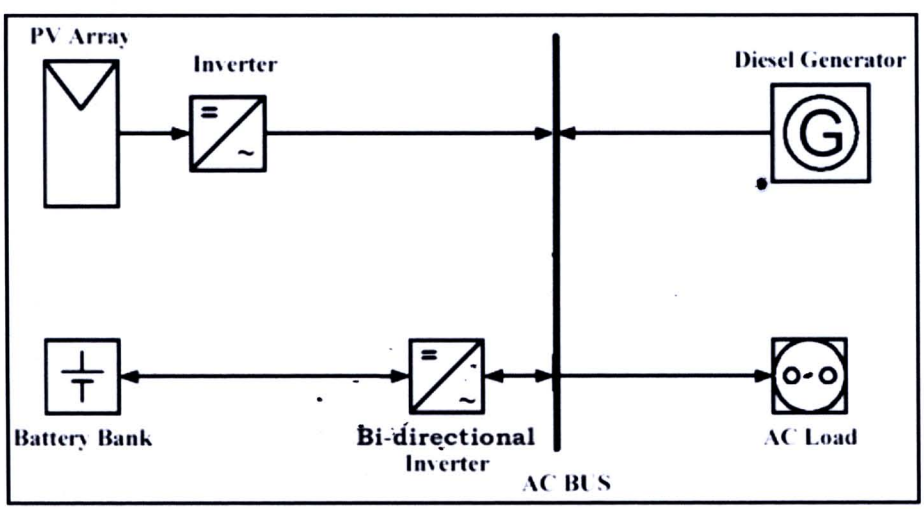
บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวคิด

แนวคิดในการออกแบบ

ในปัจจุบันมีการนำระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยมีแหล่งผลิตพลังงานที่ใช้ในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานชีวะมวล พลังงานลม พลังงานลม หรืออื่นๆ ดังเช่น

กฎษดา พ์รหมพินิจ และคณะ [1] ได้นำเสนอหลักการรูปแบบการควบคุมระบบผลิตไฟฟ้าร่วมระหว่างระบบผลิตไฟฟ้าโดยมีต้นกำลังเป็นเครื่องยนต์ดีเซล กับระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ โดยนำเสนอว่าการควบคุมระบบผสมผสานแบบ AC-Coupled มีข้อได้เปรียบอยู่ 2 ข้อหลักๆ เหนือกว่าแบบ DC-coupled และระบบผสมผสานแบบสวิตช์ส่วนแรกลดค่าพิกัดเครื่องกำเนิดดีเซลได้ข้อ 2 ความสามารถของการทำงานพร้อมกันของอินเวอร์เตอร์กับเครื่องกำเนิดดีเซลทำให้เกิดความยืดหยุ่นที่เหมาะสมมากขึ้นในการทำงานของระบบ



ภาพ 1 AC-Coupled

นภัทร วัจนเทพินทร์ และคณะ [2] ได้ศึกษาและพัฒนาระบบการผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน (Hybrid) ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมขนาดเล็กโดยมีวัตถุประสงค์คือออกแบบและติดตั้งระบบกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาด 1000 วัตต์ ผสมผสานกับการผลิตไฟฟ้าด้วย

เซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อตรงเข้าระบบขนาด 1642 วัตต์ ที่มีอยู่เดิมและพัฒนาระบบเฝ้าสังเกตด้วยพีซี (PC-based monitor system) ระยะเวลาเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 3 เดือนผลการวิจัยพบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานจากพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมขนาดเล็กที่ผลิตได้เท่ากับ 5.181 kWh/day ได้จากการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 5.031 kWh/day และผลิตจากพลังงานลมเท่ากับ 0.15 kWh/day ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ในระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 83.30 ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์กังหันลมผลิตกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 82.43

Wang Shengtie and Qi Zhiyuan [3] ทำการวิจัยโดยควบคุมการจ่ายพลังงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ ทำการจ่ายภาระทางไฟฟ้าแบบจ่ายภาระโหลดเพียงลำพัง ออกแบบชุดควบคุมโดยใช้หลักการของ Maximum Power Point Tracking (MPPT) และ Load Power Point Tracking (LPTC) เพื่อช่วยในการจ่ายภาระโหลดทางไฟฟ้าและสะสมพลังงานเข้าแบตเตอรี่ โดยชุดควบคุมสามารถควบคุมให้ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานมีประสิทธิภาพ และความน่าเชื่อถือสูงขึ้น

Sikyung Kim และคณะ [4] ทำการวิจัยระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม ขนาด 14 kW ระบบดังกล่าวติดตั้งและทดสอบที่เกาะเชจู ประเทศเกาหลีใต้ โดยออกแบบระบบควบคุมโดยใช้หลักการ Load Sharing Operation ระบบควบคุมดังกล่าวทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานสูงขึ้น แต่จำเป็นต้องหาขนาดของระบบสะสมพลังงานให้เหมาะสมกับการควบคุมแบบดังกล่าวด้วย

โดยจะใช้ทั้งพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม ซึ่งพลังงานลมนับว่าเป็นเทคโนโลยีใหม่สำหรับประเทศไทย โดยได้มีการสำรวจและวิเคราะห์คุณลักษณะ และศักยภาพของพลังงานลม ดังเช่น

ทวีศักดิ์ ตันอร่าม และคณะ [5] ได้ทำการศึกษาพบว่า บริเวณทุ่งทะเลแก้วมีความเร็วลมเฉลี่ย 3 m/s สามารถออกแบบกังหันลมเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า ขนาด 12VAC 600 W ที่ความเร็วลม 3 m/s ทำการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ความสูง 20 m ทำการประจุกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ขนาด 12 V 100 Ah จำนวน 2 เซลล์ ทำการเปลี่ยนจากไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับโดยใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 1 kW เพื่อจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้าซึ่งพบว่าที่ความเร็วลม 3m/s กังหันลมจะหมุนด้วยความเร็ว 167 rpm. สร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 12V และใช้เวลาในการชาร์จประจุเข้าแบตเตอรี่ 2 ชั่วโมงทำการทดสอบจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้า เป็นแสงสว่างลานจอดรถ ใช้โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W จำนวน 15 โคม พบว่าในบางช่วงเวลาไม่สามารถ

จ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้าได้ เนื่องจากบางช่วงเวลาความเร็วลมต่ำและสูงเกินไปไม่สามารถทำให้กังหันลมสร้างแรงดันไฟฟ้าได้

ทวีศักดิ์ ตันอร่าม และคณะ [6] ได้ทำการทดสอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ แบบ Stand-Alone แบบ Grid-Connection และแบบ Battery Charger พบว่าการทำงานแบบ Stand-Alone นั้นต้องมีชุดควบคุมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงตามความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ การทำงานแบบ Grid-Connection ต้องการแหล่งพลังงานที่สามารถจ่ายพลังงานให้กับต้นกำลังอย่างสม่ำเสมอเนื่องจากพลังงานที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำจ่ายให้กับโครงข่ายขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และการทำงานแบบ Battery Charger นั้นเหมาะสำหรับแหล่งพลังงานที่ไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากสามารถนำไปเก็บสะสมที่ Battery แล้วจึงจ่ายให้กับโหลดโดยผ่าน Inverter

ชนะจันทร์ฉ่ำและคณะ [7] นำเสนอผลการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากฟาร์มกังหันลมขนาดใหญ่โดยทำการติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลมจำนวน 14 สถานีตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยโดยทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลมที่ระดับความสูง 20 m 30 m และ 40 m และทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาทีซึ่งเป็นการวัดอัตราเร็วและทิศทางของลมรวมทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมโดยทำการเก็บข้อมูลต่อเนื่องตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2551 จากนั้นนำข้อมูลทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์แรงเฉือนของลมแต่ละสถานีเพื่อทำการประมาณค่านอกช่วงไปยังระดับความสูงของจุดศูนย์กลางส่วนหมุนของกังหันลมผลิตไฟฟ้า (50 m) และทำการวิเคราะห์ภูมิอากาศลมด้วยโปรแกรมWAsP9.0 และสร้างการกระจายแบบไวบุลล์ซึ่งประกอบด้วย K-Shape และ A-Scale พารามิเตอร์ผังลมชนิด 16 ส่วนและทำการสร้างแผนที่เวกเตอร์รอบบริเวณพื้นที่สถานีวิจัยพลังงานขนาด 30x30 ตารางกิโลเมตรด้วยโปรแกรม WAsPUtility 3.0โดยรวมแผนที่ระดับความสูงและแผนที่ความขรุขระเพื่อสร้างแผนที่ลมโดยแผนที่ระดับความสูงรอบบริเวณพื้นที่สถานีวิจัยพลังงานลมจัดทำโดยใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ของกรมแผนที่ทหารและแผนที่ความขรุขระรอบพื้นที่สถานีวิจัยพลังงานลมจัดทำโดยใช้แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินและได้พิจารณาความเป็นไปได้ของการติดตั้งกังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยโดยพิจารณาจากพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้รายปี (AEP) ของฟาร์มกังหันลมที่ติดตั้ง ณ แหล่งลมดีค่าประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้า (C.F.) ต้นทุนต่อหน่วย (CoE) และค่าปริมาณการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมโดยการวิเคราะห์พบว่ากังหันลมผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ติดตั้งตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยในเขตจังหวัด

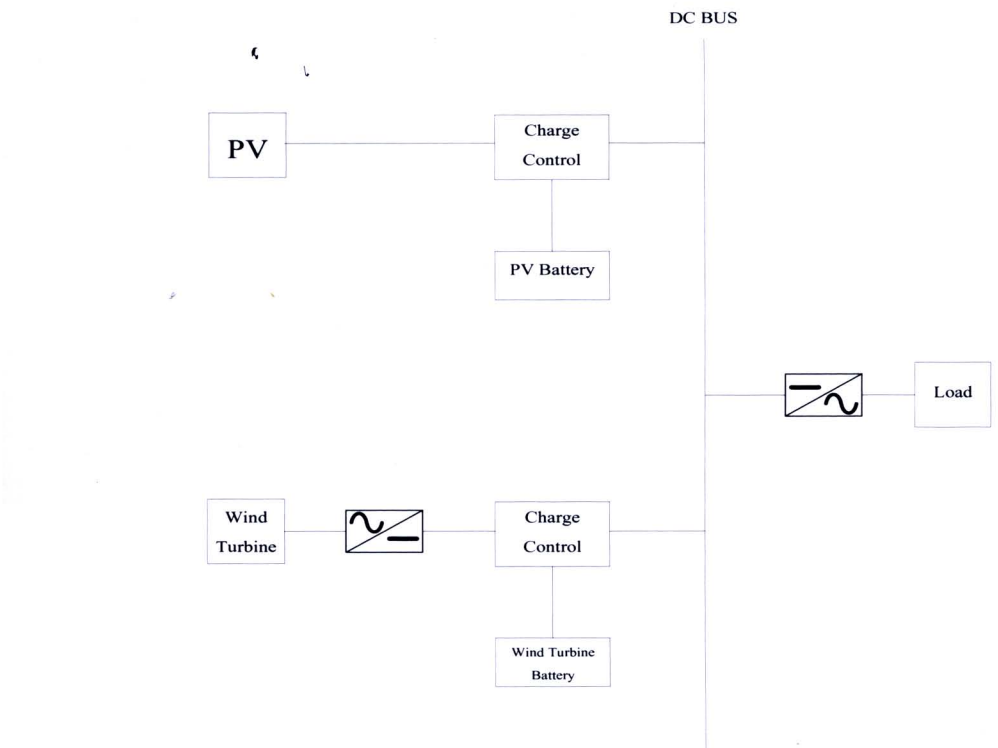
นครศรีธรรมราชสามารถผลิตไฟฟ้ารายปีได้สูงสุดในช่วง 4.5-86.0GWh/Year มีค่าประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าอยู่ในช่วง 16-65.7% และต้นทุนการผลิตต่อหน่วยมีค่าอยู่ในช่วง 1.1 - 11.3 Baht/kWh นอกจากนี้ยังได้ทำการหาค่าปริมาณการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมขนาดกำลังการผลิตติดตั้ง 386 MW มีค่าเท่ากับ 575,566 tonCO2/Year ผลการศึกษาความเป็นไปได้พบว่าการติดตั้งฟาร์มกังหันลมตามแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทยให้ศักยภาพสูงโดยเฉพาะในเขตจังหวัดนครศรีธรรมราช

จิรวัฒน์ มาละวรรณโณ และคณะ [8] นำเสนอการประเมินแหล่งพลังงานลมและความเป็นไปได้ของการติดตั้งโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมขนาดกลางตามพื้นที่แนวชายฝั่งทะเลอันดามันของประเทศไทยโดยได้ทำการติดตั้งสถานีวิจัยพลังงานลมจำนวน 4 สถานี ณ บริเวณอำเภอเหนือคลองและอำเภอเกาะลันตาจังหวัดกระบี่อำเภอหาดสำราญจังหวัดตรังและอำเภอทุ่งหว้าจังหวัดสตูลซึ่งได้ทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดอัตราเร็วและทิศทางของลมและอุปกรณ์บันทึกข้อมูลอัตโนมัติกับเสาถักโครงสามเหลี่ยมสูง 45 m ณ ตำแหน่ง 20 30 และ 40 m โดยได้ทำการบันทึกข้อมูลทุกๆ 10 นาทีในระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2550 ถึงเดือนตุลาคม 2551 โดยพิจารณาการผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมขนาด 0.225 0.3 0.5 และ0.75 MW ผลการศึกษาพบว่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จากฟาร์มกังหันลมจำนวน 7 คลัสเตอร์ซึ่งมีกำลังการผลิตติดตั้ง 55 MW มีค่าเท่ากับ111.33 GWh/ปีและมีประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าประมาณ 12.1 - 29.1% โดยมีต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าประมาณ 1.33 - 4.22 บาท/หน่วยภายใต้สภาวะเศรษฐกิจปัจจุบันพบว่าโรงไฟฟ้าฟาร์มกังหันลมขนาด 55 MW มีความเป็นไปได้สูงในการพัฒนาโดยมีพื้นที่เป้าหมายบริเวณอำเภอเกาะลันตาและอำเภอทุ่งหว้าเนื่องจากเป็นบริเวณที่มีศักยภาพของพลังงานลมสูงพอและมีความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์

ธเนศ ชัยชนะ และคณะ [9] ทำการวิจัยวิเคราะห์คุณลักษณะและศักยภาพพลังงานณ สถานีวัดลมกิ่วลม จังหวัดแม่ฮ่องสอน (N 019o 26.001', E 098 o 19.007') โดยทำการตรวจวัดความเร็วลมที่ระดับความสูง 20, 30 และ 40 เมตร จากพื้นดินและทิศทางของลมที่ระดับความสูง 40 เมตร จากพื้นดินทุกๆ 10 นาทีเป็นเวลา 1 ปี (2550-2551) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ค่าความเร็วลมทิศทางลมค่า Wind Shear Coefficient การแจกแจงความถี่ของความเร็วลมกำลังลมรวมถึงประเมินความเป็นไปได้ในการติดตั้งกังหันลมทั้งนี้ในการพิจารณาการแจกแจงความถี่ของความเร็วลมและกำลังลมจะใช้วิธีการแจกแจงแบบ Weibull ในการวิเคราะห์ผลการศึกษาพบว่าความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 5.19 เมตร/วินาทีที่ระดับความสูง 40 เมตร จากพื้นดินโดยพัดมาจากทางช่วงทิศตะวันตกเฉียงใต้ถึงทิศตะวันตกเฉียงเหนือมีค่า Wind Shear Coefficient เท่ากับ 0.263 ค่าพารามิเตอร์ k เท่ากับ 1.55 และพารามิเตอร์ c เท่ากับ 4.89 เมตร/วินาทีกำลังลมเฉลี่ย

มีค่าเท่ากับ 155.99 วัตต์/ตารางเมตร ที่ระดับความสูง 40 เมตร จากพื้นดินผลการพิจารณาต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าโดยกังหันลมพบว่ามีต้นทุนการผลิตประมาณ 3 - 4 บาท/kW-h ซึ่งศักยภาพที่สูงกว่าระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่า พลังงานลมเป็นพลังงานทางเลือกที่สามารถนำมาเป็นแหล่งพลังงานสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานได้ โดยงานวิจัยนี้จะเลือกแหล่งพลังงาน 2 แหล่ง คือพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม มาเป็นแหล่งผลิตพลังงานให้กับระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานในงานวิจัยนี้จะออกแบบระบบการทำงานดังภาพ 2



ภาพ 2 ไดอะแกรมการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

จากภาพ 2 ส่วนผลิตไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ จากเซลล์แสงอาทิตย์ และกังหันลมความเร็วต่ำ โดยทั้ง 2 ระบบจะทำการประจุไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่แยกกันโดยอิสระ และจ่ายพลังงานผ่านทาง DC BUS ไปยังอินเวอร์เตอร์และจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้า

การออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างกังหันลมความเร็วต่ำ ร่วมกับเซลล์แสงอาทิตย์

โดยการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานนั้นจะเริ่มจากการตรวจสอบและวิเคราะห์ ศักยภาพด้านพลังงานลม และพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณทุ่งทะเลแก้ว จังหวัดพิษณุโลก เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

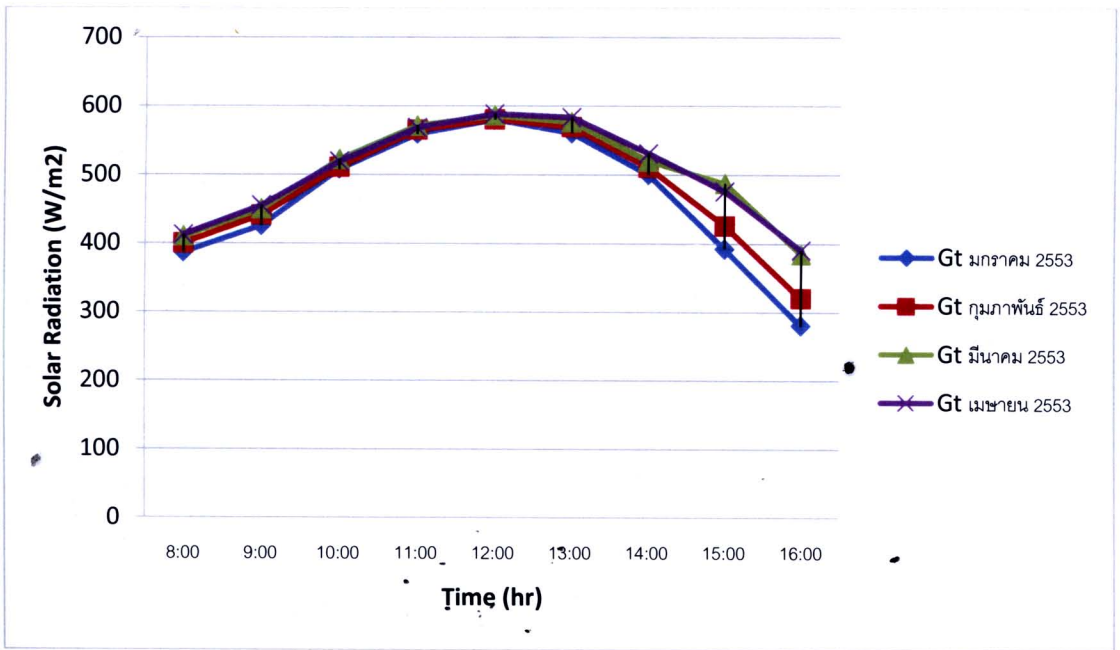
1. การวิเคราะห์ศักยภาพ บริเวณทุ่งทะเลแก้ว จังหวัดพิษณุโลก [10]

หาค่า Irradiance จากสมการ

$$\text{Irradiance} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I\lambda d\lambda = I\lambda(\lambda_2 - \lambda_1)$$

