

การวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่าย

Analysis of Optimal Allocation of FACTS Devices in Radial Distribution Systems

จักรินทร์ วิเศษยา และ กฤษณ์ชนม์ ภูมิภักดิพิชญ์

ศูนย์วิจัยระบบไฟฟ้ากำลังและพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ต. คลองหก อ. ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์: 02-549-3571 โทรสาร: 02-549-3422 E-mail: krischonme.b@en.mutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาการวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสม การติดตั้ง FACTS เข้าไปเพื่อชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเข้าสู่ระบบ และปรับปรุงเสถียรภาพของแรงดันไฟฟ้า การวิเคราะห์แบบจำลองของระบบใช้แบบจำลองมาตรฐานของ IEEE 33 บัส 32 สาขา ที่มีกำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด 3.72 MW. และ 2.3 MVar. กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่สูญเสียรวมในระบบแรกเริ่มขนาด 221.4346 kW. และ 150.1784 kVar. การคำนวณการไหลของกำลังใช้การคำนวณแรงดันแบบไปข้างหน้า และการคำนวณกระแสแบบย้อนกลับ ผลการจำลองพบว่าขนาดแรงดันที่บัส 1 มีค่า 0.98 p.u. ส่วนบัสอื่นๆที่อยู่ไกลออกไปแรงดันที่บัสจะค่อยๆลดลงเรื่อยๆโดยเฉพาะที่ปลายสาย แต่หลังติดตั้ง FACTS เข้าไปในระบบพบว่าขนาดแรงดันที่บัสดีขึ้น ทำให้มีระบบมีเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าและความน่าเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ดี

คำสำคัญ: ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล, FACTS, การหาตำแหน่งที่เหมาะสม

Abstract

This paper presents the study of optimal allocation analysis of FACTS devices. FACTS device is the compensation device that use for injection the reaction and active power into the power system in order to improve the voltage stability. This study uses the IEEE 33 buses system for testing system. The total power is 3.72 MW and 2.3 MVar and the power loss is 221.4346 kW and 150.1784 kVar. The load flow analysis on distribution use forward-backward sweep methodology. The simulation results show that the FACTS devices can improve the voltage stability on the radial distribution system.

Keywords: Radial Distribution Systems, FACTS, Optimal Allocation

1. บทนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยระบบการส่งกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายส่วนใหญ่เป็นระบบการต่อวงจรสายป้อนหลักแบบเรเดียล

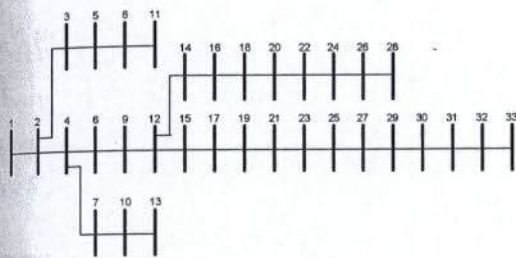
(Radial) ซึ่งหมายถึงการต่อกระจายออกเชิงรัศมี เป็นการจัดรูปแบบวงจรที่ง่ายและมีราคาต่ำที่สุด โดยจะเป็นการจ่ายไฟฟ้าออกจากสถานีไฟฟ้าย่อยเพื่อนำพลังงานไฟฟ้าไปจ่ายให้กับโหลด ซึ่งการต่อวงจรสายป้อนหลักแบบเรเดียลนี้ จะไม่มีการเชื่อมต่อกับสายป้อนที่มาจากสถานีย่อยอื่นๆ จึงเป็นข้อเสียกล่าวคือเมื่อเกิดฟอลต์ที่สายป้อนจะทำให้สายป้อนนั้นไฟดับทั้งหมด [1] ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังโหลดไม่มีความน่าเชื่อถือและไม่มีความยืดหยุ่นของระบบเท่าที่ควร เป็นผลให้การส่งกำลังไฟฟ้าในระบบจำหน่ายมีคุณภาพกำลังไฟฟ้าและเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าที่ต่ำตามไปด้วย ระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยทั่วไปมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียมากกว่าระบบส่งจ่ายไฟฟ้า เนื่องจากเป็นระบบที่มีค่าอัตราส่วนระหว่างความต้านทานกับความต้านทานเหนี่ยวนำ (R/X Ratio) ก่อนข้างสูงทั้งยังเป็นระบบที่มีระดับแรงดันต่ำและมีกระแสไหลในสายมากกว่าระบบส่งจ่ายไฟฟ้า การปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียมีหลายวิธี เช่น การติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้าในจุดที่มีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าสูง [2] และการติดตั้งคาปาซิเตอร์เพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเข้าสู่ระบบ [3] ดังนั้นในบทความนี้นำเสนอการศึกษาการวิเคราะห์หาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสมในระบบจำหน่าย เพื่อช่วยจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเข้าระบบและแก้ปัญหาเพาเวอร์แฟกเตอร์เป็นการแก้ปัญหาแรงดันตก ทำให้ระบบมีเสถียรภาพกำลังไฟฟ้าและความน่าเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ดีขึ้น

