

บทที่ 5

การศึกษาด้านการผลิตไฟฟ้า

5.1 หลักเกณฑ์ในการศึกษาศักยภาพด้านการผลิตไฟฟ้า

การศึกษาศักยภาพของโครงการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำในด้านต่างๆ ด้านการผลิตไฟฟ้าถือว่าเป็นการศึกษาหลักที่พิจารณาในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย การกำหนดรูปแบบโครงการในการผลิตไฟฟ้าตามความเหมาะสมของสภาพพื้นที่โครงการ การประเมินศักยภาพน้ำและอัตราการไหลซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการประเมินศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำ การประเมินกำลังผลิตติดตั้งของโครงการ การเลือกอุปกรณ์ในการผลิตไฟฟ้าได้แก่ กังหันน้ำ (Turbine) และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) ตลอดจนการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ

ในการประเมินศักยภาพโครงการไฟฟ้าพลังน้ำในงานวิจัยนี้อ้างอิงมาจาก “Manual of Standard and Criteria for Planning Water Resource Project: United Nation 1964” การศึกษาศักยภาพด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ สามารถพิจารณาได้จากการคำนวณปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้จากศักยภาพของน้ำในลำน้ำ โดยมีหลักการพิจารณาดังนี้

- 1) กำหนดที่ตั้งโครงการที่ระดับความสูงน้ำสูงสุดโดยพิจารณาร่วมกับความเหมาะสมกับเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าและการก่อสร้างในปัจจุบันและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
- 2) กระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้า และองค์ประกอบโครงการที่มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่โครงการ โดยพิจารณาจากสภาพภูมิประเทศและสภาพลำน้ำ
- 3) ตำแหน่งที่ตั้งของโครงการ เมื่อพิจารณาเลือกจากสภาพในลำน้ำแล้วสามารถลำเลียงน้ำในลำน้ำมาใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประโยชน์สูงสุด

การศึกษาศักยภาพด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโครงการ เป็นการแสดงถึงศักยภาพการผลิตพลังงานไฟฟ้าของน้ำในลำน้ำ ในขณะเดียวกันสามารถกำหนดทิศทางการพัฒนาโครงการต่างๆ ที่มีศักยภาพในลำน้ำ หลังจากการศึกษาศักยภาพโดยรวมจึงทำการศึกษาแต่ละโครงการในรายละเอียด ทั้งด้านเศรษฐศาสตร์ เส้นทางเข้าสู่โครงการ ระบบสายส่งไฟฟ้าและเงื่อนไขอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ อย่างไรก็ตาม ขอบเขตของงานวิจัยนี้จะไม่ครอบคลุมถึง การศึกษาโครงการที่มีขนาดใหญ่และมีผลกระทบสำคัญบนลำน้ำ ซึ่งจะถูกนำมาพิจารณาแยกจากโครงการอื่น ตลอดจนต้องมีการจัดทำการศึกษาความเหมาะสมและการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเฉพาะโครงการขึ้นก่อนที่จะเริ่มดำเนินการพัฒนาโครงการ โดยในการศึกษาศักยภาพโครงการจะพิจารณาจากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000 ถึง 1 : 100,000 ในขณะที่การศึกษาความเหมาะสมของแผนพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังน้ำอย่างละเอียดจะศึกษาจากแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 1,000 ถึง 1 : 5,000

5.2 การกำหนดรูปแบบโครงการ

การศึกษาศักยภาพไฟฟ้าพลังน้ำสามารถพิจารณาลักษณะโครงการได้ 2 รูปแบบได้แก่ โครงการแบบมีอ่างเก็บน้ำและแบบน้ำไหลผ่าน

1. โครงการแบบมีอ่างเก็บน้ำ (Reservoir) โรงไฟฟ้าแบบนี้มีเขื่อนกั้นน้ำกั้นขวางลำน้ำไว้ ทำให้เกิดเป็นอ่างเก็บน้ำ ซึ่งสามารถเก็บกักน้ำในฤดูฝนและนำไปใช้ในฤดูแล้งได้ โรงไฟฟ้าแบบนี้นับว่ามีประโยชน์มากเพราะสามารถควบคุมการใช้น้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้าเสริมในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพตลอดปี โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ส่วนมากในประเทศไทยจัดอยู่ในโรงไฟฟ้าประเภทนี้ โดยในการเลือกที่ตั้งโครงการรูปแบบนี้จะพิจารณาจากสภาพพื้นที่ภูมิประเทศที่เหมาะสมกับการสร้างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ได้แก่ ร่องน้ำแคบในขณะที่ตอนบนของร่องน้ำเป็นหุบเขา ทำให้อ่างเก็บน้ำมีความจุที่สามารถควบคุมปริมาณน้ำได้โดยการสร้างเขื่อนขนาดเล็ก

2. โครงการแบบน้ำไหลผ่าน (Run of river) โรงไฟฟ้าแบบนี้ไม่มีอ่างเก็บน้ำ โรงไฟฟ้าจะผลิตไฟฟ้าโดยการใช้ น้ำที่ไหลตามธรรมชาติของลำน้ำ หากน้ำมีปริมาณมากเกินไปกว่าที่โรงไฟฟ้าจะรับไว้ได้ก็ต้องทิ้งไป ส่วนใหญ่โรงไฟฟ้าแบบนี้อาจติดตั้งอยู่กับเขื่อนผันน้ำชลประทานซึ่งมีน้ำไหลผ่านตลอดปี การกำหนดกำลังผลิตติดตั้งมักจะคิดจากอัตราการไหลของน้ำประจำปีช่วงต่ำสุดเพื่อที่จะสามารถเดินเครื่องผลิตไฟฟ้าได้อย่างสม่ำเสมอตลอดปี ตัวอย่างของโรงไฟฟ้าชนิดนี้ได้แก่ โรงไฟฟ้าเขื่อนปากมูล จังหวัดอุบลราชธานี การเลือกลักษณะโครงการชนิดนี้ใช้กับสภาพพื้นที่ไม่เหมาะสมกับการสร้างอ่างเก็บน้ำหรือเหมาะกับการสร้างอ่างเก็บน้ำ แต่ลำน้ำมีความลาดชัน และมีศักยภาพเหมาะกับการใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยไม่จำเป็นต้องสร้างอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดใหญ่ซึ่งทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ในบางครั้งหากโครงการพัฒนามีปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมมากก็จะเลือกแบบน้ำไหลผ่าน

5.3 การประเมินศักยภาพในการผลิตไฟฟ้า

การประเมินศักยภาพน้ำที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าพิจารณาจาก ศักย์น้ำรวม (Gross Head) การสูญเสียศักย์น้ำ (Head Loss) และศักย์น้ำประสิทธิภาพ (Effective Head)

