



การคิดราคากำล้างไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

20 มกราคม 2558

ห้อง Monet-Pissarro ชั้น 4
โรงแรมโนโวเทล สยามสแควร์

นาย รongฤทธิ์ ฉัตรถาวร
นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การบริการเสริมความมั่นคงของระบบไฟฟ้า

- ❖ เนื่องด้วยระบบไฟฟ้าในอนาคตมีแนวโน้มสูงที่จะเปลี่ยนแปลงจากระบบที่มี ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเดียว เป็น ระบบที่มีผู้ผลิตไฟฟ้าหลายราย ดังนั้น ผู้ผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นนี้จำเป็นต้องช่วยสนับสนุนการทำงานของระบบไฟฟ้าด้วย
- ❖ การบริการเสริมความมั่นคงของระบบไฟฟ้า (Ancillary Service)
คือ การบริการของผู้ผลิต/ขายไฟฟ้าเพื่อสนับสนุนระบบไฟฟ้าให้สามารถทำหน้าที่ส่งกำลังไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

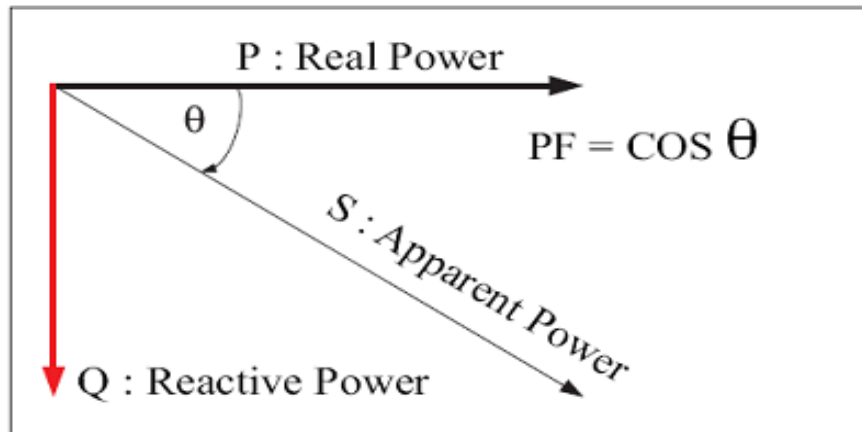
อ้างอิง : รายงานเรื่อง Loads Providing Ancillary Services: Review of International Experience กระทรวงพลังงานประเทศสหรัฐอเมริกา

❖ ประเภทของ Ancillary Service แบ่งตามเงื่อนไขการทำงาน

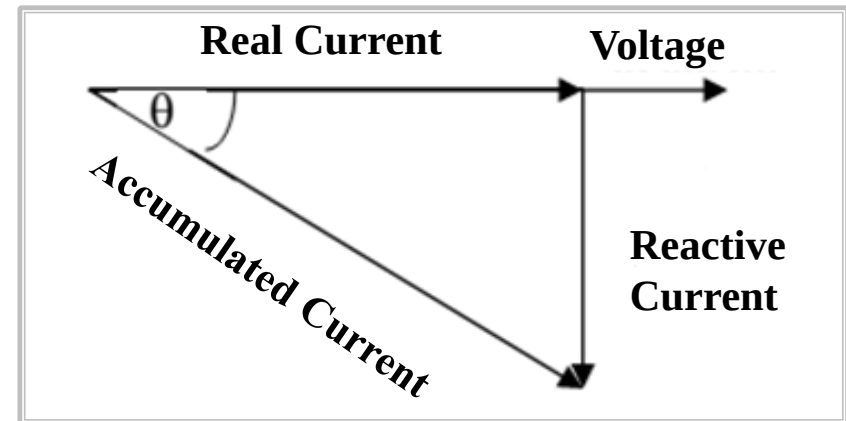
- 1) เงื่อนไขการทำงาน ณ สภาวะปกติ (Normal conditions)
 - การจัดการความไม่สมดุลของพลังงาน >> มีระบบควบคุมกำลังการผลิตที่เร็วพอกับการเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปของโหลด
- 2) เงื่อนไขการทำงานกรณีฉุกเฉิน (Contingency conditions)
 - การควบคุมในกรณีฉุกเฉิน >> มีระบบควบคุมกำลังการผลิตที่เร็วพอกับการเปลี่ยนแปลงของระบบไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉิน เช่น โรงไฟฟ้าบางแห่งหลุดออกจากระบบ เป็นต้น
 - กำลังการผลิตสำรอง >> ความสามารถในการเป็นแหล่งผลิตสำรอง สำหรับการฟื้นฟูระบบไฟฟ้าหลังเหตุการณ์ฉุกเฉิน
- 3) เงื่อนไขอื่น ๆ (Other services)
 - การควบคุมแรงดัน >> ความสามารถรับ/จ่ายกำลังไฟฟ้าวรีแอกทีฟเพื่อควบคุมแรงดัน
 - Black start >> ความสามารถในการเดินเครื่องได้ด้วยตนเองโดยไม่พึ่งกำลังไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้า เพื่อช่วยในการฟื้นฟูระบบไฟฟ้า

อ้างอิง : รายงานเรื่อง Loads Providing Ancillary Services: Review of International Experience กระทรวงพลังงานประเทศสหรัฐอเมริกา

