นวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำที่ไม่ได้ใช้

นายคมกริช ประกอบธรรม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

INNOVATION OF MICRO ELECTRICITY GENERATOR FROM UNUSED WATER ENERGY

Mr. Komgrich Prakobtham

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Doctor of Philosophy Program in Technopreneurship and Innovation Management

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	นวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำที่ไม่ได้ใช้
โดย	นายคมกริช ประกอบธรรม
สาขาวิชา	ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ดร.พักตร์ผจง วัฒนสินธุ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาดุษฎีบัณฑิต

…….. คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

……ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจาย์ ดร.ศุภวรรณ ตันตยานนท์)

…….. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร)

…… อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.พักตร์ผจง วัฒนสินธุ์)

…… กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ แสงวงศ์วาณิชย์)

…… กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิชย์)

…… กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประดิษฐ์ วิธิศุภกร)

คมกริช ประกอบธรรม : นวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำที่ไม่ได้ใช้. (INNOVATION OF MICRO ELECTRICITY GENERATOR FROM UNUSED WATER ENERGY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. คณิต วัฒนวิเชียร, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.ดร.พักตร์ผจง วัฒนสินธุ์ 177 หน้า.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาและพัฒนานวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำเหลือทิ้งซึ่งยังไม่ถูกนำมาใช้ที่มีอยู่โดยรอบอาคารหรือสถานที่ต่างๆ โดยงานวิจัยแบ่งการศึกษาและพัฒนาออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ *1.การวิจัยทดลอง* ทำการศึกษาออกแบบสร้างโมเดลและทดลองผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานน้ำ ผลการทดลองที่ได้พบว่า แรงดันน้ำและอัตราการไหลที่สูงขึ้นส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้มากขึ้นตามไปด้วย และจากการทดลองใช้ปั๊มน้ำขนาด 0.75 กิโลวัตต์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 20 วัตต์ ซึ่งถือว่ามีความเป็นไปได้ทางเทคนิคในการประยุกต์พัฒนานวัตกรรมผลิตไฟฟ้าโดยใช้ปั๊มน้ำเป็นแหล่งพลังงานน้ำ *2.การพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรม* ทำการสำรวจความต้องการที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองของกลุ่มเป้าหมายด้วยวิธีการเชิงคุณภาพ 4 วิธี ได้แก่ 1.ข้อมูลทุติยภูมิ 2.การสัมภาษณ์กลุ่มผู้ใช้งานกังหันน้ำ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านกังหันน้ำ และผู้ประกอบการระบบเติมอากาศ 3.การประชุมกลุ่มกับภูมิสถาปนิก และ 4.การสังเกตจากบริบทจริง ข้อมูลทั้งหมดนำมาสังเคราะห์เป็นแนวคิดนวัตกรรมได้ 8 แนวคิด และผลการคัดสรรแนวคิดพบว่าแนวคิดที่มีความเหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาต่อได้แก่แนวคิดในการนำพลังงานน้ำเหลือทิ้งจากระบบเติมอากาศมาใช้ผลิตไฟฟ้าสำหรับบริการชาร์จแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือสำหรับลูกค้าร้านกาแฟภายใต้แนวคิดการตลาดสีเขียว การทดสอบแนวคิดกับผู้ใช้บริการร้านกาแฟโดยการสัมภาษณ์พบว่า ลูกค้าให้ความสำคัญกับคุณภาพของเครื่องชาร์จ สำหรับในมุมมองของผู้จัดการร้านกาแฟการตัดสินใจลงทุนสร้างบริการให้ลูกค้าพิจารณาความคุ้มค่าในการลงทุนและต้องใช้เงินลงทุนไม่สูงจึงจะสนใจลงทุน และสำหรับแนวคิดต้นแบบนวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ จากข้อมูลที่ได้กำหนดคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ได้ว่า สามารถใช้ร่วมกับระบบเติมอากาศที่มีอยู่โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบเดิมด้อยลง และต้องติดตั้งง่าย ใช้งานง่าย และผลิตได้ไฟฟ้าตามต้องการ *3.การศึกษาความเป็นไปได้เชิงพาณิชย์* ผลการศึกษาความคุ้มค่าในมุมมองของลูกค้าพบว่า ลูกค้าลงทุนอุปกรณ์และค่าติดตั้ง 24,000 บาทลูกค้าสามารถคุ้มทุนได้ภายใน 1 ปี สำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินและผลตอบแทนของโครงการกรณีลงทุนเป็นผู้ประกอบการ พบว่ามีความเป็นไปได้ โดยเงินลงทุนเริ่มต้น 530,900 บาท กรณีฐานจะถึงจุดคุ้มทุนภายใน 3 ปี IRR=30% และการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมพลังงานทดแทนพบว่า ราคาที่ถูกลงของอุปกรณ์คือปัจจัยที่ทำให้เกิดยอมรับนวัตกรรมมากขึ้น ผลจากการวิจัยตามที่ได้กล่าวมาสรุปได้ว่าการสร้างนวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำที่ไม่ได้ใช้โดยการนำพลังงานน้ำเหลือทิ้งมาใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อบริการชาร์จแบตเตอรี่สำหรับร้านกาแฟภายใต้แนวคิดการตลาดสีเขียวมีความเป็นไปได้ทั้งทางด้านเทคนิค ตลาดและธุรกิจ

สาขาวิชา ธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5187762420 : MAJOR TECHNOPRENEURSHIP AND INNOVATION MANAGEMENT
KEYWORDS : MICRO HYDRO POWER / WASTE ENERY / GREEN MARKETING / INNOVATION DEVELOPMENT / RENEWABLE ENERGY

KOMGRICH PRAKOBTHAM : INNOVATION OF MICRO ELECTRICITY GENERATOR FROM UNUSED WATER ENERGY . ADVISOR : KANIT WATTANAVICHIEN,Ph.D., CO-ADVISOR : PAKPACHONG VADHANASINDHU,D.B.A., 177 pp.

This dissertation main objective is to study and develop an innovation of micro electricity generator from unused water energy that is existed around buildings. The research in this dissertation is divided into 3 parts *1.Experimental Research* is aimed to study, design models and conduct the experiment. The results were found that high pressure and flow will be producing high power output. This experiment can generate output up to 20W which is feasible for development the innovative generating hydropower from wasted or unused water energy simulated from the water pump. *2.New Product Development* is conducted by qualitative methodology using secondary data, interview on hydropower users, experts and aerates enterprise, a focus group of landscape architects and observation in real context to find unmet need and then synthesized 8 innovative solutions. The result of screening has shown that the solution which suitable for developing the prototype is the use of wasted energy to generate electricity for providing mobile charger service under green marketing concept. The concept testing with coffee shop's customer has found that user concern about the quality of a charger while coffee shop manager concern about the economic value and not too high initial investment. For conceptual prototype, it is required to maintain existing system performance, easy to install and operate. *3.The Commercialization Feasibility Study* has found that the value analysis in customer perspective is feasible to market, initial cost of 24,000 Baht will be breakeven in 1 year. The financial feasibility of starting up a new business was found that with initial investment 530,900 Baht, base case, will be breakeven within 3 years, and IRR=30%. The results from acceptance factors of renewable energy have found that price is sensitive to acceptance rate. Finally, the result of the studies can be concluded that innovation of micro electricity generator from unused water energy to generate electricity to charge the battery for coffee shop service under green marketing concept is feasible for technique, market and business.

Field of Study : Technopreneurship and Innovation Management — Student's Signature .....
Advisor's Signature .....
Academic Year : 2012 — Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงสำหรับอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ท่านรองศาสตราจารย์ ดร.คณิต วัฒนวิเชียร สำหรับความรู้ คำแนะนำ การสนับสนุนร่วมสัมมนาวิชาการระดับนานาชาติ และข้อมูลที่เป็นประโยชน์ยิ่งสำหรับการทดลองและวิจัย ข้อแนะนำสำหรับปัญหาต่างๆในภาคปฏิบัติทำให้สามารถแก้ปัญหาทุกอย่างลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ท่านรองศาสตราจารย์ ดร.พักตร์ผจง วัฒนสินธุ์ ความรู้ที่ได้รับจากท่านอาจารย์เมื่อครั้งเรียนปริญญาโทบริหารธุรกิจที่พาณิชยศาสตร์และการบัญชี รวมถึงความรู้และคำแนะนำสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ปริญญาเอกช่วยให้วิทยานิพนธ์สำเร็จสมบูรณ์ได้

ขอขอบพระคุณ ท่านประธานกรรมการสอบและผู้สอนให้เข้าใจเรื่องการสังเคราะห์นวัตกรรม ท่านรองศาสตราจาย์ ดร.ศุภวรรณ ตันตยานนท์ ขอขอบคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงสำหรับประสบการณ์ที่มีค่าในการเดินทางไปยุโรปเปิดมุมมองด้านนวัตกรรมให้กว้างมากขึ้นด้วย

ขอบพระคุณ ท่านคณะกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมบูรณ์ แสงวงศ์วาณิชย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์พันธ์ อนันต์วรณิชย์ และท่านกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประดิษฐ์ วิธิศุภกร ที่กรุณาสละเวลา ให้คำแนะนำและการตรวจแก้วิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอขอบคุณสำหรับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิต และทุนสนับสนุนนิสิตระดับปริญญาดุษฎีบัณฑิตไปเสนอผลงานวิชาการในต่างประเทศ จากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณจิราวัฒน์ จาตุรนต์โสภาและคุณยุ้ยที่ช่วยทำอุปกรณ์สำหรับการทดลอง ขอขอบคุณท่านอาจารย์ยุทธชัย คุณคริส กรีเซ่น คุณสมพร คุณพงษ์ตะวัน คุณรักชนก สนง.ออกแบบระฟ้า สำหรับการสนับสนุนและให้ข้อมูล ขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกคนในบมจ.ธนาคารกรุงศรี ขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่ น้องในครอบครัว เพื่อนๆในแคร์ทุกคนที่ช่วยเหลือให้ความรักและกำลังใจเสมอมา ขอบคุณคุณอรวรรณ สำหรับการเริ่มต้น ขอบคุณคุณชญาณี ที่ช่วยแปล ขอบคุณคุณสวรินช่วยตรวจเล่มขอบคุณเพื่อนรุ่น 2 ที่น่ารักทุกคน รวมถึงน้องปริญญาโทและทุกคนที่ให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง ขอบคุณเจ้าหน้าที่หลักสูตรทุกคนและขอบคุณทุกๆท่านที่มีส่วนร่วมในงานนี้ แม้จะไม่ได้กล่าวถึงชื่อทุกคนไว้ทั้งหมดในที่นี้ ขอบคุณคุณจารุชา สำหรับการช่วยเหลือทุกๆเรื่อง และขอขอบคุณพระเจ้าผู้ทรงเริ่มต้นการดีในชีวิตของเราและทรงโปรดกระทำให้สำเร็จ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูป ..... ฐ

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ด

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 วิธีดำเนินงานวิจัย 2

1.4 ขอบเขตการวิจัย 2

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย 3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 4

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับนวัตกรรม 4

2.1.1. ความหมายนวัตกรรม 4

2.1.2. นวัตกรรมกับความสร้างสรรค์ 5

2.1.3. นวัตกรรมและเศรษฐกิจ 5

2.1.4. นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ ตลาด 6

2.1.5. รูปลักษณ์และประเภทนวัตกรรม 7

2.2.กระบวนการทางนวัตกรรม 11

2.2.1 การสร้างความคิดนวัตกรรม 11

2.2.2 การพัฒนาสิ่งใหม่ๆ 13

2.2.3 การแพร่กระจายนวัตกรรม 14

2.3.กระบวนการทางเทคโนโลยี 15

หน้า

2.3.1 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพื้นฐาน 15
2.3.2 การพัฒนาเทคโนโลยี 16
2.3.3 การพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีตามวิถี 16
2.4.กระบวนการทางพาณิชยกรรม 17
2.4.1 การวิจัยตลาด 17
2.4.2 การพัฒนาตลาด 18
2.4.3 การสร้างรูปแบบทางธุรกิจ 18
2.5.การสังเคราะห์กรอบความคิดเชิงทฤษฎีนวัตกรรม 19
2.6.การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ 21
2.7.ความรู้ ทฤษฎีและเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนสำหรับการผลิตไฟฟ้า 23
2.7.1. ระบบพลังงานน้ำ 24
2.7.2 ประเภทระบบพลังงานน้ำ 25
2.7.3 กำลังน้ำ 26
2.7.4 กังหันน้ำ 27
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29
2.8.1 งานวิจัยและพัฒนาไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ 30
2.8.2 การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานกลจากน้ำเก็บสะสมที่มีอยู่บนอาคาร 31
2.8.3 ชุดสาธิตกังหันน้ำเพลตันแบบ 2 หัวฉีด 31
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัยและพัฒนา 33
3.1 การวิจัยทดลองเพื่อศึกษาการกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ 33
3.2 การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรม 35
3.2 การวิจัยธุรกิจเพื่อศึกษาความเป็นไปได้เชิงพาณิชย์ 37
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 39
4.1 การศึกษานำร่อง 39
4.1.1 การพัฒนาโมเดลสำหรับการทดลอง 39
4.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 42
4.1.3 การทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด 42
4.2 การทดลองผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำโดยปั๊มน้ำ 43
4.3 วิธีทดลอง 43

หน้า

4.4 ผลการทดลอง 45
4.4.1 ผลการทดลองเพิ่มขนาดหลอดไฟ 45
4.4.2 ผลการทดลองเดินเครื่องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 46
4.4.3 ผลการทดลองประจุแบตเตอรี่ 48
4.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง 49
4.5.1 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบ 49
4.5.2 วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากการทดลอง 50
บทที่ 5 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ 53
5.1 การวางแผนสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ 53
5.1.1 การสำรวจความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 53
5.1.2 กำหนดขอบเขตของโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 57
5.2 การพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์ 57
5.2.1 การสำรวจโอกาสและกำหนดเป้าหมายในการสร้างนวัตกรรม 57
5.2.2 วิเคราะห์ข้อมูล 64
5.2.3 การสังเคราะห์แนวคิดนวัตกรรม 67
5.2.4 การคัดสรรแนวคิดนวัตกรรม 72
5.2.5 การทดสอบแนวคิดนวัตกรรม 83
5.2.6 พัฒนาแนวคิดให้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดสอบ 92
5.3 การออกแบบแนวคิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 93
5.3.1 ส่วนประกอบ 93
5.3.2 หลักการทำงานของผลิตภัณฑ์ 94
5.3.3 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดในการออกแบบ 94
5.4 การทดสอบตลาดเพื่อหาอัตราการยอมรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรม 97
5.4.1 โมเดลการตอบสนองของลูกค้า 97
5.4.2 การทดสอบการยอมรับโดยสัมภาษณ์ลูกค้าร้านกาแฟ 98
5.4.3 การทดสอบการยอมรับโดยสัมภาษณ์ผู้จัดการร้านกาแฟ 99
5.5 สรุปผลการทดสอบและการยอมรับ 100
5.6 วางแผนการพัฒนาระยะยาวในอนาคต 101
บทที่ 6 การศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจ 102

6.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดผ่านทางการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในมุมมองของลูกค้า 102
6.1.1 กรณีคิดรายได้จากการบริการประจุแบตเตอรี่ 102
6.1.2 กรณีคิดค่าตอบแทนจากการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 105
6.1.3 กรณีคิดค่าตอบแทนจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้น 105
6.2 ศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินและผลตอบแทนของโครงการ 109
6.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมพลังงานทดแทน 113
บทที่ 7 บทสรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ 117
7.1 บทสรุป 117
7.1.1 การวิจัยทดลองเพื่อศึกษาการกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ 117
7.1.2 การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรม 117
7.1.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจ 119
7.2 อภิปรายผล 120
7.3 ข้อจำกัดและปัญหาที่พบ 124
7.4 การวิจัยในอนาคต 124
รายการอ้างอิง 125
ภาคผนวก 130
ภาคผนวก ก. การศึกษานำร่อง 131
ภาคผนวก ข. ปั๊มน้ำที่ใช้ในการทดลองและการประมาณกำลังน้ำ 144
ภาคผนวก ค. แบบสอบถามออนไลน์ 150
ภาคผนวก ง. บันทึกการสัมภาษณ์และประชุมกลุ่ม 154
ภาคผนวก จ. ข้อมูลทางเทคนิคอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 166
ภาคผนวก ฉ. ผลการทดลองและการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด 171
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 177

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ประเภทนวัตกรรมแบ่งตามส่วนประกอบและระบบการทำงาน 9

2.2 ประเภทนวัตกรรมแบ่งตามผลิตภัณฑ์และตลาด 9

2.3 ประเภทนวัตกรรมแบ่งตามรูปลักษณ์และระดับการเปลี่ยนแปลง 11

2.4 เปรียบเทียบข้อจำกัดของเทคโนโลยีแต่ละแบบ 24

2.5 จำแนกประเภทระบบพลังงานน้ำ 25

2.6 กังหันน้ำแบ่งตามความสูงหัวน้ำสูงและลักษณะการทำงาน 27

2.7 ผลงานตีพิมพ์ของประเทศไทยในวารสารวิชาการเรื่องพลังงานหมุนเวียนระหว่างปี พ.ศ. 2547-2551 29

4.1 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ระบุไว้ใน ดิจิตอล มัลติมิเตอร์ Uni-T 61B 42

4.2 อัตราค่าคาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด แรงดันและกระแสไฟฟ้า 43

4.3 ผลการทดลองจากการเพิ่มหลอดไฟครั้งละ 1 ดวง 45

4.4 ผลการทดลองเดินเครื่อง 1 ชั่วโมง 47

4.5 ค่าแรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการประจุแบตเตอรี่ 48

5.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ 55

5.2 แสดงแหล่งน้ำบริเวณโดยรอบอาคาร 56

5.3 การประเมินคุณค่าแนวคิด 77

5.4 ระดับความพร้อม 80

5.5 เส้นทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคต 80

5.6 ผลสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่ HIPPO™ 88

5.7 ผลสำรวจความสนใจในการซื้อ HIPPO™ 88

5.8 ผลสำรวจสถานที่ที่ควรมี HIPPO™ 88

5.9 กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม 89

5.10 ราคาที่ได้จากแบบสอบถาม 91

5.11 สรุปผลการทดสอบแนวคิดนวัตกรรม 91

6.1 ประมาณการผลตอบแทนที่ลูกค้าได้รับ 104

6.2 กำไรจากการขายเพิ่มขึ้นจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้น 107

ตารางที่ หน้า

6.3 ประมาณการผลตอบแทนจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้นได้กำไรเพิ่มขึ้น10,000บาท/ปี 108
6.4 ประมาณการผลตอบแทนจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้นได้กำไรเพิ่มขึ้น20,000บาท/ปี 108
6.5 ประมาณการผลตอบแทนจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้นเทียบ IRR 109
6.6 ประมาณการผลตอบแทนโครงการกรณีเลวร้าย 111
6.7 ประมาณการผลตอบแทนโครงการกรณีฐาน 112
6.8 ประมาณการผลตอบแทนโครงการกรณีดีมาก 112
6.9 ประมาณการผลตอบแทนโครงการที่เพิ่มขึ้นจากการปรับสมมุติฐานยอดขาย 113
6.10 อัตราการยอมรับนวัตกรรม เทียบกับ อัตราการลดลงของราคา 114
6.11 สรุปปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการยอมรับนวัตกรรม 115
6.12 การยอมรับเพิ่มขึ้นเมื่อมีระบบผ่อนชำระ 115
6.13 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรม 116
ก.1 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินรอบแรก 133
ก.2 ผลการประเมินรอบแรก 134
ก.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินรอบสอง 135
ก.4 ผลการประเมินรอบสองแสดงคะแนนหลังถูกถ่วงน้ำหนักแล้ว 136
ก.5 การประเมินความคิดวิธีเชิงคุณภาพ 136
ก.6 ผลการทดลองการทำงานโมเดล B,F และ G 138
ก.7 ผลการทดลองผลิตไฟฟ้าและปรับปรุงโมเดล 139
ก.8 ผลการทดลองจ่ายโหลดทางไฟฟ้า 140
ก.9 ผลการทดลองกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากปั๊มน้ำ AQ2-22550 ขนาด 0.4 กิโลวัตต์ 141
ก.10 การทดลองกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากปั๊มน้ำ SM7.5 ขนาด 0.75 กิโลวัตต์ 141
ก.11 ผลการทดลองผลิตไฟฟ้าจากกังหันคอสั้นกับปั๊มน้ำ AQ2-22550 ขนาด 0.4 กิโลวัตต์ 142
ก.12 ผลการทดลองผลิตไฟฟ้าจากกังหันคอสั้นกับปั๊มน้ำ SM7.5 ขนาด 0.75 กิโลวัตต์ 143
ข.1 ลักษณะบ้านและการใช้งาน กับขนาดปั๊มที่เหมาะสม 145
ข.2 การทดลองวัดกำลังน้ำ 148
ง.1 บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป 155
ง.2 บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ 156
ง.3 บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ประกอบการ 157
จ.1 ข้อมูลเทคนิคชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันน้ำ 167

ตารางที่ หน้า

จ.2 ข้อมูลเทคนิคดิจิตอลมัลติมิเตอร์ รุ่น UT61B 168
จ.3 ข้อมูลเทคนิคหลอดไฟฟิลลิป ขนาด 25W 169
จ.4 ข้อมูลเทคนิคแบตเตอรี่ชนิดแห้ง 12V9Ah 169
จ.5 ข้อมูลเทคนิคปั๊มน้ำ Azumi SM7.5 170
จ.6 ข้อมูลเทคนิคบริดจ์ เรคติไฟเออร์ KBP03504 170
ฉ.1 อัตราค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดของแรงดันและกระแสไฟฟ้า 172
ฉ.2 การปรับค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดของแรงดันและกระแสไฟฟ้า 173
ฉ.3 ผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อน 173

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	กรอบแนวคิดนวัตกรรม	7
2.2	โมเดลจรวดของนิโคล	13
2.3	กระบวนการนวัตกรรมของสกาซินสกี้และกิบสัน	13
2.4	กระบวนการนวัตกรรมสังเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรม	15
2.5	กระบวนการทางเทคโนโลยีสังเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรม	17
2.6	กระบวนการพาณิชยกรรมสังเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรม	19
2.7	กรอบความคิดเชิงทฤษฎีนวัตกรรมสังเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรม	21
2.8	กระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่	22
2.9	แสดงขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบประตูและด่าน	22
2.10	กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ และต้นแบบผลิตภัณฑ์	23
2.11	ลักษณะการทำงานระบบพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก	24
2.12	กังหันเพลตัน	27
2.13	กังหันเตอโก	27
2.14	กังหันครอสโฟล	28
2.15	กังหันแคปแลน	28
2.16	กังหันฟรานซิส	28
2.17	ประสิทธิภาพการทำงานของกังหันแต่ละประเภท	28
3.1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยทดลอง	34
3.2.	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่	37
3.3.	การศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจ	38
4.1	การสร้างโมเดล และการดำเนินงานศึกษานำร่อง	40
4.2	แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษานำร่อง	41
4.3	การทดลองกังหันน้ำคอสั้น	44
4.4	วงจรต่อหลอดไฟ	44
4.5	วงจรต่อบริดจ์ประจุแบตเตอรี่	45
4.6	การทดลองเพิ่มหลอดไฟเข้าไปในระบบเพื่อหากำลังไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้สูงสุด	46

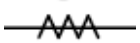
รูปที่ หน้า

4.7 แผนภาพแสดงกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการเปลี่ยนหลอดไฟขนาดต่างๆ 46
4.6 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองเดินเครื่อง 1 ชั่วโมง 47
4.9 รูปการทดลองประจุแบตเตอรี่ 49
5.1 การสำรวจความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ 53
5.2 วิธีการเชิงคุณภาพสำหรับการค้นหาความต้องการที่ยังไม่ได้รับการตอบสนอง 57
5.3 การผลิตไฟฟ้าและจำหน่ายส่วนเกินให้กฟผ. 58
5.4 ตัวอย่างบ้านที่ติดโซล่าร์เซลบนหลังคา 58
5.5 รูปแบบกาอภิปรายในการประชุมกลุ่ม 62
5.6 ตัวอย่างสถานที่ที่มีการใช้ปั๊มน้ำ 63
5.7 แผนผังกระบวนการสร้างระบบพลังงานน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้า 65
5.8 ปัญหา ความต้องการ และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 66
5.9 แผนภาพการออกแบบตามระดับการทำงาน 67
5.10 แผนภาพสำหรับการสังเคราะห์แบบสัณฐาน 68
5.11 ระดับความสำคัญของคุณค่าแต่ละแนวคิด 77
5.12 พอร์ทโฟลิโอแนวคิด 78
5.13 รูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์ HIPPO™ และสัตว์พ่นน้ำ 84
5.14 ตัวอย่างการให้บริการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือและแสงสว่างทางเดิน 85
5.15 ตัวอย่างการทำงานของระบบ 86
5.16 แนวคิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 96
5.17 ตัวอย่างการเพิ่มอุปกรณ์เสริม 96
5.18 ไวท์ครีทโฟม 97
5.19 ตัวประจุแบตเตอรี่ไร้สาย 97
5.20 โมเดลการตอบสนองของลูกค้า 98
5.21 เส้นทางการพัฒนาในอนาคต 101
7.1 ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ 122
ก.1 การเกิดความคิดระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ 132
ก.2 โมเดลที่สร้างเพื่อใช้ในการทดลอง 138
ก.3 โมเดล B และ F ปรับปรุงใหม่ 140
ก.4 วงจร 3 เฟสสมดุลและจุดวัด 141

รูปที่ หน้า

ก.5 วงจรที่ใช้ในการทดลองและจุดวัด 142
ข.1 กราฟการทำงาน ปั๊ม AQ2-22550 146
ข.2 กราฟการทำงานปั๊ม SM7.5 146
ข.3 การคำนวณกำลังน้ำ 147
ข.4 กำลังน้ำจากหัวฉีดขนาดต่างๆ สำหรับปั๊ม AQ2-22550 149
ค.1 แบบสอบถามออนไลน์ 151

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

สัญลักษณ์	ความหมาย
δ	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
$\lvert\ \rvert$	ค่าสัมบูรณ์
$\sum$	ค่าผลรวมของจำนวนทั้งหมด
$\overline{X}$	ค่าเฉลี่ย
N	จำนวนทั้งหมด
$\sqrt{}$	รากที่สอง
	แหล่งกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส
	แหล่งกำเนิดไฟฟ้า 1 เฟส
	โวลท์มิเตอร์ วัดแรงดันไฟฟ้า
	แอมป์มิเตอร์ วัดกระแสไฟฟ้า
	ตัวต้านทาน / ภาระทางไฟฟ้า
ϕ	เส้นผ่านศูนย์กลาง
ρ	ความหนาแน่นของน้ำ มีค่า 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
η	ค่าประสิทธิภาพ
A ,mA	หน่วยวัดกระแสไฟฟ้า Ampere แอมแปร์ , มิลลิแอมแปร์
AC	Alternating Current ไฟฟ้ากระแสสลับ
Ah	หน่วยวัด แอมป์ชั่วโมง
DC	Direct Current ไฟฟ้ากระแสตรง
g	ค่าแรงโน้มถ่วง 9.81 เมตร ต่อวินาทียกกำลังสอง
H	ความสูงหัวน้ำ หน่วย เมตร
Kg	หน่วยวัดน้ำหนัก Kilogram กิโลกรัม
LED	Light-Emitting Diode หลอดไฟชนิดไดโอด
Lit/h , lit/sec	หน่วยวัดอัตราการไหล ลิตรต่อชั่วโมง , ลิตรต่อวินาที
m/s^2	หน่วยวัดอัตราเร่ง เมตรต่อวินาทียกกำลังสอง
P	กำลังงาน หน่วย วัตต์
p	แรงดัน หน่วย ปาสคาล

สัญลักษณ์	ความหมาย
PF	Power Factor ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
Q	ปริมาณการไหลของน้ำ หน่วย ลิตรต่อวินาที
V	หน่วยวัดแรงดันไฟฟ้า Volt โวลท์
Vac	หน่วยวัดแรงดันไฟฟ้า โวลท์ แรงดันกระแสสลับ
Vdc	หน่วยวัดแรงดันไฟฟ้า โวลท์ แรงดันกระแสตรง
W, kW, MW	หน่วยวัดกำลังไฟฟ้า Watt วัตต์,กิโลวัตต์,เมกะวัตต์

คำย่อ	ย่อมาจาก
AEDP	Alternative Energy Development Plan แผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี(พ.ศ.2555-2564)
DO	Dissolved oxygen ปริมาณออกซิเจนละลาย
IRR	Internal Rate of Return อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ
NPV	Net Present Value มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
NPD	New Product Development กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่
NSD	New Service Development กระบวนการพัฒนาบริการใหม่
PDP 2010	Thai Power Development Plan แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2553-2573
กฟผ.	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
วช.	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ราคาค่าไฟฟ้าในอนาคตมีแนวโน้มสูงขึ้นจากการขยายตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจและและการเพิ่มขึ้นของประชากรในสังคม รวมถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่สูงขึ้นจากราคาน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ และจากภาวะโลกร้อนทำให้เกิดกระแสการอนุรักษ์ธรรมชาติสิ่งแวดล้อมเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้ปัจจุบันหลายๆ ภาคส่วนให้ความสนใจในเรื่องการใช้พลังงานหมุนเวียนและพลังงานทดแทนมาผลิตไฟฟ้ากันมากขึ้น

งานวิจัยและเทคโนโลยีเกี่ยวกับพลังงานหมุนเวียนเพื่อการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันส่วนมากมุ่งเน้นไปที่การนำแหล่งพลังงานธรรมชาติมาใช้ เช่น การผลิตไฟฟ้าพลังงานจากแสงอาทิตย์โดยเทคโนโลยีโซล่าเซลล์ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยเทคโนโลยีกังหันลม และการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจากเทคโนโลยีกังหันน้ำ อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนตามที่กล่าวมามีข้อจำกัดของเทคโนโลยีในการนำไปใช้งาน ตัวอย่างเช่น การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สามารถผลิตไฟฟ้าได้เฉพาะตอนกลางวันที่มีแสงแดด ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตอนกลางคืนหรือวันที่ฟ้ามืดมิด การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมยังมีปัญหาเรื่องเสถียรภาพของพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นกับปริมาณลมที่ไม่แน่นอน สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กมีข้อจำกัดในเรื่องการนำเทคโนโลยีไปใช้จำกัดเฉพาะพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำไหลตามธรรมชาติซึ่งมีจำกัดในบางพื้นที่เท่านั้น

ความพยายามในการหาทางแก้ไขข้อจำกัดทางเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนพบว่าการแก้ไขข้อจำกัดทางเทคโนโลยีของกังหันน้ำคือไม่พึ่งพาแหล่งน้ำตามธรรมชาตินั้นมีโอกาสเป็นไปได้ โดยการใช้แหล่งพลังงานน้ำจากพลังงานเหลือทิ้งที่มีอยู่ภายในอาคารบริเวณโดยรอบหรือสถานที่ต่างๆ เช่น ระบบจ่ายน้ำตามอาคาร ระบบบ่อเติมอากาศในบ่อปลา น้ำพุหรือน้ำตกที่สร้างขึ้นเพื่อตกแต่งภูมิทัศน์โดยรอบอาคาร ฯลฯ ระบบเหล่านี้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าหากแต่ว่ายังคงมีพลังงานเหลือที่มีโอกาสดึงกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก จะเห็นได้ว่าพลังงานน้ำเหลือทิ้งจากระบบที่ยกตัวอย่างข้างต้นเป็นพลังงานน้ำที่ยังไม่ได้รับความสนใจและถูกพัฒนาเพื่อนำมาใช้งานเท่าใดนัก โดยเฉพาะการนำมาใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตไฟฟ้า นอกจากนี้การศึกษาวิจัยด้านนี้ก็ยังมีอยู่น้อย

การวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างนวัตกรรมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเหลือทิ้งจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม และเป็นการนำพลังงานที่จำต้องสูญเสียไปอย่างไร้ค่ากลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อทำการทดลองผลิตไฟฟ้าจากศักยภาพพลังงานน้ำที่ไม่ใช่แหล่งพลังงานน้ำตามธรรมชาติ และศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิคโดยพัฒนาระบบการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำมาประยุกต์ใช้สร้างนวัตกรรม

1.2.2 เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนานวัตกรรมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเหลือทิ้งที่ยังไม่ถูกนำมาใช้

1.2.3 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจในเบื้องต้นจากแนวทางการพัฒนานวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำที่ไม่ได้ใช้นี้

1.3 วิธีดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยจะเป็นรูปแบบการวิจัยและพัฒนา โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1.3.1 การวิจัยทดลอง ทำการดำเนินการวิจัยทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค โดยการนำเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำด้วยกังหันน้ำมาทดสอบการผลิตไฟฟ้าโดยการใช้ปั๊มน้ำเป็นแหล่งจ่ายพลังงานน้ำ

1.3.2 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การสำรวจความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2) การพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์

3) การสังเคราะห์แนวคิดนวัตกรรม

4) การคัดสรรแนวคิดนวัตกรรม

5) การทดสอบแนวคิดนวัตกรรม

6) การออกแบบแนวคิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบ

1.3.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจ ศึกษาแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมเชิงพาณิชย์ โดยการศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดผ่านการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในมุมมองของลูกค้า และการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินจากข้อมูลประมาณการตัวเลขทางการเงิน

1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 การดำเนินการวิจัยทดลอง มีขอบเขตจำกัดเฉพาะการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการไม่รวมถึงการทดลองในภาคสนาม ซึ่งอาจจะมีสิ่งแวดล้อมในการวิจัยที่แตกต่างกัน

1.4.2 แหล่งพลังงานน้ำที่ใช้ในการศึกษามาจากปั๊มน้ำที่ใช้กับระบบไฟฟ้าตามที่พักอาศัยทั่วไปซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าแบบ 1 เฟส มีขนาดกำลังมอเตอร์ในช่วง 300-1,400 วัตต์ เนื่องจากปั๊มขนาดดังกล่าวเป็นปั๊มขนาดเล็กมีการใช้งานอย่างแพร่หลาย สำหรับปั๊มน้ำที่มีขนาดกำลังมอเตอร์มากๆ ส่วนใหญ่จะใช้กับไฟฟ้า 3 เฟส ไม่สามารถใช้กับไฟฟ้าตามบ้านทั่วไปที่เป็นแบบ 1 เฟสได้ นั้นอยู่นอกเหนือขอบเขตการวิจัย

1.4.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มีขอบเขตในการพัฒนาเฉพาะในระดับการออกแบบแนวคิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบ ซึ่งไม่รวมถึงการออกแบบในระดับการผลิตในภาคอุตสาหกรรม

1.4.4 การศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจ ทำการศึกษาใน 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดผ่านการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในมุมมองของลูกค้า และการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินจากข้อมูลประมาณการตัวเลขทางการเงินภายใต้สมมุติฐานที่กำหนด

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีข้อจำกัดหลายด้าน อาทิ การเก็บข้อมูลจากสถานที่จริง ซึ่งยังไม่มีข้อมูลทางสถิติที่มีระบบการจดบันทึกและประเมินผลอย่างเหมาะสมมาก่อน เนื่องจากการตรวจวัดทำได้ยากโดยเฉพาะระบบอาคารเดิมที่มิได้ออกแบบไว้โดยเฉพาะ ระยะเวลาในการดำเนินการและเงินทุนในการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ต้นแบบแนวคิดนวัตกรรมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำเหลือทิ้ง

1.6.2 ความรู้เกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเหลือทิ้ง

1.6.3 แนวทางในการพัฒนาให้นวัตกรรมใหม่นี้เกิดผลในเชิงธุรกิจอย่างยั่งยืน

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับนวัตกรรม

2.1.1 ความหมายของนวัตกรรม

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ให้ความหมายว่า นวัตกรรม หมายถึง สิ่งที่ทำขึ้นใหม่หรือแปลกจากเดิมซึ่งอาจจะเป็นความคิด วิธีการ หรืออุปกรณ์ เป็นต้น

ภาษาอังกฤษคำว่า INNOVATION พจนานุกรมฉบับเว็บสเตอร์ ให้ความหมายว่า

1) การนำเสนอสิ่งใหม่ (the introduction of something new)

2) ความคิดใหม่ วิธีการใหม่ หรือ อุปกรณ์ใหม่ (a new idea, method, or device)

รากศัพท์ของคำว่านวัตกรรมมาจากคำลาตินว่า Innovare หมายถึงทำสิ่งใหม่ขึ้นมา สำหรับในทางวิชาการการใช้คำว่านวัตกรรมมีความหมายแตกต่างกันไปตามบริบทของสาขาวิชา

นวัตกรรมมีความเกี่ยวข้องกับการศึกษาในหลายๆ สาขา อาทิ จิตวิทยา การจัดการ ธุรกิจ เทคโนโลยี สังคมวิทยา ปรัชญา เศรษฐศาสตร์ ประวัติศาสตร์ ศิลปศาสตร์ ศึกษาศาสตร์ รวมไปถึงนโยบายสาธารณะ [1] แมคคีโอน [2] ได้ให้ความหมายของนวัตกรรมไว้ในหนังสือความจริงเรื่องนวัตกรรมข้อแรกว่า นวัตกรรมคือแนวทางการทำสิ่งใหม่ที่ใช้ประโยชน์ได้ซึ่งอาจจะเป็นการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยหรือเปลี่ยนไปอย่างมาก ไม่ว่าจะเกิดขึ้นกับ ผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือองค์กรก็ตาม ซึ่งความแตกต่างกันระหว่างคำว่า สิ่งประดิษฐ์ และ นวัตกรรม (invention vs innovation) คือ สิ่งประดิษฐ์เป็นการทำให้สิ่งที่คิดไว้เกิดขึ้นจับต้องได้ แต่หากเป็นนวัตกรรมจะต้องสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้ประสบผลสำเร็จด้วย ในทำนองเดียวกัน ฟรีแมน [3] ให้ความหมายของนวัตกรรมไว้ว่า คือ กิจกรรมทางเทคนิค การออกแบบ การผลิต การจัดการ และการค้าที่เกี่ยวข้องกับตลาด ดังนั้นนวัตกรรมจึงมีขอบเขตที่ค่อนข้างกว้าง แต่อย่างไรก็ตามสิ่งสำคัญที่ระบุความเป็นนวัตกรรมที่เข้าใจร่วมกันคือ ต้องมีคำว่า “ใหม่” และ “ใช้ประโยชน์ได้” (new and useful) ตามที่ ลูค ริชาร์ด และ คาทซ [4] กล่าวไว้ว่า นวัตกรรมคือสิ่งที่เข้าใจกันโดยทั่วไปว่าเป็นสิ่งที่ใหม่หรือกรรมวิธีใหม่ที่ประสบความสำเร็จในการนำเสนอ ดังนั้นเองนวัตกรรมจึงต้องมีความใหม่ ถ้าไม่ใหม่ไม่ใช่นวัตกรรม เจมส์ อัตเตอร์แบ็ก [5] ศึกษาเรื่อง กระบวนการของเทคโนโลยีนวัตกรรมภายในองค์กร โดยให้นิยามของนวัตกรรมไว้ว่า นวัตกรรม คือ สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการประดิษฐ์คิดค้นไปจนถึงการนำออกสู่ตลาดถ้าเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือ เป็นการใช้กระบวนการผลิตใหม่เป็นครั้งแรก โดยใจความสำคัญ คือ การใช้งานครั้งแรก (First Use) ความหมายของนวัตกรรมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ หมายถึง การนำเสนอสิ่งใหม่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยอาจจะใช้นวัตกรรมเพื่อเพิ่มประโยชน์ของเดิมให้ดีขึ้นหรืออาจจะใช้ทดแทนของเดิมบางส่วนหรือทั้งหมด

2.1.2 นวัตกรรมกับความสร้างสรรค์

นวัตกรรมมีความเกี่ยวข้องกับคำว่า ความสร้างสรรค์ (Creativity) จากการศึกษาเรื่องนวัตกรรมระดับบุคคล อธิบายถึงการกำเนิดนวัตกรรมว่าเกิดจากความสามารถและความสร้างสรรค์ [6] เช่นเดียวกับการศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถพิเศษ การมอบหมายงาน ความสร้างสรรค์ ทั้งสามมีผลต่อการสร้างนวัตกรรม [7] โร-เบิร์ด สเทนเบอร์ก และคณะ [8] ได้ศึกษาและจำแนกประเภทของนวัตกรรมไว้ 8 จำพวกและแต่ละประเภทต้องการแนวทางการสร้างสรรค์ที่แตกต่างกัน กล่าวว่า สิ่งประดิษฐ์ ผลงานความคิด และนวัตกรรมทุกประเภทมีจุดเริ่มต้นจากความสร้างสรรค์ของผู้ประกอบการ ความสร้างสรรค์และนวัตกรรมจึงเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกันอย่างแยกกันออกไม่ได้ [9]

สตัม เบทติน่า [10] ได้ให้ความหมายของคำว่านวัตกรรมไว้ว่า นวัตกรรม คือ การรวมกันระหว่างความสร้างสรรค์ (Creativity) กับ การทำได้จริง (Implementation) ซึ่งหมายถึงสิ่งที่คิดจะทำนั้นต้องทำได้จริงด้วย ทำนองเดียวกับ เอมาบาย [11] ที่ได้นำเสนอว่า นวัตกรรมทั้งหมดเริ่มจากความคิดสร้างสรรค์หรืออาจจะกล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์ที่นำมาสร้างให้เกิดขึ้นใช้งานได้จริงนั้นคือนวัตกรรม ดังนั้นในความหมายนี้ ความคิดสร้างสรรค์จึงแตกต่างจากนวัตกรรม ตรงที่ว่านวัตกรรมต้องสามารถนำความคิดมาทำให้เกิดขึ้นเป็นจริงได้ด้วย หากเพียงแต่คิดแต่ทำไม่ได้สิ่งนั้นยังไม่ใช้นวัตกรรม

2.1.3 นวัตกรรมและเศรษฐกิจ

นวัตกรรมไม่ใช่เพียงสิ่งประดิษฐ์เท่านั้นแต่ยังรวมกระบวนการทางธุรกิจเข้าไปด้วย สมิท [12] ให้ภาพของนวัตกรรมไว้ว่า นวัตกรรมเป็นองค์ประกอบของสิ่งประดิษฐ์และการพาณิชยกรรม ฟรีแมน และ โซตี [13] กล่าวว่า ความคิดใหม่ต้องสามารถใช้ประโยชน์เชิงพาณิชยกรรมได้ เช่นเดียวกับ มิยาตะ [14] กล่าวว่า นวัตกรรมไม่ใช่แค่การได้มาซึ่งสิทธิบัตรแต่จำเป็นต้องมีกระบวนการที่นำไปสู่วิธีการเชิงพาณิชย์ด้วย

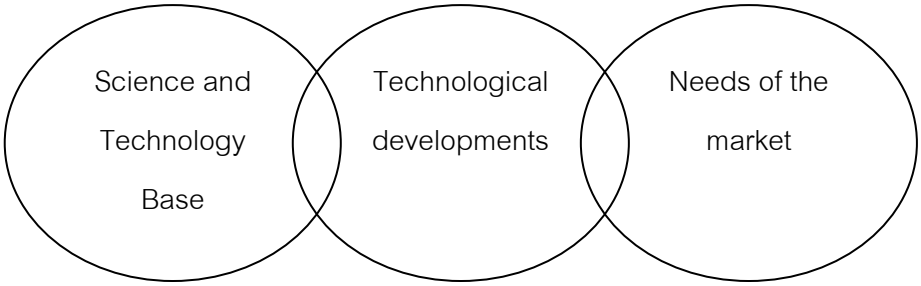
เคคลิก [15] ได้หยิบยกแนวคิดของชุมปีเตอร์ผู้ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อวงการนวัตกรรม โดยกล่าวถึงแนวคิดของ ชุมปีเตอร์ ที่เสนอแนวความคิดไว้ว่า นวัตกรรม เป็นหัวใจสำคัญของระบบทุนนิยม โดยกลไกที่ทำให้ระบบทุนนิยมเคลื่อนที่ไปมา จากสินค้าใหม่ กระบวนผลิตใหม่ ตลาดใหม่ รูปแบบใหม่ขององค์กร ซึ่งผู้ประกอบการในระบบทุนนิยมเป็นผู้สร้างขึ้น ชุมปีเตอร์ได้ทำการวิเคราะห์การพัฒนาระบบทุนนิยมจากการวิวัฒนาการกระบวนการ โดยใช้คำว่า การทำลายอย่างสร้างสรรค์ (Creative Destruction) หมายถึง การพัฒนาสิ่งใหม่ขึ้นมาอย่างต่อเนื่องในระบบเศรษฐกิจ อันจะเป็นการทำลายสิ่งเดิมๆ ที่มีอยู่ และสร้างสิ่งใหม่ๆ ขึ้นมา

มุมมองของผู้เชี่ยวชาญทางด้านการจัดการ ปีเตอร์ ดรักเกอร์ [16] มองว่า นวัตกรรมคือเครื่องมือสำคัญของผู้ประกอบการ ที่จะใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงเป็นโอกาสในการทำธุรกิจหรือบริการที่แตกต่าง โดยสามารถฝึกฝน เรียนรู้ และนำไปปฏิบัติได้ ทิด เบสสาส และ พาวิท [17] ให้ความหมายของนวัตกรรม ไว้ว่าคือสิ่งที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาแนวทางใหม่ๆ เพื่อสร้างความได้เปรียบเชิงกลยุทธ์ ซึ่งจะเป็นหนทางใหม่ๆ ในการรักษาความได้เปรียบในการแข่งขันไว้ พอร์ตเตอร์ [18] มองว่า นวัตกรรมคือสิ่งที่จะสามารถเอาชนะแรงกดดันและความท้าทายต่างๆ ที่ธุรกิจต้องเผชิญได้ นอกจากนี้พอร์ตเตอร์ยังได้เสนอแนะว่า การสร้างกลยุทธ์เพื่อให้ได้เปรียบในการแข่งขันนั้นแต่ละประเทศควรจะส่งเสริมในการสร้างนวัตกรรมด้วย เพื่อให้ธุรกิจสามารถเข้าถึงความต้องการที่ซับซ้อนมากขึ้นของผู้บริโภคในช่องทางต่างๆ ได้ แนวคิดเหล่านี้ทำให้เริ่มเห็นว่าในปัจจุบันมีหลายบริษัทนำนวัตกรรมไปใช้เป็นกลยุทธ์ในการแข่งขันมากขึ้นเรื่อยๆ ในความหมายนี้นวัตกรรมได้รวมกิจกรรมทางเศรษฐกิจเข้าไว้อย่างกลมกลืน

โรเจอร์ [19] พูดถึงคุณลักษณะของนวัตกรรมว่าเกี่ยวข้องกับการรับรู้ของคน ซึ่งบางคนอาจจะปฏิเสธที่จะยอมรับสิ่งใหม่ๆ ที่เกิดขึ้น แต่บางคนก็อยากลอง บางคนก็รับไว้ทันที ทำให้นวัตกรรมไม่ได้สิ้นสุดอยู่ที่การประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ๆ ออกมาเท่านั้นแต่ยังต้องมีการแพร่กระจายของนวัตกรรม (Innovation Diffusion) ซึ่งต้องใช้เวลากว่าจะเป็นที่รู้จักหรือยอมรับในวงกว้าง นวัตกรรมบางอย่างที่ออกสู่ตลาดไม่สามารถข้ามช่องว่างในช่วงเริ่มของการเข้าสู่ตลาด (Crossing the chasm) ทำให้นวัตกรรมตายไปในที่สุด มัวร์ [20] จึงได้เสนอแนวคิดในการแพร่กระจายของนวัตกรรมไว้ว่าต้องสนใจเรื่องการตลาด

2.1.4 **นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ ตลาด**

พอล ทรอท [21] ได้กล่าวว่า นวัตกรรมคือปฏิสัมพันธ์ระหว่าง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และความต้องการของตลาด เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับผู้แต่งท่านอื่นๆ [17, 22] คารายานนิส และกอนซาเลส [23] ให้กรอบความคิดนวัตกรรมไว้ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบแรกเป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งเป็นพื้นฐานในการสร้างความรู้ใหม่ๆ โดยมหาวิทยาลัยหรือหน่วยงานวิจัยขนาดใหญ่ องค์ประกอบที่สองคือการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีพื้นฐานเป็นส่วนขององค์กรภาคธุรกิจ และ องค์ประกอบสุดท้ายคือเรื่องเกี่ยวกับตลาดเป็นส่วนของลูกค้าที่มีความต้องการในผลิตภัณฑ์หรือบริการ



รูปที่ 2.1 กรอบแนวคิดนวัตกรรม [21]

คริสเต็นเซน [22] ได้กล่าวถึงนวัตกรรมว่าเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี ที่เรียกกันว่าเทคโนโลยีที่แตกออก (Disruptive Technology) หมายถึงการทำสิ่งใหม่ที่มีฟังก์ชั่นการใช้งานน้อยลง ต้นทุนลดลง แต่มีตลาดรองรับ เนื่องจากราคาถูกลง คำว่า “Disruptive Technology” หนังสือบางเล่มแปลว่าเทคโนโลยีแบบล้มกระดาน โดยให้ความหมายว่าเป็นการทดแทนเทคโนโลยีเดิมที่มีอยู่ [24] ความหมายของนวัตกรรมจึงขยายขอบเขตมากขึ้นโดยมีองค์ประกอบของเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้อง

คนส่วนใหญ่อาจเข้าใจว่านวัตกรรมเป็นสิ่งที่ต้องใช้เทคโนโลยีระดับสูงที่มีความสลับซับซ้อนมาก แต่อย่างไรก็ดีการสร้างนวัตกรรมไม่จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีระดับสูงเสมอไป แต่อาจจะใช้เพียงแค่เทคโนโลยีพื้นฐานไม่ซับซ้อนมากโดยรู้ว่าเทคโนโลยีนั้นมีหลักการทำงานอย่างไร [25] และจะนำมาใช้งานอย่างไรให้เกิดประโยชน์

2.1.5 รูปลักษณ์และประเภทนวัตกรรม

1) รูปลักษณ์นวัตกรรม (Forms of Innovation)

นวัตกรรมมีรูปลักษณ์ต่างกันไป สมิท [12] แบ่งรูปลักษณ์ของนวัตกรรมออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ *นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์* *นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของบริการ* และ *นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของกระบวนการ*

นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) คือ ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีรูปทรงจับต้องได้สามารถนำมาใช้งานได้ การสร้างผลิตภัณฑ์นวัตกรรมจะมีกระบวนการที่เรียกว่ากระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Development Process, NPD) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้ในการสร้างผลิตภัณฑ์โดยมีขั้นตอนต่างๆ เริ่มตั้งแต่การสร้างความคิด ทดสอบ

ความคิด การสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ การทดสอบการทำงาน จนถึงการออกสู่ตลาด (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมหัวข้อ 2.6 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่)

นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของบริการ (Service Innovation) คือการให้บริการใหม่ที่ดีขึ้นกว่าเดิม กระบวนการที่ใช้สร้างเรียกว่า กระบวนการพัฒนาบริการใหม่ (New Service Development Process, NSD)

นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของกระบวนการ (Process Innovation) เป็นการเปลี่ยนแปลงขั้นตอน กรรมวิธี หรือแผนผังการทำงานใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานให้ดีขึ้น ความแตกต่างระหว่างนวัตกรรมในรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ กับ นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของกระบวนการ คือ นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์ สามารถจับต้องได้ ผลิตออกมาได้ แต่ นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของกระบวนการไม่สามารถจับต้องได้

นวัตกรรมยังมีชื่อเรียกอีกหลายอย่าง เช่น นวัตกรรมทางธุรกิจ (Business Innovation) นวัตกรรมทางการตลาด (Marketing Innovation) และที่พบได้มากคือ นวัตกรรมทางการศึกษา (Education Innovation) ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปลักษณ์ของนวัตกรรมพบว่า นวัตกรรมทางธุรกิจ นวัตกรรมทางการตลาด นวัตกรรมทางการศึกษา เป็นรูปแบบหนึ่งของกระบวนการในการทำงาน เป็นรูปลักษณ์ที่ไม่มีตัวตน จับต้องไม่ได้ จึงจัดอยู่ในกลุ่ม นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของกระบวนการ

เมื่อพิจารณานวัตกรรมรูปลักษณ์ของบริการ จะเห็นได้ว่าเป็นรูปลักษณ์ที่ไม่มีตัวตน จับต้องไม่ได้ ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของนวัตกรรมรูปลักษณ์ของกระบวนการ ดังนั้นการแบ่งรูปลักษณ์ของนวัตกรรมในที่นี้จึงเหลือนวัตกรรมเพียง 2 รูปลักษณ์ ได้แก่ *นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของผลิตภัณฑ์* และ *นวัตกรรมในรูปลักษณ์ของกระบวนการ*

2) ประเภทของนวัตกรรม (Typology of Innovation)

นวัตกรรมเกิดขึ้นได้หลายประเภทโดย สมิท [12] แบ่งประเภทของนวัตกรรมออกตามระดับความใหม่ที่เกิดขึ้นใน 2 มิติ คือ *มิติด้านระบบการทำงาน* (System) และ *มิติด้านส่วนประกอบ* (Components) การแบ่งประเภทนวัตกรรมออกเป็น 2 มิติทำให้เกิดนวัตกรรม 4 ประเภท ได้แก่ *นวัตกรรมประเภทส่วนเพิ่ม* (Incremental Innovation) ระบบการทำงานยังคงเหมือนเดิมแต่ทำส่วนประกอบให้ดีขึ้น *นวัตกรรมประเภทเปลี่ยนส่วนประกอบ* (Modular Innovation) ระบบการทำงานยังคงเหมือนเดิมแต่มีการเปลี่ยนส่วนประกอบใหม่ *นวัตกรรมประเภทเปลี่ยนสถาปัตยกรรม* (Architectural Innovation) ทำการรื้อระบบการทำงานใหม่และส่วนประกอบทำให้ดีขึ้น และ *นวัตกรรมประเภทถอนรากถอนโคน* (Radical Innovation) ทำการรื้อระบบการทำงานใหม่และเปลี่ยนส่วนประกอบใหม่หมด

ตารางที่ 2.1 ประเภทนวัตกรรมแบ่งตามส่วนประกอบและระบบการทำงาน

		ส่วนประกอบ (Components)	
		ทำให้ดีขึ้น	ทำใหม่
ระบบการทำงาน	ไม่เปลี่ยนแปลง	นวัตกรรมประเภทส่วนเพิ่ม (Incremental Innovation)	นวัตกรรมประเภทเปลี่ยนส่วนประกอบ (Modular Innovation)
	เปลี่ยนใหม่	นวัตกรรมประเภทเปลี่ยนสถาปัตยกรรม (Architectural Innovation)	นวัตกรรมประเภทถอนรากถอนโคน (Radical Innovation)

ผู้แต่งในตำราบางเล่มอาจจะแบ่งประเภทนวัตกรรมด้วยมิติอื่น เช่น มัวร์ [20] แบ่งประเภทนวัตกรรมออกตามช่วงอายุวงจรธุรกิจ โดยใช้มิติด้านตลาดและมิติด้านผลิตภัณฑ์ในการแบ่งประเภทนวัตกรรม ทำให้เกิดนวัตกรรม 4 ประเภท ได้แก่ *นวัตกรรมแพลตฟอร์ม* (Platform Innovation) ตลาดและผลิตภัณฑ์ยังคงเหมือนเดิม ตัวอย่างเช่น โค้กซีโร่ ตลาดยังคงเป็นตลาดน้ำอัดลมและผลิตภัณฑ์ยังคงเป็นโค้ก *นวัตกรรมผลิตภัณฑ์* (Product Innovation) ตลาดยังคงเป็นตลาดเดิมแต่สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ *นวัตกรรมประยุกต์* (Application Innovation) สร้างตลาดใหม่ด้วยผลิตภัณฑ์เดิมที่มีอยู่ และ *นวัตกรรมแตกตัว* (Radical Innovation) สร้างตลาดใหม่และสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่

ตารางที่ 2.2 ประเภทนวัตกรรมแบ่งตามผลิตภัณฑ์และตลาด

		ผลิตภัณฑ์	
		เดิม (Existing)	ใหม่ (New)
ตลาด	เดิม (Existing)	นวัตกรรมแพลตฟอร์ม (Platform Innovation)	นวัตกรรมผลิตภัณฑ์ (Product Innovation)
	ใหม่ (New)	นวัตกรรมประยุกต์ (Application Innovation)	นวัตกรรมแตกตัว (Disruptive Innovation)

มัวร์ ทำการแบ่งประเภทนวัตกรรมตามวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนแรกเป็นการพัฒนานวัตกรรมด้านลูกค้า ประกอบไปด้วย *นวัตกรรมขยายสายการผลิต* (Line Extension Innovation) *นวัตกรรมเพิ่มประสิทธิภาพ* (Enhancement

Innovation) *นวัตกรรมทางการตลาด* (Marketing Innovation) และ*นวัตกรรมประสบการณ์* (Experiential Innovation)

ส่วนที่สองเป็นการพัฒนานวัตกรรมด้านการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ประกอบไปด้วยการสร้าง *นวัตกรรมวิศวกรรมคุณค่า* (Value Engineering Innovation) *นวัตกรรมบูรณาการ* (Integration Innovation) *นวัตกรรมกระบวนการ* (Process Innovation) และ *นวัตกรรมการหาคุณค่าใหม่* (Value Migration Innovation) สำหรับช่วงตลาดขาลงเป็น *นวัตกรรมประเภทรื้อฟื้นใหม่* (Renewal Innovation)

โจ ทิด และคณะ [17] แบ่งประเภทนวัตกรรมออกเป็น 4 แบบ ดังนี้ *นวัตกรรมแตกตัว* (Disruptive Innovation) สร้างกฎการแข่งขันขึ้นมาใหม่ และสร้างตำแหน่งคุณค่าใหม่ (New Value Proposition) *นวัตกรรมถอนรากถอนโคน* (Radical Innovation) นำเสนอผลิตภัณฑ์หรือบริการที่เป็นเอกลักษณ์หรือแตกต่างจากคู่แข่งอย่างมากและกำหนดราคาสูง *นวัตกรรมที่ซับซ้อน* (Complex Innovation) ทิ้งช่องว่างทางเทคโนโลยีใหม่จากคู่แข่ง และ *นวัตกรรมแบบส่วนเพิ่มอย่างต่อเนื่อง* (Continuous Incremental Innovation) ทำการพัฒนาประสิทธิภาพให้ดีขึ้นเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่อง

3) การแบ่งประเภทนวัตกรรมโดยรูปลักษณ์และระดับการเปลี่ยนแปลง

การจัดประเภทนวัตกรรมตามเกณฑ์ต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น อาจจะสรุปรวมออกมาได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆโดยใช้เกณฑ์พิจารณาจากรูปลักษณ์แบ่งนวัตกรรมออกได้เป็น นวัตกรรมประเภทจับต้องได้ และนวัตกรรมประเภทจับต้องไม่ได้ จากการแบ่งประเภทนวัตกรรมของ สมิท [12] เหมาะกับการนำไปใช้กับการพิจารณาผลิตภัณฑ์หรือสิ่งที่จับต้องได้ ส่วนของมัวร์ [20] การแบ่งประเภทผลิตภัณฑ์ตามช่วงอายุวงจรชีวิตธุรกิจมีนวัตกรรมทั้งสองแบบและแบบที่จับต้องไม่ได้นั้น เป็นนวัตกรรมในเรื่องฟังก์ชั่นหรือกระบวนการ เช่น นวัตกรรมการตลาด นวัตกรรมกระบวนการ ฯลฯ อย่างไรก็ดีการแบ่งประเภทนวัตกรรมของโจ ทิด และคณะ [17] เป็นการแบ่งประเภทตามรูปลักษณ์การจับต้องได้หรือไม่ได้นั้นดูไม่มีความชัดเจนเพียงพอ จึงจำเป็นต้องมีมิติของการแบ่งประเภทนวัตกรรมตามระดับการเปลี่ยนแปลง เป็นประเภทการเปลี่ยนแปลงจากเดิมเล็กน้อย และการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเป็นอย่างมาก ระดับการเปลี่ยนแปลงอาจจะเกิดขึ้นในแนวข้างได้ด้วย เช่น การเปลี่ยนส่วนประกอบบางอย่างแต่ยังคงใช้ระบบการทำงานเดิม หรือส่วนประกอบเดิมแต่ใช้ระบบการทำงานใหม่ จากที่กล่าวมาทั้งหมดสามารถสรุปการแบ่งประเภทนวัตกรรมตามรูปลักษณ์และระดับการเปลี่ยนแปลง ออกมาได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ประเภทนวัตกรรมแบ่งตามรูปลักษณ์และระดับการเปลี่ยนแปลง

		รูปลักษณ์	
		จับต้องได้ (ผลิตภัณฑ์)	จับต้องไม่ได้(กระบวนการ)
ระดับการเปลี่ยนแปลง	เล็กน้อย	ส่วนเพิ่ม (Incremental Innovation)	บริการ (Service Innovation)
		แพลทฟอร์ม (Platform Inno.)	ธุรกิจ (Business Innovation)
		เปลี่ยนส่วนประกอบ (Modular Inno)	การศึกษา (Education Innovation)
		เปลี่ยนสถาปัตยกรรม (Architectural)	นโยบาย (Policy Innovation)
		แตกตัว (Disruptive Innovation)	องค์กร (Organization Innovation)
	มาก	ถอนรากถอนโคน (Radical Innovation)	กระบวนการ (Process Innovation)

2.2 **กระบวนการทางนวัตกรรม** (Innovation Process)

โอซุลิแวน และ ดูลี่ย์ [26] กล่าวว่านวัตกรรม คือ กระบวนการสร้างการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าใหญ่ หรือเล็ก มาก หรือ น้อย โดยจะเป็นการนำเสนอผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือ บริการ ซึ่งเป็นผลมาจากการทำในสิ่งใหม่สำหรับองค์กร ซึ่งเพิ่มคุณค่าให้แก่ลูกค้า และเพิ่มความรู้ให้แก่องค์กร กระบวนการนวัตกรรมเป็นส่วนเติมเต็มช่องว่างระหว่างกระบวนการทางพาณิชยกรรมและกระบวนการทางเทคโนโลยี

กระบวนการนวัตกรรมประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.2.1 **การสร้างความคิดนวัตกรรม**

กระบวนการทางนวัตกรรม เริ่มต้นจากกระบวนการทางความคิด คือ การเกิดแนวคิด ความสร้างสรรค์ การริเริ่ม [10] หรือการเห็นโอกาสบางอย่าง [24] เป็นความคิดใหม่ๆ ที่จะนำมาสร้างเป็นนวัตกรรม อย่างไรก็ดีความคิดนวัตกรรมเหล่านี้ไม่ได้สามารถนำไปใช้งานหรือนำไปสร้างให้เกิดขึ้นได้ทั้งหมด ชิลลิ่ง [27] กล่าวถึง โมเดลกรวยนวัตกรรมว่า ความคิดนวัตกรรม (Innovative Idea) จำนวน 3,000 จะเหลือความคิดที่นำไปใช้สร้างนวัตกรรมได้จริงเพียงแค่ 1 ความคิดเท่านั้น