- 1) ศักย์น้ำรวม พิจารณาจากผลต่างระหว่างระดับน้ำที่อาคารรับน้ำ และระดับน้ำที่โรงไฟฟ้าหรือที่ท้ายโรงไฟฟ้า หาได้จาก

$$H_g = \text{NWL} - \text{TWL} \quad (5.1)$$

- 2) ระดับน้ำที่อาคารรับน้ำ (Normal Intake Water Level, NWL) ขึ้นอยู่กับรูปแบบของโครงการ โดยโครงการแบบน้ำไหลผ่าน (Run of river) ใช้ระดับที่อาคารรับน้ำ (Intake) และโครงการแบบอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กใช้ระดับน้ำเฉลี่ยของอ่างเก็บน้ำ หรือประมาณ 1 ใน 3 ของค่าระดับอ่างเก็บน้ำที่ยอมให้ลดลงได้ (Drawdown)

$$\text{NWL} = \text{HWL} - (1/3)h_d \quad (5.2)$$

- 3) ระดับน้ำท้ายโรงไฟฟ้า ทั้งโครงการแบบมีอ่างเก็บน้ำและแบบน้ำไหลผ่าน พิจารณาที่ระดับน้ำของลำน้ำหรือคลองรับน้ำด้านท้ายโรงไฟฟ้า
- 4) ศักย์น้ำประสิทธิผล (หรือศักย์น้ำควบคุม) เป็นศักย์น้ำรวม ลบด้วยค่าการสูญเสียศักย์น้ำทางชลศาสตร์

$$H_e = H_g - H_l = \text{NWL} - \text{TWL} - H_l \quad (5.3)$$

เมื่อ H_l คือ การสูญเสียศักย์น้ำทางชลศาสตร์อันเนื่องมาจากการไหลของน้ำในกระบวนการผลิตไฟฟ้า

5.4 การประเมินอัตราการไหลในการผลิตไฟฟ้า

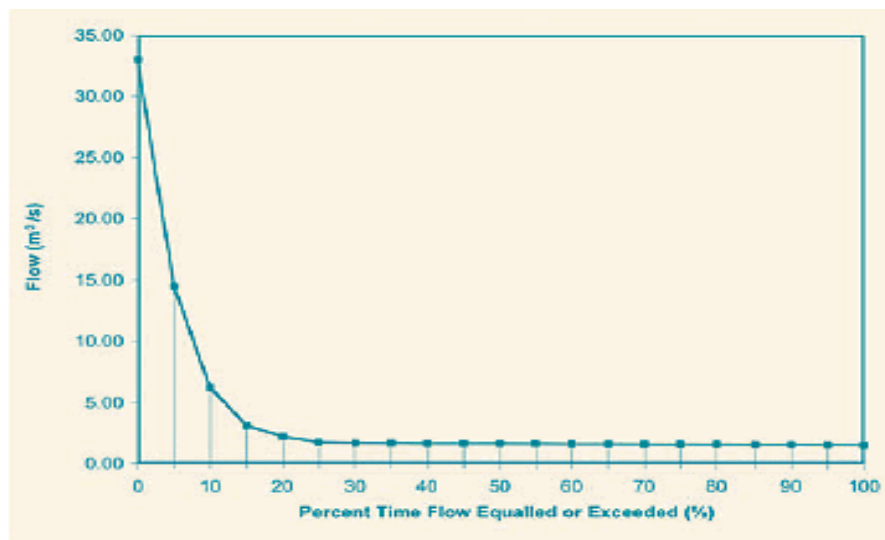
ข้อมูลน้ำท่าในการประเมินอัตราการไหลเพื่อการผลิตไฟฟ้า จำเป็นต้องมีปริมาณและความต่อเนื่องมากพอเพื่อการวางแผนโครงการ ตามปกติแล้วข้อมูลน้ำท่ารายเดือนจะใช้ในการวิเคราะห์โครงการแบบอ่างเก็บน้ำ ส่วนข้อมูลรายวันใช้วิเคราะห์ข้อมูลโครงการแบบน้ำไหลผ่าน การเลือกตัวแทนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำ พิจารณาจากปริมาณการไหลเฉลี่ยรายเดือนกับปริมาณการไหลเฉลี่ยรายปี และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับกันจะสามารถกำหนดตัวแทนข้อมูลปริมาณน้ำได้ โดยพิจารณาจากข้อมูลในปีที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยมากที่สุด จากนั้นจึงคำนวณหาปริมาณการไหลที่โครงการ การคำนวณการผลิตไฟฟ้า ใช้ข้อมูลเบื้องต้นจากข้อมูลน้ำท่ารายปีที่สถานีอุทกวิทยบริเวณใกล้เคียงกับที่ตั้งโครงการ ก่อนที่จะถูกนำมาปรับปรุงเพื่อให้เสมือนเป็นข้อมูล ณ ตำแหน่งสถานที่ตั้งโครงการ ข้อมูลน้ำท่าที่ถูกปรับปรุงจะใช้สร้างโค้งแสดงอัตราการไหลกับช่วงเวลา โดยปริมาณการไหลผ่านโครงการสามารถหาได้จากอัตราส่วนของพื้นที่ลุ่มน้ำคูณกับข้อมูลน้ำท่าที่ได้มีการบันทึกไว้ หรือได้จากวิธีหาข้อมูลน้ำท่าข้างต้นโดยมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$Q_d = Q_g \times \frac{CA_{(d)}}{CA_{(g)}} \quad (5.4)$$

- Q_d : ปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปี ณ จุดที่ตั้งโครงการ (ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)
 Q_g : ปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปี ณ จุดที่ตั้งสถานีอุทกวิทยา (ล้าน ลบ.ม. ต่อปี)
 CA_d : พื้นที่รับน้ำ ณ จุดที่ตั้งโครงการ (ตร.กม.)
 CA_g : พื้นที่รับน้ำ ณ จุดที่ตั้งสถานีอุทกวิทยา (ตร.กม.)

