

การจัดการน้ำที่ลดการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยทฤษฎี MAX-MIN ANT SYSTEM

WATER MANAGEMENT FOR HYDRO POWER PLANT PRODUCTION BY
MAX-MIN ANT SYSTEM



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2558

KMITL-2010-EN-M-060-027

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยทฤษฎี MAX-MIN ANT
SYSTEM

WATER MANAGEMENT FOR HYDRO POWER PLANT PRODUCTION BY
MAX-MIN ANT SYSTEM



T110350



เลขหมู่.....**110350**
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....**- 1 11 2553**

b.....**1226321x**
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2553

KMITL-2010-EN-M-060-027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**WATER MANAGEMENT FOR HYDRO POWER PLANT PRODUCTION BY
MAX-MIN ANT SYSTEM**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2010

KMITL-2010-EN-M-060-027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2010


FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยทฤษฎี MAX-MIN ANT SYSTEM
Thesis Title Water Management for Hydro Power Plant Production by MAX - MIN ANT SYSTEM
นักศึกษา นายบรรหาร พลอยสุข
รหัสประจำตัว 48060812
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.สุพรรณ กุลพานิชย์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2010-EN-M-060-027

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.วิริยะ	กองรัตน์	
รศ.ดร.วิทยา	ทิพย์สุวรรณพร	
รศ.ดร.ประเสริฐ	ปิ่นปฐมรัฐ	
รศ.ดร.ฟูศักดิ์	ชีวะสุวิทย์	
รศ.สุพรรณ	กุลพานิชย์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพุธที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2553 เวลา 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 1

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2553

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.

วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์กลับสมบูรณ

วันที่ 7 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2553

เอกสารนี้... แยกสาร... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยทฤษฎี Max -
Min Ant System

นักศึกษา

นายบรรหาร พลอยสุข

รหัสนักศึกษา

48060812

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมการวัดคุม

พ.ศ.

2553

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ. สุพรรณ กุลพณิชย์

บทคัดย่อ

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงการบริหารจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งทำการควบคุมการผลิตกระแสไฟฟ้าในปริมาณเท่าเดิมโดยใช้ปริมาณน้ำที่ปล่อยออกมาจำนวนน้อยลงกว่าเดิม เท่ากับเป็นการประหยัดน้ำเพื่อทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าในระยะยาว วิธีที่กล่าวมานี้อาศัยหลักการของทฤษฎี Max-Min Ant System (MMAS) เป็นหนึ่งในวิธีการประมาณที่ดีที่สุด (Approximation Optimization Algorithm) จัดอยู่ในกลุ่มการแก้ไขปัญหาแบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) โดยจะจำลองพฤติกรรมเลียนแบบการเลือกเส้นทางเดินทางอาหารระหว่างรังกับแหล่งอาหารของมด ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองโปรแกรมการทำงานของ MMAS ผ่านคอมพิวเตอร์ในการตัดสินใจควบคุมการปล่อยน้ำผ่านเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับระบบเดิม ซึ่งให้ความแตกต่างของปริมาณน้ำที่ใช้ลดลง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตกระแสไฟฟ้าด้านพลังงานและยังเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ภายในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด

Thesis Title	Water Management for Hydro Power Plant production by Max-Min Ant System
Student	Mr. Banharn Ploysuk
Student ID.	48060812
Degree	Master of Engineering
Program	Instrumentation Engineering
Year	2010
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Suphan Kulphanich

ABSTRACT

The content of this thesis is the management of water for power generation. To optimize the control will generate electricity in the same amount with water less than before. Those help to saving water to make power in the long term. Of these methods relate on principles of Max-Min Ant System (MMAS) is one of the best ways to approximation (Approximation Optimization Algorithm), which held in a group of artificial intelligence problem solving (Artificial Intelligence) by the model behavior simulation for walking trails between the ant's nest with food sources of ant. The result of this research was to simulate the performance of MMAS program via computer in the decision to release water through the control power generator. To compare results with existing systems, that difference in used less of water. To enhances the generation of hydroelectric power. And also optimize the domestic water resources.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีโดยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รศ. สุพรรณ กุลพาณิชย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ทุกท่าน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ในภาควิชาวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและกำลังใจตลอดมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุนในทุกๆเรื่อง และคอยให้กำลังใจตลอดมาทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จล่วงได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน

บรรหาร พลอยสุข



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VII
สารบัญตาราง.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าด้านพลังงาน.....	4
2.1 ความหมายของพลังงาน.....	4
2.2 สถานการณ์พลังงานของโลก.....	4
2.2.1 การเพิ่มจำนวนประชากรโลก.....	5
2.2.2 ปริมาณการใช้และความต้องการใช้พลังงานในอนาคต.....	6
2.2.3 ปริมาณแหล่งพลังงานสำรองของโลก.....	8
2.2.4 ผลกระทบจากการใช้พลังงาน.....	10
2.3 สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย.....	11
2.3.1 การผลิตพลังงานภายในประเทศ.....	11
2.3.2 การนำเข้าพลังงานในประเทศ.....	11
2.4 ประเทศไทยกับการใช้พลังงานน้ำ.....	12
2.4.1 ผลกระทบจากการใช้พลังงานน้ำ.....	13
2.5 ความต้องการใช้ไฟฟ้าและลักษณะการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย.....	14
2.6 นิยามเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำ.....	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.7 ภาพรวมการแบ่งโรงไฟฟ้าพลังน้ำ.....	18
2.7.1 การแบ่งตามชนิดของโรงไฟฟ้า.....	18
2.7.2 การแบ่งตามสถานที่ก่อสร้าง.....	19
2.7.3 การแบ่งตามลักษณะการผันน้ำสู่โรงไฟฟ้าพลังน้ำ.....	20
2.7.4 การแบ่งในลักษณะอื่นๆ.....	21
2.7.5 อินพุต-เอาต์พุตเฉพาะของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ.....	24
2.8 การจ่ายโหลดอย่างประหยัด.....	24
2.9 การวางแผนในระบบไฟฟ้า.....	26
2.9.1 การวางแผนพัฒนา.....	25
2.9.2 การวางแผนปฏิบัติการ.....	26
2.10 อ่างเก็บน้ำและการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ.....	28
2.10.1 หลักอุทกศาสตร์เบื้องต้น.....	29
2.10.2 ปัญหาในการพัฒนาแหล่งน้ำ.....	33
2.10.3 การจัดการน้ำ.....	34
2.10.4 ปัญหาการใช้น้ำและแนวทางแก้ไข.....	36
2.10.5 คำจำกัดความที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตปริมาณน้ำและระดับน้ำ.....	38
บทที่ 3 ปัญหาด้านการจัดการและการตัดสินใจ.....	40
3.1 เทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสม.....	41
3.1.1 วิธีการหาคำตอบโดยวิธีทางคณิตศาสตร์.....	41
3.1.2 วิธีการหาคำตอบโดยอาศัยหลักการประมาณ.....	41
3.2 ทฤษฎีและหลักการค้นหาอาหารของมด.....	42
3.2.1 สังคมของแมลง.....	42
3.2.2 กลวิธีในการหาอาหารของมด.....	44
3.3 Max-Min Ant System.....	45
3.3.1 การกำหนดเส้นทางเดินของมด.....	46
3.3.2 การเพิ่มร่องรอยของฟีโรโมน.....	47
3.3.3 การเลื่อนตำแหน่งถัดไป.....	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล	49
3.4.1 การออกแบบการทดลอง	50
3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	52
บทที่ 4 แนวความคิดการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า	54
4.1 รวบรวมข้อมูลการใช้น้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า	55
4.2 กำหนดเป้าหมายเพื่อใช้พลังงานน้ำให้น้อยที่สุดเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า	59
4.3 นำทฤษฎี MMAS มาวิเคราะห์	59
4.4 พัฒนาโปรแกรม MMAS	71
4.5 ทดสอบโปรแกรม MMAS ที่พัฒนาขึ้น	73
4.6 สรุปผลการดำเนินการทดลองวิจัย.....	73
บทที่ 5 การออกแบบและผลการทดลอง.....	74
5.1 โครงสร้างของระบบ.....	74
5.2 การทดสอบหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมกับปัญหา.....	75
5.2.1 ทดสอบโปรแกรม MMAS ที่เวลา 09.00 น.....	79
5.3 ทดสอบ MMAS กับการจัดการน้ำ.....	85
5.3.1 ทดสอบโปรแกรม MMAS กับ วันที่ 1 สิงหาคม 2551.....	93
5.3.2 ทดสอบโปรแกรม MMAS กับ วันที่ 2 สิงหาคม 2551.....	94
5.3.3 ทดสอบโปรแกรม MMAS กับ วันที่ 3 สิงหาคม 2551.....	95
5.3.4 ทดสอบโปรแกรม MMAS กับ วันที่ 4 สิงหาคม 2551.....	96
5.3.5 ทดสอบโปรแกรม MMAS กับ วันที่ 5 สิงหาคม 2551.....	98
5.3.6 ทดสอบโปรแกรม MMAS กับ วันที่ 6 สิงหาคม 2551.....	99
5.3.7 ทดสอบโปรแกรม MMAS กับ วันที่ 7 สิงหาคม 2551.....	100
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	103
บรรณานุกรม.....	105
ภาคผนวก.....	109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ VI ษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก ผลการทดสอบหาพารามิเตอร์.....	110
ภาคผนวก ข ข้อมูลโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ.....	115
ภาคผนวก ค Source Code MMAS.....	118
ภาคผนวก ง ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์.....	130
ประวัติผู้เขียน.....	136



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง พลังงาน สิ่งแวดล้อม.....	5
2.2 แผนภูมิแสดงจำนวนประชากรและแนวโน้มจำนวนประชากรโลก.....	6
2.3 แสดงที่ตั้งของกลุ่มประเทศต่างๆ.....	7
2.4 แผนภูมิปริมาณการใช้และแนวโน้มความต้องการใช้พลังงานของโลก.....	8
2.5 แสดงบริเวณและปริมาณสำรองน้ำมันของโลก	9
2.6 แสดงบริเวณและปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติของโลก.....	9
2.7 แสดงบริเวณและปริมาณสำรองถ่านหินของโลก.....	10
2.8 แผนภูมิปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งพลังงานฟอสซิลแต่ละชนิด.....	11
2.9 ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา.....	15
2.10 โรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ติดตั้งเป็นส่วนหนึ่งของเขื่อน.....	19
2.11 โรงไฟฟ้าพลังน้ำอยู่พื้นฐานท้ายเขื่อน.....	19
2.11 โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ใช้ระบบผันน้ำด้วยท่อความดัน.....	20
2.12 โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ใช้ระบบผันน้ำด้วยท่อความดัน.....	21
2.13 โรงไฟฟ้าพลังน้ำที่อาศัยน้ำขึ้นน้ำลง.....	22
2.14 แสดง Input-Output Characteristic ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ.....	24
2.15 การร่วมกันจ่ายโหลดในโรงไฟฟ้าพลังน้ำ.....	25
2.16 รูปวัฏจักรของน้ำ.....	29
2.17 การแบ่งขอบเขตปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ.....	38
3.1 แสดงการเดินทางแหล่งอาหารของมด.....	45
3.2 รูปแสดงการทำงานของวงล้อเสียงท่าย.....	49
3.3 แบบจำลองสำหรับระบบหรือกระบวนการ.....	49
4.1 รูปแบบแนวความคิดการนำ MMAS มาจัดการน้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้า.....	54
4.2 แสดงตัวอย่างสัดส่วนปริมาณปริมาณน้ำกับปริมาณไฟฟ้า.....	55
4.3 Prototype Mussel Diagram ของโรงไฟฟ้า.....	56
4.4 แสดงขั้นตอนการทำงานของ MMAS.....	60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 แสดงขั้นตอนการประมวลผลโปรแกรม.....	71
4.6 แสดงหน้าต่างของโปรแกรม.....	72
5.1 แสดงเครื่องผลิตไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้าร่วมกันผลิตไฟฟ้า.....	74
5.2 แสดงรูปแบบกระบวนการของระบบ.....	75
5.3 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล.....	77
5.4 เปรียบเทียบรูปแบบการผลิตไฟฟ้าที่ความต้องการไฟฟ้า 142.7 MW.....	80
5.5 แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับปัจจัยหลักของวิธี MMAS ที่เวลา 9.00 น.....	82
5.6 แสดงกราฟ Interaction Plots Optimize ที่เวลา 09.00 น.....	83
5.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้น้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้าของวันที่ 1 สิงหาคม 2551.....	93
5.8 รูปแบบการผลิตไฟฟ้าวันที่ 1 สิงหาคม 2551.....	94
5.9 รูปแบบการผลิตไฟฟ้าวันที่ 2 สิงหาคม 2551.....	95
5.10 รูปแบบการผลิตไฟฟ้าวันที่ 3 สิงหาคม 2551.....	96
5.11 รูปแบบการผลิตไฟฟ้าวันที่ 4 สิงหาคม 2551.....	97
5.12 รูปแบบการผลิตไฟฟ้าวันที่ 5 สิงหาคม 2551.....	98
5.13 รูปแบบการผลิตไฟฟ้าวันที่ 6 สิงหาคม 2551.....	99
5.14 รูปแบบการผลิตไฟฟ้าวันที่ 7 สิงหาคม 2551.....	100
5.15 รูปปริมาณน้ำที่ลดลงจากโปรแกรมMMASวันที่ 1-7 สิงหาคม ไปผลิตกระแสไฟฟ้า.....	102

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำและกำลังผลิตติดตั้ง ที่ กฟผ.รับผิตชอบ.....	16
2.2 ราคาต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยโดยเฉลี่ยของ กฟผ.....	17
2.3 แสดงสมดุลของน้ำรายปีที่อยู่ในโลก.....	30
2.4 การรายงานลักษณะของฝน.....	32
2.5 การพยากรณ์บริเวณที่จะมีฝนตก.....	32
2.6 การรายงานประเภทฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา.....	32
2.7 ปริมาณน้ำในโลที่ประมาณค่าโดย UNESCO.....	35
3.1 การประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบปัญญาประดิษฐ์กับปัญหาต่างๆ.....	42
4.1 ตัวอย่างตารางสัดส่วนการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อปริมาณการใช้น้ำ.....	57
4.2 รูปแบบการรายงานการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ.....	58
4.3 แสดงตัวอย่างสัดส่วนปริมาณการผลิตไฟฟ้าต่อปริมาณการใช้น้ำที่ระดับ 70 m.....	57
5.1 ระดับปัจจัยและพารามิเตอร์ของ MMAS.....	75
5.2 การทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของ MMAS.....	78
5.3 ความเป็นไปได้จำนวน 15 เส้นทางในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เวลา 09.00 น.....	79
5.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 เวลา 09.00 น.....	81
5.5 ผลการนำ MMAS มาประยุกต์กับการจัดการน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าที่เวลา 09.00 น.....	84
5.6 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 1 สิงหาคม 2551.....	86
5.7 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 2 สิงหาคม 2551.....	87
5.8 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 3 สิงหาคม 2551.....	88
5.9 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 4 สิงหาคม 2551.....	89
5.10 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 5 สิงหาคม 2551.....	90

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.11 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 6 สิงหาคม 2551.....	91
5.12 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 7 สิงหาคม 2551.....	92
5.13 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 1-7 สิงหาคม 2551.....	101



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาสภาวะโลกร้อนส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศทั่วโลกในรอบหลายปีที่ผ่านมา ไม่ว่าจะเป็นการเกิดคลื่นความร้อนในทวีปยุโรปทำให้มีผู้เสียชีวิตกว่า 20,000 คน พายุเฮอริเคนที่ทำลายเมืองในประเทศสหรัฐอเมริกาอย่างหนักตลอด 2-3 ปีที่ผ่านมา และความแห้งแล้งอย่างรุนแรงและยาวนานในทวีปแอฟริกา เหตุการณ์เหล่านี้จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น หากยังมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง โดยคาดการณ์ว่าในฤดูร้อนของปี พ.ศ. 2573 บริเวณขั้วโลกอาจจะไม่มีน้ำแข็งเหลืออยู่เลยส่งผลให้ความเค็มของน้ำทะเลลดลง วัฏจักรของกระแสน้ำอุ่นในแอตแลนติกที่ให้ความอบอุ่นกับซีกโลกเหนืออาจจะหยุดไหลได้ และถ้าเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นจริงซีกโลกเหนือก็จะกลับสู่ยุคน้ำแข็งอีกครั้ง องค์กรสหประชาชาติ (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) จึงได้มีการจัดตั้งพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol, KP) ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2540 เพื่อกำหนดพันธกรณีทางกฎหมายสำหรับกลุ่มภาคีที่ให้สัตยาบันในการดำเนินการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในระยะเวลาที่กำหนด สำหรับประเทศไทย มีมติคณะรัฐมนตรีให้ประเทศไทยให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโตเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2545 มติ ครม. ในเรื่องกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism, CDM) มีสาระที่สำคัญ 2 ประการคือ การส่งเสริมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ โดยดำเนินการลดด้วยตัวเองเป็นหลัก และอีกประการหนึ่งคือ โครงการความร่วมมือจากประเทศพัฒนาแล้วภายใต้ CDM

นอกจากสภาวะโลกร้อนแล้วนั้น ปัญหาอีกประการคือปัญหาทางด้านวิกฤตพลังงาน ซึ่งในปัจจุบันแหล่งพลังงานสำรองจากฟอสซิลของโลกเริ่มลดลง และจะหมดไปในอนาคตอันใกล้ จากการประเมินแหล่งพลังงานสำรองพบว่าน้ำมันซึ่งเป็นพลังงานหลักที่ใช้สำหรับภาคขนส่ง และผลิตกระแสไฟฟ้าจะสามารถใช้ไปได้อีกเพียง 30 ปี ส่งผลให้ราคาน้ำมันมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นส่งผลให้นานาประเทศต่างให้ความสำคัญในการจัดหาแหล่งพลังงานทดแทน ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิล เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานชีวมวล กลุ่มสหภาพยุโรปได้กำหนดสัดส่วนของการใช้พลังงานหมุนเวียนร้อยละ 12 ของอุปทานพลังงานหลักในปี พ.ศ. 2553 และจะเพิ่มเป็นร้อยละ 20 ในปี พ.ศ. 2563

ปัจจุบันประเทศไทยนำเข้าพลังงานคิดเป็นมูลค่าประมาณเจ็ดแสนล้านบาทต่อปี ประกอบกับการใช้พลังงานเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมีแนวโน้มสูงขึ้นในอนาคต อันทำให้ระบบเศรษฐกิจอยู่บนรากฐานความไม่ยั่งยืน พลังงานหมุนเวียนเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความเหมาะสมสำหรับประเทศไทย แนวความคิดของพลังงานหมุนเวียนจะเน้นการสร้างให้เกิดการลดการพึ่งพาพลังงานสิ้นเปลืองจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นอย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายพัฒนาแบบจำลอง Max-Min Ant System (MMAS) เพื่อเป็นอีกแนวทางในการหาค่าที่เหมาะสมในการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ ตามความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละชั่วโมง เป็นการนำทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้านพลังน้ำซึ่งจัดได้ว่าเป็นหนึ่งในกลุ่มพลังงานหมุนเวียน สามารถช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ เป็นการนำเทคโนโลยีที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์กับงานจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและทดลองนำ Max-Min Ant System (MMAS) มาประยุกต์ในการแก้ไขปัญหาการเลือกจุดที่เหมาะสมในการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าด้านพลังน้ำ การควบคุมและการจัดกำลังงานไฟฟ้า เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้ได้ตั้งสมมติฐานของการศึกษาโดยพิจารณา Max-Min Ant System (MMAS) เป็นหนึ่งในกลุ่มการหาค่าตอบที่มีความสามารถเพื่อแก้ไขปัญหาทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น โดยพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการหาค่าตอบสำหรับการตัดสินใจในแต่ละปัญหา (Domain-dependent method) ซึ่งมีความยืดหยุ่นในการหาค่าตอบมาก หลักการหาค่าตอบจะจำลองพฤติกรรมเลียนแบบการเลือกเส้นทางเดินหาอาหารของมดระหว่างรังกับแหล่งอาหารของมด โดยอาศัยปัจจัยทางด้านเวลาน้อยที่สุดเป็นประเด็นสำคัญในการพิจารณา

งานวิจัยนี้ได้ทดสอบหาตัวแปรที่สำคัญของ Max-Min Ant System (MMAS) ที่เหมาะสมกับการจัดการน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วย จำนวนรอบการทำงานคูณกับจำนวนมด (Iteration x Number of ants) ค่าถ่วงน้ำหนักปริมาณฟีโรโมน (Weight of pheromone) ค่าถ่วงน้ำหนักข้อมูลของปัญหา (Weight of heuristic information) และ อัตราการระเหยของฟีโรโมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Evaporation rate) โดยใช้วิธีวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลกระทบ (Main effect) ต่อการหาค่าตอบและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (Interaction)

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษาและทดลองประยุกต์ Max-Min Ant System (MMAS) ในงานด้านการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ โดยหาค่าที่เหมาะสมในการเลือกเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าโดยมีการใช้น้ำต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างประหยัด ซึ่งงานวิจัยนี้ไม่พิจารณาถึงกำลังคน, สิ่งแวดล้อม, การหยุดเดินเครื่องเพื่อซ่อมบำรุง

1.5 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกันกล่าวคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและจุดประสงค์ของการศึกษา สมมติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย ขอบเขตการวิจัย และขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงสถานการณ์พลังงานโลกในปัจจุบัน สถานการณ์พลังงานในประเทศไทย ประเทศไทยกับการใช้พลังงานน้ำ ทฤษฎีพื้นฐานของ หลักการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ ภาพรวมของโรงไฟฟ้าพลัง ความหมายของการจัดการสรรพลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต การจัดการอ่างเก็บน้ำ

บทที่ 3 กล่าวถึงปัญหาการจัดการและการตัดสินใจ เทคนิคการหาค่าตอบที่เหมาะสมของปัญหา ทฤษฎีหลักการค้นหาอาหารของมด การออกแบบการทดลอง

บทที่ 4 กล่าวถึง การประยุกต์ Max-Min Ant System มาใช้แก้ปัญหาเรื่องการจัดการน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเดินเครื่องจักรเพื่อผลิตไฟฟ้าพลังน้ำ

บทที่ 5 กล่าวถึงผลการทดลองหรือการวิเคราะห์

บทที่ 6 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสถานการณ์ด้านพลังงานกับ ความสำคัญของการจัดการน้ำ

สาระสำคัญของบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเบื้องต้นที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แก่ ความหมายของพลังงาน สถานการณ์พลังงานโลก สถานการณ์พลังงานในประเทศไทย ประเทศไทยกับพลังงานน้ำ ความต้องการใช้ไฟฟ้าและลักษณะการใช้ไฟฟ้า ภาพรวมของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ การวางแผนในระบบโรงไฟฟ้า อ่างเก็บน้ำและการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ

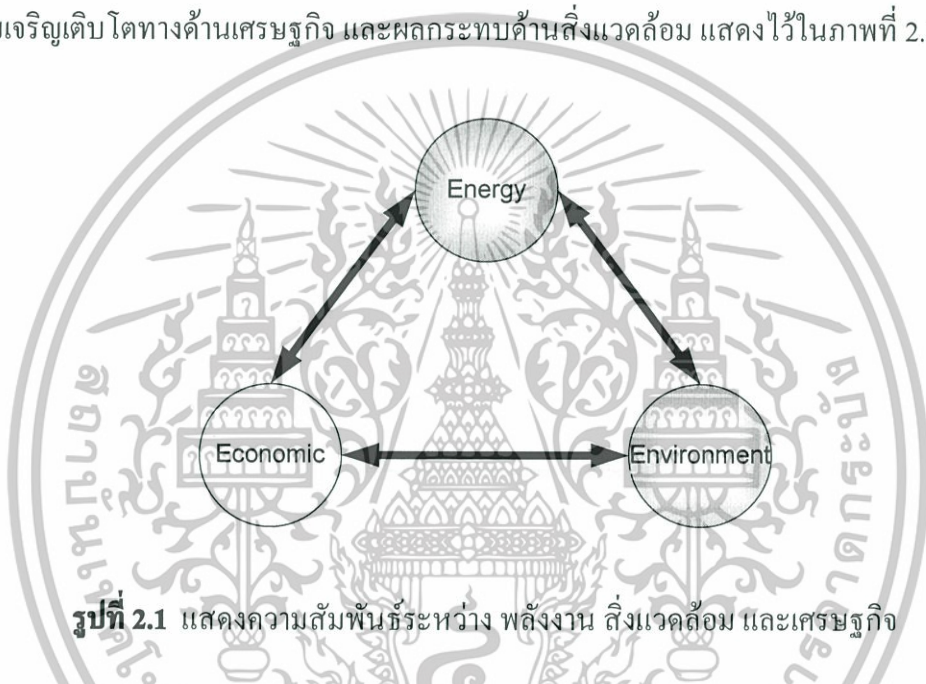
2.1 ความหมายของพลังงาน

พลังงาน (energy) หมายถึง ความสามารถในการทำงาน หรืออำนาจที่แฝงอยู่ในวัตถุ ซึ่งสามารถเปลี่ยนรูปได้ หรือสามารถกล่าวได้ว่าวัตถุใดที่มีพลังงาน วัตถุนั้นจะสามารถทำงานได้ พลังงานของวัตถุต่าง ๆ อาจสะสมอยู่ในหลายรูปแบบ เช่น พลังงานกล พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ ความร้อน แสง ไฟฟ้า เสียง เป็นต้น นอกจากนี้พลังงานยังสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปจากพลังงานชนิดหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้ เช่น ขณะที่รถกำลังวิ่งด้วยความเร็ว เมื่อคนขับเหยียบเบรก พลังงานจลน์บางส่วนของรถก็จะเปลี่ยนไปเป็นความร้อนที่เกิดขึ้นที่ระบบเบรกและล้อของรถ และบางส่วนก็อาจเปลี่ยนเป็นเสียงที่เกิดขึ้น การผลิตไฟฟ้าจากเขื่อน โดยการปล่อยให้น้ำซึ่งอยู่ในที่สูงไหลผ่านกังหันที่ติดอยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นการเปลี่ยนรูปจากพลังงานศักย์ของน้ำไปเป็นพลังงานไฟฟ้า เป็นต้น

2.2 สถานการณ์พลังงานของโลก

มนุษย์เริ่มรู้จักการนำเอาพลังงานมาใช้เพื่อดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งการอุปโภคและบริโภคเพื่อดำรงชีวิต ตลอดจนเพื่อการพัฒนาประเทศทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยในยุคแรกๆ มนุษย์ใช้พลังงานส่วนใหญ่เพียงเพื่อการดำรงชีพ ซึ่งต่อมาการใช้พลังงานเริ่มสิ้นเปลืองมากขึ้นและที่เป็นจุดเริ่มต้นของการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองที่เห็นได้อย่างชัดเจนคือ ในยุคของการเปลี่ยนแปลงจากระบบสังคมและเศรษฐกิจฐานการเกษตรกลายเป็นสังคมและเศรษฐกิจฐานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะประเทศอังกฤษซึ่งถือว่าเป็นผู้นำในการปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยในช่วงศตวรรษที่ 18-19 ได้มีการนำเอาเชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติมาใช้เพื่อ

พัฒนาอุตสาหกรรมอย่างมากมายและขยายวงกว้างออกไปทั่วโลกในเวลาต่อมา (Shepherd & Shepherd, 1998 : 31) จนกระทั่งเข้าสู่ยุคปัจจุบันความต้องการใช้พลังงานของโลกยังคงสูงขึ้นทุกวัน ในขณะที่แหล่งพลังงานต่างๆ โดยเฉพาะแหล่งพลังงานที่มาจากฟอสซิลนั้นมีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการใช้พลังงานจากแหล่งเหล่านี้จำเป็นต้องคำนึงถึงความสมดุลระหว่าง ความต้องการใช้พลังงานกับปริมาณของแหล่งพลังงานที่มีเหลืออยู่ อีกทั้งจำเป็นต้องทำการศึกษาค้นคว้าแหล่งพลังงานใหม่ๆ หรือแหล่งพลังงานในรูปแบบใหม่ๆต่อไป นอกจากนี้สิ่งที่ต้องตระหนักเป็นอย่างยิ่งคือ ผลกระทบที่จะเกิดตามขึ้นมาอันเนื่องมาจากการใช้พลังงานเหล่านี้ โดยเฉพาะปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งเกิดขึ้นตามมาเป็นอย่างมาก ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงาน เพื่อสร้างความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจ และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม แสดงไว้ในภาพที่ 2.1

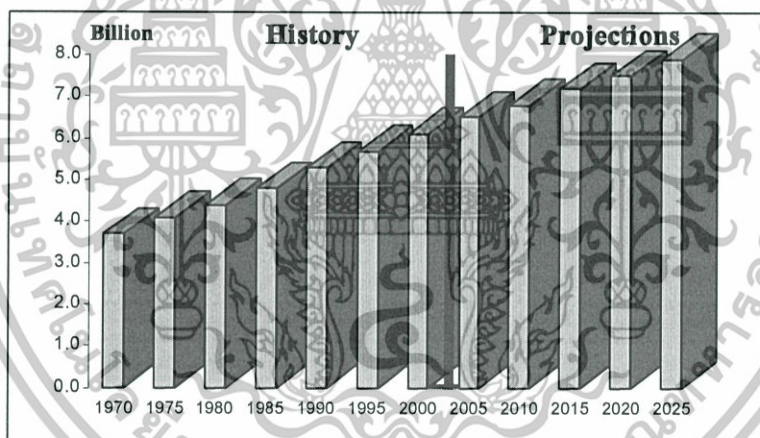


ความสัมพันธ์ที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่าง พลังงาน สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าเมื่อเศรษฐกิจของโลกดีขึ้นจะทำให้เกิดการใช้พลังงานมากขึ้นด้วย ในขณะที่ใช้พลังงานมากขึ้นจะมีการปล่อยของเสียที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้นด้วย และจะเป็นวัฏจักรลักษณะนี้สืบไปตราบเท่าที่มนุษย์ยังต้องใช้พลังงานจากฟอสซิลอยู่ จากความสัมพันธ์ดังกล่าวเมื่อวิเคราะห์ในรายละเอียดจะเห็นได้ว่าสถานการณ์พลังงานของโลกจะขึ้นอยู่กับปัจจัยเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐกิจได้แก่จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ปริมาณความต้องการใช้พลังงานในอนาคต ปริมาณสำรองของแหล่งพลังงานเหล่านี้ที่มีเหลืออยู่ และปริมาณของเสียที่จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยแต่ละปัจจัยที่กล่าวมานั้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 การเพิ่มจำนวนประชากรโลก จำนวนประชากรโลกเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบโดยตรงต่อสถานการณ์พลังงานโลกเพราะมนุษย์ทุกคนที่เกิดมาย่อมมีการบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานไม่ทางตรงก็ทางอ้อม ซึ่งบางคนก็มากบางคนก็น้อย องค์การสหประชาชาติได้ทำการสำรวจเก็บข้อมูลจำนวนประชากรโลก และได้ทำการศึกษา วิเคราะห์ และทำนายถึงแนวโน้มการเพิ่มของประชากรโลก ดังแสดงในภาพที่ 2.2 ซึ่งพบว่าจำนวนประชากรโลก เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1995 มีจำนวนประชากรอยู่ 5.67 พันล้านคน และเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 6.45 พันล้านคน ในปี ค.ศ. 2005 และแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นเป็นประมาณ 7.2 พันล้านคน ในอีก 10 ปีข้างหน้า อัตราการเพิ่มจำนวนของประชากร ซึ่งองค์การสหประชาชาติได้เคยรายงานไว้เมื่อต้นปี ค.ศ. 2003 พบว่า อัตราการเพิ่มของจำนวนประชากรโลกโดยเฉลี่ยร้อยละ 1.2 ต่อปีหรือประมาณ 77 ล้านคนต่อปี โดยประเทศที่อัตราการเพิ่มจำนวนประชากรสูงสุดคือ ประเทศอินเดีย ประมาณร้อยละ 21 ของจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น และประเทศจีนอยู่ที่ร้อยละ 10 และถ้าพิจารณาแยกเป็นกลุ่มประเทศ จะพบว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว มีอัตราการเพิ่มจำนวนประชากรประมาณร้อยละ 0.25 ในขณะที่ กลุ่มประเทศด้อยพัฒนา จะมีอัตราการเพิ่มมากกว่า 6 เท่าหรือประมาณร้อยละ 1.46 (United Nation, 2005.) อย่างไรก็ตามอัตราการเพิ่มของประชากรโลกอาจจะลดลงได้บ้าง จากความสำเร็จในการวางแผนครอบครัวและจากสาเหตุของโรคเอดส์



ที่มา (United Nation, 2005.)

รูปที่ 2.2 แผนภูมิแสดงจำนวนประชากรและแนวโน้มจำนวนประชากรโลก

2.2.2 ปริมาณการใช้และความต้องการใช้พลังงานในอนาคต จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือปริมาณการเพิ่มจำนวนของประชากรโลก ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานอย่างตรงไปตรงมาดังที่ได้กล่าวมาแล้ว สหรัฐอเมริการ่วมกับสมาชิกกลุ่มประเทศอุตสาหกรรม 26 ประเทศ ได้ร่วมมือกันจัดตั้งหน่วยงานชื่อ อีไอเอ (Energy information administration, EIA) เพื่อทำหน้าที่รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับสถานการณ์พลังงานของโลกและได้จัดทำรายงานชื่อว่า อินเทอร์เน็ต เนชั่นแนล เอ็นเนอร์ยี เอาท์ลुक

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(International energy outlook) นอกจากนี้ยังได้แบ่งกลุ่มประเทศต่างๆ ออกเป็น 6 กลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 2.3 เพื่อให้สามารถเข้าใจถึงสถานการณ์พลังงานของโลกให้ง่ายขึ้น โดยแต่ละกลุ่มจะประกอบด้วยประเทศที่มีสถานภาพใกล้เคียงกัน เช่น

(1) กลุ่มประเทศอุตสาหกรรม (Industrialized countries) หมายถึงกลุ่ม ประเทศที่ประกอบด้วย ประเทศที่เป็นสมาชิก โออีซีดี (Organization for economic cooperation and development, OECD) ประเทศเหล่านี้ส่วนใหญ่อยู่ในทวีปยุโรปและอเมริกา ยกเว้นพหุรัฐยุโรปตะวันออกซึ่งจะอยู่อีกกลุ่ม ส่วนจากทวีปเอเชียมีเพียงประเทศญี่ปุ่นที่อยู่ในกลุ่มนี้

(2) กลุ่มประเทศยุโรปตะวันออกรวมถึงรัสเซียเดิมทั้งหมด หรือเรียกว่ากลุ่ม อีอี และเอฟเอสยู (Eastern europe and the former soviet union, EE/FSU) โดยกลุ่ม อีอี ได้แก่ อัลบาเนีย บัลแกเรีย สาธารณรัฐเชก ฮังการี โปแลนด์ โรมาเนีย สโลวาเกีย และยูโกสลาเวีย ส่วนกลุ่มเอฟเอสยู ได้แก่ เอสโทเนีย ลัตเวีย ลิทัวเนีย อาร์มีเนีย อาเซอร์ไบจาน เบลารุส คาซัคสถาน จอร์เจีย อุซเบกิสถาน ยูเครน และรัสเซีย เป็นต้น

(3) กลุ่มประเทศกำลังพัฒนาในเอเชีย (Developing asia) หมายถึงประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ทั้งหมดยกเว้นญี่ปุ่น

(4) กลุ่มประเทศตะวันออกกลาง (Middle east) หมายถึงกลุ่มประเทศแถบตะวันออกกลาง เช่น อิรัก อิหร่าน คูเวต เลบานอน บาร์เรน ซาอุดีอาระเบีย ซีเรีย เยเมน เป็นต้น

(5) กลุ่มประเทศในทวีปแอฟริกา (Africa)

(6) กลุ่มประเทศที่อยู่ในตอนกลางและตอนใต้ของทวีปอเมริกา (Central and South America)

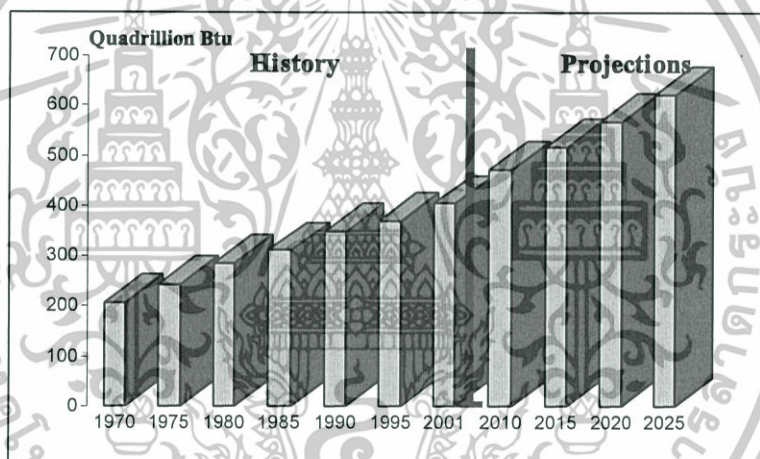


ที่มา (EIA, 2004)

รูปที่ 2.3 แสดงที่ตั้งของกลุ่มประเทศต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลการเก็บรวบรวมปริมาณการใช้พลังงานของโลก ซึ่งแสดงให้เห็นย้อนหลังไปตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 พร้อมกับการวิเคราะห์และทำนายความต้องการใช้พลังงานของโลกไปจนถึงปี ค.ศ. 2025 ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.4 พบว่าแนวโน้มการใช้พลังงานจะเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะตั้งแต่ปี ค.ศ. 2001 ไปจนถึง ค.ศ. 2025 แนวโน้มการใช้พลังงานจะเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 54 ซึ่งแนวโน้มการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่จะเกิดจากกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาในแถบเอเชียซึ่งมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วมก มีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจหรือ จีดีพี (gross domestic product, GDP) โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 5.1 ในกลุ่มประเทศเหล่านี้จะมีความต้องการใช้พลังงานสูงถึงประมาณร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับความต้องการใช้พลังงานทั่วโลก และประมาณร้อยละ 70 เมื่อเทียบกับในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาด้วยกันทั่วโลก (EIA, 2004a) ซึ่งปริมาณการใช้และแนวโน้มความต้องการใช้พลังงานเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มประเทศอุตสาหกรรมกับกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา



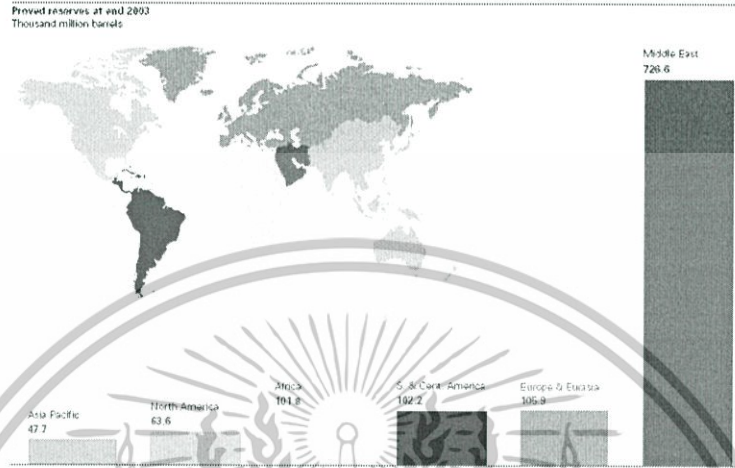
ที่มา (EIA, 2004)

รูปที่ 2.4 แผนภูมิปริมาณการใช้และแนวโน้มความต้องการใช้พลังงานของโลก

2.2.3 ปริมาณแหล่งพลังงานสำรองของโลก

การสำรวจแหล่งพลังงานต่างๆ โดยเฉพาะ แหล่งพลังงานจากฟอสซิล จากข้อมูลหลังการสำรวจปริมาณของแหล่งพลังงานเหล่านี้แล้ว ทำให้ต้องคิดและตระหนักถึงการใช้อย่างมีประสิทธิภาพและการแสวงหาแหล่งพลังงานใหม่ๆ ขึ้นมาทดแทน เพราะว่าปริมาณแหล่งพลังงานสำรองของโลกในปัจจุบันนี้เหลือน้อยเต็มที จากข้อมูลการรายงานของบริษัท บีพี ซึ่งเป็นบริษัทยักษ์ใหญ่ในการสำรวจและผลิตน้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ ได้รายงานถึงปริมาณแหล่งพลังงานสำรองของโลกไว้เมื่อเดือนมิถุนายนปี ค.ศ. 2004 ในเอกสารที่มีชื่อว่า บีพี สเตติสติกัล รีวิว (BP Statistical review) พบว่าแหล่งน้ำมันที่เหลืออยู่ส่วนใหญ่ ยังคงอยู่ในแถบตะวันออกกลาง มีประมาณ 726.6 พันล้านบาร์เรล รองลงมาที่มี

ปริมาณใกล้เคียงกันคือบริเวณยุโรปรวมกับยูโรเซีย อเมริกากลางรวมถึงอเมริกาใต้ และแอฟริกา มีประมาณ 105.9 102.2 และ 101.8 พันล้านบาร์เรล ตามลำดับ ส่วนบริเวณที่มีเหลือค่อนข้างน้อยคือแถบอเมริกาเหนือและเอเชียแปซิฟิก มีเหลืออยู่เพียง 63.6 และ 47.7 พันล้านบาร์เรลตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



ที่มา (BP, 2004.)

รูปที่ 2.5 แสดงบริเวณและปริมาณสำรองน้ำมันของโลก

ในขณะที่ก๊าซธรรมชาติก็เช่นเดียวกัน คือ มีเหลือส่วนใหญ่ในแถบตะวันออกกลาง โดยมีประมาณ 71.72 พันล้านลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือบริเวณยุโรปรวมกับยูโรเซีย มีประมาณ 62.30 พันล้านลูกบาศก์เมตร ถัดมาที่มีปริมาณใกล้เคียงกันคือแอฟริกาและเอเชียแปซิฟิก มีประมาณ 13.78 และ 13.47 พันล้านลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ส่วนบริเวณที่มีเหลือน้อยที่สุดคืออเมริกาเหนือ อเมริกากลางรวมถึงอเมริกาใต้มีเหลืออยู่ 7.31 และ 7.19 พันล้านลูกบาศก์เมตร ดังแสดงในรูปที่ 2.6



ที่มา (BP, 2004.)

รูปที่ 2.6 แสดงบริเวณและปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติของโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนถ่านหินมีเหลือมากที่สุดบริเวณแถบยุโรปรวมกับยูโรเซีย มีประมาณ 355.4 พันล้านตัน รองลงมาคือบริเวณเอเชียแปซิฟิก มีประมาณ 292.5 พันล้านตัน ซึ่งใกล้เคียงกับ อเมริกาเหนือคือ ประมาณ 257.8 พันล้านตัน และมีเหลือในแอฟริกา อเมริกากลาง รวมถึงอเมริกาใต้ ประมาณ 55.4 และ 21.8 พันล้านตัน ตามลำดับ ส่วนบริเวณที่มีเหลือน้อยที่สุดคือตะวันออกกลาง มีเหลืออยู่ 1.7 พันล้านตัน ดังแสดงใน รูปที่ 2.7

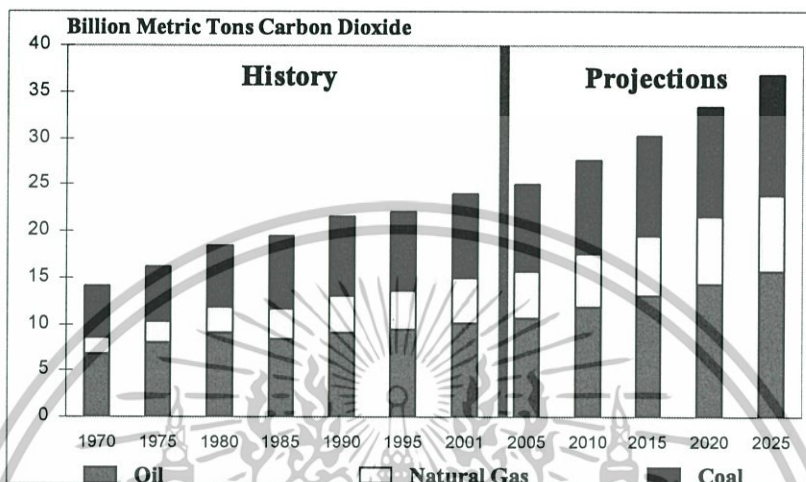


ที่มา (BP, 2004.)

