



การวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตกในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า
Analysis of Under Voltage in Power Distribution Model

นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

มนัส บุญเทียรทอง

สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์

ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว

นเรศ ชลิ่งสุทธิ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่อเรื่อง : การวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตกในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า
ผู้วิจัย : รศ.ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
ผศ.ดร.มนัส บุญเที่ยรทอง สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
ผศ.ดร.สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
รศ.ดร.ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
นาย นเรศ ชลิ่งสุทธิ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
พ.ศ. : 2565

บทคัดย่อ

แรงดันตก เป็นหนึ่งในปัญหาคุณภาพไฟฟ้าส่งผลกระทบต่อผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น หรือเกิดลัดวงจรในระบบสายส่ง ทำให้เกิดแรงดันตกระหว่างทางมากและแรงดันปลายทางที่โหลดได้รับน้อย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการแก้ไขปัญหาแรงดันตกในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวจำนวน 33 บัส ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจำหน่าย จึงได้จำลองกรณีศึกษาขึ้นมา 5 กรณี คือ กรณีที่ 1 การจำลองโดยการไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่บัสใดๆ กรณีที่ 2 การจำลองโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 1 กรณีที่ 3 การจำลองโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่บัส 18 กรณีที่ 4 การจำลองโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 33 และ กรณีที่ 5 การจำลองโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 13, 17, 21, 31 เพื่อศึกษาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้ง Generator เพื่อแก้ไขปัญหาแรงดันตก

Title : Analysis of Under Voltage in Power Distribution Model

Researcher : Associate Professor Dr.Nattachote Rugthaicharoencheep,

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, RMUTP

Assistant Professor Dr.Manat Boonthienthong,

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, RMUTP

Assistant Professor Dr.Sakhon Woothipatanapan,

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, RMUTP

Associate Professor Dr.Supawud Nedphokaew,

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, RMUTP

Mr.Narate Chalangsut

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, RMUTP

Year : 2022

Abstract

Voltage drop is one of the power quality problems affecting power users. This happens due to the higher demand for electric power. Or a short circuit in the transmission system. This causes a voltage drop is one of the power quality problems affecting power users. This happens due to the higher demand for electric power. Or a short circuit in the transmission system. This results in drop in Solving of voltage drop problems in power distribution model with distributed generator were presented with MATLAB program by installing a generator in the distribution system. Therefore simulated a case study 5 case 1 simulation by not installing a generator at any bus, case 2 simulation by installing a Generator at bus 1, case 3 Simulation by installing a Generator at bus 18, case 4 simulation by Generator installed at bus 33 and case 5 simulation by Generator installed at bus 13, 17, 21, 31 to study the suitable location of generator installation to solve the problem of voltage drop.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตกในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้เกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้ ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยในครั้งนี้ ล้วนเป็นผลมาจากความกรุณาทุกท่าน คณะผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบบูชาแด่คณาจารย์ทุกท่านที่ประสาทวิชาความรู้แก่คณะผู้วิจัย

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ก |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ | 1 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงการ | 1 |
| 1.4 กรอบแนวคิด | 1 |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 2 |
| 1.6 นิยามศัพท์ | 2 |
| 1.7 คำสำคัญ | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | |
| 2.1 ระบบจำหน่ายไฟฟ้า | 4 |
| 2.2 แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว | 6 |
| 2.3 ชนิดของบัสในระบบไฟฟ้ากำลัง | 8 |
| 2.4 MATLAB Simulink Program | 9 |
| บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ | |
| 3.1 บทนำ | 11 |
| 3.2 กรณีที่ 1 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว | 11 |
| 3.3 กรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 1 | 12 |
| 3.4 กรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 18 | 12 |
| 3.5 กรณีที่ 4 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 33 | 13 |
| 3.6 กรณีที่ 5 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21, 31 | 13 |

