การวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงการใช้พลังงานของห้องสะอาดด้วยวิธีการเชิงสถิติ กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิต วอยซ์ คอยล์ มอเตอร์

เกศินี พรมธิ

สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน (สหสาขาวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ

Kasinee@integrithai.com

บทคัดย่อ

ห้องสะอาดคือห้องที่ถูกควบคุมสภาวะแวดล้อมภายใน เป็นพื้นที่ที่ต้องควบคุม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ความดันอากาศ และ อนุภาคแขวนลอยในอากาศ โดยเงื่อนไขข้างต้นนี้ในแต่ละ อุตสาหกรรมการผลิตสินค้าจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของลูกค้าเป็นหลัก จากการควบคุมสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ให้เป็นไปตามเงื่อนไขทำให้ระบบปรับอากาศต้องทำงานตลอดเวลา ผลการบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุตสาหกรรมผลิต วอยซ์ คอยล์ มอเตอร์ ในปี 2552 และ 2553 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของห้องสะอาดนั้นเพิ่มมากขึ้นจาก 40.35% เป็น 41.68% คิดเทียบจากปริมาณของการใช้พลังงานทั้งหมดของโรงงาน จากสถิติ และการจดบันทึกข้อมูลพฤติกรรมที่ผิดปกติในกระบวนการผลิต ได้ถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อแสดงความสัมพัทธ์กันระหว่าง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้แบบจำลองสมการการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและสมการต้นแบบการถดถอยพหุคูณ ด้วยการตั้งสมมติฐานให้อุณหภูมิควบคุมของห้องสะอาดทุกคลาสเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส และให้ความชื้นสัมพัทธ์ของห้องสะอาดทุกคลาสเพิ่มขึ้น 1% แล้วแทนค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ลงในสมการต้นแบบเพื่อจำลองพยากรณ์ค่าไฟฟ้าที่อาจจะประหยัดได้ ผลจากการจำลองด้วยสมการต้นแบบคือ ภายใน 24 เดือนอาจจะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ เท่ากับ 5,9695,556 บาท หากปรับอุณหภูมิขึ้น 1 องศาเซลเซียส และปรับความชื้นสัมพัทธ์ขึ้น 1 %

คำสืบค้น

คำสำคัญ : ห้องสะอาด, วิเคราะห์เชินสถิติ, วอยซ์ คอยล์ มอเตอร์,ประหยัดพลังงานห้องสะอาด

ENERGY ANALYSIS FOR IMPROVEMENT OF CLEANROOM VIA STATISTICAL METHOD : A CASE STUDY OF VOICE COIL MOTOR MANUFACTURING INDUSTRY

Kasinee Promthi
Energy Technology and Management Program, Graduate School,
Chulalongkorn University, Pathumwan, Bangkok
kasinee@integrithai.com

ABSTRACT

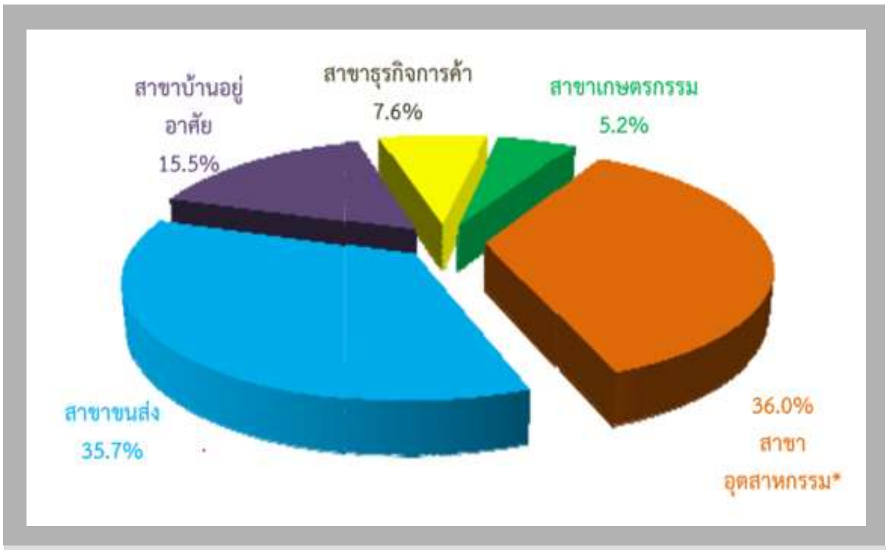
Cleanroom is a controlled environment, where temperature, relative humidity, air velocity, air pressure and suspended particle are regulated for manufacturing products according to customer's requirements. Because of steady humidity requirement, air conditioning systems have to be run at all time. According to the records of electricity consumption of voice coil motor industry, its consumption rate of year 2009 and 2010 for air conditioning systems in all cleanrooms had increased from 40.35% to 41.68% with respect to the total amount of the electricity consumption of the whole factory. Statistics and recorded abnormalities of all production activities were brought into analyses for determining correlations between temperature and relative humidity base on a simple linear regression model and Multiple regression model. Then the determined model with an assumption that temperature set point in each clean room was increased for 1 degree Celsius, and humidity set point in each clean room was increased for 1% was employed to simulate a plausible decrease in cost of electricity. It was found that the cost of electricity would be saved about 5,9695,556 baht within 24 months if increase temperature set point in each clean room for 1 degree Celsius, and also increase humidity set point in each clean room for 1%

