

Getting Wind and Sun onto the Grid Excerpt

Grid integration: Myths and reality

[ความเชื่อ และข้อเท็จจริง เกี่ยวกับการนำพลังงานหมุนเวียนที่มีความผันผวน

(ซึ่งได้แก่ลมและแสงอาทิตย์) เข้ามาในระบบไฟฟ้า]

Thai Translation

แปลโดย

มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย

The views expressed in this paper do not necessarily reflect the views or policy of the International Energy Agency (IEA) Secretariat or of its individual member countries. The paper does not constitute advice on any specific issue or situation. The IEA makes no representation or warranty, express or implied, in respect of the paper's content (including its completeness or accuracy) and shall not be responsible for any use of, or reliance on, the paper. Comments are welcome, directed to sir@iea.org.



ñ ;3ó ó ó ñ ó
% ,) ó
;33 ó &

ó

ó
ÿ ó

ú

ü

úú

ú

ú

} A756;73 \$ #*
; fvd Sfa` S^7 Vdk 3WUk
| WefWwww.iea.org

ÿ ó

ú

ÿ

ó

ó

ñ

ñ

uu

ñ

ความเชื่อที่ 2 : การใช้ VRE ในระบบไฟฟ้า จะเพิ่มต้นทุนให้กับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

ความเชื่ออีกประการหนึ่งที่ถูกละเลยกันมาบ่อย ๆ คือ “ความผันผวนที่มาจากพลังงานลมและแสงอาทิตย์ จะเพิ่มภาระในการทำงานของโรงไฟฟ้าแบบดั้งเดิม (เช่น โรงไฟฟ้าถ่านหิน โรงไฟฟ้าก๊าซธรรมชาติ) เพราะจะทำให้โรงไฟฟ้าเหล่านี้ต้องปรับระดับการผลิตไฟฟ้าขึ้น-ลงบ่อยยิ่งขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อโรงไฟฟ้าในทางเทคนิค และทำให้ต้นทุนของระบบไฟฟ้าโดยรวมเพิ่มขึ้น”

โดยทั่วไปแล้วความเชื่อนี้ไม่เป็นความจริงกับระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ยังมีสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนจากลมและแสงอาทิตย์ไม่มากนัก ซึ่งเป็นเหตุผลเดียวกับความเชื่อในข้อแรก เนื่องจากความผันผวนที่เกิดจากแหล่งพลังงานเหล่านี้จะยังน้อยมาก และไม่สามารถแยกออกจากความผันผวนของความต้องการพลังงานไฟฟ้าได้

สำหรับระบบไฟฟ้าที่มีสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าจากลมและแสงอาทิตย์สูงขึ้น ความผันผวนที่เพิ่มขึ้นก็อาจเริ่มส่งผลกระทบต่อลักษณะการทำงานของโรงไฟฟ้าประเภทอื่นได้ อย่างไรก็ตาม จากประสบการณ์ของระบบไฟฟ้าต่างๆ ในหลากหลายประเทศ พบว่าโรงไฟฟ้าพลังความร้อนมีความสามารถทางเทคนิคที่จะปรับระดับการผลิตเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างรวดเร็วและบ่อยครั้งได้โดยไม่ทำให้ต้นทุนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีพยากรณ์ผลผลิตไฟฟ้าจาก VRE และการปรับแผนการผลิตไฟฟ้าให้ใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบัน (real-time) มากที่สุด เป็นตัวช่วยที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำในการรับมือกับความผันผวนที่อาจเพิ่มขึ้น ซึ่งการมองข้ามมาตรการทั้งสองนี้ไปอาจเพิ่มต้นทุนให้กับระบบโดยรวม อย่างไรก็ตาม ในกรณีของระบบไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น ระบบไฟฟ้าบนเกาะ VRE สามารถส่งผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า ซึ่งมีใช้เนื้อหาหลักของบทความชิ้นนี้