❖ ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟและการควบคุมแรงดัน



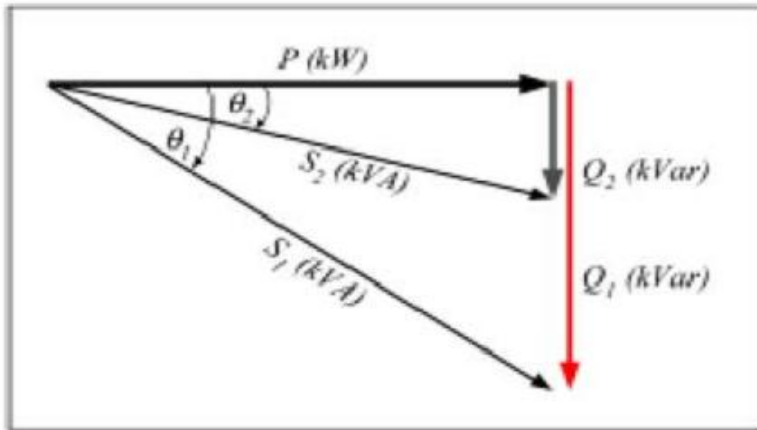
รูปสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า



รูปความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า
และแรงดันไฟฟ้า

❖ ความสัมพันธ์ของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟและการควบคุมแรงดัน

ปรับเปลี่ยนกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟด้วยการต่อ capacitor ขนานกับโหลด



$$Q_1 - Q_2 = Q_c \text{ (Q จาก capacitor)}$$

PF ต่ำ >> โหลดมี VAr สูง >> S สูง >> I รวม สูง >>
แรงดันดรอปในสายสูง >> ปัญหาแรงดันตก

PF สูง >> โหลดมี VAr ต่ำ >> S ต่ำ >> I รวม ต่ำ >>
แรงดันดรอปในสายต่ำ >> ลดปัญหาแรงดันตก

❖ การคิดค่าปรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย

ค่าปรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (VAr charge, Power factor charge)

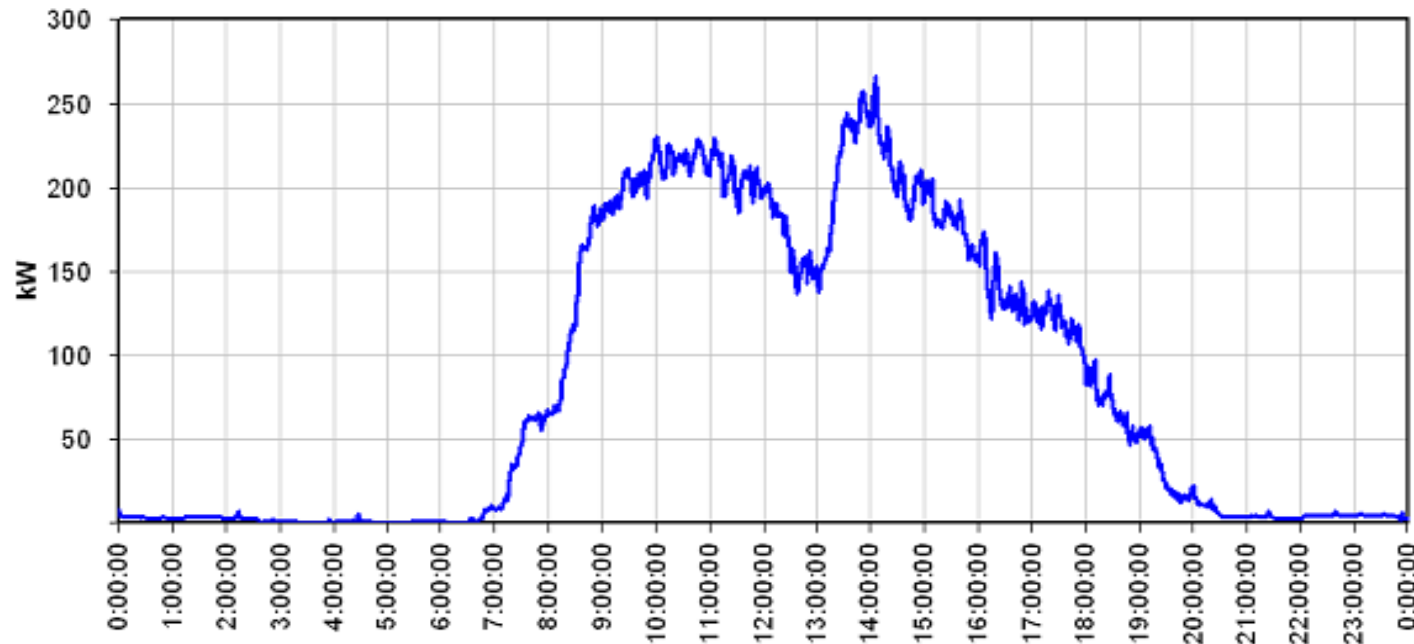
ความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ เฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว กิโลวาร์ส่วนที่เกินต้องเสียค่าปรับสำหรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในอัตรา 56.07 บาทต่อกิโลวาร์ โดยเศษของกิโลวาร์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์ (กพน. และ กฟภ.)

* คิดเฉพาะผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3, 4, และ 5

❖ การคิดค่าปรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย

ตัวอย่างการคำนวณค่าปรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย

- เครื่องวัดของการไฟฟ้าจะทำการเฉลี่ยกราฟนี้ทุกๆ 15 นาที
- ดังนั้นใน 1 เดือนจะมีความต้องการพลังไฟฟ้า 2,880 คา
- ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าในช่วงเวลาใดเป็นตัวเลขที่สูงที่สุด ก็จะถูกหยิบออกมาใช้เป็นค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของเดือนถัดไป



กราฟแสดงพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าในรอบวัน (Daily Load Curve)

❖ การคิดค่าปรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย

ตัวอย่างการคำนวณค่าปรับตัวประกอบกำลังไฟฟ้าในประเทศไทย

กำหนดให้

- ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่เป็น kW = 1,557 kW
- ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่เป็น kVAr = 1,266 kVAr
- โดย 61.97% ของ $P_{peak} = 1,557 \times 0.6197 = 964.87 \text{ kW}$ >> ซึ่งน้อยกว่า ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่เป็น kVAr
- ดังนั้น ต้องเสียค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (คาเฟาวอร์แฟคเตอร์) จำนวน $1,266 - 964.87 = 301 \text{ kVar}$ (พิเศษแล้ว) คิดเป็นเงิน = $56.07 \times 301 = 16,877.07$ บาท

- ❖ คุณลักษณะและราคาของอุปกรณ์ชดเชยกำลั้งไฟฟ้ารีแอกทีฟ
- ❖ ตลาดการซื้อขายกำลั้งไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ
- ❖ รูปแบบในการจัดหากำลั้งไฟฟ้ารีแอกทีฟ

- ❖ กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟมีอยู่ทั่วไปในระบบไฟฟ้า ทั้งระบบผลิต ระบบส่ง และ ระบบจำหน่าย เช่น
 - เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถรับ/จ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟได้
 - สายส่งสามารถรับ/จ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟได้
 - โหลดส่วนใหญ่ในระบบเป็นโหลดความเหนี่ยวนำซึ่งจะรับกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ เช่น มอเตอร์เหนี่ยวนำซึ่งมีในอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายๆ ประเภท หม้อแปลงไฟฟ้า เป็นต้น

❖ อุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟแบ่งได้เป็น 2 ประเภท

1) อุปกรณ์ชดเชยแบบ Static

คือ อุปกรณ์ชดเชยที่ไม่มีระบบควบคุมแบบอัตโนมัติเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า เช่น ตัวเก็บประจุ และ ตัวเหนี่ยวนำ

2) อุปกรณ์ชดเชยแบบ Dynamic

คือ อุปกรณ์ชดเชยที่มีระบบควบคุมแบบอัตโนมัติเพื่อตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า เช่น synchronous generators, synchronous condensers, static var compensators (SVC), และ static compensators (STATCOM) เป็นต้น

คุณลักษณะและราคาของอุปกรณ์ ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ

คุณลักษณะและราคาของอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ

Equipment type	Speed of response	Voltage Support			Costs		
		Ability	Availability	Disruption	Capital (per kvar)	Operating	Opportunity
Generator	Fast	Excellent, additional short-term capacity	Low	Low	Difficult to separate	High	Yes
Synchronous Condenser	Fast	Excellent, additional short-term capacity	Low	Low	\$30-35	High	No
Capacitor	Slow	Poor, drops with V^2	High	High	\$8-10	Very low	No
Static Var Compensator	Fast	Poor, drops with V^2	High	Low	\$45-50	Moderate	No
STATCOM	Fast	Fair, drops with V	High	Low	\$50-55	Moderate	No
Distributed Generation	Fast	Fair, drops with V	Low	Low	Difficult to separate	High	Yes

อ้างอิง : รายงาน Principles for Efficient and Reliable Reactive Power Supply and Consumption จากหน่วยงาน Federal Energy Regulatory Commission (FERC)

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

1) ประเทศแคนาดา

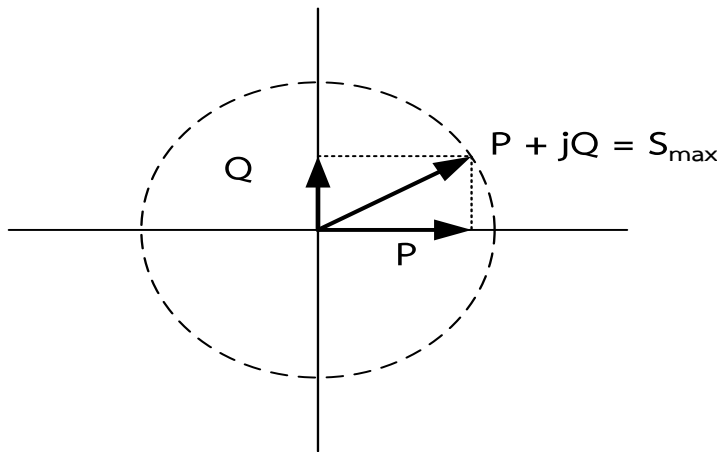
- เป็นประเทศที่ใช้พลังงานน้ำในการผลิตไฟฟ้ามากที่สุดเป็นอันดับ 2 ของโลก
- ระบบไฟฟ้าในแต่ละรัฐจะแยกกัน และแต่ละรัฐจะมีหน่วยงานที่ดูแลระบบเป็นของตัวเอง
- ในรัฐใหญ่ๆ ระบบไฟฟ้าจะอยู่ภายใต้การดูแลของรัฐบาลทั้งในส่วนระบบผลิต ระบบส่ง และระบบจำหน่าย
- มีตลาดการซื้อขายไฟฟ้า ระหว่างรัฐ Ontario และ Alberta เพื่อส่งเสริมการลงทุนและการแข่งขันกันในเชิงเศรษฐศาสตร์
- นโยบาย และ ข้อบังคับต่างๆ ของระบบไฟฟ้าในแต่ละรัฐจะแตกต่างกัน