ความคิดใหม่ หรือโอกาส จะถูกกรองโดยการประเมินว่ามีความเหมาะสมกับองค์กรหรือไม่ เข้ากันได้กับกลยุทธ์ทางธุรกิจมากน้อยเพียงใด ในกรณีที่เทคโนโลยียังไม่พร้อมหรือยังไม่สมบูรณ์เพียงพอความคิดที่ผ่านการกลั่นกรองนี้สามารถนำไปเก็บไว้ในแฟ้มความคิดเพื่อนำมาพัฒนานวัตกรรมในภายหลัง สกากินสกี้และกิบสัน [28] เรียกกระบวนการสร้างและประเมินความคิดใหม่นี้ว่าเป็น การออกแบบสถาปัตยกรรมนวัตกรรม (Innovation Architecture) ซึ่งจะต้องนำไปทดสอบต่อไป อย่างไรก็ดีนิโคล [29] ได้ให้ความเห็นในบทความ Market Leader ใน

มุมมองที่แตกต่างว่า กระบวนการแบบกรวยนั้นอาจไม่สามารถใช้งานได้จริงโดยมีเหตุผลหลักๆ ดังนี้คือ

ประการแรก การให้ความสำคัญกับการประเมินและเลือกแนวคิดที่ดีที่สุด มากกว่าการแสวงหาแนวคิดใหม่ๆ ทั้งโมเดลกรวยและประตู-ด่าน (Stage-Gate) ต่างเป็นการเลือกผลการประเมินที่ดีที่สุดในแต่ละขั้นตอน ซึ่งทำให้กระบวนความคิดในลำดับรองถัดมาอาจถูกตัดออกไป แม้ว่าจะเป็นความคิดที่ดีก็ตาม

ประการที่สอง งานเอกสารมีความสำคัญมากกว่าแนวคิด ความหมายคือ โมเดลแบบกรวยมุ่งไปสร้างภาระงานเอกสารมากแทนที่จะลดภาระงานเอกสารให้น้อยลง องค์กรมักจะคาดหวังปริมาณงาน เช่น ตั้งเป้าหมายจำนวนสิทธิบัตรต่อปีเป็นตัวชี้วัด (KPI) โดยการกำหนดความรับผิดชอบแทนที่จะกำหนดเป็นเป้าหมาย หลายความคิดถูกโยนลงถังขยะเพราะความคิดที่ใกล้เคียงกับสิ่งที่มีอยู่ได้คะแนนมากกว่าความคิดใหม่ๆ ซึ่งถูกมองว่ายาก หรือเป็นไปไม่ได้

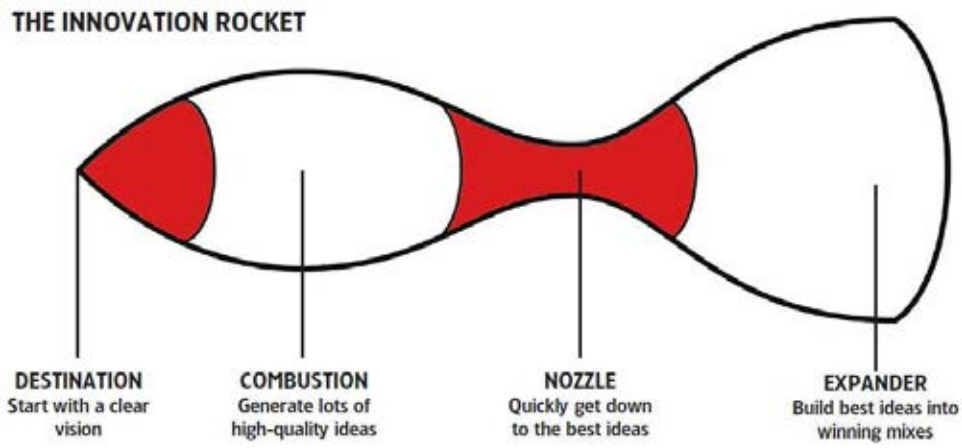
ประการที่สาม ผู้สร้างผลิตภัณฑ์พยายามจะใช้แต่สิ่งที่ตัวเองมี (Not Invented Here, NIH) ตัวอย่างเช่น บริษัทโซนี่ประสบความสำเร็จจากการทำ Walkman ต่อมาเมื่อเข้าสู่เครื่องเล่นเพลงดิจิตอล โซนี่เลือกใช้ระบบไฟล์แบบ ATRAC ซึ่งเป็นซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเอง ในขณะที่ iPod เลือกใช้ระบบไฟล์แบบ MP3 ผลลัพธ์ก็คือ ผลิตภัณฑ์จากโซนี่ไม่สามารถชนะ iPod ได้ เนื่องจากโซนี่มุ่งเพียงแต่จะใช้เทคโนโลยีตัวเอง

ประการที่สี่ หัวหน้ามีหน้าที่ประเมินแทนที่จะมีหน้าที่ปรับปรุง ส่งผลให้ความคิดใหม่ๆ ที่ผลิตออกมามักถูกปฏิเสธ กลายเป็นเครื่องจักรสังหารความคิด

ประการที่ห้า ใช้เวลาทำนานและราคาสูง การตัดสินมักจะยึดติดกับตัวเลขมากกว่าคุณภาพ สิ่งที่เพิ่มต้นทุนมักจะถูกปฏิเสธ

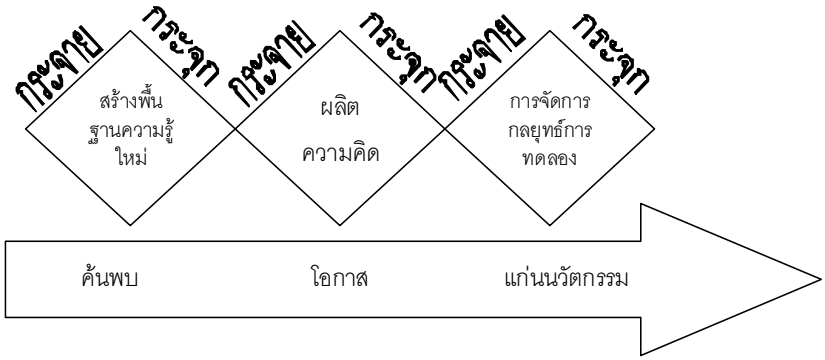
ประการสุดท้าย ความคิดที่ดีนั้นย่อมไม่ได้มาโดยง่าย การผลิตแนวคิดในโมเดลกรวยเป็นการเน้นปริมาณเพื่อให้ได้ความคิดออกมาอย่างหลากหลาย แต่การผลิตแนวคิดที่มีคุณภาพและปริมาณมากนั้น ต้องอาศัยกระบวนการและปัจจัยที่เกี่ยวข้องอีกหลายๆ อย่าง นิโคลจึงมองว่าโมเดลกรวยนั้นไม่สามารถใช้งานได้จริง

นิโคล [29] ชี้ให้เห็นว่า การสร้างนวัตกรรมที่ประสบความสำเร็จนั้นจะต้องรู้ให้แน่ชัดก่อนว่าสิ่งที่กำลังจะทำคืออะไร การมีความชัดเจนในสิ่งที่จะทำหรือไม่ทำจะช่วยให้การผลิตแนวคิดใหม่ๆ เกิดได้ง่ายขึ้น เดวิดเสนอความคิดใหม่ว่า โมเดลจรวดจะช่วยในการสร้างนวัตกรรมได้ดีกว่าโมเดลแบบกรวย ลักษณะของโมเดลจรวดจะเริ่มจากการมีเป้าหมายชัดว่าจะทำอะไร จะไปที่ไหน เป็นสิ่งแรกและสิ่งเดียวที่สำคัญที่สุดในการเริ่มต้นสร้างนวัตกรรมที่ประสบความสำเร็จ



รูปที่ 2.2 โมเดลจรวดของนิโคล [29]

แม้ว่าสิ่งที่นิโคลกล่าวไว้ว่า กระบวนการนวัตกรรมเริ่มต้นจากการมีความคิดนวัตกรรมที่ชัดเจนแต่อย่างไรก็ตามเป็นการยากที่จะบอกได้ถึงแนวความคิดที่แน่ชัดลงไปทันทีในขณะที่ยังไม่ได้ลงมือปฏิบัติ จำเป็นต้องมีขั้นตอนหรือกระบวนการบางอย่างก่อนจะได้ความคิดนวัตกรรมที่ชัดเจน สกาซินสกี้และกิบสัน [28] เสนอขั้นตอนโดยใช้การคิดแบบกระจายและกระจุก จนได้เป็นแก่นของความคิดนวัตกรรม เริ่มต้นจากการสร้างหรือศึกษาความรู้พื้นฐานให้ครอบคลุมเรื่องที่สนใจ และคัดกรองความรู้ที่จำเป็นต้องใช้นำมาผลิตความคิดใหม่ๆ ที่สอดรับกับโอกาสทางการตลาดและทำการทดลองแนวคิด จนได้เป็นแก่นความคิดนวัตกรรม



รูปที่ 2.3 กระบวนการนวัตกรรมของสกาซินสกี้และกิบสัน [28]

2.2.2 การพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ

ขั้นตอนในการนำความคิดนวัตกรรมมาทำให้เกิดขึ้นนั้น จะใช้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Development, NPD) หรือ กระบวนการพัฒนาบริการใหม่ (New

Service Development, NSD) ผลลัพธ์จากกระบวนการพัฒนาได้แก่ ผลิตภัณฑ์นวัตกรรม หรือบริการนวัตกรรม สำหรับกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ มีผู้แต่งจำนวนมากนำเสนอโมเดลไว้ เช่น โมเดลประตู-ด่าน ของคูเปอร์ และคณะ [30] NPD ของอูริค [31] หรือ คลอฟอร์ด และ ดิ เบเนเดทโต้ [32] ฯลฯ รายละเอียดจะได้นำเสนอเพิ่มเติมในหัวข้อกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

2.2.3 การแพร่กระจายนวัตกรรม

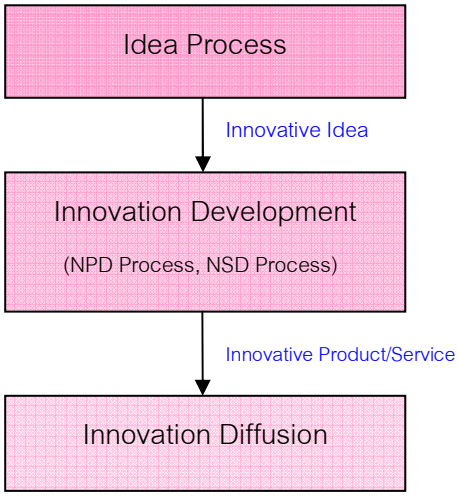
การสร้างนวัตกรรมมีความเสี่ยงสูง ประมาณ 96% ของนวัตกรรมล้มเหลวในการทำตลาด [28] ขั้นตอนหลังจากสร้างผลิตภัณฑ์นวัตกรรมออกมาแล้วจะเป็นเรื่องของการแพร่กระจายนวัตกรรม (Innovation Diffusion) ซึ่งเกี่ยวข้องกับกิจกรรมในการทำตลาด ในช่วงเริ่มต้นของการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดนั้นกลุ่มลูกค้าที่เข้ามาจะเป็นกลุ่มผู้ลองของใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นจำนวนที่น้อย และอาจจะต้องใช้เวลาสักระยะเวลาหนึ่งจึงจะมีลูกค้ากลุ่มใหญ่เข้ามา ซึ่งลักษณะของกลุ่มลูกค้าแต่ละกลุ่มที่จะเข้ามามีพฤติกรรมที่แตกต่างกันในการยอมรับนวัตกรรมหรือสิ่งใหม่ๆ จึงต้องทำความเข้าใจในเรื่องการทำการตลาดในช่วงวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ช่วงเริ่มต้นนี้ให้ดี

การแพร่กระจายนวัตกรรมเริ่มต้น จากการซื้อครั้งแรก [33] โรเจอร์ [19] ได้นำเสนอเรื่องการแพร่กระจายของนวัตกรรม โดยพูดถึงทัศนคติที่มีต่อการยอมรับนวัตกรรมใหม่ประกอบไปด้วยประสบการณ์ 5 ระดับ คือ

1) ระดับมีความรู้ (Knowledge) เริ่มมีความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรม
2) ระดับชักชวน (Persuasion) เกิดทัศนคติต่อนวัตกรรม
3) ตัดสินใจ (Decision) ตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธ
4) นำมาใช้ (Implementation) นำความคิดใหม่มาใช้ และ
5) แน่ใจ (Confirmation) มั่นใจในการตัดสินใจนั้น

การนำเสนอนวัตกรรมออกสู่ตลาดจึงต้องทำความเข้าใจตลาดทัศนคติของลูกค้าแต่ละกลุ่ม และวางแผนการตลาดที่เหมาะสมสอดคล้องกัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสังเคราะห์เป็นแนวคิดกระบวนการนวัตกรรม (ดูรูปที่ 2.4) ประกอบไปด้วยกระบวนย่อย 3 กระบวนการ ได้แก่ *กระบวนการทางความคิด* ได้แก่การดำเนินกิจกรรมเพื่อหาแนวคิดนวัตกรรม *กระบวนการพัฒนานวัตกรรม* ได้แก่ กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ หรือ กระบวนการพัฒนาบริการใหม่ และ *กระบวนการแพร่กระจายนวัตกรรม* เป็นการดำเนินกิจกรรมเพื่อนำนวัตกรรมออกสู่วงจรตลาด



รูปที่ 2.4 กระบวนการนวัตกรรมสังเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรม [10, 19, 31]

2.3 กระบวนการทางเทคโนโลยี (Technology Process)

กระบวนการทางเทคโนโลยี เป็นเรื่องของการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยและพัฒนา อาศัยการวิจัยต่อยอด หรือการค้นหาเทคโนโลยีที่มีอยู่ในตลาดที่เหมาะสมนำมาพัฒนาเพื่อใช้ในการสร้างนวัตกรรม

กระบวนการทางเทคโนโลยี ประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.3.1 การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพื้นฐาน

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีพื้นฐานโดยมากทำในมหาวิทยาลัยหรือหน่วยงานวิจัยขนาดใหญ่ ผลการวิจัยจะเป็นเทคโนโลยีพื้นฐานส่วนมากมีการเปิดเผยข้อมูลเป็นองค์ความรู้ใหม่ๆ ตัวอย่าง เทคโนโลยีพื้นฐาน เช่น นาโนเทคโนโลยี เทคโนโลยีโซล่าเซลล์ เทคโนโลยีเลเซอร์ ฯลฯ การดำเนินงานวิจัยและเทคโนโลยีพื้นฐานนั้นมีความเป็นไปได้ 2 แนวทาง [34] ได้แก่

1) การดำเนินงานวิจัยและพัฒนาภายในองค์กร มีข้อดีคือ ความเป็นเจ้าของเทคโนโลยีหรือองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัย อย่างไรก็ดีการดำเนินงานวิจัยภายในจำเป็นต้องใช้ทรัพยากรและระยะเวลาค่อนข้างมาก

2) การดำเนินงานวิจัยและพัฒนาภายนอกองค์กร มีข้อดีคือ สามารถเลือกรับเทคโนโลยีที่เหมาะสมเข้ามาปรับใช้ได้ทันที แต่ข้อเสียสำหรับการนำเทคโนโลยีจากภายนอกมาใช้คือสิทธิในการเป็นเจ้าของและอำนาจต่อรอง

2.3.2 **การพัฒนาเทคโนโลยี**

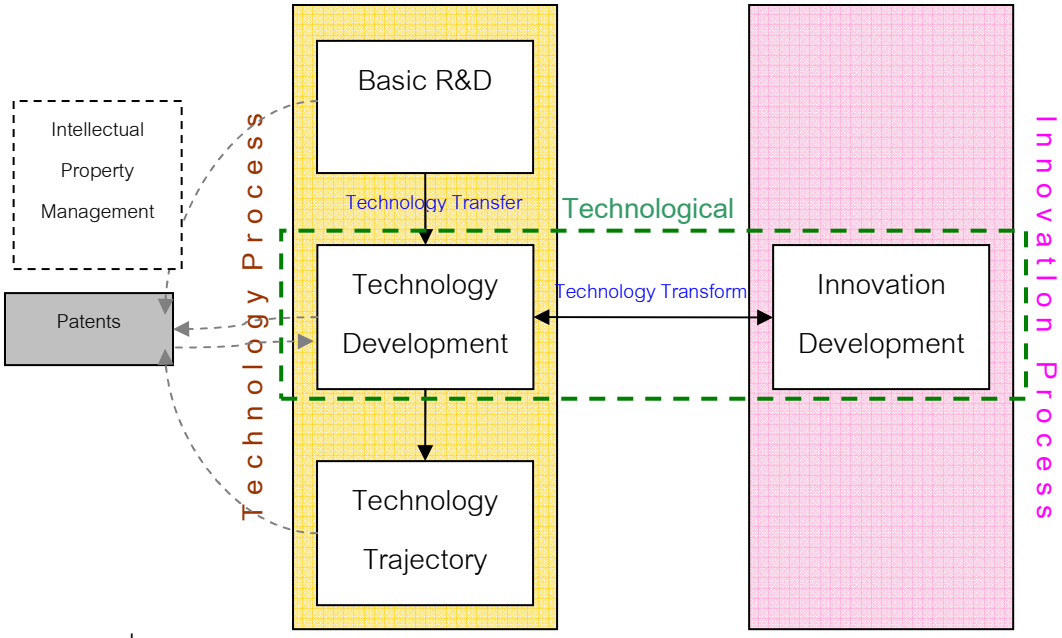
เป็นการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ โดยองค์กรภาคธุรกิจจะนำเทคโนโลยีพื้นฐานมาพัฒนาเพื่อใช้กับแนวคิดนวัตกรรม การถ่ายทอดความรู้จากงานวิจัยในจากมหาวิทยาลัยหรือหน่วยงานวิจัยไปยังบริษัทเอกชนหรือองค์กรภายนอก จะเรียกว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer) (การถ่ายโอนความรู้ทางเทคโนโลยีอาจจะเกิดขึ้นภายในองค์กรเองหากองค์กรนั้นมีหน่วยงานวิจัยเป็นของตัวเอง) ในขณะเดียวกันด้านผู้รับเทคโนโลยี จะเรียกว่าการรับเทคโนโลยี (Technology Adoption) ซึ่งบริษัทหรือองค์กรที่รับเทคโนโลยีเข้ามาจะต้องเรียนรู้ที่จะใช้เทคโนโลยีและสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกับงานด้านนวัตกรรมให้ได้ด้วย การจะเรียนรู้ที่จะใช้งานเทคโนโลยีได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับระดับความสามารถในการซึมซับขององค์กร (Absorptive Capacity) [12] ซึ่งเป็นความสามารถที่องค์กรจะต้องสร้างขึ้นมา

กระบวนการพัฒนาเทคโนโลยีไปสู่นวัตกรรมเป็นการเปลี่ยนรูปจากความรู้ไปสู่สิ่งที่จับต้องได้มากขึ้น (Technology Transform) กระบวนการทางเทคโนโลยีมีเชื่อมโยงสู่การพัฒนานวัตกรรมนี้ เรียกว่า การพัฒนานวัตกรรมเชิงเทคโนโลยี (Technological Innovation) หมายถึง การสร้างนวัตกรรมโดยใช้เทคโนโลยีใหม่ แต่การนำเทคโนโลยีใหม่มาใช้ในการสร้างนวัตกรรม ในบางครั้งเทคโนโลยีอาจจะไม่พร้อมใช้ในทันทีจำเป็นต้องพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มเติมก่อนเพื่อให้เหมาะสมกับแนวคิดนวัตกรรม ในบางกรณีการพัฒนาเทคโนโลยีนี้อาจจะได้เทคโนโลยีที่ฉีกไปจากที่เคยมีตามที่คริสเตนเซ่น [22] เรียกว่า เทคโนโลยีแตกตัว (Disruptive Technology)

2.3.3 **การพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีตามวิถี** (Technology Trajectory)

เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีต่อยอดจากเทคโนโลยีเดิม เป็นเวอร์ชั่น 2^{nd}, 3^{rd}, 4^{th} ...ให้มีประสิทธิภาพและเสถียรภาพสูงขึ้นบนเส้นโค้งรูปตัวเอส (S-Curve) [12]

อนึ่งในการพัฒนาเทคโนโลยีจะเกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพย์สินทางปัญญา เช่น หากองค์กรมีหน่วยงานวิจัยเป็นของตนเองอาจจะต้องมีการจดสิทธิบัตร จากผลงานวิจัย องค์กรอาจจะมีหน่วยงานรับผิดชอบเรื่องการบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญา (IP Management) หรือการนำเทคโนโลยีที่มีอยู่ในท้องตลาดหรือเทคโนโลยีจากห้องวิจัยเข้ามาใช้ (Technology Acquisition) จะเกี่ยวข้องกับสัญญาการใช้สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญานั้นด้วย (In licensing)



รูปที่ 2.5 กระบวนการทางเทคโนโลยีสังเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรม [12, 34]

2.4 กระบวนการทางพาณิชยกรรม (Commercialization Process)

ขั้นตอนของการทำพาณิชยกรรมนั้นเริ่มจากปัจจัยนำเข้า ซึ่งได้แก่ปัญหาของสังคมหรือความต้องการของตลาดเข้ามาเป็นโจทย์ หรืออาจพิจารณาจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขนาดใหญ่ในอนาคตที่กำลังจะมาถึง (Megatrend) ตัวอย่าง แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงขนาดใหญ่ในอนาคต เช่น สังคมผู้สูงอายุ การทำนวัตกรรมอาจจะเป็นการทำผลิตภัณฑ์สำหรับผู้สูงอายุ เช่น ผ้าอ้อมผู้ใหญ่ สัญญาณเตือนเมื่อหกล้มในห้องน้ำ หรือสร้างบริการนวัตกรรมด้านการดูแลผู้สูงอายุ ในระดับสังคมอาจจะทำนวัตกรรมเมืองให้ผู้สูงอายุ เช่น มีทางลาดสำหรับรถเข็น มีราวจับเวลาเข้าห้องน้ำ มีลิฟท์โดยสารสำหรับการขึ้นสะพานลอย ในระดับประเทศชาติอาจจะมีระบบสวัสดิการสำหรับผู้สูงอายุ จะเห็นได้ว่า เมก้าเทรนด์ ช่วยให้เห็นโอกาสทางการสร้างนวัตกรรมได้

กระบวนการทางพาณิชยกรรมประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.4.1 การวิจัยตลาด

การวิจัยตลาดมีเป้าหมายคือการค้นหาความต้องการของลูกค้าหรือกลุ่มเป้าหมายสำหรับการเริ่มต้นธุรกิจใหม่ หรือการทำตลาดในสินค้าที่ยังไม่เคยทำมาก่อนข้อมูลที่สำคัญที่จะต้องรู้ได้แก่

1) ข้อมูลตลาด (Market information) ได้แก่ อุปสงค์และอุปทานในตลาด

2) กลุ่มลูกค้าเป้าหมาย (Market segmentation) คือกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกัน อาจจะแบ่งตามสภาพภูมิศาสตร์ ความชื่นชอบ บุคลิกภาพ จิตวิทยา หรือเพศ

3) แนวโน้มตลาด (Market trends) ประเมินทิศทางของตลาดจะไปทางใดในอนาคต ในกรณีที่ผลิตของใหม่มากๆ ออกมาก เป็นเรื่องยากที่จะประมาณการขนาดตลาด แต่อาจจะใช้วิธีการประมาณจากกลุ่มเป้าหมายที่มีศักยภาพในการจะมาเป็นลูกค้า [35]

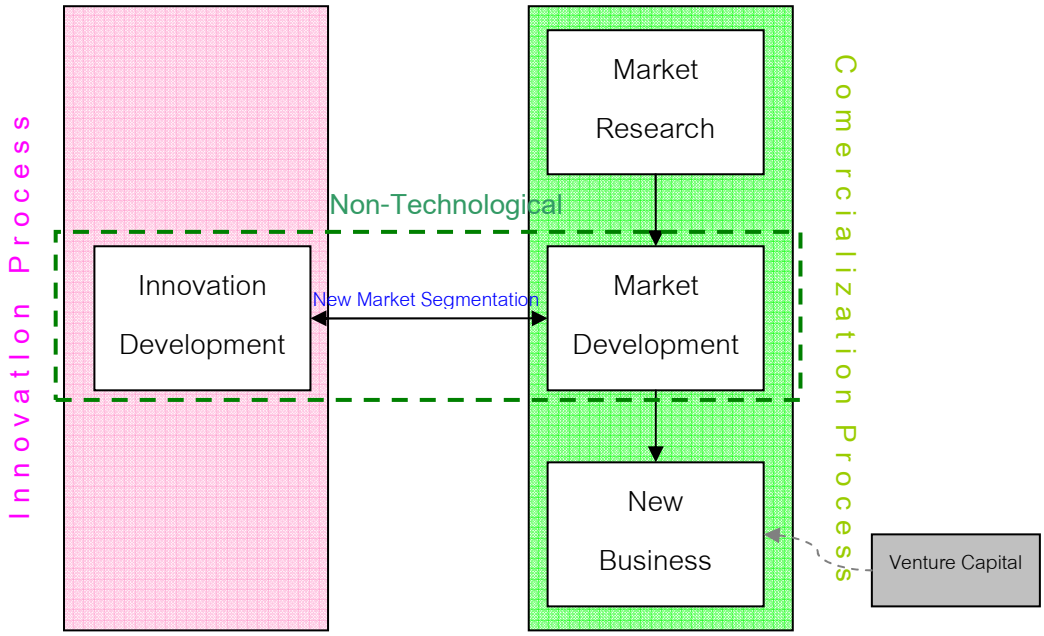
2.4.2 การพัฒนาตลาด

การเข้าใจตลาดหรือพฤติกรรมตลาดจะสามารถช่วยแบ่งกลุ่มเป้าหมายออกมาได้ (Segmentation) โดยกลุ่มลูกค้าที่จะมาเป็นแหล่งข้อมูลในการสร้างนวัตกรรม ฮิปเพล [36] เรียกคนกลุ่มนี้ว่า ผู้ใช้กลุ่มนำ (Lead User) ดังนั้นเมื่อหากลุ่มเป้าหมายเจอตามกลยุทธ์ที่กำหนดไว้แล้ว การวิจัยสำรวจข้อมูลเชิงลึกจากผู้ใช้กลุ่มนำนี้ เพื่อหาความต้องการที่ซ่อนอยู่ (Unmet Need) ซึ่งเป็นสิ่งที่ลูกค้าต้องการแต่ลูกค้าเองอาจจะยังไม่ทราบมาก่อน ข้อมูลความต้องการของสังคมหรือความต้องการของตลาดนี้จะนำไปสู่การสร้างแนวคิดนวัตกรรม การหาความต้องการส่วนลึกของกลุ่มเป้าหมายนี้เป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ด้วย นอกจากนี้สินค้านวัตกรรมเป็นสินค้าใหม่และหลายครั้งเป็นนวัตกรรมสำหรับตลาดใหม่ [37] จำเป็นต้องมีการสร้างกลยุทธ์และแผนการตลาดใหม่หรือกรรมวิธีทางการตลาดแบบใหม่ขึ้นมารองรับผลิตภัณฑ์(บริการ)นวัตกรรม การเปลี่ยนแปลงหรือสร้างกรรมวิธีใหม่ในการทำการตลาด เรียกว่า การตลาดนวัตกรรม ซึ่งเป็นลักษณะของการพัฒนานวัตกรรมแบบไม่ใช้เทคโนโลยี (Non-technological Innovation) [38]

2.4.3 การสร้างรูปแบบทางธุรกิจ

นวัตกรรมจะเกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ใหม่ ตลาดใหม่ ทำให้บางครั้งรูปแบบธุรกิจหรือโครงสร้างองค์กรแบบเดิมๆ อาจจะไม่รองรับหรือไม่มีความยืดหยุ่นเพียงพอต่อการแพร่กระจายนวัตกรรม จำเป็นต้องออกแบบกรรมวิธีทางธุรกิจหรือองค์กรใหม่ (New Method) ขึ้นมารองรับการดำเนินงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสร้างนวัตกรรมใหม่ที่ยังไม่เคยมีใครทำมาก่อน หรือยังไม่มีหน่วยงานในองค์กรรองรับ ตัวอย่างเช่น บริษัททำผลิตภัณฑ์ ต้องการสร้างบริการสำหรับลูกค้าเพื่อเป็นธุรกิจที่สนับสนุนกัน รูปแบบธุรกิจใหม่จะเป็นประเภทบริการซึ่งอาจจะไม่เหมือนกับรูปแบบธุรกิจเดิมที่เน้นเรื่องการผลิต นวัตกรรมใหม่ที่คิดได้จึงต้องอาศัยการสร้างรูปแบบธุรกิจใหม่ขึ้นมารองรับ หรือตัวอย่างหน่วยงานวิจัย เช่น MTEC สามารถวิจัยคิดค้นเครื่องสกัดน้ำมันปาล์มที่มี

ขนาดเล็กลงสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกไม่ต้องใช้น้ำในการสกัด สามารถทดแทนเทคโนโลยีเครื่องสกัดน้ำมันปาล์มในปัจจุบันที่มีขนาดใหญ่และต้องติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย ในกรณีนี้หน่วยงานวิจัยอาจจะไม่มีความพร้อมในการดำเนินธุรกิจด้วยตนเองจึงต้องคิดรูปแบบธุรกิจขึ้นมารองรับเทคโนโลยีใหม่ที่ได้จากการวิจัยนี้ ซึ่งรูปแบบธุรกิจอาจจะเป็นการแยกออกมาตั้งบริษัทใหม่ (Spin-off) หรือร่วมลงทุน (Joint Venture) กับบริษัทเอกชน รูปแบบธุรกิจใหม่นี้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับนวัตกรรมที่สร้างขึ้นมา



รูปที่ 2.6 กระบวนการพาณิชยกรรมสังเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรม [35-38]

2.5 การสังเคราะห์กรอบความคิดเชิงทฤษฎีนวัตกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับทฤษฎี นิยาม การจัดการ กระบวนการสร้าง กระบวนการพัฒนา ฯลฯ ในเรื่องนวัตกรรม สามารถสังเคราะห์ได้เป็นกรอบความคิดเชิงทฤษฎีนวัตกรรมตามรูปที่ 2.7 โดยมีองค์ประกอบในการสร้างและพัฒนานวัตกรรม ได้แก่

1) วิสัยทัศน์ด้านนวัตกรรม [39] เพื่อกำหนดเป้าหมายทิศทางในการสร้างและพัฒนานวัตกรรมสำหรับความต้องการในอนาคต

2) การจัดการปัจจัยนำเข้า เป็นส่วนประกอบของการจัดการนวัตกรรมที่ควรให้ความสนใจ [40] โดยแต่ละกระบวนการมีปัจจัยนำเข้าแตกต่างกัน

2.1) ปัจจัยนำเข้ากระบวนการเทคโนโลยี ได้แก่ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการวิจัย ค้นคว้า ทดลอง

2.2) ปัจจัยนำเข้ากระบวนการนวัตกรรม ได้แก่ความสร้างสรรค์ สิ่งใหม่ที่ไม่เคยทำมาก่อน ความคิดแปลก เป็นหัวใจสำคัญสำหรับการผลิตแนวคิด หรือมุมมองใหม่ๆ

2.3) ปัจจัยนำเข้ากระบวนการพาณิชยกรรม ได้แก่ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการของสังคมหรือความต้องการของตลาดเป็นหัวใจสำคัญสำหรับการพัฒนานวัตกรรมให้เป็นไปในทิศทางหรือแนวโน้มของตลาด ปัจจัยนำเข้าในแต่ละกระบวนการจะมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกันก่อนจะเริ่มเข้าสู่แต่ละกระบวนการในการสร้างและพัฒนานวัตกรรม

3) กระบวนการเทคโนโลยี ประกอบไปด้วย

3.1) การวิจัยและพัฒนาพื้นฐาน เพื่อสร้างความองค์ความรู้ใหม่ๆในรูปแบบของเทคโนโลยีการใช้งานและส่งผ่านเทคโนโลยีออกสู่ตลาดเพื่อการใช้ประโยชน์

3.2) การพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อใช้สำหรับการสร้างนวัตกรรม เป็นการนำเทคโนโลยีมาพัฒนาให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน

3.3) การพัฒนาเทคโนโลยีตามวิถี เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

4) กระบวนการนวัตกรรม

4.1) การวิจัยความคิด เป็นกระบวนการทางความคิด หมายถึง การผลิตแนวคิดใหม่ การทดสอบและกลั่นกรองความคิด ผลลัพธ์ที่ได้คือ แนวคิดนวัตกรรม

4.2) การพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรม เป็นการสร้างผลิตภัณฑ์หรือบริการด้านนวัตกรรมที่จับต้องได้เป็นรูปเป็นร่างขึ้นมา โดยผลิตภัณฑ์ใหม่จะนำเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดได้

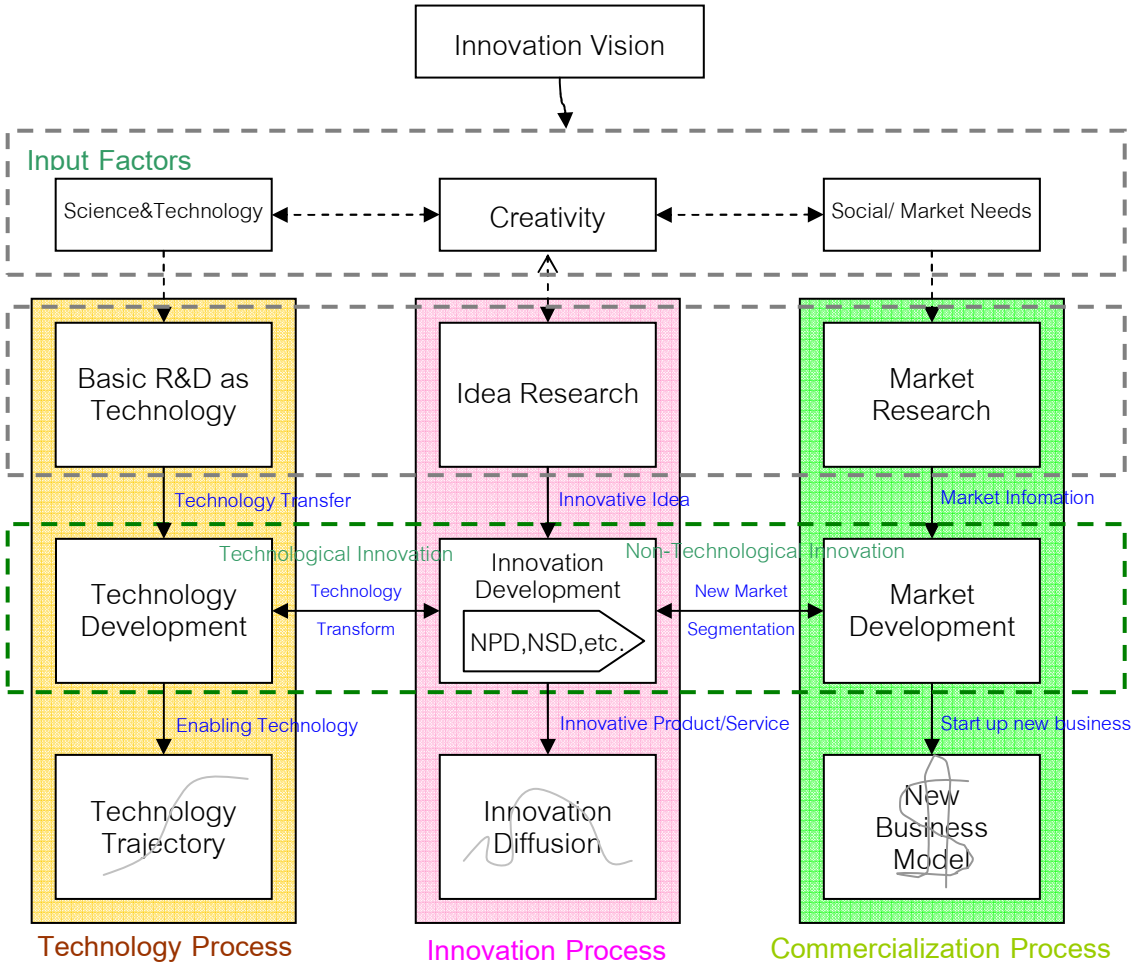
4.3) การแพร่กระจายนวัตกรรม การสร้างนวัตกรรมไม่ได้สิ้นสุดลงตรงที่ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ออกมาจากโรงงานผลิตแต่ผลิตภัณฑ์จะเป็นนวัตกรรมได้จำเป็นต้องเป็นที่รู้จักยอมรับและเกิดการใช้งานเป็นที่แพร่หลายด้วยขั้นตอนนี้จะเป็นเรื่องการตลาดที่จะทำให้เกิดการยอมรับนวัตกรรมหรือสามารถข้ามช่องว่างไปสู่ช่วงของการเติบโตได้ตามวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ใหม่ [20]

5) กระบวนการพาณิชยกรรม

5.1) การวิจัยตลาด เพื่อทราบข้อมูลขนาดตลาด ลักษณะอุปสงค์ อุปทาน แนวโน้มและทิศทางตลาด ผลลัพธ์ที่ได้คือ ข้อมูลทางการตลาด

5.2) การพัฒนาตลาด เป็นการกำหนดกลุ่มเป้าหมายทางการตลาด รวมไปถึงการทำกิจกรรมทางการตลาด

5.3) การสร้างโมเดลธุรกิจ เป็นการกำหนดรูปแบบการลงทุน รูปแบบการสร้างรายได้ ฯลฯ



รูปที่ 2.7 กรอบความคิดเชิงทฤษฎีนวัตกรรม

สังเคราะห์จากการทบทวนวรรณกรรม [10, 12, 19, 20, 31, 34-38]

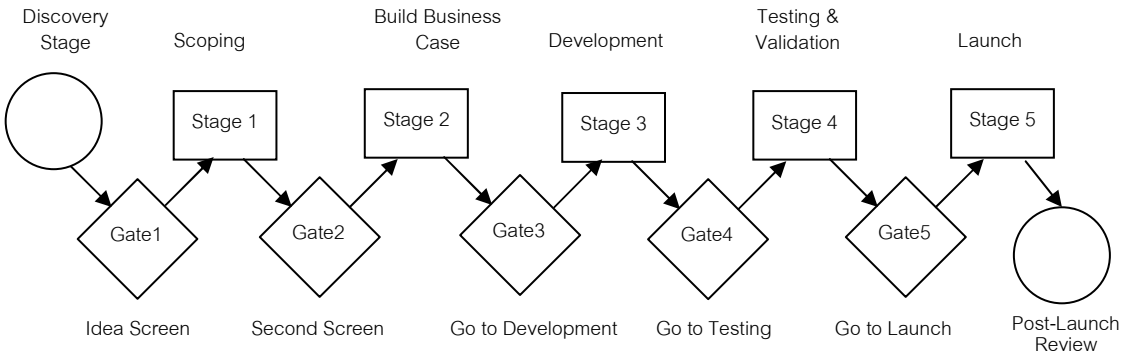
2.6 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

แนวคิดแบบดั้งเดิมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ [31] จะเริ่มจาก 3 กระบวนการหลัก ได้แก่ *กระบวนการทางการตลาด* คือ การสร้างแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากการสำรวจความต้องการของลูกค้า หลังจากนั้นเข้าสู่ *กระบวนการออกแบบ* เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ และจบลงด้วย *กระบวนการผลิต* เดินสายพานการผลิต

คลอฟอร์ด และ ดิ เบเนเดทโต้ [32] ได้นำเสนอแนวคิดพื้นฐานของกระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ (New Product Development: NPD Process) โดยแบ่งกระบวนการออกเป็น 5 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นที่ 1.วางแผนกลยุทธ์ผลิตภัณฑ์ใหม่ ขั้นที่ 2.การสร้างแนวคิด ขั้นที่ 3.การประเมินความคิด ขั้นที่ 4.การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และ ขั้นที่ 5.การนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด

รูปที่ 2.8 กระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ [32]

คูเปอร์ และคณะ [30] ได้นำเสนอ โมเดลประตูและด่าน (Stage Gate Model) โดยเริ่มจากการค้นพบแนวความคิดแล้วนำไปกลั่นกรองจนกระทั่งนำไปสู่การพัฒนาเป็นสินค้าและนำออกจำหน่ายโดยขั้นตอนทั้ง 5 ของคูเปอร์ได้แก่ การกลั่นกรองแนวคิด การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางธุรกิจ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การทดสอบผลิตภัณฑ์ และการนำผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาด

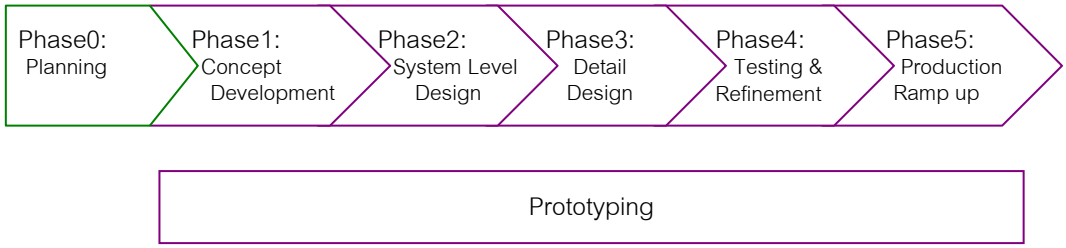


รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์แบบประตูและด่าน [30]

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่หลายครั้งจะมีการสร้างต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Prototype) ขึ้นมาเพื่อทดสอบการทำงาน หรือทดสอบการยอมรับของลูกค้า การสร้างต้นแบบมีวัตถุประสงค์ได้หลายอย่าง อาจจะทำเพื่อทดสอบการทำงานบางอย่าง หรืออาจจะทำขึ้นเพื่อดูการทำงานเสมือนใช้งานจริง [31] นอกจากนี้ต้นแบบผลิตภัณฑ์ ยังมีบทบาทสำคัญในการวิจัยอีกด้วย กล่าวคือต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นมาจะถูกนำมาใช้ในการวิจัย เช่น วิจัยและปรับปรุงการทำงานของเครื่องจักรให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ประโยชน์จากต้นแบบผลิตภัณฑ์ สามารถนำไปใช้สำหรับการ

พัฒนาไปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์พร้อมออกจำหน่ายสู่ตลาด และยังใช้ต้นแบบผลิตภัณฑ์ทดสอบการยอมรับของลูกค้าเป้าหมายเพื่อลดความเสี่ยงด้านตลาดลงได้อีกด้วย

แม้ว่า NPD จะมีหลายโมเดลแต่สาระสำคัญมีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ มีกระบวนการคิด ทดสอบความคิด วิเคราะห์ทางธุรกิจ และทดสอบผลิตภัณฑ์ ส่วนจะแบ่งแยกย่อยขั้นตอนออกเป็นกี่ขั้นตอนนั้นขึ้นกับบริบทที่แตกต่างกันของการพัฒนาผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2.10 กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ และต้นแบบผลิตภัณฑ์ [31]

2.7 ความรู้ ทฤษฎีและเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนสำหรับการผลิตไฟฟ้า

พลังงานหมุนเวียนเป็นพลังงานที่เกิดจากธรรมชาติ ไม่มีวันหมดไปสามารถเกิดขึ้นใหม่ได้ตลอดเวลา เช่น แสงอาทิตย์ ลม น้ำ คลื่น ความร้อนใต้พิภพ ฯลฯ พลังงานหมุนเวียนเหล่านี้สามารถนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้โดยใช้อุปกรณ์หรือเทคโนโลยีที่มีอยู่ เช่น เทคโนโลยีโซล่าเซลล์สามารถเปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้แผงโซล่าเซลล์ เทคโนโลยีกังหันลม กังหันลมเปลี่ยนลมเป็นพลังงานกลและใช้พลังงานกลไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และเทคโนโลยีพลังงานน้ำอาศัยแรงเคลื่อนที่ของน้ำไปหมุนกังหันน้ำเพื่อแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า

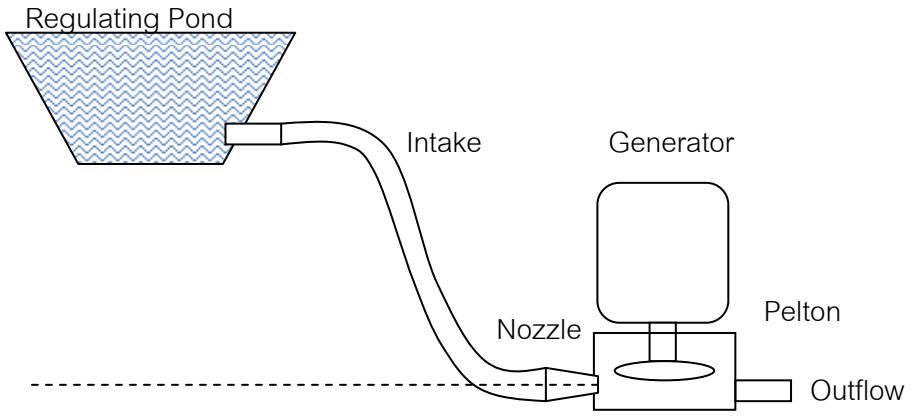
แม้ว่าพลังงานหมุนเวียนจะมีอยู่ตามธรรมชาติและฟรี แต่เทคโนโลยีแต่ละแบบมีข้อจำกัดในการใช้งานแตกต่างกัน เช่น เทคโนโลยีโซล่าเซลล์ สามารถใช้ได้เฉพาะเวลาที่มีแสงอาทิตย์ วันที่ฝนตก หรือตอนกลางคืนไม่สามารถทำงานได้ ข้อจำกัดของเทคโนโลยีกังหันลมคือความไม่เสถียรภาพ ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ไม่แน่นอนขึ้นๆ ลงๆ ตามศักยภาพของกระแสลม และข้อจำกัดของเทคโนโลยีพลังงานน้ำ คือต้องอยู่ใกล้แหล่งน้ำที่มีพลังงานศักย์จึงจะสามารถใช้งานได้ ข้อจำกัดเหล่านี้ทำให้เทคโนโลยียังไม่เป็นที่แพร่หลาย ถือเป็นโจทย์ด้านเทคนิคที่ยังต้องมีการวิจัยและพัฒนาให้ดีขึ้น จึงเกิดโจทย์คำถามที่ผู้วิจัยให้ความสนใจนำมาเป็นกรณีศึกษาคือ ทำอย่างไรให้เทคโนโลยีพลังงานน้ำสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องอยู่ใกล้แหล่งน้ำ

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบข้อจำกัดของเทคโนโลยีแต่ละแบบ

เทคโนโลยี	เวลาทำงาน	การเปลี่ยนรูปพลังงาน	ไฟฟ้าที่ได้	ข้อจำกัดการใช้งาน
พลังงานแสงอาทิตย์	~5 ชั่วโมง	แสง->ไฟฟ้า	จำกัดเท่าที่มีแสง	เฉพาะวันที่มีแดด
พลังงานลม	24 ชั่วโมง	กล->ไฟฟ้า	ไม่แน่นอน	พื้นที่ที่มีลมแรง
พลังงานน้ำ	24 ชั่วโมง	กล->ไฟฟ้า	ค่อนข้างคงที่	ใกล้แหล่งน้ำ

2.7.1 **ระบบพลังงานน้ำ** (Hydro Power System)

ลักษณะของระบบพลังงานน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้าสามารถแบ่งได้ 4 รูปแบบ ได้แก่ *แบบมีน้ำไหลผ่านตลอด* (Run-of-River) *แบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก* (Regulating Pond) *แบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่หรือเขื่อน* (Reservoir) *แบบสูบน้ำกลับ* (Pumped Storage) ในที่นี้ขอยกตัวอย่างการทำงานเฉพาะระบบพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กซึ่งใช้กับระบบพลังงานน้ำขนาดเล็ก



รูปที่ 2.11 ลักษณะการทำงานระบบพลังงานน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก

ระบบพลังงานน้ำมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ อ่างเก็บน้ำ (Regulating Pond) ท่อนำเข้า (Intake) หัวฉีด (Nozzle) กังหัน (Pelton) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) การทำงานของระบบพลังงานน้ำขนาดเล็กสำหรับผลิตไฟฟ้าเริ่มต้นจากอ่างเก็บน้ำทำหน้าที่เก็บสะสมพลังงานน้ำไว้ในรูปแบบพลังงานศักย์ พลังงานศักย์นี้จะแปรผันกับระยะความสูงของหัวน้ำ น้ำจากอ่างเก็บน้ำเมื่อไหลตามท่อนำเข้าพลังงานศักย์จะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานจลน์ และน้ำจากท่อนำเข้าจะผ่านหัวฉีดไปขับกังหันเพื่อหมุนเพลา เปลี่ยนจากพลังงานจลน์ของน้ำให้เป็นพลังงานกลของกังหันเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เปลี่ยนจากพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าตามลำดับ

2.7.2 ประเภทระบบพลังงานน้ำ

รายงานสถานะพลังงานหมุนเวียนโลกปี 2011 [41] แบ่งประเภทระบบพลังงานน้ำตามเทคโนโลยีการใช้งานออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) เทคโนโลยีระบบพลังงานน้ำสำหรับโรงผลิตไฟฟ้า สำหรับการผลิตและจำหน่ายผ่านระบบสายส่งไฟฟ้า (on-grid) แบ่งประเภทย่อยตามกำลังการผลิตได้เป็น 1.1) ระบบพลังงานน้ำขนาดใหญ่ (Large Hydro กำลังการผลิตมากกว่า 10 เมกะวัตต์)และ 1.2) ระบบพลังงานน้ำขนาดเล็ก (Small Hydro กำลังการผลิต 1-10 เมกะวัตต์)

2) เทคโนโลยีระบบพลังงานน้ำสำหรับผลิตไฟฟ้าใช้ในชุมชนหรือใช้ตามบ้านเรือนที่ส่วนใหญ่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึง เป็นลักษณะระบบผลิตไฟฟ้าที่ไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่ง (off-grid) แบ่งประเภทย่อยตามกำลังการผลิตได้เป็น *ระบบพลังงานน้ำมินิ* (Mini Hydro) กำลังการผลิต 100-1,000 กิโลวัตต์ *ระบบพลังงานน้ำไมโคร* (Micro Hydro) กำลังการผลิต 1-100 กิโลวัตต์ และ *ระบบพลังงานน้ำพิโค* (Pico Hydro) กำลังการผลิต 0.1- 1 กิโลวัตต์

ในที่นี้จะให้ความสนใจระบบพลังงานน้ำพิโคซึ่งเป็นระบบพลังงานน้ำขนาดเล็กที่สุดและให้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณไม่สูง

ตารางที่ 2.5 จำแนกประเภทระบบพลังงานน้ำ [41]

Hydro Power System	Power Generate
Large Hydro	>10 MW
Small Hydro	1-10 MW
Mini Hydro	100-1000 kW
Micro Hydro	1-100 kW
Pico Hydro	0.1-1 kW

ไพช์ [42] ให้นิยามระบบพลังงานน้ำพิโคว่าเป็นระบบพลังงานน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้าขนาดต่ำกว่า 10 กิโลวัตต์ลงมา คริส กรีเซน และคณะ [43] ให้นิยามสำหรับระบบพลังงานน้ำพิโคว่าเป็นชื่อเรียกระบบที่เล็กที่สุดมีกำลังผลิตไฟฟ้าน้อยกว่า 5 กิโลวัตต์ โดยความต้องการระบบอย่างน้อยที่สุดที่ต้องการคือ มีน้ำไหลผ่านตลอดปี ระยะทางจากจุดผลิตไปยังจุดใช้งานอยู่ห่างกันไม่เกิน 1 กิโลเมตร หัวน้ำสูงอย่างน้อย 10 เมตร และปริมาตรการไหลไม่น้อยกว่า 10 ลิตรต่อวินาที

สำหรับระบบพลังงานน้ำที่มีขนาดเล็กกว่า 100 วัตต์ยังไม่มีการศึกษาหรือนิยามเนื่องจากเป็นขนาดที่เล็กมากจึงไม่ได้รับความสนใจ แต่อย่างไรก็ดีรายงาน Renewables 2011 Global Status Report [41] ได้กล่าวถึงระบบพลังงานแสวอาทิตย์สำหรับบ้าน (Solar Home System) มีขนาดกำลังการผลิตไฟฟ้า 20-100 วัตต์ ซึ่งถือว่าเป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กที่สุดที่มีการนำมาใช้งาน

2.7.3 กำลังน้ำ

กำลัง (Power) หมายถึง อัตราการใช้พลังงาน (Energy) หรือ หน่วยพลังงานหารด้วยหน่วยของเวลา โดยทั่วไปเครื่องใช้ไฟฟ้าจะบอกกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็น วัตต์ กำลังไฟฟ้านี้แสดงให้เห็นถึงอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า แต่สำหรับการผลิตไฟฟ้า กำลัง หมายถึง อัตราการผลิตพลังงานต่อหน่วยเวลา

ในระบบพลังงานน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้จะขึ้นอยู่กับกำลังน้ำที่ได้รับจากท่อส่งน้ำซึ่งต่อมาจากอ่างเก็บน้ำ โดยสามารถหาค่ากำลังน้ำได้โดยการคำนวณจากสมการ (2.1) โดยต้องทราบหัวน้ำ และอัตราการไหล

$$\text{Hydro Power} = \text{Head} \times \text{Flow} \times \text{Gravity} \qquad \text{.....(2.1)}$$

กำลังน้ำ (Hydro Power) มีหน่วยเป็นวัตต์ หัวน้ำ (Head) หน่วยเป็นเมตร อัตราการไหล (Flow) หน่วยเป็นลิตรต่อวินาที ค่าแรงโน้มถ่วง (Gravity) มีค่าเท่ากับ 9.8 m/s^2

ตัวอย่างการคำนวณ เช่น หัวน้ำสูง 10 เมตร อัตราการไหล 10 ลิตรต่อวินาที ที่ความถ่วงจำเพาะน้ำ 1 กิโลกรัม/ลิตร พลังงานน้ำจะเท่ากับ 980 วัตต์ และหากประสิทธิภาพรวมของระบบในการแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 50% จะได้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 490 วัตต์

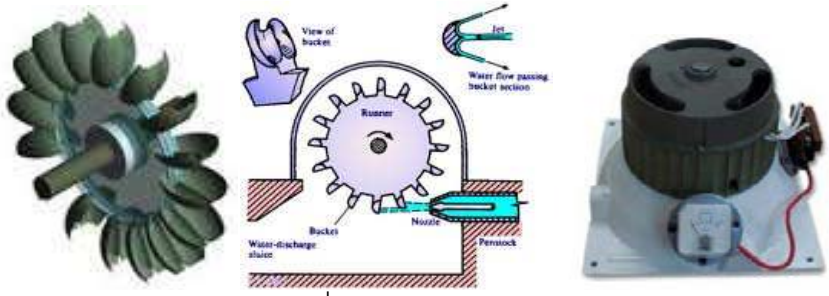
การหากำลังน้ำมีไว้สำหรับการประเมินศักยภาพของแหล่งพลังงานน้ำที่จะนำมาใช้สำหรับสร้างระบบผลิตไฟฟ้าโดยหากกำลังน้ำมีค่าน้อยอาจจะไม่คุ้มค่าการลงทุน อย่างไรก็ตามมีแหล่งน้ำจำนวนมากที่กำลังน้ำไม่สูงมากและอยู่ในพื้นที่ห่างไกล ระบบพลังงานน้ำพิโคจึงได้รับความสนใจมากขึ้นในแง่การใช้ประโยชน์โดยไม่ได้คำนึงความคุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ เช่น ชนบทห่างไกลและไฟฟ้าเข้าไม่ถึง หากมีแหล่งน้ำที่พอจะผลิตไฟฟ้าได้ ระบบพิโคจะเป็นทางเลือกสำหรับการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้งานในพื้นที่นั้นๆ โดยไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบพลังงานน้ำพิโคนี้ส่วนใหญ่จะนำไปใช้งานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเฉพาะอย่าง เช่น หลอดไฟฟ้าแสงสว่าง เครื่องรับโทรทัศน์ เป็นต้น

2.7.4 กังหันน้ำ

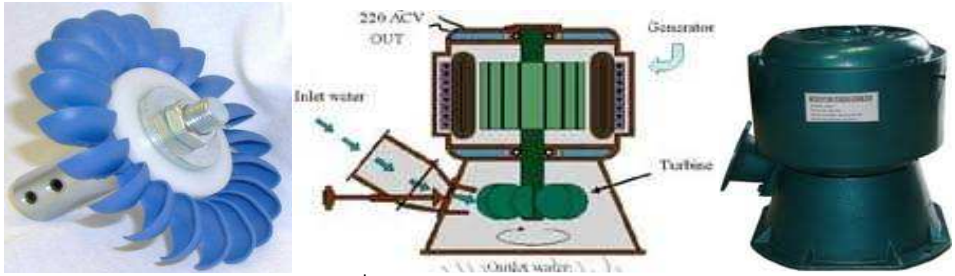
กังหันน้ำมีรูปแบบการทำงานใน 2 ลักษณะ คือ *แบบอาศัยแรงกระแทก* (Impulse) ใช้งานกับหัวน้ำสูง ชนิดนี้อัตราการไหลต่ำ ได้แก่ กังหันประเภทกังหันเพลตัน(Pelton) กังหันเตอโก (Turgo) และกังหันครอสโฟล(Crossflow) และ *แบบอาศัยแรงปฏิกิริยา* (Reaction) ใช้งานกับกังหันหัวน้ำต่ำ แต่ต้องการอัตราการไหลสูง ได้แก่ กังหันประเภทแคปแลน(Kaplan) กังหันใบพัด (Propeller) และกังหันฟรานซิส(Francis) กังหันทำหน้าที่รับแรงจากการไหลของน้ำเพื่อแปลงเป็นพลังงานกลและส่งกำลังผ่านเพลาไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำให้เกิดไฟฟ้า

ตารางที่ 2.6 กังหันน้ำแบ่งตามความสูงหัวน้ำและลักษณะการทำงาน

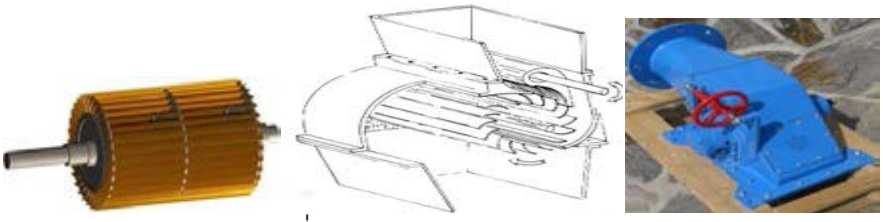
ลักษณะกังหัน	การจำแนกประเภทกังหันน้ำตามความสูงหัวน้ำ		
	มากกว่า 50 เมตร	ปานกลาง 10-50 เมตร	น้อยกว่า 10 เมตร
แบบอาศัยแรงกระแทก (Impulse)	เพลตัน เตอโก มัลติเจท เพลตัน	ครอสโฟล เตอโก มัลติเจท เพลตัน	ครอสโฟล
แบบอาศัยแรงปฏิกิริยา (Reaction)		ฟรานซิส (ไหลวน)	ฟรานซิส (รางเปิด) กังหันใบพัด แคปแลน



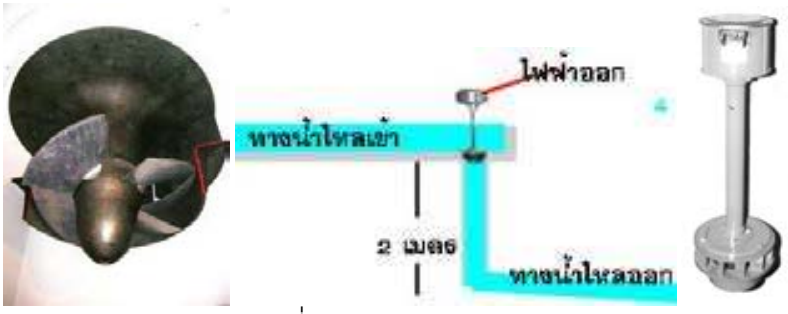
รูปที่ 2.12 กังหันเพลตัน [44]



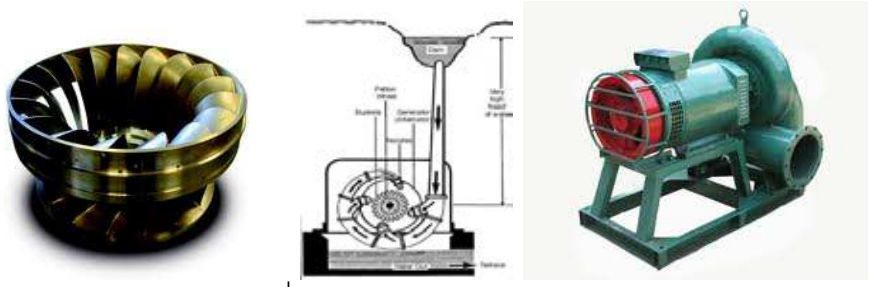
รูปที่ 2.13 กังหันเตอโก [45]



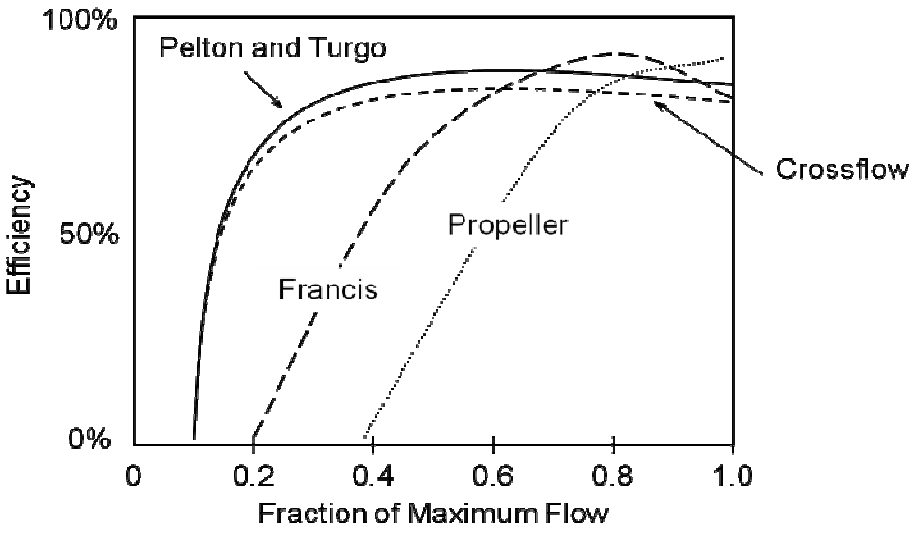
รูปที่ 2.14 กังหันครอสโฟล [46]



รูปที่ 2.15 กังหันแคปแลน [47]



รูปที่ 2.16 กังหันฟรานซิส [48]



