

การศึกษากำลังผลิตติดตั้งสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

เดชศักดิ์ดา ศุภเวทย์¹, พระพิพัฒน์ ภาสบุตร² และ วรรัตน์ ปัตตประกร¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

odet_sakda@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ คือ การศึกษาหาค่ากำลังผลิตติดตั้งสูงสุดของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยในอนาคต โดยพิจารณาจากผลกระทบต่อการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังจากความไม่แน่นอนของแสงแดด ผ่านแบบจำลองการตอบสนองความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังของภาคที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ความสัมพันธ์ของข้อมูลปฐมภูมิ 3 ชุดที่ใช้เป็นอินพุต (1) ข้อมูลกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อนำมาวิเคราะห์การเบี่ยงเบนของกำลังผลิตอันเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศทุก 1 นาที (2) ข้อมูลตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย ปี 2558 - 2579 (PDP2015) ซึ่งระบุจำนวนและกำลังผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าชนิดต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลังทั้งในปัจจุบันและที่จะติดตั้งเพิ่มเติมในอนาคต ข้อมูลเหล่านี้ร่วมกับข้อมูลพารามิเตอร์ของโรงไฟฟ้าแต่ละโรง (3) ข้อมูลลักษณะความต้องการไฟฟ้าของภาคในแต่ละช่วงเวลาพิจารณาร่วมกับข้อมูลคาดการณ์ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด เพื่อเป็นเงื่อนไขการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้สอดคล้องกับความต้องการไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา เอ้าท์พุทที่ได้จากการจำลอง คือ กราฟการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้าเมื่อเทียบกับเวลา ซึ่งจะทำให้ทราบถึงลักษณะการตอบสนองความถี่ของระบบ จากนั้นทำการประเมินกำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับภูมิภาคจากการเพิ่มสัดส่วนกำลังผลิตติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จากการศึกษาพบว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพิจารณาทุก 5 ปี (ปี 2564-2579) จะสามารถติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ 425 เมกะวัตต์, 570 เมกะวัตต์, 710 เมกะวัตต์ และ 850 เมกะวัตต์ ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นประมาณร้อยละ 11-15 ของความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในทุกๆ ปี (พิจารณาที่ความต้องการไฟฟ้าของภาคในปี 2559 ที่ร้อยละ 10.97) โดยมีค่าความถี่สูงสุดที่ประมาณ 0.35-0.45 เฮิรตซ์ หายสุดหากต้องการเพิ่มศักยภาพในการผลิตติดตั้งสามารถหาแนวทางและมาตรการที่เหมาะสมได้แก่ การประยุกต์ใช้ระบบกักเก็บพลังงานเพื่อควบคุมคุณภาพไฟฟ้า การจัดสรรกำลังผลิตสำรองขึ้นต้นให้เพียงพอและเหมาะสมกับสถานการณ์ การกำหนดพื้นที่ติดตั้งโรงไฟฟ้าเหมาะสมเพื่อลดการเบี่ยงเบนกำลังผลิต ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงการคุ้มทุนและเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าในอนาคตด้วย

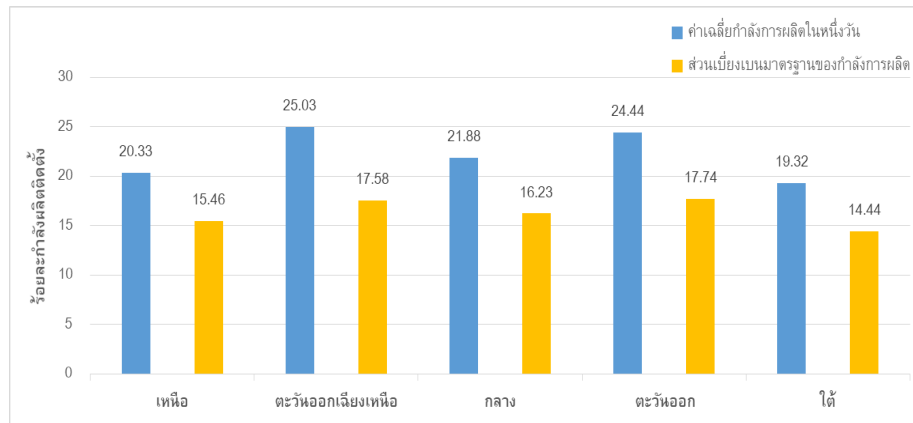
คำสำคัญ: ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย, การเบี่ยงเบนความถี่, กำลังผลิตติดตั้งสูงสุด, โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

