ปีการศึกษา 2532

COMPUTER AID FOR MINI-HYDRO POWER PLANT DESIGN

โดย

1.นายสาคร พลราชม 29.1321
2.นายสมาน ศรีสุข 29.1319

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์

22 พ.ย. 2533

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง COMPUTER AID FOR MINI-HYDRO POWER PLANT DESIGN

ผู้จัดทำ

1. นายสาคร พลราชม
2. นายสมาน ศรีสุข

.....(อาจารย์ที่ปรึกษา)
(อาจารย์มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์)

027016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

COMPUTER AID FOR MINI-HYDRO POWER PLANT DESIGN

1.นายสาคร พลราชม
2.นายสมาน ศรีสุข

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์

ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการเขียนโปรแกรมภาษา BASICA ที่ใช้สำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยในการคำนวณออกแบบเบื้องต้น ขนาดหลัก (Main-Dimension) ของอุปกรณ์ต่างในโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (Mini-Hydro Power Plant) เช่นขนาดของท่อส่งน้ำ(Penstock)ขนาดของกังหันน้ำ(Hydraulic Turbine)และขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ลักษณะของโปรแกรมจะเป็นกระบวนการคำนวณกว้างๆ ไม่จำกัดกำลังที่ผลิตโดยจะจำกัดความสูงของหัวน้ำ(Head) ไม่ต่ำกว่า 3 เมตร และไม่สูงกว่า 1700 เมตร ค่าคงที่บางอย่าง เช่น ค่า Power facter ค่าความสูงหัวน้ำของเขื่อน และประสิทธิภาพของกังหันได้ใช้ค่าจริงของเขื่อนที่ใช้ในการศึกษา ในการศึกษาเฉพาะกรณีได้นำผลจากการคำนวณไปศึกษาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จริงจาก เขื่อนน้ำพุง อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร ซึ่งถือว่าเป็นโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก เพราะมีกำลังการผลิต 3000 กิโลวัตต์/หน่วย

Abstract

This thesis concerns with the writing of a BASICA program for a microcomputer to calculate, in the preliminary design, the main dimensions of equipments used in a mini-hydro power plant. Examples of the equipments are the penotock, the hydraulic turbine and the generator.

The program will be a general calculation which does not limit the electrical power generated but limits the head to a minimum of 3 metres and a maximum of 1700 metres. Some constants ; such as the power factor, the head of the dam and the efficiency of the turbine, are obtained from the Dam under study. In this study, the results from the calculations are compared with the actual results of Nam Pung Dam, Amphur Muang, Sakol Nakorn which is regarded as a mini - hydro power plant because its output is only 3000 kilowatts/unit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการเขียนโปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์ภาษา BASICA เพื่อช่วยในการคำนวณออกแบบโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่มีกำลังการผลิต ไม่เกิน 5000 กิโลวัตต์ บทที่ 1 เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการสำรวจทางเลือก การศึกษาสภาพทั่วๆไปทางภูมิศาสตร์ ของบริเวณที่จะทำการก่อสร้าง โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ ตลอดจนการศึกษาถึงโครงสร้างและข้อดีข้อเสียของเขื่อนแบบต่างๆ บทที่ 2 เป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการคำนวณออกแบบส่วนประกอบหลักอย่างคร่าวๆของโรงจักรไฟฟ้า เช่นการคำนวณขนาดของท่อส่งน้ำ ขนาดของกังกันน้ำ ขนาดของท่อจ่ายน้ำออกและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า บทที่ 3 เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณออกแบบ ส่วนบทที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณออกแบบของเครื่องคอมพิวเตอร์ กับค่าจริงจากเขื่อนน้ำพุง จังหวัดสกลนคร ซึ่งเป็นเขื่อนผลิตกระแสไฟฟ้าขนาดเล็ก มีกำลังการผลิต 3000 กิโลวัตต์ต่อหน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1	โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ การออกแบบเบื้องต้น 1	หน้า 1
	อุทกศาสตร์	1
	การไหลของน้ำ ไฮโดรกราฟ รีฟลวดิวเรชั่นเคอร์ฟ	3
	ไฮโดรกราฟ	4
	เคอร์ฟปริมาณน้ำและอ่างเก็บน้ำ	7
	การสำรวจทำเลของโครงการ	9
	จำนวนเขื่อนของโครงการ	11
	เขื่อนชนิดต่างๆ	12
	การปรับแต่งและตำแหน่งของสถานีไฟฟ้าพลังน้ำ	15
	แรงกระแทกของน้ำและถังถดถอยความดันย้อนกลับ	18
	ตำแหน่งของโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ	18
	โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำชนิดต่างๆและลักษณะการใช้งาน	19
บทที่ 2	โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ การออกแบบเบื้องต้น 2	23
	ขนาดของโรงจักรไฟฟ้าและการเลือกจำนวนหน่วย	23
	กังหันชนิดต่างๆและลักษณะสมบัติของมัน	25
	ประสิทธิภาพของกังหันชนิดต่างๆ ที่สภาพโหลดต่างๆ	30
	ความเร็ว:ความเร็วจำเพาะ	30
	การปรับแต่งกังหัน	34
	ความเร็วและการรักษาระดับความเร็ว	34
	ความเร็วประลัย	35
	การออกแบบขนาดที่สำคัญของกังหัน	35
	ท่อจ่ายน้ำออกชนิดต่างๆ การติดตั้งและการออกแบบเบื้องต้น	39
	การออกแบบท่อส่งน้ำเบื้องต้น	43
	ลักษณะสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	44
	ตัวกระตุ้นสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ	45
	ขนาดหลักของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	45
บทที่ 3	โปรแกรมออกแบบโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก	50
บทที่ 4	ผลการคำนวณของเครื่องคอมพิวเตอร์	75
	ข้อมูลเขื่อนน้ำพุง	81
	เปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณและค่าจริงของเขื่อนน้ำพุง	84
สรุป		86
กิตติกรรมประกาศ		87
หนังสืออ้างอิง		88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บทที่ 1
โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ
การออกแบบเบื้องต้น-1
(Hydro-Electric Stations:Preliminary Design-I)

บทนำ (Introductions)

เมื่อแหล่งน้ำเป็นสิ่งที่จำเป็นในการผลิตพลังงานไฟฟ้าไปสู่ผู้ใช้ แต่เนื่องจากโรงจักรไฟฟ้าชนิดนี้ ไม่สามารถที่จะติดตั้งได้ทุกที่ตามที่ต้องการได้ ขั้นแรกจะต้องรู้ค่าปริมาณของน้ำ และดับความสูงหัวน้ำ พลังงานไฟฟ้าที่ต้องการผลิตจากนั้นจึงทำการศึกษาข้อมูลการไหลของน้ำในแต่ละปี ว่ามีความเป็นไปได้ในการก่อสร้างหรือไม่ตัวเขื่อนในตำแหน่งที่เหมาะสมในการกักเก็บน้ำและปริมาณของน้ำที่ไหลผ่านตลอดทั้งปีก็เป็นตัวประกอบที่สำคัญในการพิจารณาและ จำนวนกำลังผลิตที่ต้องการ ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำในพิกัดที่ต้องการตลอดจนระดับความสูงของ หัวน้ำและอื่นๆโครงการไฟฟ้าพลังน้ำงานส่วนใหญ่จะเป็นหน้าที่ของงานวิศวกรรมโยธาโดยๆทั่วไปโครงการนี้มักจะเป็นโครงการเอนกประสงค์เช่น การชลประทานการผลิตพลังงานไฟฟ้าการควบคุมน้ำท่วมและการคมนาคมทางน้ำในทางจินตนาการแล้วการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังน้ำจะมีค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำมาก เพราะว่าน้ำไม่มีราคาและโรงจักรที่ใช้พลังงานน้ำก็ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงจึงตัดค่าเชื้อเพลิงทิ้งไปอย่างไรก็ตามแนวความคิดนี้ยังไม่ถูกต้องนัก เพราะในการกักเก็บน้ำในระดับที่ต้องการจะต้องมีการสร้างเขื่อนและงานก่อสร้างทางงานวิศวกรรมโยธาอื่นๆ ในการพิจารณาจะต้องคำนึงถึงค่าของเงินการเพิ่มขึ้นของต้นทุนที่จะลงทุนไปทั้งหมด ต้นทุนคงที่ ซึ่งต้นทุนเหล่านี้ยังไม่ได้คิดรวมกับต้นทุนของโรงจักรชนิดต่างๆอย่างไรก็ตามโครงการไฟฟ้าพลังน้ำจะต้องพิจารณาถึงกำลังในการผลิตต่อเงินที่ลงทุนไปเพื่อให้ประหยัดที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับโรงจักรชนิดอื่นๆ เช่นกังหันน้ำ กังหันแกส เครื่องยนต์ดีเซลและโรงจักรพลังงานปรมาณู

อุทกศาสตร์ (Hydrology).

เมื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของโครงการผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยพลังน้ำแล้วขั้นแรกจะต้องเตรียมข้อมูลการไหลของน้ำที่ต้องการสำหรับโครงการ วงวัฏจักรของน้ำซึ่งโดยทั่วๆไปบประกอบด้วย การระเหยของน้ำจากทะเลหรือมหาสมุทรและการระเหยของแหล่งน้ำบนผิวผิวโลกและใต้ผิวโลก ศาสตร์ของอุทกศาสตร์เป็นพื้นฐานของภูมิศาสตร์ผิวดินภูมิศาสตร์ พิสิกส์ทางเกษตรศาสตร์ เคมี ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต และการวัดมีความจำเป็นในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของ ปริมาณน้ำฝนในแต่ละปีซึ่งโดยปกติจะมีการเก็บข้อมูลประมาณ 25-30ปีและจะต้องบันทึกข้อมูลช่วงของความแห้งแล้งของแต่ละปี การเพิ่มขึ้นของน้ำหรือปริมาณน้ำฝนในบริเวณโครงการ สามารถวัดได้โดยใช้เครื่องมือวัดน้ำฝน (Rain Guages) ที่บริเวณต่างๆของพื้นที่โครงการหรืออาจจะใช้เครื่องมือบันทึกปริมาณน้ำฝน เพื่อให้ได้ค่าปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำฝนที่ต่อเนื่องซึ่งจะทำให้สามารถรู้ค่าความถี่ของการเพิ่มขึ้นของน้ำได้รูปเดอร์พ การเพิ่มขึ้นของน้ำฝนในหน่วยมิลลิเมตร สามารถพลอ็ตเทียบกับเปอร์เซนต์ของเวลาในช่วงเวลาที่ทำการบันทึก ถ้าข้อมูลที่ทำการบันทึกมีระยะเวลาที่ยาวนานนับปี ช่วงเวลาที่พลอ็ตจะอยู่ในหน่วยเดือน โดยทั่วๆไปแล้ว ข้อมูลการเพิ่มขึ้นของน้ำในแต่ละช่วงเวลาของปีในพื้นที่เดียวกัน จะมีค่าที่เหมือนกัน แต่ถ้าเราคัดเฉพาะในรอบ 1 ปีแล้วในแต่ละช่วงของเวลาจะมีความแปรผันของปริมาณน้ำฝนอันเนื่องมาจากฤดูกาลต่างๆในรอบ1 ปีแต่ถ้าเราพิจารณาถึงปริมาณน้ำฝนในแต่ละฤดูแล้วก็จะได้ข้อมูลที่เหมือนกันอีกเช่นกัน แต่ถ้าเวลาที่ทำการบันทึกที่ ระยะเวลาที่ยาวนานมากๆ ก็จะทำให้เราทราบถึงข้อมูลของบางปีที่ เกิดความแห้งแล้ง

การเพิ่มขึ้นของน้ำในแต่ละตำแหน่งขึ้นอยู่กับระดับความสูงของตำแหน่งนั้น โดยทั่วๆไปแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของน้ำ จะมีค่าเพิ่มขึ้นถ้าความลาดชันของพื้นที่นั้นไปสู่ภูเขาและตำแหน่งนั้นจะต้องไม่ไกลเกินไปนักจากแหล่งที่มีการระเหยของน้ำ เช่น ทะเล มหาสมุทร ข้อมูลสูงสุดของปริมาณน้ำฝนของพื้นที่ และธรรมชาติของพื้นที่ในการระเหยของน้ำ จะช่วยในการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำท่วมในบริเวณนั้น ความรู้เกี่ยวกับค่าความถี่ของปริมาณน้ำฝนที่มีค่าสูงในพื้นที่จะช่วยในการศึกษา เกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นค่าเฉลี่ยการเพิ่มขึ้นของน้ำในบริเวณของการระบายน้ำลงสู่อ่างเก็บน้ำ (Drainage Area)ในช่วงเวลาต่างๆ ทำได้โดยการพลอ็ตกราฟจากข้อมูลต่างๆที่ได้ทำการเก็บไว้

ผลรวมทั้งหมดของค่าการเพิ่มขึ้นของน้ำที่ได้จากข้อมูลต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะมีปริมาณน้ำบางส่วนสูญหายไปแหล่งที่ทำให้เกิด การสูญเสียของปริมาณน้ำก็คือ การระเหยของน้ำในบริเวณกักเก็บน้ำ การระเหยของน้ำบนผิวดินสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ การกลายเป็นไอของน้ำในกรณีต่างๆเช่นการดูดซับน้ำจากดินของพืช แล้วคายไอน้ำออกไปสู่บรรยากาศปริมาณการไหลของน้ำที่แท้จริง จะทราบได้จากการเอาค่าความสูญเสียของน้ำไปลบออกจากปริมาณการเพิ่มขึ้นของน้ำ

การไหลของน้ำประกอบด้วยการไหลบริเวณผิวโลกและการไหลซึมผ่านใต้ดินตัวประกอบต่างๆ ซึ่งเป็นผลกระทบต่อการจ่ายน้ำเพื่อการเพิ่มขึ้นของน้ำ คือ สภาพทางอุตุนิยมและ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก็มีผลกระทบต่อการระเหยของน้ำ นอกจากนั้น ความเร็วของลมก็มีผลกระทบเป็นอย่างมากต่อการระเหยด้วยเช่นกัน ลักษณะสมบัติของพื้นที่ระบายน้ำลงสู่อ่างเก็บน้ำหมายถึงขนาดและรูปร่าง ของพื้นที่ พื้นที่ๆมีขนาดเล็กจะมีแนวโน้มที่จะมีการท่วมของน้ำต่ำกว่าพื้นที่ๆมีขนาดใหญ่ภูมิประเทศของพื้นที่ก็มีผลกระทบต่อการไหลของน้ำในส่วนผิว(Surface Flow)พื้นที่ๆ มีความลาดชันมากๆ จะมีอัตราการไหลของน้ำในส่วนผิวมากและมีปริมาณมาก

ขนาดของบริเวณกักเก็บน้ำก็จะมีผลกระทบต่อการสูญเสียของน้ำด้วยเช่นกัน โดยพื้นที่ๆมีขนาดใหญ่จะมีการสูญเสียเพิ่มมากขึ้น ลักษณะสมบัติทางภูมิศาสตร์ของสันปันน้ำ (Watershade)ก็จะมีผลกระทบต่อการปิดกั้นการไหลของน้ำ(Run-off)การระเหยของน้ำ จะแปรผกผันกับสภาพดินที่เป็นรูซึ่งน้ำสามารถซึมผ่านได้การไหลซึมและการสูญเสียของน้ำขึ้นอยู่กับสภาพของดิน ว่าดินจะสามารถให้น้ำไหลซึมได้หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ พื้นผิวที่มีขนาดใหญ่จะเป็นสิ่งสำคัญต่อการบิดกั้นการไหลของน้ำเมื่อการไหลซึมของน้ำลงสู่พื้นดินที่มีการอิ่มตัวหรือผิวดินที่มีสภาพเป็นหินหรือดินเหนียว การระเหยของน้ำก็จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น การเพาะปลูกพืชจะทำให้เกิดการกลายเป็นไอจากกระบวนการปรุงอาหารของพืชและการสกัดกั้นการไหลของน้ำจากการดูดซับน้ำของพืชก็ขึ้นอยู่กับสภาพทางพฤกษศาสตร์ของพื้นที่นั้นด้วยเช่นกัน การหาค่าการระเหยของน้ำบริเวณผิวสามารถหาได้จากการเอากะทะแบนๆบรรจุน้ำแล้ววางจุ่มในระดับผิวน้ำ ตามส่วนต่างๆของทะเลสาบหรืออ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะทำการวัดโดยดูการเปลี่ยนแปลงระดับของน้ำในกะทะนั้นค่าความชื้นของอากาศ ความเร็วของลมอุณหภูมิของน้ำก็จะต้องทำการบันทึกด้วย • เพราะค่าต่างๆเหล่านี้ก็เป็นตัวประกอบที่สำคัญของการระเหยของน้ำ จากนั้นก็จะทำให้สามารถประมาณหรือคาดคะเนได้ว่าการระเหยของน้ำมีค่าเท่าใด การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินหาได้โดยการวัดระดับน้ำในท่อทดสอบโดยการใช้ลูกลอย(Float Operated) กับเครื่องบันทึกระดับน้ำ (Water Level Recorders) ปริมาณความชื้นในดินสามารถหาได้โดยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของ ยิปซัมบล็อก(Gypsum Block)ที่ฝังอยู่ในดินที่ความลึกต่างระดับกันถ้าดินมีความชื้นน้อยความต้านทานของยิปซัมบล็อกจะมีค่าสูงขึ้นอุณหภูมิของดินจะถูกวัดโดยการวางเทอร์โมคัปเปิลใกล้กับ ยิปซัมบล็อก

ในการพิจารณาตัวประกอบที่มีผลต่อการสูญเสียการไหลของน้ำ และการบิดกั้นการไหลของน้ำ แผนที่ของโครงการ จะต้องถูกจัดเตรียมไว้ ซึ่งจะแสดงรายละเอียดความยาวของแม่น้ำขนาดและรูปร่างของลุ่มน้ำ แควทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำและอื่นๆในบางครั้งลุ่มน้ำหรือพื้นที่ระบายน้ำลงสู่อ่างเก็บน้ำมักจะเรียกรวมๆกันว่าบริเวณรับน้ำฝนของแม่น้ำทั้งหมด ซึ่งทำให้ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงขึ้น

การไหลของกระแสน้ำ ไฮโดรกราฟ โฟลว์ดิวเรชั่นเคอร์ฟ
(Stream Flow:Hydrographs:Flow Duraticns Curve)

ในการศึกษาพลังงานของน้ำมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบข้อมูลการไหลของน้ำอย่างต่อเนื่องในระยะเวลานานเท่าที่จะหาได้เช่น ทุกวัน ทุกสัปดาห์ หรือทุกเดือน ในช่วงเวลาหลายๆปีเพื่อหาอัตราการไหลเฉลี่ยและพลังงานที่จะได้จากน้ำความสูงของหัวน้ำจะหาได้โดยการสำรวจทำเลที่ตั้งของโครงการค่าต่ำสุดหรือค่าต่ำๆของข้อมูลการไหลของน้ำ จะช่วยในการประมาณพลังงาน ที่จะได้รับจากโครงการนั้น ค่าสูงสุดของการไหลของน้ำจะช่วย ในการประมาณการเกิดน้ำท่วมและการออกแบบ ทางระบายน้ำล้น (Spillway) ในการประมาณ การไหลของน้ำจะช่วยในการกำหนดขนาดความจุของอ่างเก็บน้ำให้เท่ากับระดับต่ำสุดของการไหลของน้ำ การรู้บริมาณการไหลสูงสุดของน้ำจะเป็นการง่ายในการประมาณ ค่าความจุของน้ำที่จำเป็น ในการควบคุมสภาพน้ำท่วม เมื่อได้ทำการศึกษาการไหลของน้ำในแม่น้ำจำเป็นที่จะต้องทราบความลึกของแม่น้ำในแต่ละส่วน ความลึกของน้ำบริเวณตื้นๆสามารถวัดโดยใช้ Wading Guage หรือโดยใช้เชือกวัดความลึกของน้ำ (Wire Weight Guage) ในบริเวณที่มีความลึกมากๆ การวัดอัตรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การไหลของน้ำ (Discharge) ในช่องทางเปิด หรือขณะที่ไม่มีเขื่อนปิดกั้น (Open Channal)ทำโดยวิธีVelocity Area Method หรือโดยการใช้ผลบวกของผลคูณของพื้นที่หน้าตัดเล็กๆของน้ำที่กำลังไหลโดยเทียบกับความเร็วในพื้นที่นั้น พื้นที่หน้าตัดจะหาได้โดยการวัดความกว้างและความลึกจากระดับผิวน้ำถึงระดับน้ำต่ำที่สุดที่น้ำสามารถไหลได้ (Riverbed). ก็จะทำให้ทราบพื้นที่หน้าตัดในส่วนเล็กๆของการไหลของน้ำและการบวกพื้นที่หน้าตัดเล็กๆนั้น ก็จะทำให้ทราบพื้นที่ทั้งหมด ความเร็วของกระแสน้ำในพื้นที่เล็กๆแต่ละส่วนจะหาได้จากการวัดโดยใช้ Float Current Meter วิธีอื่นที่ใช้ในการหาอัตราการไหลของน้ำก็โดยการสังเกตุระดับหัวน้ำ อัตราการไหลของน้ำหรืออัตราการไหลของปริมาตรน้ำ (Q). ในหน่วยลูกบาศก์เมตร/วินาทีหาได้จากสมการ

$$Q = CLh^{3/2} \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ L = ความยาวของเขื่อน .....เมตร

h = ความสูงของหัวน้ำ .....เมตร

C = ค่าคงที่

ในกรณีที่เขื่อนนั้นเป็นเขื่อนที่มีความชันมาก ค่า C จะมีค่าประมาณ 1.85

ไฮโดรกราฟ (Hydro Graphs)

เมื่อทำการวัดอัตราการไหลของน้ำแล้ว ก็สามารถพล็อตเคอร์ฟอัตราการไหลของน้ำในหน่วยลูกบาศก์เมตร/วินาที เทียบกับหน่วยเวลาเคอร์ฟนี้รู้จักกันในชื่อว่าไฮโดรกราฟ ความสูงของกราฟ อาจจะถูกพล็อตในเทอมของความสูงหัวน้ำ อัตราการไหลของน้ำในหน่วยลูกบาศก์เมตร/วินาที/ตารางกิโลเมตร กำลังไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์ที่สามารถผลิตได้ต่อหน่วย ความสูงของระดับหัวน้ำ หรือพลังงานไฟฟ้า ที่ถูกบันทึกไว้บนสวิทช์บอร์ด(SwitchBoard)แกนตามแนวนอนของกราฟจะเป็นหน่วยของเวลาเช่นชั่วโมงวันสัปดาห์ หรือเดือน ไฮโดรภราฟจะแสดงให้เห็นอัตราการเปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำตามช่วงเวลาต่างๆนอกจากนั้นไฮโดรกราฟยังแสดงให้เห็นความสามารถในการผลิตกำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาต่างๆโดยไฮโดรกราฟจะมีรูปร่าง เช่นเดียวกันกับ โหลดกราฟ โฟลวดิวเรชั่นเคอร์ฟ(Flow-Durations Curve) โฟลวดิวเรชั่นเคอร์ฟ เป็นรูปแบบหนึ่งของไฮโดรกราฟที่จะอำนวยความสดวกอย่างมากสำหรับการหากำลังไฟฟ้าที่ทำการผลิตของโครงการนั้นๆโฟลวดิวเรชั่นเคอร์ฟจะเป็นตัวชี้ปริมาณการไหลของน้ำในหน่วยวันสัปดาห์หรือเดือน โดยจะเทียบกับเปอร์เซนต์ของเวลาอัตราการไหลของน้ำอาจจะกระจายให้อยู่ในรูปต่างๆ ที่เทียบกับเวลาเช่นลูกบาศก์เมตร/วินาที ลูกบาศก์เมตร/สัปดาห์ หรือเทียบกับหน่วยอื่นๆของเวลา เมื่อทราบระดับของหัวน้ำ ที่ระดับอัตราการไหลต่างๆ ก็จะสามารถเปลี่ยนหน่วยของอัตราการไหลของน้ำ ไปสู่รูปของกำลังไฟฟ้า ดังนั้นโฟลวดิวเรชั่นเคอร์ฟ ก็จะมีรูปร่างเดียวกันกับเพาเวอร์ดิวเรชั่นเคอร์ฟ ของโรงจักรที่สามารถผลิตได้ในช่วงเวลาต่างๆระดับการไหลของน้ำในช่วงต่ำของเคอร์ฟ จะเป็นตัวเลือกขั้นต้น ในการวางแผนของโครงการเพื่อผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังไฟฟ้า และนอกจากนั้นเคอร์ฟนี้ ยังทำให้สามารถทำนายโอกาสที่จะมีสภาวะน้ำท่วมในช่วงต่างๆ ของเวลาในรอบปี ซึ่งจะเป็นตัวช่วยในการออกแบบความสูงของทางระบายน้ำล้นเพื่อป้องกันน้ำท่วมอ่างเก็บน้ำ

ตัวอย่างที่ 1 ค่าเฉลี่ยรายสัปดาห์ของอัตราการไหล ของปริมาตรของน้ำที่ทำเลที่ตั้งของโครงการจากตารางต่อไปนี้ จงเขียนไฮโดรกราฟ

Week	Discharge(Cu.M/sec)	Week	Discharge(Cu.M/sec)
1	100	7	800
2	200	8	600
3	300	9	1000
4	1200	10	600
5	600	11	400
6	900	12	200

รูปที่ 1.1 เป็นไฮโดรกราฟซึ่งแสดงให้เห็นค่าสูงสุดของอัตราการไหลของน้ำที่สัปดาห์ที่ 4 ค่าต่ำสุดอยู่ที่สัปดาห์ที่ 1 และค่าเฉลี่ยหาได้จากการรวมค่าอัตราการไหลของน้ำทั้ง 12 สัปดาห์แล้วหารด้วย 12.

ในทางปฏิบัติ ข้อมูลการไหลของน้ำ จะต้องมีการสำรวจเป็นเวลานานนับปีหรือหลายๆปี เพื่อเลือกทำเลที่เหมาะสมที่สุดในการสร้างโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ

กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จากพลังน้ำสามารถหาได้จากสมการ

$$P = \frac{0.736 \times Q \times h \times w \times \eta}{75} \quad \text{กิโลวัตต์} \quad \ldots\ldots(2)$$

หรือ $P = 9.8 \times Q \times h \times \eta$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของปริมาตรน้ำ ลูกบาศก์เมตร/วินาที

w = ความหนาแน่นของน้ำ ประมาณ 1000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

h = ความสูงจากท้ายน้ำไปยังระดับน้ำเหนือเขื่อน(หัวน้ำ) เมตร

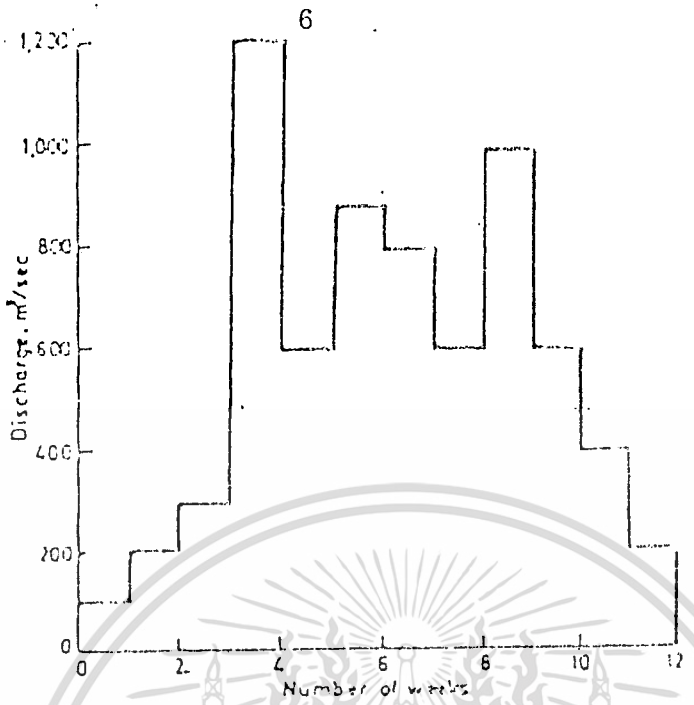
η = ประสิทธิภาพของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากสมการจะเห็นว่า กำลังไฟฟ้าที่ทำการผลิตได้ขึ้นอยู่กับ ความสูงของหัวน้ำและค่าอัตราการไหลของน้ำที่ตำแหน่งความสูงนั้นๆ

ถ้ากำหนดให้อัตราการไหลของน้ำ(Q) = 1 ลูกบาศก์เมตร/วินาทีความสูงหัวน้ำ 1 เมตร และกำหนดให้ประสิทธิภาพของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่า 100% กำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่า 9.82 กิโลวัตต์ หรือ 13.33 แรงม้า

ในบางกรณี ค่าอัตราการไหลของน้ำในหน่วย ลูกบาศก์เมตร/วินาที/ตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

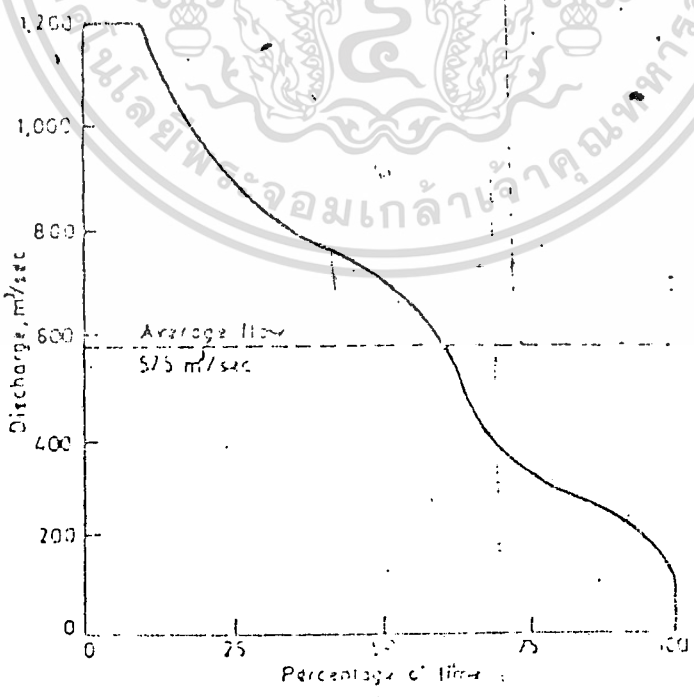


รูปที่ 1.1 ไฮโดรกราฟ

กิโลเมตร ของทางระบายน้ำเข้าสู่อ่างเก็บน้ำ พื้นที่ของทางระบายน้ำ ของแม่น้ำ สามารถหาได้จากการสำรวจแล้วผลรวมของอัตราการไหลของน้ำก็สามารถคำนวณได้

ตัวอย่างที่ 2 จากตัวอย่างที่ 1 ใช้ข้อมูลเดียวกันสร้างโฟลาดิวเรชั่นเคอร์ฟ

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นโฟลาดิวเรชั่นเคอร์ฟที่ได้จากตัวอย่างที่ 2



รูปที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตัวอย่างที่ 3 ถ้าโพลวดิวเรชั่นเคอร์พตามตัวอย่างที่ 2 เกิดจากความสูงของหัวน้ำ100 เมตร จงหากำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ ต่อหน่ายลูกบาศก์เมตร/วินาที ถ้ากำหนดให้ประสิทธิภาพของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีค่า 90 %

