การพัฒนาเชิงนวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง

นางสาว ศุภมาส วิจารณ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INNOVATIVE DEVELOPMENT OF WIRELESS SMART METER FOR REAL TIME MONITORING OF ELECTRICITY USAGE

Miss Supamas Wijarn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Technopreneurship
and Innovation Management Program (Interdisciplinary Program)
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเชิงนวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย สำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง
โดย	นางสาวศุภมาส วิจารณ์
สาขาวิชา	ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.อัจฉรา จันทร์ฉาย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.พรพจน์ เปี่ยมสมบูรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…… ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิชย์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัศมี)

…… อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.อัจฉรา จันทร์ฉาย)

…… กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วไพบูลย์)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไกรสิน ส่งวัฒนา)

ศุภมาส วิจารณ์ : การพัฒนาเชิงนวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง. (Innovative Development of Wireless Smart Meter for Real Time Monitoring of Electricity Usage) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.ดร.เอกชัย ลีลารัศมี, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ศ.กิตติคุณ ดร.อัจฉรา จันทร์ฉาย 141 หน้า.

สภาวะเศรษฐกิจที่ไม่แน่นอนทำให้โรงงานอุตสาหกรรมต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่าย ซึ่งเป็นต้นทุนการผลิตให้ต่ำลงที่สุด หนทางหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนการผลิต คือการสามารถตรวจสอบพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเป็นแนวทางในการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าของทางผู้ประกอบการโดยตรง

งานวิจัยฉบับนี้จึงนำเสนอการพัฒนาผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริงและศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด ตัวผลิตภัณฑ์แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของทางด้านฮาร์ดแวร์ คือมิเตอร์ในการส่งค่าวัดพลังงานแบบไร้สาย โดยส่งผ่านคลื่นวิทยุ โพรโทคอล Zigbee ตามมาตรฐาน IEEE802.15.4 ผ่านตัวประสานกลาง (Coordinator) และส่วนของทางด้านซอฟต์แวร์ประยุกต์ ได้แก่ ระบบสารสนเทศในรูปของฐานข้อมูลที่สืบค้นผ่านเว็บแอพลิเคชัน ซึ่งแบ่งเป็นมอดูลย่อยดังนี้ การแสดงผลปริมาณการใช้ไฟฟ้าแบบ Real time, ซอฟต์แวร์คำนวณค่าไฟฟ้า ณ ปัจจุบัน, ซอฟต์แวร์เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าระหว่างอัตราแบบ TOU (Time of Use) และ TOD (Time of Day) และภาพรวมของการใช้ไฟฟ้าของมิเตอร์แต่ละตัว ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถประมวลผลการสืบค้นย้อนหลังและ Export ข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อได้ ผลการศึกษาความเป็นไปได้เชิงพาณิชย์ ทำโดยวิธีสำรวจปัจจัยและการยอมรับในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จากกลุ่มตัวอย่าง 53 โรงงาน พบว่าร้อยละ 66 มีความสนใจในตัวผลิตภัณฑ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ โดยคำนึงถึงคุณภาพ ประสิทธิภาพในการใช้งานและราคา ตามลำดับ ส่วนความต้องการทางด้านซอฟต์แวร์ผู้ประกอบการให้ความสำคัญด้านปริมาณข้อมูลการใช้ไฟฟ้า และความสามารถในการวิเคราะห์ จากนั้นนำแนวคิดดังกล่าวมาพัฒนาต้นแบบ ทดสอบการทำงานด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การแสดงผลและการสืบค้นข้อมูล ผลที่ได้จากการทำงานของระบบมีประสิทธิภาพตรงตามที่ได้ออกแบบไว้ ส่งผลให้ลดค่าใช้จ่ายด้านการใช้ไฟฟ้าลงได้ถึง 13.16% ในกรณีโรงเลื่อยแปรรูปไม้ตัวอย่าง และจากการสอบถามผู้ประกอบการ พบว่ามีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนไปใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีการใช้ไฟน้อยกว่าปกติ ซึ่งมีอัตราไฟฟ้าถูกกว่า ผลที่ได้จากการทดสอบผลิตภัณฑ์และสอบถามความเป็นไปได้เชิงพาณิชย์ข้างต้นเป็นข้อบ่งชี้ได้ว่าผลิตภัณฑ์นี้สามารถนำไปผลิตได้ในเชิงอุตสาหกรรมต่อไป

สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม ลายมือชื่อนิสิต.....

ปีการศึกษา 2553..... ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

5187345420 : MAJOR TECHNOPRENEURSHIP AND INNOVATION MANAGEMENT
KEYWORDS: WIRELESS / SMART METER / REAL TIME MONITORING / ELECTRICITY USAGE / ZIGBEE

SUPAMAS WIJARN: INNOVATIVE DEVELOPMENT OF WIRELESS SMART METER FOR REAL TIME MONITORING OF ELECTRICITY USAGE. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. EKACHAI LEELARASMEE, Ph.D., THESIS CO-ADVISOR: EMERITUS PROF. ACHARA CHANDRACHAI, Ph.D., 141 pp.

Due to economic uncertainty, factories need to consider minimizing production cost. One way to reduce cost is monitor its energy usage in order to use energy economically with high efficiency without reducing productivity and quality.

The research presents a wireless smart meter product development for real time monitoring electricity usage and its market feasibility study. The product is comprised of 2 parts. The first is the hardware, a wireless meter for sending the energy usage data via radio wave protocol Zigbee (IEEE802.15.4) to a coordinator. The second is the application software, an information system designed and developed in the form of database accessible via web applications. The software has sub-modules; Display of real time electricity quantity usage, program for electricity usage fee calculation at present, electricity usage rate comparison between TOU (Time of Use) and TOD (Time of Day), Summary of electricity usage for each meter. The software is capable of processing backward traceability and data export for further analysis. The commercialization feasibility study surveys to find out of factor and acceptance for selection and buying the product uses sampling of 53 factories. The results shows that 66% are interested in hardware by considering quality, efficiency and price respectively. On software need, the participants consider quantity of electricity usage, and analytical function. These findings are used to develop prototype, test of hardware and software, display, and data search. The result shows that the system works efficiently according to the design. Practical implementation with a sawmill wood factory shows that a 13.16% energy saving cost can be achieved. According to interviewing the factory owners, the finding shows that there is a potential to change the time usage of electricity to the period that has lower fee rate. The results from product testing and commercialization feasibility interviewing indicate that the product is appropriated to be manufactured for the industry.

Field of Study : Technopreneurship and Innovation Management..... Student's Signature……

Advisor's Signature……

Academic Year : 2010..... Co-Advisor's Signature……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของท่านคณะอาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านต่างๆ ด้วยความกรุณาของผู้มีพระคุณดังต่อไปนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ท่านเป็นผู้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และแนวคิดตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิทยานิพนธ์ทุกขั้นตอนจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.อัจฉรา จันทร์ฉาย อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาสละเวลาให้แนวคิดในการทำวิจัยได้เป็นอย่างดีตลอดมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิชย์ ท่านประธานในการสอบ ผู้เป็นต้นแบบทางด้านนวัตกรรมทั้งทางด้านศาสตร์และศิลป์ได้อย่างลงตัว

รองศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ริ้วไพบูลย์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ท่านได้ให้คำชี้แนะรวมทั้งข้อคิดเห็นต่าง ๆ ตลอดจนให้คำปรึกษาทุกด้าน ด้วยความเมตตาเสมอมา

รองศาสตราจารย์ ดร.ไกรสิน ส่งวัฒนา ท่านคณะกรรมการสอบ ผู้ให้คำปรึกษาทั้งทางด้านการทำงานและการเรียน

รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวรรณ ตันตยานนท์ ประธานหลักสูตรธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอกราบขอบพระคุณคุณธวัชชัย สงอักษร ผู้เชี่ยวชาญโครงการมิเตอร์ AMR การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค คุณธีรวัฒน์ อ่ำปลอด หัวหน้าส่วนแผนกมิเตอร์ จังหวัดตรัง คุณอรุณชัย วงศ์วิศาลศรี ผู้ช่วยหัวหน้าแผนกมิเตอร์ จังหวัดตรัง คุณกัมปนาท สุวรรนาวุธ คุณสันติ สี่เหรียญน้อย คุณปาฏิหาริย์ ชุมสาย ณ อยุธยา เพื่อน ๆ น้อง ๆ นิสิตและพี่ ๆ ที่บริษัททรู ทุกท่าน ได้ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจให้

ขอขอบพระคุณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความรู้และประสบการณ์ดีๆ ทั้งทางด้านวิชาการ ด้านสังคมและอื่นๆ แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณบริษัท ทรู คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน) ที่มอบทุนแก่ข้าพเจ้าจนสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดา อันเป็นที่เคารพรัก อบรมสั่งสอนให้กำลังใจและสนับสนุนทุกสิ่งอย่างทุก ๆ ด้านตลอดไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1. แนวเหตุผลในการทำวิทยานิพนธ์ 1

1.2. วัตถุประสงค์ 2

1.3. ขอบเขตของการวิจัย 2

1.4. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

1.6. วิธีดำเนินการวิจัย 3

1.7. แผนการดำเนินการวิจัย 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1. การวัดค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า 6

2.2. เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network) 9

2.2.1. มาตรฐานของระบบเครือข่าย 802.15.4 11

2.3. การจำแนกประเภทอัตราค่าไฟฟ้า 12

2.3.1. การคำนวณค่าไฟฟ้าแบบ TOU และ TOD 14

2.4. ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า 18

2.5. การจัดการระบบสารสนเทศ MIS (Management Information System) 19

หน้า

2.5.1. การแบ่งประเภทของฐานความรู้ (Knowledge base) 20
2.5.2. การพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ประยุกต์ 21
2.6. การทำงานของระบบบนอินเทอร์เน็ต (Internet Application Working) 24
2.6.1. การทำงานของระบบเว็บแอพลิเคชัน (Web Application) 24
2.7. แนวคิดและทฤษฎีทางด้านนวัตกรรม (Theory of Innovation) 26
2.7.1. นิยามคำว่านวัตกรรม 26
2.7.2. ประเภทของนวัตกรรม (Type of Innovation) 27
2.7.3. กระบวนการพัฒนานวัตกรรม 29
2.7.4. วงจรชีวิตนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation Life Cycle) 30
2.8. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Process of New Product Development) 34
2.8.1. ความหมายของผลิตภัณฑ์ใหม่ 34
2.8.2. ปัจจัยแห่งความสำเร็จของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 37
2.8.3. ทฤษฎีและแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 37
2.9. กระบวนการยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่ 52
2.10. กรอบแนวความคิด 53
2.11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 53
บทที่ 3 แนวคิดและวิธีดำเนินการวิจัย 56
3.1. ขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย 57
3.2. การทำงานด้านฮาร์ดแวร์ของผลิตภัณฑ์ 58
3.2.1. องค์ประกอบของมิเตอร์ในการวัดค่าพลังงานแบบไร้สาย 60
3.2.2. องค์ประกอบฮาร์ดแวร์ตัวประสานกลาง (Coordinator) 61
3.3. องค์ประกอบของระบบทางด้านซอฟต์แวร์ 62
3.3.1. มิเตอร์คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าและส่งข้อมูลไปเก็บที่ตัวประสานกลาง 62

หน้า

3.3.2. User เรียกข้อมูลผ่านเว็บบราวเซอร์ 64
3.3.3. การออกแบบหน้าจอสำหรับผู้ใช้งาน (User Interface) 65
3.3.4. ระบบฐานข้อมูล (Database Management System) 65
3.3.5. การเชื่อมต่อฐานข้อมูลและเขียนโปรแกรมใช้งาน 66
3.3.6. การตรวจสอบการทำงานของระบบ 67
3.4. ด้านการศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ในเชิงธุรกิจ 67
3.4.1. ศึกษาแนวทางการยอมรับของผลิตภัณฑ์ก่อนการพัฒนา 67
3.4.2. ศึกษาแนวทางการยอมรับผลิตภัณฑ์)Expert opinion) 72
บทที่ 4 ผลการวิจัยด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และกรณีศึกษาโรงเลื่อยแปรรูปไม้ 73
4.1. ผลการวิจัยที่ได้แนวความคิดจากแบบสอบถาม 73
4.1.1. ข้อมูลทั่วไปของอุตสาหกรรม 73
4.1.2. ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของสถานประกอบการ 75
4.1.3. ปัจจัยในการยอมรับและความสนใจการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ 77
4.2. ผลการวิจัยการทดสอบผลิตภัณฑ์ 79
4.2.1. การทดสอบผลิตภัณฑ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ 79
4.2.2. การทดสอบระบบทางด้านซอฟต์แวร์ 81
4.2.3. สรุปผลการทดสอบระบบสารสนเทศ 85
4.3. การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษาอุตสาหกรรมโรงเลื่อยแปรรูปไม้ 87
.4.3.1 ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ 87
4.3.2. ลักษณะข้อมูลการใช้ไฟฟ้า 89
4.4. ผลการวิจัยเกี่ยวกับทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย 92
4.4.1. การทดสอบความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ Expert Opinion 92
บทที่ 5 ผลการวิจัยความเป็นไปได้และการยอมรับผลิตภัณฑ์ในเชิงธุรกิจ 94

หน้า

5.1. การประเมินโอกาสทางด้านการตลาด (Evaluate Market) 94
5.1.1. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในอุตสาหกรรม (Internal Analysis) 94
5.1.2. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกอุตสาหกรรม (External Analysis) ... 94
5.2. การประเมินสภาพการแข่งขัน (Five-force-Model) 96
5.3. การวิเคราะห์คู่แข่ง 99
5.3.1. การวิเคราะห์สถานการณ์ในตลาด 99
5.3.2. คู่แข่งขัน (Competitor) 100
5.4. การวิเคราะห์ช่วงชีวิตของอุตสาหกรรม (Industry Life Cycle) 101
5.5. การประเมินยอดการขายเบื้องต้น (Initial Review) 102
5.6. การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด (Market analysis) 103
5.7. การแบ่งส่วนตลาด (Market Segmentation) 105
5.7.1. การเลือกตลาดเป้าหมาย (Target Market) 106
5.8. การนำผลิตภัณฑ์ออกสู่เชิงพาณิชย์ 109
5.8.1. กลยุทธ์การตลาดตามเป้าหมาย 109
5.9. การคาดการณ์ถึงปัญหาและพัฒนาแผนสำรองฉุกเฉิน 116
5.9.1. กรณีที่สินค้าไม่สามารถขายได้ตามที่คาดการณ์ไว้ 116
5.9.2. กรณีมีคู่แข่งวางตลาดผลิตภัณฑ์ลักษณะเดียวกันวางจำหน่าย 116
5.9.3. กรณีขายสินค้าได้เกินกว่าที่คาดการณ์ไว้ 117
5.9.4. กรณีมีคู่แข่งมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ออกมาจำหน่าย 117
5.9.5. กรณีวัตถุดิบขาดแคลน 117
บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 118
6.1. สรุปผลงานวิจัย 118
6.1.1. การสำรวจการยอมรับต่อแนวความคิดผลิตภัณฑ์ต่อผู้บริโภค 118

หน้า

6.1.2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย 119
6.1.3. การศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์..... 120
6.2. แนวทางในการพัฒนาต่อ 121
6.3. ข้อเสนอแนะ..... 121
รายการอ้างอิง 123
ภาคผนวก 128
ภาคผนวก ก 129
ภาคผนวก ข 138
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 141

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1-1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 4

ตาราง 1-2 แผนระยะเวลาการดำเนินการวิจัย 5

ตาราง 2-1 อัตราค่าไฟฟ้าแบ่งตามช่วงเวลาของการใช้งาน TOU 14

ตาราง 2-2 อัตราค่าไฟฟ้าแบ่งตามช่วงเวลาของวัน TOD 16

ตาราง 2-3 ประเภทของนวัตกรรมและความได้เปรียบในการแข่งขัน 28

ตาราง 2-4 ลักษณะที่แตกต่างกันสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ประเภทต่าง ๆ 36

ตาราง 4-1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานผู้ประกอบการ 73

ตาราง 4-2 ค่าเฉลี่ยของอายุผู้ตอบแบบสอบถาม 74

ตาราง 4-3 ประเภทอุตสาหกรรมโรงงานและรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 74

ตาราง 4-4 จำนวนและร้อยละเกี่ยวกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าภายในอุตสาหกรรม 75

ตาราง 4-5 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือน 76

ตาราง 4-6 ประสบการณ์หรือปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้า 76

ตาราง 4-7 การตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าในสถานประกอบการหรือโรงงาน 76

ตาราง 4-8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสำคัญทางด้านระบบ 77

ตาราง 4-9 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ 77

ตาราง 4-10 จำนวนและค่าร้อยละของผู้ประกอบการในการตอบแบบสอบถามจำแนกตามระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์ 78

ตาราง 4-11 สรุปผลการทดสอบระบบ 86

ตาราง 4-12 การเปรียบเทียบอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOD และ TOU ของกรณีตัวอย่าง* 90

ตาราง 5-1 แสดงการเปรียบเทียบมิเตอร์ที่จำหน่ายในท้องตลาด 100

ตาราง 5-2 เปรียบเทียบจุดเด่น จุดด้อย ระหว่างมิเตอร์อัจฉริยะและมิเตอร์ยี่ห้ออื่น 101

ตาราง 5-3 ปริมาณการนำเข้าเครื่องวัดกิโลวัตต์ของประเทศที่มียอดนำเข้าสูงสุด 107

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2-1 Multiple Topology ของเครือข่าย (a) Star network (b) Cluster network และ (c) Mesh Network 10
รูปที่ 2-2 ลำดับชั้นของโพรโทคอล Zigbee ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 12
รูปที่ 2-3 การจำแนกตามช่วงเวลาการใช้ตามอัตราการใช้ไฟฟ้าแบบ TOU 15
รูปที่ 2-4 การจำแนกตามช่วงเวลาการใช้ตามอัตราการใช้ไฟฟ้าแบบ TOD 16
รูปที่ 2-5 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศ 19
รูปที่ 2-6 แสดงกระบวนการในการจัดการความรู้ 21
รูปที่ 2-7 เปรียบเทียบการแสดงผลผ่านเว็บแอพลิเคชันแบบเดิมและแบบ Ajax Model 25
รูปที่ 2-8 แสดงกระบวนการการพัฒนานวัตกรรม 29
รูปที่ 2-9 แสดงวงจรชีวิตนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation Life Cycle) 31
รูปที่ 2-10 กระบวนการการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ 32
รูปที่ 2-11 แรงผลักทางเทคโนโลยีและแรงดึงทางอุปสงค์ 34
รูปที่ 2-12 ระดับความใหม่ของความเป็นนวัตกรรม “Spectrum of Newness” 35
รูปที่ 2-13 Robert Cooper “Stage-Gate™” Model 38
รูปที่ 2-14 Ulrich and Eppinger Model 40
รูปที่ 2-15 Crawford and Antony Di Benedetto Model 42
รูปที่ 2-16 ระบบการประเมินกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (The Evalution System in NPD) 44
รูปที่ 2-17 คุณค่าของตราสินค้า 48
รูปที่ 2-18 การนำผลิตภัณฑ์ออกทดสอบตลาด 49
รูปที่ 2-19 แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ 51
รูปที่ 2-20 แสดงกรอบแนวความคิดของงานวิจัย 53
รูปที่ 3-1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย 57

หน้า

รูปที่ 3-2 ขั้นตอนกระบวนการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ 57
รูปที่ 3-3 ขั้นตอนกระบวนการทำงานวิจัย 58
รูปที่ 3-4 ภาพรวมระบบการทำงานโดยภาพรวมของมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย..... 59
รูปที่ 3-5 การติดตั้งมิเตอร์ในแต่ละพื้นที่..... 59
รูปที่ 3-6 โครงสร้างมิเตอร์ระบบอ่านอัตโนมัติแบบไร้สาย..... 60
รูปที่ 3-7 โครงสร้างตัวประสานกลาง (Coordinator)..... 62
รูปที่ 3-8 การส่งข้อมูลจากมิเตอร์ลงบนฐานข้อมูล 63
รูปที่ 3-9 ขั้นตอนการเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม RS232 63
รูปที่ 3-10 หน้าต่างติดต่อกับระบบอ่านมิเตอร์อัตโนมัติผ่านทางช่องทางอนุกรม (Serial Port) 64
รูปที่ 3-11 การเรียกข้อมูลจากหน้าเว็บบราวเซอร์จากฐานข้อมูล..... 64
รูปที่ 3-12 ส่วนต่อประสานงานผู้ใช้ ที่แสดงบนระบบเว็บแอพลิเคชัน..... 65
รูปที่ 3-13 UML (Class Diagram) โปรแกรมการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเวลาจริง 66
รูปที่ 3-14 การเข้าถึงมอดูลฐานข้อมูลแบบไคลเอนต์เซิร์ฟเวอร์ 67
รูปที่ 3-15 ระดับการให้คะแนนความสำคัญ (a) และเกณฑ์การแปลค่าคะแนนเฉลี่ย (b)..... 71
รูปที่ 4-1 การทดสอบระบบการส่งค่าที่วัดระหว่างมิเตอร์และตัวประสานกลาง 79
รูปที่ 4-2 ผลการทดสอบการแสดงค่าบนหน้าจอมิเตอร์..... 80
รูปที่ 4-3 แสดงหน้าจอกราฟิกการส่งค่าของข้อมูลจากมิเตอร์ภายในเครือข่าย..... 80
รูปที่ 4-4 แสดงหน้าจอหลักของระบบ Energy Information System 82
รูปที่ 4-5 หน้าจอสิทธิ์ในการเข้าถึงฐานข้อมูล 83
รูปที่ 4-6 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง (Real time) 83
รูปที่ 4-7 การคำนวณรายละเอียดค่าใช้จ่ายทางด้านค่าไฟฟ้า..... 84
รูปที่ 4-8 เปรียบเทียบการแสดงผลระหว่างอัตรา TOU และ TOD 84
รูปที่ 4-9 บันทึกข้อมูลการลงทะเบียนเพื่อสมัครสมาชิก 85

หน้า

รูปที่ 4-10 แสดงกระบวนการและเครื่องจักรหลักที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมโรงเลื่อย 88
รูปที่ 4-11 ลักษณะโครงสร้างการใช้ไฟฟ้าตามแบบ TOD 89
รูปที่ 4-12 ลักษณะโครงสร้างการใช้ไฟฟ้าตามแบบ TOU 90
รูปที่ 4-13 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้ารายสัปดาห์..... 91
รูปที่ 5-1 แบบจำลองการวิเคราะห์สภาวะการแข่งขันของธุรกิจ..... 96
รูปที่ 5-2 แสดงช่วงวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย 102
รูปที่ 5-3 ภาพรวมอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง (มูลค่าพลังงาน (บาท)/ มูลค่าผลิตภัณฑ์) 105
รูปที่ 5-4 ปริมาณมูลค่าการนำเข้าเครื่องวัดกิโลวัตต์มิเตอร์ตั้งแต่ปี 2544-2552 108
รูปที่ 5-5 กำหนดตำแหน่งทางด้านผลิตภัณฑ์ (Product Positioning) 110
รูปที่ 5-6 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์..... 111
รูปที่ 5-7 ลักษณะตราสินค้า ชื่อ “Ezy Power Meter”..... 112
รูปที่ 5-8 แสดงลักษณะบรรจุภัณฑ์ภายนอกของมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย 113
รูปที่ 5-9 แสดงลักษณะบรรจุภัณฑ์ภายในกล่องผลิตภัณฑ์ 113

บทที่ 1

บทนำ

1.1. แนวเหตุผลในการทำวิทยานิพนธ์

พลังงานไฟฟ้าเป็นสิ่งสำคัญพื้นฐานสำหรับการดำรงชีวิตประจำวันและเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคม อีกทั้งความต้องการภายในประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นโดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก [1] คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 13 ต่อปี กล่าวคือ มีค่าใช้จ่ายทางด้านสาธารณูปโภคจะเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าถึง 70% [2] ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จึงเริ่มมาพิจารณาหามาตรการลดค่าใช้ไฟฟ้าภายในธุรกิจของตน

ด้านภาครัฐเล็งเห็นความสำคัญของการใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและส่งเสริมให้ผู้ประกอบการได้ใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้งานหรือทีโอยู (TOU: Time of Use Rate) และอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวันหรือทีโอดี (TOD: Time of Day Rate) [3] เพื่อช่วยให้ผู้ใช้ไฟฟ้าหรือผู้ประกอบการได้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าบางส่วนไปใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำ จึงจำเป็นต้องมีมิเตอร์ที่รองรับระบบการอ่านค่าอัตโนมัติ (AMR: Automatic Meter Reading) [4] เข้ามาอ่านค่าแทนการจดหน่วยแบบดั้งเดิมคือ มิเตอร์แบบจานหมุนตัวเลข (Mechanical Meter) ที่วัดได้เฉพาะค่าพลังงานแอคทีฟสะสมเท่านั้น (kWh) แม้ว่าการไฟฟ้าจะนำค่านี้มาคำนวณเป็นเงินเพื่อเรียกเก็บค่าไฟฟ้าประจำเดือน แต่ก็ต้องส่งพนักงานมาจดค่ากำกับซึ่งอาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ อีกทั้งผู้ประกอบการเองไม่สามารถตรวจสอบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในแต่ละส่วนของการใช้งานเนื่องจากเป็นข้อมูลที่วัดผ่านมิเตอร์หลักเพียง 1 ตัวของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

ในปัจจุบันระบบการอ่านค่าผ่านตัวกลางอัตโนมัติ มีการส่งค่าพลังงานที่วัดได้ให้กับเครื่องอ่านผ่านสื่อต่าง ๆ เช่น ระบบการอ่านค่าผ่านสายส่งกำลัง (PLC: Power Line Carrier) มีข้อเสีย คือหากเกิดการรบกวนของโหลดทำให้การคาดเดาผลการส่งทำได้ลำบาก จึงเหมาะสมกับการใช้งานบางพื้นที่ที่มีการรบกวนน้อย หรือการส่งค่าผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ จำเป็นต้องมีหมายเลขโทรศัพท์เป็นของตัวเอง เกิดความต้องการของช่องสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ต้องเสียค่าเช่าหมายเลขโทรศัพท์และค่าบำรุงรักษาตลอดทั้งเดือน

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงเทคโนโลยีแบบไร้สายผ่านคลื่นวิทยุที่นำมาประยุกต์ใช้กับมิเตอร์เพื่อลดระยะเวลาในการจดบันทึกและสามารถวิเคราะห์ถึงพฤติกรรม

การใช้ไฟฟ้าของผู้ประกอบการ จึงทำการศึกษาเทคโนโลยีและแนวโน้มการสื่อสารไร้สาย ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูล เนื่องจากมีความถูกต้องของข้อมูลและส่งสัญญาณได้ครอบคลุม อีกทั้งซอฟต์แวร์ที่สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าได้แบบเวลาจริง หากผู้ประกอบการได้รับทราบและควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดอย่างเหมาะสม จะช่วยให้ลดค่าใช้จ่ายลงได้และเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมให้มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลังงาน อันจะส่งผลดีต่อทั้งการลงทุนของประเทศและเป็นประโยชน์โดยตรงต่อผู้ใช้ไฟฟ้าเอง

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาต้นแบบของการวิจัย “การพัฒนาเชิงนวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง” ไปสู่การพัฒนาเป็นนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) ในกระบวนการเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.2. **วัตถุประสงค์**

1) พัฒนามิเตอร์อัจฉริยะสำหรับวัดพลังงานไฟฟ้าและส่วนประสานกลาง (Coordinator) ในการบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลด้วยระบบการอ่านค่าผ่านคลื่นวิทยุ
2) ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศการใช้พลังงานไฟฟ้า “Energy Information System”
3) ศึกษาความเป็นไปได้เชิงธุรกิจและการยอมรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรม มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย

1.3. **ขอบเขตของการวิจัย**

1) พัฒนาการอ่านค่ามิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายในระบบการอ่านค่าอัตโนมัติ ซึ่งทำหน้าที่เป็น Router ในการส่งข้อมูลผ่านตัวประสานกลางโดยใช้โพรโทคอล Zigbee
2) ออกแบบระบบสารสนเทศสำหรับอ่านข้อมูลจากตัวประสานกลาง จัดเก็บข้อมูลลงบนฐานข้อมูล โดยสามารถแสดงค่าพลังงานไฟฟ้าของมิเตอร์แบบเวลาจริง (Real time) ผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์
3) ศึกษาข้อมูลด้านเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายที่เกี่ยวข้องกับการส่งค่ามิเตอร์
4) ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในกลุ่มอุตสาหกรรมโรงเลื่อยแปรรูปไม้เป็นต้นแบบกรณีศึกษา ระดับแรงดัน 22-33 กิโลโวลท์

5) ศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจในการยอมรับนวัตกรรมผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย โดยสำรวจความสนใจและการยอมรับของผู้ประกอบการต่อผลิตภัณฑ์ ที่ได้จากแบบสอบถามและความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ

1.4. คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

กิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) คือ หน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ คิดจากผลคูณของกำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) กับเวลา (ชั่วโมง) ใช้เป็นหน่วยสำหรับคิดค่าพลังงานกระแสไฟฟ้าโดยที่ 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 1 หน่วย (unit)

วัตต์ (Watt) คือ หน่วยวัดกำลังไฟฟ้า

ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด คือ ค่าสูงสุดของค่ากำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่งมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ หรือเมกะวัตต์ (เท่ากับหนึ่งพันกิโลวัตต์)

ความต้องการกำลังไฟฟ้า คือ กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือน

ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor หรือ PF) คือ ค่าที่บอกลักษณะของโหลดทางไฟฟ้าว่าใช้ อัตราส่วนของ Active Power และ Reactive Power ในสัดส่วนของกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power)

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) เป็นนวัตกรรมในการประยุกต์มิเตอร์ให้สามารถรองรับเทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย
2) ได้ระบบสารสนเทศที่วิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าและจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลที่จำเป็นสำหรับผู้ประกอบการและผู้ใช้โดยทั่วไป
3) ผู้ประกอบการรู้ศักยภาพและสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ปริมาณไฟฟ้าภายในธุรกิจของตน
4) ประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับต้นทุนการใช้ไฟฟ้าสำหรับธุรกิจของผู้ประกอบการ

1.6. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาและวิจัย แบ่งออกเป็นขั้นตอน พัฒนานวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริงและขั้นตอนการหาแนวทางวิเคราะห์ตลาดเพื่อนำผลิตภัณฑ์ออกสู่เชิงพาณิชย์ ดังนั้นแบ่งการศึกษาและวิจัยออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

ส่วนที่ 1 การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย

ส่วนที่ 2 ศึกษาการยอมรับและความเป็นไปได้ทางด้านการตลาดสำหรับตัวผลิตภัณฑ์

ตาราง 1-1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอน	กิจกรรม
1	ศึกษาแนวความคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ● ศึกษารายละเอียดระบบการอ่านมิเตอร์อัตโนมัติ ● ศึกษาข้อมูลทั่วไปทางด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารไร้สาย ● ศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ ทั้งทางด้านเทคโนโลยีระบบสารสนเทศ การวิเคราะห์พลังงาน และการยอมรับทางด้านการตลาด
2	ประเมินแนวความคิดผลิตภัณฑ์ ● สำรวจความคิดและแจกแบบสอบถามผู้ประกอบการตัวอย่าง เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยในการเลือกซื้อและความต้องการผลิตภัณฑ์
3	พัฒนาผลิตภัณฑ์และทดลองทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์ในงานวิจัย ● พัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ● ทำการทดลองและทดสอบการทำงานของผลิตภัณฑ์ ● ทดสอบตามคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์
4	ศึกษาตลาดและทัศนคติของผู้ประกอบการตัวอย่าง ● สัมภาษณ์ผู้ประกอบการและผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าและการยอมรับของผลิตภัณฑ์ใหม่ ● วิเคราะห์ปัจจัยในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จากแบบสอบถามที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง ● วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษาอุตสาหกรรมโรงเลื่อยแปรรูปไม้
5	ประเมินและทดสอบการยอมรับของผลิตภัณฑ์ในเชิงธุรกิจ ● ศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด สภาพการแข่งขันและคู่แข่ง ● ศึกษาวิธีนำผลิตภัณฑ์ออกสู่กระบวนการเชิงพาณิชย์ จากข้อมูลทุติยภูมิ เช่น บทความ เอกสารทางราชการ และข่าวสารต่าง ๆ
6	สรุปผลและข้อเสนอแนะ ● วิเคราะห์ผลการวิจัย ● วิเคราะห์การยอมรับเทคโนโลยีของผู้ประกอบการและเก็บรวบรวมข้อมูล ● นำเสนอแนวทางและข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป
7	จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.7. แผนการดำเนินการวิจัย

ตาราง 1-2 แผนระยะเวลาการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ต.ค.52	พ.ย.52	ธ.ค.52	ม.ค.53	ก.พ.53	มี.ค.53	เม.ย.53	พ.ค.53	มิ.ย.53	ก.ค.53	ส.ค.53	ก.ย.53
1. ทบทวนวรรณกรรม แนวความคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง												
2. ดำเนินการวิจัยทางด้านการตลาดและเก็บข้อมูลเบื้องต้น												
3. พัฒนามิเตอร์อัจฉริยะส่วนประสานกลางผลิตภัณฑ์ต้นแบบ												
4. พัฒนาและออกแบบระบบสารสนเทศ												
5. วิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม												
6. เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล												
7. สรุปผลและรวบรวมข้อมูลพร้อมจัดทำรูปเล่มงานวิจัย												

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้กล่าวถึง แนวคิด ความรู้ ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบไปด้วยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับส่วนประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์มิเตอร์อัจฉริยะ ส่วนควบคุมประสานกลาง และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร ความรู้เกี่ยวกับโพรโทคอล Zigbee [5] แนวคิดและเทคนิคใหม่ในการนำมาประยุกต์ใช้มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายและระบบสารสนเทศในการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า นวัตกรรมกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ กระบวนการยอมรับนวัตกรรม ตลอดจนความเป็นไปได้และการยอมรับในผลิตภัณฑ์ “การพัฒนาเชิงนวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง”

2.1. การวัดค่ากำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

แอนะล็อกมิเตอร์ (มิเตอร์จานหมุนแบบเหนี่ยวนำ) ใช้กลไกจานหมุนที่มีตัวเลขเพียงชุดเดียว ไม่สามารถแยกเก็บค่าพลังงานในแต่ละช่วงเวลา และการจดบันทึกพลังงานในแต่ละครั้งไม่สามารถทราบช่วงเวลาโหลดและความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ณ เวลาที่ต้องการทราบได้

มิเตอร์ไฟฟ้าอัจฉริยะ (Smart Meter) เป็นมิเตอร์ดิจิทัลที่มีองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่ ระบบเครื่องมือวัด (Instrument System) ระบบควบคุม(Control System) และระบบคอมพิวเตอร์ (Computer System) ประกอบด้วยชิปประมวลผลผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สาย (Wireless sensor) ในการส่งข้อมูลให้กับระบบคอมพิวเตอร์ ที่ออกแบบมาเพื่อแสดงรายงานปริมาณการใช้ไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ได้แบบเวลาจริง (Real time) จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์วัดและคำนวณค่าทางไฟฟ้าได้หลายประเภท และมีอุปกรณ์สื่อสารสำหรับส่งข้อมูลได้อย่างอัตโนมัติ (AMR: Automatic Meter Reading) ที่ทำให้มิเตอร์อัจฉริยะมีความสามารถมากกว่ามิเตอร์ทั่วไป [6] ข้อมูลการวัดค่าที่สำคัญ ดังนี้

1. **ค่าเฉลี่ยรากกำลังสองของแรงดัน** (Root Meter Square Voltage **หรือ** V_{RMS}) เป็นค่าที่ระบุขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กัน เนื่องจากแรงดันนี้เปลี่ยนเป็นค่าบวกและลบสลับกัน ไปตามคาบเวลา การระบุขนาดแรงดันเป็นค่าเดียวจึงต้องนำค่าแรงดันมายกกำลังสองให้เป็นค่าบวก แล้วหาค่าเฉลี่ยในเวลา 1 คาบ จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาถอดรากที่สองได้เป็นค่า V_{RMS} เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)\,dt} \qquad (V) \qquad (2.1)$$

เมื่อ $v(t)$ คือ แรงดัน , t คือ เวลา และ T คือ เวลาคาบของแรงดัน $v(t)$

2. **ค่าเฉลี่ยกำลังสองของกระแส** (Root Mean Square Current **หรือ** I_{RMS}) เป็นค่าที่ระบุขนาดกระแสไฟฟ้าของกระแสสลับ เนื่องจากกระแสนี้เปลี่ยนเป็นค่าบวกและลบสลับกัน ไปตามคาบเวลา การระบุขนาดของกระแสเป็นค่าเดียวจึงต้องนำค่ากระแสมายกกำลังสองให้เป็นค่าบวก แล้วหาค่าเฉลี่ยในเวลา 1 คาบ จากนั้นนำค่าเฉลี่ยมาถอดรากที่สองได้เป็นค่า V_{RMS} เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)\,dt} \qquad (A) \qquad (2.2)$$

เมื่อ $i(t)$ คือ กระแส , t คือ เวลา และ T คือ เวลาคาบของกระแส $i(t)$

3. **กำลังไฟฟ้าแอคทีฟหรือกำลังไฟฟ้าจริง** (Active Power) หมายถึง อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าแอคทีฟที่โหลดต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) จัดเป็นกำลังไฟฟ้าที่โหลดใช้ไปจริง ในวงจรกระแสสลับ ค่ากำลังไฟฟ้าชั่วขณะจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในทุก ๆ รอบ (Cycle) ตามค่าการเปลี่ยนแปลงของกระแสและแรงดัน ดังนั้นจึงต้องทำการเปลี่ยนค่ากำลังไฟฟ้าชั่วขณะให้เป็นค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ซึ่งหาได้จากการอินทีเกรทผลคูณระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังของสองแรงดันและค่าเฉลี่ยกำลังสองของกระแส ได้ดังสมการ

$$P_{AV} = V_{RMS}\, I_{RMS}\cos(\theta) \qquad (W) \qquad (2.3)$$

เมื่อ P_{AV} คือ ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Power) ในช่วงเวลา 1 คาบ จะเท่ากับค่าอินทีเกรทเพียง 1 cycle ของทั้งกระแสและแรงดัน

V_{RMS} คือ แรงดันประสิทธิผล (ค่าเฉลี่ยกำลังสองของกระแส)

I_{RMS} คือ กระแสประสิทธิผล (ค่าเฉลี่ยกำลังสองของแรงดัน)

$\cos\theta$ คือ มุมที่เกิดขึ้นระหว่างกระแสและแรงดัน

4. **พลังงานไฟฟ้าแอคทีฟสะสม** (Accumulate Active Energy) เป็นค่าสะสมของผลคูณระหว่างกำลังไฟฟ้าแอคทีฟกับแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ จัดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจริงมีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) มิเตอร์ไฟฟ้าทั่วไปที่ใช้ตามบ้านเรือนจะวัดเพียงค่านี้เท่านั้น เพื่อให้การไฟฟ้านำไปคำนวณและเรียกเก็บเงินค่าใช้ไฟฟ้าประจำเดือน

$$W = \int_0^T P_{av}\, dt \qquad (kWh) \tag{2.4}$$

5. **กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ** (Reactive Power) เป็นกำลังไฟฟ้าที่ส่งกลับไปมาระหว่างด้านส่งกับโหลด โดยไม่ถูกใช้งาน มีหน่วยเป็น กิโลวาร์ (kVAr) โหลดที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ จะมีตัวเก็บประจุและหรือตัวเหนี่ยวนำ (ในมอเตอร์) เป็นส่วนประกอบ อุปกรณ์เหล่านี้จะสะสมพลังงานจากด้านส่งในช่วงหนึ่ง และส่งกลับคืนในอีกช่วงหนึ่งสลับกันไป (เช่นเดียวกับที่เกิดในสปริง) โหลดจะไม่ได้ใช้กำลังไฟฟ้าส่วนนี้ ทำให้ระบบจ่ายไฟฟ้าขาดประสิทธิภาพ

$$Q = V_{RMS}\, I_{RMS} \sin(\theta) \qquad (kVAr) \tag{2.5}$$

6. **พลังงานไฟฟ้ารีแอคทีฟสะสม** (Cumulative Reactive Energy) เป็นค่าสะสมของผลคูณระหว่างกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ กับแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ มีหน่วยเป็น กิโลวาร์-ชั่วโมง (kVArh)

$$W_{VAR} = \int_0^T Q\, dt \qquad (kVArh) \tag{2.6}$$

7. **ตัวประกอบกำลัง** (Power Factor) เป็นอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงกับกำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ เป็นค่าไม่มีหน่วยที่ระบุประสิทธิภาพการวัดพลังงานของโหลด มีนิยามว่า

$$Power\ Factor = \frac{Active\ Power}{V_{RMS}\ \ I_{RMS}} \tag{2.7}$$

ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 เสมอ เป็นโหลดที่ไม่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟจะมีค่าตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1

8. **ตัวประกอบภาระทางไฟฟ้า** (Load Factor) เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปทั้งหมดหารกับค่าความต้องการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุด เพื่อวัดประสิทธิภาพความสม่ำเสมอของการใช้ไฟฟ้า มีนิยามว่า

$$Load\ Factor = \frac{E}{P*Hr} * 100\% \quad (2.8)$$

เมื่อ LF คือ ตัวประกอบภาระทางไฟฟ้า หรือ Load Factor (%)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรอบหนึ่งเดือน (หน่วย)

P คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak (กิโลวัตต์)

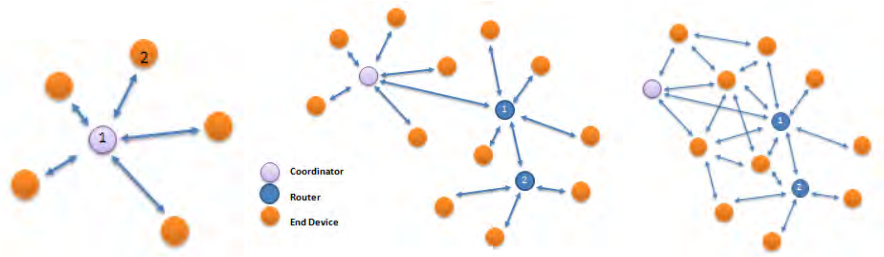
Hr คือ จำนวนชั่วโมงในรอบเดือน (ชั่วโมง/เดือน)

2.2. เทคโนโลยีการสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Sensor Network)

ปัจจุบันการสื่อสารแบบไร้สายถือเป็นเทคโนโลยีที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย มีความสะดวกในการติดตั้งและใช้งาน อีกทั้งอุปกรณ์มีราคาค่อนข้างลดลง และควบคุมความปลอดภัยบนเครือข่ายมากขึ้น จากมาตรฐานของ IEEE ได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ IEEE 802.11n โดยเฉพาะย่านความถี่ของโพรโทคอล Zigbee ที่ มาตรฐาน 802.15.4 /LR-WPAN (Low data rate WPAN) รองรับการทำงานกับอุปกรณ์ Low data rate และ Long Battery life ซึ่งเป็นอุปกรณ์เกี่ยวกับเซ็นเซอร์ อีกทั้งมีการเข้ารหัสเพื่อรักษาความปลอดภัยให้กับข้อมูล แบ่งได้หลาย Layer ตั้งแต่ระดับ Hardware (Physical – PHY และ MAC Layer) แต่ละตัวจะมีมาตรฐานในเรื่องของย่านความถี่ที่แตกต่างกัน ความเร็วในการใช้งานและการเข้ารหัส โดยมีทั้งหมด 3 ย่านความถี่ ได้แก่

1. ย่านความถี่ 2.4 GHz มี 16 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 250 Kbps (ประเทศไทย)
2. ย่านความถี่ 915 GHz มี 10 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 40 Kbps (เฉพาะอเมริกาเหนือ)
3. ย่านความถี่ 868 GHz มี 1 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 20 Kbps (เฉพาะยุโรป)

ใช้รูปแบบของการเชื่อมต่อ ดังนี้



(a) (b) (c)

รูปที่ 2-1 Multiple Topology ของเครือข่าย (a) Star network (b) Cluster network และ (c) Mesh Network

ที่มา: ดัดแปลงจาก Sinem Coleri Ergen [5]

จากรูปที่ 2-1 แสดงการเชื่อมต่อของเครือข่ายในรูปแบบต่าง ๆ การเชื่อมต่อภายในโครงข่ายแบบรูปดาว (Star Topology) จะถูกควบคุมโดย Coordinator เพียงจุดเดียว โดย End Device ทุกตัวจะทำการติดต่อผ่านทาง Coordinator และ Coordinator ก็จะทำการส่งค่ากลับไปให้ End Device เป็นการติดต่อระหว่าง อุปกรณ์แม่ (Coordinator) และอุปกรณ์ลูก (End Device)

การเชื่อมต่อแบบ Cluster Network เป็นการเชื่อมต่อที่ติดต่อผ่านทาง Router ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นตัว Coordinator ในการส่งค่ากลับไป โดยที่ End Device แต่ละตัวไม่จำเป็นต้องติดต่อผ่านทาง Coordinator โดยมี Coordinator 1 ตัว ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่าง Coordinator และ Router ตัว Router อาจเป็นอุปกรณ์แม่และอุปกรณ์ลูกในขณะเดียวกัน

การเชื่อมต่อแบบ Mesh Network เป็นการเชื่อมต่อ โดยทุก Node ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ โดยไม่จำเป็นต้องติดต่อผ่าน Coordinator การติดต่อแบบนี้ ทำให้สามารถส่งค่าได้ไกลยิ่งขึ้น แต่มักจะสิ้นเปลืองช่องทางในการติดต่อและมีความซับซ้อนในการเชื่อมต่อมากกว่าแบบ Cluster Network วิธีติดต่อสื่อสารทุกแบบ ใช้การเชื่อมต่อผ่านเซ็นเซอร์ข้อมูลขนาดเล็กเป็นจุดเชื่อมต่อภายในโครงข่าย รับส่งข้อมูลจากจุดต่อจุด ด้วยชิปตัวเล็ก ๆ ไปจนถึงปลายทางที่ต้องการดาวน์โหลดข้อมูลลงเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป จุดเด่น คือ ลดการใช้พลังงานให้เหลือน้อยที่สุด ประหยัดพลังงาน และติดต่อระหว่างโหนดได้เป็นจำนวนมาก สามารถส่งข้อมูลได้ระยะไกล มีการทำ Fully hand-shaked เพื่อความน่าเชื่อถือในการส่งข้อมูล โดยมีระยะทางใช้งานช่วงปกติ 50 เมตร และระยะทางในการใช้งานสูงสุดอยู่ในช่วง 5-500 เมตร

Zigbee แบ่งหน้าที่ตามลักษณะการทำงาน 3 แบบ คือ

1. Coordinator มีหน้าที่สร้างการสื่อสาร เชื่อมโยงระหว่างเครือข่าย ระหว่าง End Device กับ Router หรือ Coordinator กับ Coordinator ด้วยกัน หรือ Coordinator กับ Router กำหนด Address ที่อยู่ในวงเครือข่าย ไม่ให้ซ้ำกัน ดูแลจัดการเรื่อง Routing เส้นทาง

2. Router มีหน้าที่รับส่งข้อมูลและเส้นทางต่าง ๆ ของเครือข่าย

3. End Device เป็นอุปกรณ์ปลายทางที่ใช้รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ปลายทางที่ติดอยู่ ใช้พลังงานต่ำในการรับส่ง

มาตรฐาน 802.15.4 มีจุดมุ่งหมายเบื้องต้นเพื่อตรวจจับและควบคุมแอพลิเคชัน ระยะห่างระหว่างโหนด 2 โหนด อยู่ที่ 50 เมตรขึ้นไป โหนดจะทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลกัน เกิดการสร้างเครือข่ายขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้ครอบคลุมเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด

การรับส่งข้อมูลแบบไร้สายที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้น ใช้การทำงานของแบตเตอรี่ที่มีประจุสำรองในปริมาณมากและมีอัตราการส่งที่สูง การสื่อสารมีความซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายที่แพง ดังนั้นหากต้องการที่จะนำมาใช้จริงในเชิงพาณิชย์ จึงต้องหาวิธีการส่งด้วยกำลังไฟฟ้าต่ำ และอยู่ในช่วงความถี่ที่ไม่ต้องขออนุญาต มีความเชื่อถือได้ ปลอดภัย และมีลักษณะพิเศษในการระบุตัว address เฉพาะตัว ในการควบคุมระหว่างเซ็นเซอร์พื้นฐาน ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคโนโลยีโพรโทคอล Zigbee ที่มีหลักเกณฑ์แน่นอนในการติดต่อสื่อสาร อยู่ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.15.4 [7] ในการเข้ารหัสเพื่อความปลอดภัยของข้อมูล และการเข้าถึงช่องสัญญาณแบบ Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA-CA) [8] เป็นเทคนิคที่ช่วยในการจัดสรรข้อมูลในเรื่องของการจองช่องสัญญาณ การตรวจสอบการชนกันในระหว่างที่ทำการส่งสัญญาณใช้การรับและส่งสัญญาณในเวลาเดียวกันได้ (Full Duplex) โดยผู้ส่งสัญญาณข้อมูลจะรอรับ Acknowledgement จากสถานีที่ส่งข้อมูลไปให้ หากไม่ได้รับ Acknowledgement กลับมาภายในระยะเวลาที่กำหนดจะถือว่าการชนกันของสัญญาณเกิดขึ้นและต้องทำการส่งข้อมูลเดิมซ้ำ มิเตอร์ลูกข่ายจะคอยเพื่อทำการส่งข้อมูลลักษณะเดิมซ้ำอัตโนมัติ มีกระบวนการทวนข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องและส่งข้อมูลให้ใหม่อีกครั้ง ถ้าปลายทางเกิดความผิดพลาดขึ้น ลักษณะการส่งแบบนี้เหมาะกับเครือข่ายการสื่อสารของมิเตอร์อัจฉริยะได้ดีเมื่อมีจำนวนของมิเตอร์เพิ่มมากขึ้น