สารบัญ(ต่อ)

| | หน้า |
|---|------|
| บทที่ 4 ผลการจำลองด้วย MATLAB | |
| 4.1 แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส | 14 |
| 4.2 ผลการทดสอบและอภิปรายผลแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส | 15 |
| 4.3 ผลลัพธ์กรณีที่ 1 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว | 16 |
| 4.3 ผลลัพธ์กรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 1 | 17 |
| 4.4 ผลลัพธ์กรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 18 | 18 |
| 4.5 ผลลัพธ์กรณีที่ 4 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 33 | 19 |
| 4.6 ผลลัพธ์กรณีที่ 5 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21, 31 | 20 |
| บทที่ 5 สรุปผล และข้อเสนอแนะ | |
| 5.1 สรุปผลการจำลอง | 21 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 21 |
| บรรณานุกรม | 22 |
| ภาคผนวก ก | 24 |
| ภาคผนวก ข | 27 |
| คณะผู้วิจัย | 36 |



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากประเทศไทยมีระบบจำหน่ายกระแสไฟฟ้าในระบบส่งจ่าย 115 KV และระบบจำหน่าย 22 - 33 KV ให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นโรงงานอุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัยซึ่งปัจจุบันความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนิคมอุตสาหกรรมหากเกิดความผิดปกติขึ้นในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าจะทำให้ส่งผลกระทบต่อการผลิตหยุดก่อให้เกิดความเสียหายในภาคธุรกิจ การรักษาเสถียรภาพในการจ่ายไฟและการแก้ไขปัญหาในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าให้กลับมาปกติด้วยความรวดเร็วจึงมีความสำคัญเป็นอันมากต่อดัชนีความน่าเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้าหรือค่า SAIFI และ SAIDI ดังนั้นโครงการนี้จึงเป็นการจำลองและแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยโปรแกรม MATLAB ซึ่งจะเป็นการศึกษาปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกที่เกิดขึ้นจากการทดสอบติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ตำแหน่งบัสต่างๆ โดยจะทำการจำลองด้วยโปรแกรม Matlab เพื่อหาค่าแรงดันตกในช่วงสายระบบจำหน่ายที่พิจารณาและทำการแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกดังกล่าวไม่ให้ส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในภาคอุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและจำลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกที่เกิดขึ้นจากการทดสอบติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งบัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม MATLAB

1.2.2 เพื่อนำค่าแรงดันไฟฟ้าตกที่ได้จากการจำลองของโปรแกรมมาวิเคราะห์แก้ไขระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.2.3 เพื่อศึกษาแนวทางใหม่ในการนำไปประยุกต์ใช้งานในการออกแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าไม่ให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกขึ้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

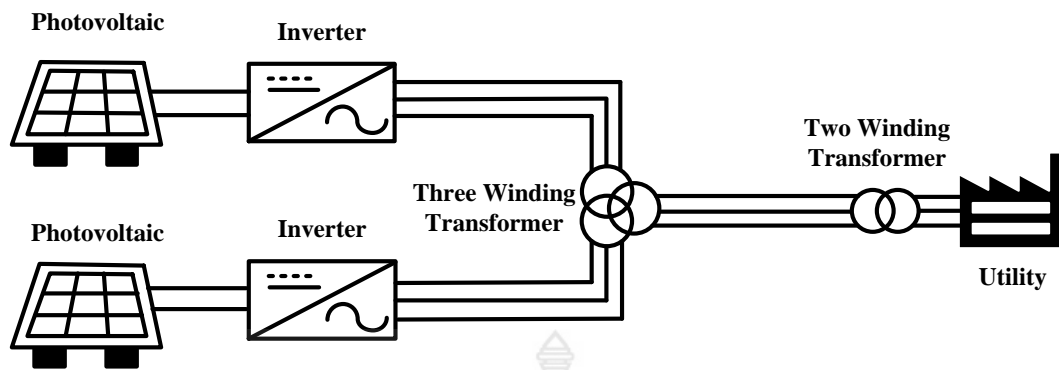
1.3.1 ศึกษาและจำลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้า จำนวน 33 Bus โดยใช้โปรแกรม MATLAB

