การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันน้ำและเซลล์แสงอาทิตย์ พิกัดสูงสุด 5กิโลวัตต์ สำหรับอาคารเรียนในพื้นที่ห่างไกล

Design of 5 kW with Hydro Turbine and Photovoltaic Power Station for School Building

ไตรรัตน์ ปะทิ* ณฐภัทร พันธ์คง กฤษณ์ชนม์ ภูมิกิตติพิชญ์ สุรินทร์ แหงมงาม
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์: 02-549-3571 โทรสาร: 02-549-3422
E-mail: krischonme.b@en.rmutt.ac.th,someone_2527@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความฉบับนี้นำเสนอการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้ากระแสสลับแบบผสมผสานจากกังหันน้ำและเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดพิกัดสูงสุด 5 kW สำหรับการติดตั้งจริงเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารเรียนพระราชทานในพื้นที่โรงเรียนบรรณโศภิษฐ์ จ.น่านในช่วงเวลาทำการเรียนการสอนประมาณ 8 ชั่วโมง โดยพลังงานที่ได้จากน้ำและแสงอาทิตย์จะเป็นต้นกำลังเพื่อผลิตและจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดโดยตรงและถ้ามีพลังงานเหลือก็จะนำไปประจุไว้ที่แบตเตอร์รี่ เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดอาคารเรียนตลอดเวลา การออกแบบใช้การผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดกังหันน้ำทำงานร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์จะทำให้ระบบมีความเสถียรภาพมากยิ่งขึ้น และยังสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านค่าไฟฟ้าได้อีกด้วยเนื่องจากพลังงานจากน้ำและพลังงานจากแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานได้เปล่า ไม่มีต้นทุนค่าเชื้อเพลิงและยังเป็นพลังงานทดแทนในอนาคตที่ไม่มีการทำลายธรรมชาติสามารถช่วยลดการนำเข้าพลังงานไฟฟ้าของประเทศ ระบบไฟฟ้าที่ออกแบบในงานวิจัยนี้จะถูกควบคุมแบบอัตโนมัติ และใช้โปรแกรมHommerจำลองการออกแบบและวิเคราะห์ระบบก่อนการนำไปก่อสร้างระบบจริงโดยที่ผลวิเคราะห์จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบที่ออกแบบสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าเพื่อจ่ายโหลดได้ตามพิกัดที่ออกแบบและหากจะมีการเพิ่มขีดความสามารถของระบบผลิตนี้ให้สูงขึ้นต้องอาศัยแหล่งต้นกำลังผลิตไฟฟ้าจากแหล่งอื่นมาต่อเพิ่มให้กับระบบ

คำสำคัญ: กังหันน้ำ, เซลล์แสงอาทิตย์, โปรแกรมHommer

ET042

1. บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันพลังงานที่มีใช้อยู่เข้าสู่สภาวะลดลงอย่างรวดเร็วถึงบางพื้นที่ถึงขั้นขาดแคลนจึงเป็นเหตุทำให้มีราคาสูง ส่งผลกระทบโดยตรงกับกลไกการพัฒนาประเทศ รวมทั้งก่อให้เกิดปัญหาการเกิดสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน พลังงานทดแทนจากแหล่งต่างๆได้ถูกคิดค้นและนำมาใช้เพื่อทดแทนพลังงานหลักเช่นพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล เป็นต้น พลังงานทดแทนต่างๆ เหล่านี้ได้ถูกนำมาใช้งานกันบางส่วนแล้ว แต่ก็มีข้อจำกัดอยู่ที่พลังงานเหล่านี้ไม่มีประสิทธิภาพสูงพอที่จะจ่ายกำลังให้กับโหลดอย่างต่อเนื่อง เหตุเพราะพลังงานทดแทนไม่มีความแน่นอนและไม่สามารถที่จะไปควบคุมธรรมชาติได้

ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานน้ำและพลังงานแสงอาทิตย์แบบมีแบตเตอรี่สำรองขึ้นมา (Micro Hydro Turbine - PV-Battery - Hybrid System) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ในต่างประเทศได้มีการพัฒนาและใช้มาในระยะหนึ่งแล้วและยังคงพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน แต่ในต่างประเทศการออกแบบจะเป็นแบบเฉพาะทางซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งในด้านภูมิประเทศ การใช้งานและลักษณะของระบบไฟฟ้า การที่จะนำระบบผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดจ์จากต่างประเทศมาใช้ในประเทศไทยจึงไม่เหมาะสมด้านภูมิศาสตร์และสภาพแวดล้อม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวิจัยและพัฒนาสร้างระบบที่เหมาะสมกับ