รูปที่ 2.17 ประสิทธิภาพการทำงานของกังหันแต่ละประเภท [49]

กังหันน้ำแต่ละแบบมีการออกแบบสำหรับการใช้งานที่แตกต่างกัน ตามลักษณะของแหล่งน้ำ อย่างไรก็ตามกังหันแต่ละแบบมีประสิทธิภาพการทำงานไม่เท่ากัน กังหันเพลตันและเตอโกมีประสิทธิภาพการทำงานโดยทั่วไปสูงกว่ากังหันฟรานซิส และกังหันใบพัด

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนเพื่อการผลิตไฟฟ้ามีการนำมาใช้มากขึ้นเรื่อยๆ และมีการนำเทคโนโลยีมาปรับปรุงปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในแต่ละบริบทของตน งานวิจัยส่วนใหญ่จึงมุ่งไปที่การพัฒนาประสิทธิภาพเทคโนโลยีที่มีอยู่ (Technology Trajectory) ในประเทศไทยมีการวิจัยเรื่องพลังงานหมุนเวียนเพิ่มมากขึ้นโดย 5 ปีย้อนหลังมีการวิจัยในเรื่อง ไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิงสูงที่สุด เนื่องจากเป็นสาขาที่เพิ่งเริ่มมีการพัฒนา สำหรับพลังงานน้ำมีการวิจัยระดับสากลมานานแล้วจึงมีการตีพิมพ์น้อยที่สุด โดยปัจจุบันแนวโน้มด้านนี้จะมุ่งเน้นการใช้ประโยชน์จากพลังงานน้ำขนาดเล็ก

ตารางที่ 2.7 ผลงานตีพิมพ์ของประเทศไทยในวารสารวิชาการเรื่องพลังงานหมุนเวียน ระหว่างปีพ.ศ.2547-2551 [50]

Renewable Energy Research Area	2547	2548	2549	2550	2551	Total
ความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Solar Thermal)	2	7	7	8	14	38
โซล่าเซลล์(Solar Cells)	0	4	11	8	8	31
พลังงานลม (Wind)	1	2	2	1	2	8
พลังงานน้ำ (Hydro)	0	0	0	1	3	4
ไฮโดรเจนและเซลล์เชื้อเพลิง (Hydrogen & Fuel Cells)	5	10	14	15	16	60
ชีวมวล (Biomass)	0	4	4	8	11	27
ไบโอก๊าซ (Biogas)	1	0	1	11	2	15
เอทานอล(Ethanol)	0	0	3	9	12	24
ไบโอดีเซล(Biodiesel)	0	0	3	9	12	24
Total	9	27	45	70	80	231

จากรายงานวิจัยประจำปี 2551 ของ วช. ได้สรุปงานวิจัยและพัฒนาของไทยไว้ดังนี้

ด้านพลังงานแสงอาทิตย์ (2547-2551) โดยเฉพาะการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาใช้ มีการวิจัยกันมานานกว่า 20 ปีทำให้มีความสามารถในการออกแบบและสร้างระบบ ขณะที่การวิจัยในช่วงระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมาเป็นการประเมินศักยภาพพลังงาน

แสงอาทิตย์เพื่อการใช้ประโยชน์ทั้งในการผลิตความร้อน ระบบทำความเย็นและการผลิตไฟฟ้า และการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ

ด้านเซลแสงอาทิตย์ จะเป็นงานวิจัยด้านวัสดุ เช่น กระจก เทอร์โมอิเล็กทริก และโพลิเมอร์ สารอินทรีย์ ย้อมไวแสง และไฮบริด รวมถึงกระบวนการผลิต

ด้านพลังงานลม มีงานวิจัยและพัฒนายังอยู่ว่าอยู่ในช่วงเริ่มต้น ส่วนใหญ่เป็นการสำรวจศักยภาพของลมในพื้นที่ต่างๆ และการพัฒนาต้นแบบกังหันลมขนาดเล็กภายในประเทศพร้อมการติดตั้งระบบของต่างประเทศ

ด้านพลังงานน้ำขนาดเล็ก ส่วนใหญ่เป็นการวิจัยประเมินศักยภาพลุ่มน้ำชี มูล ปิงและยม โขง มีการวิจัยและพัฒนากังหันน้ำความเร็วต่ำ และเครื่องผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก

ด้านไฮโดรเจนและเซลเชื้อเพลิง การพัฒนายังคงอยู่ในขั้นตอนของการวิจัยเบื้องต้น มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตไฮโดรเจน และการพัฒนาเซลเชื้อเพลิงทั้ง ที่เป็นแบบ Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) และ Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

ด้านชีวมวล งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นการประเมินศักยภาพลังงานชีวมวล โดยเฉพาะกระถินและการเพิ่มผลผลิตพืชพลังงาน เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์ม

ด้านก๊าซชีวภาพ งานวิจัยเป็นการประเมินศักยภาพชีวมวลเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ มีการพัฒนาโรงงานต้นแบบและการใช้ประโยชน์เชื้อเพลิงเครื่องยนต์

ด้านการวิจัยและพัฒนาเอทานอล เป็นการประเมินศักยภาพพืชพลังงาน การผลิตเอทานอลจากเซลลูโลส การพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิต และการจัดการผลิตระดับชุมชน รวมถึง การขนส่ง (Logistics)

ด้านไบโอดีเซล เป็นการวิจัยด้านวัตถุดิบ อาทิ ปาล์มน้ำมัน สบู่ดำ สาหร่าย การพัฒนาปลูกพืชน้ำมัน และเทคโนโลยีผลิตและผลพลอยได้ของผลิตภัณฑ์

2.8.1 งานวิจัยและพัฒนาไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

งานวิจัยและพัฒนา เกี่ยวกับพลังงานน้ำ แต่เดิมเน้นไปทางด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านเทคโนโลยีของตัวอุปกรณ์กังหันให้ดีขึ้น โดยในช่วงศตวรรษที่ 19 ถึง 20 การออกแบบระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำซึ่งรวมถึงการสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำยังไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากเท่าใดนัก ในขณะที่แนวโน้มการออกแบบในปัจจุบัน อุตสาหกรรมให้ความสำคัญกับ องค์รวม หรือ มองเป็นระบบ มากกว่าจะมองไปที่อุปกรณ์เพียงอย่างเดียว โดย ระบบที่กล่าวถึงได้แก่ เป็นมิตรต่อแวดล้อม เทคนิคการใช้งาน และ ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

การประชุม The HYDRO R&D FORUM ปี 2001 [51] ที่ร่วมกันกำหนดทิศทางในการวิจัยและพัฒนาพลังงานน้ำต่อไปในอนาคตนั้น สรุปเป็นความต้องการสำหรับแนวทางการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับพลังงานน้ำไว้ในหัวเรื่องดังนี้

1) ความสามารถในการทำงาน และ การผลิต
2) คำนึงถึงสิ่งแวดล้อม: ไม่เป็นอันตราต่อสัตว์น้ำและระบบนิเวศน์
3) นวัตกรรมทางในด้านปฏิบัติการและการบำรุงรักษา
4) การใช้งานแบบหลายวัตถุประสงค์
5) ประเด็นด้านบุคลากร

2.8.2 การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานกลจากน้ำเก็บสะสมที่มีอยู่บนอาคาร

การศึกษาเรื่อง *การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานกลจากน้ำเก็บสะสมที่มีอยู่บนอาคาร* โดย สิทธิพร ใหญ่ธนายศ [52] ได้นำเสนอแนวทางและความพยายามในการใช้ประโยชน์จากพลังงานที่ยังมีเหลืออยู่ โดยทำการศึกษาถึง การนำน้ำที่ได้กักเก็บไว้บนอาคารมาแปรรูปแบบเป็นพลังงานกล การทดลองได้สร้างโมเดลกังหันน้ำเพื่อรับน้ำที่กักเก็บไว้บนอาคารชั้นต่างๆ ด้วยขนาดหัวฉีด 5,8 และ 10 มิลลิเมตร วัดอัตราการไหลของน้ำได้ประมาณ 0.17,0.43 และ 0.67 ลิตรต่อวินาที ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่า ที่ระดับความสูงของน้ำ 4,7,10 และ 13 เมตร ได้กำลังงานกลที่กังหันส่งออกมาสูงสุดประมาณ 20,43, 78 และ 115 วัตต์ ตามลำดับ เอกสารงานวิจัยไม่ได้ระบุขนาดท่อในการส่งน้ำไว้ และยังไม่ได้ทดลองนำไปผลิตไฟฟ้า

2.8.3 ชุดสาธิตกังหันน้ำเพลตันแบบ 2 หัวฉีด

การศึกษาเรื่อง *การออกแบบและสร้างชุดสาธิตกังหันน้ำเพลตันแบบสองหัวฉีด* โดย เกียรติศักดิ์ สุนทรารชุน และคณะ [53] เพื่อแสดงการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีเครื่องสูบน้ำแบบเซนติฟูกอลขนาด 1 แรงม้า เป็นแหล่งจ่ายน้ำที่อัตราการไหล 100 ลิตรต่อนาที ที่หัวน้ำ 32 เมตร โดยส่งจ่ายน้ำผ่านท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว และใช้หัวฉีดขนาดรูหัวฉีด 6 มิลลิเมตร จำนวน 2 หัวฉีด น้ำที่ไหลจากหัวฉีดมีความเร็ว 28.44 เมตรต่อนาที ฉีดน้ำไปกระทบใบกังหันเพลตันที่มีมุมวกน้ำ 173 องศา ส่งกำลังผ่านเพลาไปขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 โวลต์ ในการทดลองใช้โหลดไฟฟ้าคือหลอดไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ขนาดกำลังไฟฟ้า 2 วัตต์ จำนวน 4 หลอดเป็นภาระทางไฟฟ้า จากการทดลองสรุปได้ว่า

1) กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ป้อนให้กับปั๊มน้ำ มีขนาด 745.00 วัตต์
2) กำลังงานกลของปั๊ม มีขนาด 535.02 วัตต์ (เกิดการสูญเสีย 28.2% จาก 1)

3) กำลังงานจลน์ของไหลที่ส่งให้ใบกังหันคือ 346.54 วัตต์ (เกิดการสูญเสีย 53.5% จาก 1 หรือ 35.2% จาก 2)

4) กำลังงานที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสูงสุดคือ 29.70 วัตต์ (เกิดการสูญเสีย 96.0% จาก 1 หรือ 91.4% จากข้อ 3)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัยและพัฒนา

การวิจัยนวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำที่ไม่ได้ใช้ แบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1) การวิจัยทดลองเพื่อศึกษาการกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

2) การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมโดยใช้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

3) การวิจัยธุรกิจเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจ

มีรายละเอียดการดำเนินงานวิจัยแต่ละส่วน ดังนี้

3.1 การวิจัยทดลองเพื่อศึกษาการกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

ประเภทการวิจัย

ประเภท การวิจัยพื้นฐาน (Basic Research) ในรูปแบบการวิจัยทดลอง (Experimental Research)

ความสำคัญและที่มาของปัญหาในการทำวิจัย

ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งในการทำวิจัยเรื่อง นวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก คือ ความรู้พื้นฐานในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ สำหรับความรู้พื้นฐานที่จำเป็นนั้นได้แก่ ความรู้ในเรื่องกำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตได้ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำจึงควรทำการศึกษาและทดลองการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเพื่อเป็นองค์ความรู้พื้นฐานที่จะนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมต่อไป นอกจากนี้การทดลองจะช่วยทดสอบความเป็นไปได้ทางเทคนิคในการนำพลังงานน้ำเหลือทิ้งไปใช้ผลิตไฟฟ้า

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อทำการทดลองผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่ไม่ใช่แหล่งพลังงานน้ำตามธรรมชาติ และศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคนิคในการนำระบบการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำมาประยุกต์ใช้สร้างนวัตกรรม

ขอบเขตการศึกษาวิจัย

การวิจัยทดลองนี้จะทำอยู่ในห้องปฏิบัติการ และใช้ปั๊มน้ำขนาดไม่เกิน 1 แรงม้าเป็นแหล่งกำเนิดพลังงานน้ำ

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1) ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และ กำหนดปัญหาในการวิจัยทดลอง

2) สร้างโมเดลเพื่อทดลอง

2.1) การสร้างแนวคิดโมเดล : สร้างสรรค์แนวคิดระบบการทำงานการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำสำหรับอาคาร

2.2) การคัดเลือกความคิด : ทำการประเมินเพื่อคัดเลือกแนวคิดสำหรับนำไปสร้างโมเดลเพื่อทดลอง

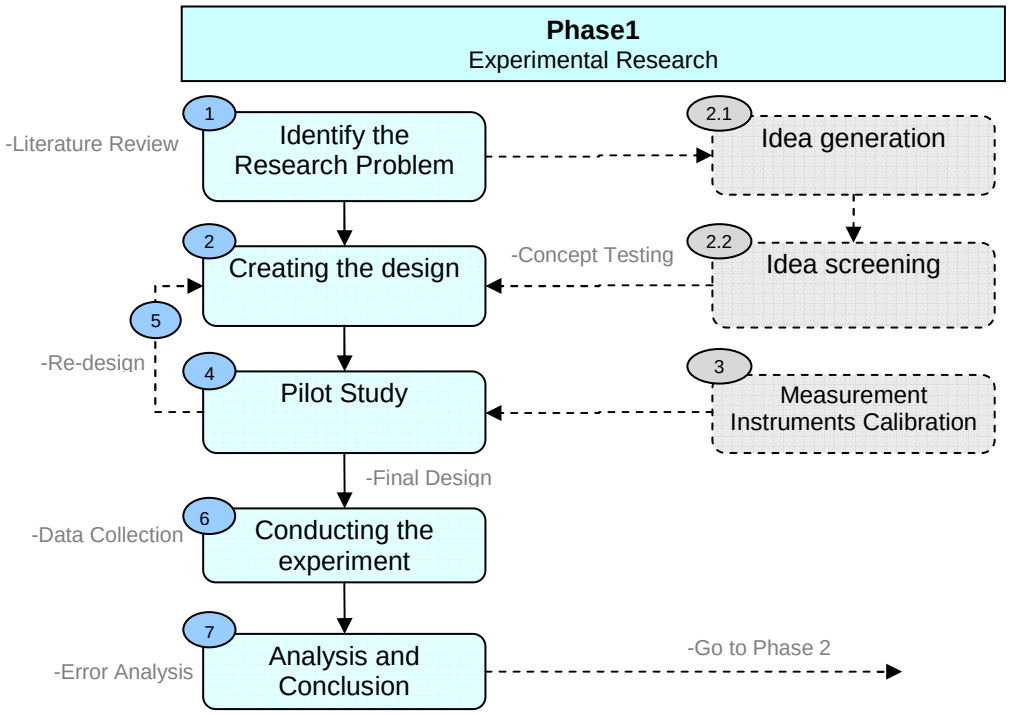
3) ทำการสอบเทียบ เครื่องมือวัด เพื่อความถูกต้องในการวัดค่าต่างๆ

4) การศึกษานำร่อง ทดสอบการทำงานก่อนดำเนินการทดลองเก็บข้อมูล

5) ปรับปรุงแก้ไขโมเดลให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและดำเนินการทดลองใหม่

6) ดำเนินการทดลอง บันทึกข้อมูล

7) วิเคราะห์ผลที่ได้และสรุป



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยทดลอง

<u>ผลที่คาดว่าจะได้รับ</u>

1) ความรู้พื้นฐานและความเข้าใจในเรื่อง การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำสำหรับการนำไปประยุกต์ออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้ต่อไป

2) ได้โมเดลที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้

3.2 การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรม

ประเภทการวิจัย

ประเภท การวิจัยประยุกต์ (Applied Research) ในรูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development)

ความสำคัญและที่มาของปัญหาในการทำวิจัยและพัฒนา

ความหมายของการวิจัยและพัฒนา คือ การศึกษา ค้นคว้า และเรียนรู้ในสิ่งหนึ่งเพื่อให้เกิดความเข้าใจเป็นอย่างดี และนำความรู้นั้นมาประยุกต์ใช้ให้เกิดการปรับปรุงหรือพัฒนาในสิ่งที่มีอยู่ให้ดีขึ้น หรือเป็นการสร้างสิ่งใหม่ๆ ให้เกิดประโยชน์ ในที่นี้จะได้นำความรู้จากการวิจัยทดลองในส่วนที่ 1 มาพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรม โดยใช้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

วัตถุประสงค์ของการวิจัยและพัฒนา

เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนานวัตกรรมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเหลือทิ้ง

ขอบเขตการศึกษาวิจัยและพัฒนา

การวิจัยและพัฒนานี้จะเป็นการสร้างแนวคิดต้นแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็ก ยังไม่รวมถึงการผลิตต้นแบบสำหรับใช้ในการทดสอบภาคสนาม

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและพัฒนา

1) การวางแผนสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ ด้วยการสำรวจความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

1.1) ตลาดซื้อขายไฟฟ้า

1.2) แนวโน้มและทิศทางของกระแสที่เกี่ยวข้อง

1.3) นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

1.4) แหล่งพลังงานน้ำตามอาคารและบริเวณโดยรอบ

1.5) กำหนดขอบเขตของโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2) การพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์

2.1) การสำรวจโอกาสและกำหนดเป้าหมายในการสร้างนวัตกรรม

ทำการสำรวจความต้องการที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองของกลุ่มเป้าหมาย(ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต) โดยทำการค้นคว้าหาข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยวิธีการค้นคว้า 4 วิธี ได้แก่

2.1.1) การสัมภาษณ์

2.1.2) การประชุมกลุ่ม

2.1.3) ข้อมูลทุติยภูมิ

2.1.4) การสังเกตจากบริบทจริง

2.2) วิเคราะห์ข้อมูล กำหนดคุณสมบัติและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (Product Requirements) และตั้งเป้าหมายของโครงการ

2.3) สังเคราะห์แนวคิดนวัตกรรม

2.3.1) สังเคราะห์แนวคิดนวัตกรรมย่อยๆ โดยใช้เทคนิควิธีการคิดสร้างสรรค์แบบเอนกนัย เพื่อให้ได้แนวคิดใหม่จำนวนมากที่สามารถตอบสนองคุณสมบัติและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

i. การออกแบบตามระดับการทำงาน (Design Operation)

ii. การสังเคราะห์รูปร่าง (Morphological Synthesis)

iii. ขยายมุมมองนามธรรม (Progressive Abstraction)

2.3.2) สังเคราะห์ความคิดนวัตกรรมรวบยอด โดยใช้เทคนิควิธีการคิดสร้างสรรค์แบบเอกนัย เพื่อให้ได้แนวคิดทางเลือกที่ค่อนข้างสมบูรณ์ (solutions) ประมาณ 5-10 แนวคิด

2.4) การคัดสรรแนวคิดนวัตกรรม

2.4.1) อธิบายแนวคิดแต่ละแนวคิด

2.4.2) กำหนดระดับความสำคัญของคุณค่า

2.4.3) การสร้างพอร์ทโฟลิโอแนวคิด

2.4.4) คัดสรรแนวคิดที่สมควรนำไปพัฒนาต่อ

2.4.5) สรุปแนวคิดที่ผ่านการคัดสรร

2.4.6) การจำลองสถานการณ์การใช้งานผลิตภัณฑ์

2.5) การทดสอบแนวคิดนวัตกรรม

2.5.1) อธิบายแนวคิดนวัตกรรมที่ใช้ในการทดสอบ

2.5.2) ดำเนินการทดสอบแนวคิดนวัตกรรม

i. การทดสอบโดยแบบสอบถาม

ii. การทดสอบโดยการประชุมกลุ่ม

iii. การทดสอบโดยการสัมภาษณ์

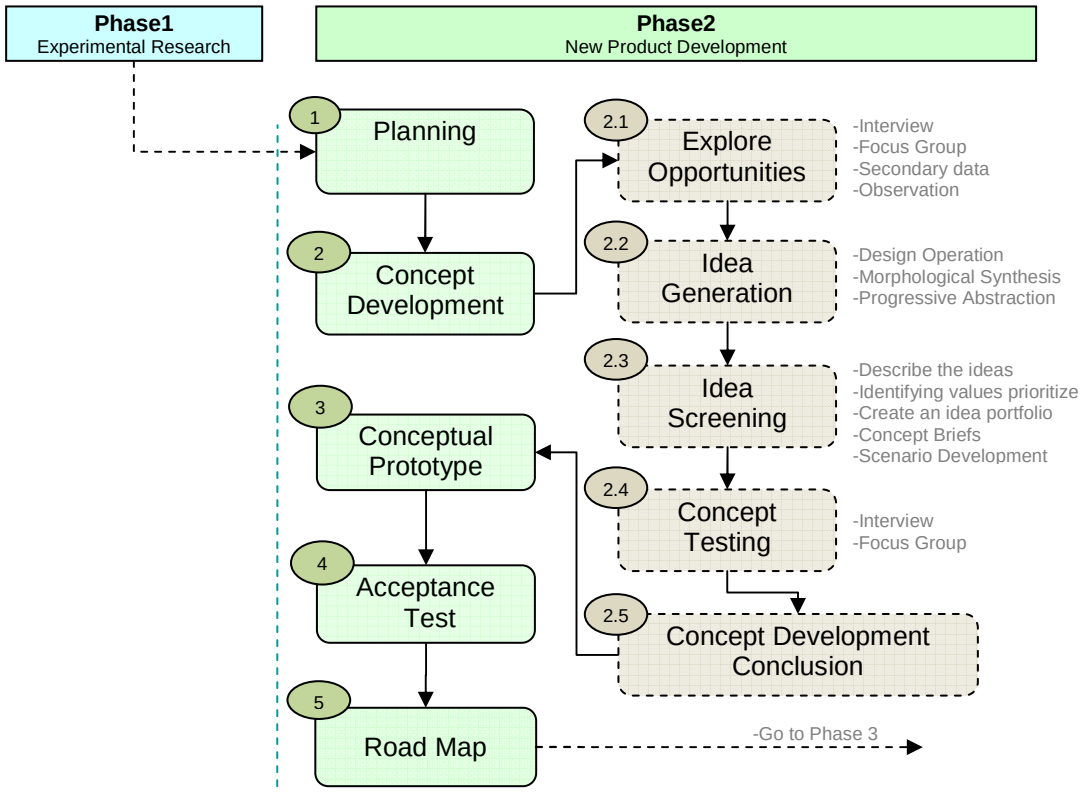
2.5.3) สรุปผลการทดสอบแนวคิด

2.6) พัฒนาแนวคิดให้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดสอบ

3) การออกแบบแนวคิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (Conceptual Prototype)

4) การทดสอบตลาดเพื่อหาอัตราการยอมรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรม

5) การวางแผนการพัฒนาในอนาคตระยะยาว (Roadmap)



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

3.3 การวิจัยธุรกิจเพื่อศึกษาความเป็นไปได้เชิงพาณิชย์

ประเภทการวิจัย

ประเภท การวิจัยธุรกิจ (Business Research)

ความสำคัญและที่มาของปัญหาในการทำวิจัย

นวัตกรรม ถูกนิยามว่า เป็น สิ่งประดิษฐ์ และ พาณิชยกรรม สำหรับการพาณิชยกรรมนี้ ในอีกนัยหนึ่งก็คือ การทำธุรกิจ ซึ่งต้องรู้จักตลาด อุปสงค์และอุปทานในตลาด แนวโน้มตลาด การแข่งขัน รวมไปถึงกลยุทธ์และการกำหนดรูปแบบการดำเนินธุรกิจที่เหมาะสม ในส่วนนี้จะเป็นการวิจัยทางธุรกิจเพื่อศึกษาความเป็นไปได้เชิงพาณิชย์ของนวัตกรรม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจจากแนวทางการพัฒนานวัตกรรม

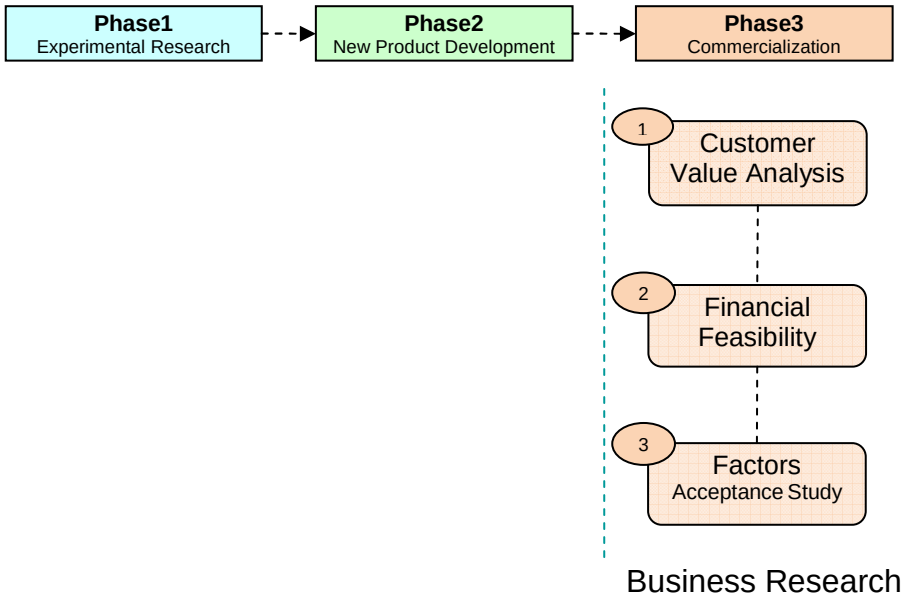
ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาความเป็นไปได้เชิงพาณิชย์มีขอบเขตใน 3 เรื่องต่อไปนี้

1) ศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดผ่านทางการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในมุมมองของลูกค้า

2) ศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินและผลตอบแทนของโครงการ

3) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมพลังงานทดแทน



รูปที่ 3.3 การศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจ

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การศึกษานำร่อง

สำหรับการศึกษานำร่องเป็นการศึกษาเบื้องต้นก่อนการวิจัยทดลอง โดยทำการออกแบบและพัฒนาโมเดลการทำงานของระบบพลังงานน้ำเพื่อทดสอบการทำงานของโมเดล ผลที่ได้จากการทดสอบในการศึกษานำร่องนี้จะนำโมเดลไปทำการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำโดยวิธีทำการทดลองต่อไป

4.1.1 การพัฒนาโมเดลสำหรับการทดลอง

การพัฒนาโมเดลสำหรับการทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการสร้างอุปกรณ์ขึ้นมาเอง และส่วนที่สองเป็นการซื้ออุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ในส่วนแรก ขั้นตอนการพัฒนาโมเดลเริ่มจาก การผลิตความคิดโดยการออกแบบโมเดลการทำงานรูปแบบต่างๆ จำนวน 10 โมเดล จากนั้นใช้วิธีการคัดเลือกด้วยวิธีเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ จนเหลือโมเดลจำนวน 3 โมเดล ได้แก่ โมเดลน้ำฉีด โมเดลน้ำวน โมเดลโดนัท สำหรับการศึกษานำร่องการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนได้แก่

1) การทดสอบการหมุนของกังหัน
2) การทดสอบการกำเนิดไฟฟ้าจากปั๊มน้ำขนาด 0.4 กิโลวัตต์ และ
3) การทดสอบการกำเนิดไฟฟ้าจากปั๊มน้ำขนาด 0.75 กิโลวัตต์

ผลการศึกษาในส่วนแรกนี้พบว่าการทดสอบการหมุนของโมเดลน้ำฉีด และโมเดลน้ำวนสามารถฉีดน้ำเพื่อหมุนกังหันได้ ในขณะที่โมเดลโดนัทไม่สามารถหมุนกังหันได้จึงเก็บโมเดลโดนัทไว้ปรับปรุงภายหลัง

การทดสอบการกำเนิดไฟฟ้าจากปั๊มน้ำขนาด 0.4 กิโลวัตต์พบว่า โมเดลน้ำฉีด สามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ประมาณ 6.8 วัตต์ ในขณะที่โมเดลน้ำวนไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้จึงเก็บโมเดลน้ำวนไว้ปรับปรุงภายหลัง

การทดสอบการกำเนิดไฟฟ้าจากปั๊มน้ำขนาด 0.75 กิโลวัตต์พบว่า โมเดลน้ำฉีดสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ประมาณ 16 วัตต์ (ต่ำกว่า ชุดสาธิตกังหันน้ำเพลตันแบบ 2 หัวฉีด [53])

ในส่วนที่สอง เลือกโมเดลกังหันน้ำคอสั้นซึ่งมีลักษณะการทำงานของระบบด้วยการฉีดน้ำเช่นเดียวกับโมเดลน้ำฉีด ผลการทดสอบ โมเดลกังหันน้ำคอสั้นสามารถหมุนได้และผลิตไฟฟ้า

ออกมาได้ประมาณ 9 และ 20 วัตต์จากปั๊มน้ำขนาด 0.4 และ 0.75 กิโลวัตต์ตามลำดับ (ต่ำกว่า ชุดสาธิตกังหันน้ำเพลตันแบบ 2 หัวฉีด [53])

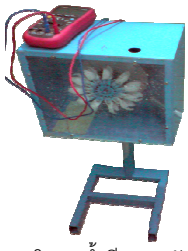
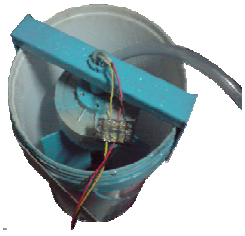
เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบดังกล่าวข้างต้น จึงเลือกโมเดลกังหันน้ำคอสั้นมาใช้ในการวิจัยทดลองในขั้นตอนต่อไป ส่วนโมเดลน้ำฉีดเก็บไว้ปรับปรุงภายหลัง (ดูรายละเอียดเพิ่มเติม ในภาคผนวก ก.)

รูปที่ 4.1 การสร้างโมเดล และการดำเนินงานศึกษานำร่อง

1) การทดสอบการหมุนของกังหัน

โมเดลน้ำฉีด	โมเดลน้ำวน	โมเดลโดนัท	โมเดลกังหันน้ำคอสั้น
โมเดลน้ำฉีดกังหัน 3 ใบ ผ่านการทดสอบการหมุน	โมเดลน้ำวนแบบรางน้ำไหลเข้า ผ่านการทดสอบการหมุน	โมเดลโดนัท ไม่ผ่านการทดสอบการหมุน	โมเดลกังหันน้ำคอสั้น ผ่านการทดสอบการหมุน

2) การทดสอบการกำเนิดไฟฟ้า ด้วยปั๊มน้ำขนาด 0.4 กิโลวัตต์

			
พัฒนาโมเดลน้ำฉีดแบบกังหันเพลตัน ได้กำลังไฟฟ้าประมาณ 7.56 วัตต์	โมเดลน้ำวนแบบน้ำฉีดกังหัน ผลการทดสอบ ไม่ได้กำลังไฟฟ้า		โมเดลกังหันน้ำคอสั้นท่อน้ำเข้า 2 นิ้ว ได้กำลังไฟฟ้าประมาณ 9.43 วัตต์

3) การทดสอบการกำเนิดไฟฟ้า ด้วยปั๊มน้ำขนาด 0.75 กิโลวัตต์

ผลการทดสอบ ได้กำลังไฟฟ้าประมาณ 16.39 วัตต์		ผลการทดสอบ ได้กำลังไฟฟ้าประมาณ 20 วัตต์
		ใช้เป็นโมเดลสำหรับดำเนินการทดลองต่อไป

รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการศึกษานำร่อง

4.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) โมเดลทดลองชุดกังหันคอสั้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ชนิด 1 เฟส
2) ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ UT61B
3) หลอดไฟชนิดไส้ 25 วัตต์ 10 ดวง
4) แบตเตอรี่ 12V9Ah
5) ปั๊มน้ำ Azumi SM7.5 ขนาด 0.75 กิโลวัตต์,Q=380 ลิตรต่อนาที, หัวน้ำ=18 เมตร
6) บริจด์เรคติไฟเออร์ KBP03504 35 แอมป์ 400 โวลต์

ข้อมูลทางเทคนิคของอุปกรณ์ต่างๆ แสดงอยู่ในภาคผนวก จ.

4.1.3 การทดสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัด (Verification Instruments)

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าในการทดลองนี้ ได้แก่ ดิจิตอล มัลติมิเตอร์ ยี่ห้อ Uni-T 61B ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนดังปรากฏในเอกสารข้อมูลทางเทคนิค (ดูตารางที่ 4.1) โดยค่าตามมาตรฐานของมิเตอร์ อาจจะมีความคลาดเคลื่อนประมาณ ± (1.0%+3) สำหรับการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ และ ± (1.2%+5) สำหรับการวัดค่ากระแสไฟฟ้ากระแสสลับ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารข้อมูลของมิเตอร์

ตารางที่ 4.1 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ระบุไว้ใน ดิจิตอล มัลติมิเตอร์ Uni-T 61B

DC Voltage	40mV/400mV/4V/40V/400V/1000V	± (0.5%+1)
AC Voltage	40mV/400mV/4V/40V/400V/750V	± (1.0%+3)
AC Current	400μA/4000μA/40mA/400mA/4A/10A	± (1.2%+5)
DC Current	400μA/4000μA/40mA/400mA/4A/10A	± (1.0%+2)

และเพื่อให้ค่าที่ได้จากการวัดในการทดลองมีความถูกต้องน่าเชื่อถือจึงได้ทำการสอบเทียบ ดิจิตอล มัลติมิเตอร์ (Calibration Instruments) โดยส่งสอบเทียบที่ห้องปฏิบัติการทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้า บริษัท แสงชัยมิเตอร์ จำกัด ซึ่งได้รับการรับรองมาตรฐานด้านบริการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า (มาตรฐาน ISO 17025 จาก สมอ.)

ผลการสอบเทียบแรงดันและกระแสในย่านต่างๆ สำหรับ ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ รุ่น Uni-T 61B (ดูตารางที่ 4.2) พบว่า มีค่าอัตราความคลาดเคลื่อนในย่านวัดที่ใช้ศึกษาครั้งนี้ คือ ย่านแรงดัน 40V, 400V ประมาณ -0.22% และ -0.45% ตามลำดับ และย่านกระแส 400mA มีค่า

ความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัดประมาณ 0.06% ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวเป็นอัตราส่วนที่น้อยไม่ถือว่านัยสำคัญสามารถยอมรับได้ เครื่องมือวัดดังกล่าวจึงสามารถนำไปใช้ในการวัดค่าในการทดลองได้

ตารางที่ 4.2 อัตราค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด แรงดันและกระแสไฟฟ้า

Range	Input	Reading	Error		%Error
4V	3.6	3.59	-0.01	V	-0.28%
40V	36	35.92	-0.08	V	-0.22%
400V	220	219	-1	V	-0.45%
400V	360	358.7	-1.3	V	-0.36%
750V	675	671	-4	V	-0.59%
400uA	0.36	0.3586	-0.0014	mA	-0.39%
4000uA	3.6	3.592	-0.008	mA	-0.22%
40mA	36	35.94	-0.06	mA	-0.17%
400mA	0.36	0.3602	0.0002	A	0.06%
4A	3.6	3.534	-0.066	A	-1.83%
10A	9	8.81	-0.19	A	-2.11%

4.2 การทดลองผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำโดยปั๊มน้ำ

การทดลองแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) การทดลองเพิ่มหลอดไฟเข้าไปในระบบเพื่อหากำลังไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้สูงสุด
2) การทดลองเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าติดต่อกันในระยะเวลา 1 ชั่วโมง
3) การทดลองประจุแบตเตอรี่เพื่อหาปริมาณกระแสไฟฟ้าในการประจุ

ระหว่างดำเนินการทดลองให้ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า และทำการสังเกตผลที่เกิดขึ้นขณะทำการทดลอง

4.3 วิธีทดลอง

1) ติดตั้งชุดการทดลองกังหันน้ำคอสั้นตามรูปที่ 4.2
2) ต่อโหลดชุดหลอดไฟชนิดไส้ และเครื่องมือวัด ตามรูปที่ 4.3
3) เปิดปั๊มน้ำ SM7.5 ขนาดกำลัง 0.75 กิโลวัตต์

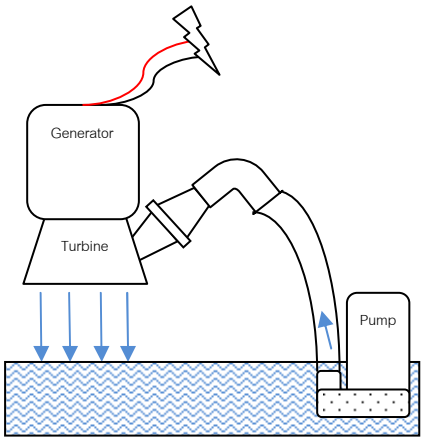
4) เปิดหลอดไฟ 1 ดวง และบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าที่ได้

5) ทำซ้ำข้อ 4 ทดลองเปิดหลอดไฟเพิ่มทีละ 1 ดวง

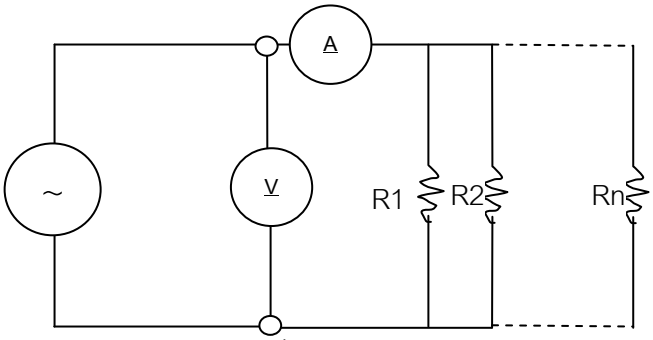
6) คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงและใช้จำนวนหลอดไฟที่ได้กำลังสูงสุดมาทดลองเดินเครื่องติดต่อกันระยะเวลา 1 ชั่วโมง (วัดค่าทุก 1 นาที)

7) ทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยนชุดโหลดหลอดไฟเป็นแบตเตอรี่ ผ่านวงจรบริดจ์ เรคติไฟเออร์ ตามรูป 4.4 (วัดค่าทุก 10 วินาที)

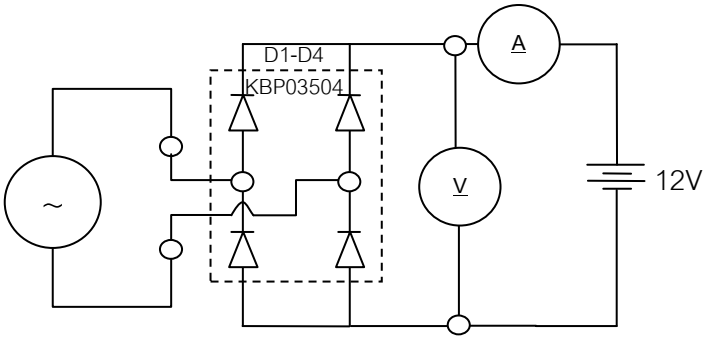
8) วัดค่าแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ได้ บันทึกผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง



รูปที่ 4.3 การทดลองกังหันน้ำคอสั้น



รูปที่ 4.4 วงจรต่อหลอดไฟ



รูปที่ 4.5 วงจรต่อบริดจ์ประจุแบตเตอรี่

4.4 ผลการทดลอง

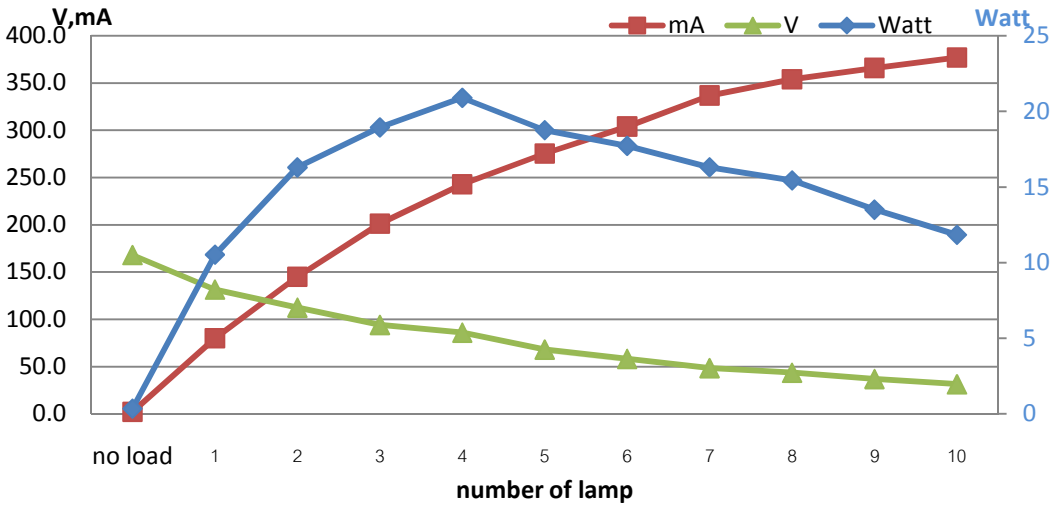
4.4.1 ผลการทดลองเพิ่มขนาดหลอดไฟ

การทดลองโดยการปรับโหลดหลอดไฟ คือ การเพิ่มจำนวนโหลดหลอดไฟเข้าไปในระบบครั้งละ 1 ดวง พบว่า การเพิ่มหลอดไฟเข้าไปในระบบมากขึ้นจะทำให้กระแสสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าตกลง สำหรับกำลังไฟฟ้านั้นจะสูงขึ้นในช่วงแรกและจะตกลงเมื่อมีการเพิ่มหลอดไฟมากเกินไป โดยจากการทดลองพบว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อจ่ายโหลดหลอดไฟ 4 ดวง ได้กระแส 243 มิลลิแอมป์ ที่แรงดันไฟฟ้า 86 โวลต์ ทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 20.898 วัตต์

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองจากการเพิ่มหลอดไฟครั้งละ 1 ดวง

จำนวนหลอดไฟ	กระแสไฟฟ้า (mA)	แรงดันไฟฟ้า (V)	กำลังไฟฟ้า (Watt)
no load	2.1	168.0	0.353
1	80.0	131.6	10.528
2	145.0	112.4	16.298
3	201.3	94.1	18.942
4	243.0	86.0	20.898
5	275.5	68.1	18.762
6	304.0	58.3	17.723
7	336.9	48.4	16.306
8	354.0	43.6	15.434
9	366.0	36.9	13.505
10	377.0	31.4	11.838

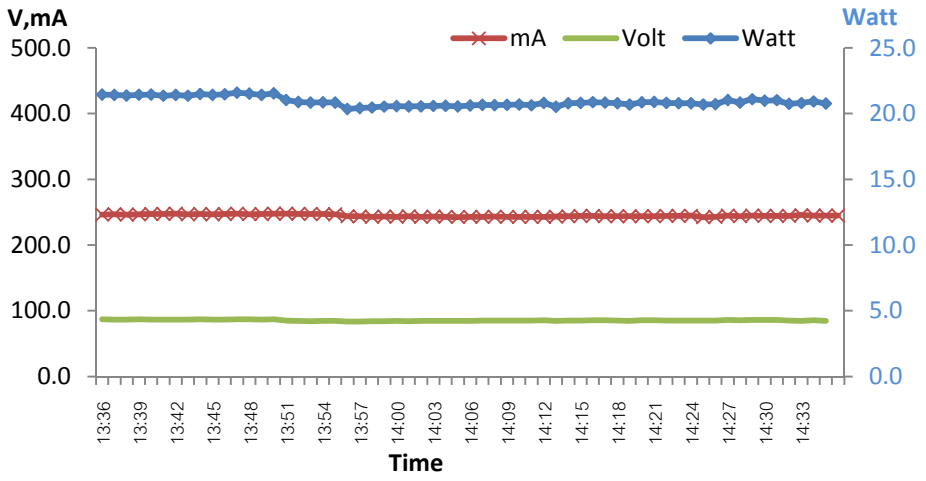
รูปที่ 4.6 การทดลองเพิ่มหลอดไฟเข้าไปในระบบเพื่อหากำลังไฟฟ้าที่ระบบผลิตได้สูงสุด



รูปที่ 4.7 แผนภาพแสดงกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการเปลี่ยนหลอดไฟขนาดต่างๆ

4.4.2 ผลการทดลองเดินเครื่องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

จากการทดลองปรับค่าโหลดพบว่า เมื่อจ่ายโหลดหลอดไฟ 4 ดวง ระบบให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด ในส่วนนี้จะเป็นการนำหลอดไฟ 4 ดวง มาใช้เป็นโหลดและเดินเครื่องให้ทำงานติดต่อกัน 1 ชั่วโมง ผลการทดลอง ดังตารางที่ 4.4 พบว่าตั้งแต่เริ่มทำการทดลอง จนสิ้นสุดจำนวนข้อมูลทั้งหมดที่บันทึกทั้งหมด จำนวน 60 ค่า เมื่อทำการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต จะได้กระแสไฟฟ้าเฉลี่ย 244.9 มิลลิแอมป์ และแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย 85.4 โวลต์ ทำให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 20.9 วัตต์ และเมื่อนำค่าที่ได้จากการบันทึก จำนวน 65 ค่า มาทำการแสดงในรูปของกราฟ (ดูรูปที่ 4.8) พบว่าในช่วงเริ่มต้นค่ากำลังไฟฟ้ามีค่าประมาณ 21.4-21.5 วัตต์ แต่เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้มีค่าลดลงมาประมาณ 20.8-20.9 วัตต์



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองเดินเครื่อง 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเดินเครื่อง 1 ชั่วโมง

No	เวลา	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (mA)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	No	เวลา	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (mA)	กำลังไฟฟ้า (Watt)
1	13:36	87.0	246.4	21.437	31	14:06	84.8	243.1	20.615
2	13:37	86.7	247.0	21.415	32	14:07	85.1	242.8	20.662
3	13:38	86.7	246.4	21.363	33	14:08	84.9	243.2	20.648
4	13:39	86.9	246.6	21.430	34	14:09	85.1	242.9	20.671
5	13:40	86.7	247.3	21.441	35	14:10	85.2	242.9	20.695
6	13:41	86.4	247.2	21.358	36	14:11	84.9	243.0	20.631
7	13:42	86.5	247.6	21.417	37	14:12	85.7	242.8	20.808
8	13:43	86.5	246.9	21.357	38	14:13	84.4	243.2	20.526
9	13:44	86.9	247.2	21.482	39	14:14	85.3	243.7	20.788
10	13:45	86.8	246.8	21.422	40	14:15	85.2	244.3	20.814
11	13:46	86.8	247.4	21.474	41	14:16	85.4	244.4	20.872
12	13:47	87.1	247.9	21.592	42	14:17	85.5	243.8	20.845
13	13:48	87.1	247.0	21.514	43	14:18	85.2	244.0	20.789
14	13:49	86.6	247.4	21.425	44	14:19	84.8	243.9	20.683
15	13:50	86.9	247.9	21.543	45	14:20	85.6	243.8	20.869
16	13:51	84.9	247.8	21.038	46	14:21	85.7	243.8	20.894
17	13:52	84.4	247.5	20.889	47	14:22	85.2	244.4	20.823
18	13:53	84.2	247.4	20.831	48	14:23	85.0	244.5	20.783
19	13:54	84.4	247.1	20.855	49	14:24	85.0	244.6	20.791
20	13:55	84.4	246.9	20.838	50	14:25	85.3	242.5	20.685
21	13:56	83.5	243.7	20.349	51	14:26	85.3	242.9	20.719
22	13:57	83.8	243.7	20.422	52	14:27	85.9	244.9	21.037
23	13:58	84.2	243.0	20.461	53	14:28	85.4	244.0	20.838
24	13:59	84.3	243.6	20.535	54	14:29	86.2	244.7	21.093
25	14:00	84.7	242.9	20.574	55	14:30	85.9	244.2	20.977
26	14:01	84.3	243.8	20.552	56	14:31	86.0	244.4	21.018

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองเดินเครื่อง 1 ชั่วโมง (ต่อ)

No	เวลา	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (mA)	กำลังไฟฟ้า (Watt)	No	เวลา	แรงดันไฟฟ้า (V)	กระแสไฟฟ้า (mA)	กำลังไฟฟ้า (Watt)
27	14:02	84.7	242.7	20.557	57	14:32	84.9	244.4	20.750
28	14:03	84.6	243.3	20.583	58	14:33	84.7	245.6	20.802
29	14:04	84.7	243.1	20.591	59	14:34	85.5	244.7	20.922
30	14:05	84.7	242.6	20.548	60	14:35	84.8	244.8	20.759
					เฉลี่ย		85.4	244.9	20.9

4.4.3 ผลการทดลองประจุแบตเตอรี่

จากการทดลองประจุแบตเตอรี่ขนาด 12V9Ah ผ่านวงจรบริดจ์ เรคติไฟเออร์ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 พบว่าสามารถประจุกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ได้ด้วยค่าเฉลี่ย 0.35 แอมป์ แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย 12 โวลต์

ตารางที่ 4.5 ค่าแรงดัน และกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการประจุแบตเตอรี่

วินาที	แรงดัน (V)	กระแส(A)	วินาที	แรงดัน (V)	กระแส(A)	วินาที	แรงดัน (V)	กระแส(A)
10	11.90	0.348	110	12.00	0.349	210	12.00	0.346
20	12.00	0.341	120	12.10	0.350	220	12.10	0.359
30	12.00	0.341	130	11.90	0.360	230	11.90	0.355
40	11.90	0.346	140	12.10	0.344	240	12.00	0.353
50	12.00	0.354	150	11.90	0.350	250	12.00	0.341
60	11.90	0.340	160	12.00	0.359	260	12.00	0.347
70	12.10	0.347	170	12.00	0.343	270	11.90	0.341
80	11.90	0.353	180	12.10	0.354	280	12.00	0.341
90	12.00	0.351	190	12.10	0.358	290	12.10	0.356
100	12.00	0.353	200	12.10	0.353	300	12.00	0.352
						เฉลี่ย	12.00	0.350

รูปที่ 4.9 รูปการทดลองประจุแบตเตอรี่

4.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

4.5.1 วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบ

จากผลการทดลองพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับ

1) จำนวนหลอดไฟ

เมื่อทำการเพิ่มหลอดไฟเข้าไปในระบบทีละดวง พบว่า กระแสที่ได้จะสูงขึ้นตามหลอดไฟที่เพิ่มเข้าไป ทั้งนี้เป็นเพราะหลอดไฟซึ่งเป็นภาระทางไฟฟ้าดึงกระแสไฟฟ้าไปใช้มากขึ้น แต่ในขณะที่เพิ่มหลอดไฟฟ้าเข้าไปนั้นแรงดันไฟฟ้าจะตกลงเรื่อยๆ เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนได้ช้าลงจากแรงหน่วงที่เกิดจากการจ่ายกำลังงานให้หลอดไฟ จึงทำให้กำลังไฟฟ้าที่ได้สูงสุดอยู่ที่หลอดไฟ 4 ดวง ดังนั้นในระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำใดๆ จะมีจุดสูงสุดของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับภาระทางไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบ

2) กระแสกับการประจุแบตเตอรี่

การประจุไฟเข้าแบตเตอรี่ ขนาด 12V9Ah โดยผ่านวงจรบริดจ์ เรคติไฟเออร์ สามารถประจุกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ได้ประมาณ 0.35 แอมป์ ที่แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ซึ่งคิดเป็นกำลังไฟฟ้าเพียง 4.2 วัตต์ ทั้งนี้เนื่องมาจากหากมองแบตเตอรี่คือภาระทางไฟฟ้า จุดทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นกับภาระทางไฟฟ้า ดังนั้น การต่อแบตเตอรี่ จึงเป็นการกำหนดจุดทำงานโดยจะทำให้แรงดันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าตามแรงดันของแบตเตอรี่ (แต่ไม่ได้เท่ากันโดยตรงเนื่องจาก เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นชนิดไฟสลับ แบตเตอรี่เป็นไฟตรง แต่มีความสัมพันธ์กัน) ในการทดลองนี้ใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ จึงมีความเป็นไปได้ว่า แรงดันไฟฟ้าออกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูก

บังคับให้มีค่าใกล้เคียงกับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ด้วย ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการประจุแบตเตอรี่มีกำลังต่ำกว่ากำลังสูงสุดที่ระบบสามารถผลิตได้

การเพิ่มแบตเตอรี่เข้าไปอาจจะทำให้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการเพิ่มหลอดไฟ อย่างไรก็ดีในการทดลองนี้ได้ใช้แบตเตอรี่เพียงตัวเดียวในการทดลอง และข้อเสนอแนะสำหรับการทดลองครั้งต่อไปอาจจะเพิ่มแบตเตอรี่โดยต่ออนุกรมกันเพื่อเพิ่มแรงดันรวมให้สูงขึ้น

3) ปัจจัยอื่นๆ

จากการสังเกตในการทดลองพบว่ามีความไม่สม่ำเสมอในการผลิตไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้าไม่ได้คงที่ตลอดเวลา) และอาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อกำลังการผลิตไฟฟ้าและประสิทธิภาพการทำงานของระบบซึ่งไม่ได้อยู่ในขอบเขตการศึกษาครั้งนี้ อาทิ แรงดันน้ำ ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ประสิทธิภาพของกังหัน ฯลฯ ซึ่งอาจทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

4.5.2 **วิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากการทดลอง** (Error Analysis)

ในการทดลองครั้งนี้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้ดังนี้

1) ความต้านทานของหลอดไฟ

หลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าความต้านทานแต่ละหลอดไม่เท่ากัน ดังนั้นหากนำหลอดไฟชุดใหม่มาทำการทดลอง ผลการทดลองที่ได้อาจจะมีความแตกต่างจากการทดลองครั้งนี้เนื่องจากค่าความต้านทานของหลอดไฟที่นำไม่ใช้ไม่เท่ากัน

2) แบตเตอรี่

ชนิดของแบตเตอรี่ที่นำมาใช้เป็นแบบชนิดแห้ง ซึ่งอาจจะให้ผลการทดลองที่แตกต่างกับแบตเตอรี่ชนิดอื่น และแบตเตอรี่ที่นำมาใช้ในการทดลองอาจจะมีประจุค้างอยู่ไม่เท่ากัน ซึ่งอาจจะส่งผลต่อปริมาณกระแสที่ประจุ ดังนั้นก่อนการทดลองจึงควรทำการคายประจุแบตเตอรี่ออกให้หมด

3) ความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากการวัด

3.1) ค่าความคลาดเคลื่อนในผลคูณของปริมาณ

ในการทดลองวัดค่ากำลังไฟฟ้า ทำการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าจากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า (V) และ กระแสไฟฟ้า (A) เพื่อให้เกิดความถูกต้องแม่นยำแต่ละค่าวัดจำนวน 60 ครั้ง การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าอ่านค่าจากมิเตอร์ซึ่งแสดงค่าไว้ที่ทศนิยม 1 ตำแหน่งในหน่วยโวลต์ และค่ากระแสไฟฟ้าแสดงค่าไว้ที่ทศนิยม 1 ตำแหน่ง ในหน่วยมิลลิแอมป์โดยในการคำนวณ เพื่อให้กำลังไฟฟ้าที่ได้มีหน่วยเป็นวัตต์ จะแปลงหน่วย มิลลิแอมป์ให้เป็นหน่วย แอมป์ โดยการ 10^{-3} เข้า

ไปใน A ดังนั้น ปริมาณ V และ A หลังจากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยค่าเฉลี่ย (ดูรายละเอียดการคำนวณในภาคผนวก ฉ.)ได้ว่า

$V \pm \delta V = 85.4 \pm 0.9$ โวลท์

$A \pm \delta A = (244.9 \pm 1.8) \times 10^{-3}$ แอมป์

คำนวณค่ากำลังไฟฟ้า ตามสมการ $P = VI$ วัตต์

$P = (85.4)(244.9 \times 10^{-3})$ วัตต์

$P = 20{,}914.46 \times 10^{-3}$ วัตต์

$P = 20.914460$ วัตต์

ค่ากำลังควรเป็น P = 20.9 วัตต์ เพื่อให้ความเคลื่อนเป็น 10% เท่ากับปริมาณ V และ A ที่มีค่าความคลาดเคลื่อน 10%

กำหนดให้ $w(x,y)=kx^a y^b$ เป็นฟังก์ชันแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณ x และ y โดยที่ค่า k, a และ b เป็นค่าคงที่บวกหรือลบก็ได้ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนเป็น δx และ δy ตามลำดับ จะได้ความคลาดเคลื่อนของคำตอบโดยคำนวณจากหลักแคลคูลัสหลายตัวแปร [54, 55] ดังสมการ (4.1)

$$\delta w = W\sqrt{\left(\frac{a\delta x}{x}\right)^2 + \left(\frac{b\delta y}{y}\right)^2} \qquad \text{..... (4.1)}$$

เมื่อ δw เป็นความคลาดเคลื่อนของ w(x,y)

W เป็นปริมาณที่วัดได้เป็นเลขนัยสำคัญ

k, a และ b เป็นค่าคงที่

δx และ δy ความคลาดเคลื่อนที่ประมาณการไว้จากการวัดค่า

ในขั้นตอนต่อไป ทำการหาความคลาดเคลื่อนจากสมการ $P = VI$ เปรียบเทียบกับ $w(x,y) = kx^a y^b$ จะได้ k=1 ; a=1 ; b=1 แทนค่าลงในสมการ (4.1) จะได้

$$\delta P = P\sqrt{\left(\frac{a\delta V}{V}\right)^2 + \left(\frac{b\delta A}{A}\right)^2}$$

$$\delta P = 20.9\sqrt{\left(\frac{0.9}{85.4}\right)^2 + \left(\frac{1.8}{244.9x10^{-3}}\right)^2}$$

$$\delta P = 20.9\sqrt{0.0000013711 + 0.1667333322}$$

$$\delta P = 20.9\sqrt{0.00016508}$$

$$\delta P = 20.9x0.0128485$$

$$\delta P = 0.2685342 \text{ วัตต์}$$

ตามหลักเลขนัยสำคัญค่า δP ควรเป็น 0.3 เพราะจะมีค่าความคลาดเคลื่อน 10% เท่ากับค่าความคลาดเคลื่อนของปริมาณ V และ A

ดังนั้นค่ากำลังไฟฟ้าจากการทดลองจึงเป็น $P \pm \delta P = 20.9 \pm 0.3$ วัตต์

3.2) เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

การวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของข้อมูลที่อาจเกิดจากการทดลองใช้วิธีการคำนวณหา %Error จากการวัดกำลังไฟฟ้า โดยใช้สูตรตามสมการ (4.2) %Error มีค่าเท่ากับ ค่าสัมบูรณ์ ของ ค่าจริง ลบ ค่าจากการวัด หารด้วยค่าจริง คูณ 100%

$$\%Error = \left| \frac{Xt - Xm}{Xt} \right| x\ 100\% \qquad \text{..... (4.2)}$$

เมื่อ %Error คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

X_t คือ ค่าจริง (True Value)

X_m คือ ค่าวัด (Measured Value)

จากผลการสอบเทียบเครื่องมือวัด พบว่า แรงดันไฟฟ้าย่านวัด 400V มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยไป=0.46% และกระแสไฟฟ้าย่านวัด 400mA มีค่าความคลาดเคลื่อนมากไป=0.06% ดังนั้นค่าจริง แรงดันไฟฟ้าย่านวัด 400V ต้องปรับค่าความคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้น=0.46% และกระแสไฟฟ้าย่านวัด 400mA ต้องปรับค่าความคลาดเคลื่อนลดลง=0.06%

จากการทดลองเก็บข้อมูลไว้ทั้งหมด 60 ค่า นำค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่อ่านได้มาปรับค่าความคลาดเคลื่อนได้แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยหลังปรับค่าความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 85.03 โวลต์ และกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยหลังปรับค่าความคลาดเคลื่อน เท่ากับ 245.02 มิลลิแอมป์ ได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยหลังปรับค่าความคลาดเคลื่อน 20.83 วัตต์

การคำนวณหา %Error จากการวัดกำลังไฟฟ้า ใช้สูตรตามสมการ (4.2) ได้ดังนี้

$$\%Error = \left| \frac{20.9 - 20.83}{20.83} \right| x\ 100\%$$

$$= \left| \frac{0.07}{20.83} \right| x\ 100\%$$

$$= 0.336053768602978\%$$

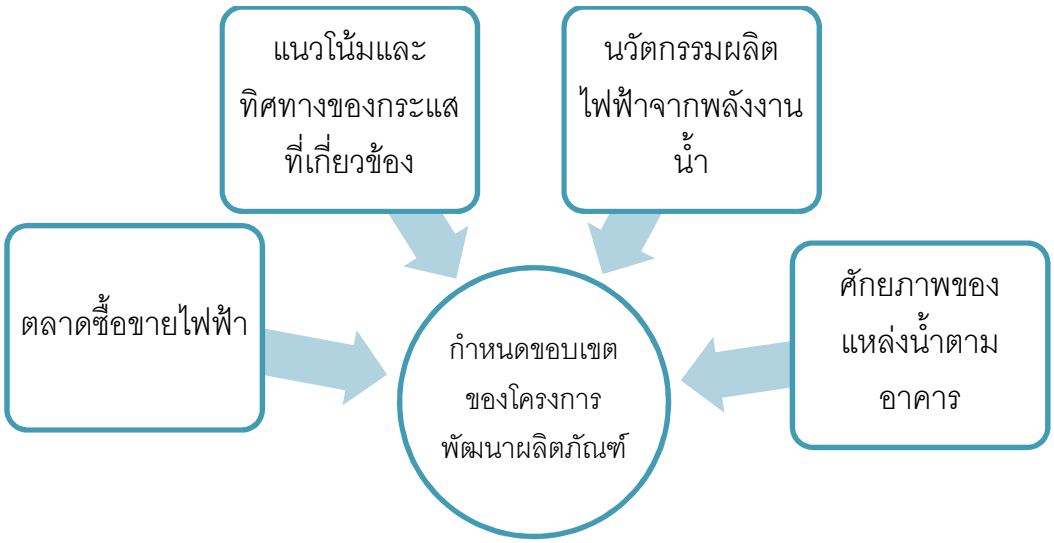
ดังนั้น %Error ของกำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.34% ตามหลักการเลขนัยสำคัญ

บทที่ 5
กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่

5.1 การวางแผนสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่

5.1.1 การสำรวจความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

ในการวางแผนสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ เริ่มต้นด้วยการสำรวจความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในที่นี้จะทำการสำรวจในเรื่องที่เกี่ยวข้อง 4 เรื่อง ได้แก่ ตลาดซื้อขายไฟฟ้า แนวโน้มและทิศทางของกระแสสังคมที่เกี่ยวข้อง นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่มีอยู่ในปัจจุบัน และการสำรวจศักยภาพแหล่งน้ำที่มีอยู่ตามอาคาร หลังจากทำการสำรวจแล้วจะกำหนดขอบเขตของโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อไป



รูปที่ 5.1 การสำรวจความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

1) ตลาดซื้อขายไฟฟ้า

ความต้องการของพลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเติบโตตามทิศทางของเศรษฐกิจ คือ ประมาณ 5-6% ต่อปี โดยกำลังการผลิตไฟฟ้าปัจจุบันอยู่ที่ประมาณ 33,000 – 34,000 เมกะวัตต์และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นสู่ 48,000 เมกะวัตต์ ในอีก 10 ปีข้างหน้า [56]