1.3.2 นำค่าที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB มาทำการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.3.3 ศึกษาแนวทางการจำลองในการนำไปประยุกต์ใช้งานในการออกแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าไม่ให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตก

1.4 กรอบแนวคิด

การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าผ่านแผงโซลาร์เซลล์ โดยมีเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ หรือ อินเวอร์เตอร์ (Inverters) ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดการทำงานจากระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบถึงระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้าและอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.5.2 ได้ทราบและได้ศึกษาทำความเข้าใจเรื่องของแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.5.3 ได้เรียนรู้และทำความเข้าใจการใช้งานโปรแกรม Matlab สำหรับการจำลองเพื่อหาค่าแรงดันตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้า

1.5.4 ได้แนวทางใหม่ในการหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานออกแบบระบบไม่ให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกขึ้น

1.6 นิยามศัพท์

1.6.1 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และพื้นที่ที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่าโฟตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (Atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน

1.6.2 อินเวอร์เตอร์

เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ โดยไฟฟ้ากระแสตรงที่จะนำมาทำการเปลี่ยนนั้นมาจากแบตเตอรี่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง หรือแผงโซลาร์เซลล์ก็ได้ การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับนิยมเรียนกันว่าอินเวอร์เตอร์ (Inverters) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลง หรือควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้า และความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับได้

1.6.3 แรงดันไฟฟ้าตก

แรงดันไฟฟ้าจะถูกควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จะมีการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน $\pm 5\%$ ในระดับแรงดันไฟฟ้า 22, 33, 69 และ 115 kV โดยหม้อแปลงไฟฟ้ากำลังที่สถานีไฟฟ้าสามารถปรับแรงดันไฟฟ้าด้านจ่ายออกให้คงที่โดยอัตโนมัติภายในเวลาที่ตั้งไว้ สำหรับแรงดันไฟฟ้าตกในระบบแรงดัน 22, 33 kV อันเนื่องมาจากระยะห่างจากสถานีไฟฟ้าเป็นระยะทางไกล ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกระหว่างทาง แต่โดยปกติแล้วการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะติดตั้ง AVR เพื่อเพิ่มแรงดันให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ $\pm 5\%$

1.7 คำสำคัญ

แรงดันไฟฟ้าตก, กำลังไฟฟ้าสูญเสีย, แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า



บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบจำหน่าย

ระบบจำหน่ายไฟฟ้า [1] หมายถึง ระบบที่รับไฟจากระบบส่งจ่ายไฟฟ้าเพื่อจำหน่ายต่อให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าเริ่มจากสถานีไฟฟ้าย่อยซึ่งเป็นสถานีแปลงแรงดันไฟฟ้าสูงของระบบส่งจ่ายให้ต่ำลง และส่งไฟฟ้าไปตามสายจำหน่ายและสายจำหน่ายที่เห็นทั่วไปตามท้องถนนในตัวเมืองให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้าย่อยๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เมื่อส่งถึงบริเวณผู้ใช้ไฟมากๆ ก็แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้ต่ำลงอยู่ในระดับที่ใช้งาน (220/380 โวลต์) โดยใช้หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer) ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีขนาดไม่สูงเท่ากับระบบส่งจ่ายไฟฟ้า ทั้งนี้เนื่องจากการจำหน่ายไฟฟ้าให้ผู้ใช้ไฟมีระยะทางไม่ไกล จึงไม่จำเป็นต้องใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าสูงๆ เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองค่าเสา ฉนวนลูกถ้วย และอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 2.1 สถานีไฟฟ้าย่อยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)
(ที่มา : <https://aeitfthai.org/featured-news/4401.html>)