KEYWORDS

Cleanroom ,Statistic Analysis, Voice Coil Motor, Cleanroom Energy Saving

I.บทนำ

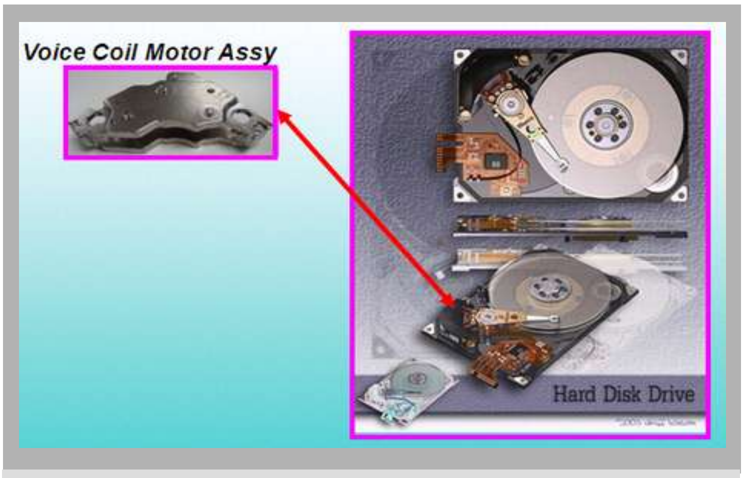
จากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทยปี 2554 ข้อมูลจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานนั้น เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานแยกตามสาขาที่แสดงในรูปที่ 1 พบว่าการใช้พลังงานในสาขาอุตสาหกรรมนั้นมากสุดโดยคิดเป็นร้อยละ 36.0 เมื่อคิดเทียบกับการใช้พลังงานในสาขาอื่นๆ



รูปที่ 1 การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ

(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน สถิติพลังงานของประเทศไทย, 2554)

จากรายงานดังกล่าวมีความสอดคล้องกันกับการเติบโตของเศรษฐกิจเนื่องจากการขับเคลื่อนเศรษฐกิจนั้นภาคอุตสาหกรรมการผลิตถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญในการสร้างการเติบโตทางเศรษฐกิจและเนื่องจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วทั้งทางภาคเศรษฐกิจและภาคอุตสาหกรรม ดังนั้น โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับตัวให้อยู่รอดได้ เมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ดังกล่าว แนวทางหนึ่งที่นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาก็คือ การใช้พลังงานอย่างประหยัดและเห็นคุณค่า ใช้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือแม้กระทั้งการลดการใช้พลังงานในส่วนที่ไม่จำเป็นเพื่อให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยเฉพาะในภาคธุรกิจอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันสูงจะมีการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องหาแนวทางในการประหยัดและลดต้นทุนด้านพลังงานลงเพื่อให้สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ เช่นเดียวกัน กับ อุตสาหกรรมผลิต วอยซ์ คอยล์ มอเตอร์ ดังรูปที่ 2 ที่เป็นชิ้นส่วนประกอบใน การผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ



รูปที่ 2 วอยส์ คอยล์ มอเตอร์

ในอุตสาหกรรมผลิต วอยซ์ คอยล์ มอเตอร์ ภายใต้ห้องสะอาด (Clean room) คลาส (Class) 100 1000 และ 10000 เนื่องจากในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตมีการพัฒนาและก้าวหน้าไปมาก เทคโนโลยีขั้นสูงถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกลที่มีความละเอียดในการทำงานสูง อุตสาหกรรมผลิต วอยซ์ คอยล์ มอเตอร์ จำเป็นต้องมีกระบวนการผลิตภายในห้องสะอาด โดยจะเน้นการควบคุมทั้งอนุภาคที่มีชีวิตและอนุภาคที่ไม่มีชีวิต

การกำหนดคุณสมบัติที่จำเพาะของ Clean Room

อุณหภูมิที่เหมาะสม กำหนดตามความต้องการของกระบวนการผลิต หรือหากไม่มี ความสำคัญทางด้านการผลิต มักกำหนดให้อยู่ในช่วง 72 $^{\circ}$F ± 0.25 $^{\circ}$F (22.2 $^{\circ}$C ± 0.14 $^{\circ}$C)

ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสม ขึ้นกับลักษณะงาน กระบวนการผลิต หรือชนิดผลิตภัณฑ์ หากไม่มีข้อกำหนดเฉพาะ โดยทั่วไป กำหนดให้มีความชื้นประมาณ 50 ± 10 %

ความดัน ควรรักษาความดันในห้องสะอาดให้เป็นบวกเสมอ (slightly positive pressure)

แสงสว่าง หากไม่มีการกำหนดพิเศษให้ใช้แสงสว่าง 1,080 – 1,620 lux

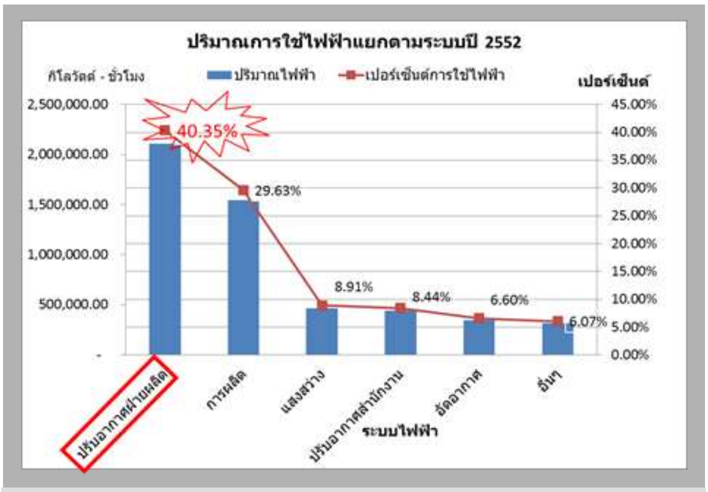
ระดับเสียง ตามข้อกำหนดของการใช้งาน

การจัดแบ่ง Class ของ Clean Room ดังนี้

1) Class 100 หมายถึง ห้องที่มีอนุภาคขนาด 0.5 ไมครอนหรือใหญ่กว่า ไม่เกิน 100 อนุภาคต่ออากาศหนึ่งลูกบาศก์ฟุต
2) Class 1,000 หมายถึง ห้องที่มีอนุภาคขนาด 0.5 ไมครอนหรือใหญ่กว่า ไม่เกิน 1,000 อนุภาคต่ออากาศหนึ่งลูกบาศก์ฟุต
3) Class 10,000 หมายถึง ห้องที่มีอนุภาคขนาด 0.5 ไมครอนหรือใหญ่กว่า ไม่เกิน 10,000 อนุภาคต่ออากาศหนึ่งลูกบาศก์ฟุต

เนื่องด้วยเงื่อนไขดังกล่าวในข้างต้นทำให้อุตสาหกรรมผลิต วอยซ์ คอยล์ มอเตอร์ นี้ จำเป็นต้องเปิดเครื่องปรับอากาศตลอดเวลาการทำงาน 24 ชั่วโมง

เมื่อสรุปข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง 2 ปี (2552-2553)ของบริษัทดังแสดงในรูปที่ 3 และ 4 พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าจำแนกออกเป็น 6 ส่วน คือ ระบบการผลิต ระบบแสงสว่าง ระบบอากาศอัด ระบบปรับอากาศสำนักงาน ระบบปรับอากาศฝ่ายผลิตในห้องสะอาด และการใช้ไฟฟ้าระบบอื่นๆ พบว่าในรอบ 2 ปีที่ผ่านมาจาก พ.ศ. 2552 – 2553 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของห้องสะอาดเพิ่มมากขึ้นจาก 40.35% ในปี 2552 เป็น 41.68 % ในปี 2553