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

1) ประเทศแคนาดา

❖ รัฐ Ontario

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขนาดมากกว่า 10 เมกะวัตต์ขึ้นไปที่เชื่อมต่อกับระบบไฟฟ้าจะต้องสามารถจ่าย/รับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในช่วงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 0.9 ล้าหลัง (จ่าย Q เข้าระบบ) ถึง 0.95 นำหน้า (รับ Q จากระบบ)
- แรงดัน ณ บัสที่เชื่อมต่อต้องอยู่ในช่วง $\pm 0.5\%$ ของแรงดันปกติ
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ได้ทำสัญญาการควบคุมแรงดัน จะได้รับเงินชดเชยเท่ากับค่าเสียโอกาสที่ผู้ผลิตไฟฟ้าไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้อย่างเต็มกำลัง



ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

1) ประเทศแคนาดา

❖ รัฐ Alberta

- ผู้ผลิตไฟฟ้าจะต้องจ่ายค่าปรับโทษหากไม่สามารถจ่าย/รับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในช่วงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 0.9 ล้าหลังถึง 0.95 นำหน้า ได้
- ค่าปรับโทษที่ใช้คือการจำกัดกำลังไฟฟ้าจริงของผู้ผลิตไฟฟ้า (ทำให้ต้องจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟมากขึ้นนั่นเอง)

❖ รัฐ Manitoba

- ผู้ผลิตไฟฟ้าจะได้รับเงินชดเชยเพิ่มเติมหากมีสมรรถนะของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเกินกว่าที่ระบุในข้อกำหนด

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

1) ประเทศแคนาดา

❖ รัฐ Québec and British Columbia

- กำหนดให้การสนับสนุนกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเป็น Ancillary Service โดย มีเงินเพิ่มเติมให้จากหน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้า

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

2) Great Britain

- ประกอบไปด้วยประเทศ อังกฤษ สกอตแลนด์ และ เวลส์
- หน่วยงาน National Grid Co. (NGC) ซึ่งเป็นเจ้าของระบบไฟฟ้า
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขนาดมากกว่า 50 MW ต้องสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟได้ในช่วงค่าตัวประกอบกำลัง 0.85 ล้าหลังถึง 0.95 นำหน้า โดย NGC จะส่งสัญญาณสำหรับการจัดสรรกำลังการผลิตและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟให้แก่ผู้ผลิตไฟฟ้า ซึ่งทางผู้ผลิตไฟฟ้าจะได้รับเงินชดเชยประมาณ 2.40 U\$/MVarh ทั้งรับหรือจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ
- ผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถยื่นข้อเสนอให้ NGC พิจารณาได้โดยต้องเตรียมข้อมูล 3 อย่างคือ 1) ค่าการเชื่อมต่อครั้งแรก (£/MVar) 2) ค่าสมรรถนะของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่ใช้ได้ (£/MVar) และ 3) ค่าการใช้กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ (£/MVarh)

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

2) Great Britain

- ในอดีต NGC ได้ใช้เงินลงทุนในการจัดหาอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟค่อนข้างมาก โดยในปี ค.ศ. 1990 จนกระทั่ง ค.ศ. 2004 NGC ได้ลงทุนติดตั้งอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากเดิม ขนาด 3,000 MVar เป็น 19,000 MVar
- ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 เนื่องด้วยวิธีการในการทำสัญญากับผู้ผลิตไฟฟ้า การเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน การเพิ่มความสามารถในการพยากรณ์ และ การลงทุนด้านสายส่ง ทำให้ NGC สามารถลดค่าใช้จ่ายในการจัดหาอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟได้ถึง 90%

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

3) ประเทศสวีเดน

- มีหน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้าของประเทศคือ Svenska Kraftnät
- ใช้พลังงานน้ำจากภาคเหนือเป็นหลักในการผลิตกำลังไฟฟ้า โดยส่งกำลังไฟฟ้ามายังภาคใต้ซึ่งมีความต้องการไฟฟ้าสูง
- ไม่มีการจ่ายเงินชดเชยใดๆ ให้กับผู้ผลิตไฟฟ้า โดยมีเพียงแค่ข้อบังคับการเชื่อมต่อและการทำงานสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าเท่านั้น
- โรงไฟฟ้าพลังน้ำ และ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนจะต้องจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟให้คงที่เท่ากับปริมาณ 1 ใน 3 ของกำลังไฟฟ้าแอกทีฟที่จ่ายเข้าสู่ระบบ (ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าประมาณ 0.9)
- โดยสรุป หน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้าของสวีเดนจะเลือกใช้ Static reactive power ในการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเป็นหลักเท่าที่จะสามารถหาได้ มากกว่าที่จะพึ่งพากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำและโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