บทนำ

ปัจจุบันประเทศต่างๆทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทยได้ตระหนักถึงปัญหามลพิษที่เกิดจากการใช้พลังงานฟอสซิลมากขึ้นทุกวัน ได้มีพัฒนาพลังงานทางเลือกขึ้นมา หนึ่งในนั้นที่สำคัญคือ พลังงานแสงอาทิตย์ โดยเฉพาะใช้ในการผลิตไฟฟ้า รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน โดยเพิ่มสัดส่วนกำลังผลิตติดตั้งจาก โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ รวมประมาณ 6,000 เมกะวัตต์ ภายในปี พ.ศ. 2579 [1] เพื่อเพิ่มความหลากหลายทางด้านพลังงานและลดการใช้พลังงานฟอสซิลซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของการปลดปล่อยมลพิษ แต่เป็นที่ทราบกันดีพลังงานจากแสงอาทิตย์นั้นเป็นพลังงานที่สะอาด ปราศจากมลพิษ และเป็นพลังงานหมุนเวียนที่ศักยภาพมหาศาล ไม่มีวันหมด แต่มีข้อเสียอยู่ที่ว่า เป็นพลังงานที่มีความแปรปรวน ปัจจัยหลายอย่างอาจส่งผลให้ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (ความเข้มแสงอาทิตย์) ที่นำมาใช้ผลิตไฟฟ้า ในช่วงเวลาต่างๆ ในแต่ละวันมีความไม่แน่นอน และไม่คงที่ เช่น สภาพอากาศ, ฤดูกาล และ ภูมิประเทศ (พื้นที่) ในการติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น จึงไม่สามารถวางแผนและควบคุมปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่แน่นอนและต่อเนื่องตลอดทั้งวันได้ ซึ่งจะส่งผลต่อเสถียรภาพและความมั่นคงของระบบไฟฟ้าของประเทศไทย ดังนั้นในระบบจึงต้องมีกำลังผลิตไฟฟ้าสำรองของประเทศ (Reserve Margin) และกำลังผลิตสำรองพร้อมจ่าย (Spinning Reserve) ให้

เพียงพอที่จะรองรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าในกรณีพลังงานแสงอาทิตย์ไม่ สามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบได้ เพื่อป้องกันปัญหา การเกิดไฟฟ้าตก ไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้างได้

จากรูปที่ 1 พบว่า โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละภูมิภาคมีความแตกต่างของกำลังผลิตทั้งในด้านปริมาณ (กำลังผลิต เฉลี่ย) และคุณภาพ (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) รวมทั้งกำลังการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าประเภทอื่นๆ ก็มีปริมาณที่ไม่เท่ากัน ดังนั้น ความสามารถในการรองรับความแปรปรวนของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์จึงต่างกันด้วย จากงานวิจัย พบว่าภาค ตะวันออกเฉียงเหนือของไทยมีค่าเฉลี่ยกำลังผลิตตลอดทั้งปีในหนึ่งวันของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของกำลังการผลิตค่อนข้างสูง [2]



รูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยกำลังผลิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ที่มา: สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. รายงานการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรม ฉบับสมบูรณ์