วิธีทำ P = 9.82 x 1 x 100 x 0.9 = 883.8 กิโลวัตต์

สเกลสำหรับโพลวดิวเรชั่นเคอร์พคือ

หนึ่งหน่ายกราฟ = 200 ลูกบาศก์เมตร/วินาที

สเกลของเพาเวอร์ดิวเรชั่นเคอร์พ คือ

หนึ่งหน่ายกราฟ = 200 x 883.8/1000 = 176.76 เมกกะวัตต์

เคอร์พบริมาณน้ำและอ่างเก็บน้ำ (Mass Curve : Storage)

น้ำในแม่น้ำจะถูกกักเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำตามปกติอ่างเก็บน้ำมักจะเป็นอ่างเอนกประสงค์เช่น เป็นแหล่งน้ำสำหรับป้อนเข้าสู่ตัวเมืองทั้งเพื่ออุปโภคและบริโภคการชลประทานการคมนาคมทางน้ำ การควบคุมน้ำท่วม และใช้เพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า แหล่งกักเก็บน้ำที่จะสร้างขึ้นจะต้องมีการวางแผนล่วงหน้า ว่าจะใช้งานในลักษณะใดเช่น ใช้ในการอนุรักษ์น้ำ ใช้เพื่อการควบคุมน้ำท่วม หรืออาจจะเป็นอ่างเก็บน้ำแบบเอนกประสงค์ ถ้าอ่างกักเก็บน้ำเป็นแบบเอนกประสงค์ในบางฤดูที่มีปริมาณน้ำมากเกินกว่าความต้องการและบางฤดูมีความขาดแคลนน้ำ ในกรณีนี้จำเป็นจะต้องมีอ่างเก็บน้ำสำรอง เพื่อกักเก็บน้ำให้มีปริมาณน้ำ ที่สามารถนำไปใช้งานได้ตลอดปี สำหรับการควบคุมน้ำท่วมนั้นการหน่วงเวลาของน้ำในอ่างเก็บน้ำ เป็นสิ่งที่จำเป็น ในกรณีนี้ถ้าระดับของน้ำในอ่างเก็บน้ำมีความสูงมากจนเกินกว่าความสามารถที่จะกักเก็บไว้ได้อีกน้ำจำนวนที่มากเกินไปนี้จะถูกถ่ายเทไปยังอ่างเก็บน้ำสำรองตัวอย่างนี้เป็นตัวอย่างที่ดีในกรณีของอ่างกักเก็บน้ำที่ตั้งอยู่บริเวณที่เป็นแควหลายๆสายมาบรรจบกันที่แม่น้ำใหญ่กรณีที่อ่างเก็บน้ำมีจุดประสงค์เพื่อผลิตกำลังไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว ระดับของการกักเก็บต่ำที่สุดจะเป็นระดับที่ใช้คำนวณเพื่อใช้งานจริงในการผลิตกำลังไฟฟ้า ในกรณีที่ใช้เพื่อป้องกันน้ำท่วมเพียงอย่างเดียวระดับของการกักเก็บสูงที่สุดและค่าความจุของแหล่งน้ำสำรองจะเป็นค่าที่ใช้งานจริง

ทำเลที่เหมาะสมในการสร้างเขื่อน เพื่อกักเก็บน้ำไว้หลังเขื่อน เมื่อหาความสามารถในการกักเก็บของอ่างเก็บน้ำ ที่จะทำให้เกิดอัตราการไหลของน้ำ ที่ต้องการได้จะต้องทำการศึกษาMass Curve ก่อน ซึ่ง Mass Curve ก็คือกราฟที่พล็อตจากค่าปริมาตรของน้ำที่สามารถกักเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำเทียบกับเวลาหน่วยที่แสดงให้เห็นจะอยู่ในหน่วยลูกบาศก์เมตร หรือDay-Sec-Meter โดยที่ Day-Sec-Meter ก็คืออัตราการไหลของน้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร/วินาทีในเวลา 1 วัน หรือมีค่าเท่ากับ 86400 ลูกบาศก์เมตร

ตัวอย่างที่4 ข้อมูลรายสัปดาห์ของอัตราการไหลของน้ำที่ทำเล ที่จะสร้างเขื่อนกำหนดไว้ตามตารางข้างล่างนี้

1. เขียน Mass Curve ในแต่ละช่วงเวลา
2. คำนวณขนาดความจุของอ่างกักเก็บน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หาอัตราการไหลของน้ำหลังจากที่ได้สร้างเขื่อนเสร็จแล้ว

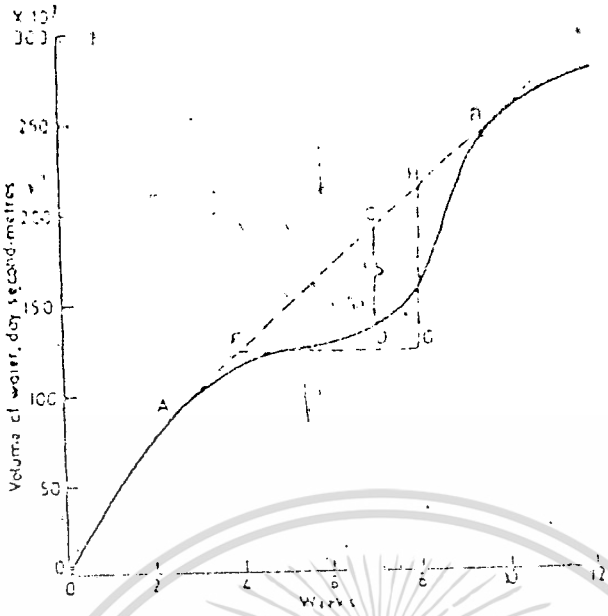
WEEKS	WEEKLY FLOW	WEEKS	WEEKLY FLOW
1	6000	7	1000
2	5000	8	4000
3	4000	9	8000
4	2000	10	5000
5	1000	11	2000
6	500	12	1000

ในการสร้าง Mass Curve ค่ารวมของปริมาตรของน้ำ ที่สะสมไว้ในแต่ละสัปดาห์จะหาได้อัตราการไหลของน้ำกำหนดให้อยู่ในหน่วยลูกบาศก์เมตร/วินาทีถ้าค่าการไหลเฉลี่ยในหนึ่งสัปดาห์ จะสามารถหาได้จาก 7 x วัน x จำนวนลูกบาศก์เมตร/วินาที หรือ 7 Day-Sec-Meter ถ้าทำการรวมปริมาตรรายวันแล้วพลอ็ตกราฟเทียบกับเวลาก็จะได้กราฟของ Mass Curve

Week	Weekly flow (Column 2)	Weekly volume (Column 2x7)	Summation day-sec-meter
1	6000	42000	42000
2	5000	35000	77000
3	4000	28000	105000
4	2000	14000	119000
5	1000	7000	126000
6	500	3500	129500
7	1000	7000	136500
8	4000	28000	164500
9	8000	56000	220500
10	5000	35000	255500
11	2000	14000	269500
12	1000	7000	276500

ตามรูปที่ 1.3 ค่าความจุของอ่างเก็บน้ำจะมีค่า 55×10^3 Day-sec-Meter ลากเส้นสัมผัสระหว่างจุด A และ B ซึ่งเป็นจุดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทางลดลงความชันของเส้นAB หาได้จาก $\frac{HG}{FG} = \frac{87.5 \times 1000}{4 \times 7} = 3120$ ลบ.เมตร/วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 1.3 Mass curve

ค่าสูงสุดปกติ(Normal Maximum Value) ระหว่างความชันและ Mass Curve (CD)จะทำให้เราทราบถึงความจุของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งค่า Day-Sec-Meter ของจุดCD มีค่า 55000 Day-Sec-Meter เมื่ออ่างเก็บน้ำขนาดนี้ถูกสร้างขึ้นมันจะมีความเป็นไปได้ที่จะรับการไหลของน้ำที่มีอัตราการไหล3120ลูกบาศก์เมตร/วินาที

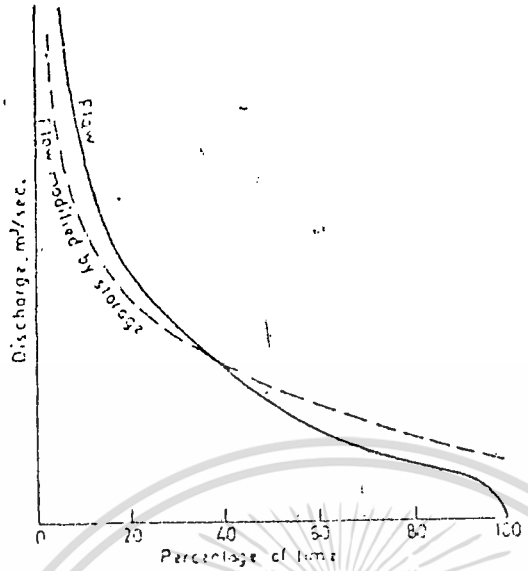
เมื่อปริมาณน้ำส่วนใหญ่ที่ไหลมาตามธรรมชาติไม่สามารถที่จะตัดทิ้งไปได้ จึงจำเป็นที่จะต้องสร้างอ่างเก็บน้ำเพื่อปรับระดับการไหลของน้ำ เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำที่สามารถผลิตกำลังและจ่ายไปใช้งานได้อย่างเหมาะสมและเพียงพออ่างกักเก็บน้ำจะเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงการก่อตัวอย่างช้าๆของการไหลของน้ำตามธรรมชาติซึ่งการไหลของน้ำจะเป็นไปอย่างไม่คงที่ (Un-uniform) ในขณะเดียวกัน อ่างเก็บน้ำก็จะทำการปรับอัตราการไหลของน้ำให้คงที่(Uniform)หรืออาจกล่าวได้ว่าอัตราการไหลของน้ำขณะที่ไม่มีอ่างเก็บน้ำจะเปลี่ยนแปลงไป ตามการไหลของน้ำในแต่ละสัปดาห์ที่ใช้น้ำไปอ่างเก็บน้ำจะเป็นตัวปรับให้อัตราการไหลของน้ำที่เวลาต่างๆในรอบปีเป็นไปอย่างเท่าเทียมกัน แต่อาจจะมีการลดค่าเฉลี่ย ของปริมาณน้ำไปบ้างซึ่งเกิดจากการระเหยของน้ำจากอ่างกักเก็บน้ำ ดังนั้นอ่างเก็บน้ำจะต้องทำการปรับระดับของน้ำให้มีระดับที่สม่ำเสมอเพื่อชดเชยการสูญเสียของน้ำในอ่างกักเก็บน้ำในทุกๆกรณี เมื่อทำการศึกษาถึงผลของอ่างเก็บน้ำเฉพาะกรณีที่ใช้สำหรับการผลิตพลังงานไฟฟ้ามีความจำเป็นที่จะต้องพิจารณาตำแหน่งของอ่างเก็บน้ำโดยตำแหน่งนั้นจะต้องอยู่ใกล้กับตัวสถานีไฟฟ้า

การสำรวจทำเลของโครงการ (Investigation of Site)

การสำรวจเบื้องต้น ทำได้โดยการเลือกทำเลสำหรับการสร้างเขื่อน และตัวเขื่อนจะต้องมีความเป็นไปได้ในการติดตั้งกังหัน และจะต้องมีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และท่อส่งน้ำ ที่ส่งน้ำไปยังกังหันจะต้องมีระยะทางสั้นที่สุด เท่าที่จะเป็นไปได้

027016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 ผลของอ่างเก็บน้ำบนโพลาติวเรชั่นเคอร์ฟ

ในทางอุดมคติแล้วทำเลที่จะสร้างเขื่อนจะต้องเป็นบริเวณที่ สามารถรับน้ำขนาดใหญ่ และสามารถกักเก็บน้ำในระดับที่สูงเพียงพอ เงินทุนในการก่อสร้างน้อยที่สุดโดยทั่วๆไปการสำรวจ ขั้นแรกจะต้องทำการสำรวจทางอากาศโดยทำแผนที่ทางอากาศเพื่อให้ได้ข้อมูลต่างๆของพื้นที่ การศึกษาภูมิศาสตร์ของพื้นดินจะทำให้ทราบถึง การขยายตัว การยึดหยุ่นของหินและดิน

ในการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นนั้นจะต้องทำการสำรวจทำเลต่างๆมากกว่า 1 แห่ง เพื่อนำเอาทำเลที่ได้ทำการสำรวจแล้วมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาทำเลที่เหมาะสมที่สุดของโครงการ ขั้นสุดท้ายของการสำรวจทำเลคือการสำรวจธรรมชาติของผิวดินเพื่อที่จะทำให้ทราบถึงลักษณะของโครงฐานรากของเขื่อน และชนิดของเขื่อนที่จะสร้างนอกจากนั้น ยังจะต้องศึกษาถึงราคาของที่ดินในบริเวณที่จะสร้าง และราคาของที่ดินที่น้ำจะท่วม เมื่อสร้างเขื่อนแล้วเสร็จสิ่งต่างๆที่จะต้องซื้อในบริเวณนั้น หลังจากได้เลือกทำเลพอคร่าวๆแล้วจะต้องพิจารณาถึงสิ่งเหล่านี้ประกอบด้วยคือ

1.ระดับความสูงของหัวน้ำ(Head)ที่ต้องการ ความต้องการอัตราการไหลของน้ำความจุของอ่างเก็บน้ำ

2.ลักษณะของฐานราก

3.คุณสมบัติของวัสดุที่จะใช้ในการก่อสร้าง และวัสดุที่สามารถจัดหาได้

4.การปรับชนิดของเขื่อนให้เหมาะสมทางจ่ายน้ำเข้า (Intake)ท่อส่งน้ำ การสร้าง ถนนเข้าสู่เขื่อน อ่างเก็บน้ำสำรอง ตัวอาคารสถานีไฟฟ้าตำแหน่งท้ายน้ำ (Tail Race) อาคารที่พักคนงานก่อสร้างอาคารที่พักของพนักงานที่อยู่ประจำโครงการ ตลอดจนทางรถไฟที่จะเข้าไปสู่เขื่อน

5.ความสะดวกสบายในการคมนาคมไปยังโครงการ

6.งบประมาณของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนเขื่อนของโครงการ(Number of Dams For Power Project)

ในทางอุดมคติระบบกำลังของน้ำจะต้องให้ ค่าของกำลังไฟฟ้าที่ทำการผลิตมีค่าสูงสุดและมีค่าที่สม่ำเสมอซึ่งจะเป็นไปได้ถ้าระดับหัวน้ำมีระดับที่สม่ำเสมอ ในทางทฤษฎีเขื่อนเดี่ยวและมีระดับหัวน้ำสูงจะให้พลังงานที่สม่ำเสมอกว่าเขื่อนขนาดเล็กและมีระดับหัวน้ำ ต่ำๆหลายๆเขื่อนรวมกันจ่ายกำลังรูปที่ 1.5 แสดงให้เห็นการเลือกขนาดของเขื่อนที่มีระดับความสูงต่างๆกัน แผนที่ของแม่น้ำที่ได้กำหนดไว้ถ้าเป็นเขื่อนเดี่ยวที่ตำแหน่ง D(c) ซึ่งมีระดับหัวน้ำ 120 เมตรและถ้าใช้ 3 เขื่อน แต่ละเขื่อนจะมีระดับหัวน้ำ 40เมตรกำหนดให้พลังงานที่ผลิตได้ที่ตำแหน่ง A มีค่าเท่ากับ X ที่จุด B จะมีค่า 2X และที่จุด C จะมีค่า 3X สำหรับเขื่อนเดี่ยวที่ตำแหน่ง D(c) อัตราของพลังงานคือ 120x3X = 360X แต่ถ้าสร้างเขื่อน3 เขื่อนที่มีความสูงของแต่ละเขื่อน 40 เมตรที่ตำแหน่ง A,B,C ตามลำดับแล้ว พลังงานที่จ่ายรวมกันคือ (40x3X)+(40x2X)+(40xX) = 240X

ดังนั้นการใช้เขื่อนเดี่ยวจะให้พลังงานที่มากกว่าการใช้ 3 เขื่อนรวมกันและอัตราส่วนของกำลังผลิต ของเขื่อนเดี่ยวกับ 3 เขื่อนจะมีค่า 3:2

ดังนั้นในทางทฤษฎี เขื่อนเดี่ยวจึงเหมาะสมกว่าที่จะสร้างหลายๆเขื่อนในโครงการเดียวกัน เขื่อนเอนกประสงค์ (Multi-Purpose Dam) จะต้องทำการเปรียบเทียบระหว่าง ความแตกต่างในการใช้น้ำของงานแต่ละอย่างในโครงการเดียวกันเช่นการใช้น้ำเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าการชลประทาน การคมนาคมทางน้ำ การควบคุมน้ำท่วม ในทางปฏิบัติทั่วๆไปแล้วการใช้ เพื่อควบคุมน้ำท่วมจะเป็นจุดประสงค์หลักของเขื่อนเอนกประสงค์ในขณะเดียวกันเขื่อนเอนกประสงค์มักจะมีระดับหัวน้ำสูงกว่าเขื่อนที่ใช้งานเฉพาะอย่างเมื่อเขื่อนทั้ง 2 กรณีมีความจุของน้ำเท่ากัน ในโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ กังหัน จะต้องถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้ดีภายใต้ระดับความสูงของหัวน้ำที่ระดับที่ไม่ต่ำกว่าระดับต่ำสุดของหัวน้ำ(Minimum Head) ซึ่งก็คือระดับน้ำต่ำสุดของเขื่อนที่สามารถนำไปใช้งานได้และในกรณีที่ใช้เพื่อจุดประสงค์ใน การคมนาคมทางน้ำ จะต้องกำหนดความลึกของน้ำที่เหมาะสมที่ยานทางน้ำสามารถแล่นผ่านได้

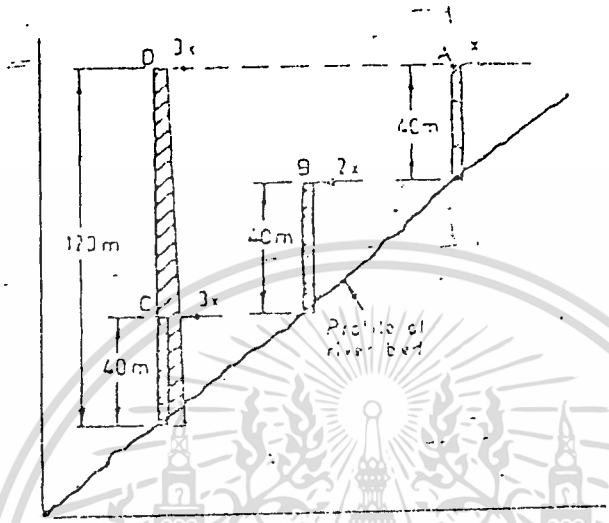
ความสูงของหัวน้ำและกำลัง(Head and Power)

ระดับความสูงของหัวน้ำของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ คือค่าความแตกต่างระหว่าง ระดับของน้ำที่กักเก็บไว้เหนือเขื่อนกับระดับน้ำท้ายเขื่อน(Tail Race)เมื่อระดับน้ำท้ายเขื่อนเพิ่มขึ้น จะทำให้ระดับหัวน้ำเฉลี่ยลดลงในการหากำลังที่ผลิตได้จากโรงจักรไฟฟ้า จะต้องคิดจากระดับหัวน้ำเหนือเขื่อนไปยังท่อทางเข้าของกังหันน้ำเท่านั้น

ตามปกติ กำลังการผลิตของโรงจักรไฟฟ้าจะมีลักษณะเดียวกันกับอัตราการไหลของน้ำซึ่งจะคิดที่ประมาณ 20-40 เปอร์เซนต์ของเวลาจากโพลาติวเรชั่นเคอร์ฟ ซึ่งจะต้องพิจารณาประกอบกับสภาพของโหลด โหลดแฟคเตอร์ ตำแหน่งของโรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จักรกับระบบที่จะต่อใช้ร่วมกันพลังน้ำสามารถแบ่งออกเป็น2 ชนิดคือพลังน้ำปฐมภูมิ (Primary Power)และพลังทุติยภูมิ (Secondary Power) พลังปฐมภูมิคือพลัง



รูปที่ 1.5 ตัวประกอบของเขื่อนในแต่ละตำแหน่ง

งานที่โรงจักรสามารถผลิตได้จากระดับน้ำปกติจนถึงระดับน้ำต่ำสุดของเขื่อน พลังทุติยภูมิคือพลังงานที่โรงจักรสามารถผลิตได้ที่ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งที่ ระดับความสูงน้ำเหนือเขื่อนมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติความสูงนี้หาได้จาก รูปที่ 1.4

เขื่อนชนิดต่างๆ(Types of Dam)

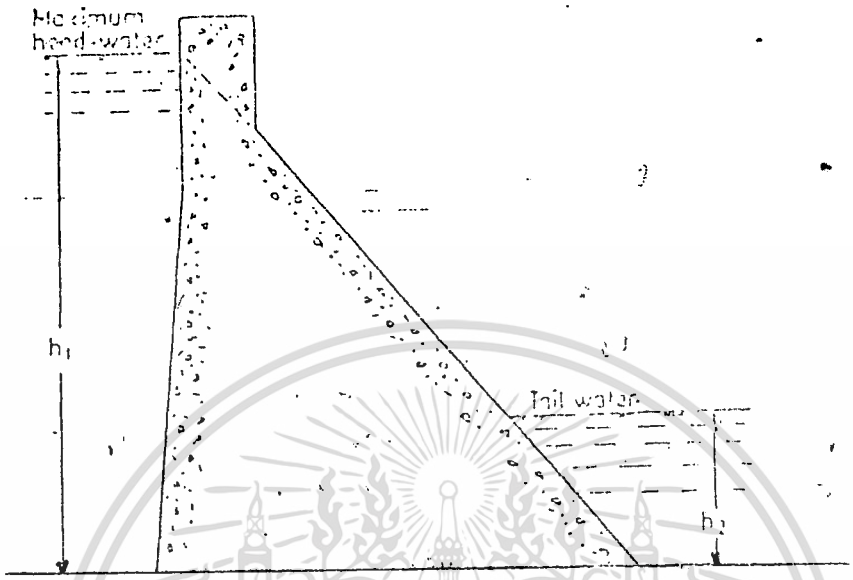
การเลือกตำแหน่งของเขื่อนแบบต่างจะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศของทำเลนั้นๆ การสำรวจฐานรากของ ตัวเขื่อน สภาพดิน น้ำหนักของเขื่อนที่กดลงสู่ฐานราก และแรงต่างๆที่กระทำต่อเขื่อน การเลื่อนไถลของเขื่อน

เขื่อนสามารถแบ่งออกเป็นแบบต่างๆได้ดังนี้คือ เขื่อนแรงโน้มถ่วง (Gravity Dam) เขื่อนคอนกรีต (concrete Dam) เขื่อนโค้ง (Arch Dam) เขื่อนดิน (Earth Dam)เขื่อนหินถม.(Rock-Fill Dam)การเลือกว่าจะใช้เขื่อนชนิดใดขึ้นอยู่กับตำแหน่งและคุณสมบัติต่างๆ ของภูมิประเทศตลอดจนราคาค่าวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างเป็นหลัก

Solid Gravity Concrete Dams เขื่อนชนิดนี้สามารถดัดแปลงใช้ ได้อย่างกว้างขวางกับสภาพของพื้นที่แบบต่างๆ โดยความสูงของตัวเขื่อนจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของฐานราก ภาพตัดด้านข้างของเขื่อนชนิดนี้มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมอย่างหยาบแรงที่ใช้ในการพิจารณา เพื่อการออกแบบคือแรงกดดันของน้ำ(ประมาณ 1000 กก./ลูกบาศก์เมตร) ความดันของน้ำแข็งความดันของพื้นดินอันเกิดจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไหลของน้ำใต้ดินและแรงกดดันจากผิวน้ำน้ำหนักของตัวเขื่อน(ประมาณ 1685 กก. ต่อลูกบาศก์เมตร) น้ำหนักของฐานรากและการยกขึ้นของผิวดิน(Uplift) โครงสร้างของเขื่อนจะต้องมั่นคงแข็งแรง สาเหตุที่เป็นไปได้ที่จะทำให้เขื่อนพังทลายลง



รูปที่ 1.6 Solid gravity concrete dam

ก็คือการเลื่อนไถลของรอยต่อของฐานรากกับผิวดินและการแยกตัวของดินที่เกิดจากแผ่นดินไหว

เขื่อนโค้ง (Arch Dams)

เขื่อนโค้งชนิดต่างๆแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือเขื่อนโค้งเดี่ยวและเขื่อนโค้งแบบหลายชิ้นส่วนเขื่อนโค้งชนิดโค้งเดี่ยวตามปกติจะเหมาะสมกับทำเลที่ ความยาวสันเขื่อนสั้นกว่าความสูงของตัวเขื่อนมีหินที่แข็งแรงเป็นตัวยึดเขื่อน

ข้อแตกต่างของเขื่อนแรงโน้มถ่วงกับเขื่อนดิน คือผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่ง จะมีผลทำให้เกิดการบิดตัวและความเครียดขึ้นบนตัวเขื่อนโค้ง

เขื่อนคอนกรีตฐานกว้าง(Buttress concrete dams)

หลักการส่วนประกอบโครงสร้างของเขื่อนคอนกรีตฐานกว้าง คือ การจับยึดของกระแสน้ำในผิวส่วนบน (Water-Supporting upstream face) หรือชั้น (Deck)และฐานการจับยึดตัวของกลุ่มUpstream เหล่านี้จะยึดติดบน Buttress และช่องว่างระหว่างตัวของมันเอง ความหนาของฐาน(Buttress)จะเท่ากับกำแพงรูปสามเหลี่ยมกลวง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการรับภาระของน้ำและน้ำหนักของโครงสร้างของตัวเขื่อน

เขื่อนดิน (Earth Dam) เขื่อนดินเป็นเขื่อนที่ดีที่สุดและราคาต่ำที่สุดโดยใช้ดินเป็นฐานรากและฐานรากที่ทำด้วยดินเหนียวและหินก็เป็นที่นิยมใช้เขื่อนดินจะมีความยาวของตัวเขื่อนมากกว่าความสูงของตัวเขื่อนเสมอและนิยมใช้ในโครงการ ขนาดเล็ก มีระดับหัวน้ำไม่เกิน 100 เมตร ข้อดีของเขื่อนดินคือมีความเหมาะสมกับฐานรากชนิดต่างๆ ราคาถูก ฐานรากสามารถผสมผสานกับสภาพดินตามธรรมชาติได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

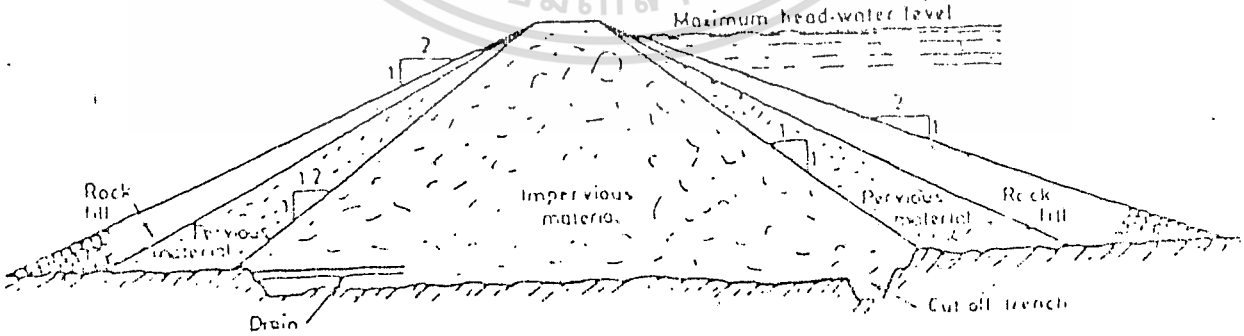
ข้อเสียของเขื่อนดินคือ เขื่อนอาจจะชำรุดอันเกิดจากการกัดเซาะของน้ำ จำเป็นจะต้องมีทางน้ำล้นเพื่อการกักเก็บน้ำในขอบเขตที่จำกัดต้องใช้พื้นที่ในการก่อสร้างมาก

ในการสร้างเขื่อนดิน ตามปกติมักจะใช้วัสดุกันน้ำซึม โดยอัดแน่นให้เป็นแกนกลางของตัวเขื่อน และผิวของเขื่อนจะเป็นวัสดุที่น้ำสามารถซึมได้

ความปลอดภัยของเขื่อนดินสามารถพิจารณาจากจุดต่างๆขณะทำการออกแบบ คือ

1. อันตรายที่จะเกิดจากน้ำล้น เมื่อปริมาณการไหลของน้ำ มากผิดปกติซึ่ง

รูปที่ 1.7 เขื่อนโค้ง



รูปที่ 1.8 เขื่อนดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการสร้างฝายน้ำล้น ซึ่งฝายน้ำล้นนี้จะต้องแยกตัวออกไปจากตัวเขื่อน

2. ความลาดชันเหนือน้ำจะต้องมีความปลอดภัยเมื่อ เทียบกับการตกของน้ำทันที
3. ความลาดชันทั้งด้านเหนือน้ำและท้ายน้ำจะต้องมีความปลอดภัยต่อเขื่อน
4. จะต้องไม่เปิดโอกาสให้น้ำ ไหลผ่านได้โดยสดวกจากเหนือเขื่อนไปท้ายเขื่อน
5. จะต้องไม่ปล่อยให้น้ำเหนือเขื่อนไหลลงสู่ท้ายเขื่อนได้อย่างอิสระ

เขื่อนหินทิ้ง (Rock-Fill Dam)

ลักษณะสมบัติที่สำคัญของเขื่อนหินทิ้งคือ จะประกอบด้วยชิ้นส่วนของหินประกอบกันขึ้นโดยยึดติดกับดินเหนียว เพื่อขวางกั้นอ่างเก็บน้ำ น้ำหนักและแรงดันของน้ำจะกระทำต่อเขื่อนเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะต้องพิจารณา ดังนั้นด้านหน้าของตัวเขื่อนจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอ ส่วนด้านหลังของเขื่อนจะมีลักษณะ เป็นดินถมตามธรรมชาติ ดังนั้นภาพตัดของเขื่อนหินทิ้งจะมีลักษณะเหมือนกันกับเขื่อนดินและเขื่อน Gravity รวมกันเพื่อเป็นการป้องกันความปลอดภัยของตัวเขื่อนจึงจำเป็นจะต้องมีทางระบายน้ำล้นเขื่อนหินทิ้งเป็นเขื่อนที่เหมาะสมในการออกแบบไว้โดยมีความปลอดภัยสูงจากแผ่นดินไหวสิ่งที่จะต้องพิจารณาประกอบในการออกแบบเขื่อนหินทิ้งคือ

1. ทางรถไฟและถนนเพื่อการขนส่งที่สะดวกสบาย
2. สิ่งที่จะต้องสูญเสียไปจากการสร้างฐานรากและการขุดอุโมงค์
3. การยกระดับขึ้นของทำเล
4. ความจำเป็นในการแยกฝายน้ำล้นกับตัวเขื่อน
5. ค่าแรงและค่าวัสดุ-อุปกรณ์

การปรับแต่งและตำแหน่งของสถานีไฟฟ้าพลังน้ำ
Arrangement and Location of Hydro-Electric Station