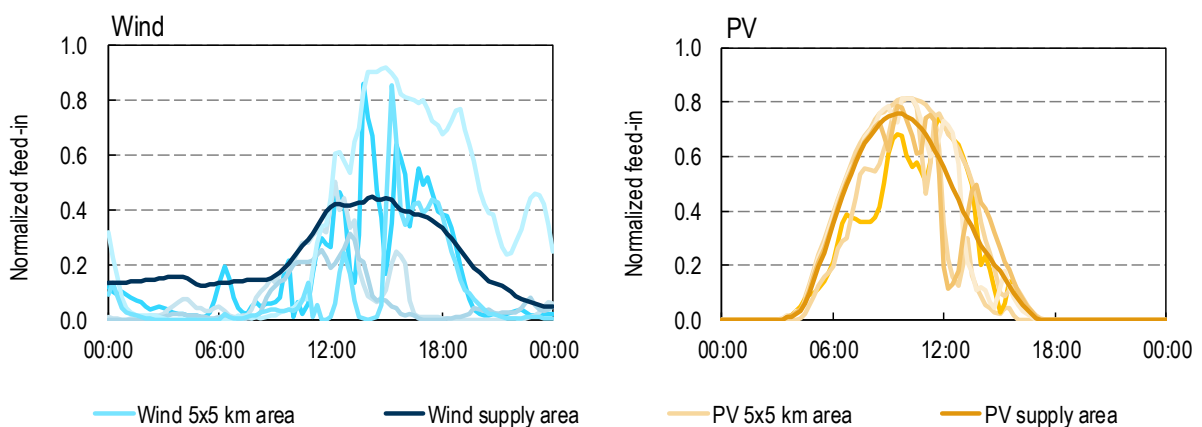
ความเชื่อที่ 3 : VRE ต้องการกำลังไฟฟ้าสำรองในสัดส่วน 1 ต่อ 1

ความเชื่อนี้จะมักถูกถ่ายทอดออกมาว่า “ไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์มีความไม่แน่นอนสูง ดังนั้นจึงต้องกำหนดให้มีโรงไฟฟ้าพลังความร้อน (conventional power plant) เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าสำรอง (backup generation) ซึ่งเป็นต้นทุนที่สูงมาก” จริงอยู่ที่ผลผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและแสงอาทิตย์มีความผันแปรตามสภาพอากาศ แต่การมีกำลังการผลิต VRE ในระบบไฟฟ้าเพิ่มขึ้น 1 เมกะวัตต์ มิได้แปลว่าผู้ควบคุมระบบจำเป็นต้องจัดหาแหล่งผลิตไฟฟ้าสำรองเพิ่มขึ้น 1 เมกะวัตต์เสมอไป

กำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 1 เมกะวัตต์ โดยทั่วไปแล้วมักผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 10-30% โดยเฉลี่ยของเวลาทั้งหมดในแต่ละปี (รวมถึงช่วงเวลากลางคืนที่ไม่มีแสงอาทิตย์ และช่วงที่มีเมฆปกคลุมโดยเฉลี่ย) ในขณะที่ไฟฟ้าจากพลังงานลมโดยทั่วไปมักผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ 20-50% ซึ่งสัดส่วน

การผลิตนี้เองเรียกว่า Capacity factor (CF) โดยค่าของ Capacity factor จะแปรผันกับคุณภาพของทรัพยากรแสงอาทิตย์และลมในแต่ละตำแหน่ง ดังนั้น จากมุมมองของการวางแผนระยะยาวในระบบไฟฟ้า (long-term planning) ค่า Capacity factor ของพลังงานลมและแสงอาทิตย์นี้เอง จะเป็นตัวกำหนดกำลังการผลิตไฟฟ้าสำรองที่ผู้ควบคุมระบบจะจำเป็นต้องจัดหาไว้สำหรับเวลาที่ลมไม่พัดหรือแดดไม่ออก

สำหรับในช่วงเวลาระยะสั้น (short-term) ซึ่งครอบคลุมระยะเวลาตั้งแต่วินาทีถึงหลายวัน ผลผลิตไฟฟ้าจาก VRE จะมีความผันแปรตามสภาพอากาศ สำหรับแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ 1 เมกะวัตต์ ผลผลิตที่ได้อาจอยู่ระหว่างกำลังผลิตสูงสุด และ 20-30% ของกำลังการผลิตสูงสุดขึ้นอยู่กับช่วงเวลาระหว่างวัน (อนึ่ง แผลงผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้แม้ว่าจะไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง ดังนั้นผลผลิตระหว่างวันจึงไม่ลดเหลือ 0%) อย่างไรก็ตาม ความผันผวนในระยะสั้นดังกล่าวมานี้จะลดลงได้มากหากระบบไฟฟ้ามีแหล่งผลิตไฟฟ้าจาก VRE หลายแห่งตั้งอยู่ในหลากหลายพื้นที่ในบริเวณกว้าง ซึ่งเป็นไปได้หากมีการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าระหว่างประเทศในภูมิภาคเดียวกัน หรือการเชื่อมต่อในระบบไฟฟ้าเดียวกันเพื่อขยายให้ครอบคลุมบริเวณที่กว้างขึ้น ระบบที่ใหญ่ขึ้นนี้เองนอกจากจะช่วยลดความผันผวนระยะสั้นได้แล้ว ยังมีส่วนช่วยเพิ่มมูลค่ากำลังการผลิต (Capacity value) ของ VRE ได้ (ดูตัวอย่างได้จากรูป)