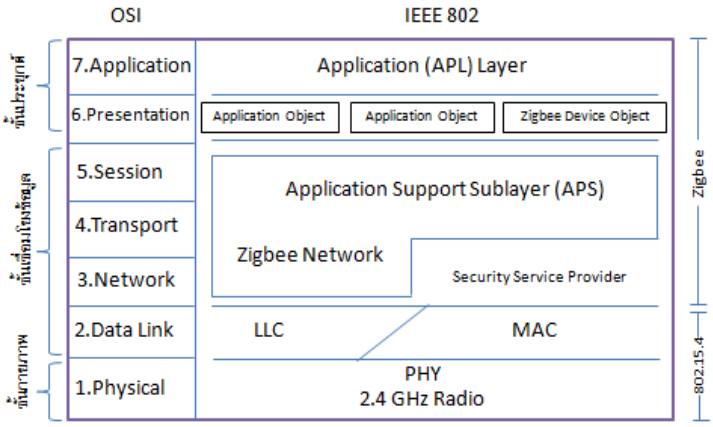
2.2.1. **มาตรฐานของระบบเครือข่าย** 802.15.4

การสื่อสารแบบไร้สายมีมาตรฐานในการติดต่อสื่อสารแบบระบบเปิด (OSI: Open System Interconnection) กำหนดโดยองค์การระหว่างประเทศ ที่ทำให้การเชื่อมต่อสื่อสารเป็นไปได้ในทิศทางเดียวกัน ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง 3 ชั้น ได้แก่ ระดับชั้นเกี่ยวกับทางกายภาพ (Physical layer) ระดับชั้นของการเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) และระดับชั้นของการประยุกต์ (Application Layer)

ระดับชั้นทางกายภาพ (Physical layer) เป็นชั้นล่างสุดของการติดต่อสื่อสาร ทำหน้าที่รับส่งข้อมูล และเป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับฮาร์ดแวร์ที่ใช้กับระบบ เชื่อมโยงกับชั้นของการเชื่อมโยงข้อมูล

ระดับชั้นของการเชื่อมโยงข้อมูล (Data Link Layer) ทำหน้าที่จัดการข้อมูลแบ่งออกเป็นเฟรม โดยการเพิ่มเขต (field) ตำแหน่ง เขตตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล การร้องขอ การยกเลิกการติดต่อ ป้องกันไม่ให้ข้อมูลส่งเร็วเกินความสามารถของระบบ เลือกเส้นทางการติดต่อ และเป็นตัวเชื่อมกันระหว่างเครือข่าย

ระดับชั้นของการประยุกต์ (Application Layer) เป็นโปรแกรมประยุกต์ใช้งานกับระบบเครือข่าย เพื่อให้ผู้ใช้งานผู้ส่ง และผู้รับ เข้าใจความหมายโดยตรงของการเข้ารหัส โครงสร้างข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐานที่ติดต่อสื่อสารกันได้ทุกเครื่อง แสดงในรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 ลำดับชั้นของโพรโทคอล Zigbee ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4

ที่มา: ดัดแปลงจาก IEEE 802.15.4 Std [7]

Zigbee ได้นำชั้น Physical Layer และ ชั้น MAC Layer ของ IEEE802.15.4 ซึ่งเป็นมาตรฐานกำหนดการสื่อสารแบบ WPAN (Wireless Personal Area Network) มาใช้ในเรื่องของระดับกำลังสัญญาณที่ใช้ในการส่ง Link Quality, Access control และ Security

2.3. การจำแนกประเภทอัตราค่าไฟฟ้า

การแบ่งประเภทตามอัตราค่าไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแบ่งได้ 6 ประเภท [9] ได้แก่

1. ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย เป็นการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือน ที่อยู่อาศัย บริเวณที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งวัด และสถานประกอบศาสนกิจ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

2. ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก เป็นการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจรวมกับบ้านที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่เป็นลักษณะอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ย 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว สามารถเลือกอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU เป็นอัตราเลือก นอกเหนือจากอัตราปกติ (Demand)

3. ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง เป็นการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจอุตสาหกรรม ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ย 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว สามารถเลือกอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU เป็นอัตราเลือก นอกเหนือจากอัตราปกติ (Demand)

4. ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ เป็นการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ย 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว สามารถเลือกอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU เป็นอัตราเลือก นอกเหนือจากอัตราปกติ (Demand)

5. ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรม และกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว เป็นอัตราภาคบังคับสำหรับอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU เท่านั้น

6. ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร สำหรับการใช้ไฟฟ้าของหน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน รวมถึงองค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการ แต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการ โดยไม่คิดค่าตอบแทน แต่ไม่รวมหน่วยงานของรัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว สามารถเลือกอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU เป็นอัตราเลือก นอกเหนือจากอัตราปกติ (Demand)

2.3.1. การคำนวณค่าไฟฟ้าแบบ TOU และ TOD

นโยบายการคำนวณไฟฟ้าตามที่รัฐบาลได้ส่งเสริมการคิดค่าพลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งานทีโอยู (TOU: Time of Use Rate) โดยมีวัตถุประสงค์ส่งเสริมให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU ได้ดังนี้

2.3.1.1. การคำนวณค่าไฟฟ้าแบบ TOU (Time of Use Rate)

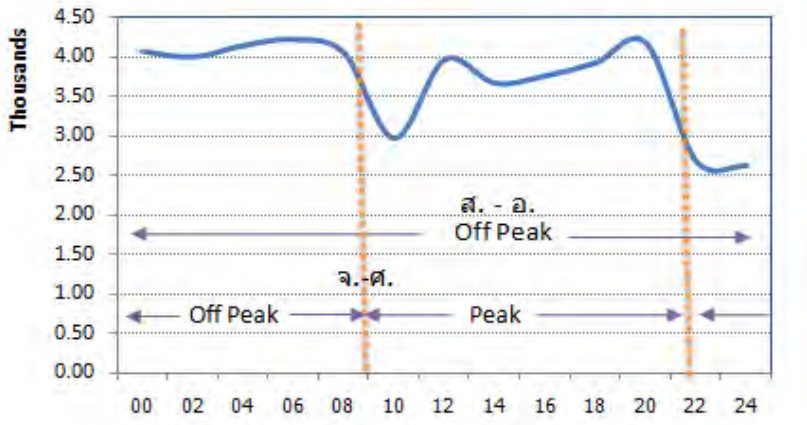
การคำนวณค่าไฟฟ้าแบบ TOU มีการใช้งานโดยแบ่งตามช่วงเวลาการใช้ ให้มีอัตราต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกัน ตามความต้องการไฟฟ้า (กิโลวัตต์) และค่าพลังงานไฟฟ้า (หน่วย) โดยขึ้นอยู่กับต้นทุนการผลิตในช่วงเวลานั้น ๆ ตามอัตราการคำนวณ ดังนี้

ตาราง 2-1 อัตราค่าไฟฟ้าแบ่งตามช่วงเวลาของการใช้งาน TOU

ระดับแรงดันไฟฟ้า*	ความต้องการไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	PEAK	PEAK	OFF PEAK	
แรงดัน 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

หมายเหตุ : * ระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายปัจจุบัน

ช่วงเวลาความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จำแนกตามพิกัดแรงดันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ช่วง On Peak ระหว่างเวลา 9.00-22.00 น. ของวันทำงาน (จันทร์-ศุกร์) ช่วงเวลาความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง Off Peak ระหว่างเวลา 22.00-9.00 น. ของวันทำงาน(จันทร์-ศุกร์) และระหว่างเวลา 0.00-24.00 น. ของวันเสาร์-อาทิตย์และวันหยุดราชการตามปกติ แต่ไม่รวมวันหยุดชดเชย



รูปที่ 2-3 การจำแนกตามช่วงเวลาการใช้ตามอัตราการใช้ไฟฟ้าแบบ TOU

สามารถนำไปคำนวณแต่ละช่วงเวลา ได้ตามสมการ

$$C = DC_p * P + EC_1 * E_1 + EC_2 * E_2 \quad (2.9)$$

$$C = DC * P + [\Delta EC + EC_2] * E_1 + EC_2 * E_2 \quad (2.10)$$

$$C = DC * P + \Delta EC * E_1 + EC_2 * [E1 + E_2] \quad (2.11)$$

เมื่อ

C คือ ค่าไฟฟ้าพื้นฐาน (บาท)

DC_p คือ อัตราความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak (บาทต่อกิโลวัตต์)

P คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak (กิโลวัตต์)

EC_1 คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak (บาทต่อหน่วย)

E_1 คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ช่วง On Peak (หน่วย)

EC_2 คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak (บาทต่อหน่วย)

E_2 คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ช่วง Off Peak (หน่วย)

ΔEC คือ ผลต่างของอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak และ Off Peak (บาทต่อหน่วย)

E คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)

การคำนวณไฟฟ้าแบบ TOU นั้น เป็นการคำนวณ ในการต้องการหาค่าไฟฟ้าพื้นฐาน เมื่อเอาความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak คูณด้วย อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak และความต้องการไฟฟ้าพลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง Off Peak คูณด้วยอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak

2.3.1.2. การคำนวณค่าไฟฟ้าแบบ TOD (Time of Day Rate)

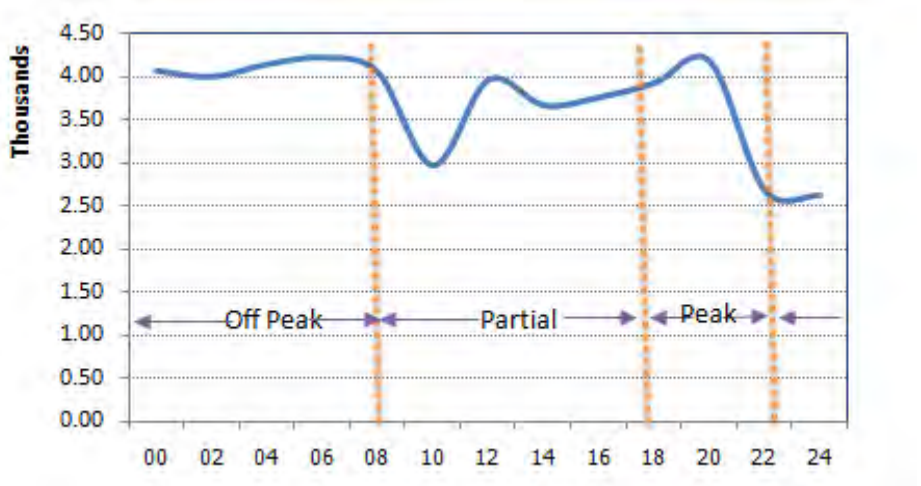
การคำนวณค่าไฟฟ้าแบบ TOD (TOD: Time of Day Rate) เป็นการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าโดยแบ่งตามช่วงของวัน แบ่งความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ออกเป็น 3 ช่วงในเวลารอบวัน ได้แก่ ช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก (P: On Peak) ช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าปานกลาง (PP: Partial Peak) และช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำ (OP: Off Peak)

ตาราง 2-2 อัตราค่าไฟฟ้าแบ่งตามช่วงเวลาของวัน TOD

ระดับแรงดันไฟฟ้า*	ความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
	Peak	Partial	Off Peak	
แรงดัน 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	224.30	29.91	0	1.6660
แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	285.05	58.88	0	1.7034
แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	332.71	68.22	0	1.7314

หมายเหตุ : * ระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายปัจจุบัน

การคำนวณค่าไฟฟ้าแบบ TOD จำแนกตามพิกัดแรงดันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ใช้การแบ่งตามช่วงเวลาของวัน เวลา 18.30-21.30 น. ของทุกวัน ถือเป็นช่วง On Peak ระหว่างเวลา 08.00-18.30 น. ของทุกวัน เป็นช่วง Partial Peak และระหว่างเวลา 21.30-08.00 น. ของทุกวัน เป็นช่วง Off Peak



รูปที่ 2-4 การจำแนกตามช่วงเวลาการใช้ตามอัตราการใช้ไฟฟ้าแบบ TOD

โดยใช้สมการในการคำนวณ ดังนี้

กรณี P > PP

$C = DC_p * P + EC * E$

$C/E = DC_p (P/E) + EC$

$= DC_p [100/ (LF*T)] + EC$

$LF = [E/P*T)]*100\%$

$P/E = 100\% /(LF*T)$

กรณี P < PP

$C = DC_p * P + DC_{pp} * (PP-P) + EC*E$

$C/E = DC_p(P/E) + DC_p [(PP-P)]/E] + EC$

$= (DC_p- DC_{pp}) (P/E) + DC_{pp} (PP/E) + EC$

$= (DC_p- DC_{pp}) [100/(LF*T)] (P/PP) + DC_{pp} [100/(LF*T)] +EC$

$LF = [E/PP*T)] *100\%$

$PP/E = 100\% /(LF*T)$

เมื่อ

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรอบหนึ่งเดือน (หน่วย)

C คือ ค่าไฟฟ้าพื้นฐาน (บาท)

DC_p คือ อัตราความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak (บาทต่อกิโลวัตต์)

P คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak (กิโลวัตต์)

DC_{pp} คือ อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง Partial Peak (บาทต่อกิโลวัตต์)

PP คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง Partial Peak (กิโลวัตต์)

EC คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

E คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)

LF คือ Load Factor (%)

T คือ จำนวนชั่วโมงในรอบหนึ่งเดือน (ชั่วโมง)

2.4. **ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า**

ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า ในแต่ละเดือนของอัตราค่าไฟฟ้าประเภท TOU และ TOD ประกอบด้วยค่าไฟฟ้าหลายส่วน ดังนี้

1) **ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า** (Demand charge) มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ที่เป็นค่าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วง on peak ในเดือนนั้น ๆ โดยมีหน่วยเป็นบาทต่อกิโลวัตต์ ที่สะท้อนถึงการลงทุนของระบบจำหน่ายไฟฟ้าตามระดับแรงดัน เรียกว่า Capacity cost

2) **ค่าพลังงานไฟฟ้า** (Energy charge) ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผู้ใช้ใช้ไปในรอบเดือนนั้น ๆ มีหน่วยเป็นบาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือบาทต่อหน่วย ค่าไฟในส่วนนี้เป็นส่วนที่สะท้อนถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ค่าดำเนินการและค่าเชื้อเพลิง ตามระดับแรงดัน เรียกว่า Energy cost

3) **ค่าบริการ** (Service charge) ค่าบริการเกี่ยวกับเครื่องมือวัด ค่าจัดทำใบเสร็จไฟฟ้า ค่าดำเนินการจัดเก็บไฟฟ้า มีหน่วยบาทต่อเดือน ค่าไฟในส่วนนี้เป็นส่วนที่สะท้อนถึงต้นทุนค่าบริการของผู้ใช้ไฟฟ้าให้มีความชัดเจน เรียกว่า Customer cost

4) **ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์** (Power Factor charge) หรือค่าปรับค่าตัวประกอบกำลัง หากในเดือนในมีความต้องการใช้ไฟฟ้ารีแอคทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว จะต้องเสียค่าปรับส่วนเกิน โดยคิดเป็นบาทต่อกิโลวาร์ ค่าไฟส่วนนี้เป็นอัตราที่สะท้อนถึงการลงทุน การบำรุงรักษา การติดตั้ง capacitor ในระบบไฟฟ้า โดยกำหนดให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไปมีค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ไม่ต่ำกว่า 0.85

5) **ค่าตัวประกอบการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ** (Ft) เป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่อยู่ในความควบคุมของการไฟฟ้า เช่น ราคาเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจากราคาฐาน มีหน่วยเป็นบาทต่อกิโลวัตต์ หรือบาทต่อหน่วย

6) **ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม** (VAT) ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้าในส่วนนี้ เก็บอัตราร้อยละ 7

2.5. **การจัดการระบบสารสนเทศ** MIS (Management Information System)

กระบวนการและขั้นตอนในการพัฒนานวัตกรรมปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ คือ ข้อมูล ความรู้ และสารสนเทศซึ่งเป็นแนวคิดหลักในการนำข้อมูลมาจัดการ บวกกับการผสมผสานวิทยาการทางด้านเทคโนโลยี (Information technology) โดยนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดการข้อมูลข่าวสาร เพื่อให้ได้มาซึ่งสารสนเทศที่นำไปประกอบการตัดสินใจในเวลาอันรวดเร็วและถูกต้องที่สุด ระบบสารสนเทศจะประกอบไปด้วย 5 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่

รูปที่ 2-5 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศ

1) บุคลากร (People) ข้อมูลที่ได้จากการทำงานจะต้องกระทำโดยบุคคลหรือผู้ใช้งาน (End User) แทบทั้งสิ้น ดังนั้นบุคลากรเป็นสิ่งจำเป็นในระบบการจัดการสารสนเทศ
2) ข้อมูล (Data) หมายถึง ข้อมูลดิบ (raw data) ที่ยังไม่ผ่านการประมวลผล รวมถึง ข้อความ ตัวเลข รูปภาพ เสียง จำนวนชั่วโมงในการทำงาน ข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลแล้วจะสามารถวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดี
3) ซอฟต์แวร์ (Software) ที่ประกอบด้วยคำสั่งหลาย ๆ คำสั่งที่บอกให้คอมพิวเตอร์ให้ทำงานตามที่เราเขียนคำสั่ง โดยแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของสารสนเทศ
4) ฮาร์ดแวร์ (Hardware) เป็นอุปกรณ์ในการประมวลผล เป็นเครื่องมือในการป้อนคำสั่ง และอุปกรณ์อื่น ๆ โดยจะถูกควบคุมโดยซอฟต์แวร์
5) เครือข่าย (Network) เป็นตัวที่ทำให้คอมพิวเตอร์เชื่อมโยงกันและแลกเปลี่ยนสารสนเทศระหว่างกันได้ สามารถทำงานผ่านสายโทรศัพท์หรือสายสัญญาณ ให้สามารถติดต่อเชื่อมโยงระหว่างกันได้ง่ายยิ่งขึ้น

2.5.1. การแบ่งประเภทของฐานความรู้ (Knowledge base)

ข้อมูล (Data) หมายถึงข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่ไม่ได้มีการแปลความหมายแต่อย่างใด เช่น ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่วัดได้แต่ละชั่วโมง

สารสนเทศ (Information) หมายถึง ข้อมูลที่ถูกรวบรวม ประมวลผลและจัดการให้มีความถูกต้อง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที เช่น สารสนเทศของข้อมูลที่ถูกรวบรวมและประมวลผลเป็นกราฟ แสดงถึงการวิเคราะห์แนวโน้มของการใช้ไฟฟ้าในทิศทางที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง

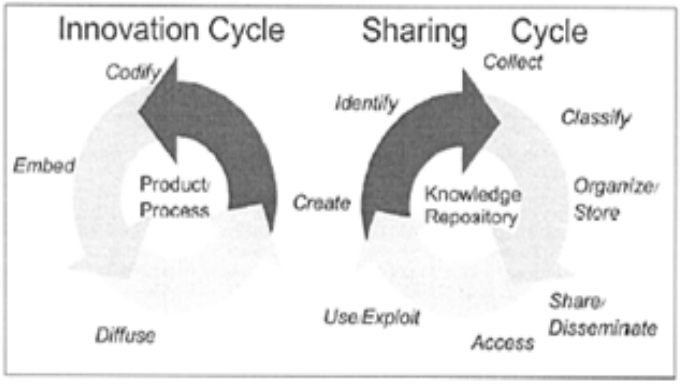
ความรู้ (Knowledge) หมายถึง ข้อมูลหรือสารสนเทศที่สมบูรณ์เพียงพอ สามารถที่จะนำไปใช้แก้ปัญหาหรือตัดสินใจดำเนินการใด ๆ ให้บรรลุเป้าหมายตามที่ตั้งไว้ได้ และสามารถนำไปต่อยอดเพื่อสร้างเป็นสารสนเทศใหม่ได้อีกด้วย เช่น การนำข้อมูลสารสนเทศของผู้ใช้ มาประกอบกับความรู้ทางด้านทฤษฎี เช่น การคำนวณค่าไฟฟ้า มาวางแผนในการทำนายเพื่อใช้ในการวางแผน เพื่อให้ได้มาซึ่งต้นทุนที่ต่ำที่สุด

ระบบสารสนเทศ (Information System) หมายถึง ระบบที่ดำเนินการจัดการข้อมูลข่าวสารในองค์กรให้สามารถนำมาใช้ได้อย่างเป็นระบบระเบียบและมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยจัดการข้อมูลข่าวสารเพื่อให้ได้มาซึ่งสารสนเทศในการนำไปประกอบการตัดสินใจในเวลาอันรวดเร็วและถูกต้องที่สุด

แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูล สารสนเทศและความรู้ ขององค์กรหนึ่งอาจเป็นเพียงข้อมูลหรือสารสนเทศของอีกองค์กรหนึ่งก็เป็นได้ การจัดการความรู้ ข้อมูล สารสนเทศ จึงเป็นสิ่งสำคัญในการบริหารสารสนเทศอย่างเป็นระบบ ซึ่งเป็นกระบวนการจัดการความรู้อย่างหนึ่ง (Knowledge Management) ในการบริหารจัดการเพื่อนำความรู้ที่อยู่ในสื่อต่าง ๆ มาใช้เป็นประโยชน์ทางธุรกิจ

ระบบจัดการความรู้ (Knowledge Management System) หมายถึง กระบวนการและระบบต่าง ๆ โดยรวม ที่มีความสำคัญสำหรับองค์กร โดยเฉพาะแก้ปัญหาในธุรกิจที่ประกอบกันเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายในการจัดการความรู้ อย่างไรก็ตามระบบจัดการความรู้ อาจเป็นเพียงระบบคอมพิวเตอร์ที่ทำงานเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานขององค์กรได้

กระบวนการในการจัดการความรู้ ตามแนวคิดของ Dr. David J.Skyrme [10] ดังแสดงในรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 แสดงกระบวนการในการจัดการความรู้

ที่มา: David J.Skyrme [10]

โดยวงจรฝั่งซ้าย เรียกว่า Innovation cycle เริ่มจากการสร้างแนวคิด เป็นความรู้ไม่มีโครงสร้าง จนทำให้เกิดความรู้ที่มีโครงสร้าง ที่ถูกนำไปแฝงตัวในกระบวนการหรือผลิตภัณฑ์

ส่วนฝั่งขวา เรียกว่า Sharing เป็นกระบวนการเกี่ยวกับการรวบรวม จนกลายเป็นคลังความรู้

เทคโนโลยีสารสนเทศมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในการวิเคราะห์และจัดการข้อมูลความรู้ โดยแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. เทคโนโลยีการสื่อสาร (Communication Technology) ช่วยให้บุคคลเข้าถึงความรู้ต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น สะดวกขึ้น รวมทั้งสามารถติดต่อสื่อสารผ่านทางอินเทอร์เน็ตได้

2. เทคโนโลยีการทำงานร่วมกัน (Collaboration Technology) ช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพและลดอุปสรรคเรื่องระยะทางในการสื่อสารระหว่างกัน

3. เทคโนโลยีการจัดเก็บ (Storage Technology) ช่วยในการจัดเก็บและจัดการฐานข้อมูลความรู้ ผ่านทางซอฟต์แวร์

2.5.2. การพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ประยุกต์

การพัฒนาระบบสารสนเทศหรือการพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ เป็นไปตามการพัฒนาวงจรชีวิตของระบบ (SDLC: System Development Life Cycle) ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ ระยะเวลาการดำเนินงาน ได้แก่ การวางแผน การวิเคราะห์ การออกแบบและการนำระบบไปใช้งาน

1. การวางแผน (Planning) เป็นขั้นตอนพื้นฐานในการพัฒนาระบบ โดยเริ่มจากการพิจารณาว่าการพัฒนาระบบสามารถเข้ามาเพิ่มกำไร และลดต้นทุนในการดำเนินการธุรกิจได้

อย่างไร จากนั้นทำการวางแผนและดำเนินการ ควบคุมการพัฒนาระบบให้เป็นไปตามข้อกำหนดที่ต้องการ โดยให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีและเสียค่าใช้จ่ายและเวลาน้อยที่สุด เพื่อให้ผู้บริหารสามารถนำข้อมูลไปตัดสินใจเพื่อวางแผนและวิเคราะห์มีความเป็นไปได้มากน้อย เพียงพอที่จะดำเนินการต่อหรือไม่

2. ระบุข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน (Determining Information Requirements) ขั้นตอนนี้นักวิเคราะห์และออกแบบระบบจะต้องทำการวิเคราะห์ เข้าใจระบบการทำงานของหน่วยงาน และทราบถึงข้อมูลต่าง ๆ การวิเคราะห์ระบบงาน (Analyzing) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ถึงปัญหาต่าง ๆ ของระบบงานที่กำลังดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน และทราบถึงข้อมูลต่างๆ ที่มีความจำเป็นต่อการใช้งาน รวมทั้งลักษณะขั้นตอนการทำงานของหน่วยงาน

3. วิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ระบบ (Analyzing System Needs) ในขั้นตอนนี้นักวิเคราะห์จะต้องออกแบบและหาความต้องการของผู้ใช้ระบบ โดยใช้เครื่องมือที่ช่วยในการกำหนดความต้องการของระบบ เช่น แผนภาพแสดงการสื่อสาร (Sequence Diagram) สร้างเป็นแบบจำลองระบบ (System Model) ที่ใช้สัญลักษณ์แทนข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นในระบบ ประกอบไปด้วยแผนภาพต่าง ๆ ที่แสดงให้เห็นมุมมองการทำงานของระบบ ทำให้เห็นหน้าที่ของระบบในด้านต่างๆ สามารถเห็นภาพของการสื่อสารสำหรับทุกฝ่ายมีความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน สำหรับแบบจำลองของระบบ แบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ แบบจำลองตามแนวโครงสร้าง (Structure)และแบบจำลองตามแนวทางเชิงวัตถุ (Object) การสร้างแบบจำลองดังกล่าว เพื่อให้ผู้ใช้และนักวิเคราะห์ระบบ สามารถออกแบบให้เข้าใจถึงความต้องการในตัวระบบตรงกัน โดยใช้เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ดังนี้

ฐานข้อมูล SQL Server เป็นฐานข้อมูลหลักในการเก็บข้อมูลกับระบบปฏิบัติงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งวิธีการสร้างฐานข้อมูลและส่วนประกอบหลัก ๆ ของระบบฐานข้อมูลที่จำเป็นต่อการพัฒนาระบบ

ภาษาสอบถามเชิงโครงสร้าง Structured Query Language เป็นภาษาที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ ทั้งการสร้างตาราง การบันทึก การแก้ไขข้อมูลในตาราง การสืบค้นข้อมูลจากตารางตามเงื่อนไข

การทดสอบโปรแกรมแบบแบล็กบอกซ์ (Blackbox Testing) [11] เป็นการทดสอบโปรแกรมในการคำนึงถึงฟังก์ชันการใช้งานตามที่ต้องการ (Functional Requirement) ว่าทำงานถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่

4. ออกแบบระบบความต้องการของผู้ใช้ (Designing the Recommended System) นักวิเคราะห์และออกแบบระบบจะต้องใช้ข้อมูลต่างๆ ที่เก็บรวบรวมจากขั้นตอนที่ผ่านมาทำการออกแบบกระบวนการนำเข้าของข้อมูล ส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface Design) และออกแบบรูปแบบรายงานต่าง ๆ ของระบบ

5. การนำระบบไปใช้งาน (Implementing) ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การสร้างระบบ (Construction) รวมทั้งเอกสารของระบบและเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง และแก้ไขข้อผิดพลาดในระบบ เพื่อให้แน่ใจว่าระบบใช้ได้จริงและแก้ไขข้อผิดพลาดน้อยที่สุดเมื่อนำไปใช้งาน เพื่อให้เกิดการใช้ระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.2.1. **ระบบฐานข้อมูล** (Database System)

ระบบฐานข้อมูลและการเข้าถึงข้อมูล แบ่งเซิร์ฟเวอร์ออกเป็น 2 ส่วน คือผู้ให้บริการและผู้ใช้บริการ โดยให้ผู้บริการสามารถใช้งานได้หลายคนพร้อมกัน แบ่งออกได้ 3 สถาปัตยกรรม ดังนี้

มอดูลฐานข้อมูลแบบชั้นเดียว (Single-tier Database Module) เป็นการเข้าถึงแฟ้มข้อมูลแบบเก่า มีเครื่องเซิร์ฟเวอร์ 1 เครื่องและเครื่องไคลเอนต์หลายเครื่อง มีประโยชน์ต่อองค์กรในเข้าถึงข้อมูลจากผู้ใช้จำนวนมากที่ต้องการเข้าถึงข้อมูลอย่างต่อเนื่อง

มอดูลฐานข้อมูลแบบไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์แบบ 2 ระดับ (Two-tier Client/Server Database Module) บนระบบข้อมูลแบบสัมพันธ์ (RDBMS: Relation Database Management System) ผ่านทางการเชื่อมโยงแบบ (ODBC: Open Data Base Connectivity) เมื่อมีการอ่านข้อมูลหรือบันทึกข้อมูล คำสั่งจะถูกนำไปประมวลผลด้วยคำสั่ง SQL (SQL: Structured Query Language) ไคลเอนต์ติดต่อกับฐานข้อมูลโดยตรง หากมีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ การแสดงผลทางด้านไคลเอนต์จะส่งผลกระทบ ข้อดีสามารถรองรับการใช้งานแบบผู้ใช้งานหลายคน

มอดูลฐานข้อมูลแบบหลายชั้น (Multi-tier Database Module) เป็นการแบ่งการทำงานของระบบฐานข้อมูลออกเป็นหน่วยย่อย แก้ปัญหาของสองระดับเดิม ด้วยการแยกการติดต่อข้อมูลออกจากไคลเอนต์ ไปรวมไว้กับการใช้งานของเซิร์ฟเวอร์ ให้ทำหน้าที่เป็นศูนย์รวมการติดต่อของข้อมูล เพื่อลดบทบาทการทำงานของส่วนไคลเอนต์ลง โปรแกรมที่ใช้งานโดยรวมมีขนาดเล็กลง ลดความซ้ำซ้อนในการติดต่อข้อมูล เนื่องจากเก็บรวบรวมไว้ในจุดเดียวกัน เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่ระบบ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เลือกระบบการจัดการข้อมูลแบบมอดูลฐานข้อมูลแบบหลายชั้น (Multi-tier Database Module) เป็นตัวกลางในการจัดการผู้ใช้ให้เข้าถึงแฟ้มข้อมูล ทำหน้าที่แสดงข้อมูลตามที่ผู้ใช้ต้องการ เพื่อให้จัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีการควบคุมความถูกต้อง

และความปลอดภัยของฐานข้อมูล จำเป็นอย่างยิ่งต่อการสื่อสารบนระบบไร้สาย ฐานข้อมูลควรมีการกำหนด User และ Password ว่าบุคคลใดเข้าถึงข้อมูลส่วนใดได้มากน้อยแค่ไหน โดยใช้การตั้งค่ารหัสข้อมูล (Data Encryption) ในการเข้าถึงข้อมูลแต่ละฟังก์ชัน เพื่อการเข้าใช้งานทางเครือข่าย (Internet Application) ได้อย่างปลอดภัย

2.6. **การทำงานของระบบบนอินเทอร์เน็ต** (Internet Application Working)

การทำงานของระบบบนอินเทอร์เน็ต อาศัยแนวคิดและการทำงานแบบผู้ใช้บริการ/ผู้ให้บริการ (Client/Server) ทำหน้าที่ร่วมกันผ่านระบบเครือข่าย โดยเครื่องที่เป็นผู้ให้บริการ (Server) จะต้องติดตั้งโปรแกรม เช่น Internet Information Server (IIS) และ Personal Web Server (PWS) เครื่องที่เป็นผู้ใช้บริการ (Client) ต้องติดตั้งโปรแกรมบราวเซอร์ เช่น Internet Explorer หรือ Firefox ไว้

โปรแกรมที่ติดตั้งในเครื่องผู้ใช้บริการและผู้ให้บริการทำงานสัมพันธ์กัน โดยบราวเซอร์จะเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้ มีหน้าที่ในการรับข้อมูลจากผู้ใช้และนำเครื่องผู้ให้บริการมาแสดงผล หน้าที่หลักของโปรแกรมที่อยู่บนเครื่องผู้ให้บริการ คือ จัดเก็บฐานข้อมูลและนำหน้าเว็บเพจมาแสดงตามความต้องการที่ส่งมาจากบราวเซอร์

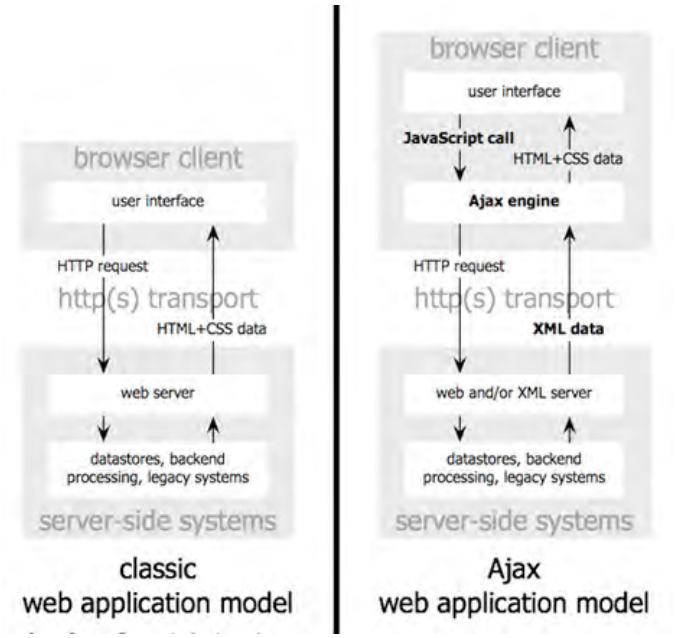
การทำงานระหว่างผู้ให้บริการและผู้ใช้บริการ จะมีการส่งข้อมูลผ่านโพรโทคอล (Hypertext Transfer Protocol: HTTP) และอาศัยโพรโทคอล (Unifiled Resolved Language: URL) ในการระบุตำแหน่งเครื่องผู้ให้บริการ โดยเครื่องผู้ใช้บริการจะร้องขอรับบริการจากเครื่องผู้ให้บริการ โดยจัดส่งพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จำเป็นให้ เมื่อเครื่องผู้ให้บริการได้รับคำร้องขอก็จะทำการประมวลผลและส่งผลลัพธ์กลับมายังเครื่องผู้ใช้บริการ ผ่านเว็บเซิร์ฟเวอร์สำหรับให้บริการข้อมูล

2.6.1. **การทำงานของระบบเว็บแอพลิเคชัน** (Web Application)

การทำงานบนระบบเว็บแอพลิเคชัน Client/Server ลักษณะการทำงานแบบนี้ ทางฝั่ง Client จะทำการร้องขอข้อมูลและต้องการข้อมูลจาก Server ทางเซิร์ฟเวอร์จะโหลดและ Refresh หน้าจอ ทำให้ทางฝั่ง Client ไม่สามารถทำงานใด ๆ ได้ เมื่อเซิร์ฟเวอร์ทำการประมวลผลเสร็จก็จะส่งหน้า HTML กลับมายังบราวเซอร์ ต่อจากนั้นบราวเซอร์ก็จะ Refresh และแสดงหน้า HTML ขึ้นมาใหม่และผู้ใช้ใช้งานต่อไปได้ เห็นได้ว่าผู้ใช้มีการหยุดคอยเป็นเวลานานสำหรับการประมวลผลของ เซิร์ฟเวอร์และการ Refresh หน้า HTML ใหม่ทั้งหน้า ถือเป็นการทำงานที่ไม่มีประสิทธิภาพในเชิง Dynamic ของการทำงานบนเว็บแอพลิเคชัน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงใช้วิธีเพิ่ม Engine เข้าไปทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างชั้น Client (User Browser) และ Server เรียกว่า Ajax

Engine (Asynchronous Java Script And XML) ทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องรอให้ฝั่ง Client ติดต่อไปยัง Server รวมถึงการโหลดและการ Refresh หน้าจอทั้งหมด จึงทำให้ผู้ใช้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เหมาะสำหรับการแสดงผลของข้อมูลข่าวสารที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่น ราคาหุ้น หรือราคาทองคำ งานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์ใช้ในการแสดงผลแบบ Real time สำหรับสังเกตการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเวลาจริง

Ajax เป็นชื่อของชุดเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ทำงานร่วมกันระหว่าง JavaScript และ XML แบบ Asynchronous ใช้หลักการทำงาน 2 ส่วน คือ การ Update หน้าจอบางส่วน และการติดต่อสื่อสารกับ Server โดยใช้หลักการ Asynchronous ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องหยุดการทำงานเพื่อรอการประมวลผลจาก Server Ajax Engine เป็นตัวกลางระหว่าง Client และ Server เมื่อ Client ต้องการร้องขอข้อมูล แทนที่ Client จะส่งตัว HTTP Request ไปยัง Server โดยตรง ทาง Client ก็จะส่ง JavaScript call ไปยัง Ajax Engine เพื่อโหลดข้อมูลที่ผู้ใช้ต้องการและหาก Ajax Engine ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมในการตอบสนองต่อผู้ใช้ Ajax Engine จะส่ง Request ไปยัง Server โดยใช้ XML จากรูปที่ 2-7 เปรียบเทียบการทำงานด้วยเว็บแอพลิเคชันแบบเดิมและแบบที่ใช้ Ajax Model



รูปที่ 2-7 เปรียบเทียบการแสดงผลผ่านเว็บแอพลิเคชันแบบเดิมและแบบ Ajax Model

ที่มา: Jesse James Garrett [12]

2.7. **แนวคิดและทฤษฎีทางด้านนวัตกรรม** (Theory of Innovation)

2.7.1. **นิยามคำว่านวัตกรรม**

นวัตกรรม (Innovation) มีรากศัพท์มาจาก innovare ในภาษาลาติน แปลว่าทำสิ่งใหม่ขึ้นมา โดยความหมายของนวัตกรรมในเชิงเศรษฐศาสตร์ คือการนำเอาแนวความคิดใหม่หรือการใช้ประโยชน์จากสิ่งที่มีอยู่แล้วนำมาก่อให้เกิดประโยชน์ทางด้านเศรษฐกิจ หรือทำให้แตกต่างจากผู้อื่น โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ (Change) ที่เกิดขึ้นในบริบทแวดล้อมรอบตัวเราให้กลายมาเป็นโอกาส (Opportunity) และถ่ายทอดไปสู่แนวความคิดใหม่อันจะก่อให้เกิดประโยชน์แก่ตนเองและสังคม คำนิยามโดยอาจารย์พันธุ์อาจ ชัยรัตน์ [13] และมีผู้ให้คำนิยามเกี่ยวกับนวัตกรรมที่แตกต่างกันมายมาย

สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ หรือ NIA [14] ได้ให้คำนิยามนวัตกรรมไว้ว่า เป็นสิ่งใหม่ที่เกิดจากการใช้ความรู้และความคิดสร้างสรรค์ที่นำมาก่อประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งเป็นแนวคิดเดียวกับ Hughes [15] ที่กล่าวไว้ว่า นวัตกรรมเป็นการนำวิธีการใหม่ ๆ มาปฏิบัติหลังจากได้ผ่านการทดลองหรือได้รับการพัฒนามาเป็นขั้น ๆ แล้วโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) การคิดค้น (Invention)
2) การพัฒนา (Development)
3) นำไปปฏิบัติจริง ซึ่งมีแตกต่างจากการปฏิบัติเดิมที่เคยปฏิบัติมา

นวัตกรรม (Innovation) นิยามโดย Business Council of Australia ว่า [16] เป็นสิ่งใหม่หรือสิ่งที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาจากของเดิมอย่างมากในองค์กรทางธุรกิจ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มโดยตรงให้กับตัวองค์กรหรือโดยอ้อมแก่ลูกค้าขององค์กรในธุรกิจนั้น ๆ ดังเช่น Everrette M. Rogers [17] กล่าวว่า นวัตกรรม คือความคิด การกระทำหรือวัตถุใหม่ ๆ ซึ่งถูกบุคคลอื่นรับรู้ว่าเป็นสิ่งใหม่ ด้วยตัวบุคคลแต่ละคนหรือหน่วยอื่น ๆ ของการยอมรับในสังคม ดังนั้น นวัตกรรมอาจหมายถึงสิ่งใหม่ ดังต่อไปนี้

1) สิ่งใหม่ที่ไม่มีผู้ใดได้ทำมาก่อนเลย
2) สิ่งใหม่ที่เคยทำมาแล้วในอดีต แต่มีการรื้อฟื้นขึ้นมาใหม่
3) สิ่งใหม่ที่พัฒนามาจากของเก่าที่มีอยู่เดิม

สรุปในความหมายของนวัตกรรม หมายถึง การนำสิ่งเดิมที่มีอยู่แล้วหรือสิ่งใหม่ที่เกิดจากการใช้ความรู้มาผสมผสานหรือพัฒนาโดยผ่านกระบวนการที่เป็นระบบเพื่อสร้างให้เกิดประโยชน์ต่อทางเศรษฐกิจและสังคม และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในเชิงพาณิชย์

(Commercial exploitation) ทำให้ธุรกิจสามารถลดต้นทุนการผลิต ก่อให้เกิดรายได้และผลกำไรกลับคืนมา ส่งผลให้เศรษฐกิจและสังคมมีทิศทางที่ดีขึ้น

2.7.2. **ประเภทของนวัตกรรม** (Type of Innovation)

ประเภทของนวัตกรรม (Type of innovation) สามารถแบ่งนวัตกรรมตามประเภทได้โดยทั่วไปตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงได้ 4 ประเภท (4P's of innovation) คือ

2.7.2.1. **นวัตกรรมทางด้านผลิตภัณฑ์** (Product Innovation) เป็นการเปลี่ยนแปลงวิธีการหรือแนวทางให้การให้บริการที่ต้องการนำเสนอแก่ลูกค้า แบ่งได้ 4 ประเภท [18] ดังนี้

1) **ความสำคัญจากธุรกิจ** (Firm-Oriented Definitions) เป็นการศึกษาถึงความใหม่ของผลิตภัณฑ์จากทัศนะของบริษัทด้านการผลิต หรือ ด้านการตลาดของบริษัท ถ้าผลิตภัณฑ์เป็นของใหม่ของบริษัท ก็ถือว่าเป็นของใหม่ โดยจะยึดบริษัทเป็นเกณฑ์แต่ไม่ได้รวมถึงความใหม่ของบริษัทอื่น ๆ
2) **ความสำคัญที่ตัวผลิตภัณฑ์** (Product-Oriented Definitions) เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มุ่งเน้นผลิตภัณฑ์หรือคุณสมบัติที่ตัวผลิตภัณฑ์และผลกระทบของลักษณะเหล่านี้ที่มีผลต่อรูปแบบการใช้งานใหม่ของผู้บริโภค จนกลายเป็นนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product innovation)
3) **ความสำคัญที่ตลาด** (Market-Oriented Definitions) ความใหม่ลักษณะนี้เกิดจากตลาดลูกค้าซึ่งเป็นผู้บริโภคหลักในการให้การยอมรับว่าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ในตลาด
4) **ความสำคัญที่ผู้บริโภค** (Customer-Oriented Definitions) ผู้บริโภคเป็นตัวกำหนดผลิตภัณฑ์ จากวิจารณญาณของลูกค้าแต่ละบุคคลเอง

2.7.2.2. **นวัตกรรมกระบวนการ** (Process Innovation) เป็นการนำวิธีการทางด้านการผลิตใหม่หรือได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นมาใช้โดยเน้นเรื่องนวัตกรรมทางด้านเทคโนโลยีที่เน้นทางด้านกระบวนการ ทักษะ เทคนิค ขั้นตอนการบริหารและระบบขององค์การที่มีส่วนในการแปลงสิ่งที่นำเข้าไปสู่ผลลัพธ์ นวัตกรรมทางด้านกระบวนการแบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่ นวัตกรรมทางด้านกระบวนการแบบค่อยเป็นค่อยไปในการสร้างการทดแทนอย่างใด อย่างหนึ่งให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลดีขึ้น หรือเปลี่ยนแปลงสายการผลิตใหม่ อีก

ประเภทหนึ่ง คือ นวัตกรรมกระบวนการแบบฉับพลัน ที่เปลี่ยนแปลงแนวคิด รวมทั้งการผลิตหรือให้บริการที่แตกต่างไปจากเดิมอย่างสิ้นเชิง [18]

2.7.2.3. **นวัตกรรมการบริหารจัดการ** (Managerial or Administrative Innovation) [18] เป็นการนำนวัตกรรมการวางตำแหน่งของสินค้าและบริการ (Position Innovation) ในการเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์ในการทำตลาด ที่สินค้าหรือบริการถูกนำเสนอ คิดค้นรูปแบบการจัดการองค์กรใหม่ ที่ส่งผลให้ระบบการทำงานการผลิต การออกแบบผลิตภัณฑ์ และการให้บริการขององค์กรที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น เช่น ในช่วงปี 1970 มีแนวคิดการบริหารองค์กรเชิง Matrix KPI หรือ Balance Scorecard ในการเข้ามาช่วยประเมินผลขององค์กร

2.7.2.4. **นวัตกรรมทางด้านการตลาด** (Marketing Innovation) [19] เป็นนวัตกรรมที่เกิดจากการใช้ตลาดเป็นตัวนำ (Marketing-led Innovation) เพื่อสร้างคุณลักษณะและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์และบริการที่สร้างคุณค่าให้แก่ลูกค้า โดยนวัตกรรมด้านการตลาดมีหลายรูปแบบ เช่น ในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ใหม่ ช่องทางการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ หรือตลาดใหม่

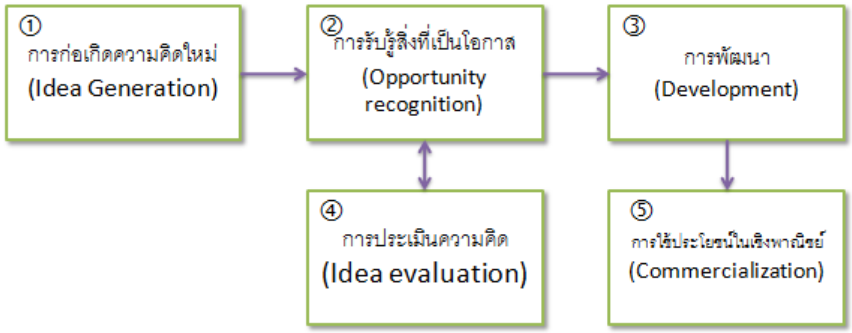
นอกจากนั้น นักวิชาการด้านการจัดการยังได้แบ่งนวัตกรรม ออกเป็น 4 ประเภทหลัก ตามผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับความได้เปรียบในการแข่งขันขององค์กรธุรกิจ ดังแสดงในตาราง 2-3

ตาราง 2-3 ประเภทของนวัตกรรมและความได้เปรียบในการแข่งขัน

นวัตกรรมที่ค่อยเป็นค่อยไปและต่อเนื่อง (Continuous incremental Innovation) เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพอย่างค่อยเป็นค่อยไปและต่อเนื่อง	มีความเป็นนวัตกรรมอย่างยิ่ง (Radical Innovation) เป็นการนำเสนอผลิตภัณฑ์หรือบริการที่เน้นเอกลักษณ์ที่แตกต่างและโดดเด่น ที่มีความแตกต่างจากคู่แข่งโดยสิ้นเชิง
นวัตกรรมที่ซับซ้อน (Complex Innovation) มีการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือบริการ ทำให้เกิดอุปสรรคในการเข้าสู่ตลาดสำหรับคู่แข่ง	นวัตกรรมที่เปลี่ยนกฎเดิม (Disruptive Innovation) เป็นการสร้างให้เกิดตำแหน่งคุณค่า (Value proposition) ใหม่และใช้กฎการแข่งขันขึ้นมาใหม่

2.7.3. กระบวนการพัฒนานวัตกรรม

เป็นกระบวนการในการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ที่เกิดจากการกระทำอย่างสร้างสรรค์ 2 ประการ ได้แก่ การก่อเกิดความคิดใหม่ (Idea Generation) และการรับรู้สิ่งที่เป็นโอกาส (Opportunity recognition) โดยกระบวนการนวัตกรรมแบ่งออกได้ 5 ขั้นตอน [20] ได้แก่



รูปที่ 2-8 แสดงกระบวนการการพัฒนานวัตกรรม

ที่มา: ณัฐยา สินตระการผล [20]

2.7.3.1. ขั้นตอนที่ 1 การก่อเกิดความคิดใหม่ (Idea Generation)

การก่อเกิดความคิดใหม่ มีแหล่งที่มาของความคิดที่เป็นนวัตกรรม 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

