

การควบคุมและสั่งการระบบจ่ายไฟฟ้า

สารบัญ

	หน้า
1. บทนำ	1
2. การควบคุมความถี่ของระบบไฟฟ้า (Frequency Control)	3
2.1 พฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้า	4
2.2 ปัจจัยอื่นที่ทำให้ค่าความถี่ของระบบไฟฟ้ามีการเบี่ยงเบน	6
2.3 กระบวนการของการควบคุมความถี่	6
3. การควบคุมแรงดันของระบบไฟฟ้า (Voltage Control)	8
3.1 มาตรฐานของค่าแรงดันไฟฟ้า	8
3.2 อุปกรณ์ควบคุมแรงดัน	8
3.3 การควบคุมแรงดันไฟฟ้า	11
3.4 การควบคุม Load โดยการลดแรงดันไฟฟ้าในช่วงวิกฤติ	12

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ขนาดของสายส่งและค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟของสายส่งแต่ละขนาด โดยประมาณ	11

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1 ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าแห่งชาติ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	2
2 สภาพ Load ของระบบในรอบวันของวันทำงาน	4
3 การเปลี่ยนแปลง Load ของโรงถลุงเหล็ก	5
4 การเปลี่ยนแปลง Load ของโรงรีดเหล็ก	5
5 Generator Capability Curves ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	9
6 การควบคุมแรงดันเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงในช่วง 8:00 น.	12

การควบคุม และสั่งการระบบการผลิตไฟฟ้า

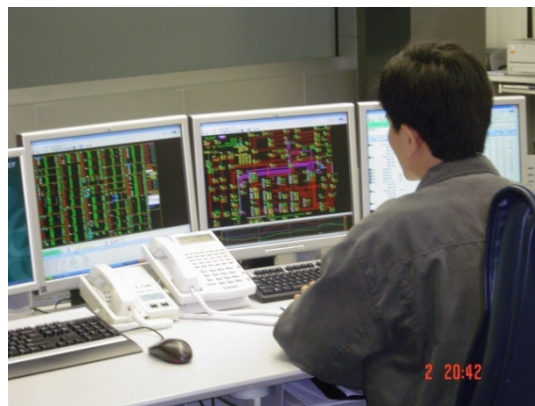
1. บทนำ

ระบบไฟฟ้ากำลังมีความสำคัญมากต่อระบบเศรษฐกิจ และความมั่นคงของประเทศ การรักษาและควบคุมระบบไฟฟ้าให้มีคุณภาพ มีความมั่นคงและมีความเชื่อถือได้จึงเป็นภารกิจที่สำคัญของหน่วยงานด้านไฟฟ้าของประเทศ ได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและการไฟฟ้านครหลวง ศูนย์ควบคุมระบบไฟฟ้ามีหน้าที่ควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้มีคุณภาพโดยการควบคุมความถี่และแรงดัน และรักษาความเชื่อถือได้/ความมั่นคงของระบบไฟฟ้า โดยใช้โปรแกรมการจัดการพลังงาน (Energy Management System หรือ EMS) เพื่อช่วยให้ผู้ควบคุมระบบไฟฟ้า (พนักงานปฏิบัติการควบคุมหรือพนักงานกะ) สามารถควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถรองรับความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้ทุกสถานการณ์

ศูนย์ควบคุมระบบไฟฟ้า ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ประกอบด้วยศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าแห่งชาติและศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าเขต/ภาค ที่กระจายอยู่ในแต่ละภาคของประเทศ รวมทั้งสิ้น 6 แห่ง ได้แก่

- 1) ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าแห่งชาติ (NCC)
- 2) ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าเขตนครหลวง (MAC)
- 3) ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าภาคกลาง (CAC)
- 4) ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (NEC)
- 5) ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าภาคใต้ (SAC)
- 6) ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าภาคเหนือ (NAC)

ภารกิจหลักของศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าแห่งชาติ (NCC) คือ การควบคุมกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ให้มีความสมดุลกับกำลังไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟต้องการ โดยการปรับกำลังไฟฟ้าที่ผลิตจากโรงไฟฟ้าต่าง ๆ ด้วยโปรแกรม Automatic Generation Control (AGC) ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า NCC ยังมีหน้าที่รักษาระบบให้สามารถรองรับการเกิดเหตุการณ์ผิดปกติ (Trip) ของอุปกรณ์ 1 อย่าง (N-1) ควบคุมการปลด/สับอุปกรณ์ด้านไฟฟ้ากำลังเพื่อการทำงานบำรุงรักษา รวมทั้งรักษาเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า โดยการควบคุมการจ่ายกำลังไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าของ กฟผ. ผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (IPP) ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) และการซื้อไฟฟ้าจากต่างประเทศ รูปที่ 1 แสดงรูปศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าแห่งชาติ ของ กฟผ.



รูปที่ 1 ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าแห่งชาติ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

หน้าที่ของศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าแห่งชาติ มีดังต่อไปนี้

- 1) ควบคุมการผลิตหรือควบคุมการเดินเครื่องของโรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ (มากกว่า 100 MW) ทั่วประเทศ รวมถึงการซื้อขายไฟฟ้ากับประเทศเพื่อนบ้านด้วย
- 2) ควบคุมแรงดันไฟฟ้าในระบบส่งหลัก (Main Grid System)
- 3) ควบคุมปริมาณ Power Flow ในระบบส่งหลัก
- 4) ให้ความเห็นชอบในการ นำเข้า/ปลดออกอุปกรณ์/สายส่งในระบบส่งหลัก
- 5) ประสานงานกับศูนย์ปฏิบัติการภาคต่างๆ
- 6) ประสานงานกับหน่วยงานอื่น เช่น ศูนย์ปฏิบัติการก๊าซ ของ ปตท. เป็นต้น

หน้าที่ของศูนย์ปฏิบัติการภาค/เขต มีดังต่อไปนี้

- 1) ควบคุมการจ่ายไฟฟ้า ในพื้นที่ที่ตนเองรับผิดชอบ
- 2) ปฏิบัติการนำเข้า/ปลดออกอุปกรณ์/สายส่ง ในพื้นที่รับผิดชอบ โดยปลด/สับเบรกเกอร์ด้วยระบบควบคุมทางไกล
- 3) ประสานงานกับ กฟน. หรือ กฟภ.

ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าแห่งชาติมีหน้าที่ประสานงานกับศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้าเขต/ภาค (ศูนย์ควบคุมฯ อีก 5 แห่งที่เหลือ) ที่ทำหน้าที่ประสานงานโดยตรงกับ กฟน. และ กฟภ. ในการจ่ายกำลังไฟฟ้า และการปลด/สับอุปกรณ์ไฟฟ้า ในเขตพื้นที่ที่รับผิดชอบ

การควบคุมระบบไฟฟ้ากำลังประกอบด้วย การควบคุมการผลิต การควบคุมแรงดัน และการควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้า การควบคุมการผลิตมีวัตถุประสงค์เพื่อควบคุมให้เกิดความสมดุลระหว่างกำลังไฟฟ้าจริง (P) ที่ผลิตได้กับที่ใช้โดยโหลด การควบคุมแรงดันมีวัตถุประสงค์เพื่อให้สามารถส่งกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) ไปยังผู้ใช้ได้อย่างพอเพียง ส่วนการควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้ามีวัตถุประสงค์เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในช่วงพิกัดที่อุปกรณ์สามารถรองรับได้ ความสมดุลของการจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง (P) วัดได้จากความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลัง ส่วนความพอเพียงของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (Q) วัดได้จากแรงดันไฟฟ้า สำหรับการไหลของกำลังไฟฟ้าศึกษาจะหาได้จากการวิเคราะห์การไหลของกำลังไฟฟ้าหรือ Power Flow ซึ่งครอบคลุมในวิชา Power System Analysis ในระดับปริญญาตรีแล้ว ดังนั้นในหัวข้อถัดไปจะได้กล่าวถึงการควบคุมความถี่ซึ่งมีค่าเดียวกันทั้งระบบไฟฟ้า และการควบคุมแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเป็นค่าเฉพาะจุด

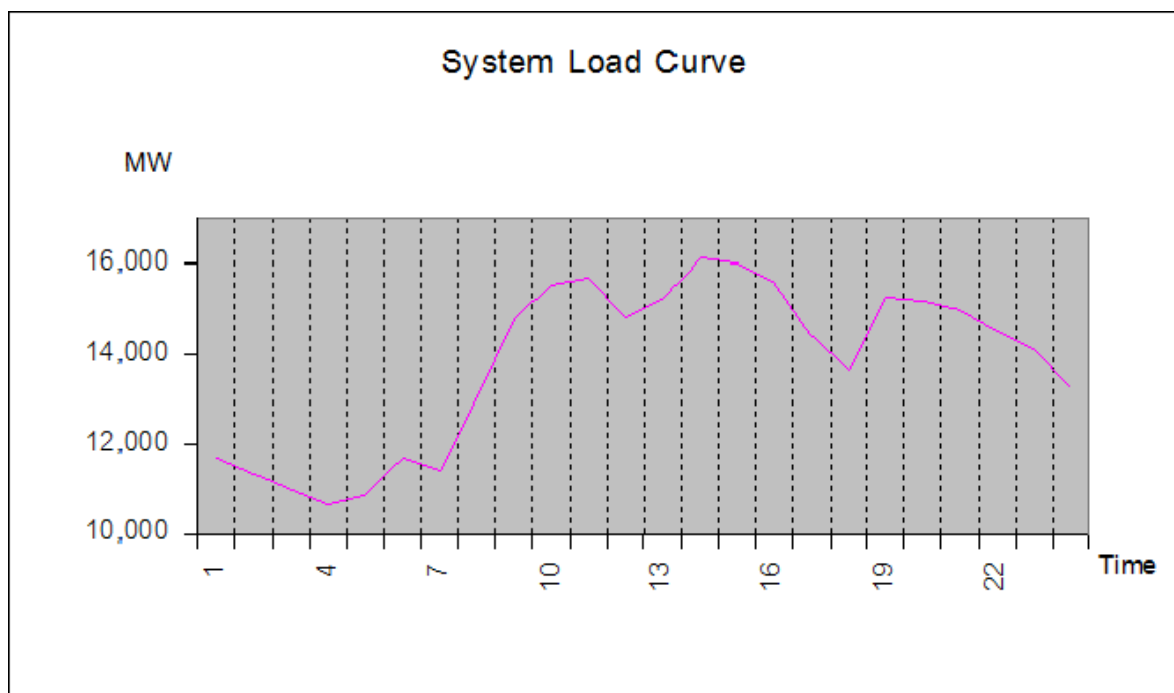
2. การควบคุมความถี่ของระบบไฟฟ้า (Frequency Control)

ความถี่ของระบบไฟฟ้ากำลังเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพที่สำคัญของระบบไฟฟ้า การที่จะควบคุมความถี่ของระบบไฟฟ้าให้สามารถอยู่ได้ที่ 50.00 Hz นั้น ทำได้โดยการควบคุมให้การผลิตกำลังไฟฟ้า (Generation)/- ในระบบไฟฟ้าเท่ากับปริมาณกำลังไฟฟ้าผู้ใช้ไฟฟ้า (Load) ใช้ ถ้าปริมาณการใช้ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไป จะส่งผลให้ค่าความถี่ของระบบเปลี่ยนแปลงจึงจำเป็นต้องควบคุมกำลังผลิตไฟฟ้าที่ผลิตได้จากโรงไฟฟ้าให้สอดคล้องกับปริมาณการใช้ไฟฟ้า ที่เปลี่ยนแปลงไป จึงจะสามารถควบคุมความถี่ให้กลับมาสู่สภาวะปกติได้

ในหัวข้อย่อยถัดไปจะกล่าวถึงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ปัจจัยที่มีผลต่อการเบี่ยงเบนความถี่และการควบคุมความถี่ที่ใช้ในทางปฏิบัติจริง

2.1 พฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้า

การไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในหนึ่งวัน ซึ่งแสดงในรูปที่ 2 จากรูปที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงสภาพการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของวันทำงาน จะเห็นว่าในช่วงเวลาประมาณ 08.00 น. 13.00 น. และ 19.00-20.00 น. (ขึ้นกับฤดูกาล) ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก สำหรับช่วงวันจันทร์ถึงวันศุกร์ การใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Peak Time) จะเกิดขึ้นในเวลา 14.00 น. ส่วนวันเสาร์และวันอาทิตย์การใช้ไฟฟ้าสูงสุดจะเกิดขึ้นที่เวลา 19.00-20.00 น. การใช้ไฟฟ้าน้อยที่สุดจะเกิดขึ้นที่เวลา 04.00 น.