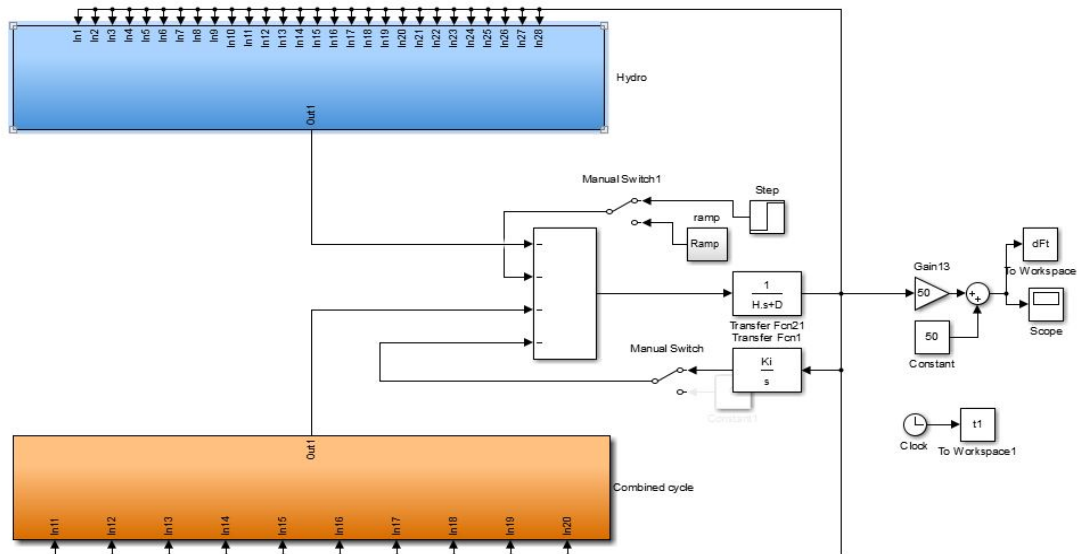
งานวิจัยนี้ได้ศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย เนื่องจากมีศักยภาพในการผลิตโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุด โดยในระหว่างปี 2556–2558 มีความเข้มแสงเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้นที่ 17.2, 17.6 และ 18 MJ/m²-day [3] แต่ได้นำศักยภาพในการผลิต ไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ได้เพียงเล็กน้อย ประกอบกับการใช้ไฟฟ้าของภูมิภาคนี้ค่อนข้างสูงและไม่สามารถผลิตได้เองให้ เพียงพอต่อความต้องการ จึงจำเป็นต้องนำเข้าพลังงานไฟฟ้าจากภูมิภาคอื่นและจากต่างประเทศเป็นสำคัญ พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็น พลังงานที่น่าสนใจ ในการตอบปัญหาเรื่องพลังงานไม่เพียงพอของภูมิภาคนี้ หากมีการผลิตติดตั้งเพิ่มในอนาคต ต้องคำนึงถึงปริมาณที่ เหมาะสมเพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อเสถียรภาพระบบไฟฟ้ากำลังของภาคด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

ในสภาวะปกติการไฟฟ้าฝ่ายผลิตจะควบคุมความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังให้อยู่ในช่วงค่าควบคุมมาตรฐานที่ 50 ± 0.2 เฮิร์ตซ์ แต่เมื่อมีสถานการณ์ที่เกิดความผิดปกติขึ้นในระบบนั้น ความถี่ของระบบจะสามารถยอมรับให้ออกนอกช่วงควบคุมในสภาวะปกติได้ โดยช่วงการเบี่ยงเบนความถี่สูงสุดไม่เกินร้อยละ 1 ของค่าความถี่ควบคุม (50 ± 0.5 เฮิร์ตซ์) ดังนั้นในการประเมินค่ากำลังผลิตติดตั้งที่ เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ โดยยอมรับจำนวนครั้งของการเกิดการเบี่ยงเบนของความถี่เกินค่าควบคุมในสภาวะปกติ (50 ± 0.2 เฮิร์ตซ์) ได้ไม่เกินร้อยละ 0.03 (ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99.97) เฮิร์ตซ์

ผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองการตอบสนองความถี่ของระบบผลิตไฟฟ้าแบบเซตเดี่ยว (The Isolated Power System) เนื่องจากมี ความเหมาะสมและเป็นแบบจำลองที่มีพารามิเตอร์ที่ไม่ซับซ้อนที่ทำให้ผลการจำลองสามารถแสดงคุณลักษณะการเบี่ยงเบนความถี่โดย เฉลี่ยของระบบได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง และเพียงพอสำหรับนำมาวิเคราะห์ผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อการ เบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ข้อมูลของตามแผน PDP2015 ที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

โรงไฟฟ้าหลักในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทยที่มีในปัจจุบันและที่จะติดตั้งเพิ่มในอนาคต โดยจะพิจารณาในกรณีที่ไม่มีตัวควบคุมความถี่ automatic generation control (AGC) เพื่อดูการเบี่ยงเบนที่เกิดขึ้นจริงของระบบ ในทุกๆ 5 ปี



รูปที่ 2 แบบจำลองการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทย

ที่มา: สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. รายงานการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรม ฉบับสมบูรณ์ (2559).

1. ระบบไฟฟ้ากำลัง (Power system)

ในการจำลองนั้นจะใช้แบบจำลองการตอบสนองความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังของภาคตะวันออกเฉียงเหนือดังแสดงในรูปที่ 2 โดยใช้ข้อมูลโรงไฟฟ้าและพารามิเตอร์ต่างๆ ของโรงไฟฟ้าในปัจจุบัน และที่จะติดตั้งเพิ่มในอนาคตตามแผน PDP2015 พารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งมีขนาดกำลังผลิตติดตั้งตั้งแต่ 5 เมกะวัตต์ของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ จนกระทั่งถึง 1,000 เมกะวัตต์ของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน ทั้งนี้เห็นว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละประเภทจะมีความไวต่อการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงโหลดที่แตกต่างกัน เช่น เทอร์ไบน์ของเครื่องกังหันก๊าซจะมีความเร็วในการตอบสนองมากกว่าเทอร์ไบน์ของเครื่องกังหันน้ำ 10 เท่า อีกทั้งมีค่าคงที่การปรับความเร็วกลเวอร์เนอร์ต่างกัน เป็นต้น เป็นเหตุให้ชนิดและจำนวนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่กับระบบที่สภาวะโหลดต่างกันในแต่ละช่วงเวลามีการตอบสนองความถี่ต่างกัน

ดังนั้นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นจึงต้องนำระดับของความต้องการไฟฟ้าเข้ามาเพื่อกำหนดเงื่อนไขในการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาด้วยแบบจำลองการเบี่ยงเบนความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในประเทศไทยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ แสดงในตารางที่ 1 ซึ่งแบบจำลองประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องของแต่ละปีต่อขนานกันแบบเซตเดียวและได้มีการปรับจูนพารามิเตอร์ต่างๆ ให้ได้ผลการตอบสนองความถี่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงโดยเปรียบเทียบกับผลการตอบสนองความถี่ระบบไฟฟ้าในปัจจุบัน

