# การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำแบบเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าหลัก โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

# ANALYSIS OF THE GRID CONNECTED HYDRO TURBINE GENERATOR USING MATHEMATICAL MODEL


**สิทธิชัย อ้นปันส์**

**SITTHICHAI ONPUNS**


**วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต**

**สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**

**พ.ศ. 2553**

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายสิทธิชัย อ้นปันส์

COPYRIGHT © 2010 ลิขสิทธิ์ พ.ศ 2553
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี**

---

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำแบบเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าหลัก โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์<br>ANALYSIS OF THE GRID CONNECTED HYDRO TURBINE GENERATOR USING MATHEMATICAL MODEL |
| **ชื่อนักศึกษา** | นายสิทธิชัย อ้นปันส์ |
| **รหัสประจำตัว** | 114970402011-8 |
| **ปริญญา** | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้า |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก** | ดร. วันชัย ทรัพย์สิงห์ |
| **อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** | ดร. กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ |
| **วัน เดือน ปี ที่สอบ** | 12 พฤษภาคม 2553 |
| **สถานที่สอบ** | ห้องประชุมภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |

**คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์**

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิบูลย์ ชื่นแขก)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม)

.....กรรมการ
(ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง)

.....กรรมการ
(ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์)

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชัย หิรัญวโรดม)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำแบบเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าหลัก โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ |
| **นักศึกษา** | นายสิทธิชัย อ้นปันส์ |
| **รหัสประจำตัว** | 114970402011 - 8 |
| **ปริญญา** | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมไฟฟ้า |
| **ปีการศึกษา** | 2552 |
| **อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์** | ดร. วันชัย ทรัพย์สิงห์ |
| **อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม** | ดร. กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ |

## บทคัดย่อ


โดยทั่วไปพลังงานจากกำลังน้ำนับว่าเป็นแหล่งพลังงานทดแทนอีกแหล่งหนึ่งที่สะอาด ปราศจากมลพิษ ทำให้เหมาะสมสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตกำลังไฟฟ้า จึงทำให้การผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังน้ำเป็นที่สนใจอีกแหล่งหนึ่ง นอกเหนือจากการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์และจากพลังลม

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอ การวิเคราะห์การกำเนิดไฟฟ้าจากพลังน้ำแบบเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าหลัก โดยใช้การจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปสมการทางกลของตัวกังหันน้ำขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งต่อเชื่อมอยู่กับระบบไฟฟ้าหลัก ทั้งนี้ในงานวิจัยจะสนใจในระบบไฟฟ้าแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเดียวต่อเชื่อมกับระบบบัสอนันต์ โดยพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในแบบจำลองได้แทนค่าของอุปกรณ์จริงจากระบบที่ติดตั้งอยู่ ณ โรงสูบจ่ายน้ำลาดพร้าว ของการประปานครหลวง

อย่างไรก็ตาม ผลการจำลองระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังน้ำนี้ จะเปรียบเทียบกับผลการทดสอบกับระบบจริงซึ่งเป็นการผลิตไฟฟ้าแบบต่อเชื่อมระบบไฟฟ้าหลักจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด160 กิโลวัตต์ ซึ่งติดตั้งอยู่ ณ โรงสูบจ่ายน้ำลาดพร้าว ของการประปานครหลวง โดยมีค่าความผิดพลาดในการจำลองระบบทั้ง Shop Test และ Field Test เทียบกับการ Simulation ประมาณ 0.46 %



คำสำคัญ : แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ, ระบบไฟฟ้าแบบเครื่องกำเนิดเดียวต่อเชื่อมระบบบัสอนันต์, เสถียรภาพระบบไฟฟ้า, สมการพลวัตของระบบไฟฟ้าพลังน้ำ, กังหันน้ำ

| | |
|---|---|
| **Thesis Title :** | ANALYSIS OF THE GRID CONNECTED HYDRO TURBINE GENERATOR USING MATHEMATICAL MODEL |
| **Student Name :** | Mr. Sitthichai Onpuns |
| **Student ID :** | 114970402011-8 |
| **Degree Award :** | Master of Engineering |
| **Study Program :** | Electrical Engineering |
| **Academic Year :** | 2009 |
| **Thesis Advisors :** | Dr. Wanchai Subsingha |
| | Dr. Krischome Bhumkittipich |


## ABSTRACT

In general, the Micro Hydro Turbine Electrical Generation is very interested nowadays because of its cleanliness and its pollution-free of the resource. Moreover, it is attractive besides another renewable source for generating the Electricity such as Solar and Wind energy.

