

กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคกลางของประเทศไทย

ศุภานันท์ บุญเสริม^{1*}, พระพีพัฒน์ ภาสบุตร² และ วรรัตน์ ปัตตประกร¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อำเภอดอนหิวง จังหวัดปทุมธานี 12120

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อำเภอดอนหิวง จังหวัดปทุมธานี 12120

b.supanan@gmail.com

บทคัดย่อ

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์มีความไม่แน่นอน อันเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศและฤดูกาลที่แปรปรวน รวมทั้งข้อจำกัดในด้านเวลา งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์การเบี่ยงเบนความถี่และการตอบสนองความถี่ต่อระบบไฟฟ้ากำลังของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย และกำหนดปริมาณกำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการวางแผนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสม อันจะนำไปสู่ความมั่นคงด้านพลังงานสำหรับประเทศไทยต่อไปในอนาคตได้ โดยทำการศึกษาเฉพาะในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยเท่านั้น เนื่องด้วยในปัจจุบันภาคกลางยังคงต้องพึ่งพาการส่งพลังงานไฟฟ้าจากภาคอื่นๆ ซึ่งจะนำไปสู่ความเสี่ยงต่อเสถียรภาพได้ ในการศึกษาได้จำลองการเบี่ยงเบนความถี่แบบปิดระบบการควบคุมความถี่อัตโนมัติ Automatic Generation Control (AGC) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การเบี่ยงเบนความถี่และการตอบสนองความถี่ที่เกิดขึ้นจริงของระบบ โดยใช้ข้อมูลกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าตัวอย่าง, ข้อมูลการเบี่ยงเบนกำลังการผลิต, ข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้าของภาคกลาง, ข้อมูลโรงไฟฟ้าในภาคกลาง, พารามิเตอร์ของโรงไฟฟ้าแต่ละประเภทในภาคกลาง และสถานการณ์การเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าในภาคกลาง นำมาป้อนเข้าสู่แบบจำลองการตอบสนองความถี่แบบ Real-time automatic Individual Power plant parameters Tuning (RIPT) และทำการวิเคราะห์ผลทุกๆ 5 ปี ได้แก่ ในปี พ.ศ. 2564, 2569, 2574 และ 2579 อ้างอิงตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 - 2579 (PDP2015) จากผลการศึกษาพบว่าค่าความถี่เบี่ยงเบนสูงสุดในแต่ละปีอยู่ที่ 0.32, 0.33, 0.39 และ 0.50 ตามลำดับ ซึ่งเกินค่าควบคุมปกติที่ 50 ± 0.2 เฮิรตซ์ จะเห็นได้ว่าความถี่เบี่ยงเบนสูงขึ้นเมื่อมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในระบบมากขึ้น และจากผลการศึกษาในข้างต้นสามารถนำมากำหนดปริมาณกำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้เท่ากับ 1,125, 1,300, 1,500 และ 1,700 เมกะวัตต์ ตามลำดับ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับระบบเมื่อมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น การติดตั้งระบบการกักเก็บพลังงาน (Energy Storage) เป็นทางเลือกที่น่าสนใจ แต่อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงความคุ้มค่าในการลงทุนด้วย

คำสำคัญ: โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, การตอบสนองความถี่, การเบี่ยงเบนความถี่, ระบบไฟฟ้าของประเทศไทย

บทนำ

ในปัจจุบันแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 - 2579 (Power Development Plan 2015 : PDP 2015) ภาครัฐได้มีการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในประเทศมากขึ้น เพื่อการก้าวไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society) และเป็นแบบอย่างของสังคมโลกที่กล่าวถึงประเทศไทยว่าเป็นประเทศที่มีความมุ่งมั่นให้มีการใช้พลังงานทดแทน โดยให้มีการใช้พลังงานทางเลือกในการผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ซึ่งในส่วนของพลังงานจากแสงอาทิตย์ ให้เพิ่มสัดส่วนกำลังผลิตติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จาก 1,298.5 เมกะวัตต์ ในปี 2557 เป็น 6,000 เมกะวัตต์ ภายในปี 2579 [1]

อย่างไรก็ตามการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์นั้นยังคงมีความไม่แน่นอน เนื่องจากขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและฤดูกาลในแต่ละเขตภูมิภาคของประเทศ รวมถึงยังมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาที่ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ในช่วงเวลากลางคืนได้ จึงส่งผลกระทบต่อคุณภาพและความมั่นคงของระบบไฟฟ้ารวมในประเทศ ดังนั้นด้วยสาเหตุของความไม่แน่นอนนี้จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังของประเทศในการกำหนดปริมาณ

กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อให้สามารถกำหนดทิศทางการวางแผนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมและเพื่อให้เกิดความมั่นคงด้านพลังงานสำหรับประเทศไทยต่อไปในอนาคตได้

จากลักษณะทางภูมิศาสตร์และสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยนั้น ส่งผลให้ศักยภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ไม่เท่ากัน รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อกำลังการผลิต เช่น ลักษณะและปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อระบบไฟฟ้ารวมของประเทศจากการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งในส่วนของงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในเขตภาคกลางเท่านั้น เนื่องจากในปัจจุบันภาคกลางยังคงต้องพึ่งพาการส่งพลังงานไฟฟ้าจากภาคอื่นๆ [1] ซึ่งจะนำไปสู่ความเสี่ยงต่อเสถียรภาพ และหากโรงไฟฟ้าในภูมิภาคหมดอายุลง จะส่งผลให้การผลิตไฟฟ้าของภาคกลางลดลงได้ ผิดกับเป็นพื้นที่ทางเศรษฐกิจที่สำคัญและเป็นศูนย์กลางของประเทศและมีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีโรงไฟฟ้าทดแทนเพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าไว้ในมาตรฐาน

จากข้อมูลสถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ ตาม พ.ร.บ.โรงงาน 2535 ณ ปี 2559 ของกลุ่มสถิติและเผยแพร่สารสนเทศอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม [2] พบว่าภาคกลางมีจำนวนโรงงานสูงที่สุดเป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งมีมากถึง 51,608 โรงงาน จากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมรวมของประเทศทั้งสิ้น 138,083 โรงงาน คิดเป็น 37.37% ในขณะเดียวกันข้อมูลจำนวนประชากร ณ พ.ศ. 2559 จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ปัจจุบันคือกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม) [3] พบว่าในพื้นที่ภาคกลางรวมถึงกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีจำนวนประชากรอาศัยอยู่มากที่สุดถึง 28,011,749 คน จากจำนวนประชากรรวมของทั้งประเทศ 67,347,627 คน คิดเป็น 41.59% ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวนี้ข้างต้นนั้น แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ภาคกลางเป็นเขตที่มีความต้องการในการใช้พลังงานสูงสุดของประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลรายงานสถานการณ์การจำหน่ายไฟฟ้า ประจำปี 2559 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [4] ที่แสดงให้เห็นว่าภาคกลางมีปริมาณการจำหน่ายไฟฟ้าสูงที่สุดถึง 39,762.38 ล้านหน่วย จากปริมาณการจำหน่ายไฟฟ้าทั้งประเทศจำนวน 129,672.60 ล้านหน่วย คิดเป็น 30.66% แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ภาคกลางเป็นเขตที่มีความต้องการในการใช้พลังงานสูงสุดของประเทศ จึงมีความสำคัญต่อประเทศอย่างยิ่ง

วิธีดำเนินการวิจัย

ข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และลักษณะการใช้ไฟฟ้าในภาคกลาง

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคกลางในปี 2559 จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ลักษณะการใช้ไฟฟ้าในภาคกลาง

ศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ภาคกลางย้อนหลัง จากเว็บไซต์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และจากรายงานสถานการณ์การจำหน่ายไฟ 2559 ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ข้อมูลกำลังผลิตของตัวอย่างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคกลาง

รวบรวมข้อมูลกำลังผลิตของตัวอย่างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคกลางย้อนหลัง 1 ปี (ข้อมูลปีพ.ศ. 2559) ซึ่งเก็บข้อมูลกำลังผลิตทุกๆ 1 นาที โดยขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

การเบี่ยงเบนกำลังการผลิต

วิเคราะห์การเบี่ยงเบนกำลังการผลิต โดยใช้ข้อมูลกำลังผลิตจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการนำไปวิเคราะห์การเบี่ยงเบนความถี่ต่อไป อ้างอิงจากรายงานการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม ฉบับสมบูรณ์ (ฉบับปรับปรุง มีนาคม

2559) เรื่อง กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานลมและโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ของสถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ [5] ได้วิเคราะห์การเบี่ยงเบนกำลังการผลิตไว้ ซึ่งสามารถหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