4) ประเทศเนเธอร์แลนด์

- หน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้าจะทำการจัดหากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟโดยการทำสัญญากับผู้ผลิตไฟฟ้า และการซื้อขายแลกเปลี่ยนกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟกับหน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้าอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง
- สัญญาระหว่างหน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้ากับผู้ผลิตไฟฟ้า กำหนดว่าจะมีการจ่ายเงินให้กับผู้ผลิตไฟฟ้าเพียงครั้งแรกเท่านั้น โดยจ่ายเงินตามขนาดพิกัดของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่ผลิตได้

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

5) ประเทศเบลเยียม

- มีบริษัทชื่อ ELIA เป็นเจ้าของระบบไฟฟ้าในประเทศ
- มีการคิดราคาค่าปรับในหน่วย U\$/MWh
- สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าที่มีค่าตัวประกอบกำลังอยู่ในช่วง 0.95 ล้าหลัง ถึง 0.95 นำหน้า หากกำลังไฟฟ้าจริงจ่ายเข้าระบบมากกว่า 10% ของที่ระบุในสัญญา อัตราการปรับโทษจะอยู่ที่ 0.27 U\$/MWh (ระบบส่ง) และ 0.31 U\$/MWh (ระบบจำหน่าย)
- สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีค่าตัวประกอบกำลังนอกช่วง 0.95 ล้าหลัง ถึง 0.95 นำหน้า อัตราการคิดราคากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจะอยู่ที่ 7.83 U\$/MVarh

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

6) ประเทศออสเตรเลีย

- หน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้าของประเทศออสเตรเลียจะเป็นผู้จัดหาอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเอง
- ผู้ผลิตไฟฟ้าที่ต้องการเชื่อมต่อกับระบบจะต้องมีค่าตัวประกอบกำลังอยู่ในช่วง 0.9 ล้าหลังถึง 0.93 นำหน้า และต้องยอมรับข้อตกลงในการชดเชยค่าใช้จ่ายจากหน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้า ในกรณีที่หน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้าร้องขอให้จ่ายหรือรับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

7) ประเทศอินเดีย

- หน่วยงานชื่อ Power Grid Corporation of India Limited ดูแลระบบไฟฟ้าของประเทศ
- เนื่องจากผู้ใช้ไฟฟ้าในประเทศอินเดียใช้กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟค่อนข้างสูง หน่วยงานกำกับกิจการพลังงานของประเทศจึงได้กำหนดกฎเกณฑ์ในการใช้กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ คือ
 - อัตราการคิดค่าชดเชยของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเท่ากับ 1 U\$/MVArh (ทั้งซื้อและขาย) เมื่อแรงดันไฟฟ้าตกต่ำกว่าร้อยละ 97 ของแรงดันไฟฟ้าปกติ
 - ในช่วงโหลดต่ำ (Off peak) อัตราการคิดค่าชดเชยจะกลับกันคือ อัตราการคิดค่าชดเชยของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเท่ากับ 1 U\$/MVArh (ทั้งซื้อและขาย) เมื่อแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าร้อยละ 103 ของแรงดันไฟฟ้าปกติ ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้สามารถแก้ปัญหาเรื่องแรงดันไฟฟ้าได้ทั้งหมด

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

8) ประเทศญี่ปุ่น

- ในประเทศญี่ปุ่น บริษัท Tokyo Electric Power Company (TEPCO) ซึ่งดูแลระบบไฟฟ้าในแถบคันโตของประเทศ มีการจ่ายเงินเพื่อเป็นแรงจูงใจให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง โดยให้ส่วนลดค่าไฟฟ้าในส่วนอัตราค่าไฟฐาน (Base rate) ซึ่งส่วนลดนี้จะขึ้นอยู่กับค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งการคำนวณค่าไฟฟ้าจะคิดจากผลรวมของค่า Base rate และ Electricity rate ดังนี้

$$\text{Base rate} = (\text{Unit price [U\$/kW]} * (\text{Contract kW}) * (1.85 - \text{Power factor}))$$

$$\text{Electricity rate} = (\text{Unit price [U\$/ kWh]} * \text{Total usage [kWh]})$$

- โดย Unit price สำหรับ Base rate จะมีค่าประมาณ 10 U\$/kW และ Unit price สำหรับ Electricity rate จะมีค่าประมาณ 10 cents/kWh จากสมการการคำนวณ Base rate ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าหันมาปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ชดเชยตัวประกอบกำลังกันมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ทำให้ค่าตัวประกอบกำลังโดยเฉลี่ยของผู้ใช้ไฟฟ้าจะอยู่ที่ 0.99