รูปที่ 2.7 แสดงบริเวณและปริมาณสำรองถ่านหินของโลก

2.2.4 ผลกระทบจากการใช้พลังงาน จากแนวโน้มการใช้และความต้องการใช้พลังงาน จะเห็นว่าแหล่งพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้กันมาก และมีความต้องการใช้มากขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต คือพลังงานที่ได้มาจากแหล่งพลังงานฟอสซิลเกือบทั้งหมด ประกอบกับแหล่งพลังงานเหล่านี้จะยังมีให้มนุษย์ในยุคปัจจุบันใช้ได้อย่างสะดวกและไม่ขาดแคลน เหล่านี้คือสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมของโลกและมนุษย์ทุกคน ผลเสียจากการใช้พลังงานเหล่านี้เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการผลิตตลอดถึงการ ใช้ และย้อนกลับมาทำลายตัวมนุษย์เองโดยเริ่มจากการทำลายสิ่งแวดล้อมก่อน ผลกระทบในวงกว้างระดับโลกอันเกิดจากการใช้พลังงานฟอสซิล คือ การเกิดปรากฏการณ์สภาวะอากาศของโลกเปลี่ยนแปลง (climate change) และมลพิษทางอากาศ (air pollution) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลมีการปล่อยก๊าซต่างๆ ที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศหลายอย่างด้วยกันเช่น ซัลเฟอร์ ไนโตรเจนออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรคาร์บอน รวมทั้งสารโลหะหนักต่างๆ และที่สำคัญคือปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก (greenhouse effect) (EIA, 2004a) ข้อมูลของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากแหล่งพลังงานต่างๆ ทั้ง น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน มีการทำนายถึงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะเกิดขึ้นจนถึง ปี ค.ศ. 2025 ซึ่งจากข้อมูลในปี ค.ศ. 2001 ปริมาณ

คาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นประมาณ 23.9 พันล้านเมตริกตัน โดยจะเพิ่มขึ้นเป็น 27.7 พันล้านเมตริกตันในปี 2010 และเพิ่มขึ้นเป็น 37.1 พันล้านเมตริกตัน ในปี 2025 ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.8 ซึ่งจะเห็นว่าตลอด 30 ปีมานี้ และอีก 20 ปีต่อจากนี้ไป ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์โดยรวมที่เกิดขึ้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ



ที่มา (EIA, 2004a)

รูปที่ 2.8 แผนภูมิปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งพลังงานฟอสซิลแต่ละชนิด

2.3 สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นปีที่ 7 และเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2547 ร้อยละ 1.8 มีการใช้พลังงานปริมาณรวมทั้งสิ้น 62,396 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เป็นการ ใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ 51,571 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 82.7 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด ที่เหลือเป็นการใช้พลังงานหมุนเวียน 10,824 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 17.3 (พิพัฒน์ นนทนาธรณ์, 2550 : 5-7)

2.3.1 การผลิตพลังงานในประเทศ

ปี พ.ศ. 2548 มีการผลิตพลังงานจากแหล่งพลังงานภายในประเทศรวมทั้งสิ้น 53,640 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2547 ร้อยละ 7.00 เป็นการผลิตเชิงพาณิชย์ซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 68.34 พลังงานใหม่และหมุนเวียน และพลังงานอื่นๆมีสัดส่วนร้อยละ 31.66 ของการผลิตพลังงานทั้งหมด (พิพัฒน์ นนทนาธรณ์, 2550 : 5-7)

2.3.2 การนำเข้าพลังงาน

ปี พ.ศ. 2548 มีการนำเข้าพลังงานรวมทั้งสิ้น 57,333 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนร้อยละ 0.70 คิดเป็นมูลค่า 753,842 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 34.4 โดยเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำเข้าพลังงานเชิงพาณิชย์เกือบทั้งหมด การนำเข้าจำแนกตามแหล่งพลังงาน พบว่าประเทศไทยนำเข้าน้ำมันดิบคิดเป็นร้อยละ 72.05 ของการนำเข้าพลังงานรวมสุทธิ รองลงมาเป็นก๊าซธรรมชาติคิดเป็นร้อยละ 14.36 ถ่านหินร้อยละ 9.44 ที่เหลืออีกร้อยละ 4.15 เป็นแหล่งพลังงานอื่นๆ ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันสำเร็จรูป ไฟฟ้า และพลังงานใหม่และหมุนเวียน(ถ่าน) คิดเป็นร้อยละ 3.45 0.66 และ 0.04 ตามลำดับ (พิพัฒน์ นนทนาธรณ์. 2550 : 5-7)

หน่วยของพลังงานพื้นฐานเทียบเท่าน้ำมันดิบ มาจากภาษาอังกฤษว่า kilo ton oil equivalent (ktoe) หมายถึงเทียบเท่าน้ำมัน(ดิบ) 1,000 ตัน ปกติแล้วปริมาณน้ำมันดิบจะมีหน่วยวัดเป็น barrel ส่วนพลังงานอื่นเช่น แก๊ส ถ่านหิน แกลบ หรือเชื้อเพลิงอื่นๆหากใช้หน่วยอื่นอาจสับสนได้ ดังนั้นเพื่อเข้าใจตรงกันและสามารถเปรียบเทียบได้ง่าย จึงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเชื้อเพลิงนั้นให้เป็นหรือเทียบเท่าน้ำมันดิบ

2.4 ประเทศไทยกับการใช้พลังงานน้ำ

ประเทศไทยมีปริมาณน้ำที่สามารถใช้หมุนเวียนภายในประเทศรายปี (annual internal renewable water resources) ค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่นๆ ในทวีปเอเชียซึ่งถือว่าเป็นทวีปที่มีปริมาณน้ำต่อหัวต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก โดยมีปริมาณน้ำหมุนเวียนในประเทศเฉลี่ยไม่ถึง 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี ซึ่งใกล้เคียงกับอินเดียและปากีสถาน แต่ถ้านับรวมปริมาณน้ำที่ได้จากแม่น้ำระหว่างประเทศแล้ว จะมีปริมาณน้ำหมุนเวียนประมาณ 3,000 ลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในประเทศไทยจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างน้อย คือประมาณ 1,630 มิลลิเมตรต่อปี ดังนั้นจากข้อมูลปริมาณน้ำที่กล่าวมาแล้วนั้นจะเห็นว่าคุณภาพของพลังงานน้ำของประเทศไทยถือว่าอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ

ในปัจจุบันประเทศไทยใช้ไฟฟ้าจากการผลิตด้วยพลังงานน้ำประมาณร้อยละ 5-6 ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั่วประเทศ พลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานน้ำเป็นเพียงแหล่งผลิตไฟฟ้าเสริมให้กับระบบไฟฟ้าของประเทศในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าสูงหรือที่เรียกว่า พีก โหลด (peak load) เพราะโรงไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ มีความสามารถในการเดินเครื่องได้รวดเร็วและสามารถหยุดเดินเครื่องได้ตลอดเวลาตามความต้องการ ซึ่งต่างกับโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงต้องใช้เวลาในการเริ่มเดินเครื่อง สำหรับหน่วยงานหลักของประเทศไทยที่ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำคือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยมีโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำที่อยู่ในความรับผิดชอบ 20 แห่ง ทั่วประเทศ และมีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้นประมาณ 2.9 จิกะวัตต์

ในส่วนของรัฐบาลไทยได้มีการส่งเสริมและสนับสนุน ให้มีการใช้พลังงานน้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้า โดยได้กำหนดโครงการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กและขนาดจิ๋ว (small/micro

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

hydropower) ซึ่งจะมีกำลังการผลิตรวม 350 เมกะวัตต์ ซึ่งจะมีโครงการย่อยๆ ประกอบ เช่น โครงการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าท้ายเขื่อนชลประทานที่มีอยู่แล้ว โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพเขื่อนไฟฟ้าพลังงานน้ำ และโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแห่งใหม่ สำหรับโครงการที่ได้เริ่มต้นไปแล้วเมื่อปี พ.ศ. 2547 คือ โครงการติดตั้งเครื่องผลิตไฟฟ้าท้ายเขื่อนและอาคารบังคับน้ำของกรมชลประทาน จำนวน 33 แห่งทั่วประเทศ ซึ่งมีกำลังการผลิตรวม 154 เมกะวัตต์ (กชวรรณ ธานีวัฒน์. 2547 : 7-8)

2.4.1 ผลกระทบจากการใช้พลังงานน้ำ

น้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยสี่ที่มนุษย์จะขาดเสียมิได้ ประโยชน์ของน้ำมีมากมายมหาศาล แต่ในบางครั้งก็มีโทษบ้างเหมือนกัน หรือในบางโอกาสถึงกับทำลายชีวิตมนุษย์ได้เหมือนกัน อย่างเช่นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2547 คลื่นยักษ์ซึนามิ ซึ่งเป็นผลจากการเกิดแผ่นดินไหวใต้ทะเลบริเวณเกาะสุมาตรา ประเทศอินโดนีเซีย ได้คร่าเอาชีวิตมนุษย์ไปกว่าแสนราย ดังนั้นการนำเอาพลังงานจากน้ำมาใช้ประโยชน์จึงมิได้ทั้งข้อดีและข้อเสีย ซึ่งจำแนกได้ดังนี้

2.4.1.1 ข้อดีของการใช้พลังงานน้ำ

สำหรับข้อดีของการประยุกต์ใช้พลังงานน้ำสามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) เนื่องจากน้ำมีวัฏจักรเป็นธรรมชาติ ดังนั้นเมื่อเราใช้พลังงานจากน้ำแล้ว น้ำที่ถูกใช้แล้วจะถูกปล่อยกลับไปสู่แหล่งธรรมชาติ จะมีการระเหยกลายเป็นไอเมื่อได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ และเมื่อไอน้ำรวมตัวเป็นเมฆก็จะตกลงมาเป็นน้ำฝนหมุนเวียนกลับมา
- 2) การใช้พลังงานจากน้ำเป็นการใช้เฉพาะส่วนที่อยู่ในรูปพลังงาน ซึ่งไม่ใช่เป็นเนื้อมวลสาร ดังนั้นเมื่อใช้พลังงานไปแล้วเนื้อมวลสารของน้ำก็ยังคงเหลืออยู่ น้ำที่ถูกปล่อยออกมายังมีปริมาณและคุณภาพเหมือนเดิม สามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีกมากมาย เช่น เพื่อการชลประทาน การเกษตร การอุปโภคบริโภค หรือรักษาระดับน้ำในแม่น้ำให้มีความลึกพอต่อการเดินเรือ เป็นต้น
- 3) การสร้างเขื่อนเป็นการเก็บกักน้ำเอาไว้ใช้ในช่วงที่ไม่มีฝนตก ทำให้ได้แหล่งน้ำขนาดใหญ่ซึ่งสามารถประกอบอาชีพด้านประมง หรือใช้เป็นสถานที่ท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจได้ และในบางโอกาสก็ยังสามารถใช้ไถ่น้ำเสียในแม่น้ำที่เกิดจากการปล่อยของโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ หรือช่วยไถ่น้ำทะเลในเวลาที่น้ำทะเลหนุนสูงขึ้นมา

4) ระบบของพลังงานน้ำเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถดำเนินการผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ในเวลาอันรวดเร็ว และสามารถควบคุมให้ผลิตพลังงานออกมาได้ใกล้เคียงกับความต้องการ ทำให้การผลิตและการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5) อุปกรณ์ต่างๆ ของระบบพลังงานน้ำส่วนใหญ่จะมีความทนทานสูง มีอายุการใช้งานนาน

6) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ในการใช้พลังงานน้ำค่อนข้างต่ำเพราะไม่ต้องสิ้นเปลืองค่าเชื้อเพลิง และเนื่องจากไม่มีการปล่อยมลพิษจึงไม่ต้องจ่ายค่ากำจัดมลพิษ

2.4.1.2 ข้อเสียของการใช้พลังงานน้ำ

สำหรับข้อเสียของการประยุกต์ใช้พลังงานน้ำสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ในการสร้างเขื่อนเพื่อกักเก็บน้ำนั้น จะต้องมีการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้เป็น บริเวณกว้างซึ่งนับวันป่าไม้จะหมดลงไปทุกที และทำให้สัตว์ป่าต้องอพยพหนีน้ำท่วม บางชนิดอาจสูญพันธุ์ไปจากโลกเลยก็ได้ ซึ่งถือเป็นการทำลายระบบนิเวศวิทยาของพื้นที่บริเวณนั้นอย่างรุนแรง นอกจากนี้ยังทำให้ชีวิตความเป็นอยู่ของคนในพื้นที่ต้องเปลี่ยนไปจากเดิมด้วย

2) ต้องใช้เงินลงทุนสูงในการสร้างเขื่อนหรือพัฒนาแหล่งพลังงานน้ำ เพื่อให้ได้ลักษณะภูมิประเทศที่เหมาะสม เช่น ต้องการพื้นที่ที่มีระดับท้องน้ำลึกๆ สำหรับการสร้างเขื่อนสูง โดยที่มีความยาวไม่มากนัก ซึ่งพื้นที่เหล่านี้มักจะอยู่ในป่าหรือช่องเขาแคบๆ

3) เนื่องจากแหล่งพลังงานน้ำส่วนใหญ่อยู่ในที่ห่างไกลชุมชน จึงมักเกิดปัญหาในเรื่องการจัดการบุคลากร ไปปฏิบัติงาน รวมทั้งการซ่อมแซม การบำรุงรักษาสิ่งก่อสร้างและอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ค่อยสะดวกนักเพราะการคมนาคมไม่สะดวก

4) ในบางโอกาสอาจเกิดปัญหาจากสภาวะของน้ำฝนที่ตกลงสู่แหล่งกักเก็บน้ำ มักมีความไม่แน่นอนทำให้เกิดผลกระทบต่อการผลิตไฟฟ้าได้

5) การที่แหล่งพลังงานน้ำอยู่ห่างไกลจากชุมชน ทำให้ต้องลงทุนในเรื่องของสายส่งไฟฟ้า และจะเกิดการสูญเสียพลังงานในสายส่งด้วย

2.5 ความต้องการใช้ไฟฟ้าและลักษณะการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทย

การใช้ไฟฟ้านั้นมีการเปลี่ยนแปลงทุกชั่วโมงตลอดเวลา นอกจากนั้นผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทแต่ละราย ยังมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าแต่ละชั่วโมงของแต่ละวัน ไม่เหมือนกัน ซึ่งการใช้ไฟฟ้าตามลักษณะความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ อาจแบ่งออกเป็นลักษณะใหญ่ๆ คือ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัย ประเภทธุรกิจ และอุตสาหกรรม จะเห็นได้ว่าผู้ใช้ไฟฟ้า

ประเภทธุรกิจและอุตสาหกรรมมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามากในช่วงเวลากลางวัน เพราะส่วนใหญ่จะดำเนินกิจการในช่วงเวลากลางวัน ส่วนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่อยู่อาศัยนั้น จะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดในเวลาหัวค่ำและจะค่อยลดลงในเวลาตอนดึก

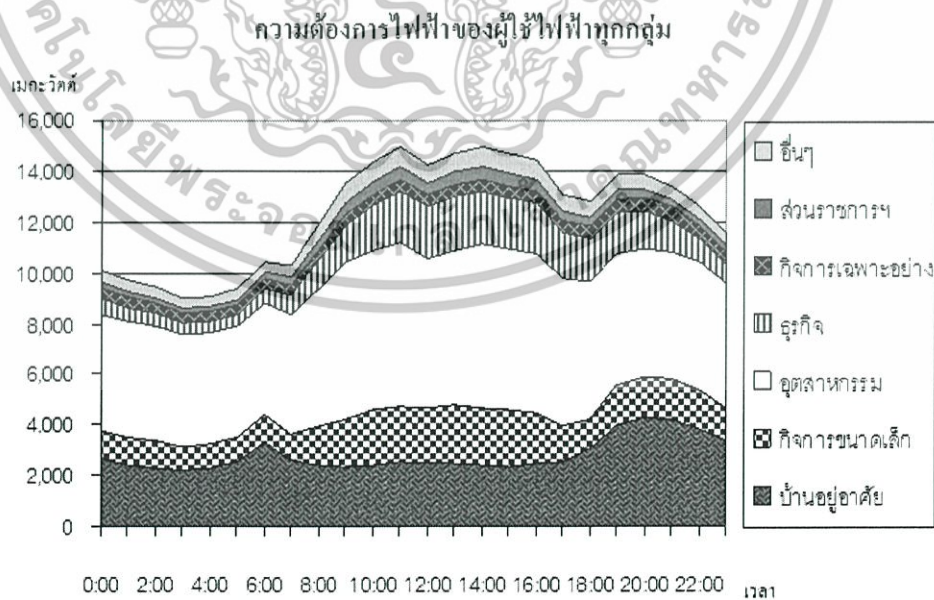
ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีความมั่นคงและมีประสิทธิภาพสูง รวมทั้งมีต้นทุนในการผลิตต่ำนั้น ควรจะประกอบไปด้วยรูปแบบการผลิตหลายประเภท สำหรับการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันนี้มีการผลิตอยู่ 6 รูปแบบคือ ระบบความร้อนหรือพลังไอน้ำ ระบบกังหันก๊าซ ระบบพลังความร้อนร่วม ระบบพลังเครื่องยนต์ดีเซล ระบบพลังน้ำ และระบบพลังงานธรรมชาติ ซึ่งสี่ระบบแรกนั้น รวมกันเรียกว่า ระบบพลังความร้อน

เนื่องจากไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ไม่สามารถสะสมเก็บไว้ได้ โดยปกติพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตมาใช้ ประกอบด้วยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากกำลังไฟฟ้า 2 แบบ ซึ่งสามารถจำแนกตามลักษณะของการใช้ไฟฟ้าได้ดังต่อไปนี้

กำลังไฟฟ้าฐาน(Base Load) คือ กำลังไฟฟ้าที่ต้องทำการผลิตเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าสำหรับใช้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานหลายชั่วโมง โดยมีกำลังไฟฟ้่าค่อนข้างคงที่ตลอดเวลา

กำลังไฟฟ้าสูงสุด(Peak Load) คือ กำลังไฟฟ้าส่วนที่ผลิตขึ้นเพื่อเสริมกำลังไฟฟ้าฐาน และมีปริมาณเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา และความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในขณะนั้น

ซึ่งในการผลิตกระแสไฟฟ้านั้น จะต้องมีปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ทำการผลิตสอดคล้องกับปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆ ปริมาณความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าตามช่วงต่างๆดังแสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนทำหน้าที่เป็นโรงไฟฟ้าหลักที่ใช้ในการผลิตกำลังไฟฟ้าฐาน ซึ่งต้องเดินเครื่องให้คงที่ตลอดเวลา แต่ไม่นิยมใช้ในการเพิ่มหรือลดกำลังผลิตไฟฟ้าขึ้นสูงสุด เนื่องจากการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิความร้อนให้ได้ตามความต้องการนั้น ต้องใช้เวลานานและทำให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำลง ส่วนโรงไฟฟ้าพลังน้ำนั้นเป็นโรงไฟฟ้าที่มีความเหมาะสมในการเดินเครื่องเสริมความต้องการใช้ไฟฟ้าในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงในแต่ละวัน เนื่องจากการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังน้ำสามารถลดหรือเพิ่มกำลังไฟฟ้าที่ต้องการผลิตได้อย่างรวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายในการเพิ่มหรือลดกำลังการผลิตต่ำ ค่าบำรุงรักษาต่ำ อายุการใช้งานค่อนข้างนาน การเดินเครื่องหรือหยุดเครื่องทำได้ง่ายรวดเร็ว เพิ่ม-ลด กำลังการผลิตไฟฟ้าได้เร็ว นอกจากนี้การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยกังหันขนาดเล็กที่ใช้ดีเซลหรือก๊าซเป็นเชื้อเพลิง ก็สามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าเสริมได้เช่นกัน เนื่องจากความสามารถเดินเครื่องได้อย่างรวดเร็ว แต่มีค่าใช้จ่ายสำหรับเชื้อเพลิงสูงที่สุด และจากมุมมองของปัญหาการใช้พลังงานของโลกในอนาคต ที่คาดว่าแนวโน้มราคาเชื้อเพลิงเชิงพาณิชย์จะสูงขึ้น เนื่องจากปริมาณสำรองเชื้อเพลิงกำลังจะหมดลง และสภาพแวดล้อมได้รับผลกระทบ ที่นับวันจะทวีปริมาณ ที่มากขึ้นจากคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงเพื่อผลิตไฟฟ้า

ตารางที่ 2.1 โรงไฟฟ้าพลังน้ำและกำลังผลิตติดตั้ง ที่ กฟผ.รับผิดชอบ

โรงไฟฟ้า	จำนวนเครื่อง (จำนวนเครื่องXกำลังผลิต)	กำลังผลิต ติดตั้ง (เมกะวัตต์)	เชื้อเพลิง	สามารถผลิตพลังงาน ไฟฟ้า (ล้านกิโลวัตต์ ชั่วโมง/ปี)
โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่				
1. เขื่อนภูมิพล	(6x76.3)+(1x115)+(1x171)	743.800	-	1,062.000
2. เขื่อนสิริกิติ์	4x125	500.000	-	670.000
3. เขื่อนอุบลรัตน์	3x8.40	25.200	-	26.000
4. เขื่อนสิรินธร	3x12	36.000	-	52.000
5. เขื่อนจุฬาภรณ์	2x20	40.000	-	59.000
6. เขื่อนน้ำพุง	2x3	6.000	-	10.000
7. เขื่อนศรีนครินทร์	(3x120)+(2x180)	720.000	-	953.000
8. เขื่อนวชิราลงกรณ	3x100	300.000	-	460.000
9. เขื่อนท่าทุ่งนา	2x19	38.000	-	94.000
10. เขื่อนแก่งกระจาน	1x17.5	17.500	-	57.000
11. เขื่อนบางลาง	3x24	72.000	-	119.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. บ้านสันติ	1x1.275	1.275	-	-
13. เชื้อนหัวยกุ่ม	1x1.06	1.060	-	-
โรงไฟฟ้า	จำนวนเครื่อง (จำนวนเครื่องXกำลังผลิต)	กำลังผลิต ติดตั้ง (เมกะวัตต์)	เชื้อเพลิง	สามารถผลิตพลังงาน ไฟฟ้า (ล้าน กิโลวัตต์ ชั่วโมง/ปี)
14. เชื้อนแมงคุดสมบุรณ์ชล	2x4.50	9.000	-	19.000
15. เชื้อนรัชชประภา	3x80	240.000	-	351.000
16. เชื้อนปากมูล	4x34	136.000	-	251.000
รวมโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่	47 เครื่อง	2,885.835		4,183.000
โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก				
1. บ้านขุนกลาง	2x0.09	0.180	-	7.000
2. คลองช่องกล้า	1x0.024	0.024	-	0.700
3. บ้านยาง	(2x0.056)-(1x0.0125)	0.125	-	4.300
4. หัวยกุ่ม	1x0.10	0.100	-	-
รวมโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก	7 เครื่อง	0.429		12.000
รวมโรงไฟฟ้าพลังน้ำ	54 เครื่อง	2,886.264		4,195.000

ตารางที่ 2.2 ราคาต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยโดยเฉลี่ยของ กฟผ.

ประเภทโรงไฟฟ้า	ต้นทุน (บาท/Kwh.)	หมายเหตุ
พลังน้ำขนาดเล็ก (<1MW.)	13.60	ผาบ่อง จ.แม่ฮ่องสอน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน
พลังน้ำขนาดกลาง-ใหญ่(5-180 MW.)	1.16	กฟผ.
พลังความร้อน(25-600 MW.)	1.52	กฟผ.
พลังความร้อนร่วม (60-250 MW.)	1.54	กฟผ.
กังหันก๊าซ (14-122MW.)	2.82	กฟผ.
ดีเซล (1 MW.)	13.51	กฟผ. แม่ฮ่องสอน
พลังงานทดแทน (8-300Mw.)	2.07	กฟผ. พลังงานความร้อนใต้พิภพ,ลม,แสงอาทิตย์ (750 KW.)
ซื้อ	1.78	จากลาว, มาเลเซีย, IPP SPP
เฉลี่ยทุกประเภทของ กฟผ.	1.58	ที่มา กฟผ. ข้อมูลสำคัญ “40-42”

ตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าโรงไฟฟ้าพลังงานดีเซลนั้นมีต้นทุนในการผลิตสูงกว่าประเภทอื่น และโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำจะมีค่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าที่ต่ำที่สุด

จากข้อมูลข้างต้นโรงไฟฟ้าพลังน้ำมีต้นทุนผลิตที่ต่ำที่สุด ก็สมควรเดินโรงไฟฟ้าพลังน้ำให้มากที่สุด แต่ก็ทำเช่นนั้นไม่ได้ เพราะแต่ละปีมีปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำอย่างจำกัด ถ้าเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าพลังน้ำเต็มที่ ระดับน้ำในอ่างก็จะลดลงอย่างมากประสิทธิภาพของเครื่องก็จะลดลงและผลสุดท้ายจะส่งผลให้ปริมาณน้ำในอ่างลดน้อยลงจนถึงข้อจำกัดของอ่างเก็บน้ำ จึงควรมีระบบการจัดการที่ดี

2.6 นิยามเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ

เครื่องกังหันน้ำ (Turbine) คือเครื่องจักรกลศาสตร์ (Hydraulic Machinery) ชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานชลศาสตร์ (Hydraulic Energy) ไปเป็นกลพลังงานกล (Mechanical Energy) และพลังงานกลที่ได้นี้ จะทำให้เพลลาของกังหันน้ำไปหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ได้พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) ไว้ใช้ต่อไป ซึ่งเครื่องกังหันน้ำจะติดตั้งที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydroelectric Powerhouse)

2.7 ภาพรวมการแบ่งโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

ภาพรวมของโครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำมีวิธีแบ่งหลายวิธี เช่น การแบ่งตามชนิดของโรงไฟฟ้า การแบ่งตามสถานที่ก่อสร้าง การแบ่งตามลักษณะการปั่นน้ำและการแบ่งตามลักษณะอื่นๆ เช่น โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ และโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่อาศัยน้ำขึ้นน้ำลง เป็นต้น

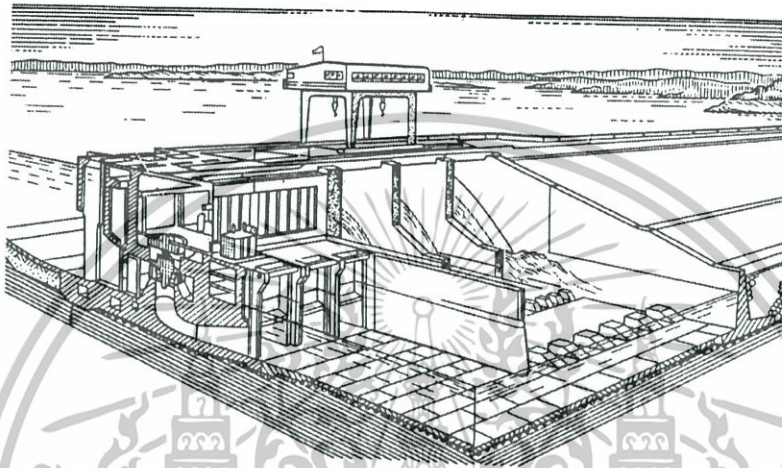
2.7.1 การแบ่งตามชนิดของโรงไฟฟ้า

1) โรงไฟฟ้าบนดิน คือ โรงไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่บนดินมีทั้งแบบที่มีโรงไฟฟ้าในอาคาร (Indoor Power House) แบบกึ่งนอกรอาคาร (Semi-Outdoor Power House) ที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ภายในอาคาร แต่มีปั่นจั่นอยู่นอกรอาคาร และแบบนอกรอาคาร (Outdoor Powerhouse) เป็นแบบที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่นอกรอาคาร

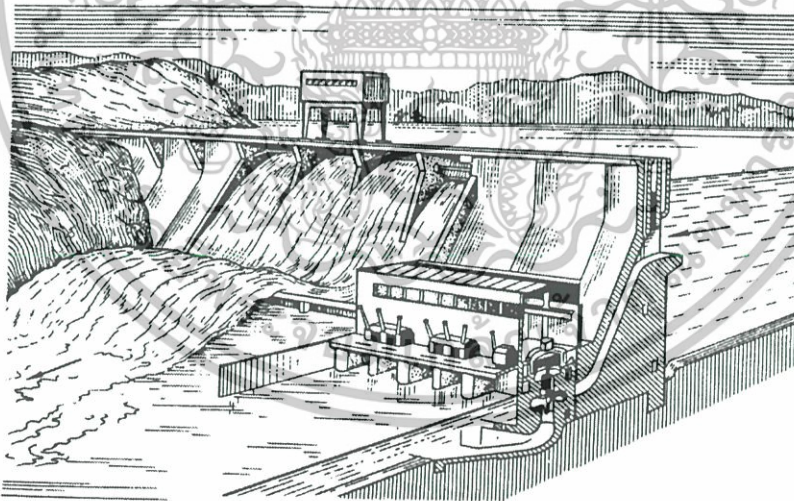
2) โรงไฟฟ้าใต้ดิน คือ โรงไฟฟ้าที่ตั้งอยู่ใต้ดิน เป็นกรณีที่ตั้งอยู่บนดินมีฐานรากที่ไม่แข็งแรง ดังนั้นจึงต้องเจาะอุโมงค์นำน้ำลงไปยังโรงไฟฟ้าที่อยู่ใต้ดินแทน เป็นโรงไฟฟ้าที่ได้เขื่อนนำมาใช้งานเต็มที่

2.7.2 แบ่งตามสถานที่ก่อสร้าง สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด

1) โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่สร้างในลำน้ำ (Project with in-stream power house) มีลักษณะดังรูปที่ 2.10 ที่มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำเป็นส่วนหนึ่งของเขื่อน ซึ่งเหมาะกับเขื่อนน้ำไม่เกิน 35 m ส่วนในกรณีที่เขื่อนน้ำมากตั้งแต่ 35 m ถึง 50 m มักจะสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำอยู่ที่ฐานท้ายเขื่อน ดังรูป 2.11



รูปที่ 2.10 โรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ติดตั้งเป็นส่วนหนึ่งของเขื่อน



รูปที่ 2.11 โรงไฟฟ้าพลังน้ำอยู่ที่ฐานท้ายเขื่อน

2) โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่สร้างนอกลำน้ำ (Project with isolated or off-stream power house) เป็นโรงไฟฟ้าที่แยกตัวออกจากลำน้ำเดิม ซึ่งจะรับน้ำมาจากอุโมงค์ทางเข้า (Intake tunnel) ผ่านท่อส่งน้ำ (penstock) มาหมุนกังหันน้ำ แล้วจึงไหลออกลงลำน้ำเดิมต่อไป

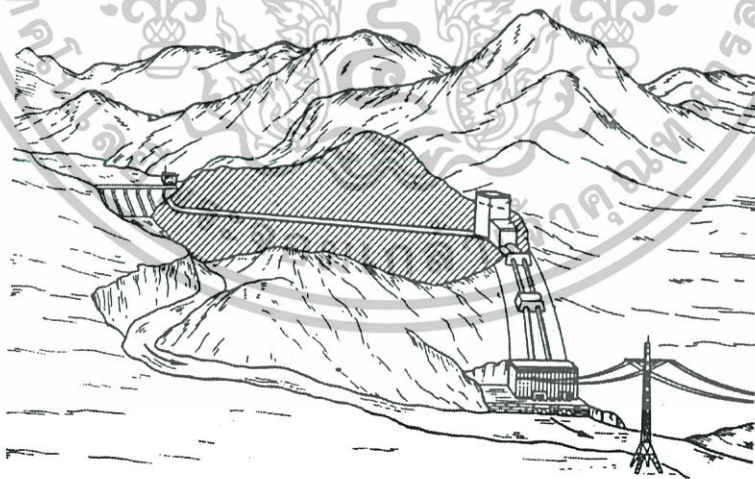
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 การแบ่งตามลักษณะการผันน้ำสู่โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (diversion hydroelectric developments)

การผันน้ำสู่โรงไฟฟ้าพลังน้ำในแต่ละโครงการนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะภูมิอากาศ สภาพทางธรณีวิทยา และความเหมาะสมในการใช้งานเป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะการผันน้ำสู่โรงไฟฟ้าพลังน้ำได้ 3 ชนิด คือ

1) โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่มีการผันน้ำโดยทางน้ำเปิด (Open-flow diversion projects) เป็นโครงการที่เหมาะสมกับโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่มีเสื่อน้ำต่ำ กล่าวคือ จากทางเดินน้ำธรรมชาติ จะมีเขื่อนผันน้ำทางด้านเหนือน้ำ เพื่อยกระดับให้สูงขึ้น จากนั้นน้ำจะไหลเข้าทางอาคารทางเข้า และไหลเข้าบ่อพักน้ำจะมีตะกอนส่วนหนึ่งตกที่จุดนี้แล้วน้ำจะไหลด้วยแรงโน้มถ่วงของโลกไปตามทางน้ำเปิดลงไปยังน้ำที่แยกออกเป็น 2 ทาง คือ น้ำส่วนหนึ่งจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ และน้ำอีกส่วนหนึ่งจะไหลไปยังอ่างเก็บน้ำก่อนที่จะไหลผ่านท่อน้ำไปยังกังหันพลังน้ำ และถ้าหากว่ามีน้ำไหลลงมามากเกินไป ก็จะไหลล้นฝายน้ำล้นไปลงทางน้ำธรรมชาติเดิมต่อไป

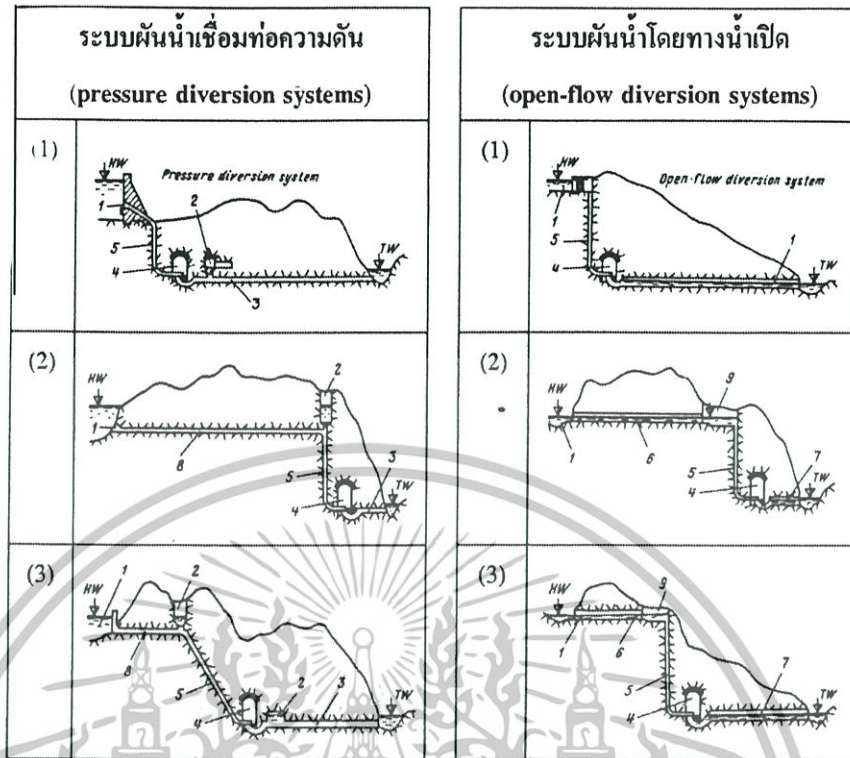
2) โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่มีการผันน้ำโดยต่อท่อความดัน (pressure diversion projects) เป็นโครงการที่ตั้งอยู่ตามภูเขาที่เสื่อน้ำสูง ซึ่งจะมีท่อความดันส่งน้ำไปหมุนกังหันพลังน้ำดังรูปที่ 2.11 โดยน้ำจะไหลออกจากอ่างเก็บน้ำผ่านอาคารทางเข้า เข้าสู่โมเมนต์ผันน้ำผ่านถังลดความดันลงท่อส่งน้ำลงไปหมุนกังหันพลังน้ำซึ่งจะได้ไฟฟ้าผ่านออกไปใช้ตามแนวสายไฟส่งกำลังต่อไป



รูปที่ 2.11 โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ใช้ระบบผันน้ำด้วยท่อความดัน (pressure a diversion system)

3) โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่มีการผันน้ำลอดใต้ดิน (underground diversion projects) เป็นโครงการที่มีการผันน้ำโดยใช้ท่อความดันหรือทางน้ำเปิดดังรูป 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่ใช้ระบบผันน้ำด้วยท่อความดัน

โครงการโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่มีการผันน้ำลอดใต้ดิน สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มคือ

3.1) เมื่อโรงไฟฟ้าพลังน้ำอยู่ใต้ดินอยู่ใกล้กับทางเข้าดังรูปที่ 2.12 (1) จะต้องใช้ท่อส่งน้ำ (penstock) ส่งน้ำโดยตรงมาจากอาคารทางเข้า (intake works) ไปหมุนกังหันน้ำแล้วจึงไหลอย่างอิสระ (free flow) หรือไหลด้วยความดันผ่านอุโมงค์ออกไปท้ายน้ำ โดยจะมีถังลดความดัน (surge tank) เฉพาะในระบบท่อความดันวางอยู่ ซึ่งวิธีนี้เหมาะสำหรับเขื่อนสูงไม่เกิน 100 m.

3.2) เมื่อโรงไฟฟ้าพลังน้ำอยู่ใต้ดินในบริเวณใกล้ๆ กับทางออกดังรูปที่ 2.12(2) ในระบบนี้จะมีการผันน้ำโดยใช้อุโมงค์ที่มีน้ำไหลแบบความดันหรือไหลแบบทางน้ำเปิดผ่านเข้ามา ก่อนแล้วจึงไหลลงผ่านท่อส่งน้ำ (penstock) ไปหมุนกังหันน้ำ จากนั้นจึงไหลออกไปทางท้ายน้ำต่อไป เป็นระบบที่ใช้ได้กับเขื่อนที่สูงถึง 330 m.

3.3) เมื่อโรงไฟฟ้าพลังน้ำอยู่ใต้ดินบริเวณกึ่งกลางของระบบส่งน้ำ และระบบน้ำนำออกจากกังหันดังรูป 2.12 (3) เป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับเขื่อนอยู่ระหว่าง 200 m ถึง 250 m

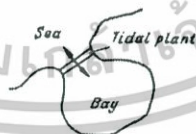
2.7.4 การแบ่งในลักษณะอื่นๆ

ในที่นี้จะกล่าวถึงโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ และโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่อาศัยน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

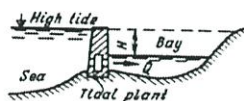
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ (pumped-storage power plant) คือโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่มีการติดตั้งเครื่องกังหันแบบสูบกลับ (reversible pump-turbine) ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับเครื่องกังหันน้ำทั่วไป แต่สามารถทำหน้าที่เป็นเครื่องสูบน้ำกลับขึ้นมาได้ กล่าวคือ ในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้ามก เครื่องกังหันน้ำแบบสูบกลับจะทำหน้าที่เป็นกังหันน้ำรับน้ำมาจากอ่างเก็บน้ำส่งมาผลิตไฟฟ้าเป็นปกติ แต่ในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย เมื่อมีไฟฟ้าเหลือใช้ก็นำไฟฟ้าที่เหลือใช้ขึ้นมาใช้สูบน้ำกลับขึ้นไปไว้ใช้งานต่อได้ สำหรับโรงไฟฟ้าแบบสูบกลับที่ทางการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ดำเนินการติดตั้ง และใช้งานแล้ว เช่น โรงไฟฟ้าแบบสูบกลับที่เขื่อนศรีนครินทร์ ติดตั้งเครื่องที่ 4 และ เครื่องที่ 5 ตามลำดับ สามารถจ่ายไฟเข้าระบบตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 และ 2534 ตามลำดับ ซึ่งเป็นแห่งแรกในประเทศไทย และปี พ.ศ. 2538 ก็มีโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ ติดตั้งที่เครื่องที่ 5 สำหรับช่วงในช่วงปี 2538-2545 ทางกฟผ. ได้ดำเนินการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับที่อ่างเก็บน้ำลำตะคอง จังหวัด นครราชสีมา จำนวน 4 เครื่อง

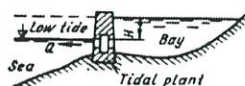
2) โรงไฟฟ้าพลังน้ำที่อาศัยน้ำขึ้นน้ำลง (tidal power plants) คือโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่สร้างปิดปากอ่าวที่ติดกับทะเล ลักษณะการทำงานจะอาศัยหลักการที่ว่า ในแต่ละวันจะมีน้ำขึ้นน้ำลงที่เกิดจากแรงดึงดูดและแรงผลักระหว่างโลกโลกกับดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ เมื่อน้ำลง (low tide) ให้เปิดประตูน้ำ และรอจนกว่าระดับน้ำในทะเลจะสูงขึ้น (high tide) ได้เสดมากพอดังรูปที่ 2.13 (ข) จึงจะเปิดประตูน้ำให้น้ำทะเลไหลผ่านท่อส่งน้ำมาหมุนกังหันน้ำแล้วไหลเข้าอ่าวได้ตามแรงโน้มถ่วงของโลก และเมื่อระดับน้ำในทะเลและในอ่าวเท่ากัน ก็เปิดประตูน้ำแล้วรอจนระดับน้ำในทะเลลดลง (low tide) ได้เสดน้ำมากพอดังรูปที่ 2.13 (ค) ก็เปิดประตูน้ำจากอ่าวไหลผ่านท่อส่งน้ำมาหมุนกังหันน้ำอีกเครื่องหนึ่งที่รับน้ำมาจากอ่าวลงทะเล วิธีนี้เหมาะสำหรับบริเวณที่มีปากอ่าวแคบและมีผลต่างระหว่างน้ำขึ้นน้ำลงมาก



(ก) แปลน



(ข) น้ำทะเลขึ้น (high tide)



(ค) น้ำทะเลลง (low tide)

รูปที่ 2.13 โรงไฟฟ้าพลังน้ำที่อาศัยน้ำขึ้นน้ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

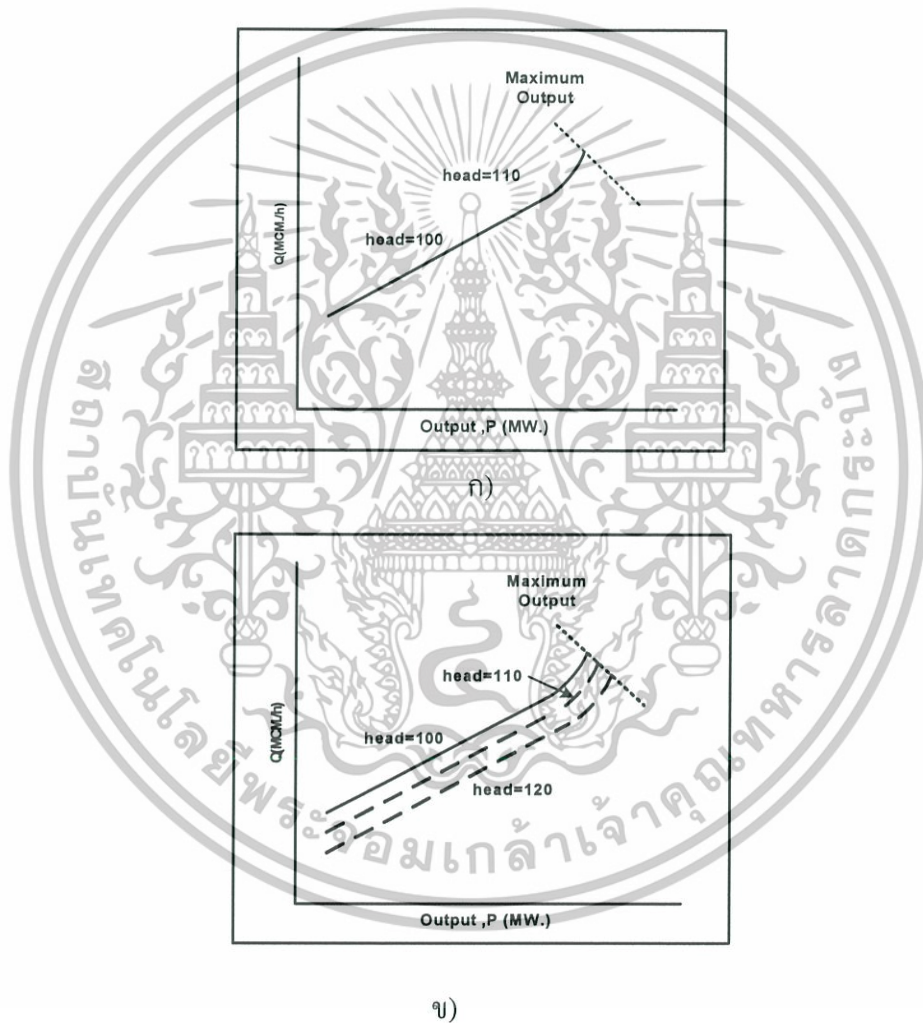
สำหรับหลักการทั่วไปในการเปลี่ยนพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยความแตกต่างระหว่างระดับความสูงของน้ำในแหล่ง 2 แหล่งที่เชื่อมต่อกัน โดยแหล่งหนึ่งจะมีลักษณะเหมือนเป็นอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นในขณะที่น้ำขึ้นน้ำจะไหลเข้าไปสู่อ่างเก็บน้ำนี้และเมื่อน้ำลงน้ำจะไหลออกจากอ่างเก็บน้ำนี้ การไหลเข้าและไหลออกของน้ำจากอ่างเก็บน้ำจะถูกบังคับให้ไหลผ่านกังหันน้ำที่ต่อเชื่อมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อกังหันน้ำได้รับแรงดันจากน้ำจะเกิดการหมุนและทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตไฟฟ้าออกมาได้ ซึ่งมีหลักการคล้ายกับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำตก แต่ที่แตกต่างกันคือลักษณะการเคลื่อนที่ของน้ำ อย่างไรก็ตามพลังงานที่ได้จากการขึ้นลงของน้ำนี้ จะไม่ค่อยสม่ำเสมอและมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากในช่วงการขึ้นลงของน้ำ ดังนั้นการออกแบบระบบเพื่อให้สามารถควบคุมอัตราการไหลเข้าออกในอ่างเก็บน้ำจึงต้องมีการออกแบบให้เหมาะสมซึ่งจะช่วยทำให้ได้พลังงานจากพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงสม่ำเสมอดีขึ้น

แนวความคิดในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงเกิดขึ้นมานานกว่าร้อยปีแล้ว แต่ด้วยเหตุผลหลายประการที่ทำให้ไม่สามารถดำเนินการได้ จนกระทั่งในช่วงระหว่างปี 1961-1967 โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำขึ้นน้ำลงที่ปากน้ำของแม่น้ำลารองซ์ (La Rance) ประเทศฝรั่งเศส ถูกสร้างขึ้นเป็นแห่งแรกโดยมีความยาว 720 เมตร ประกอบด้วยกังหันน้ำแบบสองทาง (reversible turbines) จำนวน 24 ชุดแต่ละชุดมีขนาด 10 เมกกะวัตต์ และสามารถรองรับระดับการขึ้นลงของน้ำได้สูงสุดถึง 12 เมตร แต่โดยปกติค่าเฉลี่ยความสูงของระดับน้ำจะอยู่ที่ประมาณ 5 เมตร (Boyle. 1996 : 242) นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งและดำเนินการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขึ้นน้ำลง ในอีกหลายแห่งในหลายประเทศทั่วโลก เช่น อังกฤษ แคนาดา รัสเซีย ออสเตรเลีย เป็นต้น ในปัจจุบันทั่วโลกมีศักยภาพกำลังการผลิตอยู่ประมาณ 120 จิกะวัตต์ (Boyle. 2004 : 258)

จากการสำรวจพบว่าทั่วโลกมีการใช้พลังงานจากน้ำเพื่อเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อปี ค.ศ. 2002 รวมกำลังการผลิตประมาณ 740 จิกะวัตต์ ซึ่งข้อมูลนี้อาจมีความคลาดเคลื่อนไปบ้างเล็กน้อย เพราะมีการกระจายของระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานน้ำขนาดเล็กไปตามแหล่งต่างๆ หรือเป็นของเอกชน จึงอาจทำให้ขาดข้อมูลในส่วนนี้ไป (Boyle. 2004 : 154) อย่างไรก็ตามพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ทั่วโลกซึ่งได้จากการผลิตจากพลังงานน้ำ คิดเป็นประมาณร้อยละ 25 เท่านั้น ซึ่งถือว่ายังค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณการบริโภคพลังงานไฟฟ้าทั่วโลก โดยจากข้อมูลเมื่อปี ค.ศ. 2003 พบว่า 5 ประเทศอันดับแรก ที่มีการใช้ไฟฟ้าจากพลังงานน้ำมากที่สุดของโลกได้แก่ บราซิลร้อยละ 11.6 แคนาดาร้อยละ 11.5 จีนร้อยละ 10.8 สหรัฐอเมริการ้อยละ 10.2 และรัสเซียร้อยละ 6.0 (British Petroleum. 2004.)