5.4.1 การจัดทำโค้งแสดงอัตราการไหลกับช่วงเวลา

โค้งแสดงอัตราการไหลกับช่วงเวลา(flow duration curve) ใช้ในการศึกษาวางแผนโครงการแบบน้ำไหลผ่านกับแบบอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ข้อมูลที่ใช้ศึกษาเป็นข้อมูลแบบรายวัน ซึ่งโค้งแสดงอัตราการไหลกับช่วงเวลานี้ แสดงค่าปริมาณการไหลที่ได้บันทึกไว้กับเปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาในรอบ 1 ปี



รูปที่ 5-1 ตัวอย่าง flow duration curve (Layman's Guidebook, 1998)

5.5 การประเมินกำลังผลิตติดตั้ง

กำลังผลิตติดตั้งของโครงการไฟฟ้าพลังน้ำ (Installed Capacity/Rated Capacity) คือกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้จากโครงการ โดยใช้อัตราการไหลสูงสุด ที่จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้ และระดับความแตกต่างของศักย์น้ำประสิทธิผล ที่ออกแบบสำหรับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่ของโครงการ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับ การออกแบบทางลำเลียงน้ำ (Waterway) ด้วย โดยการประเมินกำลังผลิตติดตั้งของโครงการ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณการไหลสูงสุด สามารถอธิบายได้ดังนี้

$$P_{\max} = 9.8 \times Q_{\max} \times H_e \times \eta_t \times \eta_g \quad (5.5)$$

เมื่อ

$P_{\max}$	=	กำลังผลิตไฟฟ้าสูงสุดหรือกำลังผลิตติดตั้ง (กิโลวัตต์)
H_e	=	ศักย์น้ำประสิทธิผล (เมตร)
$Q_{\max}$	=	อัตราการไหลสูงสุดผ่านเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
η_t	=	ประสิทธิภาพของเครื่องกังหันน้ำ
η_g	=	ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

5.6 การเลือกอุปกรณ์ในการผลิตไฟฟ้า

เครื่องกังหันน้ำในการผลิตไฟฟ้า โดยทั่วไปมีหลักการทำงานอย่างเดียวกันคือทำงานเป็นกังหันน้ำเท่านั้น ยกเว้นเครื่องกังหันน้ำแบบสูบกลับเท่านั้นที่สามารถทำงานเป็นได้ทั้งกังหันน้ำและเครื่องสูบน้ำได้ เครื่องกังหันน้ำแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ได้แก่ แบบแรงสะท้อน (Reaction) กับ แรงกระแทก (Impulse)

แบบแรงกระแทก (Impulse) จะทำการเปลี่ยนพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลน์ก่อนเข้าสู่เครื่องกังหันน้ำที่ความดันบรรยากาศ โดยน้ำจะถูกฉีดออกจากหัวฉีดไปกระทบกับถ้วยรับน้ำ ซึ่งทำให้เกิดแรงหมุนเพลาลำโพงต่อไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

แบบแรงสะท้อน (Reaction) เป็นเครื่องกังหันน้ำที่ขับเคลื่อนโดยใช้แรงดันของน้ำที่เกิดจากความต่างระดับของน้ำด้านหน้าและด้านหลังเครื่องกังหันน้ำกระทำต่อกังหัน

การเลือกชนิดของเครื่องกังหันน้ำขั้นแรกพิจารณาจากศักย์น้ำประสิทธิผลกับปริมาณการไหลผ่านเครื่องกังหันน้ำ ซึ่งเป็นผลจากการบริหารน้ำและการปล่อยน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ การเลือกจำนวนของเครื่องกังหันน้ำจะต้องใช้ผลทางเศรษฐศาสตร์มาซึ่งงบประมาณ และสามารถดำเนินโครงการต่อไปได้ เครื่องกังหันน้ำต่างชนิดกันก็มีศักย์น้ำและความเร็วจำเพาะของการปฏิบัติงานที่เหมาะสมต่างกัน โดยที่ช่วงการทำงานที่ต่างกันของทั้งศักย์น้ำลักษณะต่างๆและความทนต่อการเกิดการกัดกร่อนบนตัวกังหัน (Cavitations)

ในทางอุตสาหกรรมโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบ่งกังหันน้ำเป็น High head, Medium head และ Low head โดยกำหนดให้ Head ไม่เกิน 30 เมตร เป็น Low Head ส่วนที่ Head ระหว่าง 30-250 เมตร ขึ้นไป จัดอยู่ในประเภท Medium head และ High head ตั้งแต่ 250 เมตร ขึ้นไป แต่ค่าตัวเลขเหล่านี้ไม่ได้ถือเป็นตัวเลขแน่นอนแต่อย่างใด ฉะนั้นหลักการเบื้องต้นเมื่อรู้ปริมาณน้ำออกแบบและหัวน้ำออกแบบ สามารถนำไปเลือกชนิดของ Turbine โดยทั่วไปกังหันพลังน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ Impulse turbine และ Reaction turbine

5.6.1 Impulse turbine

Impulse turbine เป็น Turbine ที่ Runner รับพลังงานจากน้ำในรูปพลังงานจลน์เพียงอย่างเดียวเท่านั้น และ Bucket แต่ละใบรับพลังงานเป็นช่วงไม่ต่อเนื่องตลอดเวลาที่ยังคงมีใช้กันในปัจจุบันคือ Pelton turbine และ Cross-Flow turbine

5.6.1.1 Pelton turbine เป็นกังหันแบบ Impulse turbine ที่มีใช้อยู่มากที่สุดในปัจจุบัน โดยใช้กับ head ตั้งแต่ 250 เมตรขึ้นไป โดย Turbine จะถูกขับด้วยน้ำที่พุ่งเป็นลำจากหัว Nozzle ینگมากระทบกับ Bucket ซึ่งติดอยู่รอบ Runner แล้วถูกผลักดันให้หมุนไป โดย Bucket ตัวถัดมาก็จะหมุนมาอยู่ใน

ตำแหน่งที่ถูก Jet พุ่งชนอีก เช่นนี้โดยต่อเนื่องกัน ส่วนประกอบที่สำคัญของ Pelton Turbine ได้แก่ Runner, Nozzle, Needle และ Deflector

5.6.1.2 Cross-Flow turbine

Cross-flow turbine เป็นกังหันแบบ Impulse turbine ขนาดเล็ก Power Output ไม่เกิน 100 kW ใช้ได้กับ head ตั้งแต่ 7 – 100 เมตร เนื่องจาก Cross – flow turbine มีโครงสร้างง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน การติดตั้งและบำรุงรักษาง่ายจึงเหมาะสมที่จะใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าให้แก่ชนบท เช่น ที่โรงไฟฟ้าบ้านยาง จ.เชียงใหม่, โรงไฟฟ้าแม่ตึ่น จ.เชียงใหม่, โรงไฟฟ้าห้วยโศกเขา จ.นราธิวาส เป็นต้น

โดยสรุป turbine ชนิด Pelton และ Cross-flow ต่างก็มีข้อจำกัดในการใช้ เช่น Pelton ต้องใช้กับ Head ที่สูง แต่ Cross-flow ก็ถูกจำกัดโดยขนาดและกำลังผลิตที่น้อย