This research presents a Grid Connected Micro Hydro Turbine model and analysis of such model within the Single Machine Infinite Bus (SMIB) Power System, which is the miniature standard model suitable for this research. The Micro Hydro Turbine model in this research is represented in both physical body of the Hydro Turbine together with the electrical equation of the three phase generator and the SMIB power system. Hower the parameters that used in this model is brought from the practical system which held in Metropolitan Waterworks Authority (MWA), Lat-Phrao Station, Bangkok, Thailand.

The simulation results is also compared with the experimental test and field test of the 160 kW. Micro Hydro Turbine Grid Connected Induction Generator which was installed at Lat-Phrao Station of the MWA, Bangkok, Thailand. It is found that an error of such simulation model is about 0.46 % compared with its practical operation.



Keywords : Hydro Turbine Models, Power System Stability, Single Machine Infinite Bus Power System, Dynamic equation in Hydro Turbine, Micro Hydro Turbine

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์ ดร.กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ ที่ให้คำปรึกษาคำแนะนำความรู้ และประสบการณ์ที่เป็นแนวทางทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ด้วยดี และขอขอบคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ารวมทั้งเจ้าหน้าที่สำนักงานบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่ช่วยเหลือแนะนำ อีกทั้งอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ นายวีระชาติ โอฬาพิริยกุล รองผู้ว่าการ (ผลิตและส่งน้ำ) การประปานครหลวง ที่กรุณาสนับสนุน และให้คำแนะนำรวมทั้งให้เข้าเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำที่โรงสูบจ่ายน้ำลาดพร้าว ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่านเป็นอย่างสูง ที่กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา รวมทั้ง ครูบาอาจารย์ ที่ให้วิชาความรู้อบรมสั่งสอน ขอขอบคุณ ภรรยา บุตร และ เพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจเสมอมา

สิทธิชัย อ้นปันส์

25 เมษายน 2553

**สารบัญ**


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญรูป | ช |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 3 |
| 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย | 3 |
| 1.4 แผนงานของการดำเนินงานวิจัย | 3 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 4 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 5 |
| 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 5 |
| 2.2 กังหันน้ำ | 6 |
| 2.3 กำลังและพลังงานของน้ำ | 8 |
| 2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 9 |
| บทที่ 3 แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ | 14 |
| 3.1 การออกแบบระบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ | 14 |
| 3.2 การคำนวณค่าประสิทธิภาพของระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ | 33 |
| 3.3 การคำนวณค่าประสิทธิภาพของกังหันน้ำ | 34 |
| 3.4 การทดสอบระบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ | 34 |
| 3.5 ขั้นตอนในการติดตั้งระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ | 36 |
| บทที่ 4 ผลการจำลองการทำงานของระบบ | 49 |
| 4.1 ผลการจำลองระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ ณ เขื่อนแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี | 50 |
| 4.2 วิจารณ์ผลการจำลองระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ ที่ผลิตค่ากำลังไฟฟ้าได้ | 53 |

**สารบัญ (ต่อ)**


| | หน้า |
|---|---|
| 4.3 ผลการจำลองระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ ณ โรงสูบจ่ายน้ำลาดพร้าวการประปานครหลวง | 54 |
| 4.4 วิจารณ์ผลการจำลองระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ ที่ผลิตค่ากำลังไฟฟ้าได้ | 57 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | 58 |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 58 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 59 |
| เอกสารอ้างอิง | 60 |
| ภาคผนวก | |
| ก รายละเอียดเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำ(ABB M3BP 355 SMA) | 61 |
| ข รายละเอียดหม้อแปลงไฟฟ้า(EKARAT TRANSFORMER) | 65 |
| ค ข้อมูลการทดสอบของ EGAT, LAT PHRAO PROJECT | 67 |
| ง ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ | 74 |
| ประวัติผู้เขียน | 84 |