รูปที่ 2 สภาพ Load ของระบบในรอบวันของวันทำงาน

เนื่องจากผู้ใช้ไฟฟ้ามีอยู่ด้วยกันหลายประเภท แต่ละประเภทก็จะแตกต่างกันไป ดังนั้นจะจำแนกประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าหรือโหลด ได้ดังต่อไปนี้

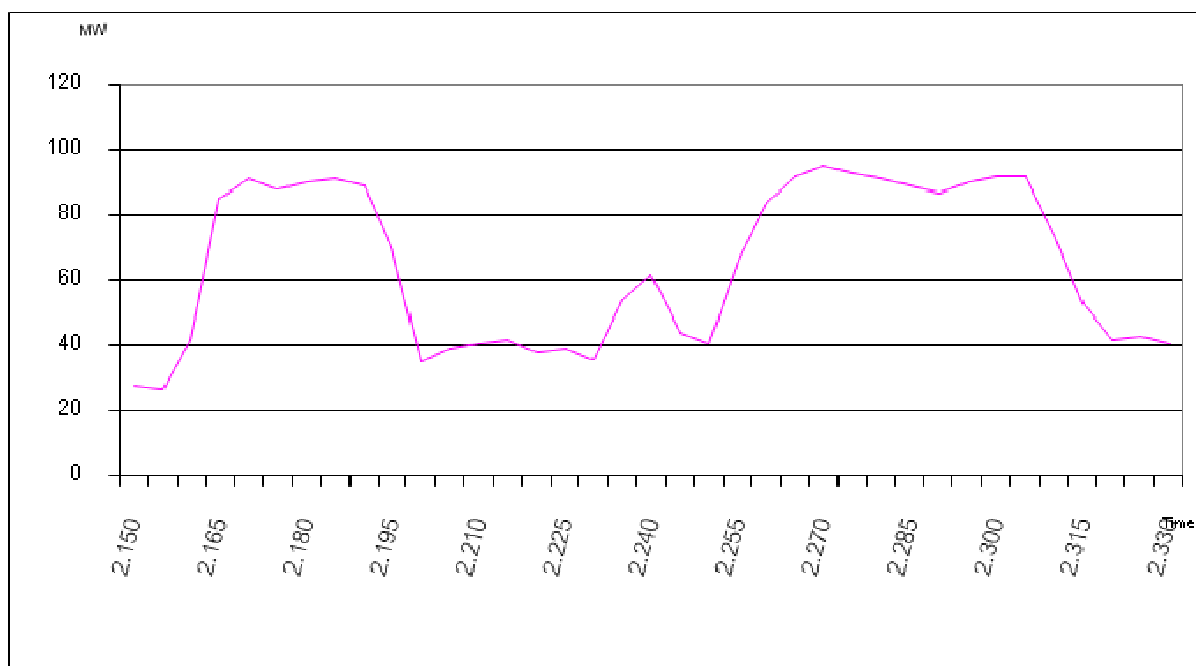
2.1.1 โหลดประเภทบ้านพักอาศัย

โหลดบ้านพักอาศัยส่วนใหญ่จะเป็นโหลดประเภทแสงสว่าง เครื่องทำความร้อน หรือเครื่องทำความเย็น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของ Load จะเปลี่ยนแปลงในปริมาณที่ไม่สูงมากนัก และค่อยเป็นค่อยไป แต่อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงในปริมาณสูงหากการใช้ไฟฟ้าพร้อมๆ กัน หลายราย

2.1.2 โหลดประเภทโรงงานอุตสาหกรรม

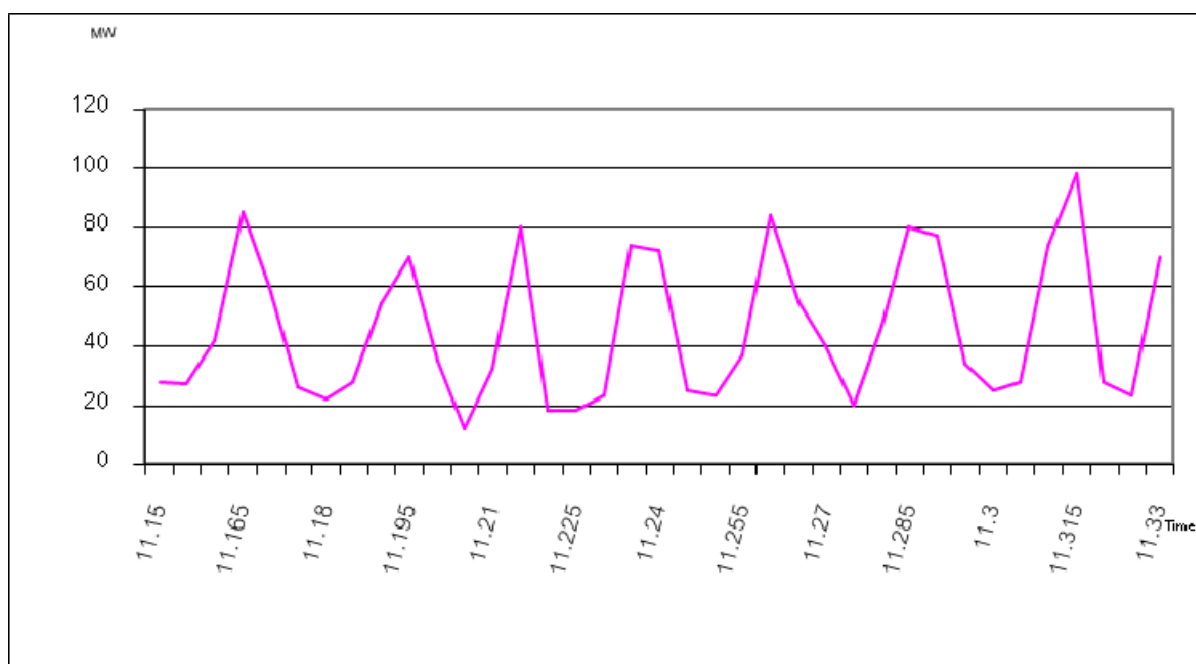
โหลดโรงงานอุตสาหกรรมอาจแบ่งออกเป็นได้ 3 ลักษณะคือ