ที่มา: ดัดแปลงจาก CIIR (2016), Wind and solar PV resource aggregation study for South Africa

มูลค่ากำลังการผลิต (Capacity value หรือ Capacity credit) เป็นตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงกำลังการผลิตของ VRE ที่สามารถพึ่งพาได้เช่นเดียวกับโรงไฟฟ้าทั่วไป (ซึ่งแตกต่างจาก Capacity factor ที่บ่งบอกสัดส่วนของเวลาใน 1 ปีที่ VRE ผลิตไฟฟ้าได้) มูลค่ากำลังการผลิตจะแตกต่างกันไปตามตำแหน่งทางภูมิศาสตร์และขนาดของระบบไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้เองจึงไม่มีเกณฑ์ตายตัวที่จะกำหนดว่ากำลังผลิตไฟฟ้าสำรองควรมีอย่างน้อยเพียงใด นอกจากนี้ มูลค่ากำลังการผลิตของ VRE จะเพิ่มสูงขึ้นได้จากการรวมเอาแหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมและแสงอาทิตย์เข้ามาพิจารณารวมกัน เพราะลักษณะการผลิตไฟฟ้าของ

ลมและแสงอาทิตย์อาจสอดคล้องและส่งเสริมกันและกัน (complementary) ซึ่งความจริงดังกล่าวเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก

Page | 4

ปัจจัยที่สำคัญมากอีกประการหนึ่งที่กำหนดมูลค่ากำลังการผลิตของ VRE คือความสอดคล้องกันระหว่างช่วงเวลาการผลิตไฟฟ้าและช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้า (demand complementarity) ตัวอย่างเช่น แหล่งผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ จะผลิตไฟฟ้าได้สูงที่สุดในช่วงกลางวัน ซึ่งก็เป็นช่วงที่ร้อนที่สุดของวันด้วย หากในระบบไฟฟ้ามีความต้องการไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศสูง ไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ในระบบนี้ก็จะมียูทิลิตี้กำลังการผลิตสูงขึ้นไปด้วย สำหรับไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานลมซึ่งมีความผันผวนสูงกว่าไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีประโยชน์น้อยกว่าจากความสอดคล้องในลักษณะนี้

ประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณาประการสุดท้าย คือระบบไฟฟ้ามิได้มีหน้าที่เป็นแหล่งสำรองไฟฟ้าสำหรับโรงไฟฟ้าประเภทใดประเภทหนึ่ง แต่มีหน้าที่หลักคือการจัดหาพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการในทุกขณะ ซึ่งเดิมทำได้โดยการสร้างโรงไฟฟ้าให้มากกว่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak demand) ในขณะที่แนวโน้มในปัจจุบันและอนาคตจะใช่วิธีการบริหารจัดการที่มีความยืดหยุ่น (flexible) และมีพลวัต (dynamic) มาจัดการและควบคุมทรัพยากรต่าง ๆ ในโครงข่ายระบบไฟฟ้าให้ตอบสนองต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าได้อย่างประสิทธิภาพมากขึ้น

นอกจากจะใช้ประโยชน์จากโรงไฟฟ้าที่มีอยู่ในโครงข่ายแล้ว ยังมีวิธีบริหารจัดการแบบอื่น ๆ ที่ต้นทุนต่ำที่สามารถรองรับมูลค่ากำลังการผลิตที่ไม่สูงของ VRE ได้อีกด้วย ได้แก่ มาตรการตอบสนองด้านความต้องการใช้ไฟฟ้า (Demand-side response, DSR) ซึ่งช่วยจูงใจผู้ใช้ไฟฟ้าหันไปใช้ไฟฟ้ามากในช่วงเวลาที่ VRE ผลิตไฟฟ้าได้สูง หรือเทคโนโลยีสำรองพลังงานแบบแบตเตอรี่ (Battery storage) ซึ่งเริ่มมีการเติบโตมาควบคู่กับแหล่งสำรองพลังงานประเภทเขื่อนและแบบสูบกลับ (pump storage) โดยเทคโนโลยีสำรองพลังงานเหล่านี้ สามารถกักเก็บพลังงานในช่วงที่ VRE ผลิตได้ไฟฟ้าได้มาก เพื่อจ่ายคืนเข้าระบบในช่วงที่การผลิตไฟฟ้าจาก VRE ต่ำ แม้ว่าเทคโนโลยี DSR และ Battery storage จะยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการนำมาใช้ในระบบไฟฟ้า แต่มาตรการทั้งสองถือเป็นมาตรการที่จะมีศักยภาพสูงมากในอนาคต (IEA, 2016b)