ประเทศไทยในแต่ละพื้นที่ขึ้นมา ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานเป็นการรวมเอาพลังงานน้ำและพลังงานแสงอาทิตย์รวมทั้งแบตเตอรี่ด้วยกัน ระบบผลิตไฟฟ้าแบบไฮบริดจ์แบบขนาน(Parallel Hybrid System) จะเป็นแบบที่เลือกนำมาใช้ในการออกแบบ การทำงานคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกังหันน้ำสามารถจ่ายไฟฟ้าให้กับภาระทางไฟฟ้าได้โดยตรง แผงเซลล์แสงอาทิตย์และระบบแบตเตอรี่ต่ออนุกรมเข้ากับเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง (Bi-Directional Inverter) ซึ่งต่อเข้ากับภาระทางไฟฟ้า ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำ ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ถูกประจุให้กับแบตเตอรี่ ไฟฟ้าที่เหลือจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซลถูกประจุเข้าแบตเตอรี่โดยเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง การออกแบบระบบผลิตพลังงานทดแทนในงานวิจัยนี้ได้เลือกพื้นที่ในการศึกษาเป็นโรงเรียนระดับประถมศึกษาขนาดกลาง ซึ่งเป็นโรงเรียนในเขตพื้นที่ห่างไกลและยังเป็นโรงเรียนที่ได้อยู่ในโครงการโรงเรียนพระราชทาน ซึ่งสภาพพื้นที่ของโรงเรียนอยู่ติดกับแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีปริมาณน้ำไหลผ่านตลอดทั้งปี มีการกักเก็บน้ำไว้ใช้ในงานเกษตรกรรมจึงมีผลพลอยได้ในการนำน้ำมาเป็นพลังงานผลิตไฟฟ้า

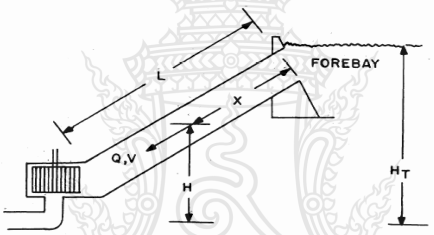
2. การศึกษาข้อมูลระบบ

การศึกษาข้อมูลในการออกแบบระบบจะต้องมีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานทางกายภาพของพื้นที่ในการออกแบบโดยที่ต้องมีข้อมูลการใช้พลังงานโหลดไฟฟ้า ข้อมูลพิกัดของที่ตั้ง แหล่งพลังงานน้ำที่จะสามารถนำมาผลิตไฟฟ้า โดยที่ข้อมูลจะนำมาบันทึกค่าในโปรแกรม Hommer เพื่อใช้ในการช่วยออกแบบระบบและจำลองการทำงานของระบบที่สร้างขึ้น

2.1 ระบบพลังงานน้ำ

การประยุกต์ใช้พลังงานจากน้ำที่อยู่ในแหล่งกักเก็บที่อยู่สูงอย่างเช่นน้ำตกหรือเขื่อนซึ่งน้ำสะสมพลังงานอยู่ในรูปของพลังงานศักย์นั้น

$$E_p = mgH \tag{1}$$



รูปที่ 1 โมเดลสมการเครื่องกำเนิดฟ้าพลังน้ำ

1. Velocity of Water (m/s) $$U_r = \frac{Flowrate}{Pipearea} \tag{2}$$

2. Water Starting Time (S) $$T_w = \frac{L \cdot U_t}{a_g \cdot H_r} \tag{3}$$

3. Classical Transfer Function $$\frac{puAP_m}{puAG} = \frac{T - T_w s}{1 + 0.705s} \tag{4}$$

4. Turbine Gain $$A_t = \frac{1}{g_{FLl} - g_{NL}} \tag{5}$$

5. Power Turbine $$\vec{P}_r = \frac{TurbineRate(MW)}{MVA_{Base}} \tag{6}$$

2.2 ระบบพลังงานแสงอาทิตย์(Photovoltaic)