ระบบจำหน่ายไฟฟ้าในประเทศไทยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบ คือ การไฟฟ้านครหลวง ซึ่งรับผิดชอบการจำหน่ายไฟฟ้าในเขตกรุงเทพ และปริมณฑล มีระดับแรงดันจำหน่าย 12, 24 kV ส่วนอีกหน่วยงาน คือ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคซึ่งรับผิดชอบการจำหน่ายไฟฟ้าในต่างจังหวัด มีระดับแรงดันจำหน่าย 22, 33 KV ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ส่งจ่ายมีขนาดสูงเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับระยะทางจากระบบกำเนิดไฟฟ้าถึงผู้ใช้ไฟ และปริมาณของกำลังไฟฟ้าที่ส่งจ่ายด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการส่งจ่ายแบ่งออกได้เป็น 3 ย่าน คือ

1. ย่านแรงดันไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage - HV) ได้แก่ แรงดันไฟฟ้าสูงที่มีขนาดไม่เกิน 230 KV
2. ย่านแรงดันไฟฟ้าแรงสูงเอ็กซ์ตรา (Extra High Voltage - EHV) ได้แก่ แรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดระหว่าง 230 kV และ 1,000 kV (บางประเทศได้กำหนดขนาดสูงสุดในย่านนี้ที่ 765 kV ก็มีเช่น สหรัฐอเมริกา)
3. ย่านแรงดันไฟฟ้าแรงสูงอัลตรา (Ultra High Voltage - UHV) ได้แก่ แรงดันไฟฟ้าสูงที่มีขนาดมากกว่า 1,000 kV ขึ้นไป

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่กล่าวถึงทั้งสามย่านนี้ถ้าหากกล่าวโดยไม่ได้เกี่ยวกับการแยกระดับการส่งจ่ายไฟฟ้าก็เรียกรวมว่า ไฟฟ้าแรงสูง ประเทศไทยมีระดับแรงดันของสายส่งและระบบจำหน่ายคือ 500, 230, 115, 69, 33, 22, 11, 24, 12 kV ระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะมีส่วนประกอบหลักๆ คือ

2.1.1 สถานีไฟฟ้าย่อย มีหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากระบบส่งไฟฟ้าของ กฟผ. เพื่อแปลงระดับแรงดันให้ต่ำลงแล้วส่งไปยังสายจำหน่ายแรงสูงต่อไป ลักษณะของสถานีย่อยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคของประเทศไทยเอง โดยส่วนมากจะรับแรงดันไฟฟ้าระดับ 115 kV เข้ามาเพื่อลดระดับเป็น 22 kV

2.1.2 สายจำหน่าย มีหน้าที่รับแรงดันจากสถานีไฟฟ้าย่อย เพื่อส่งเข้าหม้อแปลงจำหน่าย เพื่อทำการแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าให้เป็นแรงต่ำ 380 V นำส่งให้ผู้ใช้ไฟฟ้าหรือโหลดต่อไปและยังสามารถส่งเข้าหม้อแปลงผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่มีหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นของตนเองโดยระดับแรงดันบนสายจำหน่ายนี้จะมี ความแตกต่างกันระหว่าง กภ. จะใช้ระดับแรงดันอยู่ที่ 22 และ 33 kV ซึ่งส่วนมากจะเป็นระดับแรงดัน 22 kV เกือบทั้งหมด แต่ระดับแรงดันที่ กฟผ. ใช้จะเป็นระดับแรงดันที่ 12 และ 24 kV ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 สายจำหน่ายแรงสูงหรือสายป้อนปฐมภูมิ

(ที่มา : <https://demco.listedcompany.com/misc/slide/DEMCOOppDay4q09>)

2.1.3 หม้อแปลงจำหน่าย มักพบติดตั้งอยู่ตามเสาของสายจำหน่ายแรงสูงมีหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าจากสายจำหน่ายแรงสูง (12, 22, 24 และ 33 kV) แล้วแปลงแรงดันให้ต่ำลงให้เป็นขนาด 220 โวลต์ 1 เฟสและ 380 โวลต์ 3 เฟส (สำหรับในประเทศไทย) เพื่อป้อนเข้าสายจำหน่ายแรงต่ำ หม้อแปลงในระบบจำหน่าย ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 หม้อแปลงในระบบจำหน่าย