1) Creative thinking skill (ความคิดสร้างสรรค์) เป็นการจุดประกายความคิดสร้างสรรค์เป็นการสร้างแรงกระตุ้น จากสิ่งแวดล้อม การคิดต้องเป็นการคิดที่มีประโยชน์ไม่ซ้ำแบบใคร
2) Expertise (ความชำนาญ) เป็นความเชี่ยวชาญในแต่ละด้านที่เกิดจากการสั่งสมประสบการณ์ที่ผ่านมา
3) Motivation (แรงกระตุ้น) เป็นแรงบันดาลที่เกิดจากภายใน เช่นความท้าทาย ความสนุกสนาน ความทะเยอทะยาน และแรงกระตุ้นที่เกิดจากภายนอก ได้แก่ หน้าที่การงาน การบังคับ หรือสิ่งตอบแทน เป็นต้น

จากองค์ประกอบดังกล่าวข้างต้น เป็นที่มาอันก่อให้เกิดแนวความคิดใหม่ และสามารถพัฒนาให้เป็นแนวความคิดในการต่อยอด ซึ่งถือเป็นโอกาสอย่างหนึ่งในการสร้างสรรค์นวัตกรรม

2.7.3.2. การรับรู้สิ่งที่เป็นโอกาส (Opportunity Recognition)

การรับรู้ถึงโอกาส เป็นการรับรู้ว่าสิ่งนั้นว่าเป็นสิ่งที่ค้นพบอย่างยิ่งใหญ่ และสามารถรับรู้ได้ถึงโอกาสที่สามารถนำไปสู่ต้นแบบของการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.7.3.3. **การพัฒนา** (Development)

การพัฒนาที่ก่อให้เกิดนวัตกรรมนั้น มาจากระบบขั้นตอนกระบวนการหรือแบบจำลองที่ใช้ในการสร้างสรรค์เพื่อก่อให้เกิดนวัตกรรมต่าง ๆ เช่น ใช้โมเดลตัวกรองความคิดเป็นต้นแบบในการพัฒนา สร้างนวัตกรรมต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นการทดลองความคิด การทำวิจัยตลาด การสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ก็จะถูกกรองแนวความคิดต่าง ๆ ออกไปจนได้ไอเดียหรือแนวคิดที่ดีที่สุดที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้

2.7.3.4. **การประเมินแนวความคิด** (Idea Evaluation)

การประเมินแนวความคิดสามารถประเมินได้ทั้งทางด้านความเหมาะสมของนวัตกรรมที่ส่งผลต่อการวางกลยุทธ์ขององค์กร ทางด้านความสามารถทางด้านเทคนิคขององค์กรในการสร้างนวัตกรรมและความสามารถทางด้านนวัตกรรมที่ส่งเสริมให้องค์กรประสบความสำเร็จ

2.7.3.5. **การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์** (Commercialization)

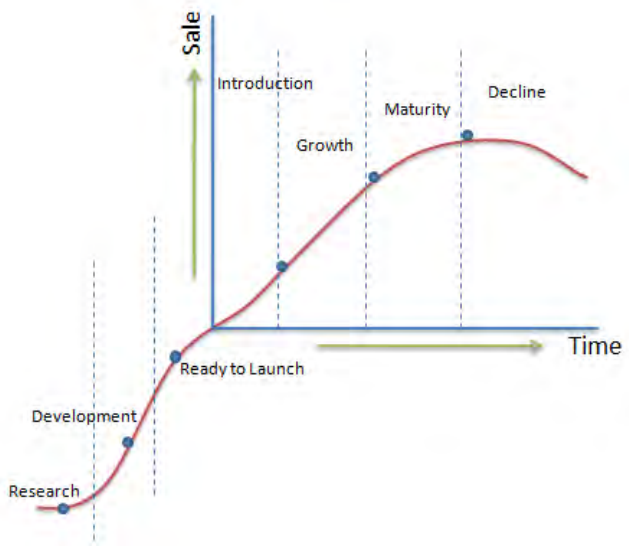
หลังจากออกผลิตภัณฑ์สู่ตลาดได้สักระยะหนึ่ง จะถึงจุดอิ่มตัวของผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นจะนำผลิตภัณฑ์นั้นกลับไปแก้ไขหรือเพิ่มเติมความสามารถหรือแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพและเข้าสู่วงจรการประดิษฐ์อีกครั้ง กลายเป็นวงจรชีวิตการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product innovation Life cycle)

2.7.4. **วงจรชีวิตนวัตกรรมผลิตภัณฑ์** (Product Innovation Life Cycle)

ระบบวงจรชีวิตนวัตกรรมผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องขึ้นอยู่กับทางด้านการตลาด โดยตั้งอยู่บนสมมุติฐานการวางแผนการตลาด จำเป็นต้องใช้ช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เช่น กลยุทธ์ของการตลาดเชิงรุกอาจเหมาะสมกับในระยะเริ่มแรกของการแนะนำสินค้า ส่วนแผนการขยายส่วนแบ่งทางการตลาดอาจเหมาะสมกับภาวะที่ตลาดเริ่มอิ่มตัวแล้ว เป็นต้น ในช่วงสินค้าทดแทนในระยะสุดท้าย นวัตกรรมแบบฉับพลันจะมีบทบาทเมื่อทางบริษัทหรือองค์กรสามารถคิดค้นผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างรวดเร็วที่สุด

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ ระบบวงจรชีวิตจะแสดงถึงบทบาทที่แตกต่างตามลักษณะของการพัฒนานวัตกรรมหลัก ๆ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงนวัตกรรมแบบฉับพลัน (Radical) และแบบค่อยเป็นค่อยไป (Incremental) โดยเห็นว่าลักษณะของนวัตกรรมได้วางผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาด ส่วนนวัตกรรมแบบฉับพลันจะพบมากในระยะเริ่มต้น (Introduction Phase) โดยองค์กรที่เป็นเจ้าของนวัตกรรมได้วางแผนผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาด ส่วนนวัตกรรมแบบค่อยเป็นค่อยไปและนวัตกรรมกระบวนการ จะพบมากในระยะอิ่มตัว

(Maturity Phase) ของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์เมื่อตลาดเริ่มที่จะอิ่มตัว และตัวแปรในระยะนี้ คือ การลดต้นทุน การเริ่มวางผลิตภัณฑ์นวัตกรรมออกตลาดจะเริ่มตั้งแต่ช่วง Introduction เป็นต้นไป



รูปที่ 2-9 แสดงวงจรชีวิตนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation Life Cycle)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Riitta Smeds [21]

จากรูปที่ 2-9 ช่วง Research เป็นช่วงที่เกิดจากการคิดค้นหรืออยู่ในช่วงของงานวิจัย มีการทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบ แก้ไขปรับปรุงต้นแบบจนเข้าไปสู่ช่วงของการพัฒนา Development และเตรียมตัวที่จะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ Ready to Launch

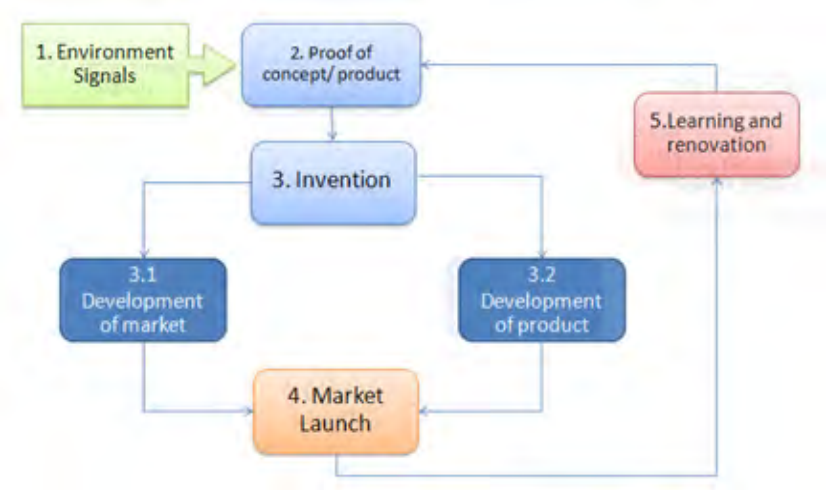
ช่วง Introduction จะเป็นช่วงที่ลูกค้ารับรู้ในผลิตภัณฑ์นั้น ๆ การสร้างความแตกต่างและสร้างความสนใจในตัวสินค้า การสร้างการทดลองซื้อ ให้ลูกค้าเกิดความเชื่อในสินค้าหรือตัวผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ว่าดี และน่าสนใจ โดยใช้กลยุทธ์ เช่น การโฆษณาทางโทรทัศน์ หนังสือพิมพ์ การจัดการประชาสัมพันธ์ ณ จุดขาย หรือการแจกตัวอย่างสินค้า

ช่วง Growth เป็นช่วงที่ลูกค้าเกิดการทดลองในการใช้สินค้าและจดจำสินค้าหรือมีการซื้อซ้ำจนลูกค้าเกิดความมั่นใจและมีความจงรักภักดีกับสินค้า กลยุทธ์ที่ใช้ในช่วงนี้ การจัดการส่งเสริมการขายเพื่อกระตุ้นการซื้อซ้ำ เช่น มีการใช้คูปองลดราคาเมื่อซื้อสินค้าชิ้นต่อไป

ช่วง Maturity ช่วงที่ต้องทำกำไรสูงสุด โดยมีการออกแบบสินค้าหรือดัดแปลงสินค้า (Minor change) เพื่อแสดงการพัฒนาสินค้า และการสร้างกลุ่มลูกค้าใหม่

ช่วง Decline เป็นช่วงที่มียอดขายและกำไรตกต่ำ โดยเน้นการออกการขายอย่างรวดเร็วก่อนจะออกจากตลาดไป โดยกลยุทธ์ที่ใช้คือ การลดราคา เป็นต้น

วงจรชีวิตนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ จะมีกระบวนการการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ แบ่งออกได้ 5 ขั้นตอน โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์สัญญาณสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 2-10



รูปที่ 2-10 กระบวนการการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์

ที่มา: ดัดแปลงจาก รักษ์ วรกิจโภคาทร [22]

จากรูปที่ 2-10 แสดงกระบวนการการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์มีส่วนประกอบของรายละเอียด ดังนี้

1) การวิเคราะห์สัญญาณสิ่งแวดล้อม (Environment Signals)

ปัจจัยสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ซึ่งสิ่งแวดล้อมเป็นสัญญาณสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการตลาด การแข่งขัน สิ่งเหล่านี้ล้วนมีอิทธิพลอย่างมากในการวิเคราะห์และแปลความหมายสิ่งแวดล้อมให้เข้ากับนโยบายและแปลความหมายให้เป็นที่ต้องการของตลาด จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในดำเนินการวางแนวคิดและลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ต่อไป

ปัจจัยที่ต้องพึงระวังในการดำเนินการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ได้ ได้แก่ การผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ไม่เป็นที่พึงประสงค์ของตลาด การนำเสนอผลิตภัณฑ์ เพื่อแข่งขันกับสินค้าคู่แข่ง และการผลิตสินค้าโดยไม่ทำการสำรวจตลาด

การค้นหาสัญญาณทางการตลาด โดยมากจะทำการสำรวจ ติดตาม ทั้งทางด้านตลาดและเทคโนโลยี ซึ่งได้มาจากการคาดการณ์เทคโนโลยี เครือข่ายการวิจัย และการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จนนำไปสู่การพัฒนาแนวคิดหรือ Concept ความเป็นไปได้ของเทคโนโลยี เพื่อเป็นแนวทางในการประดิษฐ์คิดค้น

2) การประดิษฐ์คิดค้น (Invention)

การประดิษฐ์คิดค้นอาจได้มาจากผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่แล้ว นำมาผสมผสานกับเทคโนโลยี ที่ได้จากการประมวลผลสัญญาณทางการตลาด

3) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปพร้อมกับการพัฒนาการตลาด (Development of product and market development)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ชนิด เช่น อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า มีการโฆษณาทางการตลาด สร้างกระแสทางการตลาดล่วงหน้าก่อนการจำหน่ายจริง

4) การจำหน่ายผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด (Market Launch)

เมื่อผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด สิ่งจำเป็นที่ต้องคำนึงได้แก่ กลุ่มบริโภคเป้าหมาย กลุ่มนี้มีอิทธิพลต่อตลาดโดยรวม ความเหมาะสมทางด้านการใช้งาน หน้าที่ประโยชน์ใช้สอย

5) เรียนรู้และนำมาปรับปรุงการผลิตใหม่ (Learning and renovation)

หลังจากนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดแล้ว พิจารณาดูทิศทางและจุดอ่อนของผลิตภัณฑ์เพื่อการปรับปรุงให้ผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีแนวคิดของการวางตลาดตามแนวความคิดของ Roger Everett [17] ได้ดังนี้

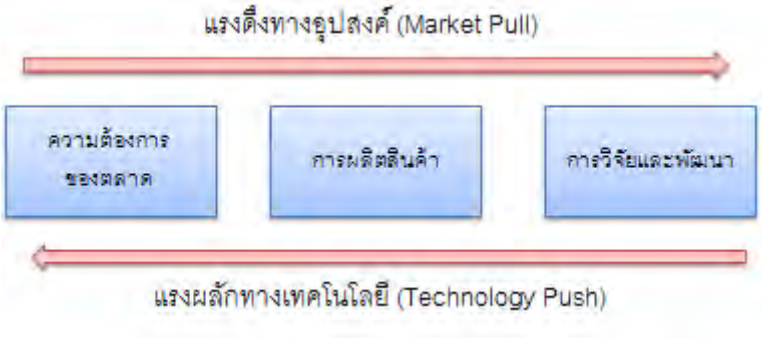
1) Relative Advantage ผลิตภัณฑ์ที่นำเสนอสามารถทดแทนสินค้าเดิมได้และดีกว่าในด้านคุณภาพ การประหยัดพลังงาน
2) Complexity นวัตกรรมอาจมีความซับซ้อน แต่ต้องให้ผู้บริโภคไม่เข้าใจยากจนเกินไป
3) Observability ผู้บริโภคสามารถสังเกต และสามารถรับรู้นวัตกรรมนั้นว่าทำให้ดีขึ้นได้อย่างไร
4) Trial ability การทดลองใช้ผลิตภัณฑ์
5) Compatibility ความเข้ากันได้ของผลิตภัณฑ์และวัตถุประสงค์ของผู้บริโภคในการใช้งานจริง

ในวงจรของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ มีปัจจัยหลัก ๆ ที่ควรคำนึงถึง 2 ประการ ได้แก่

Market Pull คือการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่โดยนำผลงานวิจัยทางด้านตลาดหรือผลสำรวจความต้องการของผู้บริโภคมาเป็นโจทย์ในการทำวิจัยและพัฒนา จะเน้นในเรื่องของการตอบสนองความต้องการเฉพาะของตลาดอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นหลัก ส่วนทางด้านเทคโนโลยีจะเป็นความต้องการรอง อีกประการหนึ่ง คือ

Technology Push การพัฒนาโดยนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ จากการวิจัยและพัฒนา (Research&Development) ไปขยายผลในเชิงพาณิชย์ โดยเน้นความสามารถทางด้านเทคโนโลยี

เป็นหลัก มากกว่าความต้องการทางด้านการตลาด แต่ทั้งสองปัจจัยยังจำเป็นต้องมีความสัมพันธ์กัน ดังแสดงในรูปที่ 2-11 ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีและตลาด ที่จะก่อให้เกิดแรงผลักทางเทคโนโลยีและแรงดึงทางอุปสงค์



รูปที่ 2-11 แรงผลักทางเทคโนโลยีและแรงดึงทางอุปสงค์

เมื่อแรงดึงทางอุปสงค์ ที่เกิดจากความต้องการของตลาดเป็นหลัก โดยตอบสนองความต้องการของลูกค้า ทำให้สามารถพัฒนาตลาดใหม่ ๆ ที่ตอบโจทย์ความต้องการของลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น หากในทางกลับกัน หากมีเทคโนโลยีที่สามารถพัฒนาและทำให้ผลิตภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ถึงแม้จะเป็นตลาดกลุ่มเดิม ก็จะทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่มาตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ซึ่งหากทั้งผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีทั้งเทคโนโลยีและสามารถเจาะตลาดกลุ่มใหม่ได้ นั่นคือผลิตภัณฑ์จะมีความแตกต่างจากเดิมและจากคู่แข่ง สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีและตลาดที่เกี่ยวข้องกัน เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างสรรค์นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ต่อไป

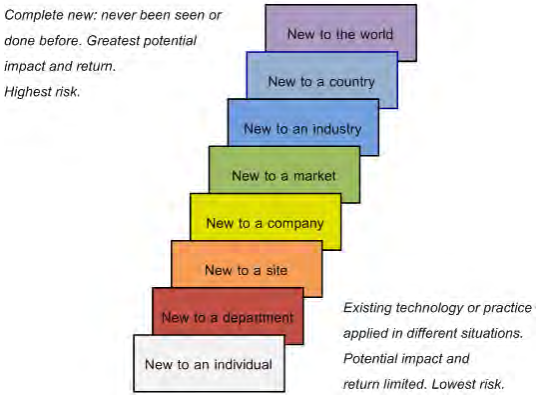
2.8. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่** (Process of New Product Development)

2.8.1. **ความหมายของผลิตภัณฑ์ใหม่**

นักการตลาดได้ให้ความหมายคำว่า “ผลิตภัณฑ์ใหม่” หมายถึงสิ่งต่าง ๆ ทั้ง 6 ประเภทดังต่อไปนี้

2.8.1.1. **ผลิตภัณฑ์ใหม่ของโลก** (New to the World Product)

ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดแรกของโลกที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่ ลักษณะไม่เหมือนกับผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่แล้วในท้องตลาด การเกิดขึ้นของผลิตภัณฑ์ใหม่นี้ ถือเป็นการปฏิวัติประเภทของผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่แล้วในปัจจุบัน (Existing product category) หรืออาจจะทำให้เกิดตลาดใหม่ (New Market) อย่างแท้จริง



รูปที่ 2-12 ระดับความใหม่ของความเป็นนวัตกรรม "Spectrum of Newness"

ที่มา: British Standard BS7000-1 [23]

ระดับความใหม่ของนวัตกรรม ตามหน่วยงานของ British Standard BS7000-1 [23] แบ่งได้ 8 ระดับดังแสดงในรูปที่ 2-12 เริ่มตั้งแต่ความใหม่ระดับบุคคล (New to an individual) จนไปถึงความใหม่ระดับโลก (New to the world) ในงานวิจัยฉบับนี้ ถือเป็นความใหม่ทางนวัตกรรมในระดับองค์กร (New to a company)

2.8.1.2. **สายผลิตภัณฑ์ใหม่** (New Product Lines)

เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความใหม่สำหรับบริษัทที่ผลิตขึ้นมา อาจไม่ใหม่สำหรับท้องตลาด สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีประมาณร้อยละ 20 ของผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งหมด

2.8.1.3. **การเพิ่มเติมรายการผลิตภัณฑ์ใหม่ในสายการผลิตเดิม** (Additions to Existing Product Lines)

บริษัทสร้างผลิตภัณฑ์รายการใหม่ขึ้นมา แต่อยู่ในสายการผลิตเดิมที่มีอยู่ แต่มีความใหม่พอสมควรสำหรับบริษัทหรือตลาด สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีประมาณร้อยละ 26 ของผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งหมด

2.8.1.4. **การปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์เดิม** (Improvement and Revision to Existing Products)

ผลิตภัณฑ์ใหม่ชนิดนี้ คือการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่แล้วของบริษัทให้ดีขึ้นในด้านต่าง ๆ เช่น รูปลักษณ์ คุณภาพ หรือความคุ้มค่าสำหรับผู้บริโภค สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้มีประมาณร้อยละ 26 ของผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งหมด ถือได้ว่าเป็นประเภทที่มีจำนวนมากที่สุดประเภทหนึ่ง

2.8.1.5. **การปรับเปลี่ยนตำแหน่งของผลิตภัณฑ์** (Repositioning)

การปรับเปลี่ยนตำแหน่งของผลิตภัณฑ์ หมายถึง การที่บริษัทหรือองค์กรมีแนวทางในการปรับเปลี่ยนกลุ่มลูกค้าหรือเป้าหมายใหม่ หรือแสวงหาประโยชน์ใหม่ ๆ ให้กับผลิตภัณฑ์เดิมของกิจการ โดยประเภทนี้มีสัดส่วนร้อยละ 7 ของผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งหมด

2.8.1.6. **การลดต้นทุน** (Cost Reductions)

ผลิตภัณฑ์ใหม่นี้ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแทนที่ผลิตภัณฑ์เดิม โดยยังคงมีประโยชน์ใช้สอยและประสิทธิภาพเท่าเดิม แต่ราคาถูกลง โดยมีสัดส่วนร้อยละ 11 ของผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งหมด สัดส่วนของประเภทนี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความใหม่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ใหม่อื่น

ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ใหม่ทั้งหมดมีความแตกต่างในด้านต่างๆ ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 2-4 ลักษณะที่แตกต่างกันสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ประเภทต่าง ๆ

ประเภทของผลิตภัณฑ์ใหม่	วัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์	ระยะเวลาในการดำเนินการ	รายได้และผลตอบแทน	ผลกระทบต่อกำไร
1) ผลิตภัณฑ์ใหม่ของโลก	พัฒนาตลาด	นานที่สุด	สูงที่สุด	สูงที่สุด
2) สายผลิตภัณฑ์ใหม่	พัฒนาตลาด	นาน	สูง	สูง
3) การเพิ่มเติมผลิตภัณฑ์ราย การใหม่ในสายการผลิตเดิม	เพิ่มเติมสายการผลิตให้สมบูรณ์	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
4) การปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์เดิม	เพิ่มส่วนแบ่งตลาด	สั้น	ปานกลาง	ปานกลาง
5) การปรับเปลี่ยนตำแหน่งของผลิตภัณฑ์	เพิ่มส่วนแบ่งตลาด	สั้นที่สุด	ปานกลาง	ปานกลาง
6) การลดต้นทุน	เพิ่มกำไร	สั้นที่สุด	ปานกลาง	ปานกลาง

2.8.2. ปัจจัยแห่งความสำเร็จของการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ปัจจัยแห่งความสำเร็จของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ สรุปปัจจัยต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) การให้ความสำคัญกับตลาดเป็นอันดับแรก โดยทำการศึกษาวิจัยตลาดโดยละเอียด โดยใช้ความรู้จากลูกค้า เช่น ความต้องการลูกค้าเป้าหมาย ความรู้เกี่ยวกับตลาด ขนาดหรือโครงสร้างของตลาด แนวโน้มในอนาคต เป็นต้น
2) การเปลี่ยนแปลงในเรื่องสิ่งแวดล้อมทางการตลาดที่กำลังเกิดขึ้นและแนวโน้มที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต
3) ผลิตภัณฑ์ใหม่ต้องตอบสนองความต้องการที่เฉพาะเจาะจงของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิผล มีความแตกต่างอย่างชัดเจน และให้คุณค่าเหนือกว่าคู่แข่งในราคาที่เหมาะสม
4) การวางแผนพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่อย่างละเอียดรอบคอบ เป้าหมายของโครงการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ตลาดเป้าหมาย คู่แข่ง ความโดดเด่นของผลิตภัณฑ์ กลยุทธ์ในการดำเนินการ การวางแผนโดยให้ทุกฝ่ายเข้ามามีส่วนร่วม
5) ผู้บริหารสูงสุดให้การสนับสนุนอย่างเต็มที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง งบประมาณ ทีมงาน และเวลา โดยมีวิธีการประเมินความสำเร็จของโครงการอย่างต่อเนื่อง

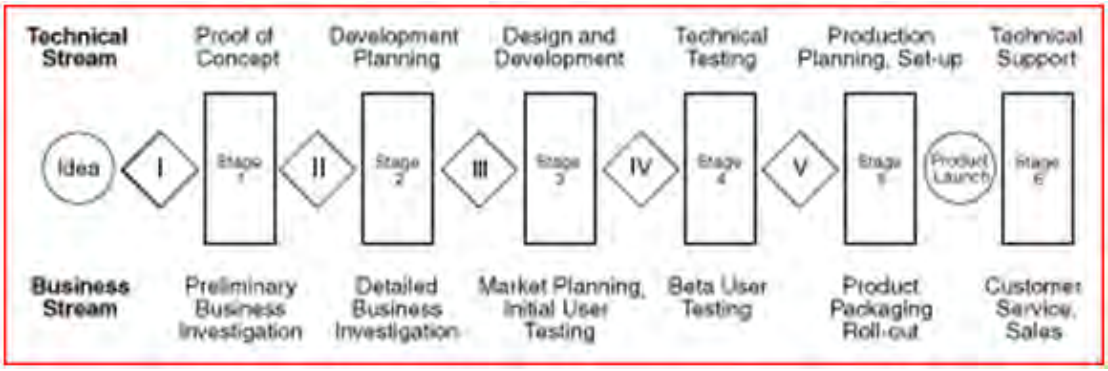
ความสำเร็จต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งมีผลโดยตรงในการพัฒนาองค์กรตามหลัก Johne and Snelson [24] กล่าวไว้ว่า การที่ทุกคนในองค์กรเข้าใจถึงกลยุทธ์และนโยบายการแข่งขันขององค์กรอย่างถ่องแท้ มีการวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ชัดเจน และแสวงหาทางเลือกใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา รวมทั้งการให้ความสำคัญและบริหารจัดการที่เน้นตัวผลิตภัณฑ์มากกว่าหน่วยงาน รวมทั้งการเรียนรู้จากความผิดพลาด นำไปสู่ลักษณะองค์กรที่ไม่สามารถทำการลอกเลียนแบบได้ง่าย และเตรียมความพร้อมที่จะพัฒนาองค์กรไปสู่องค์กรแห่งการเรียนรู้ (Learning Organization) ในอนาคต

2.8.3. ทฤษฎีและแนวความคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.8.3.1. ทฤษฎีและแนวความคิดของ “Robert Cooper”

ความเป็นนวัตกรรมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาด ตามแนวความคิดของ Robert Cooper [25] เรียกว่า “Stage-Gate™”

หลักในการพัฒนาของ Robert Cooper ในการพัฒนาทั้งทางด้านเทคนิคและพัฒนาทางด้านธุรกิจ ในหลาย ๆ บริษัท สามารถพัฒนาไปพร้อม ๆ กัน โดยใช้หลักเกณฑ์ในการแบ่งการพัฒนาออกเป็น 6 ขั้นตอน



รูปที่ 2-13 Robert Cooper "Stage-Gate™" Model

ที่มา: Stage-GateTM model by Robert Cooper [25]

Stage I แนวความคิดทางด้านเทคนิคและขั้นตอนการศึกษาตลาดเบื้องต้น

1. การยอมรับแนวคิดในเบื้องต้น (Proof of concept) เป็นการกลั่นกรองแนวความคิดว่าสามารถทำได้ โดยวางแผนการพัฒนาต้นแบบ ประเมินต้นทุนในการพัฒนา ขนาดและทิศทางการเติบโตของตลาด ส่วนแบ่งทางการตลาด ข้อได้เปรียบคู่แข่ง เพื่อนำแนวความคิดในการวางแผนการพัฒนาต่อในการเข้าสู่กระบวนการต่อไป

Stage II ความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคและทางธุรกิจ

2. การพัฒนาแผนธุรกิจและความคุ้มค่าทางธุรกิจ (Development Planning) เป็นการวิเคราะห์ในการจะนำแนวคิดไปพัฒนาต่อเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ สำหรับทางด้านเทคนิค จะเป็นขั้นตอนการวางแผน และวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาต่อเข้าสู่กระบวนการผลิต สำหรับด้านธุรกิจขั้นตอนนี้เป็นการวิเคราะห์ความต้องการของลูกค้า และเทคโนโลยีที่ใช้งานเพื่อพัฒนาสู่ขั้นตอนต่อไป

Stage III วางแผนการพัฒนาเพื่อเข้าสู่การยอมรับในผลิตภัณฑ์

3. การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Design and Development) เป็นการนำแนวคิดที่ผ่านการคัดเลือกแล้วนำพัฒนาเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เพื่อพัฒนาต่อว่ารายละเอียดหรือคุณสมบัติเหมาะสมตรงตามแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือไม่ วางแผนการตลาด ทั้งด้านราคา การจัดจำหน่าย เป็นต้น

Stage IV ทดสอบต้นแบบทางด้านการผลิตความต้องการทางด้านการตลาด

4. การทดสอบทางด้านเทคนิคการใช้งานในผลิตภัณฑ์จากผู้ใช้งาน (Technical testing) เป็นการทดสอบการด้านเทคนิคและทดสอบทางด้านผลิตภัณฑ์ถึงการใช้งานว่ามีผลการใช้งานเป็นอย่างไร เพื่อนำไปปรับปรุงพัฒนาต่อ

Stage V วางแผนการผลิต ตั้งทีมการผลิตและหน่วยงาน Support

5. นำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด (Production planning set up) เป็นการผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดและวางแผนการผลิต รวมถึงการออกแบบ ดีไซน์ packaging ให้ดูสวยงาม โดยดำเนินงานตามแผนที่วางไว้และขยายแผนการผลิตเพื่อนำออกสู่ตลาดเป็นระยะ ๆ

Product Lunch ผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด

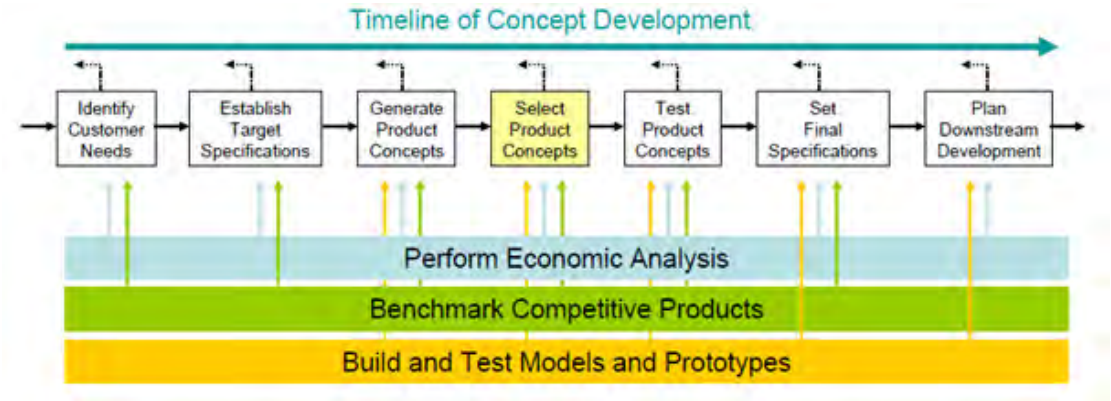
6. บริการหลังการขาย (Technical Support) เป็นการบริการหลังการขายทั้งทางด้านเทคนิคและการบริการลูกค้า ซึ่งเป็นขั้นตอนที่วางตัวผลิตภัณฑ์สู่ตลาดแล้ว

Cooper ได้แสดงแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เรียกว่า “Stage-Gate™ Model” ซึ่งแบ่งกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ออกเป็นระบบ ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ 5 ขั้นตอน และประตูใช้เป็นตัวประเมิน 5 ครั้ง แนวความคิดที่เกิดจากแนวความคิดใหม่ (Discovery) นำเข้าสู่ “Gate 1” เพื่อเป็นการกลั่นกรองเบื้องต้นว่าแนวความคิดดังกล่าวสมควรได้รับการสนับสนุนทางด้านการเงิน บุคลากร และอื่น ๆ จากบริษัทเพื่อเข้าสู่กระบวนการขั้นตอนต่อไปหรือไม่ หากผ่านการพิจารณา แนวความคิดดังกล่าวจะได้รับการกลั่นกรองอีกครั้งเป็นด่านที่ 2 “Gate 2” ซึ่งมีการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางธุรกิจในการนำแนวคิดดังกล่าวไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ หากผ่านขั้นตอนนี้ แนวคิดนี้จะถูกนำไปพิจารณาต่อในด่านที่ 3 “Gate 3” ซึ่งเป็นขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป คือ ขั้นตอนการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (Prototype) เพื่อที่สามารถทดสอบได้ว่าผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีคุณสมบัติตรงกับที่กำหนดผลิตภัณฑ์ไว้หรือไม่ ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการทดสอบผลิตภัณฑ์โดยพนักงานในบริษัทและผู้บริโภคว่าคุณสมบัติใช้งานเป็นอย่างไร ตรงตามที่กำหนดไว้หรือไม่ รวมทั้งมีการทดสอบทางด้านการผลิตเพื่อทดลองผลิตภัณฑ์ในจำนวนจำกัด เพื่อค้นหาปัญหาในกระบวนการผลิต และทำการทดสอบตลาด (Market Test) ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว เพื่อให้ทราบผลตอบรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ และมีการวิเคราะห์ทางธุรกิจและด้านการเงินเกี่ยวกับต้นทุนและรายได้จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองผลิต และทดสอบตลาด จากนั้นเข้าสู่กระบวนการต่อไปในขั้นตอนที่ 5 คือ การนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด (Launch) โดยมีแผนการผลิตและแผนการดำเนินงานที่วางแผนไว้ก่อน ซึ่งจะต้องมีทรัพยากรที่เพียงพอต่อการผลิต หลังจากที่ออกสู่ตลาดเป็นระยะเวลาประมาณ 6-19 เดือน จะมี

การทบทวนผลการดำเนินงานผลิตภัณฑ์ใหม่ และเปลี่ยนสถานะเป็นผลิตภัณฑ์ปกติ ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.8.3.2. **ทฤษฎีและแนวความคิดของ** “Ulrich and Eppinger”

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ตามแนวคิดและทฤษฎีของ Ulrich and Eppinger [26] เป็นทฤษฎีที่เน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่กำหนดความต้องการของลูกค้าเป็นหลักและทำการทดสอบแต่ละขั้นตอนทุกกรณี ทฤษฎีนี้เหมาะสำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีเวลาและค่าใช้จ่ายที่เพียงพอ เนื่องจากต้องควบคุมปัจจัยและขอบเขตการดำเนินการอย่างถูกต้องทุกขั้นตอน โดยมีขั้นตอนในการพัฒนา ดังนี้



รูปที่ 2-14 Ulrich and Eppinger Model

ที่มา: Ulrich and Eppinger [26]

จากรูปที่ 2-14 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ตามแนวทางของ Ulrich and Eppinger แบ่งได้เป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

1) **การระบุความต้องการของลูกค้า** (Identify Customer Need) เป็นการศึกษาความต้องการของลูกค้า ซึ่งถือเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญมากเนื่องจากเป็นสิ่งที่ลูกค้าต้องการและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ นอกเหนือจากความเหมาะสมของราคา และเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถทำกำไรให้กับองค์กรได้ การระบุความต้องการของลูกค้าเป็นหน้าที่ของฝ่ายการตลาด ซึ่งทำการวิจัยและสำรวจตลาด หรืออาจได้ข้อมูลจากฝ่ายขายหรือฝ่ายบริการลูกค้าเพื่อนำไปส่งต่อให้กับหน่วยงานทางวิศวกรรมเพื่อเปลี่ยนความต้องการของลูกค้าให้เป็นข้อกำหนดทางด้านเทคนิค

2) **ระบุข้อกำหนดทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์** (Establish Target Specifications) แปลงความต้องการของลูกค้าให้อยู่ในรูปของเทคนิค ในการนำมาพัฒนาต่อเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากความต้องการของลูกค้า ไม่สามารถนำมาใช้ออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ทันที

3) **การสร้างแนวคิดของผลิตภัณฑ์** (Generate Product Concepts) เป็นขั้นทดลองการเริ่มสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ซึ่งเป็นการสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ในกระบวนการนี้ทีมงานจะออกแบบสร้างสรรค์เสนอความคิดหลากหลายแบบเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ซึ่งเป็นขั้นตอนในการอธิบายรูปแบบหน้าที่การทำงานและคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ภายใต้ข้อกำหนดที่ระบุขึ้นก่อนหน้า แนวคิดผลิตภัณฑ์อาจเป็นข้อความหรือรูปภาพก็ได้

4) **การเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดของผลิตภัณฑ์** (Select Product Concepts) ประเมินแนวคิดต่าง ๆ และคัดเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า โดยทำการเลือกจากลูกค้าหรือบุคคลภายนอกเป็นผู้เลือกให้หัวหน้าทีมออกแบบเป็นผู้เลือก เลือกโดยให้ทีมพิจารณาข้อดีข้อเสียแต่ละแบบ เลือกโดยสร้างต้นแบบ (Prototype) ของแนวคิดแต่ละอย่าง และตัดสินใจจากข้อมูลการทดสอบต้นแบบ หรือเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

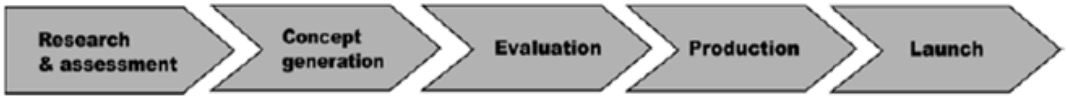
5) **การทดสอบแนวคิดของผลิตภัณฑ์** (Test Product Concepts) นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทดสอบกับลูกค้าเพื่อดูว่าตรงกับความต้องการของลูกค้าหรือไม่ โดยทีมออกแบบอาจใช้คอมพิวเตอร์ในการช่วยในการจำลองสมรรถนะของระบบ หรือใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์สมรรถนะของทางเลือกต่าง ๆ โดยอยู่ภายใต้ผลกำไรของผลิตภัณฑ์และการตัดสินใจต่อยอดขายทางด้านการผลิตและวัสดุที่มีผลต่อต้นทุนเป็นสิ่งสำคัญ

6) **การกำหนดคุณสมบัติสุดท้ายของผลิตภัณฑ์** (Set Final Specification) ข้อกำหนดแนวคิดสุดท้ายหลังจากได้ทดสอบแนวคิดเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ คือ การสร้างแบบในรายละเอียด (Detail Design) ซึ่งเป็นการอธิบายชิ้นส่วน อุปกรณ์ วัสดุ และวิธีประกอบผลิตภัณฑ์ข้อมูลทั้งหมด ที่มีรายละเอียดเพียงพอเพื่อนำเข้าสู่กระบวนการผลิต ผลลัพธ์ที่ได้เป็นเอกสารควบคุมของบริษัท ซึ่งกล่าวถึงวิธีการผลิตชิ้นส่วน และส่วนประกอบการเตรียมอุปกรณ์การผลิต

7) **การวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด** (Plan Downstream Development) หลังจากออกแบบผลิตภัณฑ์จนได้แบบในรายละเอียดแล้ว จะเป็นการนำขั้นตอนต่าง ๆ มาแสดงแบบจำลองทางเทคนิคเพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมในการทำงานของผลิตภัณฑ์และทำการวางแผนเพื่อเตรียมการผลิต ในขั้นตอนนี้สามารถปรับปรุงรูปแบบของผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นตามด้วยการจำลองทางเทคนิคเพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมของกระบวนการผลิตและการทำงานของผลิตภัณฑ์ โดยนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ และปรับปรุงแผนการผลิตให้เหมาะสมยิ่งขึ้น หากผลที่ได้สอดคล้องกับแผนที่ตั้งไว้ก็เริ่มผลิตจริงได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าหากฝ่ายการผลิตเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องตั้งแต่ช่วงต้น ๆ ของการพัฒนา จะทำให้บริษัทสามารถออกแบบและวางแผนการผลิตได้ตรงตามความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี และเข้าสู่แผนกการตลาดเพื่อนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดต่อไป

2.8.3.3. **ทฤษฎีและแนวความคิดของ** “Crawford and Antony Di Benedetto”

แนวคิดตามหลักทฤษฎีของ Clawford and Antony Di Benedetto [27] ดังแสดงในรูปที่ 2-15 นิยมใช้กับการบริหารจัดการนวัตกรรมที่เริ่มจากงานวิจัยแล้วผลักดันงานวิจัยออกไปสู่ตลาด โดยมีขั้นตอนทั้งสิ้น 5 ขั้นตอน



รูปที่ 2-15 Crawford and Antony Di Benedetto Model

ที่มา: Crawford and Antony Di Benedetto.[27]

จากรูปที่ 2-15 ตามแนวทางทฤษฎีของ Crawford and Antony Di Benedetto มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) Research & assessment

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดผลิตภัณฑ์ที่จะทำ (Mission Statement) ว่ารายละเอียดเป็นอย่างไร ประโยชน์ผลิตภัณฑ์ เป้าหมายเชิงธุรกิจ กลุ่มลูกค้าเป้าหมาย รายละเอียดผลิตภัณฑ์ ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ เป้าหมายเชิงธุรกิจ ตลาดหลัก เป็นต้น โดยสืบค้นหรือดูจากงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ เช่น จากวารสารวิชาการ (Journals) รายงานประชุมวิชาการ (Conference

Proceedings) รายงานการตลาด เป็นต้น การสืบค้นจากแหล่งบทความที่มีความน่าเชื่อถือ จะทำให้สามารถสร้างแนวคิดในการสร้างผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี

2) Concept generation

การสร้างแนวคิดของผลิตภัณฑ์ เป็นการอธิบายถึงเทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์ หลักการทำงาน ความต้องการทางการตลาด เป็นต้น ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ทำการพิจารณาถึงโครงสร้างพื้นฐานทั้งหมดในการทำงาน ทั้งรายละเอียดและรูปแบบผลิตภัณฑ์ มีปัจจัยหลัก 3 ตัว

1. รูปแบบ (Form) แบ่งได้เป็นประเภทสินค้า ในรูปแบบที่จับต้องได้ ทั้งวัตถุและสิ่งของ และบริการ เป็นสิ่งที่ไม่สามารถจับต้องได้ รูปแบบในที่นี้ ได้แก่ ลำดับขั้นตอนของการให้บริการที่ได้รับการกำหนดขึ้นเพื่อให้บริการแก่ลูกค้า
2. เทคโนโลยี (Technology) หมายถึงส่วนประกอบในการเสริมสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ให้ก่อเกิดเป็นรูปแบบ เช่น เทคโนโลยีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ หรือ เทคโนโลยีที่ช่วยในการผลิต
3. ความจำเป็น/ผลประโยชน์ (Need/Benefit) คือคุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่ให้ประโยชน์มากกว่าที่ลูกค้าต้องการ โดยให้ผลประโยชน์มากกว่าที่คาดหวังของลูกค้า

องค์ประกอบทั้ง 3 อย่าง จะทำให้เกิดการสร้างแนวคิด (Concept) ที่สามารถก่อให้เกิดคุณประโยชน์แก่ลูกค้า (Benefit) โดยมาจากการพัฒนารูปแบบของสินค้า (Form) จากผลผลิตที่มีการนำเทคโนโลยีมาใช้ (Technology) ส่งผลให้เกิดการพัฒนาเป็นนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ได้ในอนาคต

3) Evaluation (**ประเมินขั้นต้น**)

ขั้นตอนการประเมินความต้องการขั้นต้นถึงผลิตภัณฑ์นั้น ๆ โดยการประเมินแนวความคิด/โครงการ สร้างแนวคิด (Concept/Project Evaluation) ในการบริการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เพื่อการประเมินว่าผลิตภัณฑ์ที่พัฒนานั้นประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

การประเมินในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (The Evaluation System in NPD)

รูปที่ 2-16 ระบบการประเมินกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

(The Evalution System in NPD)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Clawford and Antony Di Benedetto [27]

สำหรับการประเมินในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ จำเป็นต้องมีการประเมินทางด้านการตลาดเบื้องต้น เพื่อดูแนวทางในความเป็นไปได้ว่าผลิตภัณฑ์จะมีคุณค่าสำหรับลูกค้าจริง ๆ โดยทำการประเมินอย่างรวดเร็ว เครื่องมือในส่วนนี้จะใช้การวิเคราะห์ตลาด (Market Analysis) และทำการทดสอบแนวความคิด (Concept Testing)

4) Production

ขั้นตอนการผลิต เป็นขั้นตอนที่ได้ผ่านการคัดสรร วิเคราะห์และประเมินเทคโนโลยี แล้วจึงนำมาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ โดยพัฒนาควบคู่ไปกับการพัฒนาทางด้านเทคนิค และพัฒนาทางด้านการตลาด ไปควบคู่จนกว่าผลิตภัณฑ์จะออกสู่ตลาด

5) Launch

เป็นขั้นตอนที่นำผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการวิจัยเป็นผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด โดยวางแผนกลยุทธ์ในการตัดสินใจนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด ไม่ว่าจะเป็นตลาดอุตสาหกรรม ตลาดผู้บริโภค ตลาดผู้ขายต่อ หรือตลาดรัฐบาล โดยจำเป็นต้องเข้าตามกลยุทธ์ของกลุ่มลูกค้าเป้าหมายเท่านั้นที่เห็นโอกาสในการทำธุรกิจ โดยใช้กลยุทธ์ทางการตลาดที่แตกต่างกัน เช่น การนำกลยุทธ์

STP Marketing ซึ่งเป็นการจัดผลิตภัณฑ์และส่วนประสมทางการตลาด เพื่อตอบสนองความต้องการตลาดและความต้องการที่แตกต่างกัน ต้องพิจารณา 3 ประการ ดังนี้

1) Market Segmentation (การแบ่งส่วนตลาด)
2) Market Targeting (การเลือกตลาดเป้าหมาย)
3) Market Positioning (การกำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์)

การแบ่งส่วนตลาด (Market Segmentation) เป็นการแบ่งส่วนตลาดออกเป็นส่วนย่อย ๆ แตกต่างกัน โดยอาศัยความชอบของผู้บริโภคหรือตลาดเป็นปัจจัยในการแบ่ง เพื่อให้เห็นความเด่นชัดที่แตกต่างกันของคุณสมบัติ ความชอบและความต้องการ พฤติกรรมของผู้บริโภคที่อยู่ในแต่ละส่วนของตลาด เพื่อจะได้วางแผน และใช้ความพยายามทางการตลาดได้เหมาะสมกับแต่ละส่วนตลาด

ระดับการแบ่งส่วนการตลาด (Levels of Market Segmentation)

1) การตลาดมวลชน (Mass Marketing)
2) การตลาดโดยมุ่งที่ส่วนของตลาด (Segment Marketing)
3) การตลาดโดยมุ่งที่ตลาดกลุ่มเล็ก (Niche Marketing)
4) การตลาดท้องถิ่น (Local Marketing)
5) การตลาดมุ่งเฉพาะบุคคล (Individual Marketing)
6) การตลาดที่ลูกค้าต้องรับผิดชอบตัวเอง (Self-Marketing)

รูปแบบของการแบ่งส่วนตลาด (Patterns of Market Segmentation)

การแบ่งส่วนตลาดแบบใดต้องขึ้นอยู่กับความชอบ ความพอใจ และพฤติกรรมของตลาดที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ความชอบเหมือนกัน (Homogeneous Preferences)
2) ความชอบกระจัดกระจาย (Diffused Preferences)
3) ความชอบเป็นกลุ่มหลายกลุ่ม (Clustered Preferences)

เกณฑ์ในการแบ่งส่วนตลาดผู้บริโภค (Bases for Segmenting Consumer Market) ตัวแปรสำคัญ ๆ ซึ่งถือเป็นหลักเกณฑ์ในส่วนแบ่งการตลาด เช่น ลักษณะตัวแปรทางภูมิศาสตร์ ประชากรศาสตร์ จิตวิทยา และ พฤติกรรมศาสตร์

การกำหนดหรือเลือกตลาดเป้าหมาย (Market Targeting) มี 2 ขั้นตอน การประเมินส่วนตลาด (Evaluating the Market Segmentation) ได้แก่ ขนาดและความเจริญเติบโตของส่วน

ตลาด แรงจูงใจของตลาด วัตถุประสงค์และทรัพยากร ทั้งหมดมีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกส่วนของตลาดที่เหมาะสมต่อไป

การเลือกส่วนตลาด (Selecting the Market Segment) โดยมีวิธีเลือก ดังนี้

1) เลือกตลาดที่ไม่แตกต่างหรือตลาดที่เหมือนกัน (Undifferentiated Marketing) เป็นกลยุทธ์การตลาดที่มองตลาดว่ามีความต้องการเหมือน ๆ กัน โดยใช้การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่จูงใจผู้ซื้อ แต่ต้องรวมถึงการเพิ่มขึ้นของช่องทางการจำหน่ายและการโฆษณาหลาย ๆ ด้าน จะให้ความคิดอย่างแพร่หลายเพื่อให้เกิดภาพลักษณ์ที่ดีต่อผลิตภัณฑ์
2) การตลาดที่ต่างกันหรือเจาะจงเฉพาะตลาดที่แตกต่างกัน (Differentiated Marketing) ในกรณีนี้บริษัทจะเลือกดำเนินการในส่วนตลาดมากกว่า 1 ส่วน โดยออกแบบผลิตภัณฑ์ และส่วนประสมทางการตลาดให้ต่างกันตามความเหมาะสมกับแต่ละส่วนของตลาดนั้น
3) การตลาดแบบรวมกำลัง หรือการมุ่งตลาดเฉพาะส่วน (Concentrated Marketing) เป็นการเลือกส่วนตลาดเพียงส่วนเดียว (Single Segment) ในหลายส่วนตลาดเป็นเป้าหมายแล้วใช้กลยุทธ์การตลาดเพื่อสนองความต้องการในตลาดนั้น

การกำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ (Product Positioning)