ด้านอุปทานของพลังงานไฟฟ้าจะมีการผลิตไฟฟ้าเข้าสู่ระบบที่ 23,000 เมกะวัตต์ คิดเป็นมูลค่าการลงทุนประมาณ 1.02 ล้านล้านบาท (ประมาณ 4,000 เมกะวัตต์ จะมาจากการลงทุนของภาครัฐโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิต และ 19,000 เมกะวัตต์ จะเป็นการลงทุนของภาคเอกชน)

ปริมาณการผลิตไฟฟ้าของภาคเอกชนจำนวน 19,000 เมกะวัตต์ จะเป็นพลังงานทดแทนประเภทพลังงานจากแสงแดด ลม และน้ำ เป็นส่วนใหญ่ประเมินความเป็นไปได้แล้วประมาณ

2,000 เมกะวัตต์ มีมูลค่าลงทุนประมาณ 1.6 แสนล้านบาท [57]

การสำรวจรายได้การจำหน่ายไฟของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต จากรายงานงบการเงินพบว่า ปี 2554 และ 2555 มีรายได้ 4.18 และ 5.13 แสนล้านบาทตามลำดับ โดยมีกำไรสุทธิเป็น 3.43 และ 4.33 หมื่นล้านบาทตามลำดับ

2) แนวโน้มและทิศทางที่เกี่ยวข้อง

กระทรวงพลังงาน จัดทำแผนการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี(พ.ศ.2555-2564) หรือ Alternative Energy Development Plan: AEDP (2012-2021) ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติในการผลิตไฟฟ้าถึง 70% และใช้พลังงานทดแทนเพียง 1.4% จึงคาดว่าแผน AEDP จะสร้างอุปสงค์ในด้านเทคโนโลยี อุปกรณ์ และบุคลากรจำนวนมาก

แผน AEDP มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาพลังงานทดแทน ให้ไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ โดยนอกจากจะส่งเสริมให้พลังงานทดแทนเป็นหนึ่งในพลังงานหลักของประเทศแล้ว ยังมีแผนการสนับสนุนงานด้านการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนของไทยให้สามารถแข่งขันได้ในระดับสากล และสนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตเทคโนโลยีพลังงานทดแทนในประเทศ เพื่อเสริมสร้างการใช้พลังงานทดแทนระดับชุมชนให้เกิดชุมชนสีเขียวครบวงจร

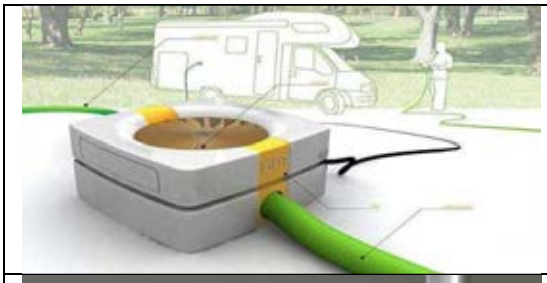
นอกจากแผน AEDP ดังกล่าวที่มีความเป็นรูปธรรมมากแล้ว ยังมีกระแสพลังงานสีเขียวและกระแสอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมสูงมากขึ้นด้วยในปัจจุบัน

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าตลาดพลังงานทดแทนมีขนาดใหญ่และมีแนวโน้มเติบโตในอนาคต

3) นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

จากการสำรวจตัวอย่างผลิตภัณฑ์นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำพบว่า ผลิตภัณฑ์ที่น่าสนใจ ได้แก่ นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่ใช้ล้างรถ นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำผ่านก็อกน้ำ นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำฝักบัว ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ใช้พลังงานน้ำจากกิจวัตรประจำวัน ซึ่งแตกต่างจาก นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าพลังงานจลน์จากน้ำไหล (Hydrokinetic) นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าสำหรับออกค่ายพักแรม (Hydro Wind) นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำปรับลอยขึ้นลง(Clever Floating) ซึ่งใช้พลังงานน้ำจากแหล่งน้ำจากธรรมชาติ (ดูตารางที่ 5.1)

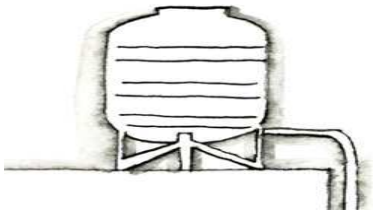
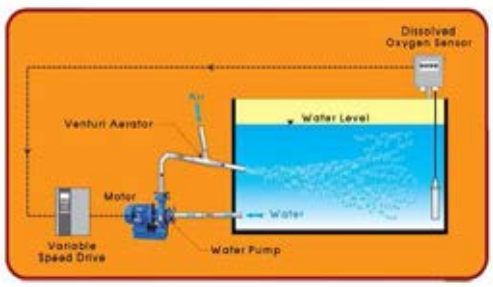
ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

	นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่ใช้ล้างรถ ใช้พลังงานน้ำจากการล้างรถ
	นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำผ่านก็อกน้ำ ใช้พลังงานน้ำจากการเปิดก็อกน้ำล้างจาน
	นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำฝักบัว ใช้พลังงานน้ำจากการอาบน้ำ
	นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าพลังงานจลน์จากน้ำไหล (Hydrokinetic) ใช้พลังงานน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ
	นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำปรับลอยขึ้นลง รูปแบบที่ 1 ใช้พลังงานน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (Clever Floating Type 1)
	นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำปรับลอยขึ้นลง รูปแบบที่ 2 ใช้พลังงานน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ (Clever Floating Type 2)

4) แหล่งพลังงานน้ำตามอาคารและบริเวณโดยรอบ

จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า แหล่งพลังงานน้ำตามอาคารและบริเวณโดยรอบที่มีโอกาสจะนำมาผลิตไฟฟ้าได้ ระบบจะต้องมีการไหลของน้ำอย่างต่อเนื่อง เช่น ระบบเติมอากาศ หรือระบบน้ำพุจากการตกแต่งอาคารสถานที่ซึ่งมีการเดินเครื่องปั๊มน้ำทำงานอย่างต่อเนื่อง สำหรับแหล่งพลังงานน้ำตามอาคารและบริเวณโดยรอบที่ระบบมีน้ำไหลไม่ต่อเนื่อง เช่น ถังเก็บน้ำบนอาคาร รางน้ำฝน อาจจะยังมีศักยภาพน้อยกว่าเมื่อเทียบกับระบบที่มีน้ำไหลต่อเนื่อง

ตารางที่ 5.2 แสดงแหล่งน้ำบริเวณโดยรอบอาคาร

	แหล่งพลังงานน้ำจากถังเก็บน้ำบนอาคาร
	รางน้ำฝน
	บ่อปลา
	พลังงานน้ำจากการตกแต่งอาคารสถานที่
	ระบบเติมอากาศ

5.1.2 กำหนดขอบเขตของโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์

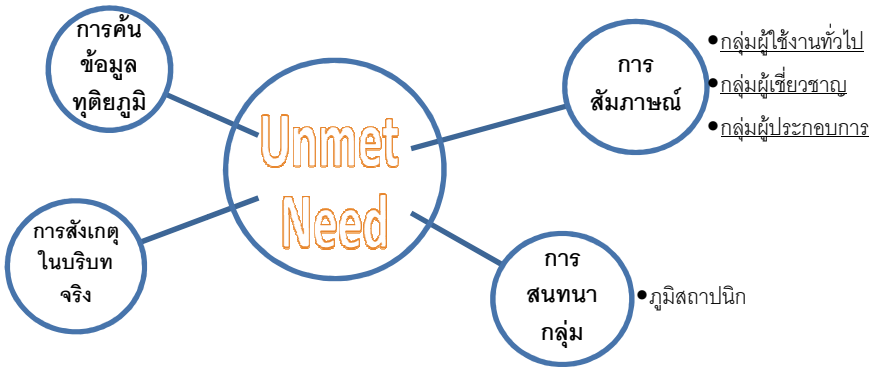
จากการสำรวจความเป็นไปได้พบว่า ไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นที่ขาดแคลนไม่ได้ และมีการส่งเสริมให้หันมาใช้เทคโนโลยีพลังงานทดแทนกันมากขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลิตภัณฑ์นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำใหม่ๆ ถูกนำเสนอออกมาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจากการสำรวจโอกาสมีความเชื่อว่ามีความเป็นไปได้สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเหลือทิ้ง

โครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบสำหรับการผลิตไฟฟ้า กำหนดให้เป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยการแก้ไขข้อจำกัดของเทคโนโลยี คือ นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจะไม่ใช้แหล่งน้ำตามธรรมชาติ แต่จะใช้พลังงานน้ำที่เป็นพลังงานเหลือทิ้งที่ยังไม่ถูกนำมาใช้ประโยชน์

5.2 การพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์

5.2.1 การสำรวจโอกาสและกำหนดเป้าหมายในการสร้างนวัตกรรม

เพื่อทำการสำรวจความต้องการที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองของกลุ่มเป้าหมาย(ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต) โดยวิธีการเชิงคุณภาพ จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลทุติยภูมิ ข้อมูลจากผู้ใช้งานเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานน้ำ ข้อมูลจากผู้ประกอบการระบบเติมอากาศ ข้อมูลจากภูมิสถาปนิก และข้อมูลจากบริบทจริง โดยใช้วิธีการค้นคว้าข้อมูล 4 วิธี ได้แก่ วิธีการค้นข้อมูลทุติยภูมิ การสัมภาษณ์ การประชุมกลุ่ม และการสังเกต



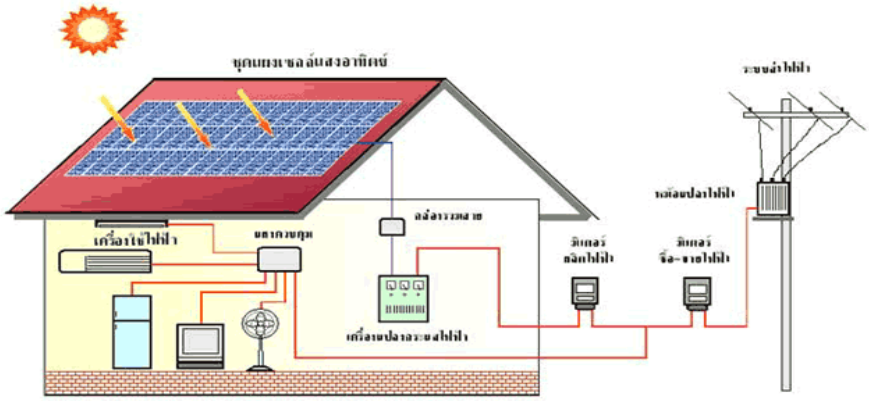
รูปที่ 5.2 วิธีการเชิงคุณภาพสำหรับการค้นหาความต้องการที่ยังไม่ได้รับการตอบสนอง

1) ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data)

1.1) การผลิตไฟฟ้าโดยโซล่าเซลล์ [58]

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตทำการวิจัยและพัฒนาโครงการโซล่าเซลล์ 2 โครงการ โครงการแรกติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ บนหลังคาบ้าน 10 หลัง โดยคัดเลือกจากผู้สมัครที่มีภูมิลำเนาอยู่ในเขตนครหลวงและปริมณฑล และโครงการที่สอง ติดตั้งโซล่าเซลล์ บนหลังคาบ้านจำนวน 50 หลังทั่วประเทศไทย ผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังผลิต 3.016 กิโลวัตต์ (Amorphous) จำนวน 16 หลัง และขนาดกำลังผลิต 3.120 กิโลวัตต์ (Poly Crystalline) จำนวน 34 หลัง รวมกำลังผลิตทั้งหมด 154.336 กิโลวัตต์ โดยโครงการนี้ได้ติดตั้งมิเตอร์ไฟฟ้าแบบหมุนไป-กลับ ได้ 2ทาง คือ ถ้าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้มากกว่าปริมาณที่ใช้ ไฟฟ้าส่วนเกินจะเข้าสู่ระบบสายส่งเป็นการขายไฟฟ้าให้การไฟฟ้า แต่หากปริมาณการผลิตไฟฟ้าได้น้อยกว่าปริมาณที่ใช้ ระบบจะดึงไฟฟ้าเข้ามาเป็นการซื้อไฟฟ้าใช้นั่นเอง

ดังนั้นหากมีนวัตกรรมที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากพออาจจะสามารถขายไฟฟ้าส่วนเกินให้การไฟฟ้าได้



รูปที่ 5.3 การผลิตไฟฟ้าและจำหน่ายส่วนเกินให้กฟผ.

รูปที่ 5.4 ตัวอย่างบ้านที่ติดโซล่าเซลล์บนหลังคา

1.2) เว็บขายอุปกรณ์พลังงานทดแทน

ตลาดพลังงานทดแทนถือว่ายังเป็นตลาดใหม่ ในปัจจุบันอุปกรณ์พลังงานทดแทน เช่น โซล่าเซลล์ กังหันลม กังหันน้ำ สามารถหาซื้อได้บางส่วนในประเทศไทย และบางส่วนจากเว็บไซต์ต่างประเทศ ในอนาคตหากมีผู้สนใจหันมาใช้พลังงานทดแทนกันมากขึ้น มีโอกาสที่ตลาดสินค้าพลังงานทดแทนจะเติบโตได้มากขึ้น และในขณะที่ยังไม่มีผู้นำตลาดอย่างชัดเจน การเข้ามาเป็นผู้เล่นในช่วงต้นๆ ของตลาดอาจจะได้เปรียบจากการเป็นผู้บุกเบิกตลาดกลุ่มแรก (First mover advantage)

จากการสำรวจเว็บที่ขายอุปกรณ์เกี่ยวกับพลังงานทดแทนสำหรับลูกค้ารายย่อยนั้นพบว่าผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายมีทั้งโซล่าเซลล์ กังหันลม และกังหันน้ำ ซึ่งกังหันน้ำนั้น ยังไม่เจอเว็บใดขายแบบครบวงจร กล่าวคือ ขายแยกชิ้น เช่น กังหันน้ำซื้อเว็บหนึ่ง ท่อต้องไปหาซื้อเอง และบางทีอุปกรณ์บางอย่างที่จะนำมาใช้หาซื้อไม่ได้โดยง่าย เช่น ร้านค้าจำหน่ายเกจวัดแรงดัน แต่ไม่มีข้อต่อทองเหลืองจำหน่าย หน้าจานเข้ากังหันน้ำเป็นขนาดสามนิ้ว แต่ไม่มีสายยางหรือท่อสามนิ้วจำหน่าย เป็นต้น

ดังนั้นโอกาสในส่วนนี้จึงเป็นเรื่องของการจัดการลอจิสติกส์ของอุปกรณ์ที่จะนำมาประกอบกันเพื่อใช้งานได้จริง

2) การสัมภาษณ์ (Interview)

2.1) วัตถุประสงค์

เพื่อสำรวจความต้องการที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองของกลุ่มเป้าหมายที่สนใจ คือ กลุ่มที่ใช้พลังงานน้ำในการผลิตไฟฟ้า โดยแบ่งกลุ่มที่สนใจเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ กลุ่มผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง

2.2) การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างจะใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบยึดจุดมุ่งหมาย (Nonprobability Samping Method) โดยใช้วิธี การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

การเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบยึดจุดมุ่งหมาย หลักของการเลือกตัวอย่างแบบนี้ไม่ใช่เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทน แต่เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่เหมาะสมกับแนวคิดจุดมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา โดยเลือก กลุ่มตัวอย่างเจาะจงเฉพาะผู้ใช้งานกังหันน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้า เป็นผู้ให้ข้อมูล (Key Informants) โดยมีกลุ่มคนอยู่ 3 กลุ่มได้แก่

2.2.1) กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป ในการสัมภาษณ์ครั้งนี้ เลือกกลุ่มตัวอย่างจากรายชื่อลูกค้ากรีนพาวเวอร์ จากรายชื่อลูกค้าทั้งหมด 74 ราย มี 11 ราย เป็นกลุ่มที่ซื้อกังหันน้ำไปใช้งาน ในจำนวนนี้ สามารถติดต่อสัมภาษณ์ได้ 4 ราย

2.2.2) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เป็นผู้เชี่ยวชาญ มีความชำนาญ โดยมีเว็บไซต์สอนทำการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนด้วยตนเอง มีประสบการณ์ออกแบบและติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำตามหมู่บ้าน ได้แก่ คุณสมพร (kelddaw.com) คุณพงษ์ตะวัน (kaolom.com) คุณคริสโตเฟอร์ เอ็ดมัน คริเซน (palangthai.org)

2.2.3) กลุ่มผู้ประกอบการ ประกอบกิจการออกแบบระบบ จำหน่าย และติดตั้งอุปกรณ์บำบัดน้ำเสีย ระบบเติมอากาศ สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม และอาคาร โดยสามารถติดต่อสัมภาษณ์ได้ 1 ราย ได้แก่ คุณเกียรติ บริษัท ชีวาอินเตอร์เทรด

2.3) วิธีการสัมภาษณ์

2.3.1) การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (Informal Interview) และใช้คำถามปลายเปิดเพื่อเปิดกว้างและไม่จำกัดสำหรับคำตอบ

2.3.2) กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป ใช้การสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างอยู่ต่างจังหวัดกระจายอยู่หลายพื้นที่

2.3.3) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ใช้การสัมภาษณ์ทางอีเมล เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างสามารถติดต่อทางอีเมลได้สะดวกและสามารถส่งภาพหรือวีดีโอเพื่อขอความคิดเห็นเพิ่มเติมได้อีกด้วย

2.3.4) กลุ่มผู้ประกอบการ ใช้การสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว

2.4) คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

2.4.1) คำถามปลายเปิด (Open Ended Questions) ไม่มีโครงสร้างคำถามชัดเจนตายตัว เพื่อเปิดกว้างและไม่จำกัดสำหรับคำตอบ

2.4.2) กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป คำถามจะเน้นไปทาง เทคโนโลยีที่ใช้ ลักษณะการใช้งานและการนำไปใช้ประโยชน์

2.4.3) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ คำถามจะเน้นไปทางด้านเทคนิคการแก้ไขปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ รวมถึงประสบการณ์ในโครงการ ที่ผ่านมา และปัญหาที่เคยพบ

2.4.4) กลุ่มผู้ประกอบการ คำถามจะถามถึงลักษณะการทำงานของการเติมอากาศ และแนวทางการประยุกต์ใช้

(รายละเอียดเพิ่มเติมใน ภาคผนวก ง.1)

2.5) ประเด็นที่ได้จากการสัมภาษณ์

2.5.1) ผู้ซื้อไม่ได้ใช้งานเองโดยตรง แต่ซื้อให้อีกคนหนึ่งนำไปใช้งาน เช่น หัวหน้าซื้อให้ลูกน้อง คุณลูกซื้อให้คุณพ่อ

2.5.2) ผู้ใช้ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าออกมาตามที่คาดหวัง เนื่องจากคิดว่าแหล่งพลังงานน้ำที่มีอยู่สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ตามจำนวนกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่ผลกลับไม่เป็นเช่นนั้น

2.5.3) บางกรณีผู้ใช้ไม่ประสบความสำเร็จในการผลิตไฟฟ้า เนื่องจากขาดเวลาในการทดลอง ขาดความรู้ และความชำนาญ

2.5.4) ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ใช้แหล่งพลังงานน้ำต้นกำลังที่มีแรงดันสูงขึ้น เพื่อสามารถผลิตไฟฟ้าได้กำลังมากขึ้น

2.5.5) ผู้ประกอบการจำหน่ายระบบเติมอากาศประมาณการกำลังปั๊มน้ำที่ลูกค้าใช้เฉลี่ยอยู่ที่ 2 แรงม้า

3) การประชุมกลุ่ม (Focus group)

3.1) วัตถุประสงค์

เพื่อสำรวจความต้องการที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองของกลุ่มเป้าหมายที่เป็นนักออกแบบตกแต่งอาคาร หรือภูมิสถาปนิก

3.2) การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1) จำนวนสมาชิกในการประชุมกลุ่ม

3.2.2) การประชุมกลุ่มไม่ควรมีสมาชิกในกลุ่มเกิน 12 คน เพื่อไม่ให้คนมากไปจนหลายคนไม่สามารถแสดงความคิดเห็นได้

3.2.3) ลักษณะสมาชิก

3.2.4) เป็นผู้มีข้อมูลมีประสบการณ์ในเรื่องนั้นๆ เป็นอย่างดี ในกลุ่มควรเป็นกลุ่มคนคล้าย (Homogeneous)

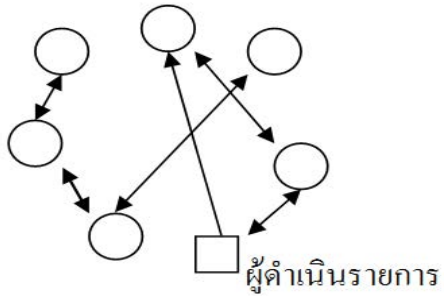
3.2.5) กลุ่มตัวอย่างที่สนใจ (key informant)

3.2.6) ในการออกแบบอาคารภูมิสถาปัตย์จะเป็นผู้ออกแบบและการตกแต่งการใช้พื้นที่บริเวณรอบอาคาร ดังนั้นในการสัมภาษณ์ครั้งนี้ได้เลือกกลุ่มนักออกแบบเพื่อสอบถามแนวคิดในการนำพลังงานทดแทนมาใช้กับอาคาร

3.2.7) ในการสัมภาษณ์ครั้งนี้ สามารถติดต่อสมาชิกได้ 4 ท่าน เป็นภูมิสถาปนิก จากสำนักงานออกแบบระฟ้า โดยแนวทางการออกแบบของบริษัทใช้นโยบายสีเขียว ประหยัดพลังงาน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับหัวข้อวิจัย

3.3) วิธีการดำเนินการ

จัดการประชุมกลุ่ม ในรูปแบบที่ทุกคนสามารถอภิปรายโต้ตอบได้อย่างอิสระตามประเด็นที่กำหนดโดยมีผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินรายการ (ดูตัวอย่างรูปที่ 5.5)



รูปที่ 5.5 รูปแบบการอภิปรายในการประชุมกลุ่ม

3.4) คำถามที่ใช้ในการประชุมกลุ่ม

คำถามที่ใช้ในการประชุมกลุ่มเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง(Semi-Structure) โดยสอบถามถึงลักษณะการทำงานออกแบบภูมิสถาปัตย์ และแนวทางการประยุกต์ใช้นวัตกรรมพลังงานน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้าสำหรับอาคาร และการออกแบบผลิตภัณฑ์ (รายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก ง.2)

3.5) ประเด็นที่ได้จากการประชุมกลุ่ม

3.5.1) นักออกแบบจะออกแบบให้บริเวณโดยรอบอาคารมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำเหลือทิ้งหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้าเป็นสำคัญ

3.5.2) การจะนำเสนอแนวคิดในการออกแบบบริเวณโดยรอบอาคารมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำให้แก่ลูกค้าหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับความคุ้มค่าที่ลูกค้าจะได้รับ

3.5.3) การจะปรับการออกแบบภูมิทัศน์ เช่น จากน้ำพุธรรมดาให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ด้วย ขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้าอีกเช่นกัน

4) การสังเกตในบริบทจริง

4.1) พลังงานน้ำจากพื้นที่โดยรอบอาคาร : จากการสำรวจอาคารสำนักงาน อาคารพาณิชย์ ห้างสรรพสินค้า ร้านอาหาร สวนอาหาร ร้านกาแฟ พบว่า มีหลายแห่งใช้ปั๊มน้ำทั้ง

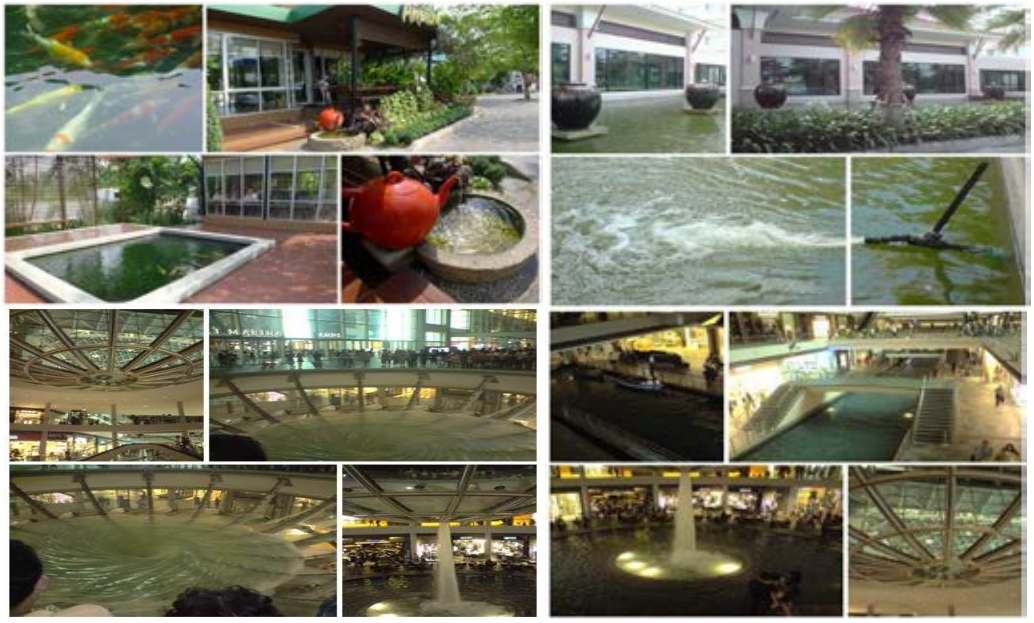
สำหรับเติมอากาศในบ่อปลา หรือใช้เป็นน้ำพุหน้าอาคาร เช่น บ่อปลาร้านกาแฟ Amazon ในปั๊ม ปตท.บางแห่ง น้ำพุหน้าตึกออลซีซั่น บ่อน้ำหน้าอาคารสำนักงาน ก.ล.ต. บ่อปลาคาร์พหน้าห้องจัดเลี้ยง K-Resort เหล่านี้เป็นตัวอย่างสถานที่ที่ใช้ปั๊มน้ำที่พบเห็นได้เมื่อเดินผ่าน ยังไม่รวมถึงอาคารขนาดกลางขนาดใหญ่ หรือโรงพยาบาลที่มีการใช้ปั๊มน้ำในระบบอาคาร และนอกจากในประเทศไทยแล้วยังพบว่าในอาคารในต่างประเทศก็มีการใช้ปั๊มน้ำทำน้ำพุด้วย เช่น บริเวณสถานีรถไฟฟ้า Summer Set ย่าน Orchard ในสิงคโปร์ มากไปกว่านั้นอาคาร Marina Bay มีอ่างน้ำวนขนาดใหญ่ที่เป็นจุดเด่นของอาคารและดึงดูดนักท่องเที่ยวได้จำนวนมาก ตามที่กล่าวมานี้จะเห็นถึงโอกาสในการนำปั๊มเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้กับนวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ นอกจากนี้กฎหมายเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารสูงก็เป็นโอกาสที่ดีสำหรับนวัตกรรมอีกด้วยเนื่องจากจำเป็นต้องมีการติดตั้งระบบเติมอากาศสำหรับบำบัดน้ำเสียนั้น

4.2) จากการสังเกตพบว่า พลังงานน้ำที่ใช้ตามอาคาร สามารถแบ่งกลุ่มตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 3 กลุ่ม

4.2.1) กลุ่มใช้งานสำหรับตกแต่งสถานที่ เช่น น้ำพุ อ่างน้ำวนมาริน่าเบย์

4.2.2) กลุ่มใช้งานสำหรับการบำบัดน้ำ เช่น ระบบเติมอากาศบ่อปลาคาร์พ K-Resort หรือ ระบบเติมอากาศบำบัดน้ำโรงงานอุตสาหกรรม

4.2.3) กลุ่มใช้งานสำหรับระบบน้ำในอาคาร เช่น ระบบจ่ายน้ำในอาคาร



รูปที่ 5.6 ตัวอย่างสถานที่ที่มีการใช้ปั๊มน้ำ

5.2.2 วิเคราะห์ข้อมูล

จากการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ การสัมภาษณ์ การประชุมกลุ่ม และการสังเกต ในส่วนนี้จะได้นำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางการสร้างผลิตภัพณ์มีรายละเอียดดังนี้

1) แผนผังกระบวนการสร้างระบบพลังงานน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้า (Process Diagram)

กระบวนการสร้างระบบพลังงานน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้า เริ่มจากขั้นตอนแรก คือ การหาแหล่งพลังงานน้ำ ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจสำคัญที่สุด เมื่อพบว่ามีแหล่งพลังงานน้ำ เช่น ระบบเติมอากาศ น้ำพุ หรือน้ำวน และมีความสนใจในการนำแหล่งพลังงานน้ำนั้นมาใช้ผลิตไฟฟ้าในขั้นตอนต่อไปจะนำแหล่งพลังงานน้ำนั้นมาประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าโดยประมาณกำลังน้ำที่มีอยู่

ขั้นตอนการประเมินกำลังน้ำ จะทำการประเมินกำลังแหล่งพลังงานน้ำในหน่วยวัตต์ และหากผลการประเมินพบว่าแหล่งพลังงานน้ำไม่เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าอาจพิจารณานำไปทำประโยชน์อย่างอื่น แต่หากแหล่งพลังงานน้ำมีพลังงานมากเพียงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าจะเข้าสู่ขั้นตอนการออกแบบระบบ

ขั้นตอนการออกแบบระบบ ประกอบไปด้วย การออกแบบ หน้าที่การทำงานหลัก (Function) ความสามารถในการทำงาน (Performance) โหลดที่จะใช้ คุณลักษณะ (Feature) รูปร่างหน้าตา งบประมาณ (Financial) เทคโนโลยีที่เหมาะสม (Techonology) รายการอุปกรณ์ (Products) นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงผลกระทบ การประเมินผลกระทบที่อาจะเกิดความเสี่ยงในด้านต่าง เช่น ข้อกำหนดกฎหมาย ความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม

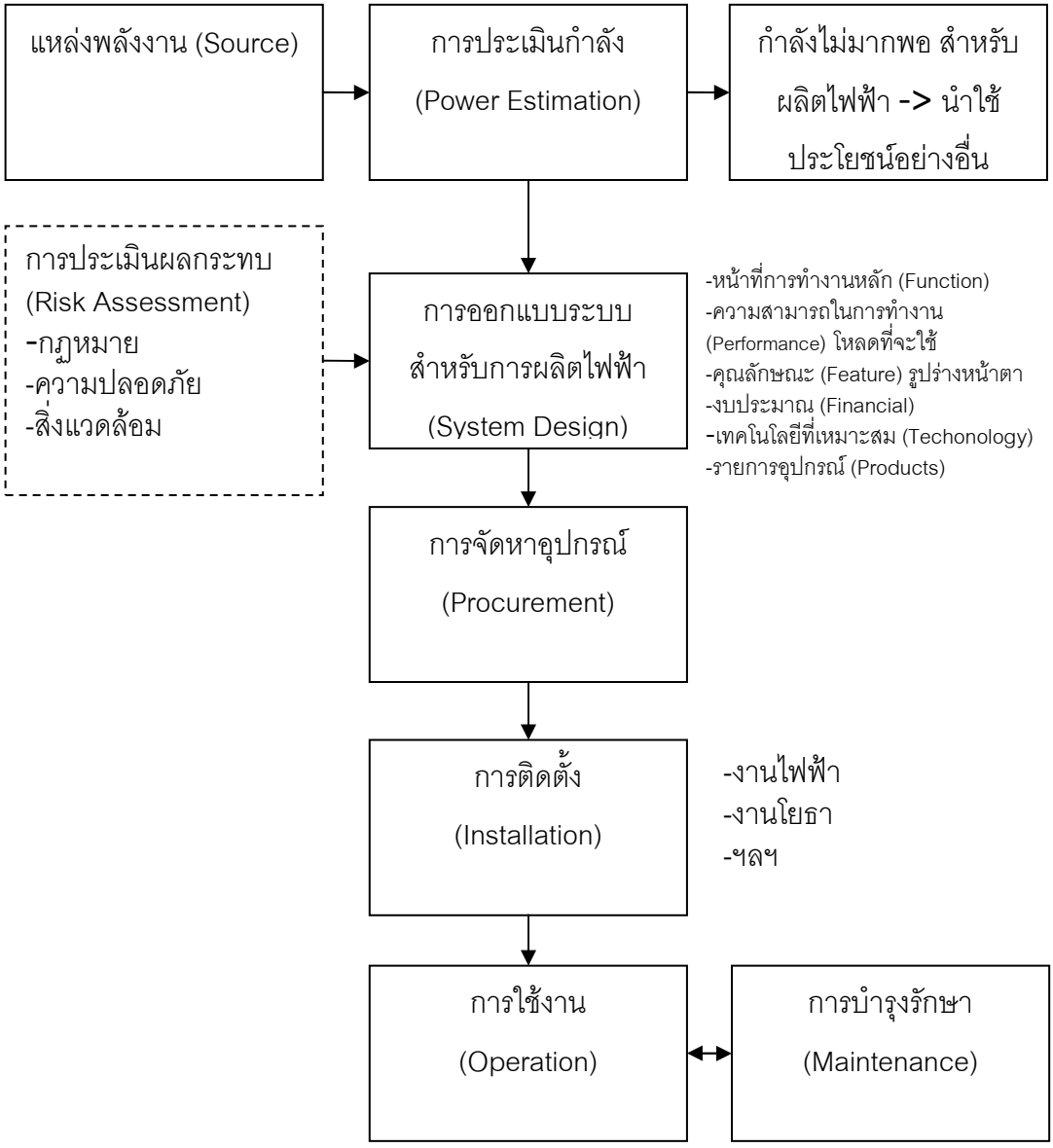
ขั้นตอนการจัดซื้อ ต้องการทราบข้อมูลคุณสมบัติอุปกรณ์ ราคาจำหน่าย และแหล่งจำหน่าย

ขั้นตอนการติดตั้งประกอบไปด้วยงานโยธาและระบบไฟฟ้า

ขั้นตอนของการใช้งาน การกำหนดข้อปฏิบัติในการใช้งานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละวันหรือข้อตกลงในการใช้งาน

ขั้นตอนบำรุงรักษา เช่น การตรวจสอบสภาพสายไฟฟ้า หรือ การเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพ

ในแต่ละขั้นตอนตามที่กล่าวมา มีข้อจำกัด ปัญหา หรือความต้องการที่สามารถนำไปพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ตามที่กล่าวมาข้างต้น สามารถเขียนแผนผังกระบวนการสร้างระบบพลังงานน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้า ได้ดังรูปที่ 5.7

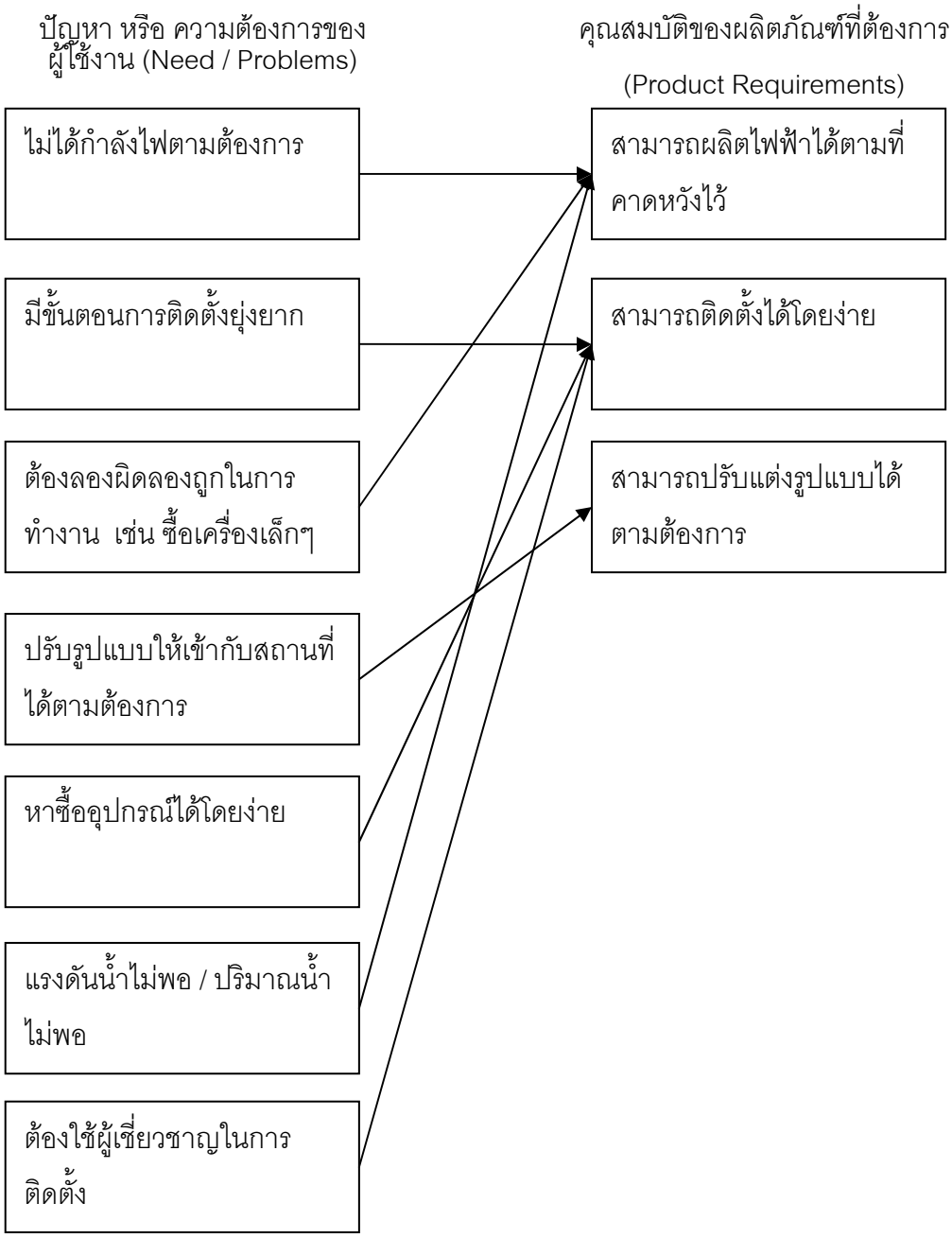


รูปที่ 5.7 แผนผังกระบวนการสร้างระบบพลังงานน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้า

2) ความต้องการ และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์

ในส่วนนี้จะนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อสรุปปัญหาหรือความต้องการในการใช้งาน เพื่อนำไปสู่การกำหนดคุณสมบัติและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (Product Requirements) จากการวิเคราะห์พบว่าปัญหาของผู้ใช้ ได้แก่ อุปกรณ์ไม่ได้กำลังไฟตามต้องการ มีขั้นตอนการติดตั้งยุ่งยากหลายขั้นตอน ต้องลองผิดลองถูกในการทำงาน เช่น ซื้อเครื่องเล็กๆ มาลองก่อน แรงดันน้ำไม่พอ / ปริมาณน้ำไม่พอ สำหรับด้านความต้องการในการใช้งาน ต้องการให้ปรับ

รูปแบบให้เข้ากับสถานที่ได้ตามต้องการ ต้องการหาซื้ออุปกรณ์ได้โดยง่าย ต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้ความชำนาญดำเนินการติดตั้ง จากปัญหาและความต้องการดังกล่าว สามารถสรุปออกมาได้เป็นคุณสมบัติผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ได้เป็น สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามที่คาดหวังไว้ สามารถติดตั้งได้โดยง่าย และสามารถปรับแต่งรูปแบบได้ตามที่ต้องการ



รูปที่ 5.8 ปัญหา ความต้องการ และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

3) กำหนดเป้าหมายโครงการพัฒนานวัตกรรม

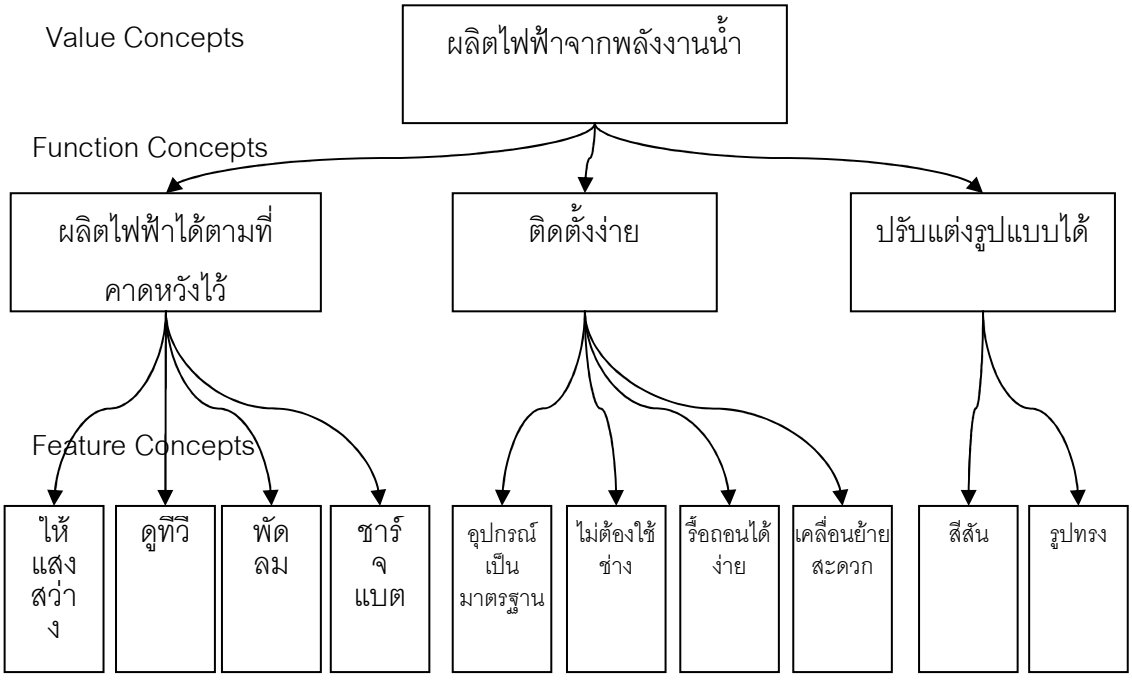
เป้าหมายโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ตามที่คาดหวัง ติดตั้งได้โดยง่ายไม่ยุ่งยาก สามารถทำได้ด้วยตนเอง สามารถปรับแต่งรูปแบบได้ตามต้องการ

5.2.3 การสังเคราะห์แนวคิดนวัตกรรม

1) สังเคราะห์แนวคิดนวัตกรรมย่อยๆ

โดยใช้เทคนิควิธีการคิดสร้างสรรค์แบบเอนกนัย เพื่อให้ได้แนวคิดใหม่จำนวนมากที่สามารถตอบสนองคุณสมบัติและคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (Product Requirements)

1.1) การออกแบบตามระดับการทำงาน (Design Operation)



รูปที่ 5.9 แผนภาพการออกแบบตามระดับการทำงาน

1.2) การสังเคราะห์แบบสัณฐาน (Morphological Synthesis)

Morphological Charts

Function	Sub-Solutions ---------->						
แสงสว่าง	LED	ป้ายไฟตัววิ่ง	ฟลูออเรสเซนส์	หลอดตะเกียบ	หลอดเกลียว		
ทีวี	ในบ้าน	พกพา	วีดีโอจับขโมย	ดิสเพลย์สินค้า			
พัดลม	ระบายอากาศ	ความเย็น	ตุ๊กตาต้อนรับ				
ประจุแบต	มือถือ	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	แบตเตอรี่แบงก์	แบตเตอรี่สำรอง			
อุปกรณ์เป็นมาตรฐาน	ปลอดภัย	ไม่ต้องดัดแปลง	มีขายทั่วไป				
ไม่ต้องใช้ช่าง	บริการติดตั้ง	คู่มือการใช้งาน	ไม่ต้องติดตั้ง				
รื้อถอนง่าย	พับเก็บ	ถอดประกอบ	ไม่ต้องใช้เครื่องมือ				
เคลื่อนย้านสะดวก	น้ำหนักเบา	มีล้อเลื่อน	พับเก็บ				
สี	มาตรฐาน	เลือกได้					
รูปทรง	สี่เหลี่ยม	วงกลม	การ์ตูน	สัตว์	คน	สิ่งของ	

รูปที่ 5.10 แผนภาพสำหรับการสังเคราะห์แบบสัณฐาน

1.3) ขยายมุมมองนามธรรม (Progressive Abstraction)

วิธีการนี้จะช่วยตรวจสอบว่าคำถามที่ใช้ถามนั้นเป็นคำถามที่ถูกต้องตรงประเด็นสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์จริงๆ หรือไม่อย่างไร มีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

Problem#1

1) ปัญหาที่กำลังพยายามหาทางแก้ไข

•นำพลังงานน้ำเหลือทิ้งจากอาคาร มาผลิตไฟฟ้า

2) เปลี่ยนกรอบคำถามให้มีความเป็นสามัญมากขึ้น (more general abstract)

•นำพลังงานเหลือทิ้งจากอาคาร มาใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น

3) พยายามตั้งคำถามใหม่อีกครั้ง

•เราจะนำพลังงานเหลือทิ้งจากอาคารมาใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง

Solutions

•พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์บนหลังคาใช้ทำน้ำร้อนแทนเครื่องทำอุ่น

•น้ำทิ้งจากการอาบน้ำสามารถเอามาใช้รดน้ำต้นไม้ได้

•ลมร้อนจากคอมเพรสเซอร์แอร์นำมาใช้ตากผ้าให้แห้งได้

•ก๊าซจากบ่อเกรอะนำมาทำก๊าซชีวภาพได้

Problem#2

1) ปัญหาที่กำลังพยายามหาทางแก้ไข

•ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่ใช้ผลิตไฟฟ้าได้ตามที่คาดหวัง

2) เปลี่ยนกรอบคำถามให้มีความเป็นสามัญมากขึ้น (more general abstract)

•นำพลังงานมาใช้ประโยชน์ตามที่คาดหวัง

(อาจไม่จำเป็นต้องแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้าก่อนก็ได้)

3) พยายามตั้งคำถามใหม่อีกครั้ง

•มีพลังงานอะไรที่สามารถนำมาใช้ในรูปแบบที่มีโดยตรง โดยไม่ต้องแปลง

Solutions

•แสงสว่างในบ้าน ตอนกลางวันไม่ต้องเปิดไฟ ใช้รูนำแสงเข้ามาจากภายนอก

•ระบบทำความเย็นในบ้านใช้พลังงานสูง ควรใช้การปลูกต้นไม้ช่วยลดอุณหภูมิรอบบ้าน

•พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์บนหลังคาสามารถใช้ทำน้ำร้อน แทนเครื่องทำอุ่น

•ลมร้อนจากคอมเพรสเซอร์แอร์สามารถนำมาใช้ตากผ้าให้แห้งได้

•ออกแบบทางเดินลมให้ลมพัดเข้าบ้าน แทนการเปิดพัดลม

Problem#3

1) ปัญหาที่กำลังพยายามหาทางแก้ไข

•กำลังน้ำขาเข้าไม่พอสำหรับการผลิตไฟฟ้าตามที่ต้องการ

2) เปลี่ยนกรอบคำถามให้มีความเป็นสามัญมากขึ้น (more general abstract)

• ทำอย่างไรที่จะไม่ต้องหาลูกค้าที่มีกำลังน้ำขาเข้าเพียงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าตามที่ต้องการ

3) พยายามตั้งคำถามใหม่อีกครั้ง

•หากลุ่มลูกค้าใหม่ที่มีกำลังน้ำเพียงพอสำหรับการผลิตไฟฟ้าตามที่ต้องการ

Solutions

•ชุดทดลองขายสถาบันการศึกษา

•กลุ่มลูกค้าโรงงานที่มีกำลังเหลือทิ้งมากพอ

•บริการประจุแบตเตอรี่ร้านกาแฟ

2) สังเคราะห์ความคิดนวัตกรรมรวบยอด

ในส่วนนี้ได้ทำการสังเคราะห์ความคิดนวัตกรรมรวบยอด โดยใช้เทคนิควิธีการคิดสร้างสรรค์แบบเอกนัย ได้แนวคิดทางเลือกที่ค่อนข้างสมบูรณ์ (Solutions) 8 แนวคิดรวบยอด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1) แนวคิดรวบยอด 1: นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าเพื่อตลาดสีเขียว

การใช้พลังงานน้ำที่ปั๊มน้ำฉีดออกมาซึ่งถือเป็นพลังงานเหลือทิ้ง (Waste Energy) นำไปใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้บริการสำหรับการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือสำหรับลูกค้าร้านอาหารหรือร้านกาแฟ และสามารถใช้แนวคิดนี้ในการทำการตลาดสีเขียว (Green Marketing) ได้อีกด้วย

2.2) แนวคิดรวบยอด 2: นวัตกรรมชุดทดลองการทำงานกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าราคาถูก

จากการสำรวจพบว่าชุดทดลองกังหันน้ำที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศมีราคาสูงถึงหลักแสนบาท การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความสามารถในระดับเดียวกัน คุณภาพไม่ด้อยไปกว่ากันจะช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้

2.3) แนวคิดรวบยอด 3: นวัตกรรมชุดเติมอากาศปั่นไฟ

ระบบเติมอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า หรือน้ำมันเบนซิน เป็นแหล่งพลังงานสำหรับมอเตอร์หมุนใบพัดเพื่อตีน้ำ แนวคิดนวัตกรรมนี้จะรักษาระดับการเติมอากาศหรือออกซิเจนลงในน้ำไว้ให้

ได้เท่าเดิม แต่จะได้ไฟฟ้าออกมาด้วย ข้อมูลจากการสำรวจระดับของกำลังมอเตอร์ 2 แรงม้าที่ใช้อยู่เพียงพอที่จะผลิตกำลังไฟฟ้าในระดับ 100-200 วัตต์ จุดเด่นของแนวคิดนี้คือ โยนลงน้ำแล้วทำงานได้ทันทีไม่ต้องติดตั้ง โดยอุปกรณ์กังหัน ปั๊มจะติดอยู่กับตัวเรือที่ทำขึ้น และปรับระดับความลึกของน้ำที่ต้องการดูดได้ด้วย

2.4) แนวคิดรวบยอด 4: นวัตกรรมชุดผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำผสมผสาน

แนวคิดนี้ใช้ความรู้จากหลักการทำงานของกังหันน้ำในรูปแบบที่แตกต่างกัน นำมาผสมผสานเพื่อดึงพลังงานออกมาให้ได้มากที่สุด กล่าวคือ ในจุดแรกใช้พลังงานจากแรงดัน เมื่อพลังงานจากแรงดันกลายเป็นแรงน้ำไหลก็ใช้แรงน้ำไหล และเมื่อน้ำไหลตกลงก็ใช้แรงน้ำวน

2.5) แนวคิดรวบยอด 5: นวัตกรรมบ้านพลังงาน

แนวคิดนี้เป็นการคิดนอกกรอบ ที่ไม่ต้องนำแหล่งพลังงานมาใช้ผลิตไฟฟ้า แต่ใช้พลังงานโดยตรง ไม่ต้องเปลี่ยนรูปพลังงาน เช่น ใช้พลังงานความร้อนจากแสงแดดสำหรับเครื่องทำน้ำอุ่น ใช้แสงสว่างจากดวงอาทิตย์สำหรับให้แสงสว่างในบ้าน

2.6) แนวคิดรวบยอด 6: นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากการส่งผ่านน้ำ

การส่งน้ำเพื่อถ่ายเทจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ต้องใช้ปั๊มน้ำในการสูบถ่ายน้ำ เช่น การสูบน้ำท่วมออกจากพื้นที่ การสูบน้ำเข้านาข้าว หรือนากุ้ง แนวคิดของการสูบถ่ายน้ำนี้จะติดตั้งชุดกำเนิดไฟฟ้าที่เหมาะสม สามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพของการสูบน้ำลดลง

2.7) แนวคิดรวบยอด 7: นวัตกรรมภูมิสถาปัตย์พลังน้ำ

การตกแต่งอาคาร ศูนย์การค้าขนาดใหญ่ ที่ต้องการออกแบบสถานที่ให้เป็นสัญลักษณ์ (Land Mark) หลายๆ ที่ออกแบบบริเวณโดยรอบโดยใช้น้ำพุ หรือ มีบริเวณที่เป็นพื้นน้ำ ตัวอย่างเช่น มาริน่า เบย์ ออกแบบเป็นอ่างน้ำวนขนาดใหญ่ภายนอกอาคาร และน้ำวนลงไปเป็นน้ำตกในอาคาร ในการนี้สามารถจะดัดแปลงให้น้ำวนดังกล่าวปั่นไฟฟ้าเพื่อใช้ประโยชน์อย่างอื่นต่อไปได้ เช่น แสงสว่าง ประจุแบตเตอรี่

2.8) แนวคิดรวบยอด 8: นวัตกรรมระบบน้ำในอาคารผลิตไฟฟ้า

ระบบส่งน้ำในอาคาร เช่น หอพัก คอนโดมิเนียม อาคารสำนักงาน โรงพยาบาล ที่มีการติดตั้งระบบส่งน้ำเพิ่มแรงดันในอาคาร สามารถประยุกต์ระบบส่งน้ำเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า และนำไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์

5.2.4 การคัดสรรแนวคิดนวัตกรรม

การเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดเพื่อนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อ จะใช้วิธีการอธิบายแนวคิดตามแบบฟอร์มความคิด (Idea Form) โดยนำแต่ละแนวคิดผลิตภัณฑ์มาตอบคำถามตามชุดคำถามที่เหมือนกันแล้วนำมากำหนดระดับความสำคัญของคุณค่า (Identifying Values Prioritize) เพื่อจัดลำดับคุณค่าของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อลูกค้าและคุณค่าสำหรับธุรกิจในระดับสูง หลังจากนั้นนำผลที่ได้มาสร้างเป็นพอร์ทโฟลิโอสำหรับแนวคิด (Create an Idea Portfolio) เพื่อคัดกรองแนวคิดรวบยอดตามเกณฑ์ที่กำหนดและนำแนวคิดที่ได้รับการคัดเลือกมาจำลองสถานการณ์การใช้งานผลิตภัณฑ์ (Scenario Development) เพื่อสร้างบริบทการใช้งานในเหตุการณ์จริง

การเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดเพื่อนำไปพัฒนา มีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

1) อธิบายแนวคิด (Describe the ideas) โดยใช้แบบฟอร์มความคิด (Idea Form)

Code Name : Go Green	**Date** : 11-08-2012
What is the idea? นำพลังงานเหลือทิ้งมาผลิตไฟฟ้า และนำไฟฟ้าที่ผลิตได้มาบริการลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการในร้านอาหารหรือร้านกาแฟ **How would the idea work?** ร้านอาหารหรือร้านกาแฟ ที่มีการใช้ปั๊มน้ำ เช่น สำหรับการเติมอากาศในบ่อปลา หรือตกแต่งสถานที่ โดยปั๊มมีกำลังน้ำมากพอที่จะติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า และต่อสายไฟฟ้ามาในร้านวางจุดประจุแบตเตอรี่บนโต๊ะให้ลูกค้าใช้งาน เป็นการทำการตลาดสีเขียว (Green Marketing) **Is there a compelling customer need?** ลูกค้าที่ใช้บริการร้านกาแฟ มีบริการประจุแบตเตอรี่แบบไร้สาย **Is there a compelling technology story?** เทคโนโลยีสีเขียว การนำพลังงานเหลือทิ้งกลับมาใช้ ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมเพิ่ม	

Code Name : Lab Market	**Date** : 11-08-2012

What is the idea?

แนวคิดในการทำตลาดสถาบันการศึกษา สำหรับภาควิชาเครื่องกลที่ต้องการชุดทดลองกังหันน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้า หรือเป็นชุดสาธิตสำหรับให้ความรู้แก่ชุมชน

How would the idea work?

พัฒนาชุดสาธิต หรือ ชุดการทดลอง เพื่อจำหน่ายตามสถาบันการศึกษา โดยนำปั๊มน้ำกังหันน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ได้รับการออกแบบมาประกอบเป็นชุดผลิตภัณฑ์ทดลองจำหน่าย

Is there a compelling customer need?

ชุดการทดลองจากต่างประเทศมีราคาสูง

Is there a compelling technology story?

ชุดเครื่องมือวัดแสดงผลผ่านจอคอมพิวเตอร์และบันทึกผลการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้

Code Name : Aerate	**Date** : 11-08-2012

What is the idea?

การเพิ่มความสามารถให้กับระบบเติมอากาศแบบเดิมให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ด้วย

How would the idea work?

ระบบเติมอากาศแบบเดิมใช้มอเตอร์ หมุนใบพัดเพื่อตีน้ำ ระบบใหม่จะใช้มอเตอร์หมุนปั๊มจ่ายน้ำไปหมุนใบพัด ตรงจุดนี้น้ำจะถูกตีเพื่อเติมอากาศ ในขณะเดียวกันใบพัดที่หมุนสามารถผลิตไฟฟ้าได้ด้วย

Is there a compelling customer need?

เพิ่มความสามารถการทำงานของระบบเติมอาการแบบเดิม โดยคุณภาพการเติมอากาศไม่ลดลง

Is there a compelling technology story?

เทคโนโลยีไม่ซับซ้อน สามารถใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในตลาดได้ทันที และใช้งานง่ายเพียงโยนอุปกรณ์ลงในบ่อน้ำที่ต้องการเติมอากาศก็สามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องใช้ช่าง

Code Name : Hydro Hybrid	**Date** : 11-08-2012

What is the idea?

ดึงพลังงานออกมาจากระบบให้มากที่สุด

How would the idea work?

พลังงานน้ำมีอยู่ในรูปของแรงดันสูง ใช้กังหันเพลตัน แรงดันน้ำจะหมดไปกลายเป็นน้ำไหลใช้กังหัน ครอสโฟล เมื่อน้ำไหลไปสุดทางพลังงานน้ำแรงดันน้ำต่ำ ใช้กังหันเตอโกออกแบบทางเดินน้ำให้หมุนวนโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าความเร็วรอบต่ำ ใช้กังหันในหลายรูปแบบ สำหรับพลังงานน้ำในรูปแบบต่างๆ ในระบบเดียวกัน

Is there a compelling customer need?

-

Is there a compelling technology story?

เป็นการประยุกต์จากเทคโนโลยีหลากหลาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในการดึงพลังงานน้ำออกมาให้ได้มากที่สุด

Code Name : Home Power	**Date** : 11-08-2012

What is the idea?

ลดการใช้ไฟฟ้าให้บ้าน โดยใช้พลังงานโดยตรง

How would the idea work?

ในบ้านมีความต้องการใช้พลังงานในรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น 1) เครื่องทำน้ำอุ่นใช้พลังงานความร้อน การใช้ไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นความร้อนใช้กำลังไฟฟ้ามาก (2,000-3,000W) แต่หากใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์จะช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 2) แสงสว่างในอาคาร ตอนกลางวันภายนอกอาคารสว่างจ้า ทำไมต้องเปิดไฟสว่างในอาคาร มีวิธีนำแสงสว่างภายนอกมาส่องสว่างในอาคารหรือไม่ 3) เครื่องปรับอากาศทำงานหนักเนื่องจากบริเวณภายนอกมีอุณหภูมิสูงมาก สามารถลดอุณหภูมิภายนอกได้โดยใช้ต้นไม้ หรือลดความร้อนเข้ามาในตัวอาคารโดยกระจกสะท้อนความร้อน

Is there a compelling customer need?

พลังงานไฟฟ้ามีต้นทุน และยิ่งใช้มากก็ยิ่งราคาสูงขึ้นเป็นขั้นบันได

Is there a compelling technology story?

กระจกสะท้อนความร้อน รับแต่แสงสว่าง และ รูนำแสงเข้าอาคาร

Code Name : Water Transfer	**Date** : 11-08-2012

What is the idea?

การผันน้ำจากแหล่งน้ำไปยังปลายทาง ให้ติดตั้งชุดกังหันน้ำไว้ปลายทาง เพื่อการผลิตไฟฟ้า โดยประสิทธิภาพการส่งน้ำไม่ลดลง

How would the idea work?

การผันน้ำ หรือการส่งน้ำจากที่หนึ่งไปยังอีกทีหนึ่งในปริมาณมากๆ เช่น การผันน้ำเพื่อใช้ในการชลประทานหรือการเกษตร น้ำจะถูกส่งผ่านจากที่หนึ่งไปยังอีกทีหนึ่งโดยปั๊มซึ่งมีแรงดันน้ำซึ่งพลังงานในส่วนนี้สามารถนำไปหมุนกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าได้

Is there a compelling customer need?

Is there a compelling technology story?

เพิ่มความสามารถให้กับระบบผันน้ำ

Code Name : Landscape	**Date** : 11-08-2012

What is the idea?

การตกแต่งบริเวณโดยรอบสถานที่ ศูนย์การค้าขนาดใหญ่ ศูนย์ประชุม สามารถออกแบบสถานที่ให้สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งความสวยงามและสามารถผลิตไฟฟ้าได้

How would the idea work?

แนวคิดการออกแบบสถานที่ให้เป็นอ่างน้ำขนาดใหญ่ หรือ ทำเป็นกังหันน้ำ เพื่อภูมิทัศน์โดยรอบจะสวยงามรื่นรมย์แล้ว ยังสามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย

Is there a compelling customer need?

การออกแบบที่แตกต่าง ด้วยการดึงพลังงานที่เสียเปล่ากลับมาใช้ให้เป็นประโยชน์

Is there a compelling technology story?

เป็นชุดสาธิตเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ พร้อมกับเป็นของตกแต่งภูมิทัศน์ไปพร้อมๆ กัน

Code Name : Feed	Date : 11-08-2012

What is the idea?

ดึงพลังงานจากระบบจ่ายน้ำในอาคารที่มีการใช้แรงดันน้ำสูงๆ มาผลิตไฟฟ้า

How would the idea work?

ระบบจ่ายน้ำในอาคารที่ออกแบบให้มีปั๊มเพิ่มแรงดัน ระหว่างการเดินทางของน้ำให้ติดตั้งชุดกังหันในระบบท่อ เมื่อมีการใช้งานหรือมีการไหลของน้ำภายในท่อ ก็จะผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา

Is there a compelling customer need?

ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานที่มีอยู่แล้วในระบบ

Is there a compelling technology story?