รูปที่ 3 ปริมาณการพลังงานใช้ไฟฟ้าแยกตามระบบปี 2552

รูปที่4 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบปี 2553

ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการวิเคราะห์ข้อมูลที่บันทึกของห้องสะอาดเพื่อปรับปรุงการใช้พลังงานในห้องสะอาดด้วยวิธีการเชิงสถิติ

II. แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การคำนวณค่าสถิติ ค่าสถิติที่นิยมใช้สำหรับสรุปผลข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอข้อมูลได้แก่

1. ยอดรวม (Total) คือ การนำข้อมูลสถิติมารวมกันเป็นผลรวมทั้งหมด

2. ค่าเฉลี่ย (Average, Mean) หมายถึง ค่าเฉลี่ยซึ่งเกิดจากข้อมูลของผลรวมทั้งหมดหารด้วยจำนวนรายการของข้อมูล

3. สัดส่วน (Proportion) คือ ความสัมพันธ์ของจำนวนย่อยกับจำนวนรวมทั้งหมด กล่าวคือ ให้ถือจำนวนรวมทั้งหมดเป็น 1 ส่วน

4. อัตราร้อยละหรือเปอร์เซ็นต์ (Percentage or Percent) คือ สัดส่วน เมื่อเทียบต่อ 100 การคำนวณก็ทำได้ง่าย โดยเอา 100 ไปคูณสัดส่วนที่ต้องการหาผลลัพธ์ก็จะออกมาเป็นร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์

5. อัตราส่วน (Ratio) คือ ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีต่อกันระหว่างตัวแปรสองตัวแปร เป็น การเปรียบเทียบตัวเลขจำนวนหนึ่งหรือหลายจำนวนกับตัวเลขอีกจำนวนหนึ่ง ตัวเลขที่เราใช้เปรียบเทียบ ด้วยนั้นเราเรียกว่า “ฐาน ” เราสามารถคำนวณหาอัตราส่วนได้โดยใช้ตัวเลขจำนวนที่เราต้องการจะเปรียบเทียบ ตั้งหารด้วยตัวฐาน [สำนักงานสถิติแห่งชาติ,2555]

การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (Sample Regression Analysis) เป็นวิธีการทางสถิติซึ่งใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Independent Variable) และตัวแปรตาม (Dependent Variable) แต่ในบางตำราหรือนักสถิติบางท่านอาจจะเรียกตัวแปรเหล่านี้แตกต่างกันออกไปแต่ก็ยังคงความหมายเดียวกัน เช่น เรียกตัวแปรอิสระว่าตัวแปรทำนาย (predictor) และเรียกตัวแปรตามว่า ตัวถูกทำนาย

สมการถดถอย (Regression Equation) เป็นสมการที่แสดงถึงความสัมพันธ์ หรืออิทธิพลของแปรอิสระ (X) ที่มีต่อตัวแปรตาม (Y) ใช้สำหรับการประมาณค่าหรือทำนายตัวแปรตามเมื่อทราบค่าของตัวแปรอิสระ เมื่อตัวแปร Y มีความสัมพันธ์กับตัวแปร X แสดงว่าตัวแปร Y จะแปรผันตาม X ซึ่งเขียนเป็นสมการทั่วไปได้ดังสมการที่ 2-1