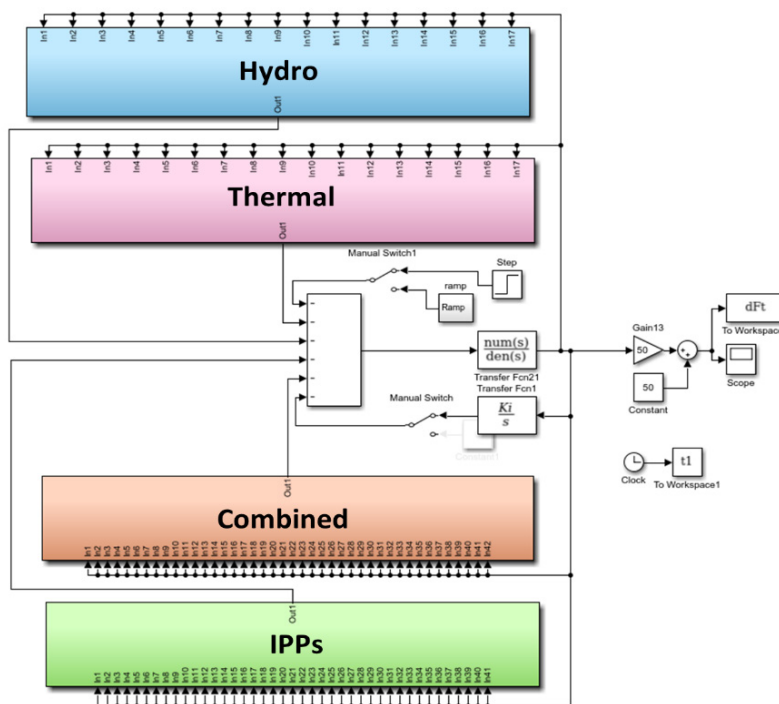
$$\Delta P_t = |P_t - P_{t-1}| \quad (1)$$

เมื่อ ΔP_t คือ ค่าเบี่ยงเบนกำลังผลิตไฟฟ้า ณ นาทีที่ t , P_t คือ ค่ากำลังผลิตไฟฟ้า ณ นาทีที่ t และ P_{t-1} คือ ค่ากำลังผลิตไฟฟ้า ณ นาทีที่ $t-1$

การเบี่ยงเบนความถี่และการตอบสนองความถี่

จำลองข้อมูลซึ่งใช้ข้อมูลกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าตัวอย่าง, ข้อมูลการเบี่ยงเบนกำลังการผลิต, ข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้าของภาคกลาง, ข้อมูลโรงไฟฟ้าในภาคกลาง, พารามิเตอร์ของโรงไฟฟ้าแต่ละประเภทในภาคกลาง และสถานการณ์การเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าในภาคกลาง โดยนำมาป้อนเข้าสู่แบบจำลองการตอบสนองความถี่แบบ Real-time automatic Individual Power plant parameters Tuning (RIPT) ที่ได้มีการศึกษาไว้ในรายงานการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม ฉบับสมบูรณ์ (ฉบับปรับปรุง มีนาคม 2559) เรื่อง กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานลมและโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย ของสถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ [5] สำหรับในการศึกษานี้ได้ทำการจำลองการเบี่ยงเบนความถี่แบบปิดระบบการควบคุมความถี่อัตโนมัติ Automatic Generation Control (AGC) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การเบี่ยงเบนความถี่และการตอบสนองความถี่ที่เกิดขึ้นจริงของระบบ

ในการศึกษาแบบจำลอง RIPT สำหรับภาคกลางนั้น ได้รวบรวมข้อมูลโรงไฟฟ้าหลักของภาคกลางที่มีในปัจจุบัน และที่จะติดตั้งเพิ่มในอนาคตตามแผน PDP2015 โดยแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro Power Plants) 17 แห่ง, โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal Power Plants) 17 แห่ง, โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plants) 42 แห่ง และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมของผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหญ่ (IPPs) 41 แห่ง รวมทั้งสิ้น 117 แห่ง (แบบจำลองแสดงในรูปที่ 1)



รูปที่ 1 แบบจำลองการตอบสนองความถี่ RIPT ที่ใช้สำหรับภาคกลาง

กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคกลางในอนาคต

กำหนดปริมาณกำลังผลิตติดตั้งสูงสุด โดยใช้ข้อมูลจากผลของการหาค่าเบี่ยงเบนความถี่สูงสุด และจำนวนครั้งที่ความถี่เบี่ยงเบนเกินค่าควบคุมที่ 50 ± 0.2 เฮิร์ตซ์เป็นเกณฑ์ เพื่อใช้กำหนดแนวทางและมาตรการที่เหมาะสมในการเพิ่มศักยภาพระบบไฟฟ้าในอนาคตต่อไปได้

