บทที่ 2

การพังทลายของแรงดันและการปรับปรุงความมั่นคงของแรงดัน

2.1 การพังทลายของแรงดัน

การพังทลายของแรงดันเป็นปรากฏการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ แต่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอด โดยแรงดันของระบบจะค่อยๆ เปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของโหลด เช่น แรงดันจะค่อยๆ ลดลงในกรณีที่โหลดเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งถึงจุดวิกฤต (Critical Point) ทำให้ระบบสูญเสียความมั่นคงของแรงดันอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของโหลดมากเกินกว่าขอบเขตที่ระบบรับได้

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดจะเป็นไปอย่างช้าๆ และค่อยเป็นค่อยไปในเหตุการณ์จริง ผู้ปฏิบัติการที่อยู่ ณ ศูนย์ควบคุมอาจไม่สามารถสังเกตเห็นหรือไม่สนใจแต่เมื่อแรงดันไฟฟ้าลดต่ำลงมากจึงเริ่มสังเกตเห็น ซึ่งในกรณีดังกล่าวการแก้ไขให้แรงดันในระบบกลับสู่ระดับเดิมอาจสายไป ผลที่ตามมา คือ การเกิดไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้าง (Blackout) ดังเหตุการณ์ที่ประเทศญี่ปุ่น เมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม 1987 [10] ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเพิ่มของโหลดที่สูงมาก (อัตราการเพิ่มของโหลดประมาณ 400 MW/min) ทำให้แรงดันในระบบลดลงเรื่อยๆ แม้จะมีการพยายามชดเชยกำลังรีแอกทีฟด้วยการเพิ่มตัวเก็บประจุไฟฟ้าแล้วก็ตาม แต่ไม่สามารถชดเชยอัตราการเพิ่มของโหลดได้ ในที่สุดทำให้เกิดการพังทลายของแรงดันจากการจ่ายกำลังรีแอกทีฟไม่เพียงพอ เป็นผลให้ไฟฟ้าดับเป็นบริเวณกว้าง

2.2 สาเหตุของการเกิดการพังทลายของแรงดัน

1) การเพิ่มขึ้นของโหลดในปริมาณมาก และไม่สามารถจ่ายกำลังรีแอกทีฟเข้าสู่ระบบเพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าได้อย่างเพียงพอ ทั้งนี้เพราะว่าการส่งผ่านกำลังรีแอกทีฟจากแหล่งกำเนิดให้แก่โหลดทำได้ยาก เนื่องจากกำลังรีแอกทีฟส่วนมากจะสูญเสียไปกับสายส่งระหว่างแหล่งกำเนิดกับตำแหน่งของโหลด ดังนั้นในทางปฏิบัติการจ่ายพลังงานรีแอกทีฟเข้าสู่ระบบมักจะมาจากการใช้อุปกรณ์ชดเชยต่างๆ เช่น ตัวเก็บประจุแบบอนุกรม ตัวเก็บประจุแบบขนาน และหม้อแปลงแรงดันแบบอัตโนมัติ แต่ทั้งนี้อุปกรณ์ชดเชยเหล่านี้จะไม่สามารถช่วยอะไรได้มากนัก หากการเพิ่มขึ้นของโหลดอยู่ที่อัตราสูงมากๆ

2) การที่แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าหรือสายส่งชุดใดชุดหนึ่ง ถูกตัดออกจากระบบในทันทีทันใดทำให้สายส่งหรืออุปกรณ์ต้องจ่ายโหลดเกินพิกัด การเกิดการพังทลายของแรงดันจากสาเหตุนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของอุปกรณ์ที่หลุดออกจากระบบ การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันและวิธีการชดเชยแรงดันของระบบเดิม