เซลล์แสงอาทิตย์ คือสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเลคทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงและไฟฟ้าที่ได้นั้นจะเป็นกระแสตรง (Direct Current) จัดว่าเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่ง (Renewable Energy) สะอาดและไม่สร้างมลภาวะใดๆ ขณะใช้งาน เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน

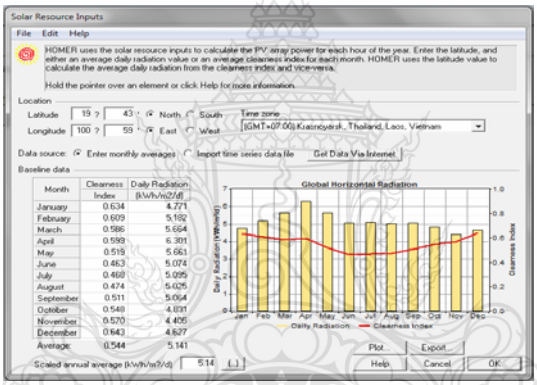
$$p_{peak} = \frac{E_{el} \cdot I_{STC}}{E_{glob} \cdot Q} \tag{7}$$

ตารางที่1 แสดงค่าประกอบคุณภาพ(Quality Factor)

System	*Q*
PV module (Crystalline)	0.85…0.95
PV array	0.80…0.90
PV system (Grid-connected)	0.60…0.75
PV system (Stand-alone)	0.10…0.40
Hybrid system (PV/Diesel)	0.40…0.60

3. การออกแบบด้วยโปรแกรม Hommer

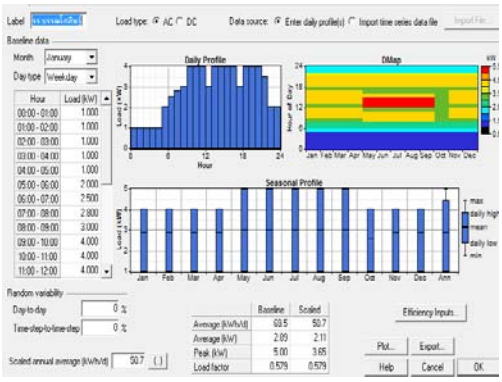
ในการออกแบบระบบดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นค่าข้อมูลโหลดจริงเพื่อที่จะนำมาใช้เป็นโหลดโปรไฟล์แล้วให้โปรแกรมประมวลผลการทำงาน ในส่วนการออกแบบระบบและจำลองการทำงานของระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจะต้องทราบข้อมูลอัตราไหลของแหล่งน้ำ ความสูงของหัวน้ำ เพื่อนำค่ามาป้อนเป็นข้อมูลในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า สำหรับข้อมูลเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะต้องทราบพิกัดของพื้นที่ตั้งโครงการตามพิกัดที่ตั้งจริงในแผนที่เพื่อให้แสดงตามความสามารถในการผลิตไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ให้สัมพันธ์กับโหลดไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา



รูปที่ 2 ฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่โดยโปรแกรมHommer

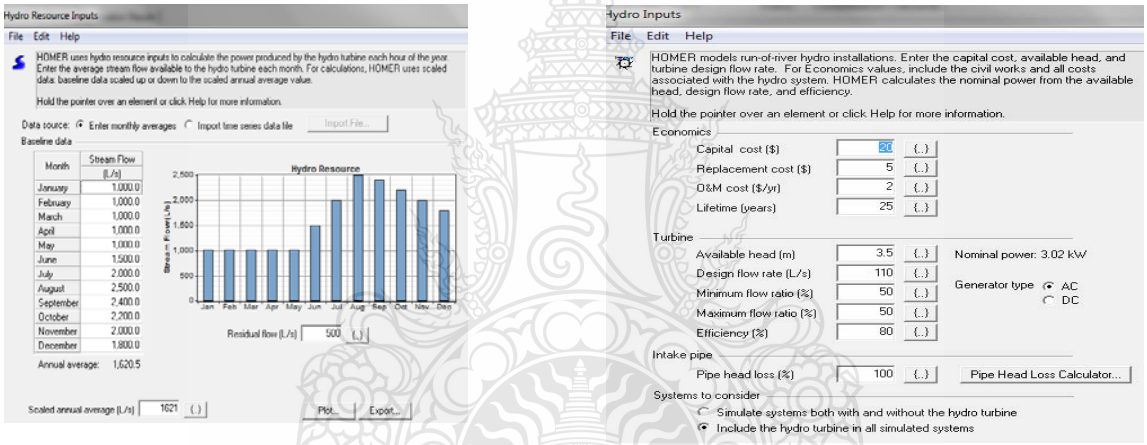
จากข้อมูลพิกัดที่ตั้งของงานวิจัยอยู่ที่ละติจูด19.43องศา ลองติจูด100.59ฟิลิปดา โดยที่ข้อมูลศักยภาพในแต่ละพื้นที่จะให้ค่าเฉลี่ยไม่เท่ากันและจะให้ศักยภาพสำหรับนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้า เพื่อจ่ายให้โหลดมีการใช้โหลดเฉลี่ย5.14kWhr/day ซึ่งศักยภาพของแหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์ในพื้นที่ดังแสดงในรูปที่2 แสดงให้เห็นว่าสามารถนำมาเป็นต้นกำลังพลังงานเพื่อผลิตไฟฟ้าได้ตลอดปี ซึ่งในเดือนเมษายนของทุกปีจะได้ค่าสูงสุดค่าเฉลี่ยพลังงาน6.3kwh/day และค่าต่ำสุดอยู่ที่เดือนพฤศจิกายนได้ค่าเฉลี่ยพลังงาน 4.2kwh/day การที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์จึงสามารถเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม

ข้อมูลการใช้กำลังไฟฟ้าของโหลดในแต่ละช่วงเวลานั้นจะต้องมีข้อมูลครบทุกวันซึ่งจะบันทึกและรวบรวมเก็บไว้เป็นข้อมูลรายเดือนและข้อมูลรายปีต่อไป ซึ่งข้อมูล Daily Profile จะแสดงค่ากราฟความต้องการโหลดซึ่งค่าที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้optimization ได้ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ 50.7kwh/day ค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละวัน 3.65kw



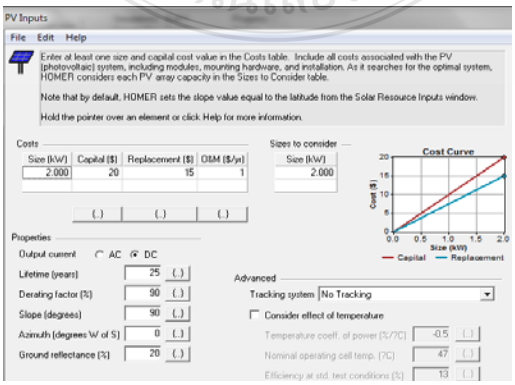
รูปที่ 3 Load Profile ในงานวิจัย

ภายใต้เงื่อนไขงานวิจัยที่จะต้องใช้พลังงานน้ำร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ ข้อมูลพลังงานน้ำที่จะเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งที่ใช้ในการออกแบบระบบโดยที่ค่าอัตราการไหลของน้ำและอัตราความสูงของหัวน้ำที่ใช้กักเก็บน้ำให้อยู่ในรูปพลังงานศักย์แล้วปล่อยพลังน้ำไหลลงโดยที่พารามิเตอร์เหล่านี้จะเป็นข้อมูลที่จำเป็นมากที่สุดเนื่องจากเป็นเป็นตัวต้นกำลังให้พลังงานขับเคลื่อนใบพัดเครื่องกำเนิดพลังงานน้ำ



รูปที่ 4 ข้อมูลที่โปรแกรมช่วยจำลองพลังงานของน้ำสำหรับนำมาผลิตไฟฟ้า

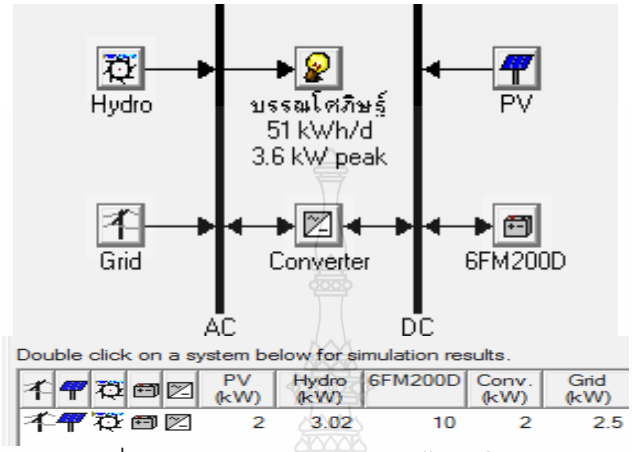
จากข้อมูลที่โปรแกรมได้Optimization ทำให้สามารถออกแบบขนาดพิกัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำและพิกัดขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในงานวิจัย และเมื่อนำมาเชื่อมต่อกับระบบให้ทำงานร่วมกันจะทำให้ระบบที่ออกแบบนั้นเกิดเสถียรภาพสูงขึ้นกว่าการที่เลือกใช้ต้นกำลังชนิดเดียว ดังแสดงในรูปที่5 โดยที่ระบบที่ออกแบบเป็นแบบผสมผสานกัน