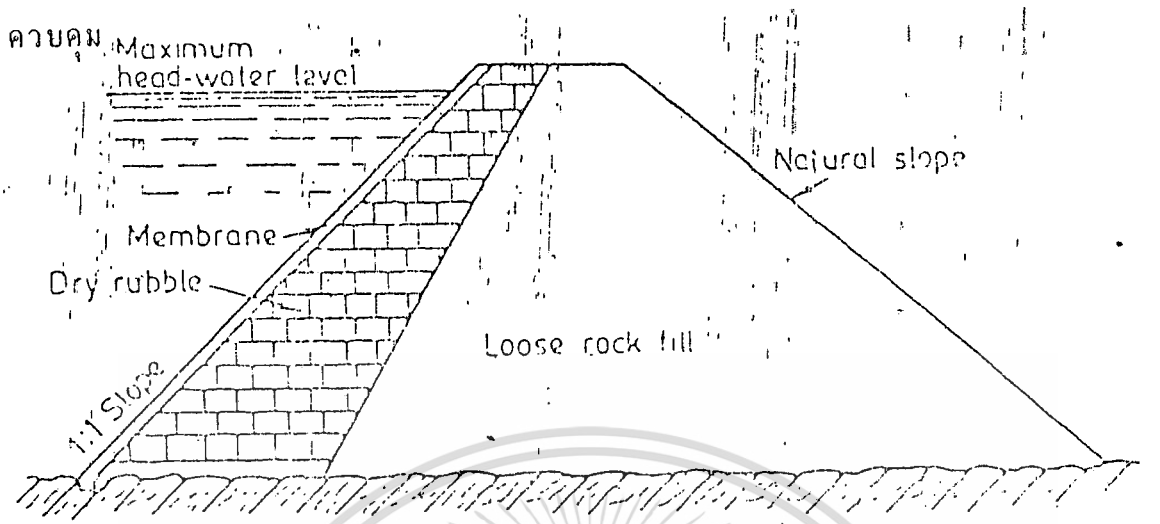
ทางน้ำล้น

เขื่อนสำหรับผลิตไฟฟ้า จะต้องจัดเตรียมทางน้ำล้นไว้เพื่อถ่ายเทน้ำจำนวนที่เกินกว่าความต้องการในการใช้ผลิตไฟฟ้าทางน้ำล้นชนิดต่างๆจะถูกเลือกใช้ตามแต่กรณีโดยพิจารณา จากสภาพทางภูมิศาสตร์ ชลศาสตร์ บางครั้งทางน้ำล้นจะถูกออกแบบให้แยกตัวออกไปต่างหาก จากตัวเขื่อนหรืออาจจะ ติดกับเขื่อนก็ได้แล้วแต่ความเหมาะสม ทางน้ำล้นแบ่งออกเป็นแบบต่างๆได้ดังนี้ แบบรางส่งน้ำ แบบอานม้าแบบคันดิน แบบกาลักน้ำในบางกรณี ทางน้ำล้นจะออกแบบเพื่อใช้ในกรณีฉุกเฉินเท่านั้น ทางน้ำล้นจะต้องมีความยาวเพียงพอที่จะระบายน้ำออกไปอย่างรวดเร็ว

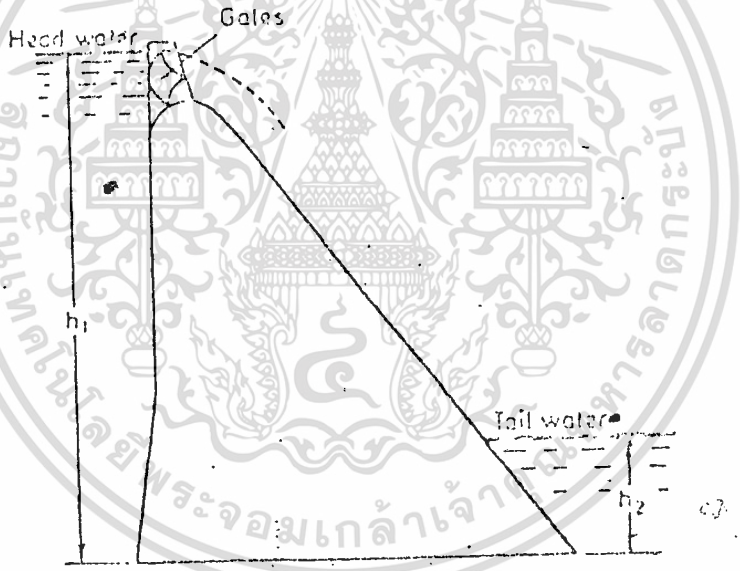
ทางน้ำเข้า

ทางน้ำเข้าคือบริเวณที่จัดเตรียมน้ำเพื่อส่งน้ำเข้าไปในท่อส่งน้ำภายใต้สภาพที่ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

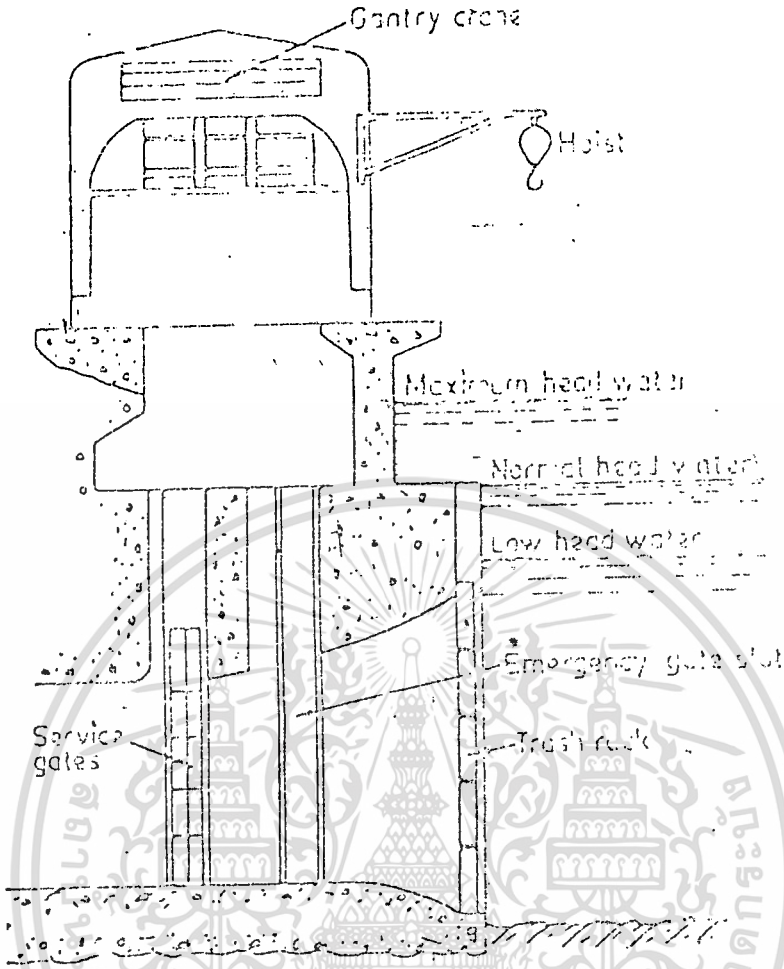


รูปที่ 1.9 เขื่อนหินทิ้ง



รูปที่ 1.10 ทางระบายน้ำล้น

ตะแกรง (Trach rack) จะถูกใช้กั้นบริเวณทางน้ำเข้า เพื่อป้องกันทรายที่ทรุดตัวลงมาไหลเข้าไปในท่อส่งน้ำส่วนประกอบของทางน้ำเข้าประกอบด้วยประตูน้ำ (Intake-Gate) ตะแกรง และเครน(Crane)ดังแสดงให้เห็นตามรูปที่ 11 ในประเทศที่อยู่ในเขตหนาวจะต้องมีการป้องกันไม่ให้ก้อนน้ำแข็งขนาดใหญ่ไหลเข้าไปในท่อส่งน้ำ ทางน้ำเข้ามีอยู่ 2 แบบคือทางน้ำเข้าความดันสูง และทางน้ำเข้าความดันต่ำทางน้ำเข้าความดันสูง จะถูกใช้ในกรณีที่มีการไหลของน้ำเข้าไปในท่อส่งน้ำอย่างรวดเร็วและทางน้ำเข้าความดันต่ำจะใช้ในกรณีที่การไหลของน้ำ ในท่อส่งน้ำไม่รุนแรงมากนัก



รูปที่ 1.11 Intake gates, trash racks and crane

Forebay คืออ่างหรือบ่อ บริเวณทางน้ำเข้าโดยที่Forebay จะอยู่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับทางน้ำเพื่อให้น้ำแข็งหรือทรายไปรวมกันบริเวณนั้นและทางน้ำเข้าจะต้องวางในทิศทางประมาณ 30-40 องศาจากทางน้ำเพื่อป้องกันไม่ให้ทรายไหลเข้าบริเวณทางน้ำเข้ามากเกินไป

ท่อส่งน้ำ

ท่อส่งน้ำจะทำหน้าที่ส่งน้ำจากทางน้ำเข้าไปยังกังหันท่อส่งน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือท่อส่งน้ำความดันสูงและท่อส่งน้ำความดันต่ำ ท่อส่งน้ำความดันสูงมักจะใช้กับเขื่อนที่มีระดับความสูงหัวน้ำปานกลางและระดับสูงส่วนมากจะทำด้วยเหล็กกล้าหรือคอนกรีตและท่อส่งน้ำความดันต่ำ มักจะเป็นคลองส่งน้ำหรือท่อคอนกรีต ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านท่อส่งน้ำแบบต่างๆกำหนดได้จากค่าโดยประมาณต่อไปนี้คือระดับหัวน้ำต่ำจะใช้ค่า 2 เมตร ต่อวินาที ระดับหัวน้ำปานกลาง 4 เมตรต่อวินาที และระดับหัวน้ำสูงจะใช้ค่า 7 เมตรต่อวินาทีเป็นค่าสูงสุดความหนาของท่อส่งน้ำจะแปรผันกับความดันของน้ำในท่อและรัศมีของท่อเป็นเกณฑ์ตัดสิน

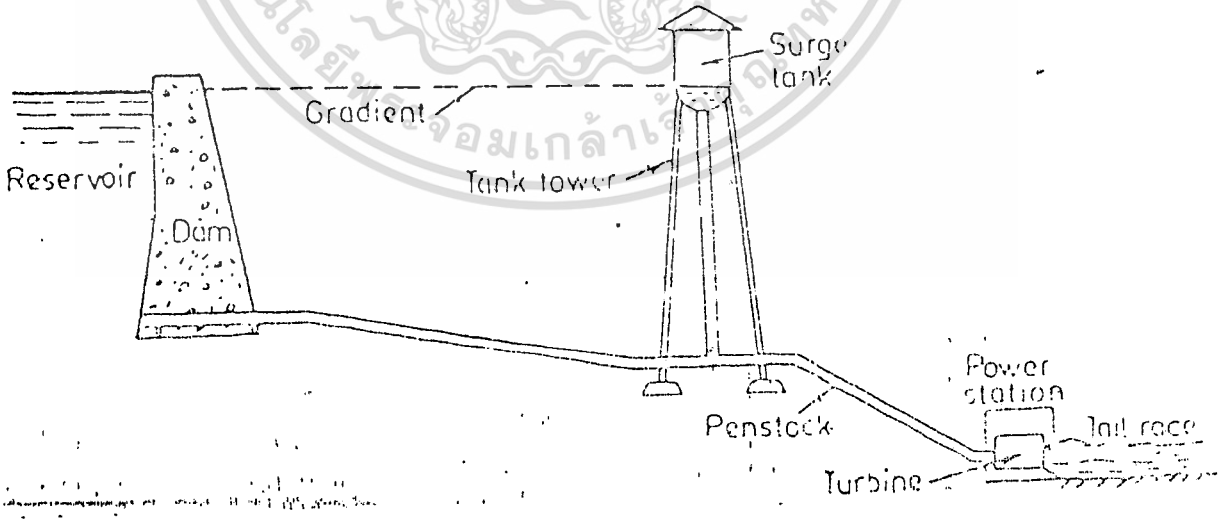
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงกระแทกของน้ำและถังลดความดันย้อนกลับ
(Water Hammer and Surge Tank)

ขณะที่น้ำไหลผ่านท่อส่งน้ำไปยังกังหันและตัวควบคุมการไหลของน้ำ(Governor) ถูกปิดลงอย่างทันทีทันใด จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ความดันในท่อส่งน้ำทำให้ความดันของน้ำในท่อส่งน้ำเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใดเหตุการณ์นี้เรียกว่า Water Hammer ในทางตรงข้ามถ้าประตูน้ำที่จ่ายน้ำเข้าสู่กังหันถูกเปิดอย่างทันทีทันใด อันเนื่องมาจากการเพิ่มของ โหลดไฟฟ้าอย่างทันทีทันใดก็จะทำให้เกิดสูญญากาศหรือความดันลบ(Negative pressure)ขึ้นในท่อส่งน้ำเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงต้องติดตั้งถังลดความดันย้อนกลับ(SurgeTank)โดยถังลดความดันย้อนกลับจะติดตั้งบริเวณที่ใกล้กับท่อทางเข้า ของกังหันและวาง ในระดับสูงเท่ากับระดับหัวน้ำสูงสุดเมื่อมีความดันสูงเกิดขึ้นในท่อส่งน้ำความดันจะถูกถ่ายเทขึ้นไปยังถัง และเมื่อกังหันต้องการน้ำอย่างทันทีทันใดน้ำในถังก็จะช่วยจ่ายน้ำเข้าไปยังกังหันเพื่อให้กังหันสามารถปรับความเร็วได้อย่างรวดเร็วดังแสดงให้เห็นตามรูป 1.12

ตำแหน่งของโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ
(Location of a Hydro-Electric Station)

โดยทั่วๆไปโรงจักร มักจะวางในตำแหน่งที่ใกล้กับฐานด้านหลังเขื่อนให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดความสูญเสียจากความผิดของท่อและตำแหน่งของโรงจักรจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อให้ได้ระดับหัวน้ำมากที่สุดบางครั้งโรงจักรอาจจะติดตั้งใต้ดินซึ่งจะต้องพิจารณาอย่างละเอียดว่าเหมาะสม คุ้มค่าหรือไม่



รูปที่ 1.12 ถังลดความดันย้อนกลับและท่อส่งน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำชนิดต่างๆและลักษณะการใช้งาน
(Types of Hydro-Electric Plant and their Field of use)

แบบกั้นแม่น้ำโดยไม่มีอ่างเก็บน้ำ
(Run off river Plants without pondage)

โรงจักรแบบนี้จะวางขวางกับแม่น้ำโดยตรง การทำงานจะทำได้เฉพาะกรณีที่ระดับหัวน้ำมีระดับที่เพียงพอ กับความต้องการเท่านั้นความสามารถในการผลิตจะมีค่าต่ำถ้าระดับน้ำในแต่ละช่วงเวลามีระดับที่ไม่สม่ำเสมอ

แบบกั้นแม่น้ำและมีอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อน
(Run off river Plants with Pondage)

การใช้งานอย่างกว้างขวางของโรงจักรไฟฟ้าชนิดนี้จะมีค่ามากขึ้นตามขนาดของอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อน สภาพน้ำท้ายเขื่อนจะต้องถูกควบคุมไม่ให้น้ำท่วมถึง ดังนั้นการลดระดับหัวน้ำจะทำให้ประสิทธิภาพถูกลดทอนลงไป อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อน จะต้องมีความเป็นไปได้ในการรับมือชั่วโมงต่อชั่วโมง ตามสภาพการปรับเปลี่ยนโหลดซึ่งไหลผ่านในแต่ละสัปดาห์หรือในช่วงเวลาที่ยาวนานซึ่งจะอยู่กับขนาดของอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดที่ใหญ่เพียงพอ ซึ่งอ่างที่มีขนาดใหญ่เพียงพอจะทำให้เกิดความมั่นคงในการผลิตสูงมากขึ้น โรงจักรไฟฟ้าชนิดนี้ส่วนมากจะสามารถใช้โหลดในส่วนต่างๆของโหลดเคอร์ฟได้ตามต้องการ และเป็นโรงจักรที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน

แบบอ่างเก็บน้ำ (Reservior plants)

เมื่อน้ำถูกกักเก็บไว้เหนือเขื่อนและมีความจำเป็นต้องติดตั้ง โรงจักรไฟฟ้าซึ่งจะถูกควบปริมาณน้ำตามความต้องการดังนั้นโรงจักรชนิดนี้จึงมีความสามารถที่ดีและสามารถใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่ามั่นคงในการผลิตจะมีค่าสูงขึ้นและมันสามารถใช้เป็นโรงจักรไฟฟ้าชนิดเบสโหลด(Base load)หรือชนิดพีคโหลด(Peak load)ได้ตามต้องการและมันยังสามารถทำการผลิตได้ตลอดทุกช่วงของโหลดเคอร์ฟในระบบเครือข่ายดังนั้นโรงจักรชนิดนี้จึงนิยมใช้เป็นโรงจักรไฟฟ้าหลัก

โรงจักรไฟฟ้าทั้ง 3 แบบที่กล่าวมาแล้วจะอาศัยอ่างเก็บน้ำเป็นหลักในทำนองเดียวกัน โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำอาจจะแบ่งชนิดตามลักษณะของการจ่ายโหลดของมันดังนี้

Base load plants

โรงจักไฟฟ้าชนิดนี้สามารถจ่ายโหลดบนพื้นที่ส่วนใหญ่ของ ส่วนที่เป็นฐานของโหลดเคอร์ฟซึ่งโดยทั่วๆไป จะมีความสามารถในการจ่ายกำลังไฟฟ้าได้สูงมาก

Peak load plants

ใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาที่โหลดเคอร์ฟมีค่าเป็น พีคโหลด และจะจ่ายพลังงานในช่วงเวลาสั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pumped Storage plants for Peak load

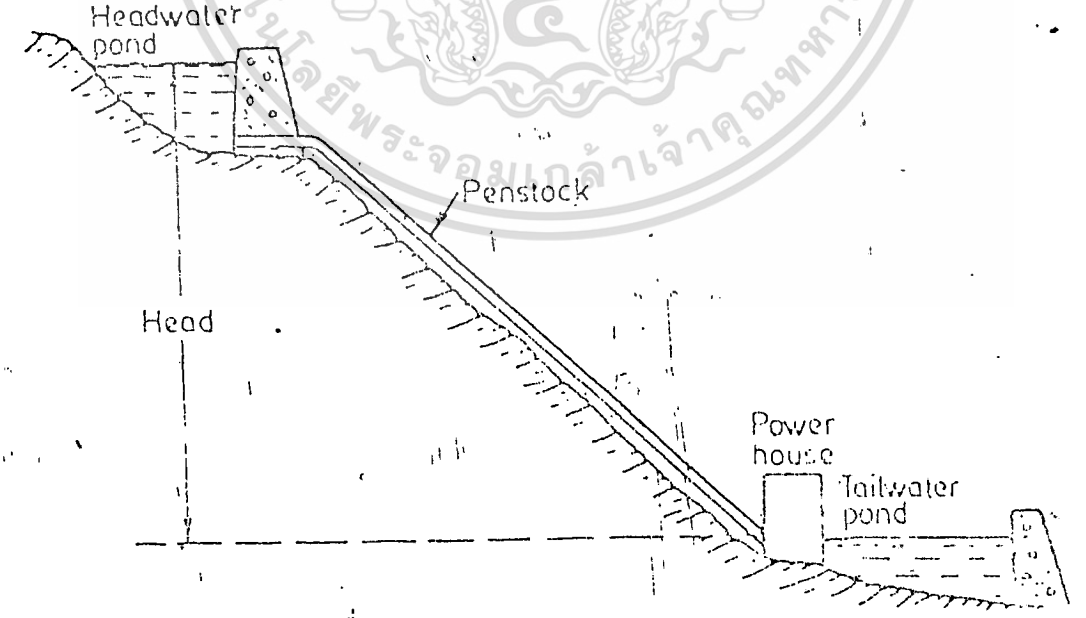
ลักษณะของโรงจักรไฟฟ้าชนิดนี้คือ การใช้น้ำที่ไหลผ่านกังหันแล้วไปกักเก็บไว้ในอ่างเก็บน้ำท้ายเขื่อนแล้วสูบน้ำจากอ่างเก็บน้ำท้ายเขื่อน ส่งขึ้นไปยังอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนอีกครั้ง โดยจะปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนไปขับกังหัน เมื่อต้องการจ่าย พีคโหลด และจะใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบหลักไปสูบน้ำขึ้นมากักเก็บไว้ในอ่างเหนือเขื่อน เมื่อผ่านพ้นเวลาของพีคโหลด ไปแล้ว

ดังนั้นความสามารถในการกักเก็บน้ำของอ่างเก็บน้ำจะต้องเพียงพอที่จะจ่ายโหลด ได้นาน 4 - 10 ชั่วโมงรูปที่ 1.13 แสดงให้เห็นลักษณะของโรงจักรแบบนี้

ในการนำโรงจักรชนิดนี้เข้าใช้ในระบบทำให้ค่าใช้จ่าย ในการทำงานของโรงจักรไฟฟ้าพลังไอน้ำ (พลังงานความร้อน) ลดลงโรงจักรไฟฟ้าชนิดนี้มีข้อดีกว่าโรงจักรไฟฟ้าแบบ Reservior Peak Load คือถ้าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำลดลงมากๆ ค่าความมั่นคงของการจ่ายพลังงานจะลดลง แต่โรงจักรชนิดนี้จะไม่มีกรณีดังกล่าว เพราะเครื่องสูบน้ำจะสูบน้ำขึ้นเก็บไว้ที่อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อน

Bulb Type Turbine Plants

โรงจักรไฟฟ้าแบบ Bulb คือโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำที่ติดตั้งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของท่อส่งน้ำซึ่งกังหันที่ใช้อาจจะใช้กังหันแบบ พรอบเพลเลอร์ คาปลาน แกนนอน และในบางแห่งอาจจะใช้แบบแกนเอียงโรงจักรเครื่องแรกได้ใช้ในการในการผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบไมโคร ซึ่งใช้ระดับหัวน้ำต่ำและผลิตกำลังไฟฟ้าต่ำมีค่า ประมาณ 100-500 กิโลวัตต์ การติดตั้งโรงจักรไฟฟ้าแบบนี้ให้ใช้เป็นโรงจักรไฟฟ้า ขนาดใหญ่สามารถทำได้โดยการนำเอาโรงจักรหลาย ๆ โครงใช้งานร่วมกัน การติดตั้งหลายๆเครื่องในโครงการเดียวกันจะสามารถประหยัด ต้นทุนเริ่มต้นของโครงการประมาณ 15-30 % ค่าระดับหัวน้ำสูงสุดของโรงจักรแบบนี้คือ 25 เมตรและกำลัง



รูปที่ 1.13 Pumped storage plant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สามารถผลิตได้ในปัจจุบันมีค่าสูงกว่า 50 เมกกะวัตต์

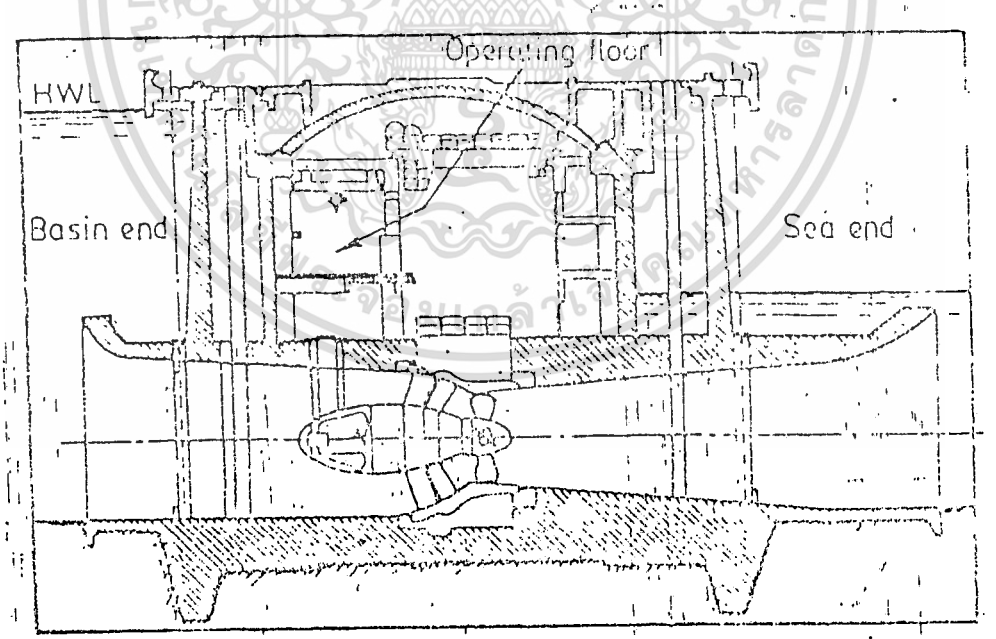
Tidal Power Plants

ถ้ากระแสน้ำ(Tide)ที่มีอยู่มีขนาดกว้างและลึกเพียงพอ และอ่างเก็บน้ำมีระดับที่เพียงพอที่จะสะสมพลังงานจากกระแสน้ำพลังงานของกระแสน้ำที่เก็บไว้ในที่สูงกว่าจะสามารถใช้ขับกังหันและใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าได้ผลต่างของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและระดับน้ำทะเลจะทำให้เกิดระดับหัวน้ำขึ้นในกังหัน

Rance Power Plant

ตำแหน่งที่ตั้งของ Rance Power Plant อยู่ใกล้กับ Saint Malo อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ของ French Channel Coast ซึ่งในบริเวณนี้ระดับของกระแสน้ำจะมีค่าประมาณ 13.5 เมตร เริ่มโครงการเมื่อเดือนสิงหาคม 1966 ถึงเดือนธันวาคม 1967 โดยติดตั้งหน่วยผลิตทั้งหมด 24 หน่วยแต่ละหน่วยให้กำลังไฟฟ้าได้ 10เมกกะวัตต์ในรอบปีจะสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 540 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมงรูปที่ 1.14 แสดงให้เห็นรูปผ่าครึ่งของ Bulb Unitที่ใช้ใน Rance Power Plant หน่วยของระบบถูกออกแบบให้ทำงานได้ 2 ลักษณะ คือทำงานเมื่อน้ำไหลจากอ่างลงไปสู่ทะเล และทำงานเมื่อน้ำไหลจากทะเลกลับสู่อ่างเก็บน้ำรอบการทำงาน (Cycle) แสดงให้เห็นตามรูปที่ 1.15

ระบบจะทำงานคล้ายเครื่องสูบน้ำเมื่อผลต่างของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและระดับน้ำทะเลมีค่าน้อย ๆ และ ระบบจะทำงานเป็นกังหัน เมื่อระดับความแตกต่าง



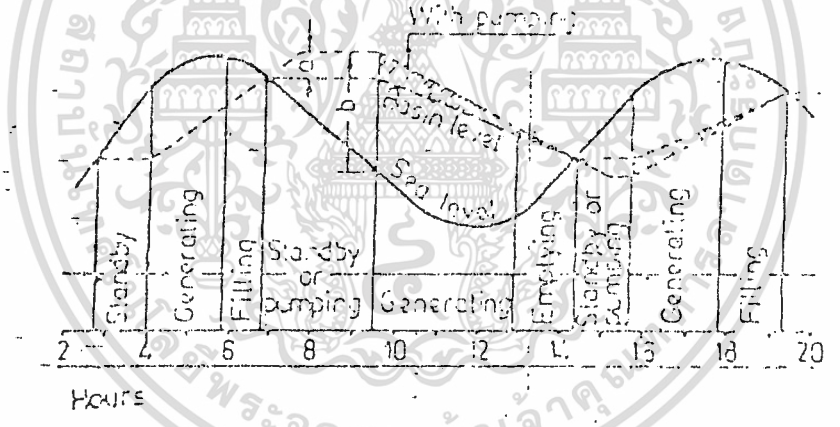
รูปที่ 1.14 ภาพตัดของ Bulb Unit plant

มีค่ามากๆเครื่องกำเนิดจะทำงานคล้ายกับมอเตอร์เพื่อขับกังหันให้เป็นเครื่องสูบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเริ่มเดินและการเชื่อมต่อ จะเป็นไปอย่างเท่าเทียมกันประตูน้ำของระบบจะถูกใช้เพื่อเร่งการเต็มและการลดระดับลงของน้ำในอ่างเก็บน้ำเพื่อให้ระดับน้ำทั้งสองมีความแตกต่างน้อยที่สุด การใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวคาดหมายข้อมูลระดับน้ำที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการทำงาน 2 ลักษณะ จะถูกบันทึกไว้และตั้งการทำงานของประตูน้ำและกังหันหรือเครื่องสูบน้ำหน่วยของระบบถูกออกแบบให้ทำงานได้2ลักษณะ คือ ทำงานเมื่อน้ำไหลจากอ่างลงไปสู่ทะเล และทำงานเมื่อน้ำไหลจากทะเลกลับสู่อ่างเก็บน้ำรอบการทำงาน แสดงให้เห็นตามรูปที่ 1.15

ระบบจะทำงานคล้ายเครื่องสูบน้ำเมื่อผลต่างของระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและระดับน้ำทะเลมีค่าน้อยๆและระบบจะทำงานเป็นกังหัน เมื่อระดับความแตกต่างมีค่ามาก ๆ เครื่องกำเนิดจะทำงานคล้ายกับมอเตอร์ เพื่อขับกังหันให้เป็นเครื่องสูบน้ำ การเริ่มเดิน และการเชื่อมต่อจะเป็นไปอย่างเท่าเทียมกันประตูน้ำของระบบจะถูกใช้เพื่อเร่งการเต็มและการลดระดับลงของน้ำในอ่างเก็บน้ำเพื่อให้ระดับน้ำทั้งสองมีความแตกต่างน้อยที่สุด การใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวคาดหมายข้อมูลระดับน้ำที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการทำงาน 2 ลักษณะ จะถูกบันทึกไว้และตั้งการทำงานของประตูน้ำและกังหันหรือเครื่องสูบน้ำ



รูปที่ 1.15 การทำงาน 2 ลักษณะของ Bulb Unit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ:การออกแบบเบื้องต้น 2
(Hydro-Electric Stations:Preliminary Design II)
กำลังที่จะทำการผลิต (Power to be Developed)

ในตอนที่ผ่านมาเราได้ศึกษาถึงวิธีการหาแหล่งน้ำสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยพิจารณาถึงอัตราการไหลของน้ำ และความสูงของระดับหัวน้ำตามทำเลต่างๆค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของระดับหัวน้ำที่กังหันต้องการตลอดจนกำลังสูงสุดที่สามารถผลิตได้

เมื่อรู้ค่าอัตราการไหลของน้ำในหน่วยลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีและค่าความสูงของระดับหัวน้ำในหน่วยเมตร ก็สามารถหากำลังที่ทำการผลิตได้จากสมการ

$$P = \frac{0.736 \times Q \times w \times h \times \eta}{75}$$

เมื่อ w = ความหนาแน่นของน้ำ ประมาณ 1000 กก./ลูกบาศก์เมตร

η = ประสิทธิภาพของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ผลของอ่างเก็บน้ำจะเป็นตัวกำหนดรูปร่างของ โฟลวดิวเรชั่นเคอร์ฟ และจะทำให้กำลังปฐมภูมิ(Primary Power)ของโรงจักรมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

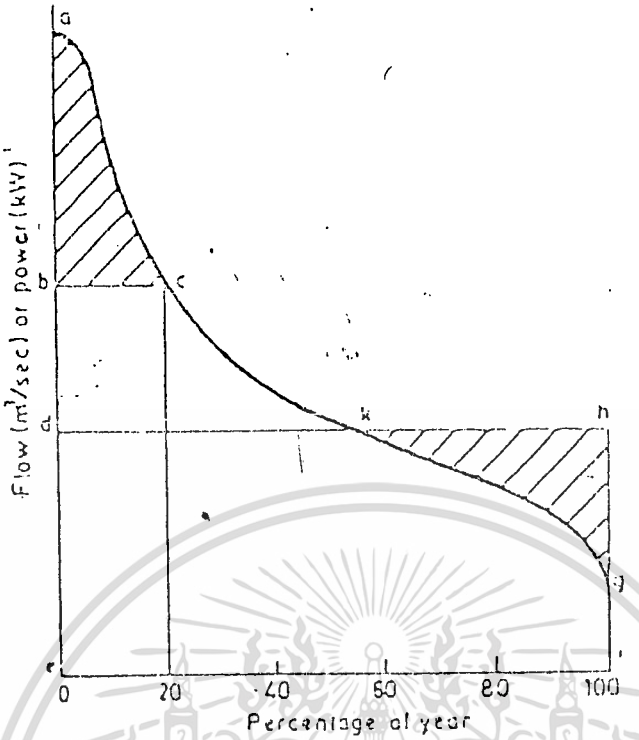
รูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นโฟลวดิวเรชั่นเคอร์ฟซึ่งจะมีรูปร่างเดียวกันกับเพาเวอร์ดิวเรชั่นเคอร์ฟ แต่สเกลแตกต่างกันถ้าปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้เหนืออ่างเก็บน้ำคือพื้นที่abc ปริมาณน้ำช่วงนี้จะมีปริมาณมากและมีเวลาในการกักเก็บน้อยคือมีค่าประมาณ 20 % ของเวลาทั้งหมดที่ทำการสำรวจ พื้นที่ ghk จะมีค่าเท่ากันกับพื้นที่ abc ดังนั้นกำลังไฟฟ้าที่สามารถทำการผลิตได้ในช่วง de จึงเป็นกำลังที่สามารถ ผลิตได้อย่างต่อเนื่อง พื้นที่ dkhgfed จะเป็นพลังงานปฐมภูมิที่แหล่งน้ำสามารถจ่ายพลังงานให้กับโรงจักรได้ตลอดปี พื้นที่ bckdb จะเป็นพลังงานทุติยภูมิ และช่วง bd ก็จะเป็นกำลังทุติยภูมิ

ขนาดของโรงจักรไฟฟ้าและการเลือกจำนวนหน่วย
(Size of Plant and Choice of Units)

โรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำสามารถออกแบบให้ใช้งานในลักษณะ Base Load หรือ Peak Load ก็ได้ การเลือกขึ้นอยู่กับความสามารถของอ่างเก็บน้ำที่ จะสามารถกักเก็บน้ำได้ตลอดปี ซึ่งสามารถพิจารณาได้จาก Load Curve Load Factor ซึ่งโรงจักรทำงานตลอดปี

ในกรณีที่โรงจักรไม่ได้ต่อร่วมกับระบบไฟฟ้าอื่น Load Factorในรอบปีสามารถหาได้จากเพาเวอร์ดิวเรชั่นเคอร์ฟ โดยทั่วๆไปความสามารถของโรงจักรจะเลือกเอาค่าประมาณ 20 % ของเวลาในรอบปีจาก เพาเวอร์ดิวเรชั่นเคอร์ฟ ในกรณีที่โรงจักรถูกออกแบบให้ใช้งานในลักษณะ Peak Load ค่า Load Factor ของโรงจักรจะมีค่าต่ำและค่า Plant Capacity Facter ก็จะมีค่าต่ำตามไปด้วยซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1

จะมีค่าระหว่าง 20-25% และจะทำให้ทราบค่าของพลังงานทั้งหมด ที่อ่างเก็บน้ำสามารถจ่ายออกไป ดังตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ 5 เพาเวอร์ดิวเรชั่นเคอร์ฟของโรงจักรไฟฟ้าแห่งหนึ่งแสดงให้เห็นกำลังที่สามารถจ่ายได้ในรอบปีมีค่า 87600000 Kwh โรงจักรถูกออกแบบให้ใช้งานในลักษณะ Peak Load สำหรับค่า Load Factor ในรอบปีมีค่า 25% จงหาความสามารถของโรงจักร ถ้า Plant Capacity Factor ของโรงจักรมีค่า 20% จงหาค่าความสามารถสำรองของโรงจักร

$$\text{ความสามารถของโรงจักรที่ต้องการ} = \frac{\text{พลังงานที่จ่ายได้ในรอบ 1 ปี}}{8760 \times \text{Load Factor}}$$

$$= \frac{87600000}{8760 \times 0.25}$$

$$= 40000 \quad \text{Kw}$$

และเมื่อค่า Plant Capacity Factor มีค่า 20%

$$\text{ความสามารถของโรงจักร} = \frac{87600000}{8760 \times 0.2}$$

$$= 50000 \quad \text{Kw}$$

ดังนั้นค่าความสามารถสำรองของโรงจักรคือ 50000-40000 = 10000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกจำนวนหน่วยของโรงจักร (Choice of Units)

จำนวนและขนาดของโรงจักรไฟฟ้าจะถูกเลือกขึ้นมา จากการพิจารณา Load Curve ของระบบที่จะจ่ายออกไป และจะต้องทำการเปรียบเทียบเอาข้อที่ดี ที่สุด ระหว่าง Plant Capacity Factor และ Plant Use Factor

เมื่อทำการพิจารณารวมๆกันแล้วจะมีตัวที่จะต้องพิจารณาประกอบ คือความประหยัดจากอุปกรณ์ประกอบต่างๆ เช่น ท่อส่งน้ำท่อจ่ายน้ำออก ในทางปฏิบัติมักจะเลือกโรงจักรที่มีขนาดเดียวกันจากตัวอย่างที่ผ่านมาเมื่อความสามารถของโรงจักรมีค่า 50000 Kw จึงเลือกใช้เครื่องจักรขนาด หน่วยละ 10000 Kw จำนวน 5 หน่วย

กังหันชนิดต่างๆและลักษณะสมบัติของมัน
(Types of Turbines and their Characteristics)

ชนิดต่างๆของกังหัน (Types of Turbines)

กังหันน้ำ(Hydraulic Turbines)มีข้อดีคือ มีโครงสร้างที่ไม่ยุ่งยาก การทำงานมีประสิทธิภาพสูง สามารถควบคุมการทำงานได้ง่าย สามารถปรับความเร็วตั้งแต่เริ่มเดินจนถึงความเร็ว ที่ต้องการในเวลาอันรวดเร็วสามารถทำงานได้ทั้งในสภาพโหลดที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาสามารถทำงานได้ในระยะเวลาที่ยาวนานโดยไม่ต้องหยุดพักสามารถใช้งานได้ทั้งแบบ Peak Load และแบบเครื่องสำรอง (Standby)

จากข้อดีต่างๆเหล่านี้ทำให้กังหันน้ำถูกนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางเพื่อ เป็นตัวต้นกำลังของโรงจักรไฟฟ้า

กังหันที่ถูกใช้เพื่อเป็นตัวต้นกำลังในโรงจักรไฟฟ้า แบ่งออกเป็นชนิดใหญ่ๆได้ 2 ชนิดคือกังหัน Reaction และกังหัน Impulse

กังหันแบบReaction น้ำจะท่วมกังหันจนมิดความดันของน้ำจะกระทำ ต่อกงล้อของกังหัน (Wheel) ภายใต้แรงดันที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ แรงกดดันของน้ำและแรงกดดันของบรรยากาศที่กดลงบนผิวน้ำเหนือเขื่อน จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ บนกงล้อของกังหันกังหันแบบ Reaction ยังถูกแบ่งออกตามลักษณะ การไหลของน้ำเข้ากังหันเป็น 2 ชนิดคือ

1.แบบน้ำไหลเข้าตามแนวขอบของกังหัน (Radial Flow Inward) ตัวหมุนของกังหัน(Runner)จะรับน้ำที่ไหลเข้ามาตามขอบของกังหันและจะจ่ายน้ำออกเมื่อผ่านกังหันแล้ว ไปตามแนวแกนของตัวหมุน กังหันแบบนี้ทราบกันในชื่อว่ากังหันฟรานซิส (Francis Turbins) ดังแสดงให้เห็นตามรูปที่ 2.2

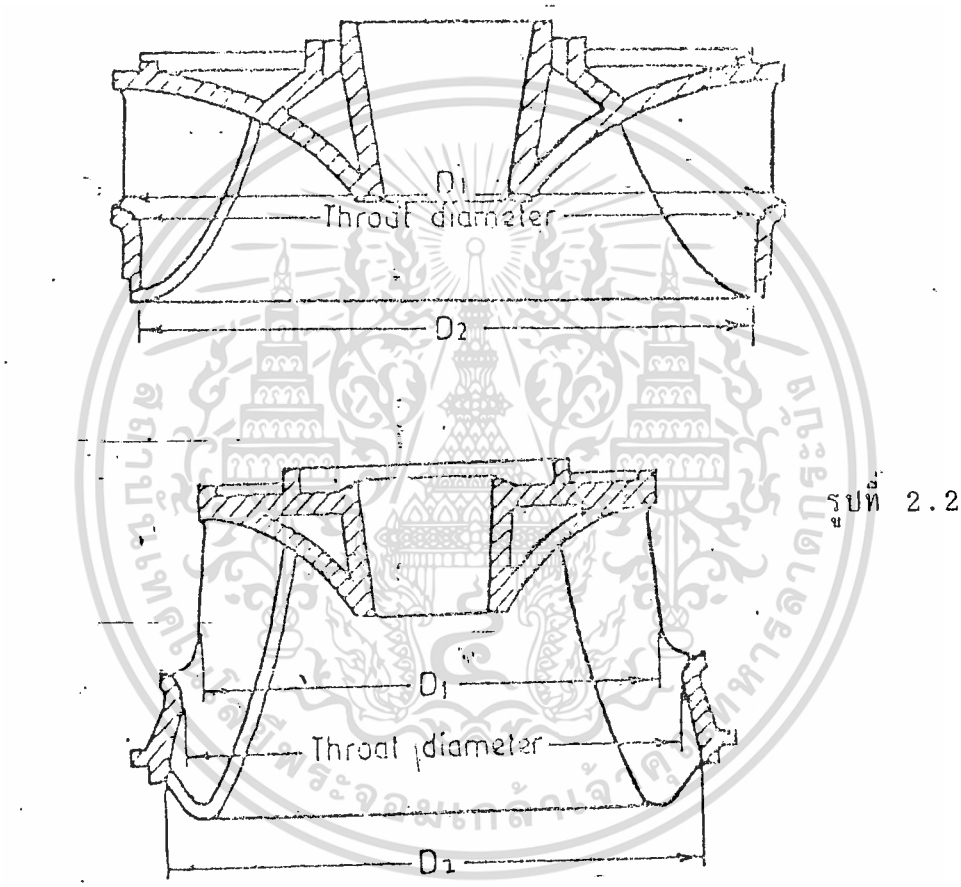
2.แบบน้ำไหลเข้าตามแนวแกนของตัวหมุน(Axial Flow)ใบของตัวหมุน (Runner Vanes)ของกังหันแบบนี้จะมีทั้งแบบปรับได้และแบบปรับไม่ได้แบบใบปรับไม่ได้เรียกว่า กังหัน Propellor ส่วนแบบที่สามารถปรับใบได้เรียกว่า กังหัน Kaplan หรืออาจจะเรียกว่า กังหัน Adjustable Blade Propeller.

กังหันชนิดใบหมุนปรับไม่ได้ (Propeller Turbine)มักจะนำไปใช้งานในกรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ที่ระดับหัวน้ำและอัตราการไหลของน้ำมีค่าคงที่และมักจะนำไปใช้งานในลักษณะ Base Load และสำหรับกังหันชนิดใบปรับได้มักจะนำไปใช้งานในกรณีที่ ระดับหัวน้ำและอัตราการไหลของน้ำ มีค่าไม่คงที่และใช้กับโรงไฟฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงโหลดอยู่ตลอดเวลา

ส่วนประกอบที่สำคัญของกังหัน Reaction คือตัวหมุน(Runner)ประตูปิดเปิดน้ำเข้ากังหัน (wicket Gate)แหวนความเร็ว(Speed Ring)โครงกังหัน(Scroll Case) และทางจ่ายน้ำออก (Draft Tube)



รูปที่ 2.2-2.3

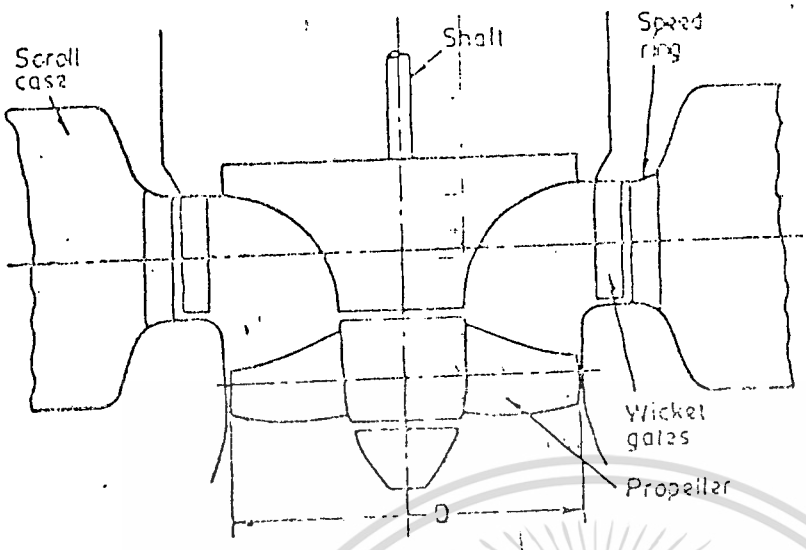
ตัวหมุนคือ ส่วนที่หมุนของกังหันพร้อมกับใบพัด (Blade) ประตูปิดเปิดน้ำ จะทำหน้าที่ปิดเปิด เพื่อควบคุมการไหลของน้ำเข้าไป ในกังหันโดยผ่านตัวควบคุมทิศทางการไหล (Guide) ท่อจ่ายน้ำออกจะเป็นตำแหน่งที่น้ำผ่านที่ส่วนท้ายของกังหันเพื่อไหลลงสู่ระดับน้ำท้ายเขื่อน

รูปที่ 2.2,2.3 แสดงให้เห็นตัวหมุนของกังหันฟรานซิสสำหรับความเร็วจำเพาะ 2 ระดับ D1 และ D2 จะเป็นตัวชี้ถึงความแปรผันของความเร็วจำเพาะ

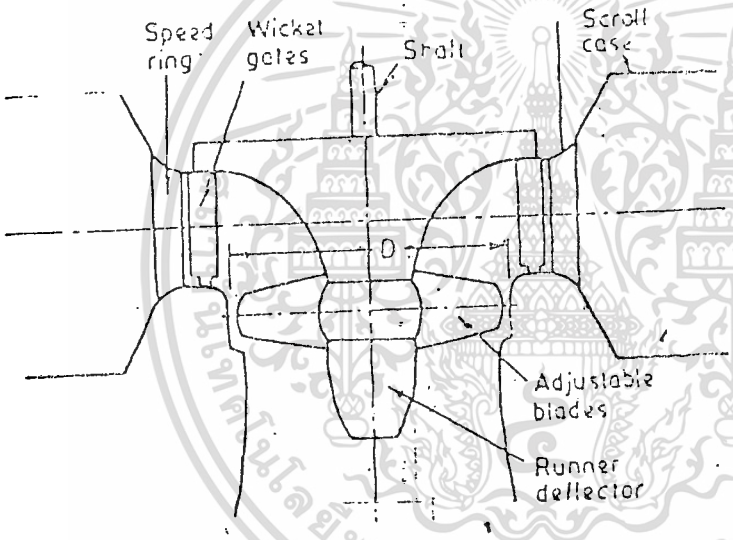
รูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นลักษณะของ Fixed Blade Propeller Turbine ตำแหน่งของ ประตูปิดเปิดน้ำ แหวนความเร็ว และโครงกังหัน โดยที่ D1 คือเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด

รูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นตัวหมุนของกังหันแบบคาปลานซึ่งประกอบด้วยแหวนความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 2.4



รูปที่ 2.5

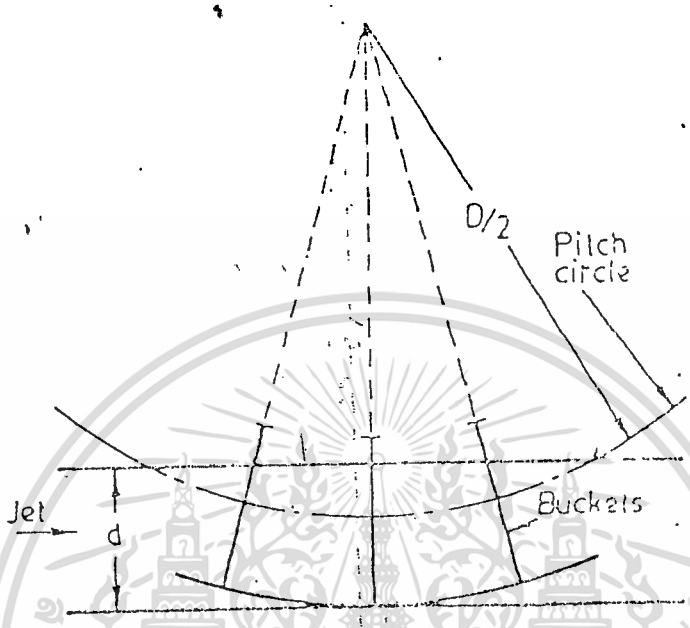
เร็ว ประตูปิด-เปิดน้ำ และ โครงกังหัน โดยที่ D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของตัวหมุน

กังหันแบบ Impulse หรือกังหัน Tangential หรือกังหันเพลตัน (Pelton) กังหันชนิดนี้กงล้อของกังหันจะไม่ถูกน้ำท่วมแรงดันของน้ำจะกระทำต่อกังหันภายใต้แรงดันของบรรยากาศ พลังงานจลน์จากการกระแทกของน้ำจากหัวฉีด (Jet) จะจ่ายให้กับตะกร้อรับน้ำ ซึ่งติดอยู่กับกงล้อก็จะทำให้เกิดพลังงานจลน์ขึ้นที่กงล้อ (Wheel)

ตัวหมุนซึ่งประกอบด้วยกงล้อและตะกร้อรับน้ำมักจะหล่อติดเป็นส่วนเดียวกัน โดยกงล้อจะติดอยู่ที่ส่วนขอบของกงล้อแต่บางครั้งตะกร้อรับน้ำก็จะแยกออกต่างหากจากกงล้อแล้วยึดติดกับกงล้อด้วยโบลท์ และลัก (Lug) ตัวหมุนบางครั้งทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีส่วนประกอบของ โครเมียม 12-14% หรืออาจจะ ลดส่วนประกอบของเหล็กกล้าไร้สนิมให้ มีส่วนประกอบของนิเกิลลดลงกว่าปกติ 1 % หัวฉีด (Nozzle) จะทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมหรือทำจากบรอนซ์ชนิดพิเศษ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความสูงของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับน้ำเหนือเขื่อน และคุณภาพของน้ำเป็นหลักหัวฉีดน้ำจะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำให้ฉีดเป็นลำน้ำ ไปยังตะกร้อรับน้ำ



รูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นส่วนต่างๆของกังหัน เพลตัน ซึ่งประกอบด้วย ประตูปิดเปิดน้ำสำหรับควบคุมการไหลของน้ำที่ไหลออกไปในหัวฉีด หัวฉีด ตะกร้อรับน้ำและกงล้อ

รูปที่ 2.7 แสดงให้เห็นตำแหน่งต่างๆของตะกร้อรับน้ำ ที่ยึดติดกับกงล้อตามระยะต่างๆรอบๆเส้นรอบวงของกงล้อโดย D คือเส้นผ่าศูนย์กลางของกงล้อที่วัด จากจุดกึ่งกลางของ ตะกร้อรับน้ำด้านหนึ่งผ่านจุดศูนย์กลางไปยังจุดกึ่งกลางตะกร้อรับน้ำอีกด้านหนึ่ง

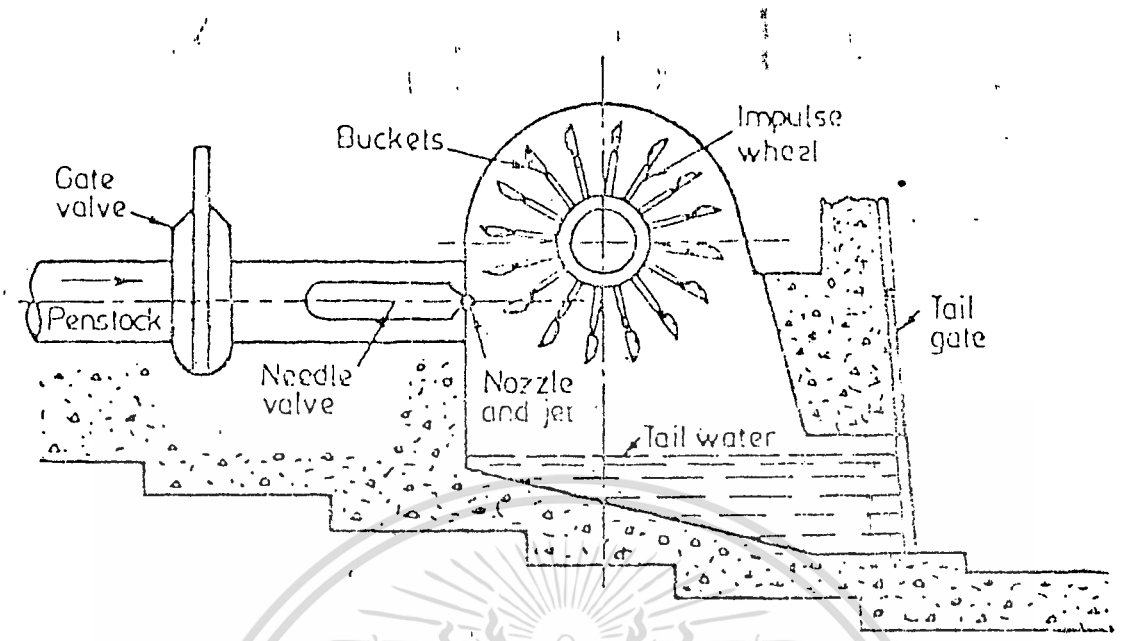
ลักษณะสมบัติเฉพาะของกังหันชนิดต่างๆ
(Characteristics of Turbines)

ความสูงของระดับน้ำเหนือเขื่อนที่ใช้กับกังหันชนิดต่างๆ

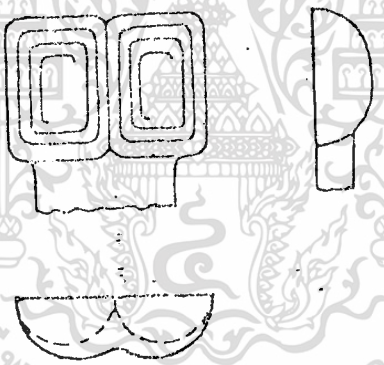
กังหัน Reaction ชนิดต่างๆจะใช้ความสูงของระดับหัวน้ำถึง 500 เมตรกังหันฟรานซิสจะใช้ระดับความสูงหัวน้ำระหว่าง 70-500 เมตรกังหันแบบพรอพเพลเลอร์จะใช้ ระดับความสูงของหัวน้ำระหว่าง 30- 70 เมตร และสำหรับความสูงของระดับหัวน้ำที่ต่ำกว่า 30 เมตร จะใช้กับกังหันแบบ คาปลาน และสำหรับความสูงของระดับหัวน้ำที่สูงกว่า 500 เมตร และไม่เกิน 1700 เมตร จะใช้กับกังหันแบบเพลตัน

ระดับหัวน้ำ ที่ถูกออกแบบสำหรับกังหันแต่ละชนิด เพื่อให้กังหันสามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7



รูปที่ 2.8 แสดงให้เห็นคู่ของตะกร้อรับน้ำ

อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด และมีความเร็วที่ดีที่สุด ในกรณีที่ระดับความสูงของหัวน้ำมีความเปลี่ยนแปลงมากๆการเลือกใช้ระดับหัวน้ำ เพื่อการออกแบบ (Design Head) มักจะเลือกใช้ระดับที่ต่ำที่สุด(Minimum Head)และในกรณีที่ระดับความสูงของหัวน้ำสูงสุดมีค่าแตกต่างจากระดับน้ำต่ำสุดไม่เกิน 10% การเลือกความสูงของระดับหัวน้ำเพื่อการออกแบบจะใช้ระดับสูงสุด

ระดับน้ำสูงสุดสำหรับการทำงานของกังหันฟรานซิสจะต้องมีค่าไม่เกิน125 %ของระดับน้ำที่ได้ออกแบบไว้และระดับน้ำต่ำสุดจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 65 % เพื่อให้การทำงานของกังหันมีประสิทธิภาพสูงสุดและเป็นการลดโพรงอากาศในใบกังหันอีกด้วย สำหรับกังหันแบบพรอบเพลเลอร์ ระดับหัวน้ำสูงสุดจะต้องไม่เกิน 110 %และระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำสุดจะต้องไม่ต่ำกว่า 90 % ของ ระดับความสูงที่ได้ออกแบบไว้และสำหรับกังหันแบบคาปลาน ย่านการทำงาน ที่มีประสิทธิภาพ จะมีย่านความสูงของระดับหัวน้ำอยู่ระหว่าง 50-150 % ของระดับที่ได้ออกแบบไว้

โดยทั่วๆไประดับหัวน้ำที่ได้ออกแบบไว้ มักจะเลือกจากระดับความสูงเฉลี่ยหรือความสูงที่อ่างกักเก็บน้ำสามารถจ่ายน้ำได้ตลอดปี สำหรับเขื่อนที่สร้างปิดกั้นแม่น้ำ ซึ่งระดับความสูงหัวน้ำจะมีค่าค่อนข้างคงที่ ระดับความสูงที่ออกแบบมักจะใช้ระดับที่คงที่นั้น

ประสิทธิภาพของกังหันชนิดต่างๆ ที่สภาพโหลดต่างๆ
(Efficiency of Turbines at various Load)

รูปเคอร์ฟประสิทธิภาพของกังหันชนิดต่างๆแสดงให้เห็นตามรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10 แสดงให้เห็นเคอร์ฟของกังหัน Reaction กังหันแบบฟรานซิส จะทำงานที่เหมาะสม ที่สภาพโหลด75-100%กังหันแบบพรอบเพลเลอร์ ก็จะทำงานที่เหมาะสมที่สภาพโหลด 75-100%และถ้าระดับความสูงของหัวน้ำมีค่าไม่เปลี่ยนแปลงมากเกินไปนัก ก็จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพสูงมากขึ้น สำหรับกังหันแบบคาปลานการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพจะขึ้นอยู่กับการปรับใบของกังหันเพราะกังหันแบบนี้ใช้ในกรณีที่มี การเปลี่ยนแปลงระดับหัวน้ำอยู่เสมอๆดังนั้นประสิทธิภาพ ของกังหันแบบนี้จึงมีค่าสูงกว่าแบบพรอบเพลเลอร์และแบบฟรานซิส ตัวอาคารโรงจักรก็มีขนาดเล็กกว่าทั้ง 2 แบบ

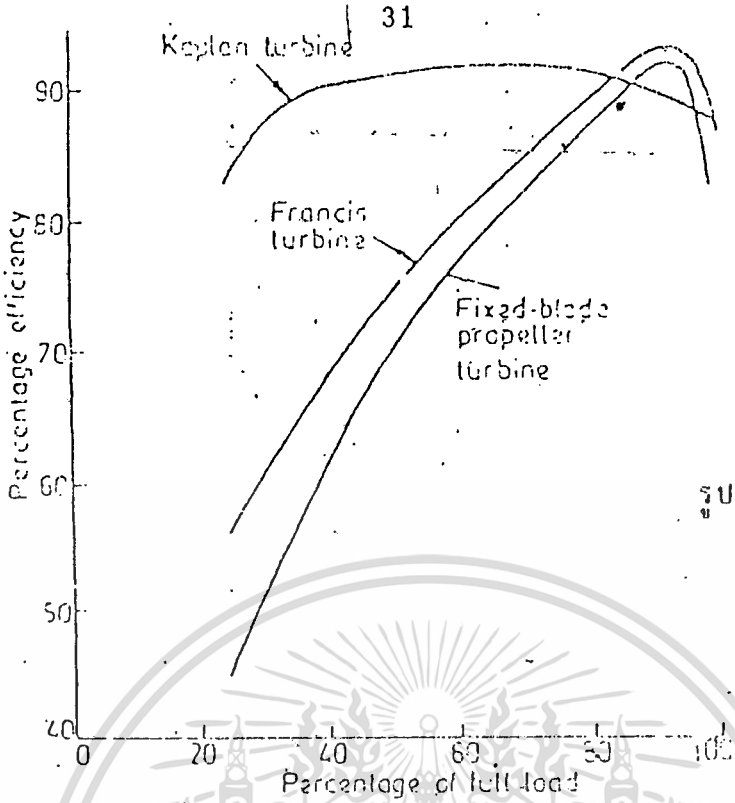
ประสิทธิภาพของกังหันแต่ละแบบ จะขึ้นอยู่กับระดับความสูงของหัวน้ำ ขนาดของกังหันและความเร็วของกังหันขณะทำงาน โดยทั่วๆไปกังหัน Reaction จะมีประสิทธิภาพสูงสุด ประมาณ 92-93 % โดยที่กังหันแบบ คาปลานจะมีประสิทธิภาพมากกว่านี้ ถ้าโหลดอยู่ระหว่าง 40-80%เคอร์ฟประสิทธิภาพของกังหันแบบเพลตัน จะมีค่าต่ำกว่าประสิทธิภาพของกังหันฟรานซิสเล็กน้อยและจะมีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง ของโหลดบ้างเล็กน้อยรูปที่ 2.9 แสดงให้เห็นเคอร์ฟประสิทธิภาพของกังหันแบบเพลตันเมื่อโหลดมีค่า 40-80% ของโหลดเต็มที่แล้ว ค่าประสิทธิภาพจะเปลี่ยนแปลงน้อยมากซึ่งจะมีค่าอยู่ระหว่าง 87-88%

ความเร็ว:ความเร็วจำเพาะ (Speed:Specific Speed)

พื้นฐานในการเปรียบเทียบลักษณะสมบัติเฉพาะของกังหัน ก็คือความเร็วจำเพาะ (Specific Speed) Ns ความหมายของความเร็วจำเพาะคือ ความเร็วซึ่งกังหันหมุนไปเมื่อกังหันถูกลดขนาดให้มีขนาดที่สามารถจ่ายกำลังได้ 1 แรงม้า ที่ระดับความสูงของหัวน้ำที่จ่ายให้กังหัน 1 เมตรความเร็วนี้จะแปรผันตรงกับแรงม้ายกกำลัง 0.5 และแปรผันกลับ กับความสูงของระดับน้ำที่จ่ายไปยังกังหัน ยกกำลัง 1.25