2.7.5 Input-Output Characteristic ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

ดังที่แสดงในรูปที่ 2.14 ก) ค่าแกนนอนคือ กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้หน่วยเป็น MW. ส่วนค่าในแกนตั้งคือ ปริมาณน้ำต่อหน่วยเวลา (Discharge) หน่วยเป็น MCM./ชั่วโมง ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ของกราฟช่วงแรกค่อนข้างจะเป็นเส้นตรงจนถึงค่าพิคกิ้งของโรงไฟฟ้า ส่วนของกราฟจะมีความชันเพิ่มมากขึ้น แปรตามประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้านั้นเอง รูป 2.14 ข) แสดงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำหน้าอ่างส่งผลให้กราฟของ Input-Output Characteristic จะมีการเปลี่ยนแปลง



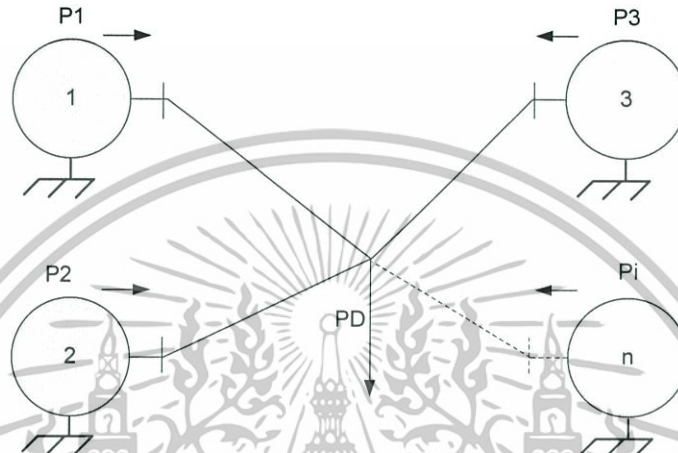
รูปที่ 2.14 แสดง Input-Output Characteristic ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

2.8 การจ่ายโหลดอย่างประหยัดภายในโรงจักร

การศึกษาการจ่ายโหลดอย่างประหยัดในระบบไฟฟ้า คือปัญหาที่ต้องการหาค่า กำลังไฟฟ้าที่จ่ายจากเครื่องผลิตไฟฟ้า โดยที่ราคาต้นทุน หรือค่าเชื้อเพลิงมีค่าต่ำสุด และต้องได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังไฟฟ้าที่เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าคำนวณได้จากราคาเชื้อเพลิงรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่ทำการผลิตกำลังไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้านั้นเอง การผลิตกำลังไฟฟ้าต้องขึ้นอยู่กับความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบ ในที่นี้จะกล่าวถึงการจ่ายโหลดอย่างประหยัดภายในโรงจักร ซึ่งประกอบด้วยเครื่องผลิตไฟฟ้าหลายตัวช่วยกันจ่ายโหลดดังแสดงในรูปที่ 2.15 พิจารณาเครื่องผลิตไฟฟ้าแต่ละหน่วยควรถ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดเพื่อว่าค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงรวมทั้งหมดต่ำสุด



รูปที่ 2.15 เครื่องผลิตไฟฟ้าภายในโรงจักรรวมกันจ่ายโหลด

การจ่ายโหลดอย่างประหยัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายหน่วยภายในโรงจักรจำเป็นต้องทราบอัตราค่าใช้จ่ายต้นทุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละหน่วยภายในโรงจักรเสียก่อน อัตราค่าใช้จ่ายต้นทุนการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าฟังก์ชันกำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมาสามารถแทนได้ด้วยสมการเส้นตรงหรือสมการโพลิโนเมียลอันดับต่างๆ โดยที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขขีดจำกัดการผลิต (Capacity limiting) กำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดแต่ละเครื่องดังสมการ $\text{Power Generation} = \text{Power Demand}$

$$\sum_{i=1}^N P_i - P_d = 0 \quad (2.1)$$

$$P_{i, \min} \leq P_i \leq P_{i, \max}$$

เมื่อ PD คือความต้องการกำลังไฟฟ้าของระบบ

$P_{i, \min}$ และ $P_{i, \max}$ คือกำลังผลิตต่ำสุด และสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ i

2.9 การวางแผนในระบบไฟฟ้าอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

2.9.1 การวางแผนพัฒนา

เป็นการกำหนดงานล่วงหน้า โดยมีระยะเวลา 3 ปี หรือ 5 ปีขึ้นไปในการเพิ่มขีดความสามารถในการขยาย, ปรับปรุง, เพิ่มขีดความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเช่น การสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่ม หรือขยายขนาดของโรงไฟฟ้าที่มีอยู่ เป็นต้น

2.9.2 การวางแผนปฏิบัติการ (Operational Planning)

เช่นการวางแผนในการใช้เชื้อเพลิง และสำรองเชื้อเพลิงให้มีเพียงพอและนำไปใช้ให้คุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุด การวางแผนในการบำรุงเครื่องจักรที่มีอยู่ให้สามารถทำงานได้ดีและมีประสิทธิภาพ การวางแผนในการผลิตและจ่ายไฟฟ้า ต้องสามารถผลิตได้เพียงพอกับความ ต้องการและระบบไฟฟ้ามีความมั่นคง โดยต้องควบคุมให้ต้นทุนในการผลิตมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

สำหรับแผนการผลิตและจ่ายไฟฟ้าอาจแบ่งได้เป็น 3 แผนการดังต่อไปนี้

- 1) แผนการผลิตและจ่ายไฟฟ้าระยะยาว (Long term planning) เป็นแผนที่ใช้ในช่วงระยะเวลาประมาณ 1-3 ปี
- 2) แผนการผลิตและจ่ายไฟฟ้าระยะกลาง (Medium term planning) เป็นแผนที่ใช้ในช่วงระยะเวลาประมาณ 1 เดือนถึง 1 ปี
- 3) แผนการผลิตและจ่ายไฟฟ้าระยะสั้น (Short term planning) เป็นแผนที่ใช้ในช่วงระยะเวลาประมาณ 1 วัน หรือ 1 สัปดาห์

2.9.2.1 แผนการผลิตและจ่ายไฟฟ้าระยะยาว (Long Term Planning)

จัดทำขึ้นเพื่อกำหนดนโยบายการผลิตและจ่ายไฟฟ้าในอนาคต 3 ปีล่วงหน้า โดยมีการปรับปรุงทุก 6 เดือน เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพระบบ โดยต้องทราบรายละเอียดของข้อมูลดังนี้

- การคาดการณ์ความต้องการไฟฟ้า
- แผนการซ่อมและบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า
- กำหนดการนำโรงไฟฟ้าใหม่เข้าใช้งาน
- ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ
- ปริมาณเชื้อเพลิง

แผนระยะยาวจัดทำขึ้นประมาณเดือนกันยายนของทุกปี มุ่งเน้นเฉพาะพลังงานไฟฟ้า (Energy) เป็นสำคัญ ส่วนความต้องการใช้ไฟฟ้า สูงสุด (Peak Demand) พิจารณาเฉพาะค่าสูงสุดในรายเดือนเท่านั้น ขั้นตอนการจัดทำมีดังนี้

- 1) การคาดการณ์ความต้องการไฟฟ้า (Load and Energy Forecast)
 - สอบถามจากลูกค้าโดยตรง
 - ใช้ข้อมูลจากหน่วยงานร่วมสำหรับคาดการณ์โหลด (Load Forecast Working Group)
- 2) กระจายความต้องการไฟฟ้าออกเป็นรายเดือน โดยใช้สัดส่วนใกล้เคียงกับข้อมูลสถิติ ความต้องการใช้ไฟฟ้าในปีที่ผ่านมา และข้อมูลที่ได้จากลูกค้าโดยตรง
- 3) นำข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าและสถานีไฟฟ้าแรงสูง (Plant and Substation used)
- 4) พิจารณาข้อจำกัดต่างๆของโรงไฟฟ้า ร่วมกันจัดทำแผน
 - หยุดซ่อมโรงไฟฟ้า
 - โรงไฟฟ้าที่นำเข้าใช้งาน
 - ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ และน้ำที่ต้องปล่อยเพื่อการเกษตร และอื่น โดยใช้ Reservoir operating Study สำหรับศึกษา Sensitivity ของน้ำเพื่อเตรียมอ่างเก็บน้ำในปีต่อไปปกคิล่วงหน้า 2 ปี
 - แผนการใช้เชื้อเพลิง โดยเฉพาะก๊าซธรรมชาติ เพื่อเป็นแนวทางกำหนดการใช้เชื้อเพลิงให้สอดคล้องกับปริมาณที่ได้รับ

2.9.2.2 แผนการผลิตและจ่ายไฟฟ้าระยะกลาง (Medium term planning)

นำผลที่ได้จากการวางแผนการผลิตระยะยาว การจัดทำแผนระยะกลาง ได้แก่ แผนผลิตรายเดือน มีขั้นตอนรายละเอียดดังนี้

- 1) การคาดการณ์โหลด (Load Forecast) จัดทำโดยนำข้อมูล Daily Load Curve ของวันที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในเดือนที่ต้องการย้อนหลังไป 2-3 ปีและความต้องการไฟฟ้าสูงสุดของเดือนนั้นๆ ที่ได้จากแผนผลิตรายปีมาคาดการณ์ Daily Load Curve 3 รูปแบบคือ วันธรรมดา (Working Day) วันหยุด (Holiday) และวันที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Peak Demand Day) โดยอาจมีการปรับตามสภาพโหลด ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจริงด้วย
- 2) ปรับแผนตามสภาพเหตุการณ์จริง ได้แก่
 - แผนการนำโรงไฟฟ้าเข้าใช้งาน
 - แผนการหยุดซ่อมบำรุงรักษาโรงไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โรงไฟฟ้าที่จำเป็นต้องหยุดซ่อมทันที (นอกแผนบำรุงรักษา)
- อื่นๆ

2.9.2.3 แผนการผลิตและจ่ายไฟฟ้าระยะสั้น (Short term planning)

รูปแบบและวิธีการคล้ายคลึงกับการวางแผนระยะกลางต่างกันในรายละเอียดโดยแผนระยะสั้นข้อมูลที่ใช้งานจะใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากกว่า

ไฟฟ้าจะต้องผลิตทุกวัน ดังนั้นแผนการผลิตและจ่ายไฟฟ้าระยะสั้น (Short term planning) หรือ (Short term scheduling) จึงมีความสำคัญอย่างมากเพราะจะต้องนำไปใช้ในการปฏิบัติงานประจำวันเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าที่เพียงพอกับความต้องการมีความมั่นคงในระบบไฟฟ้าและมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่ำที่สุด

2.10 อ่างเก็บน้ำและการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำ

โลกมีบริเวณที่เป็นมหาสมุทรประกอบอยู่ถึง 3 ใน 4 ส่วน พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนเป็นวัฏจักรของน้ำขึ้น จากปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งมายังโลก $140,000 \times 10^{12}$ วัตต์ หรือ 140,000 เทระวัตต์ พลังงานแสงอาทิตย์จำนวน 40,000 เทระวัตต์ หรือประมาณร้อยละ 23 ของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด ถูกใช้ในการเกิดวัฏจักรของน้ำ (Ristinen & Kraushaar, 1999 : 126) เมื่อน้ำบนโลกได้รับพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ จะทำให้น้ำบนผิวโลกตามแหล่งต่างๆ ทั้งในห้วย หนอง คลอง บึง ทะเล และมหาสมุทร ระเหยกลายเป็นไอน้ำและลอยขึ้นไปในอากาศ เมื่อไอน้ำลอยสู่เบื้องบนแล้ว จะได้รับความเย็นและกลั่นตัวกลายเป็นละอองน้ำเล็กๆ ลอยจับตัวกันเป็นกลุ่มเมฆ เมื่อจับตัวกันมากขึ้นและกระทบความเย็นจะกลั่นตัวกลายเป็นหยดน้ำตกลงสู่พื้นโลก และจะเกิดกระบวนการเช่นนี้ซ้ำแล้วซ้ำเล่าเป็นวัฏจักรหมุนเวียนต่อเนื่องกันตลอดเวลา เรียกว่า วัฏจักรธรรมชาติของน้ำ ซึ่งทำให้มีน้ำเกิดขึ้นบนผิวโลกอย่างสม่ำเสมอ

น้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นโลก บางส่วนอาจตกลงในแหล่งกักเก็บธรรมชาติที่อยู่บนที่สูงหรือตกลงมาในแหล่งกักเก็บที่มนุษย์สร้างขึ้นเช่น ฝาย เขื่อน เป็นต้น แหล่งกักเก็บน้ำเหล่านี้จะเป็นแหล่งสะสมพลังงานของน้ำในรูปของพลังงานศักย์ ซึ่งถ้าเป็นแหล่งกักเก็บที่อยู่บนที่สูงน้ำจะไหลลงสู่พื้นด้านล่างเป็นลักษณะของน้ำตกจะทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงานตามธรรมชาติ โดยพลังงานศักย์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ ซึ่งมนุษย์สามารถนำเอาพลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นนี้ไป

ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยหลักการนี้มนุษย์จึงได้สร้างแหล่งกักเก็บน้ำดังกล่าวเพื่อใช้พลังงานจากน้ำไปผลิตกระแสไฟฟ้า

2.10.1 หลักอุทกศาสตร์เบื้องต้น

อุทกศาสตร์ หรือ Hydrology มาจาก Hydro แปลว่าน้ำและ Logy แปลว่าวิชา หรือ ศาสตร์ หรือวิทยาศาสตร์ ฉะนั้น อุทกวิทยา จึง หมายถึง วิชาทางวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ว่าด้วย เรื่องน้ำ เป็นหลัก ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับ การวัด การเคลื่อนที่ การหมุนเวียนเปลี่ยนแปลง การแผ่ การกระจายของน้ำและคุณสมบัติของน้ำในบริเวณส่วนต่าง ๆ ของโลกที่ประกอบด้วยน้ำใน บรรยากาศ น้ำบนผิวดินและน้ำใต้ดิน

วงจรอุทกศาสตร์ คือ การหมุนเวียนเปลี่ยนแปลงของน้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาจากน้ำ ในบรรยากาศเป็นน้ำบนผิวดินและน้ำใต้ดิน



รูปที่ 2.16 รูปวัฏจักรของน้ำ

จากการวิเคราะห์สมดุลของน้ำรายปีที่มีอยู่ในโลก ทำให้สามารถพิจารณาวงจรอุทกศาสตร์ ดังรูปที่ 2.16 เมื่อให้ปริมาณน้ำฝนรายปีที่ตกลงบนแผ่นดินเป็น 100% จะพบว่ามีการระเหยและการคายน้ำจากแผ่นดินประมาณ 61% ของปริมาณน้ำฝนรายปีนี้ ขณะเดียวกันก็จะมีน้ำท่าไหลลงสู่มหาสมุทร 39% โดยแยกออกเป็นน้ำท่าผิวดิน 38% และน้ำใต้ดินอีก 1% ในขณะเดียวกันจะมีความชื้นจากทะเลมหาสมุทรประมาณ 39% ที่ลอยสู่แผ่นดินแล้วตกลงมาเป็นฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการวิเคราะห์อัตราการไหลและปริมาณน้ำในส่วนต่าง ๆ ของโลก ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะสภาพอากาศและสภาพทางกายภาพ เช่น สภาพภูมิประเทศ สภาพทางธรณีวิทยา สภาพทั่วไปของพื้นที่ ซึ่งยังแยกออกเป็นสภาพทางธรรมชาติและสภาพที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ตลอดจนผลกระทบเนื่องจากสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงทั้งในบรรยากาศและบนพื้นผิวโลก เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 แสดงสมดุลของน้ำรายปีที่อยู่ในโลก

ปริมาณ	หน่วย	มหาสมุทร	แผ่นดิน
พื้นที่	km ²	361,300,000	148,800,000
ปริมาณน้ำฝน	km ³ /yr	458,000	119,000
	mm/yr	1,270	800
การระเหย	in/yr	50	31
	km ³ /yr	505,000	72,000
	mm/yr	1,400	48
น้ำท่าสู่มหาสมุทร	in/yr	55	19
	km ³ /yr	-	44,700
แม่น้ำ	km ³ /yr	-	2,200
น้ำใต้ดิน	km ³ /yr	-	47,000
น้ำท่ารวม	mm/yr	-	316
	in/yr	-	12

ที่มา: Chow,(19) จากWorld Water Balance and Water Resources of the Earth ของ UNESCO, 1987

2.10.1.1 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่าง

(พรเทพ, 2534) การวิเคราะห์หาปริมาณน้ำไหลลงอ่างเก็บน้ำ สามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำในช่วงที่อ่างเก็บน้ำสร้างเสร็จ และมีการเก็บข้อมูล การคำนวณปริมาณน้ำที่ไหลลงอ่างเก็บน้ำ คำนวณได้จาก

หลักสมดุลของน้ำในแบบจำลองอ่างเก็บน้ำ (Water Balance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{ds}{dt} = \text{Inflow} - \text{Output} \quad (2.2)$$

$$I_n = S_n - S_{n-1} + O_n + P_n + E_n$$

เมื่อ	I_n	=	ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ
	S_n	=	ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ วันที่ n
	S_{n-1}	=	ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ วันที่ n-1
	O_n	=	ปริมาณที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำ
	P_n	=	การรั่วซึมในอ่างเก็บน้ำ
	E_n	=	การระเหยออกจากอ่างเก็บน้ำ

การอาศัยสถิติข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่วัดได้ที่สถานีวัดน้ำท่าตรงบริเวณจุดที่ตั้งอ่างเก็บน้ำจะสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยประจำเดือนได้ หรือสามารถนำไปวิเคราะห์ตามหลักความถี่ของการเกิด (Frequency Analysis) เพื่อหาโอกาสของความน่าจะเป็น (Probability) ของการไหลของน้ำเข้าอ่างในปริมาณต่างๆ (วรารุช, 2538)

2.10.1.2 ฝนในประเทศไทย

โดยทั่วไปแล้ว ประเทศไทยจะมีปริมาณฝนอยู่ในเกณฑ์ที่ดี คือจะมีฝนตกโดยเฉลี่ยทั่วประเทศประมาณปีละ 1,650 มม. หรือ 65 นิ้ว ซึ่งจากข้อมูลสถิติของปริมาณฝนที่ได้จากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งตั้งอยู่บนพื้นราบในคาบ 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ.2516 ถึง พ.ศ. 2545 สามารถเขียนเส้นชั้นน้ำฝนที่สัมพันธ์กับอิทธิพลของภูเขาเพื่อให้ได้แผนที่ปริมาณฝนที่ถูกต้องกับความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าประเทศไทยตอนบนจะมีฝนตกเฉลี่ยปีละ 1,100 มม. หรืออยู่ระหว่าง 43 นิ้ว ถึง 75 นิ้ว แต่ก็มีบางแห่งโดยเฉพาะบริเวณหลังทิวเขาตะนาวศรี ตั้งแต่ภาคเหนือตอนล่างลงมาถึงภาคกลาง และภาคใต้ตอนบน ซึ่งได้แก่จังหวัดตากลงไปจนถึงจังหวัดกาญจนบุรี จะมีฝนตกเฉลี่ยค่อนข้างน้อย กล่าวคือ ในบางปีจะมีฝนตกไม่เกิน 1,000 มม. หรือ 39 นิ้ว ส่วนบริเวณประเทศไทยตอนล่างหรือภาคใต้จะมีฝนตกชุกตลอดทั้งปี โดยเฉลี่ยแล้วจะมีปริมาณฝนปีละ 2,300 มม. หรือ 90.6 นิ้ว

การไหลของน้ำในพื้นที่รับน้ำหรือพื้นที่ลุ่มน้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำจากอากาศ เช่น ฝน หิมะ น้ำจากอากาศเกิดจากไอน้ำที่ลอยลอยอยู่ในบรรยากาศได้รับความเย็นและกลั่นตัวแล้วมีการรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้นจนกระทั่งมีน้ำหนักมากกว่าแรงลอยตัวและแรงต้านทานของอากาศจึงตกลงมาเป็นเม็ดเล็ก ๆ สู่พื้นผิวโลก โดยอาจจะตกลงมาเป็นของเหลว เช่น ฝน หรือตกลงมาเป็น ของแข็ง เช่น ลูกเห็บ (Hail) หรืออาจจะตกลงมาในลักษณะรูปผลึกน้ำแข็งเป็นหิมะ (Snow) ก็ได้

ตารางที่ 2.4 การรายงานลักษณะของฝน

ลักษณะของฝน	ปริมาณน้ำฝน
ฝนวัดจำนวนไม่ได้ (Trace)	$P < 0.1 \text{ mm.}$
ฝนเล็กน้อย (Light Rain)	$0.1 \text{ mm} \leq P \leq 10 \text{ mm}$
ฝนปานกลาง (Moderate Rain)	$10.1 \text{ mm} \leq P \leq 35 \text{ mm}$
ฝนปานกลาง (Heavy Rain)	$35.1 \text{ mm} \leq P \leq 90 \text{ mm}$
ฝนหนักมาก (Vary Heavy Rain)	$90.1 \text{ mm} \leq P$

หมายเหตุ P คือ ปริมาณน้ำฝน (mm) ที่ตกใน 1 วัน

ตารางที่ 2.5 การพยากรณ์บริเวณที่จะมีฝนตก

บริเวณที่จะมีฝนตก	ขอบเขตบริเวณที่จะมีฝนตก
บางแห่ง (Isolated)	มีฝนไม่เกิน 20% ของพื้นที่
เป็นแห่ง ๆ (Widely Scattered)	มีฝนเกิน 20% แต่ไม่เกิน 40% ของพื้นที่
กระจาย (Scattered)	มีฝนเกิน 40% แต่ไม่เกิน 60% ของพื้นที่
เกือบทั่วไป (Almost Widespread)	มีฝนเกิน 60% แต่ไม่เกิน 80% ของพื้นที่
ทั่วไป (Widespread)	มีฝนเกิน 80% ของพื้นที่
เป็นบริเวณกว้าง (Widespread)	มีฝนอยู่ในขอบเขตของพายุหมุน

ตารางที่ 2.6 การรายงานประเภทฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา

ประเภทฝน	ความเข้มฝน (mm/hr)
ฝนตกลึกน้อย	1 – 5
ฝนตกปานกลาง	5 – 10
ฝนตกหนัก	10 – 20
ฝนตกหนักมาก	มากกว่า 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณน้ำต้นทุนเพราะการแผ่กระจายของปริมาณน้ำฝนในกลุ่มน้ำแม่กลองจากข้อมูลเชิงสถิติย้อนหลังไปจะพบว่า ปริมาณน้ำฝนในกลุ่มน้ำตอนบนมีปริมาณสูงกว่า ปริมาณน้ำฝนมีประมาณปีละ 1,599 มม. โดยเริ่มตกตั้งแต่เดือนมีนาคมเป็นต้นไป และทวีปริมาณมากขึ้นระหว่างเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม เนื่องจากได้อิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในระหว่างเดือน พฤษภาคม-กันยายน เป็นช่วงที่ได้รับฝนดีที่สุดเฉลี่ยประมาณ 200 มม. ในเดือนพฤษภาคม และ 300 มม. ในเดือนสิงหาคมจำนวนฝนตกในกลุ่มน้ำตอนบนนี้ เฉลี่ยแล้วประมาณ 150 วันในหนึ่งปี และในช่วงระหว่างเดือน กรกฎาคม-กันยายน มีฝนตกประมาณ 25 วันในหนึ่งเดือน

ส่วนในกลุ่มน้ำตอนล่างซึ่งเป็นที่ราบลุ่มริมลำน้ำ ตั้งแต่จังหวัดกาญจนบุรีลงไป ปริมาณน้ำฝนจะมีน้อยกว่าในกลุ่มน้ำตอนบน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,059 มม. น้ำฝนจะเริ่มมีเล็กน้อยในเดือนมีนาคมและทวีปริมาณมากขึ้น เช่นเดียวกัน เป็นที่น่าสังเกตว่าจะมีระยะฝนทิ้งช่วงอยู่ระยะหนึ่ง ระหว่างเดือน มิถุนายน-กรกฎาคม และถึงแม้ปริมาณน้ำฝนจะอยู่ในเกณฑ์ก็ตาม การแผ่กระจายของน้ำฝนไม่สม่ำเสมอ ทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเพาะปลูกและมีปัญหาบ่อยครั้ง

2.10.2 ปัญหาในการพัฒนาแหล่งน้ำหรือการจัดการน้ำในประเทศไทยและแนวทางแก้ไข

1) เรื่องน้ำเป็นเรื่องที่จำเป็น จากการสำรวจพบว่า การใช้น้ำมีความต้องการเพิ่มขึ้นตลอดเวลา ดังนั้นในการพัฒนาประเทศจะต้องดูแลทั้งระบบ ควบคู่กับการพัฒนาสิ่งแวดล้อม โดยดู แนวโน้มทิศทางการเจริญเติบโตของประเทศทั้งระบบเศรษฐกิจและสังคมของประเทศควบคู่กันไป

2) เมื่อมีความต้องการใช้น้ำมากขึ้นจะใช้อย่างไรให้ประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุดการสูญเสียน้ำในช่วงระหว่างการส่งน้ำผ่านคลองส่งน้ำยังมีมากถึง 30 % และนอกจากนี้ควรจะรวมเรื่องคุณภาพน้ำเข้าไปด้วย เพราะในปีที่เกิดเหตุการณ์น้ำน้อย ฝนแล้ง จะมีมลพิษมากและจะไม่มี น้ำจืดที่จะมาคั้นน้ำเค็ม พอน้ำเค็มขึ้นมาเข้าไปในไร่นาในจังหวัดนนทบุรี พืชผลทางการเกษตรตายหมด มลพิษต่าง ๆ ก็เพิ่มขึ้น การประปานครหลวงต้องใช้คลอรีนและสารส้มในการบำบัด (Treat) น้ำก่อนเข้าสู่ระบบประปาทำให้ต้นทุนสูงขึ้น

3) การสร้างเขื่อนมีผลดีและผลเสีย ทำอย่างไรมีทางเลือกอื่น หรือมีทางป้องกันอย่างไร ดังนั้นจะต้องมีการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดจนทางเลือกหรือแก้ไขว่าถ้าหากสร้างเขื่อนต้องทำอะไรบ้างและใช้เวลานานเท่าใด มีรัฐบาลหรือคณะกรรมการกลางคอยติดตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และตรวจสอบในเรื่องต่าง ๆ เช่น ความหลากหลายทางธรรมชาติที่ถูกทำลายจะทดแทนหรือฟื้นฟูอย่างไร รวมทั้งการอพยพประชาชนตลอดจนการจัดสรรที่ทำกินให้กับประชาชนที่อพยพจากการก่อสร้างเขื่อน

4) เปลี่ยนแนวความคิด (Concept) การจัดการน้ำไม่ใช่กรมชลประทานเพียงหน่วยงานเดียว ควรช่วยกันทั้งหมดรวมถึงระบบการเพาะปลูก พื้นที่เพาะปลูกในแต่ละที่มีความเหมาะสม อย่างไร ควรจะปลูกพืชประเภทใดและมีความต้องการน้ำมากน้อยเพียงใด ตลอดจนการมีการจัดสรรโควตาในการปลูกพืชแต่ละประเภท เพื่อให้สามารถจัดสรรน้ำได้เพียงพอ

5) ในเรื่องของการใช้พื้นที่ (Land Use) เป็นที่น่าเสียดายว่าพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่อุดมสมบูรณ์ที่สุด ถูกเปลี่ยนเป็นบ้านจัดสรรและโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งที่จริงควรจะมีการแบ่งโซน ว่าเป็นพื้นที่เกษตรกรรม, ที่อยู่อาศัยและอุตสาหกรรม เช่น ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือไม่สามารถจัดสรรน้ำได้ก็ควรเป็นอุตสาหกรรมที่ไม่ใช้น้ำ

6) การจัดการแหล่งน้ำควรทำทั้งระบบ ไม่ควรมองเฉพาะน้ำผิวดินอย่างเดียวควรพิจารณาน้ำใต้ดินด้วยเพราะป่าต้นน้ำถูกทำลาย สร้างเขื่อนก็ไม่มีประโยชน์ ดังนั้นเราจึงควรรหาแหล่งน้ำและพัฒนาเพื่อเป็นแหล่งสำรอง เพื่อแก้ไขปัญหาคขาดแคลนน้ำในอนาคต

2.10.3 การจัดการน้ำ

การจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ เราจำเป็นต้องรู้ว่า

2.10.3.1 แหล่งน้ำที่มีมาจากแหล่งใดบ้าง

แหล่งน้ำที่มีอยู่มาจาก น้ำจากอากาศ เช่น น้ำฝน ลูกเห็บ หิมะ น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน น้ำที่ได้จากการ Recycle และน้ำที่ได้จากการนำน้ำทะเลมาผ่านกระบวนการให้เป็นน้ำจืด

2.10.3.2 ปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้

ปริมาณน้ำที่มีอยู่ในโลก ประมาณปลายศตวรรษที่ 19 ได้มีการประมาณปริมาณน้ำที่มีในส่วนต่าง ๆ ของโลก ซึ่งเป็นค่าที่หาได้ยากมาก เพราะทุกส่วนของน้ำในวงจรอุทกศาสตร์จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตลอดเวลา อย่างไรก็ตาม ในปี พ.ศ. 2521 UNESCO ได้ประมาณปริมาณน้ำในโลกได้ ดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ปริมาณน้ำในโลกที่ประมาณค่าโดย UNESCO

แหล่งน้ำ	พื้นที่ (10^6 km^2)	ปริมาตร (km^3)	เปอร์เซ็นต์ของ น้ำทั้งหมด	เปอร์เซ็นต์ของ น้ำจืด
ทะเล มหาสมุทร	361.3	1,338,000,000	96.5	
น้ำใต้ดิน				
น้ำจืด	134.8	10,530,000	0.76	30.1
น้ำเค็ม	134.8	12,870,000	0.93	
ความชื้นในดิน	82.0	16,500	0.0012	0.05
น้ำแข็งที่ขั้วโลก	16.0	24,023,500	1.7	68.6
น้ำแข็งและหิมะบริเวณอื่นๆ	0.3	340,600	0.025	1.0
ทะเลสาบ				
น้ำจืด	1.2	91,000	0.007	0.26
น้ำเค็ม	0.8	85,400	0.006	
หนอง บึง	2.7	11,470	0.0008	0.03
แม่น้ำ	148.8	2,120	0.0002	0.006
น้ำในสิ่งมีชีวิต	510.0	1,120	0.0001	0.003
น้ำในบรรยากาศ	510.0	12,900	0.001	0.04
ปริมาณน้ำทั้งหมด	510.0	1,385,984,610	100	100

* หมายเหตุ แหล่งน้ำจืดพื้นที่ 148.8 (10^6 km^2) ปริมาตร 35,029,210 (km^3) คิดเป็น 2.5 % ของน้ำทั้งหมด

2.10.3.3 ปริมาณการใช้น้ำและแนวโน้ม

สถานการณ์น้ำในประเทศไทย ประเทศไทยมีพื้นที่ 513 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณน้ำฝนในแต่ละปีเฉลี่ย 1,500 มิลลิเมตร ดังนั้นในแต่ละปีปริมาณที่ได้รับจากน้ำฝนสูญเสียต่างๆ จะเหลือปริมาณน้ำผิวดินที่ไหลลงสู่ลำน้ำประมาณ 200,000 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี แต่กรมชลประทานและหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแหล่งน้ำสามารถเก็บกักน้ำได้เพียง 40,000 ล้านลูกบาศก์เมตรหรือ 20% เท่านั้น

ตารางที่ 2.8 ปริมาณน้ำท่าโดยเฉลี่ยในประเทศไทย

ภาค	พื้นที่ (กม. ³)	ปริมาณน้ำ ที่ได้รับจากฝน (ล้าน ลบ.เมตร/ปี)	ปริมาณน้ำผิวดิน ที่เหลือจากการสูญเสียน้ำ จะไหลลงสู่ลำน้ำ (ล้าน ลบ.เมตร/ปี)
เหนือ	169,640	217,150	65,200
กลาง	30,130	38,280	7,700
ตะวันออกเฉียงเหนือ	168,840	246,500	36,700
ตะวันออก	34,280	73,360	22,000
ตะวันตก	39,840	60,560	18,200
ใต้	70,140	164,150	49,400
รวม	512,870	800,000	149,200

2.10.4 ปัญหาการใช้น้ำและแนวทางแก้ไข

2.10.4.1 ปัญหา

เนื่องจากเราสามารถเก็บกักน้ำได้เพียง 20% หรือ 400,000 ล้านลูกบาศก์เมตร จากน้ำใต้ดินทั้งหมด 2,000,000 ล้านลูกบาศก์เมตร จึงทำให้เกิดน้ำท่วมและการขาดแคลนน้ำอยู่ในทุกวันนี้ ถ้าหากเราสามารถเก็บน้ำได้สัก 50% ก็สามารรถแก้ปัญหานี้ได้

2.10.4.2 แนวทางการแก้ไข

1. ลดปริมาณน้ำสำหรับการชลประทานในการทำนาปรัง
2. เปลี่ยนจากการทำนาปลูกพืชที่ใช้น้ำน้อยในบางพื้นที่
3. จัดสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่หรือขนาดกลาง เพื่อเก็บน้ำไว้ใช้ในฤดูแล้ง
4. จัดทำฝนเทียมในบริเวณที่วิกฤติ
5. รณรงค์ให้ใช้น้ำอย่างประหยัด
6. พัฒนาระบบบำบัดน้ำเพื่อการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.5 คำจำกัดความต่างๆที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตปริมาณน้ำและระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ

เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำมีหลายแผน แต่ละแบบจะบอกปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่จะต้องปล่อยออกจากอ่างหรือไม่ก็ ต้องบอกปริมาณน้ำที่เก็บกักในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาต่างๆ ของปี ซึ่งเรียกว่า โคนกฎการปฏิบัติงาน(Rule Curves) หรือบางประเภทจะแบ่งปริมาตรอ่างเก็บน้ำออกเป็น โซนต่างๆ แต่ละโซนจะมีนโยบายการปล่อยน้ำ (Release Policy) ต่างกันออกไป (วารุช , 2545)

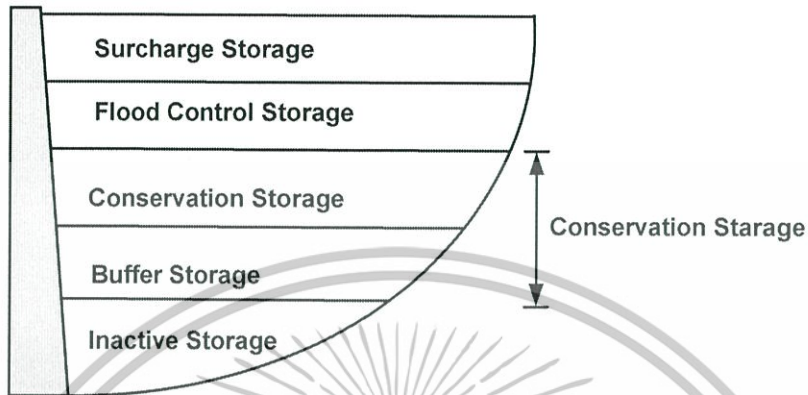
โดยทั่วไปแล้วการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันนิยมใช้ Rule Curves หรือเรียกอีกอย่างว่า Guide Curves ซึ่งเป็นกลุ่มของกฎการปฏิบัติงานที่ตั้งไว้ล่วงหน้า เพื่อกำหนดการปล่อยน้ำตามระดับเก็บกักของอ่างเก็บน้ำในขณะนั้น Rule Curves ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลในช่วงวิกฤตเป็นสำคัญ นอกจากนี้ Rule Curves ยังสร้างความเชื่อมั่นว่าน้ำในอ่างเก็บน้ำจะเพียงพอตามความต้องการในอนาคต โดยปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในอนาคตจะต้องไม่วิกฤตมากไปกว่าข้อมูลปริมาณการไหลเข้าในอดีต เมื่อทราบถึงสถานะของอ่างเก็บน้ำในปัจจุบันแล้ว ผู้ปฏิบัติงาน (Operator) อาจตัดสินใจปล่อยน้ำตาม Rule Curves และตามประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานเอง

2.10.5.1 ขอบเขตปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ

อารียา (2545) [14] ได้ทำการแบ่งขอบเขตปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำไว้ดังนี้

- 1) Surcharge Storage คือ ปริมาตรอ่างเก็บน้ำที่ใช้สำหรับช่วงที่เกิดน้ำท่วม ซึ่งเกินความสามารถที่ฝายน้ำล้นฉุกเฉิน(Emergency Spillway) จะระบายได้
- 2) Flood Control Storage เป็นปริมาตรสำรองเพื่อการป้องกันน้ำท่วม ซึ่งปริมาณน้ำจะถูกเก็บกักไว้ใน โซนนี้โดยไม่ให้ไหลผ่านไปยังพื้นที่ท้ายน้ำของระบบ ถ้าอ่างเก็บน้ำใดไม่มีปริมาตรเก็บกักเพื่อการป้องกันน้ำท่วมนี้ จะถือว่าปริมาตรเก็บกักสะสมที่จุดสูงสุดของการป้องกันน้ำท่วมเท่ากับ ปริมาตรเก็บกักที่จุดสูงสุดของโซน Conservation
- 3) Conservation Storage เป็นปริมาตรอ่างเก็บน้ำที่ใช้สำหรับวัตถุประสงค์ต่างๆ ตามความมุ่งหมายในการสร้างเขื่อน
- 4) Buffer Storage เป็นส่วนหนึ่งของ Conservation Storage เมื่อระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลงถึง โซน Buffer จะบ่งชี้ให้เห็นว่าสถานะแห้งแล้งกำลังจะเกิดขึ้น จำเป็นต้องส่งน้ำในปริมาณตามที่จำเป็นเท่านั้น (Required Flow)

- 5) Inactive Storage เป็นปริมาตรอ่างเก็บน้ำที่ไม่ได้ใช้การ กล่าวคือจะไม่มีการปล่อยน้ำไปใช้จากปริมาตรอ่างเก็บน้ำส่วนนี้ แต่เป็นปริมาตรอ่างที่เผื่อไว้สำหรับตกตะกอนที่จะเกิดขึ้นในช่วงอายุใช้งานของอ่างเก็บน้ำ



รูปที่ 2.17 การแบ่งขอบเขตปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ (อารียา,2545)

2.10.5.2 คำจำกัดความของค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ

- 1) ระดับน้ำเก็บต่ำสุด (Minimum Pool Level) คือระดับน้ำต่ำสุดซึ่งสามารถเอาน้ำออกจากอ่างไปใช้งานได้ ระดับนี้จะเป็นตัวกำหนดระดับปากของทางออก(Outlet) ตัวที่อยู่ต่ำที่สุด ปริมาตรอ่างที่อยู่ต่ำกว่าระดับเก็บกักต่ำสุดนี้ เรียกว่าปริมาตรสูญเปล่า (Dead Storage)
- 2) ระดับเก็บกักปกติ (Normal Pool Level) คือระดับน้ำกักเก็บสูงสุดของอ่างเก็บน้ำในทางปฏิบัติงานตามปกติ (Normal Operation) บางครั้งเรียกว่าระดับน้ำสูงสุดปกติ (Normal High Water Level) ระดับน้ำนี้จะเป็นตัวกำหนดระดับเส้นทางระบายน้ำแบบไม่มีประตูควบคุม ปริมาตรกักเก็บที่อยู่ระหว่างน้ำเก็บกักต่ำสุดและระดับเก็บกักปกติเรียกว่า ปริมาตรใช้การ (Active Storage)
- 3) ระดับน้ำกักเก็บสูงสุด (Maximum Water Surface) คือระดับน้ำสูงสุดที่ยอมให้เกิดขึ้นในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาที่มีน้ำท่วมขนาดใหญ่เคลื่อนตัวเข้าสู่อ่าง ปริมาตรอ่างที่อยู่ระหว่างระดับน้ำสูงสุดและระดับกักเก็บปกติ เรียกว่า ปริมาตรเก็บกักน้ำส่วนเกิน(Surchage Storage) เป็นปริมาตรอ่างที่ทำหน้าที่

หน่วงเวลาคลื่นน้ำท่วมไม่ให้เคลื่อนที่ไปทางด้านท้ายน้ำอย่างรวดเร็วและมีอันตรายมากเกินไปจนก่อให้เกิดน้ำท่วมทางด้านท้ายน้ำ

- 4) ระดับน้ำควบคุมตอนบน (Upper Rule Curve) คือระดับน้ำตอนบนที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานของอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือน จำเป็นต้องรักษาน้ำในอ่างเก็บน้ำไม่ให้มีระดับน้ำสูงเกินกว่าระดับน้ำควบคุมตอนบน ทั้งนี้เพื่อสำรองปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างระดับควบคุมตอนบนกับระดับเก็บกักสูงสุดไว้สำหรับป้องกันน้ำท่วม
- 5) ระดับควบคุมตอนล่าง (Lower Rule Curve) คือระดับน้ำที่ควบคุมต่ำสุดในอ่างเก็บน้ำของแต่ละเดือนที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานไม่ให้ระดับน้ำต่ำกว่าระดับน้ำควบคุมตอนล่าง ทั้งนี้เพื่อนที่จะสำรองปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างระดับควบคุมตอนล่างกับระดับเก็บกักต่ำสุดไว้สำหรับการเพาะปลูกในช่วงฤดูแล้งที่มีการขาดแคลนน้ำ



บทที่ 3

ปัญหาด้านการจัดการและการตัดสินใจ

ในการตัดสินใจปล่อยน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมนั้น เป็นหนึ่งในปัญหาด้านการจัดการและการตัดสินใจ กล่าวคือ โรงไฟฟ้าแต่ละหน่วยต้องปล่อยน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เท่าไร จึงจะเป็นการใช้แหล่งน้ำที่มีอยู่อย่างเหมาะสมและเป็นการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ปัญหาด้านการจัดการและการตัดสินใจที่มีความสลับซับซ้อนต้องการผลของคำตอบในการตัดสินใจที่ดีที่สุด ซึ่งอาจหมายถึง การที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ผลกำไรสูงสุด หรือค่าใช้จ่ายในการดำเนินการน้อยที่สุด เป็นต้น การมองปัญหาการจัดการและการตัดสินใจอย่างหนึ่ง อาจเริ่มจากสิ่งที่ใกล้ตัว ซึ่งโดยทั่วไปสามารถจำแนกปัญหาการจัดการตัดสินใจใน ออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1) ปัญหาการตัดสินใจเชิงปฏิบัติการ (Operational decision problem) เป็นปัญหาการตัดสินใจที่ต้องการคำตอบเพื่อใช้ในการทำงาน ซึ่งอาจจะเป็นปัญหาการตัดสินใจที่ต้องการคำตอบที่มีความแม่นยำและถูกต้องอย่างมาก เช่น ปัญหาการจราจรทางอากาศ (Air traffic control) โดยที่บริษัทท่าอากาศยานมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดการรูปแบบการจราจรของเครื่องบินโดยสารให้มีความปลอดภัยและเกิดความล่าช้าระหว่างการคอยร่อนลงจอดที่สนามบินน้อยที่สุด ถ้าเกิดคำตอบที่ได้เกิดความผิดพลาด ก็ส่งผลให้เครื่องบินเกิดอุบัติเหตุเกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก

2) ปัญหาการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ (Strategic decision problem) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการวางแผนการทดสอบนโยบายในการดำเนินงานของบริษัท เช่น บริษัทผู้ให้บริการลอจิสติกส์แห่งหนึ่ง อยู่ในระหว่างการตัดสินใจที่จะเปิดให้บริการพิเศษโดยการรับประกันการส่งมอบสินค้าภายใน 24 ชั่วโมง ซึ่งมีกลุ่มบริษัทคู่แข่งเปิดให้บริการด้านนี้อยู่แล้ว บริษัทต้องการคำตอบในการตัดสินใจว่าบริษัทควรเปิดให้บริการพิเศษนี้หรือไม่ สิ่งที่ใช้กำหนดการตัดสินใจอาจหาได้จากตัวเลขการพยากรณ์ส่วนแบ่งทางการตลาดของบริษัทที่คาดว่า จะได้รับ เมื่อทราบค่าส่วนแบ่งทางการตลาดหรือความต้องการของผู้บริโภคแล้ว บริษัทอาจจะเผชิญกับปัญหาการตัดสินใจเชิงปฏิบัติการ โดยที่จะเริ่มต้นอย่างไร จะตั้งศูนย์ให้บริการพิเศษกี่แห่ง ในสถานที่ใด จึงจะครอบคลุมพื้นที่ความต้องการในการบริโภคทั้งหมด และเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการน้อยที่สุด

ปัจจุบันได้มีการนำคอมพิวเตอร์ซึ่งถือว่ามีบทบาทสำคัญเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาด้านการจัดการและการตัดสินใจ แต่การวางกลยุทธ์ในการแก้ไขปัญหายังอยู่ภายใต้ความคิดของบุคลากรที่มีความรู้และประสบการณ์เป็นสำคัญ เช่น นักวางแผนอาจจะสร้างกลยุทธ์โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ในการเลือกเส้นทางจากคนขับแท็กซี่หรือเรียกว่า ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert system) เพราะคนขับรถแท็กซี่ที่มีความรู้และประสบการณ์ที่สามารถจะบอกได้ว่า ณ เวลาใดในแต่ละวันจะต้องเลือกใช้เส้นทางใดที่ดีที่สุด ซึ่งมีการจราจรติดขัดน้อยที่สุด

3.1 เทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสม (Optimization Algorithms)

เทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสมสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ การหาคำตอบที่เหมาะสมด้วยวิธีดั้งเดิม (Conventional Optimization Algorithm) และวิธีการหาคำตอบแบบการประมาณ (Approximation Optimization Algorithm) (Nagar et al., 1995)

3.1.1 วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีดั้งเดิมหรือวิธีหาคำตอบโดยอาศัยหลักทางคณิตศาสตร์ (Mathematical)

วิธีการแก้ปัญหาโดยใช้หลักการทางคณิตศาสตร์พัฒนาขึ้นในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนทางทหาร วิธีการแก้ปัญหานี้ได้ถูกนำไปใช้แก้ปัญหาในด้านอื่น ๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาในการจัดตาราง (Scheduling problems) ปัญหาการมอบหมายงาน (Assignment problem) รวมไปถึงปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling salesman problem) ด้วย ซึ่งวิธีการที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเซลล์การผลิตนั้น

วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์นั้นจะเหมาะสมกับปัญหาขนาดเล็กเท่านั้น เนื่องจากข้อจำกัดและกฎเกณฑ์ในการหาคำตอบที่ตายตัวจนเกินไป (Enumerative search) ซึ่งเมื่อนำวิธีการเหล่านี้ไปแก้ไขปัญหามีขนาดใหญ่และซับซ้อนมากขึ้น ต้องใช้ระยะเวลาในการแก้ปัญหาที่นานมากขึ้นเป็นทวีคูณ

3.1.2 วิธีการหาคำตอบ โดยอาศัยหลักการประมาณ (Approximation algorithm)

สำหรับปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์จะเหมาะสมสำหรับแก้ปัญหาที่มีขนาดเล็ก ซึ่งเป็นเรื่องที่ยากมากในการที่จะหาคำตอบที่มีขนาดใหญ่ ขณะที่ขนาดของปัญหาเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แต่ต้องใช้เวลาในการแก้ปัญหาที่นานมากขึ้นหลายเท่าตัว ดังนั้นจึงมีวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการประมาณเกิดขึ้น เพื่อจัดการกับปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเช่นนี้โดยตรง ซึ่งวิธีการในกลุ่มนี้จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนสูงๆ ได้ (Pongcharoen et al., 2001) วิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristics) เป็นสาขาหนึ่งของการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการของการประมาณและประสบความสำเร็จอย่างมาก มีความรวดเร็วในการประมวลผลในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูงๆ อย่างเช่น ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling salesman problem) วิธีการต่างๆ ในกลุ่มของเมตาฮิวริสติก ก็เช่น แอนท์ซิสเต็ม (Ant system optimization) โดยวิธีการเหล่านี้จะได้ผลเฉลยที่ไม่ใช่ผลเฉลยที่ดีที่สุดแต่จะได้เป็นกลุ่มของคำตอบ กระบวนการทำงานจะวนซ้ำแล้วจะหยุดทำงานเมื่อถึงเงื่อนไขตามที่กำหนดไว้ การแก้ปัญหาแบบปัญญาประดิษฐ์ โดยที่ Max-Min Ant System ซึ่งเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหาที่มีความสลับซับซ้อนสูง และมีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา เหมาะกับการแก้ปัญหาทุกปัญหาแต่หลักการสำคัญคือการประยุกต์วิธีการกับปัญหาแต่ละปัญหา

ตารางที่ 3.1 การประยุกต์ MMAS วิธีการแก้ปัญหาดังๆ (Aderak, 2008)

ปัญหา	นักวิจัย	วิธีการ
Traveling Salesman Problem	Stutzle and Hoos (2000)	MMAS
Quadratic Assignment Problem	Stutzle and Hoos (2000)	MMAS
Timetabling Problem	Socha et al.(2003)	MMAS

3.2 ทฤษฎีและหลักการค้นหาอาหารของมด

3.2.1 สังคมของแมลง

แมลงที่อาศัยกันเป็นอาณานิคม เช่น มด ผึ้ง ต่อ และปลวก นั้นทุกๆตัวจะมีหน้าที่ของตนเอง ซึ่งทำให้อาณานิคมของระบบแมลงนั้นเป็นระบบ โดยแมลงแต่ละตัวจะทำกิจกรรมของตนเองได้โดยไม่ต้องมีผู้ควบคุมดูแล เช่นกิจกรรมการหาอาหารของมด เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการทำกิจกรรมในสังคมของแมลงนั้นจะเป็นการจัดระบบด้วยตนเอง (Self-Organized) หรือ SO การจัดระบบด้วยตนเอง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบภายใต้สภาพแวดล้อมทางกายภาพและทางเคมีเพื่ออธิบายการวิวัฒนาการของรูปแบบที่มีขนาดเล็กมากๆ และการทำงานร่วมกันในระดับของสิ่งที่มีขนาดเล็กนั้น สามารถอธิบายได้ด้วยสังคมของแมลงที่แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมกลุ่มซึ่งมีความซับซ้อน อาจจะพัฒนามาจากการร่วมกันของกิจกรรมส่วนตัวที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน

หลักการซึ่งกำหนดการทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยที่เป็นส่วนประกอบของระบบจะดำเนินการบนพื้นฐานของข้อมูลในระดับพื้นที่เท่านั้น โดยไม่มีการอ้างอิงถึงรูปแบบในระดับองค์รวม ซึ่งจะเป็นคุณสมบัติของระบบที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาดีกว่าเป็นคุณสมบัติที่ถูกกำหนดขึ้น โดยการกระตุ้นจากภายนอก ตัวอย่างเช่น การพัฒนาโครงสร้างในการหาอาหารของมด ซึ่งรวมถึงเครือข่ายเส้นทางฟีโรโมน (Pheromone Trail) ที่ถูกจัดวางอย่างเป็นระบบ การจัดการระบบด้วยตนเองนี้จะเกิดขึ้นจากพื้นฐานสี่ประการร่วมกันคือ

1. ผลสะท้อนกลับในทางบวก (Positive Feedback) หรือการเพิ่มขึ้น (Amplification) คือหลักการทั่วไปอันเป็นพื้นฐานพฤติกรรมที่สนับสนุนการสร้างสรรค์ ได้แก่ การสรรหาเส้นทางใหม่ และการเสริมเพิ่มขึ้น เช่น การสรรหาแหล่งอาหารเป็นผลสะท้อนในทางบวกที่ขึ้นอยู่กับกรวางเส้นทางใหม่ (Trail-Laying) และการติดตามเส้นทาง (Trail-Following) ในมดบางชนิด

2. ผลสะท้อนกลับในทางลบ (Negative Feedback) ทำให้ระบบมีความสมดุลกันกับผลสะท้อนกลับในทางบวก และช่วยรักษาเสถียรภาพของกลุ่มรูปแบบให้คงที่ เป็นการทำให้เกิดความอึดตัว การใช้งานหมด หรือการแข่งขัน ในตัวอย่างของการหาอาหารของมดนั้น ผลสะท้อนกลับในทางลบเกิดจากรจำนวนที่จำกัดของแมลงซึ่งทำหน้าที่หาอาหาร และการหมดไปของแหล่งอาหาร กลุ่มของแมลงที่อยู่ใกล้แหล่งอาหารหรือการแข่งขันระหว่างแหล่งอาหารเป็นต้น

3. การเพิ่มขึ้นของการแปรผัน (Amplification of Fluctuation) อันได้แก่ การสุ่มเดิน หรือค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เป็นต้น การสุ่มไม่ใช่แค่การสร้างโครงสร้างให้ปรากฏออกมา แต่ยังเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดการค้นพบผลลัพธ์ใหม่ ซึ่งได้จากการที่โครงสร้างก่อตัวขึ้น ตัวอย่างเช่น แมลงที่มีหน้าที่หาอาหารอาจจะหลงทางได้เนื่องจากมันเดินตามเส้นทางฟีโรโมนที่ไม่มีประสิทธิภาพ แมลงที่หลงทางนั้นอาจจะพบแหล่งอาหารใหม่ จากแมลงตัวอื่นๆ ที่อยู่ในรังเดียวกันก็จะตามมายังแหล่งอาหารที่พบใหม่นี้

4. การปฏิสัมพันธ์ที่หลากหลาย (Multiple Interactions) เกิดจากการที่แมลงแต่ละตัวสามารถสร้างโครงสร้างที่เป็นระบบด้วยตนเองได้ เช่น เส้นทางที่มีเสถียรภาพเกิดจากฟีโรโมนที่มีระยะเวลาเพียงพอก่อนที่จะระเหยหมดไป เนื่องจากการติดตามเส้นทางจะมีผลกับพฤติกรรมการวางเส้นทาง อย่างไรก็ตามการจักระบบด้วยตนเองจะต้องมีค่าต่ำสุดของแมลงที่ทำงานร่วมกันทำให้เกิดเป็นระบบได้ ยิ่งไปกว่านั้นแมลงแต่ละตัวควรจะสามารถใช้ประโยชน์จากผลลัพธ์ที่เกิดจากพฤติกรรมของตนเองได้ดีเท่ากับผลลัพธ์ที่ได้จากพฤติกรรมของแมลงตัวอื่น เช่น แมลงแต่ละตัวสามารถติดตามเส้นทางฟีโรโมนของแมลงตัวอื่นบนเครือข่ายเส้นทางซึ่งเกิดจากการจักระบบด้วยตนเองได้ ทั้งนี้ยังไม่รวมถึงสัญญาณทางเคมี หรือความทรงจำของแมลงแต่ละตัว ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่ช่วยส่งเสริมการทำงานร่วมกันของแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.2 กลวิธีในการหาอาหารของมด : การทดสอบทางเชื่อมถู่

โดยธรรมชาติมดจะพยายามหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากแหล่งอาหารกลับไปยังรังของมัน โดยจะอาศัยร่องร่องของสารเคมีที่อยู่บนพื้นหรือที่เรียกว่าฟีโรโมน (Pheromone) ซึ่งร่องรอยของฟีโรโมนที่อยู่พื้นนี้เกิดจากมดตัวอื่นๆก่อนหน้าที่มาพันทิ้งไว้ และเมื่อมดตัวหลังเดินตามมาก็จะกระทำการเพิ่มฟีโรโมนลงบนพื้นอีก ด้วยเหตุนี้เองฟีโรโมนจึงเป็นข้อมูลอันสำคัญสำหรับมดในการหาเส้นทางจากแหล่งอาหารกลับไปยังรัง