5.6.2 Reaction turbine

Turbine ประเภทนี้ Runner จะรับพลังงานจากน้ำทั้งในรูปของพลังงานศักย์ซึ่งอยู่ในรูปความดันของน้ำและพลังงานจลน์ซึ่งอยู่ในรูปความเร็วของน้ำ Runner blade ทุกใบถูกขับด้วยน้ำอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา การแบ่งชนิดของ Reaction turbine นิยมแบ่งโดยใช้ลักษณะการไหลของน้ำเข้าสู่ Runner มาพิจารณา ซึ่งจะทำให้สามารถแยก Reaction turbine ได้ 3 ชนิด คือ Radial flow turbine Axial flow turbine และ Pit type bulb turbine

5.6.2.1 Radial flow turbine

Radial flow turbine คือ Turbine ที่น้ำไหลเข้าสู่ Runner ในแนวรัศมี ได้แก่ Francis turbine มีคุณสมบัติเป็นกังหันแบบ Radial Flow คือ น้ำภายใต้ Pressure ไหลเข้าสู่ Runner ทางด้านข้างโดยรอบแล้ว Discharge ออกไปทาง Axial หรือแนวแกนของ Shaft และเนื่องจากการหมุนของ Runner จะทำให้เกิดแรงเหวี่ยง (Centrifugal Force) ซึ่งส่งถ่ายให้แก่ น้ำที่ไหลเข้า Runner ความดันน้ำที่ Runner Inlet จึงต้องสูงเพียงพอที่จะทำให้เกิดแรงเหวี่ยงนี้ ความดันยังต้องทำให้เกิดความเร่งของน้ำใน Runner อย่างเพียงพอที่จะ Discharge น้ำที่ผ่าน Runner กังหันชนิดนี้มีข้อดีคือ ใช้พื้นที่ติดตั้งเครื่องน้อย มีประสิทธิภาพสูงสุดใกล้ Full Load ซึ่งใน Impulse Turbine จุดซึ่งประสิทธิภาพสูงสุดจะอยู่ที่ประมาณครึ่งหนึ่งของ Full Load แล้วต่ำลงที่ Full Load ดังนั้น Francis Turbine จึงมีสมรรถนะดีกว่า เมื่อเดินเครื่องที่ Full Load และไม่เหมาะสมกับการจ่าย Load น้อยๆ นอกจากนี้ยังเป็นกังหันที่มีใช้มากที่สุด เนื่องจากส่วนประกอบต่างๆ ให้ประสิทธิภาพสูง และสามารถใช้กับ Head ตั้งแต่ 15 เมตรถึง 450 เมตร Francis Turbine ยังแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบแกนนอน และ แบบแกนตั้ง

5.6.2.2 Axial flow turbine

Axial flow turbine คือ turbine ที่น้ำไหลเข้าสู่ Runner ตามแนวแกนของ Shaft turbine ชนิดนี้ยังแบ่งย่อยลงไปอีกเป็น Fixed blade, Propeller turbine และ Adjustable blade ได้แก่ Kaplan turbine, Bulb turbine

1) Kaplan Turbine

ในปี 1920 เป็นต้นมา นักออกแบบ Turbine ได้ให้ความสนใจต่อ High specific speed turbine เพื่อจุดประสงค์ในการลดค่าใช้จ่ายด้านเครื่องจักรกลพลังน้ำ โดยเฉพาะสำหรับ Low head turbine ซึ่งเมื่อเทียบกับในกรณี High head การเพิ่ม Specific speed สำหรับ Low head turbine จะมีผลในการลดค่าใช้จ่ายต่อ Horse Power ได้มากกว่า จึงเป็นเหตุให้ Kaplan ซึ่งเป็นกังหันที่มี Specific speed สูง ได้รับความสนใจและปรับปรุงขึ้นโดย Professor Kaplan ในปัจจุบัน Kaplan turbine ได้รับการปรับปรุงให้สามารถใช้กับ Head ถึง 45 เมตร และ Kaplan turbine ขนาดเล็กใช้กับ Head ถึง 60 เมตร Kaplan turbine มีส่วนประกอบคล้ายกับ Francis turbine เช่น ระบบ Bearing, Spiral case, Guide vane, Draft tube แต่บางส่วนก็แตกต่างกันมาก เช่น Runner, turbine shaft เป็นต้น และที่สามารถเห็นได้ชัดก็คือ ลักษณะการไหลของน้ำเข้าสู่ Runner คือ เปลี่ยนทิศทางเป็นในแนวนอน (Axial) ออกสู่ Draft tube แต่สำหรับ Kaplan turbine น้ำที่ผ่าน Guide vane ในแนวรัศมี (Radial) จะถูกบังคับให้เปลี่ยนเป็นการไหลในแนวแกน (Axial flow) โดย Turbine cover แล้วจึงเข้าสู่ Runner และออกสู่ Draft tube ในแนวแกน ในบางครั้งอาจเรียก Francis turbine และ Kaplan หรือ Propeller turbine เป็น Radial flow และ Axial flow turbine ตามลำดับ Runner ของ Kaplan turbine มีลักษณะ Blade เช่นเดียวกับใบพัดของเรือหรือพัดลมที่ใช้ตามบ้านโดยทั่วไป โดย Runner blade ของ Kaplan Turbine สามารถปรับมุมได้โดยสัมพันธ์กับ Guide vane opening (หรือเปอร์เซ็นต์ Load นั้นเอง) และค่า Head พอจะกล่าวได้คร่าวๆคือ ที่ Load ต่ำมุมเปิดของ Blade จะน้อย ความสัมพันธ์ระหว่าง Guide vane opening กับ Blade angle opening ซึ่งให้ประสิทธิภาพดีที่สุดจะคงที่เสมอถ้าค่า Head คงที่ ความสัมพันธ์นี้โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ Cam แต่ถ้า Head มีการเปลี่ยนแปลงมาก ความสัมพันธ์ของ Guide vane opening และ Blade angle opening ที่จะทำให้ประสิทธิภาพดีจะเปลี่ยนไปจากเดิม ดังนั้นในกรณีที่ Kaplan turbine ถูกใช้ภายใต้ Head ที่มีการเปลี่ยนแปลงมาก ลักษณะของความสัมพันธ์นี้จะเปลี่ยนไปด้วย