ความเชื่อที่ 4 : ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับโครงข่ายไฟฟ้าแพงเกินไป

ความเชื่อในสามข้อแรกนั้นเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวกับลักษณะการผลิตไฟฟ้าจาก VRE ตามช่วงเวลา ความเชื่ออีกชุดหนึ่งนี้จะเชื่อมโยงกับตำแหน่งที่ตั้งของแหล่งผลิตไฟฟ้า VRE ที่ว่า : “แหล่งพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์มักตั้งอยู่ห่างไกลจากสถานที่มีการใช้ไฟฟ้า ทำให้การเชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้านั้นมี

ต้นทุนที่แพง” จริงอยู่ที่ว่าแหล่งพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ที่ดีที่สุด มักจะตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ห่างไกล และมีแนวโน้มเป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะแก่การตั้งถิ่นฐานเพื่ออยู่อาศัย เช่น ในเขตทะเลทรายซึ่งเป็นเขตที่ร้อนและแดดแรงที่สุดในโลก รวมทั้งแหล่งที่อยู่อาศัยของประชากรขนาดใหญ่ก็แทบจะไม่มีอยู่ในเขตพื้นที่โล่งหรือแหล่งที่ราบลุ่มแรง แม้ว่าจะมีแนวโน้มอยู่ใกล้กับแหล่งพลังงานลมจากชายฝั่งมากกว่า

การที่จะนำพลังงานดังกล่าวมาใช้มักจะมาพร้อมกับต้นทุนในการขยายหรือปรับปรุงระบบโครงข่ายไฟฟ้าเดิมที่มีอยู่ ต้นทุนนี้มักจะแปรผันไปตามปัจจัยด้านภูมิศาสตร์, ที่ดิน ฯลฯ จากการทบทวนการศึกษาเรื่องต้นทุนการปรับปรุงโครงข่ายในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าต้นทุนในการขยายระบบส่งไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อแหล่งพลังงานลมมีค่ามัธยฐาน (median) อยู่ที่ประมาณ 15% ของต้นทุนระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม แต่อย่างไรก็ตามต้นทุนดังกล่าวมักจะผันแปรอย่างกว้าง ๆ จาก USD 0/kw ไปถึง USD 1500/kw ของกำลังการผลิตของพลังงานลม (Mills et al., 2009) โดยหลักการคิดแบบคร่าว ๆ คือต้นทุนของการปรับปรุงขยายโครงข่ายไฟฟ้ามีมูลค่าเพียงแค่หนึ่งในสิบของต้นทุนกำลังการผลิตไฟฟ้าเท่านั้น ในขณะที่ประโยชน์อื่น ๆ จากการขยายโครงข่ายระบบส่งไฟฟ้ายังมีอีกมากมาย เช่น การลดความคับคั่งของโครงข่ายไฟฟ้า (Transmission congestion) และการเพิ่มความมั่นคงในระบบส่งไฟฟ้า นอกจากนี้เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและต้นทุนต่ำลงจะช่วยให้การติดตั้ง VRE มีความคุ้มค่ามากขึ้นแม้จะอยู่ในสถานที่ที่ทรัพยากรพลังงานหมุนเวียนไม่มากก็ตาม ซึ่งความยืดหยุ่นเพิ่มเติมของพื้นที่การติดตั้งแหล่งผลิตไฟฟ้า VRE นี้ จะสามารถช่วยลดต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงโครงข่ายระบบไฟฟ้าได้

ความเชื่อที่ 5: ระบบกักเก็บพลังงาน (Energy storage) เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมี

ความเชื่อที่ว่า “ระบบกักเก็บพลังงานเท่านั้นที่จะสามารถช่วยรองรับความผันผวนของพลังงานลมและพลังงานแสงอาทิตย์ได้” มักได้รับการกล่าวถึงอยู่เสมอ ซึ่งก็เป็นข้อกังวลที่สมเหตุสมผลเนื่องจากความผันผวนที่เกิดขึ้นจากโรงไฟฟ้า VRE นั้น เป็นสิ่งสำคัญที่ควรได้รับแก้ไขเพื่อให้ผลผลิตไฟฟ้ามีความราบเรียบมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม ความเชื่อดังกล่าวยังเป็นการพิจารณาที่ไม่รอบด้าน เหตุผลหลักของความเชื่อที่ว่าระบบกักเก็บพลังงานเป็นสิ่งจำเป็นเนื่องจากการเชื่อมต่อ VRE ต้องการ ระบบกำลังไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่น โดยเฉพาะในระบบที่มีสัดส่วนของ VRE ค่อนข้างสูง (ในระยะที่ 3 จากคำจำกัดความของ IEA) จนสังเกตเห็นความผันผวนในระบบได้ชัดเจน แต่ระบบกักเก็บพลังงานนั้นไม่ใช่วิธีเดียวที่จะช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของระบบไฟฟ้า เพราะเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่น โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal power plant) และ โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบมีอ่างเก็บน้ำ (Reservoir hydro) ก็สามารถเพิ่มความยืดหยุ่นและ

ตอบสนองความผันผวนในระบบ ได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังมีวิธีการอีกหลากหลายในการช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นดังกล่าว เช่น มาตรการตอบสนองด้านความต้องการใช้ไฟฟ้า (Demand-side response, DSR) หรือ การซื้อขายแลกเปลี่ยนไฟฟ้ากับระบบไฟฟ้าอื่น ๆ อันที่จริงแล้วระบบกักเก็บพลังงานเป็นเพียงหนึ่งในรูปแบบของทางเลือก ซึ่งในประเทศส่วนใหญ่ที่มีสัดส่วนพลังงานของ VRE มากกว่า 20% ของระบบไฟฟ้านั้น ก็ยังไม่ได้เลือกใช้ระบบกักเก็บพลังงานอย่างแพร่หลาย สาเหตุเพราะประเทศเหล่านี้ส่วนใหญ่มีการติดตั้งพลังงานลมมากกว่าพลังงานแสงอาทิตย์ และการนำระบบกักเก็บพลังงานมาใช้ร่วมกับพลังงานลมจะให้ความคุ้มค่าของต้นทุน (Cost effectiveness) ต่ำกว่าการใช้ร่วมกับพลังงานแสงอาทิตย์

ความเชื่อที่ 6: VRE ลดเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

ระบบกำลังไฟฟ้าเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ซับซ้อนที่สุดที่ได้ถูกสร้างขึ้นมา เพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าให้มีความมั่นคงและสม่ำเสมอ จะต้องมีการดูแลและควบคุมอย่างต่อเนื่องจากผู้ควบคุมระบบไฟฟ้า (system operators) เปรียบเสมือนกับการขี่จักรยานที่ผู้ขี่จะต้องมีการปรับจูนตลอดเวลาเพื่อรักษาสมดุลไว้ให้ได้