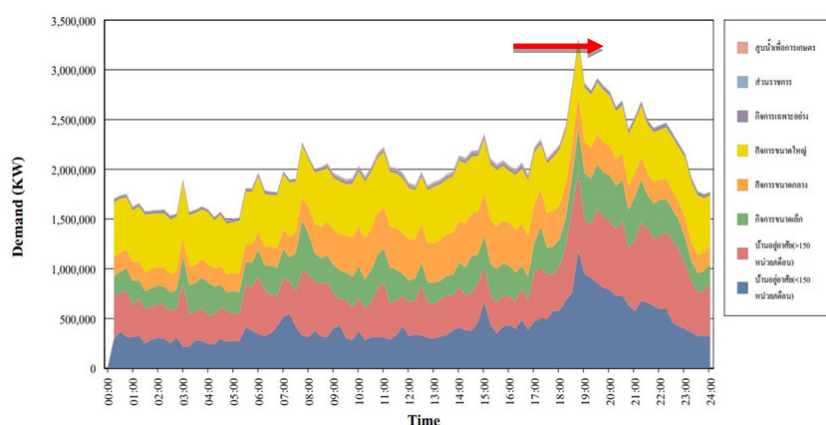
พบว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีประเภทของโรงไฟฟ้าที่สำคัญของภาคอยู่ 2 ประเภท คือ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plants) ของ กฟผ. กับโรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro Power Plants) ของ กฟผ.รวมกับที่รับซื้อจาก สปป.ลาว ซึ่งจำนวนโรงไฟฟ้าที่ใช้สร้างแบบจำลองจะมีกำลังผลิตรวมกันในแต่ละปีไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของกำลังผลิตติดตั้งรวมทั้งภาค

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดต่างๆที่ใช้ในการจำลอง

ลำดับที่	พารามิเตอร์	โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ	โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมของ กฟผ.
1	ค่าคงที่การปรับความเร็วกลวอเตอร์, R (เฮิร์ตซ์/100 เมกะวัตต์)	6-7	4 - 7
2	ค่าคงตัวเวลาของกลวอเตอร์, T_g (วินาที)	0.7 - 0.9	0.6 - 0.8
3	ค่าคงตัวเวลาของเทอร์ไบน์, T_t (วินาที)	8 - 12	0.6 - 0.8
4	อัตราขยายของกลวอเตอร์, k_g	0.90	0.65
5	อัตราขยายของเทอร์ไบน์, k_t	0.90	0.65
6	ค่าคงตัวความเฉื่อยของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, H^* (วินาที)	2 - 4	3 - 9

2. ลักษณะของความต้องการไฟฟ้า (Load profile)

ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ความละเอียดทุก 1 นาที ข้อมูลจาก กฟผ. ในปี พ.ศ. 2560 (2017) มีค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละวันอยู่ประมาณ 3,200 เมกะวัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยทั่วไปการใช้ไฟฟ้าสูงสุดจะอยู่ในช่วง 18:00 - 20:00 น. บ้านพักที่อยู่อาศัยที่มีการใช้ไฟฟ้า <150 หน่วย/เดือน มีอิทธิพลสูงสุดในการใช้ไฟฟ้าของภูมิภาคนี้ แล้วนำค่าไปใช้เป็นอินพุตสำหรับแบบจำลองต่อไปซึ่งจะเป็นเงื่อนไขในการกำหนดสถานะการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าต่างๆในแต่ละช่วงเวลา อันจะส่งผลต่อการตอบสนองความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังในช่วงเวลานั้นๆ [4]



รูปที่ 3 แสดงค่าการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์ KW) ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3. แผนเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Unit Commitment)

เงื่อนไขที่สำคัญในการกำหนดแผนเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าคือกำลังผลิตติดตั้งรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในแบบจำลองจะคิดเป็นร้อยละ 85 ของความต้องการไฟฟ้าทั้งภาค ซึ่งกำลังผลิตที่เหลือร้อยละ 15 ผลิตจากผู้ผลิตไฟฟ้าประเภท SPP และ VSPP (ไม่พิจารณาในแบบจำลอง) ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลปี พ.ศ. 2557 จาก กฟผ. [2,5]

โดยในการกำหนดระดับความต้องการไฟฟ้า จะกำหนดความห่างของแต่ละระดับเท่ากับ 200 เมกะวัตต์ และจำนวนระดับของแต่ละปีจะขึ้นอยู่กับพิสัยของความ ต้องการไฟฟ้าหรือความต่างระหว่างความต้องการไฟฟ้าสูงสุดและความต้องการไฟฟ้าต่ำสุด ความต้องการไฟฟ้า

4. การทำนายกำลังผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ในการจำลองจะพิจารณาเฉพาะ โรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ (solar farm) แต่จะไม่พิจารณาผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก VSPP และผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กที่มีกำลังผลิตน้อยกว่า 1 เมกะวัตต์ เนื่องจากมีกำลังผลิตต่ำและมีการกระจายตัวสูงจึงถือว่าไม่ผลกระทบต่อการศึกษาความถี่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่

5. การเบี่ยงเบนกำลังผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ตัวอย่าง

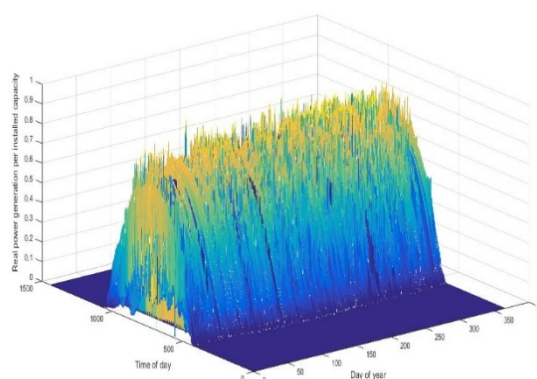
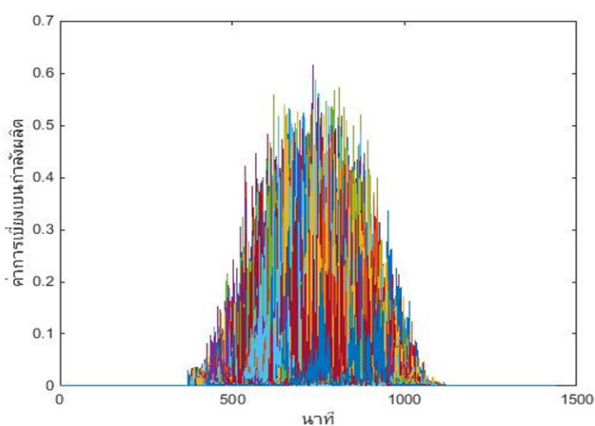
การวิเคราะห์การเบี่ยงเบนของกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อที่จะทราบลักษณะการเบี่ยงเบนกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ระดับ 1 นาที ทั้งขนาดและความถี่ของในแต่ละช่วงเวลา ทั้งนี้เพื่อที่จะนำลักษณะการเบี่ยงเบน ที่เกิดขึ้นจริงนี้ไปจำลองผลกระทบต่อความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังของภูมิภาคต่อไป พิจารณาจากความแตกต่าง ระหว่างกำลังผลิตของลำดับเวลาที่พิจารณาในปัจจุบัน (นาทีที่พิจารณา) กับกำลังผลิตของลำดับเวลาในลำดับถัดไป (นาทีถัดไป)

การหาค่าเบี่ยงเบนกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ทุก 1 นาที จะพิจารณาจากความแตกต่างระหว่างกำลังผลิตของลำดับเวลาที่พิจารณา กับกำลังผลิตของลำดับเวลาในลำดับก่อนหน้า ดังสมการ

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

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

ผลการวิเคราะห์การเบี่ยงเบนกำลังผลิตต่อ 1 นาทีของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับช่วงเวลา 6.00 - 19.00 น. แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งจะพบว่าค่าเบี่ยงเบนกำลังผลิตสูงสุดอยู่ร้อยละ 62.55 ของกำลังผลิตติดตั้ง



