 21

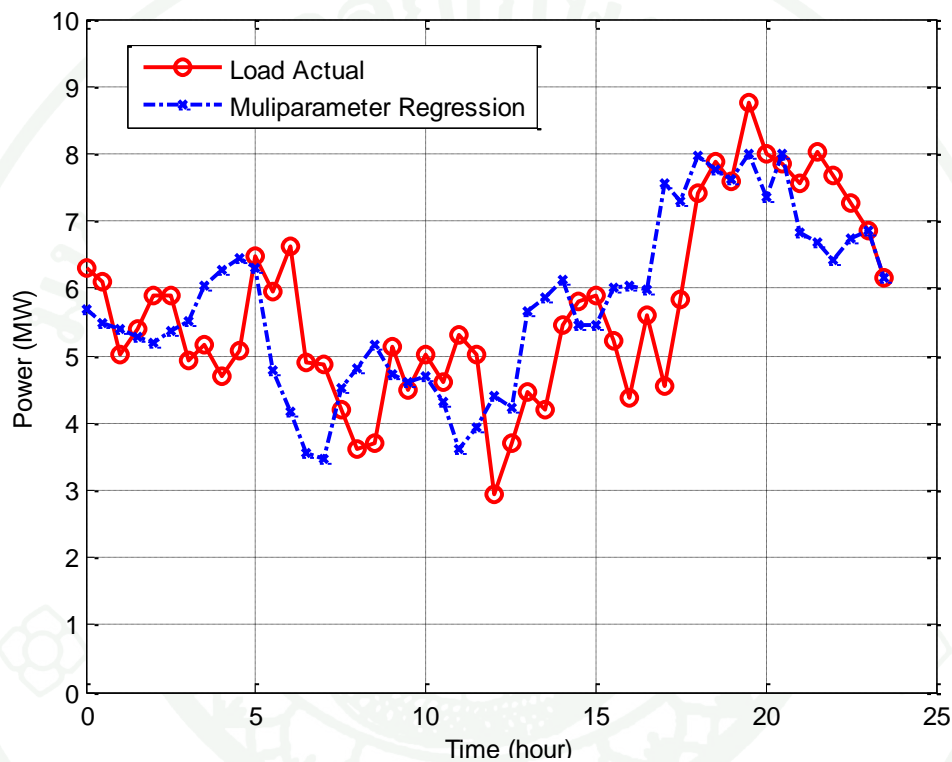
$$APE = \frac{|L_{Ai} - L_{Fi}|}{L_{Ai}} \times 100 \quad (21)$$

และนำมาหาค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error) หรือ MAPE ของการพยากรณ์ด้วยสมการที่ (22)

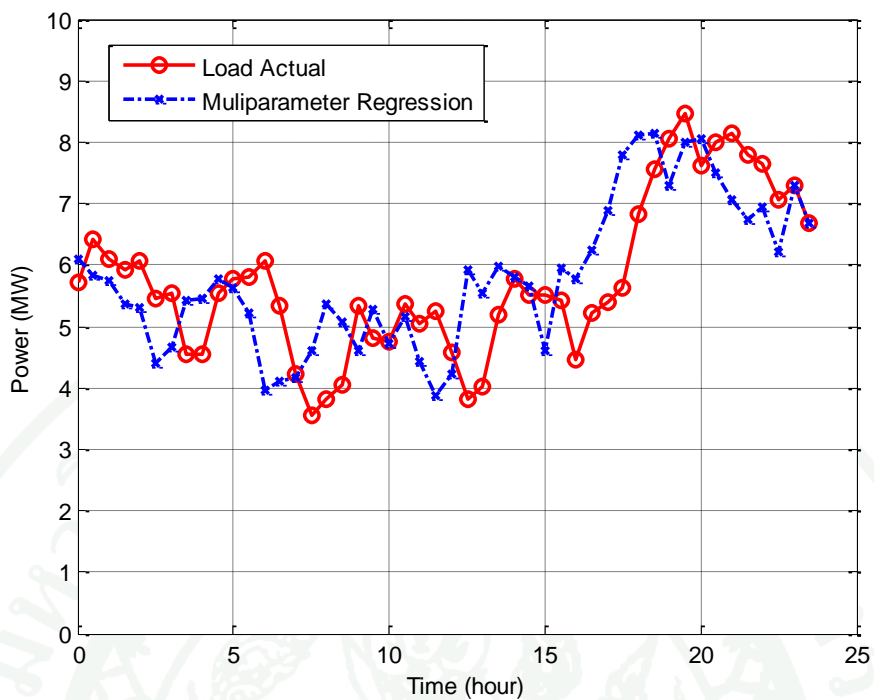
$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n \left[\frac{|L_{Ai} - L_{Fi}|}{L_{Ai}} \right]}{n} \times 100 \quad (22)$$

- เมื่อ L_{Ai} คือ ค่าความต้องการไฟฟ้าจริง ของโหลด ณ ช่วงเวลาต่างๆ
 L_{Fi} คือ ค่าความต้องการไฟฟ้าที่ได้จากการพยากรณ์ของโหลด ณ ช่วงเวลาต่างๆ
 n คือ จำนวนของข้อมูลทั้งหมด
 $i = 1, 2, 3, \dots, n$ เป็น จำนวนชั่วโมงต่อวัน

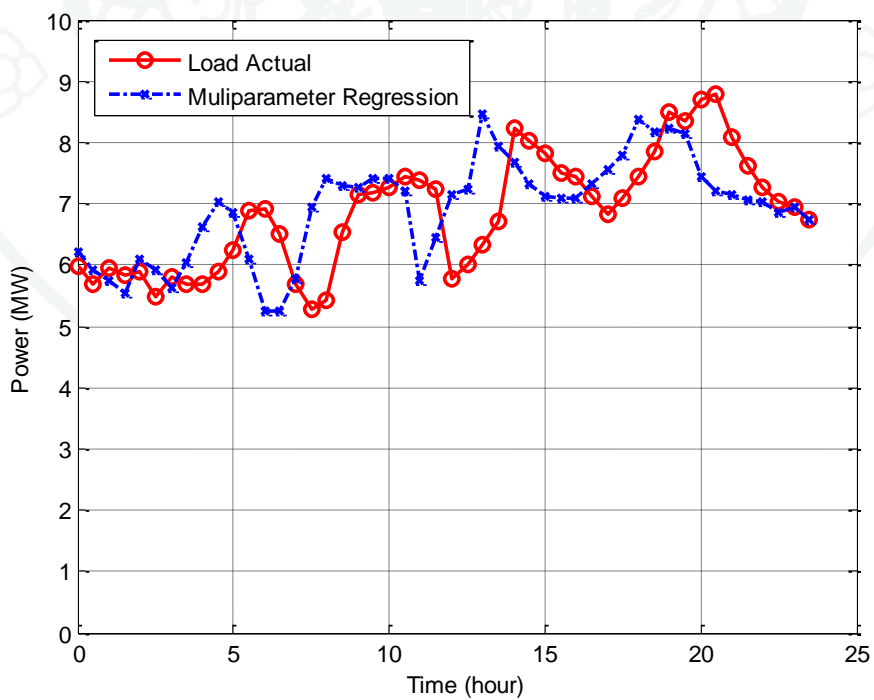
ผลการทดลองพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าในวันที่ 1-31 สิงหาคม 2555 จากข้อมูลความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าที่มีค่าผันผวน จากการจำลองกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ และ โรงไฟฟ้าพลังงานลม ได้ผลการพยากรณ์แบบวิธีถดถอยเชิงพหุคูณในภาพที่ 25 เป็นกราฟเส้นประสีน้ำเงิน และค่าความต้องการไฟฟ้าจริงเป็นกราฟเส้นตรงสีแดง มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย สมบูรณ์ค่าความผิดพลาดมากที่สุด 1.35 MW ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 13.21 %