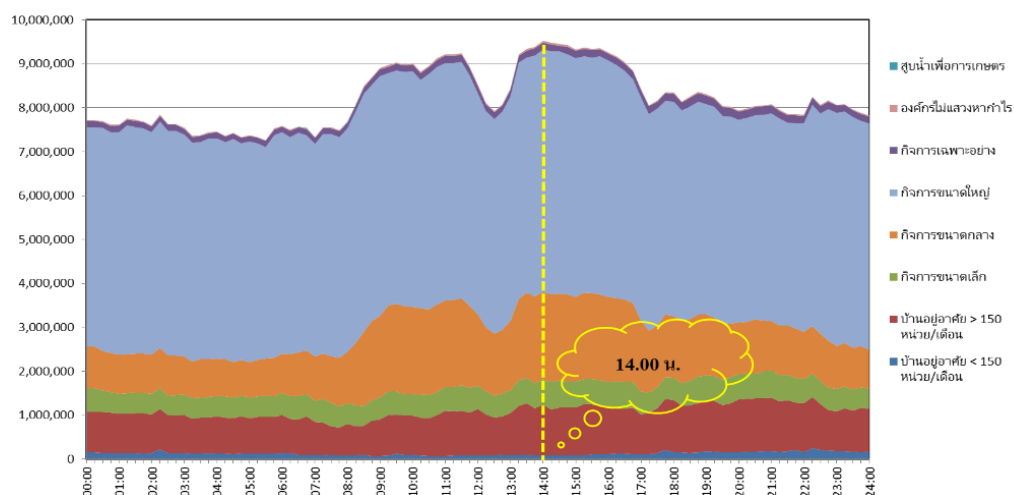
ผลและอภิปรายผล

ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคกลาง

จากการศึกษาข้อมูลแผนที่แสดงที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และโซลาร์รูฟในประเทศไทย ณ เดือนธันวาคม 2559 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พบว่าภาคกลางมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และโซลาร์รูฟมากที่สุดจำนวน 122 แห่ง โดยมีกำลังผลิตจำนวนทั้งสิ้น 709.75 เมกะวัตต์ สอดคล้องกับข้อมูลสรุปผลการตรวจวัดข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2559 ที่ในปัจจุบันกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานมีสถานีวิัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศทั้งสิ้นจำนวน 38 สถานี ซึ่งพบว่าภาคกลางมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่วัดได้เฉลี่ยสูงสุดที่ $22.71 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ ซึ่งอยู่ในเดือนเมษายน ในขณะที่เดือนกันยายนมีค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ต่ำที่สุดเช่นเดียวกัน เฉลี่ยวัดได้ $15.77 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ อยู่ในเดือนธันวาคม และเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ $17.91 \text{ MJ/m}^2\text{-day}$ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ในพื้นที่ภาคกลางที่สูง อันเนื่องมาจากปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าที่สูงตาม ด้วยภาคกลางเป็นจุดศูนย์กลางของประเทศ และเป็นที่ตั้งของเมืองหลวง รวมทั้งในพื้นที่ภาคกลางยังเต็มไปด้วยสถานประกอบการ ห้างร้าน และภาคอุตสาหกรรม ซึ่งล้วนแต่มีความต้องการในการใช้ไฟฟ้าที่สูงทั้งสิ้น

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในภาคกลาง

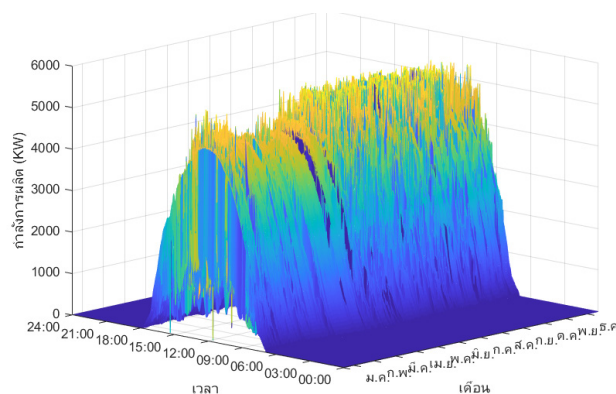
จากข้อมูลสถานการณ์พลังงานปี 2559 และแนวโน้มปี 2560 ของศูนย์พยากรณ์และสารสนเทศพลังงาน สทพ. ได้ให้ข้อมูลความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดสุทธิ (Net Peak Generation Requirement) พบว่า Peak ในปี 2559 เกิดเมื่อวันที่ 11 พฤษภาคม 2559 เวลา 14.00 น. ทั้งนี้ Peak ที่สูงขึ้นมากเนื่องจากปัจจัยอุณหภูมิ โดยเดือนเมษายนอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าค่าปกติประมาณ 2 องศาเซลเซียส และอากาศร้อนจัดสะสมต่อเนื่องยาวนานหลายพื้นที่จนถึงครึ่งเดือนแรกของเดือนพฤษภาคมส่งผลให้มีความต้องการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อทำความเย็นเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังได้ให้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยในปี 2559 อยู่ที่ 182,847 ล้านหน่วย เพิ่มขึ้นร้อยละ 4.6 จากปีก่อน เนื่องจากสภาพอากาศที่ร้อนจัดเป็นช่วงเวลานานโดยเฉพาะในช่วงครึ่งแรกของปี ประกอบกับการขยายตัวของภาคธุรกิจโดยเฉพาะธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวและการก่อสร้าง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลลักษณะการใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ณ เดือนมกราคม 2560 พบว่าภาคกลางมีการใช้ไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ช่วงเวลา 14.00 น. ที่ 9,521,600.81 กิโลวัตต์ โดยส่วนมากเป็นสัดส่วนของกิจการขนาดใหญ่ ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 2



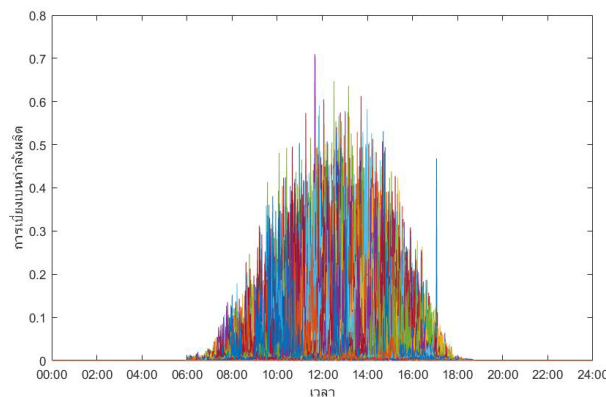
รูปที่ 2 ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของภาคกลาง ณ เดือนมกราคม 2560 (กฟภ.)

ข้อมูลกำลังการผลิตและผลการวิเคราะห์การเบี่ยงเบนกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าตัวอย่างในภาคกลาง

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาข้อมูลกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่างที่ตั้งอยู่ในภาคกลางของประเทศไทย ซึ่งมีกำลังการผลิตติดตั้ง 6 เมกะวัตต์ เป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2559 จากการศึกษาพบว่ากำลังการผลิตสูงสุดคือ 5.47 เมกะวัตต์ กำลังการผลิตต่ำสุดคือ 0 เมกะวัตต์ โดยกำลังผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 1.11 เมกะวัตต์ และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 288.07 สามารถแสดงผลได้ตามรูปที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่ากำลังการผลิตในแต่ละวันนั้นแตกต่างกันออกไปตามสภาพภูมิอากาศในแต่ละช่วงเวลา ณ ขณะนั้น หรือบางช่วงเวลาอาจมีเมฆเคลื่อนตัวมาบดบัง ทำให้ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวได้ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าว สามารถนำมาวิเคราะห์การเบี่ยงเบนของกำลังการผลิตได้ดังในรูปที่ 4 แสดงให้เห็นว่าค่าเบี่ยงเบนกำลังผลิตอยู่ระหว่างช่วงเวลา 6.00 น. - 19.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่แสงอาทิตย์ปรากฏ ทำให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ได้ และจากผลการวิเคราะห์การเบี่ยงเบนกำลังการผลิตพบว่ามีค่าการเบี่ยงเบนสูงสุดคือ 0.71 ค่าเบี่ยงเบนต่ำสุดคือ 0 ค่าเบี่ยงเบนกำลังผลิตเฉลี่ยคือ 0.008 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยคือ 0.016



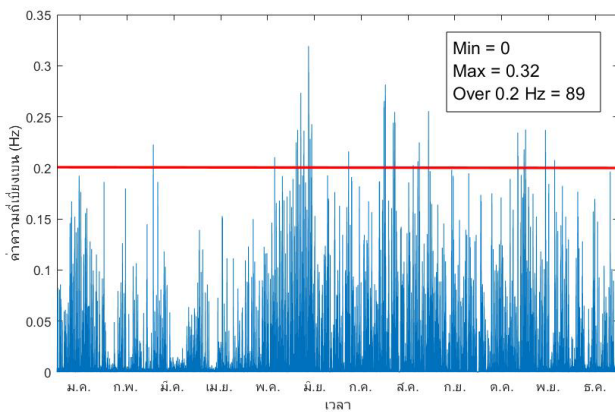
รูปที่ 3 กำลังผลิตของตัวอย่างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคกลาง ขนาด 6 เมกะวัตต์



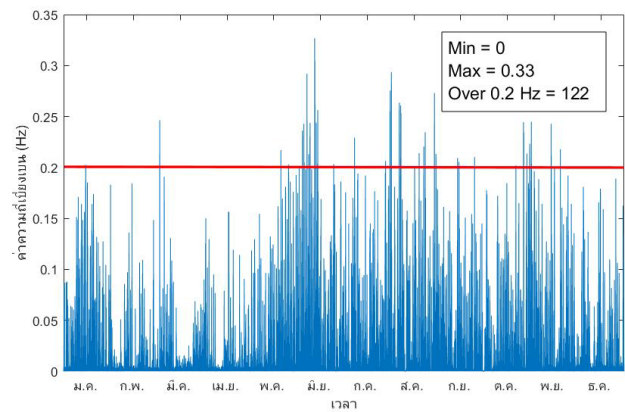
รูปที่ 4 การเบี่ยงเบนกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าตัวอย่างในภาคกลาง ขนาด 6 เมกะวัตต์

ผลการจำลองการเบี่ยงเบนความถี่และการตอบสนองความถี่

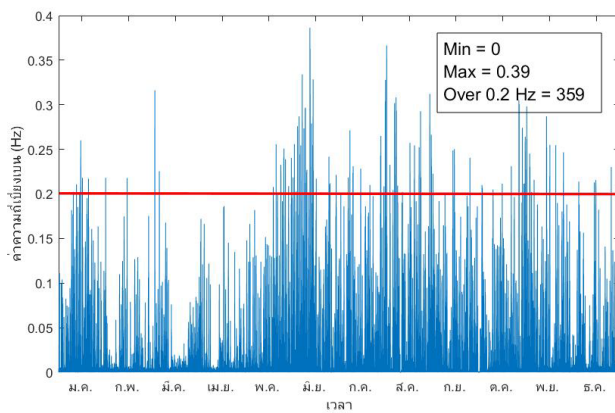
จากผลการจำลองการตอบสนองความถี่โดยใช้แบบจำลอง RIPT อ้างอิงข้อมูลโรงไฟฟ้าในภาคกลางตามแผน PDP2015 ซึ่งได้มีการจำลองการเบี่ยงเบนของความถี่ใน 15 ปีถัดไป โดยวิเคราะห์ผลทุก ๆ 5 ปี ได้แก่ ในปี พ.ศ. 2564, 2569, 2574 และ 2579 ซึ่งได้ทำการปิดระบบควบคุมความถี่อัตโนมัติ Automatic Generation Control (AGC) เพื่อดูการเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจริงของระบบ โดยกราฟแสดงผลการจำลองการเบี่ยงเบนความถี่ แสดงได้ตามรูปที่ 5 ดังนี้



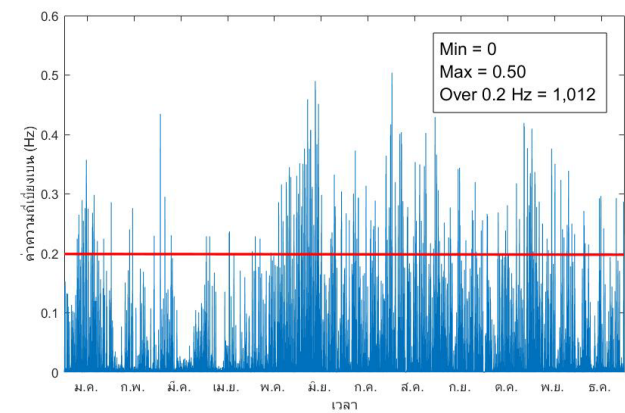
(ก)



(ข)



(ค)



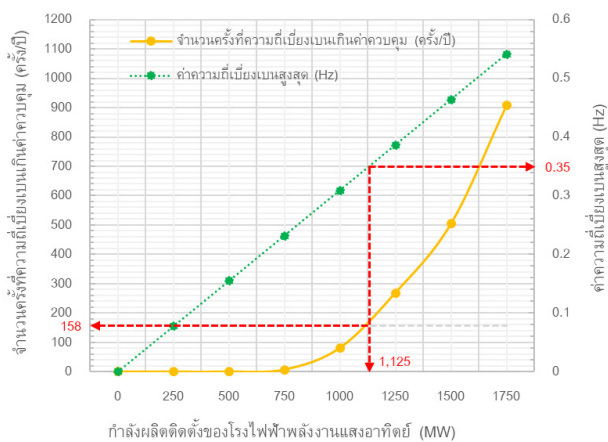
(ง)

รูปที่ 5 การเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังสำหรับภาคกลาง (ก) ปี 2564 (ข) ปี 2569 (ค) ปี 2574 และ (ง) ปี 2579

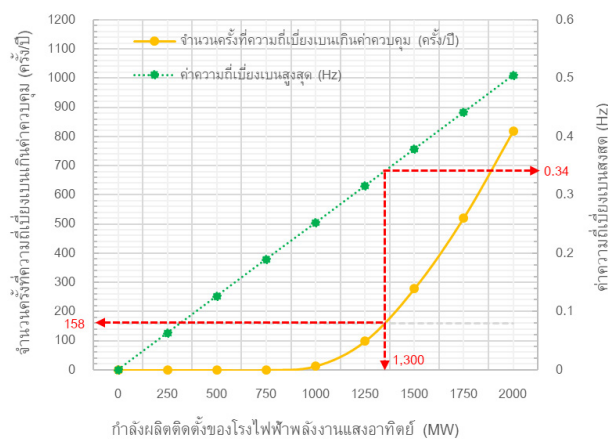
จากผลการวิเคราะห์การเบี่ยงเบนความถี่ในช่วงต้น พบว่าค่าความถี่เบี่ยงเบนสูงสุดและจำนวนครั้งที่ความถี่เกินค่าควบคุมปกติที่ 50 ± 0.2 เฮิร์ตซ์ จะเพิ่มขึ้นในทุกๆปีเมื่อมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นในระบบ ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลกับการเบี่ยงเบนความถี่มีหลายประการ เช่น ลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในปีนั้น หรือสถานการณ์เดินเครื่องของโรงไฟฟ้าในระบบ เป็นต้น ดังนั้นในการป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเบี่ยงเบนความถี่ ระบบจึงควรได้รับการควบคุม ซึ่งอาจใช้การควบคุมความถี่อัตโนมัติช่วย เช่น ระบบควบคุมความถี่อัตโนมัติ (AGC) เพื่อให้ค่าความถี่เบี่ยงเบนสามารถกลับมาที่ค่า 50 เฮิร์ตซ์ได้ในเวลาเร็วที่สุด

การกำหนดปริมาณกำลังผลิตติดตั้งสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมของภาคกลาง

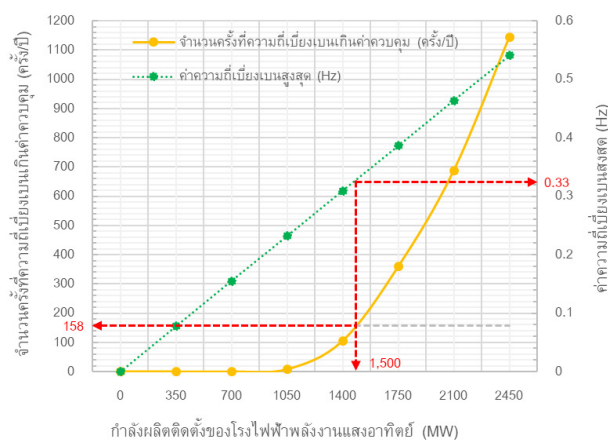
จากผลการวิเคราะห์การเบี่ยงเบนความถี่ในช่วงต้นสามารถนำมากำหนดปริมาณกำลังผลิตติดตั้งสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เหมาะสมของภาคกลางได้ โดยยอมรับจำนวนครั้งของการเกิดการเบี่ยงเบนของความถี่เกินค่าควบคุมในสภาวะปกติ (50 ± 0.2 เฮิร์ตซ์) ได้ไม่เกินร้อยละ 0.03 (ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99.97) กล่าวคือในการพิจารณาการเบี่ยงเบนความถี่ทุก 1 นาทีเป็นเวลา 1 ปี ซึ่งคิดเป็นจำนวนครั้งที่พิจารณาทั้งหมด 525,600 ครั้ง จะสามารถยอมรับให้มีจำนวนครั้งที่เกิดการเบี่ยงเบนของความถี่เกินค่าควบคุมมาตรฐานในสภาวะปกติจำนวน 158 ครั้ง อย่างไรก็ตามค่าเบี่ยงเบนความถี่สูงสุดที่เกิดขึ้นจะต้องไม่เกินค่าควบคุมในสภาวะฉุกเฉินที่ 50 ± 0.5 เฮิร์ตซ์ โดยทำการวิเคราะห์ผลทุกๆ 5 ปี อ้างอิงตามแผน PDP2015 เช่นเดียวกัน ได้แก่ ปี พ.ศ. 2564, 2569, 2574 และ 2579 ซึ่งจากผลการจำลองพบว่ากำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของภาคกลางสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละปี คือ 1,125, 1,300, 1,500 และ 1,700 เมกะวัตต์ ตามลำดับ และมีโอกาสพบค่าเบี่ยงเบนความถี่สูงสุด 0.35, 0.34, 0.33 และ 0.32 เฮิร์ตซ์ ตามลำดับ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นในรูปที่ 6