2) Bulb turbine

การศึกษาเกี่ยวกับ Bulb-type units มีมานานย้อนหลังไปประมาณ 50 ปี แล้ว อย่างไรก็ตามการพัฒนารื่องนี้จริงจังเพิ่งจะเริ่มประมาณ 20 ปี มานี้เอง สืบเนื่องจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ทำให้การผลิตจาก High และ Medium heads ได้เริ่มขึ้นก่อนแล้วจึงนำไปสู่การใช้ประโยชน์จาก Low heads การพัฒนาโครงการไฟฟ้าพลังน้ำถึงแม้ว่าค่าลงทุนในตอนเริ่มต้นค่อนข้างจะสูง แต่จะมีค่าดำเนินการและบำรุงรักษาค่า นอกจากนั้นหากพิจารณาถึงองค์ประกอบอย่างอื่นด้วย เช่น การชลประทาน การป้องกันน้ำท่วม ฯลฯ นับได้ว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำให้ประโยชน์อย่างยิ่ง ประโยชน์เหล่านี้ นับเป็นแรงจูงใจที่จะทำให้มีการศึกษาและดำเนินการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ Low heads อย่างไรก็ตาม Conventional-vertical shaft machines ได้มีการพัฒนาถึงขั้นเกือบสูงสุดแล้ว จึงได้มีการพิจารณาและมองถึง Horizontal-shaft turbine ซึ่งยังสามารถปรับปรุง water flow ให้เกิดประโยชน์สูงสุดได้อีก อีกทั้งโครงสร้างก็ค่อนข้างง่าย แต่ปัญหาก็จะอยู่ที่ว่าตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องจัดวางอยู่ในแนว Flow stream

ด้วย ลักษณะโดยทั่วไปเพื่อประสิทธิภาพที่ดี เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกังหันน้ำจะต่อกันโดยตรงรวมกัน เป็นชุดอยู่ใน Bulb ซึ่งจมอยู่ในน้ำ (Immersed-bulb type) นอกจากปัญหาการรั่วซึมแล้ว เส้นผ่านศูนย์กลางของ Bulb ควรถูกออกแบบให้เล็กที่สุด เพื่อมิให้เป็นตัวกีดขวางการเดินของน้ำ อีกทั้งระบบหล่อเลี้ยงความเย็นและคุณสมบัติต่างๆซึ่งแตกต่างไปจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั่วไป ใ้ที่เขื่อนปากมูลเป็นแห่งแรกและแห่งเดียวในประเทศไทย

5.6.2.3 Pit type bulb turbine

Pit type bulb turbine จะใช้กับ head ไม่เกิน 10 เมตรมีขนาด Discharge มาก ลักษณะทั่วไปจะออกแบบพิเศษกว่า Bulb type โดยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะถูกติดตั้งอยู่ใน Pit เป็นแบบเปิดที่เป็น Concrete หรือเหล็กที่จมน้ำอยู่ ในกรณีที่เลือกใช้ Pit type เพื่อขจัดปัญหาเรื่องความเร็วรอบต่ำและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใหญ่ โดยใช้ Gear box จะถูกติดตั้งอยู่ใน Pit ระหว่างเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ฉะนั้นความเร็วรอบให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 500-1000 รอบ/นาที แล้วแต่การเลือกอัตราทด สิ่งนี้ส่งผลให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีขนาดเล็กและราคาถูกกว่า ชนิด Bulb turbine ด้วยวิธีนี้ค่าชดเชยสำหรับราคาพิเศษและความสูญเสียประสิทธิภาพจะไม่ปรากฏ โดย Gear สำหรับ Gear box จะต้องมีการบำรุงรักษาและดูแลเป็นอย่างดีเสมอ

5.7 การคำนวณพลังงานไฟฟ้า

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโครงการ พิจารณาจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ใน 1 วินาที เมื่อกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้มีความสัมพันธ์กับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและช่วงเวลาที่ผลิต มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือ เมกะวัตต์-ชั่วโมง พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในรอบ 1 ปีเรียกว่า พลังงานไฟฟ้ารายปี

การคำนวณการผลิตพลังงานไฟฟ้าในงานวิจัยนี้ ได้ดำเนินการศึกษา 3 วิธี ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบการผลิตไฟฟ้าและลักษณะของข้อมูล โดยโครงการในรูปแบบน้ำไหลผ่าน มีศักย์น้ำต่ำและไม่มีอ่างเก็บน้ำ หรือมีข้อมูลปริมาณน้ำรายวันจะใช้การคำนวณโดยโค้งแสดงปริมาณน้ำและช่วงเวลา (Flow Duration Curve) โครงการในรูปแบบอ่างเก็บน้ำ หรือมีข้อมูลปริมาณน้ำรายเดือนจะใช้การคำนวณโดยโค้งมวลน้ำสะสม (Mass Curve) และโครงการที่มีการศึกษาการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำและมีข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอ่างเก็บน้ำแล้วจะคำนวณพลังงานไฟฟ้าจากปริมาณน้ำที่ปล่อยผ่านโรงไฟฟ้าโดยตรง

พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$E = 9.8 \times Q \times H_e \times \eta \times 24 (10^6 \text{ kWh}) \quad (5.6)$$

เมื่อ

E	=	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)
Q	=	ปริมาณการไหลผ่านโรงไฟฟ้า (ม ³ /วินาที)
H_e	=	ศักย์น้ำประสิทธิภาพ (ม.)
η	=	ประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า

5.7.1 อัตราการใช้งานโรงไฟฟ้า (Plant Factor)

อัตราการใช้งานโรงไฟฟ้า คือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานไฟฟ้ารายปีกับพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ผลิตได้ในหนึ่งปี สามารถอธิบายได้ดังนี้

$$\text{Plant factor (\%)} = \frac{\text{Annual energy generation (kWh)}}{\text{Maximum output (kW)} \times 8,760 (\text{hr})} \times 100 \quad (5.7)$$

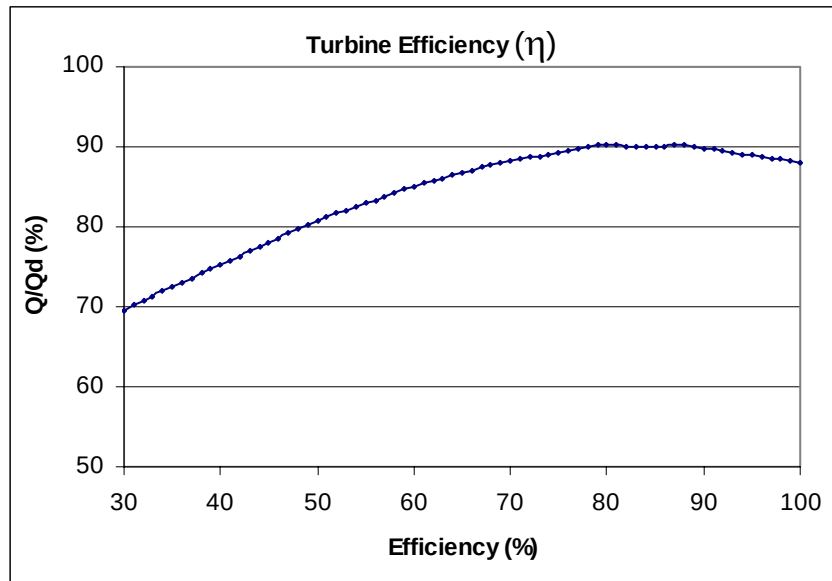
5.7.2 การคำนวณพลังงานไฟฟ้าโดยอิงแสดงปริมาณการไหลกับช่วงเวลา