มดหลายชนิดจะมีพฤติกรรมวางเส้นทางและการติดตามเส้นทางในขณะหาอาหาร นั่นคือมดแต่ละตัวจะวางสารเคมีที่เรียกว่าฟีโรโมน (Pheromone) ในขณะที่เดินจากแหล่งอาหารมายังรังและมดที่มีหน้าที่หาอาหารตัวอื่นๆ ก็จะเดินตามเส้นทางฟีโรโมนนั้นกระบวนกรซึ่งมดถูกชักจูงไปยังแหล่งอาหารโดยมดตัวอื่น หรือโดยเส้นทางฟีโรโมน เรียกว่า การสรรหาเส้นทางใหม่ (Recruitment) และการสรรหาเส้นทางใหม่ซึ่งเกิดขึ้นจากเส้นทางฟีโรโมนเท่านั้น เรียกว่า การสรรหาเส้นทางใหม่จำนวนมาก (Mass Recruitment) ซึ่งในส่วนนี้จะกล่าวถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนพื้นฐานของการสรรหาเส้นทางใหม่จำนวนมาก

ในการทดลองทางทฤษฎีนั้นแหล่งอาหารกับรังมดซึ่งอยู่ห่างกันจะถูกเชื่อมเข้าด้วยกันด้วยทางเชื่อมที่มีระยะทางไม่เท่ากันสองทาง ได้แก่ ทางเชื่อม B-H และทางเชื่อม B-C ซึ่งในเริ่มแรกจะไม่มีฟีโรโมนอยู่บนทางเชื่อมทั้งสองนี้ นั่นคือ ความน่าจะเป็นที่มดจะเลือกทางเชื่อมทั้งสองมีโอกาสดำๆกัน รูป 3.1 a) จะเห็นว่าระยะของทางเชื่อมจะมีระยะทางที่ต่างกัน รูปที่ 3.1b) เมื่อเวลา $t=0$ ทำการปล่อยมดออกไปจากจุด A เนื่องจากเป็นเส้นทางที่ยังไม่มีมดตัวไหนเดินผ่านมาก่อนทำให้มดมีโอกาสดำๆกันที่จะเลือกที่จะเดินเส้นทาง B-C, B-H จากรูป 3.1 c) เมื่อเวลาผ่านไปที่ $t=1$ เนื่องจากเวลามดเดินผ่านเส้นทางใดๆก็จะมีวางฟีโรโมนเอาไว้บนเส้นทาง

วิธีการ MMAS ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกในปี คศ. 1997 โดย Stutzle กับ Hoos โดยที่ MMAS สามารถหาคำตอบได้ด้วยการเคลื่อนที่ไปบนกราฟที่จำลองขึ้นจากปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งจนกว่าจะครบทุกตำแหน่ง ระหว่างรอบการคำนวณ (Iteration) มดแต่ละตัวซึ่งแทนด้วย K โดนที่ $K = (1, \dots, m)$ จะสร้างเส้นทางในการเกิดทางให้ครบทุกตำแหน่งด้วยการคำนวณเป็นจำนวนครั้ง n เท่ากับจำนวนตำแหน่งทั้งหมด โดยอาศัยค่าความน่าจะเป็นซึ่งคำนวณจากกฎการส่งผ่าน แต่ละรอบการคำนวณจะถูกแทนด้วย t โดยที่ $1 \leq t \leq t_{\max}$ เมื่อ t_{\max} คือจำนวนรอบการคำนวณสูงสุดซึ่งสามารถกำหนดได้เอง

โครงสร้างของวิธีการระบบมด (Max-Min Ant System) สามารถแยกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรก เป็นกระบวนการกำหนดเส้นทางการเดินทางของมด (Tour construction) และส่วนที่สอง เป็นกระบวนการอัปเดตฟีโรโมน (Pheromone update) (Stutzle and Dorigo, 1999) โดยเริ่มแรกจะกำหนดให้ค่าฟีโรโมนเริ่มต้น (Initial pheromone) หรือ τ_0 ให้เป็นค่าน้อยๆที่มากกว่าศูนย์ หรือมีค่าเท่ากับหนึ่ง เหตุผลก็เพื่อให้มดในรุ่นแรกๆสามารถหาคำตอบที่ดีได้อย่างรวดเร็ว (Dorigo and Stutzle, 2004)

3.3.1 การกำหนดเส้นทางเดินของมด (Tour Construction)

ในระบบมดเทียมหรือเรียกย่อๆว่า MMAS นั้น มดเทียม m จะสร้างคำตอบโดยเริ่มแรก จะทำการสุ่มเลือกเมืองหรือโนด (City or node) เริ่มต้นขึ้นมาก่อน ซึ่งการเลือกเมืองที่จะเดินต่อไปแต่ละครั้งจะใช้กฎความเป็นไปได้ (Probability) ที่จะเลือกเมืองถัดไปที่เรียกว่า กฎการสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็น (Random proportional rule) ความเป็นไปได้ที่มดตัวที่ k ขณะที่อยู่เมือง i จะเลือกเมืองถัดไปที่ j ดังสมการที่ 3.1 (Stutzle and Dorigo, 1999; Dorigo, and Stutzle, 2004)

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{n \in N_i^k} [\tau_{in}]^\alpha [\eta_{in}]^\beta}, \text{ if } j \in N_i^k \quad (3.1)$$

เมื่อ $\eta_{ij} = 1/d_{ij}$ เป็นค่าของข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล d_{ij} คือระยะทางระหว่างเมืองหรือโนด ส่วนค่า α และ β เป็นค่าที่ใช้สำหรับถ่วงน้ำหนัก (Weight) ให้กับพารามิเตอร์ปริมาณฟีโรโมน (Pheromone: τ) และค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic information: η) ตามลำดับและ N_i^k คือจำนวนเมืองหรือโนด ทั้งหมดที่อยู่รอบๆเมืองหรือโนด i และมด k สามารถที่จะเลือกเดินไปได้

โดยทั่วไปแล้วกฎการสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกเมืองถัดไปนั้นจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณฟีโรโมน (α) และค่าถ่วงน้ำหนักของการสุ่มเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างมีเหตุผล (β) ถ้าค่า $\alpha = 0$ แล้วเมืองที่มีความเป็นไปได้ที่อยู่ใกล้ที่สุดจะมีโอกาสในการถูกเลือกมากกว่า แต่ถ้า $\alpha > 1$ จะทำให้ได้ผลเฉลยหรือคำตอบแบบต่างๆไป ซึ่งไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด ในขณะที่ถ้าค่า $\beta = 0$ แล้วมดก็จะใช้ค่าของร่องรอยฟีโรโมน (τ_{ij}) เท่านั้นที่นำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางก็จะทำให้ได้คำตอบที่ไม่ดีเท่าที่ควร (Dorigo and Stutzle, 2004; Dorigo et al., 1999)

3.3.2 การเพิ่มร่องรอยของฟีโรโมน (Update of pheromone trails)

หลังจากที่มดทุกตัวได้เดินทางครบทุกเมืองก็จะสามารถที่จะหาค่าระยะทางทั้งหมดของมดแต่ละตัวได้แล้ว ซึ่งใน MMAS นั้นจะกำหนดให้มีการเพิ่มปริมาณฟีโรโมน (Update pheromone) ค่าของพจน์ที่เพิ่มขึ้นมาจะมีค่าเป็น หนึ่งในส่วนระยะทางก็ต่อเมื่อเป็นรอบที่ดีที่สุดของรอบการคำนวณนั้น ส่วนที่ไม่ใช่เส้นทางที่ดีที่สุดรอบ พจน์นั้นจะมีค่าเป็นศูนย์

$$\tau_{ij} = (1 - \rho)\tau_{ij} + \tau_{ij}^{bs} \quad (3.2)$$

เมื่ออัตราการระเหยของฟีโรโมน (ρ) มีค่าระหว่าง $0 < \rho \leq 1$ ซึ่งอัตราการระเหยของฟีโรโมนนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงการสะสมของปริมาณฟีโรโมนบนเส้นทางที่มากเกินไปเพราะจะทำให้มดนั้นไม่เกิดการหาเส้นทางใหม่ๆที่อาจจะเป็นคำตอบหรือผลเฉลยที่ดีกว่าได้ ใน MMAS เมื่อมีการระเหยของฟีโรโมนแล้วก็ต้องมีการเพิ่มปริมาณฟีโรโมน (Update pheromone) บนเส้นทางของมดแต่ละตัวที่ได้เดินมา ดังสมการที่ 3.3 (Dorigo and Stutzle, 2004) โดยที่เส้นทางที่ดีที่สุด τ_{ij}^{bs} จะมีพจน์เพิ่มลงไปในการปรับปรุงเส้นทางฟีโรโมน (Update pheromone trail) ดังนี้

$$\tau_{ij}^{bs} = \frac{1}{C^{bs}} \quad (3.3)$$

ประการที่สอง คือการกำหนดช่วงของฟีโรโมนให้อยู่ในช่วงที่สมการกำหนด เพื่อที่เราจะได้จำกัดขอบเขตของเส้นทางที่ดีที่สุดเพียงหนึ่งช่วงเท่านั้น ทำให้หาเส้นทางที่ดีที่สุดได้อย่างรวดเร็ว ดังจะแสดงสมการ (3.4) ดังต่อไปนี้

$$\tau_{\max} = \frac{1}{\rho C^{bs}} \quad (3.4)$$

เมื่อได้ค่าเส้นทางที่ปริมาณฟีโรโมนมากที่สุดแล้วเราก็สามารถนำค่าปริมาณฟีโรโมนมากที่สุดมาคำนวณหาค่าเส้นทางที่ปริมาณฟีโรโมนน้อยที่สุดในช่วงที่เราสนใจศึกษาได้สมการ (3.5) ดังต่อไปนี้

$$\tau_{\min} = \frac{\tau_{\max}}{2n} \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ค่า n เป็นจำนวนของโนดทั้งหมด

ประการที่สาม คือ ค่าฟีโรโมนเริ่มต้นจะมีค่าตัวแปรการระเหยของปริมาณฟีโรโมนไว้ในตอนแรกเลย ดังสมการ (3.6) ดังต่อไปนี้

$$\tau_0 = \frac{1}{\rho C^{mn}} \quad (3.6)$$

สุดท้าย ถ้าปริมาณฟีโรโมนเริ่มต้น โดยเริ่มแรกจะกำหนดให้ค่าฟีโรโมนเริ่มต้น (Initial pheromone) หรือ τ_0 ให้เป็นค่าน้อยๆที่มากกว่าศูนย์ หรือมีค่าเท่ากับหนึ่ง เหตุผลก็เพื่อให้หมัดในรุ่นแรกๆสามารถหาค่าตอบที่ดีได้อย่างรวดเร็ว (Dorigo and Stutzle, 2004)

3.3.3 การเลือกตำแหน่งถัดไป (Next node selection rules)

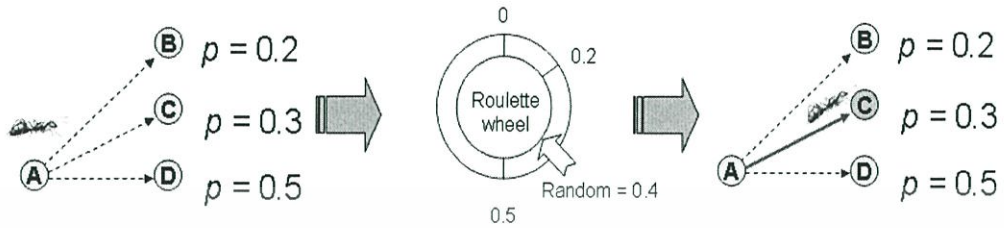
กฎการเลือกตำแหน่งถัดไปได้ถูกศึกษาและทดลองนำมาประยุกต์ใช้เพื่อศึกษา คือ การใช้วงล้อเสี่ยงทาย จะใช้ในกรณีที่เป็นกระบวนการทำงานจริง และ ความน่าจะเป็นมากที่จะหาปริมาณฟีโรโมนเริ่มต้น

กฎการคัดสรรโดยใช้วงล้อเสี่ยงทาย (Roulette wheel selection rule)

มีแนวคิดมาจากการคัดสรรพันธุกรรมที่เหมาะสม โดยเป็นไปตามทฤษฎีในการอยู่รอดของ ชาร์ล ดาร์วิน ซึ่งได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับวิธีการทางพันธุกรรม (Genetic algorithm) เพื่อใช้ในการคัดเลือกประชากรรุ่นต่อไป และได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับวิธีการระบบมด (Ant system algorithm) เพื่อใช้ในการคัดเลือกโนดถัดไปของมดด้วยเช่นกัน

ความแตกต่างระหว่างวงล้อเสี่ยงทายที่ใช้กับวิธีการทางพันธุกรรม และวิธีการระบบมดมีดังนี้ ประการแรกวิธีการทางพันธุกรรมจะใช้วงล้อเสี่ยงทายเลือกประชากรรุ่นต่อไปที่เป็นผลเฉลยแล้ว แต่วิธีการระบบมดจะใช้ในการเลือกเมืองถัดไปเท่านั้น ซึ่งยังไม่ใช้ผลเฉลย ประการที่สองวิธีการทางพันธุกรรมจะใช้วงล้อเสี่ยงทายเลือกประชากรรุ่นต่อไปโดยจะหมุนหลายครั้ง แต่วิธีการระบบมดจะหมุนวงล้อเสี่ยงทายในการเลือกเมืองถัดไปเพียงครั้งเดียว ขั้นตอนการทำงานของวงล้อเสี่ยงทายที่ประยุกต์ใช้กับระบบมดนั้น จะเริ่มจากการหาค่าความเป็นไปได้ของทุกเส้นทาง ที่มี k จะเลือกเส้นทางจากเมือง i ไปยังเมือง j หลังจากนั้นก็นำค่าความเป็นไปได้ทั้งหมดของเส้นทางมาหาค่าขนาดความกว้างของวงล้อเสี่ยงทาย โดยจะกำหนดให้จำนวนของวงล้อเสี่ยงทายมีจำนวนเท่ากับจำนวนความเป็นไปได้ของเส้นทางที่มีโอกาสจะถูกมดเลือก ขณะที่มดอยู่ที่จุด A และมีเส้นทางที่เป็นไปได้ดังนี้คือ A - B , A - C และ A - D ซึ่งแต่ละเส้นทางก็มีค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากสมการที่ (3.1) เป็น 0.2 , 0.3 และ 0.5 ตามลำดับ จากนั้นก็จะนำค่าความน่าจะเป็นที่ได้มาแบ่งลงช่องในวงล้อเสี่ยงทายโดยที่ค่าความน่าจะเป็นที่มีค่ามากจะมีความกว้าง

ของวงล้อเสี่ยงทายที่มากกว่าตามลำดับ จากนั้นให้โปรแกรมสุ่มค่าขึ้นมา 1 ค่า ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 สมมุติว่าได้ค่าเป็น 0.4 ก็หมายความว่า วงล้อเสี่ยงทายหมุนไปตกที่ช่องระหว่าง 0.2 - 0.5 ซึ่ง

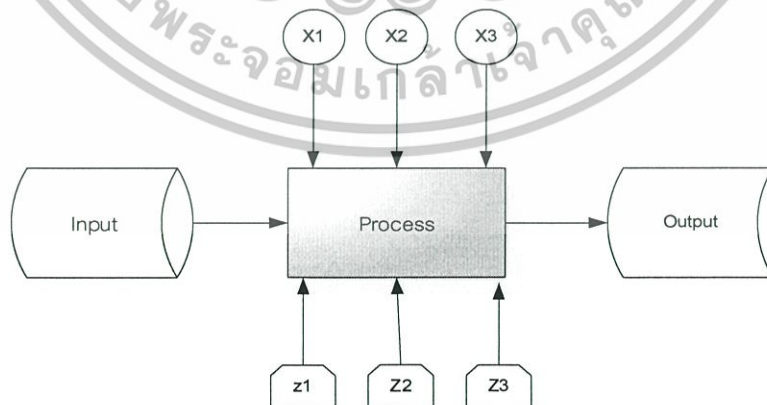


มจะเลือกเส้นทางที่มีค่าความน่าจะเป็นที่ 0.3 หรือก็คือมดเลือกเส้นทาง A – C นั่นเอง

รูปที่ 3.2 รูปแสดงการทำงานของวงล้อเสี่ยงทาย

3.4 การออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

รูปแบบการทดลองในปัจจุบันมักจะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัยซึ่งมีผลกระทบต่อระบบ ซึ่งเป้าหมายของผู้ทดลองก็เพื่อจะหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการหาค่าตอบที่ได้ของระบบ ถ้าต้องการให้การทดลองมีประสิทธิภาพสูงสุด ควรต้องนำเอาหลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยวางแผนการทดลองโดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ (Statistical design of experiment) ซึ่งจะทดลองโดยใช้การวางแผนการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมและสามารถนำไปทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติ ซึ่งจะทำให้สามารถสรุปผลได้อย่างถูกต้องและตรงตามวัตถุประสงค์ (ปารเมศ สุติมา, 2545 ; Montgomery, 1997)



รูปที่ 3.3 แบบจำลองสำหรับระบบหรือกระบวนการ (Montgomery, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 การออกแบบการทดลอง (Experiment)

การทดลองหมายถึง การทดสอบ โดยมีการปรับเปลี่ยนตัวแปรที่นำเข้าสู่ระบบ ทำให้สามารถสังเกตและระบุถึงเหตุผลของผลตอบสนองที่เปลี่ยนแปลงไป (ปารเมศ ชูติมา, 2545; Montgomery, 1997) ซึ่งการทดลองมีประสิทธิภาพจะต้องเป็นการทดลองที่มีการออกแบบหรือวางแผนการทดลองไว้ล่วงหน้าอย่างเป็นขั้นตอนและถูกต้องตามแบบแผน

การออกแบบการทดลองหรือการวางแผนการทดลอง (Experimental design) คือ วิธีการหรือกระบวนการวางแผนการทดลองล่วงหน้าเกี่ยวกับการทดลองเพื่อให้ข้อมูลที่รวบรวมได้ตรงกับความต้องการที่จะทดสอบ โดยจะนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติที่ให้ผลลัพธ์ตรงกับจุดประสงค์เป้าหมายของการทดลอง การออกแบบการทดลองหรือการวางแผนการทดลองควรจะมีรูปแบบที่ง่ายต่อการทำการทดลองและมีประสิทธิภาพของการทดลองที่ดีด้วย และใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าเช่น เวลาการทดลอง เงินทุนสำหรับการทดลอง (ปารเมศ ชูติมา, 2545; Montgomery, 1997)

กลยุทธ์การออกแบบทดลองปัจจุบันมีอยู่หลายแบบที่นิยมใช้ เช่น การออกแบบการทดลองแบบหนึ่งปัจจัยต่อครั้ง (One factor at a time) และการทดลองเชิงแฟกทอเรียล (Factorial designs) (Montgomery, 1997)

การออกแบบการทดลองแบบหนึ่งปัจจัยต่อครั้ง เริ่มจากทำการเลือกทำการทดลองจากปัจจัยที่ถูกเลือกขึ้นมา และกำหนดให้ปัจจัยอื่นในคงที่ แล้วจะทำการละปัจจัยตามรูปแบบที่กำหนดจนได้ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อระบบหรือการทดลอง แต่เนื่องจากบางกรณีอาจพบว่าผลตอบสนองของการทดลองที่ได้ของปัจจัยหนึ่งอาจขึ้นกับระดับของปัจจัยอื่นๆ หรือที่เป็นปัจจัยร่วมกัน จึงเรียกกรณีเรียกว่า ความมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างปัจจัย แต่มีข้อเสียสำคัญของกลยุทธ์แบบหนึ่งปัจจัยต่อครั้ง คือ ไม่สามารถพิจารณาความมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยได้ ฉะนั้นการทดลองใดที่ต้องพิจารณาความมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสมควรนำวิธีการทดลองแบบหนึ่งปัจจัยต่อครั้ง (ปารเมศ ชูติมา, 2545; Montgomery, 1997)

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล คือ การออกแบบทดลองที่มีรูปแบบการทดลองที่สมบูรณ์ โดยที่แต่ละการทดลองหรือแต่ละการทำซ้ำ (Replication) เพื่อลดอัตราความแปรปรวนและจะพิจารณาผลที่เกิดจากการรวมกัน (Combination) โดยการกำหนดระดับของปัจจัยทั้งหมด ซึ่งจะมีรูปแบบ 2 ปัจจัยและ 3 ปัจจัย เช่น กรณีที่มีปัจจัย X ประกอบด้วย x ระดับ และปัจจัย Y ประกอบด้วย y ระดับ ดังนั้นใน 1 รอบการทำซ้ำของการทดลอง ผลกระทบของปัจจัยสามารถอธิบายได้ในลักษณะของผลกระทบหลัก (Main effect) หรืออธิบายในลักษณะความมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ต่อกันระหว่างปัจจัย โดยผลกระทบหลัก หมายถึง ผลกระทบของปัจจัยที่ศึกษา ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับผลตอบสนองเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับของปัจจัยนั้นๆ ส่วนความมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย หมายถึง ผลตอบสนองที่ได้ในแต่ละระดับของปัจจัยหนึ่งจะไม่เท่ากันเมื่อเปรียบเทียบจากระดับหนึ่ง ไปอีกระดับหนึ่งของอีกปัจจัยนั้นคือ การทดลองบางครั้งพบว่าผลตอบสนองที่ได้รับของปัจจัยหนึ่งสามารถจะขึ้นกับระดับของปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง (ปารเมศ ชุติมา, 2545 ; Montgomery, 1997)

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเป็นการออกแบบการทดลองที่ได้รับความนิยมสำหรับงานวิจัยทุกๆด้าน ผู้ทดลองนิยมใช้การออกแบบการทดลองลักษณะนี้ เนื่องจากลดเวลาในการทดลองสามารถศึกษาความมีปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยได้ การทดลองส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับการศึกษาผลกระทบของปัจจัย 2 ปัจจัยขึ้นไป ซึ่งในบางครั้งนอกจากต้องการจะศึกษาผลกระทบหลักของแต่ละปัจจัยแล้วอาจต้องการที่จะศึกษาความมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่สัมพันธ์กันด้วย ซึ่งการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมาก สำหรับการทดลองรูปแบบนี้ (ปารเมศ ชุติมา, 2545; Montgomery, 1997) เนื่องจากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลมีลักษณะที่หลากหลายรูปแบบ เช่น ในการทดลองมี 2 ปัจจัยแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ เรียกว่าการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลขนาด 2×2 หรือ 2^2 ซึ่งมีการทดลองจำนวน 4 ครั้ง

3.4.1.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k (2^k Factorial designs)

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลที่มีความสำคัญมาก คือ แบบ 2^k (2^k factorial design) (ปารเมศ ชุติมา, 2545 ; Montgomery, 1997) เมื่อ k คือ จำนวนปัจจัย และ 2 หมายถึง จำนวนระดับของปัจจัย ซึ่งจะแทนระดับสูงหรือต่ำของปัจจัยหนึ่งๆ การทดลอง 1 ครั้ง ที่สมบูรณ์(Full Factorial) จะประกอบด้วยข้อมูล $2 \times 2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ ข้อมูล การออกแบบรูปแบบนี้จะส่งผลให้เกิดการทดลองจำนวนน้อยที่สุดที่สามารถจะทำได้เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของปัจจัยทั้ง k ชนิดได้อย่างสมบูรณ์ โดยมีประโยชน์มากต่อการทดลองในช่วงเริ่มต้น เมื่อมีปัจจัยเป็นจำนวนมากที่ต้องพิจารณาในการคัดเลือกปัจจัย (ปารเมศ ชุติมา, 2545 ; Montgomery, 1997)

3.4.1.2 การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียลแบบสองระดับ (Two-level fractional factorial designs)

การออกแบบการทดลองเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียล ได้ถูกนำมาใช้มากในการกรองเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพล คือ การทดลองบางครั้งพบว่าปัจจัยเป็นจำนวนมากที่อยู่ในความสนใจ การทดลองจะใช้การออกแบบรูปแบบนี้เพื่อสืบค้นว่ามีปัจจัยใดที่ผลต่อระบบ เนื่องจากหากใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k ทำให้จำนวนการทดลอง 1 ครั้งมีจำนวนมาก ซึ่ง $\frac{1}{2}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของการออกแบบ 2^k จะประกอบด้วย การทดลองทั้งสิ้น 2^{k-1} ทำให้ลดจำนวนครั้งในการทดลองลง ได้จำนวนมาก สามารถเรียกการออกแบบนี้ว่า การออกแบบเศษส่วนแบบ 2^{k-1} (The one-half fraction of the 2^k design) (ปารเมศ ชูติมา, 2545 ; Montgomery, 1997)

3.4.1.3 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial designs)

การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล กรณีที่มีปัจจัยที่ต้องพิจารณา k ปัจจัย และแต่ละปัจจัยมี 3 ระดับ นั่นคือปัจจัยระดับสูง (High) ระดับกลาง (Intermediate) และระดับต่ำ (Low) ของปัจจัยหนึ่ง การทดลอง 1 ครั้งสำหรับการออกแบบรูปแบบนี้จะประกอบด้วยข้อมูล $3 \times 3 \times 3 \times \dots \times 3 = 3^k$ ข้อมูล สามารถเรียกว่า การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล แบบ 3^k (3^k Factorial design) การทดลองร่วมกับปัจจัยในการออกแบบ 3^k แทนด้วยตัวเลขจำนวน k ตัว โดยที่ ตัวเลขตัวแรกจะแทนระดับของปัจจัย X ตัวเลขตัวที่สองแทนระดับของปัจจัย Y , ..., และตัวเลขที่ k แทนระดับของปัจจัย k การออกแบบการทดลองรูปแบบนี้จะเหมาะสมกับผู้ทดลองที่สนใจกับ ผลตอบสนองที่มีลักษณะเป็นส่วน โคง เมื่อการดำเนินการทดลองตามกระบวนการที่วางแผนไว้ และรวบรวมข้อมูลได้ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการแล้ว กระบวนการที่ต้องทำขั้นตอนต่อไป คือ การนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ ซึ่งจะได้อธิบายในหัวข้อถัดไป (ปารเมศ ชูติมา, 2545; Montgomery, 1997)

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การทดลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการทดลองและทดสอบสมมติฐานเกี่ยวกับผลกระทบ ที่อันเกิดจากแต่ละระดับของปัจจัยหรือความเท่ากันของค่าเฉลี่ยแต่ละระดับของปัจจัยที่กำลัง ศึกษา วิธีที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบสมมติฐานดังกล่าว คือ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) (ปารเมศ ชูติมา, 2545; Montgomery, 1997) ซึ่งมีขั้นตอน รายละเอียดดังนี้

3.4.2.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA)

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นสถิติวิเคราะห์ที่มีประโยชน์และได้รับการนำมาใช้มาก ตัวหนึ่งมีผลคือ เมื่อมีการพิจารณาผลกระทบของปัจจัยหลายๆ ปัจจัยที่มีต่อผลตอบสนองที่ได้ นอกจากจะสามารถวิเคราะห์ผลกระทบหลัก (Main effect) ของปัจจัยและยังสามารถพิจารณา ความมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างปัจจัยได้ด้วย รูปแบบทั่วไปในกรณีมีปัจจัยที่จะ ทำการศึกษา 2 ปัจจัย โดยที่ปัจจัยที่หนึ่ง เรียกว่าปัจจัย X และปัจจัยที่สอง เรียกว่า ปัจจัย Y ถ้า กำหนดให้ $x =$ จำนวนระดับของปัจจัย X และ $y =$ จำนวนระดับปัจจัย Y ซึ่งสามารถจัดให้อยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล การทดลอง 1 ครั้งจะประกอบด้วย x y การทดลอง และ n = จำนวนของการทำซ้ำ

งานวิจัยนี้ได้รับการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 3 ระดับแบบสมบูรณ์ จะใช้สำหรับการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบกับระบบหรือการทดลอง ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของโปรแกรม MMAS ของปัญหาเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบของ MMAS ซึ่งปัญหาของงานวิจัยนี้ใช้การวิเคราะห์การแปรปรวน (ANOVA) ซึ่งการออกแบบการทดลองและการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้ จะแสดงต่อไปในบทที่ 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

แนวความคิดการการจัดการน้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

บทนี้เป็นการนำเสนอขั้นตอนแนวความคิดในการศึกษาและประยุกต์ใช้ Max-Min Ant System (MMAS) มาช่วยเรื่องการจัดการน้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.1 แสดงรูปแบบแนวความคิดการนำ MMAS มาจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1 รวบรวมข้อมูลการใช้น้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตกระแสไฟฟ้ามีดังต่อไปนี้

4.1.1 ระดับน้ำหน้าอ่าง

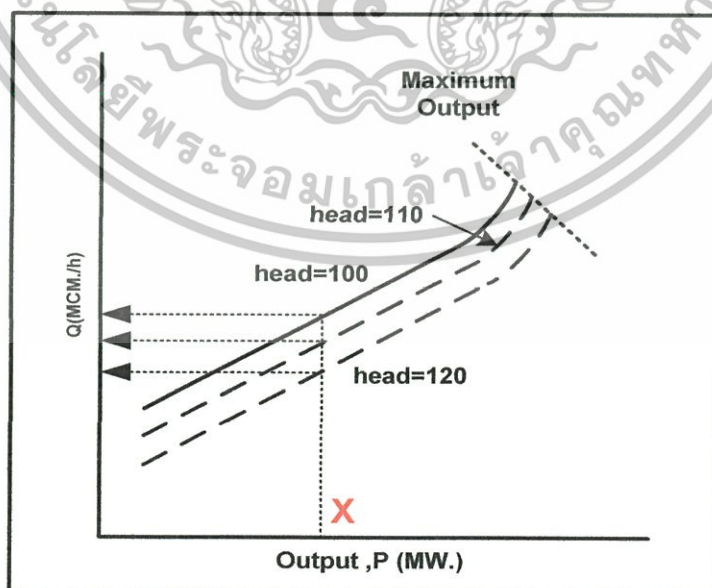
ระดับน้ำหน้าอ่างเก็บน้ำมีความสำคัญอย่างมากในการเลือกเดินเครื่องผลิตไฟฟ้า เนื่องจากระดับน้ำหน้าอ่างเป็นตัวกำหนดเฮดน้ำให้กับเครื่องผลิตไฟฟ้า งานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลระดับปริมาณน้ำหน้าอ่างของเขื่อนที่ทำการทดสอบในช่วงเดือน สิงหาคม 2551

4.1.2 ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำ

ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำทำให้ทราบถึงข้อมูลที่ชี้วัดแนวโน้มของปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามาที่อ่างเก็บน้ำ ถ้าปริมาณน้ำไหลเข้ามาที่อ่างเก็บน้ำมากก็จะเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายต่อตัวอ่างเก็บน้ำ ดังสมการที่ (2.2) ซึ่งจะมีการบริหารจัดการเป็นไปตามเส้น Rule Curves

4.1.3 สัดส่วนอัตราการใช้น้ำกับการผลิตกระแสไฟฟ้า

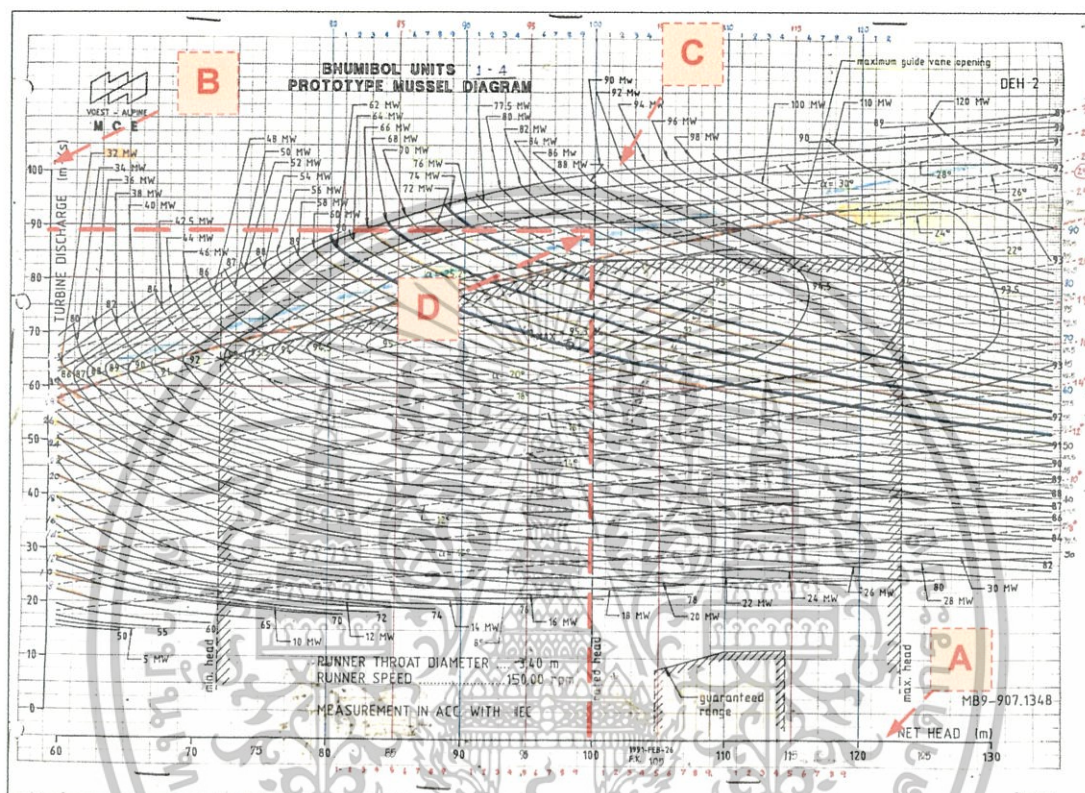
ปริมาณน้ำที่ใช้เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจะมีรูปแบบที่ไม่ตายตัวเหมือนกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน ซึ่งรูปแบบของโรงไฟฟ้าพลังน้ำจะขึ้นอยู่กับระดับปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ณ.เวลาใดๆ กล่าวคือ การผลิตไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับระดับปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำ ถ้าระดับปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมีมาก ค่าเฮดน้ำก็จะมีค่ามาก ส่งผลให้การผลิตไฟฟ้ามีสัดส่วนอัตราการใช้น้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้าน้อยลง ภายใต้ความต้องการไฟฟ้าที่เท่ากัน



รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างสัดส่วนการใช้ปริมาณน้ำกับปริมาณไฟฟ้า ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นว่าเฮดของน้ำมีผลต่อสัดส่วนปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อปริมาณน้ำที่ใช้เช่น ถ้าต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ จุด X ในรูปที่ 4.4 ที่เฮดน้ำ 120 m. จะมีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตไฟฟ้าน้อยกว่าเฮดน้ำที่ 110m. และ 100m.



รูปที่ 4.3 Prototype Mussel Diagram ของโรงไฟฟ้าเขื่อนภูมิพล เครื่องที่ 1-4

รูปที่ 4.3 แสดง Prototype Mussel Diagram โรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนภูมิพล จ.ตาก ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย รูปที่ 4.3(A) คือ ระดับเฮดน้ำ รูปที่ 4.3(B) คือปริมาณน้ำที่ใช้ไปในการผลิตไฟฟ้า รูปที่ 4.3(C) เส้นโค้งกำลังไฟฟ้าที่ต้องการทำการผลิต ยกตัวอย่างรูปที่ 4.3(D) พิจารณาจากระดับเฮดน้ำ(A) ที่ 100 m. ต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 82 MW./H. จะมีปริมาณการใช้ น้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้า 0.3168 MCM/H. ถ้าต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 84 MW./H. จะมีปริมาณการใช้ น้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้า 0.3348 MCM./H.

ตาราง 4.1 แสดงตัวอย่างส่วนหนึ่งของตารางสัดส่วนการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อปริมาณการใช้น้ำของโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ (ที่มาการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย)

Power (MW.)	HEAD (m.)									
	62.00	62.10	62.20	62.30	62.40	62.50	62.60	62.70	62.80	62.90
	ปริมาณการใช้น้ำ (MCM/H.)									
10.00	0.08460	0.08450	0.08430	0.08410	0.08400	0.08380	0.08370	0.08350	0.08340	0.08320
10.10	0.08539	0.08529	0.08509	0.08489	0.08478	0.08459	0.08448	0.08428	0.08418	0.08398
10.20	0.08618	0.08608	0.08588	0.08568	0.08556	0.08538	0.08526	0.08506	0.08496	0.08476
10.30	0.08697	0.08687	0.08667	0.08647	0.08634	0.08617	0.08604	0.08584	0.08574	0.08554
10.40	0.08776	0.08766	0.08746	0.08726	0.08712	0.08696	0.08682	0.08662	0.08652	0.08632
10.50	0.08855	0.08845	0.08825	0.08805	0.08790	0.08775	0.08760	0.08740	0.08730	0.08710
10.60	0.08934	0.08924	0.08904	0.08884	0.08868	0.08854	0.08838	0.08818	0.08808	0.08788
10.70	0.09013	0.09003	0.08983	0.08963	0.08946	0.08933	0.08916	0.08896	0.08886	0.08866
10.80	0.09092	0.09082	0.09062	0.09042	0.09024	0.09012	0.08994	0.08974	0.08964	0.08944
10.90	0.09171	0.09161	0.09141	0.09121	0.09102	0.09091	0.09072	0.09052	0.09042	0.09022
11.00	0.09250	0.09240	0.09220	0.09200	0.09180	0.09170	0.09150	0.09130	0.09120	0.09100
11.10	0.09328	0.09318	0.09298	0.09278	0.09258	0.09247	0.09228	0.09208	0.09197	0.09177
11.20	0.09406	0.09396	0.09376	0.09356	0.09336	0.09324	0.09306	0.09286	0.09274	0.09254
11.30	0.09484	0.09474	0.09454	0.09434	0.09414	0.09401	0.09384	0.09364	0.09351	0.09331
11.40	0.09562	0.09552	0.09532	0.09512	0.09492	0.09478	0.09462	0.09442	0.09428	0.09408
11.50	0.09640	0.09630	0.09610	0.09590	0.09570	0.09555	0.09540	0.09520	0.09505	0.09485
11.60	0.09718	0.09708	0.09688	0.09668	0.09648	0.09632	0.09618	0.09598	0.09582	0.09562
11.70	0.09796	0.09786	0.09766	0.09746	0.09726	0.09709	0.09696	0.09676	0.09659	0.09639
11.80	0.09874	0.09864	0.09844	0.09824	0.09804	0.09786	0.09774	0.09754	0.09736	0.09716
11.90	0.09952	0.09942	0.09922	0.09902	0.09882	0.09863	0.09852	0.09832	0.09813	0.09793
12.00	0.10030	0.10020	0.10000	0.09980	0.09960	0.09940	0.09930	0.09910	0.09890	0.09870
12.10	0.10107	0.10096	0.10076	0.10056	0.10037	0.10017	0.10006	0.09986	0.09966	0.09946
12.20	0.10184	0.10172	0.10152	0.10132	0.10114	0.10094	0.10082	0.10062	0.10042	0.10022
12.30	0.10261	0.10248	0.10228	0.10208	0.10191	0.10171	0.10158	0.10138	0.10118	0.10098
12.40	0.10338	0.10324	0.10304	0.10284	0.10268	0.10248	0.10234	0.10214	0.10194	0.10174
12.50	0.10415	0.10400	0.10380	0.10360	0.10345	0.10325	0.10310	0.10290	0.10270	0.10250



100.00	0.64030	0.63890	0.63760	0.63620	0.63490	0.63360	0.63220	0.63090	0.62960	0.62830
--------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตาราง 4.1 ค่าแกนนอนบอกค่าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำ แกนตั้งเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ต้องการผลิต ยกตัวอย่างเช่น ที่ระดับน้ำ 62.00 m. ถ้าต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 10 MW. จะมีการใช้ปริมาณน้ำทั้งสิ้น 0.08460 MCM/H และหากต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 12 MW. จะมีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้า 0.10030 MCM/H จะเห็นได้ว่าเมื่อต้องการผลิตกระแสไฟฟ้า จำนวนใดๆ ที่ระดับน้ำมีค่ามากจะมีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตไฟฟ้าน้อยกว่าที่ระดับน้ำมีค่าน้อย งานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลปริมาณไฟฟ้าที่ทำการผลิตกับสัดส่วนปริมาณน้ำที่ใช้ไปในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณที่ระดับน้ำ 47.10 ถึง 80.00 m. และปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ตั้งแต่ 10.0 MW. ถึง 100.0 MW. มาจัดทำเป็นตารางฐานข้อมูลในโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft office Excel 2007 เพื่อสำหรับใช้เป็นฐานข้อมูลกับโปรแกรม MMAS ที่พัฒนาขึ้นในขั้นตอนต่อไป

4.1.4 การรายงานสถานการณ์การผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

จากการศึกษาพบว่าโรงไฟฟ้าพลังน้ำจะมีการรายงานการผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นรายชั่วโมง ในรูปแบบการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อปริมาณการใช้น้ำรายชั่วโมงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงรูปแบบการรายงานการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ

Time	Fore bay	Tail race	Storage (MCM)	Inflow (MCM)	Release (MCM)				Spillway Release (MCM)	Energy (MWh)				Water Rate CM./kWh.
					Unit 1	Unit 2	Unit 3	Total		Unit 1	Unit 2	Unit 3	Total	
01:00	149.45	82.27	6,850.9493	0.4318	0.0756	0.1288	0.1963	0.4007	0.0000	9.8	17.4	27.9	55.1	7.2722
02:00	149.45	81.31	6,850.9493	0.0311	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
03:00	149.45	80.74	6,850.9493	0.0311	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
04:00	149.45	80.65	6,850.9493	0.0311	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
05:00	149.46	80.55	6,854.3007	3.3825	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
06:00	149.46	80.45	6,854.3007	0.0311	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
07:00	149.46	80.42	6,854.3007	0.0311	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
08:00	149.47	80.38	6,857.6530	3.3835	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000
09:00	149.48	84.12	6,861.0063	4.4243	0.1772	0.3936	0.4690	1.0398	0.0000	24.0	63.4	78.1	165.5	6.2828
10:00	149.48	84.55	6,861.0063	1.4804	0.4803	0.4859	0.4831	1.4493	0.0000	79.5	80.5	80.0	240.0	6.0388
11:00	149.48	84.67	6,861.0063	1.4733	0.4868	0.4715	0.4839	1.4422	0.0000	80.5	77.9	80.0	238.4	6.0495
12:00	149.48	84.73	6,861.0063	1.4954	0.4900	0.4900	0.4843	1.4643	0.0000	81.0	81.0	80.0	242.0	6.0508
13:00	149.48	84.32	6,861.0063	1.1003	0.4843	0.1006	0.4843	1.0692	0.0000	80.5	12.8	80.5	173.8	6.1519
14:00	149.49	84.70	6,864.3606	4.8421	0.4813	0.4857	0.4897	1.4567	0.0000	79.5	80.3	81.0	240.8	6.0494
15:00	149.49	84.74	6,864.3606	1.4933	0.4900	0.4878	0.4843	1.4621	0.0000	81.0	80.6	80.0	241.6	6.0517
16:00	149.49	84.75	6,864.3606	1.4940	0.4861	0.4878	0.4889	1.4628	0.0000	80.3	80.6	80.8	241.7	6.0521
17:00	149.49	84.55	6,864.3606	1.3473	0.4416	0.4377	0.4368	1.3161	0.0000	72.3	71.6	71.4	215.3	6.1129
18:00	149.49	84.40	6,864.3606	1.2600	0.4076	0.4111	0.4101	1.2288	0.0000	65.8	66.5	66.3	198.6	6.1873
19:00	149.49	84.75	6,864.3606	1.4160	0.4556	0.4567	0.4725	1.3848	0.0000	74.8	75.1	78.0	227.9	6.0763
20:00	149.50	84.94	6,867.7158	4.9130	0.5109	0.5148	0.5009	1.5266	0.0000	84.5	85.3	82.7	252.5	6.0459
21:00	149.50	85.20	6,867.7158	1.6225	0.5325	0.5344	0.5244	1.5913	0.0000	87.9	88.2	86.5	262.6	6.0598
22:00	149.50	85.27	6,867.7158	1.6685	0.5438	0.5438	0.5497	1.6373	0.0000	89.8	89.8	90.8	270.4	6.0551
23:00	149.50	85.30	6,867.7158	1.6448	0.5385	0.5404	0.5347	1.6136	0.0000	88.7	89.0	88.1	265.8	6.0707
24:00	149.50	84.80	6,867.7158	1.5650	0.4528	0.5396	0.5414	1.5338	0.0000	74.2	89.8	90.1	254.1	6.0362
Total				40.5938	7.5349	7.5102	8.0343	23.0794	0.0000	1,234.1	1,229.8	1,322.2	3,786.1	6.0958

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

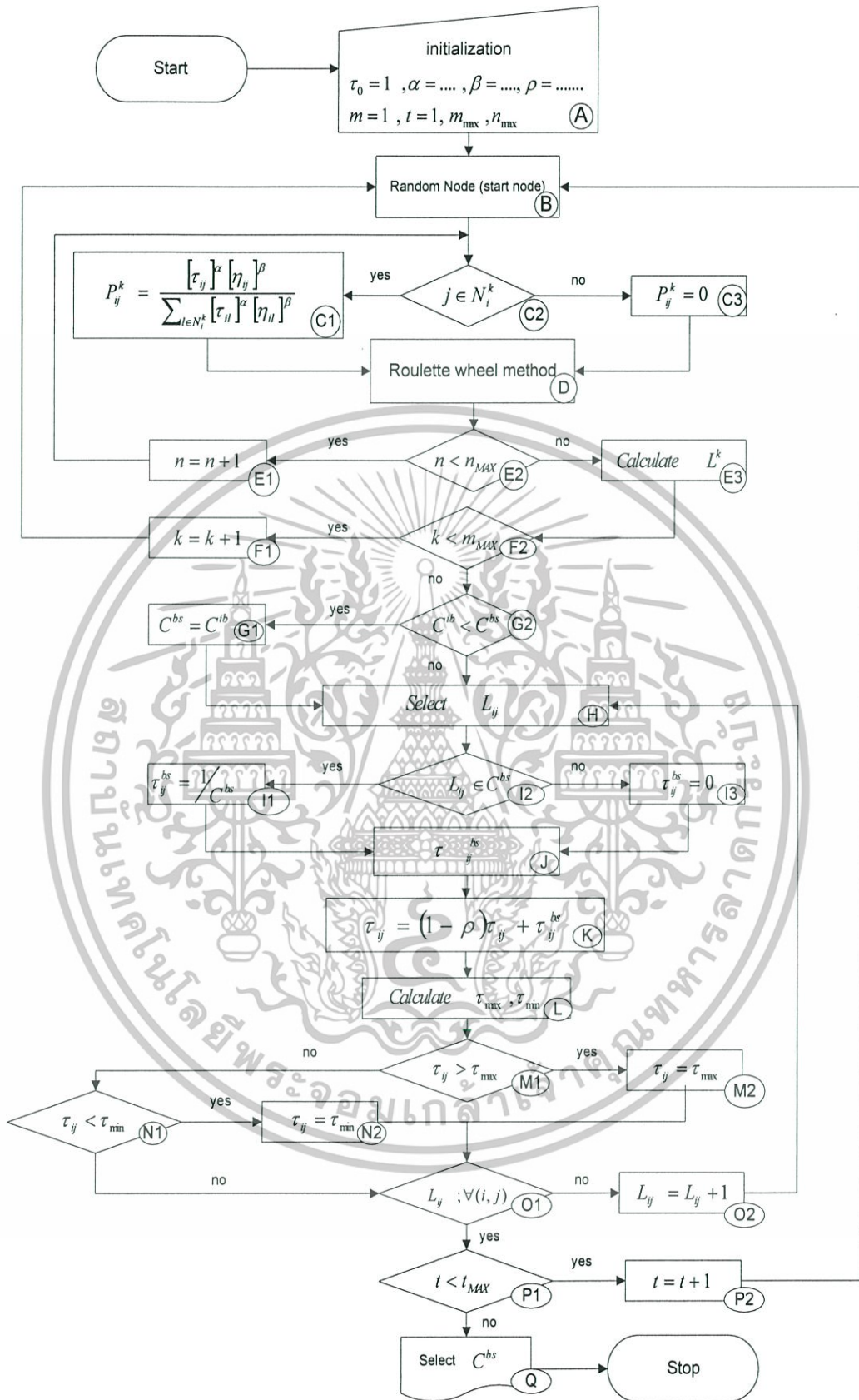
4.2 กำหนดเป้าหมายเพื่อใช้พลังงานให้น้อยที่สุดเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดเป้าหมายเพื่อศึกษาหลักการและทฤษฎีการหาคำตอบโดยวิธีประมาณการมาประยุกต์ทดสอบเพื่อหารูปแบบวิธีการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าในรูปแบบที่แตกต่างกัน ผลของคำตอบพบว่ามีการใช้ปริมาณน้ำลดลงจากเดิมภายใต้เงื่อนไขการผลิตกระแสไฟฟ้าตามความต้องการแต่ละชั่วโมง ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ และยังเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ภายในประเทศอย่างคุ้มค่ามากที่สุด

4.3 นำทฤษฎี MMAS มาทำการวิเคราะห์

จากการศึกษาหลักการและทฤษฎีการแก้ไขปัญหาในการตัดสินใจการจัดการรูปแบบต่างๆ ในปัจจุบัน พบว่าได้มีการแบ่งเทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสมในการช่วยแก้ไขปัญหาการจัดการตัดสินใจไว้ 2 ประเภทตั้งที่กล่าวไว้ในบทที่ 3 คือ 1.วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีดั้งเดิม 2.วิธีการหาคำตอบโดยการประมาณ งานวิจัยนี้เลือกเทคนิควิธี MMAS ซึ่งจัดอยู่ในประเภท วิธีการหาคำตอบโดยการประมาณ โดยมีหลักการดังแสดงต่อไปนี้





รูปที่ 4.4 แสดงขั้นตอนการทำงานของ MMAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- A กำหนดค่าเริ่มต้นให้แก่โปรแกรมได้แก่ รอบการคำนวณต่อจำนวนมด (A/I), ค่าถ่วงน้ำหนักฟีโรโมน β (Weight of Pheromone :WOP), ค่าถ่วงน้ำหนักฮิวริสติกส์ α (Weight of Heuristic information : WHO), อัตราการระเหยของฟีโรโมน ρ (Evaporation rate :ER)
- B การสุ่มค่าเริ่มต้น คือการสุ่มค่ากำลังไฟฟ้าของ Gen.1 โดยที่มีค่าตั้งแต่ 10 MW. ถึง 100 MW.
- C2 เช็ค่า J ว่าเป็นสมาชิกของ N หรือไม่ ถ้าเป็นไปทำที่ D1 ถ้าไม่ใช่ไปทำ D3
- C1 คำนวณกฎความน่าจะเป็น (Probability) สำหรับที่จะเลือกค่า Gen. ตัวต่อไป
- C3 ให้ค่า Probability เป็นศูนย์ กรณีที่ J ไม่เป็นสมาชิกของ N
- D กฎการเลือกตำแหน่งถัดไปโดยใช้กฎวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel selection rule)
- E2 เช็ค่าจำนวน Gen. ว่าครบตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้ายังไม่ครบก็กลับไปทำ C2 ใหม่ จนกว่าจะครบตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้
- E3 จดจำเส้นทางเดินทุกเส้นทางที่มดได้เลือกเดิน คือเส้นทางของมดที่เดินผ่าน Gen. นั้นๆ
- F2 ตรวจสอบเงื่อนไขจำนวนมดที่ปล่อยว่าครบตามที่เงื่อนไขหรือไม่ ถ้าครบแล้วก็ลงมาที่ G2 ถ้ายังไม่ครบกลับไปทำ B คือ สุ่มค่า Gen.1 ใหม่และเริ่มกระบวนการสุ่มค่า Gen. ปล่อยมดเพื่อหาหาเส้นทาง
- G1,G2 เป็นการเปรียบเทียบเพื่อหาเส้นทางที่มีการใช้น้ำน้อยที่สุดในการผลิตไฟฟ้า
- H ตั้งแต่ H ลงมาเป็นขั้นตอนการ ปรับปรุง ค่า สารฟีโรโมน ของโปรแกรม ซึ่ง H ทำหน้าที่เลือกเส้นทางทุกเส้นทางที่มดเพื่อมาทำการ ปรับปรุงสารฟีโรโมน
- I2 เปรียบเทียบเส้นทางที่มดเดิน ว่าเป็นเส้นทางที่ใช้น้ำที่น้อยที่สุดหรือไม่ ถ้าใช่ไปที่ I1 ถ้าไม่ใช่ให้ไปที่ I3 ตรงนี้จะเป็นการหาค่าฟีโรโมนที่เหมาะสมเพื่อจะไปใช้ในการ ปรับปรุงสารฟีโรโมน ต่อไปที่ K
- J ในช่วง I ถึง J จะเป็นการหาเส้นทางที่ดีที่สุดในแต่ละรอบเพื่อไปทำการ ปรับปรุงสารฟีโรโมน
- K เป็นการปรับปรุงปริมาณสารฟีโรโมนในหนึ่งรอบ Iteration เส้นทางที่ใช้น้ำน้อยที่สุด 1 เส้นทางเท่านั้นที่จะถูก ปรับปรุง สารฟีโรโมน เส้นทางที่เหลือจะไม่มีการ ปรับปรุงสารฟีโรโมน
- L การคำนวณค่าปริมาณฟีโรโมน max, min ตามสมการ(3.4),(3.5)ดังที่ได้แสดงไว้ ตามลำดับค่าปริมาณฟีโรโมนมากที่สุด เป็นขอบเขตบน (Upper bound) และปริมาณฟีโรโมนที่น้อยที่สุดเป็นขอบเขตล่าง (Lower bound)
- M1,M2 ตรวจสอบปริมาณสารฟีโรโมนในเส้นทางเดินทุกเส้นทางไม่ให้มีค่ามากกว่า T_{max}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N1,N2 ตรวจสอบเส้นทางเดินทุกเส้นทางไม่ให้มีค่าฟีโรโมนต่ำกว่า τ_{min}

P1,P2 ตรวจสอบจำนวนรอบ iteration ว่าครบตามกำหนดไหม ถ้ายังไม่ครบตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ให้กลับไป B

Q เลือกเส้นทางที่มีการใช้น้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าน้อยที่สุดจบการทำงาน

ตัวอย่าง

เมื่อต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 150 MW. ที่ระดับน้ำ 70 m. จะต้องเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำ ภายใต้เงื่อนไขจ่ายโหลดรวมกันได้ปริมาณไฟฟ้าตามที่ต้องการรายชั่วโมง เพื่อเป็นการใช้ปริมาณน้ำอย่างเหมาะสม

ตารางที่ 4.3 แสดงตารางสัดส่วนปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อปริมาณการใช้น้ำของโรงไฟฟ้าที่ระดับน้ำ 70.00 m.