หาค่า Radiation จากสมการ

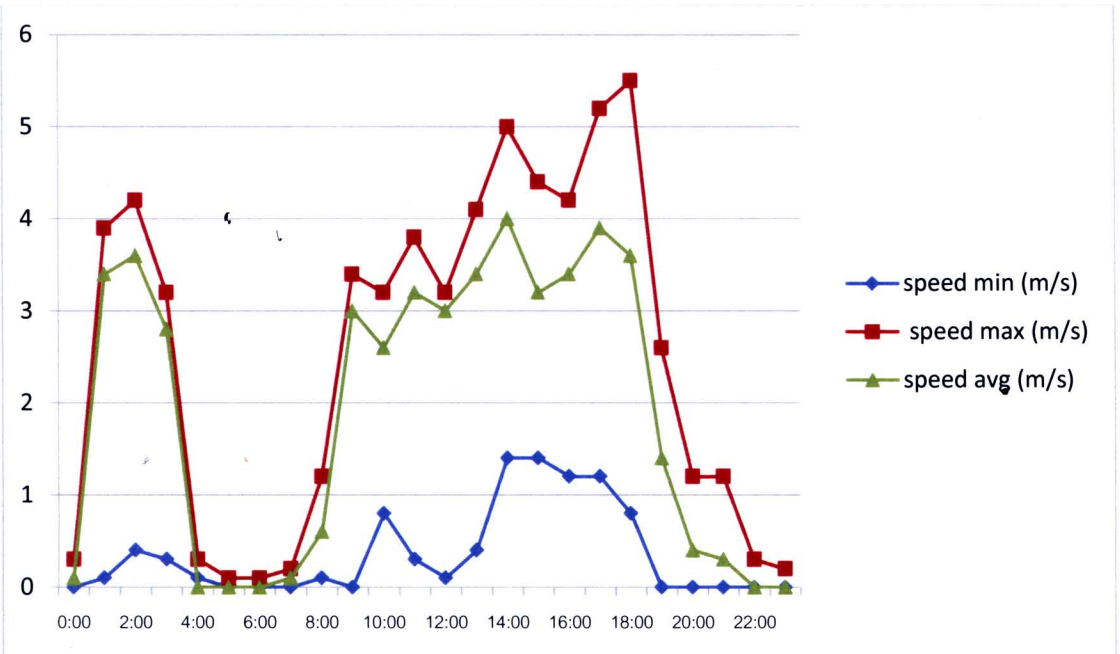
$$\text{Radiation} = \int_{t1}^{t2} \text{Irradiance}.\alpha t = \text{Irradiance}(t2 - t1)$$



ภาพ 3 กราฟ Irradiance ที่ทำการทดสอบ

จากกราฟ จะแสดงให้เห็นว่าศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ บริเวณทุ่งทะเลแก้ว จังหวัดพิษณุโลก มีค่า Radiation 5kWh/m^2.day

หาค่าความเร็วลมเฉลี่ยโดยเก็บข้อมูลและหาค่าเฉลี่ยตัวแสดงในกราฟ



ภาพ 4 กราฟความเร็วลมบริเวณทุ่งทะเลแก้ว จังหวัดพิษณุโลก

จากกราฟ ค่าความเร็วเฉลี่ย บริเวณทุ่งทะเลแก้ว จังหวัดพิษณุโลก มีค่า3m/s ดังนั้นจะนำข้อมูลที่ได้ไปออกแบบระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

2. การหาขนาดของอุปกรณ์ในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

การหาขนาดของอุปกรณ์ในระบบไฟฟ้าแบบผสมผสาน ต้องอาศัยข้อมูลจากเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในครัวเรือน แล้วมาทำการวิเคราะห์หาขนาดของอุปกรณ์ดังนี้

1. ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์
2. ขนาดของกังหันลมความเร็วต่ำ
3. ขนาดของแบตเตอรี่
4. ขนาดของเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่
5. ขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

ตาราง 1 ปริมาณการใช้พลังงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า

ลำดับ	เครื่องใช้ไฟฟ้า	กำลังไฟฟ้า(w)	จำนวน	เวลาการใช้งาน (ชั่วโมง)	พลังงาน รวม(Wh)
1	หลอดฟลูออเรสเซนต์	28	2	1	56
2	หลอดฟลูออเรสเซนต์	46	3	2	276
3	พัดลม	125	2	3	750
4	โทรทัศน์	100	1	2	200
				พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด	1,282

การหาขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ [11]

ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ จากสมการ

$$P_{pear} = \frac{E_{el} \cdot I_{STC}}{E_{glob} \cdot Q}$$

เมื่อ P_{pear} = ขนาดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (W)

E_{el} = พลังงานไฟฟ้าที่ภาระทางไฟฟ้าต้องการ ($kWh_{/day}$)

E_{glob} = พลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่ 1 ตารางเมตร (kWh/m^2)

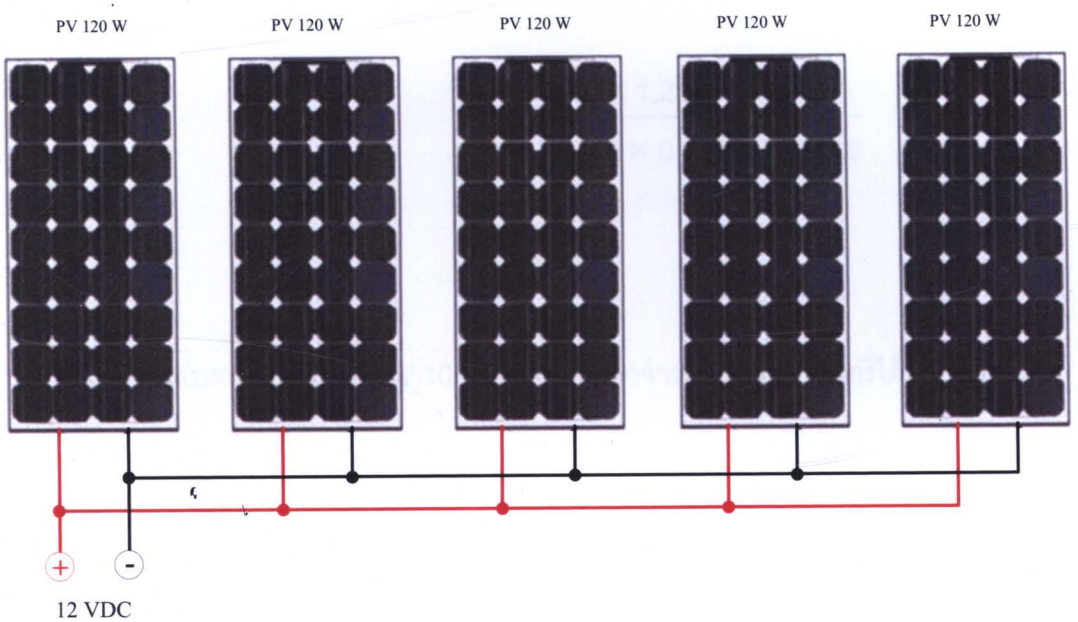
Q = Quality Factor of System [12]

I_{STC} = 1 kW/m^2

แทนค่า $P_{pear} = \frac{1282kWh \times 1kW/m^2}{5kWh/m^2 \times 0.2}$

$P_{pear} = 1,282 \approx 1,300$ W

ดังนั้นเราจะเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ขนด 60 % ของขนาดที่คำนวณได้จริง โดยจะได้ขนาดเซลล์แสงอาทิตย์ประมาณ 600W และเลือกใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิด Poly Crystalline ขนาด 120 W 2V จำนวน 5 แผงต่อขนานกัน ดังภาพ 5



ภาพ 5 การต่อเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 120 W 5 แผง ขนานกัน

การหาขนาดของแบตเตอรี่ สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาดของแบตเตอรี่ หาได้จากสมการ

$$C_{BPV} = \frac{L.E_{el}}{D_{OD}.D_r.\eta_C.\eta_W.\eta_B}$$

โดย

C_{BPV} = ความจุของแบตเตอรี่ (kWh)

L = จำนวนวันเพื่อวันที่ไม่มีแสงแดด (day)

E_{el} = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน(kWh)

D_{OD} = อัตราการคายประจุของแบตเตอรี่(0.06)

D_r = ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลทำให้แบตเตอรี่ต่ำลง(0.85)

η_C = ประสิทธิภาพของอุปกรณ์แปลงไฟฟ้า(0.80)

η_W = ประสิทธิภาพของสายไฟฟ้า(0.95)

η_B = ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่(0.85)

แทนค่า

$$C_{BPV} = \frac{0.5day \times 1,282kWh/day}{0.60 \times 0.85 \times 0.8 \times 0.95 \times 0.8}$$

$$C_{BPV} = 2.068kwh$$

เลือกใช้แบตเตอรี่ ขนาด 12V,100Ah สามารถหาจำนวนของแบตเตอรี่ได้จากสมการ

$$N_B = \frac{(C_B/V_B)}{A_h}$$

N_B = จำนวนของแบตเตอรี่ (ลูก)

C_B = ความจุของแบตเตอรี่ (kWh)

V_B = แรงดันขาออกของแบตเตอรี่ (V)

A_h = ปริมาณการจ่ายกระแสใน 1 ชั่วโมง (Ah)

แทนค่า

$$N_B = \frac{(2.068kWh/12V)}{150A_h}$$

$$N_B = 1.149$$

ดังนั้นใช้แบตเตอรี่ 12V,150Ah จำนวน 1 ลูก สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

การหาขนาดของเครื่องประจุแบตเตอรี่

ขนาดของเครื่องประจุแบตเตอรี่สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อทำการต่อขนานกันได้จากสมการ

$$CC_{pv} = I_{MP} \times N$$

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

โดย

CC_{pv} = ขนาดของเครื่องประจุแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ (A)

I_{MP} = กระแสสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์

N = จำนวนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ต่อขนานกัน (แผง)

แทนค่า

$CC_{pv} = 6.98A \times 5$

$CC_{pv} = 34.9 \approx 35A$

ดังนั้นเลือกเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 35 A

ขนาดของเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วต่ำสามารถหาได้จากสมการ

$$CC_{WT} = \frac{P_{WT}}{V_{WT}}$$

โดย

CC_{WT} = ขนาดของเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม (A)

P_{WT} = พลังงานไฟฟ้าของกังหันลม (W)

V_{WT} = แรงดันขาออกของกังหันลม (V)

แทนค่า

$$CC_{WT} = \frac{600}{12}$$

$CC_{WT} = 50$ A

ดังนั้นเลือกเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่สำหรับระบบ ผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วต่ำขนาด 50 A

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 26 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน 245635
เลขเรียกหนังสือ

การหาขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

ขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าสามารถหาได้จาก กำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในระบบดังนี้

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์	ขนาด 28 W	จำนวน 2 หลอด รวม	56	W
2. หลอดฟลูออเรสเซนต์	ขนาด 46 W	จำนวน 2 หลอด รวม	92	W
3. พัดลม	ขนาด 125 W	จำนวน 2 เครื่อง รวม	250	W
4. โทรทัศน์	ขนาด 100 W	จำนวน 1 เครื่อง รวม	100	W
	รวมกำลังไฟฟ้าทั้งหมด		498	W

เลือกขนาดเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ขนาด 800หรือ 0.8 kW

การหาขนาดของกังหันลมความเร็วต่ำสามารถหาขนาดของกังหันลมจากข้อมูลเครื่องใช้ไฟฟ้าตามสมการ

$$WT_{size} = (E_{el}/H_{wt}) \times 1.25$$

โดย

WT_{size} = ขนาดกังหันลมความเร็วต่ำ (W)

E_{el} = พลังไฟฟ้าที่การทางไฟฟ้าต้องการ (kWh/day)

H_{WT} = ชั่วโมงการทำงานของกังหันลมในหนึ่งวัน

1.25 = ค่าชดเชยการศูนย์เสียในแบตเตอรี่, เครื่องประจุแบตเตอรี่และเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า

แทนค่า

$$WT_{size} = (1.282 kWh/\text{day} / 1.5 \text{ชั่วโมง}) \times 1.25$$

$$WT_{size} = 1.068 \text{ W}$$

โดยเลือกใช้งาน 60% ของขนาดกังหันลมที่คำนวณได้ จะได้ขนาด 600 W และแรงดันขาออก 12 VAC ที่ความเร็วลม 3 m/s

การหาขนาดของแบตเตอรี่ได้จากสมการ

$$C_{BWT} = \frac{T.Eel}{D_{OD}.D_t.\eta_C.\eta_W.\eta_B}$$

โดย

C_{BWT} = ความจุของแบตเตอรี่ (kWh)

T = เวลาที่จะเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ใน 1 วัน (Day)

D_{OD} = อัตราการคายประจุของแบตเตอรี่ (0.06)

D_t = ผลกระทบของอุณหภูมิที่มีผลทำให้แบตเตอรี่ต่ำลง (0.85)

η_C = ประสิทธิภาพของอุปกรณ์แปลงไฟฟ้า (0.80)

η_W = ประสิทธิภาพของสายไฟฟ้า (0.95)

η_B = ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ (0.85)

แทนค่า

$$C_{BWT} = \frac{(12/24)day \times 1{,}282kWh/day}{0.60 \times 0.85 \times 0.8 \times 0.95 \times 0.8}$$

C_{BWT} = 2.068 kWh

เลือกใช้แบตเตอรี่ ขนาด 12V 100 Am สามารถหาจำนวนแบตเตอรี่ได้จากสมการ

$$N_B = \frac{(C_B/V_B)}{A_n}$$

โดย

N_B = จำนวนของแบตเตอรี่ (ลูก)

C_B = ความจุของแบตเตอรี่ (kWh)

V_B = แรงดันขาออกของแบตเตอรี่ (V)

A_n = ปริมาณการจ่ายกระแสใน 1 ชั่วโมง

แทนค่า

$$N_B = \frac{(2{:}068kWh/12V)}{150Ah}$$

N_B = 1.148 ลูก

ดังนั้นการเลือกใช้แบตเตอรี่ 12V 150 Ahจำนวน 1 ลูกสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วต่ำการหาขนาดเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วต่ำ เลือกขนาดเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าขนาด 800 W หรือ 0.8 kW

3. การออกแบบวงจรการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างกังหันลมความเร็วต่ำ ร่วมกับ เซลล์แสงอาทิตย์

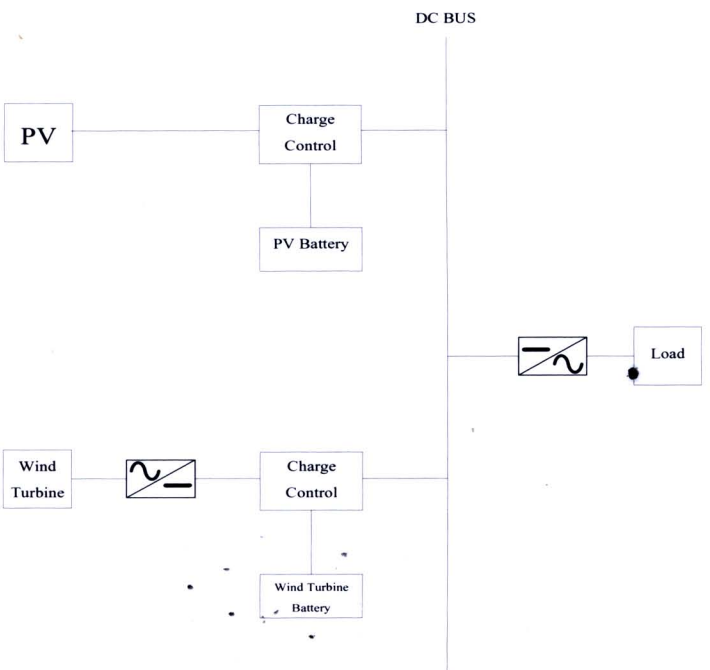
จากการคำนวณหาขนาดของอุปกรณ์ต่างๆที่ประกอบอยู่ในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานนั้น ทำให้เราทราบว่ามีข้อจำกัดหลายประการ ที่เป็นส่วนสำคัญ ในการออกแบบการทำงาน ดังนั้นจะนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการออกแบบวงจรการทำงาน

1) แรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

2) แรงดันขาออกของกังหันลมความเร็วต่ำเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

3) ขนาดของเครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่มีขนาดต่างกัน คือระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ มีขนาด 35 A แต่เครื่องควบคุมการประจุแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วต่ำมีขนาด 50 A

4) ขนาดของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าของทั้งสองระบบมีค่าเท่าดังนั้นวงจรการทำงานเบื้องต้นจะแสดงดังรูป



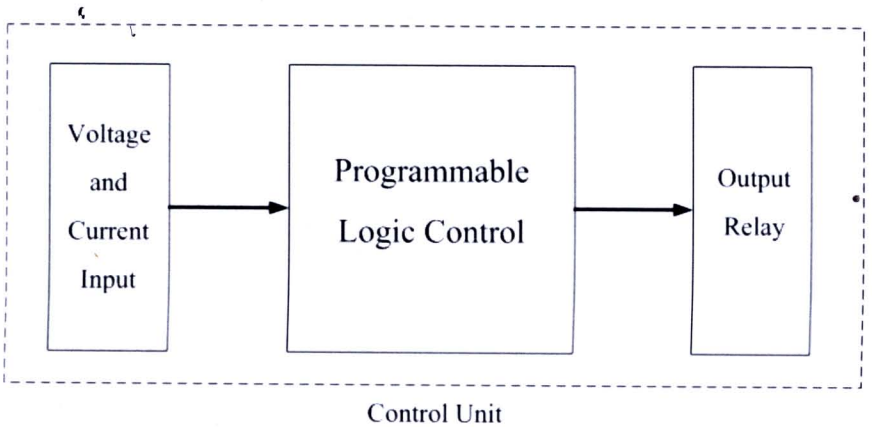
ภาพ 6 วงจรการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างกังหันลมความเร็วต่ำร่วมกับ เซลล์แสงอาทิตย์ [13]

การออกแบบส่วนควบคุมการทำงาน

1. การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน

ในส่วนของการควบคุมการทำงานจะใช้อุปกรณ์ควบคุมเชิงตรรก (PLC)เป็นส่วนควบคุมหลัก และจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้คือ

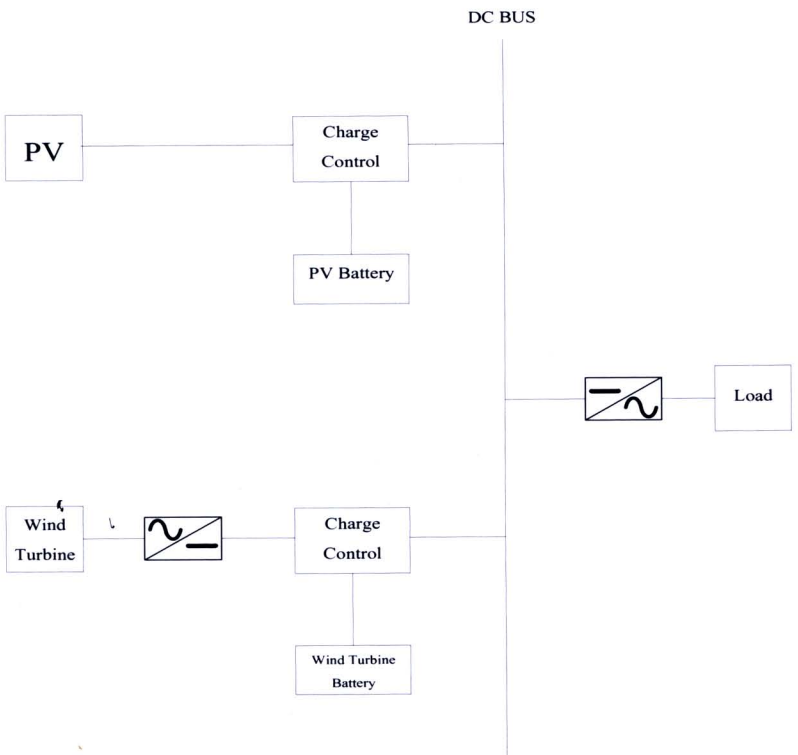
1. Input คือส่วนรับข้อมูลเข้าได้แก่ค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า
2. Controller คือส่วนที่ทำการประมวลผลและสั่งการทำงาน (PLC)
3. Output คือส่วนที่สั่งการทำงาน



ภาพ 7 ส่วนควบคุมการทำงาน

2. การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน

การควบคุมการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างกังหันลมความเร็วต่ำกับเซลล์แสงอาทิตย์ นั้น จะออกแบบโดยให้ ชุดผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ เป็นหลัก เนื่องจากมีศักยภาพพลังงานสูงกว่าพลังงานลม และให้ชุดผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมสะสมพลังงานให้แบตเตอรี่แล้วเป็นส่วนเสริมเพื่อจ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้าดังภาพ 8