1) อุตสาหกรรมหนักประเภทโรงถลุงเหล็ก โรงงานประเภทนี้จะใช้เตาอาร์ค (Arc Furnace) เป็นอุปกรณ์หลักในการทำให้เหล็กหลอมละลาย ในการ Arc แต่ละครั้งจะทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าหรือ Load มีค่าเปลี่ยนแปลงสูงมากๆ บางโรงงานอาจสูงถึง 60 – 100 MW ภายในระยะเวลาเพียง 5 - 10 วินาที เท่านั้น และในทางกลับกัน เมื่อทำการหยุด Arc ก็จะทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้า หรือ Load ลดลงในปริมาณที่สูงมากๆ เช่นกัน รอบของการ Arc ในแต่ละรอบก็ไม่แน่นอน บางครั้งอาจใช้เวลา 3 – 5 นาที หรือบางครั้งอาจน้อยหรือมากกว่านี้ได้ ไม่มีเงื่อนไขที่แน่นอนมากำหนด ดังตัวอย่าง Load Curve ของโรงถลุงเหล็ก ตามรูปที่ 3 อุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นตัวการสำคัญที่ส่งผลให้ค่าความถี่ของระบบไฟฟ้ามีความเบี่ยงเบนสูงมาก ดังนั้นหากการควบคุมการผลิตกระแสไฟฟ้ายังไม่ดีพอ หรือมีการวางแผนไว้ไม่ดีพอ ก็จะส่งผลให้ค่าความถี่ของระบบมีค่าเบี่ยงเบนเกินข้อกำหนดได้



รูป 3 การเปลี่ยนแปลง Load ของโรงถลุงเหล็ก

2) อุตสาหกรรมหนักประเภทโรงรีดเหล็ก อุตสาหกรรมประเภทนี้ จะใช้ Rolling Motor เป็นเครื่องมือหลักในการรีดเหล็ก การกด Rolling Motor ลงบนเนื้อเหล็กในแต่ละครั้ง จะเป็นการเพิ่ม Load ในปริมาณที่สูงมากๆ บางครั้งอาจสูงถึง 40 – 60 MW และรอบของการรีดเหล็กก็ไม่แน่นอนเช่นกัน ไม่สามารถกำหนดเงื่อนไขได้ ดังตัวอย่าง Load Curve ของโรงรีดเหล็ก อุตสาหกรรมประเภทนี้เป็นสาเหตุสำคัญเช่นกัน ในการทำให้ค่าความถี่เบี่ยงเบน



รูป 4 การเปลี่ยนแปลง Load ของโรงรีดเหล็ก

3) โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป โรงงานประเภทนี้จะใช้ Motor ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์หลักในขบวนการผลิต การ Start/Stop Motor ที่มีขนาดใหญ่ในแต่ละครั้ง ถ้าวางแผนการ Start/Stop ไม่ดี หรือมีการกระทำพร้อมๆ กันหลายๆ เครื่อง ก็จะส่งผลกระทบต่อความถี่ของระบบไฟฟ้าได้เช่นกัน

2.2 ปัจจัยอื่นที่ทำให้ค่าความถี่ของระบบไฟฟ้ามีการเบี่ยงเบน

นอกจากพฤติกรรมของ Load ทั่วไป ที่ส่งผลกระทบทำให้ความถี่ของระบบเกิดการเบี่ยงเบนได้แล้ว ยังมีสาเหตุอื่นอีกหลายประการที่ทำให้ความถี่ของระบบเกิดการเบี่ยงเบนได้ ดังนี้

1) โรงไฟฟ้า Trip ออกจากระบบ (Generator Tripping)

เมื่อมีการ Trip ของโรงไฟฟ้าเกิดขึ้น นั้นหมายถึงปริมาณ Generation น้อยกว่า Load ซึ่งจะส่งผลให้ความถี่ของระบบมีค่าลดลง ส่วนจะลดลงไปมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของ Generation ที่ Trip ออกไป

2) สายส่ง Trip ออกจากระบบ (Transmission Line Tripping)

เนื่องจากสายส่งเป็นอุปกรณ์หลักในการนำพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งผลิตไปยังผู้ใช้ไฟฟ้า ดังนั้นเมื่อสายส่งหลุดออกไปจากระบบ ในบางกรณีอาจส่งผลให้ปริมาณ Generation และ Load ไม่สมดุลกัน นั่นคือความถี่ของระบบก็ต้องเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

3) การเพิ่ม หรือ การลด Generation ของโรงไฟฟ้า SPP ประเภท Firm

ปัจจุบันนี้โรงไฟฟ้า SPP ประเภท Firm นั้นมีอยู่ในระบบมากกว่า 3,000 MW ซึ่งตามปกติแล้วเราซื้อกระแสไฟฟ้าจาก SPP ตามสัญญา เฉพาะช่วงเวลา Partial Peak (08.00 – 18.30 น.) และช่วงเวลา Peak (18.30 – 21.30 น.) เท่านั้น สำหรับช่วงเวลา Off Peak (21.30 – 08.00 น.) จะรับซื้อเพียง 65 % ของพลังไฟฟ้าตามสัญญา ดังนั้นจะเห็นได้ว่าช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณพลังไฟฟ้าซื้อมานั้น 21.30 น. มีค่าสูงถึงประมาณ 1000 MW ดังนั้นถ้าหากไม่มีการวางแผนหรือเตรียมการไว้ล่วงหน้า ก็จะทำให้ความถี่ของระบบเบี่ยงเบนไปเป็นจำนวนมาก

4) การขนานและปลด Pump จากเขื่อน

ในปัจจุบัน Pump Storage ในระบบไฟฟ้ากำลังของประเทศไทยมีอยู่หลายแห่ง เช่น เขื่อนศรีนครินทร์ ซึ่งมีอยู่ 2 เครื่อง ขนาดเครื่องละ 210 MW ที่เขื่อนภูมิพล มี 1 เครื่อง ขนาด 180 MW และที่เขื่อนลำนาดอง ซึ่งมีอยู่ 2 เครื่อง ขนาดเครื่องละ 250 MW เป็นต้น เนื่องจากขนาดของ Pump Storage แต่ละเครื่องนั้น เทียบเคียงได้กับโหลดขนาดใหญ่ที่เพิ่มการใช้ไฟฟ้าอย่างทันที ดังนั้นในการ Start/Stop Pump แต่ละครั้ง จะต้องมีการวางแผนที่ดี มีการรักษาค่ากำลังผลิตสำรองพร้อมจ่าย (Spinning Reserve) ไว้ในปริมาณที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะรองรับปริมาณ Load ของ Pump ได้ โหลดประเภทนี้ทำให้ความถี่ของระบบมีค่าความเบี่ยงเบนสูง