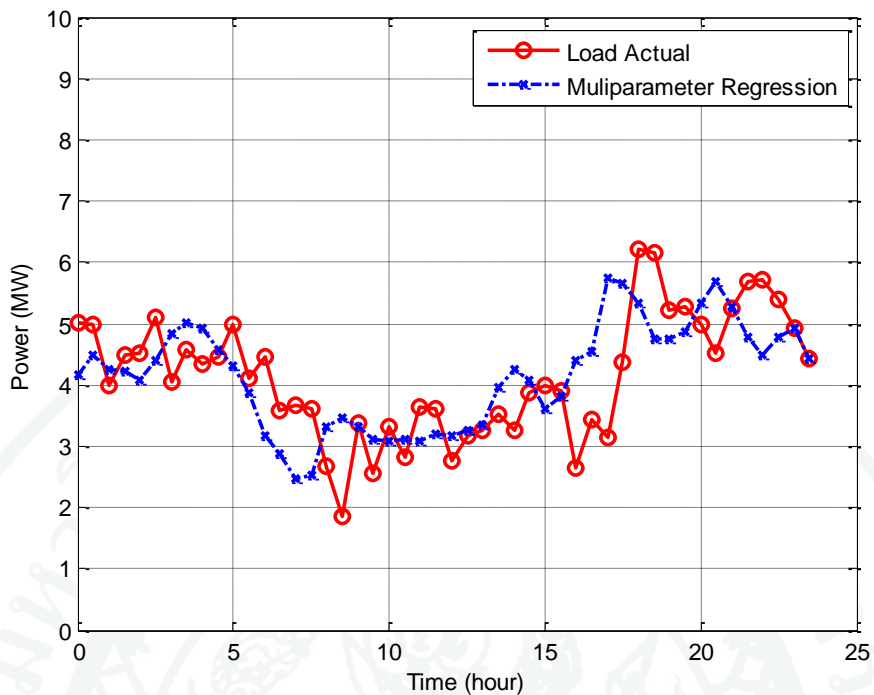
ภาพที่ 23 เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในวันทำงาน ตุลาคม



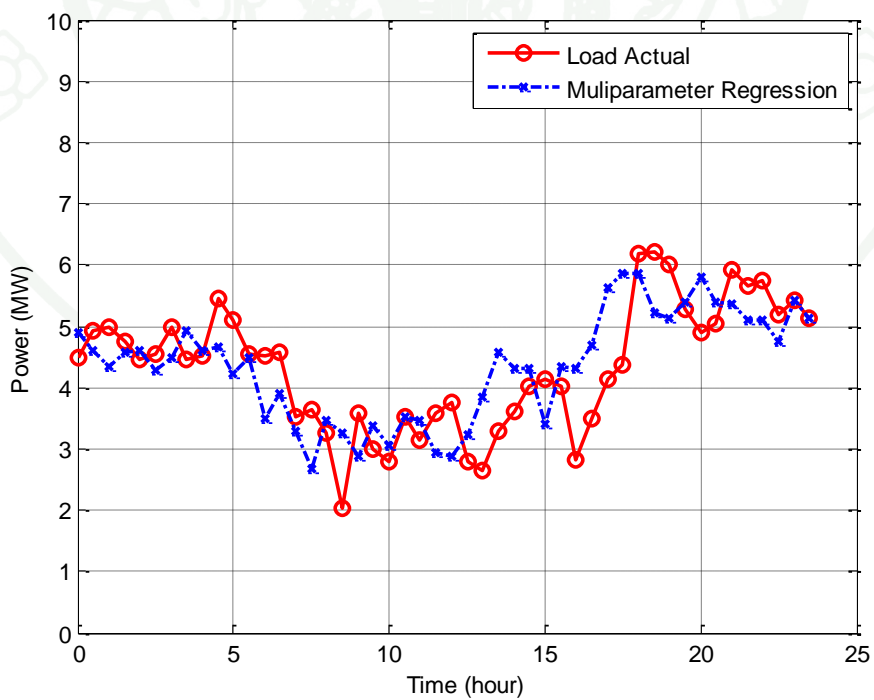
ภาพที่ 24 เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในวันทำงาน ฤดูแล้ง



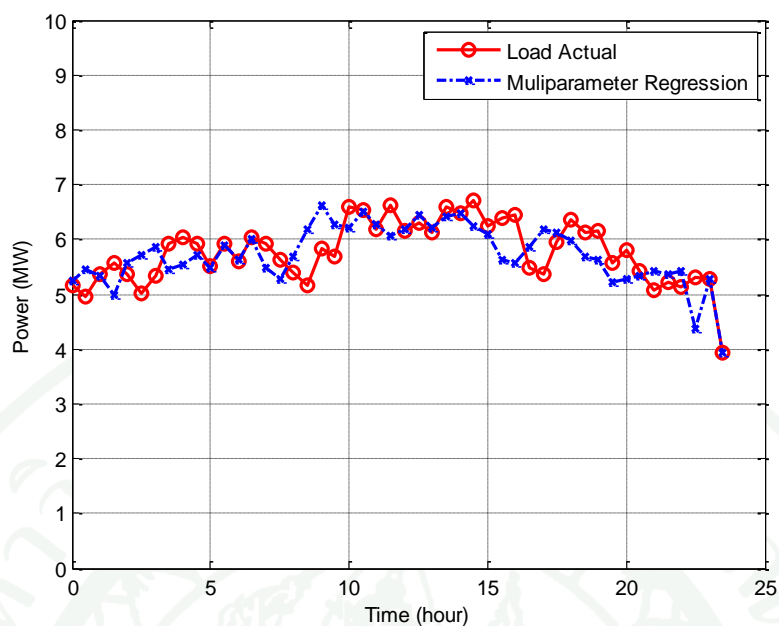
ภาพที่ 25 เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในวันทำงาน ฤดูฝน



ภาพที่ 26 เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในวันหยุด ฤดูหนาว



ภาพที่ 27 เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในวันหยุด ฤดูร้อน



ภาพที่ 28 เปรียบเทียบค่าความต้องการไฟฟ้าที่พยากรณ์ได้ และค่าจริงในวันหยุด ถูคฝน

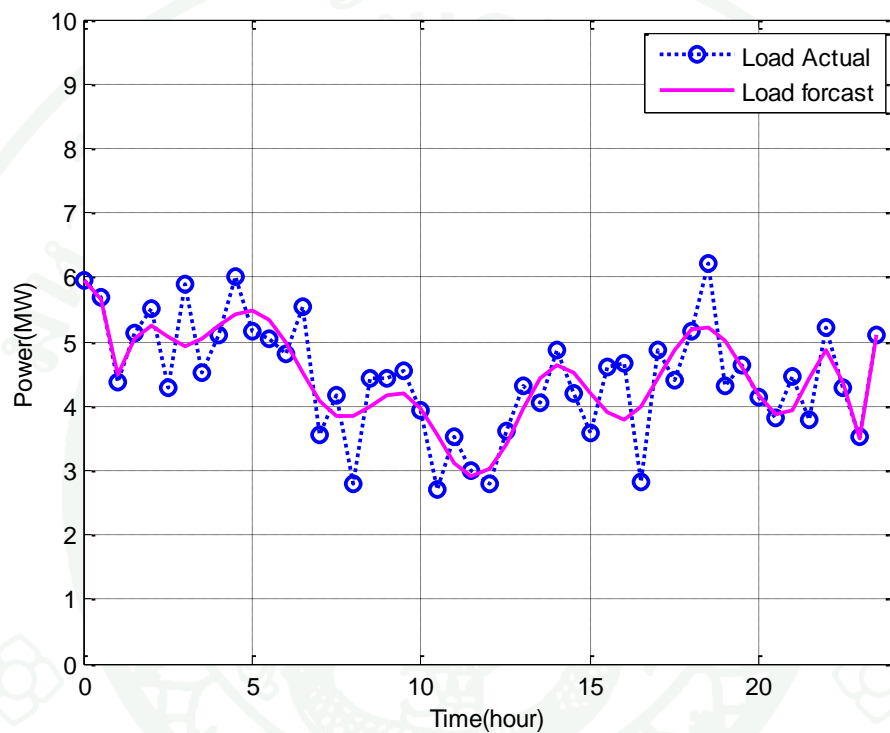
ตารางที่ 5 เปรอ์เซ็นต์ความผิดพลาดของการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในวันทำงานของ โดยใช้การถดถอยแบบพหุคูณ

ฤดูกาล	วันทำงาน			วันหยุด		
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
	สูงสุด (%)	ต่ำสุด (%)	เฉลี่ย (%)	สูงสุด (%)	ต่ำสุด (%)	เฉลี่ย (%)
ฤดูหนาว(ธ.ค. 54)	18.06	16.12	16.85	18.2	16.1	17.7
ฤดูร้อน (เม.ย 55)	16.38	14.89	15.49	16.8	14.3	15.38
ฤดูฝน (ส.ค. 55)	11.9	9.41	10.55	7.1	5.8	6.00

จากตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่า ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ในวันทำงานทั้ง 3 ฤดูกาล ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของฤดูฝน ในวันทำงานและวันหยุดน้อย มีค่าน้อยกว่า ฤดูหนาวและฤดูร้อน และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของ ฤดูหนาว มีค่ามากที่สุด