ตำแหน่งผลิตภัณฑ์ (Product Position) หมายถึง การรับรู้ของผู้บริโภคในเชิงความรู้สึกนักคิดหรือทัศนคติต่อสินค้าหรือบริการขององค์กรเมื่อเปรียบเทียบกับสินค้าหรือบริการของคู่แข่งขัน ถือเป็นกระบวนการทางการตลาดเพื่อสร้างและรักษาแนวความคิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ของธุรกิจให้เกิดขึ้นในจิตใจของลูกค้าเมื่อเทียบกับตราสินค้าของคู่แข่งขันซึ่งต้องอาศัยกระบวนการสื่อสารทางการตลาดโดยการดึงจุดเด่นที่เป็นเอกลักษณ์ (Unique Selling Proposition: USP) มาใช้ในการสื่อสารตอกย้ำให้เกิดเป็นภาพลักษณ์ที่เป็นที่จดจำและโดดเด่นเมื่อผู้บริโภคนึกถึงผลิตภัณฑ์ในเชิงเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ของคู่แข่ง โดยการกำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์นั้นอาจสามารถทำได้โดย

1) การกำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ตามคุณลักษณะภายนอกที่สังเกตเห็นได้ของผลิตภัณฑ์ เช่น ขนาด ความเก่าแก่ของตรายี่ห้อ
2) การกำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ตามผลประโยชน์ที่ลูกค้าจะได้รับ

3) การกำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ตามคุณลักษณะของลูกค้า

4) การกำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ตามความเหนือกว่าในเชิงเปรียบเทียบกับคู่แข่ง

5) การกำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ตามประเภทของผลิตภัณฑ์

6) การกำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ตามคุณสมบัติ คุณภาพ และราคา ของผลิตภัณฑ์

การทดสอบตลาด (Market Testing)

การทดสอบตลาดมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการได้รับการยอมรับจากตลาด พร้อมที่จะนำออกสู่ตลาดหรือไม่ ซึ่งถือเป็นการให้ข้อมูล หรือ “ส่งสัญญาณ” ให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมถึงแผนกการตลาดทราบ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่คำนึงถึง 3 ส่วนได้แก่

1) การจัดการตราสินค้า

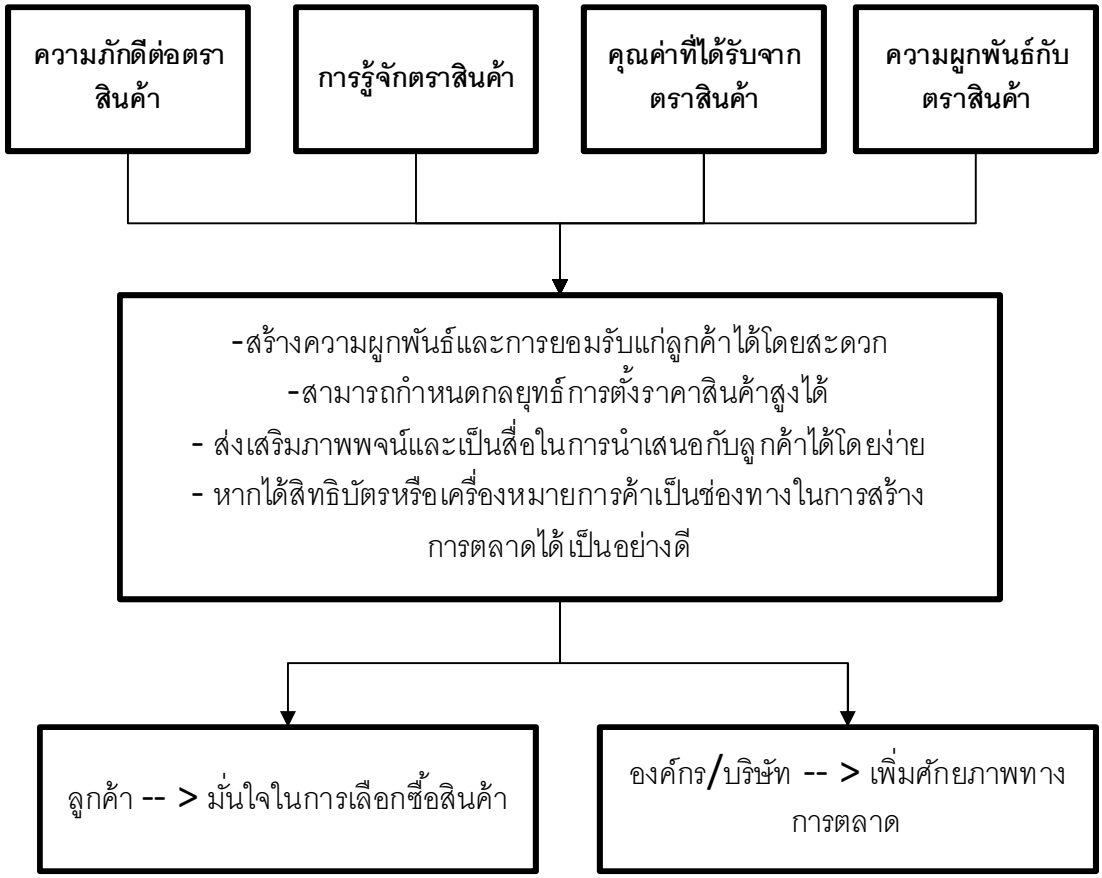
เป็นสิ่งสำคัญที่ส่งเสริมให้ลูกค้าใช้สินค้าเราต่อไปในระยะยาว สิ่งที่นำมาพิจารณาคือการสร้างตราสินค้าให้แก่ผลิตภัณฑ์ใหม่ เพราะเป็นส่วนช่วยสร้างภาพลักษณ์ของสินค้าในอนาคตได้เป็นอย่างดี

2) การตั้งชื่อตราสินค้า

เกณฑ์การตั้งชื่อตราสินค้าที่ดี จะต้องบ่งบอกถึงชื่อของผลิตภัณฑ์และลักษณะที่โดดเด่นให้สัมพันธ์กับตัวผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้ง่ายต่อการจดจำและให้ลูกค้าสามารถจำชื่อตราสินค้าของผลิตภัณฑ์ และกลับมาซื้อสินค้านั้นอีกได้เป็นอย่างดี

3) คุณค่าจากตราสินค้า

ชื่อตราสินค้าที่คุ้นเคยทั้งในประเทศและต่างประเทศมีมากมาย ยกตัวอย่าง เช่น Starbucks, Levi’s, True, I-Phone เป็นต้น คุณค่าเหล่านี้เรียกว่า ตราสินค้าในฐานะที่เป็นสินทรัพย์ (Brand Equity) ถือเป็นสินทรัพย์อย่างหนึ่งที่ให้คุณค่าแก่บริษัท ชื่อตราสินค้าที่เป็นที่นิยมนั้นสามารถสร้างให้ลูกค้ามีความภักดีต่อสินค้าได้ (Brand Loyalty) ผลประโยชน์ที่ได้รับจากคุณค่าของตราสินค้า ตามรูปที่ 2-17



รูปที่ 2-17 คุณค่าของตราสินค้า

ที่มา: Merle, C. Crawford, M. and Benedetto, A.[27]

ดังนั้น ตราสินค้าจึงสามารถสร้างการรับรู้ต่อตัวคุณภาพสินค้าได้ จนนำไปสู่ความพึงพอใจของลูกค้า อีกทั้งยังเสริมสร้างกลยุทธ์การวางผลิตภัณฑ์ประเภทราคาสูง (Premium) ฉะนั้น การสร้างตราสินค้าจึงเปรียบเสมือนการสร้างสะพานนำไปสู่ความสำเร็จ จากการนำเสนอสินค้าออกสู่ตลาด (Launch) ได้

หากองค์กรสามารถนำนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาดได้สำเร็จ ก็จะมีผลช่วยให้บริษัทมีกำไร และสามารถประครองธุรกิจต่อไปได้ ซึ่งกิจกรรมทางการตลาดที่จะต้องตัดสินใจและปฏิบัติมีดังนี้

1) **การตระหนักรู้** (Awareness)

การตระหนักรู้เป็นปัจจัยแรกที่สำคัญ เพราะจะนำมาซึ่งการทดลองใช้จากผู้รับสื่อและตระหนักรู้ได้ ซึ่งการสร้าง Awareness ให้ผลิตภัณฑ์ประเภทนวัตกรรมจะเน้นสื่อที่แสดงถึงความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างจากเดิม

2) **การทดลองใช้สินค้า** (Trial)

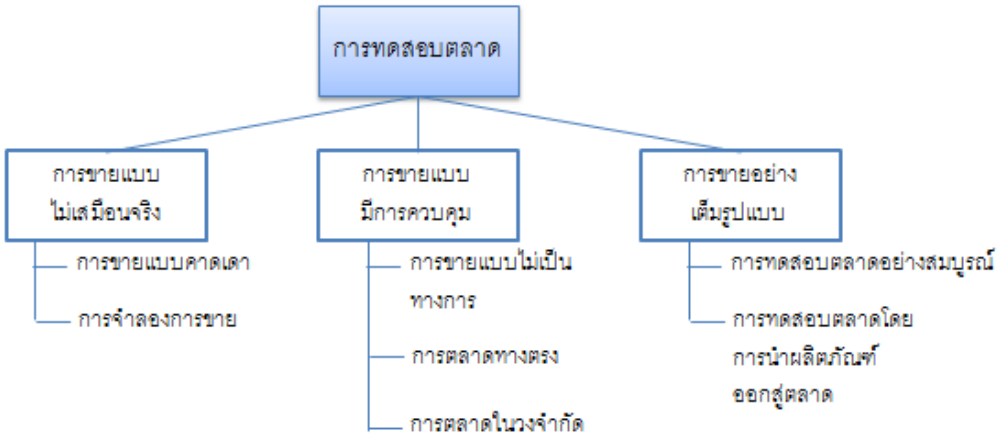
การสร้างการตระหนักรู้ Awareness และการจัดสต๊อกสินค้า การพยายามทำให้ลูกค้าทดลองใช้สินค้า (Trial) เป็นจุดสำคัญที่อาจทำให้ผลิตภัณฑ์ใหม่ไม่ประสบความสำเร็จก็ได้ อุปสรรคของความพยายามทดลองใช้สินค้า คือ ข้อจำกัดการใช้ ความคาดหวังจากการใช้สินค้าอาจนำไปสู่ปัญหาการเคลมและเรียนรู้ข้อดีข้อเสียของสินค้าและบริการ ระยะเวลาการทดลองใช้

3) **การซื้อซ้ำ** (Repeat Purchase)

หากลูกค้าเป็นกลุ่มเป้าหมายที่ทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วยความสนใจ และเรามั่นใจว่าลูกค้าจะชอบเพราะได้มีการทดสอบสินค้ามาแล้ว สิ่งเหล่านี้ก็จะทำให้ลูกค้ากลับมาใช้สินค้าอีกเรื่อย ๆ ซึ่งหากเราได้มีการนำเสนอ โปรโมชั่นให้แก่ลูกค้าด้วยแล้วก็จะทำให้เกิดความรู้สึกอยากใช้ต่อไป

วิธีการทดสอบตลาด

การทดสอบตลาด แบ่งออกเป็น 3 วิธีหลัก ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2-18 การนำผลิตภัณฑ์ออกทดสอบตลาด

การบริหารการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด

หมายถึง กระบวนการในการบริหารจัดการ และการควบคุมดูแลกิจการการนำผลิตภัณฑ์ใหม่ออกสู่ตลาดเพื่อให้ประสบความสำเร็จตามที่เป้าหมายกำหนด ซึ่งประกอบด้วย 3 ปัจจัยที่จำเป็นต้องตรวจสอบ ดังต่อไปนี้

การคาดการณ์ถึงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

จะเกี่ยวข้องกับการคาดการณ์ล่วงหน้าถึงจุดอ่อน หรือข้อบกพร่องต่างๆ ของกิจกรรมการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด สามารถแบ่งปัญหาออกเป็น 2 ประเภท กล่าวคือ ปัญหาที่มาจากการกระทำจากบริษัทเองและปัญหาที่เกิดจากปัจจัยภายนอก

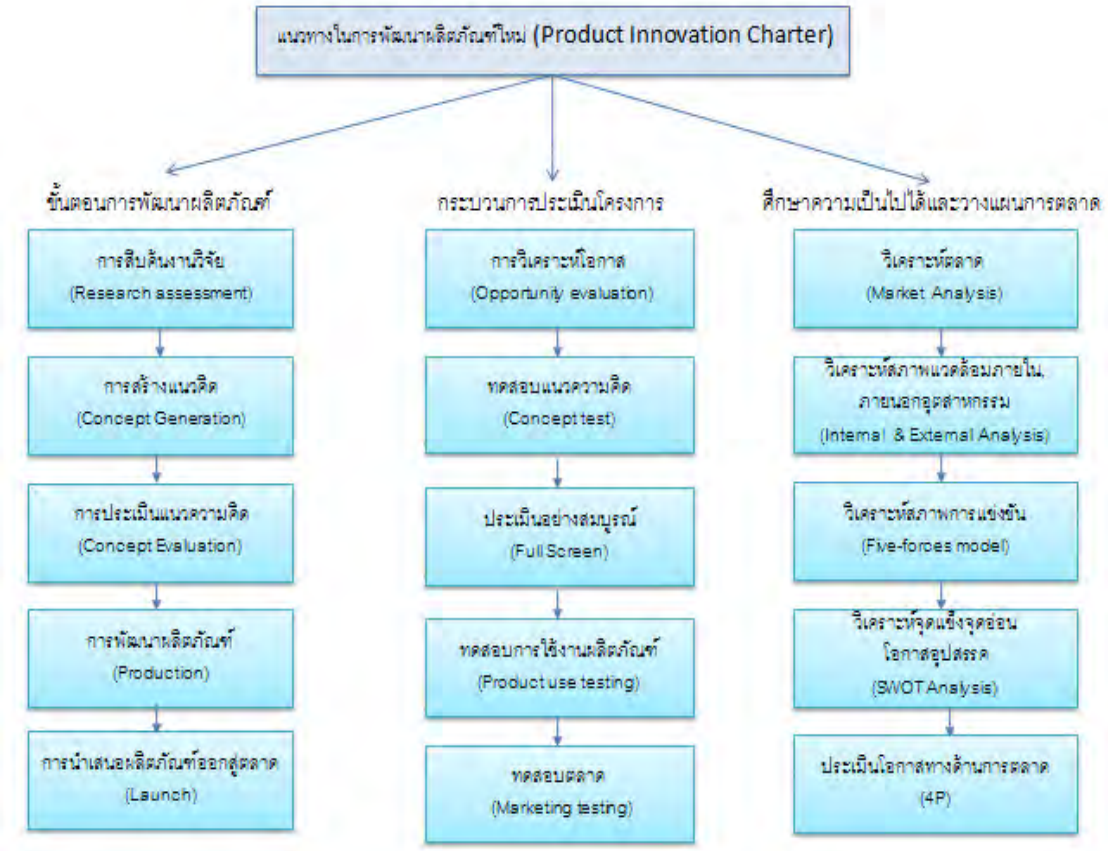
การระบุถึงผลกระทบที่ต้องการการควบคุมเป็นพิเศษ

เป็นการระบุถึงผลกระทบที่ต้องการควบคุมเป็นพิเศษ ขั้นตอนนี้จะมีการวิเคราะห์ปัญหาที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตและผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นตามมา โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ปัญหาที่จำเป็นต้องควบคุม และปัญหาที่ไม่จำเป็นต้องควบคุม

การพัฒนาแผนสำรองฉุกเฉินเพื่อควบคุมปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น

เกี่ยวข้องกับการทำ “แผนสำรองฉุกเฉิน” ซึ่งจะเป็นการระบุถึงสิ่งที่จำเป็นต้องกระทำเมื่อมีปัญหาเกิดจากการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด แผนสำรองที่ดีจะต้องพร้อมใช้งานได้ในทันทีที่มีปัญหาเกิดขึ้น

สรุปจากขั้นตอนดังกล่าว สามารถสรุปกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ออกเป็น 3 ด้าน โดยมีรายละเอียด ดังแสดงในรูปที่ 2-19



รูปที่ 2-19 แนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

ที่มา: ดัดแปลงจาก Clawford and Antony Di Benedetto.[27]

1) กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Product Stream Process)

ทำหน้าที่ในการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เกิดขึ้น โดยมีการเห็นโอกาสจากงานวิจัยที่มีความเป็นไปได้ทางการตลาด นำมาสร้างแนวความคิด พร้อมทั้งประเมินแนวความคิด และทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งถึงการนำเสนอผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดต่อไป

2) กระบวนการประเมินโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (Evaluation Stream Process)

ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ดำเนินการไปตามแนวทางที่กำหนดไว้ เริ่มจากวิเคราะห์โอกาสทางการตลาด นำแนวความคิดที่เกิดขึ้นมาทำการทดสอบแนวความคิด พร้อมทั้งการประเมินอย่างสมบูรณ์ และทำการทดสอบการใช้งานผลิตภัณฑ์และทดสอบตลาด

3) กระบวนการวางแผนการตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ (Marketing Plan Stream Process)

ทำหน้าที่ในการกำหนดแนวทางที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ตลาด ดูสภาพแวดล้อมอุตสาหกรรมภายในและภายนอก วิเคราะห์สภาพการแข่งขัน จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรค และประเมินโอกาสทางการตลาด

2.9. **กระบวนการยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่**

ยุทธนา ธรรมเจริญ [28] ได้ให้คำจำกัดความ กระบวนการยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่ของผู้บริโภค ไว้ว่าเป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นที่กระบวนการทางสมองที่เกิดขึ้นกับปัจเจกบุคคล เริ่มตั้งแต่การได้ยินเกี่ยวกับนวัตกรรมใหม่ครั้งแรก จนกระทั่งเกิดการยอมรับในที่สุด และการยอมรับ (adoption) หมายถึง การตัดสินใจของบุคคลที่จะเปลี่ยนเป็นผู้ใช้ผลิตภัณฑ์นั้นเป็นประจำ กระบวนการยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นมี 5 ขั้นตอน คือ

การรู้จัก (Awareness) ในขั้นนี้ผู้บริโภคจะเริ่มรู้จักผลิตภัณฑ์ใหม่ แต่ยังขาดข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

ความสนใจ (Interest) เป็นขั้นที่ผู้บริโภคถูกกระตุ้นให้ค้นหาข้อมูลให้ความสนใจกับผลิตภัณฑ์ เริ่มมีการมองข่าวสารเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ใหม่

การประเมินค่า (Evaluation) เป็นขั้นตอนที่ผู้บริโภคพิจารณาว่าจะลองใช้ผลิตภัณฑ์ใหม่นั้นหรือไม่

การทดลอง (Trial) เป็นขั้นที่ผู้บริโภคจะเริ่มทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณเล็กน้อยก่อนเพื่อปรับการประเมินคุณค่าที่ได้ประเมินไว้ก่อนหน้านี้

การยอมรับ (Adoption) เป็นขั้นตอนที่ผู้บริโภคตัดสินใจแล้วว่าจะใช้ผลิตภัณฑ์นั้นเป็นประจำ โดยแบ่งกระบวนการยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่

2.10. กรอบแนวความคิด

จากทฤษฎีที่กล่าวมาข้างต้น นำมาประยุกต์เป็นกรอบแนวความคิดของงานวิจัยฉบับนี้

รูปที่ 2-20 แสดงกรอบแนวความคิดของงานวิจัย

2.11. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า DSM (Demand Side Management) ตามคำนิยามของ Gellings, C.W [29] กล่าวว่า การทราบการบริหารการจัดการใช้ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ การรณรงค์การใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด การกำหนดมาตรการต่าง ๆ จะเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่ช่วยให้ลดภาระของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี

Kreith [30] ได้กล่าวถึงในคู่มือการจัดการบริหารไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ เกิดจากการที่ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบและปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามโปรแกรมอัตราค่าไฟฟ้าที่ผู้ผลิตไฟฟ้าต้องการได้ เพื่อก่อให้เกิดการลดการใช้พลังงาน และส่งผลกระทบในการลดสภาวะโลกร้อน

จากคำนิยามของ Pansini, A. J. and Smalling K.D [31] ได้กล่าวถึงการจัดการโหลดไฟฟ้าเป็นการปรับเปลี่ยนช่วงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลา Peak หรือย้ายความต้องการไปใช้ในช่วง Off peak แทน ซึ่งเป็นโปรแกรมการคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU โดยมีการวิเคราะห์จัดการโหลดไฟฟ้า เป็นดัชนีที่ชี้วัด ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพในการใช้ของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยคำนวณจาก Load Factor = Average Demand

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับนวัตกรรมด้านมิเตอร์ อุปกรณ์แสดงผล และการศึกษาการใช้พลังงาน พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ไฟฟ้า ดังนี้

โอภาส สุขหวาน [32] มีการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าที่อยู่อาศัยแบบบ้านเดี่ยวในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยรวบรวมข้อมูลย้อนหลัง 6 เดือน จากใบแจ้งค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ามีส่วนสำคัญในการทำนายปริมาณการใช้พลังงาน และลักษณะการใช้เป็นตัวพยากรณ์ที่สำคัญในการทำนายการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งสอดคล้องกับ ขจรเดช พิมพ์พิไล และ อิทธิชัย ปรีชาวุฒิพงศ์ [33] มีการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารธุรกิจ 70 แห่ง ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำการบริการตรวจวิเคราะห์ในปี 2538 พบว่ามาตรการลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด สามารถลดความต้องการพลังไฟฟ้าลงได้ 9,716 kW. เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร แตกต่างจาก จตุพร บุญชิต [34] ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรมสยามคอนติเนนตัล ขนาด 400 ห้อง พบการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเดือนละ 1,245 kW จากหม้อแปลงขนาด 2000 kVA โดยมีการใช้ไฟฟ้าจากอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ปั๊มน้ำ เครื่องทำความร้อน มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 648,912 kWh/เดือน สำหรับงานวิจัยของ ศาณิต ศิริโรจน์ [35] ศึกษาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานรีดเส้นลวด เหล็ก และชุบสังกะสี พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 566 kW พลังงานไฟฟ้า 13,344 kWh ค่าตัวประกอบเฉลี่ย รายวันเท่ากับ 61.89% การใช้พลังงานสูงสุดจะเกิดขึ้นในช่วง Partial Peak เท่ากับ 988 kW และในช่วงของ On Peak 840 kW งานวิจัยได้ทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการทำงานของโหลด ในอัตรา TOD และ TOU rate ประหยัดค่าใช้จ่ายได้เท่ากับ 37,092 บาท และ 11,846 บาท ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการทำงานของโหลดเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดในการช่วยประหยัดพลังงาน เป็นการนำอัตรา TOU และ TOD เข้ามาเปรียบเทียบเพื่อดูกระแสโหลดของการใช้ไฟฟ้าในโรงงานรีดเส้นลวด ณรงค์ศักดิ์ ศุภพิทักษ์ [36] มีการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรมอินทรา รีเจ้นท์ ขนาด 439 ห้อง ซึ่งเป็นโรงแรมขนาดใหญ่ในเขตกรุงเทพมหานคร มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด เดือนละ 2,737.5 kW

และ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเดือนละ 1,318 MWh ความต้องการใช้สูงสุดอยู่ที่เวลา 08.00-22.00 น.ดังเช่น กันต์ธร เก่งพล [37] มีการศึกษาวิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวกับการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรมกรณีศึกษาโรงแรมขนาดกลางและขนาดเล็ก สรุปว่า การประหยัดพลังงานเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดค่าใช้จ่าย ซึ่งมีอยู่ 4 ส่วนที่เกี่ยวข้องหลัก ๆ ได้แก่ การประหยัดพลังงานในอาคาร การประหยัดพลังงานในภาคอุตสาหกรรม การประหยัดพลังงานในภาคขนส่ง และการประหยัดพลังงานด้านวิธีการใช้ไฟฟ้า

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีเนื้อหาเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้า การศึกษาการใช้พลังงานความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดและอัตราการใช้ไฟฟ้าแบบ TOU และ TOD พบว่าเมื่อจะทำการวิเคราะห์การใช้พลังงาน จำเป็นที่จะต้องใช้การรวบรวมเอกสารซึ่งเป็นข้อมูลการใช้ไฟฟ้าย้อนหลังหรือเป็นการเก็บข้อมูลจากช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนการทำการวิเคราะห์ ดังนั้นหากมีเครื่องมือในการวัดการใช้ไฟฟ้าที่สะดวกและมีการบันทึกการใช้ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ (Real time) ก็จะเป็นข้อมูลที่สามารถบริหารจัดการการใช้ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นฐานข้อมูลในการวิเคราะห์และทำนายปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ ช่วยแก้ไขปัญหาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศในระดับมหภาค โดยการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้กับความรู้ทางวิศวกรรม เป็นแนวทางในการวางระบบเครือข่ายระหว่างผู้ใช้กับการไฟฟ้าได้ต่อไป

บทที่ 3

แนวคิดและวิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้กล่าวถึงวิธีและขั้นตอนดำเนินการวิจัยทั้งหมด งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment Research) บวกกับการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถาม (Questionnaire) จากนั้นนำผลการสอบถามมาวิเคราะห์ข้อมูล และใช้การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research Method) มาช่วยศึกษาการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ได้ผลสรุปไปใช้ประโยชน์แก่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป ผู้วิจัยกำหนดแนวทางการวิจัย เกี่ยวกับกระบวนการในการพัฒนา และเข้าถึงผู้ประกอบการ โดยการสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อดูความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์และการยอมรับของเทคโนโลยีในเชิงธุรกิจ

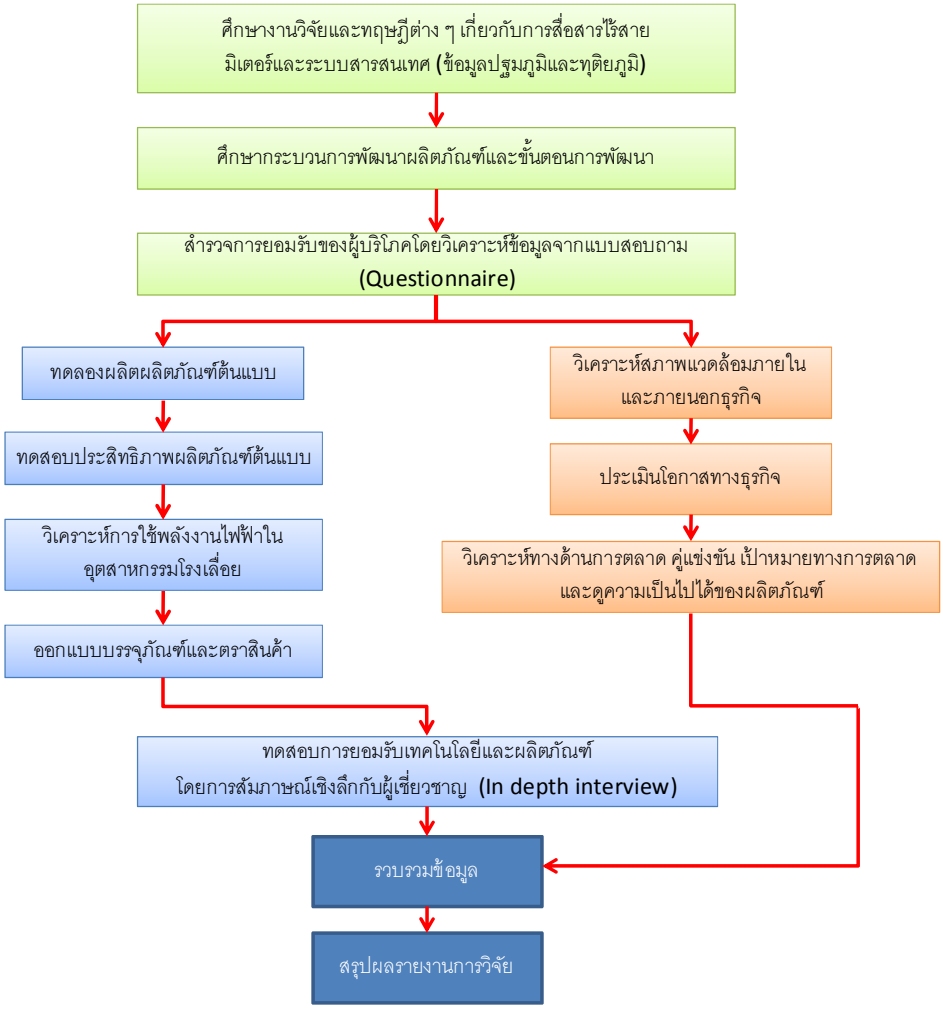
ขั้นตอนการวิจัยออกเป็น 2 ส่วนได้แก่

ส่วนที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง

ส่วนที่ 2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการยอมรับผลิตภัณฑ์ในเชิงธุรกิจ ประชากร กลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวบรวมข้อมูลจากผลการศึกษาและการวิเคราะห์ในด้านต่างๆ เพื่อสรุปผลและจัดทำวิจัยฉบับสมบูรณ์

งานวิจัยนี้มีกรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมโรงเลื่อยแปรรูปไม้ เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานและเปรียบเทียบอัตราค่าใช้จ่ายและการใช้พลังงานอย่างประหยัด ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนด้านการผลิตได้อีกช่องทางหนึ่ง จากนั้นรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ สรุปผล จัดทำรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ อธิบายและสรุปภาพเป็นขั้นตอนในการวิจัยได้ดังนี้

3.1. ขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย

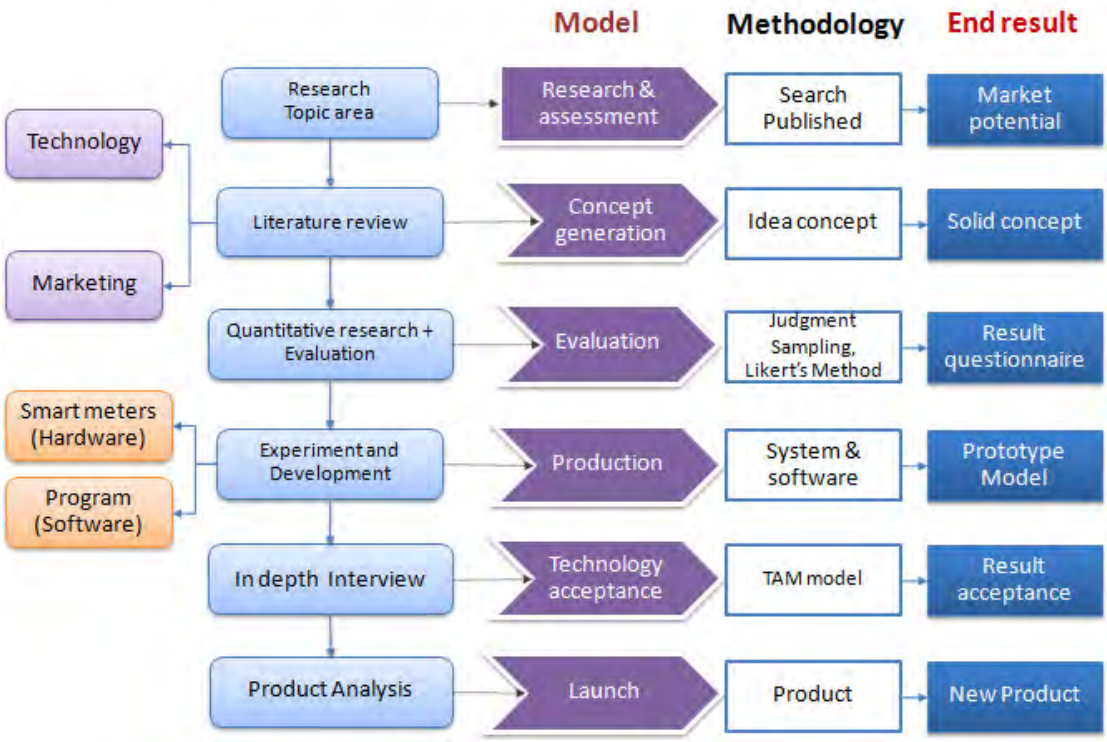


รูปที่ 3-1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย

จากขั้นตอนวิธีดำเนินการทำวิจัย ผู้วิจัยได้เลือกการพัฒนาโดยใช้ต้นแบบของกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ จาก Model ที่พัฒนาโดย Clawford and Antony Di Benedetto ร่วมกับแนวคิดใหม่ว่าด้วยเรื่องการยอมรับเทคโนโลยีของ Davis, Bagozzi, & Warshaw, Technology acceptance model (Tam model) ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

รูปที่ 3-2 ขั้นตอนกระบวนการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่สามารถแปลง Model ออกมาแต่ละขั้นตอนและผู้วิจัยใช้เป็นขั้นตอนในการพัฒนากระบวนการทำงานวิจัยดังแสดงในรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 ขั้นตอนกระบวนการทำงานวิจัย

กระบวนการทำวิจัยในการผลิตผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ดังนี้

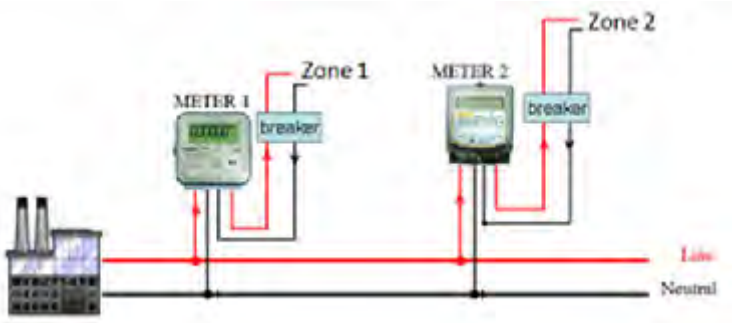
3.2. การทำงานด้านฮาร์ดแวร์ของผลิตภัณฑ์

องค์ประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์ของผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ ส่วนมิเตอร์อัจฉริยะ (Smart Meter) และส่วนตัวประสานกลาง (Coordinator) โดยส่วนหลังทำหน้าที่ส่งค่าจากมิเตอร์ไปเก็บที่ฐานข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3-4

รูปที่ 3-4 ภาพรวมระบบการทำงานโดยภาพรวมของมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย

การบันทึกข้อมูลจากมิเตอร์ผ่านเครือข่าย จะมีกระบวนการรับส่งค่า โดยเริ่มตั้งแต่มิเตอร์วัดค่าต่าง ๆ ตามที่เขียนคำสั่งในไมโครคอนโทรเลอร์ และประมวลผลเพื่อส่งต่อให้กับตัวประสานกลาง (Coordinator) ในการบันทึกทุก ๆ 15 นาที ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูล ผ่านทางโปรแกรมส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (GUI: Graphic User Interface) บนคอมพิวเตอร์ที่ต่อเชื่อมกับตัวประสานกลาง (Coordinator) แบบพอร์ตอนุกรม (RS232)

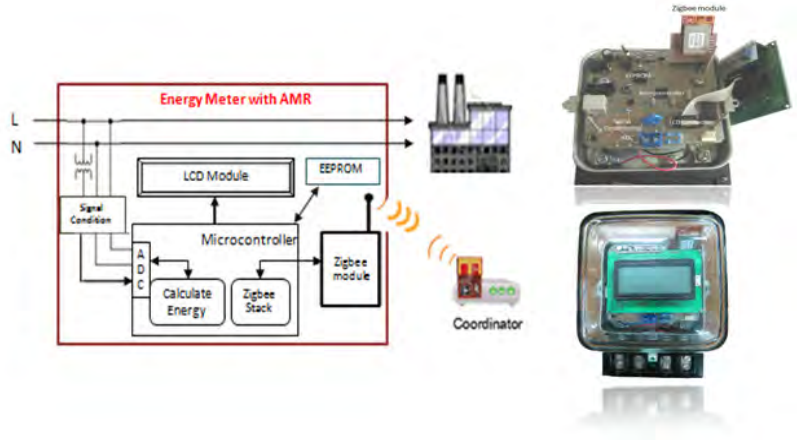
ตัวประสานกลางทำหน้าเก็บค่าการวัดพลังงานที่ได้จากมิเตอร์ด้วยมอดูล Zigbee ผ่านทางคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 GHz ประกอบไปด้วยการติดตั้งมิเตอร์ในแต่ละพื้นที่ ที่ต้องการวัดค่า ตัวประสานกลางจะเป็นตัวรวบรวมค่าการวัดได้โดยอัตโนมัติ เพื่อส่งค่าจัดเก็บลงบนฐานข้อมูล ดังแสดงภาพการติดตั้งแต่ละโซนได้ดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 การติดตั้งมิเตอร์ในแต่ละพื้นที่

3.2.1. องค์ประกอบของมิเตอร์ในการวัดค่าพลังงานแบบไร้สาย

ส่วนประกอบและโครงสร้างภายในมิเตอร์วัดค่าพลังงานไฟฟ้า โดยเริ่มจากสายไฟเมน (L) และสายนิวทรัล (N) ซึ่งเป็นสัญญาณแอนะล็อกของกระแสไฟฟ้า และปรับแต่งสัญญาณกระแสและแรงดัน (Signal Conditioning) เข้าสู่หน่วยแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter: ADC) จากไมโครคอนโทรเลอร์ ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลที่ถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้ว ถูกนำมาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า ไปแสดงผลยังจอ LCD และนำค่าพลังงานไฟฟ้าที่ทำการคำนวณได้บันทึกยังอีอีพร็อม (EEPROM) โดยควบคุมการแสดงผลผ่านหน้าจอผลึกเหลว (LCD) ในการส่งข้อมูลพลังงานไฟฟ้าผ่านมอดูล Zigbee คลื่นวิทยุไปยังตัวประสานกลาง (Coordinator) การทำงานจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนที่เป็น Zigbee มอดูล จากอุปกรณ์ในมิเตอร์



รูปที่ 3-6 โครงสร้างมิเตอร์ระบบอ่านอัตโนมัติแบบไร้สาย

จากรูปที่ 3-6 แสดงรายละเอียดและโครงสร้างของมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย ประกอบไปด้วยหน้าที่การทำงานหลัก ๆ ดังนี้

1) ไมโครคอนโทรเลอร์

ไมโครคอนโทรเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของมิเตอร์ทั้งหมด ได้แก่ ควบคุมการทำงานของวงจรรวมสำหรับวัดพลังงาน ทำหน้าที่แสดงผลค่าพลังงานและค่าที่ต้องการวัดต่าง ๆ ที่ได้จากแผงวงจรรวม และนำค่าที่ได้บันทุกในหน่วยความจำ ตรวจสอบเรื่องไฟตกและไฟดับ และสร้างฐานเวลาจริงสำหรับการวัดค่าพลังงานโดยช่วงเวลา เก็บข้อมูลความต้องการพลังงานในรอบ

15 นาที ลงในอีอีพร็อม และส่งข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าที่มิเตอร์วัดได้ไปยังตัวควบคุมประสานกลาง (Coordinator) เพื่อทำการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกของมิเตอร์ผ่านทางคลื่นวิทยุ

2) อีอีพร็อม

อีอีพร็อม (EEPROM) เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรเลอร์ ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลพลังงานไฟฟ้าทุก 15 นาที และเก็บตารางต่าง ๆ ที่ใช้ใน Zigbee Stack เช่น ตารางเส้นทางเครือข่าย โดยแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การเก็บความต้องการพลังงานไฟฟ้าในรอบ 15 นาที และส่วนที่ 2 ทำหน้าที่เก็บค่าปฏิทินวันหยุด และวันเวลาที่เกิดไฟตก

3) ส่วนแสดงผลแอลซีดี

เป็นส่วนแสดงผลมีลักษณะหน้าจอเป็นแอลซีดีผลึกเหลว รับสัญญาณได้โดยตรงจากไมโครคอนโทรเลอร์ ทำให้มีการสูญเสียพลังงานในการแสดงผลที่ต่ำ การแสดงผลของจอแอลซีดีแสดงผลได้ 4 บรรทัด ในการแสดงพลังงานไฟฟ้าได้ในแต่ละช่วงเวลา

4) Zigbee มอดูล

เป็นตัวสำหรับรับส่งคลื่นวิทยุในย่าน 2.4 GHz ภายในมอดูลจะประกอบด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ในการควบคุมการทำงานและประมวลผล โดยทำงานตามคำสั่งของโพรโทคอล Zigbee Stack โดยแบ่งตามระดับชั้น MAC (Medium Access Control) ที่ควบคุมโดยมาตรฐาน IEEE 802.15.4 อยู่ภายใน

5) ส่วนวัดพลังงานไฟฟ้า

ส่วนวัดพลังงานไฟฟ้า เป็นองค์ประกอบหลักในการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า ภายในวงจร ADC จะมีตัวแปลงแอนะล็อกเป็นดิจิทัล และมีส่วนประมวลผลสัญญาณดิจิทัลอยู่ภายในไว้ทำหน้าที่คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าต่าง ๆ ก่อนจะส่งเหล่านี้ไปให้ไมโครคอนโทรเลอร์ทำงานต่อไป

6) วงจรวัดแรงดัน

วงจรสร้างแรงดัน ในการสร้างแรงดันอ้างอิงให้กับหน่วยแปลงสัญญาณจากแอนะล็อกเป็นดิจิทัล โดยมีวงจรขาเข้าจะต้องมีค่าไม่เกิน $\pm$ 0.5 โวลต์

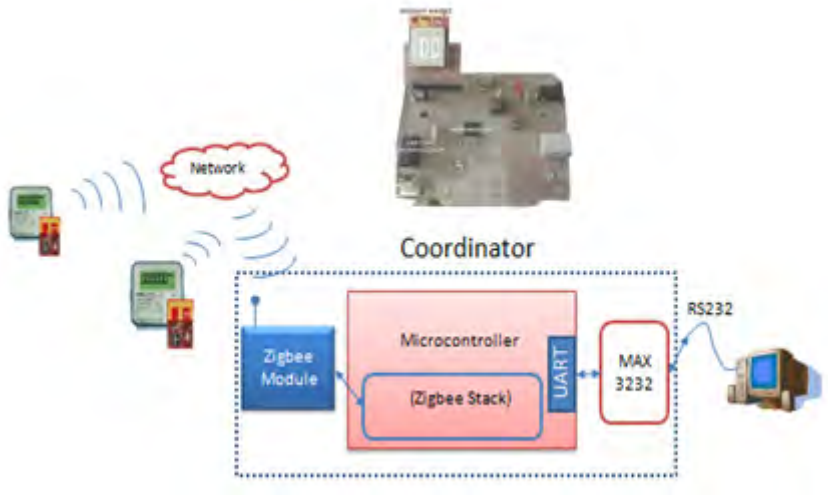
7) วงจรวัดกระแส

วงจรวัดกระแสทำหน้าที่วัดกระแสโดยมีหม้อแปลงกระแสเป็นตัววัดเพื่อให้ได้แรงดันที่พอดีกับตัวต้านทานก่อนที่จะเข้าวงจรรวม

3.2.2. **องค์ประกอบฮาร์ดแวร์ตัวประสานกลาง** (Coordinator)

ตัวควบคุมประสานกลาง ทำหน้าที่รวบรวมค่าที่วัดได้จากมิเตอร์แต่ละตัวและติดต่อกับผู้ใช้งานผ่านทางคอมพิวเตอร์ ผ่านการสื่อสารแบบพอร์ตอนุกรม (UART: Serial Communication

Interfaces: SCIs) โดยทำการเรียกข้อมูลจากมิเตอร์ที่อยู่ในเครือข่าย ผ่านทางมอดูล Zigbee โดยใช้ Zigbee Stack โพรโทคอล ต่อเชื่อมผ่านช่องทาง SPI (Serial Peripheral Interface) มีอัตราส่งข้อมูลที่ 250 กิโลบิตต่อวินาที (kbps) ระยะทางรับส่งข้อมูลสูงสุด 100 เมตร ในที่โล่ง[38] และนำค่าที่ได้บันทึกค่าลงบนฐานข้อมูลในการแสดงผลแก่ผู้ใช้งาน ดังแสดงส่วนประกอบโครงสร้างภายใน ในรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-7 โครงสร้างตัวประสานกลาง (Coordinator)

3.3. องค์ประกอบของระบบทางด้านซอฟต์แวร์

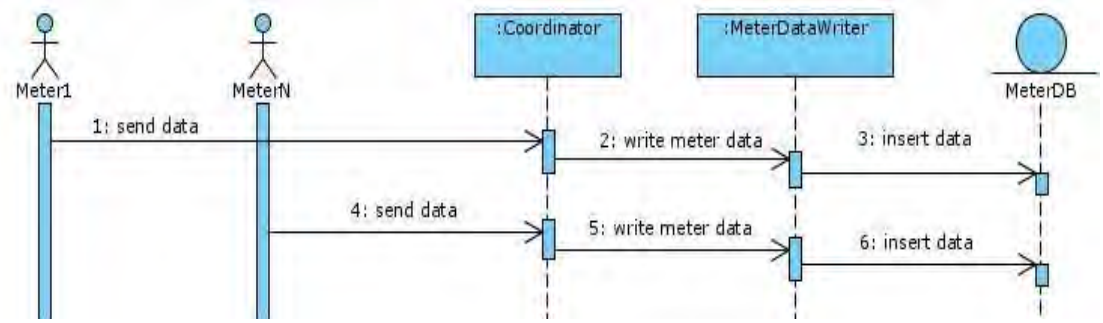
สำหรับองค์ประกอบทางด้านซอฟต์แวร์จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนประกอบของซอฟต์แวร์ที่ส่งค่าระหว่างฮาร์ดแวร์และส่วนที่ 2 คือ ส่วนของโปรแกรมที่เรียกข้อมูลผ่านเว็บบราวเซอร์

ในการวิเคราะห์และออกแบบการทำงานของระบบ โดยใช้ Sequence Diagram สำหรับขั้นตอนการทำงานของระบบเริ่มตั้งแต่มิเตอร์คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่วัดได้ ส่งไปเก็บที่ตัวประสานกลาง (Coordinator) และส่งค่าไปบันทึกบนฐานข้อมูล

3.3.1. มิเตอร์คำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าและส่งข้อมูลไปเก็บที่ตัวประสานกลาง

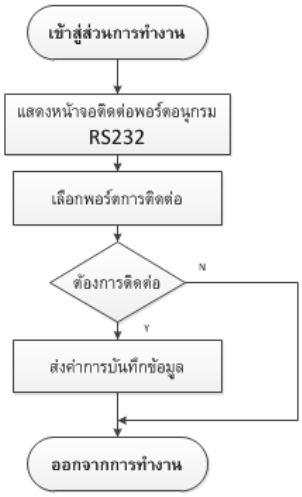
การเรียกข้อมูลจากมิเตอร์เพื่อนำค่าพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่วัดได้ไปจัดเก็บลงบนฐานข้อมูล โดยเริ่มตั้งแต่มิเตอร์ตัวที่ 1 และมิเตอร์ตัวที่ N คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าและค่าพลังงานไฟฟ้าส่งข้อมูลที่คำนวณได้จากไมโครคอนโทรเลอร์ที่บันทึกในอีอีพร็อมไปเก็บที่ตัว

ประสานกลางทุก 15 นาที ตัวประสานกลางเขียนข้อมูลที่ได้รับแพ็คเก็จข้อมูลทั้งชุดที่ส่งมา พร้อมรหัสมิเตอร์ ค่าที่คำนวณได้ และวันเวลา ส่งมาบันทึกในฐานข้อมูล เพื่อรอการเรียกข้อมูลจากผู้ใช้



รูปที่ 3-8 การส่งข้อมูลจากมิเตอร์ลงบนฐานข้อมูล

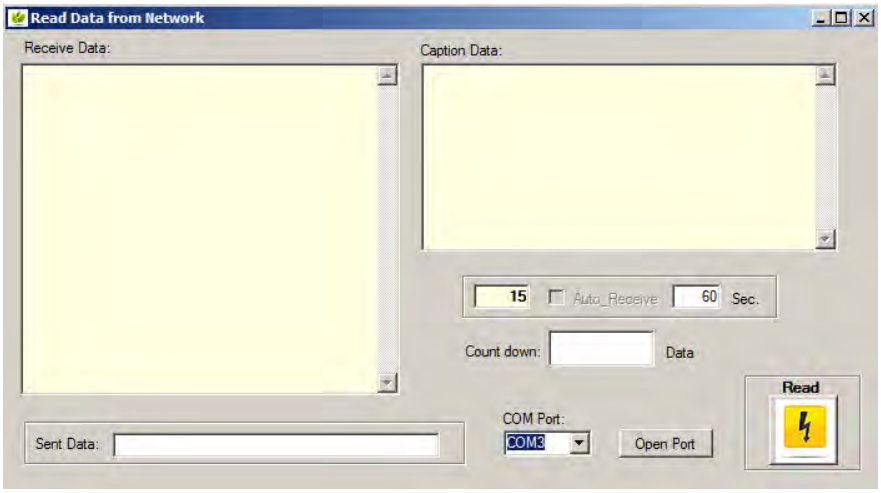
รูปที่ 3-8 มิเตอร์ตัวที่ 1 จนถึงมิเตอร์ตัวที่ N นั้น ทำการส่งข้อมูลที่วัดได้ ผ่านคลื่นวิทยุด้วยเส้นทางและการส่งตามลำดับชั้นของโพรโทคอล Zigbee ส่งไปหาตัวประสานกลาง ผ่านซอฟต์แวร์ที่เขียนขึ้นเพื่อทดสอบการใช้งานระหว่างการส่งค่าของข้อมูล หน้าจอกราฟิกที่ทำการติดต่อกับระบบมิเตอร์อัตโนมัติด้วยช่องทางพอร์ตอนุกรม (Serial Port)