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 3.1 ตัวแปรต่างๆที่กำหนดบน แกนอ้างอิง dq frame | 18 |
| 3.2 ค่าพารามิเตอร์ของวงจรเทียบเคียงเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส | 20 |
| 3.3 พารามิเตอร์ Induction Machine ABB Type M3BP 355 SMA | 24 |
| 3.4 พารามิเตอร์ Ekarat Transformer 630 kVA 6600/400 V | 32 |
| 4.1 กำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำผลิตของ Unit 1ณ เขื่อนแก่งกระจาน | 50 |
| 4.2 กำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำผลิตของ Unit 2ณ เขื่อนแก่งกระจาน | 51 |
| 4.3 กำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำผลิตของ Unit 3ณ เขื่อนแก่งกระจาน | 52 |
| 4.4 กำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำผลิตของ Unit 1ณ โรงสูบจ่ายน้ำลาดพร้าว | 54 |
| 4.5 กำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำผลิตของ Unit 2ณ โรงสูบจ่ายน้ำลาดพร้าว | 55 |
| 4.6 กำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำผลิตของ Unit 3ณ โรงสูบจ่ายน้ำลาดพร้าว | 56 |


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

# สารบัญรูป


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 1.1 พื้นที่รับผิดชอบจัดหาและบริการน้ำประปาให้แก่ประชาชน | 1 |
| 1.2 กราฟ Energy Grade line กับ Hydraulic Drade line จาก TR2 ถึง SR | 2 |
| 1.3 แรงดันน้ำของสถานีสูบจ่ายน้ำลาดพร้าว | 2 |
| 2.1 ตัวอย่างของกังหันน้ำเพลตัน | 6 |
| 2.2 ตัวอย่างกังหันน้ำเทอร์โก | 7 |
| 2.3 ตัวอย่างกังหันน้ำฟรานซิส | 7 |
| 2.4 ตัวอย่างกังหันน้ำเคปแลน | 8 |
| 2.5 ตัวอย่างกังหันน้ำเดเรียซ | 8 |
| 2.6 โหมดการทำงานของเครื่องจักรไฟฟ้าเหนี่ยวนำ | 10 |
| 2.7 แสดงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต่อเข้ากับระบบเครือข่าย | 11 |
| 2.8 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ตัวกระตุ้นแยกออกจากระบบโดยใช้อินเวอร์เตอร์ | 12 |
| 2.9 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ตัวกระตุ้นแยกออกจากระบบโดยใช้ตัวเก็บประจุ | 13 |
| 3.1 แบบจำลองระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ | 14 |
| 3.2 รูปแบบจำลองของกังหันน้ำ | 15 |
| 3.3 บล็อกไดอะแกรมแบบจำลองพลังน้ำของกังหันน้ำ | 16 |
| 3.4 ภายในแบบจำลองพลังน้ำของกังหันน้ำ | 16 |
| 3.5 บล็อกไดอะแกรมแบบจำลองของแรงบิดกังหันน้ำ | 17 |
| 3.6 ภายในแบบจำลองของแรงบิดกังหันน้ำ | 17 |
| 3.7 แบบจำลองเครื่องจักรกลไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำ | 18 |
| 3.8 วงจรเทียบเคียงของเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำสามเฟส | 20 |
| 3.9 การวัดค่าความต้านทานขดลวดสเตเตอร์โดยใช้โอห์มมิเตอร์ | 21 |
| 3.10 วงจรเทียบเคียงของเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำทำงานที่สภาวะไม่มีโหลด | 21 |
| 3.11 วงจรเทียบเคียงของเครื่องจักรกลไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่สภาวะโรเตอร์ถูกล็อคไม่ให้หมุน | 22 |
| 3.12 ตัวอย่างการใส่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในโมเดลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ | 25 |
| 3.13 แบบจำลองของหม้อแปลงไฟฟ้าสามเฟส | 26 |
| 3.14 รูปหม้อแปลงไฟฟ้า | 26 |
| 3.15 วงจรสมมูลในหม้อแปลงไฟฟ้า | 27 |
| 3.16 การย้ายค่าต่าง ๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้า | 27 |
| 3.17 วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะทำการทดสอบแบบเปิดวงจร | 28 |