เพิ่มความสามารถของระบบจากระบบจ่ายน้ำไปตามจุดต่างๆ ให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ด้วย

2) กำหนดระดับความสำคัญของคุณค่า (Identifying Values Prioritize)

จากแบบฟอร์มความคิด นำมาประเมินคุณค่าแนวคิด 3 ด้าน *ประเมินคุณค่าในมุมมองของลูกค้า* พิจารณาความน่าสนใจสำหรับลูกค้า *ความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยี* พิจารณาความยากง่ายในการสร้าง และ *คุณค่าสำหรับธุรกิจ* พิจารณามูลค่าทางธุรกิจ ได้ผลการประเมินตามตารางที่5.3 และนำผลการประเมินมากำหนดระดับความสำคัญของคุณค่า โดยใช้เกณฑ์พิจารณาจาก คุณค่าที่มีต่อลูกค้าและคุณค่าที่มีต่อธุรกิจ (ดูรูปที่ 5.11)

แนวคิด 1.Go Green 2.Lab Market 3.Aerate อยู่ในกลุ่มคุณค่าที่มีต่อลูกค้าสูงและคุณค่าที่มีต่อธุรกิจสูง

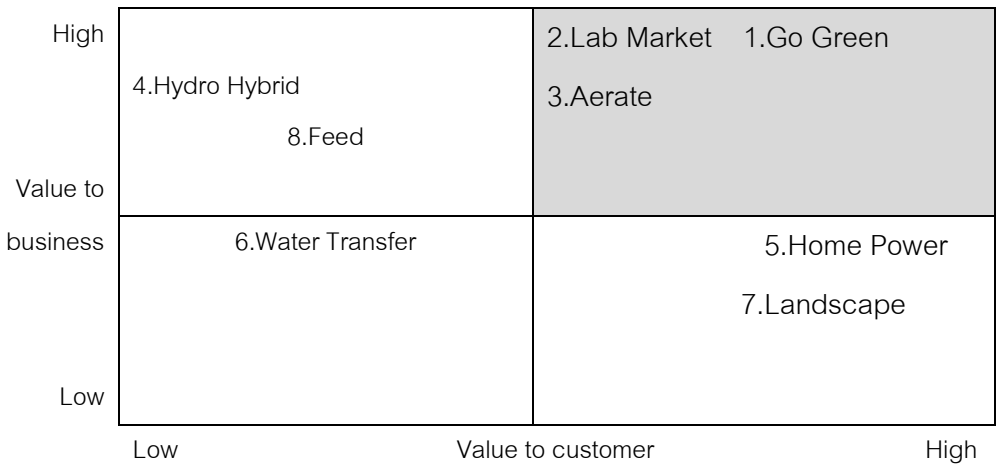
แนวคิด 5.Home Power 7.Lanscape อยู่ในกลุ่มคุณค่าที่มีต่อลูกค้าสูงแต่คุณค่าที่มีต่อธุรกิจไม่สูง

แนวคิด 4.Hydro Hybrid 8.Feed อยู่ในกลุ่มคุณค่าที่มีต่อลูกค้าไม่สูงแต่คุณค่าที่มีต่อธุรกิจสูง และ

แนวคิด 6.Water Transfer อยู่ในกลุ่มคุณค่าที่มีต่อลูกค้าไม่สูงแต่คุณค่าที่มีต่อธุรกิจไม่สูง

ตารางที่ 5.3 การประเมินคุณค่าแนวคิด

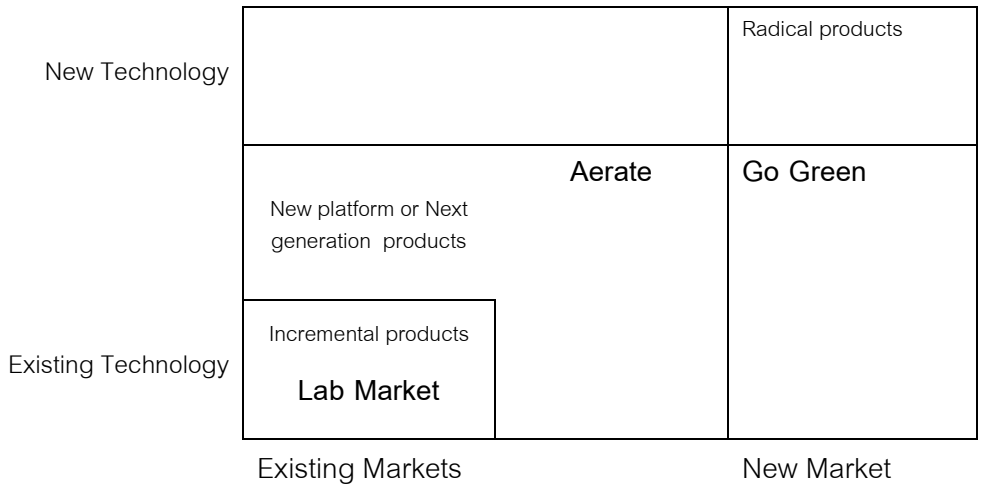
Code Name	ความน่าสนใจสำหรับลูกค้า	ความเป็นไปได้ทางเทคโนโลยี	คุณค่าสำหรับธุรกิจ
1.Go Green	ลูกค้าสามารถนำไป ทำการตลาดสีเขียว	มีข้อจำกัดสำหรับไซต์งานที่ใช้ปั๊มขนาดเล็ก กำลังน้ำอาจจะไม่เพียงพอ	พัฒนาสินค้าสำเร็จรูปพร้อมใช้ ครบวงจร ลูกค้าไม่ต้องไปหาซื้อทีละชิ้น
2.Lab Market	ต้นทุนสำหรับลูกค้าถูกกว่าการนำเข้าจากต่างประเทศ	ค้นหาอุปกรณ์วัดค่าผ่านคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์	ตลาดบลูโอเชี่ยน
3.Aerate	เพิ่มความสามารถในการทำงานของระบบเติมอากาศแบบเดิม	มีความเป็นไปได้	เป็นผลิตภัณฑ์นวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นใหม่ และยังไม่มีในท้องตลาด
4.Hydro Hybrid	ยังระบุไม่ได้	ต้องรอทำการทดลองเพิ่มเติม	หากทำสำเร็จจะเกิดสิ่งประดิษฐ์ใหม่
5.Home Power	ได้ใช้พลังงานฟรี ลดค่าไฟฟ้าได้	มีความเป็นไปได้ในหลายๆเรื่อง	ผลิตภัณฑ์สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป ธุรกิจไม่ได้เป็นเจ้าของสิทธิบัตร
6.Water Transfer	เพิ่มความสามารถในการส่งน้ำและผลิตไฟฟ้าได้ปริมาณหนึ่ง	ควรพัฒนาให้มีน้ำหนักเบาเคลื่อนย้ายได้โดยง่าย	ผลิตภัณฑ์สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป ธุรกิจไม่ได้เป็นเจ้าของสิทธิบัตร
7.Landscape	การออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน หลักการตลาดสีเขียว	มีความเป็นไปได้	เป็นประโยชน์ต่อธุรกิจบริษัทออกแบบหรือ บริษัทรับเหมาอาจรายได้มากขึ้น
8.Feed	เพิ่มความสามารถให้ระบบจ่ายน้ำ	ยังมีความต้องการการวิจัยและพัฒนาอีกมาก	เพิ่มผลิตภัณฑ์ใหม่ให้กับธุรกิจ



รูปที่ 5.11 ระดับความสำคัญของคุณค่าแต่ละแนวคิด

3) การสร้างพอร์ทโฟลิโอแนวคิด (Create an Idea Portfolio)

เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกแนวคิดผลิตภัณฑ์เก็บไว้ในพอร์ทโฟลิโอ คือ แนวคิดที่มีคุณค่าสำหรับลูกค้าและคุณค่าสำหรับธุรกิจในระดับสูง ซึ่งจากแนวคิดรวบยอด ทั้ง 8 แนวคิด มีแนวคิดที่ผ่านเข้ารอบได้แก่ แนวคิด 1 Go Green แนวคิด 2 Lab Market และแนวคิด 3 Aerate โดยแนวคิดทั้ง 3 ที่ผ่านเข้ารอบ สามารถจัดแนวคิดเข้าพอร์ทโฟลิโอ ได้ดังนี้ แนวคิด 1 Go Green อยู่ในกลุ่มระดับความใหม่ของตลาดสูง และระดับความใหม่ของเทคโนโลยีปานกลาง แนวคิด 2 Lab Market อยู่ในกลุ่มระดับความใหม่ของตลาดต่ำ และระดับความใหม่ของเทคโนโลยีต่ำ แนวคิด 3 Aerate อยู่ในกลุ่มระดับความใหม่ของตลาดปานกลาง และระดับความใหม่ของเทคโนโลยีปานกลาง (ดูรูปที่ 5.12)



รูปที่ 5.12 พอร์ทโฟลิโอแนวคิด

4) การประเมินความพร้อม

การประเมินระดับความพร้อมจะทำการประเมินใน 3 ด้าน ความพร้อมสำหรับตัวองค์กร (Organizational Readiness)ในที่นี้อ้างอิงจากผู้ดำเนินการวิจัย ความพร้อมของตลาด (Market Readiness) และความพร้อมด้านเทคโนโลยี (Technological Readiness) ผลการประเมินโดยผู้ดำเนินการวิจัย ได้ว่า แนวคิด 1 Go Green มีความพร้อมสำหรับตัวองค์กรในระดับสูง ความพร้อมของตลาดอยู่ระดับปานกลาง และความพร้อมด้านเทคโนโลยีอยู่ในระดับสูง แนวคิด 2 Lab Market มีความพร้อมสำหรับตัวองค์กรในระดับต่ำ ความพร้อมของตลาดอยู่ระดับสูง และความพร้อมด้านเทคโนโลยีอยู่ในระดับปานกลาง แนวคิด 3 Aerate มีความพร้อมสำหรับตัวองค์กรใน

ระดับปานกลาง ความพร้อมของตลาดอยู่ระดับสูง และความพร้อมด้านเทคโนโลยีอยู่ในระดับต่ำ รายละเอียดในการประเมินความพร้อม มีดังนี้

4.1) แนวคิด Go Green

ทีมงานผู้พัฒนามีความพร้อมของทีมงานสูงจากประสบการณ์ในการวิจัยและทดลอง ตลาดไม่ใช่กลุ่มใหม่ที่ต้องบุกเบิกใหม่จึงประเมินว่า

ตลาดมีความพร้อมในระดับปานกลาง

สำหรับเทคโนโลยีที่ใช้มีความพร้อมระดับสูง จากการวิจัยทดลองก่อนหน้าที่มีอุปกรณ์รองรับเกือบทั้งหมดแล้ว

4.2) แนวคิด Lab Market

ทีมงานผู้พัฒนายังไม่มีความพร้อมทางด้านระบบแสดงผลจากเครื่องมือวัดเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ผลิตภัณฑ์ในตลาดปัจจุบันมีอยู่ จึงต้องใช้เวลาศึกษาเรื่องนี้พอสมควร ความพร้อมของทีมงานในส่วนนี้จึงอยู่ในระดับน้อย

ในขณะที่ตลาดมีความต้องการรออยู่แล้ว ตลาดจึงมีความพร้อมสูง

สำหรับความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีอยู่ในระดับปานกลาง แม้ว่าจะมีระบบวัดซึ่งสามารถต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์ได้ แต่ยังต้องเลือกสรรซอฟท์แวร์ที่เหมาะสมต่อไป

4.3) แนวคิด Aerate

ทีมงานผู้พัฒนามีความพร้อมในระดับปานกลาง เนื่องจากแม้ว่าทีมงานมีประสบการณ์ในการทดลองซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับระบบเติมอากาศได้ ทว่าการเติมอากาศจำเป็นต้องมีการวัดค่าออกซิเจนในน้ำ (DO) หรือค่าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป ซึ่งต้องการผลการทดลองมารองรับมากกว่านี้ ความพร้อมของทีมงานจึงอยู่ในระดับปานกลาง

ความพร้อมด้านตลาดมีความพร้อมสูง มีความต้องการผลิตภัณฑ์เติมอากาศอยู่ในปัจจุบันแล้ว

ความพร้อมทางด้านเทคโนโลยีอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้วัดค่า DO, BOD จำเป็นต้องทำในห้องปฏิบัติการเฉพาะด้านและเครื่องมือวัดคุณภาพน้ำมีราคาสูงจึงไม่พร้อมที่จะพัฒนาตอนนี้

ตารางที่ 5.4 ระดับความพร้อม (Readiness Ranking)

Solution	Organizational Readiness	Market Readiness	Technological Readiness
Go Green	High	Medium	High
Lab Market	Low	High	Medium
Aerate	Medium	High	Low

5) ผลการคัดเลือกแนวคิดไปพัฒนาผลิตภัณฑ์

เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกแนวคิดผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปพัฒนา ให้น้ำหนักไปที่ความพร้อมของตัวองค์กร ในที่นี้คือผู้วิจัยมีความพร้อมต่อแนวคิดนั้นๆที่สามารถทำได้ทันที ใช้ระยะเวลาในการพัฒนาไม่นาน และงบประมาณไม่สูง ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนาที่มีระยะเวลาสั้น ลักษณะโครงการไม่มีความซับซ้อน และงบประมาณไม่สูงจะช่วยลดความเสี่ยงในการทำโครงการไม่สำเร็จลงได้

ผลการคัดเลือกตามเกณฑ์ที่กำหนดทำให้ แนวคิด Go Green จะถูกหยิบขึ้นมาพัฒนาก่อนเนื่องจากใช้งบประมาณไม่สูงและมีโอกาสทำสำเร็จได้ในระยะเวลาอันสั้นนี้ สำหรับแนวคิดอื่นๆ เก็บไว้เป็นโครงการในอนาคต

ตารางที่ 5.5 เส้นทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในอนาคต (Roadmap)

	Phase1	Phase2	Phase3
Timing	2012	2015	2020
Solutions	**Go Green**	Lab Market	Aerate
Challenge	Support Team	Certificate product	DO Efficiency
Planning	Instant Product	Software Monitor	R&D

6) สรุปแนวคิดที่ผ่านการคัดสรร (Concept Briefs)

แนวคิดในการนำไปพัฒนาสรุปไว้ใน Concept Brief มีรายละเอียดดังนี้

Concept Brief

Concept name : Go Green **Date** 15 Apr 2012

Concept No.001 **Team leader** : Komgrich

1.Opportunity Definition and Value Proposition

1.1.Product idea

นำพลังงานเหลือทิ้ง (Waste Energy) มาใช้ประโยชน์โดยการผลิตไฟฟ้า

1.2.Value Proposition

-เพิ่มความสามารถระบบเติมอากาศในบ่อปลา(แบบพ่นน้ำไม่ใช่แบบหมุนกังหันตีน้ำ)ให้สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้

-เพื่ออนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

-การตลาดสีเขียว (Green Marketing) ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานสะอาดไม่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

2.Opportunity Assessment

2.1.Brief Overview of Marketing Opportunity

แนวโน้มราคาค่าไฟสูงขึ้น ต้นทุนการใช้พลังงานในอนาคตสูงขึ้น กอปรกับแนวคิดเรื่องการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมเป็นกระแสที่มาแรงขึ้นเรื่อยๆ จากภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ทำลายสิ่งแวดล้อม การนำพลังงานเหลือทิ้งมาใช้เป็นแนวคิดเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และแม้ว่าจะไม่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจจากการผลิตพลังงานโดยใช้พลังงานหมุนเวียนแต่ความคุ้มค่าทางสังคมและสิ่งแวดล้อมเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจ

2.2.Competition/Alternative Products

ผลิตภัณฑ์ทดแทนได้แก่ เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน เช่น เซลล์แสงอาทิตย์ กังหันลม อย่างไรก็ดี เทคโนโลยีทั้งสองไม่สามารถดึงพลังงานน้ำเหลือทิ้งในระบบมาใช้ได้ ในทางตรงกันข้ามเทคโนโลยีทั้งเซลล์แสงอาทิตย์ และกังหันลมสามารถทำไฮบริดกับระบบกังหันน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น

3.Market Overview

3.1.Target Customers and Users

กลุ่มเป้าหมายหลัก

-ธุรกิจที่ทำการตลาดสีเขียว เช่น โรงแรม รีสอร์ต ร้านอาหาร

-กลุ่มผู้สนใจพลังงานหมุนเวียน เทคโนโลยีสะอาด เช่น SCC, SCCC, DIY

กลุ่มเป้าหมายรอง

-อาคารสถานที่ ตกแต่งภูมิทัศน์เพื่อความสวยงาม เช่น มาริน่าเบย์

-กลุ่มผู้ใช้งานปั๊มสูบน้ำ เช่น บ่อปลา นาเกลือ นากุ้ง นาข้าว

3.2.Custom Needs Identified

-เพื่ออนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม

-ใช้งานง่าย ติดตั้งสะดวก ได้ไฟตามคาดหวัง ปรับรูปร่างได้ตามต้องการ

-งบประมาณไม่สูง

4.Technology Overview

4.1.Fit with Available Technology

-ผลิตภัณฑ์ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในท้องตลาด เทคโนโลยีสามารถนำไปปฏิบัติ (implement) ได้ไม่ซับซ้อนจนเกินไป

4.2.Assessment of Technology Risk

-เนื่องจากเทคโนโลยีมีอยู่ในท้องตลาด อาจทำให้คู่แข่งลอกเลียนแบบได้ จึงได้จดสิทธิบัตรป้องกันไว้

5.Strategic Fit

5.1.Fit with Company's Stategic Business Objectives

(เนื่องจากการวิจัยนี้เป็นไปเพื่อการศึกษา ยังไม่มีการดำเนินธุรกิจจริง จึงกำหนดให้มีบริษัทขึ้นมา) กลยุทธ์บริษัทคือการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้บริการ Solutions ในขณะที่บริษัทอื่นเป็นเพียงผู้นำเข้าจะจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์เป็นชิ้นๆ แนวคิด Go Green จึงเหมาะสม

5.2.Fit with Product Portfolio and Existing Product Lines

แม้ว่าบริษัทเพิ่งเริ่มธุรกิจ ยังไม่มีผลิตภัณฑ์จำหน่ายมาก่อน อย่างไรก็ดีบริษัทมีแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนและพลังงานเหลือทิ้ง แนวคิด Go Green จึงมีความเหมาะสมกับพอรท์โฟลิโอผลิตภัณฑ์บริษัท

7) การจำลองสถานการณ์การใช้งานผลิตภัณฑ์ (Scenario Development)

7.1) สถานการณ์ความต้องการ (Scenario of the initial 'need')

ลูกค้าร้านกาแฟ หรือ ร้านอาหาร ต้องการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ แต่ไม่มีสายประจุแบตเตอรี่ติดตัวมา

7.2) สถานการณ์ความต้องการในอนาคต (Scenario at a strategic level & overview of alternatives)

บริการไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน นอกจากจะประจุแบตเตอรี่มือถือได้แล้วยังสามารถประจุแบตเตอรี่โน้ตบุ๊ค หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาชนิดอื่นๆ

7.3) แนวคิดการตอบสนองสถานการณ์ (Abstract Prospective Scenario)

ทางร้านจัดบริการให้ลูกค้าประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือโดยไม่ต้องใช้สายประจุแบตเตอรี่ใดๆ เพียงลูกค้าวางโทรศัพท์มือถือไอโฟน ลงบนโต๊ะในตำแหน่งที่กำหนดก็สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ทันที ทั้งนี้พลังงานที่ได้มาจากพลังงานน้ำจากบ่อปลาหน้าร้าน

7.4) ตัวอย่างสถานการณ์จริง (Concrete Prospective & Simulation Scenario)

นวัตกรรมประจุแบตเตอรี่แบบไร้สาย (Induction Charger) มีจำหน่ายในท้องตลาดแล้ว จากการทดสอบการใช้งานพบว่า แม้ว่าจะไม่ต้องใช้สายในการประจุแต่จะต้องใช้เคสที่เตรียมไว้เฉพาะรุ่น เช่น ไอโฟน (iPhone) แบล็กเบอรี่ (Backberry) ซึ่งในจุดนี้อาจจะต้องพัฒนาเคสเป็นแบบรองรับโทรศัพท์ทุกรุ่นได้ต่อไป แต่อย่างไรก็ดีในปัจจุบันเคสสามารถรองรับโทรศัพท์มือถือยอดนิยมได้

5.2.5 **การทดสอบแนวคิดนวัตกรรม** (Concept Testing)

1) แนวคิดนวัตกรรมที่ใช้ในการทดสอบ

1.1) แนวคิดผลิตภัณฑ์นวัตกรรม

การใช้พลังงานน้ำที่ปั๊มน้ำฉีดออกมาซึ่งถือเป็นพลังงานเหลือทิ้ง (Waste Energy) นำไปใช้ผลิตไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้บริการสำหรับการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือสำหรับลูกค้าร้านอาหารหรือร้านกาแฟ และสามารถใช้แนวคิดนี้ในการทำการตลาดสีเขียว (Green Marketing)

1.2) แนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์

จากการเดินทางไปสิงคโปร์จะเห็นเมอร์ไลอ้อนพ่นน้ำ เป็นสัญลักษณ์ที่ใครไปเที่ยวก็ต้องแวะถ่ายรูป แนวคิดในการออกแบบจึงคิดจะทำเป็นรูปสัตว์พ่นน้ำ และเพื่อให้ผลิตภัณฑ์แปลกใหม่จึงพยายามออกแบบให้เป็นรูปสัตว์ที่ไม่ซ้ำกับที่มีอยู่ในปัจจุบัน จากการสำรวจพบรูปปั้นสัตว์พ่นน้ำที่พบเห็นได้ทั่วไป ได้แก่ ช้าง ปลาโลมา และกบ ในที่นี้จึงออกแบบให้เป็นฮิปโปโปเตมัสซึ่งเป็นสัญลักษณ์ของสัตว์น้ำทรงพลัง

รูปที่ 5.13 รูปตัวอย่างผลิตภัณฑ์ HIPPO™ และสัตว์พ่นน้ำ

1.3) แนวคิดผลิตภัณฑ์สำหรับการตลาดสีเขียว

กลุ่มลูกค้าเป้าหมายที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ได้แก่ กลุ่มผู้ประกอบการ ร้านอาหาร หรือ ร้านกาแฟ ที่มีการใช้ปั๊มน้ำในบ่อปลา และต้องการให้บริการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือสำหรับลูกค้า โดยลูกค้าไม่ต้องเสียค่าบริการ ผู้ประกอบการจะใช้พลังงานเหลือทิ้งจากปั๊มน้ำในบ่อปลามาผลิตไฟฟ้าเพื่อให้บริการสำหรับลูกค้าของทางร้าน ผู้ประกอบการสามารถนำบริการนี้ไปใช้ในการสื่อสารทางการตลาดว่าเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อน ภายใต้แนวคิดการตลาดสีเขียว

กลุ่มผู้ใช้ที่จะเหนี่ยวนำให้เกิดการใช้นวัตกรรม คือ กลุ่มผู้ที่จะทำให้เกิดการยอมรับนวัตกรรมได้ในอนาคต ได้แก่กลุ่มผู้ใช้ที่มีโทรศัพท์มือถือ และมีโอกาสใช้บริการร้านอาหาร หรือร้านกาแฟ ซึ่งในบางครั้งมีความต้องการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ ทางร้านจะมีบริการประจุแบตเตอรี่ โดยไฟฟ้าที่ใช้ผลิตจากพลังงานเหลือทิ้งและไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม เมื่อกลุ่มผู้ใช้กลุ่มนี้มีความนิยมมากขึ้นสำหรับบริการดังกล่าว จะเหนี่ยวนำให้เกิดความต้องการบริการมากขึ้นจนทำให้เกิดแรงดึงทางการตลาด (Market Pull) ที่ทำให้กลุ่มผู้ประกอบการ เช่น ห้างสรรพสินค้า ร้านอาหาร หรือ ร้านกาแฟ จัดหาเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้ามาเพื่อบริการ ดังเช่นตัวอย่าง บริการอินเทอร์เน็ตผ่านเครือข่ายไร้สาย (Wi-Fi) ที่ร้านกาแฟสตาร์บัค เคยริเริ่มไว้จนกระทั่งปัจจุบันร้านกาแฟหลายๆ แห่งต้องมีบริการอินเทอร์เน็ตผ่านเครือข่ายไร้สายให้บริการเช่นกัน

1.4) บริการใหม่ที่แตกต่าง

การให้บริการลูกค้าร้านอาหารหรือร้านกาแฟประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ โดยการเข้าร้านมานั่งทานอาหาร นั่งจิบกาแฟและหยิบสายประจุแบตเตอรี่ตามโต๊ะขึ้นมาเสียบ ก็คงไม่ได้สร้างความแปลกใหม่มากนักถ้าเอาสายประจุแบตเตอรี่มาเอง ร้านกาแฟหลายแห่งมีปลั๊กไฟให้สำหรับ

นำโน๊ตบุ๊คเข้ามาเสียบใช้ไฟและนั่งทำงาน และเพื่อให้เกิดบริการใหม่ที่แตกต่าง คือ การประจุแบตเตอรี่ด้วยเทคโนโลยีการประจุไร้สายซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

โดยเทคโนโลยีที่นำมาใช้ คือ นวัตกรรมเครื่องประจุแบบแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induction Charger) (ดูรูปที่ 5.14) ผู้ใช้บริการไม่ต้องเสียบสายไฟเข้ากับตัวเครื่องโทรศัพท์ เพียงแต่โทรศัพท์ นำไอโฟน (iPhone) ของท่านวางลงบนแท่นประจุ ไอโฟนของท่านก็จะทำการประจุแบตเตอรี่ในทันที โดยไฟฟ้าที่ใช้ไม่ได้ทำให้โลกร้อนขึ้นด้วย

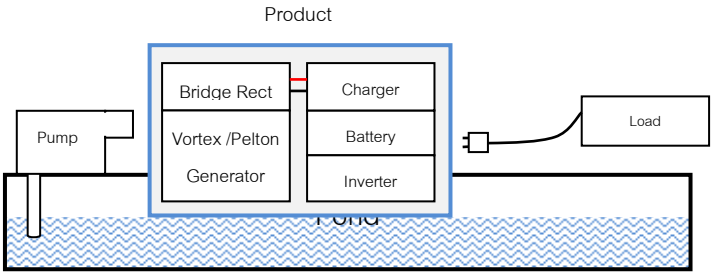
อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อจำกัดอยู่บ้างคือ การนำโทรศัพท์มือถือมาประจุแบตเตอรี่จำเป็นต้องมีเคสเฉพาะจึงจะสามารถใช้งานได้ หากไม่มีเคสเฉพาะที่ว่านี้ จะไม่สามารถใช้งานแท่นประจุแบตเตอรี่ได้

รูปที่ 5.14 ตัวอย่างการให้บริการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือและแสงสว่างทางเดิน

1.5) ตัวอย่างระบบการทำงาน

ระบบการทำงานประกอบด้วยบ่อน้ำที่มีน้ำอยู่ในปริมาณพอที่ปั๊มจะทำการฉีดน้ำไปยังกังหัน และกังหันต่อเชื่อมต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งต่อสายไปยังวงจรประจุลงแบตเตอรี่ ในการ

ใช้งานพลังงานไฟฟ้าจะใช้ตัวแปลงแรงดันเพื่อเพิ่มแรงดันให้สามารถใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้



รูปที่ 5.15 ตัวอย่างการทำงานของระบบ

2) การทดสอบแนวคิดนวัตกรรม

การทดสอบแนวคิดนวัตกรรม แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ 1) วิธีแบบสอบถาม กลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มคนในวงกว้าง ที่มีการใช้โทรศัพท์มือถือซึ่งต้องการประจุแบตเตอรี่นอกสถานที่ และ 2) วิธีเชิงคุณภาพ 2.1) การประชุมกลุ่ม (Focus Group) กลุ่มเป้าหมายเป็นกลุ่มเฉพาะเจาะจง ซึ่งเลือกกลุ่มนักออกแบบภูมิสถาปัตย์ และ 2.2) การสัมภาษณ์ กลุ่มผู้ประกอบการ

2.1) การทดสอบโดยวิธีแบบสอบถาม

2.1.1) วัตถุประสงค์ในการทดสอบ

เพื่อทราบถึงทัศนคติของคนทั่วไปในวงกว้างและกลุ่มผู้ใช้ที่จะเหนี่ยวนำให้เกิดการใช้นวัตกรรม ได้แก่ กลุ่มผู้ใช้ที่มีโทรศัพท์มือถือ และมีโอกาสใช้บริการร้านอาหาร หรือ ร้านกาแฟ ซึ่งในบางครั้งมีความต้องการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ

2.1.2) การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีแบบไม่เป็นไปตามโอกาสทางสถิติ (Non Probability Sample) ประเภทกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Convenience Sample) เพื่อให้ได้ความเห็นที่หลากหลายในวงกว้าง โดยกำหนดกลุ่มเป้าหมายในการกระจายแบบสอบถามเป็นกลุ่มคนทำงานออฟฟิศและนักเรียนนักศึกษาในเมืองหลวง คือ กรุงเทพมหานคร ที่มีการใช้โทรศัพท์มือถือเป็นประจำ

2.1.3) วิธีการเก็บข้อมูล

จัดทำพรีเซนเตชั่นออนไลน์ เพื่อแสดงลักษณะการทำงานและแนวคิดของการให้บริการเพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามได้ดูก่อน โดยแสดงในส่วนบนของเว็บเพจ และส่วนล่างจะเป็นแบบสอบถาม

จัดทำแบบสอบถามออนไลน์ (Google docs) กระจายผ่านเครือข่ายกลุ่มเป้าหมายดังนี้ กลุ่มพนักงานออฟฟิศที่ทำงานด้านการออกแบบภูมิสถาปัตย์ กลุ่มพนักงานออฟฟิศที่ทำงานบริษัทเอกชน กลุ่มวิชาชีพ วิศวกร เช่น แพทย์ พยาบาล และกลุ่มนักเรียนนักศึกษา

2.1.4) คำถามที่ใช้

(ดูแบบสอบถามในภาคผนวก ค.)

2.1.5) ผลการทดสอบแนวคิดนวัตกรรม

ผลการทดสอบแนวคิดนวัตกรรม ได้คะแนนออกมาอยู่ในระดับสูง โดยคำถามที่แบบสอบถามได้ถามว่า ถ้าคุณเป็นผู้ประกอบการที่มีบ่อน้ำและใช้ปั๊มน้ำคุณสนใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ใหม่หรือไม่ ผู้ตอบแบบสอบถามได้ให้คะแนนการยอมรับในภาพรวมสูงถึง 84% จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 23 ราย

i. การยอมรับในเรื่องการออกแบบผลิตภัณฑ์

สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ผู้ตอบแบบสอบถามได้ให้คะแนนการยอมรับเรื่องการออกแบบเป็นรูปฮิปโป 74% ในขณะที่ผู้ตอบแบบสอบถามยอมรับการใช้ถังเปล่า ในการผลิตไฟฟ้าเพียง 12% และแสดงความเห็นไม่ยอมรับที่จะออกแบบเป็นถังเปล่า 41% แสดงให้เห็นว่าการออกแบบเป็นรูปฮิปโปได้รับการยอมรับมากกว่าการใช้ถังเปล่า

ii. การยอมรับเรื่องการนำไปใช้ประโยชน์

การนำไฟฟ้าที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบบริการประจุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น โทรศัพท์มือถือ หรือคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค ได้คะแนนการยอมรับ 74% ในขณะที่ข้อเสนอเรื่องการนำไปใช้ประโยชน์เป็นแสงสว่างได้คะแนนการยอมรับสูง 100%

iii. การยอมรับความคิดนวัตกรรม

แนวความคิดนวัตกรรมในการนำพลังงานเหลือทิ้ง (Waste Energy) จากปั๊มน้ำในบ่อปลามาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้คะแนนการยอมรับสูง 100% แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามเห็นประโยชน์จากแนวคิดนวัตกรรมในการนำพลังงานเหลือทิ้งไปใช้ประโยชน์และการทำการตลาดโดยธุรกิจใช้แนวคิดห่วงใยสิ่งแวดล้อมผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนแนวคิดการทำตลาดสีเขียวสูงถึง 95% และการทดสอบการยอมรับแนวคิดนวัตกรรมทั้งสองข้อที่กล่าวมาแล้วนั้น ไม่มีผู้ตอบแบบสอบถามคนใดที่ตอบว่า ไม่ยอมรับแนวคิดนี้เลย (ดูตารางที่ 5.6)

ตารางที่ 5.6 ผลสำรวจการยอมรับผลิตภัณฑ์ใหม่ HIPPO™

คำถาม	ไม่ตอบ	ไม่ยอมรับ	เฉยๆ	ยอมรับ
<u>การออกแบบผลิตภัณฑ์</u>				
●ออกแบบเป็นฮิปโปโปเตมัส	0%	0%	26%	74%
●ถังเปล่าๆ	6%	41%	41%	12%
<u>การประยุกต์ใช้งาน</u>				
●ประจุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น โทรศัพท์มือถือ	0%	0%	26%	74%
●แสงสว่าง	0%	0%	0%	100%
<u>แนวคิดนวัตกรรม</u>				
●ผลิตภัณฑ์ใช้ประโยชน์จากพลังงานเหลือทิ้ง	0%	0%	0%	100%
●ธุรกิจห่วงใยสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรม	0%	0%	5%	95%

*จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 23 ราย

ตารางที่ 5.7 ผลสำรวจความสนใจในการซื้อ HIPPO™

	ไม่ตอบ	ไม่สนใจ	สนใจ
หากท่านเป็นผู้ประกอบการที่มีการใช้ปั๊มน้ำ ท่านสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ HIPPO หรือไม่?	11%	5%	84%

ตารางที่ 5.8 ผลสำรวจสถานที่ที่ควรมี HIPPO™

สถานที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์	%
โรงแรม / รีสอร์ท	79
ร้านอาหาร / ร้านกาแฟ	74
ศูนย์การค้า	58
บ้านจัดสรร	58
สวนสนุก	53
บ้านที่มีบ่อปลา	53
สวนสัตว์	47
คอนโดมิเนียม	47
โรงเรียน	37
โรงงาน	32
อื่นๆ	16

ตารางที่ 5.9 กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม

กลุ่มผู้ตอบ	%
สถาปนิก	4%
วิศวกร	4%
ผู้ประกอบการที่มีปั๊มน้ำ	0%
คนทำงานออฟฟิส	61%
นักเรียน/นักศึกษา	17%
ครู/อาจารย์	0%
แพทย์/พยาบาล	4%
ข้าราชการ	0%
อื่นๆ	9%

3) การทดสอบด้วยวิธีเชิงคุณภาพ

3.1) การประชุมกลุ่ม (Focus Group)

3.1.1) วัตถุประสงค์ในการทดสอบ

เพื่อทราบทัศนคติของนักออกแบบ ที่ต้องออกแบบสถานที่โดยรอบอาคารว่า มีแนวโน้มในการยอมรับแนวคิดนวัตกรรมอย่างไร

3.1.2) การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีแบบไม่เป็นไปตามโอกาสทางสถิติ (Non Probability Sample) ประเภทการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างจากบริษัทออกแบบระฟ้า

3.1.3) วิธีการดำเนินการ

ดำเนินการประชุมกลุ่มโดยทุกคนสามารถอภิปรายโต้ตอบได้อย่างอิสระตามประเด็นที่กำหนด

i. นำเสนอแนวคิดนวัตกรรม โดยจัดทำพรีเซนเตชั่น เพื่อให้ผู้ร่วมสนทนาเห็นภาพแนวคิดนวัตกรรม การออกแบบและการนำไปใช้งานทั้งหมด

ii. อภิปรายความเห็นรายหัวข้อ

a. การยอมรับแนวคิดนวัตกรรม

b. การยอมรับการออกแบบผลิตภัณฑ์

c. การยอมรับการประยุกต์ใช้งาน

3.1.4) คำถามที่ใช้ในการประชุมกลุ่ม

คำถามที่ใช้ในเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structure) โดยสอบถามถึง การยอมรับแนวคิดนวัตกรรม การออกแบบผลิตภัณฑ์ และการประยุกต์ใช้งาน

(ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน ภาคผนวก ง.3)

3.1.5) ผลได้จากการประชุมกลุ่ม

(ดูตารางที่ 5.10 และ 5.11)

3.2) การสัมภาษณ์ผู้ประกอบการ

3.2.1) วัตถุประสงค์ในการทดสอบ

เพื่อทราบทัศนคติของผู้ประกอบการ กับการยอมรับแนวคิดนวัตกรรม

3.2.2) การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีแบบไม่เป็นไปตามโอกาสทางสถิติ (Non Probability Sample) ประเภทการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างจากบริษัทออกแบบระฟ้า

3.2.3) วิธีการสัมภาษณ์

i. การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ (Informal Interview) และใช้คำถามปลายเปิดเพื่อเปิดกว้างและไม่จำกัดสำหรับคำตอบ

ii. การสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัว

3.2.4) คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

คำถามที่ใช้ในเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structure) โดยสอบถามถึง การยอมรับแนวคิดนวัตกรรม การออกแบบผลิตภัณฑ์ และการประยุกต์ใช้งาน

(ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน ภาคผนวก ง.4)

3.2.5) ผลที่ได้จากการสัมภาษณ์

ผู้ให้สัมภาษณ์ไม่ได้ให้รายละเอียดในประเด็นเกี่ยวกับสิ่งที่สอบถาม เนื่องจากผู้ให้สัมภาษณ์ยังไม่เห็นการทำงานจริงๆ และจะขอรอให้ผลิตเครื่องออกมาจริงๆ ก่อนจึงจะให้ความคิดเห็น ดังนั้นในกรณีนี้ผลการสัมภาษณ์ไม่ได้นำมารวมในผลการทดสอบแนวคิด

4) สรุปผลการทดสอบแนวคิดนวัตกรรม

ผลการทดสอบแนวคิดนวัตกรรม พบว่า แนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นรูปฮิปโปโปเตมัส จากวิธีแบบสอบถามได้รับการยอมรับ 74% แต่จากการประชุมกลุ่ม ไม่ได้รับการยอมรับเนื่องจากการประชุมกลุ่มกับนักออกแบบภูมิสถาปนิกมองว่า หากผลิตภัณฑ์เป็นรูปฮิปโปจะมีข้อจำกัดในการนำไปใช้งานได้เฉพาะบางสถานที่ ควรทำให้การออกแบบเป็นกลางๆ แต่

สามารถนำไปปรับเปลี่ยนได้ภายหลัง ส่วนรูปฮิปโปโปเตมัสนั้นเสนอให้ปรับนำไปใช้เป็นแบรนด์ผลิตภัณฑ์แทน สำหรับประเด็นเรื่องการประยุกต์ใช้งาน ผลที่ได้จากแบบสอบถามและการประชุมกลุ่มสอดคล้องไปในทางเดียวกัน คือ ให้การยอมรับการนำพลังงานเหลือทิ้งนำไปใช้ประโยชน์บริการประจุแบตเตอรี่มือถือและไฟแสงสว่างทางเดิน ในประเด็นการนำพลังงานเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์นี้ได้รับการยอมรับแต่ทั้งนี้ต้องพิจารณาความคุ้มค่าของลูกค้าประกอบด้วย และผลการสอบถามราคาพบว่า จากผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 19 ราย ให้ราคาเฉลี่ย 7,905 บาท

ตารางที่ 5.10 ราคาที่ได้จากแบบสอบถาม

หน่วย : บาท

Mean	Mode	Median	High	Low
7,905	500	5,000	25,000	500

*จำนวนข้อมูล n=19

ตารางที่ 5.11 สรุปผลการทดสอบแนวคิดนวัตกรรม

ประเด็นการทดสอบ	ผลการทดสอบการยอมรับแนวคิดนวัตกรรม		การปรับปรุง/การนำไปใช้
	วิธีแบบสอบถาม	วิธีประชุมกลุ่ม	
<u>การออกแบบผลิตภัณฑ์</u> การออกแบบรูปฮิปโป	74%	<u>ไม่ยอมรับ</u> เพราะจะทำให้จำกัดกลุ่มเป้าหมาย	ใช้ฮิปโปเป็นโลโก้ และเป็นแบรนด์ผลิตภัณฑ์
ไม่มีการออกแบบเป็นถังเปล่าๆ	12%	<u>ไม่ยอมรับ</u> ควรออกแบบให้เป็นมาตรฐานแต่เป็นกลางๆ	การออกแบบผลิตภัณฑ์ควรเรียบง่ายเป็นกลางๆ
<u>การประยุกต์ใช้งาน</u> ประจุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	74%	<u>ยอมรับ</u> การนำไปใช้บริการประจุมือถือ แต่อาจจะยังไม่เห็นความแตกต่างระหว่างธุรกิจที่ใช้พลังงานเหลือทิ้งมาใช้	ประชาสัมพันธ์ให้ลูกค้าเห็นคุณค่าการใช้พลังงานหมุนเวียนมากขึ้น
แสงสว่างทางเดิน	100%	<u>ยอมรับ</u> การนำไปใช้ทำแสงสว่าง แต่อาจจะยังไม่เห็นความแตกต่างระหว่างธุรกิจที่ใช้พลังงานเหลือทิ้งมาใช้	ประชาสัมพันธ์ให้ลูกค้าเห็นคุณค่าการใช้พลังงานหมุนเวียนมากขึ้น

ตารางที่ 5.11 สรุปผลการทดสอบแนวคิดนวัตกรรม (ต่อ)

ประเด็นการทดสอบ	ผลการทดสอบการยอมรับแนวคิดนวัตกรรม		การปรับปรุง/การนำไปใช้
	วิธีแบบสอบถาม	วิธีประชุมกลุ่ม	
<u>แนวคิดนวัตกรรม</u> การนำพลังงานเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์	100%	<u>ยอมรับ</u> แต่ต้องดูเรื่องความต้องการของลูกค้าและความคุ้มค่าด้วย	ประชาสัมพันธ์ให้ลูกค้าเห็นความคุ้มค่ามากกว่าตัวเงิน
ธุรกิจสนใจสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรม	95%	<u>ยอมรับ</u> โดยเชื่อว่าธุรกิจที่สนใจสิ่งแวดล้อมจะเพิ่มโอกาสทางธุรกิจมากขึ้น เช่น บริษัทที่ได้ ISO 14000 ในอดีตบริษัทใหญ่ๆ จากต่างประเทศจะเจรจาการค้าด้วย	ประชาสัมพันธ์ให้ลูกค้าเห็นประโยชน์ด้านอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากขึ้น

5.2.6 **พัฒนาแนวคิดให้สอดคล้องกับผลที่ได้จากการทดสอบ**

หลังจากได้ผลการทดสอบแนวคิดนวัตกรรมแล้ว ในส่วนนี้จะนำผลการทดสอบมาพัฒนาแนวคิดผลิตภัณฑ์ให้มีความสมบูรณ์สอดคล้องกับความต้องการของตลาดมากขึ้น โดยการออกแบบผลิตภัณฑ์จะคำนึงถึงหลักการสร้างแบรนด์ด้วย ผลจากการพัฒนาแนวคิดสรุปได้มีรายละเอียดแสดงดังนี้

<u>Product Concept version 1.00</u>

Product Type: Small Hydro Electricity Generator

Design concept: Simple Concept เรียบง่ายเป็นกลาง ติดตั้งง่าย ใช้งานง่าย แต่ดูมีพลัง ต่อเติมรูปร่างหน้าตาได้หากต้องการ

Brand: HIPPO™

Brand Concept : การออกแบบโลโก้แบรนด์จะออกแบบเป็นรูป ฮิปโปโปเตมัส หรือ ฮิปโป คำนี้มาจากภาษากรีกโบราณแปลว่า "ม้าแม่น้ำ" (river horse) (แต่คนไทยเรียกว่าช้างน้ำ) ฮิปโปเป็นรองเพียงช้างและแรดขาวในแง่ของขนาด มันจึงเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดใหญ่อันดับสาม และฮิปโปเป็นสัตว์รักน้ำ แต่ไม่ใช่นักว่ายน้ำเพราะว่ายน้ำไม่เก่ง แต่อาศัยอยู่ในน้ำถึง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นจอมพลังแห่งน้ำนิสัยดุดัน เหมาะอย่างยิ่งสำหรับการนำมาเป็นพรีเซนเตอร์นวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ

Operation: ใช้ได้กับบ่อปลาทั่วไปที่มีปั๊มขนาดมากกว่า 1 แรงม้าขึ้นไป กำลังการผลิตไฟฟ้า 20 วัตต์ (กำลังไฟฟ้าจะมากขึ้นตามกำลังน้ำที่มากขึ้น)

Application: นำไปประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ หรือ ให้ไฟแสงสว่างทางเดิน ฯลฯ

Option: มีระบบสำรองไฟเก็บไว้ในแบตเตอรี่

Production: การผลิตจะเป็นการทำการผลิตตามความต้องการ (Made to order) โดยจะต้องทำการสำรวจไซต์งานที่จะติดตั้งและประเมินศักยภาพของการผลิตและประเมินกำลังไฟฟ้าที่จะนำไปใช้ในเบื้องต้นก่อน นอกจากนี้การผลิตยังสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบได้ตามความต้องการของลูกค้า

Target Customer: ร้านอาหาร รีสอร์ท ร้านกาแฟ ที่มีการใช้ปั๊มน้ำ

Induction user: ผู้เหนี่ยวนำการใช้นวัตกรรม ได้แก่ กลุ่มลูกค้าผู้ใช้บริการ ร้านอาหาร ร้านกาแฟที่ต้องการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ

Innovation: บริการประจุแบตเตอรี่ไอโฟน (iPhone) แบบไร้สาย เพียงวางเครื่องไว้บนแท่นประจุที่จัดไว้ให้เท่านั้น

5.3 การออกแบบแนวคิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (Conceptual Prototype)

5.3.1 ส่วนประกอบ

ผลิตภัณฑ์ต้นแบบประกอบไปด้วยส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1) ตัวเรือ (Boat) ทำจากวัสดุเบาลอยน้ำได้เป็นฐานรับชุดกำเนิดไฟฟ้า
2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)
3) กังหัน (Turbine)
4) ท่อน้ำเข้า (Inlet)
5) ท่อส่งน้ำ หรือสายส่งน้ำอ่อนตัวได้ (Penstock)
6) ท่อน้ำออกจากปั๊ม (Outlet)
7) ปั๊มสูบน้ำแบบจุ่ม ปรับระดับขึ้นลงได้ (Submersible Pump)
8) ตะแกรงป้องกันสิ่งสกปรก (Net)
9) รูน้ำไหลลง มีความสูงประมาณ 15-20 เซนติเมตร (Hole)
10) กล่องใส่อุปกรณ์ไฟฟ้า (eBox) ประกอบด้วยชุดคอนโทรลเลอร์ แบตเตอรี่ เครื่องประจุและ อินเวอร์เตอร์

5.3.2 หลักการทำงานของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ออกแบบมาให้สามารถใช้งานได้โดยง่าย โดยการลอยเรือลงไปในบ่อน้ำโดยเรือจะมีความสูงเหนือน้ำประมาณ 15-20 เซนติเมตร ถูกเจาะรูเพื่อให้น้ำไหลออกมาได้และปั๊มน้ำสามารถปรับระดับขึ้นลงที่ระดับความลึกต่างๆ ได้ ทั้งนี้เป็นประโยชน์ในแง่ของการดึงน้ำด้านล่างขึ้นมาเติมอากาศด้านบนได้อีกด้วย เมื่อเปิดปั๊มให้ทำงานน้ำจะถูกดูดเข้ามาผ่านตะแกรงกรองสิ่งสกปรกขนาดใหญ่ไม่ให้เข้าไปในตัวปั๊มแล้วน้ำที่ปั๊มสูบขึ้นไปจะไปหมุนกังหันเพื่อขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ผลิตไฟฟ้าออกมา

5.3.3 คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดในการออกแบบ

1) ด้านการติดตั้ง

1.1) น้ำหนักเบา (Light Weight): จากโครงสร้างเดิมที่ทำด้วยเหล็กมีน้ำหนักมากและเกิดสนิมง่าย เปลี่ยนเป็นโครงสร้างใหม่ที่ทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน ทนน้ำไม่เป็นสนิม แต่มีน้ำหนักเบา ซึ่งจะช่วยให้ติดตั้งได้ง่ายขึ้น ในเบื้องต้นคาดว่าน้ำหนักจะลดลงประมาณ 50-60% จากโครงสร้างเหล็ก

1.2) ถอดประกอบได้ด้วยมือเปล่า (By Hand Module): ส่วนประกอบของแต่ละผลิตภัณฑ์สามารถแยกชิ้นและประกอบเข้าด้วยกันได้ โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ใดๆ สามารถถอดประกอบได้ด้วยมือเปล่า การแยกชิ้นจะทำให้การขนย้าย การขนส่งสินค้า การบรรจุหีบห่อสินค้าทำได้สะดวก

1.3) ปราศจากงานโยธา (Installationless): ผลิตภัณฑ์ออกแบบเป็นตัวเรือสามารถนำไปลอยบนน้ำ

1.4) คู่มือ (Manual): บนตัวผลิตภัณฑ์จัดให้มีการแสดงขั้นตอนการติดตั้งโดยง่าย เช่น แสดงหมายเลขอุปกรณ์ แสดงสัญลักษณ์ลูกศรในการถอดประกอบ

1.5) ห่วงโซ่อุปทานครบถ้วน (Supply Chain): ในปัจจุบันการทำโครงการผลิตไฟฟ้าจากน้ำ ต้องหาซื้อวัสดุอุปกรณ์จากร้านค้าหลายๆ แหล่ง ซึ่งหลายครั้งร้านค้ามีวัสดุอุปกรณ์ไม่ตรงตามต้องการ อีกทั้งการเข้าถึงข้อมูลตามร้านที่จัดจำหน่ายเหล่านี้ทำได้ยาก เช่น ซื้อเกจวัดแรงดันจากร้านค้าหนึ่ง แต่หาซื้อข้อต่อทองเหลืองไม่ได้ และเมื่อหาร้านขายข้อต่อทองเหลืองได้กลับไม่มีขนาดที่ต้องการ ความครบถ้วนในการจำหน่ายอุปกรณ์จะทำให้การติดตั้งสะดวกสมบูรณ์โดยเร็วไม่ต้องเสียเวลาหาซื้ออุปกรณ์

2) ด้านการใช้งาน

2.1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะประจุไฟฟ้าเก็บไว้ในแบตเตอรี่ และแปลงไฟฟ้าจาก

ไฟตรงเป็นกระแสสลับผ่านอินเวอร์เตอร์เป็นแรงดันไฟบ้าน สามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เหมือนปกติ

2.2) หากมีปั๊มน้ำอยู่แล้ว สามารถปรับขนาดท่อเข้าให้เหมาะสมและนำมาต่อเพื่อจ่ายน้ำเข้าเครื่องและใช้งานได้ทันที

2.3) หากยังไม่มีอุปกรณ์อะไรเลยสามารถซื้ออุปกรณ์เป็นชุด (Package) ได้ ซึ่งรวมอุปกรณ์ทุกอย่างพร้อมใช้งาน

3) ด้านการออกแบบ

3.1) การออกแบบอยู่ภายใต้แบรนด์ฮิปโป จอมพลังแห่งน้ำ เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ดูมีพลัง จึงต้องใช้ชื่อแบรนด์และสัญลักษณ์ของสัตว์ที่มีพลัง

3.2) การออกแบบเรียบง่าย มีอุปกรณ์เสริมตามต้องการ

3.2.1) หูฮิปโป เพื่อแสดงกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้

3.2.2) ตาฮิปโป มีแสงสว่างเพื่อแสดงให้เห็นว่าขณะนั้นเครื่องกำลังทำงานอยู่

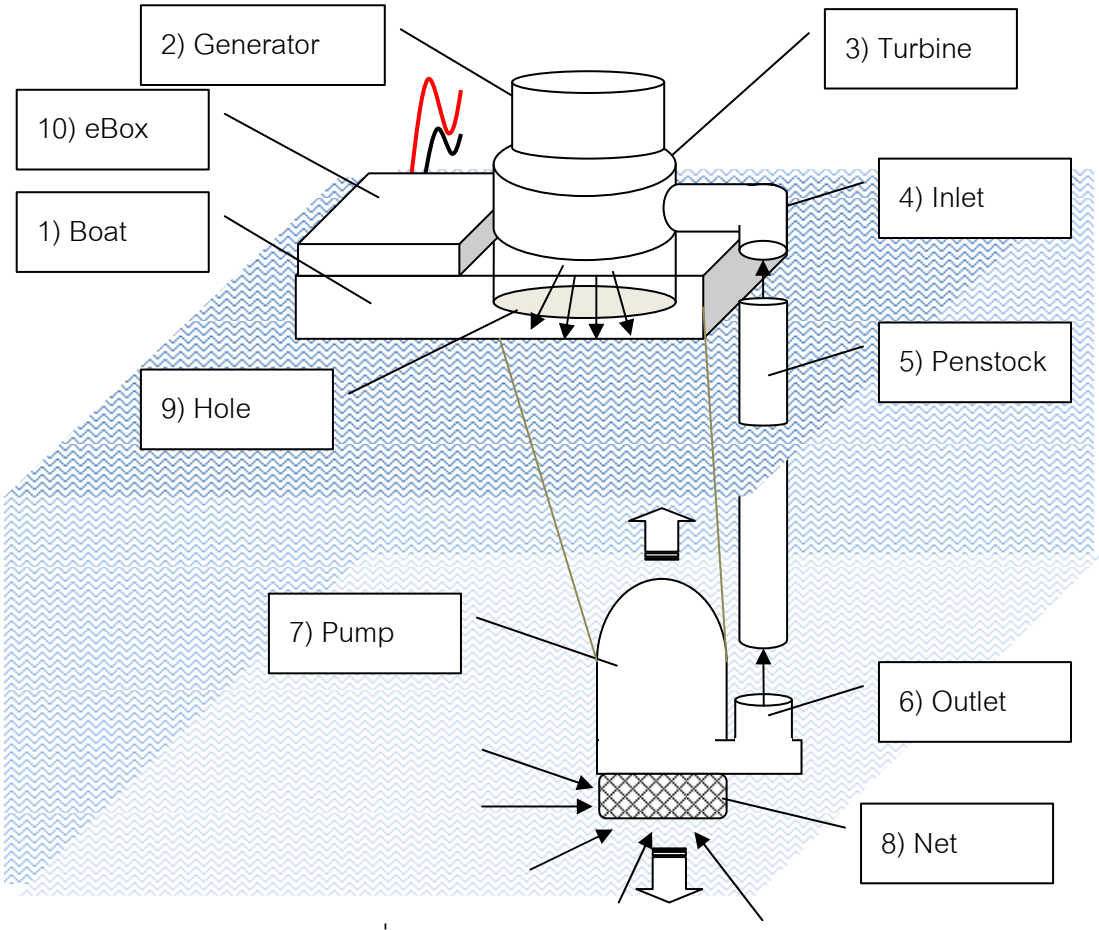
4) สร้างรูปลักษณ์ใหม่ได้ โดยทำรูปร่างหน้าตาที่ต้องการขึ้นมาแล้วนำผลิตภัณฑ์ไปไว้ภายใน เช่น สวนสัตว์สามารถสร้างรูปสัตว์เป็นสัญลักษณ์ตกแต่งสถานที่ ด้านวัสดุที่ใช้

4.1) วัสดุที่ใช้สำหรับทำฐานลอยรองรับตัวเครื่อง จะไม่ใช้ไฟเบอร์กลาส เนื่องจากการผลิตด้วยเรซิ่นมีกลิ่นเหม็น และเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ในที่นี้จึงเลือก ไวท์ครีทโฟม (White crete foam) เป็นนวัตกรรมปูนโฟมลอยน้ำได้ มีน้ำหนักเบาเหมือนโฟมเคลื่อนย้ายสะดวก แข็งแรงเหมือนคอนกรีต สามารถลอยน้ำได้

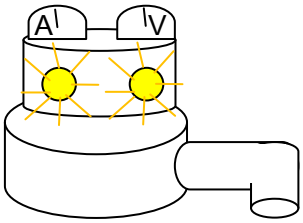
4.2) ตัวเครื่องบรรจุกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำจากโพลิเมอร์ มีความแข็งแรงทนทานแต่มีน้ำหนักเบากว่าเหล็ก

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะนำแนวคิดการออกแบบที่ได้นี้ไปทดสอบกับตลาดอีกครั้ง และนำมาปรับปรุงจากข้อมูลที่ได้มา

ต้นแบบผลิตภัณฑ์ต้องนำไปทดสอบประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า และมาตรฐานความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ต่อไป



รูปที่ 5.16 แนวคิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบ



รูปที่ 5.17 ตัวอย่างการเพิ่มอุปกรณ์เสริม

รูปที่ 5.18 ไวท์ครีทโฟม

4.3) ตัวประจุแบตเตอรี่มือถือ ใช้ตัวประจุไร้สาย ต้องมีคุณภาพน่าเชื่อถือ

รูปที่ 5.19 ตัวประจุแบตเตอรี่ไร้สาย

5.4 การทดสอบตลาดเพื่อหาอัตราการยอมรับผลิตภัณฑ์นวัตกรรม

5.4.1 โมเดลการตอบสนองของลูกค้า (Consumer Response Model)

กระบวนการตอบสนองของลูกค้าลำดับขั้นดังนี้

1) เริ่มจาก ลูกค้าร้านกาแฟ
2) สั่งซื้อกาแฟ
3) ไปนั่งที่โต๊ะเพื่อดื่มกาแฟ
4) ประจุแบตเตอรี่มือถือ
5) ได้ประสบการณ์ใหม่ที่น่าประทับใจ

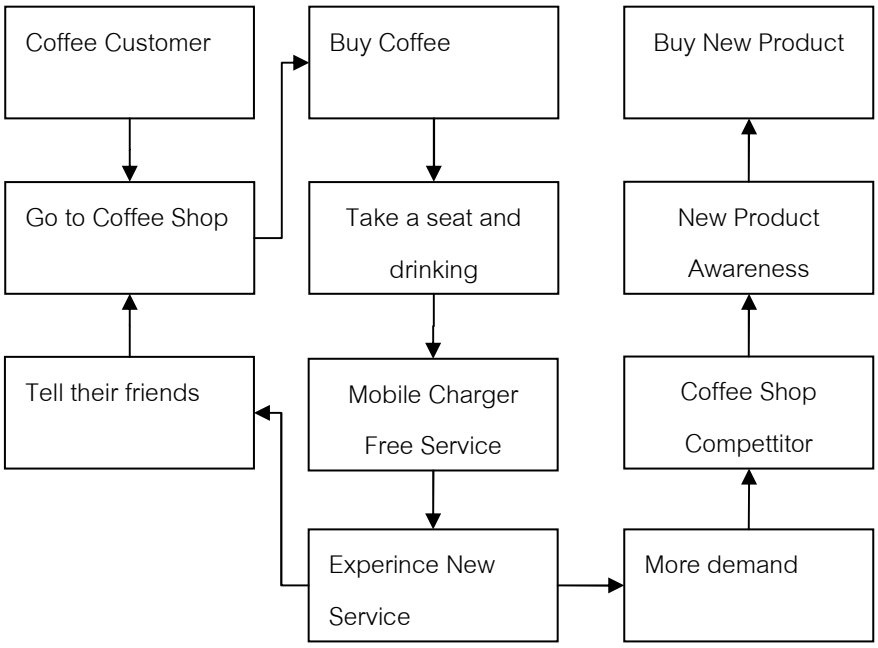
6) ไปบอกเพื่อนชวนกันมาที่ร้านกาแฟ

7) เกิดกระบวนการทำซ้ำไปเรื่อยจนกระทั่งบริการเป็นพื้นฐานของร้านกาแฟ

8) คู่แข่งเริ่มเข้ามาเลียนแบบแนวคิดและทำตาม

9) ผลิตภัณฑ์เป็นที่รับรู้มากขึ้น

10) ผลิตภัณฑ์ใหม่ถูกจำหน่ายได้มากขึ้น



รูปที่ 5.20 โมเดลการตอบสนองของลูกค้า

5.4.2 การทดสอบการยอมรับโดยสัมภาษณ์ลูกค้าร้านกาแฟ

1) วัตถุประสงค์ในการสัมภาษณ์

เพื่อทดสอบการยอมรับแนวคิดการนำผลิตภัณฑ์ใหม่เข้าสู่เชิงพาณิชย์ โดยการให้บริการประจุแบตเตอรี่มือถือ

2) การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีแบบไม่เป็นไปตามโอกาสทางสถิติ (Non Probability Sample) ประเภทการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างจากผู้ที่รับประทานกาแฟเป็นประจำ

3) วิธีการสัมภาษณ์

สัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ โดยให้ผู้ถูกสัมภาษณ์เล่าประสบการณ์ และสนทนาถามคำถาม

อย่างไม่เป็นทางการ (Informal Interview)

4) คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

คำถามที่ใช้ในเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structure) โดยสอบถามถึง พฤติกรรมการกินกาแฟ กิจกรรมที่ทำในร้าน และการยอมรับนวัตกรรม

(ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน ภาคผนวก ง.5)

5) บันทึกประเด็นที่ได้จากการสัมภาษณ์

5.1) ลูกค้าใช้เวลาในร้านกาแฟเฉลี่ยครั้งละ 1 ชั่วโมง และดื่มกาแฟทุกวัน

5.2) ลูกค้ามีความต้องการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือรวมถึงมีความต้องการใช้ปลั๊กไฟภายในร้านสำหรับอุปกรณ์อิเลกทรอนิกส์อื่นๆ เช่น คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค หรือแท็บเล็ต

5.3) ลูกค้าให้ความสำคัญกับคุณภาพของอุปกรณ์ที่นำมาให้บริการประจุมือถือ เนื่องจากมีประสบการณ์ใช้เครื่องประจุที่ไม่ได้คุณภาพทำให้โทรศัพท์มือถือเสียหาย

5.4) แม้ว่าลูกค้าจะยอมรับการนำพลังงานเหลือทิ้งมาผลิตไฟฟ้า แต่ลูกค้าให้ความสำคัญกับบรรยากาศร้าน จำนวนโต๊ะเก้าอี้ที่เพียงพอ มากกว่าการสนใจว่าแหล่งพลังงานไฟฟ้าจะมาจากไหน

5.4.3 การทดสอบการยอมรับโดยสัมภาษณ์ผู้จัดการร้านกาแฟ

1) วัตถุประสงค์ในการสัมภาษณ์

เพื่อทดสอบการยอมรับแนวคิดการนำผลิตภัณฑ์ใหม่เข้าสู่เชิงพาณิชย์ โดยการให้บริการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ

2) การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

การเลือกกลุ่มตัวอย่างใช้วิธีแบบไม่เป็นไปตามโอกาสทางสถิติ (Non Probability Sample) ประเภทการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างจากผู้จัดการร้านกาแฟ

3) วิธีการสัมภาษณ์

การสัมภาษณ์ทางโทรศัพท์ โดยให้ผู้ถูกสัมภาษณ์เล่าทัศนคติต่อผลิตภัณฑ์ที่นำเสนอ และสนทนาถามคำถามอย่างไม่เป็นทางการ (Informal Interview)

4) คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

คำถามที่ใช้ในเป็นแบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structure) โดยสอบถามถึง ความสนใจในการนำเสนอบริการประจุแบตเตอรี่แก่ลูกค้าจากพลังงานสะอาด

(ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน ภาคผนวก ง.6)

5) บันทึกประเด็นที่ได้จากการสัมภาษณ์

5.1) ผู้จัดการร้านต้องการทดลองสินค้าก่อนการตัดสินใจซื้อ

5.2) ผู้จัดการมีงบประมาณไม่สูงสำหรับการลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเหลือทิ้งเพื่อบริการประจุแบตเตอรี่แก่ลูกค้าร้าน

5.3) ผู้จัดการให้ความสำคัญเกี่ยวกับคุณภาพของสินค้า และต้องการความมั่นใจว่าอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าที่ซื้อมาจะใช้งานได้นาน