รูปที่ 3-9 ขั้นตอนการเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม RS232

มอดูลขั้นตอนการเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม RS232 รูปที่ 3-9 ผู้ใช้เริ่มต้นกระบวนการในการเชื่อมต่อ เลือกพอร์ตที่ต้องการติดต่อ และส่งค่าการบันทึกที่ได้ในแต่ละครั้งลงบนฐานข้อมูล

เมื่อไมโครคอนโทรเลอร์ได้รับสัญญาณที่ส่งมาก็จะส่งค่าผ่านหน้าจอกราฟิกในการแสดงผลดังรูปที่ 3-10

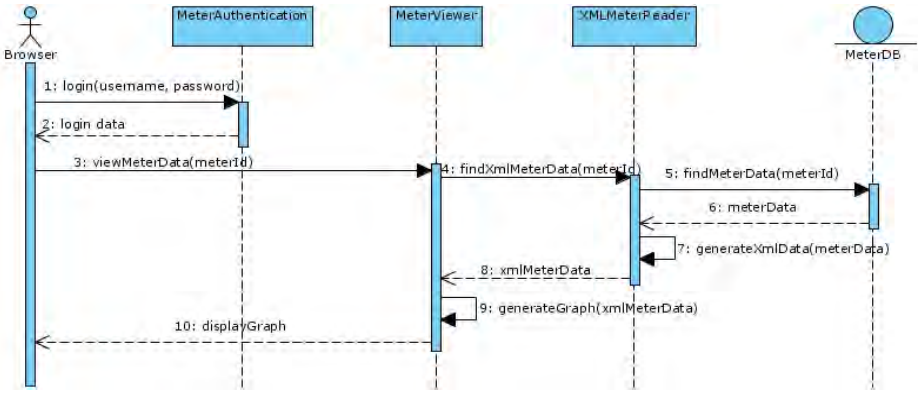


รูปที่ 3-10 หน้าต่างติดต่อกับระบบอ่านมิเตอร์อัตโนมัติผ่านทางช่องทางอนุกรม (Serial Port)

หน้าจอพร้อมแสดงการเชื่อมต่อระหว่างมิเตอร์ตัวที่ 1 จนถึงมิเตอร์ตัวที่ N เพื่อแสดงผลการวัดค่าพลังงานที่เชื่อมผ่านทางพอร์ต RS232

3.3.2. User **เรียกข้อมูลผ่านเว็บบราวเซอร์**

ส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนที่ User เรียกข้อมูลผ่านเว็บบราวเซอร์ ในการแสดงผลหน้าจอ



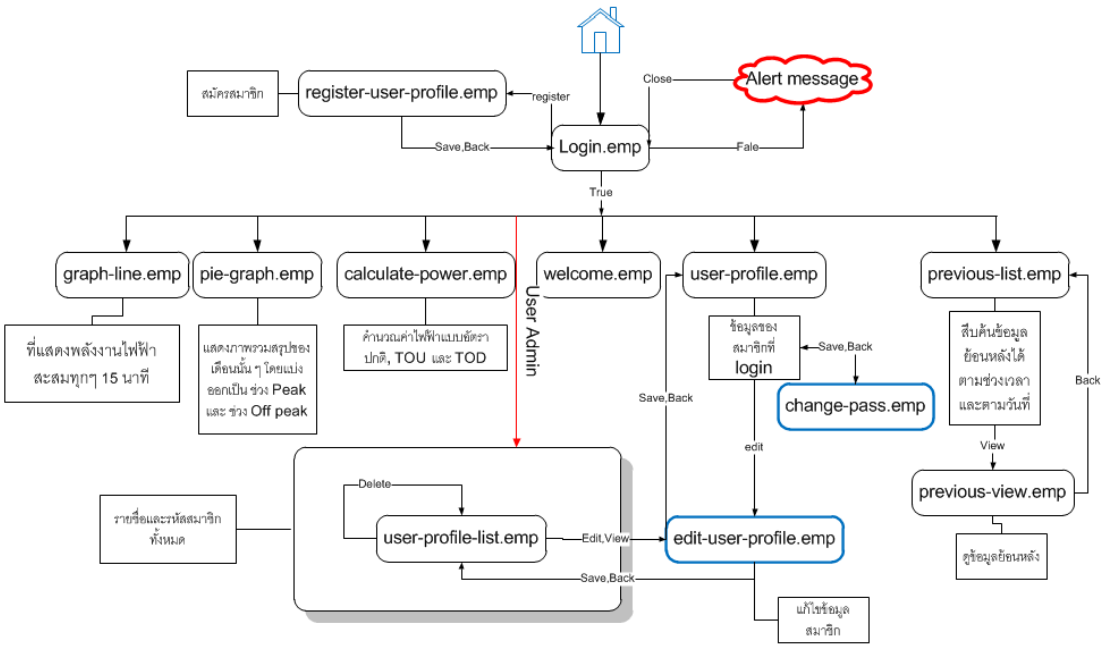
รูปที่ 3-11 การเรียกข้อมูลจากหน้าเว็บบราวเซอร์จากฐานข้อมูล

จากรูปที่ 3-11 ในส่วนที่ 2 โปรแกรมผู้ใช้งานทำการเรียกข้อมูลผ่านทางเว็บบราวเซอร์ (Web browser) ตั้งแต่ผู้ใช้เปิดบราวเซอร์ในการใช้งานและเรียกข้อมูลจากฐานข้อมูล โดยแสดง

สิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล ทั้ง User และ Password จากนั้นจะเข้าสู่หน้าจอโปรแกรม ระบบจะทำงานโดยการเรียกข้อมูลจากฐานข้อมูลค่าพลังงานและค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้ มาแสดงผลหน้าจอคอมพิวเตอร์แก่ผู้ใช้งาน

3.3.3. **การออกแบบหน้าจอสำหรับผู้ใช้งาน** (User Interface)

จากรูปที่ 3-12 การออกแบบหน้าจอสำหรับผู้ใช้งาน ด้านส่วนต่อประสานงานผู้ใช้ ที่แสดงบนระบบเว็บแอพลิเคชันทั้งระบบ ระบบดังกล่าวจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนของผู้ใช้ทั่วไป และส่วนของสมาชิกผู้ใช้ที่ติดตั้งมิเตอร์ โดยหลักการออกแบบโปรแกรมจะใช้ผังโครงงาน (Structure Charts) เพื่อใช้แทนลำดับขั้นของโปรแกรม หรือ มอดูลของระบบ ซึ่งเป็นการแสดงผังโครงสร้างรวมของระบบสารสนเทศมิเตอร์อัจฉริยะสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง

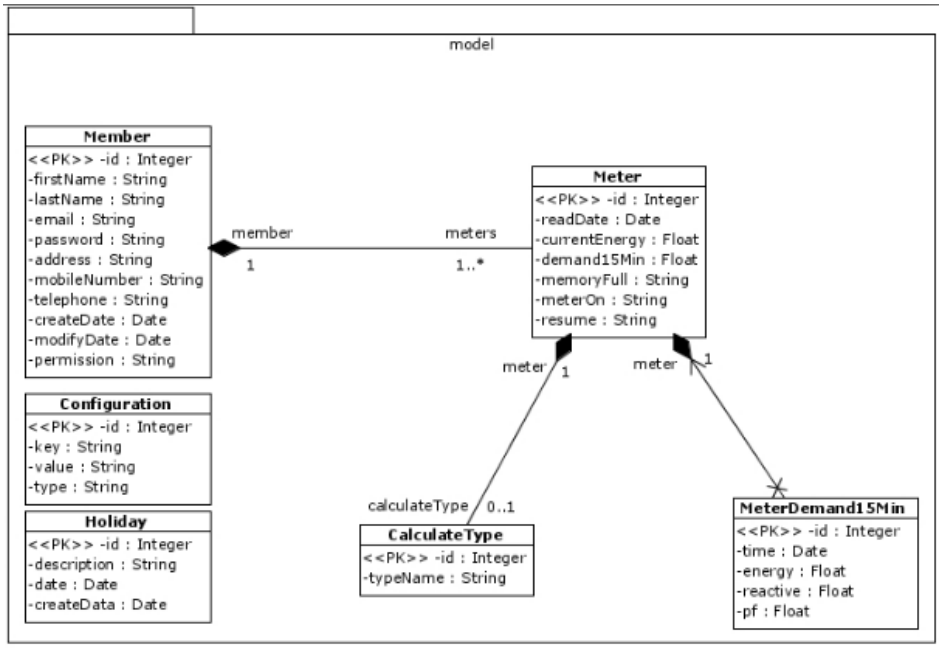


รูปที่ 3-12 ส่วนต่อประสานงานผู้ใช้ ที่แสดงบนระบบเว็บแอพลิเคชัน

3.3.4. **ระบบฐานข้อมูล** (Database Management System)

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูลของระบบ เพื่อให้สามารถจัดเก็บและบันทึกข้อมูลนั้น ๆ ให้สามารถใช้งานร่วมกัน หรือเรียกข้อมูลได้อย่างเหมาะสมและรวดเร็ว ผ่านการออกแบบว่าข้อมูลแต่ละส่วนนั้น มีความสัมพันธ์กันอย่างไร ซึ่งได้นำซอฟต์แวร์มาเป็นตัวช่วยในการเพิ่ม แก้ไข เปลี่ยนแปลง และเรียกข้อมูล สามารถจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับ

งานวิจัยฉบับนี้ได้ใช้โปรแกรม My SQL โปรแกรมในการจัดการฐานข้อมูล ในการติดต่อระหว่างส่วนกราฟิกกับผู้ใช้ โดยออกแบบฐานข้อมูลในการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่บันทึกได้จากมิเตอร์ รหัสมิเตอร์ ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า รหัสผู้ใช้งาน โดยอยู่ในรูปแบบของ Class Diagram ดังแสดงรูปที่ 3-13



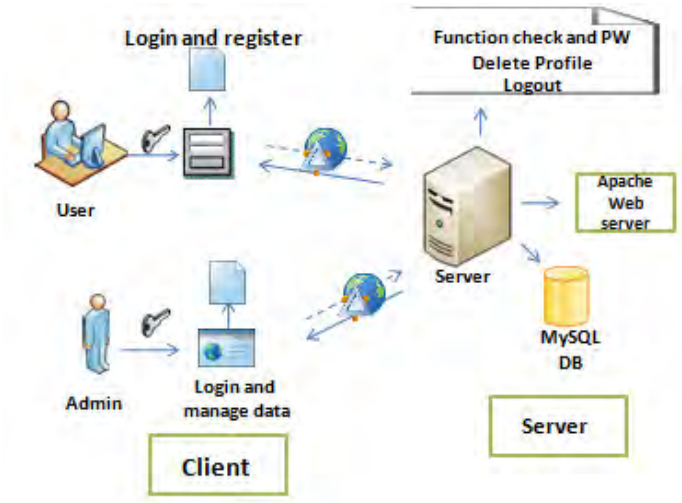
รูปที่ 3-13 UML (Class Diagram) โปรแกรมการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเวลาจริง

UML Class Diagram ของ ระบบมิเตอร์ Energy Information System รูปที่ 3-13 ประกอบไปด้วยตารางมิเตอร์ ในการวัดค่าพลังงาน ค่ากำลังไฟฟ้า ค่าความต้องการไฟฟ้าทุก 15 นาที สภาวะที่หน่วยความจำเต็ม และตารางสมาชิก ผู้ใช้ที่ทำการติดตั้งมิเตอร์ ชื่อ นามสกุล รหัสผ่าน ที่อยู่ เบอร์ติดต่อ วันที่ติดตั้ง วันที่อัพเดตข้อมูล และสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล ตารางในการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า ตารางในการ Configuration ตารางวันหยุดและอัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนไป

3.3.5. การเชื่อมต่อฐานข้อมูลและเขียนโปรแกรมใช้งาน

ฐานข้อมูลที่ใช้ในงานพัฒนามีลักษณะการเข้าถึงข้อมูลแบบไคลเอนต์/ เซิร์ฟเวอร์ ด้วยการสร้างมูลดูลฐานข้อมูล ซึ่งเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลชื่อ epsdb ผ่านการเชื่อมโยงข้อมูลด้วย JDBC โดยอาศัยภาษา SQL เป็นข้อมูลในการเข้าถึง Server แบ่งสิทธิ์ออกเป็น 2 ส่วน คือ ผู้ใช้ User [39]

ในการ Login and register และส่วนของ Admin ในการ Manage ข้อมูลทุกอย่างที่เกี่ยวข้องกับ User ดังแสดงในรูปที่ 3-14



รูปที่ 3-14 การเข้าถึงมอดูลฐานข้อมูลแบบไคลเอนต์เซิร์ฟเวอร์

3.3.6. การตรวจสอบการทำงานของระบบ

การทำงานของระบบที่สภาวะการทำงานปกติอาศัยการรับส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ ได้มีการบันทึกข้อมูลทุกครั้งที่มิเตอร์ทำการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและค่ากำลังไฟฟ้า ข้อมูลอีกส่วนหนึ่งจะถูกนำไปรวมกันเพื่อหาค่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า ก่อนที่จะบันทึกอีกครั้ง 15 นาที เพื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูล

3.4. ด้านการศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์ในเชิงธุรกิจ

3.4.1. ศึกษาแนวทางการยอมรับของผลิตภัณฑ์ก่อนการพัฒนา

3.4.1.1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ ผู้ประกอบการกิจการโรงงานการผลิต โดยแบ่งการจัดประเภทตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (ประเทศไทย) TSIC [40] ในหมวดการผลิตที่มีการจดทะเบียนต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม ในจังหวัดตรัง ณ วันที่ 30 มิถุนายน 2553 ผู้ประกอบกิจการโรงงาน อำเภอเมืองทับเที่ยง จังหวัดตรัง มีจำนวนทั้งสิ้น 117 โรงงาน แบ่งโรงงานออกเป็น 3 กลุ่มตามขนาดโรงงาน ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เครื่องจักรไม่เกิน 20 แรงม้า ใช้คนงานไม่เกิน 20 คน

กลุ่มที่ 2 เครื่องจักรไม่เกิน 50 แรงม้า คนงานไม่เกิน 50 คน

กลุ่มที่ 3 เครื่องจักรเกิน 50 แรงม้า คนงานเกิน 50 คน

3.4.1.2.ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา โดยเลือกจากโรงงานทั้งหมดที่ประกอบกิจการในจังหวัดตรัง โดยการกำหนดขนาดตัวอย่างและการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์จะแบ่งโรงงานออกเป็น 3 กลุ่ม ตามพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ. 2535 ผู้ประกอบการ 53 คน จาก 53 โรงงาน จังหวัดตรัง โดยใช้สูตรตามหลักของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% คำนวณจากสูตร ดังต่อไปนี้

$$\frac{N}{1+Ne^2} = n$$

$$\frac{117}{1+117(0.10)^2} = 53$$

n = จำนวนตัวอย่าง

N = จำนวนประชากร

e = ค่าความคลาดเคลื่อน

จากการคำนวณจำนวนประชากร ที่ระดับความเชื่อมั่น 90% ได้จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 53 คน จาก 53 โรงงานผู้ประกอบการ ใช้การสำรวจจากแบบสอบถามจากโรงงานผู้ประกอบการ (Questionnaire)

3.4.1.3. วิธีการสุ่มตัวอย่าง

ในการศึกษาและวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการเลือกสุ่มตัวอย่าง โดยทฤษฎีไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Non Probability) จากผู้ประกอบการโรงงาน ในจังหวัดตรัง โดยมีรายละเอียด การเลือกตัวอย่างโดยอาศัยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ทำการสำรวจผู้ประกอบการโรงงานที่มีรายชื่อจดทะเบียนต่อกรมโรงงาน จำนวน 53 คน 53 โรงงาน ในจังหวัดตรัง โดยสุ่มตัวอย่างจากการแบ่งประเภทตามกลุ่มโรงงานได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

ประเภทที่ 1 โรงงานผลิต ซ่อม หล่อ หรือหล่อดอกยางนอกหรือยางในสำหรับยานพาหนะ ที่ติดด้วยเครื่องกล คนหรือสัตว์ และโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับการพิมพ์ การทำแฟ้มเอกสาร การเย็บเล่ม การทำปกหรือตบแต่งสิ่งพิมพ์ จำนวน 14 ราย

ประเภทที่ 2 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับผลิตโลหะ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง จำนวน 9 ราย

ประเภทที่ 3 โรงงานประกอบกิจการไม้ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง กิจการเกี่ยวกับโลหะ กิจการเกี่ยวกับเยื่อกระดาษหรือกระดาษแข็ง กิจการเกี่ยวกับน้ำแข็ง ตัด ซอย หรือย่อยน้ำแข็ง และกิจการเกี่ยวกับยานที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ 30 ราย

3.4.1.4. **แหล่งข้อมูล**

1) ศึกษาจากข้อมูลทุติยภูมิ ใช้การศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลภายนอก โดยค้นคว้าจากงานวิจัยหนังสือ วิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง ผลงานการวิจัยและสื่อออนไลน์ที่มีประเด็นที่สอดคล้องกับหัวข้องานวิจัย หรือบทความ และวารสารที่ได้มีการจัดทำขึ้นจากหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐบาลและเอกชน ได้แก่ สำนักงานสถิติแห่งชาติ กรมโรงงานอุตสาหกรรม กรมศุลกากร บริษัทศูนย์วิจัยกสิกรไทย เป็นต้น

2) ศึกษาจากข้อมูลปฐมภูมิ รวบรวมข้อมูลที่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพและข้อมูลเชิงปริมาณดังนี้

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Method) ใช้การสัมภาษณ์เจาะลึก (in-depth interview) เพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนและกระบวนการผลิตในโรงงาน โดยสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้าในโรงงาน

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Method) ใช้การสำรวจความคิดเห็น (Survey Method) โดยการใช้แบบสอบถามเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์รายบุคคล (individual interview) เพื่อศึกษาพฤติกรรมปริมาณการใช้ไฟฟ้า ความสนใจ วิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าและศึกษาการยอมรับนวัตกรรมผลิตภัณฑ์

3.4.1.5. **เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย**

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย มีการสร้างและปรับปรุงแบบสอบถามเกี่ยวกับผู้ประกอบการโรงงาน ประสิทธิภาพการทำงานของระบบ และปัจจัยที่ผลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ นำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ โดยพิจารณาคำถามแต่ละข้อว่าถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ เพื่อทดสอบความเชิงตรงของเนื้อหา (Face Validity) แก้ไขแบบสอบถาม และนำ

แบบสอบถามไปทดลองในกลุ่มที่ตัวอย่างเพื่อหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบสอบถาม โดยใช้วิธีวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของครอนบาค (Cronbach)

1) **การศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร** (Document study)

ศึกษาค้นคว้าจากงานวิจัย หนังสือ วิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง ผลงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสื่อออนไลน์ที่สอดคล้องกับงานวิจัย รวมทั้งบทความและวารสารที่จัดขึ้นจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน

2) **แบบสอบถาม** (Questionnaire)

ใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้ประกอบการกิจการโรงงาน อำเภอเมืองทับเที่ยง จังหวัดตรัง โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานผู้ประกอบการ ได้แก่ สถานที่ตั้ง ประเภทอุตสาหกรรม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของสถานประกอบการ เพื่อดูการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

ส่วนที่ 3 ปัจจัยในการยอมรับและความสนใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อดูระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์

3) **การทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบแบบสอบถามซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงสำรวจ เพื่อวัดประสิทธิภาพของข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย โดยทดสอบในเรื่องของความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อถือได้ (Reliability) ดังนี้

1) ทำการทดสอบความเที่ยงตรง (Validity) โดยนำคำถามในแบบสอบถามที่ต้องการใช้เก็บข้อมูลเสนอแก่ผู้ทรงคุณวุฒิได้ตรวจสอบ เพื่อดูความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity)
2) ทำการตรวจสอบความเชื่อถือได้ (Reliability) โดยนำแบบสอบถามที่ได้จากการวิจัยไปทดสอบกับกลุ่มแบบสอบถามที่มีความเชื่อถือได้ โดยใช้แบบทดสอบเครื่องมือสำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลก่อนดำเนินการเก็บข้อมูลจริง วิธีหาค่าความน่าเชื่อถือได้ (Reliability Test) ของแบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย หาค่าสัมประสิทธิ์ของ Alpha Coefficient (α) ตามสูตรของครอนบาค (Cronbach) ใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\alpha = \left(\frac{K}{K-1}\right)\left(1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2}\right)$$

เมื่อ α แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

K แทน จำนวนข้อในแบบสอบถาม

S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมทุกข้อ

3) ผลการหาค่าความน่าเชื่อถือได้ โดยนำแบบสอบถามไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างก่อนการเก็บข้อมูลจริง (Pre test) จำนวน 20 ชุด ได้ค่าความน่าเชื่อถือ 0.80 ซึ่งเป็นค่าอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ ซึ่งถ้าค่า α เข้าใกล้มากกว่า 1 แบบสอบถามจะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น การวัดระดับมีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ตามแบบของลิเคิร์ท (Likert model) ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยกำหนดการให้คะแนน ดังนี้

ระดับการให้คะแนนความสำคัญ	คะแนน
มากที่สุด	5
มาก	4
ปานกลาง	3
น้อย	2
น้อยที่สุด	1

(a)

เกณฑ์การแปลค่าคะแนนเฉลี่ย	ความหมาย
4.20-5.00	มากที่สุด
3.40-4.19	มาก
2.60-3.39	ปานกลาง
1.80-2.59	น้อย
1.00-1.79	น้อยที่สุด

(b)

รูปที่ 3-15 ระดับการให้คะแนนความสำคัญ (a) และเกณฑ์การแปลค่าคะแนนเฉลี่ย (b)

3.4.1.6. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ตามโรงงานผู้ประกอบการ โดยให้กลุ่มตัวอย่างกรอกแบบสอบถามและทำการเก็บข้อมูลตรงจากโรงงานผู้ประกอบการ

3.4.1.7. **การวิเคราะห์ข้อมูล**

การวิเคราะห์ข้อมูลแบบพรรณนา ได้แก่ อัตราส่วนร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ความถี่ (Frequency) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) การวิเคราะห์ข้อมูลค่าสถิติดังกล่าวใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.4.2. **ศึกษาแนวทางการยอมรับผลิตภัณฑ์** (Expert opinion)

การศึกษาแนวทางการยอมรับของผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่พัฒนาขึ้นกับผู้เชี่ยวชาญรายบุคคล (Expert opinion) โดยสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญรายบุคคลเพื่อดูทัศนคติและแนวความคิดต่อผลิตภัณฑ์ในการวางแผนกลยุทธ์ทางการตลาด เพื่อประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ในเชิงธุรกิจ โดยแบ่งแบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับทัศนคติเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง และการยอมรับทางด้านผลิตภัณฑ์

บทที่ 4

ผลการวิจัยด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์

และกรณีศึกษาโรงเลื่อยแปรรูปไม้

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงผลการวิจัยที่ได้จากแบบสอบถาม และผลการวิจัยประสิทธิภาพทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าจากกรณีศึกษาอุตสาหกรรมโรงเลื่อยแปรรูปไม้ คำนวณการใช้พลังงานได้จากซอฟต์แวร์ซึ่งเป็นแนวความคิดที่ได้มาจากการสำรวจ โดยการใช้แบบสอบถาม เพื่อนำแนวคิดดังกล่าวมาพัฒนาตามความต้องการของตลาด และใช้อุตสาหกรรมโรงเลื่อยแปรรูปไม้เป็นต้นแบบกรณีศึกษาในการเป็นต้นแบบประยุกต์ใช้กับอัตราไฟฟ้าประเภทอื่น ๆ ต่อไป

4.1. ผลการวิจัยที่ได้แนวความคิดจากแบบสอบถาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบสอบถามของผู้ประกอบการเกี่ยวกับ “ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับและการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง” จำนวน 53 โรงงาน โดยผู้วิจัยนำเสนอตามขั้นตอนแต่ละส่วนของแบบสอบถาม ดังนี้
ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานสถานประกอบการ ได้แก่ สถานที่ตั้ง ประเภทอุตสาหกรรม
ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของสถานประกอบการ เพื่อดูปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงาน
ส่วนที่ 3 ปัจจัยในการยอมรับและความสนใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ใหม่ เพื่อดูระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์

4.1.1. ข้อมูลทั่วไปของอุตสาหกรรม

วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับข้อมูลสถานประกอบการ จำนวน 53 โรงงาน 53 ผู้ประกอบการ ดังแสดงในตาราง 4-1

ตาราง 4-1 *ข้อมูลทั่วไปของโรงงานผู้ประกอบการ*

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	46	87.0
หญิง	7	13.0
รวม	53	100.0

จากตาราง 4-1 พบว่ากลุ่มตัวอย่าง ผู้ประกอบการกิจการส่วนใหญ่เป็นเพศชายจำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 87.0 และเป็นเพศหญิง จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 13.0

ตาราง 4-2 ค่าเฉลี่ยของอายุผู้ตอบแบบสอบถาม

อายุน้อยที่สุด	อายุมากที่สุด	อายุเฉลี่ย
40 ปี	65 ปี	53 ปี

จากตาราง 4-2 พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ยอยู่ที่ 53 ปี โดยผู้ที่มีอายุมากที่สุดอายุ 65 ปี และอายุน้อยที่สุด 40 ปี โดยมีสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นเจ้าของกิจการหรือโรงงาน หรือเป็นเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญด้านควบคุมการใช้ไฟฟ้าภายในของทางโรงงาน

ตาราง 4-3 ประเภทอุตสาหกรรมโรงงานและรายได้เฉลี่ยต่อเดือน

ข้อมูลทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
ประเภทอุตสาหกรรม		
กิจการเกี่ยวกับยานพาหนะหรือส่วนประกอบ	24	45.0
การผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโลหะประดิษฐ์	15	28.0
การผลิตและแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่ทำจากไม้	4	8.0
อื่น ๆ _กิจการเกี่ยวกับสิ่งพิมพ์	4	8.0
กิจการเกี่ยวกับการผลิตน้ำแข็ง ตัด บด หรือย่อยน้ำแข็ง	3	6.0
การผลิตเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ยางและพลาสติก	2	4.0
การผลิตเกี่ยวกับกระดาษหรือกระดาษแข็ง	1	2.0
รวม	**53**	**100.0**
รายได้เฉลี่ยธุรกิจต่อเดือน		
ต่ำกว่า 80,000 บาทต่อเดือน	15	28.0
80,001 – 100,000 บาทต่อเดือน	4	8.0
100,001 – 300,000 บาทต่อเดือน	12	23.0
300,001 – 500,000 บาทต่อเดือน	16	30.0
500,001 – 1,000,000 บาทขึ้นไป	6	11.0
รวม	**53**	**100.0**

จากตาราง 4-3 พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้แยกกลุ่มย่อย จากประเภทกลุ่มใหญ่ที่กล่าวมาข้างต้น โดยเข้าไปเก็บแบบสอบถามอยู่ในกลุ่มที่ประกอบธุรกิจอุตสาหกรรมโรงงานที่เกี่ยวข้องกับ

โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น กิจการเกี่ยวกับประกอบยานพาหนะ หรือส่วนประกอบกิจการที่เกี่ยวข้องกับโลหะประดิษฐ์ กิจการเกี่ยวกับสิ่งพิมพ์ กิจการเกี่ยวกับการแปรรูปผลิตภัณฑ์ไม้ และกิจการอื่น ๆ ตามลำดับ โดยมีรายได้เฉลี่ยของธุรกิจ ประเภท 3 จะอยู่ที่เฉลี่ยระหว่าง 300,001-500,000 บาทต่อเดือน จากการสอบถามส่วนมากรายได้เฉลี่ยธุรกิจ ทางผู้ประกอบการไม่ค่อยจะให้คำตอบที่แท้จริงเนื่องจากเป็นรายได้หลักของทางกิจการและไม่สะดวกในการให้ข้อมูลในเรื่องรายได้

4.1.2. ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของสถานประกอบการ

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าภายในสถานประกอบการเกี่ยวกับการคิดอัตราการใช้ไฟฟ้า ระบบไฟฟ้า ประสบการณ์เกี่ยวกับข้อมูลทางด้านไฟฟ้าหรือ ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

ตาราง 4-4 จำนวนและร้อยละเกี่ยวกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าภายในอุตสาหกรรม

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า	จำนวน	ร้อยละ
การคิดอัตราการใช้ไฟฟ้า		
TOU (Time of Use)	6	11.0
TOD (Time of Day)	13	25.0
อัตราปกติ	15	28.0
ไม่ทราบ	19	36.0
รวม	**53**	**100.0**
ขนาดมิเตอร์ไฟฟ้า		
5 แอมป์/15 แอมป์	3	6.0
15 แอมป์/45 แอมป์	18	34.0
30 แอมป์/100 แอมป์	32	60.0
รวม	**53**	**100.0**
ระบบไฟฟ้าของธุรกิจท่าน		
แบบ 1 เฟส	9	17.0
แบบ 3 เฟส	44	83.0
รวม	**53**	**100.0**

จากตาราง 4-4 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า แบ่งตามประเภทการคิดอัตราการใช้ไฟฟ้า พบว่าผู้ประกอบการไม่ทราบว่ากิจการหรือโรงงานอยู่ในเกณฑ์การคิดอัตราการใช้ไฟฟ้าประเภทใด คิดเป็นร้อยละ 36 อัตราปกติ ร้อยละ 28 และ TOD และ TOU คิดเป็นร้อยละ 25 และ 11 ตามลำดับ

โดยใช้ขนาดมิเตอร์ไฟฟ้าส่วนมากที่ 30 แอมป์/100 แอมป์ คิดเป็นร้อยละ 60 และมีระบบไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนมาก 3 เฟส คิดเป็นร้อยละ 83

ตาราง 4-5 *ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือน*

	ค่าใช้จ่ายประมาณที่ต่ำที่สุด	**ค่าใช้จ่ายประมาณที่สูงที่สุด**	**ค่าเฉลี่ย**
ค่าใช้จ่ายต่อเดือน	5,000 บาท	600,000 บาท	200,000 บาท

ตาราง 4-5 พบว่าค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือน ที่ต่ำที่สุด ประมาณ 5,000 บาท และมีค่าใช้จ่ายประมาณที่สูงที่สุด 600,000 บาท มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือน 200,000 บาท

ตาราง 4-6 *ประสบการณ์หรือปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้า*

ความถี่ ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา	**จำนวน**	**ร้อยละ**
น้อยกว่า 50 %	29	55.0
มากกว่า 50 %	3	5.0
ไม่ค่อยมีปัญหา	21	40.0
รวม	**53**	**100.0**

จากตาราง 4-6 พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้า น้อยกว่า 50% จำนวน 29 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 55 และ รองลงมาคือ ไม่ค่อยมีปัญหา จำนวน 21 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 40 และมีปัญหามากกว่า 50% จำนวน 3 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 5 ตามลำดับ

ตาราง 4-7 *การตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าในสถานประกอบการหรือโรงงาน*

การตรวจสอบในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา	**จำนวน**	**ร้อยละ**
เคยตรวจสอบ	35	66.0
ไม่เคยตรวจสอบ	18	34.0
รวม	**53**	**100.0**

จากตาราง 4-7 พบว่าการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าภายในสถานประกอบการหรือโรงงาน พบว่าร้อยละ 66 ของสถานประกอบการมีการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าภายในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา แสดงให้เห็นความต้องการทราบการใช้ไฟฟ้าภายในกิจการ

4.1.3. ปัจจัยในการยอมรับและความสนใจการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยในการยอมรับและเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ทำให้เกิดความสนใจในการซื้อนวัตกรรมผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย

ตาราง 4-8 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสำคัญทางด้านระบบ

ความต้องการของระบบ	ค่าเฉลี่ยลำดับความสำคัญ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความสำคัญ	ระดับความสำคัญ
ความถูกต้องของข้อมูล	4.37	0.7900	มากที่สุด
ข้อมูลมีประโยชน์ต่อการนำไปวิเคราะห์	3.88	0.9539	มาก
การสืบค้นข้อมูลมีความรวดเร็ว	3.86	0.8095	มาก
การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่ดูง่าย	3.81	0.8333	มาก
ความเสถียรของระบบในการใช้งาน	3.50	1.0119	มาก
แสดงสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล	3.39	0.9872	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	**3.80**	**0.8976**	**มาก**

จากตาราง 4-8 พบว่าตัวชี้วัดวัดความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความต้องการเลือกใช้ระบบทางด้านระบบซอฟต์แวร์ มีค่าเฉลี่ยลำดับความสำคัญอยู่ที่ 3.80 แสดงว่าความต้องการอยู่ที่ระดับมาก โดยค่าที่ต้องการให้ระบบมีมากที่สุด คือความถูกต้องของข้อมูล คิดเป็นระดับความต้องการค่าเฉลี่ยที่ระดับ 4.37 รองลงมาเป็นการนำไปใช้งานในรูปแบบของข้อมูลสามารถนำไปวิเคราะห์การใช้ได้เป็นอย่างดี ส่วนข้ออื่นมีความสำคัญเป็นลำดับรองลงมาเนื่องจาก เป็นลักษณะพิเศษที่เพิ่มเติมขึ้นมาให้ในระบบ ตัวสำคัญที่สุดที่ต้องควบคู่ไปกับตัวผลิตภัณฑ์ก็คือความถูกต้องของข้อมูลพร้อมที่จะนำไปวิเคราะห์ต่อได้

ตาราง 4-9 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ยลำดับความสำคัญ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความสำคัญ	ระดับความสำคัญ
คุณภาพของมิเตอร์	4.77	0.4225	มากที่สุด
ประสิทธิภาพการใช้งานและมาตรฐาน	4.37	0.7900	มากที่สุด
ราคาของมิเตอร์	4.09	0.9459	มาก
ความง่ายต่อการติดตั้ง	4.00	1.0190	มาก

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์	ค่าเฉลี่ยลำดับความสำคัญ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความสำคัญ	ระดับความสำคัญ
ความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์	3.84	1.0265	มาก
มีการนำเทคโนโลยีมาใช้	3.77	1.0495	มาก
ตราสินค้าเป็นที่รู้จัก	3.39	0.9870	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย	**4.03**	**0.8914**	**มาก**

จากตาราง 4-9 พบว่าผู้ประกอบการสนใจซื้อผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะมาก หากดูปัจจัยในการเลือกซื้อมิเตอร์ ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะเลือกซื้อมิเตอร์ตามคุณภาพและประสิทธิภาพการใช้งาน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.77 และ 4.37 ตามลำดับ เนื่องจากคุณภาพและประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่ทำให้ผู้ประกอบการเกิดความไว้วางใจในตัวผลิตภัณฑ์มากที่สุด รองลงมาคือราคาของมิเตอร์ เนื่องจากผู้ประกอบการคิดว่าราคาของมิเตอร์หากอยู่ในเกณฑ์ที่พอรับได้ ก็สนใจที่จะนำมาติดตั้ง ราคาจึงเป็นเรื่องรองลงมาจากคุณภาพและประสิทธิภาพของการใช้งาน คิดเป็นค่าเฉลี่ยระดับความสำคัญ 4.09 ส่วนในเรื่องของตราสินค้า อาจยังไม่จำเป็นมากนักขอให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพการใช้งานซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่ผู้ประกอบการจะตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

ตาราง 4-10 *จำนวนและค่าร้อยละของผู้ประกอบการในการตอบแบบสอบถาม จำแนกตามระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์*

ระดับการยอมรับผลิตภัณฑ์	จำนวน	ร้อยละ
สนใจ	35	66.0
สนใจมาก	12	23.0
ขอคิดดูก่อน	6	11.0
รวม	**53**	**100.0**

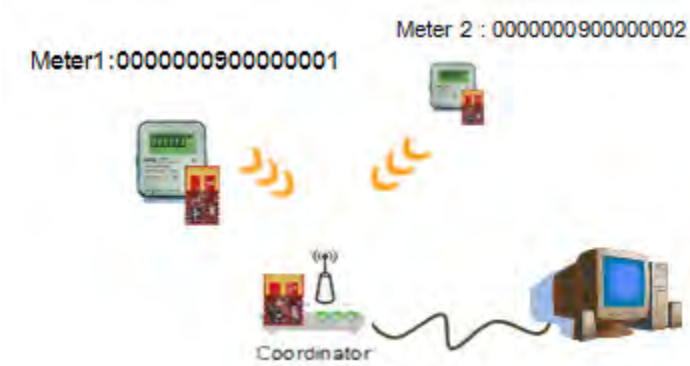
จากตาราง 4-10 พบว่ากลุ่มตัวอย่างยอมรับผลิตภัณฑ์นี้ในระดับสนใจ คิดเป็นร้อยละ 66.0 รองลงมาคือ สนใจมาก คิดเป็นร้อยละ 23.0 และขอคิดดูก่อน คิดเป็นร้อยละ 11.0 ตามลำดับ กลุ่มหลังนี้เห็นว่ายังไม่มีความจำเป็น ส่วนมากจะเป็นผู้ประกอบการรายเล็ก ค่าใช้จ่ายทางด้านค่าไฟฟ้าไม่สูงมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้าในแต่ละเดือน มีเกณฑ์เฉลี่ยที่เท่ากันทุก ๆ เดือน อีกทั้งผู้ประกอบการบางส่วนยังไม่เห็นตัวผลิตภัณฑ์จริง จึงขอคิดดูก่อนตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

4.2. ผลการวิจัยการทดสอบผลิตภัณฑ์

4.2.1. การทดสอบผลิตภัณฑ์ทางด้านฮาร์ดแวร์

4.2.1.1. การทดสอบการส่งค่าพลังงานของการอ่านค่าระหว่างมิเตอร์

การทดสอบทางด้านฮาร์ดแวร์ เป็นการทดสอบระบบการอ่านมิเตอร์อัตโนมัติผ่านคลื่นวิทยุตามมาตรฐาน Zigbee ประกอบด้วย การทดสอบทางด้านการสื่อสารระหว่างมิเตอร์กับตัวประสานกลางและส่งข้อมูลไปบันทึกลงบนฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ การทดสอบการทำงานส่วนกราฟิกของผู้ใช้ และการทดสอบความถูกต้องในการส่งค่าบันทึกลงบนฐานข้อมูล ระบบอ่านค่าอัตโนมัติจะมีโครงสร้างการเชื่อมต่อที่มีการจัดหาเส้นทางจาก Zigbee มอดูล โดยมิเตอร์แต่ละตัวจะมี รหัสประจำตัว เช่น Meter 1: 0000000900000001 และ Meter 2: 0000000900000002 ดังแสดงในรูปที่ 4-1



P.nbr.	Time (us)	Length	Frame control field							Sequence number	Dest. PAN	Dest. Address	Source Address	MAC payload	IWK payload
			Type	Sec	Pnd	Ack.req	PAN_compr								
RX	+7433													08 00 FD FF 3E 0B 1D 30 08 00 13 00 00 00	08 14 06 00 08 0F 14 01
17	=12814433	35	DATA	0	0	0	1			0xCA	0x842D	0xFFFF	0x4B4F	00 00 00 3E 0B F1 5A 02 01 00 4B 12 00 0E	F1 5A 02 01 00 4B 12 00

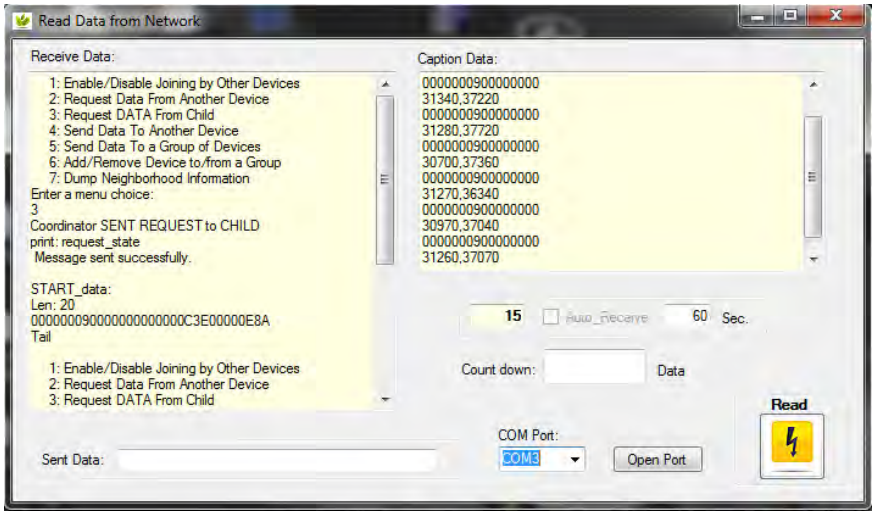
APS Frame control field						APS Dest. Endpoint	APS Cluster Id	APS Profile Id	APS Src. Endpoint	APS Counter	APS Payload	LQI	FCS
Type	Del.mode	Ack.fmt	Sec	Ext.hdr									
Data	Broadcast	0	0	0		0x14	0x0006	0x0F08	0x14	1	F1 5A 02 01 00 4B 12 00	220	OK

รูปที่ 4-1 การทดสอบระบบการส่งค่าที่วัดระหว่างมิเตอร์และตัวประสานกลาง

รูปที่ 4-1 แสดงการทดสอบการส่งค่าการวัดพลังงาน จากอุปกรณ์ตัวประสานกลาง ที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อใช้สำหรับติดต่อสื่อสารและรวบรวมการใช้พลังงานจากมิเตอร์แต่ละเครื่องโดยมีมอดูลคลื่นวิทยุ Zigbee ประกบติดใช้ในการสื่อสารระหว่างมิเตอร์ การส่งข้อมูลจะส่งไปตามโพรโทคอล ตามลำดับของ Stack Zigbee ในการหาเส้นทางในการส่งข้อมูล โดยนำอุปกรณ์ตัวประสานกลาง ทดสอบการอ่านค่าจากมิเตอร์ใช้กระบวนการสื่อสารภายในเครือข่าย ซึ่งผลการทดสอบสามารถดูได้ตามกระบวนการในการส่งข้อมูลของการอ่านค่าระหว่างมิเตอร์ ค่าพลังงาน

ไฟฟ้าที่วัดได้จากมิเตอร์จะส่งเข้าตัวประสานกลาง ตัวประสานกลางจะส่งข้อมูลเข้าบันทึกที่ฐานข้อมูลทุก 15 นาที

รูปที่ 4-2 ผลการทดสอบการแสดงค่าบนหน้าจอมิเตอร์



รูปที่ 4-3 แสดงหน้าจอกราฟิกการส่งค่าของข้อมูลจากมิเตอร์ภายในเครือข่าย

จากผลการทดสอบตามรูปที่ 4-2 และ รูปที่ 4-3 กระบวนการการส่งค่าระหว่างมิเตอร์และตัวประสานกลางเพื่อไปจัดเก็บบนฐานข้อมูลของคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นไปตามขั้นตอนของโพรโทคอลการสื่อสารไร้สาย ข้อมูลที่ส่งเข้ามาจะอยู่ในเลขฐาน 16 และทำการแปลงให้อยู่ในเลขฐานสิบ ทำให้ประหยัดพื้นที่ในการเก็บ หน่วยเป็น kWh และ kVarh ในการแสดงผลเนื่องจากพื้นที่จำกัดของหน้าจอ

4.2.2. การทดสอบระบบทางด้านซอฟต์แวร์

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบในระหว่างการพัฒนาระบบ และภายหลังที่ระบบ “EIS: Energy Information System” ได้พัฒนาเสร็จสมบูรณ์แล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบระบบทั้งหมดอีกครั้งโดยการสร้างข้อมูลจำลองต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการทดสอบระบบ เช่น ข้อมูลผู้ใช้ ข้อมูลกำหนดสิทธิ์การเข้าใช้งาน ข้อมูลรายละเอียดพื้นฐาน เป็นต้น โดยการนำเสนอการทดสอบนั้นจะเตรียมข้อมูลสำหรับการทดสอบระบบ ดังนี้

4.2.2.1. การเตรียมข้อมูลสำหรับการทดสอบระบบ

ผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลจำลองในการทดสอบระบบ ซึ่งข้อมูลจำลองมีลักษณะคล้ายข้อมูลจริง และแสดงถึงหน้าที่การทำงานของระบบได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียดในการทดสอบ ดังนี้

1) ส่วนของการเข้าสู่ระบบ “EIS”
2) ส่วนของการลงทะเบียนผู้ใช้งาน
3) ส่วนของข้อมูลการบันทึกลงฐานข้อมูล
4) ส่วนของการออกแบบระบบควบคุมความปลอดภัย (Security Control Design)

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบให้ผู้มีสิทธิ์ใช้งานของระบบได้ตามสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล ซึ่งใช้การออกแบบระบบควบคุมความปลอดภัยสำหรับการใช้งานผ่านเว็บบราวเซอร์ จากการออกแบบการตรวจสอบสิทธิ์ในการเข้าระบบของผู้ใช้ โดยพบว่ากลุ่มของผู้ใช้ คือกลุ่มของ Admin ระบบ มีสิทธิ์ในการเข้าดูข้อมูลทั้งระบบของทุกมิเตอร์ และกลุ่มของผู้ใช้ตามรหัสมิเตอร์ ซึ่งผู้ใช้จะต้องลงทะเบียนเป็นสมาชิกก่อน ผู้วิจัยได้จำแนกสิทธิ์และกำหนดสิทธิ์ในการใช้งาน ผ่านทางชื่อผู้ใช้และรหัสผ่าน

4.2.2.2. การใช้งานระบบ

การใช้งานระบบสารสนเทศมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย สำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริงบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน ตามประเภทผู้ใช้งาน ได้แก่

1. ผู้ใช้ทั่วไป (General User)
2. สมาชิก (Member)
3. ผู้ดูแลระบบ (Admin)

การใช้งานระบบ “EIS” ผู้ใช้งานทั่วไป

ผู้ใช้งานทั่วไป (General User) สามารถใช้งานระบบ EIS ในส่วนของการสมัครเป็นสมาชิก การดูข้อมูลทั่วไป รูปที่ 4-4 แสดงหน้าจอหลักของระบบ Energy Information System ประกอบไปด้วยเมนู ผลิตภัณฑ์ บริการหลังการขาย สมาชิก และการติดต่อ

รูปที่ 4-4 แสดงหน้าจอหลักของระบบ Energy Information System

รูปที่ 4-5 หน้าจอสิทธิ์ในการเข้าถึงฐานข้อมูล

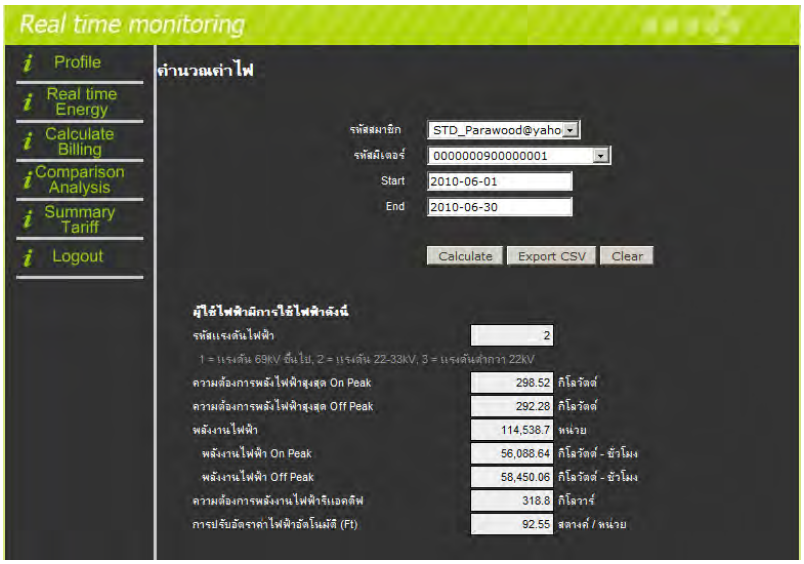
รูปที่ 4-5 ผู้ที่เริ่มติดตั้งมิเตอร์ครั้งแรก สามารถสมัครเป็นสมาชิกโดยกรอกรายละเอียดต่าง ๆ เพื่อจัดเก็บลงในฐานข้อมูลของระบบ

การใช้งานระบบ EIS หลังจากติดตั้งมิเตอร์

เมื่อผู้ใช้ทั่วไปทำการสมัครสมาชิกและลงทะเบียนการเข้าสู่ระบบเพื่อเข้าใช้งาน (Log in) เพื่อดูรายงานสถานะปริมาณการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง ณ ขณะนั้น

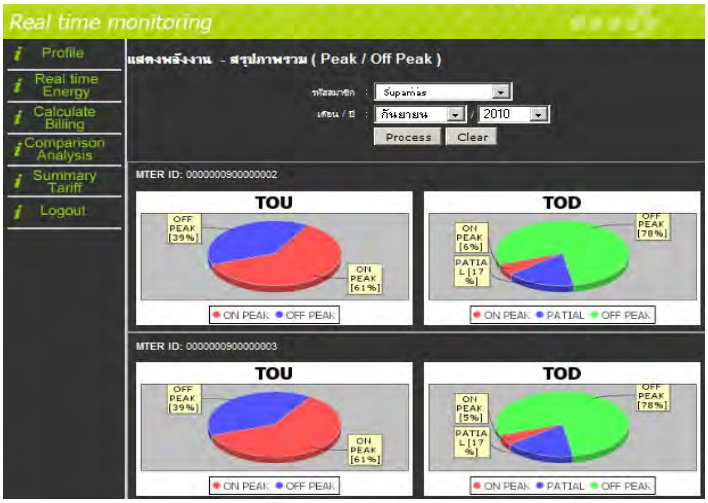
รูปที่ 4-6 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง (Real time)