**สารบัญรูป(ต่อ)**


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 3.18 วงจรสมมูลของหม้อแปลงไฟฟ้าขณะทำการทดสอบแบบปิดวงจร | 30 |
| 3.19 ตัวอย่างการใส่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆในโมเดลหม้อแปลงไฟฟ้า | 33 |
| 3.20 ระบบจำลองด้วยโปรแกรม Simulink ทั้งหมด | 35 |
| 3.21 การขึ้นรูปแกนหมุนของกังหันน้ำ | 36 |
| 3.22 การขึ้นรูปใบพัดของกังหันน้ำ | 36 |
| 3.23 การประกอบใบพัดเข้ากับแกนหมุน | 37 |
| 3.24 ใบพัดขนาดจำลองที่ยึดเข้ากับแกนหมุน | 37 |
| 3.25 ใบพัดที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว | 38 |
| 3.26 ส่วนประกอบของท่อควบคุมการไหลของน้ำ | 38 |
| 3.27 ใบพัดประกอบเข้ากับท่อควบคุมการไหลของน้ำ | 39 |
| 3.28 ยึดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำเข้ากับโครงของกังหันน้ำ | 39 |
| 3.29 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต่อสายพานเข้ากับกังหันน้ำ | 40 |
| 3.30 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำพลังน้ำที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว | 40 |
| 3.31 นำแบบจำลองที่ได้มาสร้างงานขนาดจริง | 41 |
| 3.32 ประกอบท่อระบายน้ำจากเขื่อน | 41 |
| 3.33 ต่อท่อเข้ากับกังหันน้ำ | 42 |
| 3.34 ติดตั้งเครื่องมือวัดแรงดันน้ำก่อนเข้ากังหันน้ำ | 42 |
| 3.35 ติดตั้งและตรวจสอบตัวกังหันน้ำ | 43 |
| 3.36 เชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำเข้ากับสายส่ง | 43 |
| 3.37 เชื่อมต่อเครื่องวัดปริมาตรน้ำด้วยอัลตราโซนิคโฟลมิเตอร์(Ultrasonic Flow meter) | 44 |
| 3.38 เชื่อมต่อแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำเข้ากับระบบไฟฟ้าหลัก | 44 |
| 3.39 เชื่อมต่อเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดเข้ากับระบบ | 45 |
| 3.40 สร้างชุดเชื่อมต่อแรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดเข้ากับระบบไฟฟ้าหลัก | 45 |
| 3.41 ติดตั้งระบบ PLC ที่ใช้ในการควบคุม | 46 |
| 3.42 ติดตั้งระบบอินเตอร์เฟสของ PLC ที่ใช้ในการควบคุม | 46 |
| 3.43 ติดตั้งระบบท่อจ่ายน้ำเข้าสู่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ ณ โรงสูบจ่ายน้ำลาดพร้าว | 47 |
| 3.44 ประกอบกังหันน้ำเข้ากับระบบ | 47 |
| 3.45 ติดตั้งระบบสายส่งไฟฟ้าจากหม้อแปลงไฟฟ้าเข้าสู่ระบบไฟฟ้าหลัก | 48 |
| 3.46 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำที่เชื่อมต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าหลักเรียบร้อยแล้ว | 48 |

**สารบัญรูป(ต่อ)**


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.1 ระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำพลังน้ำโดยแสดงการวัดค่าต่างๆในระบบ | 49 |
| 4.2 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตของ Shop Test Unit 1 | 51 |
| 4.3 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตของ Shop Test Unit 2 | 52 |
| 4.4 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตของ Shop Test Unit 3 | 53 |
| 4.5 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตของ Field Test Unit 1 | 54 |
| 4.6 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตของ Field Test Unit 2 | 55 |
| 4.7 การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตของ Field Test Unit 3 | 56 |


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี