การออกแบบและผลิตเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็กชนิดกระเปาะ ในการติดตั้งที่ท่อระบายน้ำท้ายเขื่อนห้วยกุ่ม

Design and manufacture of In-house Micro Hydro Generator-in-bulb Turbine For Irrigation Draining Pipeline at Huai Kum Dam

ณรงค์ คำพูล[1] สิริวิชญ์ เตชะเจษฎารังษี[2]* และ วีระพล นวลทอง[2]
[1]โรงไฟฟ้าพลังน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
เขื่อนอุบลรัตน์ อำเภออุบลรัตน์ จังหวัดขอนแก่น 40250
[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002
โทร 043 202 845 โทรสาร 043 202 849 *อีเมล์ sirtae@kku.ac.th

Narong Khampool[1] Sirivit Taechajedcadarungsri[2]* Weerapol Nuanthong[2]
[1]Northeastern Region Hydro Power Plant, Electricity Generating Authority of Thailand, Ubolratana Dam Khon Kean 40250 Thailand.
[2]Department of Mechanical Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002 Thailand.
Tel. 0-43202845 Fax 0-43202849 *E-mail sirtae@kku.ac.th

บทคัดย่อ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กทางเลือกพลังงานหมุนเวียนที่ไม่มีวันหมด พลังงานที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ได้มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ การเพิ่มขึ้นและความผันผวนของราคาเชื้อเพลิงได้ส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมและค่าครองชีพ แนวทางการลดผลกระทบของปัญหาพลังงานคือเพิ่มการใช้พลังงานหมุนเวียนที่มีอยู่ในประเทศเพื่อลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงที่ต้องนำเข้า ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการออกแบบเบื้องต้นสำหรับเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็กชนิดกระเปาะ ในการติดตั้งที่ท่อระบายน้ำเพื่อการชลประทานท้ายเขื่อนห้วยกุ่ม ภายใต้เงื่อนไขการติดตั้งจากแหล่งน้ำ ที่มีความสูงของหัวน้ำเฉลี่ย 21 เมตร อัตราการไหล 0.424 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ด้วยการใช้ทฤษฎีทางกลศาสตร์ของไหลในการหาขนาดของเครื่องกังหันน้ำ ที่ความเร็วจำเพาะ 640.92 ความเร็วรอบ 980 รอบต่อนาที และกำลังการผลิตที่ 70 กิโลวัตต์ ซึ่งออกแบบเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดได้ 0.224 เมตร จำนวนใบพัด 5 ใบ ในการออกแบบของกังหันน้ำที่ได้นี้ ถูกนำไปวิเคราะห์โดยระเบียบวิธีทางพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ช่วยในการวิเคราะห์การไหล หามุมของใบพัด ใบบังคับน้ำที่เหมาะสม และหาประสิทธิภาพ ก่อนจะมีการผลิต นำไปติดตั้งและทดสอบการใช้งาน โดยมุมของใบพัดที่ได้คือ 45 องศา มุมใบบังคับน้ำ 23 องศา และประสิทธิภาพที่ได้เป็น 86.35%

Abstract

Small hydro power plant is an alternative solution among others to energy crisis. Currently, majority of energy uses is relied on fossil fuel. Increasing and fluctuating of the fuel prices impact industries and household cost of living. A way to reduce the impact of energy crisis is to increase the use of available renewable energy resources within the country which result in decreasing the use of imported fuel. Therefore, this study is focused on the preliminary designs of in-house micro hydro generator-in-bulb turbine for Irrigation Draining Pipeline at Huai Kum Dam, based on the cost-effective and minimum investment condition. With the average height of water at 21 meters, flow rate at 0.424 cubic meters per second, the turbine was designed to have 0.224 meter in diameter, 5 propellers, 70 kilowatt of power, specific speed at 640.92 and turbine speed at 980 rpm. Analyzed by using computational fluid dynamics (CFD) to improve the blade angle, guide vane angle and turbine performance, the blade angle was 45°, guide vane angle was 23° and efficiency of the turbine was about 86.35%

1. บทนำ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กทางเลือกพลังงานหมุนเวียนที่ไม่มีวันหมด แต่ละปีประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานคิดเป็นมูลค่ากว่า 700,000 ล้านบาท โดยประมาณร้อยละ 80 ของพลังงานเป็นพลังงานที่ได้มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ได้แก่ ถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ การเพิ่มขึ้นและความผันผวนของราคาเชื้อเพลิงได้ส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมและค่าครองชีพ แนวทางการลดผลกระทบของปัญหาพลังงานคือ เพิ่มการใช้พลังงานหมุนเวียนที่มีอยู่ในประเทศเพื่อลดการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงที่ต้องนำเข้า [1-2]

จากการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการติดตั้งระบบผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กท้ายเขื่อนห้วยกุ่ม ด้วยการใช้ประโยชน์จากน้ำที่ระบายผ่านประตูระบายน้ำ (River Outlet) โดย สิริวิชญ์ เตชะเจษฎารังษี และคณะ (2550) [3] พบว่ามีความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยจากการวิเคราะห์พบว่าที่กำลังผลิตติดตั้ง 70 กิโลวัตต์ ราคาโครงการ 1,477,844.00 บาท และด้วยอัตราส่วนลดที่ 6% และ 12% อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนโครงการ 15 ปี เป็น 7.02 และ 5.08

การพัฒนากังหันน้ำขนาดเล็กที่ผลิตเอง (In-house Micro Hydro Turbine) ในการประยุกต์ใช้ในบริเวณที่มีการเก็บกักน้ำที่มีเฮด (Head) ไม่มาก มีความสำคัญต่อการใช้พลังงานของประเทศ เพื่อเป็นการพัฒนาและเพิ่มศักยภาพในการผลิตกังหันน้ำขนาดเล็กของประเทศไทย การออกแบบ ผลิต ติดตั้งและทดสอบกังหันน้ำขนาดเล็กที่ผลิตเองต้นแบบจึงมีความจำเป็นในเบื้องต้น เนื่องจากการสั่งซื้อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากต่างประเทศมีราคาแพงทำให้ต้นทุนในการดำเนินการสูง ในการออกแบบสร้างเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็กในปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยยังคงต้องพึ่งพาเทคโนโลยีและเครื่องมือเครื่องจักร จากต่างประเทศ หรือหน่วยงานภายนอก ทั้งที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ มีเครื่องมือเครื่องจักร รวมถึงมีบุคลากรที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับโรงไฟฟ้า การพัฒนาองค์ความรู้และเพิ่มศักยภาพในการผลิตและพัฒนากังหันน้ำขนาดเล็กที่ผลิตเองภายในองค์กรจึงเป็นประเด็นสำคัญ

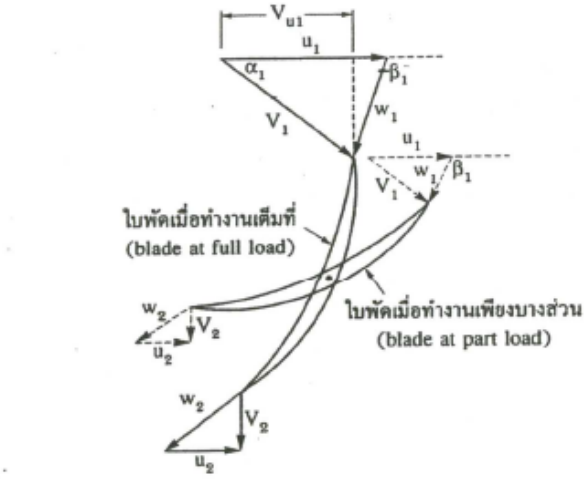
สิ่งที่เป็นประเด็นปัญหาที่สำคัญอีกประเด็นหนึ่งคือระบบส่งกำลังจากกังหันพลังงานน้ำไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของเครื่องกังหันน้ำ ในปัจจุบันยังควรได้รับการพัฒนาปรับปรุงประสิทธิภาพให้ดีขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ได้เพิ่มแนวทางการออกแบบ ปรับปรุงโดยการนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (generator) เข้าไปบรรจุไว้ภายในกระเปาะ (bulb) ซึ่งจะทำให้ลดปัญหาในเรื่องของระบบส่งกำลัง โดยจะมีการส่งกำลังโดยตรง (Direct Coupling) เพื่อลดชิ้นส่วนในระบบส่งถ่ายกำลังจากกังหันน้ำมายังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ลดความสูญเสียและระดับเสียงจากการส่งกำลัง ทั้งนี้กรณีบรรจุเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในกระเปาะ (Generator in Bulb) ได้ถูกนำมาเป็นเงื่อนไขในการวิเคราะห์เชิงคำนวณเพื่อหา มุมใบพัดและประสิทธิภาพที่เหมาะสมของกังหันขนาดเล็กนี้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องกังหันน้ำ Propeller Turbine

เป็นเครื่องกังหันน้ำที่มีการไหลของน้ำเข้าสู่เครื่องกังหันแบบไหลตามแนวแกน เหมาะสำหรับการทำงานภายใต้เฮดของแหล่งจ่ายน้ำที่ไม่สูงมากนัก คือไม่มากกว่า 30 เมตร แต่สามารถทำงานกับอัตราการไหลที่สูงได้ ใบพัดของเครื่องกังหันน้ำชนิดนี้จะยึดติดกับแกนหมุน ทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงมุมของใบพัดได้ตามสภาวะการทำงานที่เปลี่ยนไป โดยเครื่องกังหันน้ำจะทำงานที่ประสิทธิภาพสูงสุดภายใต้สภาวะการทำงานเต็มที่ (Full Load) และประสิทธิภาพจะลดลงหากการทำงานภายใต้สภาวะที่เปลี่ยนไป

ต่อมา วิคเตอร์ คาปลาน (Viktor Kaplan) นักประดิษฐ์ชาวออสเตรียได้คิดปรับปรุงให้ใบพัดของเครื่องกังหันน้ำชนิดโพรเพลเลอร์สามารถปรับมุมใบพัดได้ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาวะการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างเหมาะสม ทำให้การทำงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุดได้ในสภาวะการทำงานที่กว้างขึ้น ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดชื่อเรียกเครื่องกังหันน้ำชนิดโพรเพลเลอร์ที่ปรับมุมของใบพัดได้ใหม่ว่าเครื่องกังหันน้ำชนิด คาปลาน



รูปที่ 1 แสดงลักษณะของมุมของใบพัดเมื่อทำงานเต็มที่และทำงานเพียงบางส่วน ที่มา: [4]

จำนวนใบพัดของเครื่องกังหันน้ำชนิดคาปลานจะอยู่ระหว่าง 4-6 ใบ ซึ่งใบพัดจะยึดติดอยู่กับดุมใบพัด (Hub) การเปลี่ยนมุมใบพัด ซึ่งจะทำให้ไดอะแกรมความเร็วของน้ำที่ไหลเข้าและไหลออกจากใบพัดเปลี่ยนแปลงไป

ตัวแปรที่สำคัญในการออกแบบเครื่องกังหันน้ำผลิตไฟฟ้า คือ ความสูงหัวน้ำ (Pressure head, *H*) และ อัตราการไหล (Volume flow rate, *Q*) ของแต่ละแหล่งน้ำ โดยสามารถผลิตพลังงานออกมาได้เท่ากับ $P = \eta gQH$ (kW) เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพของกังหันน้ำ โดยปกติกังหันน้ำที่ดีจะมีประสิทธิภาพสูงถึง 80 – 90 % อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของกังหันน้ำจะลดลงเป็น 60 – 80 % สำหรับกังหันน้ำที่มีขนาดเล็กลง ($P < 0.1$ MW) [5]

2.2 อัตราส่วนการทำงาน

อัตราส่วนการทำงานเป็นค่าอัตราส่วนเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ซึ่งมีอัตราส่วนที่สำคัญ 3 ค่า คือ

- n คืออัตราส่วนระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดุมใบพัดต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของใบพัด

$$n = \frac{b}{D} \qquad (1)$$

เมื่อ d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดุมใบพัด (m), D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกใบพัด (m)

- อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่กังหันน้ำคำนวณได้จาก

$$Q = \frac{\pi}{4} \left(D^2 - d^2\right) V_f$$

$$Q = \frac{\pi}{4} \left(D^2 - d^2\right) \psi \sqrt{2gH}$$

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \left(1 - n^2\right) \psi \sqrt{2gH} \quad (2)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่เครื่องกังหันน้ำ (m^3/s), ψ = อัตราส่วนการไหล มีค่าประมาณ 0.70, H = ความสูงของแหล่งน้ำที่จ่ายให้แก่เครื่องกังหันน้ำ (m), n= อัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลาง มีค่าประมาณ 0.35-0.60

- ความเร็วของใบพัด u จะแปรเปลี่ยนไปตามรัศมีของตำแหน่งที่ต้องการหาความเร็ว จากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปยังขอบของใบพัด ซึ่งจะมีความเร็วสูงสุด คำนวณได้จาก

$$u = \frac{\pi DN}{60} \quad (3)$$

เมื่อ N = ความเร็วรอบ (rpm)

2.3 ขั้นตอนและตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ

ในการออกแบบกังหันน้ำชนิด Kaplan เพื่อให้สามารถผลิตกำลัง P มีความเร็วในการหมุน N โดยมีเฮดสุทธิที่ทางเข้าของเครื่องกังหันน้ำ H จะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- หาอัตราการไหล Q จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$\eta_0 = \frac{P}{\gamma QH} \quad (4)$$

เมื่อ η_0 = ประสิทธิภาพรวมของเครื่องกังหันน้ำ (ไม่มีหน่วย), P = กำลังที่เครื่องกังหันน้ำผลิตได้ (W), Q = อัตราการไหลของน้ำเข้าสู่เครื่องกังหันน้ำ (m^3/s), γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ มีค่าเท่ากับ 9810 N/m^3, H = เฮดสุทธิที่ทางเข้าของเครื่องกังหันน้ำ (m)

- หาความเร็วของการไหลในแนวรัศมีจากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$Q = K\pi DbV_f \quad (5)$$

หรือจัดรูปสมการใหม่เพื่อหา V_f ได้ดังนี้

$$V_f = \frac{Q}{K\pi Db} \quad (6)$$

เมื่อ K = สัมประสิทธิ์ความหนาของใบพัด แนะนำให้ใช้ 0.95, D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัด (m), b = ความกว้างของใบพัด (m), V_f = ความเร็วของการไหลในแนวรัศมี (m/s)

หรือจะใช้สมการต่อไปนี้ในการหาความเร็วของการไหลในแนวรัศมี

$$Q = K\pi nD^2 V_f \quad (7)$$

โดยสามารถจัดรูปสมการใหม่เพื่อหา V_f ได้ดังนี้

$$V_f = \frac{Q}{K\pi nD^2} \quad (8)$$

เมื่อ $n = \frac{b}{D}$

- การหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดได้จากความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$V_f = \psi\sqrt{2gH} = \frac{Q}{K\pi nD^2} \quad (9)$$

จัดรูปใหม่เพื่อหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

$$D = \sqrt{\frac{Q}{\psi K\pi n\sqrt{2gH}}} \quad (10)$$

- หาความเร็วในแนวสัมผัสของขอบใบพัด u_1 และองค์ประกอบความเร็วของการไหลของน้ำในแนวสัมผัส V_{u1} จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$u_1 = \frac{\pi D_1 N}{60} \quad (11)$$

และ $$\eta_{hyd} = \frac{u_1 V_{u_1}}{gH} \quad (12)$$

เมื่อ η_{hyd} = ประสิทธิภาพชลศาสตร์ของเครื่องกังหันน้ำ, u_1 = ความเร็วในแนวสัมผัสของใบพัด (m/s) V_{u_1} =องค์ประกอบความเร็วของการไหลของน้ำในแนวสัมผัส (m/s), H = เฮดสุทธิที่ทางเข้าของเครื่องกังหันน้ำ (m) จัดรูปสมการ (12) ใหม่ เพื่อหา V_{u_1} ได้ดังนี้

$$V_{u_1} = \frac{\eta_{hyd} gH}{u_1} \quad (13)$$

- ใช้ไดอะแกรมความเร็วที่ทางเข้าของใบพัดในการหามุมของใบบังคับทิศทาง α_1 และมุมของใบพัด β_1 ได้จากสมการ

$$\tan\alpha_1 = \frac{V_{f1}}{V_{u1}} \quad (14)$$

และ $$\tan\beta_1 = \frac{V_{f1}}{V_{u1} - u_1} \quad (15)$$

- กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ทางออกของใบพัดมีขนาดเป็นครึ่งหนึ่งของทางเข้า

$$D_2 = 0.5D_1 \text{ และ } u_2 = 0.5u_1 \quad (16)$$

- จากสมการความต่อเนื่อง

$$Q = K_1 \P D_1 b_1 V_{f1} = K_2 \P D_2 b_2 V_{f2} \quad (17)$$

จัดรูปสมการใหม่

$$\frac{V_{f1}}{V_{f2}} = \frac{K_1 \P D_1 b_1}{K_2 \P D_2 b_2} \quad (18)$$

โดยกำหนดให้ D_2 = 0.5D_1, V_{f1} =V_{f2} และ K_1= K_2 ดังนั้นจากการแทนค่าในสมการ (18) พบว่า

$$b_2 = 2b_1 \quad (19)$$

- กำหนดให้น้ำไหลออกจากใบพัดในแนวรัศมี ($\alpha_2 = 90^0$) ดังนั้นจะสามารถหามุมของใบพัดที่ทางออก β_2 ได้จากสมการ

$$\tan\beta_2 = \frac{V_{f2}}{u_2} \quad (20)$$

2.4 ความเร็วจำเพาะของเครื่องกังหันน้ำ

ตัวแปรที่สำคัญตัวหนึ่งของเครื่องกังหันน้ำคือ ความเร็วจำเพาะ (Specific Speed, N_s) ซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้ในการกำหนดคุณลักษณะต่างๆของเครื่องกังหันน้ำในการออกแบบ โดยมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่างๆ ดังนี้

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{H^{5/4}} \quad (21)$$

เมื่อ Ns = ความเร็วจำเพาะ, N = ความเร็วรอบ (rpm), P = กำลัง (kW), H = เฮดใช้งาน (m) โดยค่าของความเร็วจำเพาะสำหรับเครื่องกังหันน้ำชนิดต่างๆ แสดงในตาราง 1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ความเร็วจำเพาะสำหรับกังหันน้ำชนิดต่างๆ

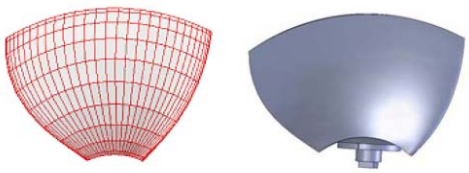
ชนิดของเครื่องกังหันน้ำ	ช่วงของความเร็วจำเพาะที่เหมาะสม
เครื่องกังหันน้ำชนิดเพลตัน (ลำน้ำเดี่ยว)	8.5-30
เครื่องกังหันน้ำชนิดเพลตัน (หลายลำน้ำ)	30-50
เครื่องกังหันน้ำชนิดฟรานซิส (H<370m)	50-340
เครื่องกังหันน้ำชนิดคาปลาน (H<60m)	250-1025

(ที่มา :[6])

3. การออกแบบ

3.1 การออกแบบรูปทรงใบพัด

การออกแบบรูปทรงของใบพัด โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาความเหมาะสมในการติดตั้งใช้งานที่ท่อระบายน้ำเพื่อการชลประทานท้ายเขื่อนห้วยกุ่ม ซึ่งมีตัวแปรที่สำคัญคือความสูงของหัวน้ำเฉลี่ย 21 m อัตราการไหล 0.424 m^3/s [7] โดยกำหนดความเร็วรอบของกังหันน้ำที่ 980 rpm และกำลังการผลิตที่ได้ 70 kW เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดได้ 0.224 m (D) และได้ *r* คือระยะรัศมี *c* คือความยาวคอร์ด (chord length) มุมพิทช์ (Pitch angle) ทำมุมกับแนวเส้นรอบวง *t* คือความหนา (Thickness) และ *f* คือระยะแคมเบอร์ (Camber)



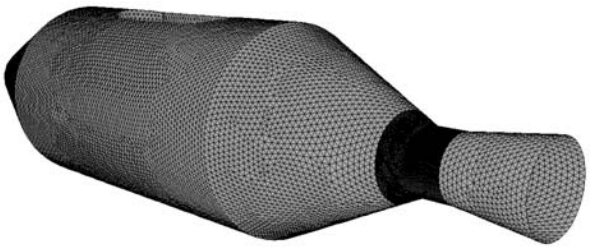
ภาพที่ 2 รูปทรงใบพัดกังหัน [4]

การกำหนดจุดกึ่งกลางคอร์ดของแต่ละหน้าตัด ทำได้ด้วยการกำหนดระยะสกูว์ (Skew) เมื่อได้รูปร่างใบพัดกังหัน และรูปร่างของกังหันน้ำแล้วอย่างคร่าวๆ แล้ว จากนั้นทำการออกแบบกังหันน้ำ ให้เป็นไปตามเงื่อนไขการใช้งาน รูปที่ 2 แสดงรูปร่างใบพัดกังหัน ที่ได้จากการขึ้นรูปจากโปรแกรมช่วยออกแบบ ซึ่งจะนำไปใช้ในโปรแกรมคำนวณเชิงตัวเลขอีกครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 3

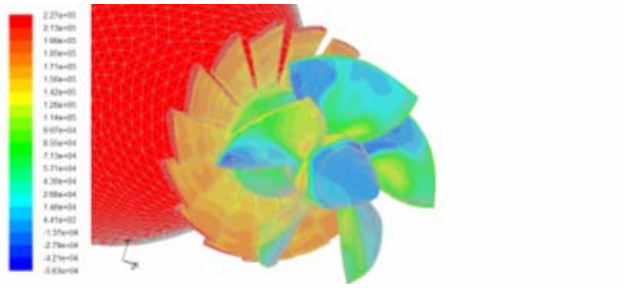
รูปที่ 3 รูปร่างของกังหัน

3.2 การวิเคราะห์เชิงคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล (CFD)

หลังจากออกแบบและกำหนดรูปทรงใบพัดและและรูปร่างของกระเปาะ (Generator-in-Bulb Casing) ของเครื่องกังหันพลังน้ำแล้ว ได้ทำการจำลองการไหลที่เกิดขึ้นด้วยระเบียบวิธีวิเคราะห์เชิงคำนวณทางพลศาสตร์ของไหล จากผลการจำลองจะได้ผลของสนามความเร็วและการกระจายความดันที่เกิดขึ้นในโดเมนของเครื่องกังหันน้ำ ซึ่งจะใช้ผลดังกล่าววิเคราะห์หาสมรรถนะและประสิทธิภาพเชิงกลศาสตร์การไหลของชุดกังหัน ด้วยวิธีการจำลองนี้ช่วยให้สามารถกำหนดตำแหน่งมุมของใบนำร่อง (guide vane) และใบพัดที่เหมาะสม ที่จะทำให้เครื่องกังหันพลังน้ำมีสมรรถนะและประสิทธิภาพสูงสุด รวมถึงทำให้ทราบถึงขนาดแรงกระทำที่เกิดขึ้นบนชิ้นส่วนของเครื่องกังหันพลังน้ำ ซึ่งจะใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนให้มีความแข็งแรงเพียงพอ ไม่เกิดความเสียหายต่อไป



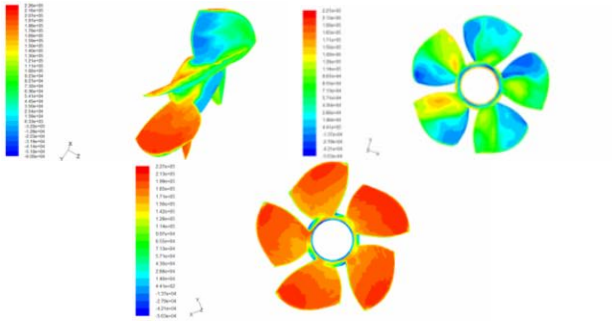
รูปที่ 4 โดเมนของ Bulb case และ Guide vane
โดเมนของ Runner และโดเมนของ Draft tube



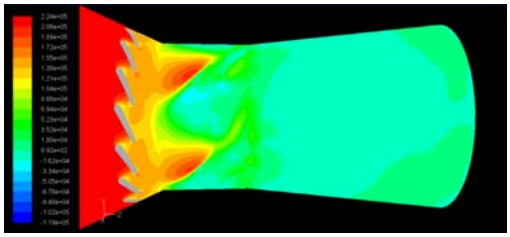
รูปที่ 5 การเมช (mesh) โดเมนต่างๆ

3.3 ผลการคำนวณ

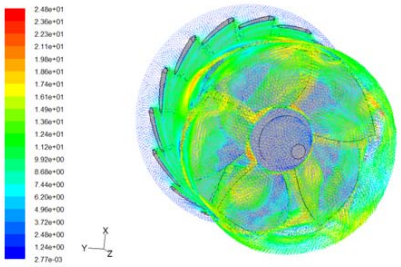
การศึกษาในครั้งนี้ในโปรแกรมสำเร็จรูป Fluent ช่วยในการจำลองการหาตำแหน่งองศาที่เหมาะสมของใบนำร่องที่จำนวน 16 ใบและใบพัด (Runner Blade) ที่ 5 ใบ โดยวิเคราะห์ในส่วนที่เคลื่อนที่ (Moving zone) ทั้งหมด ซึ่งผลจากการคำนวณมุมของใบพัดที่ได้คือ 45 องศา มุมใบบังคับน้ำ 23 องศา และประสิทธิภาพที่ได้เป็น 86.35% ดังแสดงในภาพที่ 6, 7 ซึ่งแสดงค่าของความดันและลักษณะการไหล



รูปที่ 6 แสดงค่าของความดันที่กระทำกับ Runner Blade



รูปที่ 7 แสดงลักษณะการไหลของน้ำ



รูปที่ 8 ใช้ CFD for analysis of fluid flow in the Micro Hydro Bulb turbine

4. สรุป

การออกแบบกังหันน้ำ ใบพัดกังหันเป็นชิ้นส่วนที่มีความสำคัญสำหรับการเปลี่ยนพลังงานจลน์ให้อยู่ในรูปพลังงานกล รูปทรงของใบพัดกังหันจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับสภาวะการไหลและความสูงหัวน้ำของแต่ละแหล่งน้ำ โดยอาศัยทฤษฎีทางด้านเครื่องจักรกลของไหลร่วมกับโปรแกรมที่ช่วยในการกำหนดรูปร่างของใบพัดเบื้องต้นและใช้ระเบียบวิธีวิเคราะห์เชิงตัวเลข วิเคราะห์การกระจายตัวของความดันบนใบพัด ทำให้สามารถหาค่ากำลังที่ผลิตได้จากใบพัดที่ได้ออกแบบโดยความสูงของหัวน้ำเฉลี่ย 21 เมตร อัตราการไหล 0.424 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และใช้ทฤษฎีทางกลศาสตร์ของไหลในการหาขนาดของเครื่องกังหันน้ำ และกำลังการผลิตที่ 70 กิโลวัตต์ เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดได้ 0.224 เมตร จำนวนใบพัด 5 ใบ ซึ่งการผลการวิเคราะห์พบว่ามุมของใบนำร่องที่เหมาะสมคือ 23 องศา และมุมของใบพัดที่เหมาะสมคือ 45 องศา ที่ความเร็วรอบ 980 rpm ซึ่งให้กำลังสูงสุด และประสิทธิภาพที่ได้เป็น 86.35% นอกจากนั้นเพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงตัวเลขจึงได้นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบเขียนแบบและนำไปผลิต โดยจะนำไปติดตั้งทดสอบการทำงานจริงที่ท่อระบายน้ำเพื่อการชลประทาน เขื่อนห้วยกุ่ม จ.ชัยภูมิ ในโอกาสต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] อีคอนนิวส์, “โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ทางเลือกพลังงานหมุนเวียนที่ไม่มีวันหมด” ฉบับที่ 474 ประจำเดือน ตุลาคม 2549

[2] สุรวุฒิ ประดิษฐานนท์, “ไฟฟ้าพลังน้ำ: ศักยภาพ อนาคตและโอกาส” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5 พ.ศ. 2552

[3] สิริวิชญ์ เตชะเจษฎารังษี และคณะ, “การศึกษาความเป็นไปได้ในการติดตั้งไมโครเทอร์ไบน์พลังงานน้ำบริเวณทางระบายน้ำเขื่อนห้วยกุ่ม”, รายงานโครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่างการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี พ.ศ. 2550

[4] ยอดชาย เตียเปี้ น และคณะ“การออกแบบรูปทรงใบพัดสำหรับเครื่องกังหันพลังน้ำขนาดเล็กชนิดไหลในแนวแกน” Blade Shape Design for Small Axial Flow Hydro Turbine, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 22 พ.ศ.2551

[5] ประเสริฐ อินทับ, “ขนาดกำลังผลิตที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กระดับหมู่บ้านใน เขตภาคเหนือของประเทศไทย.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546

[6] Yodchai Tiaple and Udomkiat Nontakaew, “The Development of Bulb Turbine for Low Head Storage Using CFD Simulation”, NRCT projects

[7] ยอดชาย เตียเปี้น และคณะ “การทดสอบและการจำลองเครื่องกังหันน้ำขนาดเล็ก” Testing and Numerical Simulation of Small Hydro Turbine, การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21 พ.ศ.2550