รูปที่ 4-6 ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าด้วยค่า kWh ค่า Kvarh และค่า PF จะแสดงผ่านหน้าจอ แบบ Real time ทุกการเปลี่ยนแปลง 15 นาที



รูปที่ 4-7 การคำนวณรายละเอียดค่าใช้จ่ายทางด้านค่าไฟฟ้า

รูปที่ 4-7 แสดงการคำนวณรายละเอียดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้า แบบ TOU และ แบบ TOD ในการแบ่งรายละเอียดค่าใช้ไฟฟ้าในแต่ละส่วน เพื่อให้ผู้ประกอบการหรือผู้ใช้งานทราบรายละเอียดของค่าไฟฟ้าว่าเกิดจากค่าไฟฟ้าส่วนใดบ้าง



รูปที่ 4-8 เปรียบเทียบการแสดงผลระหว่างอัตรา TOU และ TOD

การแสดงผลการเปรียบเทียบการใช้งานด้วยอัตราค่าใช้ไฟฟ้าแบบ TOU และ TOD ในแต่ละมิเตอร์ แต่ละเดือน ดังรูปที่ 4-8

การใช้งานระบบ EIS ของผู้ดูแลระบบ (Administrator)

ผู้ดูแลระบบ (Administrator) ทำหน้าที่ในส่วนของการแก้ไขข้อมูลสมาชิก ดูแลข้อมูลสมาชิกได้ทั้งหมดทุกรหัสมิเตอร์ เพื่อจัดการฐานข้อมูลในการใช้งานทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 4-9

รูปที่ 4-9 บันทึกข้อมูลการลงทะเบียนเพื่อสมัครสมาชิก

ข้อมูลการลงทะเบียนสมัครสมาชิก หลังจากเชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม RS232 ใช้การบันทึกประวัติ เพื่อใช้สิทธิ์ในการดูข้อมูลครั้งต่อไป

4.2.3. สรุปผลการทดสอบระบบสารสนเทศ

ภายหลังจากที่พัฒนาระบบ และทำการทดสอบระบบ ซึ่งการทดสอบระบบผู้วิจัยได้ทำการทดสอบอย่างละเอียดในทุก ๆ หน้าที่การทำงานของระบบด้วยวิธีการทดสอบแบบแบล็กบอกซ์ (Blackbox Testing) โดยมีจุดประสงค์เพื่อหาข้อผิดพลาด ประเมินผลการทำงานของระบบและตรวจสอบระบบงานทั้งหมด

การทดสอบระบบจะแบ่งส่วนหลัก ๆ ออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนแสดงสิทธิ์ในการเข้าถึงระบบ (Authorized)

ส่วนที่ 2 ส่วนของการจัดการข้อมูลสมาชิก กรณีผู้ดูแลระบบ

ส่วนที่ 3 ส่วนของความถูกต้องและการทำงานของระบบ

ตาราง 4-11 สรุปผลการทดสอบระบบ

ชื่อกรณีทดสอบ	รหัสกรณีทดสอบ	ผลการทดสอบ	
		ผ่าน	ไม่ผ่าน
ส่วนแสดงสิทธิ์ในการเข้าระบบ			
ป้อนชื่อและรหัสผ่านถูกต้อง	A01	✓	
ป้อนชื่อและรหัสผ่านไม่ถูกต้อง	A02	✓	
ส่วนของการจัดการข้อมูลสมาชิก (กรณีผู้ดูแลระบบ)			
เพิ่มข้อมูลสมาชิก	M01	✓	
แก้ไขข้อมูลสมาชิก	M02	✓	
ลบข้อมูลสมาชิก	M03	✓	
ส่วนความถูกต้องและการทำงานของระบบ			
ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง	S01	✓	
การสืบค้นข้อมูลย้อนหลัง	S02	✓	
คำนวณการใช้ปริมาณไฟฟ้า	S03	✓	

การประเมินผลการทำงานของระบบจากผู้ประกอบการและเจ้าหน้าที่มิเตอร์

การประเมินผลการทำงานในส่วนนี้ จะใช้วิธีการสัมภาษณ์ระหว่างการใช้งานระบบ เพื่อสรุปผลการประเมินการใช้งานระบบ โดยเก็บข้อมูลตัวอย่างในการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการและเจ้าหน้าที่แผนกมิเตอร์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งมีผลประเมินในส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. **การใช้งานของระบบในส่วนของการแสดงสิทธิ์ในการเข้าระบบของระดับผู้ใช้ที่แตกต่างกัน**

ผู้ประกอบการและเจ้าหน้าที่ให้ความเห็นเกี่ยวกับการเข้าถึงและการแสดงตนของระดับผู้ใช้ที่แตกต่างกัน มีการป้อนชื่อและรหัสผ่าน ความถูกต้องในการเข้าถึงระบบ พบว่ามีการแสดงความถูกต้องและ Alert box ของผู้ใช้ เพื่อแสดงหน้าจอให้ผู้ใช้งานทราบการจำกัดสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล

2. **การใช้งานของระบบในส่วนของการจัดการข้อมูลสมาชิก**

เจ้าหน้าที่ให้ความเห็นว่าระบบสามารถทำการจัดการฐานข้อมูลเกี่ยวกับรหัสมิเตอร์ ข้อมูลผู้ใช้งานมิเตอร์ ในการเพิ่มข้อมูล แก้ไข และ ลบข้อมูลสมาชิก ทำให้สามารถดำเนินการจัดการฐานข้อมูลของสมาชิกได้โดยสะดวก

3. การใช้งานของระบบในส่วนของความถูกต้องและการทำงานของระบบ

ผู้ประกอบการและเจ้าหน้าที่ทำการสืบค้นข้อมูลและดูข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง และหน้าจอต่างๆ ที่เกี่ยวข้องการแสดงผลทำได้ง่าย และสามารถนำไปวิเคราะห์ได้อย่างชัดเจน แต่อยากให้มีการเปรียบเทียบข้อมูลทั้งเดือน เพื่อเพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ได้ดียิ่งขึ้น และหน้าจอของระบบมีความสวยงาม อ่านง่ายและใช้งานได้ดี ในการใช้เมนูของการทำงานในส่วนต่าง ๆ ของระบบทำให้เกิดความสะดวกในการนำไปวิเคราะห์ถึงการใช้ไฟฟ้าต่อไป

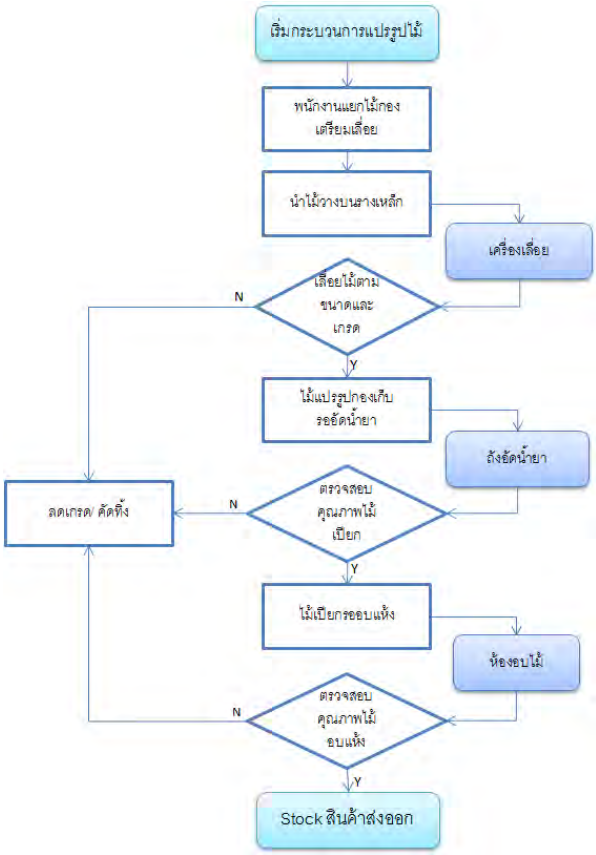
4.3. การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า กรณีศึกษาอุตสาหกรรมโรงเลื่อยแปรรูปไม้

อุตสาหกรรมแปรรูปไม้ เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ทำรายได้ส่งออกให้ประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท อีกทั้งมีแนวโน้มการขยายตัวอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก ด้านโรงงานแปรรูปไม้ถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานในปริมาณที่สูง เดินเครื่องจักรตลอด 24 ชั่วโมง

4.3.1. ข้อมูลทั่วไปของสถานประกอบการ

ชื่อสถานประกอบการ :	หจก.เอสทีดี พาราวู๊ด
ลักษณะผู้ประกอบการ :	แปรรูปไม้ยางพารา
จำนวนเครื่องจักร:	เครื่องเลื่อย 16 ตัว
	ถังอัดน้ำยา 2 ถัง
	ห้องอบไม้ 17 ห้อง
เวลาทำงาน:	จันทร์-เสาร์ พัก 1 ชั่วโมง เวลา 12.00-13.00 น.
อัตราค่าไฟฟ้า:	Demand
ประเภทกิจการ:	กิจการขนาดกลาง

ขั้นตอนกระบวนการแปรรูปไม้และเครื่องจักรที่ใช้ในโรงเลื่อย



รูปที่ 4-10 แสดงกระบวนการและเครื่องจักรหลักที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมโรงเลื่อย

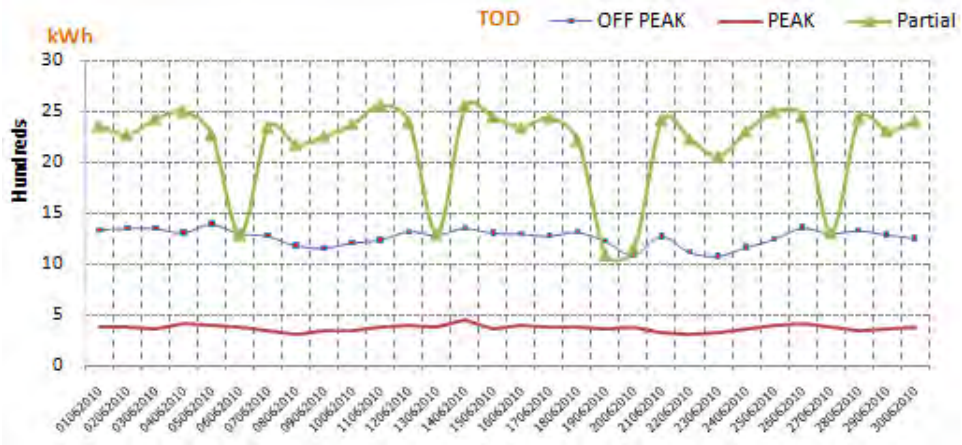
จากรูปที่ 4-10 เครื่องจักรหลัก ๆ ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด ได้แก่เครื่องเลื่อย 16 ตัว ที่มีการเปิดมอเตอร์ในช่วงระยะเวลาการทำงาน ตั้งแต่ 8.00 โมงเช้าถึง 6.00 โมงเย็น ของทุกวัน และถังอัดน้ำยา จะมีการเดินเครื่องตลอดเวลา 24 ชั่วโมง จำนวน 2 ถัง และ ห้องอบไม้ ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งมีทั้งหมด 17 ห้อง ตามกระบวนการของการแปรรูปไม้ สำหรับเครื่องจักรหลัก ๆ จะมีอยู่ 3 ส่วนได้แก่ ส่วนของการเลื่อยไม้ ส่วนของถังอัดน้ำยา และส่วนของห้องอบไม้ ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด

การศึกษาความเหมาะสมในการเลือกใช้ค่าไฟฟ้าตามลักษณะโครงสร้างการใช้ไฟฟ้าของอุตสาหกรรมโรงเลื่อยแปรรูปไม้ในครั้งนี้ มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าค่อนข้างสูง และจัดอยู่ในประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าที่สามารถเลือกอัตราค่าไฟฟ้าในอัตราเลือกแบบใดแบบหนึ่ง ตามข้อกำหนดของการไฟฟ้า ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 การแสดงผลข้อมูลประกอบด้วยแผนภูมิแสดงลักษณะโครงสร้างการใช้ไฟฟ้า (Load Pattern) ที่ได้จากการสำรวจและบันทึกข้อมูลและตารางแสดงผล

เปรียบเทียบการวิเคราะห์อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยในอัตราเลือกต่าง ๆ ตามปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (Electricity Energy Consumption) และความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand) ซึ่งจำแนกออกตามการคิดอัตราค่าไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาของวัน (TOD) และช่วงเวลาของการใช้ (TOU) ตลอดจนแสดงค่าผลรวมและผลต่างของอัตราค่าไฟฟ้าแต่ละแบบ ตามลักษณะข้อมูลการใช้ไฟฟ้า ดังนี้

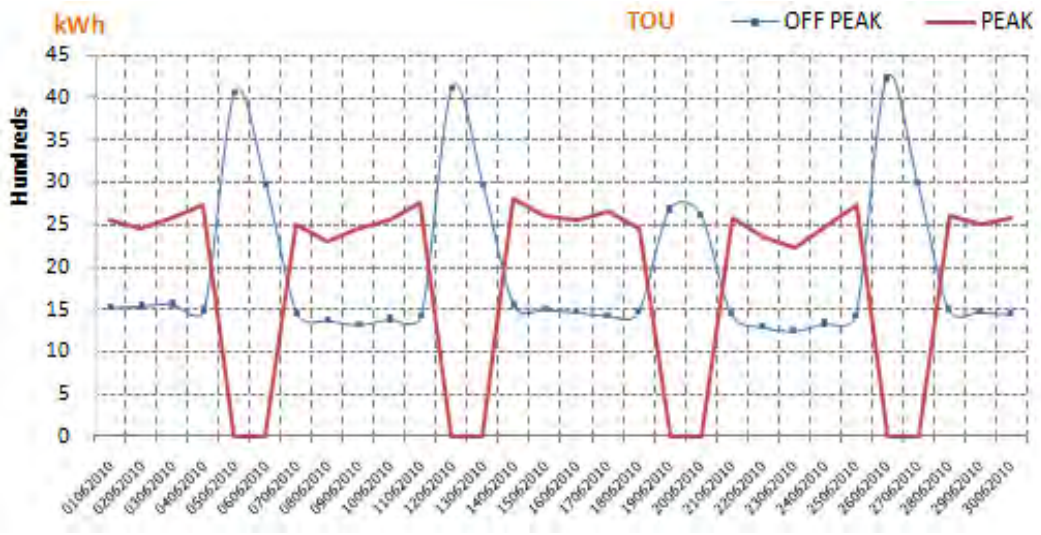
4.3.2. ลักษณะข้อมูลการใช้ไฟฟ้า

หจก.เอสทีดี พาราวู๊ด จัดอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรมโรงเลื่อยแปรรูปไม้ กิจการขนาดกลาง จากการรวบรวมข้อมูลใบแจ้งค่าไฟฟ้าย้อนหลังเดือนมิถุนายน 2553 พบว่า



รูปที่ 4-11 ลักษณะโครงสร้างการใช้ไฟฟ้าตามแบบ TOD

จากรูปที่ 4-11 ลักษณะการใช้ไฟฟ้าแบบ TOD จะแบ่งการใช้งานออกเป็น 3 ช่วงต่อวัน การใช้งานช่วง Peak และ ช่วง Off Peak มีลักษณะคงที่ มีการควบคุมปริมาณการใช้ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ และมีการทำงานในช่วง Partial ตามลักษณะของการใช้งานในช่วงวันปกติ ดังการเปรียบเทียบรายละเอียดในตาราง 4-12



รูปที่ 4-12 ลักษณะโครงสร้างการใช้ไฟฟ้าตามแบบ TOU

รูปที่ 4-12 แสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าแบบ TOU มีการใช้งานช่วง Peak ยกเว้นวันเสาร์อาทิตย์ที่อยู่ในช่วง Off Peak โรงงานมีการทำงานในวันเสาร์ ทำให้การใช้พลังงานยังคงมีการใช้งานอย่างปกติ ทำให้ช่วง Off Peak มีพลังงานไฟฟ้าที่ใช้แสดงในกราฟขึ้นสูงในแต่ละสัปดาห์อย่างต่อเนื่อง

*ตาราง 4-12 การเปรียบเทียบอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOD และ TOU ของกรณีตัวอย่าง**

รายการข้อมูล	**อัตรา TOD**			**อัตรา TOU**		
	Peak	Partial	Off Peak	Peak	Off Peak	Holiday
จำนวนวันในรอบ 1 เดือน (วัน)	30	30	30	22	22	8
จำนวนชั่วโมงในรอบ 1 วัน (ชั่วโมง)	3	10.5	10.5	13	11	24
พลังไฟฟ้าสูงสุด (kW)	170.40	298.80	169.20	298.80	292.80	286.80
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	11,272.79	65,198.53	38,067.38	56,088.64	31,771.43	26,678.63
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด	114,538.70			114,538.70		
โหลดแฟคเตอร์ (%)	53.24			53.24		
อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/kWh)	1.7034			2.6950	1.1914	
ค่าพลังงานไฟฟ้ารวม (บาท)	195,105			220,796		
ผลต่างค่าไฟฟ้ารวม (บาท)	25,691					
อัตรา TOD มีค่าใช้จ่ายลดลง (%)	13.16					

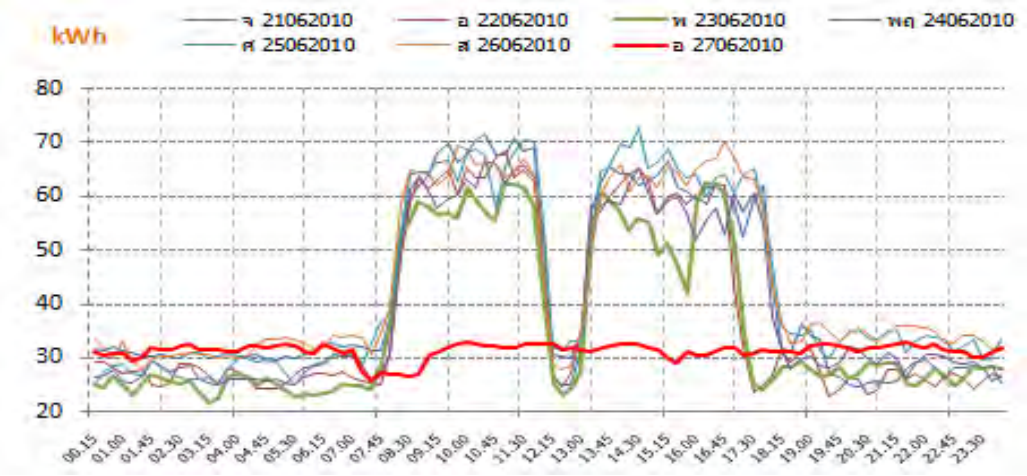
**เฉพาะค่าพลังงานไฟฟ้า*

ตาราง 4-12 แสดงการเปรียบเทียบอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOD และ TOU กรณีตัวอย่าง แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดเมื่อเทียบกับอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าบาทต่อหน่วย

จากการเปรียบเทียบพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของโรงเลื่อยรายนี้ พบว่า การทำงานตั้งแต่วันจันทร์-เสาร์ ตั้งแต่เวลา 08.00-18.00 น. เริ่มมีการใช้มอเตอร์เครื่องจักร และหยุดพักในช่วงเวลากลางวัน 12.00-13.00 น.

หากคำนวณอัตราการใช้งานแบบ TOU ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak 298.80 กิโลวัตต์ ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดช่วง Off Peak 292.80 กิโลวัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak 56,088.64 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak 58,450.06 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าจะได้ค่าไฟฟ้าฐานทั้งสิ้น 262,393.56 บาท

หากเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าแบบ TOD พบว่าการใช้ไฟฟ้าในช่วง Partial มีการใช้ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอ ในช่วงเวลาทำงาน 8.00-18.30 น.ของทุกวัน และมีการควบคุมการใช้ไฟฟ้าในช่วง Peak ให้ใช้ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอและคงที่ ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดช่วง On Peak 170.4 กิโลวัตต์ ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดช่วง Partial Peak เฉพาะที่เกินจาก Partial Peak 128.4 กิโลวัตต์ ความต้องการไฟฟ้าช่วง Off Peak 169.2 กิโลวัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 114,538.7 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ค่าไฟฟ้าฐานทั้งสิ้น 253,116.45 บาท หากเปรียบเทียบกันแล้ว เฉพาะค่าไฟฟ้าฐานมีผลต่างทั้งสิ้น 9,277.11 บาท ต่อเดือน เนื่องจากปริมาณการใช้ไฟฟ้ายังคงมีการใช้ปริมาณเท่าเดิมแต่มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก TOU ช่วง Off Peak มีค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด (Max Demand) สูง ดังนั้นพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในลักษณะนี้ หากเปลี่ยนไปคิดอัตราการคิดค่าไฟฟ้าไปเป็นแบบ TOD จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่า



รูปที่ 4-13 เปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้ารายสัปดาห์

เมื่อพิจารณาการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยรายสัปดาห์จากกราฟ รูปที่ 4-13 พบว่าในช่วงระยะเวลา 1 วัน เป็นเวลา 1 สัปดาห์ พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้ามีการควบคุมไฟฟ้าในช่วงเวลาทำงานไว้ได้อย่างสม่ำเสมอทุกวันในช่วงเวลาทำงานวันจันทร์-เสาร์

ดังนั้น อุตสาหกรรมจะเสียค่าไฟฟ้ามากน้อย ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับการเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบปกติ Demand แบบ TOU และ แบบ TOD ได้จากพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในแต่ละโรงงาน

4.4. ผลการวิจัยเกี่ยวกับทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย

4.4.1. การทดสอบความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ Expert Opinion

ทำการทดสอบโดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญรายบุคคล (Expert Opinion) ถึง ทัศนคติเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ และการนำผลิตภัณฑ์ “มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย สำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง” เข้าสู่เชิงธุรกิจ

4.4.1.1. ทัศนคติเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 เจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมการใช้ไฟฟ้าภายในโรงงาน

เป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ เนื่องจากสามารถที่จะแสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าภายในโรงงานได้เป็นอย่างดีสำหรับในแต่ละส่วนที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ๆ โดยเฉพาะในโรงงาน ที่ประกอบธุรกิจโดยมีการเดินมอเตอร์หรือเครื่องจักร ที่ใช้พลังงานตลอดทั้งวัน 24 ชั่วโมง ซึ่งทางโรงงานเองก็ได้มีมาตรการและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการลดการใช้พลังงาน โดยปิดในช่วงเวลาของเที่ยงวัน ทำให้ค่าใช้จ่ายลดลงได้บางส่วน โดยเฉพาะค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน ไม่ต่ำกว่าแสนบาท การดูพฤติกรรมการใช้งานและสามารถนำไปวิเคราะห์ ทำให้ลดค่าใช้จ่าย ถือเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการนำมาใช้ภายในโรงงาน ซึ่งหากราคาไม่สูงมากนักทางโรงงานยินดีจะติดตั้งผลิตภัณฑ์

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2 หัวหน้าแผนกมิเตอร์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดตรัง

จากการสัมภาษณ์และสอบถามทัศนคติเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายนั้น คิดว่าอุปกรณ์และเครื่องมือนี้ มีการใช้งานง่าย ไม่ยุ่งยาก และสามารถทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้แบบ Real time สะดวกต่อการทำงาน และช่วยให้โรงงานมีตัวช่วยในการควบคุมการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายอีกทางหนึ่ง เพราะถ้าหากมีการติดตั้งตามจุดที่ต้องการตรวจสอบในจุดใหญ่ ๆ พบว่า จะทำให้ทราบถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าของแต่ส่วนได้เป็นอย่างดี เพราะสามารถที่จะทราบข้อมูลได้ทุกจุด และเป็นระบบในการทำงานแบบไร้สาย เหมาะกับปัจจุบัน ซึ่งเป็นที่นิยม

ของการสื่อสารแบบไร้สาย สามารถช่วยในการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าได้อย่างสะดวก จะเห็นได้ว่ามีประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้เช่น ช่วยการประหยัดเวลาในการตรวจสอบของเจ้าพนักงานการไฟฟ้า เนื่องจากมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย มีความง่ายต่อการดึงข้อมูลออกมาวิเคราะห์ ไม่ว่าจะเป็นรายเดือน รายวัน หรือแบบ Real time เพราะการเก็บข้อมูลในรูปแบบของฐานข้อมูลนั้น จะช่วยลดความผิดพลาดของการบันทึกและสามารถคงอยู่ในรูปของข้อมูลเป็นประวัติการใช้งานตลอดไป

4.4.1.2. การนำผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายเข้าสู่เชิงธุรกิจ

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 เจ้าหน้าที่ผู้ควบคุมการใช้ไฟฟ้าภายในโรงงาน

เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเข้าสู่ธุรกิจได้ เนื่องจากมีประโยชน์หลายอย่างแก่ผู้ประกอบการ เช่น ช่วยให้ประหยัดเวลาในการตรวจสอบแต่ละครั้ง เรียกดูข้อมูลย้อนหลังได้ โดยไม่ต้องเก็บเอกสารการจดบันทึกการใช้พลังงานในแต่ละครั้ง สามารถดูข้อมูลความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด สะดวกในการวัดและวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า ซึ่งผู้ประกอบการโรงงานส่วนใหญ่น่าจะมีความต้องการใช้เป็นอย่างยิ่ง

ผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 2 หัวหน้าแผนกมิเตอร์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จังหวัดตรัง

มีศักยภาพในการต่อยอดทางด้านเทคโนโลยีได้ดี และเป็นทางเลือกให้กับผู้ประกอบการในการดูปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้เอง ลดภาระการไฟฟ้าให้แก่ประเทศในการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภาพรวมในการเข้าสู่ธุรกิจ นับเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในภาวะปัจจุบัน และทางการไฟฟ้าก็ไม่ต้องสั่งซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าจากฝ่ายผลิตเป็นปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น หากทุกโรงงานทุกครัวเรือนสามารถทราบการใช้ไฟฟ้าได้เองเหมือนกับบัญชีรายรับ-รายจ่ายในแต่ละวัน

บทที่ 5

ผลการวิจัยความเป็นไปได้และการยอมรับผลิตภัณฑ์ในเชิงธุรกิจ

ในบทนี้กล่าวถึงการประเมินแนวความคิดและทดสอบทางด้านตลาดในขั้นตอนสุดท้ายก่อนทำการออกผลิตภัณฑ์สู่ตลาดจริง และการวิจัยความเป็นไปได้และการยอมรับผลิตภัณฑ์ทางด้านตลาดก่อนออกสู่เชิงพาณิชย์ ซึ่งทำการพิจารณาความเป็นไปได้ ดังนี้

การประเมินโอกาสทางด้านการตลาด (Evaluate Market)

การวิจัยความเป็นไปได้และการยอมรับทางด้านการตลาด

การวิจัยความเป็นไปได้ในการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่เชิงพาณิชย์

5.1. การประเมินโอกาสทางด้านการตลาด (Evaluate Market)

เป็นการพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของความคิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

5.1.1. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในอุตสาหกรรม (Internal Analysis)

ผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านมิเตอร์โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไร้สายส่งค่าผ่านคลื่นวิทยุ ในการพัฒนาเป็นนวัตกรรมทางด้านผลิตภัณฑ์ในการช่วยส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และความก้าวหน้าของเทคโนโลยี

สำหรับในประเทศไทยการพัฒนามิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย ถือเป็นนวัตกรรมหนึ่งที่สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ให้เป็นที่ยอมรับและมีความต้องการที่จะตรวจสอบการใช้พลังงานส่งเสริมให้เกิดการใช้โรงงานอุตสาหกรรมก่อน เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่มีกระบวนการและขั้นตอนการผลิตที่จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนมากกว่าประเภทบ้านเรือนทั่วไป ทั้งนี้จะเห็นได้จากนโยบายของทางภาครัฐที่มีการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดการประหยัดพลังงานมากขึ้น จึงเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ มาตรฐาน และเป็นอีกหนึ่งช่องทางในการกระตุ้นให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

5.1.2. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกอุตสาหกรรม (External Analysis)

การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายนอกอุตสาหกรรมที่มีผลกระทบต่อการดำเนินธุรกิจ โดยใช้ PEST Analysis มาใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยวิเคราะห์ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ด้าน หลัก ๆ ที่ควรคำนึงถึง เนื่องจากเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ที่ส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมของธุรกิจ และมีการเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา ที่ทำให้อยู่เหนืออำนาจการควบคุมหรือประมาณการ ได้แก่

1) ด้านสภาพแวดล้อมการเมืองและกฎหมาย (Political-legal factors)

ด้านสภาพแวดล้อมการเมืองและกฎหมาย มีผลกระทบทางด้านความเสี่ยงสำหรับการลงทุนในช่วงนั้น ๆ หากรัฐบาลมีการเปลี่ยนแปลงรัฐบาลอยู่บ่อย ๆ อาจส่งผลกระทบต่อการลงทุนเป็นอย่างมาก โดยศึกษาโครงสร้างและนโยบายพรรค หากมีการวางแผนจัดนโยบายทางด้านการอนุรักษ์พลังงานไปพร้อม ๆ กันด้วยเช่น หากมีการลดค่าไฟฟ้าได้เท่าไร รัฐบาลจะสนับสนุนค่าใช้จ่ายให้อีกทางหนึ่ง หรือรัฐบาลส่งเสริมให้เกิดการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศ สิ่งเหล่านี้ก็จะส่งผลในแง่บวกให้กับธุรกิจได้เป็นอย่างดี

2) ด้านเศรษฐกิจ (Economic factors)

จากสภาวะเศรษฐกิจของประเทศยังอยู่ในช่วงชะลอตัว เกิดภาวะว่างงาน 5-6 แสนคน คิดเป็น 2% จากเดิม 1.5% ทำให้สภาวะเศรษฐกิจที่ทุกหน่วยงานหรือทุกคนเกิดการรณรงค์ให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าและลดต้นทุนทางด้านการผลิตให้มากที่สุด ซึ่งหากมีการปรับเปลี่ยนอัตราค่าเงินบาท ก็อาจส่งผลถึงราคาสินค้าที่มีผลกระทบโดยตรงตามอัตราการผันผวนของราคาสินค้าได้

3) ด้านสภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม (Social-cultural factors)

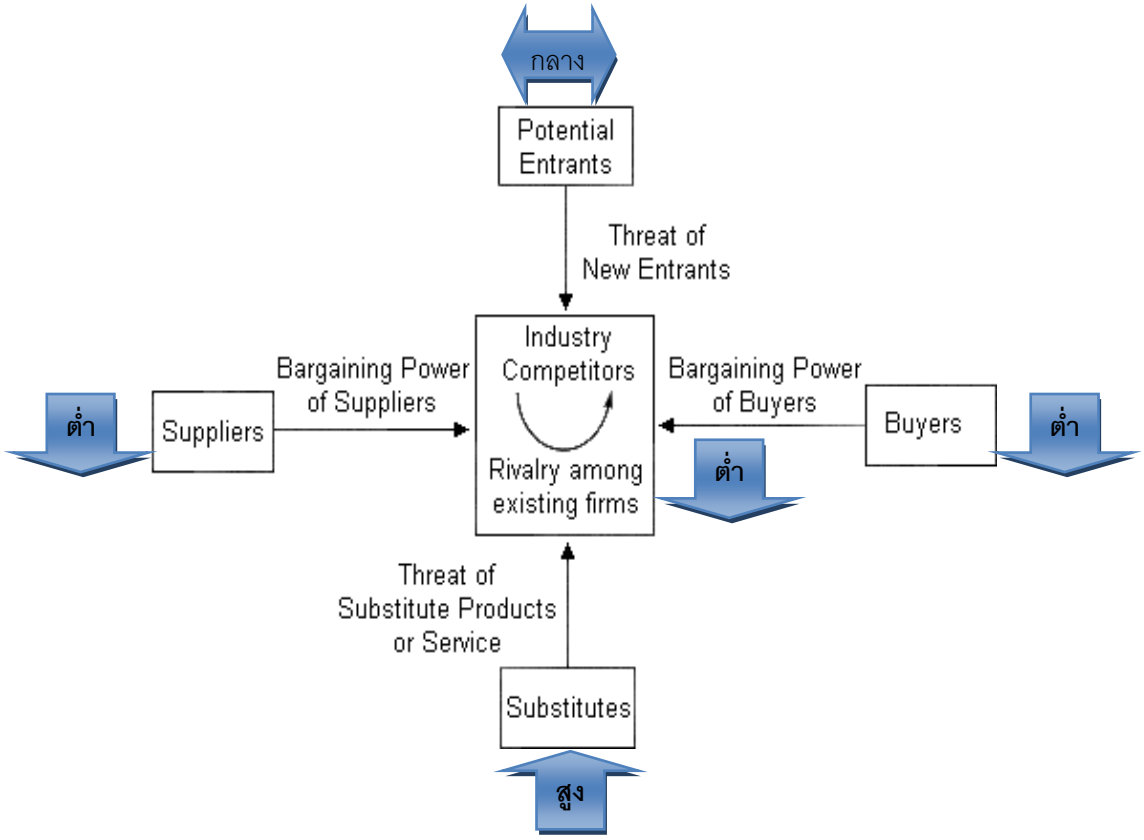
ด้านสภาพแวดล้อมทางสังคมและวัฒนธรรม มีแรงผลักดันจากชุมชนนั้น ๆ หรือสภาพแวดล้อมในบริเวณนั้น ๆ ให้ช่วยกันผลักดันให้เกิดกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการลดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้า โดยเฉพาะในวงการอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นแหล่งในการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นปริมาณมากกว่าบ้านเรือนทั่วไป

4) ด้านเทคโนโลยี (Technological factors)

ปัจจัยทางด้านเทคโนโลยีเป็นปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงและมีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง และมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว อาจส่งผลให้แง่ลบต่อผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะ เนื่องจากมีการอัพเดตเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาเพื่อทำการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ อาจทำให้สินค้ามีความล้าสมัยได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดจากมีเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่นำสมัยกว่า ก้าวมาแทนที่ แต่จะเกิดผลดีในแง่ที่นำเทคโนโลยีนั้น ๆ เข้ามาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อส่งเสริมต่อกำลังการผลิต ส่งผลให้สามารถผลิตได้รวดเร็วยิ่งขึ้น และต้นทุนการผลิตต่ำลง เกิดความสามารถในการแข่งขัน ต่อการดำเนินการผลิตของภาคธุรกิจ

5.2. **การประเมินสภาพการแข่งขัน** (Five-force-Model)

การวิเคราะห์สภาพแข่งขันโดยใช้แนวคิดของ Michael E Porter [41] หรือ Five-force Model ดังแสดงในรูปที่ 5-1 เป็นส่วนหนึ่งของวางแผนใช้กลยุทธ์ทางเทคโนโลยีเพื่อประเมินผลกระทบของสภาวะการแข่งขันในตลาดว่า เมื่อมีสภาวะการแข่งขันมากขึ้น กำไร และ ผลตอบแทนของธุรกิจจะลดลงเนื่องจากได้รับผลกระทบจากคู่แข่งในตลาด และเป็นการเสริมสร้างขีดความสามารถในการแข่งขัน เนื่องจาก Five-force Model จะช่วยให้สามารถหาศักยภาพที่แท้จริงของธุรกิจ โอกาสในการแสวงหาตลาดใหม่ ตลอดจนปัจจัยต่าง ๆ ที่ต้องระวังในการแข่งขัน



รูปที่ 5-1 แบบจำลองการวิเคราะห์สภาวะการแข่งขันของธุรกิจ

ที่มา: ดัดแปลงจากแนวคิดของ Michael E. Porter [41]

การวิเคราะห์การแข่งขันตามกลยุทธ์ Five-forces model จากปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) **ความรุนแรงของสภาวะการแข่งขันระหว่างองค์กรธุรกิจที่อยู่ในอุตสาหกรรมเดียวกัน** (Internal Rivalry): Low

สภาพตลาดผลิตภัณฑ์มิเตอร์ไร้สายอัจฉริยะ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่มีวางขายอยู่ท้องตลาด ส่วนมากจะเป็นมิเตอร์ที่มีการติดตั้งผ่านทางสายสัญญาณ ไม่ว่าจะเป็นสายสัญญาณโทรศัพท์ หรือสาย PLC เป็นต้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้สามารถที่จะเติบโตได้อีกมาก เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันเป็นเทคโนโลยีที่ไม่จำเป็นต้องเดินสายในการติดตั้ง ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

1. จำนวนคู่แข่งในอุตสาหกรรม (Numerous or Equally Balanced Competitors) ในอุตสาหกรรมของผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัฉริยะแบบไร้สาย จะมีเพียงคู่แข่งทางอ้อมเท่านั้น ซึ่งขายผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกัน สำหรับคู่แข่งหลัก ๆ จะเป็นสินค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศบางส่วน และมีบริษัทน้อยรายที่ทำการผลิตในประเทศไทยและผ่านมาตรฐานอุตสาหกรรม ได้แก่ บริษัท ฟอร์ท จำกัด
2. อัตราการเติบโตของอุตสาหกรรม (Rate of Industry Growth) อุตสาหกรรมเครื่องวัดกิโลวัตต์-ฮาว์ มีอัตราเติบโตอย่างต่อเนื่อง สัมพันธ์กับการเพิ่มจำนวนผู้ประกอบการหรือจำนวนอุตสาหกรรม
3. ความเหมือนหรือความต่างของสินค้า (Lack of Differentiation) ผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายมีความต่างกันในเรื่องของสินค้าทางด้านเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในตัวผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการส่งค่าและการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นตัวสำคัญเท่านั้นที่ทำให้ลูกค้ามั่นใจในภาพลักษณ์ และมาตรฐานสินค้า ก่อให้เกิดความจงรักภักดีในยี่ห้อตราสินค้า (Brand Loyalty)
4. มูลค่าต้นทุนคงที่ (Amount of Fixed Costs) เนื่องจากมีมูลค่าของต้นทุนคงที่ในเรื่องของการส่งไปประกอบชิ้นส่วนยังบริษัทที่รับจ้างผลิต
5. ความหลากหลายของคู่แข่งในอุตสาหกรรม (Diversity of Rivals) บริษัทต่าง ๆ อาจผลิตสินค้าทดแทนที่สามารถใช้กลยุทธ์การขาย

2) **ภัยคุกคามจากการเข้าสู่อุตสาหกรรมของคู่แข่งใหม่** (Potential Entrances) : Medium

1. ทางด้านเงินลงทุน (Capital requirements) คู่แข่งรายใหม่จะเข้ามาในระดับอุตสาหกรรมต้องใช้เงินลงทุนสูงมาก คู่แข่งอุตสาหกรรมหน้าใหม่จึงมีเข้ามาน้อยราย
2. ทางด้านการผลิต มีการใช้เทคโนโลยีที่ใช้ความรู้และความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน (Know How)
3. การผลิตในระดับเป็นจำนวนปริมาณมาก (Economy of Scale) จะทำให้เกิดการได้เปรียบทางด้านต้นทุนการผลิต ทำให้สามารถจำกัดการเข้ามาของคู่แข่งรายใหม่ได้
4. ความแตกต่างของสินค้าและบริการ (Product Differentiation) เนื่องจากผลิตภัณฑ์มิเตอร์ไร้สายอัจฉริยะมีการใช้เทคโนโลยีที่สลับซับซ้อนเข้ามาประยุกต์ ดังนั้นหากต้องการทำตลาดของคู่แข่งขันหน้าใหม่ ต้องมีความรู้ (Know how) ทางด้านการผลิตมิเตอร์เป็นอย่างดี
5. การเข้าถึงช่องทางการจัดจำหน่าย (Access to Distribution Channel) เป็นปัจจัยหลักในเพิ่มยอดขาย เนื่องจากช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ช่วงเริ่มต้นในการทำความรู้จักยี่ห้อตราสินค้า อาจต้องใช้พนักงานขายทำการแสดงสินค้าหรือทดสอบผลิตภัณฑ์ให้ลูกค้าดู ดังนั้นการแสดงสินค้าในงานแสดงสินค้าสำหรับอุตสาหกรรมเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้สามารถเข้าถึงตัวลูกค้าเป้าหมายได้ง่ายที่สุด อาจเกิดการแย่งชิงลูกค้าเป้าหมายได้อย่างง่ายและรวดเร็ว

3) **อำนาจการต่อรองของผู้ซื้อ** (Bargaining Power of Buyers): Low

1. ผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้เทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ในผลิตภัณฑ์โดยเฉพาะ ทำให้ผู้ซื้อไม่สามารถเลือกผลิตภัณฑ์จากคู่แข่งขันรายอื่นๆ ได้ (การระบุถึงประโยชน์ที่ลูกค้าจะได้รับให้ชัดเจนเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับมิเตอร์อัจฉริยะ ที่ทำให้ลูกค้าเกิดการใช้ผลิตภัณฑ์นี้ขึ้น)

4) **อำนาจการต่อรองของซัพพลายเออร์** (Bargaining Power of Supplier): Low

1. อำนาจการต่อรองของซัพพลายเออร์ เช่น วัตถุดิบหรือตัววงจร IC (Integrated circuit) ไม่สามารถผลิตเองได้ในประเทศ ต้องนำเข้าจากบริษัทต่างประเทศ เช่น Analog Devices, ATMEL, Ember, Exegin, Freescale, Gainspan, Intellon, MicroChip, NEC, OKI Semiconductor, Radiocrafts, Renesas, RF Monolithics, Silicon Labs, STMicro, Telegesis, TI, Tritech AB เป็นต้น แต่เนื่องจากมีหลายบริษัทที่ทำการผลิต ดังนั้นอำนาจการต่อรองของซัพพลายเออร์จึงไม่เป็นปัญหาในการสั่งซื้อวัตถุดิบของการผลิต เนื่องจากมีให้เลือกหลายบริษัท

5) **ภัยคุกคามจากสินค้าที่สามารถใช้ทดแทนกันได้** (Threat of Substitutes): Hight

1. ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์นี้จะมีการแบ่งส่วนประสมทางการตลาดอย่างชัดเจน แต่อาจจะมีภัยคุกคามจากสินค้าที่สามารถใช้ทดแทนกันได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการใช้เทคโนโลยีอื่น แต่รูปแบบแบบเดียวกันมาจัดจำหน่าย

5.3. การวิเคราะห์คู่แข่ง

5.3.1.การวิเคราะห์สถานการณ์ในตลาด

การแข่งขันในสภาพธุรกิจปัจจุบัน มีการแข่งขันกันอย่างเข้มข้นมากขึ้น เพื่อเป็นการชิงตลาดและรักษาส่วนประสมทางการตลาดในสภาวะเศรษฐกิจแบบนี้ สภาวะการแข่งขันจะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการปรับปรุงอยู่เสมอ ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงเรื่องคุณภาพ ราคา การออกแบบผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ และการส่งเสริมทางการตลาด ด้วยวิธีการเดียวกัน การแข่งขันที่ไม่ได้จำกัดอยู่แค่ในวงการอุตสาหกรรมเดียวกันเท่านั้นแต่ยังรวมผู้ผลิตสินค้าหรือบริการอื่น ๆ ที่ทดแทนกันได้ แต่การแข่งขันอย่างรุนแรงมักจะเกิดในอุตสาหกรรมเดียวกันเป็นหลัก ดังนั้นผู้ประกอบการควรทำความเข้าใจสภาพเศรษฐกิจในอุตสาหกรรมนั้น ๆ เป็นอย่างดี ทั้งทางด้านต้นทุน ราคา จุดเด่น จุดด้อย การปฏิบัติในการส่งเสริมทางด้านตลาดและการแข่งขันด้านอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อการวางแผน

5.3.2. **คู่แข่งขัน** (Competitor)

5.3.2.1. **คู่แข่งทางตรง** (Direct Competitors)

เป็นกลุ่มผู้ผลิตที่มีลักษณะอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าประเภทเดียวกับผลิตภัณฑ์ของงานวิจัยชิ้นนี้ ยังไม่มีผู้ผลิตรายใดทำการผลิตและจัดจำหน่ายในท้องตลาด จะมีคู่แข่งขันทางอ้อมเท่านั้น

5.3.2.2. **คู่แข่งทางอ้อม** (Indirect Competitors)

คู่แข่งขันทางอ้อม จะมีผลิตภัณฑ์จากตราสินค้าที่เกิดจากหลาย ๆ บริษัท ที่ทำการผลิตมิเตอร์ ดังนี้

ตาราง 5-1 แสดงการเปรียบเทียบมิเตอร์ที่จำหน่ายในท้องตลาด

ลักษณะผลิตภัณฑ์	ยี่ห้อจัดจำหน่าย	ประเภทมิเตอร์	ราคา@หน่วย
	มิเตอร์ Forth (ฟอร์ท) ผลิตในประเทศไทย	มิเตอร์ดิจิตอล, มิเตอร์เติมเงิน	5,000 บาท
	มิเตอร์ Holley (ฮอลลี่) ผลิตในประเทศจีน	มิเตอร์จานหมุน	4,000 บาท
	มิเตอร์ Kasama (คาซาม่า) ผลิตในประเทศไทย	มิเตอร์เติมเงิน	3,500 บาท
	มิเตอร์ Mitsubishi (มิตซูบิชิ) รับจ้างผลิต	มิเตอร์จานหมุน	2,999 บาท

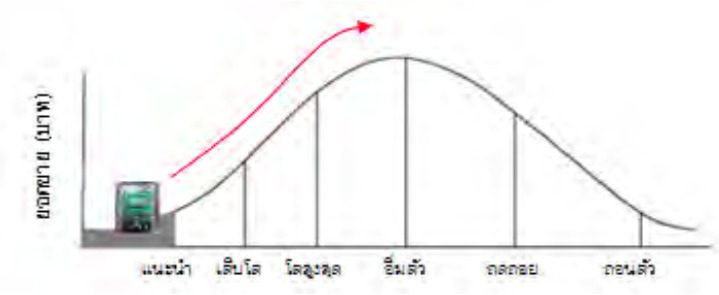
การวิเคราะห์การแข่งขันในสถานการณ์ตลาดเมื่อเปรียบเทียบกับมิเตอร์ยี่ห้ออื่น ๆ ทั้งทางด้านจุดเด่น และจุดด้อยของผลิตภัณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบกับมิเตอร์ยี่ห้ออื่น ๆ เพื่อดึงให้ผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย เป็นที่โดดเด่นกว่ายี่ห้ออื่น ๆ ทั่วไปในตลาด

ตาราง 5-2 เปรียบเทียบจุดเด่น จุดด้อย ระหว่างมิเตอร์อัจฉริยะและมิเตอร์ยี่ห้ออื่น

ด้าน ผลิตภัณฑ์	**มิเตอร์อัจฉริยะ** (Smart Meter)	**มิเตอร์ยี่ห้ออื่น ๆ**
จุดเด่น	- ติดตั้งง่ายโดยไม่ต้องเดินสายเพิ่มเติม - วัดค่าพลังงานได้หลายค่า - ประหยัดเวลาในการตรวจสอบการใช้ - สะดวกในการวัดปริมาณไฟฟ้า - วิเคราะห์การใช้ปริมาณไฟฟ้าได้ - คำนวณค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าไฟฟ้าได้โดยทันที - สามารถดูข้อมูลพลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้ตามวัน เดือนปีที่ต้องการ - ดูพลังงานการใช้ไฟฟ้าได้แบบ Real time - มีความถูกต้องในการตรวจวัดการใช้ไฟฟ้า - เก็บเป็นฐานข้อมูลเมื่อต้องการตรวจสอบย้อนหลัง	- มิเตอร์มีหลากหลายรุ่นให้เลือก - มีชื่อเสียงทางด้านมิเตอร์ติดตลาดมานาน - เป็นผู้นำด้านการผลิตมิเตอร์
จุดด้อย	- ยี่ห้อและแบรนด์ยังไม่เป็นที่รู้จัก - เงินลงทุนช่วงแรกสูง เนื่องจากต้องทำตลาดแข่งขัน - มีรุ่นเดียวที่เป็นมิเตอร์แบบไร้สาย	- ไม่สามารถดูการใช้ได้แบบ Real time - ส่วนมากเป็นมิเตอร์แบบจานหมุน - ค่าใช้จ่ายทางด้านการติดตั้งสูง - จำเป็นต้องเดินคู่สายใหม่ - ไม่สามารถวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้าได้ - หากขายพร้อมซอฟต์แวร์จำเป็นต้องซื้อในจำนวนปริมาณมาก

5.4. **การวิเคราะห์ช่วงชีวิตของอุตสาหกรรม** (Industry Life Cycle)

จากข้อมูลการวิเคราะห์การตลาดอุตสาหกรรมภายนอก และการวิเคราะห์คู่แข่งขัน ในหัวข้อข้างต้น สิ่งจำเป็นอีกอย่างต้องวิเคราะห์วงจรช่วงชีวิตของวงจรผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะทำให้ทราบได้ว่าผลิตภัณฑ์ ควรวางกลยุทธ์ทางการตลาดไปในทิศทางใด



รูปที่ 5-2 แสดงช่วงวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย

ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ยังไม่มีการผลิตทั่วไปตามตลาด จึงจำเป็นต้องเริ่มวางแผนกลยุทธ์การตลาดเป็นอย่างดี อีกทั้งการลงทุนทางด้านการเงินและเวลา จำเป็นต้องทุ่มทุนในช่วงนี้ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ได้เป็นที่รู้จักได้อย่างรวดเร็ว ช่วงนี้จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไปพร้อม ๆ กัน จำนวนของที่จะผลิตออกมาเพื่อสร้างกำไรจึงยังมีอยู่น้อย