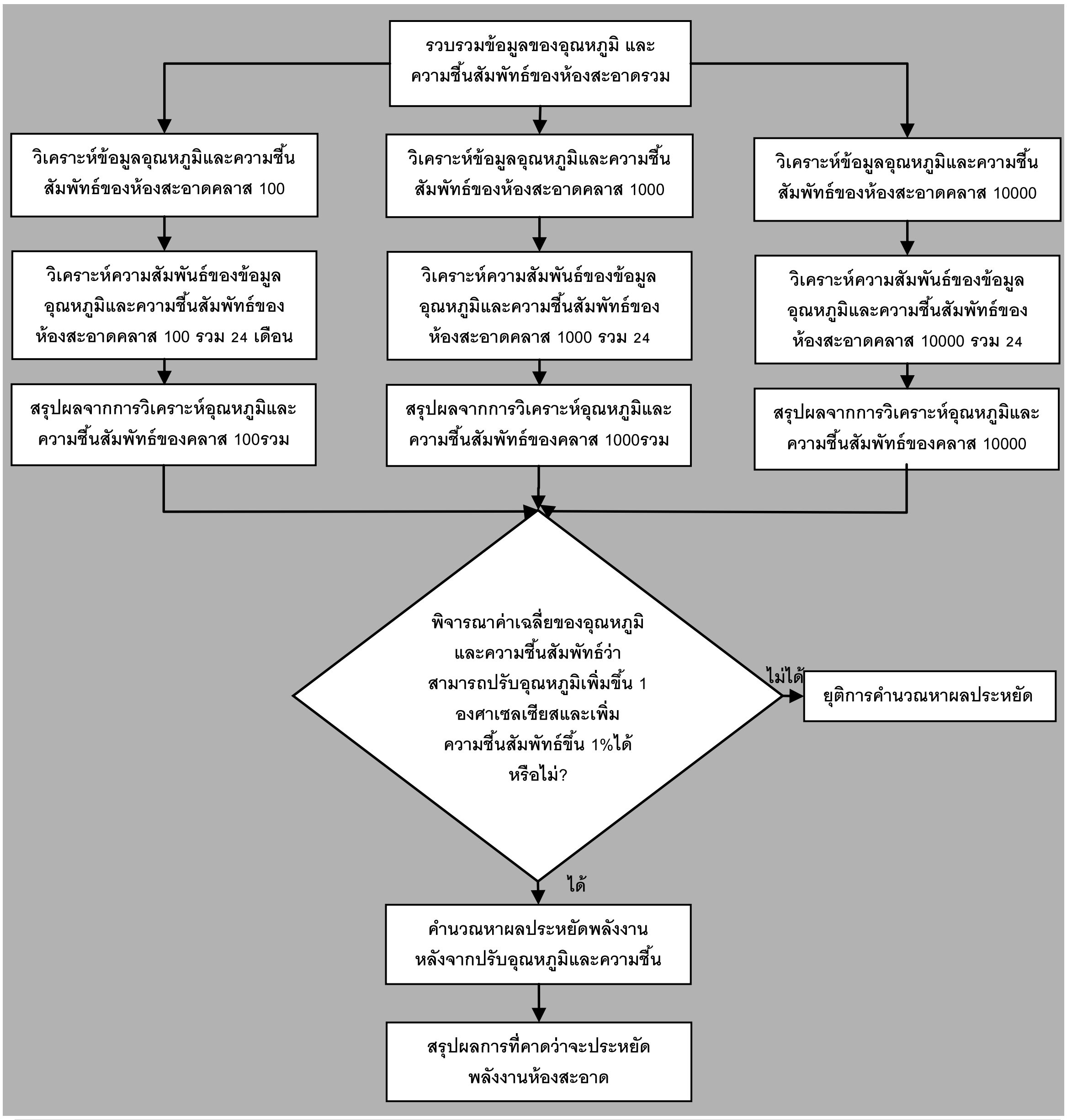
$$Y=a+bX \qquad \text{-----------------------------[2-1]}$$

เมื่อ a คือ ค่าคงที่ ซึ่งเป็นจุดตัด (Intercept) ของเส้นการถดถอย

b คือ ความลาดชัน (slope) ของเส้นการถดถอยหรือสัมประสิทธิ์การถดถอย (Coefficient of Regression)

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple regression Analysis) เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y) หรือตัวแปรเกณฑ์ (Criterion Variable) จำนวน 1 ตัว กับตัวแปรอิสระ (X) หรือตัวแปรพยากรณ์หรือตัวแปรทำนาย (Predictor Variable) ตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป เป็นเทคนิคทางสถิติที่อาศัยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรมาใช้ในการทำนาย โดยเมื่อทราบค่าตัวแปรหนึ่งก็สามารถทำานายอีกตัวแปรหนึ่งได้ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้อยู่ในรูปของสมการทำนาย [สมประสงค์, 2555].

III. วิธีดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 5 แผนภาพการไหลของกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล

IV. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รวม 24 เดือน ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4.1 สรุปค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์และสมการถดถอยเชิงเส้น

คลาส100	รวม 24 เดือน
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ	22.1
ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์	47.7
สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย	y = - 4.2553x + 142.11
R^2	0.1138
คลาส1000	**รวม 24 เดือน**
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ	21.5
ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์	55.3
สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย	y = -1.1499x + 80.17
R^2	0.0588
คลาส10000	**รวม 24 เดือน**
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ	22.1
ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์	50.6
สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย	y = -2.9224x + 115.28
R^2	0.2712

จากสมการการถดถอยนำมาพยากรณ์ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนไปว่ายังอยู่ในเกณฑ์ที่ควบคุมหรือไม่หากเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 1 องศาเซลเซียส โดยการนำข้อมูลค่าเฉลี่ยอุณหภูมิแต่ละปีมาบวกเพิ่ม 1 องศาเซลเซียสจะได้ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิรวมค่าใหม่ จากนั้นนำไปแทนในสมการการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายเพื่อดูค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนไปได้ผลดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 การคำนวณค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์หลังจากปรับอุณหภูมิขึ้น 1 องศาเซลเซียส

คลาส100	รวม 24 เดือน
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ	22.1+1 = 23.1
สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย	y = - 4.2553(23.1) + 142.11
ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ หลังปรับอุณหภูมิขึ้น 1องศาเซลเซียส	43.80%
คลาส1000	**รวม 24 เดือน**
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ	21.5+1 = 22.5
สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย	y = -1.1499(22.5) + 80.17
ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ หลังปรับอุณหภูมิขึ้น 1องศาเซลเซียส	54.20%
คลาส10000	**รวม 24 เดือน**
ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ	22.1+1 = 23.1
สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย	y = -2.9224(23.1) + 115.28
ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ หลังปรับอุณหภูมิขึ้น 1องศาเซลเซียส	47.70%

4.2 คำนวณหาผลประหยัดพลังงานของห้องสะอาดก่อนและหลังการปรับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิคลาส 100 ขึ้น 1 องศาเซลเซียส และปรับค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์คลาส 100 ขึ้น 1%

จากข้อมูลของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วน วอยซ์ คอยล์ มอเตอร์ มีสัดส่วนการใช้ปริมาณไฟฟ้าแยกตามระบบพบว่าระบบปรับอากาศฝ่ายผลิตมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ 40.35% ในปี 2552 และ มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าคิดเป็น 41.68% ในปี 2553 ดังนั้นหากต้องการทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศฝ่ายผลิตที่อยู่ในส่วนของห้องสะอาดนั้นจะต้องทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของโรงงานแล้วนำมาหาค่าประมาณของการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศของห้องสะอาด จากนั้นนำข้อมูลการใช้ไฟฟ้า 23 เดือนมาทำการคำนวณหาค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันทำงานของแต่ละเดือน เพื่อนำไปหาความสัมพันธ์แบบสมการถดถอยพหุคูณ กับตัวแปรอิสระ คือ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ และ ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์คลาส 100 ที่เป็นตัวแทนของทุกคลาสเนื่องจากคลาส 100 มีพื้นที่คิดเป็น 44.2% ของพื้นที่ห้องสะอาดทั้งหมดและมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่ใกล้เคียงกับคลาส 100 เพื่อให้ได้สมการต้นแบบเพื่อพยากรณ์ค่าไฟฟ้าของเดือนที่ 24

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะใช้โปรแกรม Minitab ในการวิเคราะห์ได้ดังสมการที่ 4-1

ค่าไฟฟ้า = 258236 - 9696 Temp CR 100 - 415 Humid CR 100 ------[4-1]

R-Sq = 0.251

จากนั้นทำการทดสอบสมการต้นแบบโดยการคำนวณแทนค่าเฉลี่ยอุณหภูมิคลาส 100 ของเดือนที่ 24 และ ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์คลาส 100 ของเดือนที่ 24 ลงในสมการต้นแบบได้ผลดังสมการที่ 4-2

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันของเดือนที่ 24 = 258236-(9696*22.3)-(415*47.4) -------------[4-2]

= 22,344 บาทต่อวัน

เมื่อนำมาเทียบกับค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันในเดือนที่ 24 พบว่าผลการพยากรณ์ค่าไฟฟ้าจากสมการต้นแบบมีความผิดพลาดอยู่ประมาณ 19.8 %

จากนั้นลองแทนค่าเฉลี่ยอุณหภูมิคลาส 100 ที่เพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส และแทนค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้น 1% ลงในสมการต้นแบบเพื่อพยากรณ์ค่าไฟฟ้าที่จะเปลี่ยนไปในแต่ละเดือน สรุปได้ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 สรุปการพยากรณ์ผลประหยัดค่าไฟฟ้าจากสมการต้นแบบก่อนและหลังการปรับค่าเฉลี่ยอุณหภูมิและปรับค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ คลาส 100