5.4) แม้ว่าทางร้านจะดำเนินกิจการการตลาดสีเขียวมาโดยตลอด แต่การจะลงทุนพัฒนาร้านโดยใช้นวัตกรรมสีเขียวหรือไม่ ผู้จัดการขอพิจารณาจากความคุ้มค่าในการลงทุนก่อน ซึ่งจะสังเกตได้ว่า การตัดสินใจลงทุนของธุรกิจไม่ใช้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก

5.5 สรุปผลการทดสอบและการยอมรับ

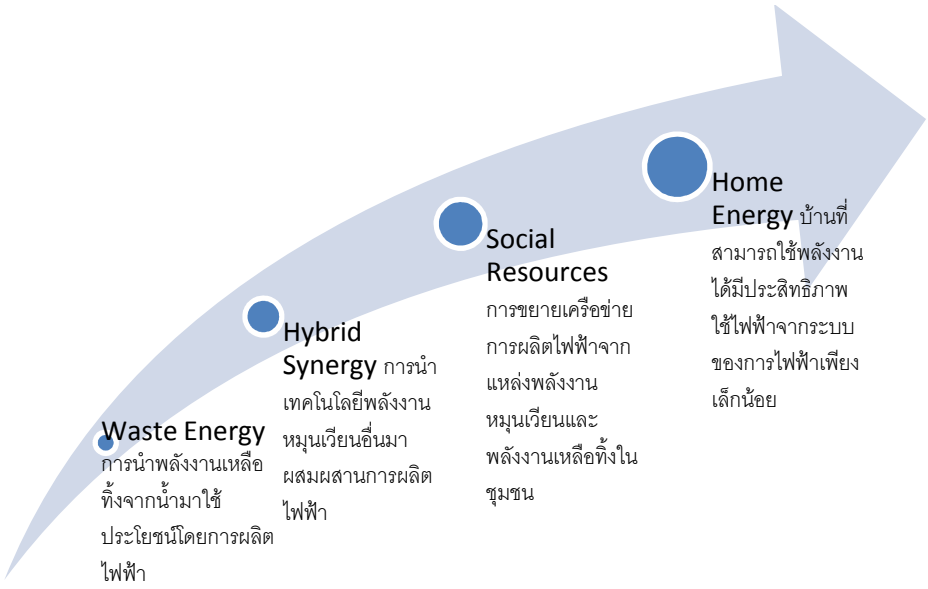
จากการสัมภาษณ์ลูกค้าผู้ใช้บริการร้านกาแฟ พบว่า มีความสนใจสำหรับบริการประจุแบตเตอรี่มือถือ แต่สำหรับบริการประจุไร้สายมีประเด็นกังวล คือต้องเป็นเครื่องประจุที่มีคุณภาพดี เพราะเคยมีประสบการณ์มือถือไอโฟนเสียหายจากการใช้เครื่องประจุที่ไม่มีคุณภาพ สำหรับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเหลือทิ้งหรือพลังงานสะอาด ผู้ถูกสัมภาษณ์ให้การตอบรับในด้านความรู้สึกที่ดี รักษ์โลก แต่ก็ไม่ได้ให้น้ำหนักเป็นสาระสำคัญ ในการเข้าร้านกาแฟต้องการรสชาดกาแฟ การตกแต่งร้านสวยงาม จำนวนโต๊ะเก้าอี้ที่เพียงพอมากกว่า

จากการสัมภาษณ์ผู้จัดการร้านกาแฟ พบว่า มีความสนใจนำเสนอบริการประจุแบตเตอรี่มือถือจากพลังงานน้ำหรือพลังงานสะอาดให้ลูกค้า โดยให้เหตุผลว่าเป็นการเสริมภาพลักษณ์องค์กรที่ดำเนินกิจกรรมการตลาดสีเขียวมาโดยตลอด เช่น มีกิจกรรมออกร้านจำหน่ายผักปลอดสารพิษ แต่ประเด็นที่ให้น้ำหนักมากที่สุด คือ เรื่องความคุ้มค่าในการลงทุน และจำนวนเงินลงทุนไม่ควรสูงเกิน 5 พันบาท

จากการทดสอบการยอมรับจึงสรุปได้ว่า ในมุมมองของผู้ใช้บริการร้านกาแฟ ยอมรับบริการประจุแบตเตอรี่ แสดงให้เห็นว่ามีความต้องการในจุดนี้อยู่ และความมั่นใจหรือความเชื่อมั่นของเครื่องประจุเป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญ สำหรับผู้จัดการร้านประเด็นที่นำเสนอบริการประจุแบตให้ความสนใจแต่การลงทุนใดๆ ต้องดูเรื่องความคุ้มค่า คุณภาพของสินค้า เมื่อซื้อมาต้องผลิตไฟฟ้าได้จริง ใช้งานได้นาน คุ้มกับเงินที่ลงทุนไป และจำนวนเงินลงทุนต้องไม่สูงมาก

5.6 วางแผนการพัฒนาระยะยาวในอนาคต (Roadmap)

ในระยะยาวผลิตภัณฑ์ของบริษัทมีแผนจะพัฒนาให้ระบบมีความสามารถในการผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นโดยการผสมผสานแหล่งพลังงานอื่นเข้ามาในระบบผลิตไฟฟ้า เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำไหล พลังงานน้ำวน พลังงานคลื่น พลังงานไฮโดรเจน ฯลฯ ซึ่งทั้งหมดนี้ยังต้องการการวิจัยและพัฒนาต่อไป (ดูรูปที่ 5.21)



รูปที่ 5.21 เส้นทางการพัฒนาในอนาคต

บทที่ 6
การศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจ

ในบทนี้กล่าวถึงการศึกษาความเป็นไปทางธุรกิจสำหรับนวัตกรรมที่ได้รับการคัดเลือกในบทที่ 5 โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 เรื่อง ได้แก่

1) การศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดผ่านทางการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในมุมมองของลูกค้า

2) การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินและผลตอบแทนของโครงการ

3) การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมพลังงานทดแทน

6.1 การศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดผ่านทางการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในมุมมองของลูกค้า

การศึกษานี้มีสมมุติฐานว่าในกรณีที่ลูกค้ามีระบบเติมอากาศหรือระบบที่มีพลังงานน้ำเหลือทิ้งอยู่แล้วและต้องการนำพลังงานน้ำเหลือทิ้งมาใช้ผลิตไฟฟ้าสำหรับบริการประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ ตัวอย่างกลุ่มลูกค้า เช่น เค-รีสอร์ท บริการห้องประชุมจัดสัมมนา ร้านกาแฟ หรือร้านอาหาร/สวนอาหารที่มีบ่อปลาและระบบเติมอากาศ หรือ อาคารสำนักงาน/ห้างสรรพสินค้าที่มีการใช้พลังงานน้ำตกแต่งบริเวณโดยรอบ การศึกษาแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 กรณีดังนี้

6.1.1 กรณีคิดรายได้จากการบริการประจุแบตเตอรี่

1) สมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณ

1.1) เงินลงทุนเริ่มแรก 24,000 บาท

ชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ 19,000 บาท มาจากราคาขายที่ตั้งขึ้นนี้รวมชุดอุปกรณ์ทั้งหมด ประกอบไปด้วย

ส่วนประกอบนำเข้าจากประเทศจีน

i. ชุดกังหันน้ำพร้อมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิต 100 วัตต์

ส่วนประกอบที่ผลิตและมีจำหน่ายในประเทศไทย

ii. แบตเตอรี่แห้ง 12V12Ah

iii. เครื่องแปลงไฟ DC 12V เป็น AC 220V ขนาด 500 วัตต์

iv. ตัวควบคุมประจุลงแบตเตอรี่

ค่าติดตั้ง และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ 5,000 บาท มาจาก ค่าบริการแบบเหมาติดตั้งในกรุงเทพและปริมณฑล รวมชุดน็อต ข้อต่อท่อ หัวฉีด ท่อร้อยและสายไฟยาว 10 เมตร ฯลฯ

1.2) กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 20 วัตต์ (อ้างอิงจากผลการทดลอง)

วันหนึ่งเดินเครื่อง 6 ชั่วโมงต่อวัน ได้พลังงาน 120 วัตต์-ชั่วโมง ต่อวัน กำลังการผลิตต่อปี 43.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี

1.3) แบตเตอรี่มือถือลูกค้าขนาด 3.7 วัตต์-ชั่วโมง

ประจุแบตได้มือถือได้ 32 เครื่อง ต่อวัน

1.4) รายได้จากการประจุต่อเครื่อง 10 บาท

i. รายได้จากการประจุสูงสุด 320 บาท ต่อวัน

ii. ประมาณการจำนวนเครื่องที่ประจุ 25% ของกำลังผลิต (8 เครื่องต่อวัน)

iii. ประมาณการรายได้จากการประจุ 29,200 บาท ต่อปี

1.5) การประหยัดค่าเชื้อเพลิง

i. ในกรณีที่ไม่ผลิตไฟฟ้าเองจะต้องซื้อจากการไฟฟ้าคิด 3 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ii. ในทางกลับกันกรณีที่ผลิตไฟฟ้าใช้เองจะประหยัดค่าไฟได้ 3 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

1.6) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม(น้อยลง) 0 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม(น้อยลง) 0 บาท ต่อปี (ยังไม่คิดผลตอบแทนในส่วนนี้)

1.7) ผลตอบแทนที่จับต้องไม่ได้

ภาพลักษณ์องค์กร 0 บาท ต่อปี (ยังไม่คิดผลตอบแทนในส่วนนี้)

1.8) ค่าซ่อมบำรุงประมาณ 10% ของเงินลงทุน

1.9) อายุการใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 10 ปี

2) ผลการคำนวณประมาณการผลตอบแทน

ภายใต้สมมุติฐานข้างต้นพบว่า จากเงินลงทุน 2.4 หมื่นบาท จากการคำนวณพบว่า จะมีกระแสเงินสดเป็นบวกเกิดขึ้นปีละ 26,931 บาทต่อปี และเมื่อพิจาณากระแสเงินสดในระยะเวลา 10 ปี ลูกค้าจะมีผลตอบแทนจากการลงทุน IRR=112.15% และจากอัตราส่วนคิดลด 10% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน NPV=128,619.81 บาท โดยมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 1 ปี

ตารางที่ 6.1 ประมาณการผลตอบแทนที่ลูกค้าได้รับ

หน่วย : บาท

ปีที่	เงินลงทุน	ค่าเชื้อเพลิง	ค่าซ่อมบำรุง	รายได้ขายไฟฟ้า	สิ่งแวดล้อมดีขึ้น	ภาพลักษณ์	กระแสเงินสุทธิ
0	-24,000	0		0	0	0	-24,000
1		131	-2,400	29,200	0	0	26,931
2		131	-2,400	29,200	0	0	26,931
3		131	-2,400	29,200	0	0	26,931
4		131	-2,400	29,200	0	0	26,931
5		131	-2,400	29,200	0	0	26,931
6		131	-2,400	29,200	0	0	26,931
7		131	-2,400	29,200	0	0	26,931
8		131	-2,400	29,200	0	0	26,931
9		131	-2,400	29,200	0	0	26,931
10		131	-2,400	29,200	0	0	26,931
						IRR	112.15%
						NPV10%	128,619.81

3) สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในมุมมองของลูกค้ากรณีคิดค่าบริการประจุแบตเตอรี่

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในมุมมองของลูกค้าพบว่า หากลูกค้าลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำและสามารถเก็บค่าบริการประจุแบตเตอรี่ได้ในราคา 10 บาท กำลังการผลิตไฟฟ้าคิดที่ 20 วัตต์ เดินเครื่องวันละ 6 ชั่วโมง จะสามารถประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์ได้สูงสุดวันละ 32 เครื่อง โดยตั้งสมมุติฐานว่าลูกค้าใช้บริการเพียงวันละ 8 เครื่อง เมื่อคิดรวมกับค่าเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้จากการใช้พลังงานเหลือทิ้งโดยไม่ต้องซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้า จะมีรายได้ปีละ 26,931 บาท ซึ่งจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 1 ปี จากเงินลงทุน 24,000 บาท สำหรับผลพลอยได้เรื่องการรักษาสิ่งแวดล้อมและภาพลักษณ์องค์กรยังไม่ได้ตีมูลค่าเป็นตัวเงิน

6.1.2 กรณีคิดค่าตอบแทนจากการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากการนำพลังงานน้ำเหลือทิ้งมาใช้ผลิตไฟฟ้าไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การนำพลังงานน้ำเหลือทิ้งในส่วนนี้มาใช้จึงถือเป็นพลังงานสะอาดที่ช่วยทำให้สิ่งแวดล้อมดีขึ้น

1) สมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณ

1.1) 1 เมกะวัตต์-ชั่วโมง ของการผลิตไฟฟ้า จะเกิดก๊าซ CO2 = 0.624 ตัน [59]

1.2) ราคาคาร์บอนเครดิต 3 ยูโรต่อตันคาร์บอน [60]หรือ 120 บาทต่อตันคาร์บอน

2) ผลการคำนวณประมาณการผลตอบแทน

กำลังการผลิตต่อปี 43.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อปี

CO_2 ที่สามารถลดได้ =. ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (เมกะวัตต์-ชั่วโมง)

x การเกิดก๊าซ CO_2 ต่อการผลิตไฟฟ้า 1 เมกะวัตต์-ชั่วโมง

$= (43.8 \times 10^{-6}) \times (0.624)$

$= 2.73 \times 10^{-5}$ ตันคาร์บอนฯ (tCO_2)

ดังนั้นสามารถขายคาร์บอนเครดิตได้ปีละ 0.00328 บาท

3) ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าจากการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เนื่องจากการผลิตไฟทำได้น้อย ดังนั้นผลจากการหาค่าตอบแทนกรณีลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อใช้วิธีการหาค่าคาร์บอนเครดิตจึงไม่มีนัยสำคัญ อย่างไรก็ดีอาจจะมีการประเมินผลตอบแทนจากการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการอื่นที่ไม่ได้ใช้วิธีการหาค่าคาร์บอนเครดิตซึ่งไม่ได้แสดงไว้ในที่นี้

6.1.3 กรณีคิดค่าตอบแทนจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้น

1) สมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณ

1.1) ใช้สมมุติฐานเช่นเดียวกับกรณี 6.1.1 คิดรายได้จากการบริการประจุแบตเตอรี่

1.2) สมมุติให้มีกำไรสุทธิจากการขายมากขึ้น 10,000 และ 20,000 บาทต่อปี เป็นผลจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้นจากการนำพลังงานเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์ โดยกำไรสุทธิที่เพิ่มขึ้นมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

i. จำนวนขาย 100 แก้วต่อวัน

ii. ราคาต่อหน่วย 35 บาท

iii. รายได้ปกติ 3,500 บาทต่อวัน

iv. ต้นทุนต่อแก้ว 10 บาท

v. ต้นทุนผันแปร 1,000 บาทต่อวัน

vi. ผลจากการปรับปรุงภาพลักษณ์

a. จำนวนขายเพิ่มขึ้น 2% ต่อวัน

b. รายได้เพิ่มขึ้น 70 บาทต่อวัน

c. ต้นทุนผันแปรใหม่ 1,020 บาทต่อวัน

vii. ต้นทุนคงที่ 2,000 บาทต่อวัน

a. ค่าไฟ 50 บาทต่อวัน

b. ค่าน้ำ 50 บาทต่อวัน

c. ค่าเช่าสถานที่ 300 บาทต่อวัน

d. ค่าจ้างพนักงาน 1,600 บาทต่อวัน คิดจาก กะละ 8 ชั่วโมง วันละ 2 กะ 16 ชั่วโมง ชั่วโมงละ 50 บาท กะละ 2 คน รวมเป็น 1,600 บาทต่อวัน

viii. จากการคำนวณได้ผลดังตารางที่ 6.2. พบว่า เมื่อยอดขายเพิ่มขึ้น 2% จะทำให้กำไรเพิ่มขึ้น 18,250 บาท ต่อปี ในที่นี้จะใช้ค่า 10,000 และ 20,000 บาทไปใช้ในการคำนวณหาประมาณการผลตอบแทนจากการลงทุนในมุมมองของลูกค้าต่อไป

2) ผลการคำนวณประมาณการผลตอบแทน

ภายใต้สมมุติฐานข้างต้นพบว่า จากเงินลงทุน 24,000 บาท กรณีประมาณการผลตอบแทนจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้นทำให้กำไรเพิ่มขึ้น 10,000 บาทต่อปี ลูกค้าจะมีผลตอบแทนจากการลงทุน IRR=153.87% และจากอัตราส่วนคิดลด 10% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน NPV=184,479.51 บาท และมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 1 ปี (ตารางที่ 6.3)

สำหรับกรณีประมาณการผลตอบแทนจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้นทำให้กำไรเพิ่มขึ้น 20,000 บาทต่อปี ลูกค้าจะมีผลตอบแทนจากการลงทุน IRR=195.54%และจากอัตราส่วนคิดลด 10% จะได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุน NPV=240,339.22 บาท และมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 1 ปี (ตารางที่ 6.4)

จากผลการคำนวณที่ได้แสดงให้เห็นว่าหากมีผลตอบแทนจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้นทำให้กำไรเพิ่มขึ้นผลตอบแทนจากการลงทุน IRR จะเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งหมายถึงความคุ้มค่าในการลงทุนที่เพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 6.2 กำไรจากการขายเพิ่มขึ้นจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้น

หน่วย : พันบาท

กรณีที่รายได้ปกติ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
จำนวนวัน	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
รายได้ปกติ	108.5	98.0	108.5	105.0	108.5	105.0	108.5	108.5	105.0	108.5	105.0	108.5	1,277.5
ภาพลักษณ์ดีขึ้น	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
รวมรายได้	108.5	98.0	108.5	105.0	108.5	105.0	108.5	108.5	105.0	108.5	105.0	108.5	1,277.5
ต้นทุนผันแปร	31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	365.0
กำไรเบื้องต้น	77.5	70.0	77.5	75.0	77.5	75.0	77.5	77.5	75.0	77.5	75.0	77.5	912.5
ต้นทุนคงที่	62.0	56.0	62.0	60.0	62.0	60.0	62.0	62.0	60.0	62.0	60.0	62.0	730.0
กำไร	15.5	14.0	15.5	15.0	15.5	15.0	15.5	15.5	15.0	15.5	15.0	15.5	182.5
กรณีที่รายได้เพิ่มขึ้น	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รายปี
รายได้ปกติ	108.5	98.0	108.5	105.0	108.5	105.0	108.5	108.5	105.0	108.5	105.0	108.5	1,277.5
ภาพลักษณ์ดีขึ้น	2.2	2.0	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2.2	2.1	2.2	25.6
รวมรายได้	110.7	100.0	110.7	107.1	110.7	107.1	110.7	110.7	107.1	110.7	107.1	110.7	1,303.1
ต้นทุนผันแปร	31.6	28.6	31.6	30.6	31.6	30.6	31.6	31.6	30.6	31.6	30.6	31.6	372.3
กำไรเบื้องต้น	79.1	71.4	79.1	76.5	79.1	76.5	79.1	79.1	76.5	79.1	76.5	79.1	930.8
ต้นทุนคงที่	62.0	56.0	62.0	60.0	62.0	60.0	62.0	62.0	60.0	62.0	60.0	62.0	730.0
กำไร	17.1	15.4	17.1	16.5	17.1	16.5	17.1	17.1	16.5	17.1	16.5	17.1	200.8

กำไรเพิ่มขึ้น	18.3

ตารางที่ 6.3 ประมาณการผลตอบแทนจากภาพลักษณ์องค์กรดีขึ้นได้กำไรเพิ่มขึ้น 10,000 บาท/ปี

หน่วย : บาท

ปีที่	เงินลงทุน	ค่าเชื้อเพลิง	ค่าซ่อมบำรุง	รายได้ขายไฟฟ้า	สิ่งแวดล้อมดีขึ้น	ภาพลักษณ์	กระแสเงินสุทธิ
0	-24,000	0		0	0	0	-24,000
1		131	-2,400	29,200	0	10,000	36,931
2		131	-2,400	29,200	0	10,000	36,931
3		131	-2,400	29,200	0	10,000	36,931
4		131	-2,400	29,200	0	10,000	36,931
5		131	-2,400	29,200	0	10,000	36,931
6		131	-2,400	29,200	0	10,000	36,931
7		131	-2,400	29,200	0	10,000	36,931
8		131	-2,400	29,200	0	10,000	36,931
9		131	-2,400	29,200	0	10,000	36,931
10		131	-2,400	29,200	0	10,000	36,931
						IRR	153.87%
						NPV10%	184,479.51

ตารางที่ 6.4 ประมาณการผลตอบแทนจากภาพลักษณ์องค์กรดีขึ้นได้กำไรเพิ่มขึ้น 20,000 บาท/ปี

หน่วย : บาท

ปีที่	เงินลงทุน	ค่าเชื้อเพลิง	ค่าซ่อมบำรุง	รายได้ขายไฟฟ้า	สิ่งแวดล้อมดีขึ้น	ภาพลักษณ์	กระแสเงินสุทธิ
0	-24,000	0		0	0	0	-24,000
1		131	-2,400	29,200	0	20,000	46,931
2		131	-2,400	29,200	0	20,000	46,931
3		131	-2,400	29,200	0	20,000	46,931
4		131	-2,400	29,200	0	20,000	46,931
5		131	-2,400	29,200	0	20,000	46,931
6		131	-2,400	29,200	0	20,000	46,931
7		131	-2,400	29,200	0	20,000	46,931
8		131	-2,400	29,200	0	20,000	46,931
9		131	-2,400	29,200	0	20,000	46,931
10		131	-2,400	29,200	0	20,000	46,931
						IRR	195.54%
						NPV10%	240,339.22

3) สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในมุมมองของลูกค้ากรณีภาพลักษณ์องค์กรดีขึ้น

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าพบว่า หากสมมุติให้ภาพลักษณ์องค์กรดีขึ้นสามารถสร้างกำไรสุทธิเพิ่มขึ้นได้ปีละ 10,000 และ 20,000 บาท พบว่า ผลตอบแทนภายในโครงการจากการลงทุน เพิ่มขึ้นเป็น IRR=153.87% และ 195.54% ตามลำดับ และเมื่อทำการทดลอง สมมุติกำไรเพิ่มขึ้น พบว่า ทุกๆ 10,000 บาทที่เพิ่มขึ้น IRR จะเพิ่มขึ้น ประมาณ 42% (ตารางที่ 6.5)

ตารางที่ 6.5 ประมาณการผลตอบแทนจากภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้นเทียบ IRR

กำไรเพิ่มขึ้นจากภาพลักษณ์องค์กร	IRR	เพิ่มขึ้น
0	112.15%	
10,000	153.87%	42%
20,000	195.54%	42%
30,000	237.21%	42%
40,000	278.88%	42%
50,000	320.55%	42%
60,000	362.21%	42%
70,000	403.88%	42%

6.2 ศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินและผลตอบแทนของโครงการ

การศึกษานี้มีสมมุติฐานสำหรับกรณีที่มีการลงทุนเพื่อประกอบธุรกิจจัดจำหน่ายอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ เพื่อให้โมเดลการคำนวณไม่ซับซ้อนจนเกินไป จึงกำหนดสมมุติฐานที่สำคัญไว้ดังนี้

1) สมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณ

1.1) เงินลงทุนเริ่มแรกเป็นทุนประเดิม 530,900 บาท

เงินลงทุนเบื้องต้นในการประกอบธุรกิจ

ค่าพัฒนาเว็บไซต์	10,000
อุปกรณ์สำนักงาน*	55,000
อุปกรณ์ช่าง**	21,100
สต็อกสินค้าล็อตแรก	125,000
รวม	211,100

*อุปกรณ์สำนักงาน	
คอมพิวเตอร์	15,000
โต๊ะ เก้าอี้	20,000
เครื่องใช้สำนักงานอื่นๆ	20,000
รวมอุปกรณ์สำนักงาน	55,000

ค่าใช้จ่ายคงที่	
เงินเดือน	30,000
ค่าเช่าสำนักงาน	9,000
ค่าอุปกรณ์สำนักงาน	3,000
ค่าโฆษณา	5,000
รวมค่าใช้จ่ายคงที่	47,000

ค่าใช้จ่ายผันแปร	
ค่าไฟฟ้า	1,000
ค่าน้ำ	500
ค่าโทรศัพท์	1,500
ค่าเดินทาง	2,500
ค่าอินเทอร์เน็ต	800
รวมค่าใช้จ่ายผันแปร	6,300
สำรองค่าใช้จ่าย 6 เดือน	319,800
รวมเงินทุนเริ่มต้น	530,900

**อุปกรณ์ช่าง	
สว่านไร้สาย	3,500
เครื่องตัดเหล็ก	6,000
เครื่องเชื่อม	5,600
มัลติมิเตอร์	2,000
ชุดอุปกรณ์ช่าง ค้อน ไขควง คีม	4,000
รวมอุปกรณ์ช่าง	21,100

1.2) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ใหม่ไม่มีจำหน่ายมาก่อนจึงไม่สามารถหาข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับขนาดตลาด ดังนั้นการพยากรณ์ยอดขายที่แม่นยำจึงทำได้ยาก อย่างไรก็ดีจากการรวบรวมจำนวนร้านอาหาร โรงแรม รีสอร์ทและห้างสรรพสินค้า ในประเทศไทยจากแหล่งทุติยภูมิ พบว่าจำนวนกลุ่มเป้าหมายที่สนใจมีประมาณ 8,212 แห่ง

i. สถานที่พักแรม จำนวน 7,154 แห่ง [61]

ii. สวนอาหาร จำนวน 170 แห่ง [62]

iii. ห้างสรรพสินค้าขนาดพื้นที่ 8,000 ตร.ม.ขึ้นไป จำนวน 329 แห่ง [63]

iv. ร้านกาแฟอะเมซอน จำนวน 559 แห่ง [64]

1.3) ตามทฤษฎีอัตราการยอมรับนวัตกรรมจากการศึกษาของโรเจอร์ [19] ที่กล่าวว่า อัตราการยอมรับนวัตกรรมจะเกิดขึ้นในกลุ่มลองของใหม่ก่อน (Innovators) ~2.5% สามารถประมาณได้ว่ากลุ่มลูกค้ากลุ่มแรกที่จะเข้ามามีประมาณ (8,212 x 2.5%) 205 ราย

1.4) ในที่นี้จะทำการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินโดยการสมมุติจำนวนที่จำหน่ายได้ เป็น 3 กรณี เพื่อพิจารณาผลตอบแทนจากการลงทุน

i. กรณีเลวร้าย (Worst Case) ขายปีแรก 100 เครื่อง

ii. กรณีฐาน (Base Case) ขายปีแรก 200 เครื่อง

iii. กรณีดีมาก (Best Case) ขายปีแรก 300 เครื่อง

1.5) จำนวนที่จำหน่ายได้เติบโตปีละ 3%

1.6) ราคาขาย เครื่องละ 19,000 บาท คงที่ทุกปี

1.7) ต้นทุน เครื่องละ 12,500 บาท คงที่ทุกปี

i. เครื่องแปลงไฟ DC 12V เป็น AC 220V ขนาด 500 วัตต์ 1,350 บาท

ii. แบตเตอรี่แห้ง 12V12Ah 500 บาท

iii. ตัวควบคุมประจุลงแบตเตอรี่ 1,000 บาท

iv. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิต 100 วัตต์ 6,000 บาท

v. กังหันน้ำ 1,000 บาท

vi. ค่าขนส่งจากผู้ผลิตมายังผู้ประกอบการ 1,500 บาท

vii. ค่าแรงประกอบ 650 บาท

viii. ค่าใช้จ่ายอื่น (Overhead) 500 บาท

1.8) ค่าใช้จ่ายในการขายและจัดการ สมมุติว่าควบคุมให้อยู่ที่ 30% ของรายได้

ผลการคำนวณประมาณการผลตอบแทนโครงการแยกเป็น 3 กรณี แสดงดังตารางที่ 6.6 – 6.8

ตารางที่ 6.6 ประมาณการผลตอบแทนโครงการกรณีเลวร้าย

หน่วย : บาท

ปีที่	เงินลงทุน	จำนวนขาย (เครื่อง)	รายได้	ต้นทุน	ค่าใช้จ่ายการขาย	เงินสดสุทธิ
0	-530,900					-530,900
1		100	1,900,000	-1,250,000	-570,000	80,000
2		103	1,957,000	-1,287,500	-587,100	82,400
3		106	2,014,000	-1,325,000	-604,200	84,800
4		109	2,071,000	-1,362,500	-621,300	87,200
5		112	2,128,000	-1,400,000	-638,400	89,600
6		115	2,185,000	-1,437,500	-655,500	92,000
7		118	2,242,000	-1,475,000	-672,600	94,400
8		121	2,299,000	-1,512,500	-689,700	96,800
9		124	2,356,000	-1,550,000	-706,800	99,200
10		127	2,413,000	-1,587,500	-723,900	101,600
					IRR	10.7%
					NPV10%	14,185.99

ตารางที่ 6.7 ประมาณการผลตอบแทนโครงการกรณีฐาน

หน่วย : บาท

ปีที่	เงินลงทุน	จำนวนขาย (เครื่อง)	รายได้	ต้นทุน	ค่าใช้จ่ายการขาย	เงินสดสุทธิ
0	-530,900					-530,900
1		200	3,800,000	-2,500,000	-1,140,000	160,000
2		206	3,914,000	-2,575,000	-1,174,200	164,800
3		212	4,028,000	-2,650,000	-1,208,400	169,600
4		218	4,142,000	-2,725,000	-1,242,600	174,400
5		224	4,256,000	-2,800,000	-1,276,800	179,200
6		230	4,370,000	-2,875,000	-1,311,000	184,000
7		236	4,484,000	-2,950,000	-1,345,200	188,800
8		243	4,617,000	-3,037,500	-1,385,100	194,400
9		250	4,750,000	-3,125,000	-1,425,000	200,000
10		257	4,883,000	-3,212,500	-1,464,900	205,600
					IRR	30.1%
					NPV10%	512,805.68

ตารางที่ 6.8 ประมาณการผลตอบแทนโครงการกรณีดีมาก

หน่วย : บาท

ปีที่	เงินลงทุน	จำนวนขาย (เครื่อง)	รายได้	ต้นทุน	ค่าใช้จ่ายการขาย	เงินสดสุทธิ
0	-530,900					-530,900
1		300	5,700,000	-3,750,000	-1,710,000	240,000
2		309	5,871,000	-3,862,500	-1,761,300	247,200
3		318	6,042,000	-3,975,000	-1,812,600	254,400
4		327	6,213,000	-4,087,500	-1,863,900	261,600
5		336	6,384,000	-4,200,000	-1,915,200	268,800
6		346	6,574,000	-4,325,000	-1,972,200	276,800
7		356	6,764,000	-4,450,000	-2,029,200	284,800
8		366	6,954,000	-4,575,000	-2,086,200	292,800
9		376	7,144,000	-4,700,000	-2,143,200	300,800
10		387	7,353,000	-4,837,500	-2,205,900	309,600
					IRR	46.8%
					NPV10%	1,012,921.58

2) สรุปผลการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินและผลตอบแทนของโครงการ

จากการหาผลตอบแทนของโครงการพบว่า เงินลงทุนเริ่มต้น 530,900 บาท ในกรณีฐานจะถึงจุดคุ้มทุนในระยะเวลาประมาณ 3 ปี 2 เดือน และผลตอบแทนจากการลงทุนเป็นบวก IRR=30.1% กรณีเลวร้ายจะถึงจุดคุ้มทุนในระยะเวลาประมาณ 6 ปี 2 เดือน และผลตอบแทนจากการลงทุนเป็นบวก IRR=10.7% และกรณีดีมากจะถึงจุดคุ้มทุนในระยะเวลาประมาณ 2 ปี 2 เดือน และผลตอบแทนจากการลงทุนเป็นบวก IRR=46.8% และจากการทดลองปรับประมาณการยอดขายขึ้นพบว่า เมื่อปรับสมมุติฐานยอดขายปีแรกเพิ่มขึ้นทุกๆ 100 เครื่อง จะทำให้ผลตอบแทนจากการลงทุน IRR เพิ่มขึ้นประมาณ +15.1 ถึง +19.5% และ NPV คิดลดอัตรา 10% เพิ่มขึ้นประมาณ 500,000 บาท (ตารางที่ 6.9)

ตารางที่ 6.9 ประมาณการผลตอบแทนโครงการที่เพิ่มขึ้นจากการปรับสมมุติฐานยอดขาย

จำนวนขายปีแรก (เครื่อง)	IRR	IRR change	NPV10% (บาท)	NPV Change (บาท)
100	10.7%	-	14,185.99	-
200	30.1%	+19.5%	512,805.68	+498,619.69
300	46.8%	+16.7%	1,012,921.58	+500,115.90
400	62.6%	+15.8%	1,513,704.69	+500,783.11
500	78.0%	+15.4%	2,012,417.18	+498,712.50
600	93.2%	+15.2%	2,515,408.87	+502,991.68
700	108.4%	+15.1%	3,013,812.93	+498,404.06
800	123.5%	+15.1%	3,514,596.04	+500,783.11
900	138.6%	+15.1%	4,016,228.88	+501,632.84
1,000	153.6%	+15.1%	4,513,051.23	+496,822.35

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าโครงการมีความเป็นไปได้ทางการเงินในกรณีที่ยอดขายในปีแรกไม่น้อยกว่า 100 เครื่องและผลตอบแทนจากการลงทุน IRR จะสูงขึ้นเมื่อสามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น

6.3 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมพลังงานทดแทน

ผลการศึกษาเรื่อง *"ปัจจัยที่ผลต่อการยอมรับนวัตกรรมพลังงานทดแทน"* [65] จากการสอบถามประชากรในกรุงเทพ 63 คน พบว่าปัจจัยเกี่ยวกับปริมาณความต้องการไฟฟ้าที่สูงหรือค่า

ไฟฟ้าที่สูงนั้นไม่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับ ทว่าการยอมรับจะตอบสนองต่อราคาที่ลดลง ของอุปกรณ์ ดังนั้นการพัฒนานวัตกรรมด้านพลังงานทดแทนจึงควรทำให้อุปกรณ์มีราคาลดลงเพื่อให้เกิดการยอมรับมากขึ้น

นโยบายสนับสนุนทั้งภาครัฐและกองทุนด้านสิ่งแวดล้อมไม่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีพลังงานทดแทนในปัจจุบัน กล่าวคือ แม้จะมีมาตรการสนับสนุนเงินอุดหนุนให้ประชาชนครึ่งหนึ่งก็ไม่ได้เป็นปัจจัยในการยอมรับพลังงานทดแทน เช่นเดียวกับระดับการศึกษา รายได้ และอาชีพไม่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับนวัตกรรมพลังงานทดแทน

ภาระทางการเงินที่อยู่อาศัยมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับการการยอมรับในระดับหนึ่ง กล่าวคือหากที่บ้านมีภาระที่อยู่อาศัยจะทำให้การยอมรับลดลง

จำนวนสมาชิกครอบครัวมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก โดยเมื่อสมาชิกครอบครัวมีมากขึ้นระดับการยอมรับนวัตกรรมจะสูงขึ้น ในขณะที่ปัจจัยเรื่องการมีเด็ก (อายุต่ำกว่า 12 ปี) อาศัยอยู่ในบ้านไม่มีผลต่อการยอมรับ

ระบบผ่อนชำระมีผลต่อการยอมรับที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อศึกษาเพิ่มถึงจำนวนปีที่ต้องการผ่อนชำระพบว่าจำนวนปีที่ถูกเลือกผ่อนชำระเฉลี่ยอยู่ที่ 6.30 ปี

ตารางที่ 6.10 อัตราการยอมรับนวัตกรรม เทียบกับ อัตราการลดลงของราคา

% การยอมรับเฉลี่ย	%ราคาลดลงเทียบราคาตั้งต้น
1.6%	0.0%
19.7%	50.0%
36.1%	75.0%
52.5%	87.5%
71.3%	93.8%

จากตารางที่ 6.10 จะเห็นได้ว่าราคาที่ลดลงทุกๆ 50% จะทำให้อัตราการยอมรับเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 17.4%

งานวิจัยยังระบุด้วยว่าอุปสรรคสำคัญที่ทำให้ไม่เกิดการยอมรับเทคโนโลยีเกี่ยวกับพลังงานทดแทน คือ ประการแรก ความสะดวกสบายในปัจจุบันทำให้ไม่รู้สึกว่าต้องการอยากหาสิ่งใดทดแทน ประการที่สอง การลงทุนด้านพลังงานทดแทนทำให้ต้องเสียเงินก้อนออกไปจำนวน

มาก และผู้ตอบแบบสอบถามไม่ต้องการจ่ายเงินออกไปก่อน ประการที่สาม ค่าไฟฟ้าในปัจจุบันไม่รู้สึกเป็นภาระหรือปัญหาที่จะต้องหาทางแก้ไข (ตารางที่ 6.11)

สำหรับปัจจัยที่มีผลทำให้การยอมรับนวัตกรรมพลังงานทดแทนมีมากขึ้นคือ ราคาที่ลดลง และ มีระบบผ่อนชำระ (ตารางที่ 6.12) อธิบายได้จากตัวอย่างว่า นาย ก. อยู่บ้านหลังหนึ่งมีค่าไฟฟ้าประมาณเดือนละ 2 พันบาท ถ้าต้องซื้ออุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและสามารถผ่อนได้ เดือนละ 1.8 พันบาท นาย ก.จะสนใจซื้ออุปกรณ์ เนื่องจากนาย ก. ไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้ามากขึ้น อย่างไรก็ดีงานวิจัยดังกล่าวอยู่ภายใต้เงื่อนไขว่าอุปกรณ์สามารถทดแทนไฟฟ้าจากการไฟฟ้าได้ 100% ซึ่งในปัจจุบันอาจจะยังไม่สามารถทำได้เช่นนั้นเนื่องจากอุปกรณ์มีราคาสูง (ตารางที่ 6.13)

ตารางที่ 6.11 สรุปปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการยอมรับนวัตกรรม

ปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการยอมรับ	
ความสะดวก	ความสะดวกสบายในการใช้ไฟฟ้าในปัจจุบันทำให้ไม่รู้สึกว่าต้องการอยากหาสิ่งใดทดแทน
การลงทุนอุปกรณ์	การลงทุนด้านพลังงานทดแทนทำให้ต้องเสียเงินก้อนออกไปจำนวนมาก และผู้ตอบแบบสอบถามไม่ต้องการจ่ายเงินออกไปก่อน
ค่าไฟฟ้าที่ไม่สูง	ค่าไฟฟ้าในปัจจุบันไม่รู้สึกเป็นภาระหรือปัญหาที่จะต้องหาทางแก้ไข

ตารางที่ 6.12 การยอมรับเพิ่มขึ้นเมื่อมีระบบผ่อนชำระ

	ปัจจัยการยอมรับ	% การยอมรับ	จำนวนผู้ยอมรับ	จำนวนผู้ยอมรับเพิ่มขึ้น	% การยอมรับเพิ่มขึ้น
1	เทคโนโลยีปัจจุบัน	1.6%	1		
2	นโยบายรัฐช่วย 50%	9.8%	6		
3	นโยบายรัฐ 50% + ระบบผ่อน	29.5%	18	12	200%
4	กองทุนสิ่งแวดล้อม ช่วย 50%	27.9%	17		
5	นโยบายรัฐ + กองทุนสวล +.ระบบผ่อน	44.3%	27	10	59%
6	นวัตกรรมพลังงานทดแทน	50.8%	31		
7	นวัตกรรมพลังงานทดแทน + ระบบผ่อน	54.1%	33	2	6%
8	นวัตกรรมก้าวกระโดด	68.9%	42		
9	นวัตกรรมก้าวกระโดด + ระบบผ่อนชำระ	73.8%	45	3	7%

ตารางที่ 6.13 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรม

ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับ	
ภาระทางการเงินที่อยู่อาศัย	มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับการการยอมรับในระดับหนึ่ง กล่าวคือหากที่บ้านมีภาระที่อยู่อาศัยจะทำให้การยอมรับลดลง
ระบบผ่อนชำระ	มีผลต่อการยอมรับที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อศึกษาเพิ่มถึงจำนวนปีที่ต้องการผ่อนชำระพบว่าจำนวนปีที่ถูกเลือกผ่อนชำระเฉลี่ยอยู่ที่ 6.30 ปี
ราคาอุปกรณ์	ราคาที่ลดลงทุกๆ 50% จะทำให้อัตราการยอมรับเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 17.4%

บทที่ 7
บทสรุป อภิปรายและข้อเสนอแนะ

7.1.บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำที่ไม่ได้ใช้ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วนได้แก่

7.1.1. การวิจัยทดลองเพื่อศึกษาการกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

การวิจัยทดลองทำการออกแบบและศึกษาระบบพลังงานน้ำขนาดเล็ก โดยการศึกษานำร่องได้สร้างโมเดลน้ำฉีด โมเดลน้ำวน และโมเดลโดนัท ผลการศึกษานำร่องทดลองผลิตไฟฟ้าโดยใช้ปั๊มน้ำเป็นแหล่งพลังงานน้ำพบว่า โมเดลน้ำวน และโมเดลโดนัท ยังไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ มีเพียงโมเดลน้ำฉีดที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยกำลังไฟฟ้าที่ได้แปรผันตามแรงดันและอัตราการไหลของน้ำ การทดลองด้วยปั๊มน้ำขนาด 0.4 กิโลวัตต์ สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ประมาณ 7.56 วัตต์ และการทดลองด้วยปั๊มน้ำขนาด 0.75 กิโลวัตต์ สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ประมาณ 16.39 วัตต์

สำหรับการทดลองโดยใช้โมเดลกังหันน้ำชนิดคอสั้น ผลการทดลองด้วยปั๊มน้ำขนาด 0.4 กิโลวัตต์ สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ประมาณ 9.43 วัตต์ และผลการทดลองการผลิตไฟฟ้าจากการใช้ปั๊มน้ำขนาด 0.75 กิโลวัตต์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 20 วัตต์ และสามารถประจุไฟฟ้าผ่านวงจรบริดจ์ เรคติไฟเออร์ ได้ประมาณ 0.35 แอมป์เข้าแบตเตอรี่ขนาด 12V9Ah

7.1.2. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์นวัตกรรม

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ เริ่มจากทำการสำรวจความต้องการของลูกค้า โดยใช้วิธีวิจัยเชิงคุณภาพ ซึ่งใช้ข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลปฐมภูมิจาก การสัมภาษณ์ การประชุมกลุ่ม และการสังเกตจากบริบทจริง โดยมีเป้าหมายหลักของการสำรวจกลุ่มเป้าหมายเหล่านี้เพื่อค้นหาความต้องการที่ยังไม่ได้รับการตอบสนองของกลุ่มเป้าหมาย

การสัมภาษณ์กำหนดกลุ่มเป้าหมายไว้ 3 กลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการนำพลังงานน้ำมาใช้ผลิตไฟฟ้า ได้แก่ *กลุ่มที่ 1.*กลุ่มผู้ใช้งานกังหันน้ำผลิตไฟฟ้าจากน้ำตกหรือแม่น้ำ เป็นผู้มีประสบการณ์ตรงในการใช้งานผลิตภัณฑ์ *กลุ่มที่ 2.*กลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์และเปิดสอนการทำกังหันผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำและพลังงานหมุนเวียน และ*กลุ่มที่ 3.*กลุ่มผู้ประกอบการระบบบำบัดน้ำ

การทำประชุมกลุ่มเลือกบริษัทออกแบบภูมิสถาปัตย์เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาแนวคิดมุมมองต่อการนำพลังงานเหลือทิ้งมาใช้ในการออกแบบอาคาร

ผลจากข้อมูลที่ได้ สามารถสรุปเป็นแนวคิดในการพัฒนานวัตกรรมได้ 8 แนวคิด คือ

1) แนวคิดที่ 1: นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าเพื่อตลาดสีเขียว (Go Green)

การใช้พลังงานน้ำที่ปั๊มฉีดออกมาซึ่งถือเป็นพลังงานเหลือทิ้งในการทำการตลาดสีเขียว (Green Marketing)

2) แนวคิดที่ 2: นวัตกรรมชุดทดลองการทำงานกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าราคาถูก (Lab Market) ชุดทดลองสำหรับห้องปฏิบัติการจำหน่ายตามสถาบันการศึกษาทดแทนการนำเข้าชุดทดลองจากต่างประเทศมีราคาสูงหลักแสน

3) แนวคิดที่ 3: นวัตกรรมชุดเติมอากาศปั่นไฟ (Aerate)

ระบบเติมอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า หรือน้ำมันเบนซิน เป็นแหล่งพลังงานสำหรับมอเตอร์หมุนใบพัดเพื่อตีน้ำ แนวคิดนวัตกรรมนี้จะรักษาระดับการเติมอ๊อกซิเจน DO ไว้ให้ได้เท่าเดิม แต่จะได้ไฟฟ้าออกมาด้วย

4) แนวคิดที่ 4: นวัตกรรมชุดผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำผสมผสาน (Hydro Hybrid)

เพื่อดึงพลังงานออกมาให้ได้มากที่สุด แนวคิดนี้ใช้ความรู้จากหลักการทำงานของกังหันน้ำในรูปแบบที่แตกต่างกัน นำมาผสมผสาน

5) แนวคิดที่ 5: นวัตกรรมบ้านพลังงาน (Home Power)

แนวคิดนี้เป็นการคิดนอกกรอบ ที่ไม่ต้องนำแหล่งพลังงานมาใช้ผลิตไฟฟ้า แต่ใช้พลังงานโดยตรง ไม่ต้องแปลง เช่น มีพลังงานความร้อนก็นำพลังงานความร้อนไปใช้ มีพลังงานแสงก็นำพลังงานแสงไปใช้

6) แนวคิดที่ 6: นวัตกรรมผลิตไฟฟ้าจากการส่งผ่านน้ำ (Water Transfer)

การส่งน้ำเพื่อถ่ายเทจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ต้องใช้ปั๊มน้ำในการสูบถ่ายน้ำ เช่น การสูบน้ำท่วมออกจากพื้นที่ การสูบน้ำเข้านาข้าว หรือนากุ้ง แนวคิดของการสูบถ่ายน้ำนี้จะติดตั้งชุดกำเนิดไฟฟ้าที่เหมาะสม สามารถผลิตไฟฟ้าได้โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพของการสูบน้ำลดลง

7) แนวคิดที่ 7: นวัตกรรมภูมิสถาปัตย์พลังน้ำ (Landscape)

การตกแต่งอาคาร ศูนย์การค้าขนาดใหญ่ ที่ต้องการออกแบบสถานที่ให้เป็นสัญลักษณ์ (Land Mark) โดยใช้พลังงานน้ำผลิตไฟฟ้าในการออกแบบภูมิทัศน์

8) แนวคิดที่ 8: นวัตกรรมระบบน้ำในอาคารผลิตไฟฟ้า (Feed)

ระบบส่งน้ำในอาคาร เช่น อพาร์ทเม้นท์ คอนโดมิเนียม อาคารสำนักงาน โรงพยาบาล ที่มีการติดตั้งระบบส่งน้ำเพิ่มแรงดันในอาคาร สามารถประยุกต์ระบบส่งน้ำเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าและนำไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์

ผลการคัดสรรแนวคิดนวัตกรรม ปรากฏว่า แนวคิด1 ภายใต้ชื่อ Go Green สามารถเริ่มทำได้ในทันทีในระยะเวลาอันสั้นและมีโอกาสประสบความสำเร็จสูง จึงถูกเลือกนำไปพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

แนวคิดที่ถูกเลือกมา ถูกนำไปทดสอบแนวคิด ด้วยวิธีเชิงคุณภาพ คือ การทำประชุมกลุ่มโดยกลุ่มตัวอย่างที่คัดเลือกมาทดสอบแนวคิด Go Green ได้แก่กลุ่มออกแบบภูมิสถาปัตย์ และเพื่อให้ได้ข้อมูลจากคนในวงกว้างจึงได้ทำแบบสอบถามออนไลน์เพื่อสอบถามความเห็นคนทั่วไปสำหรับแนวคิด Go Green ควบคู่กันไปด้วย ผลการทดสอบแนวคิดได้ผลลัพธ์ออกมาว่า ในเรื่องการออกแบบผลิตภัณฑ์ ไม่ควรเจาะจงเป็นรูปฮิปโป ควรจะออกแบบเป็นกลางๆ และใช้ฮิปโปสำหรับทำแบรนด์แทน สำหรับการทดสอบแนวคิดเรื่องการนำไปใช้ประโยชน์พบว่าการให้บริการประจุแบตเตอรี่มือถือ และแสงสว่างเสียงส่วนใหญ่ให้การยอมรับ

หลังการทดสอบแนวคิดแล้ว ได้ทำการปรับปรุงแนวคิดจากข้อมูลที่ได้ บวกกับความต้องการของลูกค้ารวมเข้าเป็นคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ ที่ติดตั้งง่าย ออกแบบเรียบง่าย ได้กำลังไฟตามที่คาดหวัง จนกระทั่งได้ได้ต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Concept Prototype)

จากการสร้างโมเดลจำลองการตอบสนองของลูกค้าต่อผลิตภัณฑ์นวัตกรรม พบว่า กลุ่มผู้ใช้ที่มีโทรศัพท์มือถือจะเป็นกลุ่มที่สร้างความต้องการในตลาด ทำให้เกิดการดึงของตลาด (Demand Pull) และเหนี่ยวนำให้เกิดการแพร่หลายของนวัตกรรมในที่สุด จากการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการสัมภาษณ์พบว่า ปัจจัยที่ผู้ใช้บริการร้านกาแฟให้ความสำคัญคือ คุณภาพของเครื่องประจุที่ดีไม่ทำให้โทรศัพท์เสียหาย และปัจจัยที่ผู้จัดการร้านกาแฟให้ความสำคัญ คือ ความคุ้มค่าและราคาที่ไม่สูงเกินไป

7.1.3. **การศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจ**

การศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาดผ่านการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของลูกค้าพบว่า มีความเป็นไปได้ทางการตลาด เนื่องจากลูกค้ามีความคุ้มค่าสำหรับการลงทุน ภายใต้สมมุติฐานที่ว่าลูกค้าลงทุนซื้ออุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำและสามารถเก็บค่าบริการประจุแบตเตอรี่ได้ในราคา 10 บาท กำลังการผลิตไฟฟ้าคิดที่ 20 วัตต์ เดินเครื่องวันละ 6 ชั่วโมง จะสามารถประจุแบตเตอรี่โทรศัพท์ได้สูงสุดวันละ 32 เครื่อง หากใช้สมมุติฐานว่ามีลูกค้าใช้บริการเพียง 25% ของกำลังผลิต หรือวันละ 8 เครื่อง จะมีรายได้ปีละ 26,931 บาท ซึ่งจะสามารถคืนทุนได้ภายใน 1 ปี จากเงินลงทุน 24,000 บาท ผลตอบแทนจากการลงทุนของลูกค้า คิดเป็น IRR=112.15% และ NPV=128,619.81 บาท (อัตราคิดลด10%) สำหรับอายุโครงการ 10 ปี

ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าจากการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากการผลิตไฟฟ้าทำได้น้อย ดังนั้นผลจากการหาค่าตอบแทนกรณีลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อพยายามใช้วิธีการหามูลค่าเทียบการขายคาร์บอนเครดิตจึงไม่มีนัยสำคัญ

สำหรับกรณีคิดค่าตอบแทนจากผลกระทบต่อภาพลักษณ์องค์กรที่ดีขึ้นใส่ใจสิ่งแวดล้อม เมื่อลงทุนผลิตไฟฟ้าจากพลังงานเหลือทิ้งและสามารถเพิ่มรายได้ให้กับธุรกิจได้มากขึ้น โดยทำการทดลองสมมุติว่าภาพลักษณ์ที่ดีขึ้นสามารถทำให้กำไรธุรกิจเพิ่มขึ้น พบว่า กำไรทุกๆ 10,000 บาท ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ IRR เพิ่มขึ้น ประมาณ 42%

การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินและผลตอบแทนของโครงการพบว่า การลงทุนเพื่อเป็นผู้ประกอบการจำหน่ายอุปกรณ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำมีความเป็นไปได้ทางการเงิน โดยกรณีฐานมีผลตอบแทนของโครงการ คิดเป็น IRR=30.1% มีระยะเวลาคืนทุนภายในระยะเวลาประมาณ 3 ปี 2 เดือน จากเงินลงทุนเริ่มต้น 530,900 บาท

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับพลังงานทดแทนจากการสอบถามประชากรในกรุงเทพ 63 คนพบว่า ราคาคือปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการยอมรับ โดยราคาที่ถูกลงจะทำให้ผลการยอมรับเพิ่มมากขึ้น ดังจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีพลังงานทดแทนไม่เป็นที่นิยมแพร่หลายเนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนค่อนข้างเยอะแม้ว่าจะมีคนให้ความสำคัญกับพลังงานสะอาดสนใจอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมแต่ด้วยราคาที่สูงทำให้เป็นอุปสรรค ดังนั้นราคาจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึง

7.2.อภิปรายผล

อภิปรายเทียบจากวัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้ดังนี้

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 *เพื่อทำการทดลองผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำที่ไม่ใช่แหล่งพลังงานน้ำตามธรรมชาติ และศึกษาความเป็นไปได้ด้านเทคโนโลยีโดยนำระบบการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำมาประยุกต์ใช้สร้างนวัตกรรม*

จากการดำเนินการทดลองผลิตไฟฟ้า โดยใช้ปั๊มน้ำเป็นแหล่งพลังงานน้ำทดแทนแหล่งพลังงานน้ำธรรมชาติ ผลการทดลองพบว่า สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ 20 วัตต์ โดยใช้ปั๊มน้ำขนาดกำลัง 0.75 กิโลวัตต์ ผลการทดลองดังกล่าวถือได้ว่าประสบผลสำเร็จในระดับเริ่มต้นและมีความเป็นไปได้ทางด้านเทคนิคในการนำระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กมาใช้กับพลังงานน้ำเหลือทิ้ง แต่อย่างไรก็ดีการทดลองดำเนินการเฉพาะในระดับห้องปฏิบัติการ ยังไม่ได้ดำเนินการทดลองกับสถานที่จริงซึ่งอาจจะมีปัจจัยแวดล้อมอื่นที่แตกต่างกันและอาจส่งผลต่อกำลังการผลิตไฟฟ้า ซึ่งยังจำเป็นต้องทำการศึกษาทดลองกับสถานที่จริงในโอกาสต่อไป

สำหรับการนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทดลองนี้ไปประยุกต์ใช้สร้างนวัตกรรมนั้น สามารถสรุปองค์ความรู้ที่ได้ดังประเด็นต่อไปนี้

1) การสูญเสียส่วนใหญ่เกิดที่หัวฉีด

จากการศึกษาก่อนหน้านี้เรื่อง*การออกแบบและสร้างชุดสาธิตกังหันน้ำเพลตันแบบสองหัวฉีด* [53] โดยใช้ปั๊มน้ำขนาด 0.75 กิโลวัตต์ พบว่า เกิดการสูญเสียพลังงานน้ำที่หัวฉีดสูงกว่า 96% จากพลังงานไฟฟ้าที่ปั๊มน้ำได้รับ เป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลการศึกษานำร่องโดยการทดลองโมเดลฉีด โดยปั๊มน้ำขนาด 0.4 กิโลวัตต์ ท่อออกจากปั๊มขนาด 2 นิ้วเมื่อลดขนาดผ่านหัวฉีดให้เหลือ 1.4 เซนติเมตร จะทำให้กำลังน้ำสูญเสียไปที่หัวฉีดสูงกว่า 98% และ ปั๊มน้ำขนาด 0.75 กิโลวัตต์ ท่อออกจากปั๊มขนาด 3 นิ้วเมื่อลดขนาดผ่านหัวฉีดแบบปรับขนาดได้ กำลังน้ำสูญเสียไปที่หัวฉีดสูงกว่า 96% เมื่อเทียบกับกำลังไฟฟ้าที่ปั๊มน้ำใช้ ดังนั้นในโอกาสต่อไปจึงควรทดลองระบบพลังงานน้ำสำหรับการผลิตไฟฟ้าที่ไม่ใช้ระบบฉีด หรือใช้ระบบฉีดร่วมกับระบบการทำงานแบบอื่น เช่น กังหันครอสโฟล

2) ขนาดหัวฉีดมีผลต่อการเกิดกำลังน้ำสูงสุด

ผลจากการศึกษานำร่องพบว่า หัวน้ำในรูปของแรงดันน้ำและอัตราการไหลของน้ำมีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน เมื่อขนาดหัวฉีดเปลี่ยนไปโดย เมื่อรูหัวฉีดมีขนาดใหญ่ขึ้นอัตราการไหลสูงขึ้นแรงดันที่เกจวัดได้จะลดลง ในทางตรงกันข้ามเมื่อรูหัวฉีดมีขนาดเล็กลงอัตราการไหลน้อยลงแรงดันที่เกจวัดได้เพิ่มขึ้น จากสูตรหากำลังน้ำ P_{hydro} (วัตต์) = 9.8 x H (เมตร) x Q (ลิตรต่อ วินาที) ทำให้พบว่าการปรับขนาดหัวฉีดให้เหมาะสมจะทำให้เกิดกำลังน้ำสูงสุด

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 *เพื่อศึกษาแนวทางการพัฒนานวัตกรรมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเหลือทิ้ง*

จากผลการสังเคราะห์ความคิดนวัตกรรมรวบยอดออกมา 8 แนวคิด ในงานวิจัยนี้เลือกแนวคิด Go Green สำหรับการพัฒนาต่อ โดยขั้นตอนการคัดสรรแนวคิดนี้ ทำโดยผู้วิจัยซึ่งอาจจะมีความโน้มเอียงในการคัดสรรและผลการคัดสรรอาจจะแตกต่างจากการให้กลุ่มผู้ใช้เป็นผู้คัดสรร อีกทั้งหากนำทั้ง 8 แนวคิดไปดำเนินการคัดสรรโดยกลุ่มผู้ใช้ที่เกี่ยวข้องในแต่ละแนวคิดอาจจะได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาแนวคิดเพิ่มเติม การคัดสรรแนวคิดโดยผู้วิจัยตามที่กล่าวมาถือเป็นข้อจำกัดสำหรับงานวิจัยนี้ อย่างไรก็ดีแนวคิด Go Green ที่ถูกนำมาพัฒนาในงานวิจัยนี้ได้ศึกษากลุ่มตลาดเป้าหมายและผู้เกี่ยวข้องโดยการประชุมกลุ่ม การสัมภาษณ์ ฯลฯ ซึ่งได้รับข้อมูลที่

เป็นประโยชน์สำหรับใช้เป็นแนวทางในการพัฒนานวัตกรรมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเหลือทิ้ง ดังรายละเอียดที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

แนวทางการพัฒนานวัตกรรมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เป็นเพียงต้นแบบแนวคิด (Conceptual Prototype) ซึ่งยังต้องการการออกแบบรูปร่างหน้าตาของผลิตภัณฑ์ ก่อนจะนำไปผลิตเป็นตัวต้นแบบสำหรับการผลิตต่อไป (รูปที่ 7.1) ทั้งนี้อาจจะรอให้มีผลการวิจัยทดลองเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงให้โมเดลสามารถผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น

รูปที่ 7.1 ขั้นตอนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบ [66]

แหล่งพลังงานแห่งใหม่กับข้อจำกัดใหม่: แนวคิดในการสร้างนวัตกรรม เริ่มจากการสำรวจโอกาส พบว่า มีพลังงานเหลือทิ้งตามอาคาร เช่น น้ำพุ บ่อปลา เป็นการเปลี่ยนกรอบความคิดจากการใช้พลังงานน้ำตามแม่น้ำลำธารหรือ น้ำตก เพื่อลบข้อจำกัดของเทคโนโลยีที่ต้องอยู่ใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ อย่างไรก็ดีพลังงานเหลือทิ้งที่จะใช้เป็นแหล่งพลังงานใหม่สำหรับบางสถานที่อาจจะไม่มากพอที่จะนำมาผลิตไฟฟ้าได้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดใหม่ที่เกิดขึ้น คือ การนำแนวคิดผลิตภัณฑ์ไปใช้งานอาจจะมีข้อจำกัดไม่สามารถใช้งานได้ในทุกสถานที่

การสร้างนวัตกรรมด้วยนวัตกรรม: จากการค้นหาความต้องการตลาดพบว่า แนวคิดผลิตภัณฑ์นวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ ควรจะติดตั้งได้ง่าย ดังนั้นการออกแบบจึงออกแบบให้ตัวเครื่องอยู่บนวัสดุที่ลอยน้ำได้ ซึ่งในที่นี้ไม่เลือกใช้ไฟเบอร์กลาสเนื่องจากกระบวนการผลิตเรซิ่นมีกลิ่นเหม็น และทำลายสุขภาพ จึงเลือกไวท์ครีทโฟม เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติเบาเหมือนโฟมแต่แข็งแรงเหมือนคอนกรีต ข้อดีคือลอยน้ำได้ น้ำหนักเบา เหมาะสมนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์ สำหรับการประยุกต์ใช้กับงานการตลาดสีเขียว บริการประจุแบตเตอรี่มือถือจากพลังงานเหลือทิ้ง จะใช้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า Induction Charger ซึ่งเป็นนวัตกรรมการประจุไร้สาย

เพียงใส่เคสและวางเครื่องโทรศัพท์มือถือลงบนแท่นวางก็สามารถประจุแบตเตอรี่ได้ทันที เพิ่มความน่าสนใจแก่ผู้ใช้งานมากขึ้น

วัตถุประสงค์ข้อที่ 3 *เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางธุรกิจจากแนวทางการพัฒนานวัตกรรม*

การศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาด ทำการศึกษาเฉพาะการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของลูกค้าซึ่งไม่ครอบคลุมทุกด้านในมุมมองทางการตลาด อาทิ การวิเคราะห์คู่แข่งขันในตลาด การศึกษากลยุทธ์การตลาดของผลิตภัณฑ์อื่นๆ ทั้งนี้เนื่องจากขอบเขตของงานวิจัยและข้อจำกัดด้านเวลาในการศึกษา

การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงิน ใช้โมเดลที่ไม่ซับซ้อน โดยจำนวนที่คาดว่าจะขายได้และอัตราการเติบโต สมมุติให้เป็นการตั้งเป้าจากฝ่ายขาย ปีแรกจำนวน 100 เครื่องซึ่งตัวเลขนี้ไม่มีแหล่งข้อมูลอ้างอิงถึงขนาดตลาดที่ชัดเจนทั้งนี้เนื่องจากส่วนหนึ่งเป็นผลิตภัณฑ์สำหรับตลาดใหม่ที่ยังไม่เกิดขึ้น อีกทั้งยังไม่ได้ทดลองผลิตผลิตภัณฑ์ขึ้นมาจริง สำหรับจำหน่ายเพื่อเก็บตัวเลขปริมาณการขายมาใช้อ้างอิง

ราคาขายที่ใช้ในการคำนวณหาผลตอบแทนทางการเงินนั้น ใช้ราคา 19,000 บาท ซึ่งจากการสำรวจด้วยวิธีแบบสอบถามพบว่าช่วงราคาที่ลูกค้าสนใจซื้อเครื่องกำเนิดไฟฟ้านวัตกรรมอยู่ระหว่าง 500 – 25,000 บาท สำหรับค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 7,900 บาท แต่ข้อมูลค่อนข้างกระจาย และจากสัมภาษณ์ผู้จัดการร้านการแฟพบว่าราคาที่สนใจอยู่ที่ 5,000 บาท ซึ่งผลของการสำรวจราคาในช่วง 5,000 – 7,900 บาทนี้ไม่สามารถนำมาใช้ตั้งราคาขายได้เนื่องจาก ต้นทุนของการผลิตสำหรับงานวิจัยนี้อยู่ที่ 12,500 บาท สูงกว่าราคาสำรวจ ดังนั้นในการนำข้อมูลประมาณการทางการเงินไปใช้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนจากสมมุติฐานราคาขาย อย่างไรก็ดีข้อมูลต้นทุนการผลิตที่ 12,500 บาทเป็นการคำนวณจากราคาปลีกของอุปกรณ์ต่างๆ หากการสั่งซื้อในราคาส่งหรือหาแหล่งผลิตราคาถูกกว่านี้ได้ราคาขายอาจจะลดลงมาใกล้เคียงกับราคาที่ได้จากการสำรวจ และจะต้องทำประมาณการทางการเงินใหม่เมื่อได้ข้อมูลราคาต้นทุนการผลิตใหม่

ผลจากการวิจัยเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับนวัตกรรมพลังงานทดแทน พบว่านอกจากราคาของอุปกรณ์ที่ลดลงแล้ว การมีระบบผ่อนชำระช่วยให้การยอมรับนวัตกรรมพลังงานทดแทนมีมากขึ้นด้วยดังนั้น การมีระบบผ่อนชำระอาจจะเป็นตัวช่วยให้ราคาที่ลูกค้าต้องจ่ายในการเริ่มลงทุนซื้อเครื่องไม่สูงถึง 19,000 บาท โดยอาจจะแบ่งชำระ 4 ปี ซึ่งคิดเป็นค่าใช้จ่ายลูกค้าตกปีละประมาณ 5,000 บาท อยู่ในช่วงราคาสำรวจที่ลูกค้ายอมรับ

7.3.ข้อจำกัดและปัญหาที่พบ

1) การทดลองดำเนินการเฉพาะในระดับห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กพลังงานน้ำเหลือทิ้งกับสถานที่จริงยังไม่มีการทดลอง ซึ่งในบริบทการใช้งานจริงอาจจะมีปัจจัยแวดล้อมอื่นที่แตกต่างกันซึ่งอาจส่งผลต่อกำลังการผลิตไฟฟ้า

2) ผลิตภัณฑ์ต้นแบบ (Prototype) สำหรับการผลิตและการจำหน่ายยังไม่ได้ถูกออกแบบขึ้น งานวิจัยจำกัดอยู่ที่แนวคิดต้นแบบเท่านั้น (Conceptual Prototype) (ดูรูปที่ 7.1)

3) การศึกษาความเป็นไปได้ทางการตลาด ทำการศึกษาเฉพาะการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของลูกค้าซึ่งไม่ครอบคลุมทุกด้านในมุมมองทางการตลาด ถือเป็นข้อจำกัดของงานวิจัยนี้

7.4.การวิจัยในอนาคต

จากข้อจำกัดในงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนานวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจากพลังงานน้ำที่ไม่ได้ใช้ให้มีความสมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้นในอนาคต โดยทำการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มเติมดังนี้

1) ใช้ปั๊มน้ำที่มีกำลังน้ำมากขึ้นเพื่อเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าให้ได้มากขึ้น

2) ออกแบบระบบโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามากกว่าหนึ่งตัวในระบบ แต่ใช้ปั๊มน้ำตัวเดียว

3) ใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบรอบต่ำสำหรับโมเดลน้ำวนเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากปั๊มน้ำขนาดเดียวกัน

4) ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบอัตราการเติมอากาศลงในน้ำกับเครื่องเติมอากาศแบบใช้กังหันตีน้ำ

5) ออกแบบระบบไฮบริด ใช้แหล่งพลังงานหลาย แหล่งรวมกันเพื่อให้สามารถสร้างบ้านที่สามารถใช้พลังงานหมุนเวียนได้มากที่สุด

รายการอ้างอิง

[1] Shavinina, L.V. Understanding Innovation : Introduction to Some Important. In Shavinina, L.V., The International Handbook on Innovation, pp.3-14. UK : Elsevier, 2003.