ค่ากำลังไฟฟ้า (MW./H)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ปริมาณน้ำ (MCM./H)	0.0729	0.1389	0.1994	0.2547	0.3066	0.3556	0.4035	0.4524	0.5009	0.5538

อ้างอิงรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4(A) เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นแก่โปรแกรม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รอบการคำนวณต่อจำนวนมด (A/I) = 2/2

ค่าถ่วงน้ำหนักฟีโรโมน β (Weight of Pheromone :WOP) = 0.5

ค่าถ่วงน้ำหนักฮิวริสติกส์ α (Weight of Heuristic information : WHO) = 0.5

อัตราการระเหยของฟีโรโมน ρ (Evaporation rate :ER) = 0.55

รอบการคำนวณที่ 1 มดตัวที่ 1

รูปที่ 4.4(B) ทำการสุ่มค่ากำลังไฟฟ้าของ Generator ตัวที่ 1 ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 10 ถึง 100 MW. ออกมา 1 ค่า ยกตัวอย่างได้ค่าออกมาคือ 60 MW. ต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 150 MW. จะได้ 150-60 MW.= 90 MW. ดังนั้น Generator ตัวที่ 2 กับ 3 ต้องทำการผลิตไฟฟ้ารวมกันได้ทั้งหมด 90 MW. หากความน่าจะเป็นที่ Gen. ตัวที่ 2 กับ 3 จะต้องทำการผลิตเพื่อที่จะได้กำลังไฟฟ้า 150 MW. จะได้ทั้งสิ้น 4 เส้นทางดังแสดงได้ต่อไปนี้

เส้นทางที่ 1 $60+80+10 = 150$ MW.

เส้นทางที่ 2 $60+70+20 = 150$ MW.

เส้นทางที่ 3 $60+60+30 = 150$ MW.

เส้นทางที่ 4 $60+50+40 = 150$ MW.

- ค่า $80+10$ ในเส้นทางที่ 1 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 90$ MW.

- ค่า $70+20$ ในเส้นทางที่ 2 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 90$ MW.

- ค่า $60+30$ ในเส้นทางที่ 3 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 90$ MW.

- ค่า $50+40$ ในเส้นทางที่ 4 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 90$ MW.

เส้นทางที่ 1 $80+10 = 90$ MW.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถดูสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3 แปลงได้เป็น $0.4524+0.0729 = 0.5253$ MCM.

เส้นทางที่ 2 $70+20 = 90$ MW.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถดูสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3 แปลงได้เป็น $0.4035+0.1389 = 0.5424$ MCM.

เส้นทางที่ 3 $60+30 = 90$ MW.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถดูสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3 แปลงได้เป็น $0.3556+0.1994 = 0.5550$ MCM.

เส้นทางที่ 4 $50+40 = 90$ MW.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถดูสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3 แปลงได้เป็น $0.3066+0.2547 = 0.5613$ MCM.

รูปที่ 4.4(C1) แสดงการคำนวณจากความน่าจะเป็น (Probability) ที่จะมีความเป็นไปได้ในการเลือกค่าเส้นทางเดินดั่งสมการ (3.1) เส้นทางไหนมีการใช้ปริมาณน้ำน้อยก็จะมีค่าความน่าจะเป็นมาก

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{i \in N_i^k} [\tau_{ii}]^\alpha [\eta_{ii}]^\beta}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าในสมการ

$$\text{เส้นทางที่ 1} = \frac{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5253} \right]^{0.5}}{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5253} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5424} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5550} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5613} \right]^{0.5}} = 0.25482$$

$$\text{เส้นทางที่ 2} = \frac{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5424} \right]^{0.5}}{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5253} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5424} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5550} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5613} \right]^{0.5}} = 0.25077$$

$$\text{เส้นทางที่ 3} = \frac{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5550} \right]^{0.5}}{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5253} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5424} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5550} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5613} \right]^{0.5}} = 0.24791$$

$$\text{เส้นทางที่ 4} = \frac{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5613} \right]^{0.5}}{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5253} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5424} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5550} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5613} \right]^{0.5}} = 0.24615$$

รูปที่ 4.2(D) ส่วนของการ Roulette Wheel selection rule สุ่มค่าจำนวนตัวเลขที่มีค่า ตั้งแต่ 0-1 เพื่อเป็นการเลือกเส้นทางที่มดจะเดิน เส้นทางไหนมีการใช้ปริมาณน้ำน้อยในการผลิตไฟฟ้าจะมีค่า Probability มากกว่า เส้นทางที่มีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตไฟฟ้ามากจะมีค่า Probability น้อย ดังแสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.3.3

ยกตัวอย่าง Roulette Wheel ออกมา ได้เส้นทางที่ 1 คือ $80+10 = 90$ MW. ซึ่งมีปริมาณการใช้น้ำของ Gen.2+Gen.3 = 0.5253 MCM. เนื่องจากเส้นทางที่ 1 มีค่าช่วงที่กว้างมากที่สุด โอกาสความเป็นไปได้ที่ Roulette wheel จะเลือกออกมาเป็นเส้นทางที่ 1 มากกว่าเส้นทางอื่นๆ

รูปที่ 4.2(E3) จำเส้นทางเดินทุกเส้นทางที่มดเดินผ่านในที่นี้มี 4 เส้นทางได้แก่

เส้นทางที่ 1	$60+80+10 = 150$ MW.	มีปริมาณการใช้น้ำ 0.8809 MCM.
เส้นทางที่ 2	$60+70+20 = 150$ MW.	มีปริมาณการใช้น้ำ 0.8980 MCM.
เส้นทางที่ 3	$60+60+30 = 150$ MW.	มีปริมาณการใช้น้ำ 0.9106 MCM.
เส้นทางที่ 4	$60+50+40 = 150$ MW.	มีปริมาณการใช้น้ำ 0.9169 MCM.

รูปที่ 4.2(F) ทำหน้าที่ตรวจสอบเงื่อนไขว่าได้ปล่อยมดตามจำนวนที่กำหนดไว้ในตอนแรกในหรือไม่ ถ้าไม่ครบก็กลับไปทำงานที่ (B) สุ่มค่า Gen.1 ใหม่

กรณีตัวอย่างนี้ไม่ครบเงื่อนไข รูปที่ 4.4(F2) $K < m_{\text{Max}}$ เนื่องจาก $(A/I) = 2/2$

รอบการคำนวณที่ 1 มดตัวที่ 2

รูปที่ 4.4(B) ทำการสุ่มค่ากำลังไฟฟ้าของ Generator ตัวที่ 1 ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 10 ถึง 100 MW. ออกมา 1 ค่า ยกตัวอย่างสุ่มได้ 90 MW. ต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 150 MW. จะได้ $150-90 \text{ MW} = 60 \text{ MW}$. ดังนั้น Generator ตัวที่ 2 และ 3 ต้องทำการผลิตไฟฟ้ารวมกันได้ทั้งหมด 60 MW. หากความน่าจะเป็นที่ Gen. ตัวที่ 2 และ 3 ต้องผลิตไฟฟ้ารวมกันเพื่อที่จะได้กำลังไฟฟ้า 150 MW. อ้างอิงตารางที่ 4.2 จะได้ทั้งสิ้น 3 เส้นทางดังแสดงได้ต่อไปนี้

เส้นทางที่ 1 $90+50+10 = 150 \text{ MW}$.

เส้นทางที่ 2 $90+40+20 = 150 \text{ MW}$.

เส้นทางที่ 3 $90+30+30 = 150 \text{ MW}$.

- ค่า $50+10$ ในเส้นทางที่ 1 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 60 \text{ MW}$.

- ค่า $40+20$ ในเส้นทางที่ 2 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 60 \text{ MW}$.

- ค่า $30+30$ ในเส้นทางที่ 3 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 60 \text{ MW}$.

เส้นทางที่ 1 $50+10 = 60 \text{ MW}$.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถดูสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3 แปลงได้เป็น $0.3066+0.0729 = 0.3795 \text{ MCM}$.

เส้นทางที่ 2 $40+20 = 60 \text{ MW}$.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถดูสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3 แปลงได้เป็น $0.2547+0.13890 = 0.3936 \text{ MCM}$.

เส้นทางที่ 3 $30+30 = 60 \text{ MW}$.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถดูสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3 แปลงได้เป็น $0.1994+0.1994 = 0.3988 \text{ MCM}$.

C1 แสดงการคำนวณจากความน่าจะเป็น (Probability) ที่จะมีความเป็นไปได้ในการเลือกค่ากำลังไฟฟ้าใน Gen. ตัวต่อไป

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{i \in N_i^k} [\tau_{ii}]^\alpha [\eta_{ii}]^\beta}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าในสมการ

$$\text{เส้นทางที่ 1} = \frac{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3795} \right]^{0.5}}{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3795} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3936} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3988} \right]^{0.5}} = 0.33813$$

$$\text{เส้นทางที่ 2} = \frac{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3936} \right]^{0.5}}{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3795} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3936} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3988} \right]^{0.5}} = 0.33202$$

$$\text{เส้นทางที่ 3} = \frac{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3988} \right]^{0.5}}{[1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3795} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3936} \right]^{0.5} + [1]^{0.5} \left[\frac{1}{0.3988} \right]^{0.5}} = 0.32984$$

รูปที่ 4.4(D) Roulette Wheel selection rule สุ่มค่าจำนวนตัวเลข ตั้งแต่ 0-1 เพื่อเลือกเป็นการเลือกเส้นทางที่มดจะเดิน เส้นทางไหนมีการใช้ปริมาณน้ำน้อยในการผลิตไฟฟ้าจะมีค่า Probability มากกว่าเส้นทางอื่นที่มีการใช้ปริมาณน้ำมากกว่า ดังแสดงไว้ในหัวข้อ 3.3.3

ยกตัวอย่าง มดตัวที่ 2 Roulette Wheel selection rule ออกมาได้เส้นทางที่ 1 คือ $50+10=60$ MW. ซึ่งมีการใช้ปริมาณน้ำ 0.33813 MCM. เนื่องจากเป็นช่วงที่มีความกว้างมากที่สุด

รูปที่ 4.4(E3) จำเส้นทางเดินทุกเส้นทางที่มดเดินผ่านในที่นี้มี 3 เส้นทางได้แก่

เส้นทางที่ 1	$90+50+10 = 150$ MW.	มีปริมาณการใช้ น้ำ 0.8804 MCM.
เส้นทางที่ 2	$90+40+20 = 150$ MW.	มีการใช้ปริมาณน้ำ 0.8945 MCM.
เส้นทางที่ 3	$90+30+30 = 150$ MW.	มีการใช้ปริมาณน้ำ 0.8997 MCM.

รูปที่ 4.4(F) ตรวจสอบเงื่อนไขได้ปล่อยมดครบตามจำนวนที่กำหนดหรือไม่ ในที่นี้มีจำนวนมดเท่ากับ 2 กรณีตัวอย่างนี้ได้ปล่อยมดครบตามเงื่อนไขแล้ว เนื่องจากกำหนดค่าเริ่มต้น $A/I = 2/2$ คือ จำนวนรอบต่อจำนวนมด ตรงตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ตอนแรก

รูปที่ 4.4(G1-G2) เปรียบเทียบเส้นทางที่มดตัวแรกเลือกเดินกับเส้นทางที่มดตัวที่สองเลือกเดิน เส้นทางไหนมาปริมาณการใช้น้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้าน้อยที่สุด ในที่นี้คือ เส้นทางแรกของมดตัวที่สอง

ขั้นตอนการ ปรับปรุงสารฟีโรโมน

นำเส้นทางที่ได้จากการ Roulette Wheel Method มาเปรียบเทียบกับเส้นทางกับปริมาณการใช้น้ำ พบว่า

เส้นทางที่ 1 มดตัวที่ 2 มีปริมาณการใช้น้ำน้อยกว่า จึงมีการเพิ่มปริมาณสารฟีโรโมนบนเส้นทางนั้นๆ ทำการคำนวณหาปริมาณสารฟีโรโมนต้องทำการเพิ่มไปลงบนเส้นทาง

$$\text{แทนค่าลงในค่าสมการ (I1)} \quad \tau_{ij}^{bs} = \frac{1}{C^{bs}} = \frac{1}{0.8804} = 1.135847$$

เส้นทางที่ 1 ของมดตัวที่ 2 จะมีการ ปรับปรุงสารฟีโรโมน ตามสมการที่ (3.2)

$$\tau_{ij} = (1 - \rho) \tau_{ij} + \tau_{ij}^{bs}$$

$$\text{รูปที่ 4.4(k)} \quad \tau_{ij} = (1 - 0.55)1 + 1.135847 = 1.58584$$

รูปที่ 4.4(L) คำนวณหาค่า τ_{\max}, τ_{\min} จากสมการที่ (3.4), (3.5)

$$\tau_{\max} = \frac{1}{\rho C^{bs}} = \frac{1}{0.55 * 0.8804} = 2.0651$$

$$\tau_{\min} = \frac{\tau_{\max}}{2n} = 0.51629$$

รูปที่ 4.4(M1,M2) เป็นการกำหนดเงื่อนไขปริมาณสารฟีโรโมนบนเส้นทางไม่ให้มีค่าเกินปริมาณสารฟีโรโมน max เพื่อเป็นการป้องกันเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งมีปริมาณสารฟีโรโมนบนเส้นทางมากเกินไป ส่งผลให้มดไม่เกิดการเดินหาเส้นทางเดินใหม่ ในตัวอย่างนี้ปริมาณสารฟีโรโมน (τ_{ij}) ของมดตัวที่ 1 เส้นทางที่ 1 เมื่อทำการปรับปรุงสารฟีโรโมน แล้วมีค่า 0.450 พบว่าไม่เกินขอบเขต τ_{\max}

รูปที่ 4.4(N1,N2) เป็นการกำหนดเงื่อนไขปริมาณสารฟีโรโมนบนเส้นทางไม่ให้มีค่าต่ำกว่าปริมาณสารฟีโรโมน min เพื่อป้องกันเส้นทางใดเส้นทางหนึ่งมีปริมาณสารฟีโรโมนน้อยมากเกินไป ทำให้มดไม่เลือกที่จะเดินเส้นทางๆ

- รูปที่ 4.4(O1,O2) เป็นการกำหนดเงื่อนไขหาเพื่อหาเส้นทางที่ยังมีการปรับปรุงสารพีโรโมน ถ้าเส้นทางไหนยังไม่มีมีการปรับปรุงก็ให้ย้อนกลับไป (H) เพื่อเลือกเส้นทางเดินของมดเส้นอื่นมาทำการปรับปรุงสารพีโรโมนต่อไปจนครบทุกเส้นทาง
- รูปที่ 4.4(H) เป็นการเลือกเส้นทางที่ยังไม่ได้มีการปรับปรุงสารพีโรโมนมาทำการปรับปรุงสารพีโรโมน ดังแสดง

มดตัวที่ 1 รอบที่

เส้นทางที่ 1 $60+80+10 = 150 \text{ MW. } \tau_{ij} = (1 - \rho) \tau_{ij} + \tau_{ij}^{bs} = (1-0.55)1+0 = 0.45$

เส้นทางที่ 2 $60+70+20 = 150 \text{ MW. } \tau_{ij} = (1 - \rho) \tau_{ij} + \tau_{ij}^{bs} = (1-0.55)1+0 = 0.45$

เส้นทางที่ 3 $60+60+30 = 150 \text{ MW. } \tau_{ij} = (1 - \rho) \tau_{ij} + \tau_{ij}^{bs} = (1-0.55)1+0 = 0.45$

เส้นทางที่ 4 $60+50+40 = 150 \text{ MW. } \tau_{ij} = (1 - \rho) \tau_{ij} + \tau_{ij}^{bs} = (1-0.55)1+0 = 0.45$

รอบที่ 1 มดตัวที่ 2

เส้นทางที่ 1 $90+50+10 = 150 \text{ MW. } \tau_{ij} = (1 - \rho) \tau_{ij} + \tau_{ij}^{bs} = (1-0.55)1+1.135847 = 1.58584$

รอบที่ 1 เส้นทางที่ 1 ของมดตัวที่ 2 นี้เป็นเส้นทางที่มีการใช้น้ำน้อยสุดจึงมีการปรับปรุงสารพีโรโมนโดยเพิ่มปริมาณสารพีโรโมนลงไปบนเส้นทาง

เส้นทางที่ 2 $90+40+20 = 150 \text{ MW. } \tau_{ij} = (1 - \rho) \tau_{ij} + \tau_{ij}^{bs} = (1-0.55)1+0 = 0.45$

เส้นทางที่ 3 $90+30+30 = 150 \text{ MW. } \tau_{ij} = (1 - \rho) \tau_{ij} + \tau_{ij}^{bs} = (1-0.55)1+0 = 0.45$

ตรงนี้เห็นได้ว่าเส้นทางเดินที่ 1,2,3 และ 4 ของมดตัวที่ 1 และเส้นทางเดินที่ 2 และ 3 ของมดตัวที่ 2 เมื่อปรับปรุงปริมาณสารพีโรโมนบนเส้นทางแล้วพบว่า ค่าที่กำหนด τ_{\min} จากรูปที่ 4.4(N1,N2) จึงใช้ค่า τ_{\min} แทนปริมาณพีโรโมนของเส้นทางดังกล่าวได้แก่ 0.51629

จบรอบการทำงานรอบที่ 1 ยังไม่ครบตามเงื่อนไขจำนวนมดต่อการทำงานซ้ำ ($A/I=2/2$) ย้อนกลับทำรูปที่ 4.4(B)

รอบที่ 2 มคคั้วที่ 1

รูปที่ 4.4(B) ทำการสุ่มค่ากำลังไฟฟ้าของ Generator ตัวที่ 1 ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 10 ถึง 100 MW. ออกมา 1 ค่า ยกตัวอย่างสุ่มได้ค่า 50 MW. ต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 150 MW. จะได้ $150-50 \text{ MW} = 100 \text{ MW}$. ดังนั้น Generator ตัวที่ 2 และ 3 ต้องทำการผลิตไฟฟ้ารวมกันทั้งหมด 90 MW. หากความน่าจะเป็นที่ Gen. ตัวที่ 2 และ 3 จะต้องทำการผลิตเพื่อที่จะได้กำลังไฟฟ้า 150 MW. จะได้ทั้งสิ้น 4 เส้นทางดังแสดงได้ต่อไป

เส้นทางที่ 1 $50+90+10 = 150 \text{ MW}$.

เส้นทางที่ 2 $50+80+20 = 150 \text{ MW}$.

เส้นทางที่ 3 $50+70+30 = 150 \text{ MW}$.

เส้นทางที่ 4 $50+60+40 = 150 \text{ MW}$.

เส้นทางที่ 5 $50+50+50 = 150 \text{ MW}$.

- ค่า $90+10$ ในเส้นทางที่ 1 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 100 \text{ MW}$.

- ค่า $80+20$ ในเส้นทางที่ 2 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 100 \text{ MW}$.

- ค่า $70+30$ ในเส้นทางที่ 3 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 100 \text{ MW}$.

- ค่า $60+40$ ในเส้นทางที่ 4 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 100 \text{ MW}$.

- ค่า $50+50$ ในเส้นทางที่ 5 มาจากความน่าจะเป็นจากตารางที่ 4.3 $\text{Gen.2} + \text{Gen.3} = 100 \text{ MW}$.

เส้นทางที่ 1 $90+10 = 150 \text{ MW}$.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถดูสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3 แปลงได้เป็น $0.5009+0.0729 = 0.6238 \text{ MCM}$.

เส้นทางที่ 2 $80+20 = 150 \text{ MW}$.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถดูสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3 แปลงได้เป็น $0.4524+0.1389 = 0.5913 \text{ MCM}$.

เส้นทางที่ 3 $50+70+30 = 150 \text{ MW}$.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถดูสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3 แปลงได้เป็น $0.4035+0.1994 = 0.5969 \text{ MCM}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นทางที่ 4 $60+40= 150$ MW.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถคูณสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3แปลงได้เป็น $0.3556+0.25470 = 0.6103$ MCM.

เส้นทางที่ 5 $50+50= 150$ MW.

แปลงค่ากำลังไฟฟ้ากลับไปเป็นปริมาณการใช้น้ำ สามารถคูณสัดส่วนกำลังไฟฟ้ากับปริมาณการใช้น้ำได้จากตารางที่ 4.3แปลงได้เป็น $0.3066+0.3066 = 0.6132$ MCM.

รูปที่ 42.(C1) แสดงการคำนวณกฎความน่าจะเป็น (Probability) ที่จะมีความเป็นไปได้ในการเลือกค่าเส้นทางเดินคังสมการ (3.1)

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in N^k} [\tau_{il}]^\alpha [\eta_{il}]^\beta}$$

นำค่าพีโรโมนจากรอบที่แล้วมาคิดคือ $\tau_{ij} = 5.1629$

แทนค่าในสมการ

เส้นทางที่ 1 แทนค่าไปในสมการ (3.1)

$$\frac{[0.51629]^{0.5} \left[\frac{1}{0.6238} \right]^{0.5}}{[0.51629]^{0.5} \left[\frac{1}{0.6238} \right]^{0.5} + [0.51629]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5913} \right]^{0.5} + [0.51629]^{0.5} \left[\frac{1}{0.5969} \right]^{0.5} + [0.51629]^{0.5} \left[\frac{1}{0.6103} \right]^{0.5} + [0.51629]^{0.5} \left[\frac{1}{0.6132} \right]^{0.5}}$$

จะได้ = 1.97274

เส้นทางที่ 2 แทนค่าไปในสมการ (3.1) จะได้ = 0.20262

เส้นทางที่ 3 แทนค่าไปในสมการ (3.1) จะได้ = 0.20176

เส้นทางที่ 4 แทนค่าไปในสมการ (3.1) จะได้ = 0.19994

เส้นทางที่ 5 แทนค่าไปในสมการ (3.1) จะได้ = 0.19897

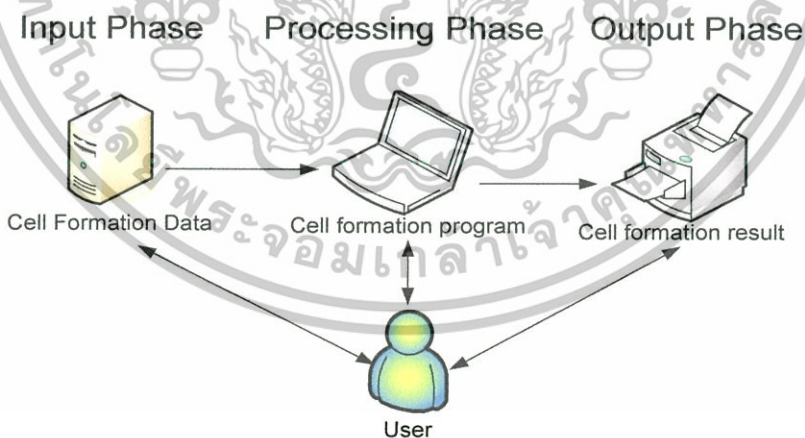
รูปที่ 4.2(D) เป็นการ Roulette Wheel Method สุ่มค่าจำนวนตัวเลข ตั้งแต่ 0-1 เพื่อเป็นการเลือกเส้นทางที่มักจะเดิน เส้นทางไหนมีการใช้ปริมาณน้ำน้อยในการผลิตไฟฟ้าจะมีค่า

Probability มากกว่า เส้นทางที่มีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตไฟฟ้ามากจะมีค่า Probability น้อย ดังแสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.3.3

จากนั้นก็ทำงานครบเงื่อนไขจำนวนมดกับเงื่อนไขการทำซ้ำเป็นแล้วก็เลือกเส้นทางที่ดีที่สุดคือเส้นทางที่มีการใช้น้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าที่น้อยที่สุดจบการทำงานซึ่งรอบการทำซ้ำหลายๆ เส้นทางที่มีการใช้ปริมาณน้ำน้อยจะมีค่าฟิโรโมนบนเส้นทางมากกว่าเส้นทางที่มีน้ำการใช้มากกว่า การคำนวณกฎความน่าจะเป็น (Probability) เส้นทางไหนมีค่าฟิโรโมนมากกว่าจะก็มีโอกาสที่จะ Roulette wheel แล้วจะเส้นทางนั้นถูกเลือกมากกว่า

4.4 พัฒนาโปรแกรม MMAS

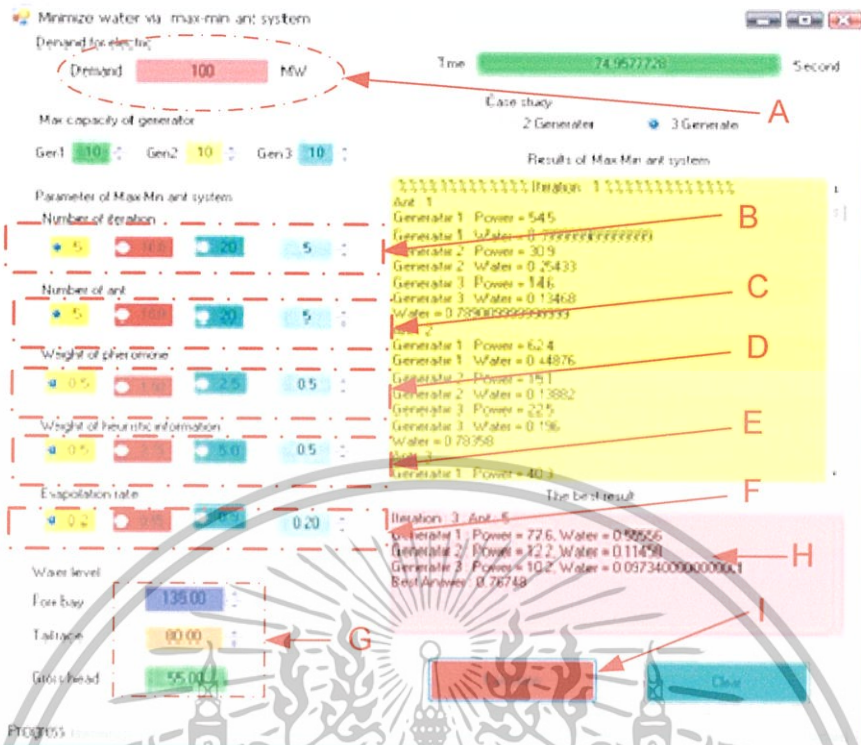
งานวิจัยนี้ได้นำโปรแกรมสำเร็จรูปของบริษัท Microsoft ชื่อ Microsoft Visual Studio 2008 Professional Edition ซึ่งเป็นชุดโปรแกรมสำหรับพัฒนาทั้ง Window Application และ Web Application ซึ่งประกอบไปด้วยโปรแกรม Visual basic 2008, C#, C++ และ Java ในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Visual basic สำหรับพัฒนา ซึ่งเป็นโปรแกรมซึ่งพัฒนาง่าย และสะดวกต่อการตรวจสอบ (Debug) ซึ่งใช้หลักและขั้นตอนในการออกแบบโปรแกรมดังนี้



รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการประมวลผลโปรแกรม

รูปที่ 4.5 ตัวโปรแกรม MMAS จะดึงฐานข้อมูลสัดส่วนการการผลิตกระแสไฟฟ้ากับปริมาณน้ำที่ใช้ไป ณ.ทีระดับน้ำต่างกัน ที่ได้จัดเก็บไว้ในโปรแกรมสำเร็จรูป MS. Office Excel 2007 เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลเปรียบเทียบของการคำนวณในตัวโปรแกรม MMAS ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงหน้าต่างโปรแกรม

รูปที่ 4.6 (A) ส่วนกรอกตัวเลขค่าความต้องการไฟฟ้าหรือปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการผลิต(MW.) ส่วนกำหนดค่าเริ่มต้นให้แก่โปรแกรมMMASซึ่งจะประกอบด้วย

รูปที่ 4.6(B) รอบการทำงาน(5,10,20)

รูปที่ 4.6(C) จำนวนมด(5,10,20)

รูปที่ 4.6(D) ค่าถ่วงน้ำหนักฟีโรโมน β (0.5, 1.5, 2.5)

รูปที่ 4.6(E) ค่าถ่วงน้ำหนักฮิวริสติกส์ α (0.5,2.75,5.0)

รูปที่ 4.6(F) อัตราการระเหยของฟีโรโมน ρ (0.2,0.55,0.9)

รูปที่ 4.6(G) ส่วนกรอกค่าตัวเลขระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำเพื่อที่จะใช้เป็นข้อมูลในการติดต่อฐานข้อมูลสัดส่วนปริมาณการผลิตไฟฟ้ากับปริมาณน้ำค้างที่ได้แสดงไว้ในตัวอย่างตารางที่ 4.1

รูปที่ 4.6(H) แสดงผลของคำตอบของเส้นทางที่มีการใช้ปริมาณน้ำน้อยที่สุดภายใต้ข้อกำหนดความต้องการไฟฟ้า

รูปที่ 4.6(I) ปุ่มเริ่มการทำงานของโปรแกรม

ดังจะแสดงรายละเอียด
ในบทที่ 5 ตารางที่ 5.1

การออกแบบขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม จะเป็นการนำข้อมูลของรูปแบบการผลิตไฟฟ้าป้อนลงไปในฐานะข้อมูลซึ่งประกอบด้วย ระดับน้ำกับการผลิตไฟฟ้า สัดส่วนของการผลิตไฟฟ้ากับน้ำที่ใช้ไป จากนั้นเป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรมการประยุกต์ MMAS สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แก้ปัญหาการจัดการน้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้า ซึ่งหลักการออกแบบโปรแกรมต้องทำให้ใช้งานง่าย และการประมวลผลได้ถูกต้อง ซึ่งต้องดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลมาประมวลผลได้โดยง่าย รวมทั้งต้องกำหนดพารามิเตอร์สะดวกด้วย จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการแสดงผลของโปรแกรม งานวิจัยนี้จะแสดงผลออกเป็นออกมาเป็นค่าผลรวมของสมการที่น้อยที่สุด (Minimize Multi-objective)

4.5 ทดสอบโปรแกรม MMAS ที่พัฒนาขึ้นกับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า

ในส่วนนี้จะทดสอบโปรแกรม MMAS ที่พัฒนาขึ้น มาเปรียบเทียบกับข้อมูลการผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยที่เปรียบเทียบเป็นรายชั่วโมงมีระยะเวลา ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2551 ถึงวันที่ 7 สิงหาคม 2551 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 7 วัน

4.6 สรุปผลการดำเนินการทดลองวิจัย

จากแนวความคิดการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยอาศัยทฤษฎี MMAS ซึ่งเป็นหนึ่งในการหาคำตอบโดยอาศัยทฤษฎีหลักการประมาณการนำมาประยุกต์หาคำตอบ พบว่า MMAS ให้ผลเฉลยของคำตอบที่ดีในเวลาที่เหมาะสม จากการศึกษาทฤษฎี MMAS พบว่ามีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาคำตอบอยู่ 4 พารามิเตอร์ ซึ่งในตัวพารามิเตอร์จะแบ่งได้เป็น 3 ระดับ พารามิเตอร์ดังกล่าวมานี้ มีผลต่อประสิทธิภาพของโปรแกรม MMAS ในด้านการหาคำตอบที่ดีของโปรแกรม จึงจำเป็นต้องมีการหาระดับของปัจจัยที่เหมาะสมในแต่ละพารามิเตอร์ เพื่อที่จะใช้งานกับโปรแกรม MMAS ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป ดังจะแสดงขั้นตอนการหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมต่อไปในบทที่ 5

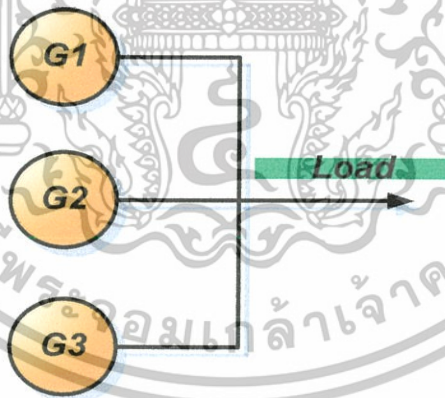
บทที่ 5

การออกแบบและผลการทดลอง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการศึกษารูปแบบการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าด้านพลังน้ำ โดยอาศัยทฤษฎี Max-Min Ant System (MMAS) มาประยุกต์ช่วยหาคำตอบที่เหมาะสมให้ได้ คำคำตอบเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่เครื่องผลิตไฟฟ้าแต่ละตัวที่ต้องทำการผลิต โดยมีการใช้น้ำต้นทุนที่มีอยู่อย่างประหยัด และมีการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ MMAS ที่เหมาะสมกับปัญหา มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 โครงสร้างของระบบ

โรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณมีการติดตั้งเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าและใช้งานอยู่ทั้งหมด 3 เครื่องมีกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อเครื่องสูงสุดที่ 100 MW/H. ซึ่งทั้งหมดทำการผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกันภายในโรงไฟฟ้า ดังรูปที่ 5.1 ปัญหาที่พิจารณาคือ เครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าแต่ละตัวจะผลิตกระแสไฟฟ้าในปริมาณเท่าใดเพื่อเป็นการจ่ายโหลดรวมตามความต้องการใช้กระแสไฟฟ้า เป็นการใช้น้ำที่มีอยู่อย่างประหยัดมากที่สุด ในขณะที่เครื่องผลิตไฟฟ้าแต่ละตัวมีอัตราการการผลิตไฟฟ้าและสัดส่วนการใช้น้ำเท่ากัน



รูปที่ 5.1 แสดงเครื่องผลิตไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้าร่วมกันผลิตไฟฟ้า

สถิติข้อมูลการเดินเครื่องเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าของเขื่อนวชิราลงกรณ วันที่ 1 สิงหาคม 2551 ตลอดทั้งวันระบบเดิมมีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งสิ้น 2402.3 MW. โดยมีสัดส่วนปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 16.18206 MCM. โดยเริ่มมีการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าชั่วโมงที่ 1 ที่เวลา 09.00 น. มีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 147.2 MW. มีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตการไฟฟ้าไปทั้งสิ้น 1.02089 MCM. งานวิจัยนี้ได้นำ Max-Min Ant System

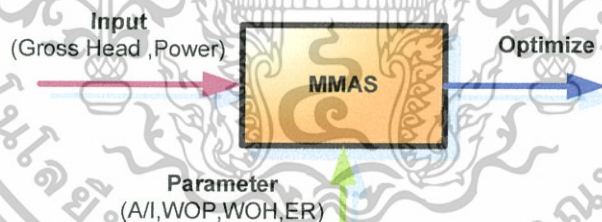
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(MMAS) มาประยุกต์หารูปแบบการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเป็นการใช้น้ำที่มีอยู่อย่างประหยัดเป็นรายชั่วโมงต่อไป

ก่อนที่จะเริ่มทำการทดสอบ โปรแกรม MMAS กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อให้โปรแกรม MMAS ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบ จึงต้องมีการหาค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรม MMAS ที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดการน้ำโดยจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 5.2

5.2 การทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับปัญหา

ในบทที่ 3 จะกล่าวไว้ว่า ค่าของพารามิเตอร์ (A/I, Weight of Pheromone, Weight of Heuristic, Evaporation Rate) มีผลต่อการหาประสิทธิภาพของการหาเส้นทางที่ดี แต่ไม่ได้มีการกำหนดค่าที่ตายตัวเอาไว้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีการศึกษาและทดลองเพื่อหาค่าของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับปัญหาดังที่แสดงในรูป 5.2 เพื่อให้ได้ผลเฉลยของคำตอบที่ดีจากโปรแกรม MMAS โดยกำหนดให้ ค่าระดับน้ำ และปริมาณไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้เป็นค่าคงที่ ในแต่ละชั่วโมง กำหนดค่าพารามิเตอร์อิสระที่จะทำการเปลี่ยนแปลงของพารามิเตอร์ที่ทดสอบดังตารางที่ 5.1 เพื่อให้ทราบค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับกับปัญหาและได้รูปแบบการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพมีจัดสรรการใช้ต้นทุนอย่างประหยัด



รูปที่ 5.2 แสดงรูปแบบกระบวนการของระบบ

ตาราง 5.1 ระดับปัจจัยและพารามิเตอร์ของ MMAS (Holger.R.Majer.,2003)

ปัจจัย	ระดับปัจจัย		
A/I	5/20	10/10	20/5
WOP	0.5	1.5	2.5
WOH	0.5	2.75	5.0
ER	0.2	0.55	0.9

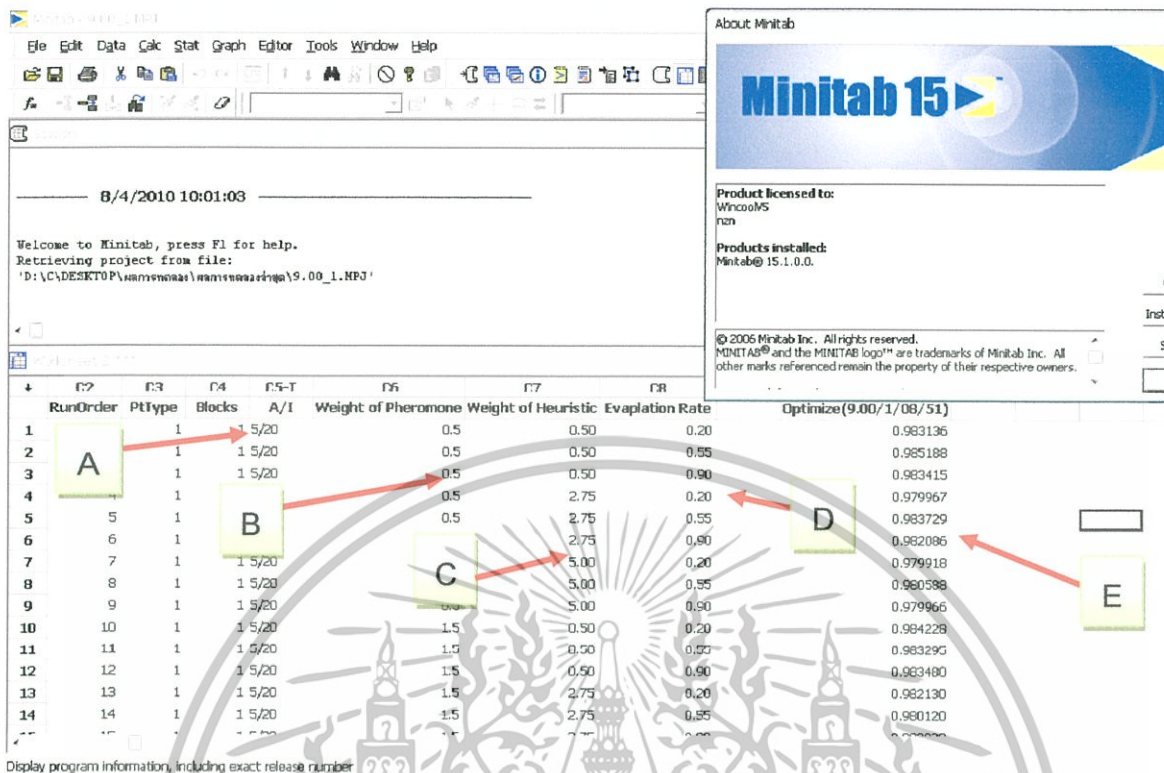
ตารางที่ 5.1 การออกแบบและผลการทดลองสำหรับงานวิจัยนี้จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 3 ระดับ 4 ตัวแปร คือ รอบการคำนวณต่อจำนวนมด (A/I), ค่าถ่วงน้ำหนักฟีโรโมน (Weight of pheromone :WOP), ค่าถ่วงน้ำหนักฮิวริสติกส์ (Weight of heuristic information : WOH), อัตราการระเหยของฟีโรโมน (Evaporation rate : ER)

การออกแบบการทดลองสำหรับหาคำตอบการจำลองพฤติกรรมการหาเส้นทางเดินหาอาหารของมด MMAS โดยทดลองเปรียบเทียบกับข้อมูลย้อนหลังการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเขื่อนสิรินธร ใน เดือนสิงหาคม 2551 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละการทดลอง จะได้จำนวนผลการทดลอง $3^4=81$ จำนวนรอบการทำซ้ำ (Replicate) 3 ครั้งเพื่อหาผลสำคัญทางสถิติจะได้เท่ากับ $81 \times 3 = 243$ ครั้งต่อการทดลอง หรือ แต่ละ 1 ชั่วโมงของที่จะเลือกจุดเดินเครื่องผลิตเพื่อการกระแสไฟฟ้า รายละเอียดดังกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.4 โดยจะกล่าวถึงการกำหนดระดับปัจจัยของพารามิเตอร์แต่ละตัว และทำการทดลอง การตรวจสอบสมมุติฐานของ ANOVA การแสดงผลกระทบต่อปัจจัยหลัก (Main effect) และการสรุปและเปรียบเทียบคำตอบหรือผลเฉลย

ทำการทดลองโดยกำหนดเงื่อนไขพารามิเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 5.1 ลงในโปรแกรม MMAS เพื่อประมวลผลหาผลของคำตอบ และบันทึกผลของคำตอบที่ได้โปรแกรม MMAS ลงในโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิศวกรรม Minitab 15 ดังแสดงในรูปที่ 5.3 ซึ่ง Minitab คือโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิศวกรรม สามารถนำมาใช้ควบคุมคุณภาพได้ดังต่อไปนี้

- นำเสนอข้อมูลด้วยกราฟ
- วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเช่น ค่าเฉลี่ย, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นต้น
- การวิเคราะห์ข้อมูลในงานด้านคุณภาพกระบวนการผลิต
- การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

เนื่องจากในการทดลองต้องมีการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละปัญหาของโปรแกรม MMAS ที่สร้างขึ้น เพื่อให้เหมาะสมกับงานวิจัย จึงต้องมีการนำโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 15 ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิศวกรรมมาช่วยวิเคราะห์ เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของโปรแกรม MMAS



รูปที่ 5.3 แสดงหน้าต่างของโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล Minitab 15

- รูปที่ 5.3 A คือ รอบการคำนวณต่อจำนวนมด (A/I)
- B คือ ค่าถ่วงน้ำหนักฟีโรโมน (Weight of pheromone : WOP)
- C คือ ค่าถ่วงน้ำหนักฮิวริสติกส์ (Weight of heuristic information : WOH)
- D คือ อัตราการระเหยของฟีโรโมน (Evaporation rate : ER)
- E คือ ผลของคำตอบที่เกิดจากการคำนวณของโปรแกรม MMAS

ในส่วนนี้ นำโปรแกรม MMAS ที่สร้างขึ้น มาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับปัญหา จากในรูปที่ 5.2 มีอินพุตคือระดับน้ำกับความต้องการใช้ไฟฟ้าขณะชั่วโมงนั้นๆคงที่ ทำการทดลองปรับเปลี่ยนอินพุตค่าพารามิเตอร์ (A/I,WOP,WHO,ER) บันทึกค่าผลของคำตอบจากการรันโปรแกรม MMAS ลงในตารางโปรแกรมสำเร็จรูป Minitab 15 ดังแสดงรูปที่ 5.3 (E) เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของคำตอบต่อไป ในการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละการทดลอง จะมีค่าพารามิเตอร์ทั้งหมด 4 ค่า (A/I,WOP,WHO,ER) มีระดับปัจจัยในแต่ละพารามิเตอร์ 3 ค่า จะได้ $3^4 = 81$ การทดลอง จำนวนรอบการทำซ้ำ (Replicate) 3 ครั้ง เพื่อหานัยสำคัญทางสถิติจะได้เท่ากับ $81 \times 3 = 243$ ครั้งต่อหนึ่งการทดลอง ที่จะเลือกจุดเดินเครื่องผลิตเพ กระแสไฟฟ้าแต่ตัวรายชั่วโมงในแต่ละวัน การทดลองจะแสดงดังตารางที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงการทดลองหาค่าพารามิเตอร์ของ MMAS ที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดการน้ำ

A/I	Weight of Pheromone	Weight of Heuristic	Evaporation Rate	Optimize (9.00/1/08/51)
5/20	0.5	0.5	0.2	0.983136
5/20	0.5	0.5	0.55	0.985188
5/20	0.5	0.5	0.9	0.983415
5/20	0.5	2.75	0.2	0.989967
5/20	0.5	2.75	0.55	0.983729
5/20	0.5	2.75	0.9	0.982086
5/20	0.5	5	0.2	0.979918
5/20	0.5	5	0.55	0.980588
5/20	0.5	5	0.9	0.979966
5/20	1.5	0.5	0.2	0.984228
5/20	1.5	0.5	0.55	0.983295
5/20	1.5	0.5	0.9	0.983480
5/20	1.5	2.75	0.2	0.982130
5/20	1.5	2.75	0.55	0.980120
5/20	1.5	2.75	0.9	0.983030
5/20	1.5	5	0.2	0.979968
5/20	1.5	5	0.55	0.980503
5/20	1.5	5	0.9	0.979992
5/20	2.5	0.5	0.2	0.983120
5/20	2.5	0.5	0.55	0.979972
5/20	2.5	0.5	0.9	0.983360
5/20	2.5	2.75	0.2	0.989968
5/20	2.5	2.75	0.55	0.986650
5/20	2.5	2.75	0.9	0.983000
5/20	2.5	5	0.2	0.979930
5/20	2.5	5	0.55	0.979973
5/20	2.5	5	0.9	0.979955
10/10	0.5	0.5	0.2	0.984228
10/10	0.5	0.5	0.55	0.982090
10/10	0.5	0.5	0.9	0.982875
10/10	0.5	2.75	0.2	0.983867
10/10	0.5	2.75	0.55	0.981230
10/10	0.5	2.75	0.9	0.982088
10/10	0.5	5	0.2	0.989950
10/10	0.5	5	0.55	0.979993
10/10	0.5	5	0.9	0.979978
10/10	1.5	0.5	0.2	0.983091
10/10	1.5	0.5	0.55	0.983660