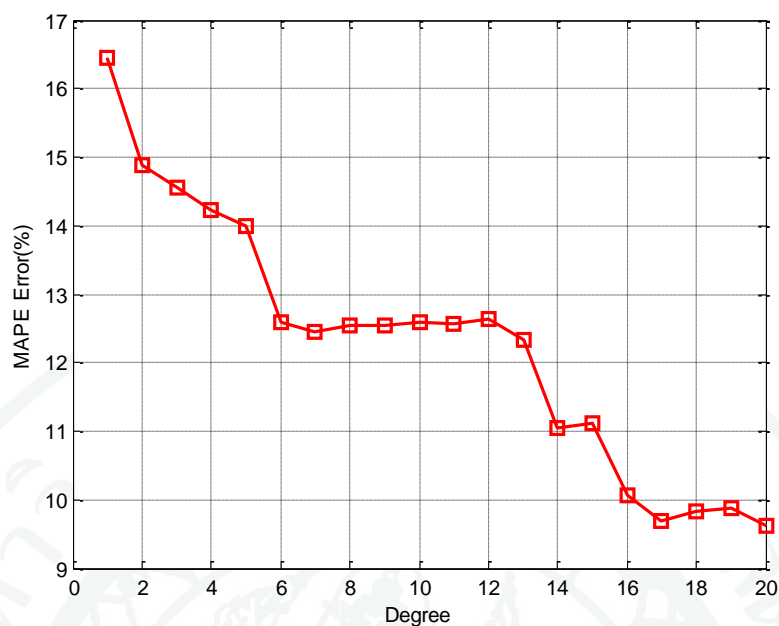
ผลการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า วิธีการถดถอยเชิงพหุนาม

จากข้อมูลค่าความต้องการไฟฟ้า ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล นำมาหาผลการพยากรณ์ โดยวิธีการถดถอยพหุนาม โดยใช้โปรแกรม Matlab พยากรณ์ข้อมูล จำนวน 1 วัน โดยใช้อันดับการค่า ยกกำลังของการพยากรณ์ ตั้งแต่อันดับ 1 ถึง อันดับที่ 20



ภาพที่ 29 ผลการพยากรณ์โดยวิธีการถดถอยเชิงพหุนาม

จากภาพที่ 29 เป็นผลการพยากรณ์ที่อันดับยกกำลังที่ 15 นำผลการพยากรณ์ในแต่ละอันดับ ไปคำนวณหาค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ ดังแสดงในภาพที่ 30 และตารางที่ 6 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์มีค่าน้อยลง ค่าอันดับสูงขึ้น



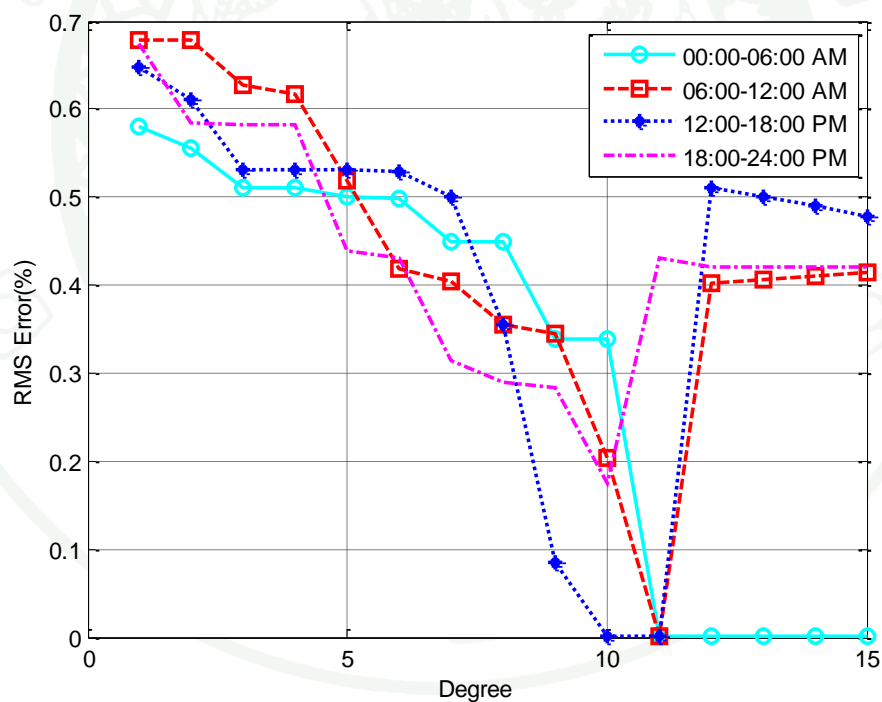
ภาพที่ 30 ผลค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของการพยากรณ์วิธีเชิงพหุนามของแต่ละอันดับการยกกำลัง

ตารางที่ 6 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์จากผลการพยากรณ์เชิงพหุนามวงจรไฟฟ้าที่
ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล วันพุธที่ 1 สิงหาคม 2555

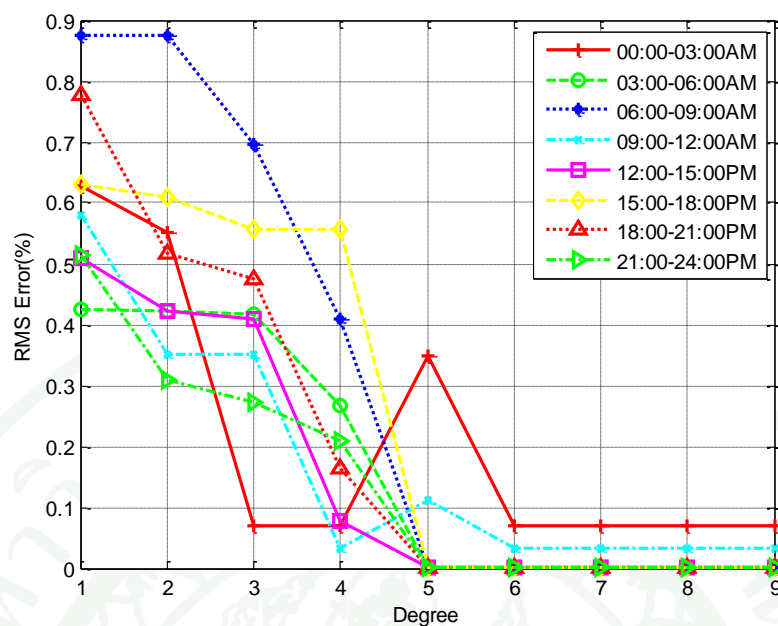
อันดับ	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย สมบูรณ์ (RME) (%)	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย MAPE (%)	อันดับ	ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย สมบูรณ์ (RME) (%)	ค่าความผิดพลาด เฉลี่ย MAPE (%)
1	0.8380	16.4615	11	0.6416	12.5587
2	0.7477	14.8754	12	0.6406	12.6468
3	0.7403	14.5577	13	0.6231	12.3248
4	0.7052	14.2224	14	0.5696	11.0404
5	0.7007	14.0025	15	0.5641	11.1122
6	0.6498	12.5795	16	0.5198	10.0573
7	0.6456	12.4438	17	0.5169	9.6813
8	0.6422	12.5379	18	0.5145	9.8412
9	0.6421	12.5428	19	0.5141	9.8836
10	0.6420	12.5884	20	0.5093	9.6111

จากตารางที่ 6 เป็นการพยากรณ์โดยใช้วิธีการถดถอยเชิงพหุนาม ของสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล ผลการพยากรณ์ มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ น้อยที่สุด เท่ากับ 0.5093 เปอร์เซ็นต์ และ ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยที่สุด 9.61 % ซึ่งเป็นการพยากรณ์ที่ใช้วิธีการถดถอยเชิงพหุนามที่ ค่าอันดับการยกกำลังที่อันดับที่ 20 และพบว่าในการพยากรณ์วิธีการถดถอยเชิงพหุนาม ยิ่งค่าอันดับการยกกำลังมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์มีค่าน้อยลง