ตลาดการซื้อขายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในต่างประเทศ

9) ประเทศอาร์เจนตินา

- ทั้งผู้ผลิตไฟฟ้า หน่วยงานที่ดูแลระบบส่ง หน่วยงานที่ดูแลระบบจำหน่าย และผู้ใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ จะต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ในการชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ
- ผู้ผลิตไฟฟ้าต้องสามารถจ่ายและรับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟได้
- หน่วยงานที่ดูแลระบบส่งต้องรักษาระดับแรงดันให้อยู่ในค่า $\pm 3\%$ สำหรับระดับแรงดัน 500 kV และ $\pm 5\%$ สำหรับระดับแรงดัน 220 kV และ 132 kV
- มีการกำหนดกฎเกณฑ์การปรับโทษกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้างนี้
 - หากผู้ผลิตไฟฟ้ามีการประกาศล่วงหน้าว่าจะหยุดเดินเครื่องก่อน 1 สัปดาห์ อัตราค่าปรับโทษจะเป็น 0.15 U\$/MVarh (ปริมาณ MVarh ขึ้นอยู่กับปริมาณกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่ต้องชดเชยแทน)
 - หากผู้ผลิตไฟฟ้ามีการประกาศล่วงหน้าว่าจะหยุดเดินเครื่องก่อนตั้งแต่ 1 วันถึง 1 สัปดาห์ อัตราค่าปรับโทษจะเป็น 1.5 U\$/MVarh
 - หากผู้ผลิตไฟฟ้าไม่มีการประกาศล่วงหน้าก่อนว่าจะหยุดเดินเครื่อง ผู้ผลิตไฟฟ้าจะถูกปรับโทษด้วยอัตรา 1.5 U\$/MVar ตลอดระยะเวลาที่ผู้ผลิตไฟฟ้าเดินเครื่อง

รูปแบบในการจัดหากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ

❖ รูปแบบในการจัดหากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี คือ

1) Cost-based capacity payment

ค่าตอบแทนของผู้ผลิตไฟฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่จ่ายเข้าสู่ระบบไฟฟ้า โดยวิธีในการตัดสินใจเลือกให้ผู้ผลิตไฟฟ้ารายใดสามารถจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเข้าสู่ระบบนั้นแบ่งเป็น 2 วิธี

1.1) ผู้ผลิตกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟทุกรายจ่ายกำลังไฟฟ้าเข้าสู่ระบบได้อย่างเท่าเทียมกัน

👍 เป็นธรรมแก่ผู้ผลิตไฟฟ้าทุกราย

👎 เกิดการลงทุนเกินจริง และ การลงทุนต่ำเกินกว่าที่ควรจะเป็น

1.2) พิจารณาตามความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในแต่ละพื้นที่

👍 หลีกเลี่ยงการเกิดการลงทุนเกินจริง และ การลงทุนต่ำเกินกว่าที่ควรจะเป็น

👎 เกิดปัญหาความไม่เป็นธรรมในการเลือกทำสัญญากับผู้ผลิตไฟฟ้า

อ้างอิง : รายงาน Principles for Efficient and Reliable Reactive Power Supply and Consumption จากหน่วยงาน
Federal Energy Regulatory Commission (FERC)

2) Explicit payment for reactive power capacity through system wide forward procurement

- ❖ หน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้าทำการประเมินความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจะถูกประเมินในแต่ละพื้นที่
- ❖ หน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้าจะทำการเปิดประมูลล่วงหน้าให้ผู้ผลิตไฟฟ้าแต่ละรายเสนอแนวทางการคิดราคาค่าชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟแข่งขัน
- ❖ ระบบการประมูลล่วงหน้านี้จะอนุญาตให้ผู้ผลิตไฟฟ้าที่มีส่วนรวมกับระบบไฟฟ้าอยู่ก่อนแล้วเข้าร่วมแข่งประมูลกับผู้ผลิตไฟฟ้ารายใหม่ที่ต้องการจะเข้ามาด้วย

3) Pay nothing to generators

- ❖ เป็นวิธีการที่หน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้าดูแลระบบจัดการหากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟให้เพียงพอต่อความต้องการด้วยตนเอง ผู้ผลิตไฟฟ้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเข้าระบบไฟฟ้าจะไม่ได้รับเงินชดเชยค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟใดๆ แต่ผู้ผลิตไฟฟ้าต้องควบคุมค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟให้อยู่ในเกณฑ์ข้อกำหนดที่หน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้ากำหนด

รูปแบบในการจัดหากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ

คุณลักษณะร่วมกันของทั้ง 3 รูปแบบในการจัดหากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ

- ❖ ผู้ผลิตไฟฟ้าต้องมีตัวประกอบกำลังในช่วงที่กำหนด (โดยทั่วไป ± 0.95)
- ❖ ผู้ดูแลระบบไม่สามารถบังคับให้ผู้ผลิตไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสู่ระบบเพิ่มจากสัญญาได้ แต่สามารถสอบถามหรือร้องขอได้
- ❖ ผู้ดูแลระบบจะจ่ายเงินชดเชยให้กับผู้ผลิตไฟฟ้า ในกรณีที่การขอรับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟทำให้โอกาสผลิตกำลังไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าลดลง
- ❖ ในบางพื้นที่จะมีสัญญาที่เรียกว่า Reliability Must Run (RMR) สำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าเพื่อรักษาความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า

- ❖ ในหลายๆ ประเทศ ได้มีการใช้ประโยชน์จากผู้ผลิตไฟฟ้าในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าของระบบผ่านทางการควบคุมการจ่ายหรือรับกำลังไฟฟารีแอกทีฟ
- ❖ มีข้อดีต่อทั้งหน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้าและผู้ผลิตไฟฟ้า
 - ในมุมมองของหน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้า วิธีการนี้สามารถหลีกเลี่ยงหรือยืดระยะเวลาในการลงทุนเพื่อจัดหาอุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าได้
 - ในมุมมองของผู้ผลิตไฟฟ้า นอกเหนือจากไปจากที่ผู้ผลิตไฟฟ้าจะได้รับเงินชดเชยในการจ่ายหรือรับกำลังไฟฟารีแอกทีฟในกรณีที่มีการร้องขอจากหน่วยงานที่ดูแลระบบไฟฟ้า ด้วยระบบไฟฟ้าที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น ทำให้การจ่ายกำลังไฟฟ้าจริงของผู้ผลิตไฟฟ้าสามารถทำได้อย่างต่อเนื่องมากยิ่งขึ้น อีกทั้งความยืดหยุ่นนี้จะช่วยให้ระบบไฟฟ้าสามารถรองรับการเข้ามาของผู้ผลิตไฟฟ้ารายอื่นๆ ได้เพิ่มมากขึ้นอีกด้วย