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดการพังทลายของแรงดัน

1) ปริมาณและตำแหน่งของอุปกรณ์ชดเชยกำลังรีแอกทีฟ เนื่องจากกำลังรีแอกทีฟจากแหล่งกำเนิดส่งผ่านมาสู่โหลดได้น้อยเพราะจะสูญเสียในสายส่ง ดังนั้นการชดเชยกำลังรีแอกทีฟจึงขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้ชดเชยกำลังรีแอกทีฟเท่านั้น ซึ่งจะต้องมีปริมาณเพียงพอ และอยู่ในบริเวณที่ใกล้เคียงกับจุดที่เสี่ยงต่อการเกิดการพังทลายของแรงดัน เพราะถึงแม้ว่าจะมีปริมาณที่เพียงพอ แต่ถ้าอยู่ห่างมากๆ การส่งผ่านกำลังรีแอกทีฟมา ณ จุดที่ต้องการก็จะสูญเสียไปกับสายส่งจนมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ

2) การทำงานของอุปกรณ์ป้องกันในระบบ การตั้งค่าอุปกรณ์ ควรจะคำนึงถึงการเพิ่มขึ้นของโหลดอย่างรวดเร็ว ความสามารถในการชดเชยกำลังรีแอกทีฟและมีการตัดส่วนที่มีผลกระทบต่อระบบน้อยที่สุดออกไป เช่น กรณีที่มีการเพิ่มขึ้นของโหลดในปริมาณมาก ณ จุดหนึ่งอุปกรณ์ป้องกันควรจะรับรู้ความสามารถในการชดเชยกำลังรีแอกทีฟให้กับระบบ ซึ่งถ้าการเพิ่มของโหลดมีมากเกินกว่าความสามารถในการชดเชยแล้ว ควรจะเลือกตัดส่วนที่สำคัญน้อยกว่า เช่น ตัดโหลดทิ้งแทนที่จะตัดสายส่งออกจากระบบ

3) กรณีเกิดข้อผิดพร่อง (Fault) ขึ้นในระบบถ้าเวลาในการตัดข้อผิดพร่องสูงเกินไปจะทำให้แรงดันของระบบลดลงจนอาจเกิดการพังทลายของแรงดันได้ ดังนั้นการออกแบบระบบและตั้งค่าเวลาในการกำจัดข้อผิดพร่องของระบบจะต้องคำนึงถึงการเกิดการพังทลายของแรงดันด้วย

4) ระบบมีความยืดหยุ่นหรือพลังงานไฟฟ้าสำรองต่ำอันเนื่องมาจากไม่สามารถสร้างโรงไฟฟ้าใหม่ได้เพียงพอกับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งการออกแบบระบบสายส่งได้ทำมานานแล้ว ทำให้สายส่งรับภาระการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น อาจส่งผลให้เกิดการพังทลายของแรงดันขึ้นได้

2.4 วิธีการปรับปรุงความมั่นคงของแรงดัน [13,14,16]

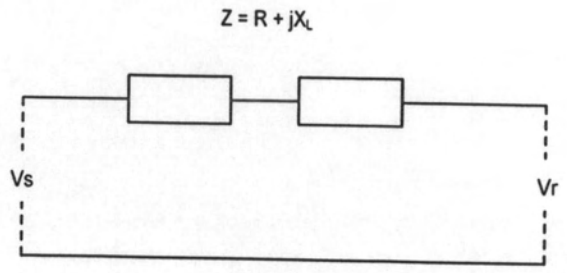
2.4.1 การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าที่สายส่ง

โดยมากวัสดุที่ใช้ทำสายไฟฟ้าทั่วไป คือ อลูมิเนียม และทองแดง ดังนั้นเมื่อสายไฟฟ้ามีความยาวมากขึ้นค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์ (Inductive Reactance) อันเนื่องมาจากความเหนี่ยวนำของตัวนำเหล่านี้จะมีค่ามากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ระดับแรงดันมีค่าลดลงตามความยาวของสายส่งนับจากแหล่งกำเนิด