5.5. **การประเมินยอดการขายเบื้องต้น** (Initial Review)

การประเมินผลกำไร มีการใช้ Model A-T-A-R Model เป็นเครื่องมือในการช่วยประเมินผลิตภัณฑ์ โดยใช้การคาดคะเนยอดขายและกำไร โดยคำนวณจากต้นทุนของสินค้าและผลการวิจัย คำนวณออกมาในเกณฑ์เฉลี่ยที่ลูกค้ายอมรับได้ โดยราคาเฉลี่ยอยู่ที่ 20,000 บาท โดยใช้การคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

Profit = Units sold * Profit per unit

= จำนวนสินค้าที่คาดว่าจะขายได้ * กำไรต่อหน่วยสินค้า

= จำนวนร้อยละของผู้ประกอบการที่คิดจะใช้ * (รายรับต่อหน่วย – ต้นทุนต่อหน่วย)

สำหรับนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ใหม่นี้ เจาะกลุ่มผู้ประกอบการอุตสาหกรรมซึ่งเป็นลูกค้าเป้าหมาย ที่คาดว่าจะใช้ผลิตภัณฑ์ โดยมีจำนวนร้อยละของผู้ประกอบการสนใจที่คิดจะใช้เป็นร้อยละ

Profit = 35* (20,000-10,000) = 350,000

= 0.66 (100-50) = 33%

ดังนั้น การประเมินผลกำไรเบื้องต้นในการจำหน่ายมิเตอร์อัจฉริยะ อยู่ที่ 350,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 33 จากยอดขาย

5.6. **การศึกษาความเป็นไปได้ทางด้านการตลาด** (Market analysis)

พิจารณาถึงความเป็นไปได้ของแนวความคิดต่อผลิตภัณฑ์ใหม่ในด้านต่าง ๆ ทั้งปัจจัยที่ควบคุมได้เองภายในธุรกิจ (Controllerable Factors) ถือเป็นการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในอุตสาหกรรม (Controllerable Factors) และปัจจัยที่นอกเหนือการควบคุม (External Analysis) ซึ่งเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมภายนอกอุตสาหกรรม (External Analysis) ดังนี้

โดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ SWOT เข้ามาช่วยในการศึกษาความเป็นไปได้

1. จุดแข็ง (Strengths)

1) เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความเป็นนวัตกรรม (Innovation) เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ทันสมัย และเป็นการนำเอาเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายผ่านคลื่นวิทยุ ให้สามารถส่งคลื่นสัญญาณพื้นที่ครอบคลุมสัญญาณได้ไกลยิ่งขึ้น โดยเป็นมิเตอร์ที่รองรับการทำงานแบบไร้สาย ซึ่งตอบสนองผู้ใช้ได้เป็นอย่างดี
2) เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเชื่อมโยงกับระบบการติดตั้งการทำงานเดิมได้ (Compatibility) โดยสามารถติดตั้งเพิ่มเติมกับสายไฟที่เชื่อมต่ออยู่แล้ว และใช้ระบบ Wireless ร่วมกันได้ทุกจุด ในอนาคตทำให้การอัพเกรดสินค้าทำได้ง่ายขึ้น
3) มีการออกแบบซอฟต์แวร์ให้ง่ายต่อการใช้งาน (Easy to Use) ซึ่งแตกต่างจากมิเตอร์ทั่วไป ช่วยให้สามารถเลือกดูข้อมูล ตามวันที่เดือนปี และช่วงเวลาที่ต้องการทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าและสามารถแสดงออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้โดยทันที
4) ลักษณะการแสดงผล (User Interface) ออกมาในรูปของกราฟที่รายงานผ่านทางหน้าจอต่างๆ ให้ดูผลและวิเคราะห์ง่าย มีความชัดเจนร่วมกับความสวยงามของกราฟที่แสดงผลออกมา
5) ลดระยะเวลาบุคลากรในการบันทึกข้อมูลในแต่ละครั้ง และการบันทึกข้อมูลผ่านมิเตอร์อัจฉริยะมีความถูกต้องและแม่นยำสูง (Quality) สามารถบันทึกข้อมูลและแสดงผลได้ทุก 15 นาที

2. **จุดอ่อน** (Weaknesses)

1) ชื่อสินค้าและตราสินค้ายังไม่เป็นที่ยอมรับและรู้จักของกลุ่มลูกค้าในตลาด (Brand Awareness) ทำให้กลุ่มลูกค้า และกลุ่มเป้าหมายอาจยังไม่มั่นใจในตัวสินค้าและภาพลักษณ์ จึงต้องทำการบุกเบิกตลาดและให้ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก
2) การเป็นผู้ประกอบการรายย่อยหน้าใหม่ที่มีเงินทุนไม่มากนัก ทำให้เสียเปรียบคู่แข่งขันรายใหญ่ที่เข้าสู่ตลาดก่อน (First Mover)

3. **โอกาส** (Opportunities)

1) มิเตอร์อัจฉริยะยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นของผลิตภัณฑ์ การขยายฐานลูกค้าสามารถขยายไปสู่กลุ่มเป้าหมายได้อีกเป็นจำนวนมาก (Increasing Demand) ในขณะเดียวกันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ส่งผลให้อุปกรณ์มีราคาถูกลง และมีโอกาสในการเจาะกลุ่มเป้าหมายโรงงานใหม่ ๆ (Expansion to new target segment) และโอกาสที่ลูกค้าเดิมมีการติดตั้งเพิ่มเติมได้อีกด้วย
2) มิเตอร์อัจฉริยะจะมีซอฟต์แวร์ที่มีการติดตั้งโปรแกรมที่มีการอัพเดตผ่านเว็บอยู่ตลอดเวลา สามารถนำฟังก์ชันใหม่ ๆ เข้ามาลงเพิ่มเติมได้ ซึ่งสามารถที่จะเข้าดูได้ตลอด 24 ชั่วโมงทางอินเทอร์เน็ต โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ
3) การร่วมมือกับพันธมิตร (Partnership) กับผู้ให้บริการด้านต่าง ๆ เช่น ที่ปรึกษากระทรวงพลังงาน หรือโรงงานอุตสาหกรรมควบคุมสิ่งแวดล้อม ทำให้โอกาสในการวางสินค้า การขยายช่องทาง และลดค่าใช้จ่ายทางด้านการทำตลาดและร่วมมือกันทำสัญญาในระยะยาว
4) ส่งเสริมนโยบายการประหยัดพลังงาน ของรัฐบาล (Government policies) เป็นแรงจูงใจให้ผู้บริโภคลดการใช้พลังงานเป็นการขยายกลุ่มลูกค้าเป้าหมายได้ดียิ่งขึ้น
5) ผู้บริโภคปัจจุบันคำนึงถึงประโยชน์ (Benefit) ที่ได้รับมากขึ้นจากผลิตภัณฑ์นั้น ๆ โดยที่ยึดติดกับตราสินค้าน้อยลง ผู้ประกอบการหน้าใหม่ มีโอกาสเท่าเทียมกันในการก้าวขึ้นมาทำส่วนแบ่งทางการตลาดได้

4. **อุปสรรค** (Threats)

1) ผลิตภัณฑ์มีความเป็นเทคโนโลยีสูง มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ปัจจัยทางด้านราคาอาจมีการปรับตัวได้อย่างรวดเร็ว (Downward pricing pressure) ทำให้อาจเกิดการแข่งขันของราคาได้

2) ในอนาคตอาจมีคู่แข่งจำนวนมากเข้ามาแย่งชิงตลาด (Increased competition) อาจมีคู่แข่งรายใหม่เข้ามาผลิตผลิตภัณฑ์เสริมหรือสินค้าใหม่ที่มีคุณภาพใกล้เคียงได้ตลอดเวลา

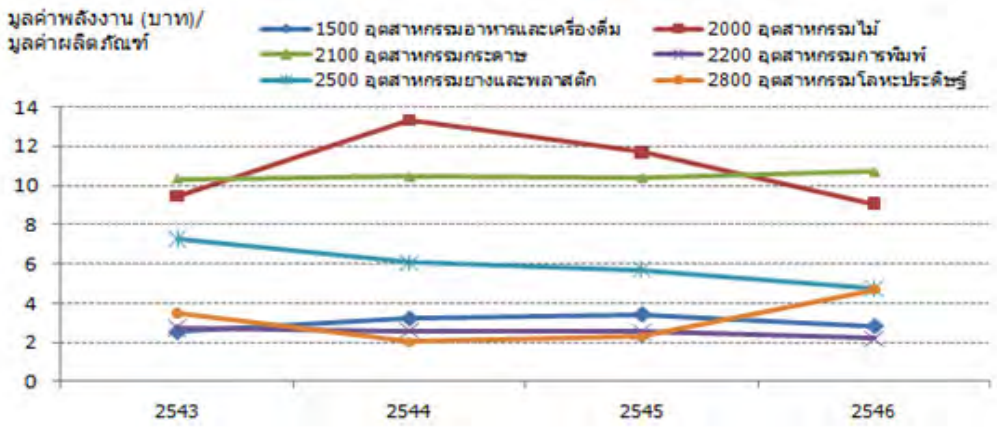
จากการวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรค ดังกล่าวเห็นได้ว่า อุตสาหกรรมการแข่งขันอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ยังมีจุดแข็ง และโอกาสที่พอจะแข่งขันในตลาดโลกได้ แต่ขณะเดียวกันก็มีจุดอ่อนที่สำคัญ นั่นคือการที่คู่แข่งการนำเข้าอย่างเช่นประเทศจีน มีอัตราการจ้างการผลิตในอัตราที่ต่ำกว่า แต่สินค้าบางชนิดอาจไม่ได้มาตรฐานเพียงพอ ทำให้มีโอกาสได้เปรียบในการแข่งขันสูง

5.7. **การแบ่งส่วนตลาด** (Market Segmentation)

ระดับของการแบ่งส่วนตลาดโดยมุ่งที่ส่วนของตลาด Segment Marketing โดยจะจัดส่วนประสมทางการตลาดให้เหมาะกับแต่ละตลาดเป้าหมาย ซึ่งการแบ่งส่วนประสมทางการตลาดแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนำมาจัดประเภทของการแบ่งส่วนตลาด ได้แก่

การแบ่งตามประเภทของโรงงาน (Demographic Segmentation) มีการแบ่งโรงงานออกตามประเภทหลักและขนาดของอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง 4 อันดับ ดังนี้

1. กลุ่มการผลิตไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้และไม้ก๊อก
2. กลุ่มการผลิตกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ
3. กลุ่มการผลิตผลิตภัณฑ์ยางและพลาสติก
4. กลุ่มการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโลหะประดิษฐ์



รูปที่ 5-3 ภาพรวมอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูง (มูลค่าพลังงาน (บาท)/ มูลค่าผลิตภัณฑ์)
ที่มา: สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม [42]

จากรูปที่ 5-3 แสดงภาพรวมของอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานในปริมาณที่สูง เมื่อเทียบระหว่างมูลค่าพลังงาน (บาท) หารด้วยมูลค่าผลิตภัณฑ์ จะได้ออกมาเป็นมูลค่าที่อุตสาหกรรมนั้น ๆ ใช้พลังงานที่สูงมาก แต่มูลค่าผลิตภัณฑ์ราคาไม่สูง ทำให้อุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีการควบคุมการใช้พลังงาน เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

แบ่งตามลักษณะของกลุ่มโรงงานตามค่าใช้จ่ายทางด้านการใช้ปริมาณไฟฟ้า สามารถแบ่งออกได้เป็นกลุ่มดังต่อไปนี้

1. ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า 100,000 บาท
2. ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า 100,000 - 500,000 บาท
3. ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า 500,000 - 1,000,000 บาท
4. ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า 1,000,000 บาท ขึ้นไป

5.7.1. **การเลือกตลาดเป้าหมาย** (Target Market)

จากผลการวิจัยตลาด โดยใช้แบบสอบถามเพื่อใช้ในการประกอบการพิจารณาถึงกลุ่มลูกค้าเป้าหมายหลักของนวัตกรรมผลิตภัณฑ์มิเตอร์ไร้สายอัจฉริยะ กำหนดตลาดเป้าหมายดังต่อไปนี้

กลุ่มเป้าหมายหลัก (Primary Target)

1) ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมโรงงาน มีนโยบายและมาตรการความสนใจและต้องการควบคุมค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า

กลุ่มเป้าหมายรอง (Secondary Target)

กลุ่มเป้าหมายรองเป็นกลุ่มธุรกิจที่กำลังจะเปิดใหม่หรือสนใจที่จะเปิดคอนโด หรือธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ใหม่ในเขตอุตสาหกรรมต่าง ๆ

1) คอนโดมิเนียม
2) กลุ่มอสังหาริมทรัพย์
3) หอพัก

กลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มโรงงานที่ต้องการควบคุมและตรวจสอบการใช้พลังงาน โดยจะเน้นผู้ประกอบการโรงงานที่ส่งเสริมและมีมาตรการการควบคุมด้านการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายทางด้านค่าไฟฟ้าที่ต้องการจะลดต้นทุนในส่วนทางด้านนี้

5.7.1.1. **ลักษณะของตลาด**

ตลาดเป็นกลุ่มของบุคคลหรือองค์กรที่มีความต้องการและอำนาจซื้อและมีความเต็มใจที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ ซึ่งตลาดจำหน่ายผลิตภัณฑ์มิเตอร์ไร้สายอัจฉริยะแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มได้แก่

1) กลุ่มของตลาดผู้ผลิต (Producers Market) หรือ ตลาดอุตสาหกรรม (Industrial Market) หรือตลาดธุรกิจ (Business Market) ได้แก่ ตลาดของกลุ่มผู้ประกอบการโรงงานต่าง ๆ ที่ต้องการสินค้าหรือบริการ เพื่อใช้ในการผลิต เพื่อขาย หรือ จำหน่ายต่อไป ตลาดผู้ผลิตประกอบด้วย กลุ่มของอุตสาหกรรมโรงงานต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านการเกษตร การป่าไม้ การอุตสาหกรรม การก่อสร้าง การสื่อสาร เป็นต้น
2) ตลาดผู้ขายต่อ (Reseller Market) เป็นตลาดที่จัดหาผลิตภัณฑ์โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อขายต่อ เพื่อแสวงหาผลกำไร ตลาดผู้ขายต่อประกอบด้วยผู้ค้าส่งและผู้ค้าปลีก เช่น ร้านไฟฟ้าขายปลีกทั่วประเทศ
3) กลุ่มของตลาดผู้บริโภคขั้นสุดท้าย (Consumer Market) เป็นกลุ่มของผู้ที่ซื้อสินค้าไปใช้ในบ้านเรือนของตนเอง ถือเป็นการบริโภคขั้นสุดท้าย เช่น การสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ผ่านทางหน้าเว็บไซต์ เป็นต้น

5.7.1.2. ขนาดและแนวโน้มของตลาด

ปริมาณการนำเข้าสุทธิมิเตอร์ตามพิกัดอัตราภาษีกรมศุลกากรที่ พิกัดเลขที่ (HS-CODE) 90283010000 เครื่องวัดการจ่ายไฟฟ้าชนิดกิโลวัตต์ – ชั่วโมง (Gas, liquid or electricity supply or production meters, including calibrating meters) therefore. –

→ Electricity meters

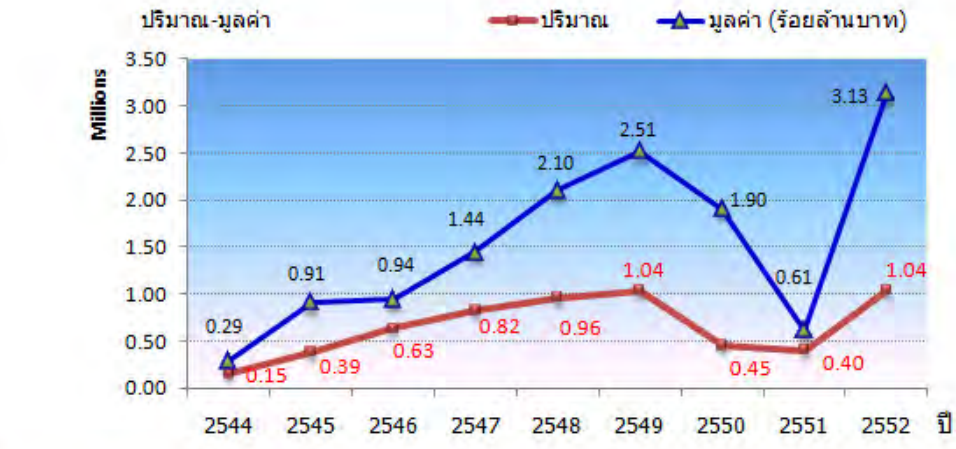
→Watt-hour and kilowatt-hour meters

ตาราง 5-3 ปริมาณการนำเข้าเครื่องวัดกิโลวัตต์ของประเทศที่มียอดนำเข้าสูงสุด

ประเทศ \ ปี	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
CHINA	153,297	360,590	616,814	782,104	884,178	975,961	399,037	149,773	709,010
SINGAPORE	15	30	18	6	-	4	41,218	241,781	302,013
UNITED STATES	20	16	21	20	29	-	13,050	3,088	17,194
JAPAN	766	4,790	1,479	708	779	1,589	539	2,816	2,235
TAIWAN	10	14	6	8,592	-	-	161	50	202
FRANCE	101	4	3	19	6,855	-	6	2	2
SWITZERLAND	1	3	-	-	-	-	-	-	6,120
SLOVENIA	-	-	-	-	2	-	-	1,832	3,147
ITALY	14	124	966	420	202	24	22	50	113

ที่มา: กรมศุลกากร เรียงลำดับจากปี 2552 [43]

ตาราง 5-3 ปริมาณการนำเข้าเครื่องกิโลวัตต์ของประเทศที่มียอดนำเข้าสูงสุดได้แก่ ประเทศจีน ซึ่งจะกลายเป็นผู้นำด้านการผลิตมิเตอร์รายใหญ่ที่สุดของโลก จากแนวโน้มอุตสาหกรรมทางด้านนี้ เนื่องจากมิเตอร์วัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้วัดดูปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ยิ่งมีการพัฒนาโดยการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาผนวกกับเครื่องวัด เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพและมาตรฐานให้มีความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น แนวโน้มในอนาคตอาจมีการรวมกับมิเตอร์ในการวัดปริมาณการใช้น้ำ ก็จะมีธุรกิจใหม่ ๆ เติบโตเพื่อรองรับการใช้งานที่มีจำนวนปริมาณเพิ่มมากขึ้น ในการตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคในอนาคต ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 5-4



ปี	2544	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
ปริมาณ	154,418	385,278	630,385	823,576	962,264	1,039,192	454,250	399,867	1,040,284
มูลค่า (ร้อยล้านบาท)	286,300	907,908	940,076	1,441,997	2,097,336	2,510,534	1,901,330	609,909	3,127,568

รูปที่ 5-4 ปริมาณมูลค่าการนำเข้าเครื่องวัดกิโลวัตต์มิเตอร์ตั้งแต่ปี 2544-2552

ที่มา: กรมศุลกากร [43]

จากรูปที่ 5-4 ข้อมูลนำเข้า ส่งออกข้างต้น จะเห็นว่าผลิตภัณฑ์มิเตอร์มีอัตราเติบโตอย่างต่อเนื่องและสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตลาดอุตสาหกรรมการผลิตมิเตอร์ พบว่ามีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2546 เป็นต้นมา และช่วงในปี 2551 มีการลดลง เนื่องจากเศรษฐกิจตกต่ำ แต่ก็แนวโน้มขยับขึ้นสูงในปีต่อมา โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศแถบยุโรปและสแกนดิเนเวีย มีความสนใจและให้ความสำคัญกับการติดตั้งมิเตอร์เพื่อวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง (Real time) เป็นจำนวนมาก และในกลุ่มประเทศต่าง ๆ เช่น ประเทศจีน ได้มีการประกาศเพิ่มกำลังการผลิตในอุตสาหกรรมมิเตอร์ โดยประเทศจีนเป็นตลาดหลักในการผลิตและกลายเป็นผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุด

ในโลก โดยจำนวนการผลิตอยู่ที่ 1.4 พันล้านมิเตอร์ต่อปี จากปริมาณมิเตอร์ทั้งหมดที่มีในปัจจุบัน 107 ล้านมิเตอร์รวมทั้งมิเตอร์เก่าและมิเตอร์ใหม่

จากการศึกษาความต้องการพยากรณ์ตลาดโลกจาก 184 ทั่วโลก พบว่า ความต้องการมิเตอร์นี้มีความต้องการเพิ่มสูงขึ้น 125 พันล้านมิเตอร์ภายในปี 2554 มีการเติบโตสูงถึงเฉลี่ยปีละ 3.1% ตลาดที่ใหญ่ที่สุด 15 ตลาด อยู่ในยุโรป เอเชีย และอเมริกา โดยมีความต้องการตลาดสูงถึง 80% ของมูลค่าตลาดรวม

5.8. การนำผลิตภัณฑ์ออกสู่เชิงพาณิชย์

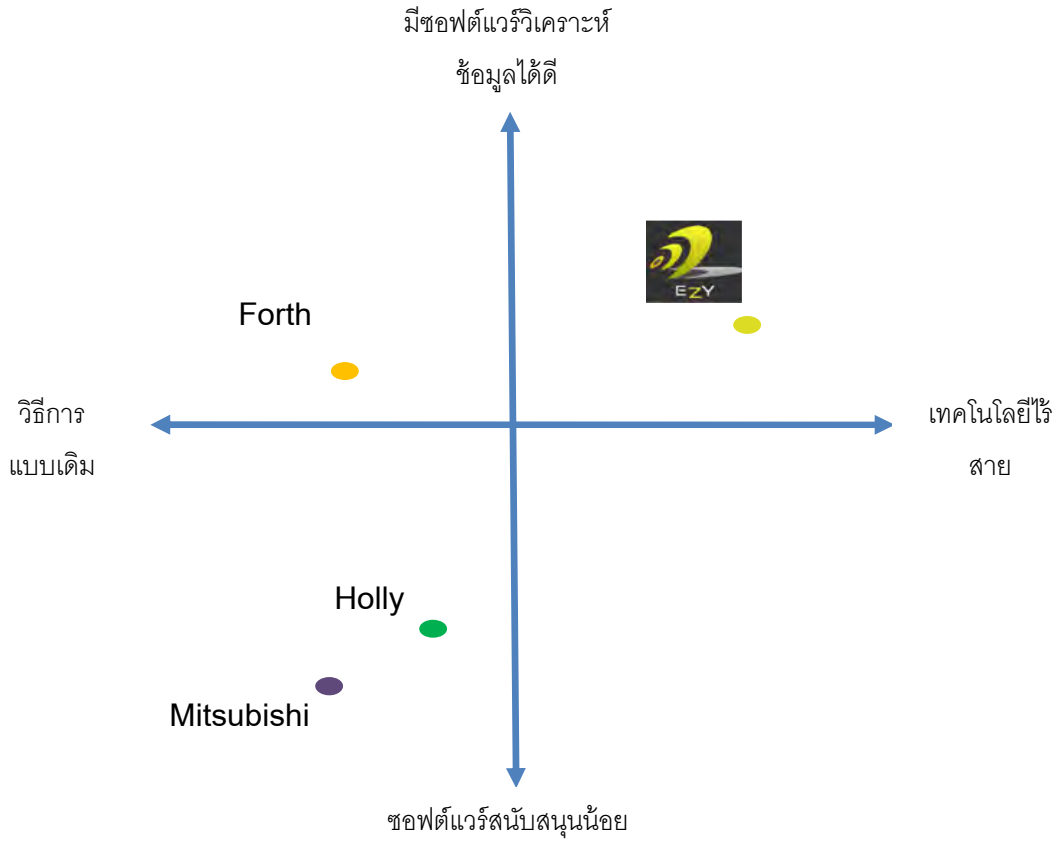
การนำผลิตภัณฑ์ออกสู่เชิงพาณิชย์เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นช่วงของการการเงินเพื่อนำมาลงทุนสูงสุด โดยใช้เครื่องมือที่ได้รับจากแบบสอบถามในการนำมาพิจารณาตัดสินใจนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด และใช้กลยุทธ์ตามตลาดเป้าหมาย (Target Marketing) โดยพิจารณาจาก 3 ส่วน ดังนี้

5.8.1.กลยุทธ์การตลาดตามเป้าหมาย

การวางกลุ่มตลาดเป้าหมาย ใช้ระดับการแบ่งส่วนแบ่งทางการตลาด โดยแบ่งส่วนประสมทางด้านการตลาดได้แตกต่างกันอย่างชัดเจน หลักเกณฑ์ในการแบ่งส่วนตลาดผู้บริโภคอาศัยข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามทางด้านข้อมูลทั่วไปและปัจจัยการยอมรับทางด้านต่าง ๆ ของผู้ประกอบการ โดยเจาะจงตลาดอุตสาหกรรม (Industrial market) หรือตลาดธุรกิจ (Business Market) ซึ่งต้องการสินค้าใช้เพื่อการผลิตหรือขาย เป็นตลาดในการทำกลยุทธ์หลัก

5.8.1.1.การวางตำแหน่งของผลิตภัณฑ์

นวัตกรรมผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เพิ่งเข้าสู่ตลาดและมีความแตกต่างจากมิเตอร์ทั่วไปที่จำหน่ายอยู่ตามท้องตลาดเนื่องจากเป็นนวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย โดยไม่จำเป็นต้องติดตั้งสายใด ๆ เพิ่มเติม จึงได้วางตำแหน่งผลิตภัณฑ์เป็นผลิตที่เป็น Blue Ocen เนื่องจากยังไม่มีคู่แข่งรายใดผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดนี้ออกมา มีลักษณะพิเศษทั้งการลดระยะเวลาในการจดบันทึก และสามารถเก็บเป็นฐานข้อมูลให้แก่ผู้ประกอบการในการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า จึงถือเป็นเครื่องมือที่อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ประกอบการ อีกทั้งมิเตอร์มีประสิทธิภาพและความเที่ยงตรงแม่นยำได้ระดับตามมาตรฐาน จากประโยชน์ดังกล่าว จึงต้องทำการวิเคราะห์กำหนดตำแหน่งผลิตภัณฑ์ เพื่อสร้างการนำเสนอคุณสมบัติที่สามารถครองใจผู้บริโภค



รูปที่ 5-5 กำหนดตำแหน่งทางด้านผลิตภัณฑ์ (Product Positioning)

การกำหนดตำแหน่งทางด้านผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 5-5 เป็นการสร้างลักษณะเด่นของผลิตภัณฑ์ เพื่อสร้างความรับรู้ถึงภาพลักษณ์ทางการตลาด การกำหนดการวางตำแหน่งผลิตภัณฑ์เป็นการรับทราบถึงตำแหน่งลักษณะเด่นที่ตรงกับความต้องการของตลาด ระหว่างความสามารถของระบบในการวิเคราะห์ข้อมูล และความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง โดยไม่จำกัดเฉพาะผลิตภัณฑ์ในกลุ่มมิเตอร์แบบไร้สาย สามารถสรุปได้ว่า มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายมีระบบในการวิเคราะห์ได้อย่างดีและมีซอฟต์แวร์ในการสนับสนุนเพื่อวิเคราะห์การใช้

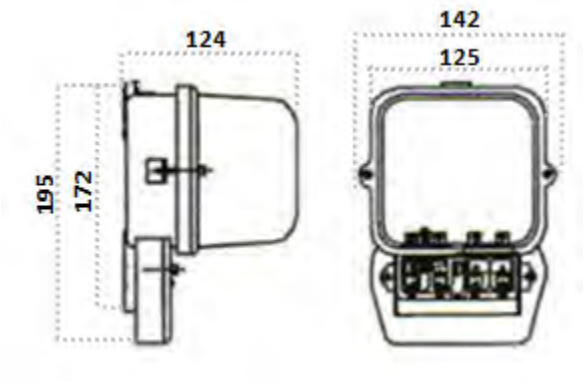
5.8.1.2.**การวิเคราะห์ส่วนประสมทางการตลาด** (4P's)

5.8.1.2.1.**ผลิตภัณฑ์** (Product)

แนวคิดของผลิตภัณฑ์นั้นจำเป็นต้องดูองค์ประกอบเหล่านี้ คือ คุณลักษณะผลิตภัณฑ์ ตราสินค้าและโลโก้ รวมถึงรูปแบบบรรจุภัณฑ์และฉลากสินค้า

1) **ลักษณะผลิตภัณฑ์**

รูปแบบของผลิตภัณฑ์เป็นมิเตอร์ที่อยู่ในกลุ่มเครื่องวัดไฟกิโลวัตต์ฮาว์ ขนาดมาตรฐาน มีคำอธิบายอย่างชัดเจน ประสิทธิภาพในการวัดเที่ยงตรง มีเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ในตัวมิเตอร์ จากคุณลักษณะดังกล่าวมีความโดดเด่นและควรรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไว้เป็นหลัก



รูปที่ 5-6 แสดงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 5-6 แสดงถึงลักษณะและขนาดของผลิตภัณฑ์มิเตอร์ ขนาดด้านหน้ากว้าง* ยาว*ลึก (142* 195*124 หน่วยเป็นมิลลิเมตร) สำหรับกลยุทธ์ที่นำมาใช้ในเรื่องของคุณลักษณะผลิตภัณฑ์ จะมีการรับประกันสินค้า โดยอายุการใช้งาน 10 ปี นับตั้งแต่วันที่เริ่มผลิต การรับประกันคุณภาพ ทางบริษัทรับประกันคุณภาพ 5 ปี นับแต่วันที่ลูกค้าซื้อไปใช้งาน หากมีการเสียหายซึ่งเกิดจากตัวผลิตภัณฑ์เอง จะมีเปลี่ยนสินค้าให้ โดยจะมีพนักงานเข้าไปดูแลและซ่อมบำรุงตลอดการรับประกันคุณภาพ ให้มีคุณภาพที่ดีตลอดอายุการใช้งาน

2) **ตราสินค้าผลิตภัณฑ์**

กลยุทธ์ที่สำคัญที่ทำให้ลูกค้าจดจำผลิตภัณฑ์นั้น จำเป็นต้องมีตราสินค้า เพื่อให้ลูกค้าจดจำภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ได้ นวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย ผู้วิจัยได้ตั้งแนวคิดของผลิตภัณฑ์โดยใช้ชื่อ “Ezy Power Meter” เพื่อสื่อให้เห็นถึงความไม่ยุ่งยากในการติดตั้ง ความสะดวกสบาย และเทคโนโลยีโดยบ่งบอกคุณประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ด้านหน้าของกล่อง และตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เป็นอย่างดี สำหรับชื่อ “Ezy Power Meter” เป็นชื่อใหม่สำหรับตลาดของผลิตภัณฑ์มิเตอร์และยังไม่เป็นที่รู้จักในประเทศไทย อีกทั้งยังไม่มีการผลิตออกมาขายตามท้องตลาด เพื่อตอกย้ำและส่งเสริมให้ตราสินค้าเป็นที่รู้จักมากขึ้น

รูปที่ 5-7 ลักษณะตราสินค้า ชื่อ "Ezy Power Meter"

ตราสินค้า "Ezy Power Meter" สื่อถึงความง่ายและไม่ยุ่งยากในการติดตั้ง ให้ผู้บริโภครู้สึกถึงความสะดวก และสามารถติดต่อสื่อสารกันอย่างไร้สายในการเชื่อมโยงถึงกันได้ทั่วโลก

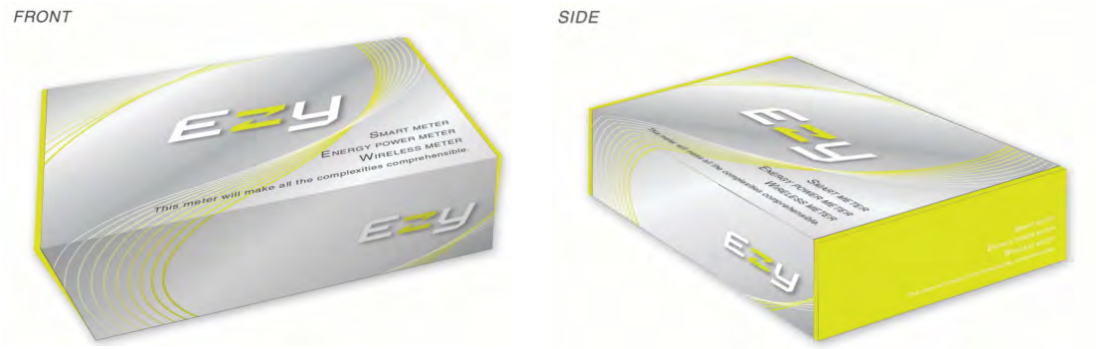
โดยได้ใช้แนวคิดในการสื่อผลิตภัณฑ์ให้กลุ่มเป้าหมายทราบ ดังนี้

"Ezy Power Meter" เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถในการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้แบบ Real time ตามจุดต่าง ๆ ที่ต้องการวัด มีความแม่นยำและถูกต้องการในการแสดงค่าพลังงาน วัดค่าพลังงานได้หลายค่า สำหรับการติดตั้งนั้นสามารถติดตั้งได้โดยไม่ต้องเดินคู่สายภายในใหม่ และติดตั้งตามจุดของโรงงานที่ต้องการตรวจสอบปริมาณการใช้ไฟฟ้า ในการใช้คู่สายเดิมต่อเข้ากับตัวมิเตอร์อัจฉริยะ และสามารถทำงานร่วมกัน โดยส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์ตัวประสานกลาง (Coordinator) เพื่อดูการใช้ปริมาณไฟฟ้าได้อย่างทันที

สำหรับมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย จะมีอุปกรณ์ Zigbee ในการส่งค่าผ่านระบบการอ่านค่าอัตโนมัติ ระหว่างตัวมิเตอร์ โดยส่งข้อมูลการวัดค่าพลังงานไฟฟ้าไปเก็บที่ฐานข้อมูลเพื่อประมวลผลข้อมูล ให้ผู้ใช้สามารถทำการตรวจสอบการใช้งานได้ตลอดเวลาผ่าน Personal Computer เครื่อง Notebook หรือ Mobile Phone ในการแสดงผลการวิเคราะห์ ตามแต่ละเมนูในการเรียกใช้งาน

3) รูปแบบบรรจุภัณฑ์และฉลากสินค้า

รูปแบบบรรจุภัณฑ์และฉลากสินค้า เพื่อให้ผู้บริโภคมีความมั่นใจในตัวผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานและคุณภาพ จึงได้มีการบรรจุภัณฑ์ในกล่องกระดาษ ตามรูปที่ 5-8



รูปที่ 5-8 แสดงลักษณะบรรจุภัณฑ์ภายนอกของมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย

ลักษณะบรรจุภัณฑ์ภายนอกของมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย ภายใต้ตราสินค้า “Ezy Power Meter ” ลักษณะภายนอกจะมีความทันสมัย ออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้ดูถึงการเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยีทางด้านมิเตอร์แบบไร้สาย เน้นเข้าถึงการสื่อสารระหว่างเทคโนโลยีในยุคปัจจุบัน โดยใช้สีโทนเหลืองเขียว ให้มีลักษณะออกแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งแตกต่างกับผลิตภัณฑ์อนุรักษ์พลังงานทั่ว ๆ ไป ที่ใช้สีเขียวธรรมชาติในการสื่อเท่านั้น

รูปที่ 5-9 แสดงลักษณะบรรจุภัณฑ์ภายในกล่องผลิตภัณฑ์

จากรูปที่ 5-9 แสดงถึงลักษณะบรรจุภัณฑ์ภายในกล่อง ประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 ชิ้น ได้แก่ มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย ตัวควบคุมประสานกลาง (Coordinator) และ แผ่นซีดีซอฟต์แวร์เพื่อใช้ในการติดตั้งโปรแกรม ส่วนคู่มือจะแสดงไว้ในแผ่นซีดีในการติดตั้งตามขั้นตอน ภายในกล่อง

จะมีตราสินค้าประทับในแต่ละผลิตภัณฑ์ และแสดงรายละเอียดของสินค้าตามข้อกฎหมายกำหนด ได้แก่ ตราสินค้า เครื่องหมายมาตรฐานอุตสาหกรรม ชื่อที่อยู่ของบริษัทผู้ผลิต วันที่ผลิต ขนาดและรุ่น เป็นต้น

5.8.1.2.1. **ราคา** (Price)

จากการศึกษาวิจัยข้อมูลจากแบบสอบถามหรือผู้ประกอบการโรงงานทั่วไป การกำหนดกลยุทธ์ทางด้านราคาเป็นสิ่งจำเป็นในการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นการตั้งราคาจะกำหนดราคาสูงกว่าคู่แข่ง โดยเน้นประโยชน์ของความง่ายต่อการติดตั้ง ไม่ต้องเดินสายอื่นเพิ่มเติม ประสิทธิภาพมีมาตรฐานรับรองความแม่นยำในการวัดข้อมูล และใช้เทคโนโลยีในการสื่อสารไร้สายเพื่อการรองรับถึงความไม่ยุ่งยากต่อการติดตั้งในอนาคต และได้รับ ISO 9001:2000 รับรองการผลิต โดยใช้เกณฑ์ในการกำหนดมาตรฐานราคาและคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างราคาและคุณภาพ (Price-Quality association) เมื่อเปรียบเทียบกับวงการธุรกิจการขายอุปกรณ์มิเตอร์ทั่ว ๆ ไป คือ ใช้ราคาต้นทุนเป็นฐาน แล้วบวกกำไรตามที่กำหนด ซึ่งได้ราคาตั้งอยู่ที่ 20,000 บาทต่อ 1 ชุด ประกอบไปด้วย มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย 3 ตัว ตัวประสานกลาง (Coordinator)1 ตัว และซอฟต์แวร์ Energy Information System สำหรับติดตั้ง 1 แผ่น โดยใช้หลักการบวกเพิ่มแบบ Markup Pricing ทำการเทียบเคียงกับราคาของคู่แข่งอื่น ๆ เพื่อให้สามารถแข่งขันผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด เนื่องจากชื่อเสียงของตราสินค้ายังไม่เป็นที่แพร่หลาย ในตลาดมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้า แต่เมื่อบริษัทต้องการรักษาภาพลักษณ์ที่ดีของทางบริษัท และเป็นความเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยี ดังนั้นการกำหนดราคาขายต่ำเกินไป อาจส่งผลต่อภาพลักษณ์ของบริษัทได้

5.8.1.2.2. **ช่องทางการจัดจำหน่าย** (Place)

ในช่วงแรกผลิตภัณฑ์อาจไม่เป็นที่ยอมรับมากนัก จึงทำการวิเคราะห์ โดยเริ่มจำหน่ายให้กับผู้ประกอบการ สร้างแบรนด์ให้เป็นที่รู้จักแก่ผู้บริโภค

ช่องทางการจัดจำหน่ายมีอยู่ 2 ช่องทางหลัก ๆ ได้แก่ ช่องทางการจัดจำหน่ายผ่านศูนย์แสดงสินค้า (Road show) งานแสดงจัดนิทรรศการต่าง ๆ หรืออีกวิธีหนึ่งทำการ จำหน่ายช่องทางทางเว็บไซด์ ในการโฆษณาและสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ เนื่องจากมีเว็บไซด์ดำเนินธุรกิจได้โดยตรง สำหรับโครงการในอนาคตใช้วิธีกระจายสินค้าตามร้านค้าปลีกที่จำหน่ายอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ทั่วประเทศในการเพิ่มช่องทางการการทำตลาดในกลุ่มเป้าหมายของกลุ่มประเภทผู้ใช้ทั่วไป โดยอาจมีพนักงานขายตรงเข้าไปให้คำแนะนำเกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์เพื่อเข้าถึงกลุ่มลูกค้าได้มากยิ่งขึ้น ใช้

กลยุทธการโฆษณาผ่านสื่อต่างๆ เช่น สื่อสิ่งพิมพ์ โดยใช้ช่องทาง Below the line ในการแนะนำแก่ผู้ประกอบการในช่วงระยะแรก

5.8.1.2.1. **การส่งเสริมทางการตลาด** (Promotion)

ผลิตภัณฑ์นวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะ เป็นสินค้าใหม่ที่ต้องการการทำสื่อประชาสัมพันธ์เนื่องจากตราสินค้ายังไม่เป็นที่รู้จักมากนัก จึงจำเป็นต้องเผยแพร่ข้อมูลและความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่โดดด่นเพื่อให้กลุ่มลูกค้าจดจำและรับรู้ในตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่งเสริมการรับรู้แก่กลุ่มลูกค้า ผ่านสื่อต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) ออกนิทรรศการตามงานแสดงสินค้าอุตสาหกรรมต่าง ๆ

จัดโปรโมชั่นเมื่อลูกค้าทำการซื้อสินค้าผ่านศูนย์แสดงสินค้าลดเปอร์เซ็นต์สำหรับงานแสดงสินค้าโดยเฉพาะ ให้ค่าคอมมิชชั่นผู้ขายเมื่อขายสินค้าได้ผ่านการจัดงาน Road show หรือนิทรรศการ เพราะทำให้ผู้ใช้ได้รู้จักผลิตภัณฑ์และให้คำแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์ และตอบข้อซักถามเมื่อลูกค้ามีความสนใจในตัวผลิตภัณฑ์และเป็นการกระตุ้นให้เกิดการขายไปในตัวด้วย

2) อินเทอร์เน็ต เว็บไซด์

นวัตกรรมผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะมีช่องทางการโฆษณาผ่านอินเทอร์เน็ตที่ทางผู้ผลิตมีสื่อในการเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคอยู่แล้ว เนื่องจากผู้บริโภคสามารถเข้าถึงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ผ่านทางเว็บแอพลิเคชัน ส่งเสริมความรู้ทางด้านงานวิจัยและมิเตอร์ มี web board ในการให้คำปรึกษาและคำแนะนำเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์

3) สื่อสิ่งพิมพ์ วารสาร โปสเตอร์หรือป้ายประกาศตามร้านค้าปลีก

มีแผ่นพับโฆษณา เอกสารบรรยายลักษณะของผลิตภัณฑ์ มาตรฐานที่ได้รับ เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือของตัวผลิตภัณฑ์และส่งเสริมภาพลักษณ์ที่ดีให้แก่ลูกค้า ลงผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่รู้จักสำหรับจัดโปรโมชั่นเมื่อสั่งซื้อผ่านช่องทางต่างๆ เป็นต้น

4) พนักงานขาย

พนักงานขายจะมีพนักงานขายตรงให้คำแนะนำสำหรับร้านค้าขายปลีก และติดตามบริการหลังการขายของผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับการใช้งาน ซึ่งจะคอยแนะนำลูกค้าและดูแลลูกค้าเกี่ยวกับตัวผลิตภัณฑ์เบื้องต้น

5.9. การคาดการณ์ถึงปัญหาและพัฒนาแผนสำรองฉุกเฉิน

การออกผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ สู่ตลาด จำเป็นต้องมีการวางแผนพัฒนาแนวทางในการรองรับกรณีที่การขายไม่เป็นไปตามที่ตั้งเป้าหมายในการขายไว้ การคาดการณ์ถึงปัญหาและพัฒนาแผนสำรองฉุกเฉินเพื่อควบคุมปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต วางแผนในการรองรับเหตุการณ์ไว้ 3 กรณี ได้แก่

5.9.1. กรณีที่สินค้าไม่สามารถขายได้ตามที่คาดการณ์ไว้

กรณีที่สินค้าไม่สามารถขายได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือ ยอดขายได้ต่ำกว่าที่คาดการณ์ไว้ ต่ำกว่าร้อยละ 5 ในระยะเวลา 6 เดือนแรก หลังจากวางตลาด จึงต้องทำการวิเคราะห์ปัจจัยทางด้านต่าง ๆ เพื่อประเมินความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นต่อไปเมื่อสินค้าไม่สามารถขายได้ตามที่คาดการณ์ไว้ หลังจากการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์

1) หาสาเหตุที่สินค้าไม่สามารถขายได้ตามเป้าหมายที่กำหนด โดยทำการวิเคราะห์ถึงสภาพตลาดโดยรวมและจุดด้อยของทางบริษัทเมื่อเปรียบเทียบยอดขาย
2) ปรับปรุงส่วนผสมทางการตลาด ทั้งทางด้านผลิตภัณฑ์เพื่อหาประโยชน์และความต้องการของผู้บริโภคอย่างแท้จริง
3) ส่งเสริมจัดและสื่อโฆษณาเพื่อการรับรู้ของผลิตภัณฑ์ให้มากยิ่งขึ้น โดยเข้าถึงช่องทางการจัดจำหน่ายและวิเคราะห์ยอดขายของแต่ละช่องทางเพื่อหาแนวทางในการทำการวางสินค้าเพิ่มเติม อีกทั้งยังเป็นการลดค่าใช้จ่ายและหาแนวทางในการวิเคราะห์หาช่องทางการจัดจำหน่ายใหม่
4) รักษาราคาคงเดิม แต่อาจเพิ่มของแถมควบคู่ไปกับผลิตภัณฑ์
5) ลดการสั่งซื้อวัตถุดิบและส่วนประกอบของอุปกรณ์ในรอบถัดไป
6) ปรับลดค่าใช้จ่ายทางด้านอื่น ๆ ที่ไม่จำเป็นออก เพื่อชะลอค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้น
7) ลดกำลังการผลิตในรอบถัดไป เพื่อลดการเพิ่มขึ้นของสินค้าคงคลัง

5.9.2. กรณีมีคู่แข่งวางตลาดผลิตภัณฑ์ลักษณะเดียวกันวางจำหน่าย

กรณีมีคู่แข่งวางตลาดผลิตภัณฑ์ลักษณะเดียวกันวางจำหน่ายภายใน 6-12 เดือน ต้องทำการวิเคราะห์ด้านต่าง ๆ ดังนี้

1) เพิ่มความหลากหลายของสินค้า รุ่น หรือประเภท โดยทำการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ใหม่ก่อนกำหนด
2) ปรับปรุงสินค้าให้มีจุดแข็งเหนือคู่แข่ง

3) วิเคราะห์เปรียบเทียบผลิตภัณฑ์รวมทั้งข้อดีและข้อเสียของบริษัทและบริษัทคู่แข่ง เพื่อนำมาปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีความสามารถโดดเด่นเหนือคู่แข่ง
4) เน้นความจงรักภักดีต่อตราสินค้า โดยส่งเสริมให้เกิดภาพลักษณ์และความเชื่อมั่นในตัวผลิตภัณฑ์ให้เกิดขึ้นกับลูกค้า
5) ปรับแผนทางด้านการเงินให้สอดคล้องกับยอดขายที่คาดเคลื่อนที่ได้คาดการณ์ไว้
6) ส่งเสริมจัดกิจกรรมทางการตลาดตามงานจัดแสดงสินค้าต่าง ๆ เพื่อแสดงสินค้าให้เกิดความมั่นใจในผลิตภัณฑ์ได้มากยิ่งขึ้น

5.9.3. **กรณีขายสินค้าได้เกินกว่าที่คาดการณ์ไว้**

กรณีขายสินค้าได้เกินกว่าที่คาดการณ์ไว้ กล่าวคือ ยอดขายจริงสูงกว่ายอดขายที่คาดการณ์ไว้ คือ ร้อยละ 15 ในเวลา 6 เดือนแรกหลังจากวางตลาด จะต้องทำการวิเคราะห์หาแนวทางดังต่อไปนี้

1) เพิ่มกำลังการผลิตให้สูงขึ้นเพื่อเพียงพอกับความต้องการของผู้บริโภค
2) เพิ่มปริมาณสินค้าตามแต่ละช่องทางการจัดจำหน่ายให้มากยิ่งขึ้น
3) เพิ่มสื่อประชาสัมพันธ์และรายการส่งเสริมการขายเพื่อให้ตราสินค้าเป็นที่รู้จักและสร้างความจงรักภักดี (Loyalty brand) ของตราสินค้า
4) จัดหาแหล่งวัตถุดิบเพิ่มเติมเพื่อตอบสนองให้กำลังการผลิตพอเพียง
5) วางแผนทางด้านงบประมาณเพื่อให้สัมพันธ์ระหว่างกำลังการผลิตและยอดขายที่เพิ่มมากขึ้น

5.9.4. **กรณีมีคู่แข่งมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ออกมาจำหน่าย**

ควรมีหน่วยงาน R&D ในการพัฒนาปรับปรุงผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ อย่างต่อเนื่อง และป้องกันผลิตภัณฑ์ล้าสมัย โดยทำการศึกษาความต้องการของผู้บริโภค เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

5.9.5. **กรณีวัตถุดิบขาดแคลน**

อาจต้องทำการต่อรองกับลูกค้า เพื่อขยายเวลาของการผลิต หรือแถมสินค้าให้พิเศษเพื่อทดแทนค่าเสียหาย และทำการพยากรณ์เหตุการณ์ขาดแคลนวัตถุดิบในระยะยาว จำเป็นต้องลดกำลังการผลิตลง และซื้อวัตถุดิบจากแหล่งอื่น อาจทำให้ต้นทุนด้านราคาสินค้าปรับตัวสูงขึ้นได้