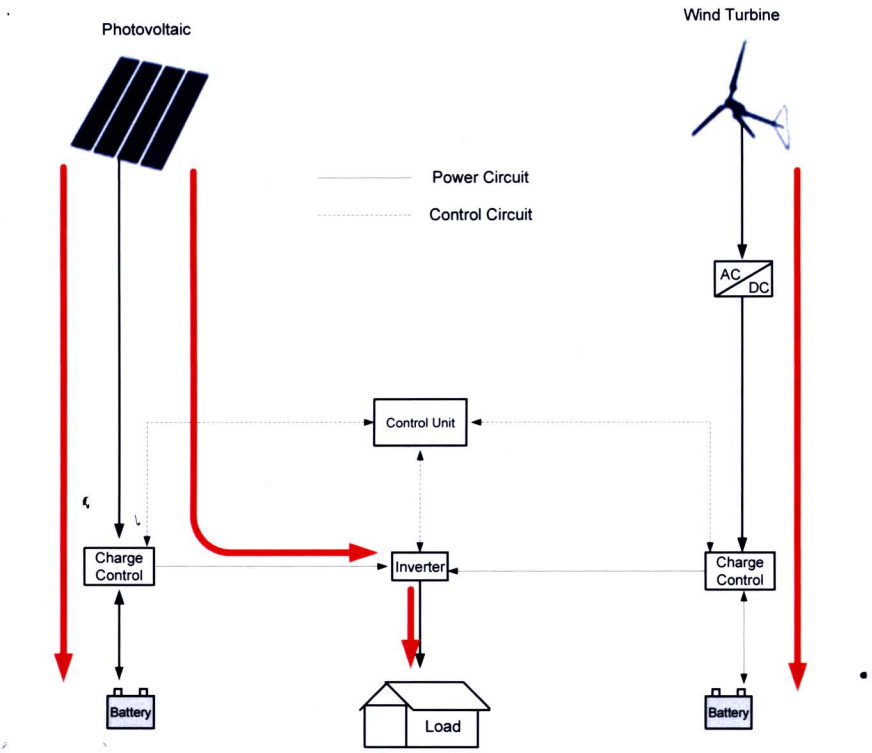


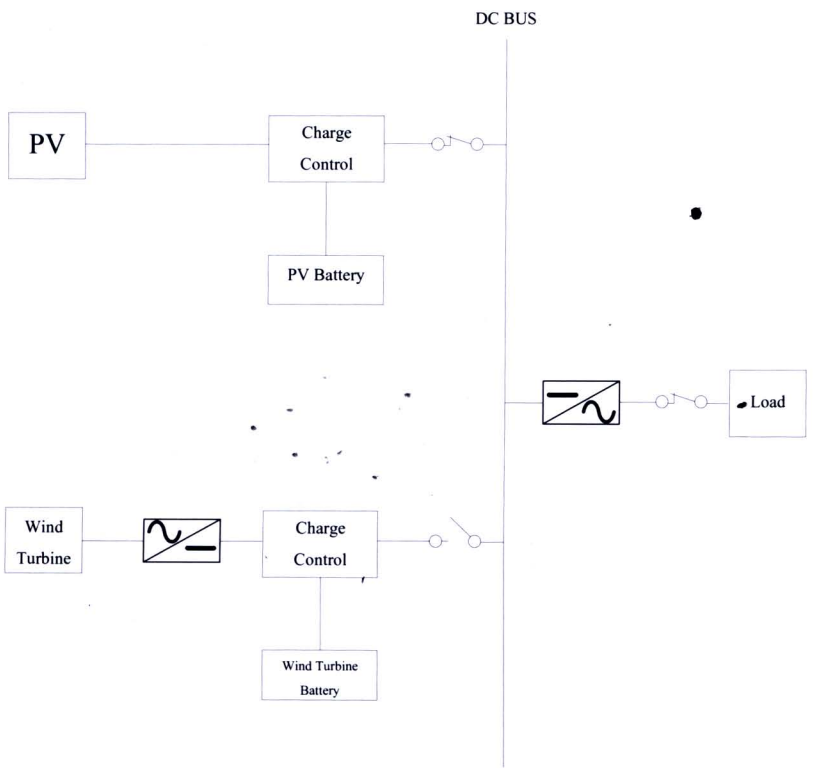
ภาพ 8 วงจรการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสานระหว่างกังหันลมความเร็วต่ำร่วมกับ เซลล์แสงอาทิตย์ [13]

เงื่อนไขการทำงานดังตาราง 2

ตาราง 2 เงื่อนไขการควบคุมการทำงานของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน [14]

สถานะ	สภาวะ	ขั้นตอน	เงื่อนไข	Wind	PV	Battery
Wind &PV	1	1	$P_w + P_{pv} - P_L > P_B$	ON	ON	Charge
		2	$P_w + P_{pv} - P_L < 0$	OFF	ON	Discharge
Wind	2	3	$P_w - P_L > P_B$	ON	OFF	Charge
NOPV		4	$P_w - P_L <$	ON	OFF	Discharge
PV	3	5	$P_{pv} - P_L > P_B$	OFF	ON	Charge
NOWind		6	$P_{pv} - P_L < 0$	OFF	OFF	Discharge
NO Wind &	4	7	$P_B > P_L$	ON	ON	Discharge
NOPV		8	$P_B < P_L$	OFF	OFF	Stop System

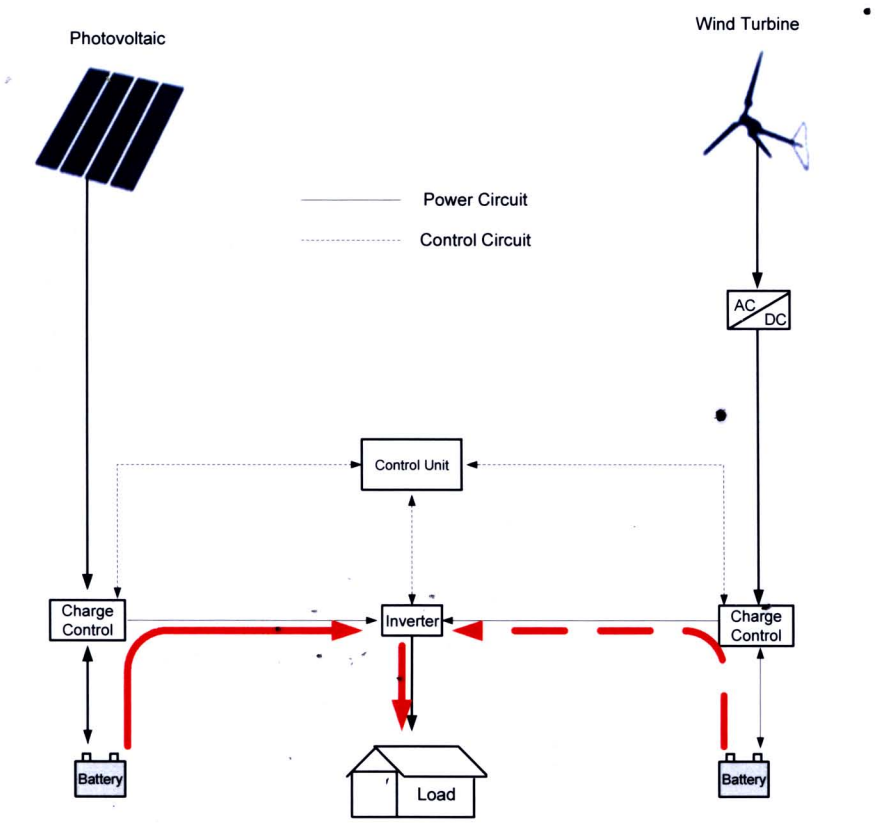




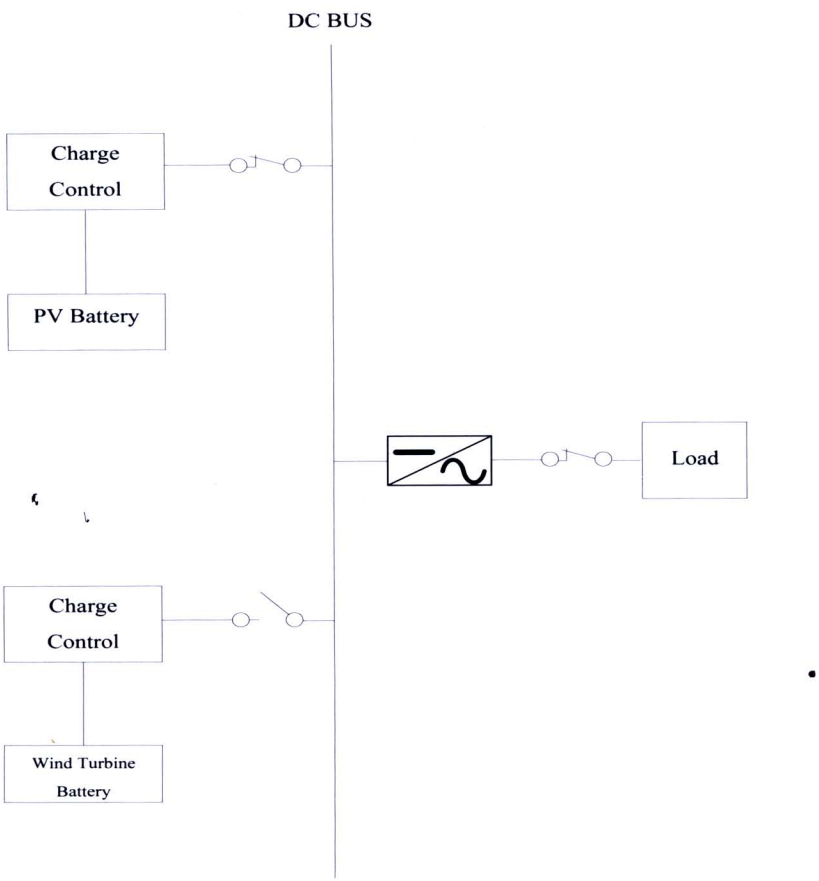
ภาพ 9 ไดอะแกรมการทำงานในสภาวะที่ 1 ขั้นตอนที่ 1 (Mode 1)

สภาวะที่ 1 ในกรณี ที่มีพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ และกังหันลมความเร็วต่ำ 2 เงื่อนไข เงื่อนไขที่ 1 Pw + Ppv – PL > PB ในเงื่อนไขนี้ วงจรจะทำงานในสภาวะที่ 1 ขั้นตอนที่1 ตามรูป คือ ระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะทำการประจุแบตเตอรี่ และ จ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้าด้วย แต่ระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วต่ำ จะทำการประจุแบตเตอรี่ แต่จะไม่จ่ายพลังงานให้กับภาระทางไฟฟ้า [15]