20/5	2.5	5	0.55	0.979939
20/5	2.5	5	0.9	0.979982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

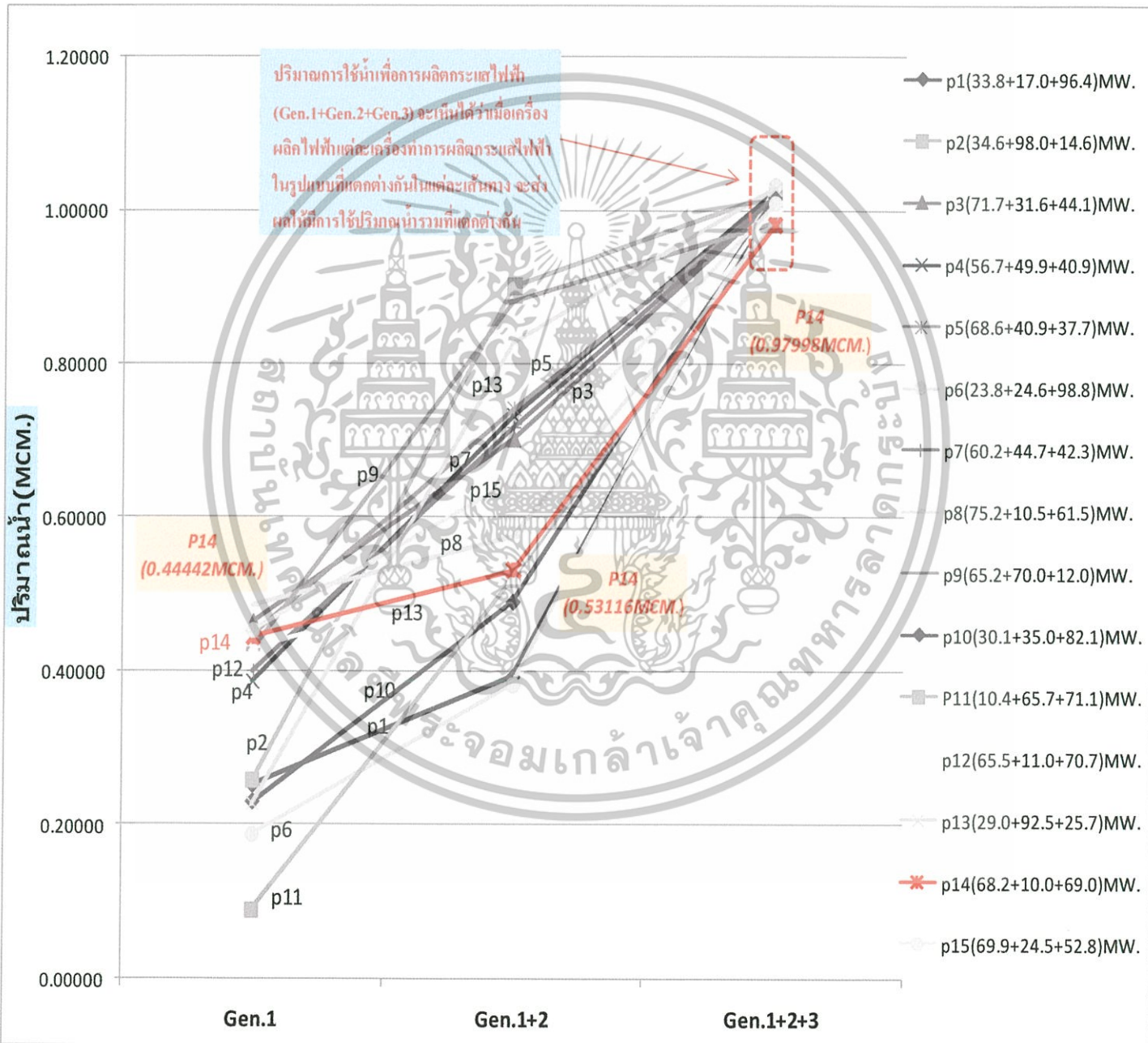
**5.2.1 การทดสอบโปรแกรม MMAS ที่สร้างขึ้นและการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่
เวลา 09.00 น. ของวันที่ 1 สิงหาคม 2551**

ตาราง 5.3 แสดงตัวอย่างรูปแบบความเป็นไปได้จำนวน 15 เส้นทาง ในการร่วมกันผลิตกระแสไฟฟ้าของเครื่องผลิตไฟฟ้าจำนวน 3 เครื่อง โดยที่แต่ละเครื่องมีการผลิตไฟฟ้าที่ต่างกััน ภายใต้เงื่อนไขความต้องการไฟฟ้า 147.2 MW. ระดับเขตนํ้าที่ 60.63 m. พบว่าแต่ละเส้นทางมีการใช้ปริมาณนํ้าที่ต่างกััน

จำนวน เส้นทาง	กำลัง ไฟฟ้า Gen.1(MW.)	กำลัง ไฟฟ้า Gen.2(MW.)	กำลัง ไฟฟ้า Gen.3(MW.)	Total (MW.)	ปริมาณ การใช้นํ้า Gen.1(MCM.)	ปริมาณ การใช้นํ้า Gen.2(MCM.)	ปริมาณ การใช้นํ้า Gen.3(MCM.)	Total (MCM.)
เส้นทางที่ 1	33.8	17.0	96.4	147.2	0.25300	0.14084	0.62998	1.02382
เส้นทางที่ 2	34.6	98.0	14.6	147.2	0.25775	0.64308	0.12280	1.02363
เส้นทางที่ 3	71.7	31.4	44.1	147.2	0.46443	0.23816	0.31295	1.01554
เส้นทางที่ 4	56.9	49.9	40.4	147.2	0.38770	0.34494	0.29196	1.02460
เส้นทางที่ 5	68.6	40.9	37.7	147.2	0.44662	0.29481	0.27619	1.01762
เส้นทางที่ 6	23.8	24.6	98.8	147.2	0.18877	0.19426	0.64970	1.03273
เส้นทางที่ 7	60.2	44.7	42.3	147.2	0.40053	0.31637	0.30268	1.01958
เส้นทางที่ 8	75.2	10.5	61.5	147.2	0.48541	0.09074	0.40750	0.98365
เส้นทางที่ 9	65.2	70.0	12.0	147.2	0.42786	0.45442	0.10267	0.98495
เส้นทางที่ 10	30.1	35.0	82.1	147.2	0.22985	0.26011	0.52810	1.01806
เส้นทางที่ 11	10.4	65.7	71.1	147.2	0.08994	0.43065	0.46091	0.98150
เส้นทางที่ 12	65.5	11.0	70.7	147.2	0.42954	0.09474	0.48550	1.00978
เส้นทางที่ 13	29.0	92.5	25.7	147.2	0.22810	0.59934	0.20170	1.02914
เส้นทางที่ 14	68.2	10.0	69.0	147.2	0.44442	0.08674	0.44882	0.97998
เส้นทางที่ 15	69.9	24.5	52.8	147.2	0.45386	0.19358	0.36038	1.00781

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 รูปแบบการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกันจำนวน 3 เครื่อง โดยที่แต่ละเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่แตกต่างกัน ส่งผลให้มีปริมาณการใช้น้ำรวมที่แตกต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขผลิตกระแสไฟฟ้ารวมเท่ากับ 147.2 MW. จากตารางที่ 5.3 จะแสดงให้เห็นว่ารูปแบบการผลิตไฟฟ้าเส้นทางที่ 14 คือ 68.2MW.+10.0MW.+69.0MW.=147.2 MW. จะมีการใช้ปริมาณน้ำน้อยที่สุด คือมีการใช้ปริมาณในการผลิตกระแสไฟฟ้า 0.97998 MCM. ภายใต้เงื่อนไขผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกัน 3 เครื่อง ที่ 147.2 MW. ซึ่งเป็นเงื่อนไขเดียวกันทุกเส้นทาง



รูปที่ 5.4 เปรียบเทียบรูปแบบการผลิตไฟฟ้าที่ความต้องการไฟฟ้ารวม 142.7 MW. ซึ่งมีรูปแบบการเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าที่แตกต่างกันส่งผลให้มีการใช้ปริมาณน้ำรวมที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำแต่ละเส้นทางจำนวน 15 เส้นทางที่เวลา 9.00 น.ของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 จากรูปที่ 5.4 (A) จะแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำรวมที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าของ Gen.1+Gen.2+Gen.3 ในแต่ละเส้นทางจำนวน 15 เส้นทาง มีปริมาณการใช้น้ำรวมแตกต่างกัน ภายใต้เงื่อนไขความต้องการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 142.7 MW. โดยผลรวมปริมาณการใช้น้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำของ Gen.1+Gen.2+Gen.3 ของเส้นทางที่ P.14 (68.2MW.+10.0MW.+69.0MW. =147.2 MW.) มีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าน้อยที่สุด โดยมีการใช้ปริมาณน้ำรวมที่ 0.97998 MCM. ซึ่งมีการใช้ปริมาณน้ำน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเส้นทางอื่น

เพื่อเป็นการหาค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรม MMAS สร้างขึ้นให้เหมาะสมกับปัญหาจึงได้มีการทดลอง ดังที่ได้กล่าวไว้หัวข้อที่ 5.2 ทำการทดลองที่เวลา 09.00 น. ของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2.1.1 การแสดงผลกระทบต่อปัจจัยหลักที่เวลา 09.00 น.ของวันที่ 1 สิงหาคม 2551

การแสดงผลการหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลการทดลอง สามารถวิเคราะห์ได้จากตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งพิจารณาประกอบด้วยปัจจัย 4 ตัว คือ รอบการคำนวณต่อจำนวนมด (A/I), ค่าถ่วงน้ำหนักฟีโรโมน (Weight of pheromone : WOP), ค่าถ่วงน้ำหนักฮิวริสติก (Weight of heuristic information : WOH), อัตราการระเหยของฟีโรโมน (Evaporation rate : ER) สามารถสังเกตได้จากค่า P ที่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผลกระทบต่อค่าตอบของการทดลอง โดยที่ค่า P ถ้าน้อยกว่า 0.05 จะแสดงว่าปัจจัยนั้นมีผลต่อการทดลองของระบบ ซึ่งรวมถึงความมีปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยแต่ละปัจจัยซึ่งแสดงได้ดังตาราง 5.4

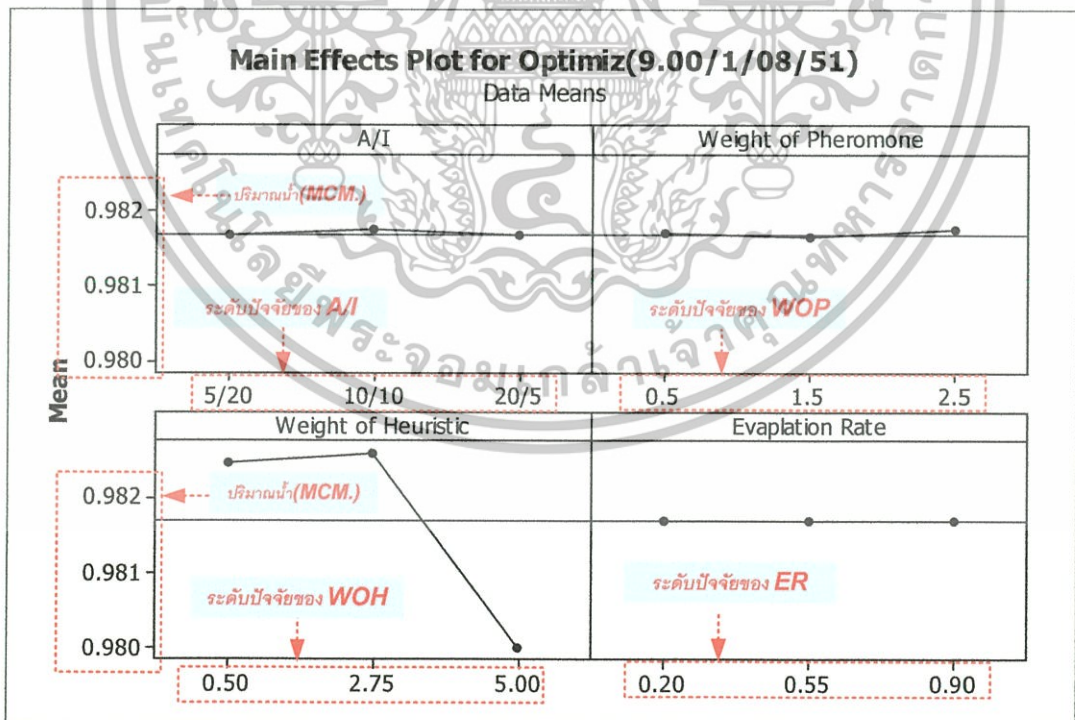
ตาราง 5.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการ MMAS ของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 เวลา 9.00 น.

Source	DF	SS	MS	F	P
A/I	2	0.0000007	0.0000004	0.21	0.814
WOP	2	0.0000004	0.0000002	0.11	0.900
WOH	2	0.0004705	0.0002352	132.14	0.000
ER	2	0.0000001	0.0000000	0.03	0.972
A/I*WOP	4	0.0000038	0.0000010	0.54	0.707
A/I*WOH	4	0.0000043	0.0000011	0.60	0.662

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A/I*ER	4	0.0000044	0.0000011	0.62	0.648
WOP*WOH	4	0.0000081	0.0000020	1.14	0.338
WOP*ER	4	0.0000071	0.0000018	0.99	0.413
WOH*ER	4	0.0000023	0.0000006	0.33	0.859
A/I*WOP*WOH	8	0.0000132	0.0000017	0.93	0.493
A/I*WOP*ER	8	0.0000200	0.0000025	1.40	0.626
A/I*WOH*ER	8	0.0000110	0.0000014	0.77	0.626
WOP*WOH*ER	8	0.0000229	0.0000029	1.61	0.126
A/I*WOP*WOH*ER	16	0.0000338	0.0000021	1.19	0.284

ส่วนของการพล็อตผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยหลักของปัญหาวิธีการ MMAS ซึ่งแสดงได้ผลดังตาราง 5.4 แสดงให้เห็นว่า ปัจจัย WOH มีผลกระทบกับการหาคำตอบของสมการ ซึ่งดูได้จากค่า P ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งสามารถดูภาพประกอบในรูป 5.5 รวมถึงความมีปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยแต่ละปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการหาคำตอบ

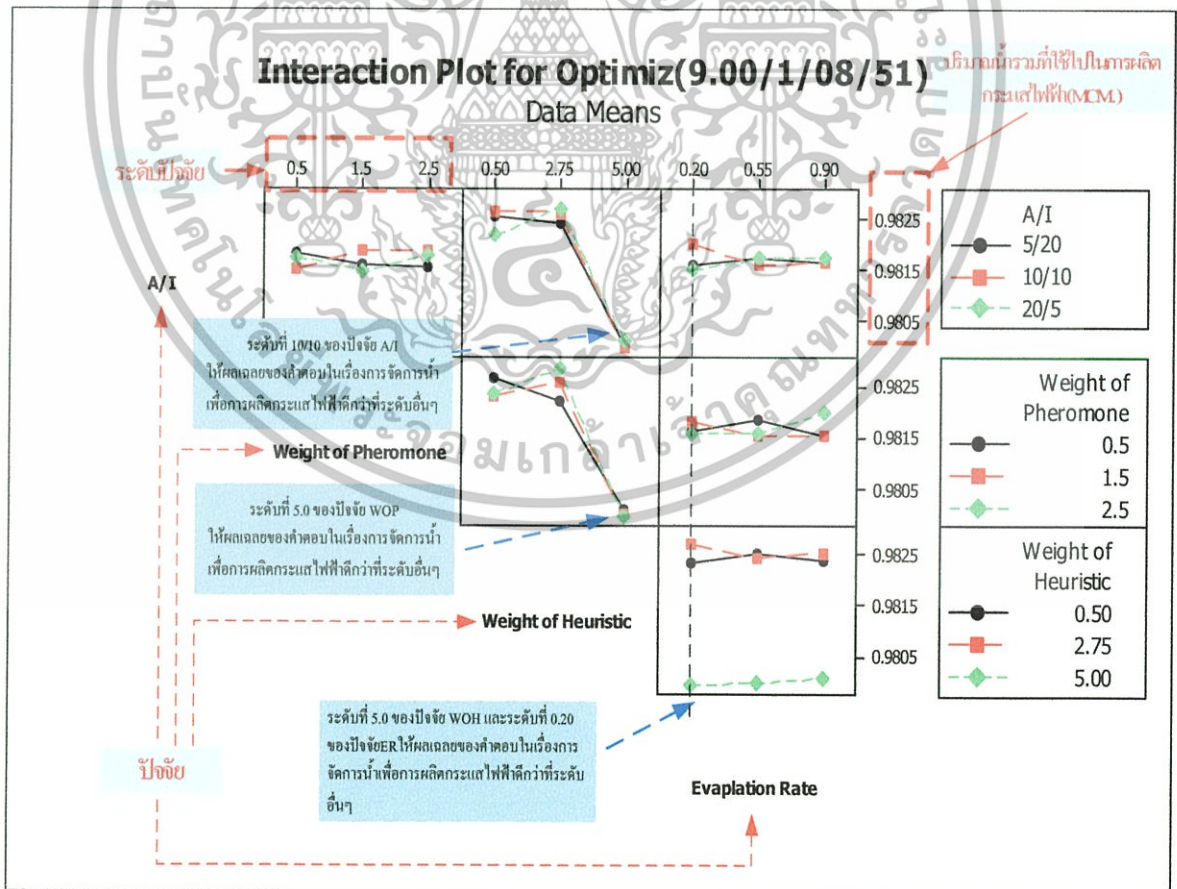


รูปที่ 5.5 แสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับปัจจัยหลักของวิธีการ MMAS ของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 เวลา 9.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 5.4 ทำให้ทราบว่า ปัจจัย WOH มีผลกระทบต่อการหาคำตอบของสมการ เนื่องจาก ปัจจัย WOH มีค่า P ต่ำกว่า 0.05 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กรู๊ปที่ 5.5 ประกอบ ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าปัจจัย WOH มีผลกระทบต่อการหาคำตอบเนื่องจาก การปรับปัจจัย WOH ที่ระดับ 5.0 ได้ให้ผลเฉลยของคำตอบซึ่งเป็นการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าน้อยที่สุด มีการใช้น้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0.980 MCM. เมื่อปรับปัจจัย WOH ที่ระดับ 2.75 จะเห็นได้ว่าจะให้ผลของคำตอบในการใช้น้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าอยู่ในช่วง มากกว่า 0.982 MCM. ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าปรับปัจจัย WOH ที่ระดับ 5.0 จะส่งผลให้โปรแกรม MMAS ได้ผลของคำตอบในด้านการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ามีการใช้ปริมาณน้ำที่น้อยกว่า ปัจจัย WHO ที่ระดับ 0.5, 2.75 ส่วนปัจจัยอื่น ไม่มีนัยสำคัญสำหรับการหาคำตอบของสมการรวม

การหาปัจจัยผลกระทบหลัก (Main effect plot) สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการหาคำตอบ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยค่าถ่วงน้ำหนักของ Heuristic information มีผลกระทบต่อระบบในการหากลุ่มของคำตอบ ซึ่งภาพการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย (Interaction Plots) จะแสดงในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 Interaction Plots Optimize วันที่ 1 สิงหาคม เวลา 9.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.6 แสดงกราฟ Interaction Plots แสดงผลกระทบรวม จากที่กล่าวมาข้างต้น ปัจจัย WOH มีผลต่อการหาคำตอบของโปรแกรม MMAS ที่สร้างขึ้น โดยที่ปัจจัย WOH ที่ระดับ 5.0 จะให้ผลของคำตอบกับปัญหาการจัดการน้ำที่มีการใช้ปริมาณน้ำที่ดี จากรูปที่ 5.6 สามารถอธิบายได้ว่า ปัจจัย A/I ที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า คือที่ระดับ 10/10 และ ปัจจัย Weight of Pheromone ที่ระดับ 2.5 ปัจจัย Weight of Heuristic ที่ระดับ 5.0 และ ปัจจัย Evaporation Rate ที่ระดับ 0.2 เป็นการตั้งค่าปัจจัยที่เหมาะสมให้แก่โปรแกรม MMAS เพื่อให้ได้ผลเฉลยของคำตอบในการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีการใช้ปริมาณน้ำอย่างประหยัด

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการจัดการน้ำเพื่อการการผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว ทำการทดสอบโปรแกรม MMAS โดยปรับค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรม MMAS ตามผลที่ได้จากการทดลอง แล้วทำการทดสอบโปรแกรม MMAS กับปัญหาการจัดการน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า ที่เวลา 09.00น. ของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 เพื่อเปรียบเทียบระบบเดิมกับระบบใหม่ ผลลัพธ์ดังแสดงตารางที่ 5.5

ตาราง 5.5 การนำ MMAS มาประยุกต์กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้าเวลา 09.00 น. ของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 ระบบใหม่เปรียบเทียบกับระบบเดิม

เครื่องที่	กำลังผลิตไฟฟ้า(MW.)		ปริมาณน้ำที่ใช้(MCM.)	
	ระบบเดิม	ระบบใหม่	ระบบเดิม	ระบบใหม่
Gen.1	48.2	68.2	0.33576	0.44442
Gen.2	46.0	10.0	0.32368	0.08674
Gen.3	53.0	69.0	0.36145	0.44882
Total	147.2	147.2	1.02089	0.97998

จากตาราง 5.5 แสดงให้เห็นข้อมูลการผลิตกระแสไฟฟ้า ของวันที่ 1 สิงหาคม 2551 เวลา 09.00 น. จากระบบเดิมตลอด 1 ชั่วโมงมีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งสิ้น 147.2 MW มีปริมาณน้ำที่ปล่อยเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 1.02089 MCM. คิดเป็นอัตราการใช้น้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย 6.935 CU.M./KWH. เมื่อนำ MMAS มาประยุกต์ทดสอบกับการจัดการน้ำเพื่อผลิตการกระแสไฟฟ้า โดยให้มีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าในปริมาณเท่าระบบเดิม 147.2 MW. พบว่ามีปริมาณน้ำที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 0.97998 MCM. มีปริมาณการใช้น้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าลดลงจากเดิม 0.04091 MCM. คิดเป็นอัตราการใช้น้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อหน่วย 6.6574 CU.M./KWH.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยนี้ได้้นำโปรแกรม MMAS ที่พัฒนาขึ้น มาประยุกต์กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยมีระยะเวลาทดสอบตั้งแต่วันที่ 1-7 สิงหาคม 2551 เป็นเวลา 1 สัปดาห์ มีการทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของโปรแกรม MMAS กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังแสดงระดับปัจจัยที่เหมาะสมในภาคผนวก ก.

5.3 การทดสอบ MMAS กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าวันที่ 1-7 สิงหาคม 2551



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 1 สิงหาคม 2551

เวลา	ระบบเดิม												ระบบใหม่											
	กำลังไฟฟ้า(MW.)						ปริมาณน้ำ(MCM.)						กำลังไฟฟ้า(MW.)						ปริมาณน้ำ(MCM.)					
	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total				
8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
9.00	48.2	46.0	53.0	147.2	0.33576	0.32368	0.36145	1.02089	68.2	10.0	69.0	147.2	0.44442	0.08674	0.44882	0.97998	-	-	-	-	-	-		
10.00	47.8	50.2	86.9	184.9	0.33610	0.34908	0.56627	1.25145	89.0	85.9	10.0	184.9	0.58108	0.55920	0.08766	1.22794	-	-	-	-	-	-		
11.00	75.0	74.8	75.0	224.8	0.49062	0.48939	0.49062	1.47063	74.8	75.0	75.0	224.8	0.48939	0.49062	0.49062	1.47063	-	-	-	-	-	-		
12.00	80.0	70.2	69.5	219.7	0.52057	0.45999	0.45590	1.43646	73.3	73.4	73.0	219.7	0.47864	0.47925	0.47681	1.43470	-	-	-	-	-	-		
13.00	50.3	60.9	60.5	171.7	0.34969	0.40746	0.40530	1.16245	80.7	81.0	10.0	171.7	0.52478	0.52670	0.08770	1.13918	-	-	-	-	-	-		
14.00	69.7	69.5	70.0	209.2	0.45785	0.45668	0.45960	1.37413	69.2	70.0	70.0	209.2	0.45492	0.45960	0.45960	1.37412	-	-	-	-	-	-		
15.00	75.5	76.2	75.0	226.7	0.49441	0.49874	0.49131	1.48446	74.0	75.7	77.0	226.7	0.48511	0.49565	0.50364	1.48440	-	-	-	-	-	-		
16.00	75.3	76.6	79.0	230.9	0.49345	0.50149	0.51693	1.51187	76.9	77.0	77.0	230.9	0.50334	0.50396	0.50396	1.51126	-	-	-	-	-	-		
17.00	40.4	35.7	31.8	107.9	0.29475	0.26697	0.24329	0.80501	10.0	10.0	87.9	107.9	0.08785	0.08785	0.57524	0.75094	-	-	-	-	-	-		
18.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
19.00	29.1	19.3	39.8	88.2	0.22595	0.15935	0.29129	0.67659	66.4	11.7	10.1	88.2	0.43174	0.09951	0.08679	0.61804	-	-	-	-	-	-		
20.00	71.2	70.7	70.9	212.8	0.46514	0.46217	0.46335	1.39066	70.8	71.0	71.0	212.8	0.46276	0.46394	0.46394	1.39064	-	-	-	-	-	-		
21.00	60.5	59.9	58.3	178.7	0.40490	0.40166	0.39302	1.19958	10.0	84.0	84.7	178.7	0.08754	0.54568	0.55031	1.18353	-	-	-	-	-	-		
22.00	60.7	47.2	61.2	169.1	0.40438	0.33128	0.40706	1.14272	80.1	79.0	10.0	169.1	0.51744	0.51030	0.08710	1.11484	-	-	-	-	-	-		
23.00	11.7	-	18.8	30.5	0.10070	-	0.15446	0.25516	10.0	20.5	-	30.5	0.08346	0.16075	-	0.24421	-	-	-	-	-	-		
24.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
รวม	795.4	757.2	849.7	2402.3	5.3743	5.10794	5.69985	16.1821	853.4	824.2	724.7	2402.3	5.63247	5.46975	4.82219	15.9244	-	-	-	-	-	-	-	
																		ปริมาณน้ำที่ลดลง 16.1821-15.9244 =						0.25765

ตารางที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 2 สิงหาคม 2551

เวลา	ระบบเดิม												ระบบใหม่					
	กำลังไฟฟ้า(MW.)			ปริมาณน้ำ(MCM.)			กำลังไฟฟ้า(MW.)			ปริมาณน้ำ(MCM.)			ปริมาณน้ำ(MCM.)					
	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total		
8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
9.00	53.6	62.4	65.7	181.7	0.36606	0.41384	0.43231	1,212.2	10.0	85.7	86.0	181.7	0.08716	0.55447	0.55659	1,198.22		
10.00	69.5	70.9	70.0	210.4	0.45514	0.46335	0.45804	1,376.5	70.0	70.0	70.4	210.4	0.45804	0.45804	0.46040	1,376.48		
11.00	75.0	74.7	75.5	225.2	0.49173	0.48987	0.49483	1,476.4	74.0	74.2	77.0	225.2	0.48553	0.48677	0.50412	1,476.42		
12.00	69.3	75.3	75.0	219.6	0.45479	0.49097	0.48912	1,434.9	72.0	73.5	74.1	219.6	0.47078	0.47993	0.48359	1,434.30		
13.00	-	62.7	63.5	126.2	-	0.41393	0.41835	0.832.3	-	63.0	63.2	126.2	-	0.41555	0.41667	0.832.22		
14.00	64.7	64.9	64.5	194.1	0.42737	0.42849	0.42625	1,282.1	62.0	63.1	69.0	194.1	0.41222	0.41838	0.45122	1,281.82		
15.00	63.0	64.2	64.0	191.2	0.41806	0.42478	0.42366	1,266.5	62.0	62.0	67.2	191.2	0.41245	0.41245	0.44146	1,266.36		
16.00	65.9	64.8	65.0	195.7	0.43448	0.43448	0.42944	1,298.4	62.0	65.6	68.1	195.7	0.4126	0.4328	0.44660	1,292.00		
17.00	15.9	-	47.2	63.1	0.12896	-	0.32320	0.452.2	10.0	53.1	-	63.1	0.08405	0.35467	0.00000	0,438.72		
18.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
19.00	26.1	30.2	39.6	95.9	0.20247	0.2285	0.28506	0.716	10.0	10.0	75.9	95.9	0.0858	0.08580	0.48515	0,656.75		
20.00	68.9	70.8	69.6	209.3	0.45084	0.46792	0.45494	1,373.7	69.0	69.0	71.3	209.3	0.4514	0.45140	0.46497	1,367.77		
21.00	69.2	69.0	70.6	208.8	0.4534	0.45224	0.46158	1,367.2	69.0	69.8	70.0	208.8	0.45224	0.45688	0.45804	1,367.16		
22.00	69.3	44.2	52.8	166.3	0.44756	0.31157	0.35832	1,117.5	10.0	77.9	78.4	166.3	0.08599	0.49822	0.50122	1,085.43		
23.00	69.5	-	-	69.5	0.44374	-	-	0.4437	69.5	-	-	69.5	0.44374	-	-	0,443.74		
24.00	43.4	-	-	43.4	0.29936	-	-	0.2994	43.4	-	-	43.4	0.29936	-	-	0,299.36		
รวม	823.3	754.1	823.0	2400.4	5.47396	5.01994	5.4551	15,949.0	692.9	836.9	870.6	2400.4	4.64136	5.50536	5.67003	15,816.7		
																ปริมาณน้ำที่ลดลง 15,816.7-15,949.0 = 0.13225		

ตารางที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 3 สิงหาคม 2551

เวลา	ระบบเดิม										ระบบใหม่					
	กำลังไฟฟ้า(MW.)			ปริมาณน้ำ(MCM.)			กำลังไฟฟ้า(MW.)			ปริมาณน้ำ(MCM.)						
	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total
8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.00	-	45.3	52.2	97.5	-	0.31574	0.3531	0.66884	10.0	87.5	-	97.5	0.08519	0.55395	-	0.63914
10.00	52.0	69.9	69.0	190.9	0.35778	0.4565	0.45122	1.26550	62.0	62.0	66.9	190.9	0.41222	0.41222	0.43957	1.26401
11.00	68.0	77.6	78.3	223.9	0.44730	0.50519	0.5096	1.46209	73.9	74.0	76.0	223.9	0.48240	0.48305	0.49535	1.46080
12.00	74.9	74.6	80.6	230.1	0.48874	0.48689	0.52477	1.50040	74.1	78.0	78.0	230.1	0.48381	0.50779	0.50779	1.49939
13.00	56.5	77.9	88.8	223.2	0.38385	0.50711	0.58056	1.47152	74.4	74.4	74.4	223.2	0.48558	0.48558	0.48558	1.45674
14.00	72.3	72.5	70.5	215.3	0.47275	0.47397	0.46197	1.40869	71.3	72.0	72.0	215.3	0.46672	0.47092	0.47092	1.40856
15.00	65.4	64.7	66.5	196.6	0.43298	0.42908	0.43908	1.30114	61.9	66.7	68.0	196.6	0.41325	0.44019	0.44736	1.30080
16.00	-	76.2	76.4	152.6	-	0.49221	0.49343	0.98564	-	76.0	76.6	152.6	-	0.49099	0.49465	0.98564
17.00	-	12.8	80.7	93.5	-	0.10691	0.51024	0.61715	10.0	-	83.5	93.5	-	0.08506	0.52734	0.61240
18.00	-	-	81.5	81.5	-	-	0.51303	0.51303	-	81.5	-	81.5	-	-	0.51303	0.51303
19.00	48.2	43.8	79.1	171.1	0.33824	0.31364	0.51409	1.16597	10.0	79.0	82.1	171.1	0.08764	0.51343	0.53356	1.13463
20.00	79.7	81.2	80.8	241.7	0.52099	0.53072	0.52812	1.57983	78.0	81.7	82.0	241.7	0.50970	0.53402	0.53600	1.57972
21.00	79.5	80.1	79.9	239.5	0.52089	0.52486	0.52355	1.56930	78.0	80.5	81.0	239.5	0.51086	0.52744	0.53066	1.56896
22.00	79.7	51.8	51.0	182.5	0.51146	0.3543	0.35006	1.21582	86.0	10.0	86.5	182.5	0.55180	0.08648	0.55520	1.19348
23.00	12.6	-	-	12.6	0.10308	-	-	0.10308	-	12.6	-	12.6	-	-	-	0.10308
24.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม	688.8	828.4	1035.3	2552.5	4.5781	5.49712	6.75282	16,8280	689.6	935.9	927	2552.5	4.59225	5.59112	6.53701	16.7204
ปริมาณน้ำที่ลดลง 16.8280-16.2999 = 0.10762																

ตารางที่ 5.10 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 5 สิงหาคม 2551

เวลา	ระบบเดิม												ระบบใหม่								
	กำลังไฟฟ้า(MW.)						ปริมาณน้ำ(MCM.)						กำลังไฟฟ้า(MW.)						ปริมาณน้ำ(MCM.)		
	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	
8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9.00	60.4	68.9	85.3	214.6	0.4025	0.4492	0.55061	1.40227	71.5	71.5	71.6	214.6	0.46439	0.46439	0.46498	1.39376					
10.00	73.5	73.3	29.6	176.4	0.4791	0.47787	0.22846	1.18542	10.0	83.0	83.4	176.4	0.08754	0.53900	0.54167	1.16821					
11.00	75.5	76.1	79.1	230.7	0.4924	0.49604	0.5149	1.50329	76.4	76.4	77.9	230.7	0.49788	0.49788	0.50711	1.50287					
12.00	74.5	74.6	59.9	209.0	0.4836	0.48424	0.40061	1.36848	69.4	69.8	69.8	209.0	0.45318	0.45551	0.45551	1.36420					
13.00	61.8	61.2	-	123.0	0.4075	0.40431	-	0.8118	60.0	63.0	-	123.0	0.39785	0.41385	-	0.81170					
14.00	57.3	72.0	88.8	218.1	0.3877	0.47008	0.57924	1.43697	72.0	72.0	74.1	218.1	0.47008	0.47008	0.48289	1.42305					
15.00	75.3	76.5	74.0	225.8	0.4926	0.49998	0.48455	1.47709	75.0	75.0	75.8	225.8	0.4907	0.4907	0.49566	1.47706					
16.00	67.7	67.0	71.5	206.2	0.4443	0.44048	0.46635	1.35116	68.4	68.8	69.0	206.2	0.44823	0.45048	0.45161	1.35032					
17.00	60.5	60.1	60.7	181.3	0.4037	0.40154	0.40478	1.21002	10.0	85.3	86.0	181.3	0.08718	0.55195	0.5567	1.19583					
18.00	10.5	66.6	65.9	143.0	0.0907	0.43562	0.43176	0.95812	64.0	69.0	10.0	143.0	0.42115	0.44882	0.08674	0.95671					
19.00	66.2	65.2	66.3	197.7	0.4351	0.42956	0.43562	1.30025	62.1	66.6	69.0	197.7	0.41216	0.43728	0.45052	1.29996					
20.00	64.5	64.6	65.3	194.4	0.4258	0.4264	0.43029	1.28253	62.7	62.7	69.0	194.4	0.41567	0.41567	0.45073	1.28207					
21.00	64.3	64.3	64.6	193.2	0.425	0.42503	0.42671	1.27677	68.8	62.3	62.1	193.2	0.44999	0.41378	0.41266	1.27643					
22.00	62.7	62.2	72.9	197.8	0.4157	0.41292	0.47389	1.30253	62.0	66.8	69.0	197.8	0.4118	0.4386	0.4508	1.30120					
23.00	66.3	66.5	56.3	189.1	0.4363	0.43743	0.38136	1.25512	89.5	10.0	89.6	189.1	0.58238	0.08736	0.58308	1.25282					
24.00	45.2	38.7	43.2	127.1	0.3194	0.28226	0.30798	0.9096	10.0	55.1	62.0	127.1	0.08681	0.37308	0.41035	0.87024					
รวม	986.2	1058	983.4	3027.4	6.5414	6.97296	6.51711	20,031.4	931.8	1057	1038	3027.4	6.17699	6.94843	6.80101	19,926.4					
																ปริมาณน้ำที่ลดลง 20.0314-19.92643 =					0.10499

ตารางที่ 5.11 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 6 สิงหาคม 2551

เวลา	ระบบเดิม										ระบบใหม่					
	กำลังไฟฟ้า(MW.)			ปริมาณน้ำ(MCM.)			กำลังไฟฟ้า(MW.)				ปริมาณน้ำ(MCM.)					
	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total
8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.00	71.0	74.7	86.2	231.9	0.4639	0.4864	0.5607	1.5111	75.9	78.0	78.0	231.9	0.49375	0.50666	0.50666	1.50707
10.00	80.4	80.1	81.0	241.5	0.5240	0.5221	0.5279	1.5740	78.0	81.7	81.8	241.5	0.50824	0.53244	0.53309	1.57377
11.00	79.9	80.6	79.7	240.2	0.5218	0.5263	0.5205	1.5685	78.0	81.0	81.2	240.2	0.50916	0.52886	0.53018	1.56820
12.00	57.8	82.0	88.6	228.4	0.3906	0.5329	0.5782	1.5016	74.8	76.8	76.8	228.4	0.48737	0.49966	0.49966	1.48669
13.00	61.1	61.3	63.8	186.2	0.4065	0.4076	0.4214	1.2355	10.0	86.2	90.0	186.2	0.08710	0.55730	0.58390	1.22830
14.00	60.3	60.4	57.5	178.2	0.4018	0.4023	0.3867	1.1907	10.0	84.0	84.2	178.2	0.08692	0.54170	0.54302	1.17164
15.00	60.7	60.4	62.8	183.9	0.4038	0.4022	0.4096	1.2156	10.0	86.9	87.0	183.9	0.08688	0.56091	0.56160	1.20939
16.00	60.4	60.3	61.8	182.5	0.4023	0.4017	0.4097	1.2137	10.0	86.0	86.5	182.5	0.08690	0.55490	0.55835	1.20015
17.00	60.5	55.0	61.1	176.6	0.4001	0.3704	0.4033	1.1738	10.0	83.2	83.4	176.6	0.08612	0.53143	0.53272	1.15027
18.00	61.3	-	-	61.3	0.3982	-	-	0.3982	61.3	-	-	61.3	0.39824	-	-	0.39824
19.00	70.8	45.4	48.6	164.8	0.4491	0.3137	0.3313	1.0941	10.0	76.8	78.0	164.8	0.08730	0.49798	0.50530	1.09058
20.00	65.5	83.6	89.7	238.8	0.4335	0.5443	0.5869	1.5648	78.1	78.7	82.0	238.8	0.50837	0.51228	0.53374	1.55439
21.00	71.4	84.9	88.2	244.5	0.4692	0.5558	0.5794	1.6044	81.0	81.7	81.8	244.5	0.52967	0.53431	0.53497	1.59895
22.00	76.0	85.9	88.2	250.1	0.4981	0.5638	0.5802	1.6421	83.0	83.1	84.0	250.1	0.54370	0.54437	0.55040	1.63847
23.00	55.4	61.9	84.4	201.7	0.3735	0.4085	0.5410	1.3230	63.0	68.7	70.0	201.7	0.41435	0.44585	0.45300	1.31320
24.00	-	-	21.2	21.2	-	-	0.1650	0.1650	-	-	21.2	21.2	-	-	0.165	0.16500
รวม	992.5	976.5	1062.8	3031.8	6.5363	6.4381	7.00171	19.9761	733.1	1132.8	1165.9	3031.8	4.91407	7.34865	7.59159	19.8543
ปริมาณน้ำที่ลดลง 19.9761-19.8543 = 0.12180																

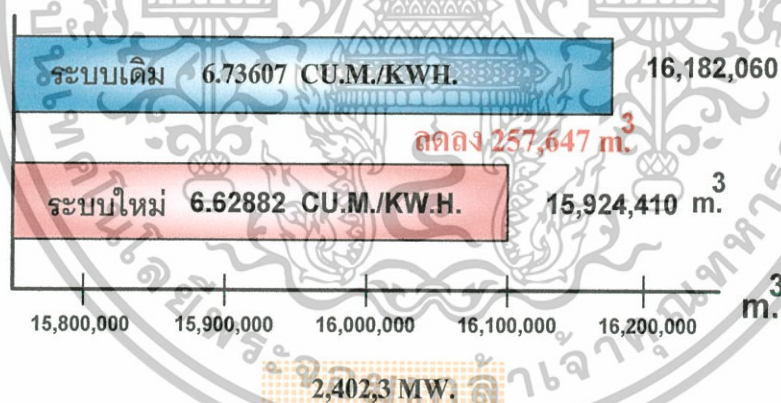
ตารางที่ 5.12 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลระบบเดิมกับระบบใหม่วันที่ 7 สิงหาคม 2551

เวลา	ระบบเดิม												ระบบใหม่											
	กำลังไฟฟ้า(MW.)						ปริมาณน้ำ(MCM.)						กำลังไฟฟ้า(MW.)						ปริมาณน้ำ(MCM.)					
	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total	Gen. 1	Gen. 2	Gen. 3	Total	#unit 1	#unit 2	#unit 3	Total
8.00	-	19.6	-	19.6	-	0.15269	0.15269	-	-	19.6	-	19.6	-	-	0.15269	-	-	-	19.6	-	-	0.15269	-	0.15269
9.00	73.1	80.0	77.3	230.4	0.4746	0.51707	0.50014	1.49176	74.2	78.1	78.1	230.4	0.48123	0.50502	0.50502	1.49127	79.0	79.0	79.5	237.5	0.51280	0.51280	0.51610	1.54170
10.00	79.5	79.5	78.5	237.5	0.5161	0.5161	0.50965	1.54185	79.0	79.0	79.5	237.5	0.51105	0.51361	0.52661	1.55127	79.0	79.0	81.0	238.6	0.51298	0.51496	0.51496	1.54092
11.00	58.9	89.8	89.9	238.6	0.3966	0.58686	0.5875	1.57097	78.6	79.0	79.3	237.3	0.08538	0.08538	0.52611	0.69687	79.0	79.0	83.0	103.0	0.08538	0.08538	0.52611	0.69687
12.00	77.8	79.3	80.2	237.3	0.5054	0.51496	0.52086	1.54126	79.0	79.0	79.3	237.3	0.51184	0.51309	0.52996	1.55489	79.0	79.0	80.0	237.2	0.49424	0.51106	0.51106	1.51636
13.00	13.3	10.2	79.5	103	0.1112	0.08698	0.50483	0.70297	10.0	10.0	83.0	103.0	0.47307	0.49128	0.49616	1.46051	76.0	76.0	76.8	225.8	0.41606	0.41718	0.44930	1.28254
14.00	79.5	80.4	83.5	243.4	0.5082	0.51372	0.53318	1.55512	80.1	80.3	83.0	243.4	0.41565	0.41565	0.44124	1.27254	73.0	76.0	69.0	195.2	0.41565	0.41565	0.44124	1.27254
15.00	79.6	79.8	77.8	237.2	0.5087	0.50986	0.49784	1.51636	77.2	80.0	80.0	237.2	0.41550	0.42054	0.45436	1.29040	63.0	63.0	70.0	196.9	0.41550	0.42054	0.45436	1.29040
16.00	59.4	77.5	88.9	225.8	0.3969	0.50043	0.5753	1.47264	73.0	76.0	76.8	225.8	0.41530	0.41530	0.44192	1.27252	63.0	63.0	67.6	193.6	0.41530	0.41530	0.44192	1.27252
17.00	55.3	56.4	83.5	195.2	0.3744	0.38040	0.53797	1.29275	63.0	63.2	69.0	195.2	0.41525	0.41525	0.44076	1.27126	63.0	63.0	67.6	193.6	0.41525	0.41525	0.44076	1.27126
18.00	65	65.1	63.5	193.6	0.4269	0.42741	0.42965	1.28391	63.0	63.0	67.6	193.6	0.08655	0.58715	0.58857	1.26227	63.0	63.0	70.0	196.9	0.08655	0.58715	0.58857	1.26227
19.00	65.5	65.5	65.9	196.9	0.4295	0.42948	0.4317	1.29066	63.0	63.9	70.0	196.9	0.08420	0.38595	0.38595	0.85610	63.0	63.0	67.8	193.8	0.08420	0.38595	0.38595	0.85610
20.00	64.4	64.3	65.1	193.8	0.4231	0.42258	0.42705	1.27277	63.0	63.0	67.8	193.8	-	-	-	-	63.0	63.0	67.6	193.6	-	-	-	-
21.00	64.4	64.6	64.6	193.6	0.4342	0.43526	0.42421	1.29363	63.0	63.0	67.6	193.6	-	-	-	-	63.0	63.0	91.2	192.2	-	-	-	-
22.00	64.1	64.0	64.1	192.2	0.4211	0.4205	0.42106	1.26262	10.0	91.0	91.2	192.2	-	-	-	-	59.0	59.0	59.0	128.0	-	-	-	-
23.00	41.9	52.5	33.6	128.0	0.2944	0.35198	0.24619	0.8926	10.0	59.0	59.0	128.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม	941.7	1028.5	1095.9	3066.1	6.2212	6.76628	7.14713	20.135	886.1	1047.1	1132.9	3066.1	5.8311	6.85493	7.32808	20.014	886.1	1047.1	1132.9	3066.1	5.8311	6.85493	7.32808	20.014
ปริมาณน้ำที่ลดลง 20.1346-20.01411 =																							0.1204	

5.3.1 การทดสอบ MMAS กับการจัดการน้ำวันที่ 1 สิงหาคม 2551

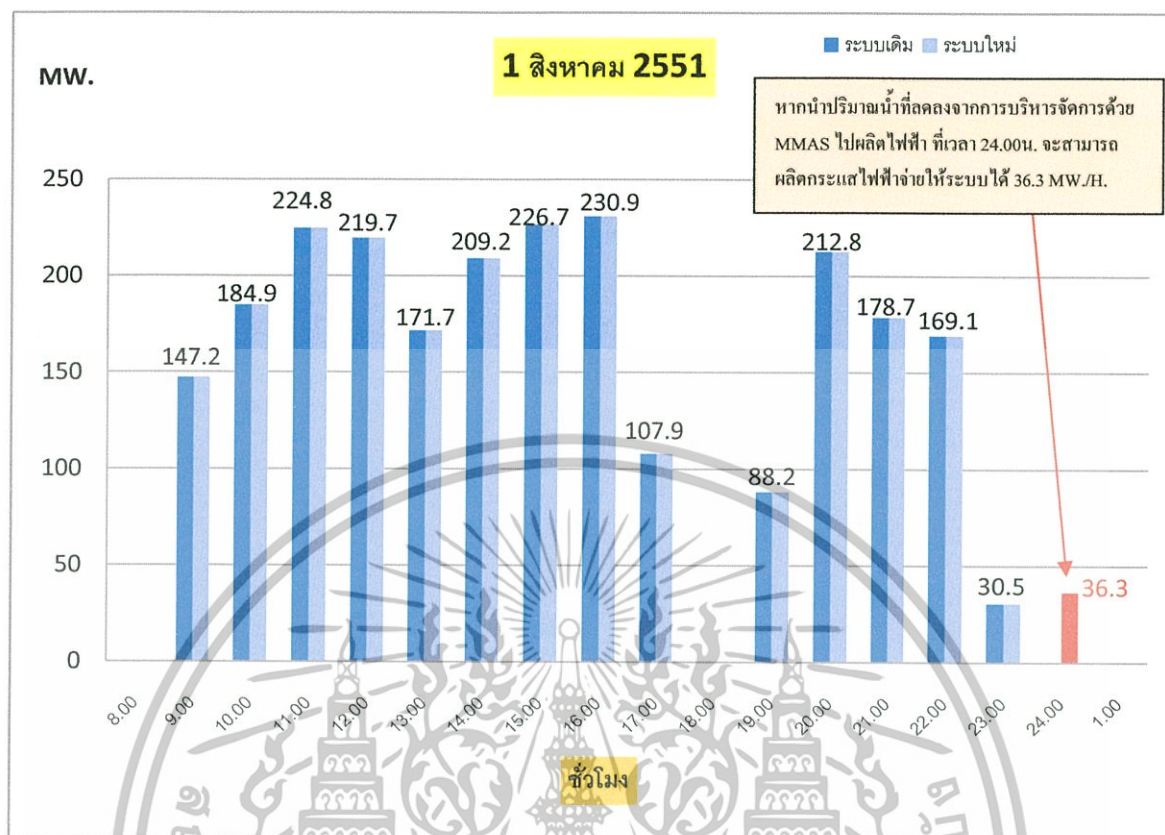
จากตารางที่ 5.6 วันศุกร์ที่ 1 สิงหาคม 2551 ผลจากการนำ MMAS มาประยุกต์ทดสอบกับปัญหาการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ากับโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ พบว่าจากระบบเดิมตลอดระยะเวลา 1 วัน มีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 2,402.3 MW. มีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 16.18206 MCM. คิดเป็นอัตราการใช้น้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วย 6.73607 CU.M./KWH.