อิงแสดงปริมาณการไหลกับช่วงเวลา (Flow duration curve) เป็นการนำค่าปริมาณการไหลที่จัดโครงการเรียงจากมากไปหาน้อย และหาความสัมพันธ์กับช่วงเวลาหรือโอกาสการเกิดปริมาณน้ำที่มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าปริมาณการไหลดังกล่าว โดยการคำนวณพลังงานไฟฟ้าโดยอิงแสดงปริมาณการไหลกับช่วงเวลาประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1) วิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดที่สามารถให้อัตราการใช้งานโรงไฟฟ้าที่ประมาณ 70% หรือสามารถใช้ปริมาณน้ำในการผลิตไฟฟ้าได้ 70% ของปริมาณน้ำทั้งหมด ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมในการพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก และกำหนดอัตราการไหลต่ำสุดผ่านกังหันน้ำ ที่ 30% ของ อัตราการไหลออกแบบ

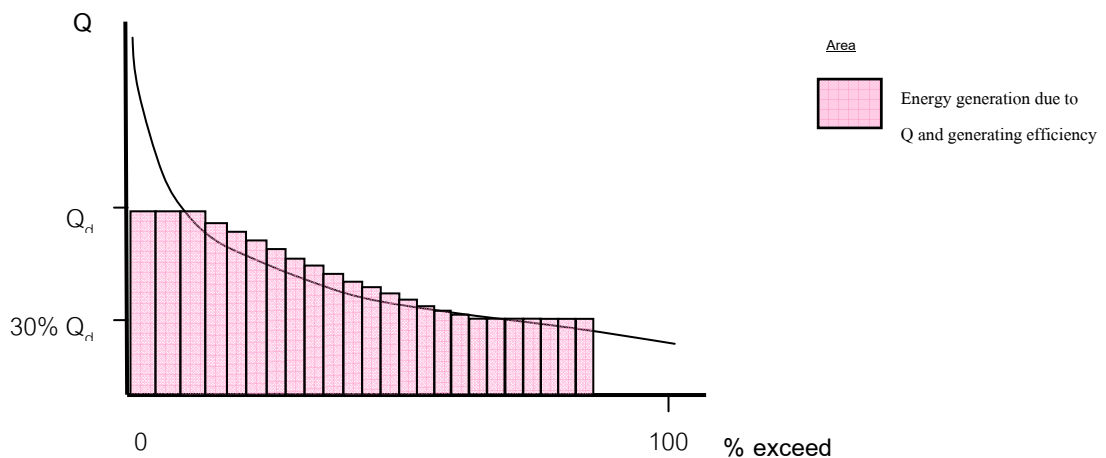
2) กำหนดอัตราการไหลออกแบบ และศักย์น้ำออกแบบ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณ กำลังผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้า

3) คำนวณอัตราส่วนระหว่าง อัตราการไหลผ่านกังหันน้ำต่ออัตราไหลออกแบบ (Q/Q_d) ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพ (η) ในการผลิตกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 5-2 อัตราการไหลผ่านกังหันน้ำต่ออัตราไหลออกแบบ (Q/Q_d) กับประสิทธิภาพ

5) คำนวณพลังงานไฟฟ้าที่สามารถผลิตได้สะสมตลอดช่วงเวลาตามอัตราการใช้งานโรงไฟฟ้า รวมกันเป็นพลังงานที่ผลิตได้รายปี



รูปที่ 5-3 การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้

5.7.3 การคำนวณพลังงานไฟฟ้าโดยโค้งมวลน้ำสะสม (Mass curve)

เมื่อพิจารณาโค้งมวลน้ำสะสมและโค้งความจุของอ่างเก็บน้ำ สามารถหาปริมาณน้ำที่ไหลผ่านโรงไฟฟ้าและระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำแต่ละเดือนได้ โดยระดับน้ำในอ่างใช้กำหนดศักยภาพประสิทธิผลในการคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ในแต่ละเดือน หลักการคำนวณพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โค้งมวลน้ำสะสม เป็นการสร้างโค้งมวลน้ำสะสม 2 เส้นขนานกัน โดยมีระยะห่างเท่ากับความจุเก็บกักของอ่างเก็บน้ำ จากนั้นจึงกำหนดเกณฑ์การใช้น้ำที่สัมพันธ์กับการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำในช่วงฤดูแล้ง

และเกณฑ์การระบายน้ำด้วยอัตราการไหลสูงสุดในช่วงฤดูน้ำ เพื่อให้มีการเก็บน้ำเต็มอ่างเมื่อสิ้นสุดฤดูน้ำในแต่ละรอบปี ในขณะที่เดียวกัน จำนวนปริมาณน้ำที่ไหลผ่านทางโรงไฟฟ้าในแต่ละเดือน เพื่อคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยปริมาณน้ำดังกล่าว และระดับน้ำซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาตรเก็บกักหาได้จากโค้งปริมาตรเก็บกักต้นเดือนในแต่ละเดือน ทั้งนี้ระยะห่างระหว่างเกณฑ์การใช้น้ำหรือระบายน้ำกับมวลน้ำสะสม แสดงถึงปริมาตรน้ำที่เก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำ ระดับน้ำต้นเดือนที่พิจารณาและต้นเดือนถัดไป จำนวนจากค่าเฉลี่ยของระดับน้ำระหว่างเดือน ศักย์น้ำประสิทธิผลของแต่ละเดือนคำนวณได้จากระดับน้ำเฉลี่ยของน้ำในอ่าง การเปลี่ยนแปลงของศักย์น้ำประสิทธิผล ใช้ในการพิจารณาอัตราส่วนระหว่างศักย์น้ำกับศักย์น้ำที่ให้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด ประกอบกับประเภทของอ่างเก็บน้ำ เพื่อกำหนดประสิทธิภาพรวมของเครื่องกังหันน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ ผลรวมของประสิทธิภาพของระดับน้ำแต่ละเดือนคือผลคูณระหว่างประสิทธิภาพศักย์น้ำที่เปลี่ยนแปลงกับประสิทธิภาพรวมของศักย์น้ำประสิทธิผล