สำหรับผู้ที่เคยขี่จักรยานจะรู้ว่าการรักษาสมดุลนั้น หากขี่ช้า ๆ จะทำได้ยากกว่าขี่เร็ว ๆ นั่นก็เป็นเพราะว่า การขี่เร็ว ๆ นั้นมีแรงเฉื่อย (inertia) มากกว่าซึ่งช่วยรักษาสมดุลให้จักรยานไม่ล้มลงตามหลักของฟิสิกส์ ระบบไฟฟ้าก็มีหลักการที่คล้ายกัน โดยสมดุลของระบบกำลังไฟฟ้ามาจากแรงเฉื่อยจากการหมุนของเครื่องปั่นไฟฟ้าและกลจักรของกังหันผลิตไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าแบบดั้งเดิม ในทางกลับกัน โรงไฟฟ้าประเภท VRE นั้นไม่ได้เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าในแบบเดียวกันกับโรงไฟฟ้าแบบดั้งเดิมและไม่ได้มีแรงเฉื่อย ด้วยเหตุนี้จึงเป็นที่มาของข้อกังวลที่ว่า “โรงไฟฟ้าพลังงานลมและแสงอาทิตย์ไม่ได้ช่วยพยุงระบบไฟฟ้าและทำให้ระบบไฟฟ้าสูญเสียเสถียรภาพ” ซึ่งระดับปัญหาของข้อกังวลดังกล่าว ขึ้นอยู่กับสองปัจจัยด้วยกัน คือ ปริมาณที่โรงไฟฟ้า VRE กำลังเดินเครื่องอยู่ ณ เวลาหนึ่งๆ และขนาดของระบบกำลังไฟฟ้า トラาบใดที่สัดส่วนกำลังผลิตจาก VRE น้อยเมื่อเทียบกับความต้องการไฟฟ้าต่ำสุดถึงความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยของระบบไฟฟ้า ประเด็นเรื่องแรงเฉื่อยจะไม่สำคัญมากนัก ยกเว้นระบบไฟฟ้าที่เล็กมากๆ (เช่น ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดที่ 100 เมกะวัตต์หรือ 2-3 กิกะวัตต์) แต่ไม่ว่าจะเป็นกรณีใดก็ตาม ข้อกังวลเรื่องแรงเฉื่อยมีแนวโน้มต่ำมากที่จะเป็นปัจจัยสำคัญในช่วงแรก ๆ ของการนำ VRE มาใช้ในระบบกำลังไฟฟ้า นอกจากนี้ยังมีทางแก้ทางเทคนิคในการเพิ่มแรงเฉื่อยให้กับระบบไฟฟ้า เช่น การใช้ Flywheels และการนำ แรงเฉื่อยสังเคราะห์ (synthetic inertia) ในกังหันลมมาใช้

นอกจากนี้โรงไฟฟ้า VRE รุ่นใหม่ ๆ จะมีความสามารถทางด้านเทคโนโลยีในการสนับสนุนแบบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มเสถียรภาพให้ระบบไฟฟ้าอยู่แล้ว แต่ในปัจจุบันมีระบบไฟฟ้าไม่กี่ระบบที่กำหนดให้ VRE

ช่วยให้บริการเหล่านี้ หรือเสนอค่าชดเชยที่เหมาะสมเพื่อให้ VRE ให้บริการเหล่านี้ เนื่องจากมีทางเลือกอื่น ๆ ที่คุ้มค่ากว่า ซึ่งหากไม่มีข้อกำหนดหรือค่าชดเชยแล้ว ก็จะเป็นสิ่งลำบากที่โรงไฟฟ้า VRE จะมีบทบาทในการช่วยรักษาเสถียรภาพไฟฟ้ามากนัก

รายการอ้างอิง

CSIR (2016), *Wind and Solar PV Resource Aggregation Study for South Africa*, Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria.

IEA (2016b), *World Energy Outlook 2016*, OECD/IEA, Paris.

Mills A., R. Wiser and K. Porter (2009), *The Cost of Transmission for Wind Energy: A Review of Transmission Planning Studies*, Berkeley National Laboratory, Berkeley
<https://emp.lbl.gov/sites/all/files/report-lbnl-1471e.pdf>

This document and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

IEA PUBLICATIONS,
International Energy Agency
Website: www.iea.org
Contact information: www.iea.org/aboutus/contactus

Cover design: IEA.
Photo credits: © Shutterstock
Typeset in France by IEA, July 2018

The paper used has been produced respecting
PEFC's ecological, social and ethical standards

สงวนลิขสิทธิ์

โดย องค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD)/ทบวงพลังงานระหว่างประเทศ (IEA)

“Copyright © 2018”

OECD/IEA, 9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France.

ห้ามลอกเลียน แปล หรือเผยแพร่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือทั้งหมดของเอกสารชิ้นนี้ ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลาย
ลักษณ์อักษร ผู้ที่สนใจสามารถส่งแบบฟอร์มการขออนุญาตได้ที่: rights@iea.org

บทแปลนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายงาน “Getting Wind and Sun Onto the Grid: A Manual for Policy
Makers” ซึ่งได้รับการแปลจากต้นฉบับที่เป็นภาษาอังกฤษโดยมูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศ
ไทย แม้ว่า IEA จะเป็นผู้เขียนบทความต้นฉบับ แต่ IEA จะไม่รับผิดชอบต่อความแม่นยำและครบถ้วนของ
เอกสารฉบับแปลนี้

คณะผู้แปล

ดร. วิชสิณี วิบุลผลประเสริฐ

ดร. โสภิตสุดา ทองโสภิต

ดร. เกษพรรณราย เกาะช้าง

คุณอักษรจัน ไชยอนงค์



INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

INSIGHTS SERIES 2017