สมการถดถอยพหุคูณต้นแบบ : ค่าไฟฟ้าต่อวัน = 258236 - 9696 Temp CR 100 - 415 Humid CR 100												
เดือน	ค่าไฟฟ้า (บาท/วัน)	วันทำงาน	Temp (^oC) CR 100	Humid CR 100	Temp+1 ^oC	Humid+1%	พยากรณ์ค่าไฟฟ้าก่อนปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขึ้น	diff	%error	พยากรณ์ค่าไฟฟ้าหลังปรับอุณหภูมิและความชื้นขึ้น	อาจจะประหยัดได้ (บาท/วัน)	อาจจะประหยัดได้ (บาท/เดือน)
1	23,534	21	22.3	46.1	23.3	47.1	23,339	195	0.8%	13,228	10,306	216,431
2	20,503	23	22.1	49.0	23.1	50.0	23,612	(3,110)	-15.2%	13,501	7,001	161,031
3	21,028	28	22.2	45.8	23.2	46.8	23,888	(2,860)	-13.6%	13,777	7,251	203,029
4	21,585	25	22.2	45.5	23.2	46.5	23,655	(2,070)	-9.6%	13,544	8,041	201,025
5	22,975	25	22.3	45.6	23.3	46.6	22,790	185	0.8%	12,679	10,296	257,390
6	22,838	25	22.4	48.0	23.4	49.0	21,573	1,265	5.5%	11,462	11,376	284,400
7	21,649	27	22.3	48.8	23.3	49.8	22,068	(419)	-1.9%	11,957	9,692	261,673
8	20,458	29	22.2	50.0	23.2	51.0	22,413	(1,955)	-9.6%	12,302	8,156	236,526
9	21,833	27	22.1	50.3	23.1	51.3	22,896	(1,062)	-4.9%	12,785	9,049	244,315
10	24,477	24	22.3	49.6	23.3	50.6	21,648	2,829	11.6%	11,537	12,940	310,563
11	22,756	25	22.0	49.8	23.0	50.8	24,065	(1,309)	-5.8%	13,954	8,802	220,052
12	27,284	19	21.9	50.3	22.9	51.3	24,611	2,673	9.8%	14,500	12,784	242,888
13	25,133	23	22.1	50.3	23.1	51.3	23,346	1,786	7.1%	13,235	11,897	273,635
14	22,454	25	22.1	51.1	23.1	52.1	22,937	(483)	-2.2%	12,826	9,628	240,704
15	22,297	28	22.1	49.3	23.1	50.3	23,647	(1,350)	-6.1%	13,536	8,761	245,303
16	23,960	23	22.1	47.4	23.1	48.4	24,230	(270)	-1.1%	14,119	9,841	226,349
17	25,281	23	22.2	46.3	23.2	47.3	23,918	1,362	5.4%	13,807	11,473	263,882
18	23,777	25	22.2	45.8	23.2	46.8	23,812	(35)	-0.1%	13,701	10,076	251,899
19	27,025	21	22.2	46.0	23.2	47.0	23,936	3,089	11.4%	13,825	13,200	277,203
20	27,034	23	22.0	46.3	23.0	47.3	25,539	1,495	5.5%	15,428	11,606	266,941
21	23,943	26	22.1	45.3	23.1	46.3	25,093	(1,150)	-4.8%	14,982	8,961	232,978
22	25,113	24	22.2	45.7	23.2	46.7	24,389	724	2.9%	14,278	10,835	260,049
23	25,134	25	22.1	47.3	23.1	48.3	24,337	797	3.2%	14,226	10,908	272,693
24	28,429	20	22.3	47.4	23.3	48.4	22,810	5,619	19.8%	12,699	15,730	314,599
											248,610	**5,965,556**

V. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากผลการวิจัยพบว่าการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ในเชิงสถิตินั้นสามารถทำให้ทราบถึงศักยภาพในการทำงานของระบบปรับอากาศภายในห้องสะอาดได้โดยการสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของข้อมูลจากกราฟเส้นซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและค่าเฉลี่ยของความชื้นสัมพัทธ์ อีกทั้งจากการประยุกต์ใช้แบบจำลองสมการการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายนั้นยังสามารถนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้นั้นมาเป็นส่วนประกอบในการพิจารณาปรับปรุงการใช้พลังงานในห้องสะอาดของอุตสาหกรรมผลิต วอยซ์ คอยล์ มอเตอร์ และจากสมการถดถอยพหุคูณต้นแบบที่ได้จากความสัมพันธ์ของ ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวัน ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่ปรับขึ้น 1 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ปรับขึ้น 1 % ผลการพยากรณ์ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันโดยรวมจะมีค่าลดลงเมื่อแทนค่าลงในสมการต้นแบบ คำนวณผลที่คาดว่าจะประหยัดได้หลังการปรับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ใน 24 เดือนคือ 5,965,556 บาท