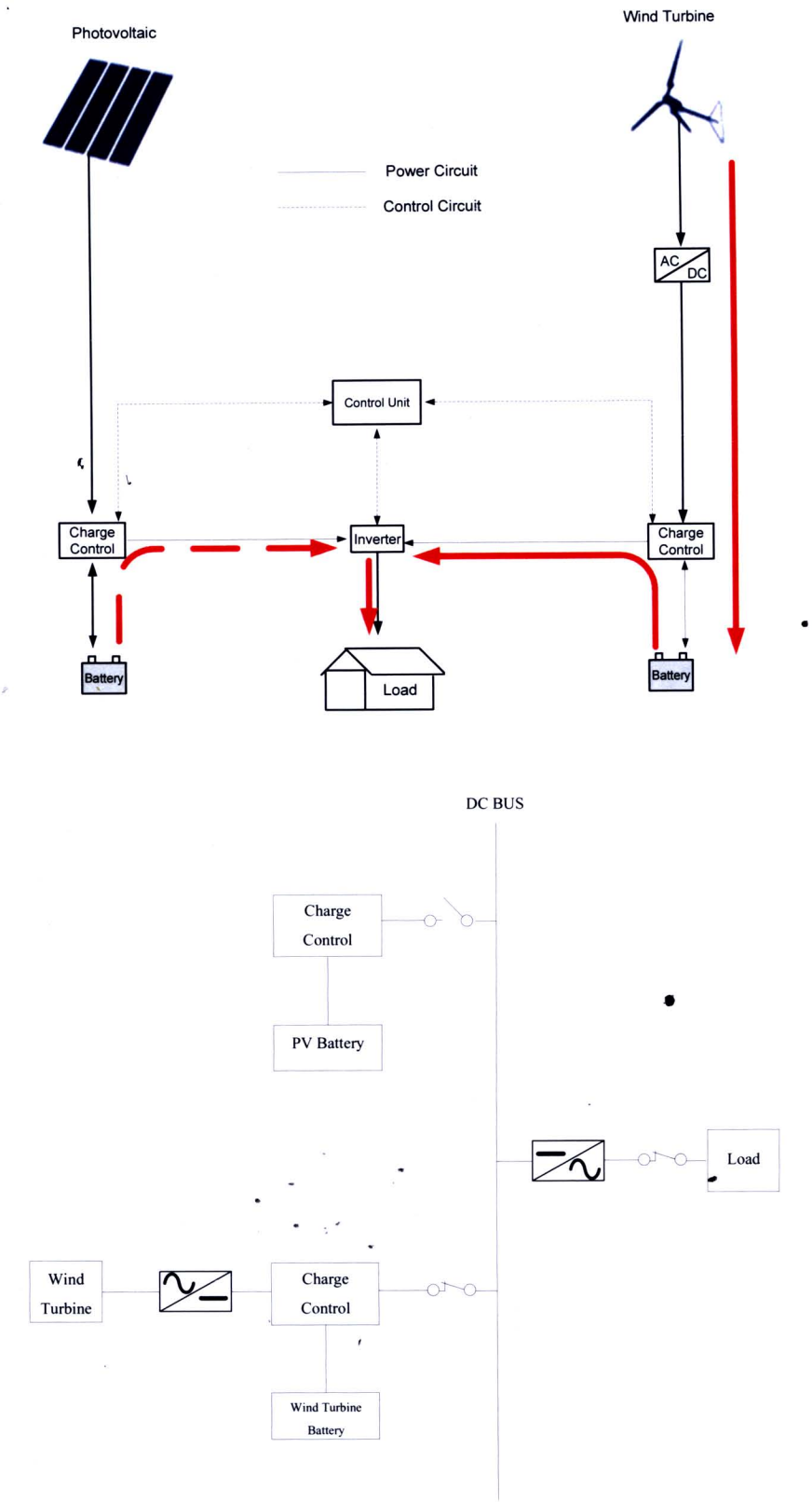
เงื่อนไขที่ 2 Pw + Ppv – PL < 0 ในเงื่อนไขนี้ วงจรจะทำงานในสภาวะที่ 1 ขั้นตอนที่2 ตามรูป คือ ระบบควบคุมจะตรวจสอบว่าในแบตเตอรี่ชุดใดเหลือพลังงาน สามารถจ่ายพลังงานได้ โดย จะตรวจสอบแบตเตอรี่ของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ก่อน ถ้ามีพลังเพียงพอ ก็จะทำการจ่ายให้กับภาระทางไฟฟ้า แต่ถ้ามีพลังงานไม่เพียงพอ จะตัดออกแล้วใช้แบตเตอรี่ของระบบกังหันลมความเร็วต่ำแทน



ภาพ 10 ไดอะแกรมการทำงานในสภาวะที่ 1 ขั้นตอนที่ 2 (Mode 2)


DC BUS
Charge
Control
PV Battery
Load
Charge
Control
Wind Turbine
Battery

ภาพ 10 (ต่อ)

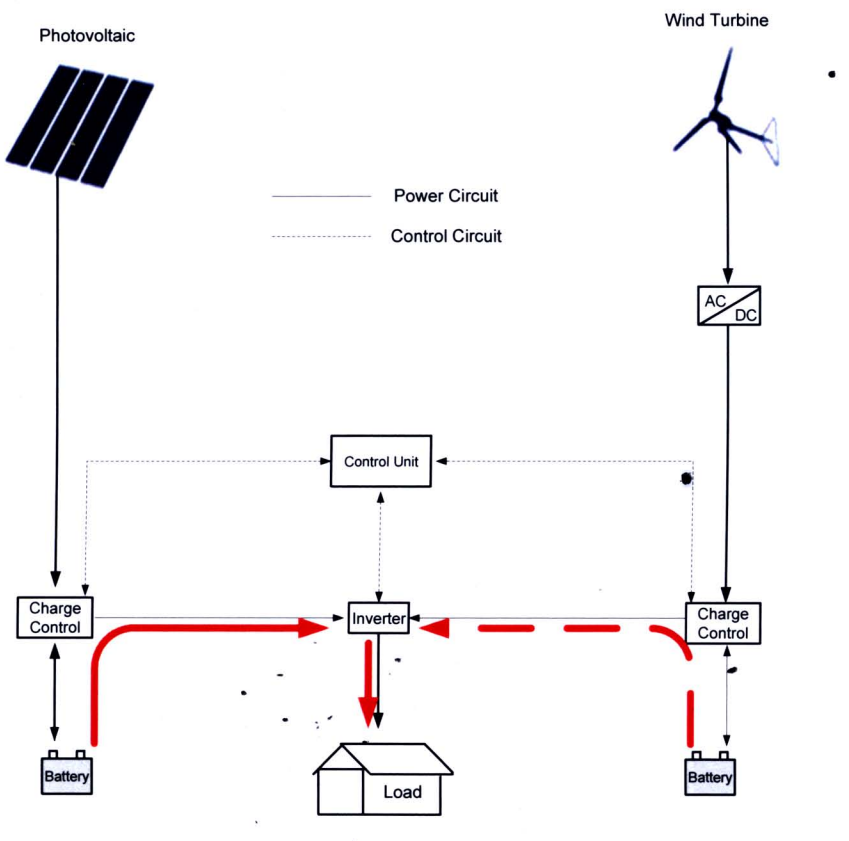


ภาพ 11 ไดอะแกรมการทำงานในสภาวะที่ 2 ขั้นตอนที่ 3 (Mode 3)

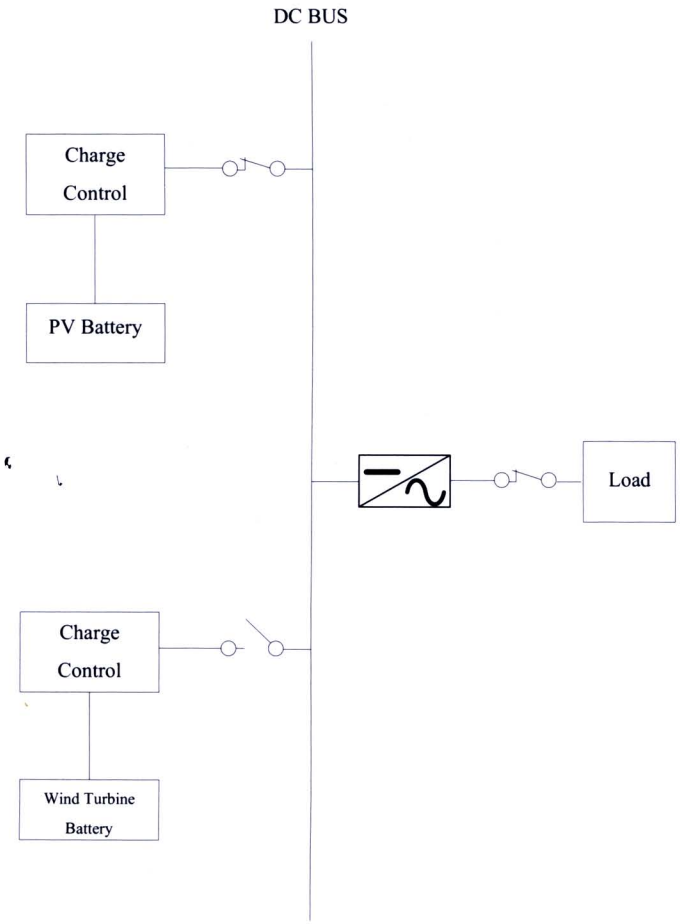
ในสภาวะที่ 2 ในกรณี ที่มีพลังงานจากกังหันลมเพียงอย่างเดียว ในสภาวะนี้ จะเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางคืน หรือ แสงอาทิตย์มีน้อย ประกอบด้วย 2 เงื่อนไขการทำงาน

เงื่อนไขที่ 3 Pw – PL > PB ในเงื่อนไขนี้จะประจุแบตเตอรี่ให้กับชุดแบตเตอรี่ของกังหันลม และระบบควบคุม จะตรวจสอบว่าพลังงานในแบตเตอรี่ของชุดเซลล์แสงอาทิตย์ เพียงพอจ่ายโหลดหรือไม่ถ้าเพียงพอก็จะใช้ชุดแบตเตอรี่ของชุดเซลล์แสงอาทิตย์ จ่ายโหลดก่อน แล้วจึงจะใช้ชุดแบตเตอรี่ของกังหันลม