5.8 ระบบสายส่งไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยทั่วไปจะมีค่าไม่เกิน 20 kV ทั้งนี้เกิดจากปัญหาทางด้านฉนวนในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและคำนึงถึงผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบันมีแรงดันจ่ายออกหลายระดับ เช่น 3.5 kV, 6.5 kV, 11 kV เป็นต้น แรงดันดังกล่าวจะถูกแปลงให้สูงขึ้นที่ลานไกไฟฟ้า (Switch Yard) มีค่าเป็นไปตามแรงดันมาตรฐานที่ใช้ส่งพลังงาน การส่งพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจะเลือกส่งด้วยระดับแรงดันขนาดใดขึ้นอยู่กับระยะทางเป็นสำคัญ ในการส่งไฟฟ้าแรงดันสูงนั้นจะส่งด้วยระบบ 3 เฟส เพราะว่าการเพิ่มสายส่งขึ้นอีกหนึ่งเส้นจะสามารถส่งพลังงานได้สูงกว่าระบบเฟสเดียวถึง 73% ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับขณะใช้แรงดันและกระแสไฟฟ้าจำนวนเท่าๆกัน

สำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก จะพิจารณาส่งพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution system) โดยตรง ซึ่งเป็นระบบที่ถูกลดแรงดันให้ต่ำจนมีค่าเหมาะสมที่จะบริการให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าได้แล้ว แรงดันที่ใช้ในระบบจำหน่ายมีหลายระดับ เช่น 11 kV, 22 kV และ 33 kV เป็นระบบแรงดันที่ใช้ในการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(กฟภ.) สายจำหน่ายชนิดนี้เรียกว่าสายจำหน่ายแรงสูง ซึ่งแรงดันระดับนี้สามารถจำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมได้ สายจำหน่ายแรงสูงนี้จะเดินอยู่รอบๆตัวเมืองและจะแปลงระดับแรงดันให้ต่ำลงอีกโดยหม้อแปลงจำหน่าย สายจำหน่ายชนิดนี้เรียกว่า สายจำหน่ายแรงต่ำในประเทศไทยได้กำหนดระดับแรงดันใช้งานขนาด 220 V สำหรับระบบ 1 เฟส และ 380 V สำหรับระบบ 3 เฟส

5.9 ผลการศึกษาศักยภาพด้านการผลิตไฟฟ้า

จากการศึกษาศักยภาพของโครงการต่างๆ ที่พิจารณาในกลุ่มโครงการทั้ง 6 กลุ่ม ในด้านการผลิตไฟฟ้า ตามหลักเกณฑ์และขั้นตอนดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผลการศึกษาสามารถแสดงให้เห็นการประเมินกำลังผลิตติดตั้งและการคำนวณการผลิตพลังงานไฟฟ้ารายปีของแต่ละโครงการดังแสดงในตารางที่ 5-1 โดยพบว่าในด้านกำลังผลิตติดตั้งของโครงการนั้น โครงการในกลุ่มที่ 1 มีกำลังผลิตอยู่ระหว่าง 10 – 370 กิโลวัตต์ และกลุ่มที่ 2 อยู่ระหว่าง 50 – 2,300 กิโลวัตต์ จากผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าลุ่มน้ำวังมีศักยภาพในการพัฒนาไฟฟ้าพลังน้ำไม่สูงมากนัก มีเพียงโครงการพัฒนาแหล่งน้ำของกรมชลประทานที่มีอยู่เดิม ที่มีที่ตั้งที่เหมาะสมบนลำน้ำสายหลัก จึงมีศักยภาพกำลังผลิตในระดับที่ค่อนข้างสูง ขณะที่โครงการใหม่ที่มีการพิจารณาเพิ่มเติมหลายโครงการมีศักยภาพกำลังผลิตต่ำกว่า 100 กิโลวัตต์ และมี 4 โครงการที่ไม่มีศักยภาพด้านไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งจะมีผลให้โครงการดังกล่าวไม่มีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ในการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยในจำนวนโครงการใหม่ที่มีการพิจารณาเพิ่มเติมนี้ มีเพียง 5 โครงการ ที่มีกำลังผลิตมากกว่า 100 กิโลวัตต์ และมีศักยภาพในการพัฒนาต่อไป ทั้งนี้โครงการอ่างเก็บน้ำเขื่อนก๊วลม ในกลุ่มโครงการที่ 2 ซึ่งเป็นการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่เขื่อนของกรมชลประทาน มีกำลังผลิตติดตั้งสูงสุด 2,300 กิโลวัตต์

ในด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโครงการ โครงการในกลุ่มที่ 1 ผลิตไฟฟ้าได้ระหว่าง 0.06 – 2.21 GWh กลุ่มที่ 2 ระหว่าง 0.07 – 15.92 GWh โครงการที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากที่สุดได้แก่ โครงการเขื่อนก๊วลม สามารถผลิตพลังงานได้ 16 GWh ต่อปี จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าการติดตั้งไฟฟ้าพลังน้ำในโครงการพัฒนาแหล่งน้ำที่มีอยู่เดิมของกรมชลประทาน สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ในเกณฑ์สูง โดยการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเขื่อนก๊วลมมีปริมาณมากกว่าเขื่อนก๊วลม ทั้งที่เขื่อนก๊วลมมีศักยภาพกำลังผลิตมากกว่า เนื่องจากความได้เปรียบของความต่างระดับน้ำของเขื่อนก๊วลมที่สูงกว่าเขื่อนก๊วลม ในขณะที่โครงการใหม่ที่มีการพิจารณาเพิ่มเติมส่วนใหญ่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้น้อย โดยมีเพียง 4 โครงการเท่านั้นที่สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า 1 GWh ต่อปี

ตารางที่ 5-1 ผลการวิเคราะห์ด้านการผลิตไฟฟ้าของโครงการในกลุ่มน้ำวัง

ลำดับที่	ชื่อโครงการ	กลุ่มที่	รูปแบบ	กำลังผลิต (kW)	พลังงานไฟฟ้ารายปี (kWh)	ความยาวของระบบสายส่งไฟฟ้า (km)
1	แม่สอย 1 (WW1)	1	WW	20	120,712	1.58
2	แม่สอย 2 (WW2)	1	WW	20	120,712	4.67
3	แม่สอย 3 (WW3)	1	WW	230	1,388,193	4.01
4	แม่สอย 4 (WW4)	1	WW	30	181,069	1.00
5	แม่สอย 5 (DwS1)	1	DwS	200	1,195,695	2.96
6	แม่สอย 6 (DwS2)	1	DwS	370	2,212,036	6.24
7	แม่สอย 7 (DwS3)	1	DwS	170	1,016,341	3.42
8	แม่สอย 8 (DwS4)	1	DwS	140	836,987	6.84
9	แม่คู่ย 1 (DwS5)	1	DwS	10	60,891	6.89
10	แม่คู่ย 2 (DwS6)	1	DwS	20	121,783	1.76
11	แม่คู่ย 3 (DwS9)	1	DwS	20	121,783	2.37
12	แม่วังตอนบน 1 (WW7)	1	WW	10	60,748	2.75
13	แม่วังตอนบน 2 (DwS10)	1	DwS	10	60,135	4.05
14	แม่วังตอนกลาง 1 (WW8)	1	WW	50	300,210	3.01
15	แม่วังตอนกลาง 2 (WW9)	1	WW	30	180,126	0.86
16	แม่วังตอนกลาง 3 (DwS11)	1	DwS	10	60,454	6.29
17	ก๊วลม	2	RID	2,300	6,221,000	0
18	ก๊วคหมา	2	RID	2,200	15,920,145	2.68
19	แม่ทะ	2	RID	50	70,700	0