องค์ประกอบของการนำเสนอบทความนี้ประกอบด้วย ลำดับแรกจะกล่าวถึงระบบจำหน่ายแบบเรเดียล การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสม อุปกรณ์ชดเชย FACTS สุดท้ายจะกล่าวถึงบทสรุปและข้อเสนอแนะต่างๆ สำหรับงานวิจัยลำดับต่อไป

2. ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล (Radial Distribution Systems)

ระบบจำหน่ายแบบเรเดียลเป็นโครงข่ายระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่ง่ายที่สุด ที่มีการจ่ายไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าผ่านสายจำหน่ายเพียงด้านเดียว โดยที่พลังงานไฟฟ้าจะไหลไปในทิศทางเดียวกันจากสถานีไฟฟ้าไปยังโหลดภาระการใช้งาน การวางแผนใช้ระบบจำหน่ายนี้หากมีโหลดผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นในอนาคตก็สามารถที่จะเพิ่มระบบจำหน่ายแบบเรเดียลให้กลายเป็นระบบจำหน่ายแบบลูปได้ หรือระบบจำหน่ายแบบร่างแหต่อไปได้ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบเรเดียลนิยมใช้สำหรับจ่าย

พลังงานไฟฟ้าไปยังผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่ทั่วไปหรือในชนบท เนื่องจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าประเภทที่ลงทุนต่ำ มีการป้องกันระบบง่าย และลักษณะของการวางสายแบบนี้สามารถเข้าใจได้ง่าย ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 33 บัส 32 สาขา มีกำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด 3.72 MW. และ 2.3 MVar. แรกเริ่มกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 221.4346 kW. และ 150.1784 kVar. ในบทความนี้ระบบจำหน่ายทดสอบแบบเรเดียล 33 บัส 32 สาขา ใช้ Base MVA = 10 MVA. และ Base kV = 12.66 kV. บัสที่ 1 เป็นโหนดจ่ายที่เชื่อมต่อกับระบบส่งโดยผ่านสถานีย่อย การเชื่อมต่อโหนดสาขาจะเริ่มเชื่อมต่อจากบัสที่ 1 ไปยังบัสที่ 2 แล้วต่อไปยังโหนดสาขาอื่นๆต่อไป แผนภาพเส้นเดียวของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 33 บัส 32 สาขา แสดงดังรูปที่ 1 [4]



รูปที่ 1. แผนภาพเส้นเดียวของระบบจำหน่ายแบบเรเดียล 33 บัส 32 สาขา

3. การคำนวณการไหลของกำลัง

3.1 การคำนวณแรงดันแบบไปข้างหน้า (Voltage Forward Sweep):KVL

เริ่มต้นจากบัสอ้างอิง หรือจุดโหนด (Root node) หรือจุดบัส (Root bus) โดยที่ค่าแรงดันกำหนดให้มีค่าคงที่และเฟสเป็นศูนย์ ส่วนค่าแรงดันและมุมเฟสของแรงดันที่บัสอื่นๆ ถัดจากบัสอ้างอิงในรอบคำนวณที่ k จะถูกคำนวณค่าแรงดันที่บัส เรื่อยไปสู่อันดับสุดท้ายด้วยสมการที่ (1)

$$V_{L2}^{(k)} = V_{L1}^{(k)} - Z_L J_L^{(k)} \quad (1)$$

เมื่อ Z_L ค่าอิมพีแดนซ์อนุกรมของสายส่งช่วง L ระหว่างโหนด L_2 และ L_1 L_2 เป็นโหนดปลายทาง L_1 เป็นโหนดต้นทาง J เป็นกระแสในสาย และ k เป็นรอบการคำนวณ

3.2 การคำนวณกระแสแบบย้อนกลับ (Current Backward Sweep): KCL

โดยจะเริ่มจากกระแสที่โหนดจะมีค่าดังสมการที่ (2)

$$I_i^{(k)} = \left(\frac{S_i}{V_i^{(k-1)}} \right)^* - Y_i V_i^{(k-1)} \quad (2)$$

เมื่อ S_i เป็นกำลังที่โหนด i ($S_i = P_i + jQ_i$) Y_i เป็นผลรวมของแอดมิตแตนซ์ส่วนลงดินทั้งหมดที่โหนด i $V_i^{(k-1)}$ เป็นแรงดันที่โหนด i รอบคำนวณที่ $k-1$ การคำนวณกระแสจะเริ่มให้ขนาดแรงดันเป็น 1 p.u. และมุมแรงดันเป็นศูนย์ที่ทุกๆโหนด ส่วนของการคำนวณกระแสในสายจะเริ่มจากการคำนวณที่เรียกว่า การแพร่กระจายถอยหลัง โดยที่รอบคำนวณที่ k จะคำนวณกระแส J ในสายที่สุดท้ายเรื่อยเข้าสู่จุดโหนด หรือจุดบัส โดยกระแสที่สาย L หาได้จากสมการที่ (3)

$$J_L^k = -I_{L2}^k + \sum (\text{กระแสในสายที่พุ่งมาจากโหนด } L_2) \quad (3)$$

3.3 การเข้าสู่ค่าตอบของแรงดัน

จะทำในลักษณะเวียนซ้ำในแต่ละรอบการคำนวณจะตรวจสอบค่า mismatch ของแรงดันในแต่ละบัสดังแสดงในสมการที่ (4)

$$\Delta V_j^{(k)} = V_j^{(k)} - V_j^{(k-1)} \quad (4)$$

เมื่อ $\Delta V_j^{(k)}$ เป็นค่าความคลาดเคลื่อนของแรงดันที่พอยอมรับได้ mismatch ที่บัส j หลังจากการคำนวณในรอบที่ k $V_j^{(k)}$ เป็นแรงดันที่บัส j ในรอบการคำนวณที่ k และ $V_j^{(k-1)}$ เป็นแรงดันที่บัส j ในรอบการคำนวณที่ $k-1$ การเข้าสู่ค่าตอบของแรงดันอาจหาได้จากผลต่างของค่าอื่นๆดังสมการที่ (5)

$$\begin{cases} |\operatorname{Re}(\Delta V_j^{(k)})| \leq \varepsilon \\ |\operatorname{Im}(\Delta V_j^{(k)})| \leq \varepsilon \\ |(\Delta V_j^{(k)})| \leq \varepsilon \end{cases} \quad (5)$$

4. ปัญหาการไหลกำลังไฟฟ้าเหมาะสมที่สุด

4.1 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีหลายปัญหาที่นิยมนำมาพิจารณา เช่น การจ่ายโหลดอย่างประหยัด การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบ ในบทความนี้ใช้การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งน้อยที่สุดเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ซึ่งแสดงดังสมการที่ (6)