[2] Mckeown, M. The Truth About Innovation, Truth 1: Innovation Is New Stuff That Is Made Useful, CA : Pearson, 2008.

[3] Freeman, C., and Soete, L. The Economics Of Industrial Innovation, 3 ed. UK : Routledge, 1997.

[4] Luecke, R., and Ralph, K. Managing Creativity and Innovation. Boston, MA : Harvard Business School Press, 2003.

[5] Utterback, J.M. The Process of Technological Innovation within the Firm. The Academy of Management Journal 14 (Mar 1971) : 75-88.

[6] Shavinina, L.V., and Seeratan, Kavita L. On the Nature of Individual Innovation. In Shavinina, L.V., The International Handbook on Innovation, pp.31-43. UK : Elsevier, 2003.

[7] Renzulli, J.S. The Three-Ring Conception of Giftedness: Its Implications for Understanding the Nature of Innovation. In Shavinina, L.V., The International Handbook on Innovation, pp.79-96. UK : Elsevier, 2003.

[8] Sternberg, R.J., and Pretz, J.E., and Kaufman, J.C. Types of Innovations. In Shavinina, L.V., The International Handbook on Innovation, pp.158-169. UK : Elsevier, 2003.

[9] Kaufman, J.C., and Sternberg, R.J. The International Handbook Of Creativity, Cambridge : Cambridge University Press, 2006.

[10] Stamm, B.V. Managing Innovation, Design and Creativity, 2 ed. UK : John Wiley and Sons, 2008.

[11] Amabile, T. Creativity in context. Boulder, CO : Westview Press, 1996.

[12] Smith, D. Exploring Innovation,London : Mcgraw-Hill College, 2008.

[13] Freeman, C., and Soete, L. The Economics Of Industrial Innovation, 3 ed. UK : Routledge, 1997.

[14] Miyata, Y. An Analysis of Research and Innovative Activities of Universities in the United States. In Shavinina, L.V., The International Handbook on Innovation, pp.715-738. UK : Elsevier, 2003.

[15] Keklik, M. Innovation And Growth: Long-Cycle Dynamics In The Post-WWII American Manufacturing Industries, GB : Ashgate Publishing, Ltd., 2003.

[16] Drucker, P.F. Innovation And Entrepreneurship: Practice And Principles, 2 revised ed. UK : Elsevier, 2007.

[17] Tidd, J., Bessant, J., and Pravitt, K. Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change, 3rd edition. England : Wiley, 2006.

[18] Porter, M.E. On Competition, 2 illustrated ed. USA : Harvard Business Press, 2008.

[19] Everett, M.R. Diffusion of Innovations, 5 ed. NY : Free Press, 2003.

[20] Geoffrey, A.M. Crossing the Chasm: Marketing and Selling High-Tech Products to Mainstream Customers, UK : Harper Business,1991.

[21] Trott, P.Innovation and Market Research. In Shavinina, L.V., The International Handbook on Innovation, pp.835-844. UK : Elsevier, 2003.

[22] Clayton, M.C. The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms To Fail, US : Harvard Business Press, 1997.

[23] Carayannis, E.G., Gonzalez, E., and Wetter, J. The Nature and Dynamics of Discontinuous and Disruptive Innovations from a Learning and Knowledge Management Perspective. In Shavinina, L.V., The International Handbook on Innovation, pp.115-138. UK : Elsevier, 2003.

[24] Laroche, M., Bergeron, J., and Barbaro-Ferleo, G. Targeting Customers who are willing to pay more for environmentally friendly products. Journal of Consumer Marketing 18 (2001) : 503-520.

[25] Bessant, J. Challenges in Innovation Management. In Shavinina, L.V., The International Handbook on Innovation, pp.761-774. UK : Elsevier, 2003.

[26] O'Sullivan, D., and Dooley, L. Applying Innovation, CA: SAGE Publications, 2009.

[27] Schilling, M.A. Strategic management of technological innovation, 2 illustrated ed. Indiana University : McGraw-Hill/Irwin, 2006.

[28] Skarzynski, P., and Gibson, R. Innovation to the Core: A Blueprint for Transforming the Way Your Company Innovates, Illustrated. USA : Harvard Business School Press, 2008.

[29] Nichols, D. Why innovation funnels don't work and why rockets do. Market Leader (Autumn 2007) : 26-31.

[30] Cooper, R.G., and Scott J.E Lean, Rapid and Profitable, New Product Development, Vol. illustrated. Canada : Product Development Institute, 2005.

[31] Ulrich, G.L., and Eppinger, S.D. Product Design and Development, London : McGraw-Hill, 1995.

[32] Crawford, C.M., and Di Benedetto, A. New Product Management, 9 ed. USA : McGraw-Hill, 2008.

[33] Mahajan, V., Muller, E, and Wind, Y. New-product diffusion models , USA : Springer, 2000.

[34] Trott, P. Innovation Management and New Product Development, 3 ed. UK : Pearson Education, 2005.

[35] Ilar. (cited in wikipedia). Market research. [online]. 1998. Available : http://en.wikipedia.org/wiki/Market_research [11 May 2011]

[36] Hippel, E.V. Lead Users: A Source of Novel Product Concept, Management Science 32, no. 7 (July 1986) : 791-805.

[37] Ansoff, Igor. Strategies for Diversification. Harvard Business Review 35 (Sep-Oct 1957) : 113-124.

[38] OECD, Statistical Office of the European Communities, Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, 3rd Edition. Luxembourg : OECD Publishing, 2005

[39] Koen, P.A. The PDMA Handbook of New Product Development, 2 ed. US : John Wiley & Sons, Inc, 2005.

[40] Adams, R., Bessant, J., and Phelps, R. Innovation management measurement : A review. International Journal of Management Reviews 8 (March 2006) : 21-47.

[41] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, Renewables 2011 Global Status Report, Paris : REN21 Secretariat, 2011.

[42] Paish, O. Small hydro power: technology and current status, Renewable and Sustainable Energy Reviews 6 (2002) : 537–556.

[43] Greacen, C., and Kerins, M. A Guide To Pump-As-Turbine Pico-Hydropower Systems. [ออนไลน์]. 2008. แหล่งที่มา : http://www.palangthai.org/docs/ [11 พฤษภาคม 2554]

[44] ภาพ. กังหันเพลตัน. [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา : http://202.143.137.109/0538/image/Pelton.gif [5 มีนาคม 2556]

[45] ภาพ. กังหันเตอโก. [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา : http://www.greenpower.9nha.com/picture/hydroturbine/hydroturbine10.jpg [5 มีนาคม 2556]

[46] ภาพ. กังหันครอสโฟล. [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา : http://www.waterwheelfactory.com/ossberg.GIF [5 มีนาคม 2556]

[47] ภาพ. กังหันแคปแลน. [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา : http://naturalenergyth.com/NE_water/75oi5e7io.jpg [5 มีนาคม 2556]

[48] ภาพ. กังหันฟรานซิส. [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา : http://www.see.murdoch.edu.au/resources/info/Tech/hydro/image005.jpg [5 มีนาคม 2556]

[49] ภาพ. ประสิทธิภาพการทำงานของกังหันแต่ละประเภท. [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา : http://www.palangthai.org/docs/HydroMonterey120415.pptx [5 มีนาคม 2556]

[50] ISI Web of Science, Thailand Renewable Energy Publications in ISI WOS (2004-2008 อ้างถึงใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2551, กรุงเทพ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ,2551.

[51] Electric Power Research Institute. Directions for Hydro Research and Development, Hydropower Technology Roundup Report Vol. 6, Palo Alto, CA : 2002.

[52] สิทธิพร ใหญ่ธนายศ. การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานกลจากน้ำเก็บสะสมที่มีอยู่บนอาคาร. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม 3 (กรกฎาคม – ธันวาคม 2550) : 32-41.

[53] เกียรติศักดิ์ สุนทรารชุน, ไพศาล บุญส่งกุศลจิต, และ สิริชัย มั่นในธรรม, ชุดสาธิตกังหันน้ำเพลตันแบบ 2 หัวฉีด. ปริญญานิพนธ์, ภาควิชาเทคโนโลยีเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544.

[54] John Robert Taylor, An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements, 2 reprint ed. USA: University Science Books, 1982.

[55] คู่มือประกอบการเรียนปฏิบัติการฟิสิกส์. การวัด เลขนัยสาคัญ ความคลาดเคลื่อนและการวิเคราะห์เชิงสถิติ. [ออนไลน์]. 2556. แหล่งที่มา :

http://www.chanthaburi.buu.ac.th/~physics/การวัด เลขนัยสำคัญ.pdf [8 พฤษภาคม 2556]

[56] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2553-2573 (PDP 2010), กรุงเทพ : กฟผ, 2010.

[57] ข่าวหุ้น. ธุรกิจพลังงาน-พลังงานทดแทน. [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา : http://www.kaohoon.com/online/33126/KBANK-หวังส่วนแบ่งตลาดสินเชื่อธุรกิจพลังงาน-พลังงานทดแทน-อันดับ-1-.htm [5 มีนาคม 2555]

[58] กองพัฒนาพลังงานทดแทน. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ระบบผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจาก เซลล์ลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาอาคารศาลากลางจังหวัดและอาคารของรัฐ. [ออนไลน์]. 2543. แหล่งที่มา : http://www2.egat.co.th/re/egat_pv/egatpv_cityhall/egatpv_cityhall.htm [6 สิงหาคม 2555]

[59] เว็บไซต์. กังหันลมผลิตไฟฟ้าจะสามารถลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างไร เป็นจำนวนเท่าไร. [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา : http://www.prapai.co.th/knowledgeview.php?nid=158 [20 สิงหาคม 2555]

[60] เว็บไซต์. ตลาดคาร์บอนรายสัปดาห์(20–24 สิงหาคม 2555). [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา : http://carbonmarket.tgo.or.th/index.php [8 ตุลาคม 2555] .

[61] สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), บทวิเคราะห์ธุรกิจโรงแรมและรีสอร์ท ปี 2553. กรุงเทพ : สสว., 2553.

[62] ศูนย์รวมร้านอาหารในประเทศไทยบนอินเตอร์เน็ต,จำนวนร้านอาหารทั้งหมดในเว็บไซต์อร่อยดอทคอม. [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา : www.aroys.com [10 เมษายน 2555]

[63] วิกีพีเดีย, รายชื่อห้างสรรพสินค้าในประเทศไทย. [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา : http://th.wikipedia.org/wiki/รายชื่อห้างสรรพสินค้าในประเทศไทย [10 เมษายน 2555]

[64] เว็บไซต์ร้านกาแฟอะเมซอน, ความเป็นมาของร้าน Cafe Amazon. [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา : http://www.cafe-amazon.com/th/faq/Default.aspx [16 ตุลาคม 2555]

[65] Prakobtham, K., Factors that affect on making decisions in the renewable energy. In ThaiTIMA Annual Conference on Technology and Innovation Management, pp 77-85. 17-18 June 2010 At Century Park Hotel Bangkok, 2010.

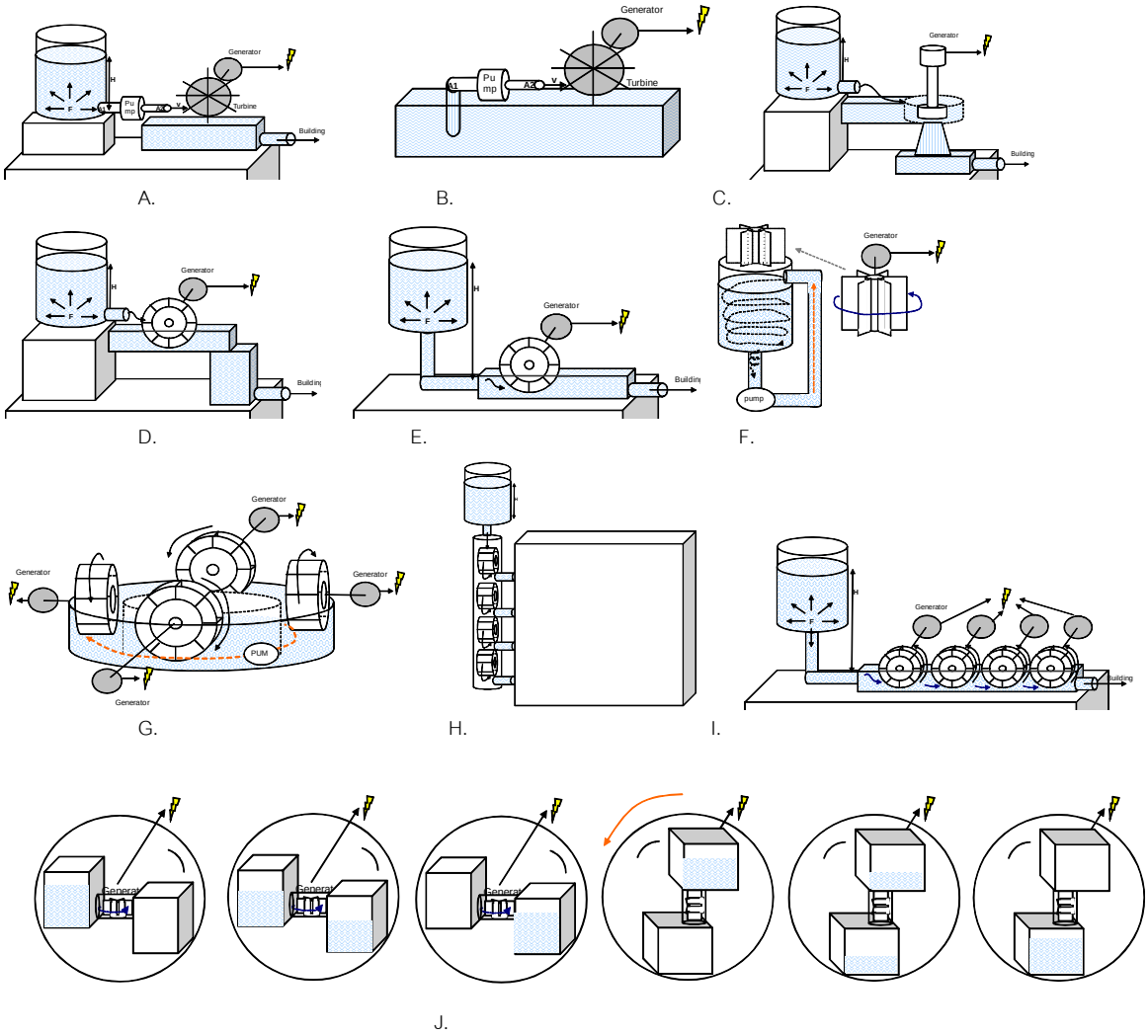
[66] ภาพ. Concept Design. [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา : http://rotationalplastics.co.nz/DesignDevelopment.aspx [2 พฤษภาคม 2555]

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. การศึกษานำร่อง

ก.1 การผลิตความคิดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ

การศึกษานำร่องเป็นการศึกษาเพื่อสร้างและทดสอบโมเดลสำหรับการวิจัยทดลอง โดยเป็นขั้นตอนของการสร้างและคัดเลือกโมเดลที่มีความเหมาะสม เนื้อหาในแรกนี้เป็นการสร้างแนวคิดหลายๆ รูปแบบสำหรับการนำพลังงานน้ำมาใช้หมุนกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้า ผลจากการระดมความคิดได้แนวคิดออกมา 10 โมเดล ดังรูป และโมเดลเหล่านี้จะถูกนำไปกลั่นกรองเพื่อคัดเลือกโมเดลที่จะนำไปดำเนินการทดลองต่อไป



รูปที่ ก.1 การเกิดความคิดระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ

ก.2 การศึกษานำร่อง: การคัดเลือกโมเดล

การคัดเลือกโมเดลใช้แนวทางการประเมินวิธีเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในการคัดเลือก และนำผลที่ได้จากทั้งสองวิธีมาสรุปเพื่อหาโมเดลที่จะนำไปดำเนินการต่อไป

ก.2.1 การประเมินแนวคิดด้วยวิธีเชิงปริมาณ (Scoring)

เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินเป็นเกณฑ์ทางเทคนิค [32] การประเมินแบ่งออกเป็น 2 รอบ โดยเกณฑ์การประเมินรอบแรกมี 7 ข้อดังนี้

ตารางที่ ก.1 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินรอบแรก

เกณฑ์ในการประเมิน	แนวทางในการประเมิน
ระดับความซับซ้อนของงานเทคนิค Technical task difficulty	พิจารณาความยากง่ายของการประดิษฐ์ -1 = ความซับซ้อนสูงมาก 0 = ความซับซ้อนไม่สูง 1 = ความซับซ้อนน้อย
ความต้องการงานด้านเทคนิค Technical service required	พิจารณาจากปริมาณน้ำที่ต้องการเพื่อให้ทำงานได้ -1 = ต้องการปริมาณน้ำมาก 0 = ต้องการปริมาณน้ำไม่มาก 1 = ต้องการปริมาณน้ำน้อย
โอกาสต้นทุนที่แข่งขันได้ Likelihood of competitive cost	พิจารณาจากการใช้ค่าใช้จ่ายพลังงานในการใช้งาน -1 = มีค่าใช้จ่ายมาก 0 = มีค่าใช้จ่ายบ้าง 1 = ไม่มีค่าใช้จ่าย
การออกแบบที่เหนือกว่า Design of superiority assurance	พิจารณาจากขนาดของอุปกรณ์ไม่ใช้พื้นที่มาก -1 = ต้องการใช้พื้นที่มาก 0 = ต้องการใช้พื้นที่ไม่มาก 1 = ต้องการใช้พื้นที่น้อย
มีความเป็นนวัตกรรม Innovation	พิจารณาจากความใหม่และการนำไปใช้ประโยชน์ -1 = ความใหม่และการนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย 0 = ความใหม่และการนำไปใช้ประโยชน์ได้บ้าง 1 = ความใหม่และการนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก
อัตราการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี Rate of technological change	พิจารณาจากเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในภาพรวมของระบบการทำงาน -1 = สามารถเปลี่ยนแปลงโดยง่าย 0 = มีโอกาสเปลี่ยนแปลงได้บ้าง 1 = ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยง่าย
กระบวนการ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต Manufacturing equipment/processes	พิจารณาจากความกระบวนการในการติดตั้ง เช่น ไม่ต้องติดตั้งบนดาดฟ้าซึ่งมีข้อจำกัดกว่าการติดตั้งบนพื้นราบ -1 = การติดตั้งทำได้ยาก 0 = การติดตั้งทำได้ไม่ยาก 1 = การติดตั้งทำได้โดยง่าย

การให้คะแนนในรอบแรก มีคะแนนให้ 3 ค่า คือ

- -1 คะแนนติบลบ 1 หมายถึง ไม่ดี
- 0 คะแนนศูนย์ หมายถึง ปานกลาง
- 1 คะแนนบวก 1 หมายถึง ดี

เกณฑ์การผ่านการคัดเลือกจะต้องได้คะแนนรวมมากกว่า 0 คะแนน

ผลการประเมินรอบแรก

ผลการประเมินพบจากผู้ทำการวิจัยพบว่า มีโมเดลที่ได้คะแนนรวมมากกว่า 0 จำนวน 4 โมเดล ได้แก่โมเดล B,F,G และ J โดยโมเดลเหล่านี้จะนำไปทำการประเมินรอบที่ 2

ตารางที่ ก. 2 ผลการประเมินรอบแรก

	Criteria /model	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Technical task difficulty	1	1	1	1	1	1	0	-1	0	-1
2	Rate of technological change	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
3	Likelihood of competitive cost	-1	-1	1	1	1	-1	-1	0	1	0
4	Design of superiority assurance	-1	1	0	0	0	1	-1	-1	-1	0
5	Innovation	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
6	Technical service required	-1	1	-1	-1	-1	1	0	-1	-1	0
7	Manufacturing equipment/processes	-1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
	Total Score	-4	5	-1	-1	-1	5	1	-5	-3	2
	Rank	10	1	5	5	5	1	4	11	9	3
	Result	no	pass	no	no	no	pass	pass	no	no	pass

การประเมินรอบสอง

จากผลการประเมินในรอบแรก โมเดลที่มีคะแนนมากกว่า 0 จะนำมาพิจารณาในรอบสองการให้คะแนนในรอบสอง มีคะแนนให้ 5 ค่า คือ

- 5 คะแนน หมายถึง ดีมาก
- 4 คะแนน หมายถึง ดี
- 3 คะแนน หมายถึง ปานกลาง
- 2 คะแนน หมายถึง ไม่ดี
- 1 คะแนน หมายถึง ไม่ดีมาก

เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจะใช้การจัดลำดับคะแนน (Ranking) โดยโมเดลที่มีคะแนนสูงสุด 3 อันดับแรกจะถูกพิจารณาในการนำไปพัฒนา

ตารางที่ ก.3 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินรอบสอง

เกณฑ์ในการประเมิน	แนวทางในการประเมิน
ทักษะการวิจัย Research skills requires	พิจารณาความยากง่ายของการทดลอง 1,2 = การทดลองมีความซับซ้อนสูงมาก,สูง 3 = การทดลองมีความซับซ้อนไม่สูง 4,5 = การทดลองมีความซับซ้อนน้อย
ทักษะในการพัฒนา Development skills required	พิจารณาจากความยากง่ายในการสร้างอุปกรณ์ 1,2 = ไม่สามารถสร้างได้ด้วยตัวเอง 3 = สามารถวสร้างได้เองบางอย่าง 4,5 = สามารถสร้างได้ด้วยตัวเอง
ความต้องการจำนวนเงินลงทุน Dollar investment required	พิจารณาจากการประมาณค่าใช้จ่ายในการสร้างอุปกรณ์ 1,2 = มีประมาณค่าใช้จ่ายสูง 3 = มีประมาณค่าใช้จ่ายกลาง 4,5 = มีประมาณค่าใช้จ่ายไม่สูง
กระบวนการ/อุปกรณ์ทางเทคนิค Technical equipment/process	พิจารณาจากระยะเวลาในการพัฒนาอุปกรณ์ 1,2 = ต้องการใช้ระยะเวลามาก 3 = ต้องการใช้ระยะเวลาไม่มาก 4,5 = ต้องการใช้ระยะเวลาน้อย
ความร่วมมือของผู้ขาย Vendor cooperation available	พิจารณาจากการความยากง่ายในการหาช่างทำ 1,2 = หาช่างทำได้ยาก 3 = หาช่างทำได้ไม่ยาก 4,5 = หาช่างทำได้ง่าย
ผู้ร่วมงานมีความพร้อม Team people available	พิจารณาจากกำลังคนที่ต้องใช้ในการทดลองใช้งานจริง 1,2 = ใช้กำลังคนมาก 3 = ใช้กำลังคนไม่มาก 4,5 = ใช้กำลังคนน้อย
มีความเป็นนวัตกรรม Innovation	พิจารณาจากความใหม่และใช้ประโยชน์ได้ 1,2 = ความใหม่และการนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย 3 = ความใหม่และการนำไปใช้ประโยชน์ปานกลาง 4,5 = ความใหม่และการนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก

ผลการประเมินรอบสอง

จากผลการประเมินรอบสองพบว่าโมเดลที่ได้คะแนนมากที่สุดเรียงตามลำดับได้แก่ โมเดล F B G และ J ตามลำดับ ผลการประเมินจะนำไปพิจารณาสำหรับสร้างโมเดลในการทดลองต่อไป

ตารางที่ ก.4 ผลการประเมินรอบสองแสดงคะแนนหลังถูกถ่วงน้ำหนักแล้ว

		weight	B	F	G	J
1	Research skills requires	20%	1.0	1.0	0.4	0.4
2	Development skills required	20%	0.2	0.8	0.2	0.2
3	Dollar investment required	15%	0.6	0.6	0.2	0.2
4	Technical equipment/process	10%	0.4	0.4	0.1	0.1
5	Vendor cooperation available	10%	0.3	0.4	0.3	0.1
6	Team people available	10%	0.4	0.4	0.3	0.2
7	Innovation	15%	0.5	0.8	0.3	0.6
		100%	3.35	4.35	1.75	1.75
		Rank	2	1	3	3

ก.2.2 การประเมินแนวคิดวิธีเชิงคุณภาพ

การประเมินแนวคิดโดยวิธีเชิงคุณภาพเป็นการใช้การพิจารณาแบบไม่ใช้ตัวเลข โดยพิจารณาโดยใช้การให้เหตุผลพรรณาในการพิจารณา มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ ก.5 การประเมินความคิดวิธีเชิงคุณภาพ

Model	Concept	Evaluation	Action
A	ใช้แรงน้ำจากถังบนหลังคา	ปริมาณการใช้น้ำในแต่ละวันอาจจะไม่เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้า และยังขาดความต่อเนื่องของการไหล	Hold
B	ใช้ปั๊มในบ่อปลา	บ่อเลี้ยงปลามีการใช้ปั๊มเพื่อเติมอากาศอย่างต่อเนื่อง น่าจะนำพลังงานที่เสียไปตรงนี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้	Go
C	ใช้กังหันน้ำหัวน้ำต่ำ (Low head water turbine)	มีข้อจำกัดคล้ายข้อ A	Hold
D	วงล้อน้ำแบบ Breast shot	มีข้อจำกัดคล้ายข้อ A	Hold
E	วงล้อน้ำ Undershot	มีข้อจำกัดคล้ายข้อ A	Hold
F	น้ำวนแบบ Vortex	โมเดลน่าสนใจ ตัวอย่าง การเกิดพายุหมุนมีพลังทำลายล้างสูง การสะสมของโมเมนตัม อาจจะนำแรงหมุนตัวนี้มาใช้ประโยชน์ได้	Go

ตารางที่ ก.5 การประเมินความคิดวิธีเชิงคุณภาพ (ต่อ)

Model	Concept	Evaluation	Action
G	กังหันหลายตัว ในรางน้ำไหลแบบโดนัท	โมเดลน่าสนใจ การลดการสูญเสียโดยการทำรางน้ำเป็นรูปวงกลม อาจจะทำให้กระแสน้ำรักษาโมเมนตัมไว้ได้	Go
H	กังหันหลายตัวในรางน้ำไหลแนวดิ่ง	การพัฒนาอุปกรณ์มีความยุ่งยาก ในเรื่องการจ่ายน้ำเข้าอาคารและทำให้เกิดการไหลของน้ำเพื่อหมุนกังหันในเวลาเดียวกัน	Hold
I	กังหันหลายตัว ในรางน้ำไหลแนวนอน	มีข้อจำกัดคล้ายข้อ A	Hold
J	ใช้การกลิ้งในการยกน้ำขึ้นที่สูง	การพัฒนาโมเดลมีความซับซ้อน	Hold

แนวคิดที่จะใช้หัวน้ำ (Head) จากแทงค์น้ำบนอาคารมาใช้ผลิตไฟฟ้าเมื่อพิจารณาข้อมูลปริมาณการใช้งานน้ำในแต่ละวัน พบว่าปริมาณการใช้น้ำ 200 ลิตรต่อคนในแต่ละวันอาจจะไม่เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้า อีกทั้งระบบจ่ายน้ำตามแรงโน้มถ่วง (Gravity Feed/Downfeed System) อาคารต้องมีความสูงระดับ 10 ชั้นขึ้นไปจึงมีแรงดันน้ำเพียงพอ ไม่ต้องใช้ไฟฟ้าสำหรับการจ่ายน้ำลงมา ดังนั้นโมเดลที่อ้างอิงกับการใช้หัวน้ำจากการใช้น้ำประจำวันจึงตกไป และเมื่อสำรวจข้อมูลพบว่ามีระบบเติมอากาศที่ใช้ปั๊มน้ำเติมอากาศซึ่งเป็นพลังงานเหลือทิ้ง (Waste Energy) น่าจะนำมาใช้ผลิตไฟได้ ดังนั้น จากการประเมินความคิดวิธีเชิงคุณภาพ โมเดลที่จะถูกนำไปใช้ ได้แก่ โมเดล B,F,G

ก.3 การศึกษานำร่อง : การทดสอบโมเดล

จากผลการประเมินได้คัดเลือกแนวคิดโมเดล B,G และ H เป็นโมเดลที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลการทำงานต่อไป

B.InJect F.Vortex G.Donut

รูปที่ ก.2 โมเดลที่สร้างเพื่อใช้ในการทดลอง

<u>การทดลองการหมุนกังหันโดยการฉีดน้ำ</u>

การทดลองหมุนกังหันเพื่อศึกษาหาความเป็นไปได้ในการหมุนกังหันจากลักษณะการไหลของน้ำแบบต่างๆ และวัดความเร็วรอบของกังหันอย่างคร่าวๆ โดยใช้ปั๊มน้ำขนาด อัตราการไหล 3,000 ลิตร/ชั่วโมงเป็นตัวทดสอบ

ตารางที่ ก.6 ผลการทดลองการทำงานโมเดล B,F และ G

การทดลอง	วิธีการทดลอง	ผลการทดลอง	สรุปผลการทดลอง
Model B	+สร้างกังหันตามแบบ B +นำปั๊มน้ำชนิดจุ่มทดลองฉีดกังหัน	+กังหันมีความฝืด ไม่หมุน +แก้ไขกังหันให้ลื่นขึ้นหมุนได้ง่ายขึ้น +น้ำสามารถฉีดใบพัดให้หมุนได้ 60-100 รอบต่อนาที	+น้ำสามารถฉีดใบพัดให้หมุนได้
Model F	+สร้างโมเดล F ทำการเจาะรูที่ก้นถัง ติดปั๊มไว้ตรงรูก้นถัง และสูบน้ำกลับขึ้นไปสร้างน้ำวน ใช้วงล้อจักรยานที่มีเฟืองท้ายติดใบพัดแล้วทดลองหมุน	+ความเร็วรอบที่ได้แปรผันไปตามกังหันที่ใช้ ความเร็วของการฉีด และขนาดถัง +ได้รอบการหมุนประมาณ 40-100 รอบต่อนาที	+สามารถสร้างน้ำวนเพื่อหมุนกังหันได้อย่างดี
Model G	+สร้างรางน้ำรูปโดนัท +ฉีดน้ำจากปั๊มในรางน้ำรูปโดนัทนำไปหมุนกังหันที่วางอยู่ตามแนวราง	+ไม่สามารถเกิดกระแสน้ำไหลวนตามรางรูปโดนัทอย่างที่คิดไว้ตอนแรก +แรงดันน้ำที่ฉีดออกจากปั๊มเป็นเส้นตรง และโดนน้ำในรางด้าน(absorb) ไว้ทำให้น้ำปลายรางไม่มีแรงไหล	+รางน้ำรูปโดนัทไม่สามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าสำหรับอาคารได้

<u>สรุป</u> หลังจากที่ได้ทดลองเรื่องการหมุนกังหันจากระบบไหลของน้ำในรูปโมเดลต่างๆ แล้วพบว่าแบบโมเดล B,F สามารถทำงานได้ส่วนแบบ G ไม่สามารถทำงานได้

การทดลองผลิตไฟฟ้าและปรับปรุงโมเดล

หลังจากทดสอบการหมุนของกังหันโดยการฉีดน้ำแล้วในส่วนนี้เป็นการทดสอบการผลิตไฟฟ้าโดยใช้โมเดล B และ F ในการทดลอง พร้อมกับทำการปรับปรุงโมเดลเพื่อให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้นไปด้วย โดยการทดลองยังไม่จ่ายโหลด ผลการทดลองที่ได้แสดงในตารางที่ ก.7

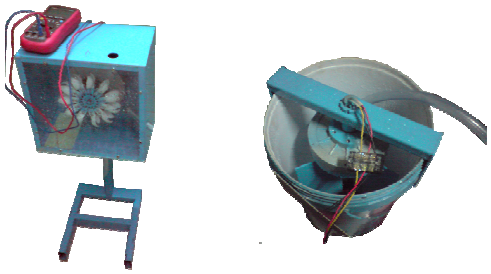
ตารางที่ ก.7 ผลการทดลองผลิตไฟฟ้าและปรับปรุงโมเดล

โมเดล	การพัฒนา	ผลการพัฒนา	ข้อเสนอแนะ
B	#1.ติดตั้ง PMG 100W เข้ากับกังหัน (รูปก.2 ภาพ B)	+วัดแรงดันได้ 12Vac	เปลี่ยนใช้กังหันแบบเพลตัน (Pelton turbine)
	#2. PMG 100W ใช้กังหันแบบเพลตัน (Pelton)	+วัดแรงดันได้ 5.8-6.0Vac	ทดลองใช้หัวฉีดขนาดเล็กลง (Nozzle) เพื่อเพิ่มความเร็วน้ำ
	#3. PMG 100W ใช้หัวฉีด (Nozzle)	+หัวฉีดขนาด 13mm วัดแรงดันได้ 13.9-14.2Vac +หัวฉีดขนาด 10mm วัดแรงดันได้ 14.8-17.0Vac	ทดลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ขึ้น
	#4.ใช้ PMG ขนาด 200W ใช้กังหันแบบเพลตัน (Pelton)	+ไม่ใช้หัวฉีด 35.0-37.2Vac +หัวฉีดขนาด 13mm วัดแรงดันได้ 47.0-49.0Vac +หัวฉีดขนาด 10mm วัดแรงดันได้ 56.0-57.0Vac	+ทดลองใช้ปั๊มขนาดใหญ่ขึ้น
F.	#1.ติดตั้ง PMG 100W เข้ากับกังหัน (รูปก.2 ภาพ B)	+เกิดช่องว่างอากาศที่ก้นถัง ทำให้น้ำเข้าปั๊มไม่ทัน ส่งผลให้ปั๊มสำลักและไม่มีน้ำส่งเข้าสู่ระบบไหลวน	ปรับโมเดลให้มีฐานรับน้ำก่อนส่งน้ำกลับด้านบน
	#2. PMG 100W ปรับโมเดลให้เป็นแบบใหม่ไหลเข้าไหลออก เพื่อแก้ปั๊มสำลัก	+วัดแรงดันได้ 4.7-4.8Vac	+เพิ่มเฟืองในการทดรอบการหมุน +ทดลองใช้หัวฉีดขนาดเล็กลง (Nozzle) เพื่อเพิ่มความเร็วน้ำ
	#3.1 PMG 100W เพิ่มเฟืองทดรอบการหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	+วัดแรงดันได้ 4.8-5.5Vac	ผลจากการทดรอบไม่ได้สร้างความแตกต่างในการสร้างแรงดันกระแสไฟฟ้าได้มากนัก และการใช้เฟืองทดรอบมีปัญหาการสะดุดระหว่างการหมุนอันเนื่องมาจากการสร้างตัวโมเดลโดยเฟืองอาจจะไม่สมมาตรเพียงพอ
	#3.2 PMG 100W ใช้หัวฉีด (Nozzle)	+หัวฉีดขนาด 13mm วัดแรงดันได้ 5.1-5.2Vac +หัวฉีดขนาด 10mm วัดแรงดันได้ 4.6-4.7Vac	ทดลองเจนเนอเรเตอร์ขนาดใหญ่ขึ้น
	#4.ใช้ PMG ขนาด 200W	+ไม่ใช้หัวฉีด 15.7-16.3Vac +หัวฉีดขนาด 13mm วัดแรงดันได้ 17.8-18.0Vac +หัวฉีดขนาด 10mm วัดแรงดันได้ 16.7-17.0Vac	+ตำแหน่งการฉีดที่น้ำเข้ามีผลต่อความเร็วในการหมุน +แม้ว่าความเร็วน้ำที่สูงขึ้นจะทำให้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ดูจากผลการทดลองการไม่ใช้หัวฉีดและการใช้หัวฉีด 13mm ทว่าหัวฉีดขนาด 10mm สร้างแรงดันได้น้อยกว่า +ทดลองกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารอบต่ำ +ปรับโมเดลรูปถังให้เป็นครึ่งกระบอกด้านบนครึ่งกรวยด้านล่าง +ทดลองใช้ปั๊มขนาดใหญ่ขึ้น

<u>สรุป</u> ผลการทดลองและการปรับปรุงโมเดล แล้วพบว่า แบบโมเดล B ให้แรงดันไฟฟ้ามากกว่าโมเดล F

<u>การพัฒนาโมเดลและการทดลองจ่ายโหลดทางไฟฟ้า</u>

จากผลการทดลองก่อนหน้านำมาพัฒนาโมเดล B โดยใช้กังหันเพลตัน และทำโครงสร้างให้มั่นคงแข็งแรง และโมเดล F ทำการพัฒนาโดยนำเฟืองทดออกและปรับสมดุลให้กังหันหมุนได้คล่องขึ้น ผลการทดลองแสดงดังตาราง



รูปที่ ก.3 โมเดล B และ F ปรับปรุงใหม่

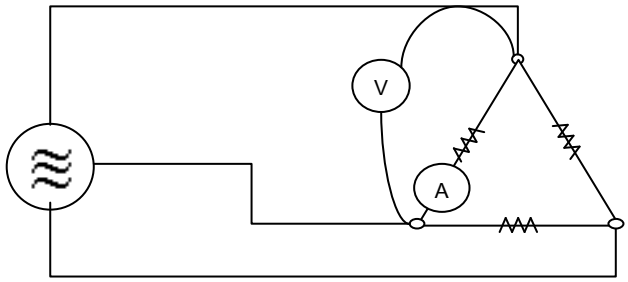
ตารางที่ ก.8 ผลการทดลองจ่ายโหลดทางไฟฟ้า

การทดสอบ	โมเดล B น้ำฉีด	โมเดล F น้ำวน
ทดสอบกับชุดหลอดไฟ LED DC 12V	ไฟติดทั้งหมด 37 ดวง	ไฟติด 1 ดวง
ทดสอบการประจุแบตเตอรี่	ได้กระแสไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 62.7mA แรงดันไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 5.8Vdc	ไม่มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น แรงดันไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 2.7Vdc

<u>สรุป</u> ผลการทดลองจ่ายโหลดทางไฟฟ้ากับโมเดลที่พัฒนาใหม่แล้วพบว่า แบบโมเดล B สามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อจ่ายโหลดหลอดไฟและประจุแบตเตอรี่ได้ แต่ โมเดล F ไม่สามารถ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้มีขนาดความเร็วรอบในการทำงานสูงกว่าการหมุนของกังหันของมเดล F ดังนั้นการปรับปรุงโมเดล F ในอนาคตจึงควรใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีรอบการทำงานต่ำ เช่น 40 รอบต่อนาทีมาใช้ในการทดลองต่อไป

<u>การทดลองหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้</u>

การทดลองเพื่อหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ดำเนินการทดลองโดยต่อโหลด 3 เฟสสมดุลแบบเดลต้าโดยใช้โมเดล B และ ปั๊มน้ำ AQ2-22550 ขนาดกำลัง 0.4 กิโลวัตต์ และปั๊มน้ำ SM7.5 ขนาดกำลัง 0.75 กิโลวัตต์ ในการทดลอง



รูปที่ ก. 4 วงจร 3 เฟสสมดุลและจุดวัด

ตารางที่ ก.9 ผลการทดลองกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากปั๊มน้ำ AQ2-22550 ขนาด 0.4 กิโลวัตต์

	โวลต์	มิลลิแอมป์	วัตต์	วัตต์ (3 เฟส)
ไม่จ่ายโหลด (no load)	80.0	0	0	0
หลอดไฟ 3 วัตต์ 1 ดวง	60.0	34.5	2.07	6.21
หลอดไฟ 3 วัตต์ 2 ดวง	43.0	56.6	2.43	7.30
หลอดไฟ 25 วัตต์t 1 ดวง	40.0	63.0	2.52	7.56
หลอดไฟ 25 วัตต์ 1 ดวง + หลอดไฟ 3 วัตต์ 2 ดวง	24.0	87.0	2.08	6.26

ตารางที่ ก.10 ผลการทดลองกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้จากปั๊มน้ำ SM7.5 ขนาด 0.75 กิโลวัตต์

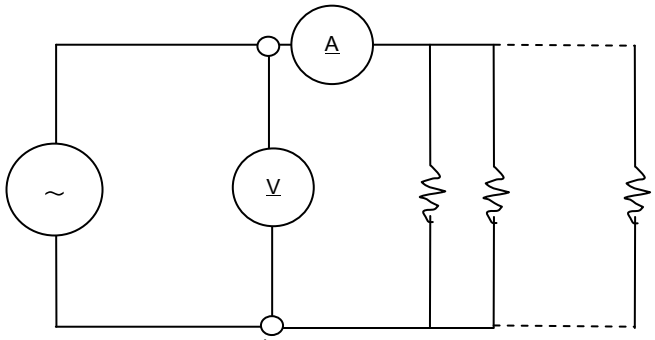
	โวลต์	มิลลิแอมป์	วัตต์	วัตต์ (3 เฟส)
หลอดไฟ 25 วัตต์ 3 ดวง	62.40	75.30	4.70	14.10
หลอดไฟ 60 วัตต์ 3 ดวง	39.43	138.49	5.46	16.39

<u>สรุป</u> การต่อ 3 เฟสแบบสมดุลสามารถวัดค่าแรงดันเฟส-เฟส และกระแสเฟส-เฟส จากผลการทดลองจ่ายโหลดด้วยหลอดไฟขนาดต่างๆ กับปั๊มขนาด 0.4 กิโลวัตต์ พบว่า กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากการทดลองอยู่ในช่วง 2.07-2.52 วัตต์ และจากสูตร 3เฟสกระแสสลับ หา VA ได้ = 3 x V x A x PF จะได้ว่า ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าประมาณ 6.21-7.56 วัตต์ และผลการทดลอง

กับปั๊มน้ำขนาด 0.75 กิโลวัตต์พบว่าได้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากการทดลองอยู่ในช่วง 4.7 – 5.46 วัตต์ และค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากสูตร 3เฟส มีค่าประมาณ 14.10-16.39 วัตต์

การเปลี่ยนโมเดลและการทดลองใหม่ (Redesign)

เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่ได้ยังน้อยอยู่จึงทำการเปลี่ยนโมเดลที่ใช้ในการทดลองใหม่เป็นชุดกังหันคอสั้น ซึ่งประกอบไปด้วยกังหันแบบเตอโกและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสขนาด 600 วัตต์ ทำการทดลองโดยใช้ปั๊ม AQ2-22550 ขนาด 0.4kW และ SM7.5 ขนาด 0.75 กิโลวัตต์ ผลการทดลองดังแสดงในตาราง



รูป ก.5 วงจรที่ใช้ในการทดลองและจุดวัด

ตารางที่ ก.11 ผลการทดลองผลิตไฟฟ้าจากกังหันคอสั้นกับปั๊มน้ำ AQ2-22550 ขนาด 0.4 กิโลวัตต์

หลอดไฟ	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแส (มิลลิแอมป์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(วัตต์)
No load	136.4	0	0	0
1 ดวง (25W)	98.7	68.7	6.781	6.816
	99.3	69.0	6.852	
2 ดวง(50W)	76.0	122.2	9.287	9.435
	77.6	123.5	9.584	
3 ดวง(75W)	56.5	162.4	9.176	9.310
	57.8	163.4	9.445	
4 ดวง	45.3	179.8	8.145	8.108
(100W)	44.3	182.2	8.071	
5 ดวง	34.0	208.8	7.099	6.941
(125W)	34.0	199.5	6.783	
6 ดวง	24.5	231.6	5.674	5.660
(150W)	24.7	228.6	5.646	
7 ดวง	17.8	231.0	4.112	4.240
(175W)	18.2	240.0	4.368	

ตารางที่ ก.11 ผลการทดลองผลิตไฟฟ้าจากกังหันคอสั้นกับปั๊มน้ำ AQ2-22550 ขนาด 0.4 กิโลวัตต์ (ต่อ)

หลอดไฟ	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแส (มิลลิแอมป์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(วัตต์)
8 ดวง	15.8	234.4	3.704	3.760
(200W)	16.1	237.1	3.817	
9 ดวง	10.8	223.9	2.418	2.612
(225W)	12.0	233.8	2.806	
10 ดวง	8.4	249.8	2.098	2.322
(250W)	8.9	286.1	2.546	
11 ดวง	6.7	266.3	1.784	1.840
(275W)	6.4	296.3	1.896	

ตารางที่ ก.12 ผลการทดลองผลิตไฟฟ้าจากกังหันคอสั้นกับปั๊มน้ำ SM7.5 ขนาด 0.75 กิโลวัตต์

หลอดไฟ	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	กระแส (มิลลิแอมป์)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย(วัตต์)
4 ดวง	90.9	258.7	23.516	23.589
(100W)	91.5	258.6	23.662	
8 ดวง	46.6	365.6	17.037	17.064
(200W)	46.9	364.4	17.090	

<u>สรุป</u> จากผลการทดลองพบว่าปั๊มน้ำขนาด 0.4 กิโลวัตต์สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 9.43 วัตต์ และเมื่อเพิ่มขนาดกำลังของปั๊มน้ำเป็น 0.75 กิโลวัตต์ สามารถผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้นสูงสุด 23.5 วัตต์

ผลจากการศึกษานำร่องพบว่าโมเดลกังหันคอสั้นสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้สูงสุดและเลือกโมเดลกังหันคอสั้นไปใช้ในการทดลอง ส่วนโมเดลอื่นจะได้นำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทดลองครั้งนี้นำไปพัฒนาต่อไป

ภาคผนวก ข. ปั๊มน้ำที่ใช้ในการทดลองและการประมาณกำลังน้ำ

ข.1 ปั๊มน้ำที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ จะใช้ปั๊มน้ำเป็นต้นกำเนิดพลังงานน้ำ ปั๊มน้ำมีหลายประเภทในที่นี้เลือกปั๊มชนิดจุ่ม (Submersible Pump) ในการศึกษาเนื่องจากสะดวกในการติดตั้งและเปลี่ยนแปลงโครงสร้างระบบการทำงานได้ง่าย

<u>การเลือกขนาดของปั๊มน้ำในการศึกษา</u>

จากการสำรวจข้อมูลพบว่า ปั๊มน้ำที่เหมาะสมในการศึกษาครั้งนี้ คือใช้ปั๊มน้ำ ขนาด 0.4 กิโลวัตต์ และ 0.75 กิโลวัตต์

ปั๊มน้ำขนาด 0.4 กิโลวัตต์ เป็นปั๊มน้ำที่ใช้เป็นตัวแทนปั๊มน้ำที่ใช้สำหรับอาคารบ้านเรือนที่มีการปั๊มน้ำใช้สำหรับทาวน์โฮม 3 ชั้น หรือ บ้านเดี่ยวขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายที่สนใจ

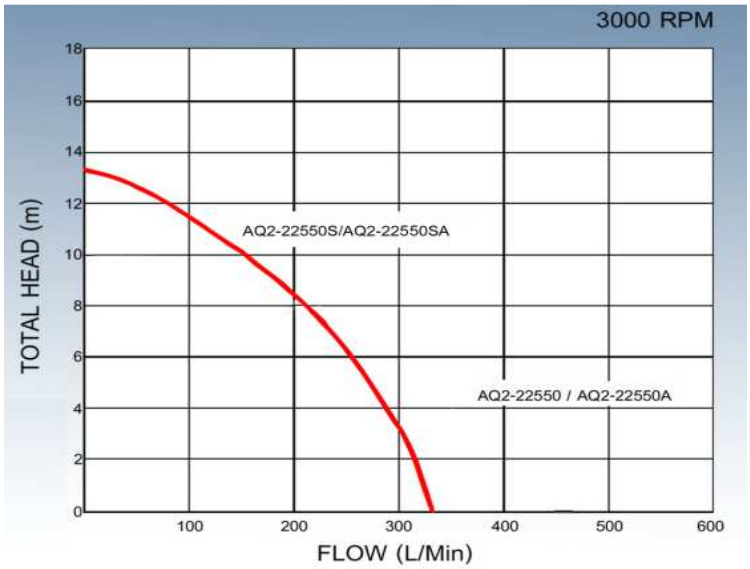
ตารางที่ ข.1 ลักษณะบ้านและการใช้งาน กับขนาดปั๊มที่เหมาะสม

ลักษณะบ้านและการใช้งาน	ขนาดปั๊มน้ำที่เหมาะสม (วัตต์)
บ้านไม่เกิน 2 ชั้น มีการใช้น้ำพร้อมกันไม่เกิน 2 จุด	100
บ้านไม่เกิน 2 ชั้น มีการใช้น้ำพร้อมกันไม่เกิน 2 จุด มีเครื่องทำน้ำอุ่น 1 เครื่อง หรือ ทาวน์เฮาส์ 2 ชั้น พื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 120 ตร.ม	150
บ้านไม่เกิน 3 ชั้น มีการใช้น้ำพร้อมกันไม่เกิน 2 จุด มีเครื่องทำน้ำอุ่น 1 เครื่อง	200
บ้านไม่เกิน 4 ชั้น มีการใช้น้ำพร้อมกันไม่เกิน 3 จุด มีเครื่องทำน้ำอุ่น 1 เครื่อง หรือ ทาวน์โฮม 3 ชั้นหรือบ้านเดี่ยวไม่ใหญ่มาก	250
บ้านไม่เกิน 4 ชั้น มีการใช้น้ำพร้อมกันไม่เกิน 3 จุด มีเครื่องทำน้ำอุ่น 2 เครื่อง หรือ ทาวน์โฮม 3 ชั้นใหญ่หรือบ้านเดี่ยวใหญ่	300
บ้านเดี่ยวหลังใหญ่ พื้นที่ใช้สอย 400 ตร.ม ขึ้นไป	400

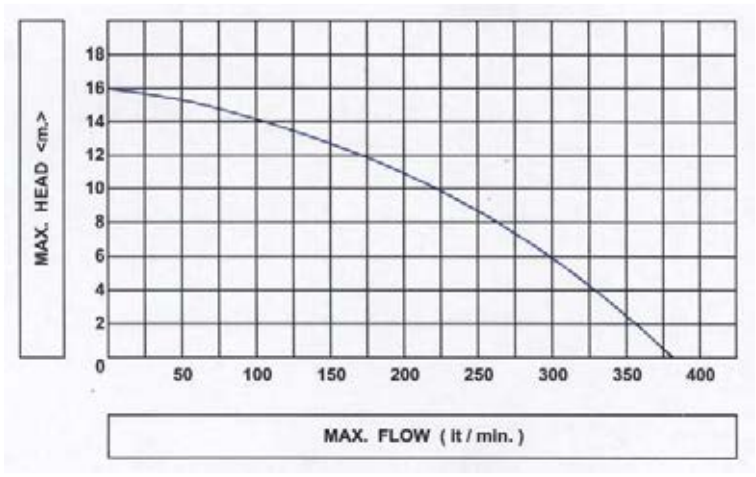
ปั๊มน้ำขนาด 0.75 กิโลวัตต์ เป็นปั๊มน้ำที่เป็นตัวแทนสำหรับกลุ่มลูกค้าใช้งานปั๊มน้ำทั่วไป โดยการสอบถามผู้จำหน่ายปั๊มซาวาดะ ทำให้ทราบว่าปั๊มขนาด 0.75 กิโลวัตต์ เป็นปั๊มน้ำขนาดที่นิยมซื้อใช้งานโดยทั่วไป และปั๊มขนาด 0.75 กิโลวัตต์ มีการศึกษาทดลองมาแล้ว [53] ว่าสามารถผลิตไฟฟ้าได้

ข้อมูลปั๊มน้ำ

ปั๊มน้ำที่ใช้ในการศึกษาใช้ปั๊มซาวาดะ รุ่น AQ2-22550 ขนาดกำลัง 0.4 กิโลวัตต์ และปั๊มอะซูมิ SM7.5 ขนาดกำลัง 0.75 กิโลวัตต์ โดยมี เส้นกราฟของปั๊มดังนี้



รูปที่ ข.1 กราฟการทำงาน ปั๊ม AQ2-22550



รูปที่ ข.2 กราฟการทำงานปั๊ม SM7.5

ข.2 การประมาณกำลังน้ำ

การประมาณกำลังน้ำ เป็นการคำนวณหาค่ากำลังน้ำที่ส่งเข้าสู่ระบบ ซึ่งระบบประกอบไปด้วยชุดกังหันจะเปลี่ยนกำลังงานที่ได้จากน้ำเป็นกำลังงานกล และหมุนเจนเนอเรเตอร์ ได้เป็นค่ากำลังไฟฟ้า

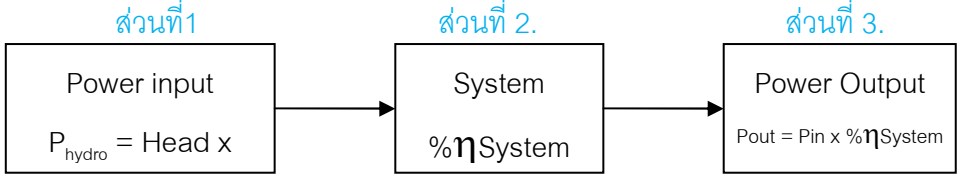
สมการที่จำเป็นสำหรับการคำนวณหาค่ากำลังจากน้ำได้แก่

$$P_{hydro} = 9.8 \times H \times Q \quad \text{..... (1)}$$

เมื่อ P_{hydro} = กำลังน้ำ (วัตต์, Watt)

H = หัวน้ำ (เมตร, m)

Q = อัตราการไหล (ลิตร ต่อ วินาที, lit/sec)



รูปที่ ข.3 การคำนวณกำลังน้ำ

<u>การวัดค่ากำลังจากน้ำ (Hydro Power)</u>

ในทางปฏิบัติเราสามารถหาค่า หัวน้ำ ของปั๊มได้จากการวัดแรงดันน้ำ โดยติดตั้ง เกจวัดแรงดันที่ปลายท่อ และใช้การคำนวณแรงดันกลับมาเป็นค่าหัวน้ำ ที่มีหน่วยเป็นเมตร ได้ตามสมการ (2)

$$p = \rho gH \quad \text{..... (2)}$$

$$H = p/\rho g \quad \text{..... (3)}$$

เมื่อ p = แรงดัน (ปาสคาล,Pa)

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ มีค่า 1,000 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)

g = ค่าแรงโน้มถ่วง 9.81 เมตร ต่อวินาทียกกำลังสอง (m/s^2)

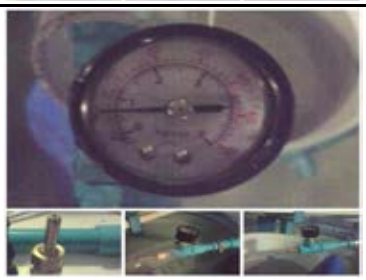
H = หัวน้ำ (เมตร, m)

จากสมการที่ (2) และ (3) สามารถนำไปคำนวณหาค่ากำลังน้ำจากการวัดค่า แรงดัน และอัตราการไหลของน้ำ โดยใช้ การวัดค่าแรงดัน จะใช้เกจวัดแรงดัน ติดที่ปลายท่อออกของน้ำ

เนื่องจากเกจวัดค่าออกมาเป็น kg/cm^2 ดังนั้นเพื่อให้หน่วยถูกต้องตามสมการ (2) จึงต้องแปลง หน่วยเป็น ปาสคาลก่อน โดย 1 kg/cm^2=98,100 ปาสคาล

ที่ติดตั้งหัวฉีดขนาดต่างๆ กัน ผลการทดลองและการคำนวณได้ค่ากำลังน้ำจากปั๊ม AQ2-22550 ออกมาประมาณ 6 - 39 วัตต์

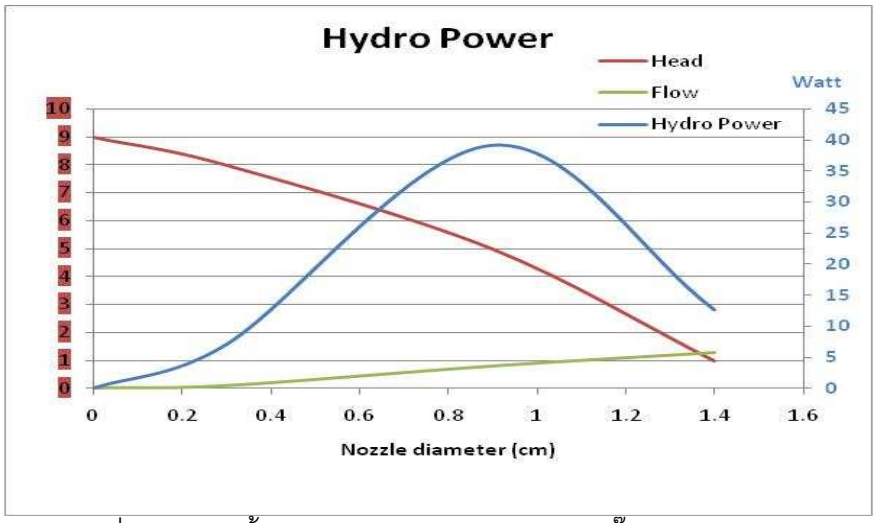
ตารางที่ ข.2 การทดลองวัดกำลังน้ำ

	หัวปิด ϕ= 0 cm.	Pressure=0.9 kg/cm^2 =88,290 Pa Head = 9 m Flow = 0 lit/sec P_{hydro} = 0 Watt
	หัวฉีดทองเหลือง ϕ= 0.3 cm.	Pressure= 0.8 kg/cm^2 =78,480 Pa Head = 8 m Flow = 0.09 lit/sec P_{hydro} = 6.97 Watt
	หัวฉีดดำ ϕ= 0.9 cm.	Pressure= 0.5 kg/cm^2 =49,050 Pa Head = 5 m Flow = 0.8 lit/sec P_{hydro} = 39.2 Watt
	หัวฉีดฟ้า ϕ= 1.4 cm.	Pressure= 0.1 kg/cm^2 =9,810 Pa Head = 1 m Flow = 1.29 lit/sec P_{hydro} = 12.6 Watt

ผลการทดสอบประสิทธิภาพ

จากการทดลองใช้หัวฉีดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตร พบว่า กำลังน้ำที่ได้ 12.6 วัตต์ และกำลังไฟฟ้าที่ได้ ประมาณ 7.56 วัตต์ คิดประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ประมาณ 60%

จากการวัดค่าแรงดันน้ำ และอัตราการไหล สามารถคำนวณ ค่ากำลังน้ำ และนำค่ากำลังน้ำมาพล็อตกราฟได้ดังรูป ข.3