(ที่มา : <http://ddpromote.com/id-512dd79b4fba0b447c00274c.html>)

2.1.4 สายจำหน่ายแรงต่ำ มีหน้าที่รับแรงดันไฟฟ้าแรงต่ำ 220 โวลต์ 1 เฟส หรือขนาด 380 โวลต์ 3 เฟส เมื่อส่งเข้าบ้านเรือนหรือโหลดโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดเล็กต่อไป ในปัจจุบันสายจำหน่ายแรงต่ำนิยมใช้ระบบ 3 เฟส 4 สาย ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 สายไฟฟ้าแรงต่ำในระบบจำหน่าย

(ที่มา : <http://multti.co.th/สายไฟฟ้า-คืออะไร>)

2.2 แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

แหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว (Distributed Generator : DG) [2] คือ โรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิตตั้งแต่หน่วยกิโลวัตต์ ถึง เมกะวัตต์ และมีเป็นจำนวนมากและกระจายอยู่ทั่วไป เชื่อมต่อเข้ากับระบบจำหน่ายไฟฟ้าซึ่งสามารถอยู่ใกล้เคียงผู้ที่ต้องการใช้ไฟฟ้าสูง สำหรับประเทศไทยได้นิยามแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวได้แก่

2.2.1 ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (Small Power Production: SPP) หมายถึง โครงการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ระบบการผลิตพลังงานความร้อน และไฟฟ้าร่วมกัน (Cogeneration) หรือการผลิตไฟฟ้า โดยใช้พลังงานนอกกรอบแบบภาคหรือเศษวัสดุเหลือใช้เป็นเชื้อเพลิงโครงการ SPP แต่ละโครงการจะจำหน่ายไฟฟ้าให้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ไม่เกิน 90 เมกะวัตต์ แต่เนื่องจาก SPP แต่ละแห่งสามารถขายไฟฟ้าให้ผู้บริโภคที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้โดยตรงกำลังการผลิตของ SPP มักจะอยู่ในระดับ 120-150 เมกะวัตต์

2.2.2 ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก (Very Small Power Production: VSPP) หมายถึง ผู้ผลิตไฟฟ้าทั้งภาคเอกชน รัฐบาล รัฐวิสาหกิจ และประชาชนทั่วไปที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของตนเองขนาดไม่เกิน 10 เมกะวัตต์ ที่เชื่อมต่อกับระบบโครงข่ายของการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายโดยที่การไฟฟ้าฝ่ายจำหน่าย หมายถึง การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.)

2.2.3 ประเภทของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

การผลิตไฟฟ้าของแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวกำหนดจากการใช้พลังงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวมี 3 ประเภทดังนี้