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^{N_L} g_{i,j} \{V_i^2 + V_j^2 - 2V_i V_j \cos(\delta_i - \delta_j)\} \quad (6)$$

โดยที่ P_{loss} คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่สูญเสียในสายส่งทั้งหมด N_L คือ จำนวนสายส่งทั้งหมด V_i คือ ขนาดแรงดันบัสที่ i V_j คือ ขนาดแรงดันบัสที่ j δ_i คือ มุมแรงดันบัสที่ i δ_j คือ มุมแรงดันบัสที่ j และ $g_{i,j}$ คือ ความนำไฟฟ้าจากบัส i ไปยังบัส j

4.2 ระบบเงื่อนไขบังคับ

ตัวแปรปรับตั้งในบทความนี้คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่ผลิตจากโรงจักรไฟฟ้า ขนาดแรงดันถูกควบคุมโดยสถานีไฟฟ้า แท็บหม้อแปลงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ โดยจะทำการปรับตั้งตัวแปรเหล่านี้เพื่อให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งน้อยที่สุด และยังคงอยู่ในช่วงขีดจำกัดของตัวแปรแต่ละตัว โดยมีตัวแปรที่ต้องการควบคุมตามคือ พิกัดการไหลกำลังไฟฟ้าของสายส่ง พิกัดช่วงขนาดแรงดันทุกบัสในระบบ เพื่อให้ระบบไฟฟ้าทำงานอยู่ในสภาวะปกติ ระบบเงื่อนไขบังคับทั้งเงื่อนไขสมการและอสมการแสดงดังต่อไปนี้

1) เงื่อนไขบังคับสมการเป็นสมการการไหลกำลังไฟฟ้า

$$P_{G,i} - P_{D,i} - \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{i,j}| \cos(\theta_{i,j} - \delta_i + \delta_j) = 0 \quad (7)$$

$$Q_{G,i} - Q_{D,i} + \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{i,j}| \sin(\theta_{i,j} - \delta_i + \delta_j) = 0 \quad (8)$$

โดยที่ $P_{G,i}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงผลิตที่บัส i $P_{D,i}$ คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้าจริงที่บัส i $Q_{G,i}$ คือ กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟผลิตที่บัส i $Q_{D,i}$ คือ ความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่บัส i N_B คือ จำนวนบัส $\theta_{i,j}$ คือ มุมแอดมิตแดนซ์บัส i ไปยังบัส j และ $Y_{i,j}$ คือ ขนาดแอดมิตแดนซ์บัส i ไปยังบัส j

2) เงื่อนไขบังคับอสมการเป็นขอบเขตของตัวแปรที่ต้องการปรับตั้ง

$$V_i^{\min} \leq V_i \leq V_i^{\max} \quad (9)$$

$$T_i^{\min} \leq T_i \leq T_i^{\max} \quad (10)$$

$$P_{G,i}^{\min} \leq P_{G,i} \leq P_{G,i}^{\max} \quad (11)$$

$$Q_{comp,i}^{\min} \leq Q_{comp,i} \leq Q_{comp,i}^{\max} \quad (12)$$

โดยที่ $V_i^{\min}, V_i^{\max}$ คือ ขอบเขตแรงดันต่ำสุดและสูงสุด $T_i^{\min}, T_i^{\max}$ คือ ขอบเขตแท็บหม้อแปลงต่ำสุดและสูงสุด $P_{G,i}^{\min}, P_{G,i}^{\max}$ คือ ขอบเขตของกำลังไฟฟ้าจริงต่ำสุดและสูงสุด และ $Q_{comp,i}^{\min}, Q_{comp,i}^{\max}$ คือ ขอบเขตกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟต่ำสุดและสูงสุด