จากสมการต้นแบบถดถอยพหุคูณที่ได้จากข้อมูลวิเคราะห์นั้นพบว่ายังมีค่าความผิดพลาดสูงสุดที่ 19.8% ในการพยากรณ์ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย เนื่องจากค่าความเชื่อมั่นของสมการต้นแบบที่ได้นั้นมีค่าความเชื่อมั่นที่ 17.6% ถือว่าค่อนข้างต่ำเพราะยังมีปัจจัยอื่นที่ทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อวันนั้นเปลี่ยนไปอีกหลายตัวแปรที่นอกเหนือจาก อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ สาเหตุที่ยังมีความผิดพลาดอยู่มากเนื่องจากดูผลจากเอาท์พุตเท่านั้นโดยไม่ได้คำนึงถึงกระบวนการและวิธีการในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อมูลบันทึกผลของค่าอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์นั้นเป็นค่าที่เกี่ยวข้องโดยตรงมากที่สุดกับเครื่องปรับอากาศฝ่ายผลิตก่อนนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ควรตรวจสอบข้อมูลให้มั่นใจว่าไม่มีความผิดพลาดจากการพิมพ์ผิดหรือบันทึกค่าที่ผิดเพราะจะมีผลในการแปลผลของข้อมูลผิดเพี้ยนได้ การวิเคราะห์ข้อมูลของอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์นี้เป็นประโยชน์มากหากนำหลักการเชิงสถิติมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรดังกล่าว เพื่อพิจารณาถึงพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปโดยกราฟควบคุม เพื่อง่ายต่อการตรวจจับความผิดปกติของข้อมูลที่ทำการจดบันทึกไว้ และทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศว่ายังทำงานได้ดี ทำให้ค่าอุณหภูมิคงที่อยู่หรือไม่จากการวิเคราะห์จากกราฟ

การวิจัยนี้เน้นการเก็บข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ ในแง่ของความเป็นจริงควรคำนึงถึงเรื่องค่าวัดได้ที่เป็นค่าสูงสุด และ ค่าต่ำสุดด้วยในการวิเคราะห์เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ในการวิจัยนี้วิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบแยกคลาสเพื่อใช้อ้างอิงและให้เห็นผลที่ชัดเจนมากขึ้นในแต่ละคลาสและในแง่ของขอบเขตนั้นจะเน้นการวิเคราะห์ข้อมูลในเรื่องของพลังงานเป็นหลักไม่ได้เน้นในเชิงคุณภาพที่อาจจะกระทบต่อผลิตภัณฑ์

ในการวิจัยครั้งต่อไปควรวิเคราะห์ตัวแปรอื่นร่วมด้วย รวมทั้งต้องคำนึงถึงกระบวนการและวิธีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ด้วย

VI. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เขียนตำราหนังสือเอกสารทางวิชาการ และเว็บไซต์ต่างๆที่ผู้วิจัยได้นำมาอ้างอิงข้อมูลของอุณหภูมิและข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ที่เก็บบันทึกไว้ของบริษัท ฮิตาชิ เมทัล VCM Plant ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลดิบในการนำมาวิเคราะห์เพื่อหาผลประหยัดพลังงานของห้องสะอาดจากการปรับอุณหภูมิขึ้น 1 องศาเซลเซียสและปรับความชื้นสัมพัทธ์ขึ้น 1%

บรรณานุกรม

[1] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554,สถิติพลังงานของประเทศไทย.กระทรวงพลังงาน

[2] สถิติแห่งชาติ,สำนักงาน.e-StatLearning.[online].2555.แหล่งที่มา:http://service.nso.go.th/nso/knowledge/estat/esta1_4.html.[28 กันยายน 2555].

[3] สมประสงค์ เสนารัตน์.การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ.[online].2555.แหล่งที่มา:http://www.learners.in.th/blogs/posts/366415[1 ตุลาคม 2555].