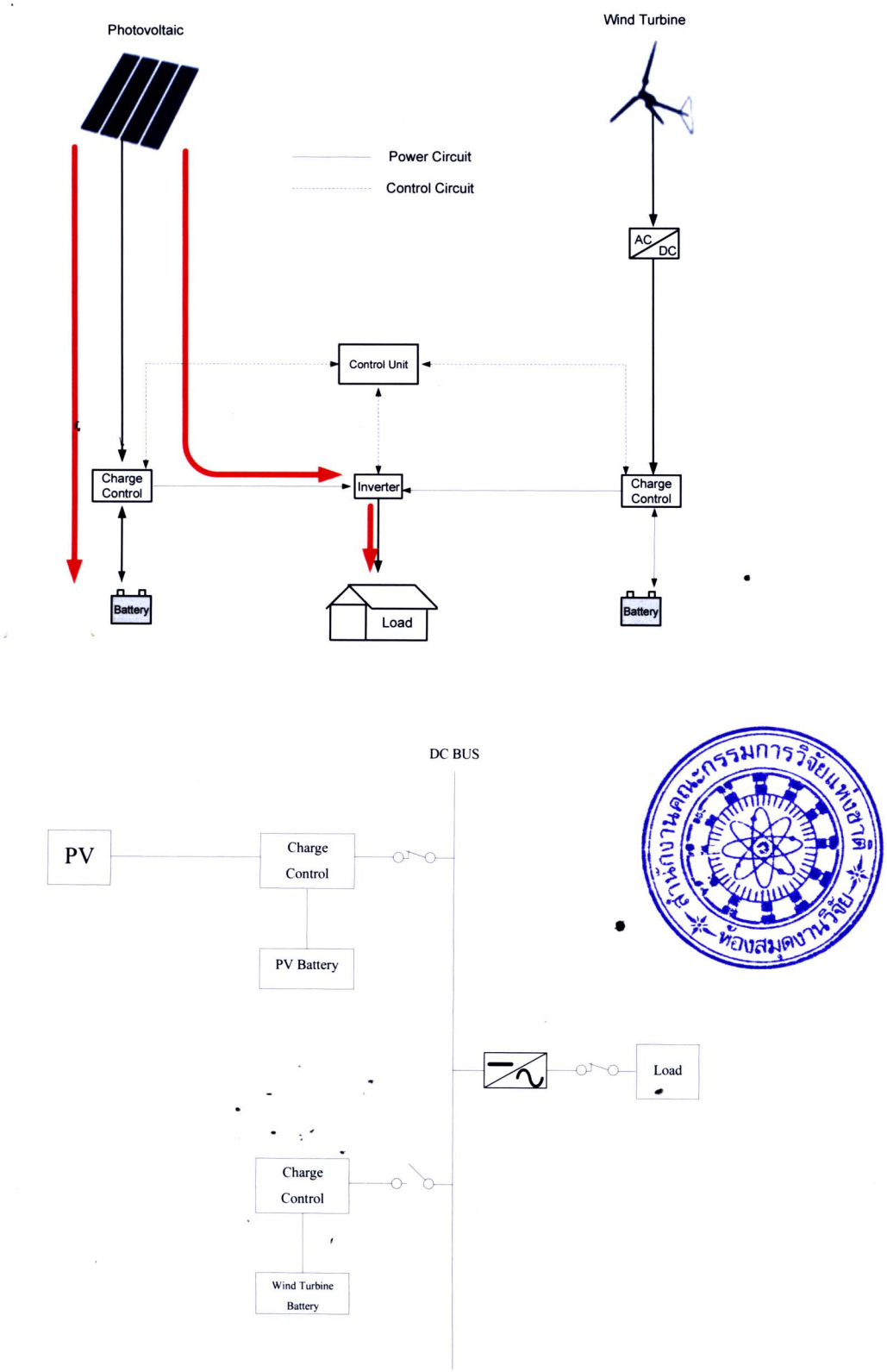
เงื่อนไขที่ 4 Pw – PL < 0 ในเงื่อนไขนี้ ระบบควบคุมจะตรวจสอบว่า แบตเตอรี่ของชุดเซลล์แสงอาทิตย์เพียงพอจ่ายโหลดหรือไม่ ถ้าเพียงพอก็จะใช้ชุดแบตเตอรี่ของชุดเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายโหลดก่อนแล้วจึงจะใช้ชุดแบตเตอรี่ของกังหันลม



ภาพ 12 ไดอะแกรมการทำงานในสภาวะที่ 2 ขั้นตอนที่ 4 (Mode 4)


DC BUS
Charge
Control
PV Battery
Load
Charge
Control
Wind Turbine
Battery

ภาพ 12 (ต่อ)



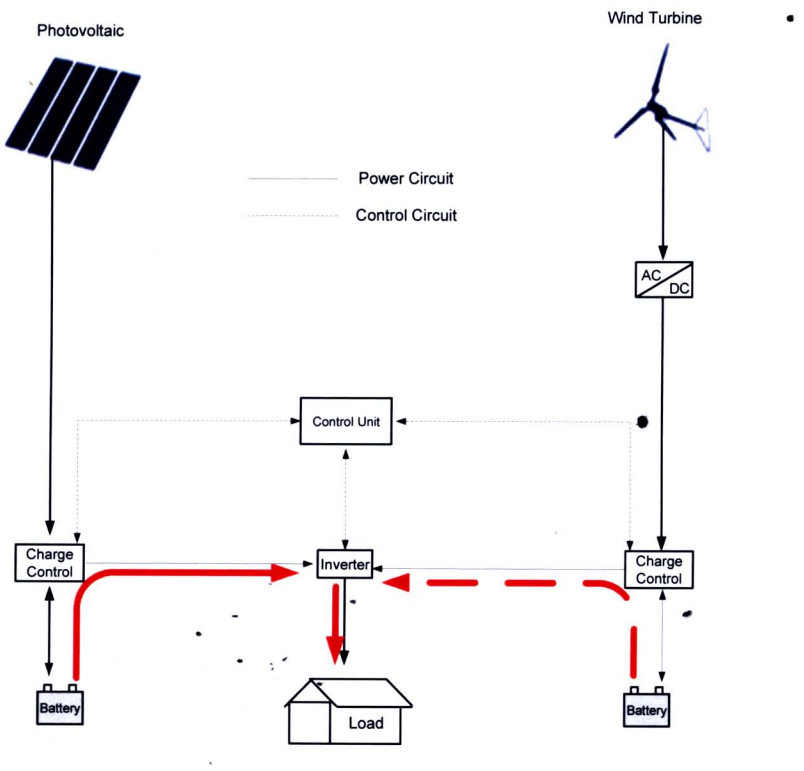
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ภาพ 13 ไดอะแกรมการทำงานในสภาวะที่ 3 ขั้นตอนที่ 5 (Mode 5)

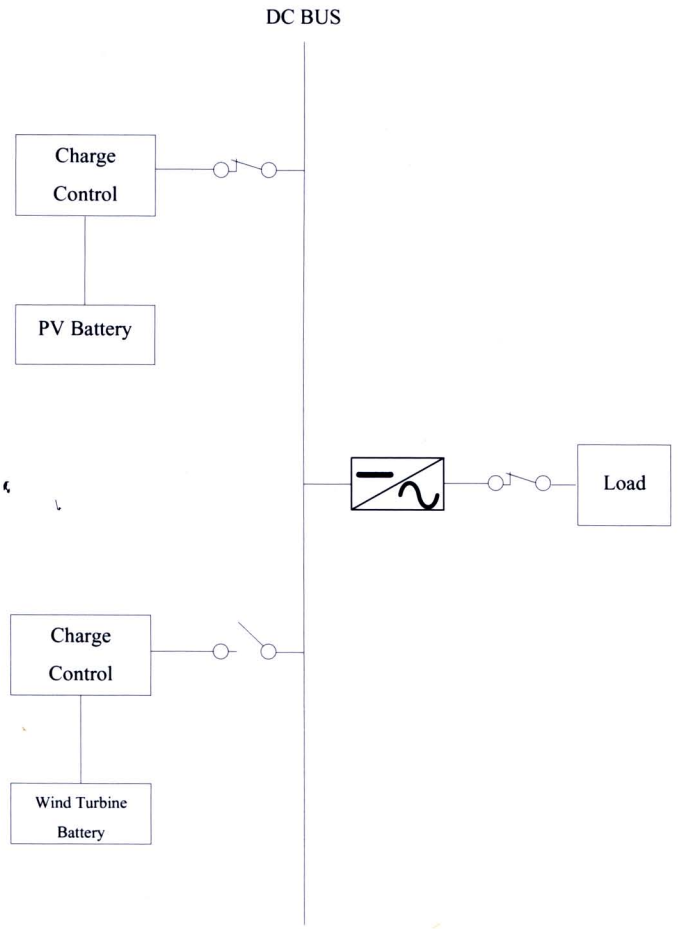
ในสภาวะที่ 3 ในกรณี ที่มีแต่พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว สภาวะนี้จะเป็นช่วงเวลากลางวัน ประกอบด้วย 2 เงื่อนไขการทำงาน

เงื่อนไขที่ 5 Ppv – PL > PB ในเงื่อนไขนี้ ระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม จะถูกตัดออก จะเหลือเฉพาะระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ทำการประจุแบตเตอรี่ และทำการจ่ายภาระทางไฟฟ้าด้วย