ฟังก์ชันปรับโทษสามารถเขียนได้ตามสมการที่ (13)

$$P(x) = P_{loss} + X_P + X_Q + X_C + X_T + X_V + X_G \quad (13)$$

$$X_P = \rho \sum_{i=1}^{N_B} \left\{ P_{G,i} - P_{D,i} - \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{i,j}| \cos(\theta_{i,j} - \delta_i + \delta_j) \right\}^2 \quad (14)$$

$$X_Q = \rho \sum_{i=1}^{N_B} \left\{ Q_{G,i} - Q_{D,i} + \sum_{j=1}^{N_B} |V_i| |V_j| |Y_{i,j}| \sin(\theta_{i,j} - \delta_i + \delta_j) \right\}^2 \quad (15)$$

$$X_C = \rho \sum_{i=1}^{N_C} \left\{ \max(0, Q_{comp,i} - Q_{comp,i}^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_C} \left\{ \max(0, Q_{comp,i}^{\min} - Q_{comp,i}) \right\}^2 \quad (16)$$

$$X_T = \rho \sum_{i=1}^{N_T} \left\{ \max(0, T_i - T_i^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_T} \left\{ \max(0, T_i^{\min} - T_i) \right\}^2 \quad (17)$$

$$X_V = \rho \sum_{i=1}^{N_V} \left\{ \max(0, V_i - V_i^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_V} \left\{ \max(0, V_i^{\min} - V_i) \right\}^2 \quad (18)$$

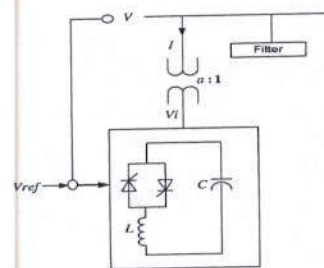
$$X_G = \rho \sum_{i=1}^{N_G} \left\{ \max(0, P_{G,i} - P_{G,i}^{\max}) \right\}^2 + \rho \sum_{i=1}^{N_G} \left\{ \max(0, P_{G,i}^{\min} - P_{G,i}) \right\}^2 \quad (19)$$

เมื่อ N_G คือ จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ N_C คือ จำนวนตัวอุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟในระบบ และ N_T คือ จำนวนของหม้อแปลงที่ติดตั้งในระบบ

5. อุปกรณ์ชดเชยกำลังไฟฟ้าแบบยืดหยุ่น (FACTS)

5.1 Static VAR Compensator (SVC)

SVC คิดค้นขึ้นกับระบบจำหน่ายกำลังไฟฟ้า รักษาแรงดันให้อยู่ในระดับคงที่หรือใกล้เคียง ภายใต้ภาวะการเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ของโหลด แก้ไขการเปลี่ยนแปลงแรงดันเนื่องจากเหตุการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ ปรับปรุงเสถียรภาพแรงดัน ณ จุดสำคัญ เช่น จุดกึ่งกลางของสายส่งระยะไกล ช่วยเหลือในการปรับปรุงแอมป์ของระบบ ช่วยปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์ แก้ไขปัญหาเฟสไม่สมดุล สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ 1) ไทริสเตอร์คอนโทรลเลอร์ (TCR Thyristor Controlled Reactor) และตัวเหนี่ยวนำ จะใช้ไทริสเตอร์ควบคุมรีแอกเตอร์ และ 2) ไทริสเตอร์สวิตช์คาปาซิเตอร์ (TSC Thyristor Switched Capacitor) และตัวเก็บประจุคงที่ (FC Fixed Capacitor) หรือเรียกรวมว่า TSC / FC ตัวเก็บประจุที่จะใช้การสวิตช์ทางกล ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของ SVC แสดงดังรูปที่ 2.