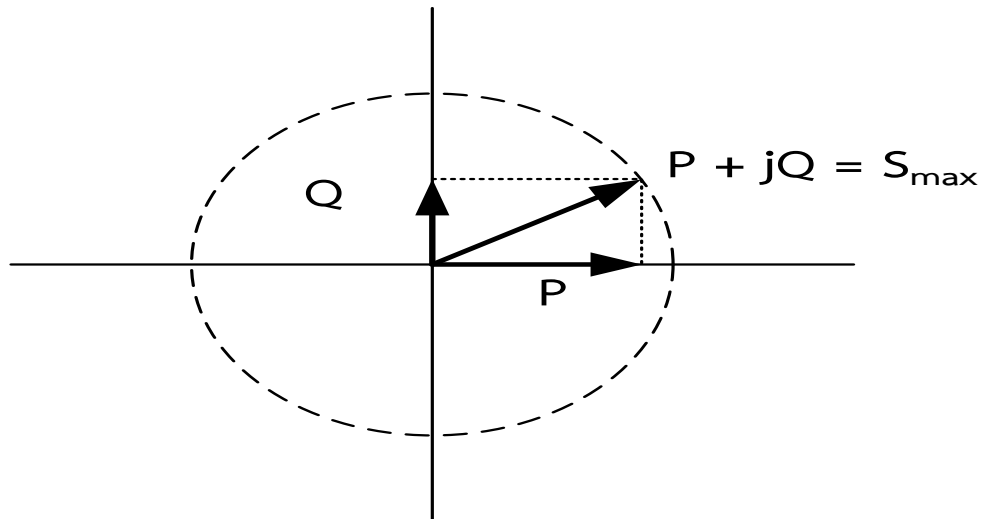
ขอบคุณครับ

20 มกราคม 2558

ห้อง Monet-Pissarro ชั้น 4
โรงแรมโนโวเทล สยามสแควร์

❖ Synchronous Generators

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าส่วนใหญ่ในระบบเป็น Synchronous Generator (เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ทำงานที่ความถี่เดียวกันกับความถี่ของระบบไฟฟ้า)
- จ่ายได้ทั้งกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ
- จ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟได้อย่างต่อเนื่อง
- การปรับเพิ่มกำลังไฟฟ้าจริงจะส่งผลให้กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟลดลง



❖ Distributed Generators

- เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก โดยมากติดตั้งในระบบจำหน่าย
- คุณลักษณะการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเหมือนกันกับ Synchronous generator
- จุดเด่นคือ สามารถเข้าถึงพื้นที่ที่มีการใช้กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูงได้

❖ Synchronous Condensers

- เป็นเครื่องจักรที่ทำถูกสร้างมาเพื่อผลิตกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟโดยเฉพาะ
- สามารถดัดแปลงจาก synchronous generator เก่าที่ไม่คุ้มค่าในการทำงาน
- Synchronous condenser จะใช้กำลังไฟฟ้าจริงจากระบบประมาณ 3 % ของพิกัดของ synchronous condenser
- ในทวีปอเมริกาเหนือ ส่วนใหญ่จะดัดแปลงจาก โรงไฟฟ้าเก่าที่ใช้เชื้อเพลิง Fossil และ โรงไฟฟ้านิวเคลียร์