รูปที่ ข.4 กำลังน้ำจากหัวฉีดขนาดต่างๆ สำหรับปั๊ม AQ2-22550

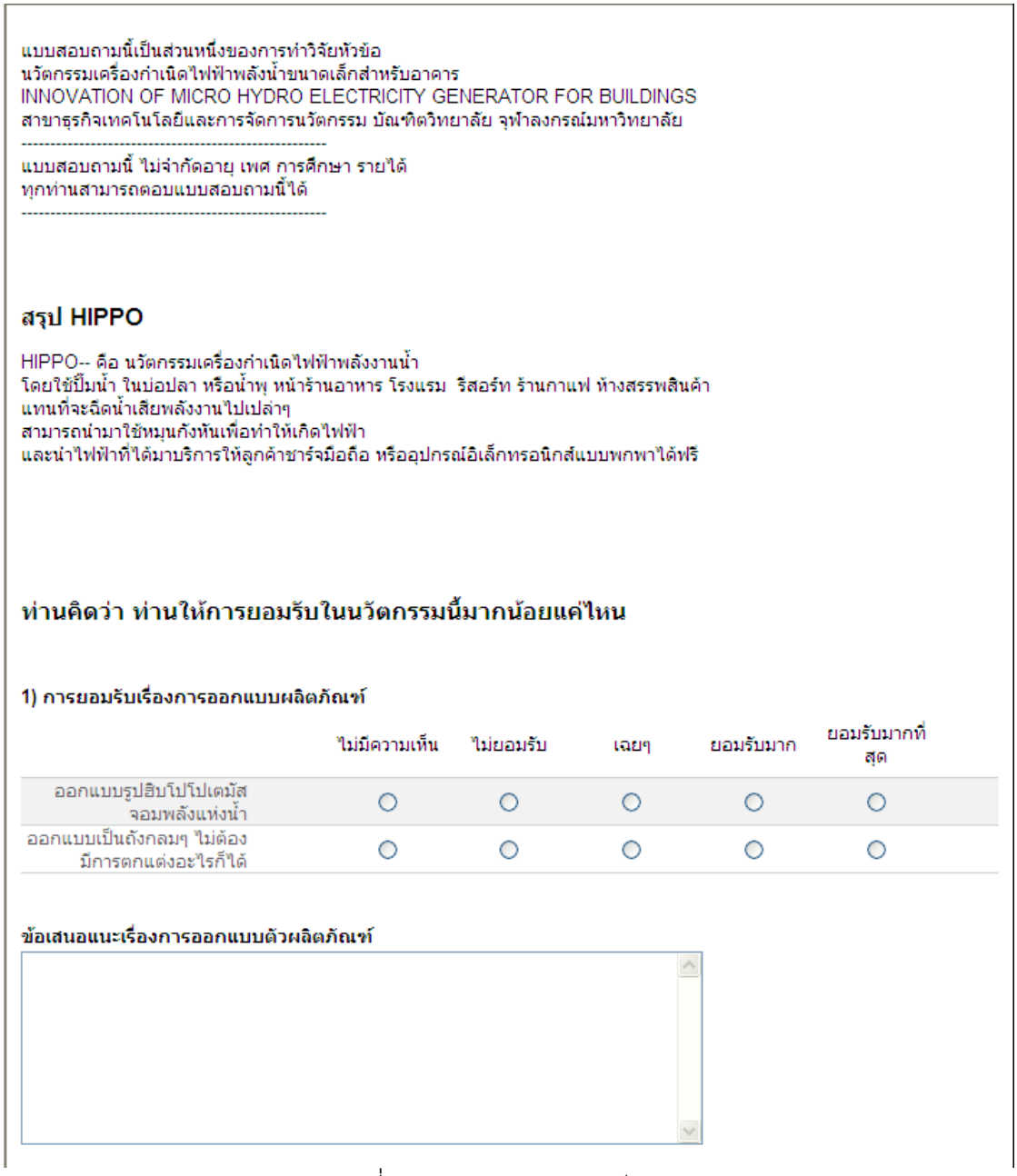
จากกราฟพบว่า กำลังน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดรูหัวฉีดเพิ่มขึ้น เนื่องจาก รูหัวฉีดที่ใหญ่ขึ้นทำให้อัตราการไหลมากขึ้นแต่เมื่อถึงจุดหนึ่ง กำลังของน้ำจะตกลง เนื่องจากรู้หัวฉีดที่ใหญ่เกินไปทำให้แรงดันน้ำหายไป

การประมาณค่ากำลังน้ำเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำ ซึ่งสามารถนำหลักการที่ได้เรียนรู้นี้ไปประยุกต์ใช้ต่อไป

ภาคผนวก ค. แบบสอบถามออนไลน์

ค.1.แบบสอบถามออนไลน์

แบบสอบถามออนไลน์เพื่อทดสอบการยอมรับแนวคิดนวัตกรรมโดยใช้โปรแกรม google docs



แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิจัยหัวข้อ
นวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กสำหรับอาคาร
INNOVATION OF MICRO HYDRO ELECTRICITY GENERATOR FOR BUILDINGS
สาขาธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามนี้ ไม่จำกัดอายุ เพศ การศึกษา รายได้
ทุกท่านสามารถตอบแบบสอบถามนี้ได้

สรุป HIPPO

HIPPO-- คือ นวัตกรรมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ
โดยใช้ปั๊มน้ำ ในบ่อปลา หรือน้ำพุ หน้าร้านอาหาร โรงแรม รีสอร์ท ร้านกาแฟ ห้างสรรพสินค้า
แทนที่จะฉีดน้ำเสียพลังงานไปเปล่าๆ
สามารถนำมาใช้หมุนกังหันเพื่อทำให้เกิดไฟฟ้า
และนำไฟฟ้าที่ได้มาบริการให้ลูกค้าชาร์จมือถือ หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาได้ฟรี

ท่านคิดว่า ท่านให้การยอมรับในนวัตกรรมนี้มากน้อยแค่ไหน

1) การยอมรับเรื่องการออกแบบผลิตภัณฑ์

	ไม่มีความเห็น	ไม่ยอมรับ	เฉยๆ	ยอมรับมาก	ยอมรับมากที่สุด
ออกแบบรูปฮิบโปโปเตมัสจอมพลังแห่งน้ำ	○	○	○	○	○
ออกแบบเป็นถังกลมๆ ไม่ต้องมีการตกแต่งอะไรก็ได้	○	○	○	○	○

ข้อเสนอแนะเรื่องการออกแบบตัวผลิตภัณฑ์

รูปที่ ค.1 แบบสอบถามออนไลน์

2) การนำไปใช้ประโยชน์

นอกจาก HIPPO จะช่วยเติมอากาศลงไปในน้ำแล้ว ไฟฟ้าที่ HIPPO ผลิตได้จะนำไปใช้ประโยชน์อะไรดี

	ไม่มีความเห็น	ไม่ยอมรับ	เฉยๆ	ยอมรับมาก	ยอมรับมากที่สุด
บริการชาร์จอุปกรณ์อิเลกทรอนิกแบบพกพา ฟรี เช่น iPad,iPhone,มือถือ โดยทางร้านจะต่อสายไปบริการให้ท่านภายในร้าน(ไม่ใช่ออกมาชาร์จตรงบ่อปลา)	○	○	○	○	○
ให้แสงสว่างบริเวณโดยรอบสถานที่	○	○	○	○	○

ข้อเสนอแนะในการนำไฟฟ้าที่ได้จาก HIPPO ไปใช้ประโยชน์

3) การยอมรับแนวคิดนวัตกรรม

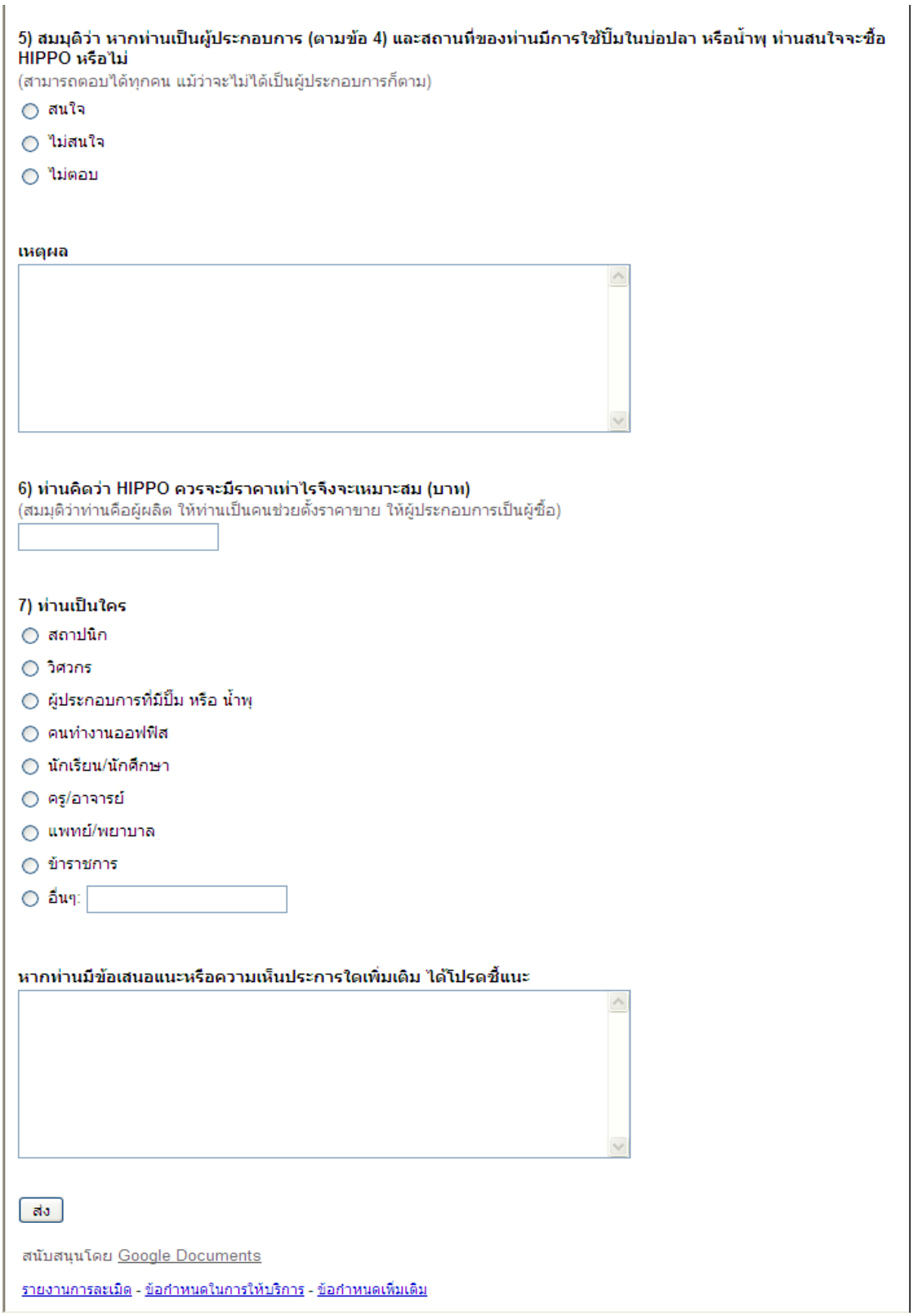
	ไม่มีความเห็น	ไม่ยอมรับ	เฉยๆ	ยอมรับมาก	ยอมรับมากที่สุด
ท่านคิดว่า แนวคิดในการนำพลังงานเหลือใช้ ที่เรียกว่า Waste Energy มาใช้ประโยชน์ เป็นแนวคิดที่ดี	○	○	○	○	○
ท่านรู้สึกดีเมื่อเห็นผู้ประกอบการเอาใจใส่กับสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นรูปธรรม	○	○	○	○	○

4) ท่านคิดว่า สถานที่ใดควรจะใช้ HIPPO บ้าง

สถานที่ที่มีน้ำพุ หรือปั๊มน้ำ บ่อปลา สามารถใช้นวัตกรรมนี้ผลิตไฟฟ้าแล้วลากสาย มาให้บริการชาร์จแบตลูกค้าได้ ท่านอยากใช้บริการนี้ที่ใดบ้าง (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ โรงแรม / รีสอร์ท
- ☐ ร้านอาหาร / ร้านการแฟตามปั๊มน้ำมัน
- ☐ สวนสนุก
- ☐ สวนสัตว์
- ☐ โรงเรียน
- ☐ ห้างสรรพสินค้า
- ☐ หมู่บ้านจัดสรรที่มี บ่อน้ำ
- ☐ คอนโด
- ☐ โรงงาน
- ☐ บ้านที่มีบ่อปลา
- ☐ อื่นๆ:

รูปที่ ค.1 แบบสอบถามออนไลน์ (ต่อ)



5) สมมุติว่า หากท่านเป็นผู้ประกอบการ (ตามข้อ 4) และสถานที่ของท่านมีการใช้ปิ๊มในบ่อปลา หรือน้ำพุ ท่านสนใจจะซื้อ HIPPO หรือไม่

(สามารถตอบได้ทุกคน แม้ว่าจะไม่ได้เป็นผู้ประกอบการก็ตาม)

- ◯ สนใจ
- ◯ ไม่สนใจ
- ◯ ไม่ตอบ

เหตุผล

6) ท่านคิดว่า HIPPO ควรจะมีราคาเท่าไรจึงจะเหมาะสม (บาท)

(สมมุติว่าท่านคือผู้ผลิต ให้ท่านเป็นคนช่วยตั้งราคาขาย ให้ผู้ประกอบการเป็นผู้ซื้อ)

7) ท่านเป็นใคร

- ◯ สถาปนิก
- ◯ วิศวกร
- ◯ ผู้ประกอบการที่มีปิ๊ม หรือ น้ำพุ
- ◯ คนทำงานออฟฟิส
- ◯ นักเรียน/นักศึกษา
- ◯ ครู/อาจารย์
- ◯ แพทย์/พยาบาล
- ◯ ข้าราชการ
- ◯ อื่นๆ:

หากท่านมีข้อเสนอแนะหรือความเห็นประการใดเพิ่มเติม ได้โปรดชี้แนะ

ส่ง

สนับสนุนโดย Google Documents

รายงานการละเมิด - ข้อกำหนดในการให้บริการ - ข้อกำหนดเพิ่มเติม

รูปที่ ค.1 แบบสอบถามออนไลน์ (ต่อ)

ภาคผนวก ง. บันทึกการสัมภาษณ์และประชุมกลุ่ม

ง.1 บันทึกการสัมภาษณ์ในการสำรวจโอกาส

บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป

ตารางที่ ง.1 บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป

ผู้ถูกสัมภาษณ์	วันที่	ข้อมูลสำคัญ
คุณวิชา ส. อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี 08-4715-xxxx	25 ก.ค.2555	กังหันน้ำคอสั้นขนาด 600W ไม่ได้ซื้อมาทำเอง ซื้อให้ลูกน้องทำ ใช้ท่อ 2 นิ้ว ได้ไฟ 10 หลอดดูทีวี ได้ไฟ 100V ใช้ท่อใหญ่ขึ้นได้ไฟฟ้ามากขึ้น
คุณนฤมล อ. อ.สังขละบุรี จ.กาญจนบุรี 08-1004-xxxx	25 ก.ค.2555	กังหันน้ำคอสั้นขนาด 600W ไม่ได้ใช้เอง ซื้อให้พ่ออยู่อีกบ้าน ดูทีวี เปิดไฟ 2 ดวง พัดลม อยู่ใกล้แหล่งสระตาน้ำ บนภูเขา ทำฝายน้ำล้น ทำไร่
คุณนัฐพล จ. เขตจอมทอง กทม. 08-1775-xxxx	25 ก.ค.2555	กังหันน้ำคอสั้นขนาด 600W ใช้ที่ทองผาภูมิ ท่อน้ำ 3 นิ้ว 2 ท่อไฟเท่าๆ เดิม ไปพันเจนใหม่ ได้ไฟเพิ่มจาก 90V -> 110V ใช้ตัวเพิ่มไฟ 30V เปิดหลอดไฟ 40W 2 หลอด ประจุแบตวิทยุ แต่ดูทีวีไม่ได้ ขาด 10V รอผลผลิตออกเอาไปขายจะมาซื้อ ไดนาโม ควายทอง เป็นคนสนใจด้านนี้
คุณสมศักดิ์ บ. อ.บางเสาธง จ.สมุทรปราการ 08-1804-xxxx	26 ก.ค.2555	กังหันน้ำคอสั้นขนาด 600W เป็นผู้ประกอบการโรงงาน มีแนวคิดจะใช้น้ำเหลือจากโรงงาน มาผลิตแสงสว่างตอนกลางคืน โดยไม่ได้มุ่งหวังเรื่องความคุ้มค่า แตะอยากปลูกจิตสำนึกรักพลังงาน ใช้กังหันคอสั้น 600W แต่ยังทำไม่สำเร็จ คือ ลูกน้องยังไม่มีเวลาทำ ต้องรอต่อท่อใหม่เมื่อมีเวลา น้ำไหลไม่ต่อเนื่อง ท่อ6 นิ้ว เป็นน้ำรีไซเคิล โปรเจคอยู่บางพลี

บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ง.2 บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

ผู้ถูกสัมภาษณ์	วันที่	ข้อมูลสำคัญ
คุณสมพร (kelddaw.com)	26 มิ.ย. – 24 ก.ย. 2555	● แรงดันน้ำอาจจะไม่พอและปริมาณน้ำก็ไม่พอ (น้ำน้อยไป)ครับ เบื้องต้นขอให้เพิ่มน้ำครับ เช่นเดิมใช้น้ำ5ลิตร/นาที เพิ่มเป็น7-10 ลิตร/นาที ก็จะได้ไฟเพิ่มแล้วครับ ● แรงดันของน้ำที่ฉีดออกไปมันต้านครับ(น้ำเต็มไปหมดเอาน้ำออกให้เร็วที่สุด) จับมันคว่ำลง หรือเปิดฝาที่โชว์อยู่ออก ● มอเตอร์ ที่แนะนำให้นำมาใช้ทำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า คือยี่ห้อWAT MOTOR ● คำถามเกี่ยวกับปัญหา หรือ อุปสรรค ในการทำโครงการพลังงานน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าที่ผ่านมา o ความยากของการทำโครงการ คือ เจ้าหน้าที่ของรัฐคือตัวสร้างและเป็นอุปสรรคทุกโครงการ o ความขัดแย้งของชาวบ้านเกิดจากนักการเมือง o พฤติกรรมของการใช้ไฟฟ้าของคนในหมู่บ้าน ต้องไม่เกินจำนวนหน่วยที่ตกลงกัน เช่น 90 หน่วยต่อเดือน หากเกินจะโดนปรับ หรือถ้าผิดเงื่อนไขอีก จะโดนห้ามใช้ 6 เดือน o ชาวบ้านต้องให้ความร่วมมือในการไปตรวจและดูกังหันทุกวัน โดยคุณสมพรจะอบรมวิธีการตรวจสอบให้
คุณพงษ์ตะวัน ช. (kaolom.com)	17 ก.ค. 2555	● ใช้แรงดันน้ำสูงกว่านี้ ● ปัญหาที่เจอในการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนเพื่อการผลิตไฟฟ้าคือเรื่องของเงินทุน บางครั้งทำไม่สำเร็จ เช่น โครงการกังหันลม 2 โครงการที่ทำแล้วไม่ได้ผลตามที่คิดไว้ เงินทุนในส่วนนี้ก็จะหายไป ส่วนโครงการน้ำสำเร็จด้วยดี

บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

ตารางที่ ง.2 บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

ผู้ถูกสัมภาษณ์	วันที่	ข้อมูลสำคัญ
คุณคริสโตเฟอร์ เอ็ดมัน คริเซน (palangthai.org)	20 ก.ค. – 31 ก.ค.2555	• it looks to me like water is "piling up" inside the turbine casing, slowing down the turbine. • You need to let that water out as much as possible by getting rid of that plexiglass sheet you screwed onto the turbine casing. • I think the tubine you have is designed to be operated with veritcal axis of rotation, not horizontal.

บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ประกอบการ

ตารางที่ ง.3 บันทึกการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ประกอบการ

ผู้ถูกสัมภาษณ์	วันที่	ข้อมูลสำคัญ
คุณเกียรติ (ซีวา อินเตอร์เทรด)	29 ก.ค.2555	• ผู้จำหน่ายโซล่าเซลล์ มาทำการทดลองใช้ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโซล่าเซลล์ จ่ายไฟให้ระบบเติมอากาศ แบตเตอรี่ ลูกใหญ่ 2-3 ลูกใช้งานได้ ชั่วโมงกว่าๆ หมด • การออกแบบระบบเติมอากาศ จะปรับเปลี่ยนไปตามลักษณะไซต์งานของลูกค้า บางแห่งเติมอากาศจากด้านล่าง บางแห่งเติมอากาศจากด้านบน เนื่องจากมีเศษสิ่งสกปรก การติดตั้งปั๊มเพื่อเติมอากาศจากด้านล่างจะดูแลรักษาลำบาก • ปั๊มที่ใช้ในการเติมอากาศเฉลี่ยอยู่ที่กำลัง 2 แรงม้า

ง.2 บันทึกจากการประชุมกลุ่มในการสำรวจโอกาส

<u>บันทึกประเด็นที่ได้จากการประชุมกลุ่ม</u>

บันทึกการประชุมกลุ่ม (Focus Group)

หัวข้อการสนทนา Idea of application and design for hydroelectricity from waste energy

ผู้ร่วมประชุมกลุ่ม คุณพุฒิชัย โรจน์ทวีพิทักษ์ คุณเมี่ยง คุณรวีวรรณ คุณทศพร

ผู้ดำเนินรายการ คมกริช ประกอบธรรม

วันที่ 20-06-2012 เวลา 16.00-16.40

สถานที่ ระฟ้าดีไซน์ออฟฟิส อาคารเลครัชดา ชั้น 12

- ลักษณะการทำงานของนักออกแบบภูมิสถาปัตย์
  - การออกแบบจะเป็นไปตามโจทย์ที่ลูกค้ากำหนด หรือการออกแบบเป็นไปตามความต้องการของลูกค้า
  - คำถามว่า ถ้าอาคารมีพลังงานเหลือทิ้ง จะออกแบบให้มีการนำพลังงานเหลือทิ้งตรงนั้นมาใช้ประโยชน์ไหม? คำตอบคือ หากลูกค้าอยากได้ก็จะทำ
  - ประโยชน์สำหรับการใช้พลังงานทดแทนสำหรับอาคาร ผู้ถูกสัมภาษณ์ให้ตัวอย่างว่ามีประโยชน์สำหรับการประกอบธุรกิจของลูกค้า เช่น ในอดีตที่ผ่านมาบริษัทต่างชาติจะเจรจาธุรกิจกับบริษัทที่มีมาตรฐาน ISO บริษัทห้างร้านต่างๆ ก็พัฒนาให้ได้รับ ISO และแนวโน้มในอนาคตกระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมกำลังมา แนวคิดอาคาร LEED ก็เริ่มมีหลายองค์กรทำกันแล้ว เพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์และเงื่อนไขตามมาตรฐานสิ่งแวดล้อมทั้งนี้เพื่อเหตุผลในการแข่งขันทางธุรกิจ
  - กฎหมายบังคับให้อาคารสูงต้องมีพื้นที่สีเขียว ดังนั้นแนวคิดการนำพลังงานเหลือทิ้งในอาคารมาใช้จึงมีความเป็นไปได้ แต่ก็ขึ้นอยู่กับว่าลูกค้าจะยอมรับหรือเปล่า (นักออกแบบต้องตามใจลูกค้า)
- การนำพลังงานน้ำไปประยุกต์ใช้งาน
  - การออกแบบเพื่อความสวยงาม เช่น ตาแป๊ะตกปลา (ความเชื่อว่า จะตกเงินตกทองเข้ามา) ทำให้เคลื่อนไหวได้โดยใช้พลังงานน้ำ
  - ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่าง หลอดไฟ LED ซึ่งกินพลังงานน้อย
- การออกแบบผลิตภัณฑ์

- ควรออกแบบให้ผลิตภัณฑ์มีความเรียบง่าย และหากต้องการรูปร่าง สีสันอย่างไร สามารถมาต่อเติมทำเพิ่มได้ภายหลัง ยกตัวอย่างโทรศัพท์ ตัวเครื่องออกแบบมาเป็นสี รูปทรง ธรรมดา แต่สามารถซื้อเคสใส่ได้ภายหลัง
- กังหันออกแบบให้สามารถติดตั้งได้โดยง่าย และมีความเป็นมาตรฐานของอุปกรณ์
- สะดวกในการใช้งาน ดูแลรักษาน้อย

ง.3 บันทึกการประชุมกลุ่มเพื่อทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์

<u>บันทึกประเด็นที่ได้จากการประชุมกลุ่ม</u>

บันทึกการประชุมกลุ่ม (Focus Group)

หัวข้อการสนทนา Concept Testing of application and design for hydroelectricity from waste energy

ผู้ร่วมประชุมกลุ่ม คุณพุฒิชัย โรจน์ทวีพิทักษ์ คุณเมี่ยง คุณรวีวรรณ คุณทศพร

ผู้ดำเนินรายการ คมกริช ประกอบธรรม

วันที่ 20-06-2012 เวลา 16.40-17.30

สถานที่ ระฟ้าดีไซน์ออฟฟิส อาคารเลครัชดา ชั้น 12

- การนำพลังงานน้ำไปประยุกต์ใช้งาน
  - คำถาม : ท่านคิดว่าธุรกิจที่นำพลังงานเหลือทิ้งมาใช้ผลิตไฟฟ้าและบริการประจุแบตเตอรี่ สามารถสร้างความแตกต่างทางธุรกิจได้ ?
    คำตอบ : บางท่านเห็นด้วยว่าและรับรู้ถึงความแตกต่างระหว่างธุรกิจที่มีบริการประจุแบตจากพลังงานเหลือทิ้ง แต่บางท่านว่าไม่สนใจว่าจะมาจากพลังงานอะไร ขอให้มีประจุแบตก็พอ
  - คำถาม : ท่านมีแนวคิดจะออกแบบภูมิทัศน์บริเวณโดยรอบอาคารโดยใช้แนวคิดนำพลังงานเหลือทิ้งมาผลิตไฟฟ้าหรือไม่
    คำตอบ : ขึ้นอยู่กับว่าลูกค้าต้องการหรือไม่
  - คำถาม : เราสามารถนำเสนอแนวคิดการนำพลังงานเหลือทิ้งมาใช้ผลิตไฟฟ้าได้หรือไม่
    คำตอบ : ทำได้ถ้าลูกค้าต้องการ หรือให้โจทย์มาก็สามารถทำได้ โดยต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าในสิ่งที่จะทำด้วย
  - คำถาม : ท่านมีแนวคิดในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานหรือไม่อย่างไร
    คำตอบ : แนวคิดของสำนักงานออกแบบระฟ้า มีหลักการออกแบบเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อมอยู่แล้ว เช่น การเลือกใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทางด้านกฎหมายเองก็กำหนดให้อาคารสูงมีพื้นที่ส่วนกลางสีเขียว 40% ของพื้นที่ทั้งหมด
  - คำถาม : การนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้เพื่อแสงสว่างทางเดินจะช่วยสร้างความแตกต่างของธุรกิจได้หรือไม่
    คำตอบ : คนคงไม่ได้สนใจว่าพลังงานจะมาจากไหน แค่รู้แต่ว่าทางเดินมีไฟสว่างแค่นั้น

- คำถาม : การออกแบบภูมิทัศน์โดยรอบสามารถออกแบบให้เป็นพื้นที่น้ำและติดตั้งปั๊มเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าท่านเห็นด้วยหรือไม่อย่างไร
  คำตอบ : การออกแบบให้เป็นพื้นที่น้ำสามารถทำได้ถ้าลูกค้าต้องการ แต่ถ้าลูกค้าให้โจทย์มาแค่ว่าเป็นพื้นที่เปล่าๆ ให้คิดงานมานำเสนอ ต้องมาพิจารณาดูอีกทีว่าจะใช้พื้นที่อย่างไรให้เกิดประโยชน์ ส่วนจะติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือไม่ ต้องดูว่าจะนำไปใช้ประโยชน์อะไรและคุ้มค่าที่จะทำหรือเปล่า จะบำรุงรักษาอย่างไร

- การออกแบบผลิตภัณฑ์
  - คำถาม : ท่านยอมรับการออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นรูปฮิปโปหรือไม่อย่างไร?
    คำตอบ : ไม่ยอมรับฮิปโป โดยมีความเห็นว่า เหมาะกับสวนสัตว์และสวนสนุกเท่านั้น และการออกแบบรูปฮิปโปมีความเฉพาะเจาะจงเกินไป ควรจะออกแบบให้มีความกลางๆ และสามารถปรับเปลี่ยนเป็นรูปอื่นที่ต้องการได้
  - คำถาม : ท่านชอบฮิปโปหรือไม่?
    คำตอบ : ฮิปโปสามารถนำไปใช้เป็นโลโก้ผลิตภัณฑ์ได้ แต่ไม่ควรนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์
  - คำถาม : ท่านคิดว่าควรจะออกแบบอย่างไร สี่เหลี่ยม หรือ วงกลม หรือรูปทรงอะไรดี?
    คำตอบ : ออกแบบให้สินค้าเป็นกลางๆ ไว้ก่อน เหมือนไอโฟน ออกแบบกลางๆ แต่หากอยากได้รูปลักษณ์สีสันก็ซื้อเคสที่ชอบใส่ อยากให้อุปกรณ์ซ่อนได้เก็บได้ไม่รกตา
  - คำถาม : ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติอย่างไรบ้าง?
    คำตอบ : หาซื้อได้สะดวกแบ่งการออกแบบเป็นเป็นชุดมาตรฐาน และชุดต่อเติม ออกแบบเองได้ว่าจะต่อเติมอย่างไร โค้งงออย่างไรทำเองได้ อย่า fix แล้วดัดแปลงอะไรไม่ได้
  - คำถาม : ท่านคิดว่าการออกแบบรูปร่างหน้าตาผลิตภัณฑ์มีความสำคัญหรือไม่อย่างไร?
    คำตอบ : ในส่วนของการออกแบบที่ไม่ได้อยู่ใกล้ตัว ดีไซน์อาจจะไม่สำคัญมากนัก เช่น คอมเพรสเซอร์แอร์อยู่ภายนอก รูปร่างอย่างไรก็ได้ แต่ตัวเครื่องปรับอากาศภายในต้องออกแบบให้ดูดี

ง.4 บันทึกการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการในการทดสอบแนวคิดผลิตภัณฑ์

<u>บันทึกประเด็นที่ได้จากการสัมภาษณ์</u>

บันทึกการสัมภาษณ์

หัวข้อการสนทนา Concept Testing of application and design for hydroelectricity from waste energy

ผู้ร่วมประชุมกลุ่ม คุณสิทธิชัย (บ็อบบี้) ผู้ประกอบการก่อสร้างบ้าน

ผู้ดำเนินการสัมภาษณ์ คมกริช ประกอบธรรม

วันที่ 25-06-2012 เวลา 14.30-15.00

สถานที่ เครีสอร์ท

- การนำพลังงานน้ำไปประยุกต์ใช้งาน
  - คำถาม : ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรในการนำพลังงานเหลือทิ้งมาใช้ผลิตไฟฟ้า?
    คำตอบ : ไม่แน่ใจว่าจะทำให้ประสิทธิภาพการเติมน้ำลดลงหรือไม่
  - คำถาม : ท่านมีคิดว่าสามารถนำพลังงานเหลือทิ้งมาผลิตไฟฟ้าใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง?
    คำตอบ : ไม่แน่ใจ คิดว่าควรนำไปใช้กับพวกโรงงานอุตสาหกรรมมากกว่า ตามบ้านเรือนที่มีขนาดปั๊มเล็ก
- การออกแบบผลิตภัณฑ์
  - คำถาม : ท่านคิดว่าออกแบบควรเป็นแบบใด?
    คำตอบ : ควรออกแบบให้สามารถน้ำไหลได้สะดวก ไม่เสียความสามารถของระบบเดิมไป
  - คำถาม : ท่านคิดว่าจะนำแนวคิดนี้ไปใช้กับธุรกิจของท่านหรือไม่?
    คำตอบ : ต้องรอดูความสามารถของผลิตภัณฑ์ก่อน

ง.5 บันทึกการสัมภาษณ์ในการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ลูกค้าร้านกาแฟ

<u>บันทึกประเด็นที่ได้จากการสัมภาษณ์</u>

บันทึกการสัมภาษณ์ (Interview)

หัวข้อการสนทนา ความต้องการในร้านกาแฟ

ผู้ร่วมประชุมกลุ่ม คุณนิจจาภา วงษ์กระจ่าง ตำแหน่งเลขานุการผู้บริหาร บริษัทปตท.สผ.

ผู้ดำเนินการสัมภาษณ์ คมกริช ประกอบธรรม

วันที่ 28-06-2012 เวลา 20.30-20.45

สถานที่ สนทนาทางโทรศัพท์

- คำถาม : คุณนิจจาภา ดื่มกาแฟวันละกี่แก้ว อย่างไร?
  คำตอบ : ดื่มเป็นประจำวันละแก้ว ทุกวัน จันทร์ ถึง ศุกร์ และเสาร์ อาทิตย์
- คำถาม : จำเป็นต้องดื่มกาแฟมีแบรนด์ไหม?
  คำตอบ : วัน จันทร์ ถึง ศุกร์ เป็นร้านทั่วไปแก้วละ 40 บาท ส่วนเสาร์ อาทิตย์ เป็นร้านมีชื่อ สตาร์บั๊ก กับ นกแก้ว (อะเมซอน)
- คำถาม : ทำไมถึงเลือก 2 ร้านนี้
  คำตอบ สตาร์บั๊ก กินตอนไปเดินห้าง ส่วนนกแก้วอยู่ใกล้โบสถ์ วันอาทิตย์
- คำถาม : ใช้เวลานานเท่าไรในร้านกาแฟ
  คำตอบ : สตาร์บั๊ก เฉลี่ย 1 ชั่วโมงขึ้น นกแก้วครึ่งชั่วโมง
- คำถาม : ทำกิจกรรมอะไรในร้าน
  คำตอบ :เล่นไอโฟน อ่านนิตยสาร
- คำถาม : อยากให้ร้านกาแฟมีอะไร
  คำตอบ :มีนิตยสารเยอะๆ มีปลั๊กเยอะๆ เอาไว้ประจุแบต ปัญหาในร้านกาแฟคือ เก้าอี้ไม่พอ เนื่องจากคนเข้ามานั่งนาน อยากให้มีเก้าอี้เยอะๆ
- คำถาม : ถ้ามีบริการเครื่องประจุแบตไร้สาย สนใจใช้บริการไหม คิดว่าดีหรือไม่ อย่างไร
  คำตอบ :ขอเครื่องประจุดีๆ คุณภาพสูงๆ นะ กลัวเจ๊ง เคยซื้อที่ประจุตัวการ์ตูนมา ปรากฏว่าไอโฟนเจ๊ง ต้องส่งศูนย์ตอนนี้ได้เครื่องเคลมมาใช้
- คำถาม : ถ้าร้านกาแฟใช้พลังงานสะอาดมาให้บริการประจุแบต คิดเห็นอย่างไร
  คำตอบ : เก๋ดี ชอบ

- คำถาม : ถ้าร้านกาแฟใช้พลังงานสะอาดคิดว่าดีไหม ให้กี่คะแนน

  คำตอบ : 8 เต็ม 10
- คำถาม : ทำไมไม่ให้ 10 ล่ะ

  คำตอบ : การใช้พลังงานสะอาดก็ดูเก๋ดี รักษ์โลก รู้สึกดี แต่มาร้านกาแฟ ร้านกาแฟ ควรจะมีกาแฟอร่อยๆ แต่งร้านสวยๆ มีเก้าอี้เลซี่บอยให้นั่ง มีปลั๊กไฟเยอะๆ มีขนมให้ชิม สนใจตรงจุดนี้มากกว่า

ง.6 บันทึกการสัมภาษณ์ในการทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ผู้จัดการร้านกาแฟ

บันทึกประเด็นที่ได้จากการสัมภาษณ์

บันทึกการสัมภาษณ์ (Interview)

หัวข้อการสนทนา ความต้องการในร้านกาแฟ

ผู้ร่วมประชุมกลุ่ม คุณชญานี ศตะภัค ตำแหน่งผู้จัดการร้าน ร้านสวนมีเงินมา

ผู้ดำเนินการสัมภาษณ์ คมกริช ประกอบธรรม

วันที่ 28-06-2012 เวลา 21.00-21.15

สถานที่ สนทนาทางโทรศัพท์

แนะนำผลิตภัณฑ์ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำให้รับทราบก่อน

- คำถาม :สนใจผลิตภัณฑ์ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำหรือไม่
  คำตอบ : เอามาทดลองใช้ฟรี ก่อน 1 ไตรมาส
- คำถาม สนใจนำเสนอบริการประจุแบตเตอรี่มือถือ ให้ลูกค้าหรือไม่ อย่างไร:
  คำตอบ :แพงไหม ขายเท่าไร?
- คำถาม :ค่าเครื่อง 1.9 หมื่น
  คำตอบ :แพงไปไม่สนใจ ถ้า 5 พันถึงจะสน
- คำถาม :ราคาสูง กับ ราคาแพงไม่เหมือนกันนะ
  คำตอบ :ร้านเล็กๆ ลงทุนได้น้อย 5 พันพอรับได้ เพราะมีความเสี่ยงว่า จะใช้งานได้หรือเปล่า คุ้มไหมที่จะได้ไฟฟรี เครื่องพังจะทำอย่างไร
- คำถาม :แล้วถ้ามีบริการประจุแบตจากพลังงานสะอาดฟรีสนใจไหม
  คำตอบ :น่าสนใจ เพราะช่วยเสริมภาพลักษณ์องค์กร องค์กรใช้หลักการตลาดสีเขียวอยู่แล้ว เข้าไปรู้จักเรามากขึ้นที่เว็บไซต์ www.suan-spirit.com
- คำถาม :หากมีนวัตกรรมเกี่ยวกับการตลาดสีเขียวสนใจที่จะซื้อไหม
  คำตอบ :ต้องดูก่อนว่าคุ้มค่า ไหม

ภาคผนวก จ. ข้อมูลทางเทคนิคอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

จ.ข้อมูลทางเทคนิคอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1.โมเดลทดลองชุดกำเนิดไฟฟ้ากังหันน้ำคอสั้น

โมเดลทดลองชุดกังกันคอสั้น ประกอบไปด้วย อุปกรณ์สำคัญคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ชนิด 1 เฟส ขนาดกำลังผลิตสูงสุด 500W ซึ่งมีข้อมูลทางเทคนิคดังนี้

ตารางที่ จ.1.ข้อมูลเทคนิคชุดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันน้ำ

TECHNICAL SPECIFICATIONS

		MHG-200HH	MHG-500HH
1	Rated power output	200W	500W
2	Maximum allowable load	250W	650W
3	Intended voltage	110 / 220V~	110 / 220V~
4	Frequency at rated power output	50-50 Hz	50-60 Hz
5	Frequency at runaway speed	70 Hz	70 Hz
6	Rotor runaway speed	1400rpm	1400rpm
7	Weight	34kg	36kg
8	Turbine runner type	Turgo	Turgo
9	Runner diameter	180mm	180mm
10	Number of buckets	20	20
11	Bucket diameter	68mm	68mm
12	Number of nozzles	1	1
13	Jet diameter	28.5mm	28.5mm
14	Generator	Single phase permanent magnet alternator	Single phase permanent magnet alternator
15	Rotor characteristics	NdFeB 3-pair pole permanent magnet	NdFeB 3-pair pole permanent magnet
16	Stator wire size	0.5mm	0.7mm
17	Upper bearing size	SKF6301-2Z	SKF6301-2Z
18	Lower bearing size	6204	6204
19	Seal size	17x40x7mm	20x47x7mm
20	Recommended cable	0.75 sq.mm/A	0.75 sq.mm/A
21	Operating temperature	5 to 50 ° C	5 to 50 ° C
22	Operating humidity	0 to 90%	0 to 90%

2.ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ UT61B

เครื่องมือวัดในการทดลองนี้ คือ ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ รุ่น UT61B มีข้อมูลทางเทคนิค ดังนี้

ตารางที่ จ.2.ข้อมูลเทคนิคดิจิตอลมัลติมิเตอร์ รุ่น UT61B

SPECIFICATIONS

Basic Functions	Range	Best Accuracy
DC Voltage	40mV/400mV/4V/40V/400V/1000V	±(0.5%+1)
AC Voltage	40mV/400mV/4V/40V/400V/750V	±(1.0%+3)
AC Current	400μA/4000μA/40mA/400mA/4A/10A	±(1.2%+5)
DC Current	400μA/4000μA/40mA/400mA/4A/10A	±(1.0%+2)
Resistance	400Ω/4kΩ/40kΩ/400kΩ/4MΩ/40MΩ	±(1.0%+2)
Capacitance	40nF/400nF/4μF/40μF/400μF/4000μF	±(3.0%+5)
Frequency	10Hz-10MHz	±(0.1%+4)
Frequency Response		45~400Hz
Duty Cycle	0.1%~99.9%	✓
Temperature (°C)	-40°C~1000°C	±(1.2%+3)
Temperature (°F)	-40°F~1832°F	±(1.2%+4)
Special Functions		
Auto/Manual Ranging		✓
Diode		✓
Continuity Buzzer		✓
Data Hold		✓
Max/Min Mode		✓
Display Backlight		✓
REL		✓
Sleep Mode	Around 15 Minutes	✓
Analogue Bar Graph	41	✓
RS232		✓
Input Protection		✓
Input Impedance for DC Voltage Measurement	Around 10MΩ	✓
Low Battery Display	≤7.5V	✓
Max Display	4000	✓

GENERAL CHARACTERISTICS

Power	9V Battery (6F22)
LCD Size	65 x 43mm
Product Colour	Red and Grey
Product Net Weight	370g
Product Size	180 x 87 x 47mm
Standard Accessories	Battery, Test Lead, English Manual, Multi-Purpose Socket RS232 Interface Cable, Software, Point Contact Temperature Proble
Optional Accessories*	USB Interface Cable
Standard Individual Packing	Gift Box
Standard Quantity Per Carton	20pcs
Standard Carton Measurement	465 x 335 x 345mm (0.054 CBM Per Standard Carton)
Standard Carton Gross Weight	12kg

3.หลอดไฟ 25 วัตต์

หลอดไฟที่ใช้ในการทดลองเป็นชนิดไส้ ฟิลลิป ขนาด 25W มีข้อมูลรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ จ.3.ข้อมูลเทคนิคหลอดไฟฟิลลิป ขนาด 25W

Product data

• General Characteristics

Cap-Base	E27
Bulb	A55 [A 55mm]
Bulb Finish	Clear
Operating Position	any [Any or Universal (U)]
Average Lifetime	1000 hr

• Light Technical Characteristics

Color Rendering Index	100 RaB
Luminous flux lamp	260 Lm

• Electrical Characteristics

Lamp Wattage	25 W
Voltage	220 V
Dimmable	Yes

• Product Dimensions

Overall Length C	97 (max) mm
Diameter D	55 (nom), 56 (max) mm

• Product Data

Order code	920052842992
Full product code	920052842992
Full product name	STD 25W E27 220V A55 CL 1CT
Order product name	STD 25W E27 220V A55 CL 1CT/ 10X10F
Pieces per pack	1
Packing configuration	10X10F
Packs per outerbox	100
Bar code on pack - EAN1	7894400001124
Bar code on inter-mediate packing - EAN2	7894400003791
Bar code on outerbox - EAN3	7894400006990
Logistic code(s) - 12NC	920052842992
ILCOS code	IAA/C-25-220-E27-55
Net weight per piece	27.000 gr

4.แบตเตอรี่ 12V9Ah

แบตเตอรี่ที่ใช้ในการทดลอง เป็นแบตเตอรี่ชนิดแห้ง มีรายละเอียดทางเทคนิคดังนี้

Specification

ตารางที่ จ.4.ข้อมูลเทคนิคแบตเตอรี่ชนิดแห้ง 12V9Ah

Battery Type	Nominal Voltage (V)	Rated capacity (20 hour rate)	Dimisiones(L*M*H) (MM)	Weight Approx (kg)	Teminal Type
NP9-12	12	9	151*65*94	2.2	T1-187 T2-250

Battery Construction

Component	Positive plate	Negative plate	Separator	Electrolyte	Container & Cover
Raw material	Lead dioxide	Lead	Fiberglass	Sulfuric acid	ABS

5.ปั๊มน้ำ Azumi SM7.5 ขนาด 0.75 กิโลวัตต์,Q=380 ลิตรต่อนาที, หัวน้ำ=18 เมตร

ปั๊มน้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นปั๊มน้ำชนิดแช่ หรือปั๊มจุ่ม มีกราฟแสดงการทำงานแสดงในภาคผนวก ข.

ข้อมูลทางเทคนิคมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ จ.5.ข้อมูลเทคนิคปั๊มน้ำ Azumi SM7.5

MOTOR	DISCHARGE		MOTOR		POWER SUPPLY			MAX. FLOW	MAX. HEAD	WEIGHT
	M.M.	inch.	kw.	HP	phase	Volt	Amp.	l / min	mtr.	kgs.
SM-7.5	80	3	0.75	1	1	220	5.7	380	16	27

6.บริดจ์ เรคติไฟเออร์ KBP03504 35 แอมป์ 400โวลต์

ในการประจุไฟฟ้าจากเครื่องดำเนิดไฟฟ้าลงแบตเตอรี่ ใช้บริดจ์ เรคติไฟเออร์สำหรับเรียงกระแสไฟฟ้าให้เป็นกระแสตรง โดยใช้ บริดจ์ เรคติไฟเออร์ KBP03504 ข้อมูลเทคนิคมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ จ.6.ข้อมูลเทคนิคบริดจ์ เรคติไฟเออร์ KBP03504

Maximum Ratings & Characteristics

- Ratings at 25° C ambient temperature unless otherwise specified
- Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load
- For capacitive load, derate current by 20%

		KBPC 35005	KBPC 3501	KBPC 3502	KBPC 3504	KBPC 3506	KBPC 3508	KBPC 3510	Units
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward @ T_C = 55°C Output Current	$I_{(AV)}$	35.0							A
Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave Superimposed On Rated Load (JEDEC Method)	I_{FSM}	400							A
Maximum Forward Voltage per Bridge Element At 17.5A DC	V_F	1.2							V
Maximum DC Reverse Current At Rated@ T_A = 25°C Blocking Voltage per Bridge Element @ T_A = 100°C	I_R	10 1							μA mA
I^2t Rating for Fusing (t < 8.3ms)	I^2t	664							A^2S
Typical Thermal Resistance (Note 1)	R_{THJC}	2.5							°C/W
Operating Temperature Range	T_J	-55 to +125							°C
Storage Temperature Range	T_{STG}	-55 to +150							°C

Note: 1. Mounted on a 11.8 in^2 X 0.06 in thick (300mm^2 X 1.5mm thick) copper plate

ภาคผนวก ฉ. ผลการทดลองและการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด

ฉ.ผลการทดลองและการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด

การคำนวณค่าความคาดผิดพลาดจากการวัด

จากผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดพบว่า (ดูตารางฉ1.) ย่านวัดแรงดันไฟฟ้า 400V มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absolute Error,e) เท่ากับ -1 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error, %Error)= 0.45% และย่านวัดกระแสไฟฟ้า 400mA มีค่าความคลาดเคลื่อน (Absolute Error,e) เท่ากับ 0.0002 และค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error, %Error)= 0.06% โดยคำนวณจากสมการที่ ฉ1. และ ฉ.2

$$e = X_t - X_m \qquad \text{..... (ฉ1)}$$

เมื่อ e คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

X_t คือ ค่าจริง (True Value)

X_m คือ ค่าวัด (Measured Value)

$$\%Error = \left|\frac{Xt - Xm}{Xt}\right| x\ 100\% \qquad \text{..... (ฉ2)}$$

เมื่อ %Error คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

X_t คือ ค่าจริง (True Value)

X_m คือ ค่าวัด (Measured Value)

ตารางที่ ฉ.1 อัตราค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดของแรงดันและกระแสไฟฟ้า

Range	Input	Reading	Error	%Error	Unit
400V	220	219	-1	0.45%	V
400mA	0.36	0.3602	0.0002	0.06%	A

ในที่นี้การหาค่าจริง (True Value) สำหรับแรงดันไฟฟ้า จะต้องนำค่า e=1 บวกกลับค่าที่อ่านได้เพื่อหาค่าจริง จากผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดพบว่า ค่าที่อ่านได้ 219V ค่าจริง 220V ดังนั้น ค่าที่อ่านได้ต้องนำค่า Adjust=1 บวกกลับเข้าไปในค่าที่อ่านได้ จึงจะได้ค่าจริง ซึ่งค่า Adjust=1 นี้คิดเป็น %Adjust= 0.46% (คำนวณจาก Adjusted/ค่าที่อ่านได้ = 1/219) ในการคำนวณค่าจริงนี้ จะใช้ %Adjust= 0.46% มาเป็นตัวปรับปรุงค่าที่อ่านได้เพื่อหาค่าจริงออกมา ในทำนองเดียวกัน การหาค่าจริงสำหรับกระแสไฟฟ้า จะต้องนำค่า e=0.0002 มาลบออกจากค่าที่อ่านได้เพื่อหาค่าจริง จากผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดพบว่า ค่าที่อ่านได้ 0.3602A ค่าจริง 0.36A ดังนั้น ค่าที่อ่านได้ต้องนำค่า Adjust=0.0002 ลบกลับเข้าไปในค่าที่อ่านได้ จึงจะได้ค่าจริง ซึ่งค่า Adjust=-0.0002 นี้คิดเป็น %Adjust=-0.0600% (คำนวณจาก Adjusted/ค่าที่อ่านได้ = -0.0002/0.3602) ในการคำนวณค่าจริงนี้ จะใช้ %Adjust=-0.0600% มาเป็นตัวปรับปรุงค่าที่อ่านได้เพื่อหาค่าจริงออกมา (ดูตัวอย่างการหาค่าจริง ตาราง ฉ2.)

ตารางที่ ฉ.2 การปรับค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดของแรงดันและกระแสไฟฟ้า

Range	(1) Reading	(2) %Adjust	(3) = (1) x (2) Adjust	(4) = (3) + (1) Adjusted/True Value	Unit
400V	219	0.46%	1	220	V
400mA	0.3602	0.0600%	0.0002	0.36	A

ผลการทดลองวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า นำมาปรับค่าจากความคลาดเคลื่อนได้ผลดังตารางที่ ฉ.3

ตารางที่ ฉ.3 ผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อน

No	Time	Reading			Volt			mA			Adjusted Watt
		V	mA	Watt	%Adjust	Adjust	Adjusted	%Adjust	Adjust	Adjusted	
1	13:36	87.0	246.4	21.437	0.46%	0.400	86.60	-0.0600%	-0.148	246.55	21.351
2	13:37	86.7	247.0	21.415	0.46%	0.399	86.30	-0.0600%	-0.148	247.15	21.329
3	13:38	86.7	246.4	21.363	0.46%	0.399	86.30	-0.0600%	-0.148	246.55	21.277
4	13:39	86.9	246.6	21.430	0.46%	0.400	86.50	-0.0600%	-0.148	246.75	21.344
5	13:40	86.7	247.3	21.441	0.46%	0.399	86.30	-0.0600%	-0.148	247.45	21.355
6	13:41	86.4	247.2	21.358	0.46%	0.397	86.00	-0.0600%	-0.148	247.35	21.273
7	13:42	86.5	247.6	21.417	0.46%	0.398	86.10	-0.0600%	-0.149	247.75	21.332
8	13:43	86.5	246.9	21.357	0.46%	0.398	86.10	-0.0600%	-0.148	247.05	21.271
9	13:44	86.9	247.2	21.482	0.46%	0.400	86.50	-0.0600%	-0.148	247.35	21.396
10	13:45	86.8	246.8	21.422	0.46%	0.399	86.40	-0.0600%	-0.148	246.95	21.336
11	13:46	86.8	247.4	21.474	0.46%	0.399	86.40	-0.0600%	-0.148	247.55	21.388
12	13:47	87.1	247.9	21.592	0.46%	0.401	86.70	-0.0600%	-0.149	248.05	21.506
13	13:48	87.1	247.0	21.514	0.46%	0.401	86.70	-0.0600%	-0.148	247.15	21.428
14	13:49	86.6	247.4	21.425	0.46%	0.398	86.20	-0.0600%	-0.148	247.55	21.339
15	13:50	86.9	247.9	21.543	0.46%	0.400	86.50	-0.0600%	-0.149	248.05	21.456
16	13:51	84.9	247.8	21.038	0.46%	0.391	84.51	-0.0600%	-0.149	247.95	20.954
17	13:52	84.4	247.5	20.889	0.46%	0.388	84.01	-0.0600%	-0.149	247.65	20.805
18	13:53	84.2	247.4	20.831	0.46%	0.387	83.81	-0.0600%	-0.148	247.55	20.748
19	13:54	84.4	247.1	20.855	0.46%	0.388	84.01	-0.0600%	-0.148	247.25	20.772
20	13:55	84.4	246.9	20.838	0.46%	0.388	84.01	-0.0600%	-0.148	247.05	20.755
21	13:56	83.5	243.7	20.349	0.46%	0.384	83.12	-0.0600%	-0.146	243.85	20.267
22	13:57	83.8	243.7	20.422	0.46%	0.385	83.41	-0.0600%	-0.146	243.85	20.340
23	13:58	84.2	243.0	20.461	0.46%	0.387	83.81	-0.0600%	-0.146	243.15	20.379
24	13:59	84.3	243.6	20.535	0.46%	0.388	83.91	-0.0600%	-0.146	243.75	20.453
25	14:00	84.7	242.9	20.574	0.46%	0.390	84.31	-0.0600%	-0.146	243.05	20.491
26	14:01	84.3	243.8	20.552	0.46%	0.388	83.91	-0.0600%	-0.146	243.95	20.470

ตารางที่ ฉ.3 ผลการทดลองและค่าความคลาดเคลื่อน (ต่อ)

No	Time	Reading			Volt			mA			Adjusted Watt
		V	mA	Watt	%Adjust	Adjust	Adjusted	%Adjust	Adjust	Adjusted	
27	14:02	84.7	242.7	20.557	0.46%	0.390	84.31	-0.0600%	-0.146	242.85	20.474
28	14:03	84.6	243.3	20.583	0.46%	0.389	84.21	-0.0600%	-0.146	243.45	20.501
29	14:04	84.7	243.1	20.591	0.46%	0.390	84.31	-0.0600%	-0.146	243.25	20.508
30	14:05	84.7	242.6	20.548	0.46%	0.390	84.31	-0.0600%	-0.146	242.75	20.466
31	14:06	84.8	243.1	20.615	0.46%	0.390	84.41	-0.0600%	-0.146	243.25	20.532
32	14:07	85.1	242.8	20.662	0.46%	0.391	84.71	-0.0600%	-0.146	242.95	20.580
33	14:08	84.9	243.2	20.648	0.46%	0.391	84.51	-0.0600%	-0.146	243.35	20.565
34	14:09	85.1	242.9	20.671	0.46%	0.391	84.71	-0.0600%	-0.146	243.05	20.588
35	14:10	85.2	242.9	20.695	0.46%	0.392	84.81	-0.0600%	-0.146	243.05	20.612
36	14:11	84.9	243.0	20.631	0.46%	0.391	84.51	-0.0600%	-0.146	243.15	20.548
37	14:12	85.7	242.8	20.808	0.46%	0.394	85.31	-0.0600%	-0.146	242.95	20.725
38	14:13	84.4	243.2	20.526	0.46%	0.388	84.01	-0.0600%	-0.146	243.35	20.444
39	14:14	85.3	243.7	20.788	0.46%	0.392	84.91	-0.0600%	-0.146	243.85	20.704
40	14:15	85.2	244.3	20.814	0.46%	0.392	84.81	-0.0600%	-0.147	244.45	20.731
41	14:16	85.4	244.4	20.872	0.46%	0.393	85.01	-0.0600%	-0.147	244.55	20.788
42	14:17	85.5	243.8	20.845	0.46%	0.393	85.11	-0.0600%	-0.146	243.95	20.761
43	14:18	85.2	244.0	20.789	0.46%	0.392	84.81	-0.0600%	-0.146	244.15	20.706
44	14:19	84.8	243.9	20.683	0.46%	0.390	84.41	-0.0600%	-0.146	244.05	20.600
45	14:20	85.6	243.8	20.869	0.46%	0.394	85.21	-0.0600%	-0.146	243.95	20.786
46	14:21	85.7	243.8	20.894	0.46%	0.394	85.31	-0.0600%	-0.146	243.95	20.810
47	14:22	85.2	244.4	20.823	0.46%	0.392	84.81	-0.0600%	-0.147	244.55	20.740
48	14:23	85.0	244.5	20.783	0.46%	0.391	84.61	-0.0600%	-0.147	244.65	20.699
49	14:24	85.0	244.6	20.791	0.46%	0.391	84.61	-0.0600%	-0.147	244.75	20.708
50	14:25	85.3	242.5	20.685	0.46%	0.392	84.91	-0.0600%	-0.146	242.65	20.602
51	14:26	85.3	242.9	20.719	0.46%	0.392	84.91	-0.0600%	-0.146	243.05	20.636
52	14:27	85.9	244.9	21.037	0.46%	0.395	85.50	-0.0600%	-0.147	245.05	20.953
53	14:28	85.4	244.0	20.838	0.46%	0.393	85.01	-0.0600%	-0.146	244.15	20.754
54	14:29	86.2	244.7	21.093	0.46%	0.397	85.80	-0.0600%	-0.147	244.85	21.009
55	14:30	85.9	244.2	20.977	0.46%	0.395	85.50	-0.0600%	-0.147	244.35	20.893
56	14:31	86.0	244.4	21.018	0.46%	0.396	85.60	-0.0600%	-0.147	244.55	20.934
57	14:32	84.9	244.4	20.750	0.46%	0.391	84.51	-0.0600%	-0.147	244.55	20.667
58	14:33	84.7	245.6	20.802	0.46%	0.390	84.31	-0.0600%	-0.147	245.75	20.719
59	14:34	85.5	244.7	20.922	0.46%	0.393	85.11	-0.0600%	-0.147	244.85	20.838
60	14:35	84.8	244.8	20.759	0.46%	0.390	84.41	-0.0600%	-0.147	244.95	20.676
เฉลี่ย		85.4	244.9	20.9			85.03			245.02	20.83

<u>การคำนวณค่าสถิติสำหรับแรงดันไฟฟ้า และ กระแสไฟฟ้า</u>

จากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ตัวเลขที่ดีที่สุดของชุดข้อมูลทั้งหมด คือ ค่าเฉลี่ย (Mean) พร้อมทั้งกำหนดความคลาดเคลื่อนเชิงสถิติ โดยความคลาดเคลื่อนเชิงสถิติ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) หรือ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

คำตอบที่ดีที่สุดของชุดข้อมูลที่วัดได้ = ค่าเฉลี่ย ± ความคลาดเคลื่อน (ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) …….. (ฉ3)

ซึ่งค่าเฉลี่ย หาได้จากสมการ (ฉ4)

$$\overline{X} = \frac{\Sigma X_i}{N} \qquad \text{…….. (ฉ4)}$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

ΣX_i คือ ผลรวมของจำนวนจากการวัดค่าได้ทั้งหมด

N คือ จำนวนทั้งหมด

สำหรับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน หาได้จากสมการ (ฉ5)

$$\delta = \sqrt{\frac{\Sigma\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{N-1}} \qquad \text{…….. (ฉ5)}$$

เมื่อ δ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X_i คือ จำนวนลำดับที่ i

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

N คือ จำนวนทั้งหมด

<u>การคำนวณหาค่าสถิติเพื่อใช้เป็นตัวแทนแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดข้อมูลทั้งหมด</u>

ขั้นที่ 1 คำนวณหาค่าเฉลี่ย ได้ดังนี้

$$\overline{X} = \frac{87.0 + 86.7 + 86.7 + 86.9 + ... + 84.8}{60}$$

$$\overline{X} = 85.421667 \text{ โวลท์}$$

จากการคำนวณปัดเศษเป็น 85.4 เมื่อพิจารณาตัวเลข 85.4 แล้วจะเห็นว่าเป็นตัวเลขที่เหมาะสม ตามหลักการคำนวณเลขนัยสำคัญ เพราะมีความคลาดเคลื่อน 10% เท่ากับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแต่ละตัว

ขั้นที่ 2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล ได้ดังนี้

$$\delta = \sqrt{\frac{\Sigma\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{N-1}}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{(87.0-85.4)^2+(86.7-85.4)^2+(86.7-85.4)^2+(86.9-85.4)^2\ldots+(84.8-85.4)^2}{60-1}}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{52}{59}}$$

$$\delta = 0.938896 \quad \text{โวลท์}$$

จากการคำนวณปัดเศษเป็น 0.9 เมื่อพิจารณาตัวเลข 0.9 แล้วจะเห็นว่าเป็นตัวเลขที่เหมาะสม ตามหลักการคำนวณเลขนัยสำคัญ เพราะมีความคลาดเคลื่อน 10% เท่ากับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแต่ละตัว

ดังนั้นค่าตัวแทนข้อมูลของแรงดันไฟฟ้าที่จะนำไปใช้ คือ $\overline{X} + \delta = 85.4 \pm 0.9$ โวลท์

<u>การคำนวณหาค่าสถิติเพื่อใช้เป็นตัวแทนกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากชุดข้อมูลทั้งหมด</u>

ขั้นที่ 1 คำนวณหาค่าเฉลี่ย ได้ดังนี้

$$\overline{X} = \frac{246.4 + 247.0 + 246.4 + 246.6 + \ldots + 244.8}{60}$$

$$\overline{X} = 244.871667 \quad \text{โวลท์}$$

จากการคำนวณปัดเศษเป็น 244.9 เมื่อพิจารณาตัวเลข 244.9 แล้วจะเห็นว่าเป็นตัวเลขที่เหมาะสม ตามหลักการคำนวณเลขนัยสำคัญ เพราะมีความคลาดเคลื่อน 10% เท่ากับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแต่ละตัว

ขั้นที่ 2 หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล ได้ดังนี้

$$\delta = \sqrt{\frac{(2464-2449)^2+(2470-2449)^2+(2464-2449)^2+(2466-2449)^2\ldots+(2448-2449)^2}{60-1}}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{187.11}{59}}$$

$$\delta = 1.78083 \quad \text{มิลลิแอมป์}$$

จากการคำนวณปัดเศษเป็น 1.8 เมื่อพิจารณาตัวเลข 1.8 แล้วจะเห็นว่าเป็นตัวเลขที่เหมาะสม ตามหลักการคำนวณเลขนัยสำคัญ เพราะมีความคลาดเคลื่อน 10% เท่ากับความคลาดเคลื่อนของข้อมูลแต่ละตัว

ดังนั้นค่าตัวแทนข้อมูลของกระแสไฟฟ้าที่จะนำไปใช้ คือ $\overline{X} + \delta = 244.9 \pm 1.8$ มิลลิแอมป์ หรือ $(244.9 \pm 1.8)\ \text{x}10^{-3}$ แอมป์

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายคมกริช ประกอบธรรม เกิดเมื่อวันที่ 3 มกราคม 2520 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์ สาขาไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2541 และสำเร็จการศึกษาในหลักสูตรบริหารธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2546 หลังจากนั้นเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรธุรกิจเทคโนโลยีและการจัดการนวัตกรรม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2551

ประสบการณ์ทำงานหลังเรียนจบเคยทำงานตำแหน่งเว็บมาสเตอร์ บริษัทอีบิสซิเนส จำกัด ปัจจุบันทำงานอยู่ที่ธนาคารกรุงศรีอยุธยา ฝ่ายลงทุนธุรกิจตลาดทุน