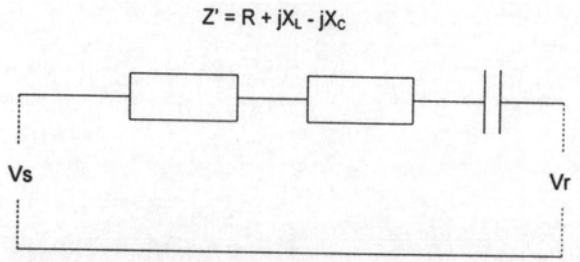
การต่อตัวเก็บประจุอนุกรมเข้าที่สายส่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.1 จะมีผลโดยตรง คือ ลดค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์ของสายส่งลง เพราะตัวเก็บประจุอนุกรมจะจ่ายกำลังรีแอกทีฟประเภทคาปาซิทีฟ รีแอกแตนซ์ ซึ่งมีมุมเฟสต่างจากค่าอินดักทีฟรีแอกแตนซ์ 180 องศา เข้าไปหักล้างกับอินดักทีฟรีแอกแตนซ์ของสายส่งทำให้แรงดันตกคร่อมในสายส่งลดลง ดังแสดงในรูปที่ 2.9 ส่งผลให้กำลังสูญเสียลดลง

นอกจากนี้ การส่งค่ากำลังคาปาซิทีฟเข้าสู่ระบบของตัวเก็บประจุแบบอนุกรมจะขึ้นอยู่กับกระแสที่ไหลผ่านหรือกล่าวได้ว่ากำลังรีแอกทีฟที่จ่ายให้ระบบจะขึ้นอยู่กับสภาวะการจ่ายโหลดถ้ามีโหลดน้อยกระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุแบบอนุกรมจะมีค่าน้อย กำลังรีแอกทีฟที่จ่ายให้ระบบจะมีค่าน้อยตามซึ่งถ้ามีโหลดมากกระแสที่ไหลผ่านมากทำให้กำลังรีแอกทีฟที่จ่ายให้ระบบมากตามไปด้วยทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องแรงดันเกิน

สรุป คือ ตัวเก็บประจุแบบอนุกรมจะมีผลโดยตรงกับสายส่งแต่จะมีผลน้อยมากกับโหลดและแหล่งกำเนิดดังนั้นค่าตัวประกอบกำลังที่โหลดบัสและขนาดกระแส ณ แหล่งกำเนิดจะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ตัวเก็บประจุแบบอนุกรมจะมีผลกระทบกับระบบโดยรวมโดยเฉพาะสายส่งเส้นที่ตัวเก็บประจุแบบอนุกรมติดตั้งอยู่ ดังนั้นการติดตั้งตัวเก็บประจุเพื่อปรับปรุงความมั่นคงของแรงดันในระบบเหมาะกับระบบที่มีจุดวิกฤตเนื่องจากสายส่งมีปัญหา เช่น ระบบมีความยาวของสายส่งมาก