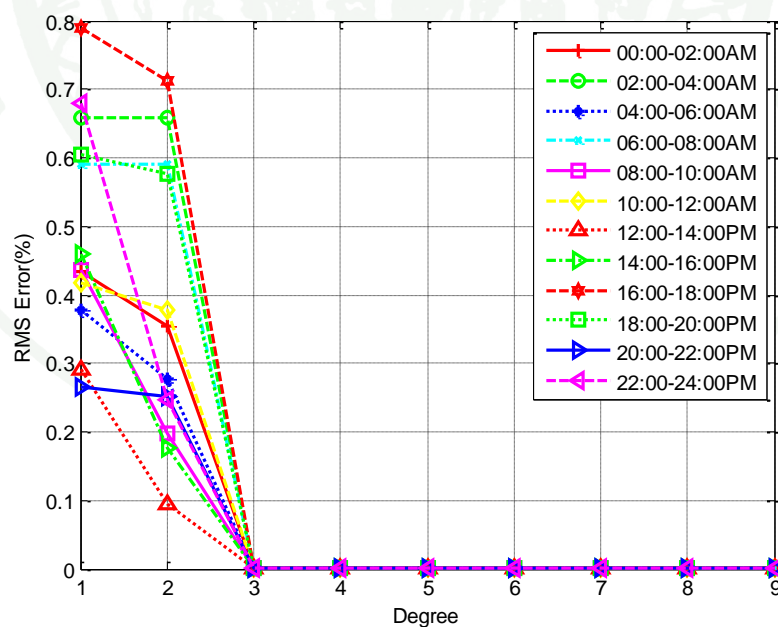
ทดลองหาวิธีการในการใช้อันดับของการยกกำลังในวิธีการถดถอยเชิงพหุนาม ในการพยากรณ์ให้ได้ค่าอันดับน้อยลง โดยลดค่าเวลาที่เหมาะสมในการหาค่าสัมประสิทธิ์ เพื่อใช้ทำการพยากรณ์ ที่อันดับยกกำลังของสมการที่เหมาะสมที่สุดที่สามารถทำการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าได้ แบ่งเป็นกรณีต่างๆ ดังนี้ ใช้ค่าความต้องการไฟฟ้าย้อนหลังจำนวน 12 ค่า 6 ค่า และ 4 ค่า จากค่าละทุก ครั้งชั่วโมง คิดเป็นค่าย้อนหลัง 6 ชั่วโมง 3 ชั่วโมง และ 2 ชั่วโมง



ภาพที่ 31 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ที่ของค่าอันดับการยกกำลังในการพยากรณ์ กรณีใช้ข้อมูลย้อนหลัง 6 ชั่วโมง



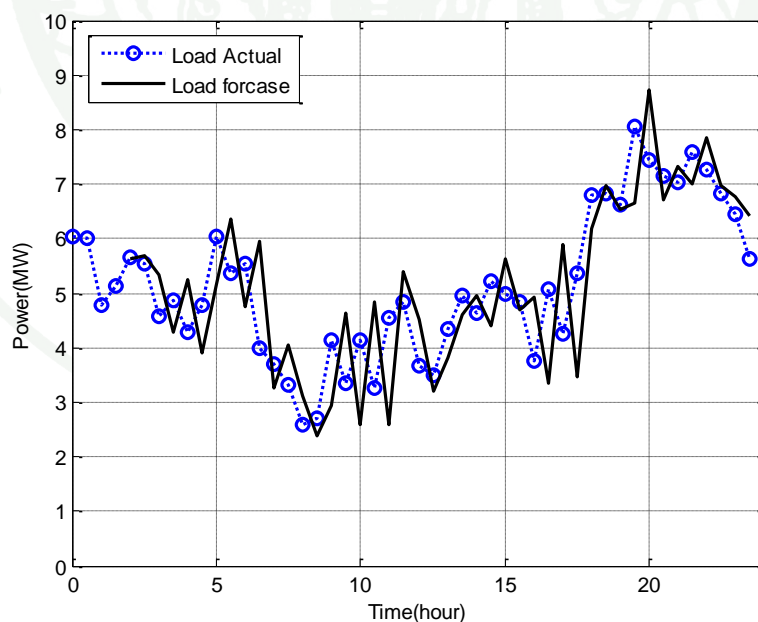
ภาพที่ 32 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ที่ ของค่าอันดับการยกกำลังในการพยากรณ์ กรณีใช้ข้อมูลย้อนหลัง 4 ชั่วโมง



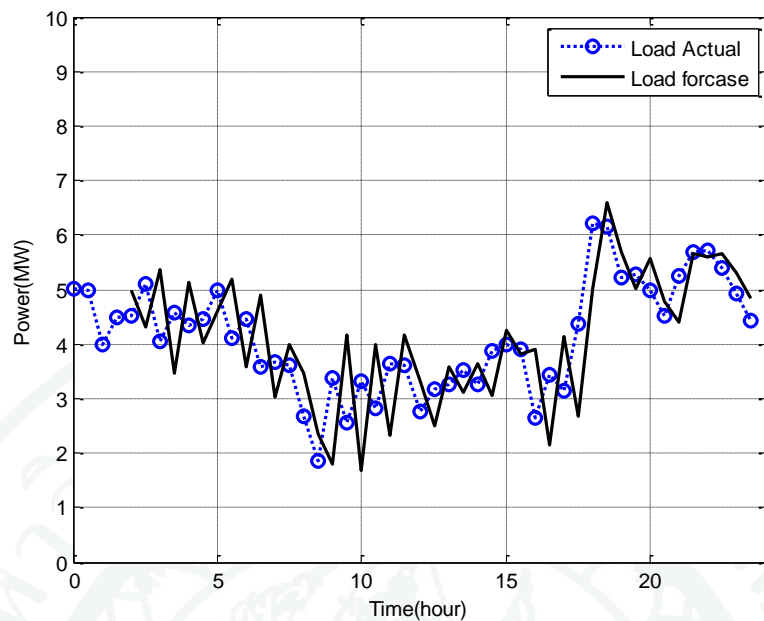
ภาพที่ 33 ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ที่ ของค่าอันดับการยกกำลังในการพยากรณ์ กรณีใช้ข้อมูลย้อนหลัง 2 ชั่วโมง

จากผลการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าวิธีการถดถอยแบบวิธีพหุนาม ในแต่ละค่ายกกำลังของสมการนั้น กรณีที่ไม่ได้แบ่งค่าตามช่วงเวลานั้น อันดับการยกกำลังที่ทำให้ค่าผิดพลาดน้อยที่สุดคือ อันดับการยกกำลังที่ 20 ซึ่งเมื่อแบ่งช่วงเวลาในการพยากรณ์ให้สั้นลงออกไปเป็น 4 ช่วงเวลา โดยช่วงเวลาละ 6 ชั่วโมงนั้น ค่าอันดับการยกกำลังที่ทำให้ค่าผิดพลาดน้อยที่สุดของการพยากรณ์ข้อมูลการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าทุกวงจรน้อยที่สุดคือ อันดับการยกกำลังที่ 11 และหลังจากการแบ่งช่วงเวลาการพยากรณ์ต่อไปอีกเป็น 8 ช่วงเวลา หรือพยากรณ์ช่วงเวลาละ 3 ชั่วโมง ค่าอันดับการยกกำลังที่ทำให้ ค่าผิดพลาดน้อยที่สุดคือ อันดับการยกกำลังที่ 5 และหลังจาก แบ่งช่วงเวลาต่อไปอีกที่ 12 ช่วงเวลา ละ 2 ชม. ค่าอันดับการยกกำลังที่ทำให้ ค่าผิดพลาดน้อยที่สุด อันดับการยกกำลังที่ 3

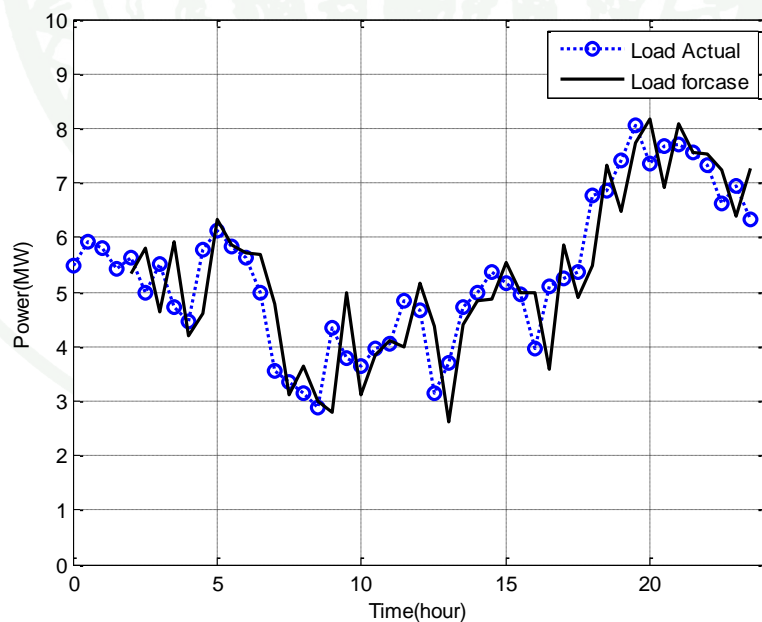
ดังนั้นในการพยากรณ์โดยวิธีการพยากรณ์ถดถอยเชิงพหุนาม ที่จำนวนเวลาที่น่ามาพยากรณ์ ยิ่งสั้นค่ายกกำลังที่ใช้ยังมีค่าน้อย ได้ค่ายกกำลังที่ใช้ ในสมการถดถอยเชิงพหุนามคือ ค่ายกกำลัง 3 ทำการทดลองพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้า โดยนำข้อมูลค่าความต้องการไฟฟ้าที่ผ่านมา 30 นาที, 60 นาที, 90 นาที และ 120 นาที มาพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าล่วงหน้า 30 นาที โดยโปรแกรม Matlab ได้ผลดังภาพต่อไปนี้