จากความหมายของความเร็วจำเพาะสามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9

$$Ns = \frac{nP^{0.5}}{h^{1.25}} \quad \text{รอบ/นาที} \quad \ldots(3)$$

เมื่อ Ns = ความเร็วจำเพาะ
n = ความเร็วรอบในการหมุน
P = กำลังในหน่วยแรงม้า
h = ความสูงของระดับน้ำเหนือเขื่อนถึงท่อทางเข้ากังหัน

จากสมการ 3 สามารถหาค่าความเร็วรอบในการหมุนของกังหัน จากสมการ

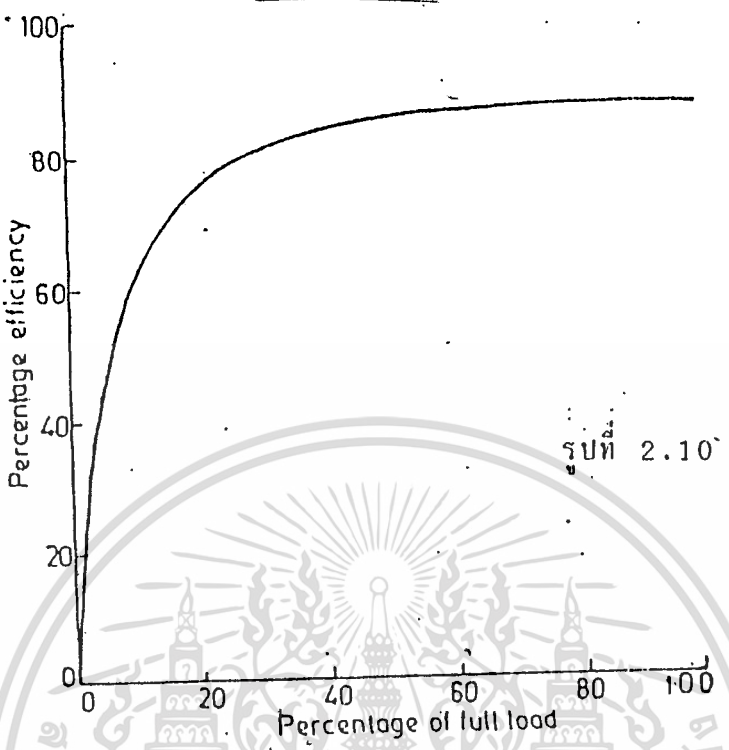
$$n = \frac{Ns \times h^{1.25}}{P^{0.5}} \quad \ldots\ldots(4)$$

สำหรับกังหัน เพลตัน ค่าความเร็วจำเพาะหาได้ทั้งกรณีหัวฉีดเดียวและ หลายหัวฉีด

$$Nsr = Ns \times \sqrt{(\text{จำนวนหัวฉีด})} \quad \ldots\ldots(5)$$

ชนิดของกังหัน	ความเร็วจำเพาะ (รอบ/นาที)
เพลตัน 1 หัวฉีด	12-32
เพลตัน 2 หัวฉีด	17-50
เพลตัน 4 หัวฉีด	24-70
ฟรานซิสความเร็วต่ำ	80-120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10

ฟรานซิสความเร็วปกติ	120-220
ฟรานซิสความเร็วสูง	220-350
ฟรานซิสชนิดพิเศษ	350-420
พรอบเพลเลอร์และคาปลาน	310-1000

ขั้นแรกของการเลือกชนิดของกังหันสำหรับโรงจักรไฟฟ้าจะต้องเลือกจากค่าความเร็วจำเพาะที่เหมาะสมกับกังหันแต่ละชนิดซึ่งก็ขึ้นอยู่กับระดับความสูงของระดับหัวน้ำ จากนั้นก็สามารถคำนวนหาค่าหยาบๆของค่าความเร็วจำเพาะจากสมการต่อไปนี้

กังหันฟรานซิส

$$Ns = \frac{6850}{h + 9.8} + 84 \quad \ldots\ldots\ldots 6$$

กังหันพรอบเพลเลอร์

$$Ns = \frac{9500}{h + 9.8} + 84 \quad \ldots\ldots\ldots 7$$

กังหันคาปลาน

$$Ns = \frac{9500}{h + 9.8} + 84 \times 0.1 + \frac{9500}{h + 9.8} + 84 \quad \ldots 8$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กังหันเพลตัน

$$Ns = \frac{422\ h^{3/4}}{P^{0.5}} \quad \ldots\ldots\ldots 9$$

ความเร็วในการหมุนของกังหันจะต้อง สัมพันธ์กับความเร็งซิงโครนัสของเครื่องกำเนิดไฟสามารถผลิตไฟฟ้า ที่มีความถี่ตามที่ต้องการได้และเพื่อให้ความเร็วจำเพาะของกังหันเหมาะสมกันพอดีกับความเร็วซิงโครนัสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงจำเป็นจะต้อง มีการปรับแต่งความเร็วจำเพาะของกังหัน

ตัวอย่างที่6 จงเลือกกังหันที่เหมาะสมสำหรับสภาพต่อไปนี้ความสูงของระดับหัวน้ำ200 เมตร อัตราการไหลน้ำ 2 ลูกบาศก์เมตร ต่อ วินาทีประสิทธิภาพของกังหัน 88 % และกังหันนี้ใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 เฮิร์ส

$$\text{กำลังที่จ่ายออก} = \frac{Q \times w \times h \times \eta}{75}$$

$$= \frac{2 \times 1000 \times 200 \times 0.88}{75}$$

$$= 47000 \quad \text{แรงม้า}$$

ที่ระดับความสูงของหัวน้ำ 200 เมตรชนิดของกังหันที่ใช้จะเป็นแบบกังหันพรานซิสขั้นแรกต้องทำการประมาณค่าความเร็วจำเพาะของกังหันซึ่งหาได้จากสมการ

$$Ns = \frac{6850}{h + 9.8} + 84$$

$$= \frac{6850}{200 + 9.8} + 84$$

$$= 117 \quad \text{รอบ/นาที}$$

จากความสัมพันธ์ของความเร็วจำเพาะและความเร็วรอบในการหมุน จะสามารถหาความเร็วรอบในการหมุนของกังหันได้ดังนี้

$$n = \frac{Nsh^{5/4}}{P^{1/2}}$$

$$= \frac{117 \times 200^{5/4}}{4700^{0.5}}$$

$$= 1280 \quad \text{รอบ/นาที}$$

ที่ความถี่ไฟฟ้า 50 เฮิร์สความเร็วซิงโครนัสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ 4 ขั้วและแบบ 6 ขั้วจะมีค่า 1500 และ 1000 รอบ/นาที ตามลำดับเนื่องจากถ้าใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 4 ขั้วแล้วจะต้องเพิ่มความเร็วจำเพาะให้สูงขึ้นซึ่งไม่ใช่สิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ที่ต้องการจึงจะต้องเลือกเอาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มี 6 ขั้ว โดยจะต้อง ปรับแต่งความเร็วจำเพาะ ของกังหันให้มีค่าที่เหมาะสมกันพอดีกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

$$\text{ความเร็วจำเพาะที่ปรับแต่ง} = \frac{1000 \times 117}{1280} = 92 \text{ รอบ/นาที}$$

การปรับแต่งกังหัน (Turbine Setting)

กังหัน Reactionจะต้องติดตั้งในระดับน้ำท้ายเขื่อนเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงโพรงอากาศในส่วนของท่อส่งน้ำออก ดังนั้นตัวหมุนของกังหัน ฟรานซิส จะต้องวาง ที่ตำแหน่งในระดับที่ใกล้มากๆกับ ระดับท้ายน้ำ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ดีที่สุด

กังหัน พรอบเพลเลอร์ชนิดใบคงที่ จะมีความเร็วจำเพาะสูงกว่ากังหันฟรานซิส ดังนั้นกังหันแบบพรอบเพลเลอร์ จะต้องติดตั้งในตำแหน่งที่ต่ำกว่ากังหันฟรานซิสและในขณะเดียวกัน กังหันแบบคาปลาน จะต้องติดตั้งในระดับที่ต่ำกว่ากังหันแบบพรอบเพลเลอร์แบบใบคงที่กังหันแบบเพลตันจะติดตั้งในระดับสูงสุดของระดับน้ำท้ายเขื่อน ตามปกติกังหันเพลตันจะติดตั้งที่ตำแหน่ง 2 เมตรเหนือระดับน้ำท้ายเขื่อนเป็นอย่างน้อย ถ้านำกังหันฟรานซิสและกังหันเพลตัน มาทำการเปรียบเทียบกันในระดับหัวน้ำเดียวกัน ย่านของค่าความเร็วจำเพาะและระดับน้ำเหนือเขื่อนเดียวกับความเร็วของกังหันฟรานซิสจะสูงกว่ากังหันเพลตันเสมอ

ความเร็วและการรักษาระดับความเร็ว(Speed and Speed Regulation)

เมื่อโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใด ตัวปรับปริมาณน้ำ(Governor) จะทำการปรับอัตราการไหลของน้ำเข้าสู่กังหันซึ่งจะต้องใช้เวลาในการปรับบ้าง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับความเร็วในการทำงานของ ตัวปรับปริมาณน้ำเมื่อปิดประตูน้ำอย่างทันทีทันใดก็จะทำให้ความดันในท่อส่งน้ำเพิ่มขึ้นดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาถึงปัญหาของการปรับความเร็วและการเพิ่มขึ้นของแรงดันในท่อส่งน้ำ โดยการกำหนดความความยาวของท่อส่งน้ำการเปลี่ยนแปลงความเร็วของน้ำในท่อส่งน้ำในเวลาที่กำหนดไว้ ความดันสูงสุดเท่าที่ยอมให้ได้ตามปกติของกังหันฟรานซิสจะมีค่าประมาณ 30%และของกังหันเพลตันจะมีค่าระหว่าง 10-20 % ความเร็วในการปรับตัวของตัวปรับปริมาณน้ำจะมีค่าประมาณ 2-3 วินาทีข้อมูลต่อไปนี้จะใช้เป็นค่าโดยประมาณของค่าความดันที่เพิ่มขึ้นในกรณีต่างๆ

กังหันเพลตัน	12-16 %
กังหันฟรานซิสขนาดเล็กและท่อส่งน้ำขนาดสั้น	20-25 %
กังหันฟรานซิสขนาดเล็ก ท่อส่งน้ำยาวและมีตัวปรับความดัน	20-25 %
กังหันฟรานซิสและไม่มีตัวปรับความดัน	30 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วประลัย(Runaway Speed)

เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งถูกขับโดยกังหันน้ำ อยู่ในสภาพโหลดเต็มที่ความเร็วของกังหันจะเริ่มลดลง ในขณะเดียวกัน ตัวปรับการไหลของปริมาณน้ำก็จะเริ่มเปิดประตูน้ำให้กว้างมากขึ้นเพื่อให้ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่กังหันมีปริมาณมากขึ้น เพื่อปรับความเร็วของกังหัน ให้มีค่าที่เหมาะสมกับความเร็วซิงโครนัสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตามสภาพของโหลดขณะนั้นในทางตรงข้ามถ้าโหลดไฟฟ้าถูกปลดออกไปอย่างทันทีทันใดตัวปรับปริมาณการของน้ำก็จะปิดประตูน้ำอย่างทันทีทันใดเช่นกันเพื่อให้ความเร็วของกังหันอยู่ในสภาพคงที่

ความเร็วในการหมุนของกังหันสูงสุดเท่าที่ กังหันสามารถหมุนไปได้ภายใต้สภาพการทำงานที่เลวร้ายในกรณีที่ประตูน้ำถูกเปิดเต็มที่เพื่อให้น้ำไหลเข้ากังหันมากที่สุดที่ระดับความสูงของระดับหัวน้ำสูงสุดเรียกว่าความเร็วประลัย

ในการเลือกพิกัดและความสามารถของโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ จะต้องพิจารณาความสัมพันธ์ ระหว่างลักษณะสมบัติเฉพาะ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและกังหันที่ใช้เป็นตัวต้นกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะต้องถูกออกแบบให้ สามารถทนทานต่อความเร็วประลัยของกังหันที่ระดับความสูงหัวน้ำสูงสุด สำหรับกังหันฟรานซิสจะมีค่าประมาณ 180 % ของความเร็วปกติถ้าระดับหัวน้ำสูงสุดเป็น 15%ของระดับปกติค่าความเร็วประลัยจะมีค่าประมาณ 195% ของความเร็วปกติ และสำหรับกังหันพรอบเพลเลอร์ชนิดกังหันคงที่ความเร็วประลัยจะมีค่าระหว่าง 200-250%ของความเร็วปกติ

การออกแบบขนาดที่สำคัญของกังหัน

(Design of Main Dimensions of Turbines)

สำหรับกังหัน Reactionทั้งกังหันฟรานซิสและกังหันพรอบเพลเลอร์การหาขนาดที่สำคัญจะต้องหาเส้นผ่าศูนย์กลางที่ไม่ใช่ค่าแท้จริง (Nominal Diameter)เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อส่งน้ำออก (Inlet Draft TubeDiameter) เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อส่งน้ำเข้ากังหัน (Outlet Draft Tube Diameter)และความกว้างของทางจ่ายน้ำออก (Width of Distributor)

สำหรับกังหันเพลตันจะต้องหา Pitch Diameter ของตัวหมุนเส้นผ่าศูนย์กลางของหัวฉีด และจำนวนตะกร้อรับน้ำ

ขนาดที่สำคัญของกังหัน Reaction

(Main Dimension of Reaction Turbines)

เมื่อความสามารถในการทำงานที่ต้องการของกังหัน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหาได้จากLoad Curveและสภาวะของโหลด จะทำให้สามารถเลือกกังหันที่สามารถทำงานได้ อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายใต้ระดับหัวน้ำเฉลี่ย ขนาดที่สำคัญของกังหัน Reaction คือ D1 ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ใช่ค่าที่แท้จริง D2 คือเส้นผ่าศูนย์กลางของของทางน้ำออกจากตัวกังหัน และความกว้างของทาง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ่ายน้ำออก ขนาดต่างๆเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของกังหัน และค่าความเร็วจำเพาะ ของกังหันโดยขนาดของทางน้ำออกจากตัวกังหัน จะขึ้นอยู่กับปริมาณการไหลของน้ำที่ไหลเข้ากังหัน

สำหรับกังหันฟรานซิสอัตราส่วนของ D1 และ D2 จะขึ้นอยู่กับความเร็วจำเพาะของกังหัน(Ns) สำหรับความเร็วจำเพาะที่มีค่าน้อยๆแล้ว D1>D2 ที่ความเร็วจำเพาะที่มีค่าสูงๆ D1<D2 และสำหรับกังหันพรอบเพลเลอร์ D1=D2 ระยะห่าง ของกังหันแต่ละหน่วยในอาคารเดียวกันจะขึ้นอยู่กับ D2

ตารางที่ 1 ซึ่งได้มาจากบันทึกของ ศาสตราจารย์โดแลนด์แห่งมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ สหรัฐอเมริกากำหนดให้เป็นขนาดของกังหันที่มีกำลัง 1 แรงม้า ที่ระดับน้ำสูง 1 เมตร

สำหรับกังหันฟรานซิสค่า D1 สามารถหาค่าโดยประมาณได้จากสมการ 6

ตารางที่ 1

ขนาดของกังหัน Reaction ซึ่งทำงานที่ความสูงหัวน้ำเหนือเขื่อน 1 เมตร

ชนิดของกังหัน	ความเร็วจำเพาะ	D1 CM	D2 CM	Width of Distributer
ฟรานซิส				
	90	145	116	14.8
	110	121	104	16.5
	135	102	94	17.8
	180	78.5	83.5	19.5
	220	66.5	78	20.3
	270	56.5	72.5	22
	315	50	70	22.4
	360	44	66	22.2
	400	40.1	63.3	21.6
	445	36.8	62	27.9
พรอบเพลเลอร์				
	445	60	60	32.8
	535	57	57	32.3
	670	53	53	31.2
	800	49.3	49.3	30.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดที่แท้จริงของกังหันฟรานซิส หาได้จากการเอา Model Ratio (m)คูณกับค่า nominal ที่ได้จากตารางที่ 1

$$m = \text{Model Ratio} = \frac{P^{0.5}}{2.46 x h^{3/4}}$$

เมื่อ P = แรงม้า

ตัวอย่างที่ 7จงหาขนาดของกังหันที่จ่ายกำลัง10000 แรงม้าทำงานภายใต้ความสูงของหัวน้ำ 50 เมตร โดยเลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความเร็วซิงโครนัส 300 รอบต่อนาที 20 ขั้ว เพื่อผลิตไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 เฮิร์ส

วิธีทำ

ความเร็วจำเพาะ $Ns = \frac{nP^{1/2}}{h5/4} = \frac{300X100}{113}$

$= 224$ RPM.

จากตารางที่ 1 ที่ความเร็วจำเพาะ 224 รอบ/นาที จะได้ค่าต่างๆคือ

D1 = เส้นผ่าศูนย์กลางกังหัน $= 66.5-\frac{(66.5-56.5) x (224-220)}{270-220}$

$= 65.7$

D2 = Draft Tube Inlet Diameter

$= 78-\frac{(83.5-78) x (224-220)}{270-220}$

Width of Distributor $= \frac{(22-20.3)x(224-220)}{270-220}+20.3$

$= 20.43$

Model Ratio $= \frac{P^{1/2}}{2.46xh^{3/4}}$

$= \frac{100}{2.46x18.8} = 2.16$

ดังนั้นค่าที่แท้จริงของกังหันจะได้ดังนี้

D1 = 2.16 x 65.7 = 142 CM.

D2 = 2.16 x 77.56 = 167.6 CM.

Width of Distributer = 2.16 x 20.4 = 44 CM.

ตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดหลักของกังหัน Impulse
(Main Dimension of Impulse-Wheel Turbine)

เส้นผ่าศูนย์กลางของกังหัน Impulse (D) คือเส้นผ่าศูนย์กลางของ Pitch-Diameter ซึ่งก็คือเส้นผ่าศูนย์กลางของวงกลมที่มีเส้นรอบวงผ่านจุดศูนย์กลางของตะกร้อรับน้ำ ความเร็วที่ปรากฏขึ้นบนกงล้อ จะมีค่าประมาณ 45-50 % ของความเร็วน้ำที่พุ่ง ออกมาจากหัวฉีด ความเร็วของกงล้อสามารถหาได้จากสมการ

$$n = \frac{3880 \times h^{1/2}}{D} \quad \text{.....11}$$

แรงม้าในสภาพโหลดเต็มที่ของกังหันที่มีหัวฉีดเดียวที่ประสิทธิภาพกังหัน 100 % กำหนดได้จากสมการ

$$P = \frac{\text{พท.หัวฉีด} \times \text{ความหนาแน่นของน้ำ} \times \text{ความเร็วน้ำ} \times \text{ความสูง}}{75} \quad \text{....12}$$

เส้นผ่าศูนย์กลางของหัวฉีดหาได้จากสมการ

$$d = \frac{16.35 \times P^{1/2}}{h^{3/4}} \quad \text{.....13}$$

จากความสัมพันธ์ของสมการต่างๆข้างบนสามารถหาความสัมพันธ์ของความเร็วจำเพาะได้จากสมการ

$$Ns = \frac{243xd}{D} \quad \text{รอบ/นาที ....14}$$

และในกรณีที่มีหลายหัวฉีดความเร็วจำเพาะหาได้จากสมการ

$$Nsn = Ns \times (\text{จำนวนหัวฉีด})^{1/2} \quad \text{.....15}$$

เมื่อ Nsn คือความเร็วจำเพาะของกังหันหลายหัวฉีด

ตัวอย่างที่8 จงเลือกกังหันที่เหมาะสมสำหรับโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำในกรณีต่อไปนี้ระดับหัวน้ำ 400 เมตร อัตราการไหลของน้ำ 4 ลบ.ม./วินาทีประสิทธิภาพกังหัน 85% เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตแรงดันไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 เฮิร์ส จงหาขนาดที่สำคัญของกังหัน

วิธีทำ

$$\text{กำลังของกังหัน} = \frac{Q \times w \times h \times \eta}{75}$$

$$= \frac{4 \times 1000 \times 400 \times 0.85}{75}$$

$$= 18{,}100 \quad \text{แรงม้า}$$

ที่ระดับความสูงหัวน้ำ400เมตรกังหันที่ใช้จะเป็นแบบเพลตัน 1 หัวฉีดเลือกค่าความเร็วจำเพาะ = 24 รอบ/นาที โดยประมาณจะทำให้สามารถคำนวณหาความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบในการหมุนของกังหันได้จากสมการ

$$n = \frac{Ns \times h^{5/4}}{P^{1/2}}$$

$$= 320 \quad \text{รอบ/นาที}$$

แต่กังหันจะต้องหมุนด้วยความเร็ว 300 รอบ/นาที เพื่อใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตความถี่ 50 เฮิร์ส ความเร็วจำเพาะที่ถูกต้องหาได้จาก

$$Ns = \frac{300}{320} \times 24 = 22.5 \quad \text{รอบ/นาที}$$

เส้นผ่าศูนย์กลางของหัวฉีดหาได้จาก

$$d = 16.35 \times \frac{P^{1/2}}{h^{3/4}}$$

$$= 16.35 \times \frac{18100^{1/2}}{400^{3/4}}$$

$$= 24.7 \quad \text{เซ็นติเมตร}$$

เส้นผ่าศูนย์กลางของกงล้อหาได้จาก

$$D = 243 \times \frac{d}{Ns}$$

$$= 243 \times \frac{24.7}{22.5}$$

$$= 266 \quad \text{เซ็นติเมตร}$$

ความเร็วรอบของกังหันสามารถตรวจสอบได้จากความสัมพันธ์

$$n = 3880 \times \frac{h^{1/2}}{D}$$

$$= \frac{3880 \times 400^{1/2}}{22.5} = 292 \quad \text{เซ็นติเมตร}$$

ตอบ

จำนวนตะกร้อรับน้ำของกังหันเพลตันสามารถหาได้จากสมการ

$$\text{จำนวนตะกร้อรับน้ำ} = \frac{0.5 \times D1}{d1} + 15 \qquad \ldots\ldots 16$$

เมื่อ D1 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของกงล้อ และ d1 คือ เส้นผ่าศูนย์กลางขนาดที่เล็กที่สุดของหัวฉีด สำหรับกังหันที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดแล้วอัตราส่วนของ D1/d1 จะมีค่า 10 แต่โดยทั่วๆไปจะมีค่าระหว่าง 10-18

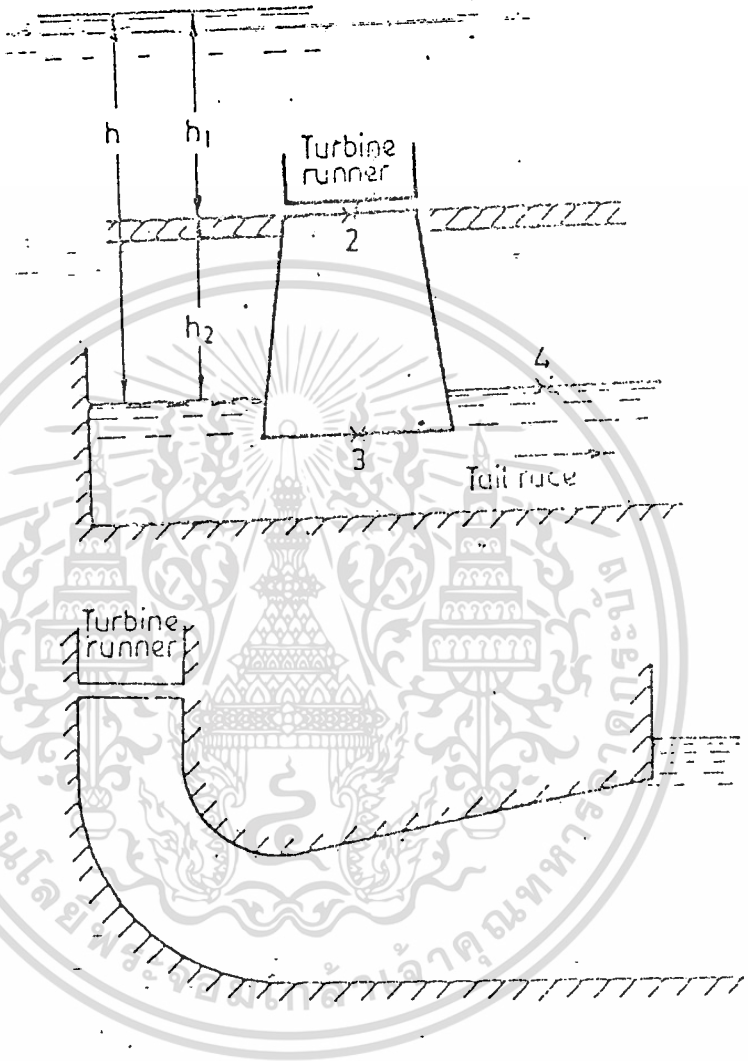
ท่อจ่ายน้ำออกชนิดต่างๆการติดตั้งและการออกแบบขนาดเบื้องต้น

(Draft Tube:Types:Setting and Preliminary Designs)

ท่อจ่ายน้ำออก คือส่วนที่เป็นทางผ่านของน้ำที่ผ่านกังหันแล้วไหลออกไปสู่ท้ายน้ำ จุดประสงค์เบื้องต้นในการออกแบบท่อจ่ายน้ำออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือใช้ลด ค่าความสูญเสียอันเนื่องมาจากความเร็วของน้ำลด เนื่องจากระดับหัวน้ำเฉลี่ยลดลง เพื่อ ให้กังหันสามารถ จ่ายพลังงานได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้จุดประสงค์อื่นๆคือการกำหนดระยะความสูงของใบกังหันเหนือระดับท้ายน้ำเมื่อเกิดสภาวะน้ำท่วม



รูปที่ 2.11

โดยทั่วๆไปท่อจ่ายน้ำออก จะมีลักษณะเป็นท่อกรวยตรงคว่ำ หรืออาจจะเป็นแบบท่อโค้ง 90 องศา สำหรับแบบท่อโค้ง 90 องศานั้นท่อทางด้านนาเข้า (ต้นทางออกจากกังหันจะมีลักษณะเป็นรูกลมและด้านน้ำออกสู่ท้ายน้ำจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

โดยการประยุกต์ทฤษฎีของเบอร์นุยยี ที่จุดที่ 2 และจุดที่ 4 ตามรูปที่ 2.11

$$\frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{w} + h_2 = \frac{v_4^2}{2g} + 0 + 0 + hf + \frac{Kv_3^2}{2g} \quad \ldots\ 17$$

เมื่อ v_2 และ v_4 คือความเร็วของน้ำที่จุดที่ 2 และจุดที่4 ตามลำดับ h_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือความสูงของท่อจ่ายน้ำออก ที่อยู่เหนือระดับท้ายน้ำ และ hf คือค่าความฝืดของหัวน้ำ(Friction Head)

เมื่อไม่พิจารณาความเร็วที่จุดที่ 4 และให้ค่าคงที่ K = 1 แล้วจะได้

$$h2 = -\frac{P_2}{w} - \frac{v_2^2}{2g} + hf + \frac{v_3^2}{2g} \quad \ldots.18$$

ในทางทฤษฎี ขีดจำกัดของความดันหัวน้ำ P_2 = 7.62 เมตร เพื่อให้ระดับหัวน้ำมีค่าสูงขึ้นกาารติดตั้งกงล้อของกังหัน จะต้องติดตั้งในระดับที่ต่ำลง เมื่อเทียบกับระดับท้ายน้ำขนาดของท่อจ่ายน้ำออกที่ตำแหน่งต่างๆ ขึ้นอยู่กับความเร็วที่ยอมให้น้ำไหลผ่านได้ในส่วนต่างๆของท่อ และจะต้องพิจารณาถึงความดันที่หัวน้ำที่ถูกใช้ด้วย

ความเร็วที่ยอมได้ตามปกติ ที่ทางเข้าของท่อจ่ายน้ำออกและ ที่ทางออกของท่อจ่ายน้ำออกหาได้จากสมการต่อไปนี้

ความเร็ว	สำหรับความเร็วจำเพาะสูง	สำหรับความเร็วจำเพาะต่ำ
ทางน้ำเข้า	$v_2 = 13\times10^{-2}\times\sqrt{2gh}$	$v2 = 3.25\times10^{-2}\times\sqrt{2gh}$
ทางน้ำออก	$v_3 = 3.25\times10^{-2}\times\sqrt{2gh}$	$v3 = 0.65\times10^{-2}\times\sqrt{2gh}$

ความเร็วจะอยู่ในหน่วย ซ.ม./วินาทีความสูงอยู่ในหน่วย ซ.ม.และ g = 981 ซ.ม./วินาที^{2} การติดตั้งกังหันเหนือระดับท้ายน้ำเป็นสิ่งที่สำคัญ ถ้าติดตั้งสูงจากระดับท้ายน้ำมากเกินไปก็จะทำผ้เกิดโพรงอากาศขึ้นในใบพัดของกังหันและจะเป็นผลให้ ประสิทธิภาพของกังหันลดลงแต่ถ้าติดในระดับที่ต่ำเกินไปก็จะทำให้ต้นทุนในการลงทุนสูงมากขึ้น ความสูงของตำแหน่งที่จะติดตั้งกังหันที่เหมาะสมเมื่อพิจารณาค่า ส.ป.ส. ของโพรงอากาศ (Cavitation Coefficient) หรือ Plant Sigma

$$\text{Plant Sigma}(\rho) = \frac{h_b - h_s - h_v}{h} \quad \ldots.19$$

เมื่อ h_b = ความกดดันของอากาศที่ใบหมุนเมื่อวัดเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง

h_s = ระยะจากด้านล่างสุดของใบพัดไปสู่ระดับท้ายน้ำ

h_v = ความดันของไอน้ำที่กระทำต่อใบพัด

h = ผลรวมความสูงทั้งหมด

ถ้าค่าความดันของไอน้ำที่กระทำต่อใบพัดไม่ต้องนำมาพิจารณาแล้ว

$$\rho = \frac{h_b - h_s}{h} \quad \ldots.20$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าสัมประสิทธิ์โพรงอากาศ โดยทั่วๆไปจะเรียกว่า plant sigma ดังแสดงให้เห็นตามรูปเป็นค่า plant sigma ของ reaction turbines ที่มีค่า ความจำเพาะ แตกต่างกันสำหรับ plant sigma ของ Kaplan turbine ให้บวกอีก 10 % ของค่าที่ได้จากกังหันชนิด Propeller

ตัวอย่าง จงคำนวณหาระยะความสูงในการติดตั้งกังหันแบบฟรานซิสเหนือระดับท้ายน้ำจากข้อมูลต่อไปนี้ Barometric pressure มีค่า 9.75 เมตร โรงจักรสามารถผลิตกำลังได้ 5,000 แรงม้าที่ความสูงหัวน้ำ 100 เมตรเพื่อติดตั้งให้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความถี่ 50 Hz. เมื่อเราเลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด 6 ขั้ว มีความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที

คำนวณหาความเร็วจำเพาะ

$$n_s = \frac{1000 \times (5000)^{1/2}}{100^{5/4}}$$

$$= \frac{1000 \times 71}{320}$$

$$= 222 \text{ รอบ/นาที}$$

จากกราฟ จะได้ค่า plant sigma = 0.15

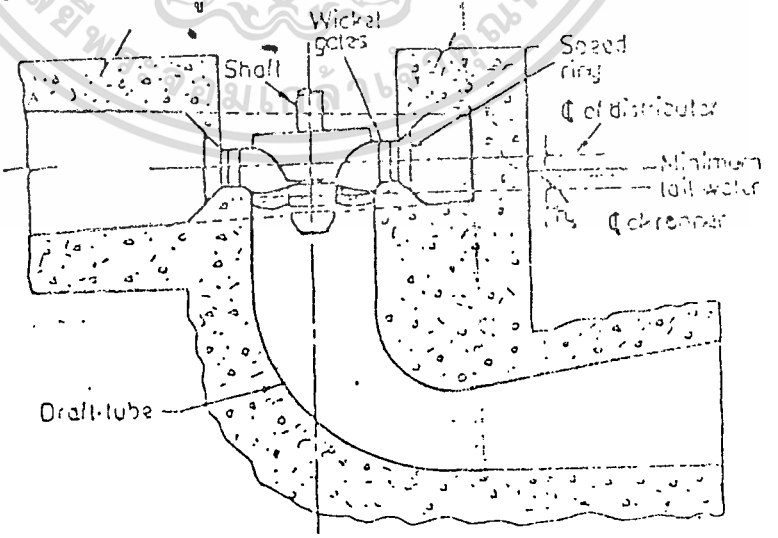
$$= \frac{h_b - h_s}{h}$$

ดังนั้น

$$-h_s = \sigma h - h_b = (0.15 \times 100) - 9.75$$

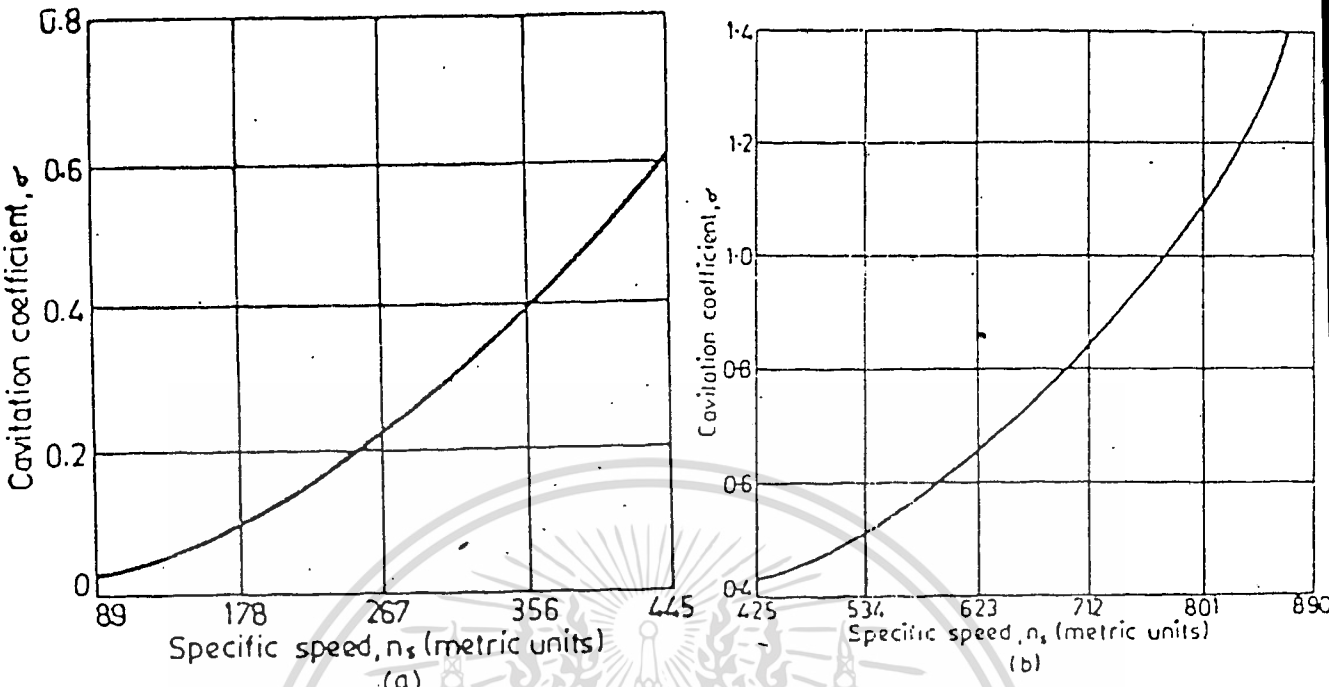
$$= 5.25 \text{ เมตร}$$

ดังนั้น จะต้องติดตั้งกังหันสูงจากระดับท้ายน้ำ 5.25 เมตร



รูปที่ 2.12 ชนิดของ Draft tube ชนิด Quater-turn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Recommended values of Cavitation coefficient. (a) Francis turbines (b) Propeller turbines.

รูปที่ 2.13 กราฟแสดง Cavitation coefficient

โครงกังหันโดยทั่ว ๆ ไป โครงกังหัน ของกังหันน้ำมักจะทำด้วยเหล็กกล้าแผ่น จุดประสงค์ของโครงกังหัน ก็คือใช้ในการเปลี่ยนแรงดันหัวน้ำให้มีความเร็วสูงก่อนที่น้ำจะไหลเข้าไปผ่านใบของกังหัน ซึ่งมันมีความจำเป็นมาก สำหรับกังหันแบบรีแอกชั่น พื้นที่ในทุกๆบริเวณของ โครงกังหัน จะเป็นตัวบังคับให้ปริมาณของน้ำที่ไหลผ่านกังหันเป็นไปตามความต้องการซึ่งขนาดต่างๆเหล่านี้จะมี ความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ ท่อทางเข้าหรือท่อจ่ายน้ำออก

การออกแบบท่อส่งน้ำเบื้องต้น (Preliminary Design of Penstock)

ท่อส่งน้ำเป็นท่อที่ใช้ในการจ่ายน้ำจากอ่างเก็บน้ำไปยังกังหันน้ำ ท่อส่งน้ำจะต้องเป็นตัวชี้ระดับหัวน้ำที่ต้องการ และยังจะต้องสามารถ ป้องกันการเสียหายขณะทำงานได้อีกด้วยท่อส่งน้ำแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือท่อส่งน้ำชนิดความดันต่ำและท่อส่งน้ำชนิดความดันสูงท่อส่งน้ำความดันต่ำมักจะอยู่ในรูปของ คลองส่งน้ำรางส่งน้ำหรือท่อส่งน้ำซึ่งน้ำจะไหลอย่างช้าๆไปสู่ที่ๆต่ำกว่านั้น สำหรับท่อส่งน้ำความดันสูง จะมีลักษณะเป็นท่อเหล็กกล้า หรือท่อคอนกรีตถ้าระดับหัวน้ำสูงจะใช้ท่อเหล็กกล้าและถ้าระดับหัวน้ำมีค่าต่ำก็จะใช้ท่อคอนกรีตการใช้เหล็กกล้ามีข้อดีกว่าคอนกรีตคือ มีความแข็งแรงมากกว่าและมีความยืดหยุ่นได้ดีกว่าถ้าระยะห่างระหว่าง Forebay กับตัวโรงไฟฟ้ามีระยะทางสั้นหรือระดับหัวน้ำมีค่าสูงมากๆจะต้องเตรียมท่อส่งน้ำหลายชุดเพื่อส่งน้ำไปยังกังหันแต่ละชุด สำหรับความสูงหัวน้ำที่ไม่สูงมากนัก และระยะห่างจากอ่างเก็บน้ำไปยังสถานีไฟฟ้ามีระยะทางไกลจะต้องใช้ท่อส่งน้ำเดี่ยวเพื่อจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้กังหันหลายๆชุด ข้อเสียของการส่งน้ำ โดยใช้ท่อเดี่ยวก็คือการควบคุมความดันของน้ำในแต่ละกังหัน แต่ข้อดีของท่อส่งน้ำเดี่ยวก็คือตัดปัญหาเรื่องความสูญเสียจากรอยต่อทิ้งไป ขนาดของท่อส่งน้ำ และขนาดหลักของมันสามารถประมาณโดยการพิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้

ความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านท่อที่อนุญาตได้จะมีค่าประมาณ 2-6 เมตร/วินาที ซึ่งจะต้องขึ้นอยู่กับระดับความสูงของหัวน้ำด้วย เมื่อเรารู้ค่า Discharge(Q)ที่น้ำไหลผ่านท่อและได้ขนาดความเร็วของน้ำที่ไหลผ่านท่อ เราก็สามารถคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของท่อส่งน้ำได้

ความหนาของท่อส่งน้ำที่ทำด้วยเหล็กกล้า จะขึ้นอยู่กับความสูงของหัวน้ำและ Hoop Stress ของวัสดุ ซึ่งเราสามารถประมาณได้จากสมการ

$$t = \frac{0.1 \times h \times d}{2 \times f \times n_j} \qquad .....21$$

เมื่อ t = ความหนาของท่อส่งน้ำ (ซ.ม.)
h = ความสูงหัวน้ำ (เมตร)
d = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อส่งน้ำ (ซ.ม.)
n_j = ประสิทธิภาพของรอยต่อ
f = Stress ที่ยอมได้ กก./ตารางเซ็นติเมตร

Stress ที่ยอมได้ จะมีค่า 950 กก./ตร.ซม. ถ้าพิจารณาเฉพาะหัวน้ำคงที่ถ้าพิจารณาแรงกระแทกของน้ำด้วยค่า stress ที่ยอมได้จะมีค่า 1125 ก.ก/ตร.ซม.ประสิทธิภาพของรอยต่อที่ใช้หมุดย้ำ(Rivet)จะมีค่าประมาณ 80 % และจะมีค่าสูงถึง 90 % ถ้าเป็นการต่อด้วยการเชื่อม

ในการเลือกความหนาของท่อส่งน้ำในทางปฏิบัติจะบวกค่าความกัดกร่อนของวัสดุซึ่งจะใช้ค่า 0.15 ซ.ม. ค่าความหนาต่ำสุดจะมีค่า 1.25 ซ.ม.

ค่าอื่นๆที่ใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อการออกแบบได้แก่ ความประหยัดซึ่งจะต้องพิจารณาประกอบกับ ความสูญเสียอันเกิดจากความผิด และการปรับระดับความดันที่เพิ่มขึ้นเมื่อทำการปลดโหลด

ถ้าอัตราส่วนของความยาวของท่อส่งน้ำเทียบกับ ความสูงของหัวน้ำมีค่าไม่เกินไปกว่า 3 หรือ 4 เวลาในการปิดวาวล์ของกัฟเวอร์นเนอร์(Governor)และผลของฟลายวีล ของโรเตอร์จะสามารถปรับให้ได้ค่าจนเป็นที่พอใจได้ถ้าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่ามากกว่า 4 จะต้องจัดหากัฟเวอร์นเนอร์ชนิดพิเศษ

ลักษณะสมบัติเฉพาะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
(Characteristics of Generator)

ข้อมูลเฉพาะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ ตามปกติจะมีข้อมูลหลักดังต่อไปนี้คือมีระดับการจ่ายกำลังที่สม่ำเสมอจำนวนเฟส (ปกติ 3 เฟส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ (ในประเทศไทย 50 เฮิร์ส)การต่อขดลวด สเตเตอร์ ตามปกติจะต่อแบบสตาร์ ค่าแรงดันไฟฟ้า กระแส เพาเวอร์แฟคเตอร์ ความเร็วรอบ วิธีการระบายความร้อน อุณหภูมิที่ เพิ่มขึ้นได้ ชนิดของการกระตุ้น แรงดันกระตุ้น อัตราส่วนของกระแสลัดวงจร ค่ารีแอกแตนซ์ของเครื่องกำเนิด และอื่น ๆ ซึ่งผู้ออกแบบจะติดไว้ที่เนมเพลต

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นเครื่องจักรความเร็วรอบต่ำ เป็นชนิดขั้วแม่เหล็กยื่น(Salient Pole) มีจำนวนขั้วมาก และความยาวของโรเตอร์สั้น

ค่าความสามารถในการผลิตกำลังไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ จะมีค่าจาก 500 กิโลวัตต์-200 เมกกะวัตต์ ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จะมีค่าระหว่าง 0.9-0.95(ล้าหลัง) ซึ่งค่านี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของเครื่องกำเนิดเป็นหลัก

ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ภาระเต็มที่(Full Load)จะมีค่าระหว่าง 95 % สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะมีค่าประมาณ 97.5 %

ตัวกระตุ้นสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ
(Exciters for Hydro-Generators)

ตัวกระตุ้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะต้องติดตั้งให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีระดับแรงดันตามต้องการ ที่สภาพโหลดต่าง ๆ และตามสภาพค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่าง ๆ จำนวนของการกระตุ้น ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ โหลดและเพาเวอร์แฟคเตอร์ จะต้องมีค่ามากที่ความเร็วรอบต่ำ เพาเวอร์แฟคเตอร์ล้าหลัง และโหลดหนัก

ขนาดหลักของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(Main Dimensions of Generators)

ขนาดหลักของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกขับด้วยกังหันน้ำคือเส้นผ่าศูนย์กลางที่ช่องว่างอากาศ (Air-Gap) และความยาวของแกน สเตเตอร์กำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดสามารถผลิตได้ในหน่วยกิโลวัตต์จะขึ้นอยู่กับขนาดหลักของมันและความเร็วรอบของมัน โดยทั่วๆไปกำลังไฟฟ้าที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถผลิตได้ ในหน่วยกิโลวัลท์-แอมป์ หาได้จาก

$$S = 10.4 \times 10^{3} \times a_c D^2 \times L \times n \times B \qquad \ldots\ldots 22$$

ค่าประมาณต่างๆสามารถหาได้จาก

a_c = 300-450 Amp.-conductor per centimeter of stator

B = 5.5×10^{-5} - 6.5×10^{-5} Wb/cm^2

L = ความยาวของแกนเหล็กจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.8-1.2 เท่าของ Pole Pitch

n = ความเร็วรอบ

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของโรเตอร์

เมื่อเราแทนค่าต่างๆในสมการแล้วเราก็สามารถคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

กลางและความยาวของแกนสเตเตอร์ได้

ตัวอย่าง ที่ทำเลของโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังน้ำอัตราการไหลของน้ำ 90 ลบ.ม./วินาที ที่ความสูงหัวน้ำ 100 เมตร อ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อนสามารถใช้เป็นเขื่อนที่ผลิตกระแสไฟฟ้าได้

(a) หากำลังที่เขื่อนนี้สามารถผลิตได้ จำนวนหน่วยที่ต้องการ และความสามารถของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถ้ากังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีประสิทธิภาพ 89.5%และ 95 % ตามลำดับ

(b) เขียนข้อมูลเฉพาะของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

(c) คำนวนหาขนาดหลักของกังหันน้ำ

(d) คำนวณหาขนาดหลักของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

(e) หาพื้นที่ของท่อทางเข้าและทางออกของ Draft Tube

(f) หาตำแหน่งในการติดตั้งกังหันสูงจากระดับท้ายน้ำ

(g) หาขนาดหลักของท่อส่งน้ำของแต่ละหน่วย

วิธีทำ

(a) กำลังที่สามารถผลิตได้ จำนวนหน่วยและความสามารถของหน่วย

$$P = \frac{Q \times w \times h \times \eta}{75}$$

$$= \frac{90 \times 1000 \times 100 \times 0.895}{75} \quad HP.$$

$$= 107,500 \quad HP.$$

เมื่อระบบมีโหลดแฟคเตอร์ 80 % ซึ่งการเปลี่ยนแปลงโหลดไม่มากนักจึงเลือกกังหันจำนวน 2 เครื่อง ที่มีขนาด 107,400/2 = 53,700 แรงม้า

ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละหน่วยจะใช้ขนาด

$$53700 \times 0.95 \times 0.736 = 37500 \text{ kW.}$$

และขีดความสามารถของสถานีมีค่า 75000 kW.

(b) หาข้อมูลเฉพาะของกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า กำลังที่กังหันแต่ละหน่วยผลิตได้เป็น 53700 แรงม้าเมตริก และความสูงหัวน้ำ 100 เมตร ค่าความเร็วจำเพาะหาได้จากสมการ

$$n_s = \frac{6850}{h+9.8} + 84 \quad \text{รอบ/นาที}$$

$$= \frac{6850}{100+9.8} + 84$$

$$= 147 \quad \text{รอบ/นาที}$$

ค่าความเร็วจริง (Actual speed) หาได้จากสมการ

$$n = \frac{n_s^{5/4}}{pi^{1/2}} = \frac{147 \times 100^{5/4}}{53700^{1/2}} = 197 \quad \text{รอบ/นาที}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วซิงโครนัสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหาได้จากสมการ

$$n = \frac{120f}{p}$$

เมื่อ n = ความเร็วซิงโครนัส รอบ/นาที
f = ความถี่ รอบ/วินาที
p = จำนวนขั้วของแม่เหล็ก

ดังนั้นจึงเลือกเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มี 30 ขั้ว ซึ่งใช้ความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที เมื่อปรับความเร็วจำเพาะให้เหมาะสมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล้ว จะได้ความเร็วจำเพาะเป็น

$$n_s = \frac{200 \times 53700^{1/2}}{100^{5/4}} = 149.5 \text{ รอบ/นาที}$$

ซึ่งมีค่าแตกต่างไม่มากนักกับค่า 147 รอบ/นาที ที่หาได้ในตอนแรก

ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เหมาะสมจะต้องมีข้อมูลเฉพาะดังนี้คือเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแกนตั้ง (vertical axis) มีกำลังผลิต 37500 กิโลวัตต์ ตัวประกอบกำลัง 0.9 ล้าหลัง มีความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที ต่อแบบสตาร์ที่แรงดันผลิต 11 กิโลโวลท์ 3 เฟส ความถี่ 50 เฮิร์ส สามารถใช้งานที่อุณหภูมิ 60 เซลเซียส

(c) หาขนาดหลักของกังหัน ที่ความเร็วจำเพาะ 149.5 รอบ/นาที และจากตารางที่ 1 จะได้ขนาดที่ความสูงหัวน้ำ 1 เมตรและกำลังผลิต 1 แรงม้ามีค่า D1 = 94 ซ.ม. D2 = 90 ซ.ม. ความกว้างของท่อจ่ายน้ำออก 18.40 ซ.ม.

สำหรับกังหันที่มีกำลังผลิต 53700 แรงม้าเมตริก และที่ความสูงหัวน้ำ 100 เมตร จะต้องเอาค่าที่ได้ไปคูณกับค่าอัตราส่วนโมเดล ซึ่งหาได้จากสมการ

$$m = \frac{P^{1/2}}{2.46 \times h^{3/4}}$$

$$= \frac{53700^{1/2}}{2.46 \times 100^{3/4}}$$

$$= 3$$

ดังนั้นค่าที่แท้จริงของกังหันคือ

D1 = 3x94 = 282 ซ.ม.
D2 = 3x90 = 270 ซ.ม.
ความกว้างท่อจ่ายน้ำออก = 3x18.40 = 55.2 ซ.ม.

(d) หาขนาดหลักของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จากสมการ

$$s = 10.4 \times 10^{-3} \times B \times a_c \times D^2 \times L \times n$$

เลือก $B = 6.5 \times 10^{-5}$ Wb/cm^2
$a_c = 400$ Amp.-conductors/cm.
$n = 200/60$ รอบ/วินาที

ดังนั้น

$$41675 = 10.4 \times 10^{-3} \times 6.5 \times 10^{-5} \times 400 \times D^2 \times L \times 200/60$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น $D^2 L = 46.2 \times 10^4 \text{ cm.}^3 = X$

กำหนดให้ความยาว L เท่ากับ Pole pitch

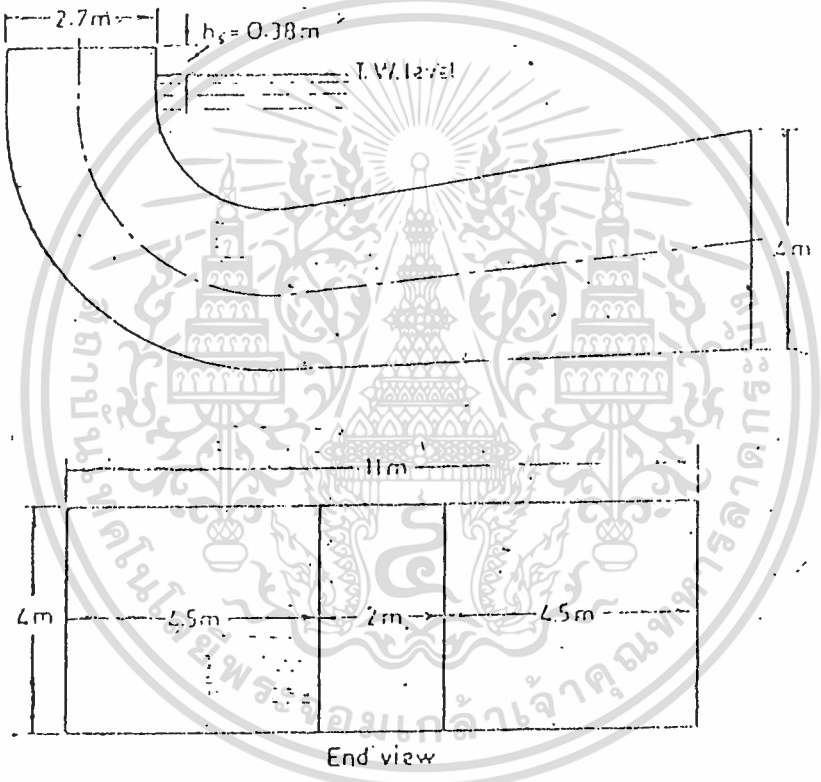
$$D/p, D^2 = X/L = Xp/\pi D$$

หรือ $$D^3 = \frac{46.2 \times 10^4 \times 30}{\pi} = 442 \times 106 \text{ cm}^3$$

$$D = 765 \text{ cm.}$$

$$L = \pi \frac{\times 765}{30} = 80 \text{ cm.}$$

(e) หาขนาดหลักของท่อจ่ายน้ำออก



รูปที่ 2.13 ขนาดของท่อจ่ายน้ำออก

การไหลของน้ำผ่านแต่ละหน่วย (Q) = 45 $m^3/sec.$

เส้นผ่าศูนย์กลางของใบกังหันที่ทางออก (D2) = 270 cm.

นั่นก็คือเส้นผ่าศูนย์กลางทางเข้าของท่อจ่ายน้ำออก

ความเร็วด้านเข้าของท่อจ่ายน้ำออก, $v_2 = \frac{Q}{\pi/4 \times D^2}$

$= 7.9 \text{ m/sec.}$

ซึ่งค่านี้ต่ำกว่าค่า $0.2\sqrt{(2gh)}$ m/sec.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วด้านออกของท่อส่งน้ำออก, v_3 = $0.03\sqrt{(2gh)}$

= $0.03\sqrt{(2x9.81x100)}$

= 1.335 m/sec.

หรือมีค่าประมาณ 1.25 เมตร/วินาที

ดังนั้นพื้นที่บริเวณทางออกของท่อจ่ายน้ำออกคือ $\frac{45}{1.25}$ = 16.6 เมตร

ขนาดที่เหมาะสมของท่อจ่ายน้ำออกคือกว้าง 4 เมตร ยาว 9 เมตรดังรูป

(f) หาตำแหน่งในการติดตั้งกังหัน จากสมการ

$$h_s = h_b - \rho h$$

โดยค่า ρ = 0.072 ซึ่งหาได้จากกราฟตามรูปที่ 27

= 7.62-(0.0724x100)

= 0.38 เมตร

(g) หาขนาดของท่อส่งน้ำของแต่ละหน่วย

กำหนดให้น้ำไหลผ่านท่อส่งน้ำด้วยความเร็ว 4 เมตร/วินาที

ดังนั้น พื้นที่ = $\frac{45}{4}$ = 11.25 m^2

แต่ $m^2 = \frac{\pi d^2}{4}$

หรือ $d = (45/\pi)^{0.5}$ = 3.8 เมตร

หาความหนาของท่อส่งน้ำจากสมการ

$$t = \frac{0.1xhxd}{2xfxn_j}$$

กำหนดให้ f = 1000 Kg/cm^2

n_j = 0.9

ดังนั้น t = 2.1 cm.

เมื่อเอาค่าความกัดกร่อน 0.15 บวกเข้าจะได้ความหนาของท่อส่งน้ำ

= 2.25 cm.

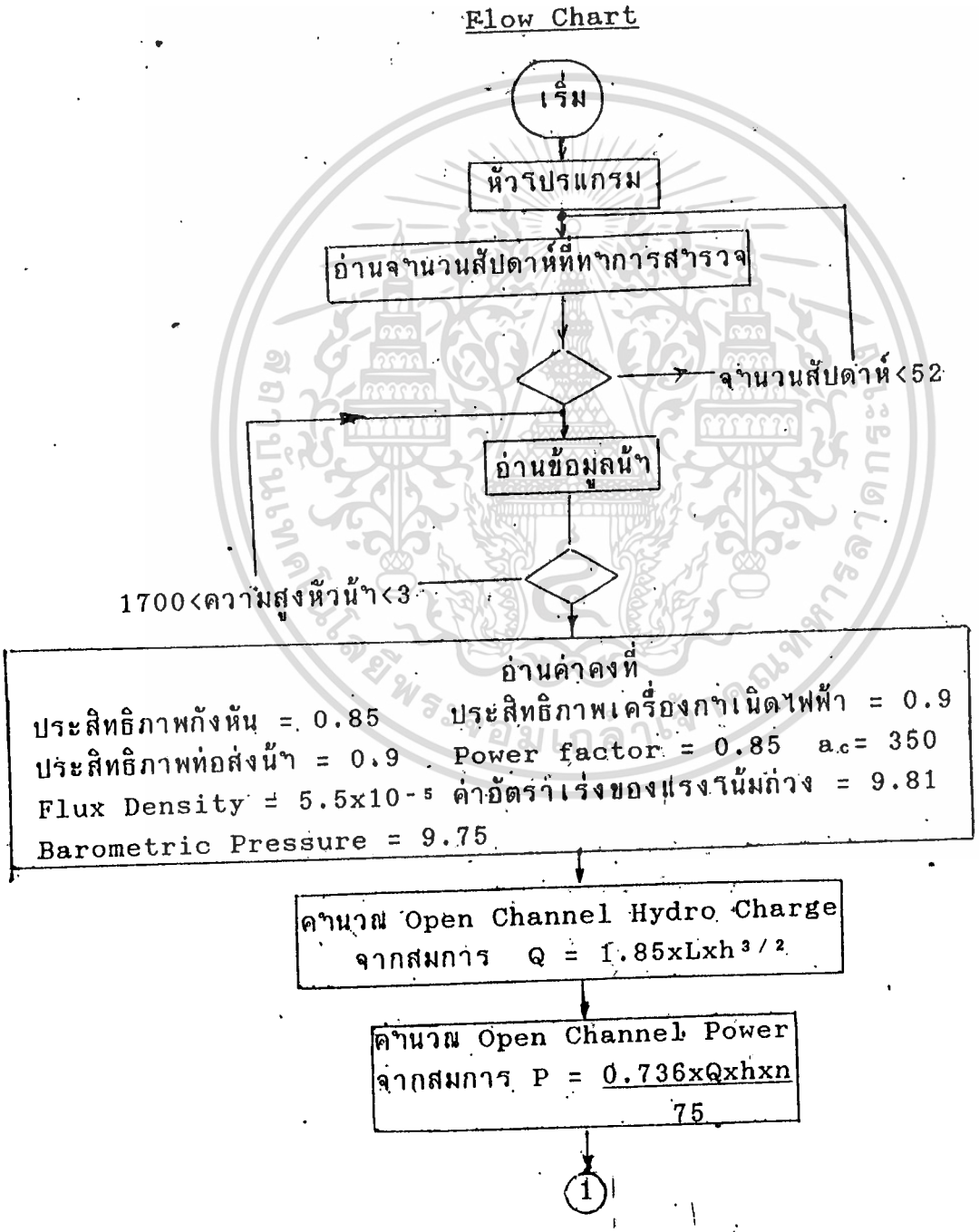
ตอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