เมื่อนำ MMAS มาประยุกต์ทดสอบกับการจัดการน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีเงื่อนไขต้องผลิตกระแสไฟฟ้ารวมในปริมาณเท่าระบบเดิมทุกๆ ชั่วโมง รวมมีกำลังไฟฟ้าที่ทำการผลิตตลอดทั้งวันที่ 2,402.3 MW. เท่ากับระบบเดิม โปรแกรม MMAS จะค้นหารูปแบบเส้นทางเดินการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ในรูปแบบแตกต่างกัน ซึ่งจากรูปแบบเส้นทางการผลิตกระแสไฟฟ้ารวมที่แตกต่างจากระบบเดิม ส่งผลทำให้มีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพียง 15.9244 MCM. สามารถลดการใช้น้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากระบบเดิมถึง 257,647 ลูกบาศก์เมตร คิดเป็นปริมาณน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยลดลงเฉลี่ยที่ 6.62881 CU.M./KWH. ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้น้ำเพื่อการผลิตไฟฟ้าของวันที่ 1 สิงหาคม 2551

หากนำปริมาณน้ำที่ลดลงจากการบริหารจัดการดังกล่าว ไปผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับน้ำเวลา 24.00 น. จะสามารถผลิตปริมาณกระแสไฟฟ้าจ่ายให้ระบบได้ถึง 36.30 MW/H. หรือเทียบเท่าพลังงาน 8.042 ตันน้ำมันดิบ ดังแสดงในรูปที่ 5.8



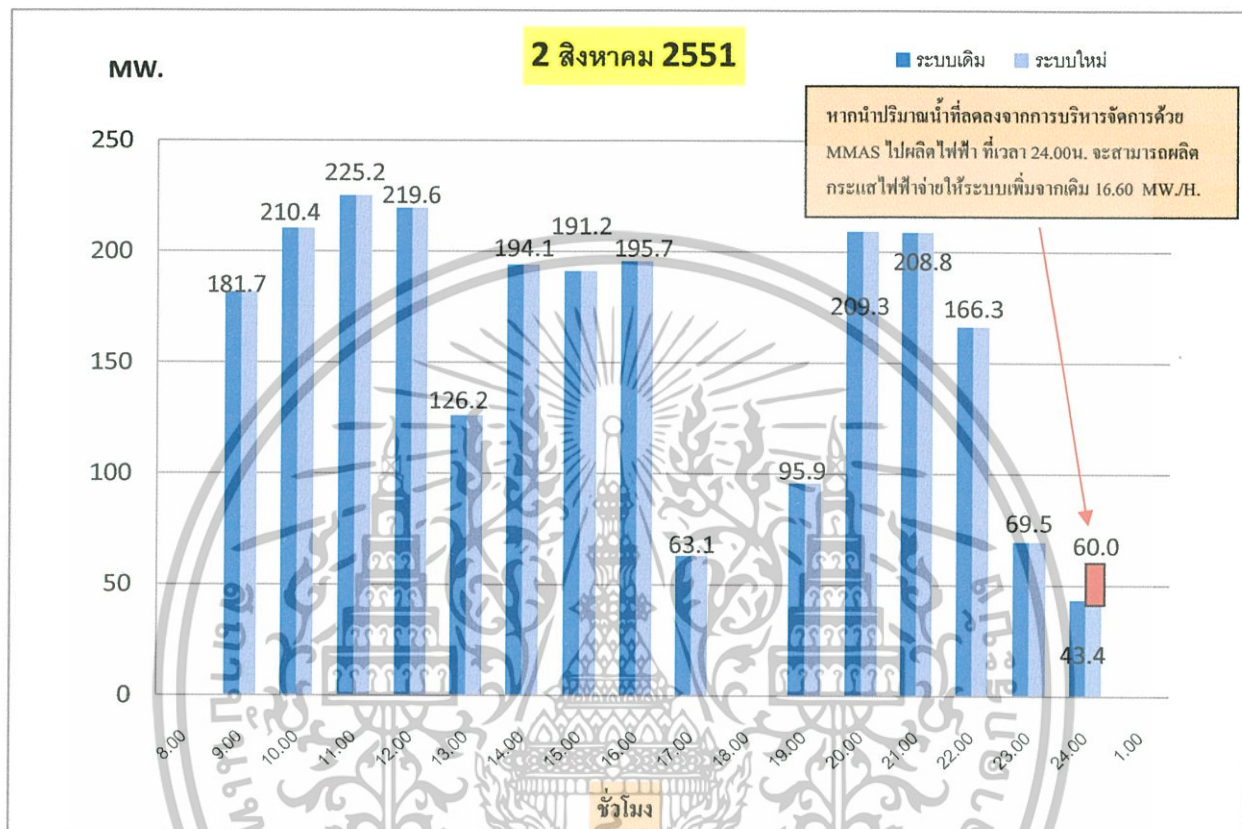
รูปที่ 5.8 รูปแบบการผลิตไฟฟ้าวันที่ 1 สิงหาคม 2551 เมื่อนำโปรแกรม MMAS มาประยุกต์ใช้กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่ามีการใช้ปริมาณน้ำที่ลดลงจากการผลิตกระแสไฟฟ้าจากระบบเดิม และถ้านำน้ำที่ลดลงจากระบบเดิมนี้ออกไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ณ.ที่เวลา 24.00 น. จะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากระบบเดิม 36.30 MW./H.

5.3.2 การทดสอบ MMAS กับการจัดการน้ำวันที่ 2 สิงหาคม 2551

วันเสาร์ที่ 2 สิงหาคม 2551 จากตารางที่ 5.7 ผลจากการนำ MMAS มาประยุกต์ใช้กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ากับโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ ระบบเดิมตลอดระยะเวลา 1 วัน มีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 2,400.4 MW. มีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 15.949 MCM. คิดเป็นอัตราการใช้ปริมาณน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วย 6.6443 CU.M./KWH. เมื่อนำ MMAS มาประยุกต์ทดสอบกับการจัดการน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยให้ผลิตกระแสไฟฟ้าแก่ระบบเดิม 2,400.4 MW. พบว่ามีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งสิ้น 15.81675 MCM. มีการใช้ปริมาณน้ำลดลงจากเดิม 132,253 ลูกบาศก์เมตร มีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 6.5892 CU.M./KWH.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากนำปริมาณน้ำที่ลดลงจากการบริหารจัดการดังกล่าวไปผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับน้ำเวลา 24.00 น. จะสามารถผลิตปริมาณกระแสไฟฟ้าจ่ายให้ระบบได้ 16.60 MW/H. หรือเทียบเท่า 3.677 คับน้ำมันดิบ ดังแสดงในรูปที่ 5.9



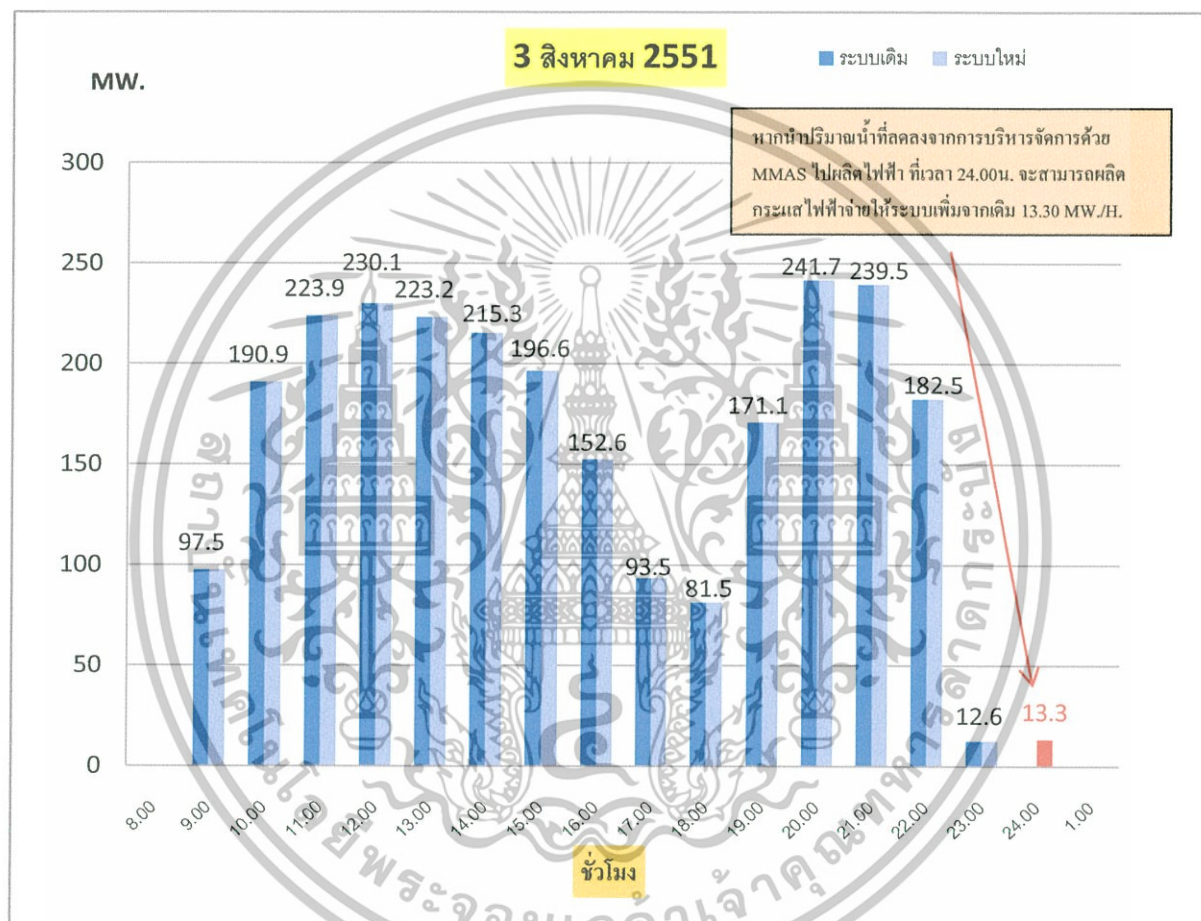
รูปที่ 5.9 รูปแบบการผลิตไฟฟ้าวันที่ 2 สิงหาคม 2551 ปริมาณน้ำที่ลดลงของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากระบบเดิม นำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ณ เวลา 24.00 น. สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากระบบเดิม 16.60 MW/H.

5.3.3 การทดสอบ MMAS กับการจัดการน้ำวันที่ 3 สิงหาคม 2551

วันอาทิตย์ที่ 3 สิงหาคม 2551 จากตารางที่ 5.8 ผลจากการนำ MMAS มาประยุกต์กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ากับโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ จากระบบเดิมตลอดระยะเวลา 1 วัน มีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้า 2,552.5 MW. มีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 16.8280 MCM. คิดเป็นอัตราการใช้น้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 6.59275 CU.M./KWH. เมื่อนำ MMAS มาประยุกต์ทดสอบกับการจัดการน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยให้ผลิตกระแสไฟฟ้าแก่ระบบเดิม 2,552.5 MW. พบว่ามีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งสิ้น 16.72038 MCM. มีการใช้น้ำลดลงจากเดิม 107,620 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลูกบาศก์เมตร มีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 6.5505 CU.M./KWH.

หากนำปริมาณน้ำที่ลดลงจากการบริหารจัดการดังกล่าวไปผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับน้ำเวลา 24.00 น. จะสามารถผลิตปริมาณกระแสไฟฟ้าจ่ายเพิ่มให้ระบบได้ 13.30 MW/H. หรือเทียบเท่า 2.946 ตันน้ำมันดิบ ดังแสดงในรูปที่ 5.10



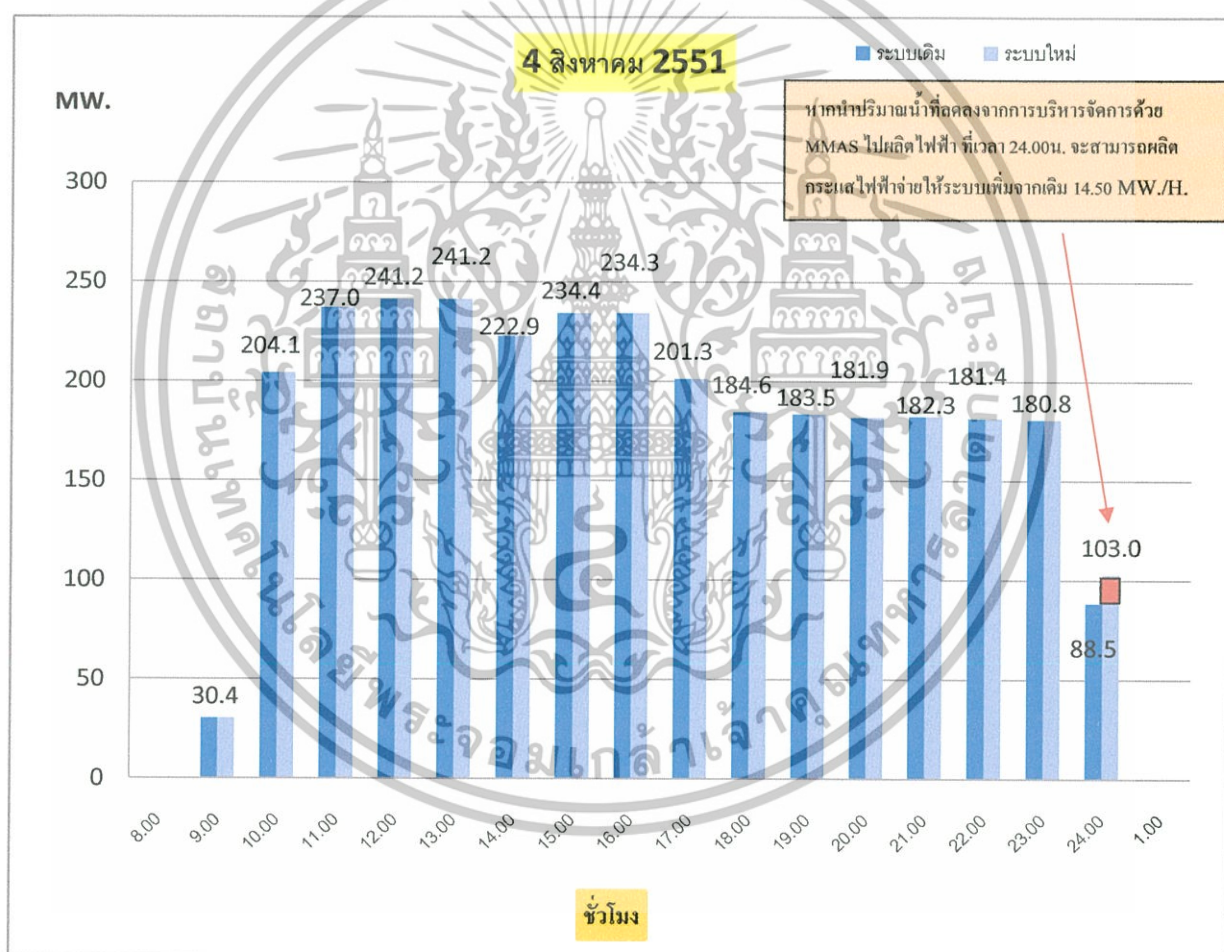
รูปที่ 5.10 รูปแบบการผลิตไฟฟ้า วันที่ 3 สิงหาคม 2551 ปริมาณน้ำที่ลดลงของการผลิตกระแสไฟฟ้าระบบเดิม นำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ณ.เวลาที่ 24.00 น. สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากระบบเดิม 13.30 MW/H.

5.3.4 การทดสอบ MMAS กับการจัดการน้ำวันที่ 4 สิงหาคม 2551

วันจันทร์ที่ 4 สิงหาคม 2551 จากตารางที่ 5.9 ผลจากการนำ MMAS มาประยุกต์กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ากับโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ จากระบบเดิมตลอดระยะเวลา 1 วัน มีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 3,029.8 MW. มีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้า 20.091 MCM. คิดเป็นอัตราการใช้ปริมาณน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 6.6311 CU.M./KWH. เมื่อนำ MMAS มาประยุกต์ทดสอบกับการจัดการน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยให้ผลิตกระแสไฟฟ้าแก่ระบบเดิม 3,029.8 MW. พบว่ามีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งสิ้น 19.9665 MCM. มีการใช้ปริมาณน้ำลดลงจากเดิม 124,540 ลูกบาศก์เมตร มีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 6.5900 CU.M./KWH.

หากนำปริมาณน้ำที่ลดลงจากการบริหารจัดการดังกล่าวไปผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับน้ำเวลา 24.00 น. จะสามารถผลิตปริมาณกระแสไฟฟ้าจ่ายให้ระบบเพิ่มจากเดิม 14.50 MW/H. หรือเทียบเท่า 3.212 ตันน้ำมันดิบ ดังแสดงในรูปที่ 5.11



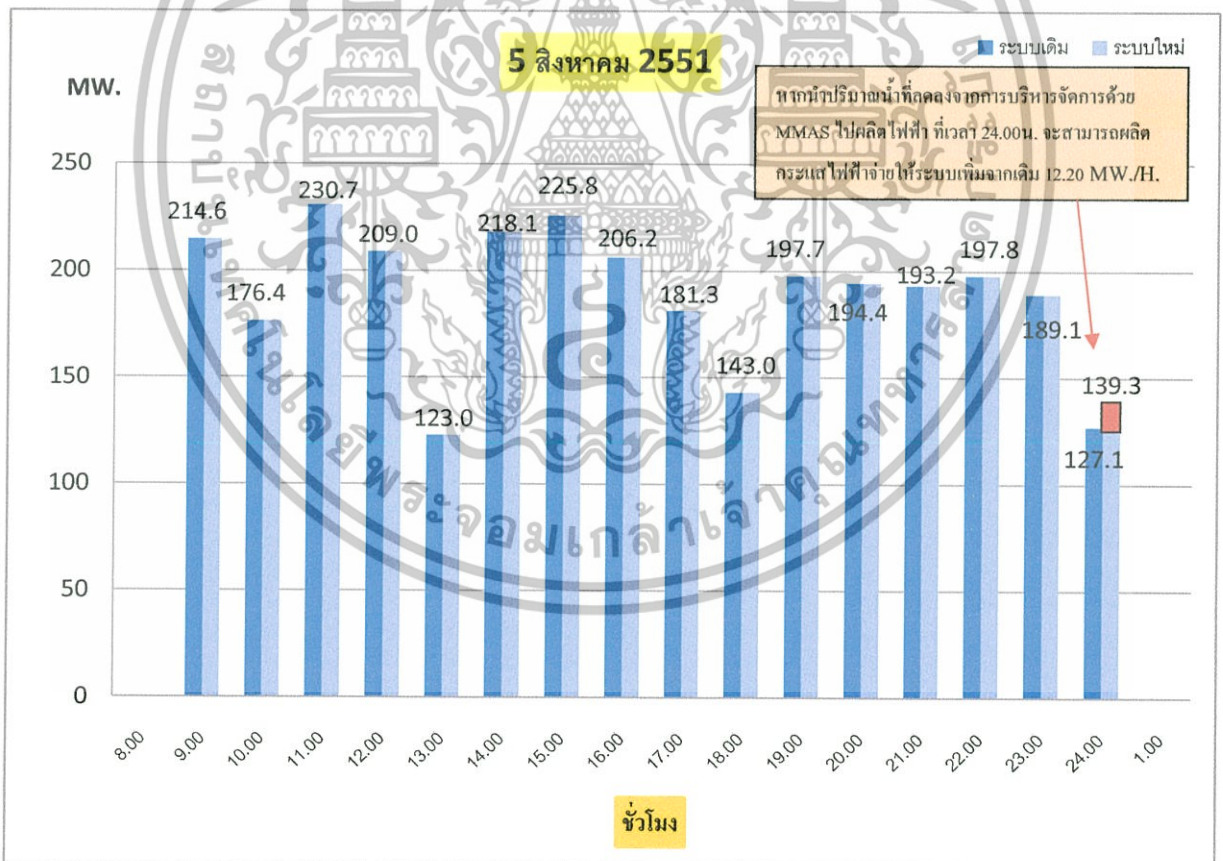
รูปที่ 5.11 รูปแบบการผลิตไฟฟ้า วันที่ 4 สิงหาคม 2551 ปริมาณน้ำที่ลดลงของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากระบบเดิม สามารถนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ณ.เวลาที่ 24.00 น. สามารถได้ผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากระบบเดิม 14.50 MW/H.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.5 การทดสอบ MMAS กับการจัดการน้ำวันที่ 5 สิงหาคม 2551

วันอังคารที่ 5 สิงหาคม 2551 จากตารางที่ 5.10 ผลจากการนำ MMAS มาประยุกต์กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ากับโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ จากระบบเดิมตลอดระยะเวลา 1 วัน มีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 3,027.4 MW. มีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 20.031 MCM. คิดเป็นอัตราการใช้ปริมาณน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 6.6165 CU.M./KWH. เมื่อนำ MMAS มาประยุกต์ทดสอบกับการจัดการน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยให้มีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าเท่าระบบเดิม 3,027.4 MW. พบว่ามีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งสิ้น 19.926 MCM. มีการใช้ปริมาณน้ำลดลงจากเดิม 105,000 ลูกบาศก์เมตร มีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 6.5818 CU.M./KWH.

หากนำปริมาณน้ำที่ลดลงจากการบริหารจัดการดังกล่าวไปผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับน้ำเวลา 24.00 น. จะสามารถผลิตปริมาณกระแสไฟฟ้าจ่ายให้ระบบได้ 12.60 MW/H. หรือเทียบเท่า 2.7914 ตันน้ำมันดิบ ดังแสดงในรูปที่ 5.12



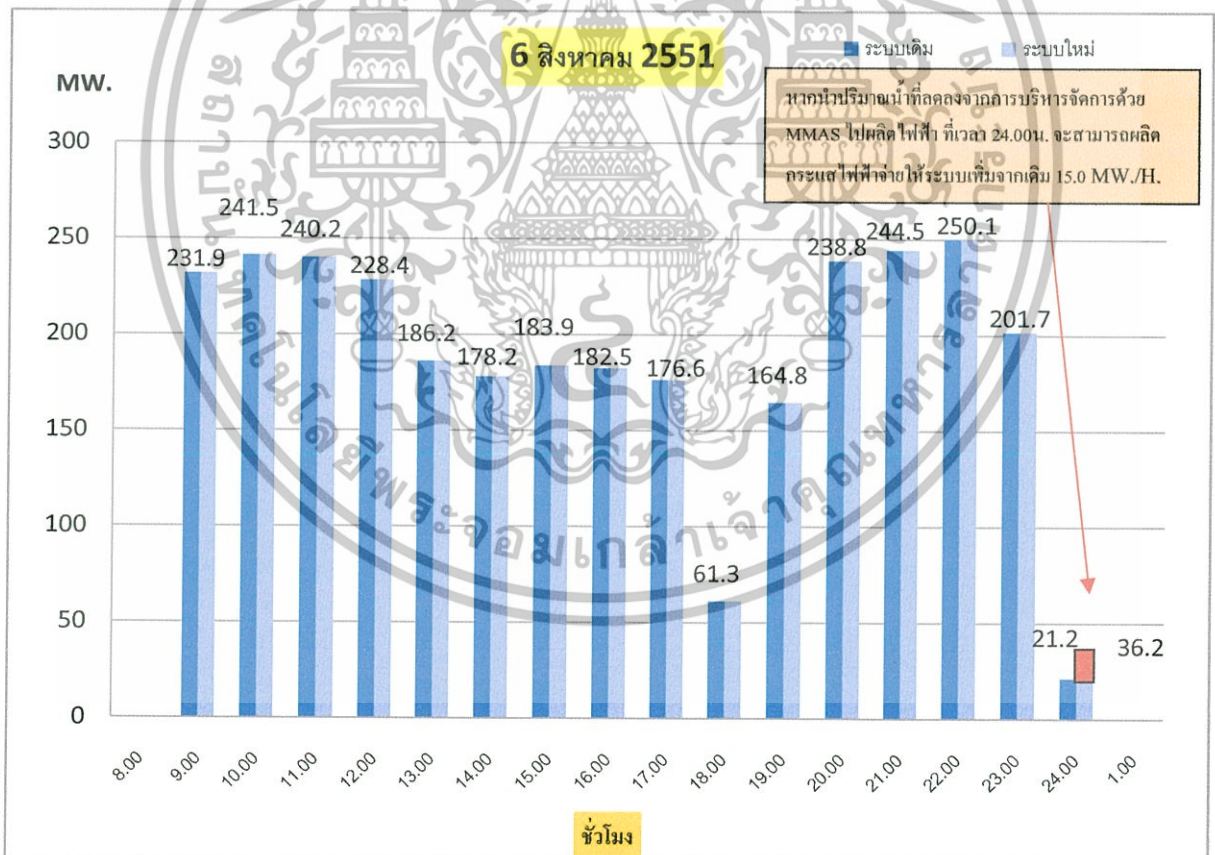
รูปที่ 5.12 รูปแบบการผลิตไฟฟ้า วันที่ 5 สิงหาคม 2551 ปริมาณน้ำที่ลดลงของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากระบบเดิม สามารถนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ณ.เวลาที่ 24.00 น. สามารถได้ผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากระบบเดิม 12.20 MW./H.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.6 การทดสอบ MMAS กับการจัดการน้ำวันที่ 6 สิงหาคม 2551

วันพุธที่ 6 สิงหาคม 2551 จากตารางที่ 5.11 ผลจากการนำ MMAS มาประยุกต์กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ากับโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ จากระบบเดิมตลอดระยะเวลา 1 วัน มีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 3,031.8 MW. มีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 19.9761 MCM. คิดเป็นอัตราการใช้ปริมาณน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 6.5885 CU.M./KWH. เมื่อนำ MMAS มาประยุกต์ทดสอบกับการจัดการน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยให้ผลิตกระแสไฟฟ้าแก่ระบบเดิม 3,031.8 MW. พบว่ามีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งสิ้น 19.8543 MCM. มีการใช้ปริมาณน้ำลดลงจากเดิม 121,800 ลูกบาศก์เมตร มีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 6.5486 CU.M./KWH.

หากนำปริมาณน้ำที่ลดลงจากการบริหารจัดการดังกล่าวไปผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับน้ำเวลา 24.00 น. จะสามารถผลิตปริมาณกระแสไฟฟ้าจ่ายให้ระบบได้ 15.00 MW/H. หรือเทียบเท่า 3.34 ตันน้ำมันดิบ ดังแสดงในรูปที่ 5.13



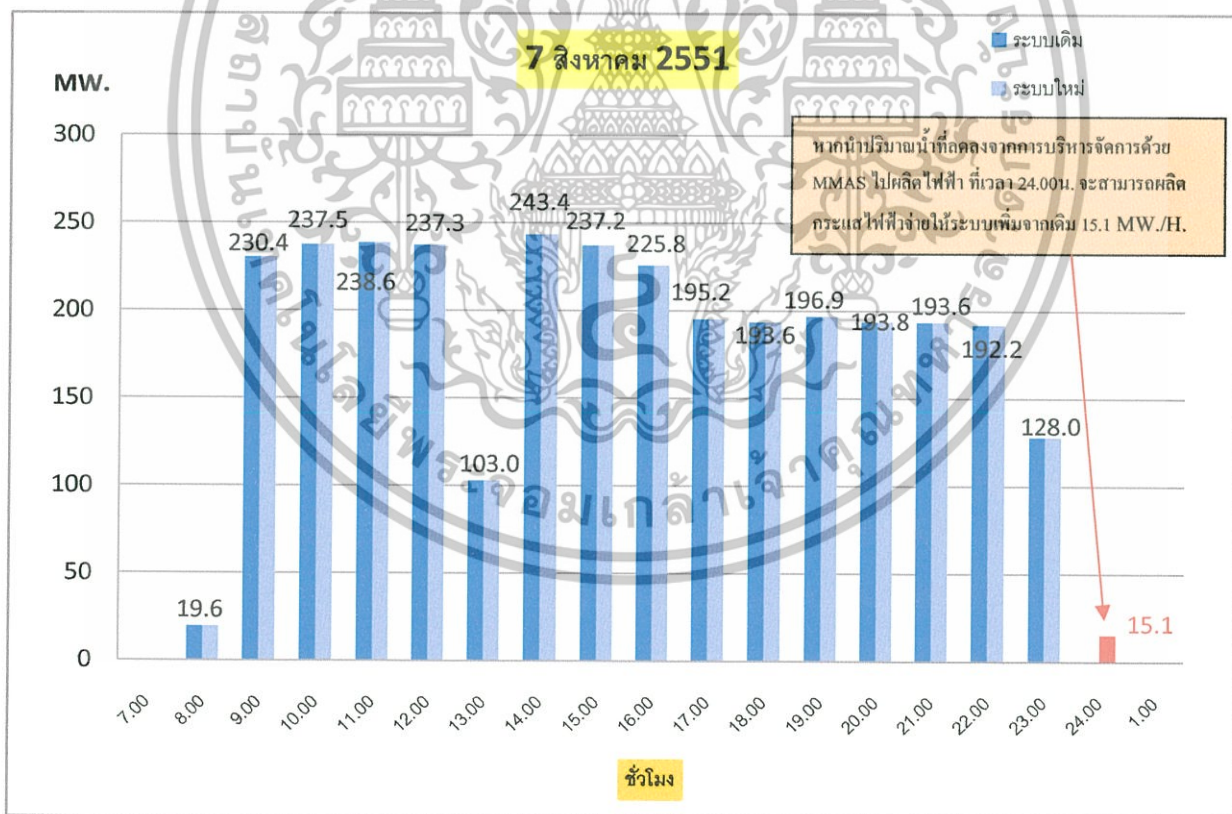
รูปที่ 5.13 รูปแบบการผลิตไฟฟ้า วันที่ 6 สิงหาคม 2551 ปริมาณน้ำที่ลดลงของการผลิตกระแสไฟฟ้าระบบเดิม สามารถนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ณ.เวลาที่ 24.00 น. สามารถได้ผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากระบบเดิม 15.0 MW/H.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.7 การทดสอบ MMAS กับการจัดการน้ำวันที่ 7 สิงหาคม 2551

วันพฤหัสบดีที่ 7 สิงหาคม 2551 จากตารางที่ 5.12 ผลจากการนำ MMAS มาประยุกต์กับการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ากับโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ จากระบบเดิมตลอดระยะเวลา 1 วัน มีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ 3,066.1 MW. มีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 20.1346 MCM. คิดเป็นอัตราการใช้ปริมาณน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 6.5668 CU.M./KWH. เมื่อนำ MMAS มาประยุกต์ทดสอบกับการจัดการน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า โดยให้ผลิตกระแสไฟฟ้าเท่าระบบเดิม 3066.1 MW. พบว่ามีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าทั้งสิ้น 20.0141 MCM. มีการใช้ปริมาณน้ำลดลงจากเดิม 120,450 ลูกบาศก์เมตร มีการใช้ปริมาณน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยที่ 6.5275 CU.M./KWH.

หากนำปริมาณน้ำที่ลดลงจากการบริหารจัดการดังกล่าวไปผลิตกระแสไฟฟ้าที่ระดับน้ำเวลา 24.00 น. จะสามารถผลิตปริมาณกระแสไฟฟ้าจ่ายให้ระบบได้ 15.10 MW/H. หรือเทียบเท่า 3.50 ต้นน้ำมันดิบ ดังแสดงในรูปที่ 5.14



รูปที่ 5.14 รูปแบบการผลิตไฟฟ้าวันที่ 7 สิงหาคม 2551 ปริมาณน้ำที่ลดลงของการผลิตกระแสไฟฟ้าระบบเดิม สามารถนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ณ.เวลาที่ 24.00 น. สามารถได้ผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากระบบเดิม 15.10 MW./H.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

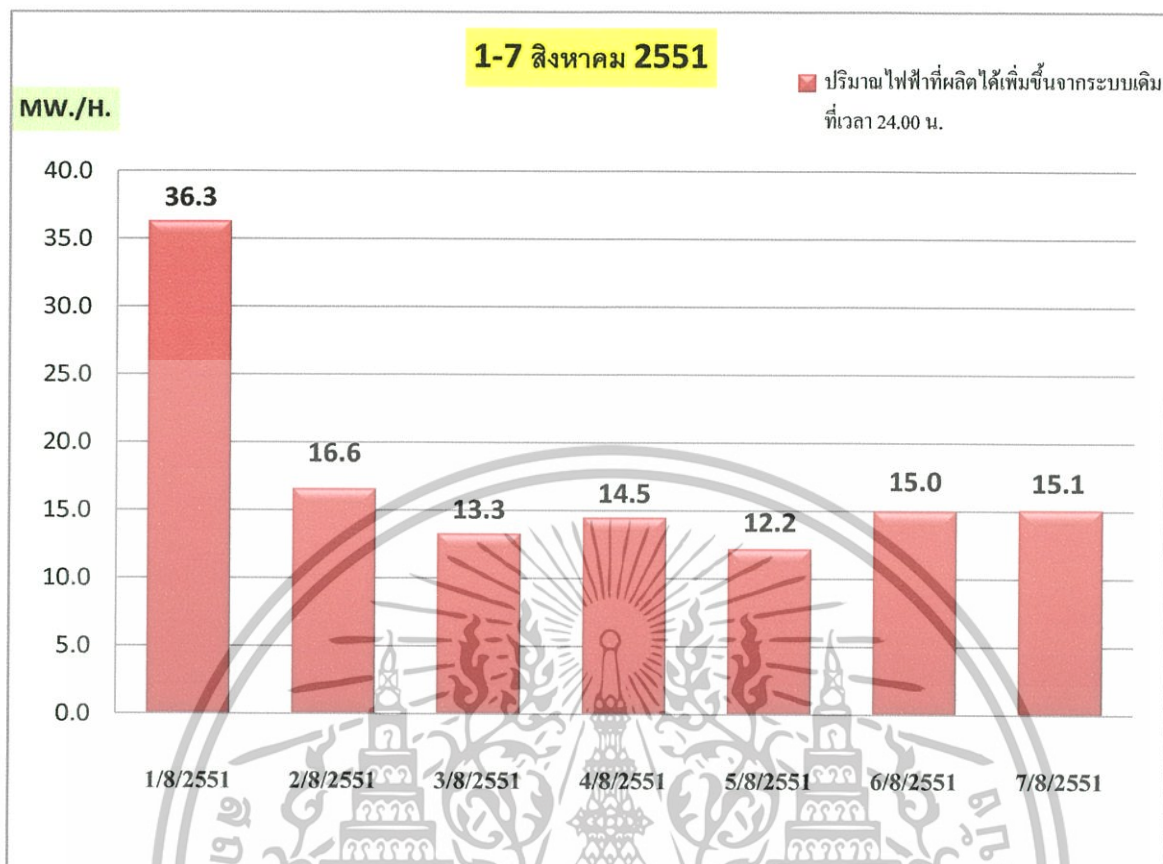
วันที่ 1-7 สิงหาคม 2551 รวมตลอดทั้งสัปดาห์ระบบเดิมมีปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 19,510.3 MW. มีปริมาณการปล่อยน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า 129.1922 MCM. คิดเป็นอัตราการใช้น้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยที่ 6.6217 CU.M./KWH. เมื่อนำ MMAS มาประยุกต์ทดสอบแก้ไขปัญหาการจัดการน้ำ ตั้งแต่วันที่ 1-7 สิงหาคม 2551 โดยผลิตปริมาณกระแสไฟฟ้าเท่าระบบเดิมทุกชั่วโมง พบว่ารูปแบบคำตอบการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าที่โปรแกรม MMAS สร้างขึ้นมีใช้ปริมาณน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า 128.228 MCM. ปริมาณน้ำลดลงจากระบบเดิม 0.96933 MCM. คิดเป็นอัตราการใช้น้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยที่ 6.5720 CU.M./KWH.

หากนำปริมาณน้ำที่ลดลงจากการบริหารจัดการดังกล่าวไปผลิตกระแสไฟฟ้าจะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าจ่ายให้ระบบบีปริมาณกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากระบบเดิมตลอดทั้งสัปดาห์มากถึง 123.0 MW. หรือเทียบเท่า 27.2715 ตันน้ำมันดิบ โดยที่ไม่ต้องลงทุนเพิ่มเติมหรือดัดแปลงยุ่งเกี่ยวกับระบบเดิมที่มีอยู่ ดังแสดงในตารางที่ 5.13 และรูปที่ 5.15

ตารางที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบระบบเดิมกับระบบใหม่ วันที่ 1- 7 สิงหาคม 2551

วันที่	ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิต (MW.)	ปริมาณน้ำ(MCM.)			หากนำปริมาณน้ำที่ลดลงจากการจัดการไปผลิต	พลังงานความร้อนสุทธิเทียบเท่าพลังงาน
		ระบบเดิม	ระบบใหม่	ปริมาณน้ำที่ลดลง	เป็นกำลังงานไฟฟ้า(MW.)	จากน้ำมันดิบ(ton)
1	2,402.30	16.1821	15.9244	0.25765	36.3	8.042
2	2,400.40	15.949	15.8167	0.13225	16.6	3.678
3	2,552.50	16.828	16.7204	0.10762	13.3	2.946
4	3,029.80	20.091	19.9665	0.12454	14.5	3.212
5	3,027.40	20.0314	19.9264	0.10499	12.2	2.703
6	3,031.80	19.9761	19.8543	0.12183	15.0	3.323
7	3,066.10	20.1345	20.0141	0.12045	15.1	3.345
รวม	19,510.30	129.1922	128.2228	0.96933	123.0	27.249

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 ปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ที่เวลา 24.00 น. ของแคว้น ซึ่งเป็นการนำปริมาณน้ำที่ลดลงจากการนำ MMAS มาประยุกต์กับการจัดการน้ำ มาผลิตกระแสไฟฟ้า

จากการบริหารจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่าปริมาณการใช้น้ำลดลงจากเดิม เมื่อคิดนำจำนวนปริมาณน้ำที่ลดลงจากระบบเดิมตลอด 1 สัปดาห์ ไปผลิตกระแสไฟฟ้าจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 123.0 MW. สามารถนำพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวไปช่วยลดปริมาณการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน เป็นการใชพลังงานงานหมุนเวียนที่มีอยู่ภายในประเทศให้เกิดประโยชน์มากที่สุด พร้อมทั้งเป็นการลดใช้พลังงานจากฟอสซิล หรือเป็นการลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ และเนื่องจากพลังงานน้ำเป็นพลังงานสะอาดจึงลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นไปตามตามพันธกรณีที่ประเทศไทยได้ทำสัญญาสารพิธีโตเกียวเรื่องดำเนินการลดปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อบรรเทาปัญหาสภาวะโลกร้อนอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

หลายปีที่ผ่านมาโลกได้เผชิญกับปัญหาต่างๆมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาวิกฤตพลังงานที่เป็นปัญหาใหญ่ ซึ่งคาดว่าจะส่งผลกระทบต่อทุกชีวิตบนโลกในอนาคตอันใกล้ ดังเห็นได้จากราคาน้ำมันในตลาดโลกสูงขึ้นอย่างรวดเร็วอัตราการใช้น้ำมันเพิ่มขึ้นขณะที่กำลังการผลิตลดลง และอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นจากการเผาไหม้แหล่งพลังงานฟอสซิลทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากเหตุผลดังกล่าวพลังงานทางเลือกที่สะอาด พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ หรือพลังงานชีวมวล จึงเป็นพลังงานที่จำเป็นยิ่งสำหรับประเทศไทยเพื่อลดการพึ่งพาแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปภายนอกประเทศ แล้วหันมาพึ่งพิงแหล่งพลังงานทางเลือกอื่น ๆ ที่มีอยู่ภายในประเทศเพื่อให้ประเทศมีความมั่นคงทางด้านพลังงานมากขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยแก้ปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมจากการพัฒนาพลังงานหมุนเวียนซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการนำทฤษฎี MMAS ประยุกต์ช่วยในการจัดการน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า เป็นอีกแนวทางหนึ่งซึ่งช่วยให้การตัดสินใจเลือกเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังน้ำให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นการจัดสรรทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด วิธีการค้นหาคำตอบแบบ MMAS เป็นการหาค่าที่เหมาะสมแบบสุ่ม ดังนั้นคำตอบเริ่มต้นสำหรับการค้นหาเป็นสิ่งที่สำคัญ การกำหนดคำตอบเริ่มต้นที่ไม่เหมาะสม อาจทำให้ต้องใช้เวลาในการประมวลผลมากขึ้นและอาจทำให้คำตอบที่ได้จากการค้นหามีค่าที่ด้อยลง การแก้ของคำตอบเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณา

โดยวิทยานิพนธ์นี้ทดสอบ MMAS ประมวลผลเปรียบเทียบกับข้อมูลสถิติการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเขื่อนจันทราลกรณ ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่อยู่ภายใต้การดูแลของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย จากการทดลองพบว่า MMAS ให้ผลเฉลยกลุ่มของคำตอบอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ผลเฉลยของคำตอบสามารถช่วยลดปริมาณการใช้น้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ปริมาณเท่าระบบเดิม ซึ่งเป็นการพัฒนานำเทคโนโลยีที่มีอยู่มาใช้งาน โดยที่ไม่ต้องเข้าไปเปลี่ยนแปลงจากระบบเดิม และยังสามารถนำไปประยุกต์และพัฒนาเพื่อใช้กับโรงไฟฟ้าพลังน้ำเขื่อนอื่นๆ โดยทำการเปลี่ยนฐานข้อมูลสัดส่วนปริมาณไฟฟ้ากับปริมาณน้ำตามข้อมูลของเขื่อนที่ต้องการใช้งาน ซึ่งกล่าวได้ว่าเป็นอีกแนวทางหนึ่งซึ่งเป็นตัวช่วยในการตัดสินใจในการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าพลังน้ำอย่างเหมาะสมภายใต้เวลาที่ดี และถือได้ว่าเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า ทั้งยังเป็นการใช้

ทรัพยากรหมุนเวียนธรรมชาติที่มีอยู่ภายในประเทศอย่างเหมาะสมและก่อให้เกิดประโยชน์ให้มากที่สุด

งานวิจัยนี้พบข้อจำกัดด้านความต้องการน้ำด้านการชลประทาน เนื่องจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำนั้นมีน้ำเป็นต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญอย่างยิ่งมีการใช้งานร่วมกันหลายฝ่าย ไม่ว่าจะทางด้านเกษตรกรรม ด้านผลิตไถ่ น้ำเค็ม ด้านการผลิตกระแสไฟฟ้า ในส่วนนี้ควรต้องมีการพิจารณาศึกษาให้มีการจัดสรรน้ำที่มีอยู่อย่างเหมาะสมเพื่อเป็นการใช้ทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ให้เพียงพอต่อความต้องการทุกฝ่ายทุกด้าน สามารถนำแบบจำลอง MMAS ทำงานควบคู่กับแบบจำลองสำหรับการจัดการระบบอ่างเก็บน้ำด้านชลประทานเช่นแบบจำลอง HEC-3 และแบบจำลอง Mike Basin ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความต้องการใช้น้ำด้านชลประทาน เนื่องจากความต้องการใช้น้ำด้านชลประทานกับความต้องการใช้ไฟฟ้าต้องกระทำควบคู่กันไป แบบจำลอง Hec-3 และ แบบจำลอง Mike Basin เข้ามาช่วยตัดสินใจในการจัดสรรน้ำหน้าอ่างและท้ายอ่างให้เพียงพอต่อความต้องการใช้น้ำ แบบจำลอง MMAS สามารถประยุกต์จากปริมาณน้ำที่ความต้องการใดๆ ให้เป็นการจัดสรรกำลังไฟฟ้าเพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าสูงสุด แบบจำลอง MMAS ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบผลิตกำลังไฟฟ้าให้ดีขึ้น การทดสอบในบทที่ 5 พบว่าการผลิตกำลังไฟฟ้าหนึ่งหน่วยจะมีปริมาณการใช้น้ำที่ลดลง MMAS จึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการตัดสินใจ ด้านการจัดทำแผนการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าระยะกลาง และ แผนการเดินเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าระยะยาว ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 เพื่อให้การผลิตกระแสไฟฟ้าควบคู่กับการชลประทานอย่างเกิดประโยชน์และเหมาะสมมากที่สุดต่อไป

บรรณานุกรม

- [1] กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2545). สถิติสำหรับงานวิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น)
- [2] กชกร ธาณีวัฒน์. (2547, เมษายน). “จับตาพลังงานหมุนเวียนปี 47 ไทยขึ้นแท่นผู้นำอาเซียน,” รัศมีพลังงาน. 2(6) : 7-8.
- [3] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2545). “รายงานวิจัยเรื่องหลักเกณฑ์การปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง”.นนทบุรี
- [4] ฉลองเกิด พิทักษ์. (2538). การจัดการน้ำในลุ่มน้ำประเทศไทย. ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- [5] ฉกร อินทร์พวง. (2550). การแก้ไขปัญหาคัดตื้นใจในอุตสาหกรรมขนส่งและลจิสติกส์ กรุงเทพฯ :บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด.
- [6] ปารเมศ ชูติมา (2545). การออกแบบทดลองเชิงวิศวกรรม, ศูนย์หนังสือจุฬาฯ
- [7] พิพัฒน์ นนทนาธรรม์ และอื่นๆ. (2550). รายงานโครงการวิจัยเชิงบูรณาการเพื่อการศึกษาโครงสร้างระบบพลังงานทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย. สภาที่ปรึกษาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
- [8] วรารุช วุฒิวณิชย์. (2545). อุทกวิทยาทางวิศวกรรม. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 359น.
- [9] วรารุช วุฒิวณิชย์. (2536, เมษายน-กรกฎาคม). งานวิจัยด้านการจัดการการชลประทาน. วิศวกรรมสาร มก. ฉบับที่ 19 ปีที่ 7, หน้า 73 - 78.
- [10] วัฒนา ถาวร. (2543). โรงต้นกำลัง. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- [11] ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ. (2535) การสร้างแบบจำลอง(Simulation), ศูนย์หนังสือจุฬาฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2546). นโยบายและมาตรการเพื่อการพัฒนาพลังงานในปี 2545. กรุงเทพฯ : กระทรวงพลังงาน
- [13] อารียา ฤทธิมา และ วราวุธ วุฒิวณิชย์. (2548, 1-3 กุมภาพันธ์). การวิเคราะห์การปฏิบัติงานระบบอ่างเก็บน้ำในกลุ่มน้ำแม่กลอง. การประชุมวิชาการครั้งที่ 43 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 11-21.
- [14] อารียา ฤทธิมา. (2545) US Army of Engineer (1988)
- [15] Adirak.(2008) Ant colony optimization for production scheduling in capital goods industries, Thesis in master of engineer, Naresuan university
- [16] A.J Wood, B.F. Wollenberg, "Power Generation Operation and Control" , John Wiley and Sons, New York, 1984
- [17] British Petroleum. (2004). Energy in Focus. [On-line]. Available: <http://www.bp.com/statisticalreview2004>.
- [18] Boyle. (2004). Renewable Energy Power for a Sustainable Future. New York : Oxford University Press.
- [19] Colony, M. Dorigo, and V. Maniezzo. Distributed Optimization. By Ant Colonies. In proceedings of ECAL91-European Conference of Artificial Life, page 134-142. Elsevier Publishing, 1991.
- [20] Dorigo and Stuetzle, 2004 M. Dorigo and T. Stuetzle, *Ant colony optimization*, MIT Press Bradford Books, Cambridge, MA (2004)
- [21] Dorigo M , Colomi A, Maniezzo V (1992) , An investigation of some properties of an ant algorithm. In: Manner R, Manderick B (eds) proceedings of the conference on parallel problem solving from nature , Brussels ,Elsevier,Amsterdam , pp509-520
- [22] Energy Information Administration. (2004a). International Energy Outlook 2004.