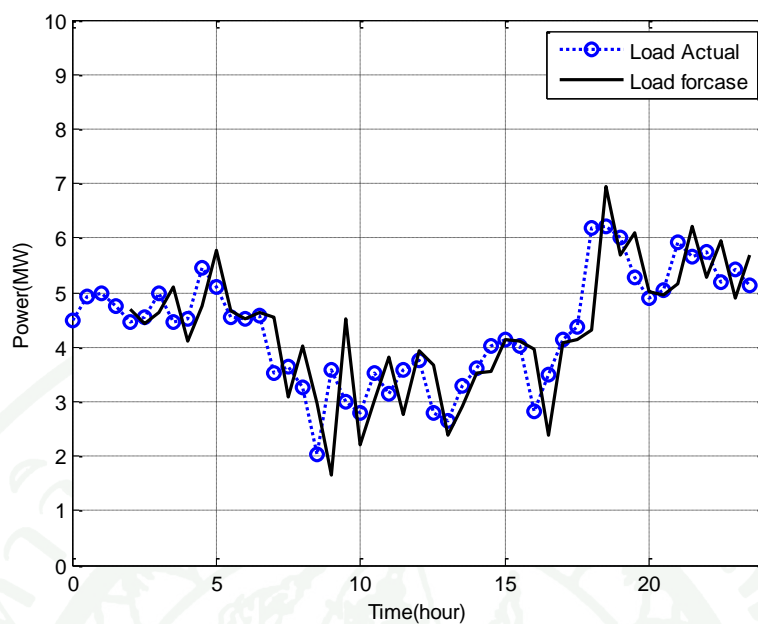
ภาพที่ 34 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริง ของวันทำงาน ในฤดูหนาว



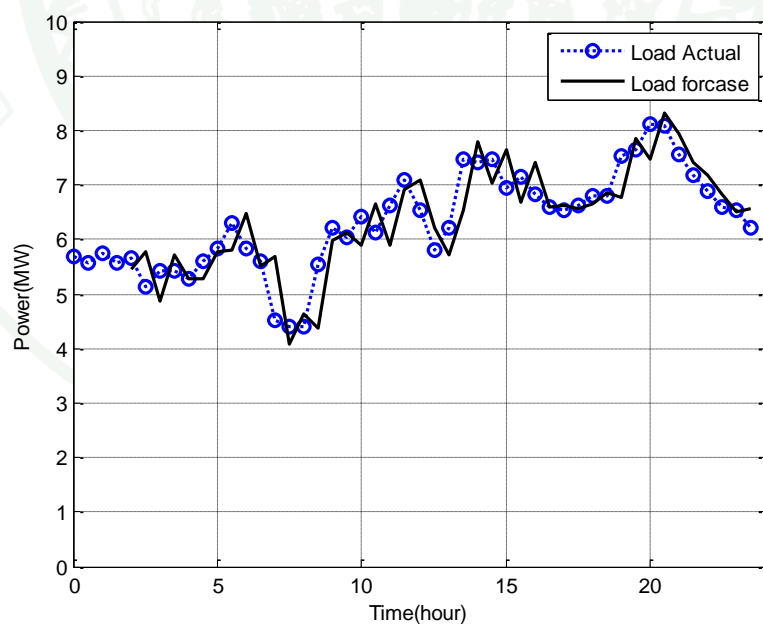
ภาพที่ 35 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริง ของวันหยุดในฤดูหนาว



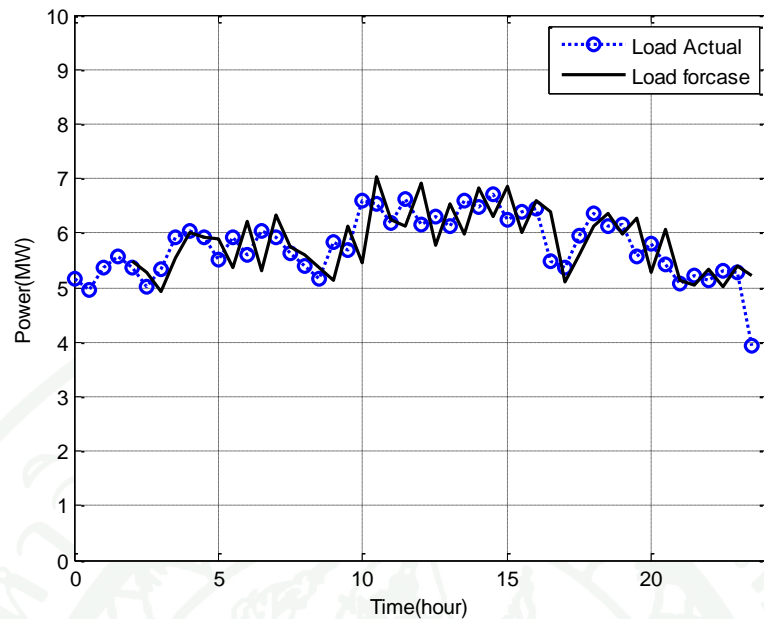
ภาพที่ 36 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริง ของวันทำงาน ในฤดูร้อน



ภาพที่ 37 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริง ของวันหยุดในฤดูร้อน



ภาพที่ 38 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริง ของวันทำงานในฤดูฝน



ภาพที่ 39 เปรียบเทียบผลการพยากรณ์ด้วยวิธีถดถอยพหุนามและค่าความต้องการไฟฟ้าจริง ของวันหยุดในฤดูฝน

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าในวันทำงานของ โดยใช้การถดถอยแบบพหุนาม

ฤดูกาล	วันทำงาน			วันหยุด		
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
	สูงสุด (%)	ต่ำสุด (%)	เฉลี่ย (%)	สูงสุด (%)	ต่ำสุด (%)	เฉลี่ย (%)
ฤดูหนาว(ธ.ค. 54)	13.65	11.73	12.66	14.49	11.38	13.37
ฤดูร้อน (เม.ย 55)	10.92	8.937	9.81	12.37	9.37	10.37
ฤดูฝน (ส.ค. 55)	6.44	5.09	5.59	6.12	5.30	5.79

จากตารางที่ 7 จะเห็นได้ว่า ค่าความผิดพลาดของการพยากรณ์ในวันทำงานทั้ง 3 ฤดูกาล ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของฤดูฝน ในวันทำงานและวันหยุดน้อย มีค่าน้อยกว่า ฤดูหนาวและฤดูร้อน และค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของ ฤดูหนาว มีค่ามากที่สุด

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

วิทยานิพนธ์นี้ นำเสนอวิธีการพยากรณ์ความต้องการระยะสั้นในระบบโครงข่ายอัจฉริยะที่มีค่าความต้องการไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้า ผันผวนมาก ตามปัจจัยด้านสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาลที่อุณหภูมิมีผลต่อการใช้โหลดของผู้ใช้ไฟ และ ความเร็วลมที่มีความไม่แน่นอนมีความผันผวนทำให้กำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานลมมีความผันผวนตาม การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้านี้ เป็นการพยากรณ์ ค่าความต้องการไฟฟ้าที่สถานีไฟฟ้าที่มีโหลดการใช้ไฟฟ้าและ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าแสงอาทิตย์ และ โรงไฟฟ้าพลังงานลม โดยใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีตมาทำนายค่าที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยนำปัจจัยด้านสภาพอากาศของฤดูกาลต่างๆ มาใช้เป็นข้อมูลในการพยากรณ์ด้วย ซึ่งจากผลการทดลองพยากรณ์ โดยใช้ข้อมูลความต้องการไฟฟ้าจริงจากสถานีไฟฟ้าชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี แบ่งเป็นฤดูกาลต่าง ๆ คือ ฤดูหนาว เดือนธันวาคม 2554 ฤดูร้อน เดือนเมษายน 2555 และ ฤดูฝน เดือนสิงหาคม 2555 ของวันทำงานและวันหยุดในฤดูกาลนั้น ๆ กับ ข้อมูลสภาพอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดลพบุรี มาทำการพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้า โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุคูณ และ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบพหุนาม

วิธีการถดถอยแบบพหุคูณ พยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าล่วงหน้าครึ่งชั่วโมง โดยใช้ค่าความต้องการไฟฟ้า ค่าอุณหภูมิ และค่าความเร็วลม ของเวลา ณ ปัจจุบัน ค่าที่เวลาย้อนหลังครึ่งชั่วโมง และค่าที่เวลาย้อนหลังหนึ่งชั่วโมง สามารถนำมาพยากรณ์ และนำผลที่ได้จากการพยากรณ์มาเปรียบเทียบกับค่าความต้องการไฟฟ้าจริง ได้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ของวันทำงานและวันหยุดในฤดูกาล ต่างๆ ซึ่งค่าความผิดพลาดที่ได้มากที่สุด จะเป็นการพยากรณ์ใน ฤดูหนาวเดือนธันวาคม 2554 เพราะค่าความเร็วลมมีค่าความผันผวนมากที่สุด โดยค่าความเร็วลมสูงสุดที่สุด ของเดือนธันวาคม เท่ากับ 22 กม./ชม. และในฤดูฝน ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย ต่ำที่สุด เนื่องจาก การผลิตไฟฟ้าจาก แสงอาทิตย์ และพลังงานลมมีค่าน้อย ตามสภาพอากาศฝนตก จึงทำให้ โหลดมีความผันผวนไม่มาก ค่าความผิดพลาดเฉลี่ย ของฤดูฝน เท่ากับ 10.55 % ในวันทำงาน และ 6 % ในวันหยุด

วิธีการถดถอยเชิงพหุนาม ทดลองหาวิธีการพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าล่วงหน้าครึ่ง ชั่วโมง ทดลองหาค่ากำลังของค่ายกกำลังที่เหมาะสมที่ต่ำที่สุด เพื่อสามารถนำไปใช้ลดความซับซ้อน ของการพยากรณ์ โดยให้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์น้อยที่สุด จากการทดลองพยากรณ์ ข้อมูลใน 1 วัน ตั้งแต่ ค่ายกกำลัง 1 – 20 พบว่า ยิ่งใช้ข้อมูลในการพยากรณ์ช่วงเวลาที่น้อยลง ยิ่งทำให้ค่ายกกำลังที่ทำให้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์น้อยลงด้วย จากนั้นนำค่ายกกำลังที่ได้จากการทดลองก่อนหน้านี้ได้ค่า ยกกำลังที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้พยากรณ์คือ ค่ายกกำลัง 3 มาใช้วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุนามจากข้อมูลปัจจุบันและย้อนหลังทุกๆ ครึ่งชั่วโมง รวม 2 ชั่วโมง เป็นวิธีการที่สามารถนำพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้า ในฤดูกาลต่างๆ ทั้ง 3 ฤดูกาล ได้ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ในวันทำงานของฤดูหนาว 12.66 % และมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์น้อยที่สุดที่ 5.09 % ในฤดูฝน ที่มีความผันผวนของการสภาพอากาศความเร็วลมน้อยที่สุด

ตารางที่ 8 ตารางสรุปผลค่าผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ของวิธีการพยากรณ์การถดถอยแบบพหุคูณ และวิธีการพยากรณ์ถดถอยแบบพหุนาม

วิธีการพยากรณ์	วันทำงาน			วันหยุด		
	MAPE สูงสุด (%)	MAPE ต่ำสุด (%)	MAPE เฉลี่ย (%)	MAPE สูงสุด (%)	MAPE ต่ำสุด (%)	MAPE เฉลี่ย (%)
ฤดูหนาว (ธ.ค. 54)						
การถดถอยแบบพหุคูณ	18.06	16.12	16.85	18.2	16.1	17.7
การถดถอยแบบพหุนาม	13.65	11.73	12.66	14.49	11.38	13.37
ผลต่าง	4.41	4.39	4.19	3.71	4.72	4.33
ฤดูร้อน (เม.ย. 55)						
การถดถอยแบบพหุคูณ	16.38	14.89	15.49	16.8	14.3	15.38
การถดถอยแบบพหุนาม	10.92	8.937	9.81	12.37	9.37	10.37
ผลต่าง	5.46	5.953	5.68	4.43	4.93	5.01

ตารางที่ 8 (ต่อ)

วิธีการพยากรณ์	วันทำงาน			วันหยุด		
	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE	MAPE
	สูงสุด (%)	ต่ำสุด (%)	เฉลี่ย (%)	สูงสุด (%)	ต่ำสุด (%)	เฉลี่ย (%)
ฤดูฝน(ส.ค. 55)						
การถดถอยแบบพหุนาม	11.9	9.41	10.55	7.1	5.8	6.00
การถดถอยแบบพหุนาม	6.44	5.09	5.59	6.12	5.30	5.79
ผลต่าง	5.46	4.32	4.96	0.98	0.5	0.21

จากตารางที่ 8 สรุปได้ว่า การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นโดยวิธีการถดถอยแบบพหุนาม มีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยสมบูรณ์ น้อยกว่าวิธีการถดถอยแบบพหุนามในฤดูกาลทั้ง 3 ฤดูกาล ซึ่งวิธีการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น โดยวิธีการถดถอยแบบพหุนามนี้ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าล่วงหน้าในระยะสั้น เพื่อใช้ช่วยในการตัดสินใจบริหารจัดการและควบคุมการจ่ายไฟในระบบไฟฟ้าที่มีความผันผวนมากในระบบไฟฟ้าโครงข่ายอัจฉริยะได้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าวิธีการพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้น โดยวิธีพหุนามที่ค่ายกกำลัง 3 สามารถนำมาพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้าที่มีความผันผวนจากแหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียนได้ ซึ่งในแนวทางการที่คิดว่าจะทำให้ผลการวิจัยดีขึ้น อาจจะมีการพยากรณ์อากาศของวัน มาใช้ร่วมกับ การพยากรณ์ค่าความต้องการไฟฟ้า และพลังงานของแหล่งกำเนิดพลังงานหมุนเวียน โดยวิธีการที่สลับซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เช่น วิธีการ Support Vector Machines เพื่อให้ได้ผลพยากรณ์ที่ดียิ่งขึ้นได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. 2555. **โครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ PEA SMART GRIDS**. แหล่งที่มา:

<http://161.200.85.41/pea-smartgrid/index.php/smart-grid>, 1 มกราคม 2555.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2544. **การวิเคราะห์ห้ตัวแปรหลายตัวด้วย SPSS for Windows**. คณะ

พาณิชยศาสตร์และการบัญชี, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธฤติ บุญยายน. 2545. **การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นมากโดยใช้โครงข่ายประสาท**

เทียม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีระศักดิ์ อูร์จนาพันธ์. 2546. **ความน่าจะเป็นและสถิติประยุกต์ เล่ม 2**. สำนักพิมพ์สกายบุ๊กส์,

กรุงเทพฯ.

วันชัย จันไกรผล. 2550. **การพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าระยะสั้นของสถานีไฟฟ้าย่อยโดยใช้**

เครือข่ายประสาทร่วมกับหลักวิธีถ่ายทอดพันธุกรรม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นฤมล ชิ่งเกียรติระกูล. 2550. **การพยากรณ์โหลดระยะสั้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม**.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Amjady, N., F. Keynia and H. Zareipour. 2010. Short-Term Load Forecast of Microgrids by a

New Bilevel Prediction Strategy. **IEEE Transaction on SMART GRID**. 1(3): 286-

294.