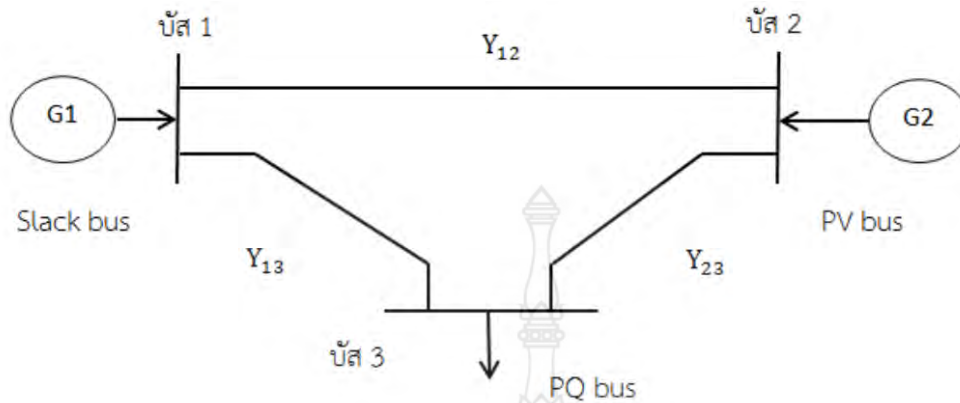
1. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) เช่น พลังลม พลังแสงอาทิตย์ พลังน้ำขนาดเล็ก (Mini Hydroelectricity) พลังน้ำขนาดเล็กมาก (Micro Hydroelectricity) พลังคลื่นทะเลหรือมหาสมุทร พลังความร้อนใต้พิภพ และก๊าซชีวภาพ เป็นต้น
2. การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิง เช่น กากหรือเศษวัสดุเหลือใช้ในการเกษตร หรือกากจากการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ขยะมูลฝอยและไม้จากการปลูกป่าเป็นเชื้อเพลิง
3. การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานที่ได้มาจากกระบวนการผลิต การใช้หรือการขนส่งเชื้อเพลิง ได้แก่ พลังงานที่เหลือทิ้ง เช่น ไอน้ำที่เหลือจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือการเกษตร พลังงานสูญเสีย เช่น ความร้อนจากไอเสียเครื่องยนต์ พลังงานที่เป็นผลพลอยได้ เช่นพลังงานกลได้จากการปรับลดความดันของก๊าซธรรมชาติ

2.2.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

1. ลดความสูญเสียในสายไฟฟ้า เนื่องจากไม่ต้องส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าไประยะทางไกลๆ เพราะแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวมีขนาดเล็ก
2. แรงดันไฟฟ้าดีขึ้นเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าตกในสายไฟฟ้าน้อยลงแล้วระบบการผลิตอยู่ใกล้กับภาระทางไฟฟ้า (Load)
3. ช่วยลดภาระการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้ระบบของแหล่งจ่ายไฟหลัก
4. สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าสำรองเวลาที่แหล่งจ่ายไฟหลักไม่สามารถจ่ายกำลังไฟฟ้าได้
5. สามารถติดตั้งใกล้แหล่งที่มีผู้ใช้ไฟฟ้าหนาแน่นได้
6. ลดมลภาวะ เนื่องจากการผลิตส่วนใหญ่เป็นพลังงานที่ปล่อยมลภาวะน้อย หรือไม่มีส่วนทำลายสิ่งแวดล้อม
7. ช่วยปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้าเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า และเสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

2.3 ชนิดของบัสในระบบไฟฟ้ากำลัง

บัส [3] คือ สัญลักษณ์ในระบบไฟฟ้ากำลังที่ใช้แทนส่วนที่เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรือส่วนที่เป็นโหลดก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 บัสที่ 1 และบัสที่ 2 เป็นบัสที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อยุ่บัสที่ 3 เป็นบัสที่มีโหลดเชื่อมต่อ



รูปที่ 2.5 ชนิดของบัสในระบบไฟฟ้า

2.3.1 บัสสลैค (Slack Bus)

บัสชนิดนี้บางครั้งเรียกว่าสวิงบัส (Swing Bus) บัสอ้างอิง (Reference Bus) หรือบัสแรงดัน และความถี่คงที่ (Constant Voltage and Frequency Bus) บัสชนิดนี้มีขนาดแรงดันไฟฟ้าคงที่ มุมคงที่โดยทั่วไป กำหนดให้มุมเป็นมุมศูนย์โดยใช้ บัสนี้อ้างอิงที่มุมของบัสอื่นทั้งระบบจะมาเทียบที่บัสนี้ บัสดังกล่าวถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดใหญ่ที่สามารถให้กำลังไฟฟ้าออกมาตามต้องการได้โดยขนาดแรงดันไฟฟ้า และความถี่ไม่เปลี่ยนแปลง ในทางปฏิบัติบัสที่จะถือเป็นบัสอ้างอิงนี้ หมายถึงบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ต่ออยู่ หรือเป็นระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับระบบที่ศึกษาอยู่ พารามิเตอร์ที่กำหนดค่าคงที่สำหรับบัสนี้ก็คือ ขนาดแรงดันไฟฟ้า และมุมของแรงดันไฟฟ้าส่วน P และ Q ของบัสนี้หาได้จากการศึกษาโหลดโพล์