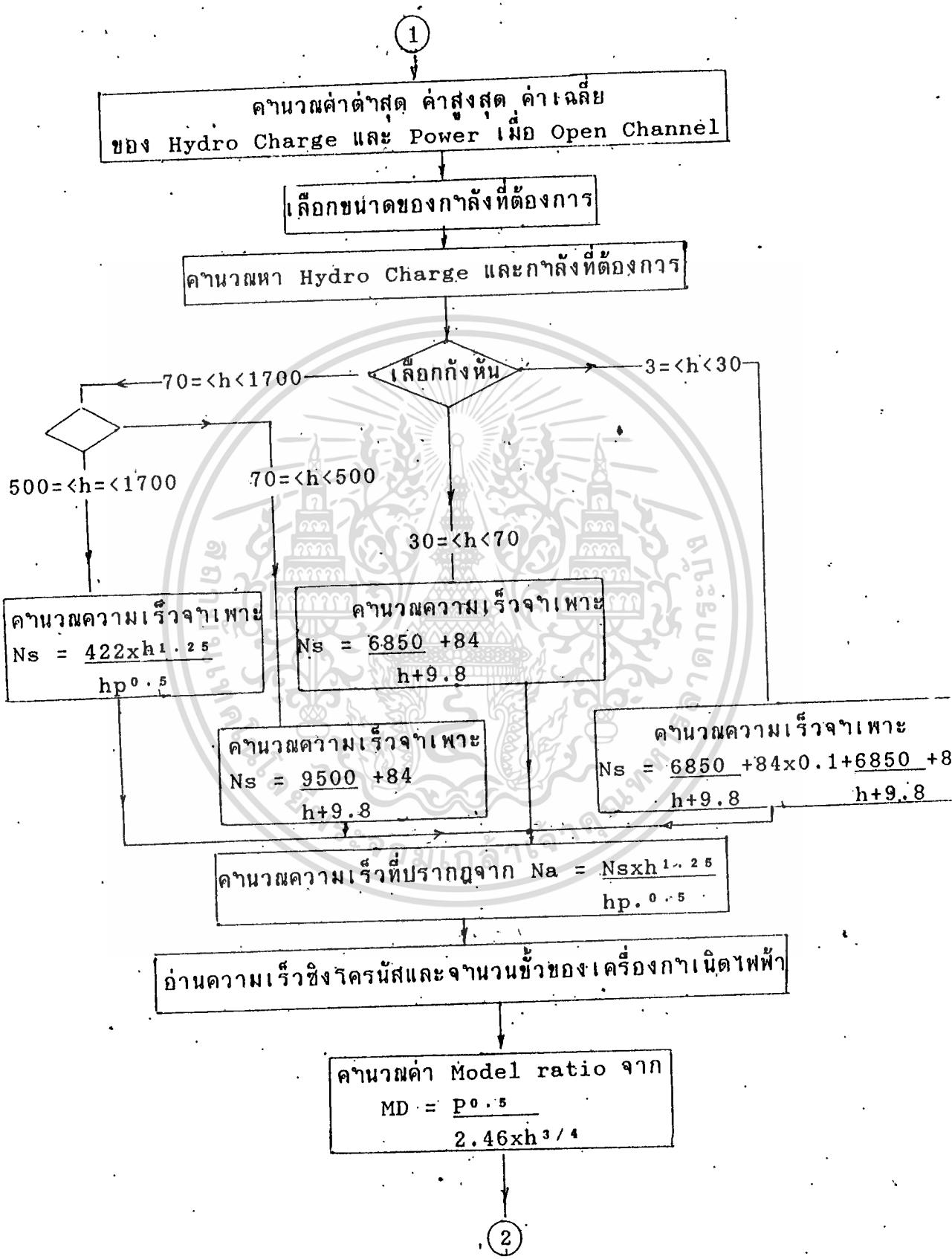
บทที่ 3

โปรแกรมคำนวณออกแบบโรงจักรไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก

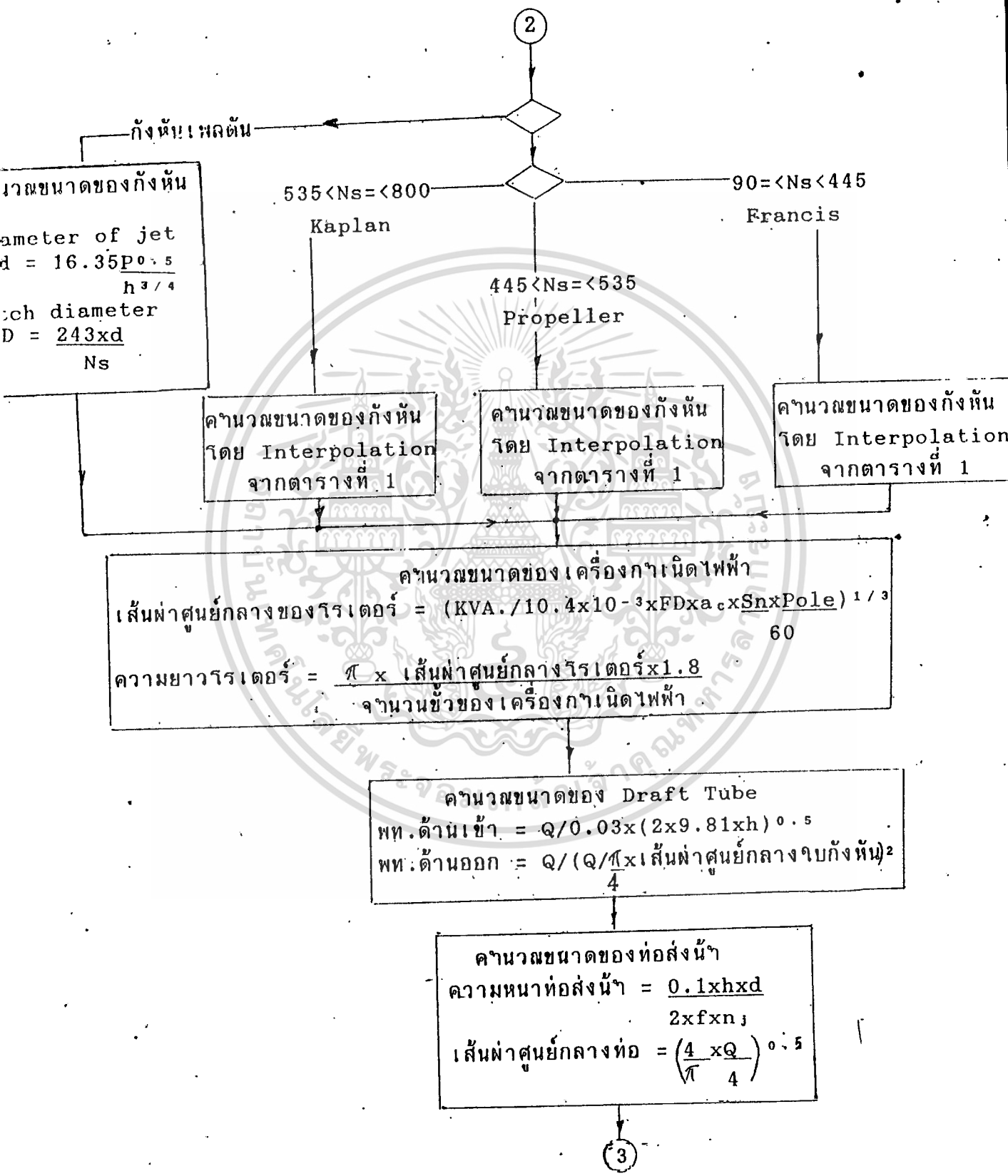
กระบวนการคำนวณออกแบบของโปรแกรม แสดงให้เห็นดัง Flow Chart