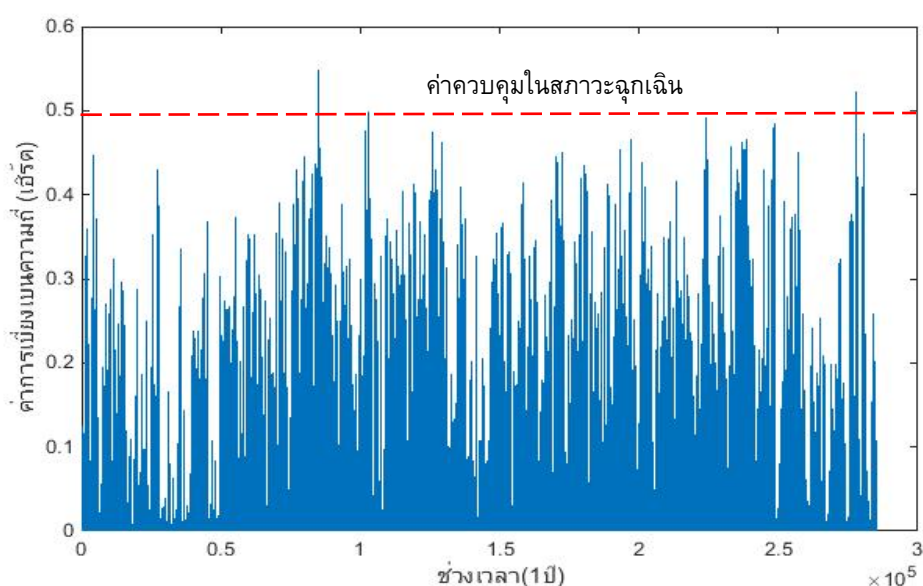
รูปที่ 4 แสดงการเบี่ยงเบนกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ต่อหน่วยการผลิต

ผลและอภิปรายผล

พิจารณาการเบี่ยงเบนความถี่ทุก 1 นาที่เป็นเวลา 1 ปี ซึ่งคิดเป็นจำนวนครั้งที่พิจารณาทั้งหมด 525,600 ครั้ง จะสามารถยอมรับให้มีจำนวนครั้งที่เกิดการเบี่ยงเบนของความถี่เกินค่าควบคุมมาตรฐานในสภาวะปกติจำนวน 158 ครั้ง อย่างไรก็ตามค่าเบี่ยงเบนความถี่สูงสุดที่เกิดขึ้นจะต้องไม่เกินค่าควบคุมในสภาวะฉุกเฉินที่ ± 0.5 เฮิร์ตซ์ในปีด้วย ในปีพ.ศ. 2564 มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด 3,925 เมกะวัตต์ พบว่ากำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือประมาณ 425 เมกะวัตต์หรือคิดเป็นปริมาณร้อยละ 11.5 ของความต้องการไฟฟ้าสูงสุด โดยมีโอกาสพบค่าเบี่ยงเบนความถี่สูงสุด 0.35 เฮิร์ตซ์ดังแสดงในรูปที่ 5 ในปี พ.ศ. 2569 มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด 4,475 เมกะวัตต์ กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมคือประมาณ 570 เมกะวัตต์หรือคิดเป็นปริมาณร้อยละ 12.7 ของความต้องการไฟฟ้าสูงสุด โดยมีโอกาสพบค่าเบี่ยงเบนความถี่สูงสุด 0.37 เฮิร์ตซ์ ส่วนในปี พ.ศ. 2574 มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด 4,985 เมกะวัตต์ พบว่ากำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ คือ ประมาณ 710 เมกะวัตต์หรือคิดเป็นปริมาณร้อยละ 14.2 ของความต้องการไฟฟ้าสูงสุด โดยมีโอกาสพบค่าเบี่ยงเบนความถี่สูงสุด 0.44 เฮิร์ตซ์ และ ในปี พ.ศ. 2579 หรืออีก 20 ปีข้างหน้ามีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด 5,450 เมกะวัตต์ พบว่ากำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์คือประมาณ 850 เมกะวัตต์หรือคิดเป็นปริมาณร้อยละ 15.6 ของความต้องการไฟฟ้าสูงสุด โดยมีโอกาสพบค่าเบี่ยงเบนความถี่สูงสุด 0.45 เฮิร์ตซ์ ดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่ากำลังผลิตติดตั้งสูงสุดในแต่ละปีจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของกำลังผลิตไฟฟ้ารวมซึ่งเพิ่มตามความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละปี

ตารางที่ 2 กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย ในปี 2564-2579

ปี พ.ศ.	2564	2569	2574	2579
ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด(เมกะวัตต์)	3,925	4,475	4,985	5,450
กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์(เมกะวัตต์)	425	570	710	850
คิดเป็นร้อยละของความต้องการไฟฟ้าสูงสุด	11.5	12.7	14.2	15.6
ค่าเบี่ยงเบนความถี่สูงสุด	0.35	0.37	0.44	0.45



รูปที่ 5 แสดงค่าการเบี่ยงเบนความถี่ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่เกินค่าควบคุมในสภาวะฉุกเฉินที่ ± 0.5 เฮิร์ตซ์

สรุปผลการวิจัย

ในแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยปี พ.ศ. 2558-2579 (PDP2015) กำหนดเป้าหมายให้มีกำลังผลิตจากโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็น 6,000 ภายในปี พ.ศ.2579 และยังไม่มีการนำผลกระทบด้านความถี่ของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาพิจารณา ซึ่งโรงไฟฟ้างกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพ และความมั่นคงของระบบไฟฟ้าได้ เพื่อศึกษาผลกระทบด้านความถี่การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองการตอบสนองความถี่โดยใช้พารามิเตอร์ของโรงไฟฟ้าในระบบเป็นวิธีที่มีความน่าเชื่อถือและมีการใช้อย่างแพร่หลายและได้มีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อใช้ในหลายวัตถุประสงค์ ซึ่งให้ผลลัพธ์ของระบบได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

จากการจำลองการตอบสนองความถี่ของระบบไฟฟ้าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองการตอบสนองความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังของภาค เพื่อประเมินกำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สรุปได้ว่า ในปี 2564-2574 มีสัดส่วนของความถี่ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดต่อกำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ใกล้เคียงกันอยู่ที่ประมาณร้อยละ 11-15 ซึ่งระบบสามารถรองรับกำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ได้

หากต้องการเพิ่มศักยภาพในการผลิตติดตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคตเพิ่มขึ้นนั้นก็มีหลายหลายมาตรการที่ใช้กันได้แก่ การประยุกต์ใช้ระบบกักเก็บพลังงานเพื่อควบคุมคุณภาพไฟฟ้า ควบคุมกำลังผลิตติดตั้งในแต่ละพื้นที่ให้มีการกระจายตัวอย่างเหมาะสม การจัดสรรกำลังผลิตสำรองขึ้นต้นให้เพียงพอและเหมาะสมกับสถานการณ์ เป็นต้น เพื่อลดผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบไฟฟ้ากำลังเนื่องจากการเพิ่มสัดส่วนของโรงไฟฟ้าประเภทที่มีความไม่แน่นอน ในอนาคตต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ ให้ผ่านลุล่วงไปได้ด้วยดี

บรรณานุกรม

- [1] สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.(2558). แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 - 2579. กรุงเทพฯ.
- [2] สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. รายงานการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรมฉบับสมบูรณ์ (2559). กำลังผลิตติดตั้งสูงสุดที่เหมาะสมของ โรงไฟฟ้าพลังงาน ลมและโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ของ ประเทศไทย.
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.คู่มือการพัฒนาและการลงทุน ผลิตพลังงานทดแทนชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์.
- [4] การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด. สืบค้นเมื่อวันที่ 8-15 กันยายน 2560. จากเว็บไซต์ <http://www.egat.co.th/index.php>.
- [5] P. Bhasaputra. (2015). Impact of Solar and Wind Power Development Plan in Thailand by Considering Frequency Response of Power System. Electrical and Computer Engineering Thammasat University.
- [6] H. Saadat. (1999). Power System Analysis. McGrawHil.