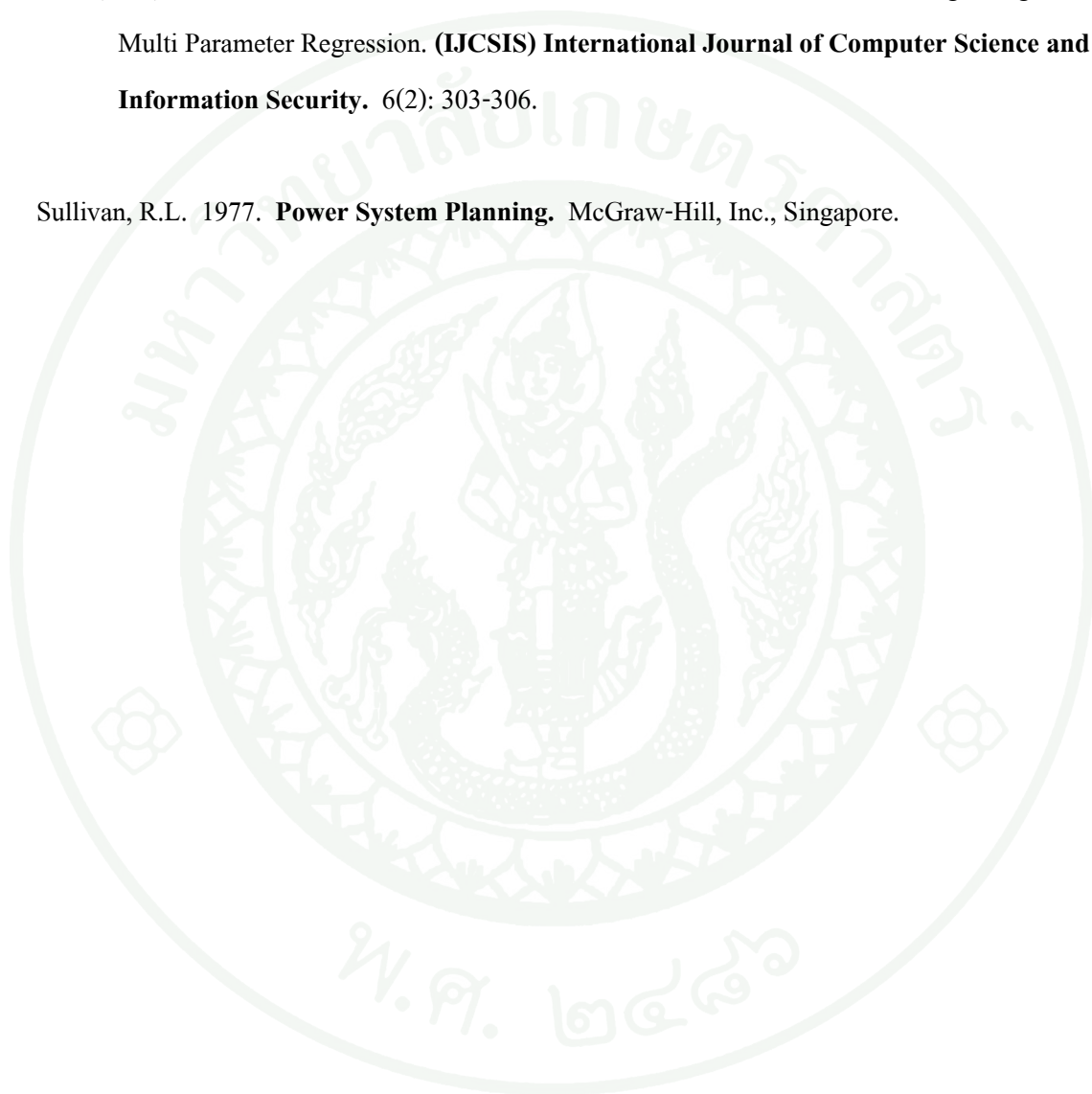
Espinola, R., F.J. Nogales and A.J. Conejo. 2003. ARIMA Models to Predict Next- Day

Electricity prices. **IEEE Transaction on Power Systems**. 18(3): 1014-1020.

International Energy Agency. 2010. **Modeling Load Shifting Using Electric Vehicles in a Smart Grid Environment**. Available Source: <http://www.iea.org/about/copyright.asp>, 9 January 2011.

Rothe, J.P., A.K. Wadhvani, and S. Wadhvani. 2009. Short Term Load Forecasting Using Multi Parameter Regression. **(IJCSIS) International Journal of Computer Science and Information Security**. 6(2): 303-306.

Sullivan, R.L. 1977. **Power System Planning**. McGraw-Hill, Inc., Singapore.





ตารางผนวกที่ 1 ค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมง

เวลา(น.)	ค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ย รายชั่วโมง(MW)					
	ฤดูหนาว (ธันวาคม 54)		ฤดูร้อน (เมษายน 55)		ฤดูฝน (สิงหาคม 55)	
	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด
00.00	6.04	5.15	5.17	4.58	4.52	5.85
00.30	6.12	5.08	5.13	4.32	4.31	5.93
01.00	6.08	5.06	5.12	4.34	4.32	5.58
01.30	6.01	5.05	4.92	4.23	4.36	5.63
02.00	5.95	4.84	5.13	4.09	4.35	5.83
02.30	5.97	4.93	5.22	4.12	4.38	5.78
03.00	5.99	5.03	5.42	4.28	4.55	5.84
03.30	6.21	5.32	5.46	4.63	4.89	6.16
04.00	6.36	5.57	5.69	4.89	5.07	6.10
04.30	6.55	5.60	5.76	5.22	5.24	6.16
05.00	6.55	5.77	5.80	5.08	5.25	6.34
05.30	6.73	5.80	5.80	5.26	5.21	6.18
06.00	6.56	5.61	5.58	4.96	5.22	6.33
06.30	6.48	5.63	5.73	4.98	5.11	6.16
07.00	6.51	5.62	5.78	5.22	5.13	6.54
07.30	6.56	5.93	5.94	5.50	5.48	6.48
08.00	6.48	6.16	6.01	5.46	5.46	6.50
08.30	6.85	6.17	6.07	5.56	5.56	6.20
09.00	6.93	6.18	6.13	5.74	5.76	7.01
09.30	7.18	6.52	6.34	6.16	6.07	7.47
10.00	7.06	6.57	6.24	6.09	6.24	7.66
10.30	7.03	6.60	6.31	6.12	6.24	7.58
11.00	7.12	6.60	6.31	6.15	6.24	7.16
11.30	7.34	6.69	6.34	6.23	6.43	7.59
12.00	7.14	6.60	6.33	6.06	6.43	7.17

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

เวลา(น.)	ค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ย รายชั่วโมง(MW)					
	ฤดูหนาว (ธันวาคม 54)		ฤดูฝน (สิงหาคม 55)		ฤดูร้อน (เมษายน 55)	
	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด	วันทำงาน	วันหยุด
12.30	7.16	6.63	6.37	5.90	6.14	7.15
13.00	7.30	6.84	6.56	6.00	6.47	7.42
13.30	7.41	6.78	6.44	6.12	6.62	7.79
14.00	7.53	6.91	6.69	6.23	6.62	7.63
14.30	7.35	6.76	6.66	6.18	6.60	7.64
15.00	7.28	6.90	6.46	6.19	7.43	7.68
15.30	7.28	6.83	6.44	6.00	7.12	7.62
16.00	7.12	6.36	6.33	5.99	7.36	7.05
16.30	6.82	6.77	6.18	5.95	7.15	6.92
17.00	6.88	6.63	6.02	5.61	7.14	6.41
17.30	6.90	6.32	5.59	5.45	7.20	6.49
18.00	6.85	6.34	5.73	5.30	6.96	6.57
18.30	6.33	6.23	5.57	5.30	6.92	6.62
19.00	6.01	6.13	5.25	5.16	6.77	6.34
19.30	5.70	5.73	4.98	5.00	6.29	6.23
20.00	5.58	5.99	5.01	4.99	6.25	5.97
20.30	5.51	5.84	4.90	4.83	6.42	6.23
21.00	5.49	5.67	4.68	4.92	6.47	6.07
21.30	5.50	5.67	4.88	4.68	6.47	5.88
22.00	5.26	5.53	4.96	4.68	6.36	5.74
22.30	5.21	5.29	4.76	4.63	6.16	5.91
23.00	5.21	5.31	4.62	4.68	6.15	5.81
23.30	5.23	5.32	4.73	4.52	5.83	5.62

ที่มา: ศูนย์ควบคุมการจ่ายไฟการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเขต 3 ภาคเหนือ จังหวัดลพบุรี (2555)