หมายเหตุ: WW คือ รูปแบบท่อหรือคลองผันน้ำ DwS คือ รูปแบบเขื่อน และ RID คือ โครงการของกรมชลประทาน

5.10 เกณฑ์การตัดสินใจด้านการผลิตไฟฟ้า

ในการวิเคราะห์กระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi-criteria Decision Making, MCDM) เพื่อจัดลำดับศักยภาพและคัดเลือกโครงการไฟฟ้าพลังน้ำที่มีศักยภาพ ตามเกณฑ์ตัดสินใจหลักทั้ง 6 เกณฑ์นั้น สำหรับเกณฑ์การตัดสินใจด้านการผลิตไฟฟ้า นอกเหนือจากเกณฑ์สำคัญซึ่งแสดงถึงศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าได้แก่ กำลังผลิตติดตั้งและการผลิตพลังงานไฟฟ้า ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ยังต้องคำนึงถึงความยาวของระบบสายส่งไฟฟ้า ซึ่งจะมีผลต่อการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าจากโครงการไปยังระบบไฟฟ้าอีกด้วย ดังนั้นจึงกำหนดเกณฑ์การตัดสินใจด้านการผลิตไฟฟ้าและค่าถ่วงน้ำหนักดังตารางที่ 5-2

ตารางที่ 5-2 เกณฑ์การตัดสินใจด้านการผลิตไฟฟ้าและค่าถ่วงน้ำหนัก

เกณฑ์	น้ำหนักถ่วง
กำลังผลิตติดตั้ง	0.130
การผลิตพลังงานไฟฟ้า	0.652
ความยาวของระบบสายส่งไฟฟ้า	0.217

หมายเหตุ ค่าถ่วงน้ำหนักนี้ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ consistency แล้ว

ตัวชี้วัดด้านการผลิตไฟฟ้านั้น มีหลักในการให้ค่าคะแนนดังนี้

1. กำลังผลิตติดตั้ง

ถ้ากำลังผลิตติดตั้งสูงแสดงว่ามีศักยภาพสูงให้ค่าคะแนนเท่ากับ 1 และลดลงมาทีละช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยกำลังผลิตติดตั้งที่ต่ำสุดจะมีศักยภาพต่ำสุดและได้ค่าคะแนนเท่ากับ 9

2. การผลิตพลังงานไฟฟ้า

ถ้าได้พลังงานไฟฟ้ารายปีสูงแสดงว่ามีศักยภาพสูงให้ค่าคะแนนเท่ากับ 1 และลดลงมาทีละช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยพลังงานไฟฟ้ารายปีที่ต่ำสุดจะมีศักยภาพต่ำสุดและได้ค่าคะแนนเท่ากับ 9

3. ความยาวของระบบสายส่งไฟฟ้า

ความยาวของระบบสายส่งไฟฟ้า ซึ่งจะมีผลต่อการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าจากโครงการไปยังระบบไฟฟ้า ถ้าความยาวของระบบสายส่งไฟฟ้าสั้น แสดงว่ามีศักยภาพสูงให้ค่าคะแนนเท่ากับ 1 และลดลงมาทีละช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยความยาวของระบบสายส่งไฟฟ้าที่ยาวที่สุดจะมีศักยภาพต่ำสุดและได้ค่าคะแนนเท่ากับ 9

การให้คะแนนตลอดจนผลการจัดลำดับแสดงดังตารางที่ 5-3

ตารางที่ 5-3 ผลการวิเคราะห์และจัดลำดับด้านการผลิตไฟฟ้า

ลำดับที่	ชื่อโครงการ	กลุ่มที่	รูปแบบ	กำลังการผลิต	พลังงานไฟฟ้ารายปี	ความยาวสายส่ง	ผลการจัดลำดับในการพัฒนา
1	แม่สอย 1 (WW1)	1	WW	9	8	3	12
2	แม่สอย 2 (WW2)	1	WW	9	8	7	17
3	แม่สอย 3 (WW3)	1	WW	1	1	6	5
4	แม่สอย 4 (WW4)	1	WW	8	8	2	10
5	แม่สอย 5 (DwS1)	1	DwS	1	1	5	3
6	แม่สอย 6 (DwS2)	1	DwS	1	1	9	6
7	แม่สอย 7 (DwS3)	1	DwS	1	1	6	4
8	แม่สอย 8 (DwS4)	1	DwS	3	2	9	8
9	แม่ตุ้ย 1 (DwS5)	1	DwS	9	9	9	19
10	แม่ตุ้ย 2 (DwS6)	1	DwS	9	8	3	11
11	แม่ตุ้ย 3 (DwS9)	1	DwS	9	8	4	13
12	แม่วังคอนบน 1 (WW7)	1	WW	9	9	5	15
13	แม่วังคอนบน 2 (DwS10)	1	DwS	9	9	6	16
14	แม่วังคอนกลาง 1 (WW8)	1	WW	7	7	5	14
15	แม่วังคอนกลาง 2 (WW9)	1	WW	8	8	2	9
16	แม่วังคอนกลาง 3 (DwS11)	1	DwS	9	9	9	18
17	กัวลม	2	RID	1	1	1	1
18	กัวคองมา	2	RID	1	1	4	2
19	แม่ทะ	2	RID	7	9	1	7

หมายเหตุ : - WW คือ รูปแบบท่อหรือคลองผันน้ำ DwS คือ รูปแบบเขื่อน และ RID คือ โครงการของกรมชลประทาน

- ผลการจัดลำดับในการพัฒนา หากได้ค่าน้อยแสดงว่ามีศักยภาพในการพัฒนาสูง เช่น โครงการที่ได้ผลการจัดลำดับที่ 1 จะมีศักยภาพด้านการผลิตไฟฟ้าสูงสุด