รูปที่ 2. ลักษณะโครงสร้างพื้นฐานของ SVC

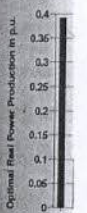
1) รูปแบบการไหลกำลังไฟฟ้าด้วย SVC สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$P_{G,i} - P_{D,i} = V_i \sum_{j=1}^{N_B} V_j (G_{i,j} \cos \theta_{i,j} + B_{i,j} \sin \theta_{i,j}) \quad (20)$$

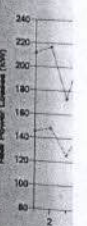
2) ขีดจำกัด

คือ กำลังไฟ
ไหลในสาย
มุมของแ
จำนวน S

6. ผลการ



รูปที่ 3. ค่า



รูปที่ 4. ค่า

จำกัด



รูปที่ 5. ข

$$Q_{G,i} + Q_{SVC,i} - Q_{D,i} = V_i \sum_{j=1}^{N_B} V_j (G_{i,j} \sin \theta_{i,j} - B_{i,j} \cos \theta_{i,j}) \quad (21)$$

2) ข้อจำกัดเกี่ยวกับตัวแปรกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเขียนสมการได้ดังนี้

$$P_{G,i}^{\min} \leq P_{G,i} \leq P_{G,i}^{\max}, \quad i \in N_G \quad (22)$$

$$Q_{G,i}^{\min} \leq Q_{G,i} \leq Q_{G,i}^{\max}, \quad i \in N_G \quad (23)$$

$$Q_{SVCw}^{\min} \leq Q_{SVCw} \leq Q_{SVCw}^{\max}, \quad w \in N_{SVC} \quad (24)$$

$$V_{G,i}^{\min} \leq V_{G,i} \leq V_{G,i}^{\max}, \quad i \in N_G \quad (25)$$

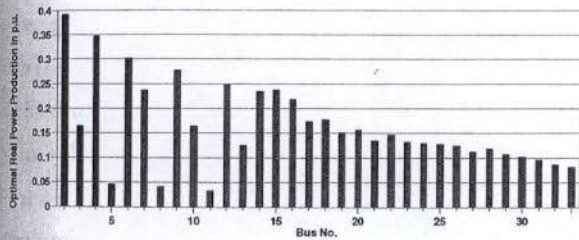
$$V_{D,k}^{\min} \leq V_{D,k} \leq V_{D,k}^{\max}, \quad k \in N_D \quad (26)$$

$$T_{j}^{\min} \leq T_j \leq T_j^{\max}, \quad j \in N_T \quad (27)$$

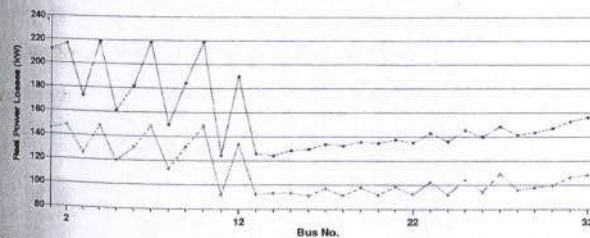
$$P_{i,j}^{\min} \leq P_{i,j} \leq P_{i,j}^{\max}, \quad i, j \in N_L \quad (28)$$

โดยที่ $V_{D,k}$ คือ ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่โหลดบัส k Q_{SVCw} คือ กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟเอาต์พุตของ $SVCw$ $P_{i,j}$ คือ กำลังไฟฟ้าจริงที่ไหลในสายส่งบัส i ไปยังบัส j T คือ ตำแหน่งแท็ปหม้อแปลง θ คือ มุมของแรงดัน N_D คือ จำนวนของโหลดบัส และ N_{SVC} คือ จำนวน SVC รวมทั้งหมด

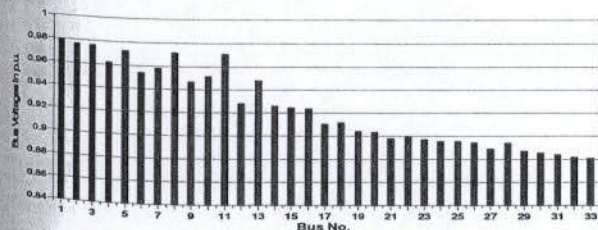
6. ผลการจำลอง



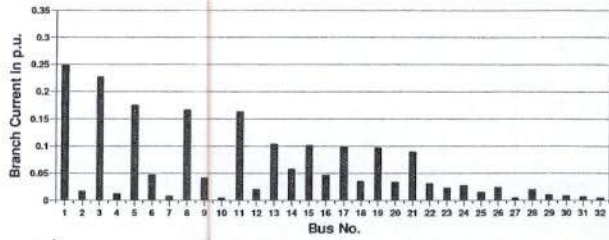
รูปที่ 3. ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่เหมาะสมของระบบจำหน่าย 33 บัส 32 สาขา