2.3 กระบวนการของการควบคุมความถี่

การควบคุมความถี่ คือ การควบคุมการผลิตกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบให้มีความสอดคล้องกับปริมาณของผู้ใช้ไฟฟ้า กระบวนการจะเริ่มต้นที่การวางแผนการผลิต โดยมีการคาดการณ์หรือพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าไว้ล่วงหน้า แผนการผลิตนี้จะจัดทำไว้เป็นแผนรายปี แผนรายเดือน แผนรายสัปดาห์ และแผนรายวัน โดยเฉพาะแผนรายวันจะมีการจัดสรรให้แต่ละโรงไฟฟ้าเดินเครื่องในปริมาณที่สอดคล้องกับผู้ไฟฟ้าตามที่ได้คาดการณ์ไว้ทุกชั่วโมง แผนการผลิตนี้จะสอดคล้องกับนโยบายทางด้านต้นทุน

การผลิต ปริมาณเชื้อเพลิงที่มีใช้ในแต่ละวัน ปริมาณความต้องการน้ำของกรมชลประทาน รวมทั้งข้อจำกัดต่างๆ ของทางโรงไฟฟ้าหรือระบบส่ง และข้อจำกัดทางด้านสัญญาซื้อขายไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเอกชน

ศูนย์ควบคุมระบบกำลังไฟฟ้า ทำหน้าที่ในการควบคุมและหรือสั่งการให้โรงไฟฟ้าทุกแห่งเดินเครื่องให้เป็นไปตามแผนที่ได้เตรียมการไว้ หากแต่ว่าการคาดการณ์จากการวางแผนการผลิตแปรเปลี่ยนไปจากความเป็นจริง ผู้ควบคุมระบบไฟฟ้าจะใช้ประสบการณ์ที่มีอยู่ช่วยในการปรับแผนกำลังผลิต เพื่อให้โรงไฟฟ้าแต่ละแห่งสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ได้ในปริมาณที่สอดคล้องกับระบบในขณะนั้นๆ เช่น อาจมีโรงไฟฟ้าบางแห่ง Trip ออกไปจากระบบ ผู้ควบคุมระบบไฟฟ้าจะจัดการหาแหล่งผลิตแหล่งอื่นเดินเครื่องเข้ามาชดเชยในส่วนที่หายไป โดยคำนึงถึงข้อจำกัดอื่น ๆ ด้วย

ในทุกขณะเวลา ผู้ควบคุมระบบไฟฟ้าจะต้องมีการเตรียมกำลังผลิตสำรอง (Operational Reserve) ไว้ในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่ง Operational Reserve นี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ Spinning Reserve หรือกำลังผลิตสำรองที่เกิดขึ้นจากโรงไฟฟ้าที่เดินเครื่องอยู่ในระบบ โดยกำลังผลิตสำรองส่วนนี้สามารถดึงออกมาใช้งานได้ด้วย Speed Droop ของโรงไฟฟ้าเอง และระบบ AGC (Automatic Generation Control) ค่าของ Spinning Reserve นี้จะมีไว้ในปริมาณที่ไม่น้อยกว่าปริมาณกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งเดินเครื่องอยู่ในขณะนั้น อีกส่วนหนึ่งคือ Standby Reserve หรือกำลังผลิตสำรองที่เกิดขึ้นจากโรงไฟฟ้าที่ยังมิได้เดินเครื่องแต่พร้อมที่จะเดินเครื่องเข้าระบบได้ในเวลาอันรวดเร็ว

ถ้าเกิดเหตุการณ์ที่กำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าน้อยกว่าความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า จะส่งผลให้ความถี่ของระบบมีค่าลดลง บางครั้งอาจลดลงต่ำไปมากจนอาจเป็นอันตรายต่อโรงไฟฟ้าที่กำลังเดินเครื่องและระบบไฟฟ้ากำลังได้ จึงจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันชนิดหนึ่งที่เรียกว่า Under Frequency Relay (U/F Relay) ไว้เพื่อทำการ Shed Load ออกจากระบบ อุปกรณ์ U/F Relay ที่ติดตั้งไว้จะทำหน้าที่ปลด Load ออกจากระบบเมื่อความถี่ลดลงมาถึงค่า Setting ของ Relay เพื่อเป็นการรักษาสมดุลระหว่าง Generation และ Load ไว้ของระบบใหญ่ไว้ ปัจจุบันนี้ U/F Relay ที่ได้ทำการติดตั้งไว้มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 5 Step ดังนี้

Step 1 : Setting 49.00 Hz 150 mSec : Shed Load ออกประมาณ 10 % ของ System Load

Step 2 : Setting 48.80 Hz 150 mSec : Shed Load ออกอีกประมาณ 10 % ของ System Load

Step 3 : Setting 48.60 Hz 150 mSec : Shed Load ออกอีกประมาณ 10 % ของ System Load

Step 4 : Setting 48.30 Hz 150 mSec : Shed Load ออกอีกประมาณ 10 % ของ System Load

Step 5 : Setting 47.90 Hz 150 mSec : Shed Load ออกอีกประมาณ 10 % ของ System Load

หลายปีที่ผ่านมา ระบบไฟฟ้ากำลัง มี U/F Relay ทำงานเพียงแค่ STEP 1 และ STEP 2 เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตาม การที่มี U/F Relay ทำงานเมื่อใดนั้น ย่อมหมายถึงมีการดับไฟฟ้าเกิดขึ้นซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดมาตรการเพื่อป้องกันมิให้ U/F Relay ทำงาน หรือลดจำนวนครั้งในการทำงานของ U/F Relay ลง

3. การควบคุมแรงดันของระบบไฟฟ้า (Voltage Control)

แรงดันไฟฟ้าเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดคุณภาพไฟฟ้าที่ส่งให้ผู้ใช้งานไฟฟ้า การส่งกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าที่อยู่ห่างไกลจะทำให้เกิดแรงดันสูญเสียในสายส่งมาก ส่งผลให้แรงดันที่ปลายสายส่งลดลงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน การควบคุมแรงดันทำได้หลายวิธี เช่น การควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุม/ชดเชยแรงดันด้วย Cbank หรือ Shunt Reactor การควบคุมที่แรงดันที่หัวของโรงไฟฟ้าผ่านระบบ Automatic Voltage Regulator (AVR) เป็นต้น