รูปที่ 5 การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์

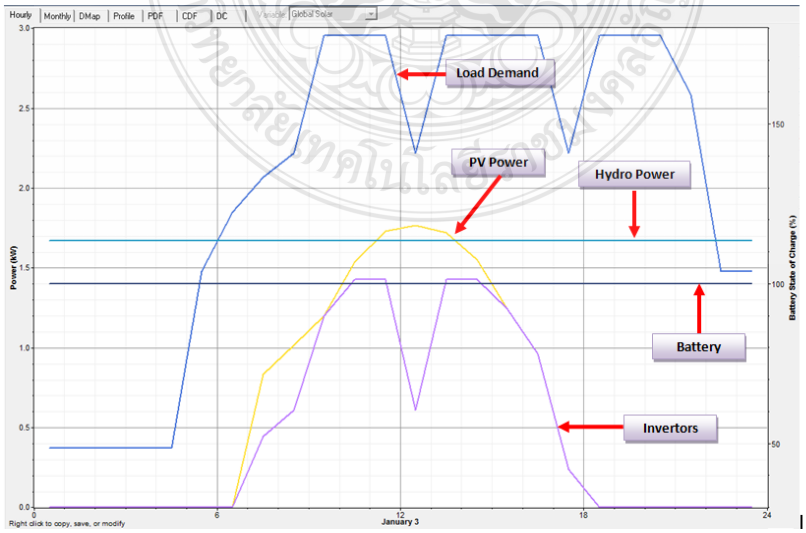
4.ผลการออกแบบระบบ

การออกแบบระบบโดยที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบทำให้สามารถจำลองผลการออกแบบ ซึ่งโปรแกรมที่เลือกใช้เป็นโปรแกรมสำเร็จรูป การออกแบบระบบจะต้องมีข้อมูลจริงต่างๆในพื้นที่ หากข้อมูลที่นำมาป้อนค่าในโปรแกรมไม่ถูกต้องจะส่งผลทำให้ค่าที่โปรแกรมได้วิเคราะห์นั้นคลาดเคลื่อนไป ในการวิเคราะห์สมรรถนะของต้นกำลังพลังงานทดแทนสามารถปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ต้นกำลังสำหรับผลิตไฟฟ้าให้ได้ตามที่ต้องการและช่วยให้สามารถกำหนดคุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ(Hydro Turbine), ขนาดแผงเซลล์แสงอาทิตย์(Solar Cell) ,แบตเตอร์รี่สำรองพลังงานของระบบ,คอนเวอเตอร์(Convertor)และค่าองค์ประกอบรวมต่างๆของระบบ



รูปที่ 6 ผลการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าในงานวิจัย

ระบบที่ได้จำลองจากโปรแกรม Hommer จะพบว่าในเวลากลางวันเมื่อมีพลังงานแสงอาทิตย์จากธรรมชาติกระทบกับเซลล์แสงอาทิตย์จะสามารถผลิตกำลังไฟฟ้าประจุไว้กับแบตเตอรี่ที่ใช้เก็บสำรองพลังงานและส่วนหนึ่งก็จะมีพลังงานไฟฟ้าจากกังหันน้ำมาช่วยประจุพลังงานไฟฟ้า ในเวลากลางวันเซลล์แสงอาทิตย์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำจะเป็นต้นกำลังหลัก (Primary Source)จ่ายโดยตรงให้กับโหลดและหากมีพลังงานเหลือก็จะนำพลังงานไปประจุเก็บไว้กับแบตเตอร์รี่สำรองเก็บไว้ และในเวลากลางคืนจะใช้พลังงานจากแบตเตอร์รี่มาแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับจ่ายให้กับโหลดโดยตรง ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่าโหลดไฟฟ้าในเวลากลางคืนส่วนใหญ่จะเน้นหนักไปที่โหลดแสงสว่างซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าไม่มากนัก สามารถจ่ายโหลดได้อย่างมีประสิทธิภาพและพลังงานน้ำก็จะเป็นต้นกำลังหลักได้ตลอดวันหากมีการควบคุมการปล่อยน้ำตลอด24ชั่วโมงและเพียงพอกับความต้องการของโหลดที่เป็นระบบที่เป็นแสงสว่างและโหลดไฟฟ้ากำลังพื้นฐานที่ไม่ต้องการคุณภาพทางไฟฟ้ามากนัก



รูปที่7 กราฟแสดงความสามารถในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลา24ชั่วโมง

5. สรุป

จากการออกแบบทำให้สามารถหาขนาดของแผงเซลล์แต่ละชนิดและอุปกรณ์ประกอบหลักของระบบคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำพิกัด3,000w โดยแบ่งเป็น3ตัวๆละ1,000w และเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกผสมขนาด 2kW เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแบบสองทาง(bi-directional inverter) และแบตเตอรี่พิกัดแรงดันไฟฟ้า12V,200Ah จำนวน 10 ลูก

ความสามารถในการผลิตกำลังไฟฟ้าช่วยจ่ายให้กับอาคารเรียนตลอด24ชั่วโมงได้ค่าจากการผสานระบบระหว่างพลังงานน้ำร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์ได้ค่าเฉลี่ยประมาณ3กิโลวัตต์เมื่อถูกนำไปจ่ายโหลดสามารถทำการจ่ายโหลดอย่างต่อเนื่องได้ตลอดทั้งวัน ทั้งนี้เพราะได้มีการนำโปรแกรมมาช่วยในการออกแบบและจำลองการทำงานของระบบเสมือนจริง และนอกจากนั้นยังมีพลังงานไฟฟ้าที่เหลือจากการใช้งานมาประจุสำรองไว้ในแบตเตอร์รี่เพื่อนำมาเป็นแหล่งจ่ายเสริมในกรณีที่เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตกำลังได้ไม่เพียงพอ หากในอนาคตอาคารเรียนมีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นต้องทำการออกแบบใหม่โดยเพิ่มแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนแบบอื่นเช่นการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำหรือเพิ่มแผงเซลล์แสงอาทิตย์

การออกแบบสร้างระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานมีความแตกต่างกันทั้งในด้านภูมิประเทศ การใช้งานและลักษณะของระบบไฟฟ้าการที่จะนำระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากต่างประเทศมาใช้ในประเทศไทยจึงไม่เหมาะสมจากสภาพภูมิศาสตร์และสภาพแวดล้อม ระบบที่เหมาะสมกับประเทศไทยนั้นจะขึ้นมาตามความสามารถของศักยภาพพลังงานทดแทนของพื้นที่นั้นๆและในอนาคตหลังจากการออกแบบระบบแล้วจะถูกนำไปสร้างระบบจริง เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะเปรียบเทียบอีกครั้งเพื่อจะให้งานวิจัยนี้เป็นต้นแบบของการนำพลังงานทดแทนมาใช้ผลิตไฟฟ้าใช้ในโรงเรียนตามโครงการพระราชดำริต่อไป

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยและทีมนักวิจัยรุ่นใหม่PSRCที่เข้าร่วมเดินทางช่วยเหลือการเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] ไพฑูรย์ เหล่าดี และคณะ “ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดจิ๋ว: กรณีศึกษาบ้านท่าแปน หลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว” การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 1 พ.ศ.2548

[2] ชัยนุสนธ์ เกษตรพงศ์ศาลและจอมภพ แววศักดิ์ “การจำลองระบบสูบน้ำแบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมโดยโปรแกรม TRNSYS 16.01” การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 19 พ.ศ.2552

[3] Helena RAMOS and A.Betâmio de ALMEIDA “Small Hydropower Schemes As An Important Renewable Energy Source” France, 2000

[4] Joseph Kenfack “Micro hydro-PV-hybrid system: Sizing a small hydro-PV-hybrid system for rural electrification in Developing countries” Renewable Energy 34 (2009) 2259–2263

[5] Florina Leach “Didactic Platform for the Study of Hybrid Wind-Hydro Power Plants” ELECTROMOTION 2009 – EPE Chapter ‘Electric Drives’ Joint Symposium, 1-3 July 2009