บทที่ 6

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในบทนี้เป็นการสรุปผลงานวิจัยรวมทั้งข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำวิจัย มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย และซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าที่มีระบบการอ่านมิเตอร์แบบอัตโนมัติ จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เป็นการสำรวจความสนใจผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะ
ส่วนที่ 2 เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ และ
ส่วนที่ 3 เป็นส่วนศึกษาความเป็นไปได้ออกสู่เชิงพาณิชย์
จากการดำเนินงานสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

6.1. สรุปผลงานวิจัย

นวัตกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของทางด้านเทคโนโลยีที่เป็นแบบไร้สาย อีกทั้งตอบสนองการลดค่าใช้จ่ายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยนำเทคโนโลยีมาประยุกต์เข้ากับมิเตอร์ให้เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เอื้ออำนวยต่อความสะดวกสบายแก่ผู้บริโภค

6.1.1. การสำรวจการยอมรับต่อแนวความคิดผลิตภัณฑ์ต่อผู้บริโภค

จากการสำรวจกลุ่มผู้บริโภค โดยทำการสำรวจผู้ประกอบการโรงงานทั้งสิ้น 53 โรงงาน พบว่า 66% ของผู้ประกอบการมีความสนใจและให้การยอมรับต่อแนวคิดของผลิตภัณฑ์ต้นแบบนี้ เนื่องจากกลุ่มผู้ประกอบการดังกล่าวมีความต้องการที่จะตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานของตนเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายและสามารถนำไปวิเคราะห์การวางแผนการผลิตได้ในอนาคต อีกทั้งการติดตั้งไม่มีความยุ่งยาก เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายของค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายไปทุกเดือน จากผลการสำรวจข้างต้นเห็นได้ว่าการพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะ มีความเป็นไปได้สูง โดยมีปัจจัยที่ควรคำนึงถึง เพื่อตอบโจทย์ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการผลิตออกสู่ตลาด นั่นก็คือผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ได้ จะต้องมีเป็นอันดับหนึ่งคือความถูกต้องของข้อมูล คุณภาพและประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ ราคาที่เหมาะสม ตามลำดับ

6.1.2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะ พบว่าการพัฒนาตัวผลิตภัณฑ์แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนได้แก่ ส่วนของทางด้านฮาร์ดแวร์ คือส่วนของตัวประสานกลาง ได้ทำการทดสอบการส่งค่าของข้อมูลไปยังฐานข้อมูล พบว่า การส่งค่าเป็นไปได้อย่างถูกต้อง และทางด้านซอฟต์แวร์ สามารถคำนวณได้อย่างถูกต้องและแสดงผลได้อย่างถูกต้อง ส่วนที่ 3 เป็นส่วนทางด้านการตลาด เนื่องจากตลาดยังคงอยู่ในช่วงเติบโตไปตามกระแสการอนุรักษ์และประหยัดพลังงาน ผลิตภัณฑ์นี้จึงมั่นใจว่า สามารถสร้างส่วนแบ่งทางการตลาดและสามารถเป็นผลิตภัณฑ์หน้าใหม่ที่สามารถแข่งขันกับผลิตภัณฑ์เดิมของคู่แข่งได้เป็นอย่างดี ส่งเสริมให้เกิดส่วนแบ่งทางการตลาด ด้วยคุณภาพการผลิตที่มาตรฐาน ผลงานวิจัยนี้ จึงช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับผลิตภัณฑ์ใหม่ได้เป็นอย่างดี

ทางด้านฮาร์ดแวร์ เป็นมิเตอร์ที่สามารถวัดค่าพลังงานและกำลังไฟฟ้าได้หลายค่า อีกทั้งยังใช้เทคโนโลยีไร้สายเข้ามาช่วยในการเรื่องของการสื่อสาร ส่วนของทางด้านซอฟต์แวร์ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบเพื่อให้สามารถรองรับข้อมูลการวัดค่าพลังงานผ่านมิเตอร์อัจฉริยะ เพื่อให้ผู้ประกอบการสามารถนำไปวิเคราะห์และคำนวณค่าใช้จ่ายระหว่างเดือนได้อย่างทันที ตามอัตราและประเภทของการใช้ไฟฟ้า โดยอาศัยสื่อช่องทางของเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นเครื่องมือในการเข้าสู่ระบบจากระยะไกล ซึ่งได้นำแนวคิดของระบบ Client/Server มาใช้ในรูปแบบของเว็บแอพลิเคชัน ซึ่งจำเป็นต้องมีการจำกัดสิทธิ์ของการเข้าดูข้อมูล ผู้วิจัยได้ศึกษาวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้เป็นกรณีศึกษา เพื่อดูการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงาน และพิจารณาความเป็นไปได้ที่นำระบบเข้าไปสนับสนุนเพื่อการวิเคราะห์การใช้พลังงาน ในการคำนวณเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ช่วยลดค่าใช้จ่ายและวางแผนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในการพัฒนาส่วนประกอบทั้งหมดของระบบทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ผู้วิจัยได้พยายามพัฒนาระบบ โดยคำนึงถึงส่วนประสานงานกับผู้ใช้ เน้นความเรียบง่ายในการใช้งาน การวางเมนูในการใช้งาน การควบคุมสิทธิ์ในการเข้าใช้งาน รวมถึงการควบคุมการทำงานได้อย่างถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งทำการทดสอบระบบทั้งในระหว่างการพัฒนาและภายหลังการพัฒนาเสร็จสิ้นแล้ว ผลลัพธ์การส่งข้อมูลระหว่างตัวประสานกลาง ไปยังฐานข้อมูล และส่วนแสดงผลของหน้าเว็บแอพลิเคชัน สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องเป็นไปตามขั้นตอน

6.1.3. การศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์

การศึกษาความเป็นไปได้ของผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง จากการศึกษาความเป็นไปได้ด้านการตลาด พบว่าขนาดของผลิตภัณฑ์มิเตอร์ภายในประเทศยังเป็นขนาดเล็ก และสินค้าที่ขายส่วนใหญ่เป็นผลิตภัณฑ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศหลัก ๆ คือประเทศจีน และบางส่วนสินค้าไม่ได้มาตรฐาน โดยผู้ผลิตที่ผลิตในประเทศไทย ยังคงมีอยู่จำนวนน้อยราย ผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะจึงมีความเป็นไปได้ทางด้านการตลาดที่ดี เมื่อพิจารณาด้านการผลิต โดยกำหนดให้อัตราการเติบโตของตลาดผลิตภัณฑ์ที่ เนื่องจากตลาดของมิเตอร์ไร้สายยังอยู่ในช่วงของการเริ่มเติบโต โดยกำหนดการเติบโตของผลิตภัณฑ์อยู่ที่ 5% ภายในปีแรก

การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากแบบสอบถาม นำมาใช้วิเคราะห์กลยุทธ์เป้าหมายทางด้านการตลาด (Target Marketing) โดยกำหนดให้ตำแหน่งของผลิตภัณฑ์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะโดดเด่นจากผลิตภัณฑ์ทั่วไปในท้องตลาด เนื่องจากมีการนำเทคโนโลยีไร้สายผ่านคลื่นวิทยุเข้ามาประยุกต์ ทั้งในเรื่องของประสิทธิภาพการทำงาน ความถูกต้องในการส่งค่า การคำนวณและการสังเกตการใช้ไฟฟ้าได้แบบ Real time โดยใช้ผลการทดสอบผ่านทางด้านเทคนิคเป็นตัวกำหนดมาตรฐาน สำหรับการจำหน่ายสินค้า จะมีการจำหน่ายภายใต้ตราสินค้า “Ezy Energy Power Meter” ที่ขายทั้งระบบ ชุดละ 20,000 บาท ประกอบด้วยสินค้ามิเตอร์อัจฉริยะ 3 ตัว ตัวประสานกลาง 1 ตัว และซอฟต์แวร์ “Energy Information System” 1 แผ่น ใน 1 ระบบ สามารถติดมิเตอร์สูงสุดได้ไม่เกิน 10 ตัว โดยมีส่วนลดให้กับร้านค้าปลีก 5-10% ช่องทางการจัดจำหน่ายในช่วง 1-3 ปีแรก ใช้กลยุทธ์ทางด้านการขายตรงให้กับร้านค้าปลีก ต่าง ๆ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่จำเป็นต้องเข้าถึงลูกค้าโดยตรง โดยเน้นหนักถึงการให้ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์และการติดตั้งแก่ให้แก่ลูกค้ารวมถึงการวิเคราะห์การใช้พลังงานผ่านทางซอฟต์แวร์ พร้อมทั้งออกแสดงในงานสินค้าต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นผ่านสื่อเว็บไซต์หรือแม้แต่ช่องทางการโฆษณา เพื่อให้ทันกับยุคสมัยของผู้บริโภคในการเจาะเข้าถึงกลุ่มผู้บริโภคได้โดยง่าย อีกทั้งเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือให้แก่ตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งถือว่าเป็นแนวทางหนึ่งในการเติบโตของสินค้าให้สามารถผลิตได้ในประเทศ

6.2. **แนวทางในการพัฒนาต่อ**

1) สามารถนำไปพัฒนาในการวางแผนในการเขียนแผนธุรกิจเพื่อเสนอผู้ประกอบการต่อไป
2) เป็นต้นแบบสำหรับผู้ใช้ไฟทุกประเภทในการลดระยะเวลาในการติดตั้ง ส่งผลให้ผู้ใช้ไฟฟ้าหรือผู้ประกอบการรายย่อยสามารถตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างทันท่วงที
3) การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ออกสู่ตลาดในอนาคต เพื่อรักษาความสามารถและเพิ่มส่วนแบ่งของตลาด เนื่องจาก คาดว่าคู่แข่งอาจพัฒนาแนวทางและสามารถเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคได้
4) มีการขออนุญาตกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม มอก. ในการพัฒนามาตรฐาน
5) มีการวิจัยและการพัฒนาผลิตภัณฑ์อื่นๆ เพื่อออกสู่ตลาดในอนาคต การรักษาส่วนแบ่งทางการตลาดอย่างยั่งยืน ควรที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์รุ่นต่างๆ เพื่อให้ผู้บริโภคเกิดทางเลือกมากยิ่งขึ้น เนื่องจากคู่แข่งสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ออกมาได้เสมอ

6.3.**ข้อเสนอแนะ**

1) หากต้องการเพิ่มยอดขายมากขึ้น ควรเข้าถึงกลุ่มผู้ใช้ไฟหลากหลายประเภท
2) ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ให้มีความแตกต่างจากผลิตภัณฑ์เดิม เพื่อให้เกิดความหลากหลาย
3) ในการดำเนินธุรกิจ ตัวขับเคลื่อนทางธุรกิจที่สำคัญที่ทำให้ธุรกิจสามารถเดินหน้าไปได้อย่างยั่งยืนคือ เจ้าของหรือผู้ประกอบการธุรกิจเอง ดังนั้นการให้ความสำคัญกับระบบและกลไกต่าง ๆ ที่ผสมผสานในการทำธุรกิจ จะต้องให้ความสำคัญกับระบบการตลาด ระบบการขาย ระบบการผลิต วัตถุดิบ หรือระบบบริหารจัดการ เป็นต้น ซึ่งระบบเหล่านี้เชื่อมโยงกันที่จะทำให้การประกอบการธุรกิจประสบผลสำเร็จ และทำให้เป็นตัวผลักดันธุรกิจให้เดินไปได้อย่างยั่งยืน

4) การพัฒนาผลิตภัณฑ์นี้ออกสู่ตลาด จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาและเงินทุนในช่วงแรกเป็นจำนวนมาก สินค้าประเภทนี้มีผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่ายรายใหญ่ที่เป็นผู้นำทางด้านผลิตภัณฑ์นี้อยู่แล้ว การเข้าสู่ตลาดในผลิตภัณฑ์นี้จึงเป็นเรื่องที่ไม่ง่ายนัก ดังนั้นการทำให้มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย นี้เป็นที่รู้จักในตลาด อาจจะต้องทำการขายเทคโนโลยีให้กับบริษัทที่มีประสิทธิภาพหรือโรงงานที่รับจ้างผลิต เพื่อลดต้นทุนและเพื่อส่วนประสมทางการตลาดและให้สามารถเป็นที่รู้จักได้อย่างรวดเร็ว
5) ช่องทางการจัดจำหน่ายในช่วงแรกจะเจาะการขายให้กับร้านค้าปลีกที่เป็นร้านขายปลีกทางด้านอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นการสร้างตราสินค้าให้เป็นที่รู้จักแก่ผู้บริโภคประเภทต่าง ๆ และขายตรงให้กับกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม
6) เพิ่มความสามารถของระบบให้ครบวงจรมากยิ่งขึ้นในส่วนของรายละเอียดปลีกย่อยของมอดูลแต่ละระบบ เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพและรองรับการทำงานของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ทุกประเภทมากยิ่งขึ้น
7) การพัฒนานำไปใช้ในวงกว้างให้สามารถครอบคลุมกับผู้ใช้ได้ทุกประเภทไม่เฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรม

รายการอ้างอิง

[1] พลังงานกระทรวง, สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย ปี 2552. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552.

[2] สุภาวดี บุญยฉัตร. พฤติกรรม ความต้องการ ค่านิยม ของผู้อยู่อาศัยในบ้านแถวจัดสรรกับอัตราการใช้กระแสไฟฟ้า. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี: 24, 2544.

[3] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. วิธีคิดค่าไฟฟ้าอัตรา TOU และ TOD. [ออนไลน์]. 2550. แหล่งที่มา: http://www.pea.co.th/th/rates/rates_tou_tod_ft.htm [2552, ตุลาคม]

[4] Electric Innovation Institute. Automatic Meter Reading (AMR) and Related Customer Service Functions [Online].2004. Available from: http://www.intelligrid.info/IntelliGrid_Architecture/Overview_Guidelines/index.htm [2009, December]

[5] Ergen, S.C. ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary, September 10, 2004.

[6] European Smart Metering Alliance (ESMA) [Online]. 2007. Available from: http://esma home.com/smartMetering/ [2009, December]

[7] IEEE 802.15.4 Std. Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs). 2007.

[8] Tamer, M.S. Khattab, Mahmoud, T. El-Hadidi and Hebat-Allah, M. Mourad. Analysis of Wireless CSMA/CA Network Using Single Station Superposition (SSS). International Journal of Electronics and Communications 56 (January 2002):73-83.

[9] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. [ออนไลน์]. 2000. แหล่งที่มา: http://www.eppo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html [2552, ตุลาคม]

[10] David, J.S. Knowledge Management: Approaches and Policies, David Skyrme Associates Limited, Highelere, England, [Online]. 2002. Available from: www.skyrme.com. [2010, January]

[11] Laurie Williams. Testing Overview and Black-Box Testing Techniques [Online]. 2006. Available from: http://agile.csc.ncsu.edu/SEMaterials/BlackBox.pdf [2010, January]

[12] Jesse James Garrett. Ajax: A New Approach to Web Applications. [Online]. 2005.Available:http://www.adaptivepath.com/ideas/essays/archives/000385.php. [2010, January]

[13] พันธุ์อาจ ชัยรัตน์. บทนำเบื้องต้นของการจัดการนวัตกรรม. หน่วยงานส่งเสริมภาพลักษณ์องค์กร สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ : สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550.

[14] สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. นิยามนวัตกรรม. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.nia.or.th/2009/main/index.php [2552, ตุลาคม]

[15] Thomas, P.H. American Genesis, A Century of Invention and Technological Enthusiasm,1870-1970. Penguin Books New York, NY, USA, 2004.

[16] Business Counsil of Australia, NEW PATHWAYS TO PROSPERITY A NATIONAL INNOVATION FRAMWORK FOR AUSTRALIA, Society for knowledge Economics, November, 2006.

[17] Rogers, E. M. Diffusion of Innovations. 5th ed. New York: Free Press, 2003.

[18] ขวัญชัย ทัศนสาคร. การยอมรับนวัตกรรมในสังคมไทย: กรณีศึกษาเครื่องหมายรับรองความน่าเชื่อถือ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2547.

[19] Annacchino, M. New Product Development: From Initial Idea to Product Management, Boston: Elsevier/ Butterworth Heinemann, 2003.

[20] ณัฐยา สินตระการผล. การบริหารจัดการนวัตกรรม หัวใจในการบริหารธุรกิจ. ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ธรรกมลการพิมพ์, 2550.

[21] Riitta, S. Managing Change towards Lean Enterprises. International Journal of Operations & Production Management 14 (1994):66-82.

[22] รักษ์ วรกิจโภคาทร. การจัดการนวัตกรรมสำหรับผู้บริหาร การจัดการนวัตกรรมทางผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2547.

[23] British Standard 7000-1. Design management systems. Guide to managing innovation. BSI, April 2008.

[24] Johne, A. and Snelson, P. Successful New Product Development: lesson from America and British firms. Blackwell. UK: Oxford, 1988.

[25] Cooper, R., Edgett, S. and Elko, J. K. Portfolio Management for New Products. 2nded. Basic Books, 2001.

[26] Ulrich, K., and Eppinger, S. Product Design and Development. 4thed. Irwin: McGraw-Hill, 2008.

[27] Merle, C., Crawford, M., and Benedetto, A. New products management. 6thed. Boston: McGraw Hill, 1924.

[28] ฟิลลิป ค็อตเตอร์. การจัดการการตลาด. แปลและเรียบเรียงโดย ยุทธนา ธรรมเจริญ และคณะ. กรุงเทพฯ :เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า, 2547.

[29] Gellings, C.W. and Chamberlin J.H. Demand-Side Management: Concept and Methods. United States of America: Prentice-Hall, 1993.

[30] Kreith, F. and West, R. E. CRC handbook of energy efficiency. United States of America: CRC Press, 1997.

[31] Pansini, A. J. and Smalling K.D. Electric Load Management, United States of America: PennWell, 1998.

[32] โอภาส สุขหวาน. การพัฒนาค่าดัชนีพลังงานจำเพาะของการใช้พลังงานไฟฟ้าในที่อยู่อาศัย โดยพิจารณาจากปัจจัยเชิงโครงสร้างและปัจจัยเชิงพฤติกรรม.

วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต, ภาควิชาเทคโนโลยีพลังงาน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2548.

[33] ขจรเดช พิมพ์พิไล และ อิทธิชัย ปรีชาวุฒิพงศ์. ศักยภาพการประหยัดพลังงานในอาคารธุรกิจ 70 แห่ง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงานคณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538.

[34] จตุพร บุญชิต. การใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรมสยามอินเตอร์คอนติเนนตัลและความร้อนเข้าอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2529.

[35] ศานิต ศิริโรจน์. การศึกษาความเป็นไปได้ในการอนุรักษ์พลังงานและการพัฒนา software พื้นฐานในโรงงานรีดเส้นลวดเหล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2543.

[36] ณรงค์ศักดิ์ ศุภพิทักษ์. ศักยภาพการใช้ระบบ Absorption Chiller ในโรงแรมขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2541.

[37] กันต์ธร เก่งพล. การควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงแรมกรณีศึกษา : โรงแรมขนาดกลางและเล็ก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

[38] กัมปนาท สุวรรนาวุธ. การพัฒนาระบบการอ่านมิเตอร์โดยอัตโนมัติผ่านคลื่นวิทยุย่านความถี่ 2.4 GHz ตามมาตรฐาน Zigbee/IEEE 802.15.4. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

[39] F. D. Davis, Bagozzi, R. P., and Warshaw, P. R. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. Management Science 35 (1989): 982-1003.

[40] กรมการจัดหางาน. การจัดประเภทมาตรฐานอุตสาหกรรม (ประเทศไทย) ปี 2552 Thailand standardindustrial classification (TSIC-2009). กรุ งเทพฯ : 2552.

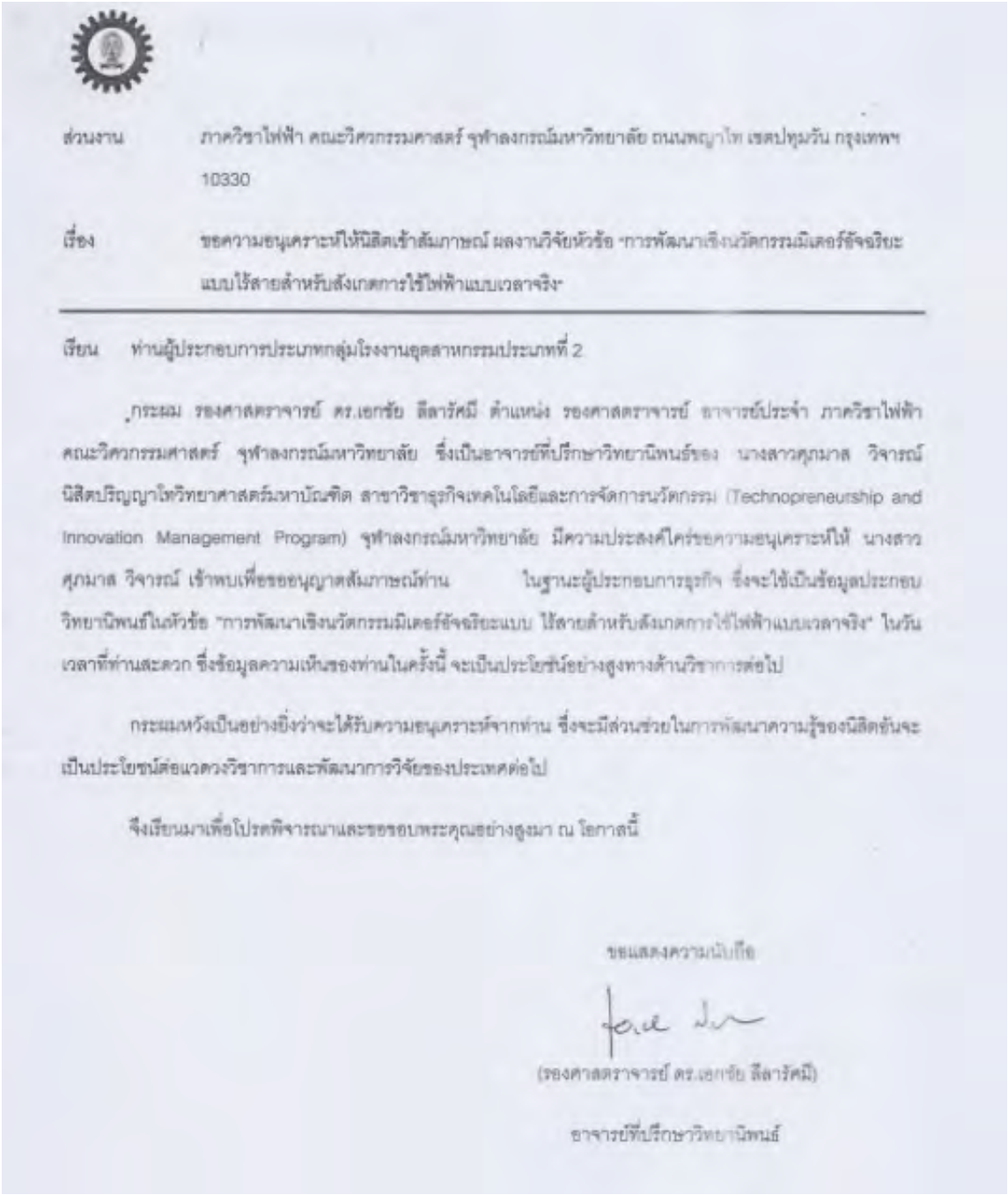
[41] Porter, M. Competitive Strategy. Simon & Schuster, 1998.

[42] สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม The Institute of Industrial Energy. ข้อมูลสถิติการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรม กลุ่มอุตสาหกรรมของสภาอุตสาหกรรม. [ออนไลน์]. 2546. แหล่งที่มา:http://www.iie.or.th/iie2003/survey/ratioByIndustrial.aspx [2553, พฤษภาคม]

[43] กรมศุลกากร The Customs Department. สถิติข้อมูลนำเข้า. [ออนไลน์]. 2006. แหล่งที่มา: http://www.customs.go.th/Statistic/StatisticResult.jsp? [2553, พฤษภาคม]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก



ส่วนงาน ภาควิชาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นิสิตเข้าสัมภาษณ์ ผลงานวิจัยหัวข้อ "การพัฒนาเชิงนวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง"

เรียน ท่านผู้ประกอบการประเภทกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ 2

กระผม รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี ตำแหน่ง รองศาสตราจารย์ อาจารย์ประจำ ภาควิชาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของ นางสาวศุภมาส วิจารณ์ นิสิตปริญญาโทวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม (Technopreneurship and Innovation Management Program) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ให้ นางสาวศุภมาส วิจารณ์ เข้าพบเพื่อขออนุญาตสัมภาษณ์ท่าน ในฐานะผู้ประกอบการธุรกิจ ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลประกอบวิทยานิพนธ์ในหัวข้อ "การพัฒนาเชิงนวัตกรรมมิเตอร์อัจฉริยะแบบ ไร้สายสำหรับสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง" ในวันเวลาที่ท่านสะดวก ซึ่งข้อมูลความเห็นของท่านในครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์อย่างสูงทางด้านวิชาการต่อไป

กระผมหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการพัฒนาความรู้ของนิสิตอันจะเป็นประโยชน์ต่อแวดวงวิชาการและพัฒนาการวิจัยของประเทศต่อไป

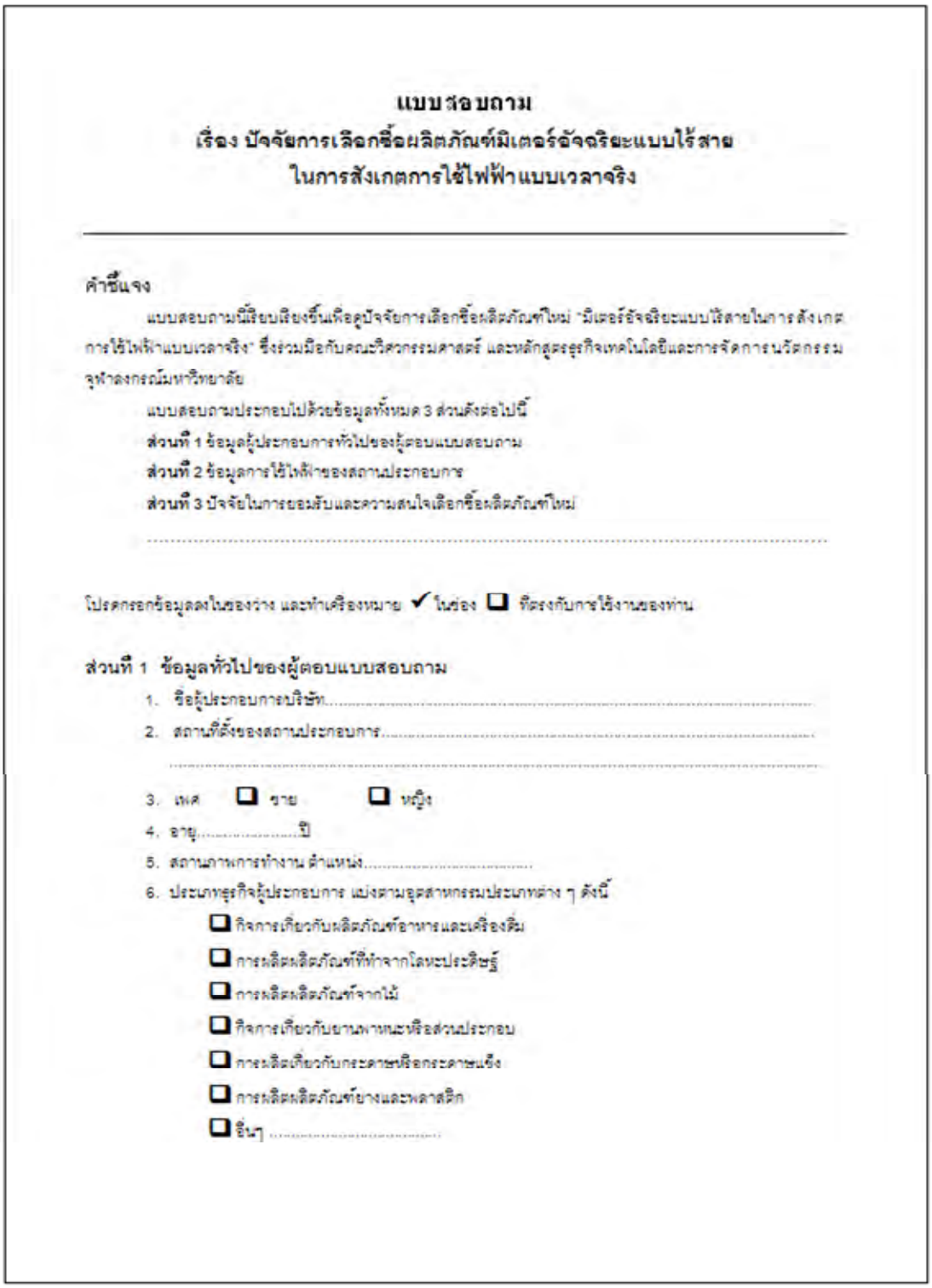
จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รูปที่ ก.1 เอกสารขออนุญาตเข้าสัมภาษณ์



แบบสอบถาม
เรื่อง ปัจจัยการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย
ในการสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้เรียบเรียงขึ้นเพื่อดูปัจจัยการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ใหม่ "มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายในการสังเกตการใช้ไฟฟ้าแบบเวลาจริง" ซึ่งร่วมมือกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ และหลักสูตรธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามประกอบไปด้วยข้อมูลทั้งหมด 3 ส่วนดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ประกอบการทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของสถานประกอบการ

ส่วนที่ 3 ปัจจัยในการยอมรับและความสนใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ใหม่

.....

โปรดกรอกข้อมูลลงในช่องว่าง และทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ❑ ที่ตรงกับการใช้งานของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. ชื่อผู้ประกอบการบริษัท.....
2. สถานที่ตั้งของสถานประกอบการ.....
   .....
3. เพศ ❑ ชาย ❑ หญิง
4. อายุ.....ปี
5. สถานภาพการทำงาน ตำแหน่ง.....
6. ประเภทธุรกิจผู้ประกอบการ แบ่งตามอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ ดังนี้
   - ❑ กิจการเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม
   - ❑ การผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโลหะประดิษฐ์
   - ❑ การผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้
   - ❑ กิจการเกี่ยวกับยานพาหนะหรือส่วนประกอบ
   - ❑ การผลิตเกี่ยวกับกระดาษหรือกระดาษแข็ง
   - ❑ การผลิตผลิตภัณฑ์ยางและพลาสติก
   - ❑ อื่นๆ .....

รูปที่ ก.2 แบบสอบถาม

7. รายได้เฉลี่ยองค์กรต่อเดือน

❑ ต่ำกว่า 50,000 บาทต่อเดือน ❑ 50,001 - 100,000 บาทต่อเดือน

❑ 100,001 - 300,000 บาทต่อเดือน ❑ 300,001 - 500,000 บาทต่อเดือน

❑ 500,001 - 1,000,000 บาทต่อเดือน ❑ 1,000,000 บาทขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของสถานประกอบการ

8. อัตราการใช้ไฟฟ้า ❑ อัตราปกติ ❑ TOU ❑ TOD ❑ ไม่ทราบ

9. ขนาดมิเตอร์ไฟฟ้าของกิจการของท่าน

❑ 5 แอมป์/15 แอมป์

❑ 15 แอมป์/45 แอมป์

❑ 30 แอมป์/100 แอมป์

❑ อื่น ๆ ระบุ.....

10. ระบบไฟฟ้าของธุรกิจท่าน

❑ ไฟ 1 เฟส ❑ ไฟ 3 เฟส

11. ค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้าของสถานประกอบการเฉลี่ยต่อเดือน .....บาท

12. ท่านมีประสบการณ์ที่เกิดจากปัญหาหรือข้อสงสัยเกี่ยวกับข้อมูลค่าไฟฟ้าหรือปัญหาการใช้ไฟฟ้าหรือไม่

❑ มี ความถี่ในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา O< 25% O25-50% O51-75% O>75%

❑ ไม่มี

13. ท่านเคยตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าภายในสถานประกอบการหรือไม่ (รอบ 1 ปีที่ผ่านมา)

❑ เคย ❑ ไม่เคยตรวจสอบ

ส่วนที่ 3 ปัจจัยในการยอมรับและความสนใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์มิเตอร์อัจฉริยะที่โดดเด่นทางด้านการประยุกต์โดยใช้เทคโนโลยีแบบไร้สายจนมาเป็น มิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สาย ที่ทำให้การติดตั้งมิเตอร์ง่ายขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องเดินสายใด ๆ เพิ่มเติม พร้อมด้วยซอฟต์แวร์ในการคุมปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้แบบทันเวลา (Real time) ที่สามารถสืบค้นและคำนวณปริมาณค่าไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว

ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง ❑ ที่ท่านคิดว่าให้ความสำคัญกับปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้มากน้อยแค่ไหน

ด้านการทำงานของซอฟต์แวร์	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
2.1 การนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่ดูง่าย					
2.2 การสืบค้นข้อมูลมีความรวดเร็ว					
2.3 ความถูกต้องของข้อมูล					
2.4 ข้อมูลมีประโยชน์ต่อการนำไปวิเคราะห์ได้เป็นอย่างดี					
2.5 แสดงสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล					
2.6 ความเสถียรของระบบในการใช้งาน					

รูปที่ ก.2 แบบสอบถาม (ต่อ)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
3.1 ด้านราคาของมิเตอร์					
3.2 ด้านคุณภาพของมิเตอร์					
3.2 ด้านประสิทธิภาพและมาตรฐานมิเตอร์					
3.3 ความง่ายต่อการต่อการติดตั้ง					
3.4 ตราสินค้าเป็นที่รู้จัก					
3.5 มีการนำเทคโนโลยีมาใช้					
3.6 ความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์					
อื่นๆ					

หากมีผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ท่านสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ใหม่ "มิเตอร์อัจฉริยะ" นี้หรือไม่

- ☐ สนใจมาก ระบุราคาที่ท่านยินดีที่จะจ่ายและเหมาะสมที่สุด.....บาทต่อชุด
- ☐ สนใจ ระบุเหตุผล.....
- ☐ ขอคิดดูก่อน ระบุเหตุผล.....

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

ผลในการวิจัยครั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปจัดการวางแผน และพัฒนา เพื่อเป็นแนวทางในการนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์กับมิเตอร์เพื่อส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่กรุณาสละเวลาตอบแบบสอบถาม

รูปที่ ก.2 แบบสอบถาม (ต่อ)

Energy Power Management Chart

*ตาราง ก.*1 Energy Power Management

Table_meter

เก็บข้อมูล Data log ของมิเตอร์		
Field Name	**Data type**	**Detail Fields**
meter_id (PK)	VARCHAR(16)	รหัสมิเตอร์
meter_read_dt	DATETIME	วันเวลาที่มิเตอร์เริ่มอ่านข้อมูล
meter_current_energy	DECIMAL(10,2)	ค่าพลังงานปัจจุบัน
meter_demand15min	DECIMAL(10,2)	ความต้องการพลังงานทุก 15 นาที
meter_memory_full	DECIMAL(10,2)	สถานะเมื่อความจำในมิเตอร์เต็ม
meter_meter_on	VARCHAR(3)	สถานะมิเตอร์กำลังทำงาน
meter_resume	VARCHAR(255)	ค่ามิเตอร์ที่บันทึกก่อนไฟฟ้าดับ

Table_tariff

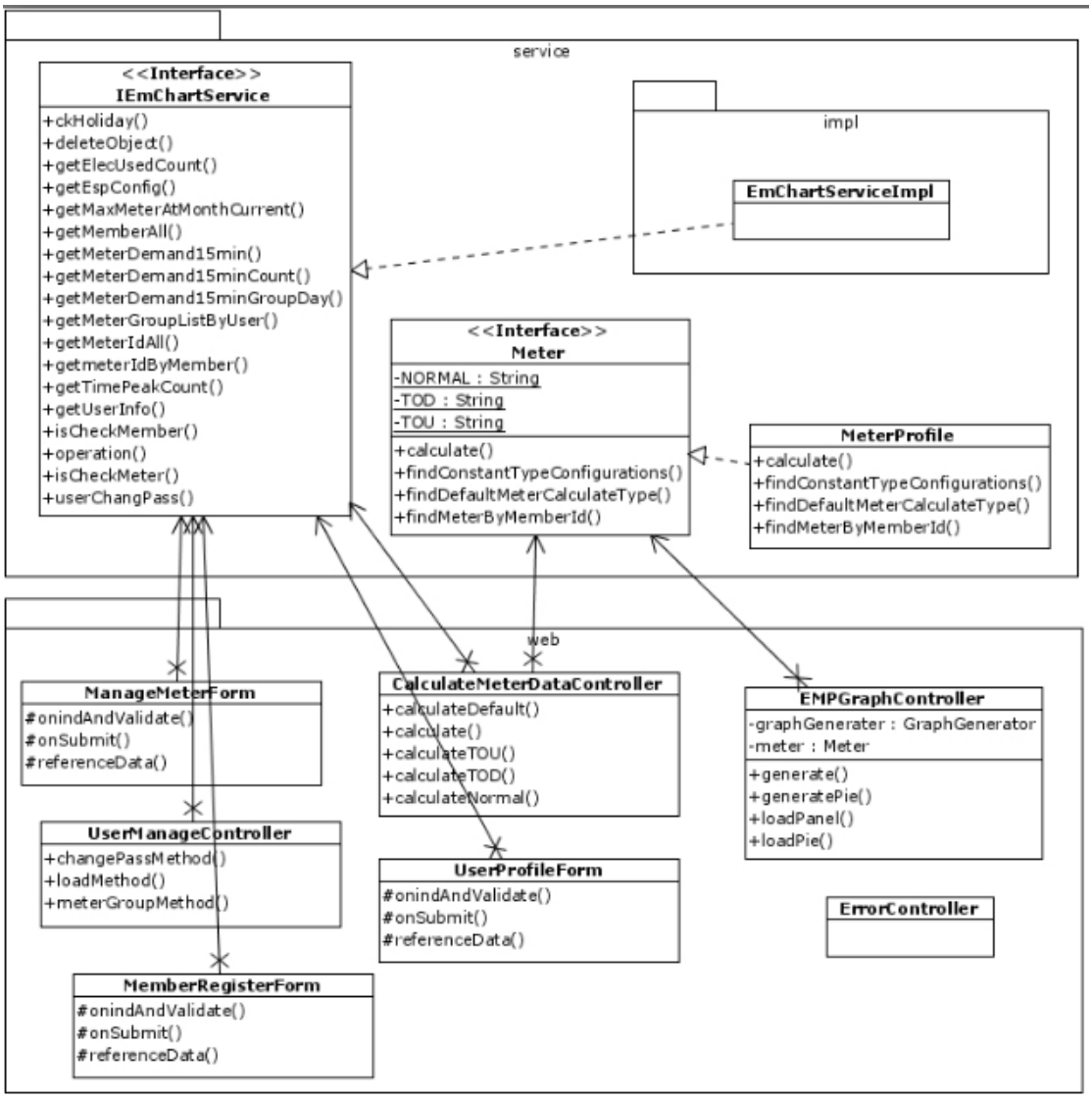
เก็บข้อมูลประวัติของค่าใช้ไฟฟ้า		
Field Name	**Data type**	**Detail Fields**
tariff_id (PK)	VARCHAR(10)	ประเภทของสมาชิก
member_id (FK)	VARCHAR(32)	รหัส user ของสมาชิก
tariff_max demand_charg	DECIMAL(10,2)	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด
tariff_energy_charge	DECIMAL(10,2)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป
tariff_service_charge	DECIMAL(10,2)	ค่าบริการของการไฟฟ้า
tariff_power_factor_charge	DECIMAL(10,2)	ค่า Power factor ของการไฟฟ้า
tariff_ft	DECIMAL(10)	ค่าไฟฟ้าผันแปรของการไฟฟ้า
tariff_vat	DECIMAL(10,2)	ภาษีมูลค่าเพิ่ม
tariff_create_dt	DATETIME	วันเวลา insert ข้อมูล
tariff_modify_dt	DATETIME	วันเวลา modify ข้อมูล

Table_member

เก็บข้อมูลประวัติสมาชิก		
Field Name	**Data type**	**Detail Fields**
member_id (PK)	VARCHAR(32)	รหัส user ของสมาชิก
member_password	VARCHAR(32)	รหัส password ของสมาชิก
meter_id	VARCHAR(16)	รหัสมิเตอร์
member_name	VARCHAR(128)	ชื่อสมาชิก
member_lastname	VARCHAR(128)	นามสกุลสมาชิก
member_address	VARCHAR(255)	ที่อยู่สมาชิก
member_email	VARCHAR(128)	e-mail ของสมาชิก
member_phone	VARCHAR(9)	เบอร์โทรศัพท์บ้าน 02XXXXXXX
member_mobile	VARCHAR(10)	เบอร์โทรศัพท์มือถือ 08XXXXXXXX
member_create_dt	DATETIME	วันเวลา insert ข้อมูล
member_modify_dt	DATETIME	วันเวลา modify ข้อมูล
member_permission	int	สิทธิ์ในการเข้าถึงหน้า page 0 : user 1 : Admin

Table manage_meter

เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่าง table member และ meter		
Field Name	**Data type**	**Detail Fields**
id (PK)	INTEGER	รหัส PK
meter_id	VARCHAR(16)	รหัสมิเตอร์
member_id	VARCHAR(32)	รหัส user ของสมาชิก
create_dt	DATETIME	วันเวลา insert ข้อมูล
modify_dt	DATETIME	วันเวลา modify ข้อมูล



รูปที่ ก.3 แสดงการ config UML(Class Diagram) ของระบบ

ตาราง ก.2 ตารางวัดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย TOD

		TOD					
Date	รวม	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kWh)			กิโลวัตต์สูงสุด (kW)		
Jun'10		Peak	Off Peak	Partial	MAX OFF PEAK	MAX PEAK	Partial PEAK
01	4,080.46	381.75	1,338.82	2,359.89	169.20	133.20	280.80
02	4,010.10	382.85	1,357.87	2,269.38	147.60	135.60	268.80
03	4,155.60	370.31	1,357.10	2,428.19	159.60	129.60	292.80
04	4,232.82	420.77	1,311.54	2,500.51	151.20	162.00	279.60
05	4,062.59	399.18	1,396.10	2,267.31	141.60	138.00	249.60
06	2,979.31	383.02	1,305.99	1,290.30	139.20	129.60	132.00
07	3,977.54	355.07	1,278.47	2,344.00	166.80	127.20	279.60
08	3,677.59	318.03	1,185.41	2,174.15	140.40	117.60	267.60
09	3,771.22	354.21	1,158.85	2,258.16	127.20	126.00	262.80
10	3,937.54	352.49	1,211.48	2,373.57	127.20	123.60	271.20
11	4,190.76	385.21	1,240.00	2,565.55	147.60	134.40	290.40
12	4,116.51	398.43	1,322.98	2,395.10	145.20	142.80	286.80
13	2,972.75	387.35	1,288.89	1,296.51	140.40	132.00	129.60
14	4,365.83	455.02	1,357.11	2,553.70	144.00	170.40	298.80
15	4,126.57	372.35	1,309.65	2,444.57	153.60	134.40	274.80
16	4,039.25	394.46	1,300.56	2,344.23	141.60	136.80	272.40
17	4,098.89	381.99	1,279.24	2,437.66	134.40	135.60	279.60
18	3,921.20	385.61	1,316.82	2,218.77	140.40	144.00	262.80
19	2,684.83	363.27	1,230.67	1,090.89	126.00	128.40	121.20
20	2,629.57	383.13	1,088.88	1,157.56	128.40	133.20	132.00
21	4,032.36	337.38	1,275.12	2,419.86	147.60	145.20	285.60
22	3,663.41	319.35	1,117.75	2,226.31	123.60	127.20	273.60
23	3,475.46	334.01	1,079.66	2,061.79	146.40	117.60	250.80
24	3,827.33	356.19	1,164.84	2,306.30	123.60	127.20	266.40
25	4,149.72	402.68	1,247.32	2,499.72	152.40	141.60	290.40
26	4,228.61	418.12	1,359.47	2,451.02	156.00	147.60	279.60
27	3,004.46	385.36	1,303.78	1,315.32	130.80	132.00	132.00
28	4,114.90	347	1,333.21	2,434.69	139.20	164.40	291.60
29	3,970.99	367.87	1,291.98	2,311.14	134.40	130.80	273.60
30	4,040.53	380.33	1,257.82	2,402.38	150.00	135.60	280.80
	114,538.70	**11,272.79**	**38,067.38**	**65,198.53**	**169.20**	**170.40**	**298.80**

ตาราง ก.3 ตารางวัดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย TOU

		TOU			
Date	**รวม**	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kWh)		กิโลวัตต์สูงสุด (kW)	
Jun'10		Off Peak	Peak	MAX OFF PEAK	MAX PEAK
01	4,080.46	1,527.80	2,552.66	265.20	280.80
02	4,010.10	1,546.76	2,463.34	268.80	262.80
03	4,155.60	1,572.95	2,582.65	292.80	290.40
04	4,232.82	1,495.02	2,737.80	268.80	279.60
05	4,062.59	4,062.59	0.00	240.00	249.60
06	2,979.31	2,979.31	0.00	139.20	132.00
07	3,977.54	1,460.99	2,516.55	261.60	279.60
08	3,677.59	1,374.70	2,302.89	260.40	267.60
09	3,771.22	1,325.70	2,445.52	254.40	262.80
10	3,937.54	1,391.47	2,546.07	262.80	271.20
11	4,190.76	1,428.85	2,761.91	268.80	290.40
12	4,116.51	4,116.51	0.00	273.60	286.80
13	2,972.75	2,972.75	0.00	140.40	133.20
14	4,365.83	1,552.79	2,813.04	284.40	298.80
15	4,126.57	1,505.94	2,620.63	272.40	274.80
16	4,039.25	1,473.63	2,565.62	253.20	272.40
17	4,098.89	1,435.45	2,663.44	246.00	279.60
18	3,921.20	1,474.78	2,446.42	235.20	262.80
19	2,684.83	2,684.83	0.00	126.00	128.40
20	2,629.57	2,629.57	0.00	127.20	133.20
21	4,032.36	1,452.13	2,580.23	255.60	285.60
22	3,663.41	1,298.41	2,365.00	255.60	273.60
23	3,475.46	1,253.00	2,222.46	236.40	250.80
24	3,827.33	1,343.52	2,483.81	254.40	266.40
25	4,149.72	1,425.86	2,723.86	258.00	290.40
26	4,228.61	4,228.61	0.00	259.20	279.60
27	3,004.46	3,004.46	0.00	130.80	132.00
28	4,114.90	1,508.48	2,606.42	271.20	291.60
29	3,970.99	1,473.83	2,497.16	259.20	273.60
30	4,040.53	1,449.37	2,591.16	268.80	280.80
	114,538.70	**58,450.06**	**56,088.64**	**292.80**	**298.80**

ภาคผนวก ข

การตีพิมพ์และนำเสนอผลงานทางวิชาการ

รายงานการประชุมวิชาการจัดโดย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

วันที่ 30 กันยายน – 3 ตุลาคม 2553 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพมหานคร

Proceedings: Thailand Mobile Applications Symposium 2010 @Bangkok

การพัฒนามิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายเพื่อแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้า
แบบเวลาจริงผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่

Development of a wireless smart meter for real time display of electricity consumption on mobile phone

ABSTRACT - The objective of this research is to develop smart meter in terms of electricity usage in real time which consists of 2 main parts. The first part is the hardware the meter is used to transmit the electricity usage through wireless system. This particular hardware is used to measure electricity usage which is sent through wireless radio frequency protocol Zigbee IEEE 802.15.4. This is done through module which is used to receive transmission and then it changes from analog to digital through Coordinator.

As for the application software, designed and developed the information system in terms of gathering and searching information in real time through web application and mobile application which have been primarily developed in 3 parts namely web server user interface and database management by clinging onto the design through Relation Database. Based on the test, the transmission is effectively fast and this program can work accurately as designed.

KEY WORDS - Smart Meter, Wireless, Zigbee, Mobile phone, Real time monitoring

ก้าวทันโลกไอซีทีกับ วสท.
30 กันยายน - 3 ตุลาคม 2553 โซน A
ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์
Proceedings:
Thailand Mobile
Applications
Symposium 2010
@ Bangkok
Future
Technology
Applications
Mobile Phone
TMAS
2010

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ขอมอบวุฒิบัตรฉบับนี้ให้ไว้แก่

นางสาวศุภมาส วิจารณ์

ในการเป็นผู้บรรยายผลงานวิชาการเรื่อง

" การพัฒนามิเตอร์อัจฉริยะแบบไร้สายเพื่อแสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบเวลาจริงผ่านทางโทรศัพท์เคลื่อนที่ "

ในงาน **Thailand Mobile Applications Symposium 2010** ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์

วันที่ ๑ - ๒ ตุลาคม พ.ศ.๒๕๕๓

(คุณกุมโชค ใบแย้ม)
ประธานสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วสท.

(ดร.ชวลิต ทิสยากร)
ประธานกรรมการพิจารณาบทความ

(ผ.อ.รศ.ดร.ประสงค์ ปรานีตพลกรัง)
ประธานจัดงานสัมมนา

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศุภมาส วิจารณ์ เกิดวันที่ ๑๒ กุมภาพันธ์ พ.ศ.๒๕๒๕ ที่จังหวัดตรัง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาสารสนเทศศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ในปีการศึกษา ๒๕๔๖ ต่อมาได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สหสาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา ๒๕๕๑ ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง Business Develop Executive บริษัท ทรู คอร์ปอเรชัน จำกัด (มหาชน)