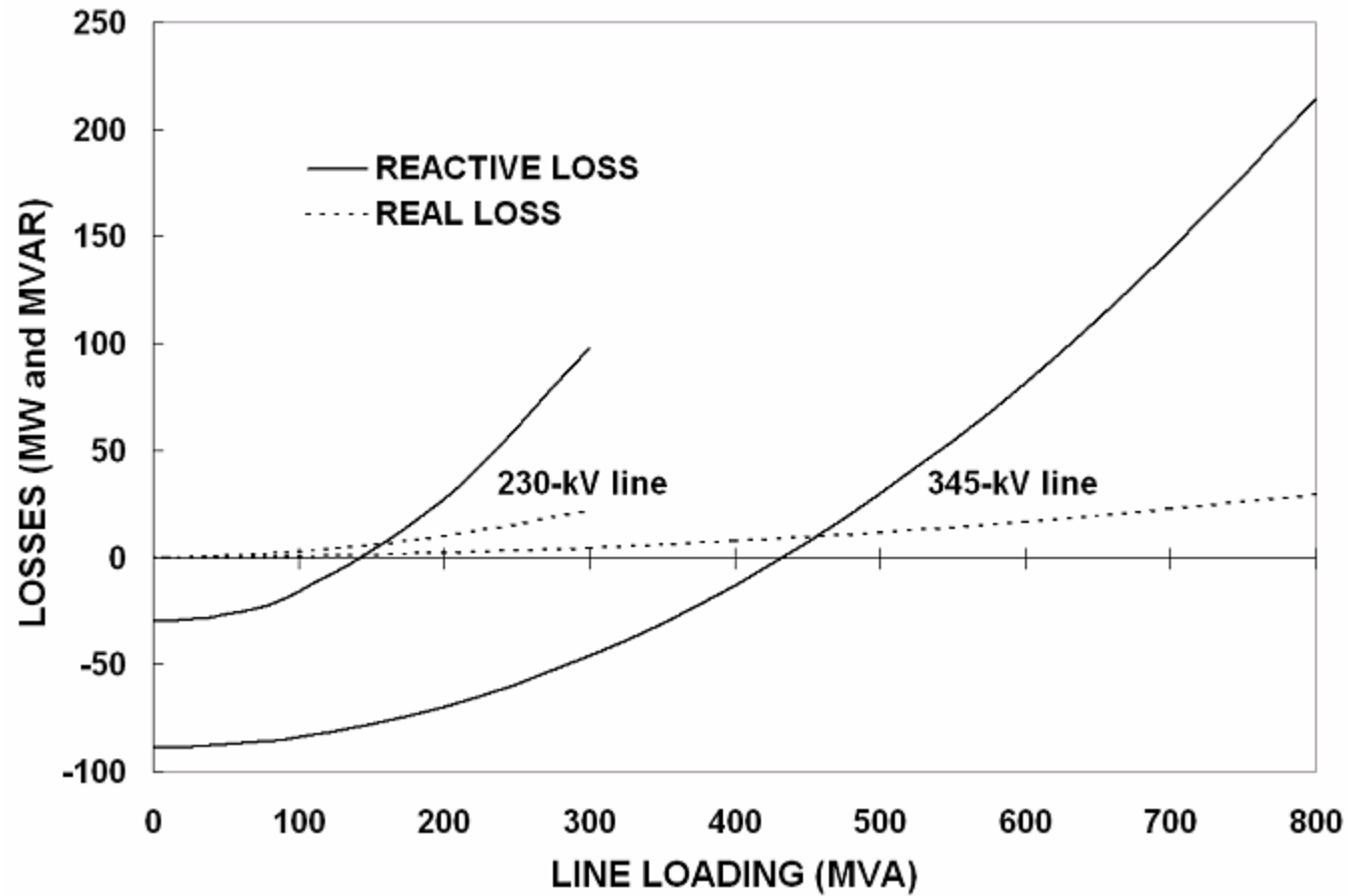
❖ Transformers

- หน้าหลักคือปรับเปลี่ยนระดับแรงดัน
- มีอุปกรณ์ทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นขดลวดเหนียวนำซึ่งจะรับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากระบบ

❖ Transmission Lines

- สายส่งไฟฟ้าคุณสมบัติเป็นทั้ง Capacitive และ Inductive ซึ่งจำจ่ายและรับกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟจากระบบตามลำดับ

❖ Transmission Lines



❖ High voltage DC transmission lines

- ทำหน้าที่ส่งกำลังไฟฟ้าตรง (DC)
- ที่ส่วนสถานีปลายทั้งสองของ HVDC จะมีอุปกรณ์ Converter ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง
- Converter จะใช้กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟในการแปลงดังกล่าว ซึ่งโดยทั่วไปคิดเป็น 40 % ของพิกัดกำลังไฟฟ้าจริงที่ส่ง เช่น หากพิกัดการส่งเท่ากับ 1,000 MW กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่ใช้จะเท่ากับ 400 MVA_r ต่อ 1 ปลาย สถานี (รวมสองสถานี เท่ากับ 800 MVA_r)
- มี Capacitor ต่อขนานที่สถานีปลาย เพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ
- โดยทั่วไปจะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมกำลังไฟฟ้า DC ที่ไหลในสายส่ง ซึ่งเป็นการควบคุมแรงดันไฟฟ้า AC ที่ปลายสถานีทั้งสองได้ด้วย

❖ Switched Shunt Capacitors

- ติดตั้งอยู่ที่สถานีไฟฟ้า
- ทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟให้กับระบบ
- การจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟอาจจะปรับได้ไม่ค่อยไหลลื่นมากนัก
- กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่จ่ายเข้าจะแปรผันตรงกับแรงดัน ณ จุดเชื่อมต่อยกกำลังสอง

❖ Series Capacitors

- ติดตั้งอยู่บนสายส่งไฟฟ้า ทำหน้าที่จ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเข้าสู่ระบบ
- มักติดตั้งอยู่บนสายส่งขนาดยาว

❖ Static VAr Compensators (SVCs)

- โดยทั่วไปเป็น Shunt capacitor หรือ Shunt reactor ติดตั้งอยู่ในระบบพร้อมกับอุปกรณ์ Switching เพื่อควบคุมแรงดัน
- กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่จ่ายเข้าจะแปรผันตรงกับแรงดัน ณ จุดเชื่อมต่อยกกำลังสอง

❖ Static Compensators (STATCOM)

- ทำหน้าที่ควบคุมแรงดันในระบบคล้ายกับ Synchronous condenser
- มีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Voltage Source Converter (VSC) ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าตรง (input) เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (output)
- ด้วยเหตุนี้กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่ได้จะไม่ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าในระบบ ซึ่งสามารถช่วยลดการเกิด Voltage instability ได้