3.1 มาตรฐานของค่าแรงดันไฟฟ้า

ประเทศไทยกำหนดมาตรฐานแรงดันไฟฟ้า ไว้ในข้อกำหนดเกี่ยวกับการปฏิบัติการระบบโครงข่ายไฟฟ้า โดยกำหนดมาตรฐานของค่าแรงดันไฟฟ้าไว้ที่ $\pm 5\%$ ในช่วงปกติ และ $\pm 10\%$ ในช่วงวิกฤติ ค่าดังกล่าวใช้เป็นเกณฑ์ในการวางแผนและการควบคุมระบบไฟฟ้ากำลัง

การลดค่าความสูญเสียที่เกิดขึ้นในสายส่งให้เหลือน้อยลงอาจทำได้โดยการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าสำหรับส่งพลังงานไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้น หรือการเพิ่มจำนวนวงจรของสายส่งไฟฟ้า โดยธรรมชาติของผู้ใช้ไฟฟ้า เราสามารถแบ่งช่วงเวลาของการใช้ไฟฟ้าได้ออกเป็น 3 ช่วงเวลาคือ

- 1) Partial Peak คือ ช่วงเวลา 08.00 – 18.30 น. ของ วันจันทร์ – วันเสาร์
- 2) On Peak คือ ช่วงเวลา 18.30 – 21.30 น. ของ วันจันทร์ – วันเสาร์
- 3) Off Peak คือ ช่วงเวลา 21.30 – 08.00 น. ของ วันจันทร์ – วันเสาร์ และ
ทั้งวันของวันอาทิตย์และวันหยุดนักขัตฤกษ์

ในแต่ละช่วงเวลาเหล่านี้ การควบคุมแรงดันจะกระทำไม่เหมือนกัน ในช่วงเวลา Partial Peak และ On Peak มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูง และจะส่งผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตก (Voltage Drop) มีค่าสูงหรือมีค่ามากกว่าช่วงเวลา Off Peak ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงควบคุมแรงดันไฟฟ้าของระบบในช่วงเวลา Partial Peak และ On Peak ไว้สูงกว่าช่วงเวลา Off Peak เช่นในช่วงเวลา Partial Peak และ On Peak เราจะควบคุมแรงดันไฟฟ้าของระบบไว้ที่ประมาณ $+2\%$ ถึง $+5\%$ ของแรงดันไฟฟ้าฐาน แต่สำหรับช่วงเวลา Off Peak เราควบคุมไว้ที่ประมาณ -2% ถึง $+2\%$ ของแรงดันไฟฟ้าฐาน หากแรงดันไฟฟ้าสูงมากเกินไปจากค่าที่ออกแบบไว้ อุปกรณ์ต่างๆ อาจได้รับความเสียหายได้ ตัวอย่างการควบคุมแรงดันในทางปฏิบัติแสดงเป็นตัวอย่างได้ดังนี้

Off Peak	-2% ถึง +2%
Partial Peak & On Peak	+2% ถึง +5%
Emergency	+5% ถึง +10%

3.2 อุปกรณ์ควบคุมแรงดัน

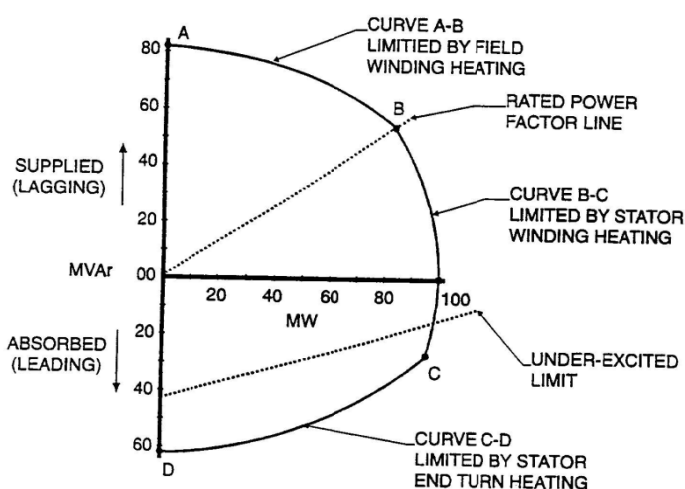
ในระบบไฟฟ้ากำลังที่มีค่า Reactive Power (Q) สูง จะส่งผลให้ระบบไฟฟ้ามีแรงดันไฟฟ้าสูงขึ้นตามไปด้วย การควบคุมแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ากำลังทำได้โดยการควบคุมปริมาณของกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Q) ในระบบไฟฟ้านั้นเอง การควบคุมปริมาณของ Q ในระบบไฟฟ้าทำได้หลายวิธีด้วยกัน ดังนี้

3.2.1 ปรับค่า Field Current ของชุด Exciter ของโรงไฟฟ้า

การปรับค่ากระแสไฟฟ้าของชุด Field Excitation ของ Generator จะส่งผลให้โรงไฟฟ้านั้นจ่าย Q หรือรับ Q ของระบบไฟฟ้าได้ เช่นหากเราทำการเพิ่มค่าของกระแส

Excite (Over Excite) โรงไฟฟ้านั้นก็จะจ่าย Q ออกมาให้กับระบบ หรือหากว่าเราลดค่าของ กระแส Excite (Under Excite) โรงไฟฟ้านั้นก็จะรับ Q จากระบบ

จากรูปด้านล่าง เป็น Generator Capability Curves ซึ่ง Generator ทุกเครื่องจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป โดยรูปนี้เป็น Generator ขนาด 100 MW สามารถจ่าย Q ได้สูงสุด < 80 MVar (Over Excite) และสามารถรับ Q ได้สูงสุด < 60 MVar (Under Excite) ในกรณีจ่าย Q (Over Excite) จะจ่ายได้มากน้อยแค่ไหนนั้นจะถูกจำกัดไว้ได้ด้วย Field Winding Heating และสำหรับในกรณีรับ Q (Under Excite) จะถูกจำกัดไว้ด้วย Stator End Turn Heating



รูปที่ 5 Generator Capability Curves ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