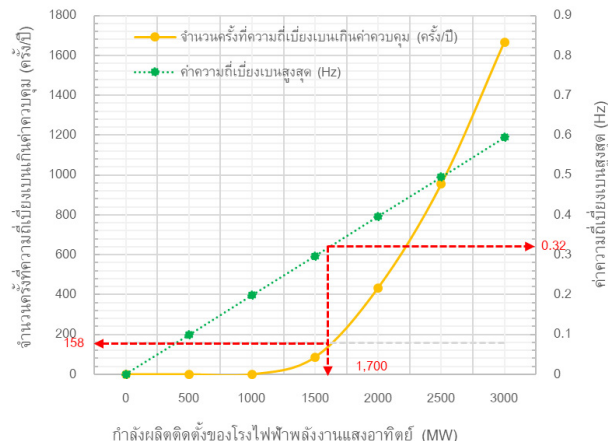
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 6 กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของภาคกลาง (ก) ปี พ.ศ. 2564 (ข) ปี พ.ศ. 2569 (ค) ปี พ.ศ. 2574 และ (ง) ปี พ.ศ. 2579

สรุปผลการวิจัย

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ควรคำนึงถึงการเบี่ยงเบนความถี่ที่จะเกิดขึ้นกับระบบในกรณีที่เกิดค่าควบคุมปกติที่ 50 ± 0.2 เฮิร์ตซ์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้ากำลังของประเทศ หากไม่ได้รับการควบคุมและป้องกันที่เหมาะสม โดยอาจใช้ระบบการควบคุมอัตโนมัติ (AGC) มาช่วยเพื่อให้การเบี่ยงเบนความถี่ลดลง ทำให้สามารถกลับมาที่ค่า 50 เฮิร์ตซ์ได้ในเวลาเร็วที่สุด ทั้งนี้ในการกำหนดปริมาณการผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคกลางของประเทศไทยในอนาคตอีก 20 ปี ข้างหน้าตามแผน PDP2015 ยังควรคำนึงถึงความถี่เบี่ยงเบนสูงสุดที่จะเกิดขึ้น และจำนวนครั้งที่เกิดความถี่เบี่ยงเบนเกินค่าควบคุมปกติที่ 50 ± 0.2 เฮิร์ตซ์ เพื่อเป็นการควบคุมผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับระบบไฟฟ้าของประเทศ

ข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับระบบเมื่อมีโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น การติดตั้งระบบการกักเก็บพลังงาน (Energy Storage) จะสามารถช่วยเก็บพลังงานที่เกินความต้องการในช่วงเวลากลางวัน และดึงมาใช้ในช่วงเวลากลางคืนที่ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ซึ่งจะช่วยลดภาระในระบบในช่วงเวลาดังกล่าวได้ แต่อย่างไรก็ตามการติดตั้ง Energy Storage ยังควรคำนึงถึงความคุ้มค่าในการลงทุนด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากหลายฝ่าย ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณตัวอย่างโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ภาคกลางที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลกำลังผลิต และขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จด้วยดี

บรรณานุกรม

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 - 2579.
- [2] กลุ่มสถิติและเผยแพร่สารสนเทศอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม. สถิติสะสมจำนวนโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการ ตาม พ.ร.บ.โรงงาน 2535 ณ สิ้นปี 2559.
- [3] สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร. ข้อมูลจำนวนประชากร ณ พ.ศ.2559.
- [4] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. รายงานสถานการณ์การจำหน่ายไฟฟ้า ประจำปี 2559.
- [5] สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานลมและโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย. รายงานการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม ฉบับสมบูรณ์ (ปรับปรุง มีนาคม 2559).