ตารางผนวกที่ 2 อุณหภูมิ(เซลเซียส)รายครึ่งชั่วโมง

เวลา(น.)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)						
	1/8/55	2/8/55	3/8/55	4/8/55	5/8/55	6/8/55	7/8/55
0:00	26.3	26.3	26.2	26.9	27.5	26.9	26.6
0:30	26.3	26.2	26	26.9	27.3	26.7	26.5
1:00	26.3	26.1	25.8	26.9	27	26.5	26.4
1:30	26.2	26.1	25.7	26.7	26.8	26.5	26.3
2:00	26.1	26.0	25.6	26.5	26.6	26.5	26.1
2:30	26.0	26.0	25.5	26.3	26.4	26.5	26
3:00	26.0	26.0	25.4	26.2	26.2	26.5	25.9
3:30	25.9	26.0	25.3	26.1	26.1	26.5	25.7
4:00	25.8	26.0	25.3	26.0	26	26.5	25.6
4:30	25.6	25.5	25.2	26.0	25.8	26.3	25.5
5:00	25.4	25.0	25.1	25.9	25.6	26.2	25.3
5:30	25.2	25.0	25	25.9	25.5	25.9	25.2
6:00	25.5	25.0	25	25.9	25.6	26	25.3
6:30	25.8	25.3	25	26.0	25.8	26.2	25.4
7:00	26.0	25.5	25.1	26.0	26	26.3	25.4
7:30	26.6	26.2	25.5	26.5	27	26.9	26
8:00	27.2	26.8	25.9	27.0	28.1	27.4	26.6
8:30	27.8	27.4	26.3	27.5	29.2	27.9	27.2
9:00	28.4	28.0	26.7	28.0	30.2	28.4	27.8
9:30	29.0	28.6	27.1	28.5	31.3	28.9	28.4
10:00	29.5	29.3	27.5	29.0	32.3	29.4	29
10:30	30.2	29.2	28.0	29.7	32.8	29.6	29.5
11:00	30.9	29.4	28.5	30.4	33.1	29.9	29.9
11:30	31.6	29.6	29.0	31.1	33.5	30.2	30.3
12:00	32.3	29.8	29.5	31.8	33.8	30.5	30.7
12:30	33.0	29.4	30.0	32.5	34.2	30.8	31.1
13:00	33.5	29.2	30.6	33.2	34.5	31.1	31.5
13:30	34.0	29.2	31.9	33.7	34.7	32.7	32.8
14:00	34.4	29.2	31.5	34	34.4	32.5	33

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เวลา(น.)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)						
	1/8/55	2/8/55	3/8/55	4/8/55	5/8/55	6/8/55	7/8/55
14:30	34.0	29.2	31.0	33.8	34.2	32.3	32.9
15:00	33.6	29.2	30.9	33.4	34	32.2	32.8
15:30	33.2	29.2	30.8	33.0	33.9	32.1	32.7
16:00	32.90	29.2	30.7	32.6	33.7	32.1	32.5
16:30	32.2	29.0	30.5	32.3	33.3	31.7	32.0
17:00	31.5	28.8	30.3	32.0	32.8	31.2	31.6
17:30	30.8	28.6	30.1	31.7	32.4	30.8	31.2
18:00	30.1	28.4	29.9	31.4	31.9	30.4	30.8
18:30	29.4	28.3	29.7	31.1	31.5	30	30.4
19:00	28.60	28.2	29.4	31.0	31	29.6	30
19:30	28.3	28	29.0	30.6	30.5	29.2	29.5
20:00	28.0	27.8	28.6	30.2	29.9	28.9	28.9
20:30	27.7	27.6	28.2	29.8	29.4	28.5	28.5
21:00	27.4	27.4	27.8	29.4	28.9	28.1	27.9
21:30	27.2	27.2	27.4	29.0	28.3	27.7	27.4
22:00	26.70	27.0	27.1	28.4	27.8	27.4	26.9
22:30	26.6	26.8	27.0	28.2	27.6	27.2	26.7
23:00	26.5	26.6	27.0	28.0	27.4	27	26.5
23:30	26.4	26.4	27.0	27.8	27.2	26.8	26.3

หมายเหตุ : จากข้อมูลสถานีวัดสภาพอากาศลพบุรี จ.ลพบุรี อุณหภูมิคุ้มแห้ง(เซลเซียส) ราย 3 ชั่วโมง ช่วงเวลา 1-31 สิงหาคม 2555 นำมาหาค่าอุณหภูมิเป็นรายครึ่งชั่วโมง

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2555)

ตารางผนวกที่ 3 ข้อมูลสภาพอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยา ลพบุรี ปี พ.ศ. 2554

เดือน	ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด (%)	ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด (%)	ความเร็วลมสูงสุด (กม./ชม)	จำนวนฝนรวมทั้งเดือน (มม.)	จำนวนวันที่มีฝนตก (วัน)
มกราคม	92	35	33	11	12
กุมภาพันธ์	96	37	26	0.0	0
มีนาคม	97	39	26	0.0	0
เมษายน	97	46	26	47.5	7
พฤษภาคม	97	45	28	134.8	7
มิถุนายน	98	51	16	173.1	16
กรกฎาคม	99	49	13	106.3	15
สิงหาคม	100	51	15	143.6	17
กันยายน	100	59	14	116.7	20
ตุลาคม	98	49	13	325.5	23
พฤศจิกายน	91	38	33	216.0	10
ธันวาคม	85	38	12	7.1	2

ที่มา: สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดลพบุรี (2554)

ตารางผนวกที่ 4 ข้อมูลฝนรายวัน ประจำปี 2554 สถานีอุตุนิยมวิทยาลพบุรี

วันที่	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค	ก.พ	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	4.2	19.4	4.3	0.2	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	T	0.0	0.0	T	0.0	2.4	0.3	10.8	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	1.9	6.5	4.7	26.1	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	16.7	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.5	27.7	115.2	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	0.0	0.2	3.9	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.5	T	0.3	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0	11.7	0.0	0.0	0.1	3.1	12.0	7.8	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	4.6	T	0.0	0.0	2.5	79.2	19.9	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T	84.2	0.7	5.4	0.0
11	T	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.2	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.7	1.6	1.5	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	T	11.2	0.0	0.0	11.8	0.0	0.0
14	0.0	0.0	3.9	0.0	1.0	2.5	2.5	8.3	T	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	25.0	0.0	12.6	3.4	T	8.1	2.9	5.5	0.0	0.0
16	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.7	9.1	4.2	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.4	0.0	48.9	1.7	T	10.2	0.4	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	T	0.0	0.1	0.0	T	1.7	8.1	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	61.4	15.1	1.7	2.1	0.5	T	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	16.0	6.5	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.0	16.5	0.0	T	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	13.3	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0	14.1	0.0	1.7	0.0
23	0.0	0.0	1.4	T	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	79.4	0.0	29.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	T	0.0	47.7	0.6	2.3	1.1	4.2	3.6	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	2.1	0.0	1.7	0.3	0.0	23.6	12.9	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	T	0.3	0.4	0.4	0.0	23.6	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0		T	0.0	1.1	4.5	30.4	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

วันที่	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
30	0.0		0.0	0.0	2.5	6.9	0.2	0.6	13.5	0.0	0.0	0.0
31	0.0		0.0		1.6		16.8	0.0		0.0		0.0

หมายเหตุ : T คือ ฝนเล็กน้อย (วัดได้ไม่ถึง 0.1 มม.)

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2555)

ตารางผนวกที่ 5 ข้อมูลฝนรายวัน ประจำปี 2555 สถานีอุตุนิยมวิทยาพลพบุรี

วันที่	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)							
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.9	19.4	0.0
2	T	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.2
3	0.0	32.6	0.0	0.0	0.0	T	1.9	0.1
4	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	11.1	0.0	T
5	0.0	0.0	0.0	32.1	T	0.7	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	6.4	2.8	18.8	0.5	T
8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	6.5	0.1	T
9	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	8.3	0.0	5.5
10	0.0	0.0	18.3	0.0	0.0	T	0.0	0.9
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.2	13.3
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0
15	T	0.0	0.0	0.0	1.2	0.2	T	2.6
16	0.0	0.0	0.0	0.0	32.3	0.1	0.7	9.6
17	0.0	0.0	0.0	19.3	0.0	1.8	T	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	T	T	27.1

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

วันที่	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)							
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม
19	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	1.6	2.1	42
20	T	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	6.5	12.9
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.5	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	0.0	T
24	0.0	0.0	0.1	0.0	17.4	0.0	0.9	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	T	0.0	29.7	1.5
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	2.5	1.1	7.6
27	0.0	0.0	0.0	0.0	18.5	3.0	0.0	31.7
28	0.0	0.0	0.0	0.0	53.4	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	3.5	2.4	T	30.4	0.0
30	0.1		0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.8
31	0.0		0.0		0.0		15.6	0.0

หมายเหตุ : T คือ ฝนเล็กน้อย (วัดได้ไม่ถึง 0.1 มม.)

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2555)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสุรธานี โพธิ์อ่อง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	2 กันยายน 2524
สถานที่เกิด	นครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	ปี 2545 ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปี 2549 ปริญญาโท บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกร ระดับ 6
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	แผนกปฏิบัติการและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดนครสวรรค์
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการความร่วมมือทางวิชาการและพัฒนา ผู้เชี่ยวชาญ ระหว่าง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2553)