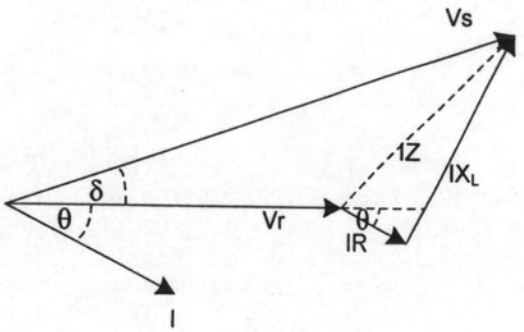


ก. ระบบปกติ

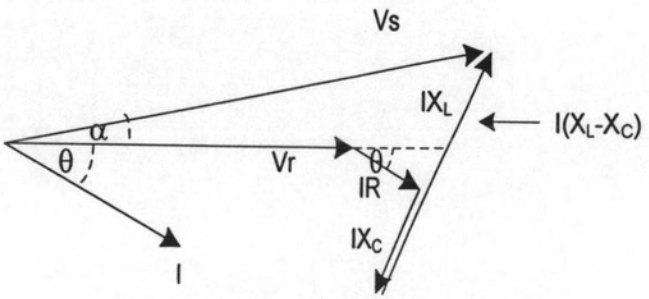


ข. ระบบที่ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

รูปที่ 2. 1 การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าสายส่ง



ก. ระบบปกติ

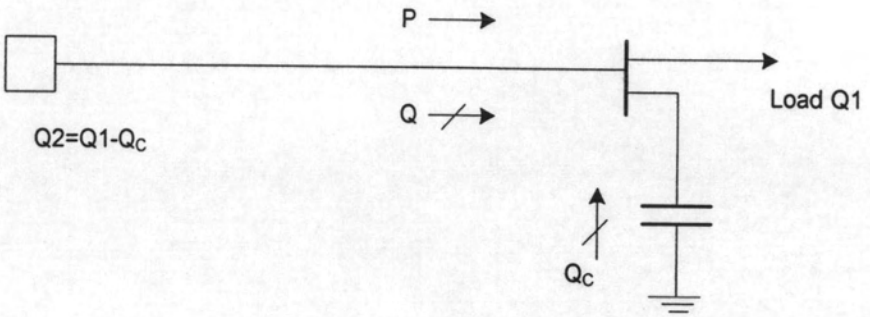


ข. ระบบที่ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

รูปที่ 2.2 เฟสเซอร์ของสายส่งเมื่อมีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบอนุกรมเข้าสายส่ง

2.4.2 การติดตั้งตัวเก็บประจุขนานเข้าที่บัส

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส ดังรูปที่ 2.3 เปรียบเสมือนการจ่ายกำลังรีแอกทีฟเข้าที่จุดนั้นๆ ซึ่งมีผลทำให้ค่ากำลังรีแอกทีฟ ณ บัสที่ติดตั้งตัวเก็บประจุมีการเปลี่ยนแปลงโดยค่าของกำลังรีแอกทีฟที่เกิดขึ้นจากการจ่ายโหลดมีค่าลดลง เนื่องมาจากการชดเชยกำลังรีแอกทีฟ ทั้งช่วยให้ตัวประกอบกำลังมีค่าดีขึ้น โดยแสดงกำลังรีแอกทีฟที่เปลี่ยนไปในรูปของสามเหลี่ยมกำลัง ดังรูปที่ 2.4

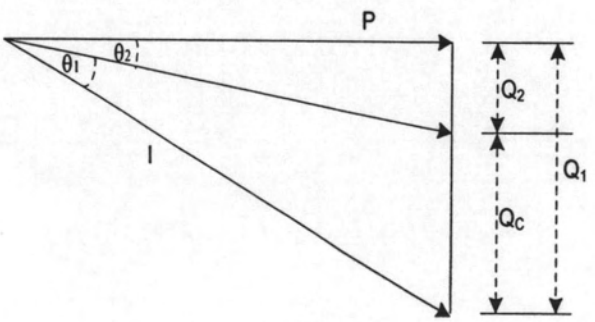


รูปที่ 2.3 การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส

Q_1 คือ กำลังรีแอกทีฟที่จ่ายให้กับโหลด

Q_2 คือ กำลังรีแอกทีฟที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต้องจ่าย

Q_C คือ กำลังรีแอกทีฟที่ได้จากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนาน



รูปที่ 2.4 สามเหลี่ยมกำลังเมื่อมีการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเข้าที่บัส

สรุปคือตัวเก็บประจุแบบขนาน จะมีผลโดยตรงกับค่ากำลังรีแอกทีฟของโหลดและแหล่งกำเนิดเท่านั้น โดยจะมีผลทำให้ค่าตัวประกอบกำลังมีค่ามากขึ้นและปริมาณกระแสที่เครื่องกำเนิดต้องจ่ายให้กับโหลดมีขนาดลดลง ผลที่เกิดขึ้นจากการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานจะมีผลตั้งแต่แหล่งกำเนิดถึงจุดที่ติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเท่านั้น

การติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานเหมาะกับระบบที่มีบัสใดบัสหนึ่งก่อให้เกิดปัญหา อีกทั้งการติดตั้งตัวเก็บประจุแบบขนานต้องคำนึงถึงระดับของแรงดัน เมื่อโหลดมีค่าไม่มากด้วย เพราะอาจทำให้เกิดภาวะแรงดันเกินเมื่อระบบจ่ายโหลดน้อยได้