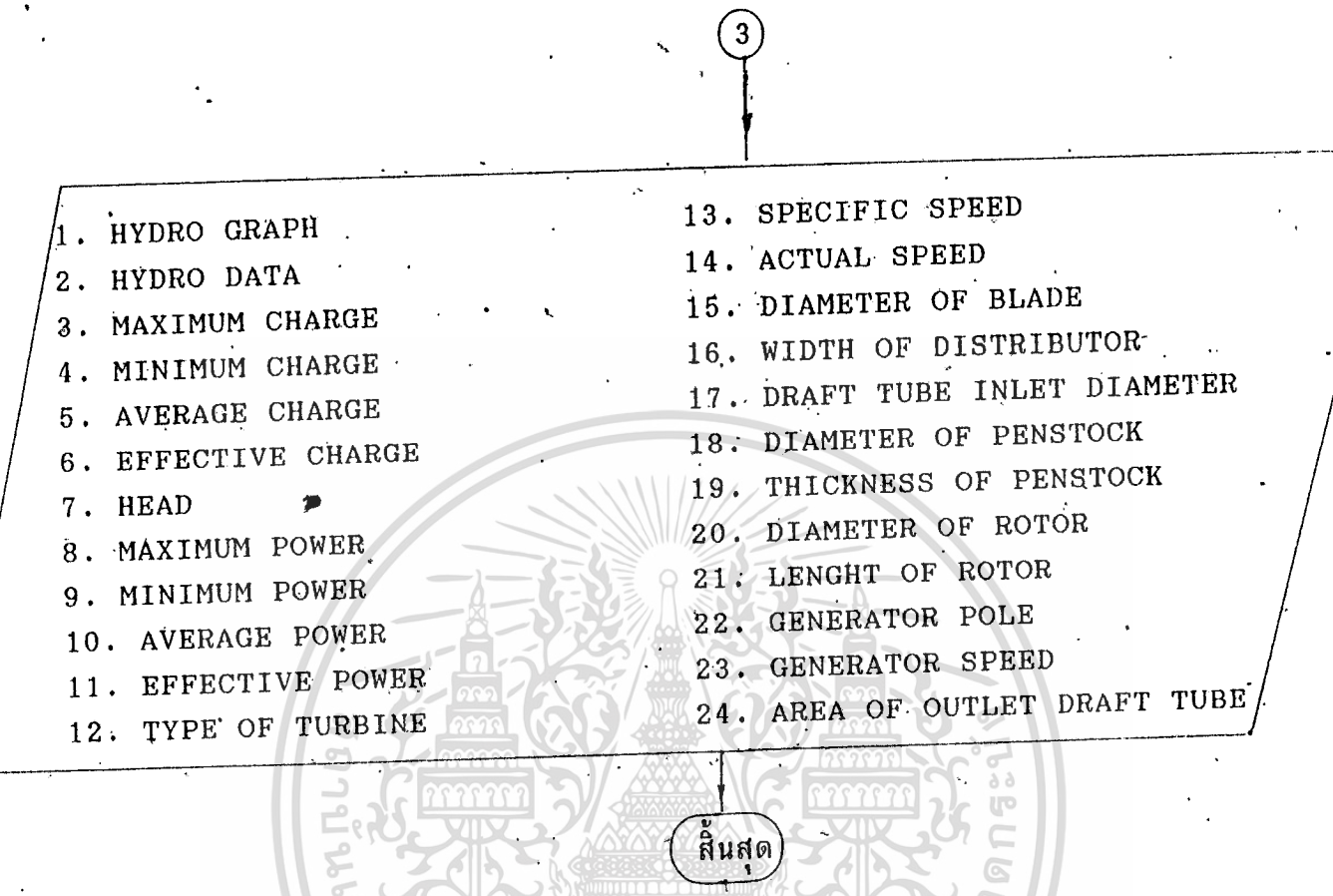
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BATCH FILE

```
A>type autoexec.bat

echo off
cls
basica project
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 Volume in drive A is KMIT'L#V1
 Directory of  A:\

COMMAND  COM     23791   12-30-85   12:00p
THAI     COM     12711    1-01-80   12:03a
TIMER    COM      1394    1-01-80   12:19a
BASICA   COM     36396   12-30-85   12:00p
SAKORN   BAS     21647    1-01-80   12:55a
BASICA   EXE     53760    2-08-83   12:00p
CONFIG   SYS        50    1-01-80   12:02a
AUTOEXEC BAT        31    1-01-80   12:02a
SPECIAL  BAS     18870    1-01-80    8:10a
PROJECT  BAS     21647    1-01-80   12:48a
HTISO    COM       466    1-01-80   12:08a
KRLAB    COM      2012    1-01-80   12:49a
PKUTISO# COM      4784    1-01-80   12:31a
PRTSC#   COM      1508    1-01-80   12:37a
GIOVFR3  COM       249    1-01-80   12:07a
GRAFTABL COM      1169   12-30-85   12:00p
GRAPHICS COM      3220   12-30-85   12:00p
DTISOKU  COM      8101    1-01-80   12:26a
DISKCOMP COM      5792   12-30-85   12:00p
DISKCOPY COM      6224   12-30-85   12:00p
SET_F2   COM        48   12-27-86   12:05a
SET_F3   COM        48   12-27-86   12:06a
ASCII2   BAS      1502    1-01-80    1:24a
DRIVER   SYS      1115   12-30-85   12:00p
VDISK    SYS      3307   12-30-85   12:00p
HYDRO    BAS     21647    1-01-80   12:55a
       28 File(s)      48128 bytes fre
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
5 '*** project *****
6 '*** created on oct.,6,1988 *****
7 '*** COMPUTER AID FOR MINI-HYDRO POWER PLANT DESIGN
8 '*** BY MR.SAKORN PONRACHOM & MR.SAMARN SEESOOK
9 '*** DEPARTMENT ELECTRICAL ENGINEERING *** KMIT'L ****
10 CLS
20 GOSUB 700 'FRAME 1
30 GOSUB 800 'HEAD OF PROGRAM
40 GOSUB 3000 'FRAME 2
50 'GOSUB 3100 'FRAME 3
60 GOSUB 1000 'READ HYDRO DATA
61 GOSUB 3000
63 GOSUB 1020
64 CLS:GOSUB 3000
65 GOSUB 20200
66 LOCATE 11,34:PRINT"WAIT A MOMENT"
70 GOSUB 2000 'READ CONSTANT
80 GOSUB 2050 'CALCULATE HYDRO CHARGE AND POWER
90 CLS:GOSUB 3400 'SELECT POWER OF PLANT
100 CLS:GOSUB 3800 'CALCULATE EFFECTIVE VALUE
110 GOSUB 3900 'SELECT TYPE OF TURBINE
120 GOSUB 4250 'READ SYNCHRONOUS SPEED AND POLE OF GENERATOR
130 GOSUB 4500 'CALCULATE MODEL RATIO
140 IF HAV<70 THEN GOSUB 4540 'DIMENSION OF KAPLAN TURBINE
150 IF HAV>=70 AND HAV<500 THEN GOSUB 4800 'FRANCIS TURBINE
160 IF HAV>=500 AND HAV<1700 THEN GOSUB 5270 'PELTON TURBINE
170 GOSUB 5420 'DIMENSION OF GENERATOR
180 GOSUB 5500 'DIMENSION OF DRAFT TUBE
200 GOSUB 5630 'DIMENSION OF PENSTOCK
210 CLS:GOSUB 3000 '*************** REPORT ***************
215 LOCATE 4,35:PRINT"REPORT"
220 LOCATE 10,25:PRINT"REPORT ON MONITOR PRESS<M>"
230 LOCATE 12,25:PRINT"REPORT ON PRINTER PRESS<P>"
240 LOCATE 18,32:INPUT"REPORT ON ";RP$
250 IF RP$ = "M" OR RP$ = "m" THEN CLS:GOSUB 5760
260 IF RP$ = "P" OR RP$ = "p" THEN CLS:GOSUB 7000
270 GOTO 240
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
699 '*************************************************************
700 FOR I = 1 TO 78
710 LOCATE 1,I:PRINT CHR$(219);
720 LOCATE 18,I:PRINT CHR$(219);
730 LOCATE 22,I:PRINT CHR$(219);
740 NEXT
750 FOR I =1 TO 21
760 LOCATE I,1:PRINT CHR$(219)
770 LOCATE I,78:PRINT CHR$(219)
780 NEXT
785 RETURN
786 '*************************************************************
800 LOCATE 6,20:PRINT"DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING"
810 LOCATE 8,28:PRINT"FACULTY OF ENGINEERING"
820 LOCATE 10,20:PRINT"KINGMONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY"
830 LOCATE 12,33:PRINT"LADGRABANG"
850 LOCATE 20,53 :INPUT A$
860 CLS
870 GOSUB 700
880 LOCATE 6,16 :PRINT "COMPUTER AID FOR MINI-HYDRO POWER ";
890 PRINT "PLANT DESIGN"
900 LOCATE 8,35:PRINT"BY"
910 LOCATE 10.20:PRINT" 1. MR.SAKORN PONRACHOM CODE 29.1321"
920 LOCATE 12,20:PRINT" 2. MR.SAMARN SEESOOK  CODE 29.1319"
930 LOCATE 20,24:PRINT"PRINT" PRESS RETURN KEY TO CONTINUE";
940 INRUT A$
950 CLS:RETURN
955 '*****************************************
1000 '** READ HYDRO DATA **
1005 LOCATE 8,10:PRINT "HEIGHT FROM INLET OF PENSTOCK ";
1006 PRINT "TO SPILL WAY LEVEL = ";
1007 READ PL:LOCATE 8,70:PRINT"METERS"
1008 LOCATE 10,10:PRINT"HEIGHT FROM TAIL WATER TO";
1009 PRINT "INLET OF PENSTOCK = ";
1010 READ PT:LOCATE 10,70:METERS"
1011 IF PL<3 OR PT+PL > 1700 THEN 10100
1012 CLS:RETURN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
1020 '********** HYDRO DATA/WEEK ************
1030 LOCATE 4,29:PRINT"HYDRO DATA/WEEK"
1040 LOCATE 8,29:PRINT "NO.OF WEEKS FOR SERVEY (OVER 52)";W
1050 IF W<52 THEN 3200
1060 DIM L(W) ,H(W) ,P(W) ,LL(W),HH(W),QQ(W),PP(W)
1070 DIM GG(W),FF (520)
1080 FOR I=1 TO W
1090 LOCATE 10,18:PRINT "WEEK NO. ";I
1110 READ L(I):LOCATE 12,50:? L(I):LOCATE 12,57:PRINT"METERS"
1120 LOCATE 14,10:PRINT"HEAD";
1122 PRINT"FROM INLET OF PENSTOCK = ";
1130 READ H (I):LOCATE 14,57:PRINT"METERS"
1140 IF (I)<5 OR H(I)<3 OF H(I)>1700 THEN 3300
1150 FOR G=1 TO 10:LOCATE 12,(G+45) :PRINT CHR$ (32);
1160 LOCATE 12, (G+41):PRINT CHR$(32);
1170 LOCATE 14,(G+41):PRINT CHR$ (32);
1180 NEXT G
1190 NEXT I
1200 RETURN
1205 '************************************************
1300 FOR I=1 TO 78
1310 LOCATE 1,I:PRINT CHR$ (219);
1330 LOCATE 22,I:PRINT CHR$(219);
1340 NEXT
1350 FOR I = 1 TO 21
1360 LOCATE I,1:PRINT CHR$(219)
1370 LOCATE I,78:PRINT CHR$(219)
1380 NEXT
1385 RETURN
1386 '************************************************
2000 ,** READ CONSTANTS **
2010 NG = .9:NT=85/100:NP=.9:PF=85/100:AC=350:FD=5.5* (10^-5)
2020 PI=21.9911427#/7:GR=9.8:PS=980:NW=.9:BP=9.75
2030 RETURN
2035 '************************************************
2050 '** CALCULATE HYDRO CHARGE **
2060 '** Q = HYDRO CHARGE **
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2065 '** QMAX = MAXIMUM HYDRO CHARGE **
2070 '** QMIN = MINIMUM HYDRO CHARGE **
2080 '** QAV = AVERAGE HYDRO CHARGE **
2085 FOR I=1 TO W
2090 Q (I) =1.85*L (I)*((H(I)+PT)^1.5)
2095 P(I)=(.7360001/75)*Q(I)*1000*(H(I)+PT)*NT*NP*NG
2100 NEXT
2110 FOR I=1 TO W
2120 SUMQ =SUMQ+Q(I)
2130 SUMP=SUMP+P(I)
2135 HSUM=HSUM+H(I)
2140 NEXT
2150 QAV=SUMQ/W:PAV=SUMP/W:HAV = (HSUM/W) + PT
2160  ** SORTING ** QQ = SORTING CHARGE
2170 FOR I = 1 TO W
2180 QQ(I) = (1)
2190 NEXT
2200 FOR I = 1 TO W-1
2205 FOR J = 1 TO W-1
2210 IF QQ (J) < = QQ (J+1) THEN 2250
2220 TEMP1 = QQ(J)
2230 QQ (J) = QQ(J+1)
2240 QQ (J+1) = TEMP 1
2250 NEXT J
2260 NEXT I
2300 '** SORTING ** HH = SORTING HEAD
2310 FOR I = 1 TO W
2320 HH(I) = H(I) + PT
2330 NEXT
2340 FOR I = 1 TO W-1
2350 FOR J = 1  TO W-1
2360 IF HH(J) < = HH(J+1) THEN 2395
2370 TEMP2 = HH(J)
2380 HH(J) = (J+1)
2390 HH(J+1) = TEMP2
2395 NEXT J
2400 NEXT I
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
2410 '** SORTING ** PP = SORTING POWER
2420 FOR I = 1  TO W
2430 PP (I) = P(I)
2240 NEXT
2450 FOR I = 1 TO W-1
2460 FOR J = 1 TO W-1
2470 IF PP(K)  < = PP(J+1) THEN 2510
2480 TEMP3 = PP(J)
2490 PP(J+1)
2500 PP(J+1) = TEMP3
2510 NEXT J
2520 NEXT I
2530 QMIN  = QQ(1):QMAX=QQ(W):PMAX = PP(1):HMAX=HH(W)
2540 HNIN = HH(1)
2550 RETURN
2555 '*************************************************
3000 FOR I = 1 TO  78
3010 LOCATE 1,I:PRINT CHR$(219)
3020 LOCATE 22,I:PRINT CHR$ (219)
3030 NEXT
3040 FOR I = 1 TO 21
3050 LACATE I, 1:PRINT CHR$ (219)
3060 LOCATE I, 78:PRINT CHR$(219)
3070 NEXT
3080 RETURN
3085 '*************************************************
3100 FOR I = 10 TO 70
3110 LOCATE 6,I:PRINT CHR(219)
3210 LOCATE 16,I:PRINT CHR$(219)
3130 NEXT
3140 FOR I = 7 TO 15
3150 LOCATE I,10:PRINT CHR$(219)
3160 LOCATE I,70:PRINT CHR$(219)
3170 NEXT
3180 RETURN
3181 '*************************************************
3200 FOR I = 1 TO 2:PRINT CHR$(7):NEXT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3210 LOCATE 21,65:PRINT"DATA ERROR":FOR I = 1 TO 5000:NEXT
3220 FOR I = 10:LOCATE 21,(+64):PRINT CHR$(32);
3230 LOCATE 8,(I+48):CHR$(32)
3240 NEXT
3250 GOTO 1030
3300 FOR I = 1 TO 2:PRINT CHR$(7):NEXT
3310 LOCATE 21,65: PRINT "DATA ERROR":FOR I = 1 TO 5000:NEXT
3315 FOR G = 1 TO 10:LOCATE 12,(G+45):PRINT CHR$(32)
3320 LOCATE 12,(G+41):PRINT CHR$(32);
3330 LOCATE 14,(G+41):PRINT CHR$(32);
3340 NEXT G
3350 FOR I = 1 TO 10:LOCATE 21,(I+64):PRINT CHR$(32);
3360 'LOCATE 8,(PRINT CHR$(32)
3370 NEXT
3380 GOTO 1080
3400 '** SELECT POWER OF PLANT **
3410 GOSUB 3000
3420 GOSUB 3100
3430 FOR I = 7 TO 15: LOCATE I,40:PRINT CHR$(219):NEXT
3440 LOCATE 3,30:PRINT"SELECT POWER OF PLANT"
3445 LOCATE 18,25:PRINT"MAXIMUM POWER = ;PMAX;"K.W."
3460 LOCATE 8,12:PRINT "1. = 3  MEGAWATTS"
3470 LOCATE 8,42:PRINT"5. = 1   MEGAWATTS"
3480 LOCATE 10,12:PRINT"2. = 2.5 MEGAWATTS"
3490 LOCATE 10,42:PRINT"6. = 500 KILOWATTS"
3500 LOCATE 12,12:PRINT"3. = 2   MEGAWATTS"
3510 LOCATE 12,42:PRINT"7. = ANOTHER"
3520 LOCATE 14,12:PRINT"4. = 1.5 MEGAWATTS"
3530 LOCATE 14,42:PRINT"8. = EXIT TO SYSTEM"
3540 LOCATE 20,30:INPUT"SELECT OF PLANT";Z
3550 IF Z = 1 THEN KW = 3000:GOTO 3700
3560 IF Z = 2 THEN KW = 2500:GOTO 3700
3570 IF Z = 3 THEN KW = 2000:GOTO 3700
3580 IF Z = 4 THEN KW = 1500:GOTO 3700
3950 IF Z = 5 THEN KW = 1000:GOTO 3700
3600 IF Z = 6 THEN KW = 500 :GOTO 3700
3610 IF Z = 7 THEN 3650
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
3620 IF Z ='8 THEN CLS:SYSTEM
3630 LOCATE 20,53:PRINT CHR$(32)Z:GOTO 3540
3650 CLS:GOSUB 1300
3660 LOCATE 10,30:INPUT"POWER OF PLANT (IN KW.) = ";KW
3700 KVA = KW/PF
3710 NOP = PAV/KW
3715 HP = KW/(736/1000)
3720 IF NOP<1 THEN CLS:GOTO 3660
3730 RETURN
3800 '** CALCULATE EFFECTIVE HYDRO CHARGE **
3810 '** QP = EFFECTIVE HYDRO CHARGE **
3820 QP = KW*75/(736*HAV*NP*NT*NG)
3830 '** MAQP = MAXIMUM  EFFECTIVE CHARGE **
3840 MAQP = KW*75/(736*HMAX*NP*NT*NG)
3850 '** MINIMUM EFFECTIVE CHARGE **
3860 MIQP = KW*75/(736*HMIN*NP*NT*NG)
3870 RETURN
3875 '*********************************************
3900 '** SELECTING TYPE OF TURBINE **
3905 XX = (9500/(HAV+9.8))+84
3910 IF HAV<= 3 AND HAV < 30 THEN 4000
3920 IF HAV>= 30 AND < 70 THEN 4020
3930 IF HAV<= 70 AND HAV< 500 THEN 4040
3940 IF HAV<= 500 AND HAV<1700 THEN 4060
4000 TYPE$ ="ADJUSTABLE BLADE PROPELLER"
4010 NS = XX+(XX*.1):GOTO 4180
4020 TYPE$ = "KAPLAN OR FIXED BLADE PROPELLER"
4030 NS = XX:GOTO 4080
4040 TYPE$ TYPE$ = "FRANCIS TURBINE"
4050 NS = (6850/(HAV+9.8))+84:GOTO 4180
4060 TYPE$ = "PELTON WHEEL TURBINE"
4070 NS = (422*(HAV^1.25))/(HP^.5):GOTO 4180
4110 NS = XX+(XX*.1):GOTO 4180
4180 '** CALCULATE ACTUAL ROTATIONAL SPEED **
4190 '** NA = ACTUAL ROTATIONAL SPEED **
4200 NA = (PAV^1.25))/(HP^.5)
4210 RETURN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
4215 '*********************************************
4250 '** READ SYNCHRONOUS SPEED **
4260 IF NA<15 THEN CLS:GOTO 10
4270 IF NA<3000 THEN SN = 3000:POLE = 2
4280 IF NA<=1500 AND NA<3000 THEN SN = 1500:POLE = 4
4290 IF NA<=1000 AND NA>1500 THEN SN = 1000:POLE = 6
4300 IF NA<=750 AND NA>1000 THEN SN = 750:POLE = 8
4310 IF NA<=600 AND NA>750 THEN SN = 600:POLE = 10
4320 IF NA<=300 AND NA>600 THEN SN = 300:POLE = 20
4330 IF NA<=250 AND NA>300 THEN SN = 250:POLE = 24
4340 IF NA<=200 AND NA>250 THEN SN = 200:POLE = 30
4350 IF NA<=150 AND NA>200 THEN SN = 150:POLE = 40
4360 IF NA<=125 AND NA>150 THEN SN = 125:POLE = 48
4370 IF NA<=120 AND NA>125 THEN SN = 120:POLE = 50
4380 IF NA<=100 AND NA>120 THEN SN = 100:POLE = 60
4390 IF NA<=75 AND NA>100 THEN SN = 75:POLE = 80
4400 IF NA<=60 AND NA>75 THEN SN = 60:POLE = 100
4410 IF NA<=50 AND NA>60 THEN SN = 50:POLE = 120
4420 IF NA<=40 AND NA>50 THEN SN = 40:POLE = 150
4430 IF NA<=30 AND NA>40 THEN SN = 30:POLE = 200
4440 IF NA<=24 AND NA>30 THEN SN = 24:POLE = 250
4450 IF NA<=20 AND NA>24 THEN SN = 20:POLE = 300
4460 IF NA<=15 AND NA>20 THEN SN = 15:POLE = 400
4470 RETURN
4475 '*****************************************
4500 'CALCULATE MODEL RATIO
4510 '** MODEL RATIO = MD ***
4520 MD = (HP^.5)/(2.46*(HAV^.75))
4530 RETURN
4540 '*****************************************
4545 'CALCULATE DIMENSIONS OF TURBINES
4546 '*****************************************
4548 'A = INITIAL SPECIFIC SPEED
4549 'AA = FINAL SPECIFIC SPEED
4550 'B = INITIAL NOMINAL DIAMETER
4555 'BB = FINAL NOMINAL DIAMETER
4560 'C = INITIAL DRAFT TUBE INLET DIAMETER
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
4565 'CC = FINAL DRAFT TUBE INLET DIAMETER
4570 'D  = INITIAL WIDTH OF DISTRIBUTOR
4575 'DD = FINAL WIDTH OF DISTRIBUTOR
4580 'ND = NOMINAL DIAMETER
4585 'DX = DRAFT TUBE DIAMETER
4590 'WD = WIDTH OF EISTRIBUTOR
4600 '*************************************************
4610 IF NS=>445 AND NS=<535 THEN 4650
4620 IF NS>535 AND NS=670 THEN 4660
4630 IF NS>670 AND NS=<800 THEN 4670
4640 'CLS:GOTO 10
4650 A=445:AA=535:B=60:BB=57:C=60:CC=57:D=32.8:DD=32.3GOTO 4750
4660 A=535:AA=670:B=57:BB=53:C=57:CC=53:D=32.3:DD=31.2GOTO 4750
4670 A=670:AA=800:B=53:BB=49.3:C=53:CC=49.3:D=31.2:DD=30.5:GOTO 47
4750 WD=(((DD-D)/(AA-A)*(NS-A))+D
4755 DD=C-((C-CC)/(AA-A))*(NS-A)
4760 ND=DD
4770 RETURN
4800 '*************************************************
4805 'CALCULATE DIMENSIONS OF FRNACIS TURBINE
4810 '*************************************************
4820 'A = INITIAL SPECIFIC SPEED
4830 'AA = FINAL SPECIFIC SPEED
4840 'B = INITIAL NOMINAL DIAMETER
4850 'BB = FINAL NOMINAL DIAMETER
4860 'C = INITIAL DRAFT TUBE INLET DIAMETER
4870 'CC = FINAL DRAFT TUBE INLET DIAMETER
4880 'D = INITIAL WIDTH OF DISTRIBUTOR
4890 'DD = FINAL WIDTH OF DISTRIBUTOR
4900 'ND = NOMINAL DIAMETER
4910 'DX = DRAFT TUBE DIAMETER
4920 'WD = WIDTH OF DISTRIBUTOR
4930 '*************************************************
4940 IF NS=>90 AND NA=<110 THEN 5010
4950 IF NS>110 AND NS=<135 THEN 5030
4960 IF NS>135 AND NS=<180 THEN 5050
4970 IF NS>180 AND NS=<220 THEN 5070
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
4980 IF NS>220 AND NS=<270 THEN 5090
4985 IF NS>270 AND NS=<315 THEN 5110
4987 IF NS>315 AND NS=<360 THEN 5130
4990 IF NS>360 AND NS=<400 THEN 5150
5000 IF NS>400 AND NS=<445 THEN 5170
5010 A=90:AA=110:B=145:BB=121:C=116
5020 CC=104:D=14.8:BB=16.5:GOTO 5200
5030 A=110:AA=110:B=145:BB=121:C=116
5040 CC=94:D=16.5:DD=17.8:GOTO 5200
5050 A=135:AA=180:B=102:BB=78.5:C=94
5060 CC=83.5:D=17.8:DD=19.5:GOTO 5200
5070 A=180:AA=220:B=78.5:BB=66.5:C=83.5
5080 CC=78:D=19.5:DD=20.3:GOTO 5200
5090 A=220:AA=270:B=66.5:BB=56.5:C=78
5100 CC=72.5:D=20.3:DD=22:GOTO 5200
5110 A=270:AA=315:B=56.5:BB=50:C=72.5
5120 CC=70:D=22:DD=22.40:GOTO 5200
5130 A=315:AA=360:B=50:BB=44:C=70
5140 CC=66:D=22.4:DD=22.8:GOTO 5200
5150 A=360:AA=400:B=44:BB=40.1:C=66.3
5160 CC=63.3:D=22.8:DD=24.6:GOTO 5200
5170 A=400:AA=445:B=40.1:BB=36.8:C=66.3
5180 CC=62:D=24.6:DD=27.9:GOTO 5200
5200 WD=(((DD-D)/(AA-A))*(NS-A))+D
5230 DX=C-((C-CC)/(AA-A))*(NS-A)
5240 ND=B-((B-BB)/(AA-A))*(NS-A)
5250 RETURN
5260 '************************************************
5270 'CALCULATE DIMENSIONS OF PELTON WHEEL TURBINE
5280 '************************************************
5290 'PJ = FULL LOAD HORSE POWER/JET
5295 'DW = DIAMETER OF WHEEL
5300 'DJ = DIAMETER OF JET
5310 'AJ = AREA OF JET
5320 'AS = ACTUAL ROTATIONAL SPEED OF HYDRO
5330 'NJ = NUMBER OF JET
5335 'NSJ = SPECIFIC SPEED/JET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
5340 '*************************************************
5350 DJ=16.35*(HP^.5)/(HAV^.75)
5360 AJ=(PI*DJ^2)/4
5365 NS=3880*HAV/DW
5370 DW=243*DJ/NS
5375 PJ=AJ*1000*4*h
5380 NJ=INT(HP/PJ)
5390 AS=NS*NJ^.5
5400 RETURN
5410 '************ ****************************************
5420 'DIMENSIONS OF GENERATOR
5430 '*************************************************
5440 'GN = GENERATOR SPEED IN REV./MIN
5441 'LG = LENGHT OF ROTOR
5445 'DG = DIAMETER OF STATOR
5446 'PRS = PERIPHERAL SPEED
5448 '*************************************************
5450 GN = SN/60
5460 DG=(((KVA/((10.4*10^-3)*FD*AC*GN))*POLE)/PI)^(1/3)
5470 LG=(PI*DG/POLE)*1.8
5480 PRS   PI*DG*NS
5490 RETURN
5500 '*************************************************
5510 'DIMENSIONS OF DRAFT TUBE
5520 '*************************************************
5530 'V2 = VELOCITY OF INLET DRAFT TUBE
5540 'V3 = VELOCITY OF OUTLET DRAFT TUBE
5550 'ND = DIAMETER OF TURBINE RUNNER
5560 'AD = AREA OF DRAFT TUBE
5565 'ADI = INLET AREA OF DRAFT
5570 ND=ND*MD
5580 V2=QP/((PI/4)*(ND^2))
5590 V3=.03*((2*GR*HAV)^.5)
5600 AD=QP/V3
5610 ADI=QP/V2 ' AREA OF INLET
5620 RETURN
5630 '*************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
5640 ' DIMENSIONS OF PENSTOCK
5650 '*********************************************
5660 'PD = DIMENSIONS OF REACTIONS TURBINE
5670 'PDI = DIMENSIONS OF PELTON TURBINE
5680 'TP = THICKNESS OF REACTIONS TURBINE PENSTOCK
5690 'ITP = THICKNESS OF PELTON TURBINE PENSTOCK
5700 PD = (((QP/4)*4)/PI)^0.5
5705 TP = (0.1HAV*PD)/(2*1000*.97)+0.5
5710 RETURN
5720 PDI = (((QP/6)*4)/PI)^0.5
5730 TPI = (0.1*HAV*PDI)/(2*1000*0.97+.15
5740 RETURN
5750 '*********************************************
5760 'REPORT ON MONITOR
5770 '*********************************************
5780 'PLOT HYDRO GRAPH
5790 '*********************************************
5792 FOR I = 1 TO W
5794 IF Q(I)=QMAX THEN FF(I)=((Q(I)/QMAX))*60
5795 NEXT
5800 FOR I = 1 TO 9
5810 IF I = 1 THEN LOCATE I,2:PRINT"W"
5820 IF I = 2 THEN LOCATE I,2:PRINT"E"
5830 IF I = 3 THEN LOCATE I,2:PRINT"E"
5840 IF I = 4 THEN LOCATE I,2:PRINT"K"
5850 IF I = 5 THEN LOCATE I,2:PRINT"S"
5860 IF I = 6 THEN LOCATE I,2:PRINT""
5870 IF I = 7 THEN LOCATE I,2:PRINT"N"
5880 IF I = 8 THEN LOCATE I,2:PRINT"O"
5890 IF I = 9 THEN LOCATE I,2:PRINT"."
5900 NEXT
5901 FOR I = 1 TO W
5902 LOCATE I,4:PRINT CHR$(221):NEXT
5910 FOR I = 1 TO W
5920 FOR T = 10 TO FF(I)+10
5925 LOCATE I,5:PRINT I:LOCATE I,T:PRINT CHR$(219)
5940 NEXT T
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
5945 NEXT I
5960 UG = INT(QMAX)/60 'UNIT GRAPH
5965 PRINT
5966 FOR I = 10 TO 70 :PRINT TAB(I);CHR$(216);
5967 NEXT
5969 FOR Y = 10 TO 70:PRINT TAB(Y)CHR(223);
5970 NEXT
5971 PRINT:PRINT TAB(10)"0";SPC(55);INT(QMAX)
5972 PRINT:PRINT
5975 FOR K = 10 TO 70:PRINT TAB(K) CHR$(223);
5980 NEXT
5990 PRINT"HYDRO CHARGE =";UG;"CU.M./UNIT GRAPH"
6000 FOR I = 10 TO 70 :PRINT TAB(I) CHR$(223);
6010 NEXT
6020 LOCATE 20,20:PRINT"PRESS ENTER TO CONTINUE";
6030 INPUT ZZ$
6040 CLS:L$="------------------------------------------------------"
6041 LL$="======================================================"
6050 LOCATE 2,1:PRINT L$
6060 LOCATE 3,27:PRINT"HYDRO DATA"
6070 LOCATE 4,1:PRINT L$
6075 LOCATE 5,2:PRINT:WEEKS":LOCATE 5,2:PRINT"HYDRO CHARGE"
6077 LOCATE 5,32:PRINT"HEAD OF HYDRO":LOCATE 5,50:PRINT"LENGH";
6078 PRINT "T OF WEIR"
6079 LOCATE 6,1:PRINT L$
6080 FOR I = 1 TO W
6090 PRINT TAB(1)I;TAB(12);Q(I);TAB(32);H(I)+PT;TAB(50);L(I)
6095 IF I = 18 OR I = 72 OR I = 144 THEN 20000
6100 NEXT
6110 PRINT L$
6120 PRINT"    MAXIMUM CHARGE = ";QMAX;"CU.M./SEC."
6130 PRINT L$
6140 PRINT"    MINIMUM CHARGE = ";QMIN;"CU.M./SEC."
6150 PRINT L$
6160 PRINT"    AVERAGE CHARGE = ";QAV;"CU.M./SEC."
6170 PRINT L$
6180 PRINT"    EFFECTIVE CHARGE = ";QMAX;"CU.M./SEC."
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
6190 PRINT L$
6195 PRINT"     MAXIMUM HEAD = ";HMAX;"METERS"
6200 PRINT L$
6210 PRINT"     MINIMUM HEAD = ";HMIN;"METERS"
6220 PRINT L$
6230 PRINT"     AVERAGE HEAD = ";HAV;"METERS"
6232 PRINT:PRINT:PRINT
6235 LOCATE 22,25:INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";KMK$:CLS
6240 PRINT LL$
6250 PRINT"                    POWER DATA"
6260 PRINT LL$
6270 PRINT"     MAXIMUM POWER = ";PMAX;"KILOWATTS"
6280 PRINT L$
6290 PRINT"     MINIMUM POWER = ";PMIN;"KILOWATTS"
6300 PRINT L$
6310 PRINT"     AVERAGE POWER = ";PAV;"KILOWATTS"
6320 PRINT L$
6330 PRINT"     EFFECTIVE POWER = ";KW;"KILOWATTS"
6340 PRINT L$
6350 PRINT"     EFFECTIVE KVA. = ";KVA;"KVA"
6352 PRINT L$:PRINT:PRINT:PRINT
6354 LOCATE 21,33:INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";KMK$:CLS
6360 PRINT LL$
6370 PRINT"                    TURBINE DATA"
6380 PRINT LL$
6390 PRINT"     TYPE OF TURBINE";TYPE$
6400 PRINT L$
6410 PRINT"     SPECIFIC SPEED = ";NS;"REV./MIN."
6420 PRINT L$
6430 PRINT"     ACTUAL SPEED = ";NA;"REV./MIN."
6440 PRINT L$
6450 PRINT"     DIAMETER OF BLADE = ";ND*MD;"CENTIMETERS"
6460 PRINT L$
6470 PRINT"     WIDTH OF DISTRIBUTOR = ";DX*WD;"CENTIMETERS"
6480 PRINT L$
6490 PRINT"     DRAFT TUBE INLET DIAMETER = ";DX*MD;"CENTIMETERS
6500 PRINT L$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
6502 PRINT:PRINT:PRINT
6504 LOCATE 22,25:INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";KMK$:CLS
6510 PRINT LL$
6520 PRINT"                    PENSTOCK DATA"
6530 PRINT LL$
6540 IF TYPE$ = "PELTON WHEEL TURBINE" THEN 6580
6550 PRINT"     DIAMETER OF PENSTOCK = ";PD;"CENTIMETER"
6555 PRINT L$
6560 PRINT"     THICKNESS OF PENSTOCK = ";TP;"CENTIMETER"
6565 PRINT L$
6570 PRINT LL$
6580 PRINT"     DIAMETER OF PENSTOCK = ";PDI;"CENTIMETER"
6585 PRINT L$
6590 PRINT"     THICKNESS OF PENSTOCK = ";TPI;"CENTIMETER"
6595 PRINT L$
6596 PRINT:PRINT:PRINT
6598 LOCATE 22,25:INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";KMK$:CLS
6600 PRINT LL$
6605 PRINT"                    GENERATOR DATA"
6610 PRINT LL$
6615 PRINT"     POWER OF GENERATOR = ";KW;"KILOWATTS"
6620 PRINT L$
6625 PRINT"     POWER FACTOR = ";PF*100;"PERCENTS"
6630 PRINT L$
6635 PRINT"     DIAMETER OF ROTOR = ";DG;"CENTIMETERS"
6640 PRINT L$
6645 PRINT"     LENGHT OF ROTOR = ";LG;"CENTIMETERS"
6650 PRINT L$
6655 PRINT"     GENERATOR SPEED = ";SN;"REV./MIN"
6660 PRINT L$
6665 PRINT"     GENERATOR POLE = ";POLE;"POLES"
6670 PRINT L$
6675 PRINT"     PERIPHERAL SPEED = ";PRS;"REV./SEC."
6680 PRINT L$
6685 PRINT"     EFFICIENCY      = ";NG*100;"PERCENTS"
6690 PRINT L$
6692 PRINT:PRINT:PRINT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
6693 LOCATE 22,25:INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";KMK$:CLS
6700 PRINT LL$
6705 PRINT"                    DRAFT TUBE DATA"
6710 PRINT LL$
6715 PRINT"    VELOCITY OF INLET = ";V2;"CENTIMETER/SEC."
6720 PRINT L$
6725 PRINT"    VELOCITY OF OUTLET = ";V3;"CENTIMETER/SEC."
6730 PRINT L$
6735 PRINT"    AREA OF OUTLET = ";AD
6740 PRINT L$
6745 PRINT"    AREA OF OUTLET = ";ADI
6750 PRINT LL$
6755 LOCATE 21,33:PRINT"PRESS ENTER TO DO AGAIN"
6757 LOCATE 20,33:PRINT"PRESS<A> TO EXIT!.;KMK$
6760 IF KMK$="A" OR KMK$="a" THEN CLS:SYSTEM
6770 CLS:GOTO 5750
6900 '*********************************************
7000 'REPORT ON PRINTER
7010 '*********************************************
7020 FOR I =1 TO W
7030 IF Q(I)=<QMAX THEN FF(I)=((Q(I)/QMAX))*60
7040 NEXT
7050 LPRINT TAB(32)"HYDRO GRAPH"
7060 LPRINT TAB(1)"WEEKS"
7070 FOR J = 1 TO W+1
7080 IF J>W THEN 7100
7090 LPRINT TAB(1)J
7100 FOR I = 5 TO INT(FF(J)+5)
7110 LPRINT TAB(I)"*";
7120 NEXT I
7130 NEXT J
7140 UG = INT(QMAX)/60
7150 LPRINT"=================================================="
7160 FOR I = 5 TO 65:LPRINT TAB(I);"I";
7170 NEXT
7180 FOR Y = 5 TO 65:LPRINT TAB(Y)"-";
7190 NEXT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
7200 LPRINT:LPRINT TAB(5)"0";SPC(55);INT(QMAX)
7210 LPRINT:LPRINT
7220 FOR K = 10 TO 70 :LPRINT TAB(K)"*";
7230 NEXT
7240 LPRINT TAB(25)"HYDRO CHARGE = ";UG;"CU.M./UNIT GRAPH"
7250 LPRINT:LPRINT
7260 LPRINT L$
7270 LPRINT"     MAXIMUM CHARGE = ";QMAX;"CU.M./SEC."
7280 LPRINT L$
7290 LPRINT"     MINIMUM CHARGE = ";QMIN;"CU.M./SEC."
7300 LPRINT L$
7310 LPRINT"     AVERAGE CHARGE = ";QAV;"CU.M./SEC."
7320 LPRINT L$
7330 LPRINT"     EFFECTIVE CHARGE = ";QMAX;"CU.M./SEC."
7340 LPRINT L$
7350 LPRINT"     MAXIMUM HEAD = ";HMAX;"METERS"
7360 LPRINT L$
7530 LPRINT"     MINIMUM HEAD = ";HMIN;"METERS"
7540 LPRINT L$
7550 LPRINT"     AVERAGE HEAD = ";HAV;"METERS"
7560 LPRINT:PRINT:PRINT
7570 LOCATE 22,25:INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";KMK$:CLS
7580 LPRINT LL$
7590 LPRINT"                    POWER DATA"
7600 LPRINT LL$
7610 LPRINT"     MAXIMUM POWER = ";PMAX;"KILOWATTS"
7620 LPRINT L$
7630 LPRINT"     MINIMUM POWER = ";PMIN;"KILOWATTS"
7640 LPRINT L$
7650 LPRINT"     AVERAGE POWER = ";PAV;"KILOWATTS"
7660 LPRINT L$
7670 LPRINT"     EFFECTIVE POWER = ";KW;"KILOWATTS"
7680 LPRINT L$
7690 LPRINT"     EFFECTIVE KVA. = ";KVA;"KVA"
7700 LPRINT L$:PRINT:PRINT:PRINT
7710 LOCATE 21,33:INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";KMK$:CLS
7720 LPRINT LL$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
7730 LPRINT"                    TURBINE DATA"
7740 LPRINT LL$
7750 LPRINT"     TYPE OF TURBINE";TYPE$
7760 LPRINT L$
7770 LPRINT"     SPECIFIC SPEED = ";NS;"REV./MIN."
7780 LPRINT L$
7790 LPRINT"     ACTUAL SPEED = ";NA;"REV./MIN."
7800 LPRINT L$
7810 LPRINT"     DIAMETER OF BLADE = ";ND*MD;"CENTIMETERS"
7820 LPRINT L$
7830 LPRINT"     WIDTH OF DISTRIBUTOR = ";DX*WD;"CENTIMETERS"
7840 LPRINT L$
7850 LPRINT"     DRAFT TUBE INLET DIAMETER = ";DX*MD;"CENTIMETERS"
7860 LPRINT L$
7870 LPRINT:PRINT:PRINT
7880 LOCATE 22,25:INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";KMK$:CLS
7890 LPRINT LL$
7900 LPRINT"                    PENSTOCK DATA"
7910 LPRINT LL$
7920 IF TYPE$ = "PELTON WHEEL TURBINE" THEN 7980
7930 LPRINT"     DIAMETER OF PENSTOCK = ";PD;"CENTIMETER"
7940 LPRINT L$
7950 LPRINT"     THICKNESS OF PENSTOCK = ";TP;"CENTIMETER"
7960 LPRINT L$
7970 'LPRINT LL$
7980 LPRINT"     DIAMETER OF PENSTOCK = ";PDI;"CENTIMETER"
7990 LPRINT L$
8000 LPRINT"     THICKNESS OF PENSTOCK = ";TPI;"CENTIMETER"
8010 LPRINT L$
8020 LPRINT:PRINT:PRINT
8030 LOCATE 22,25:INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";KMK$:CLS
8040 LPRINT LL$
8050 LPRINT"                    GENERATOR DATA"
8060 LPRINT LL$
8070 LPRINT"     POWER OF GENERATOR = ";KW;"KILOWATTS"
8080 LPRINT L$
8090 LPRINT"     POWER FACTOR = ";PF*100;"PERCENTS"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
8100 LPRINT L$
8110 LPRINT"     DIAMETER OF ROTOR = ";DG;"CENTIMETERS"
8120 LPRINT L$
8130 LPRINT"     LENGHT OF ROTOR = ";LG;"CENTIMETERS"
8140 LPRINT L$
8150 LPRINT"     GENERATOR SPEED = ";SN;"REV./MIN"
8160 LPRINT L$
8170 LPRINT"     GENERATOR POLE = ";POLE;"POLES"
8180 LPRINT L$
8190 LPRINT"     PERIPHERAL SPEED = ";PRS;"REV./SEC."
8200 LPRINT L$
8210 LPRINT"     EFFICIENCY      = ";NG*100;"PERCENTS"
8220 LPRINT L$
8230 LPRINT:PRINT:PRINT
8240 LOCATE 22,25:INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";KMK$:CLS
8250 LPRINT LL$
8260 LPRINT"                    DRAFT TUBE DATA"
8270 LPRINT LL$
8280 LPRINT"     VELOCITY OF INLET = ";V2;"CENTIMETER/SEC."
8290 LPRINT L$
8300 LPRINT"     VELOCITY OF OUTLET = ";V3;"CENTIMETER/SEC."
8310 LPRINT L$
8320 LPRINT"     AREA OF OUTLET = ";AD
8330 LPRINT L$
8340 LPRINT"     AREA OF OUTLET =  ;ADI
8350 LPRINT LL$
 0000 DATA 80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10
10010 DATA 80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10
10020 DATA 80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10
10030 DATA 80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10,80,10
10040 DAT   0,10,80,10,80,10,80,10,80, 0,80,10,80,10,80,10
10050 DATA 80,10,8 ,10,80,10 80,10,80.10,80,10,80,10, 0, 0
  060 DATA 8 , 0,80,10,80,10,80,10
10070 END
10100 FOR I = 1 TO 2 :PRINT CHR$(7):NEXT
10110 LOCATE 21,65:PRINT"DATA ERROR":FOR I = 1 TO 5000:NEXT
10120 FOR G = 1 TO 18:LOCATE 12,(G+45):PRINT CHR$(32);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
10130 LOCATE 8,(G+57):PRINT CHR$(32);
10140 LOCATE 10,(G+57):PRINT CHR$(32);
10150 NEXT G
10160 FOR I = 1 TO 10:LOCATE 21,(I+64):PRINT CHR$(32);
10170 NEXT
10190 GOTO 1000
20000 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
20005 LOCATE 22,25:INPUT"PRESS ENTER TO CONTINUE";KMK$:CLS
20010 GOTO 6100
20100 FOR I = 1 TO 78
20110 LOCATE 1,I:PRINT CHR$(219);
20120 LOCATE 5,I:PRINT CHR$(219);
20130 LOCATE 22,I:PRINT CHR$(219);
20140 NEXT
20150 RETURN
20160 LOCATE I,1:PRINT CHR$(219)
20170 LOCCATE I,78:PRINT CHR$(219)
20180 NEXT
20185 RETURN
20200 FOR I = 32 TO 48
20210 LOCATE 10,I:PRINT CHR$(210)
20220 LOCATE 12,I:PRINT CHR$(219)
20230 NEXT
20240 LOCATE 11,32:PRINT CHR$(219)
20250 LOCATE 11,48:PRINT CHR$(219)
20260 RETURN
20270 '*************** end of program ******************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการคำนวณของเครื่องคอมพิวเตอร์

HYDRO GRAPH

WEEKS

1 **********
2 **********
3 **********
4 **********
5 **********
6 **********
7 **********
8 **********
9 **********
10 **********
11 **********
12 **********
13 **********
14 **********
15 **********
16 **********
17 **********
18 **********
19 **********
20 **********
21 **********
22 **********
23 **********
24 **********
25 **********
26 **********
27 **********
28 **********
29 **********
30 **********

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
31 ************************************************************
32 ************************************************************
33 ************************************************************
34 ************************************************************
35 ************************************************************
36 ************************************************************
37 ************************************************************
38 ************************************************************
39 ************************************************************
40 ************************************************************
41 ************************************************************
42 ************************************************************
43 ************************************************************
44 ************************************************************
45 ************************************************************
46 ************************************************************
47 ************************************************************
48 ************************************************************
49 ************************************************************
50 ************************************************************
51 ************************************************************
52 ************************************************************
============================================================
IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
------------------------------------------------------------
                                                       15271
0
          HYDRO CHARGE = 254.5167 CU.METERS/UNIT GRAPH
------------------------------------------------------------
HYDRO DATA
------------------------------------------------------------
WEEKS   HYDRO CHARGE      HEAD OF HYDRO      LENGHT OF WEIR
------------------------------------------------------------
1       15271.99          88                 10
2       15271.99          88                 10
3       15271.99          88                 10
4       15271.99          88                 10
5       15271.99          88                 10
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	15271.99	88	10
7	15271.99	88	10
8	15271.99	88	10
9	15271.99	88	10
10	15271.99	88	10
11	15271.99	88	10
12	15271.99	88	10
13	15271.99	88	10
14	15271.99	88	10
15	15271.99	88	10
16	15271.99	88	10
17	15271.99	88	10
18	15271.99	88	10
19	15271.99	88	10
20	15271.99	88	10
21	15271.99	88	10
22	15271.99	88	10
23	15271.99	88	10
24	15271.99	88	10
25	15271.99	88	10
26	15271.99	88	10
27	15271.99	88	10
28	15271.99	88	10
29	15271.99	88	10
30	15271.99	88	10
31	15271.99	88	10
32	15271.99	88	10
33	15271.99	88	10
34	15271.99	88	10
35	15271.99	88	10
36	15271.99	88	10
37	15271.99	88	10
38	15271.99	88	10
39	15271.99	88	10
40	15271.99	88	10
41	15271.99	88	10
42	15271.99	88	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43	15271.99	88	10
44	15271.99	88	10
45	15271.99	88	10
46	15271.99	88	10
47	15271.99	88	10
48	15271.99	88	10
49	15271.99	88	10
50	15271.99	88	10
51	15271.99	88	10
52	15271.99	88	10

MAXIMUM CHARGE = 15271.99 CU.METERS/SEC.

MINIMUM CHARGE = 15271.99 CU.METERS/SEC.

AVERAGE CHARGE = 15271.99 CU.METERS/SEC.

EFFECTIVE CHARGE = 5.045661 CU.METERS/SEC.

MAXIMUM HEAD = 88 METERS

MINIMUM HEAD = 88 METERS

AVERAGE HEAD = 88 METERS

==========

POWER DATA

==========

MAXIMUM POWER = 9080272 KILOWATTS

MINIMUM POWER = 9080272 KILOWATTS

AVERAGE POWER = 9080272 KILOWATTS

EFFECTIVE POWER = 3000 KILOWATTS

EFFECTIVE KVA. = 3529.412 KVA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TURBINE DATA

TYPE OF TURBINE = FRANCIS TURBINE

SPECIFIC SPEED = 154.0409 REV./SEC

ACTUAL SPEED = 650.306 REV./SEC

DAIMETER OF BLADE = 87.35 CENTEMETERS

WIDTH OF DISTRIBUTER = 18.55 CENTIMETERS

DRAFT TUBE INLET DIAMETER = 86.87 CENTIMMERS

PENSTOCK DATA

DIAMETER OF PENSTOCK = 56 CENTIMETERS

THICKNESS OF PENSTOCK = 1.15569 CENTIMETERS

GENERATOR DATA

POWER OF GENERATOR = 300 KILOWATTS

POWER FACTOR = 85 PERCENTS

DIAMETER OF ROTOR = 177.7036 CENTIMETERS

LENGHT OF ROTOR = 100.489 CENTIMETERS

GENERATOR SPEED = 649.75 REV./MIN

GENERATOR POLE = 10 POLES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EFFICIENCY = 90 PERCENTS

DRAFT TUBE DATA

VELOCITY OF INLET DRAFT TUBE = 9.291188

VELOCITY OF OUTLET DRAFT TUBE = 1.245921

AREA OF OUTLET DRAFT TUBE = 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลเขื่อนน้ำพุง

Dam

Type : Center impervious earth core rock filled dam

Normal high water level	:	EL 284 m.	MSL.
Minimum water level	:	EL 270 m.	MSL.
Available drawdown	:	14 m.	
Elevation of crest	:	286.5 m.	MSL.
Max. dam height above foundation	:	40 m.	
Crest length	:	1,719 m.	
Crest width	:	10 m.	
Slope	:	Upstream	1:1.75
		Downstream	1:1.5
Total volume	:	730,000	Cu.m.

Spillway

Type	:	Ungated chute spillway
Capacity	:	300 Cu.m/sec at flood water level 285.5 m.
Overflow weir	:	Concrete structure Crest EL 284 m, length 90 m.
Chute	:	Concrete lining open channel length 15 m, width 90 m.

Tunnel outlet work

Capacity	:	Max. 5 Cu.m/sec
Tunnel section	:	Horse shoe shape, 2.2 m in height, 1.8 m in width
Length	:	200 m.
Valve and gate	:	One Howell Bunger valve 0.8 m. One slide gate 1.2 m. in height, 1.0 m. in width

Intake

Structure	:	Reinforced Concrete
Capacity	:	Max. 8.8 Cu.m/sec
Height	:	21.5 m.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gate : One fixed wheel gate 2.7 m. in height, 1.8 m. in width

Headrace tunnel

Concrete lined pressure tunnel, partly lined with steel

Length : 427.65 m

Section : Horseshoe shape 2.2 m in height, 1.8 m in width

Synchronous Generator

Type Three phase AC synchronous generator, vertical shaft, rotating field, enclosed hood, air circulating type with air coolers.

Operating duty		Continnous	
Generator output		3,500	KVA
Rated Voltage		3,3	KV
Rated current		612	A
Power factor		85	% (lag)
Frequency		50	cps
Rated speed		750	rpm
Number of poles		8	
Prime mover		Directly coupled to hydraulic turbi	
Direction of rotation		Clock-wise viewed from exciter side.	
Neutral point		Resistance grounded (19,1 ohms)	
Stator winding connection		Double star connection.	
Voltage regulation at 100 % PF		30 %	
at 85 % IF		40 %	
Line charging capacity		2,400	KVA
Temperature rise	Winding	80	องศาเซลเซียส
	Core	80	องศาเซลเซียส
	Bearing	45	องศาเซลเซียส
Over speed duri lity		900	rpm
Weigh Ic		6	ton
Stato		5.2	ton
Total		33.5	ton

Manufacturer METDENSHA Electric Co. Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exciter

Type	VE - GHI			
Rating	Continuous	Output	35	KW
RPM.	750	Pole	8	
Voltage	110 V	Current	318	A
Field	seperate			
Serial No.	1 R 88003	Date	1964	

JEC - 54 (1954)
MEIDENSHA ELECTRIC

Pilot Generator

Type	VE - AF		
Phase	3	Rating Continous.	
P.F.	80 %	Cycle 50 cps	
RPM	750	Load current 10.5 A	
Amature current	21.5 A	Field max. current	11.5 A
Field voltage		39 V.	
Serial No.	1R 88005	Date 1964	

JEC - 114 (1954) JEM - R 2006 (1957)
MEIDENSHA ELECTRIC

Turbine

Type: Vertical shaft, single runner, Francis type with spiral casing

Effective head	Maximum	88	m.
	Normal	85	m.
	Minimum	72	m.
Turbine discharge	at max head	4.40	Cu.m/sec.
	at normal head	4.32	Cu.m/sec.
	at min head	3.59	Cu.m/sec.
Turbine output	Max.	3,330	KW
	Rated	3,125	KW
	Min.	2,220	KW
Rated speed		750	rpm.
Specific speed		163	m-KW
Runaway speed		1,320	rpm.
GD.² required for turbine		14	ton-Sq.m.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Max. speed variation		35	%
Max. hydraulic pressure		140	m.
Net closing time of mechanical governor		3.6	sec.
Dead time of mechanical governor		0.2	sec.
Weight	Hydraulic turbine	17.5	ton.
	Draft tube liner	2.3	ton.
	Inlet valve	3.2	ton.
	Total	33.5	ton.
Manufacturer	EBARA Mfg. Co. Ltd.		

เปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณและค่าจริงของเขื่อนน้ำพุง

ข้อมูล	ผลจากการคำนวณ	ผลจากเขื่อน
1. MAXIMUM CHARGE	15271.99	-
2. MINIMUM CHARGE	15271.99	-
3. AVERAGE CHARGE	15271.99	
4. EFFECTIVE CHARGE	5.045661	4.4
5. MAXIMUM HEAD	88	88
6. MINIMUM HEAD	88	72
7. AVERAGE HEAD	88	85
8. MAXIMUM POWER	9080272	-
9. MINIMUM POWER	9080272	-
10. AVERAGE POWER	9080272	
11. EFFECTIVE POWER	3000	3300
12. EFFECTIVE KVA.	3529.412	3882
13. TYPE OF TURBINE	FRANCIS	FRANCIS
14. SPECIFIC SPEED	154.0409	163
15. ACTUAL SPEED	649.7	750
16. DAIMETER OF BLADE	87.35	160
17. WIDTH OF DISTRIBUTER	18.55	20
18. DRAFT TUBE INLET DIAMETER	86.87	50
19. DIAMETER OF PENSTOCK	56	50
20. THICKNESS OF PENSTOCK	1.15569	1.5
21. POWER OF GENERATOR	3000	2975
22. POWER FACTOR	.85	.85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23. DIAMETER OF ROTOR	177.7	175
24. LENGHT OF ROTOR	100.489	120
25. SPEED	600	750
26. NO. OF POLES	10	8
27. EFFICIENCY	90	-
28. VELOCITY OF INLET DRAFT TUBE	9.29	-
29. VELOCITY OF OUTLET DRAFT TUBE	1.24	-
30. AREA OF OUTLET DRAFT TUBE	2.4	2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ผลที่ได้จากการคำนวณของเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อนำไปศึกษาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากเขื่อนน้ำพุง จะเห็นว่ามีค่าที่ผิดพลาดจากค่าจริงอยู่หลายค่า เช่น ค่าความเร็วจำเพาะ จำนวนขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดของกังหัน ขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ขนาดของท่อส่งน้ำและขนาดของท่อจ่ายน้ำออก แต่ค่าที่คำนวณกับค่าจริงก็มีค่าที่แตกต่างกันไม่มากนัก ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า ในการคำนวณออกแบบนี้เป็นเพียงการคำนวณออกแบบเบื้องต้น(Preliminary Design)เท่านั้น

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดีก็เพราะมีท่านเหล่านี้

1. อาจารย์มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆทางวิชาการ
2. พ.ต.พิพัฒน์ เถาหลวงคราม ที่ได้กรุณาให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์
3. คุณสุรัต สรีกลจร เจ้าหน้าที่ประจำสถานีไฟฟ้าเขื่อนน้ำพุง จังหวัดสกลนคร ที่ได้ให้ความสะดวกในการศึกษาข้อมูลของเขื่อน
4. คุณทองดี แซ่ตั้ง เจ้าหน้าที่สำนักงานพลังงานแห่งชาติที่ได้ให้คำแนะนำทางวิชาการ
5. คณะครู-อาจารย์แผนกช่างไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคสกลนคร ที่ได้ให้กำลังใจคณะผู้จัดทำตลอดเวลา

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณท่านเหล่านี้ไว้เป็นอย่างสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เขต 2; คู่มือเทคนิคเล่ม 3 กฟผ.เขต 2. 2520
2. I.ILYINYKH ;HYDRO ELECTRIC STATIONS; Translate From Russian By ALEXANDER B.KUZNETSOV; MIR PURLISHES MOSCOW FIRST PUBLISHED,1985
3. M.P.DESHPANDE ;ELEMENTS OF ELECTRICAL POWER STATION DESIGN WHEELER PUBLISHING,1980

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้