- [23] M. Dorigo, Optimization, Learning, and Natural Algorithms. PhD thesis, Politecnico di Milano,
- [24] Montgomery , D.C. (2001), Design and Analysis of experiments Fifth edition, John Wiley and Sons, New York. 1992.
- [25] Maier, H.R., A.R. Simpson, A.C. Zecchin. W.K. Foong, K.Y. Phang, H.Y. Seah, & C.L. Tan, Ant Colony Optimization of the design of water Distribution system, Jour. Water Resources Planning & Management, ASC, 123(2), 67-77, 1997.
- [26] Majer, H.R., A.R. Simpson Selection of Parameter for Ant Applied to the Optimal Design of Water Distribution System, ASCE, in press, 2003.
- [27] Nagar, A. ,Haddock,J. and Heragu ,S. (1995), Multiple and bicriteria scheduling: a literature survey , European Journal of operational Research,81,88-104.
- [28] Pongcharoen,P.(2001), Genetic algorithm for production scheduling in capital goods industries, Ph.D. thesis ,University of Newcastle upon Tyne,UK.
- [29] Ristinen, Robert A. & Kraushaar, Jack J. (1999). Energy and the Environment. New York : John Wiley & Sons.
- [30] Shepherd, W. & Shepherd, D.W. (1998). Energy Studies. Singapore : World Scientific.
- [31] Stutzle T., Hoos H. Max-Min Ant System and Local Search for Traveling Salesman Problem, *IEEE International Conference on Volume , Issue , 13-16 Apr 1997* , pp: 309 – 314.
- [32] Socha, K., Knowles, J., Sampels, M. (2003), A Max-Min ant system for the university course timetabling problem, In M. Dorigo G. Di Caro & M. Sampels (EDS), Ant algorithm, Lecture Notes in Computer Science, 2463, 1-13, Springer-Verlag

- [33] Stutzle, T. & H.H. Hoos., MAX-MIN Ant System, Future Generation Computer Systems. 16, 889-914, 2000.
- [34] T. Stuetzle and M. Dorigo. "ACO algorithms for the quadratic assignment problem", in New Ideas in Optimization, D. Corne, M. Dorigo, and F. Glover (Eds.), McGraw-Hill, 1999.
- [35] Thomas Stützle , Holger H. Hoos, MAX-MIN Ant system, Future Generation Computer Systems, v.16 n.9, p.889-914, June 2000
- [36] Y.H. Song, Large-Scale Economic Dispatch by Artificial Ant Colony Search Algorithms, July 3, 1998





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 1 สิงหาคม 2551

Time	A/I	Weight of Pheromone	Weight of Heuristic	Evaporation Rate
9.00	5/20	2.5	5	0.2
10.00	5/20	0.5	5	0.2
11.00	5/20	2.5	5	0.2
12.00	5/20	0.5	5	0.9
13.00	5/20	2.5	5	0.9
14.00	5/20	2.5	5	0.2
15.00	5/20	2.5	5	0.9
16.00	5/20	1.5	5	0.55
17.00	5/20	1.5	5	0.2
18.00	-	-	-	-
19.00	5/20	2.5	5	0.2
20.00	5/20	2.5	5	0.2
21.00	5/20	2.5	5	0.2
22.00	5/20	1.5	5	0.55
23.00	5/20	2.5	5	0.2
24.00	5/20	2.5	5	0.2

วันที่ 2 สิงหาคม 2551

Time	A/I	Weight of Pheromone	Weight of Heuristic	Evaporation Rate
9.00	5/20	1.5	5	0.55
10.00	5/20	2.5	5	0.2
11.00	5/20	2.5	5	0.2
12.00	5/20	1.5	5	0.55
13.00	5/20	2.5	5	0.2
14.00	5/20	2.5	5	0.55
15.00	5/20	0.5	5	0.2
16.00	5/20	2.5	5	0.2
17.00	5/20	2.5	5	0.2
18.00	-	-	-	-
19.00	5/20	2.5	5	0.2
20.00	5/20	2.5	5	0.2
21.00	5/20	2.5	5	0.2
22.00	5/20	2.5	5	0.2
23.00	-	-	-	-
24.00	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 3 สิงหาคม 2551

Time	A/I	Weight of Pheromone	Weight of Heuristic	Evaporation Rate
9.00	5/20	1.5	5	0.55
10.00	5/20	2.5	5	0.2
11.00	5/20	2.5	5	0.2
12.00	5/20	2.5	5	0.2
13.00	5/20	2.5	5	0.2
14.00	5/20	1.5	5	0.55
15.00	5/20	1.5	5	0.2
16.00	5/20	2.5	5	0.2
17.00	5/20	2.5	5	0.2
18.00				
19.00	5/20	2.5	5	0.2
20.00	10/10	0.5	5	0.55
21.00	5/20	2.5	5	0.2
22.00	5/20	2.5	5	0.2
23.00	-	-	-	-
24.00	-	-	-	-

วันที่ 4 สิงหาคม 2551

Time	A/I	Weight of Pheromone	Weight of Heuristic	Evaporation Rate
9.00	-	-	-	-
10.00	5/20	0.5	5	0.9
11.00	5/20	0.5	5	0.2
12.00	5/20	1.5	5	0.55
13.00	5/20	2.5	5	0.2
14.00	5/20	1.5	5	0.2
15.00	5/20	1.5	5	0.2
16.00	5/20	2.5	5	0.2
17.00	5/20	2.5	5	0.2
18.00	-	-	-	-
19.00	5/20	2.5	5	0.2
20.00	5/20	2.5	5	0.2
21.00	5/20	2.5	5	0.2
22.00	5/20	2.5	5	0.2
23.00	5/20	1.5	5	0.2
24.00	5/20	0.5	5	0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 5 สิงหาคม 2551

Time	A/I	Weight of Pheromone	Weight of Heuristic	Evaporation Rate
9.00	5/20	1.5	5	0.55
10.00	5/20	2.5	5	0.2
11.00	5/20	1.5	5	0.55
12.00	5/20	2.5	5	0.9
13.00	5/20	1.5	5	0.55
14.00	5/20	0.5	5	0.9
15.00	5/20	1.5	5	0.55
16.00	5/20	2.5	5	0.2
17.00	5/20	1.5	5	0.2
18.00	5/20	2.5	5	0.2
19.00	5/20	2.5	5	0.9
20.00	5/20	2.5	5	0.9
21.00	5/20	1.5	5	0.55
22.00	5/20	2.5	5	0.2
23.00	5/20	1.5	5	0.55
24.00	5/20	1.5	5	0.55

วันที่ 6 สิงหาคม 2551

Time	A/I	Weight of Pheromone	Weight of Heuristic	Evaporation Rate
9.00	5/20	0.5	5	0.2
10.00	5/20	2.5	5	0.2
11.00	5/20	2.5	5	0.2
12.00	5/20	2.5	5	0.2
13.00	5/20	2.5	5	0.2
14.00	5/20	2.5	5	0.2
15.00	5/20	1.5	5	0.55
16.00	10/10	1.5	5	0.55
17.00	5/20	1.5	5	0.55
18.00	-	-	-	-
19.00	5/20	2.5	5	0.2
20.00	5/20	0.5	5	0.2
21.00	5/20	2.5	5	0.2
22.00	5/20	1.5	5	0.55
23.00	5/20	2.5	5	0.2
24.00	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 7 สิงหาคม 2551

Time	A/I	Weight of Pheromone	Weight of Heuristic	Evaporation Rate
9.00	5/20	1.5	5	0.55
10.00	5/20	2.5	5	0.2
11.00	5/20	2.5	5	0.2
12.00	5/20	2.5	5	0.2
13.00	5/20	2.5	5	0.2
14.00	5/20	1.5	5	0.55
15.00	5/20	1.5	5	0.2
16.00	5/20	2.5	5	0.2
17.00	5/20	2.5	5	0.2
18.00	5/20	2.5	5	0.9
19.00	20/5	2.5	5	0.9
20.00	5/20	0.5	5	0.9
21.00	10/10	0.5	5	0.2
22.00	5/20	1.5	5	0.55
23.00	10/10	0.5	5	0.2
24.00	-	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

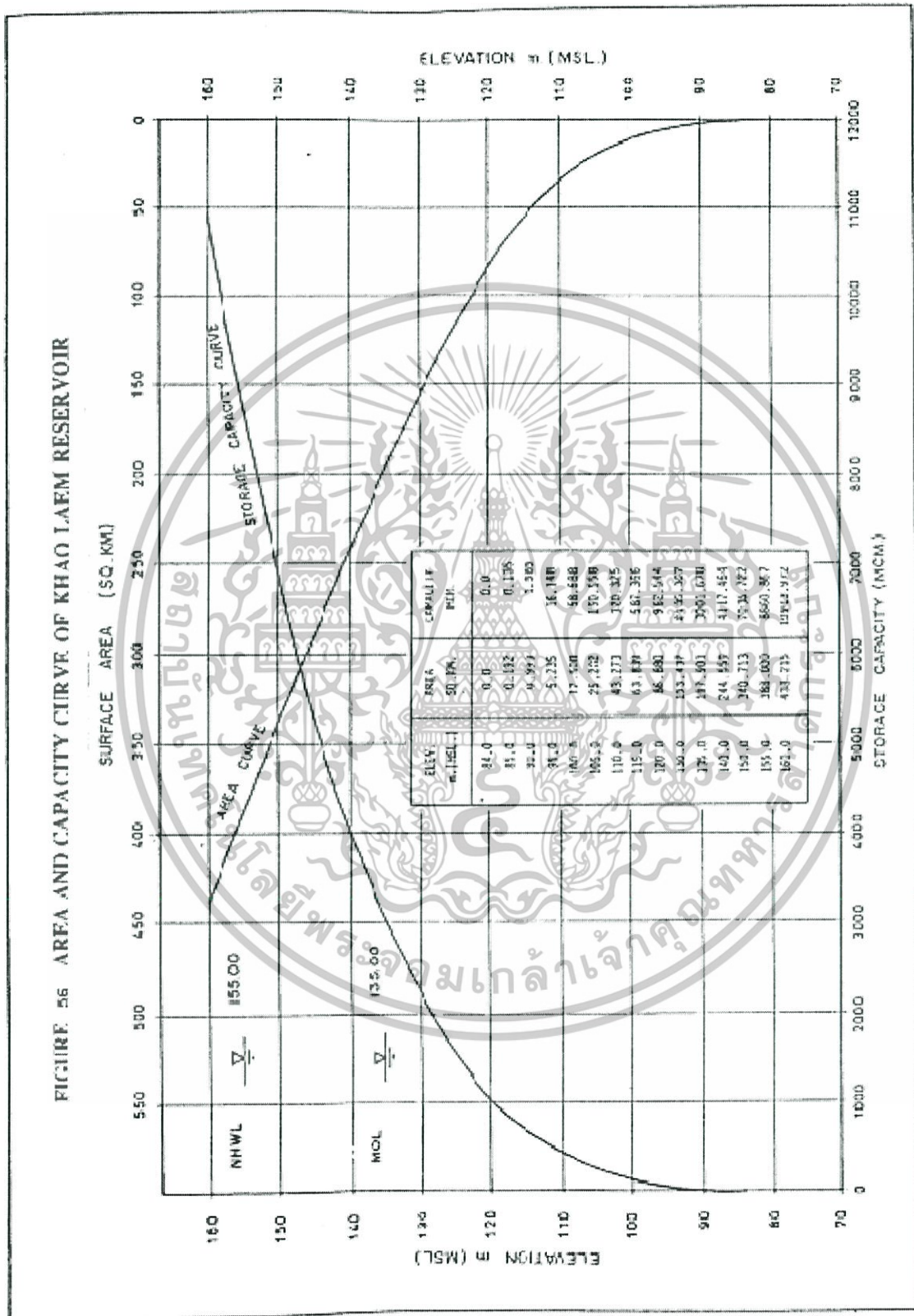


ภาคผนวก ข.

ข้อมูลเกี่ยวกับโรงไฟฟ้าเขื่อนวชิราลงกรณ์

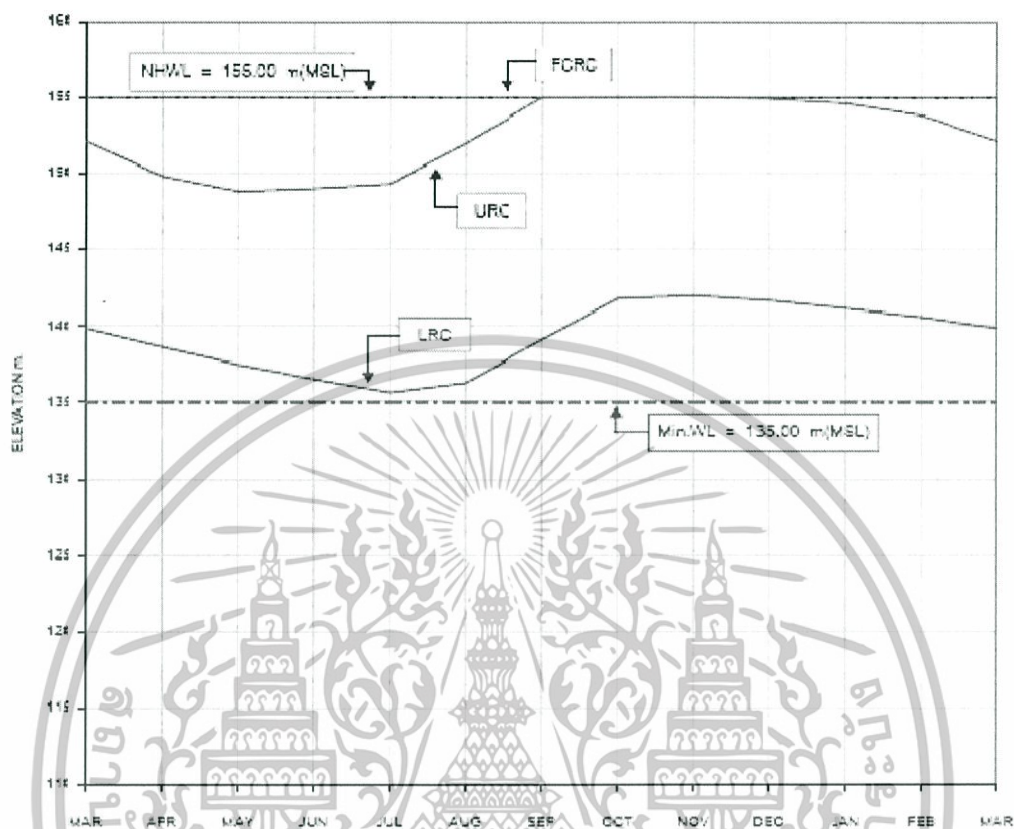
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 56 AREA AND CAPACITY CURVE OF KHAO LAEM RESERVOIR



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIGURE 57 : RULE CURVES OF KHAO LAEM RESERVOIR



Rule Curve	Month - End Elevation , m (MSL)											
	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR
FCRC	155.00	155.00	155.00	155.00	155.00	155.00	155.00	155.00	155.00	155.00	155.00	155.00
URC	149.80	148.60	149.00	149.30	152.00	155.00	155.00	155.00	154.90	154.60	153.80	152.10
LRC	135.64	137.50	136.53	135.64	136.29	139.15	141.53	142.03	141.71	141.18	140.60	139.67

Note : FCRC = Flood Control Rule Curve
 URC = Upper Rule Curve
 LRC = Lower Rule Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Public Class form1

#Region " Variables "
    Public DtSet As System.Data.DataSet
    Dim rd As New Random
    Public DtPheromone As DataTable
#End Region

#Region " Events "
    Private Sub NumericUpDown9_ValueChanged(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles ndFore.ValueChanged
        txtGross.Text = ndFore.Value - ndTail.Value
    End Sub

    Private Sub ndTail_ValueChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles ndTail.ValueChanged
        txtGross.Text = ndFore.Value - ndTail.Value
    End Sub

    Private Sub form1_Load(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Me.Load
        ClearData
    End Sub

    Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click

        Dim t1, t2 As Double
        t1 = Now.Ticks

        ImportData()
        If rdCase2.Checked Then
            If Cdbl(txtDemand.Text) < 201 Then
                Calculate2Machine()
            Else
                MessageBox.Show("Over 100 MW/Generator")
            End If
        Else
            If Cdbl(txtDemand.Text) < 301 Then
                Calculate3Machine()
            Else
                MessageBox.Show("Over 100 MW/Generator")
            End If
        End If

        t2 = Now.Ticks
        txtTime.Text = ((t2 - t1) / 10 ^ 7)
    End Sub

    Private Sub Button2_Click(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
        ClearData()
    End Sub

    Private Sub Iteration_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles rdI1.CheckedChanged,
rdI2.CheckedChanged, rdI3.CheckedChanged, rdI4.CheckedChanged
        If rdI1.Checked Then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        ndIteration.Value = 10
    ElseIf rdI2.Checked Then
        ndIteration.Value = 20
    ElseIf rdI3.Checked Then
        ndIteration.Value = 30
    ElseIf rdI4.Checked Then
        ndIteration.Value = 45
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Ant_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles rdA1.CheckedChanged, rdA2.CheckedChanged,
rdA3.CheckedChanged, rdA4.CheckedChanged
    If rdA1.Checked Then
        ndAnt.Value = 10
    ElseIf rdA2.Checked Then
        ndAnt.Value = 20
    ElseIf rdA3.Checked Then
        ndAnt.Value = 30
    ElseIf rdA4.Checked Then
        ndAnt.Value = 45
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Phe_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles rdP1.CheckedChanged, rdP2.CheckedChanged,
rdP3.CheckedChanged, rdP4.CheckedChanged
    If rdP1.Checked Then
        ndPheromone.Value = 0.5
    ElseIf rdP2.Checked Then
        ndPheromone.Value = 1.0
    ElseIf rdP3.Checked Then
        ndPheromone.Value = 1.5
    ElseIf rdP4.Checked Then
        ndPheromone.Value = 2.5
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Weight_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles rdW1.CheckedChanged, rdW2.CheckedChanged,
rdW3.CheckedChanged, rdW4.CheckedChanged
    If rdW1.Checked Then
        ndWeight.Value = 0.5
    ElseIf rdW2.Checked Then
        ndWeight.Value = 1.5
    ElseIf rdW3.Checked Then
        ndWeight.Value = 2.5
    ElseIf rdW4.Checked Then
        ndWeight.Value = 5.0
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Eva_CheckedChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles rdE1.CheckedChanged, rdE2.CheckedChanged,
rdE3.CheckedChanged, rdE4.CheckedChanged

```

```

    If rdE1.Checked Then
        ndEva.Value = 0.2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ElseIf rdE2.Checked Then
    ndEva.Value = 0.4
ElseIf rdE3.Checked Then
    ndEva.Value = 0.55
ElseIf rdE4.Checked Then
    ndEva.Value = 0.9
End If
End Sub

```

```
#End Region
```

```
#Region " Methods "
```

```

Sub ClearData()
    rdI1.Checked = True
    ndIteration.Value = 5

    rdA1.Checked = True
    ndAnt.Value = 5

    rdP3.Checked = True
    ndPheromone.Value = 1.5

    rdW3.Checked = True
    ndWeight.Value = 2.5

    rdE2.Checked = True
    ndEva.Value = 0.4

    txtDemand.Text = "100"
    ndG1.Value = 10
    ndG2.Value = 10
    ndG3.Value = 10

    txtTime.Text = ""
    ListBox1.Items.Clear()
    ListBox2.Items.Clear()
    TextBox1.Clear()
    TextBox2.Clear()
    TextBox3.Clear()
    TextBox4.Clear()
    TextBox5.Clear()

    ndFore.Value = 135
    ndTail.Value = 80
    txtGross.Text = "55.00"
End Sub

```

```
Public Sub ImportData()
```

```

    Dim MyConnection As System.Data.OleDb.OleDbConnection
    Try

```

```

        Dim MyCommand As System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter
        MyConnection = New

```

```

System.Data.OleDb.OleDbConnection("provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;data
source='\" & Application.StartupPath & "\data.xls\" & "'; \" & ";Extended
Properties='Excel 8.0;HDR=Yes;IMEX=1;')

```

```

        MyCommand = New System.Data.OleDb.OleDbDataAdapter("select *
from [Sheet1$]", MyConnection)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MyCommand.TableMappings.Add("Table", "Attendance")
DtSet = New System.Data.DataSet
MyCommand.Fill(DtSet)

```

```

MyConnection.Close()
PrepareData()

```

```

Catch ex As Exception

```

```

End Try
End Sub

```

```

Sub PrepareData()
Dim dtTemp As New DataTable
Try
If DtSet.Tables(0).Rows.Count > 0 Then

dtTemp.Columns.Add("MW", Type.GetType("System.Double"))
dtTemp.Columns.Add("GR", Type.GetType("System.Double"))

If txtGross.Text.EndsWith("0") Then
Dim drNew As DataRow
Dim k As Integer
For i As Integer = 0 To DtSet.Tables(0).Columns.Count -
2
If Cdbl(DtSet.Tables(0).Rows(0)(i)) =
Cdbl(txtGross.Text) Then
For Each dr As DataRow In DtSet.Tables(0).Rows
If k <> 0 Then
drNew = dtTemp.NewRow
drNew(0) = Math.Round(dr(0), 1)
drNew(1) = dr(i)
dtTemp.Rows.Add(drNew)
End If
k += 1
Next
End If
Next
Else
Dim d1, d2 As Double
d1 = txtGross.Text.Remove(txtGross.Text.Length - 1, 1)
d2 = d1 + 0.1

Dim drNew As DataRow
Dim k As Integer
For i As Integer = 0 To DtSet.Tables(0).Columns.Count -
2
If Cdbl(DtSet.Tables(0).Rows(0)(i)) = Cdbl(d1) Then
For Each dr As DataRow In DtSet.Tables(0).Rows
If k <> 0 Then
drNew = dtTemp.NewRow
drNew(0) = Math.Round(dr(0), 1)
drNew(1) = ((txtGross.Text - d1) / (d2
- d1)) * (dr(i + 1) - dr(i)) + dr(i)
dtTemp.Rows.Add(drNew)
End If
k += 1
Next
Next

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        End If
    Next
End If

DtSet.Tables.Clear()
DtSet.Tables.Add(dtTemp)

End If
Catch ex As Exception

Finally
    DtSet.Tables.Clear()
    DtSet.Tables.Add(dtTemp)
End Try
End Sub
-----

Sub Calculate2Machine()
    Me.ListBox1.Items.Clear()
    Me.ListBox2.Items.Clear()

    Dim bAnt, bIta, bAns, b1, b2, m1, m2 As Double
    bAns = 100
    For i As Integer = 1 To ndIteration.Value
        ListBox1.Items.Add(" %%% Iteration : " & i & "
        %%% ")
        For a As Integer = 1 To ndAnt.Value
            Dim MW1, MW2 As Double
            If Cdbl(txtDemand.Text) > 100 Then
                Dim MinV As Integer
                Dim MaxV As Integer
                If Cdbl(txtDemand.Text) > 180 Then
                    MinV = (txtDemand.Text * 10) - 1000
                    MaxV = 1000
                Else
                    MinV = (txtDemand.Text / 2) * 10
                    MaxV = (100 - ndG2.Value) * 10
                End If

                MW1 = rd.Next(MinV, MaxV)
            Else
                MW1 = rd.Next(ndG1.Value * 10, (txtDemand.Text -
                ndG2.Value) * 10)
            End If

            MW1 = MW1 / 10
            MW2 = txtDemand.Text - MW1

            Dim PW1, PW2 As Double
            PW1 = GetWater(MW1)
            PW2 = GetWater(MW2)

            If PW1 > 0 And PW2 > 0 AndAlso PW1 + PW2 < bAns Then
                bAnt = a
                bIta = i
                bAns = PW1 + PW2
                b1 = PW1
            End If
        Next a
    Next i
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        b2 = PW2
        m1 = MW1
        m2 = MW2
    End If

```

```

        ListBox1.Items.Add("Ant : " & a)
        ListBox1.Items.Add("Generator 1 : Power = " & MW1)
        ListBox1.Items.Add("Generator 1 : Water = " & PW1)
        ListBox1.Items.Add("Generator 2 : Power = " & MW2)
        ListBox1.Items.Add("Generator 2 : Water = " & PW2)
        ListBox1.Items.Add("Water = " & PW1 + PW2)

```

```

    Next

```

```

Next

```

```

ListBox2.Items.Add("Iteration : " & bIta & " , Ant : " & bAnt)
ListBox2.Items.Add("Generator 1 : Power = " & m1 & " , Water = " &

```

b1)

```

ListBox2.Items.Add("Generator 2 : Power = " & m2 & " , Water = " &

```

b2)

```

ListBox2.Items.Add("Best Answer : " & bAns)

```

```

TextBox1.Text = "Iteration : " & bIta & " , Ant : " & bAnt
TextBox2.Text = "Generator 1 : Power = " & m1 & " , Water = " & b1
TextBox3.Text = "Generator 2 : Power = " & m2 & " , Water = " & b2
TextBox5.Text = "Best Answer : " & bAns

```

```

End Sub

```

```

Function GetWater(ByVal MW As Double) As Double

```

```

    Dim drs() As DataRow

```

```

    drs = DataSet.Tables(0).Select("MW = " & MW)

```

```

    If drs.Length = 0 Then

```

```

        Return 0

```

```

    Else

```

```

        If Not IsDBNull(drs(0)(1)) Then

```

```

            Return drs(0)(1)

```

```

        Else

```

```

            Return 0

```

```

        End If

```

```

    End If

```

```

End Function

```

```

Sub Calculate3Machine()

```

```

    Me.ListBox1.Items.Clear()

```

```

    Me.ListBox2.Items.Clear()

```

```

    CreatePheromone()

```

```

    'Exit Sub

```

```

    Dim bAnt, bIta, bAns, b1, b2, b3, m1, m2, m3 As Double
    bAns = 100

```

```

    Dim MW1, MW2, MW3 As Double

```

```

    For i As Integer = 1 To ndIteration.Value

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ListBox1.Items.Add(" %%%%%%%%%%% Iteration : " & i & "
%%%%%%%%%% ")
For a As Integer = 1 To ndAnt.Value
  If Cdbl(txtDemand.Text) > 100 Then

    Dim MinV As Integer
    Dim MaxV As Integer

    MinV = (txtDemand.Text / 3) * 10
    MaxV = 1000

    MW1 = rd.Next(MinV, MaxV)
  Else
    MW1 = rd.Next(ndG1.Value * 10, (txtDemand.Text -
(ndG2.Value + ndG3.Value)) * 10)
  End If

  MW1 = MW1 / 10
  MW2 = GetG2Power(MW1)
  MW3 = txtDemand.Text - (MW1 + MW2)

  Dim PW1, PW2, PW3 As Double
  PW1 = GetWater(MW1)
  PW2 = GetWater(MW2)
  PW3 = GetWater(MW3)

  If PW1 > 0 And PW2 > 0 And PW3 > 0 AndAlso PW1 + PW2 + PW3
< bAns Then
    bAnt = a
    bIta = i
    bAns = PW1 + PW2 + PW3
    b1 = PW1
    b2 = PW2
    b3 = PW3
    m1 = MW1
    m2 = MW2
    m3 = MW3
  End If

  ListBox1.Items.Add("Ant : " & a)
  ListBox1.Items.Add("Generator 1 : Power = " & MW1)
  ListBox1.Items.Add("Generator 1 : Water = " & PW1)
  ListBox1.Items.Add("Generator 2 : Power = " & MW2)
  ListBox1.Items.Add("Generator 2 : Water = " & PW2)
  ListBox1.Items.Add("Generator 3 : Power = " & MW3)
  ListBox1.Items.Add("Generator 3 : Water = " & PW3)
  ListBox1.Items.Add("Water = " & PW1 + PW2 + PW3)

  AddPheromone(MW1 * 10, MW2 * 10, PW1 + PW2 + PW3)
Next
Next

ListBox2.Items.Add("Iteration : " & bIta & " , Ant : " & bAnt)
ListBox2.Items.Add("Generator 1 : Power = " & m1 & " , Water = " &
b1)
ListBox2.Items.Add("Generator 2 : Power = " & m2 & " , Water = " &
b2)
ListBox2.Items.Add("Generator 3 : Power = " & m3 & " , Water = " &
b3)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ListBox2.Items.Add("Best Answer : " & bAns)

TextBox1.Text = "Iteration : " & bIta & " , Ant : " & bAnt
TextBox2.Text = "Generator 1 : Power = " & m1 & " , Water = " & b1
TextBox3.Text = "Generator 2 : Power = " & m2 & " , Water = " & b2
TextBox4.Text = "Generator 3 : Power = " & m3 & " , Water = " & b3
TextBox5.Text = "Best Answer : " & bAns

```

```
End Sub
```

```

Private Function GetAllWater(ByVal g1 As Double, ByVal g2 As Double)
As Double
    Dim PW1, PW2, PW3 As Double
    PW1 = GetWater(g1)
    PW2 = GetWater(g2)
    PW3 = GetWater((txtDemand.Text - (g1 + g2)))
    Return PW1 + PW2 + PW3
End Function

```

```

Private Function GetG2Power(ByVal pw1 As Double) As Double
    Dim dtWay As New DataTable
    dtWay.Columns.Add("pw2", Type.GetType("System.Double"))
    dtWay.Columns.Add("wat", Type.GetType("System.Double"))
    dtWay.Columns.Add("phe", Type.GetType("System.Double"))
    Dim drWay As DataRow

    Dim Loop2 As Integer
    If txtDemand.Text > 100 Then
        If txtDemand.Text > 199 Then
            Loop2 = (txtDemand.Text / 3) * 10
            For pw2 As Integer = Loop2 To 1000 - (pw1 * 10) + Loop2
                drWay = dtWay.NewRow
                drWay(0) = pw2
                drWay(1) = GetAllWater(pw1, (drWay(0) / 10))
                drWay(1) = Math.Round(drWay(1), 3)
                dtWay.Rows.Add(drWay)
            Next
        Else
            Loop2 = ndG2.Value * 10
            For pw2 As Integer = Loop2 To (txtDemand.Text - (pw1 +
ndG3.Value)) * 10
                drWay = dtWay.NewRow
                drWay(0) = pw2
                drWay(1) = GetAllWater(pw1, (drWay(0) / 10))
                drWay(1) = Math.Round(drWay(1), 3)
                dtWay.Rows.Add(drWay)
            Next
        End If

    Else
        Loop2 = ((txtDemand.Text - (ndG2.Value + ndG3.Value)) - pw1) *
10

        For pw2 As Integer = 10 To Loop2
            drWay = dtWay.NewRow
            drWay(0) = (ndG2.Value * 10) + pw2
            drWay(1) = GetAllWater(pw1, (drWay(0) / 10))
            drWay(1) = Math.Round(drWay(1), 3)
            dtWay.Rows.Add(drWay)
        Next
    End Function

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

End If

Dim SumX, SumP As Double
For Each drw1 As DataRow In dtWay.Rows
    drw1(2) = Me.GetPheromone(pw1 * 10, drw1(0))
    drw1(2) = GetP(drw1(2), drw1(1))
    drw1(2) = Math.Round(drw1(2), 3)
    SumX += drw1(2)
Next

For Each drw2 As DataRow In dtWay.Rows
    drw2(2) = drw2(2) / SumX
    drw2(2) = Math.Round(drw2(2), 3)
    SumP += drw2(2)
Next

```

```

'FindMW2:
Dim nM As Integer = rd.Next(0, 100)
Dim tM As Double
Dim lM As Integer
For Each drw3 As DataRow In dtWay.Rows
    lM = drw3(0)
    tM += drw3(2) * 100
    If tM > nM Then
        Return lM / 10
    End If
Next
Return lM / 10
End Function

```

```

Private Function GetP(ByVal Pm As Double, ByVal Xm As Double) As
Double
    If Xm = 0 Then Return 0
    Return (Pm ^ ndPheromone.Value) * ((Xm) ^ ndWeight.Value)
End Function

```

```
#End Region
```

```

#Region " Pheromone "
Sub CreatePheromone()
    DtPheromone = New DataTable
    DtPheromone.Columns.Add("G1", Type.GetType("System.Double"))
    DtPheromone.Columns.Add("G2", Type.GetType("System.Double"))
    DtPheromone.Columns.Add("phe", Type.GetType("System.Double"))

    Dim DrPhe As DataRow
    Dim MaxLoop As Integer
    If txtDemand.Text > 100 Then
        For mf1 As Integer = (txtDemand.Text / 3) * 10 To 1000
            If txtDemand.Text > 199 Then
                For mf2 As Integer = (txtDemand.Text / 3) * 10 To 1000
                    DrPhe = DtPheromone.NewRow
                    DrPhe(0) = mf1
                    DrPhe(1) = mf2
                    DrPhe(2) = 1
                    DtPheromone.Rows.Add(DrPhe)
                Next
            Else

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        For mf2 As Integer = 100 To CInt(txtDemand.Text) * 10
            DrPhe = DtPheromone.NewRow
            DrPhe(0) = mf1
            DrPhe(1) = mf2
            DrPhe(2) = 1
            DtPheromone.Rows.Add(DrPhe)
        Next
    End If
Next
Else
    MaxLoop = ((txtDemand.Text - (ndG2.Value + ndG3.Value)) -
ndG1.Value) * 10
    For mf1 As Integer = 0 To MaxLoop
        For mf2 As Integer = 0 To MaxLoop
            DrPhe = DtPheromone.NewRow
            DrPhe(0) = (ndG1.Value * 10) + mf1
            DrPhe(1) = (ndG1.Value * 10) + mf2
            DrPhe(2) = 1
            DtPheromone.Rows.Add(DrPhe)
        Next
    Next
End If
End Sub

```

```

Function GetPheromone(ByVal g1 As Integer, ByVal g2 As Integer) As
Double
    Dim dr() As DataRow
    dr = DtPheromone.Select("G1 = " & g1 & "and G2 = " & g2)
    Return dr(0)("phe")
End Function

```

```

Sub AddPheromone(ByVal g1 As Integer, ByVal g2 As Integer, ByVal
tBest As Double)
    If g1 > 0 And g2 > 0 Then
        Dim MaxP, MinP As Double
        Dim dr() As DataRow
        dr = DtPheromone.Select("G1 = " & g1 & "and G2 = " & g2)
        MaxP = 1 / (ndEva.Value * tBest)
        MinP = MaxP / ((txtDemand.Text - (ndG2.Value + ndG3.Value)) -
ndG1.Value) * 10
        dr(0)("phe") = dr(0)("phe") + (1 / tBest)
        If dr(0)("phe") > MaxP Then dr(0)("phe") = MaxP
        If dr(0)("phe") < MinP Then dr(0)("phe") = MinP
    End If
End Sub

```

```

Sub DisPheromone(ByVal g1 As Integer, ByVal g2 As Integer, ByVal
tBest As Double)
    If g1 <> g2 Then
        Dim MaxP, MinP As Double
        Dim dr() As DataRow
        dr = DtPheromone.Select("G1 = " & g1 & "and G2 = " & g2)
        MaxP = 1 / (ndEva.Value * tBest)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        MinP = MaxP / ((txtDemand.Text - (ndG2.Value + ndG3.Value)) -
ndG1.Value) * 10
        dr(0)("phe") = (1 - ndEva.Value) * dr(0)("phe")
        If dr(0)("phe") > MaxP Then dr(0)("phe") = MaxP
        If dr(0)("phe") < MinP Then dr(0)("phe") = MinP
    End If
End Sub
-----

Sub UpdatePheromone(ByVal g1 As Double, ByVal g2 As Double, ByVal
tBest As Double)
    g1 = g1 * 10
    g2 = g2 * 10
    For mc1 As Integer = 1 To ((txtDemand.Text - (ndG2.Value +
ndG3.Value)) - ndG1.Value) * 10
        For mc2 As Integer = 1 To ((txtDemand.Text - (ndG2.Value +
ndG3.Value)) - ndG1.Value) * 10
            If (ndG1.Value * 10) + mc1 = g1 And (ndG1.Value * 10) + mc2
= g2 Then
                AddPheromone((ndG1.Value * 10) + mc1, (ndG1.Value * 10)
+ mc2, tBest)
            Else
                DisPheromone((ndG1.Value * 10) + mc1, (ndG1.Value * 10)
+ mc2, tBest)
            End If
        Next mc2
    Next mc1
End Sub
#End Region
-----

Private Sub Label12_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Label12.Click
    Form2.Show()
End Sub

Private Sub Label10_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Label10.Click
    Form3.Show()
End Sub
End Class

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICCAS-SICE 2009

ICROS-SICE International Joint Conference 2009

<http://www.sice.or.jp/ICCAS-SICE2009/>

Fukuoka International Congress Center

2-1 Sekijo-machi, Hakata-ku, Fukuoka City, 812-0032, Japan

Phone: +81-92-262-4111 Fax: +81-92-262-4701

August 18-21, 2009

Final Program and Papers

Click to Open
ICCAS-SICE 2009 Final Program and Papers

Organized by

The Society of Instrument and Control Engineers (SICE)
 The Institute of Control, Robotics and Systems (ICROS)

Supported by

Fukuoka City

Technically Co-Sponsored by

IEEE Industrial Electronics Society
 IEEE Robotics and Automation Society
 IEEE Control Systems Society
 The International Society of Automation (ISA)

In Association with

Asian Control Association (ACA)
 China Instrument and Control Society (CIS)
 Chinese Association of Automation (CAA)
 Chinese Automatic Control Society (CACS)
 International Measurement Confederation (IMEKO)
 IEEE Japan Council
 IFAC NMO-Japan
 The Institute of Electrical Engineers of Japan



Water Management Simulation for Electric Current Generation by Max-Min Ant System

P. Roengruen¹, B. Ploysuk², T. Suesut³ and S. Gulphanich⁴

^{1,2,3,4}Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Lakrabang,
 Bangkok 10520, Thailand
 (Tel : 66-2-739-2406-7 ; Fax 66-2-739-2406-7 ext 103 ; kgsuphang@kmitl.ac.th)

Abstract: This paper is intended to propose the development strategy in order to manage power generation in hydro power plant. The collecting data was used to investigate some factors that impact to power generation in hydro power plant and to integrate with Max-Min Ant system (MMAS) analysis which grouped in artificial intelligence. This method has been applied by the simulating ant food solution to properly compute the power generation which depends on time variant. Moreover, this method is computed based on the lowest producing cost. Finally, the analytical data has been simulated and tested on computer before launching to control the hydropower plant operation.

Keywords : MMAS, Metaheuristics, Pheromone

1. INTRODUCTION

Nowadays, Hydropower plays an important role in the renewable energy. It produces essentially no carbon dioxide or other harmful emissions, in contrast to burning fossil fuels, and is not a significant contributor to global warming through CO₂. Electric powers come from the potential energy of dammed water driving a water turbine and generator. In Thailand, there are 17 reservoirs which can produce electricity. Problems from water management to electric generation which have low efficiency need to optimize methodology or proper algorithm for reduction of the use of water volume from reservoirs.

The Ant System algorithm, originally introduced [1, 2], is new cooperative search algorithm inspired by the behavior of real ants. Ants are able to find good solutions to shortest path problem a food source and their home colony. They communicate via pheromone (aromatic substances) that they use in variable quantities to mark their trails. An ant's tendency to choose a specific path is positively correlated to the intensity of a found trail. The pheromone trail evaporates over time, i.e., it loses intensity if no more pheromone is laid down by other ants. If many ants choose a certain path and lay down pheromone, the intensity of trails increase and this trail attracts more and more ants.

This system is developed to be Max-Min Ant System. Max-Min Ant System (MMAS), approximation optimization algorithm, was used for solution of combinatorial optimization problems such as traveling salesman problem [3], and water distribution system [4].

The objective of this paper is to apply computer program (Max-Min Ant System; MMAS) to provide full potential of electric current generation from hydro power plant for water management.

2. PRINCIPLE

General characteristic of hydropower plants are illustrated in Fig 1. The incremental "water rate" is expressed in MCM per megawatt hour. In Fig. 1, the

volume of water requires of given power output decreases as the head increases. [5]

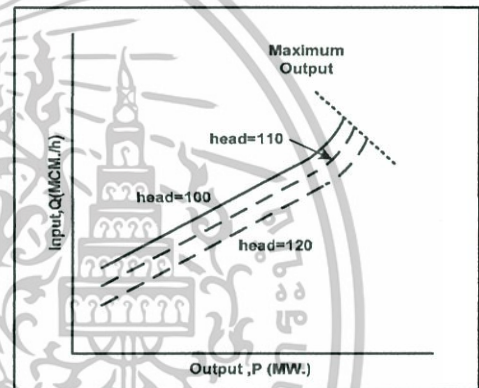


Fig. 1 Input – Output curves for hydropower with a variable head.

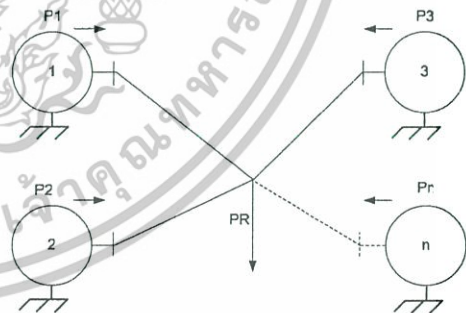


Fig. 2 Total generators followed load.

Plant type and variable head power output from hydropower plant can find from:

$$P = 9.81 \cdot \eta \cdot q \cdot H_t \quad (1)$$

P = Power Output (Kw.)
 Q = Water Quantity (m³/s)
 H = Head of water (m)
 η = Efficiency Factor

The electric current generating is possible as equation below.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The total power output is

$$\sum_{i=1}^N P_i = Pr = Demand \quad (2)$$

P_i = Power by Generator i
 N = Number of generator

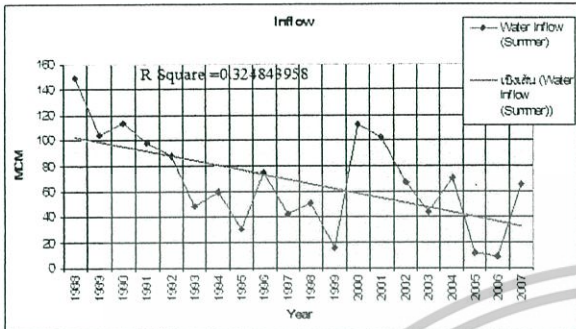


Fig. 3 Inflow of water volume in Vajiralongkorn reservoir on drought (1988-2007).

From the above (Fig. 3), the curve tends to decreasing of water volume in reservoir due to natural and human actions (Table 1).

Table 1 Impact of water volume in reservoir

Time Series	Causes or factors	
	Natural	Human
1 Decreasing volume	1. rainfall decreased 2. El Niño 3. Global warming	1. Development project in the top basin 2. Increase Population 3. The changes in land use
2 Increasing volume	1. Rainfall increasing 2. La Niña	1. The shift of water from other basins

Generation of electricity is via economy production and can be traded. Therefore manufacturer should save cost and get high profit. Plan to electric generator with lowest cost is the most important in hydro power plants.

One of algorithm is currently used to solve problems as brute force. It is a crude algorithm which works through every possible answer until the correct one is found. Some problems can be solved this way but others- for instance obtaining the prime factors of large numbers or picking the best chess move, have far too many possibilities to be solved that way except in simple cases. However this algorithm spent a long time and could not get the desired result on limiting time.

Another algorithm, Dynamic Programming (DP) was first studied by Lowery in 1966. This algorithm fairly uses a long time for problem solution about approximately 5-6 hours. Max-Min Ant System, proper algorithm which uses a shorter time than other was considered and applied for this task.

2.1 Max-Min Ant System Principles and Theory (MMAS)

From Fig. 4(a), Ants follow a path between point A and E. Fig. 4(b), An Obstacle is interposed; ants can choose to go around it following one of the two

different paths with equal profanity. Fig. 4(c) on the shorter path, more pheromone is laid down.

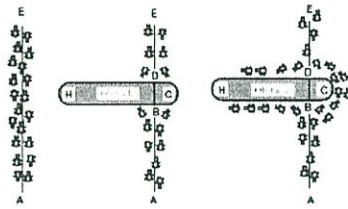


Fig. 4 An example with real ants.

Max-Min Ant System has shown in the first time in 1997 by Stutzle and Hoos, the both develop this theory from Ant System Structure of Max-Min Ant System method, it can divide into 2 parts, the first part is tour construction and the second part is Pheromone Update [6], by initial pheromone or τ_0 it is minimum value but more than zero, this reason is for young ant can find out a good answer rapidly from $\tau_0 = 1/\rho C^m$. If ρ is evaporation rate of pheromone and C^m is result or all distance or tour which get from using method in choosing the shortest distance at all. [7]

2.2 Tour Construction

An ant begins its tour by initially selecting a random node representing as a supplier. The second stage node representing a manufacturer is next considered by determining the probability rule sometimes called random proportional rule from node i to j shown in Eq.(1). This process is repeated until complete tour from supplier to customer is constructed.

$$p_{ij}^k = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in N_i^k} [\tau_{il}]^\alpha [\eta_{il}]^\beta}, \text{ if } j \in N_i^k \quad (5)$$

Where

- α = weight of pheromone trail.
- β = weight of heuristic information.
- τ_{ij} = amount of pheromone between node i and node j .
- η_{ij} = heuristic information between node i and node j .

N_i^k = candidate list.

l = nodes in the candidate list.

p_{ij}^k = probability of ant k from predecessor node i to successor node j .

2.3 Update of Pheromone Trails

From the above processes, it is obvious that amount of pheromone effects the selection of tour. Updating pheromone is, therefore, important. The process of updating pheromone ensures that the amount of pheromone on the untaken path (arcs) must be exponentially evaporated using Eq. (6). Where $0 < \rho < 1$ is the pheromone evaporation rate. In addition, the path taken by a number of ants should have more amount of pheromone deposited, in which it convinces

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

other ants to take this path. The process of depositing pheromone can be done by using Eq. (7). [7]

$$\tau_{ij} = (1 - \rho)\tau_{ij}, \quad \forall(i, j) \in L, \quad (6)$$

$$\tau_{ij} = (1 - \rho)\tau_{ij} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k, \quad \forall(i, j) \in L, \quad (7)$$

Where τ_{ij}^k is the amount of pheromone ant k deposits on the arcs it has visited. It is defined as follow:

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{1}{C^k}, & \text{if arc } (i, j) \text{ belong to } T^k; \\ 0, & \text{otherwise;} \end{cases} \quad (8)$$

Where C^k is the distance of ants that is pass this route, which computed the distance from node to T^k [7] then defined a upper bound and a lower bound as follows

$$\tau_{\max} = \frac{1}{\rho C^{bs}}, \quad (9)$$

$$\tau_{\min} = \frac{\tau_{\max}}{2n}, \quad (10)$$

After this process pheromone is updated to be in the next iteration of the tour selection. The pseudo code for the max-min ant system is shown is Figure 5.

3. APPLICATION TO MAX-MIN ANT SYSTEM

Max-Min Ant System was applied for calculation of the use of minimum water volume in electric generation. This approach was explained and followed in steps sequence. The first step involves adding demand value of electric generation per hour then set needed parameters into program. Afterthat, program was run and random of electric power in unit 1 to be primary value and change of electric power to water volume per hours. To find relationship of unit 2 and 3 was calculated from unit 1. Improvement of pheromone values to get the group of answers was run until getting the best choice. The pseudo code for the max-min ant system is shown is Fig. 5.

```

Start
Define original pheromone
For iteration = 1 to i = (1,2,3,...n)
    For ant = 1 to i = (1,2,3,...n)
        Random start node (machine)
        Do while node (machine) < i
            Select next node by similar part
        Loop
    Next *End loop ant
    Calculate Multi-objective function
    For ant = 1 to i = (1,2,3,...n)
        Do while node (machine) < i
            Update pheromone of machine 1,2,3,...i
        Loop
        Checking pheromone upper and pheromone lower
    Next *End loop ant
Next *End loop iteration
    
```

Fig. 5 Pseudo code of the max-min ant system for machine cell formation.

4. SIMULATION RESULTS

This research study Max-Min Ant System to solve water management problem using Visual C++ V6 by comparison with statistic data. Case study of electric generator of hydropower plant at Vajiralongkorn hydro plant which uses vertical shaft Francis turbine, has 3 units.

The first experiment was designed to investigate the appropriate setting for Ant System's parameters including number of ants (A), number of iterations (I), pheromone weight (α), heuristic information weight (β), and pheromone evaporation weight (ρ)

Before analyzed data, it is necessary to investigate the quantity of data via model adequacy checking. Model adequacy checking consists of independent test, normality test and variance stability test. The results of data analysis of parameters effect to answers as shown in Table 2.

Table 2 ANOVA on the experiment result obtained from MMAS.

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A/I	2	589	589	295	0.31	0.731
Weight of Pheromone	2	3085	3085	1543	1.64	0.197
Weight of Hueristics	2	521141	521141	260571	277.45	0.000
Evaporation rate	2	371	371	186	0.20	0.821
Error	153	143694	143694	939		
Total	161	568861				

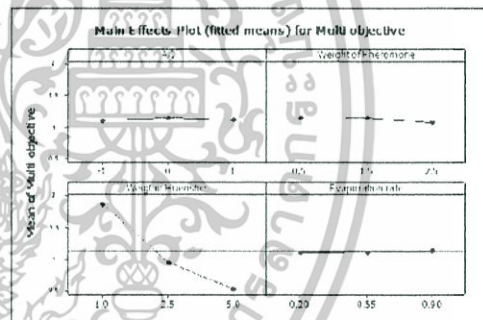


Fig. 6 Main effect plots of the computer results obtained from MMAS.

From Table 2 and Fig. 6, p-value at weight of pheromone has less than 0.05. It implied that weight of pheromone have effected to answer of program. So the use of Interaction plot to find the proper parameters was considered and shown in Fig. 7.

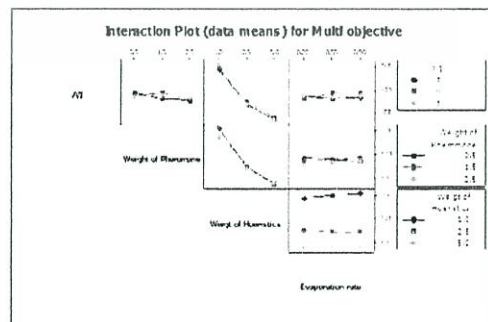


Fig. 7 Interaction plots.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The results suggested that the appropriate setting of MMAS's parameters (A/I , α , β and ρ) should be 45/50, 1.5, 5 and 0.2, respectively.

Researcher brought Max-Min Ant System to apply for helping in the best water quantity releasing calculation by comparison with the previous data.

Table 3 Comparison statistic with MMAS statistics of hydropower plant

Time	PD	Human				MMAS			
		P1	P2	P3	Release	P1	P2	P3	Release
		MW	MW	MW	QICND	MW	MW	MW	QICND
09.00	189	63.7	56.3	70	1.191	10	89	90	1.161
10.00	152.2	62.5	26.2	72.2	0.983	10	70	72.2	0.955

On 1 to 7 august 2008, electric power value was measured as 2,321.90 MW and water volume as 136.9536 MCM So Water rate was 6.135 m³/Kw.

Max-Min Ant System was employed at the same electric power value (2,321.90 MW). Water volume was 134,8305 MCM (decreasing, 1.55%). Water rate was 6.0102 m³/Kw.

5. CONCLUSION

From the results, the Max-Min Ant System gets the group of answers involving water management in hydropower plant that is excellent tool for determination to select electric generator.

REFERENCES

- [1] A. Colony, M. Dorigo, and V. Maniezzo. Distributed Optimization. By Ant Colonies. In proceedings of ECAL91-European Conference of Artificial Life, page 134-142. Elsevier Publishing, 1991.
- [2] M. Dorigo, Optimization, Learning, and Natural Algorithms. PhD thesis, Politenico di Milano, 1992.
- [3] Stutzle T., Hoos H. Max-Min Ant System and Local Search for Traveling Salesman Problem, *IEEE International Conference on Volume , Issue , 13-16 Apr 1997* , pp: 309 – 314.
- [4] Maier, H.R., A.R. Simpson, A.C. Zecchin. W.K. Foong, K.Y. Phange, H.Y. Seah, & C.L. Tan, Ant Colony Optimization of the design of water Distribution system, *Jour. Water Resources Planning & Management, ASC, 123(2), 67-77, 1997.*
- [5] A.J Wood, B.F. Wollenberg, "Power Generation Operation and Control" , John Wiley and Sons, New York, 1984
- [6] T. Stuetzle and M. Dorigo. "ACO algorithms for the quadratic assignment problem", in *New Ideas in Optimization*, D. Corne, M. Dorigo, and F. Glover (Eds.), McGraw-Hill, 1999.

[7] Dorigo and Stuetzle, 2004 M. Dorigo and T. Stuetzle, *Ant colony optimization*, MIT Press Bradford Books, Cambridge, MA (2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายบรรหาร พลอยสุข
วัน เดือน ปีเกิด	21 มกราคม 2522
ที่อยู่	6/4 หมู่ 18 บางซื่อ บางซื่อ กทม. 10800
ประวัติการศึกษา	2542 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างเทคนิคคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี 2544 อุดสาหกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาเครื่องมือวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้