รูปที่ 4. ค่าโดยประมาณกับค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียที่ต้องการของระบบจำหน่าย 33 บัส 32 สาขา



รูปที่ 5. ขนาดแรงดันที่บัสต่างๆ ของระบบจำหน่าย 33 บัส 32 สาขา



รูปที่ 6. ขนาดกระแสที่สาขาค้างๆของระบบจำหน่าย 33 บัส 32 สาขา

ผลการจำลองระบบมาตรฐานของ IEEE 33 บัส 32 สาขา ที่มีกำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด 3.72 MW. และ 2.3 MVar. แรกเริ่มกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 221.4346 kW. และ 150.1784 kVar. ใช้ Base MVA = 10 MVA. และ Base kV = 12.66 kV ผลการจำลองค่าต่างๆ แสดงดังรูป

7. สรุป

บทความนี้นำเสนอการศึกษารวบรวมหาตำแหน่งการติดตั้ง FACTS ที่เหมาะสม โดยพิจารณาการทำงานของบัสที่ถูกติดตั้ง FACTS เข้าไปในระบบ การวิเคราะห์แบบจำลองของระบบจำหน่ายแบบเรดิคัลในแบบจำลองมาตรฐานของ IEEE 33 บัส 32 สาขา ที่มีกำลังไฟฟ้ารวมของโหลดขนาด 3.72 MW. และ 2.3 MVar. แรกเริ่มกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่สูญเสียรวมในระบบขนาด 221.4346 kW. และ 150.1784 kVar. ใช้ Base MVA = 10 MVA. และ Base kV = 12.66 kV ผลการจำลองพบว่าขนาดแรงดันที่บัส 1 มีค่า 0.98 p.u ส่วนบัสอื่นๆที่อยู่ไกลออกไปแรงดันที่บัสจะค่อยๆลดลงเรื่อยๆ โดยเฉพาะที่ปลายสาย แต่หลังติดตั้ง FACTS เข้าไปในระบบพบว่าขนาดแรงดันที่บัสดีขึ้นมีค่าเข้าใกล้ 0.98 p.u. ระบบมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ดีขึ้นเพียงพอต่อความต้องการทำให้ระบบดีขึ้น นำผลที่ได้จากการจำลองระบบมาวิเคราะห์ปรับปรุง เพื่อพัฒนาและแก้ปัญหาเสถียรภาพแรงดันของระบบ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ขวลิศ ดำรงรัตน์, "การส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า", หจก.เอช-ออน การพิมพ์: บริษัท ซีอีซีเคชั่น จำกัด, 2533, หน้า 93-94.
- [2] ยุทธนา เอี่ยมสมบูรณ์, "การหาตำแหน่งและขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายที่เหมาะสม เพื่อลดกำลังสูญเสียและเพิ่มความเชื่อถือได้ในระบบจำหน่ายโดยวิธีค้นหาแบบคาบ", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.
- [3] ธวัช สิริสังกัส, "การหาตำแหน่งและขนาดติดตั้งคาปาซิเตอร์เบงค์ที่เหมาะสมเพื่อลดกำลัง สูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าพร้อมทั้งคำนึงถึงความไม่เป็นเชิงเส้นของโหลดโดยใช้วิธีกลุ่มอนุภาค", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2550.
- [4] P. Mahat, W. Ongsakul, and N. Mithulanathan, "Optimal placement of wind turbine DG in primary distribution systems for real loss reduction," Energy for Sustainable Development: Prospects and Issues for Asia (Electronic), 2006, pp. 1-6.