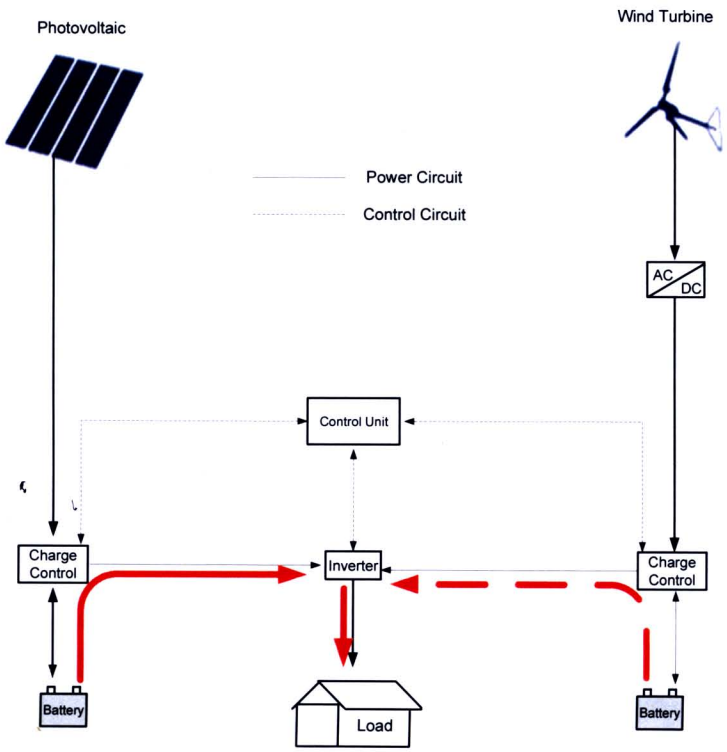
เงื่อนไขที่ 6 Ppv – PL < 0 ในเงื่อนไขนี้ ระบบควบคุมจะตรวจสอบพลังงานในแบตเตอรี่ของชุดผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ว่ามีเพียงพอ สำหรับจ่ายภาระทางไฟฟ้าหรือไม่ ถ้าเพียงพอ ก็ใช้แบตเตอรี่ของชุดผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ก่อน แล้วจึงใช้แบตเตอรี่ของชุดผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม

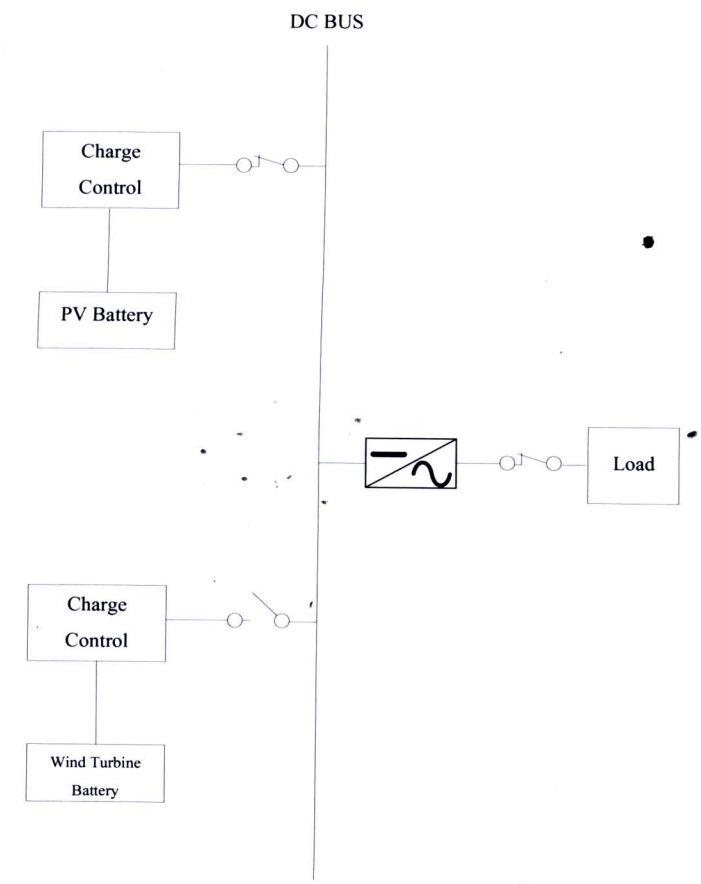


ภาพ 14 ไดอะแกรมการทำงานในสภาวะที่ 3 ขั้นตอนที่ 6 (Mode 6)


DC BUS
Charge
Control
PV Battery
Load
Charge
Control
Wind Turbine
Battery

ภาพ 14 (ต่อ)



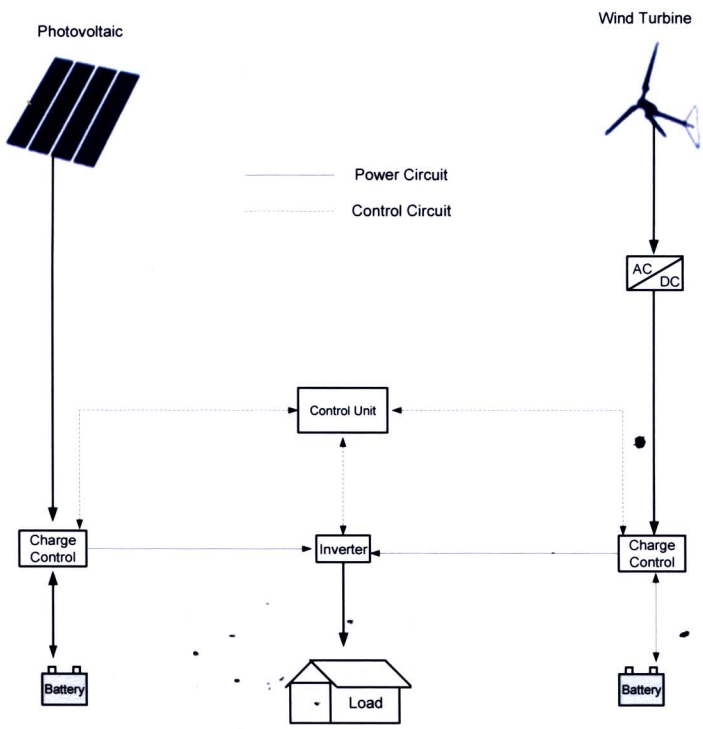


ภาพ 15 ไดอะแกรมการทำงานในสภาวะที่ 4 ขั้นตอนที่ 7 (Mode 7)

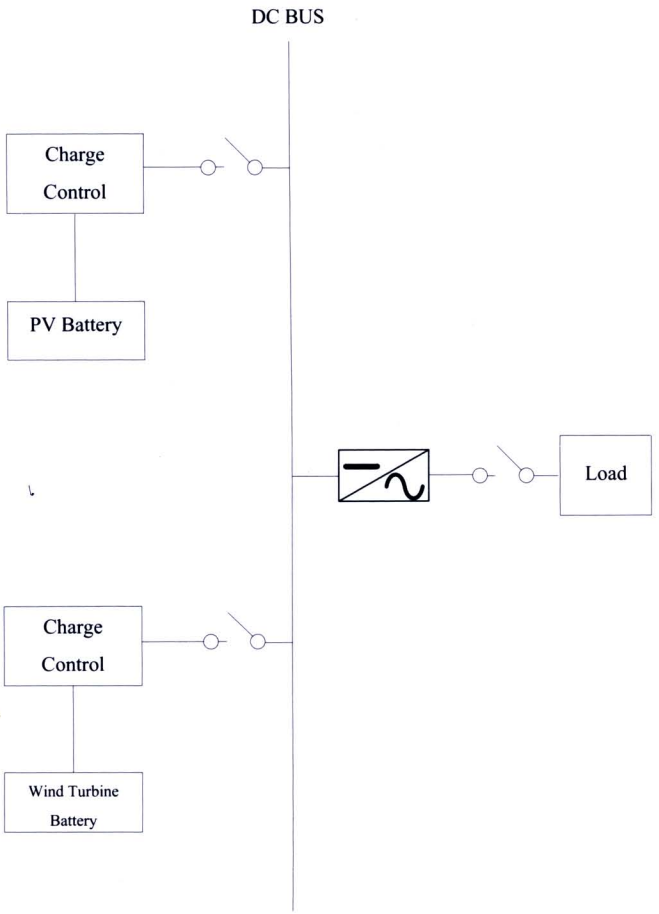
ในสภาวะที่ 4 ในกรณี ที่ไม่มีทั้งพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ และ กังหันลม สภาวะนี้จะเป็นช่วงเวลากลางคืน ในสภาวะนี้ จะประกอบด้วย 2 เงื่อนไขการทำงาน

เงื่อนไขที่ 7 PB > PL ในเงื่อนไขนี้ ระบบควบคุมจะตรวจสอบ พลังงานในแบตเตอรี่ของชุดผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ว่ามีเพียงพอสำหรับจ่ายภาระทางไฟฟ้าหรือไม่ ถ้าเพียงพอ ก็จะใช้ชุดแบตเตอรี่ของเซลล์แสงอาทิตย์จ่ายภาระทางไฟฟ้าก่อน แล้วจึงใช้แบตเตอรี่ของชุดผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม

เงื่อนไขที่ 8 PB < PL ในเงื่อนไขนี้ จะเกิดขึ้น เมื่อชุดแบตเตอรี่ของทั้งระบบไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ และระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลม มีพลังงานไม่เพียงพอสำหรับจ่ายภาระทางไฟฟ้า



ภาพ 16 ไดอะแกรมการทำงานในสภาวะที่ 4 ขั้นตอนที่ 8 (Mode 8)



ภาพ 16 (ต่อ)

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน

การควบคุมการทำงานจะต้องอาศัยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลในการประมวลผลของชุดควบคุมการทำงาน ให้ระบบทำงานได้ถูกต้องตามเงื่อนไข และมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยค่าพารามิเตอร์ดังนี้

1. แรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์
2. กระแสขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์
3. แรงดันประจุแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
4. กระแสประจุแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
5. แรงดันขาออกของแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
6. กระแสขาออกของแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
7. แรงดันขาออกของกังหันลมความเร็วต่ำ

8. กระแสขาออกของกังหันลมความเร็วต่ำ
9. แรงดันประจุแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วต่ำ
10. กระแสประจุแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วต่ำ
11. แรงดันขาออกของแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วต่ำ
12. กระแสขาออกของแบตเตอรี่ของระบบผลิตไฟฟ้าจากกังหันลมความเร็วต่ำ
13. แรงดันขาออกของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ขณะจ่ายภาระทางไฟฟ้า
14. กระแสขาออกของเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า ขณะจ่ายภาระทางไฟฟ้า

การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบผสมผสาน ระหว่างกังหันลมความเร็วต่ำ รวมเซลล์แสงอาทิตย์

สามารถวิเคราะห์ได้จากสมการ

$$NPV = TIC \sum_{t=0}^{n} \left[\frac{To}{(1+i)\,t} \right]$$

เมื่อ

NPV	=	มูลค่าสุทธิปัจจุบัน
T_{IC}	=	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ
T_O	=	ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษารายปี
i	=	อัตราดอกเบี้ย
t	=	อายุการใช้งานของระบบ

และระยะเวลาคืนทุนหาได้จากสมการ

$$\sum_{t=1}^{n} R_t \leq TIC$$

เมื่อ

R_t	=	ระยะเวลาคืนทุน