3.2.2 ปลด / สับ Shunt Capacitor Bank

Capacitor Bank (C-Bank) เป็นอุปกรณ์ Generate Q ชนิดหนึ่ง การนำ C-Bank เข้าใช้งานในระบบไฟฟ้าจะส่งผลให้ค่า Q ของระบบมีค่าเพิ่มขึ้น จึงสามารถเพิ่มแรงดันไฟฟ้าได้ และในทำนองกลับกัน หากต้องการให้แรงดันไฟฟ้าในระบบลดลง เราก็สามารถนำ C-Bank ออกจากระบบได้

ข้อสังเกต ในการนำ C-Bank เข้าใช้งาน หรือการปลด C-Bank ออกจากระบบ ถ้ากระทำบ่อยครั้งนั้นอาจไม่ส่งผลดีต่อตัว C-Bank เอง กล่าวคือตัว C-Bank อาจได้รับความเสียหายหรือเสื่อมสภาพโดยเร็ว หรืออาจต้องมีการบำรุงรักษามากขึ้น และที่สำคัญอาจมีผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าได้หาก C-Bank ชุดนั้นมีขนาดใหญ่ โดยเฉพาะในบริเวณใกล้เคียง เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงมากและทันที ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในการพิจารณานำ C-Bank เข้าใช้งาน หรือนำออกจากระบบ จะต้องพิจารณาร่วมกับการปรับค่า Q ของโรงไฟฟ้าร่วมด้วย

3.2.3 ปลด / สับ Shunt Reactor

Shunt Reactor (S/R) เป็นอุปกรณ์ Absorb Q ชนิดหนึ่ง การนำ S/R เข้าใช้งานในระบบไฟฟ้าจะส่งผลให้ค่า Q ของระบบมีค่าลดลง จึงสามารถลดแรงดันไฟฟ้าได้ และในทางกลับกัน หากต้องการให้แรงดันไฟฟ้าในระบบเพิ่มขึ้น เราก็สามารถนำ S/R ออกจากระบบได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของ Shunt Reactor กับ C-Bank นั้นอยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกัน

3.2.4 Synchronous Condenser (S/C)

S/C เป็น Synchronous Machine ชนิดหนึ่ง ที่สามารถจะ Generate Q ให้กับระบบ หรือ Absorb Q จากระบบไฟฟ้าได้ ในปัจจุบันนี้อุปกรณ์ S/C ที่เรามีใช้ในระบบก็คือ S/C ของโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งคุณสมบัติของโรงไฟฟ้าพลังน้ำที่สามารถเดินเครื่องใน Mode ของ S/C ได้ มีดังนี้

SNR (Unit 1-3)	VRK (Unit 1-3)
SK (Unit 1-4)	BB (Unit 8)
RPB (Unit 1-3)	CLB (Unit 1-2)
BLG (Unit 1-3)	LTK (Unit 1-2)

หากระบบไฟฟ้ามีความจำเป็นที่จะต้องใช้พลังไฟฟ้าจริง (Real Power, P) โรงไฟฟ้าประเภทนี้สามารถเปลี่ยนสถานะของการเดินเครื่องจาก Mode S/C ไปเป็น Mode Generator ได้ในเวลาอันรวดเร็ว

3.2.5 ปรับ Tap หม้อแปลง

การปรับเปลี่ยน Tap ของหม้อแปลง เป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่ยอมรับใช้ เนื่องจากหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์สำหรับปรับเปลี่ยนแรงดันอยู่แล้ว การเปลี่ยน Tap ของหม้อแปลงเราสามารถที่จะปรับค่าระดับแรงดันไฟฟ้าทางด้าน Low Voltage ได้ประมาณ 1.25 % ต่อ Tap โดยหม้อแปลงทั่วไปจะมี Tap ทั้งหมด 17 Tap (8R – N - 8L) ข้อดีของการปรับ Tap ก็คือเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าได้อย่างราบรื่นและต่อเนื่อง ข้อเสียคืออาจต้องมีการบำรุงรักษาชุด On Load Tap Change บ่อยครั้งเมื่อมีการเปลี่ยน Tap ในขณะที่หม้อแปลงจ่าย Load ค่าสูงๆบ่อยครั้ง

3.2.6 Switching Transmission Line

สายส่งไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าที่มีความยาวสูงมากๆ ในการใช้งานหรือการ Energize สายส่ง จะส่งผลให้เกิดค่า Q Charging ในสายส่งนั้นๆ ค่า Q Charging นี้ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความยาวของสายส่ง ขนาดของสายส่ง และระดับแรงดันไฟฟ้าของสายส่งนั้นๆ ดังรายละเอียดข้างล่าง

ตารางที่ 1 ขนาดของสายส่งและค่ากำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟของสายส่งแต่ละขนาดโดยประมาณ

แรงดัน (kV)	ขนาดสาย (MCM)	Q Charging (MVA / km)
500	4 x 795	1.0190
230	1 x 1272	0.1470
115	1 x 795	0.0460
115	2 x 795	0.0542
115	1 x 477	0.0390
69	1 x 4/0	0.0120
230	1600 mm ² (Underground)	7.6290

การ Switching สายส่งไฟฟ้าเข้าไปในระบบ ย่อมส่งผลให้ค่าของ Q ในระบบสูงขึ้น และส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าในระบบมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย และในทางตรงกันข้าม หากต้องการลดแรงดันไฟฟ้าของระบบ จะสามารถทำได้โดยการปลดสายส่งออกจากระบบ ดังเช่นที่เคยปฏิบัติกันอยู่เป็นประจำโดยเฉพาะในช่วงเทศกาลต่างๆ เช่น ตรุษจีน, สงกรานต์ และเทศกาลปีใหม่ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ระบบมีความต้องการพลังไฟฟ้าต่ำ เป็นต้น

3.2.7 ปรับค่า Setting ของอุปกรณ์ SVC

SVC หรือ Static VAr Compensator เป็นอุปกรณ์ทางด้าน Power System Stabilizer (PSS) ชนิดหนึ่ง อุปกรณ์ชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษตรงที่สามารถ Generate Q หรือ Absorb Q ได้ คุณสมบัติของ SVC คือทำงานเพื่อรักษาเสถียรภาพหรือเพิ่มค่าเสถียรภาพของระบบ เพื่อให้ระบบมีความมั่นคงมากขึ้น ผลดีที่ได้รับตามมาคือแรงดันไฟฟ้า ณ สถานที่นั้น (สถานที่ติดตั้ง SVC) และบริเวณใกล้เคียง ตัวอย่างของ SVC ที่ติดตั้งที่ สฟ. บางสะพาน ที่ใช้เพิ่มค่า Stability Limit ระหว่างภาคกลางและภาคใต้

3.3 การควบคุมแรงดันไฟฟ้า

เมื่อระบบไฟฟ้าอยู่ในสถานะเสถียร (System Stable) และระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงขึ้น จะส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าของระบบมีค่าลดลง (Load ที่เพิ่มขึ้นมา ส่วนใหญ่จะเป็น Load ประเภท Inductive Load เช่น Motor, Fluorescent Lamp) นั้นหมายความว่า Q ในระบบไฟฟ้าจะมีค่าลดลง เพราะถูก Inductive Load ดึงไปใช้ ศูนย์ควบคุมระบบไฟฟ้าจึงจำเป็นต้องเพิ่ม Q ให้กับระบบ เพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับปกติ ดังนั้นศูนย์ควบคุมจึงได้กำหนดมาตรการหรือขั้นตอนในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าของระบบไว้เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติการให้สอดคล้องกัน ไว้ดังนี้

เมื่อแรงดันไฟฟ้า มีค่าลดลง ให้ดำเนินการตามลำดับก่อนหลัง ดังต่อไปนี้

1. Switching นำสายส่งเข้าใช้งาน
2. ปลดเครื่อง S/C ออกจากระบบ
3. ปลด S/R ออกจากระบบ
4. นำ C-Bank เข้าใช้งานในระบบ
5. เพิ่มค่า Q ของโรงไฟฟ้า ให้กับระบบ
6. ปรับเปลี่ยน Tap หม้อแปลง

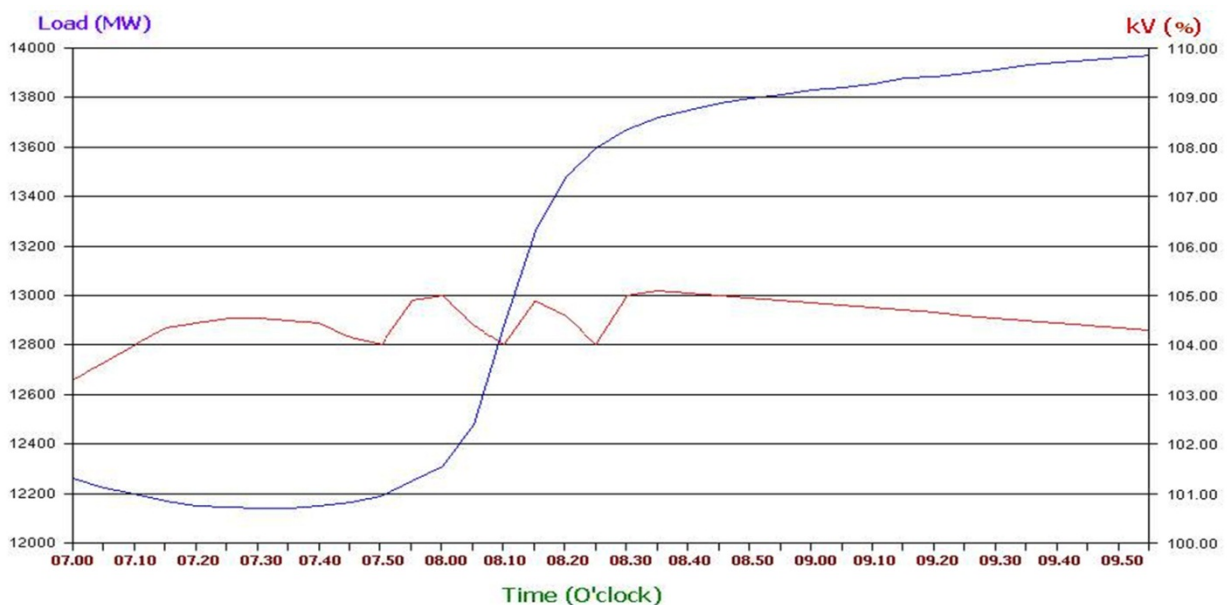
เมื่อแรงดันไฟฟ้า มีค่าสูงขึ้น ให้ดำเนินการตามลำดับก่อนหลัง ดังต่อไปนี้

1. ปรับเปลี่ยน Tap หม้อแปลง
2. ลดค่า Q ของโรงไฟฟ้า
3. ปลด C-Bank ออกจากระบบ
4. นำ S/R เข้าใช้งานในระบบ
5. เดินเครื่อง S/C เพื่อ Absorb Q จากระบบ
6. Switching สายส่ง ออกจากระบบ

3.4 การควบคุม Load โดยการลดแรงดันไฟฟ้าในช่วงวิกฤติ

ในระบบไฟฟ้าทั่วไป เราสามารถแบ่งแยกประเภทของ Load ออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ที่เห็นได้ชัดเจน คือ Load ประเภท Inductive Load และประเภท Resistive Load โหลดประเภท Inductive Load (ส่วนใหญ่จะเป็น Motor ไฟฟ้า) จะเป็น Load ชนิด Constant Power (แรงดันลดลง กระแสจะเพิ่มขึ้น) และ ส่วน โหลด ประเภท Resistive Load จะมีค่า Constant Resistance (แรงดันลดลง กระแสลดลงด้วย) ดังนั้น หากเราลดแรงดันไฟฟ้าในระบบ ในส่วนที่จ่ายให้กับลูกค้า ลงมาจะส่งผลให้สามารถลด Load ของระบบ โดยรวมลดลง

การควบคุมแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ากำลังให้สามารถอยู่ได้โดยระบบไฟฟ้านั้นมีความมั่นคงและมีเสถียรภาพที่ดี ย่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง ค่าของแรงดันไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแต่ละจุดหรือแต่ละพื้นที่ก็อาจแตกต่างกัน แรงดันไฟฟ้าสูงมากเกินไปไม่ได้ส่งผลดีเสมอไป หรือแรงดันไฟฟ้าต่ำมากเกินไปอาจส่งผลเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆได้ การเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับระบบเข้าเกินไป อาจทำให้ไม่สามารถเพิ่มค่าแรงดันไฟฟ้าไปสู่จุดหมายที่ต้องการได้ หรือหากระบบมีปัญหาด้านการขาดแคลน Generation เราสามารถลดแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายลงมาได้ในระดับหนึ่งเพื่อเป็นการลดปริมาณของ Load ลง



รูปที่ 6 การควบคุมแรงดันเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลงในช่วง 8:00 น.