2.3.2 บัสควบคุมแรงดัน (Voltage - Controlled Bus)

บัสชนิดนี้เป็นบัสที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่ออยู่และบัสดังกล่าวสามารถควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้มีขนาดคงที่ได้ตามต้องการ โดยอาศัย AVR (Automatic Voltage Regulator) ดังนั้นขนาดแรงดันไฟฟ้าบัสที่มีค่าคงที่ $|V|$ และกำลังไฟฟ้าบัสจริง P มีค่าคงที่ได้มาจากการคำนวณการใช้เชื้อเพลิงของระบบต่ำสุด และตั้งให้มีค่าคงที่ตามที่ได้คำนวณออกมา บัสนี้บางครั้งเรียกว่า พีวีบัส (PV Bus) ถ้าบัสเครื่องกำเนิดเป็นชนิด P และ PV บัส ซึ่งเป็นบัสที่รู้ค่า P และ $|V|$ คงที่ พารามิเตอร์ที่ต้องหาค่าจากโหลดโพล์คือ Q และ $\angle\delta$

2.3.3 บัสโหลด (Load Bus)

บัสชนิดนี้เป็นบัสที่มีโหลดต่ออยู่ซึ่งทราบค่ากำลังไฟฟ้าจริง P และกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ Q ครึ่งก็ เรียกว่า PQ บัส ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องหาจากการศึกษาโหลดโพล์คือแรงดันไฟฟ้า $|V|$ และมุมของแรงดันไฟฟ้า $\angle\delta$

ข้อมูลพารามิเตอร์ของบัสในระบบไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลพารามิเตอร์ของบัสในระบบไฟฟ้า

| ชนิดของบัส | ปริมาณที่ทราบค่า | ปริมาณที่ไม่ทราบค่า |
|--|------------------|---------------------|
| บัสสลैค (Slack Bus) | $ V , \delta$ | P, Q |
| บัสควบคุมแรงดัน (Voltage - Controlled Bus) | P, $ V $ | Q, δ |
| บัสโหลด (Load Bus) | P, Q | $ V , \delta$ |

2.4 MATLAB Simulink Program

MATLAB [4] โปรแกรมการคำนวณเชิงตัวเลขที่มีสิ่งแวดล้อมในการคำนวณของตัวเอง (Numerical Computing Environment) และมีภาษาเฉพาะตัวในการเขียนโปรแกรมได้ โดย Matlab มาจากคำ 2 คำรวมกันคือ Matrix และ Laboratory ซึ่งหมายถึงห้องปฏิบัติการเมทริกซ์ Matlab มีจุดกำเนิดในช่วงปี ค.ศ. 1970 ซึ่งในยุคนั้น MATLAB เป็นเพียงส่วนติดต่อกับ ภาษา Fortran เพื่อให้ใช้กับ LINPACK (ไลบรารีที่ใช้ในการคำนวณพีชคณิตเชิงเส้น) และ EISPACK (ไลบรารีที่ใช้ในการคำนวณค่าลักษณะเฉพาะ (Eigen Value) และเวกเตอร์ลักษณะเฉพาะ (Eigen vector) เพื่อให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องเรียนรู้การใช้งานภาษา Fortran หลังจากนั้นในช่วงปี ค.ศ. 1984 บริษัท MatWorks ถูกก่อตั้งขึ้นเพื่อพัฒนา MATLAB และ MATLAB ถูกเขียนขึ้นใหม่ด้วยภาษา C พร้อมไลบรารี JACKPAC จากนั้น MATLAB ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องจนปัจจุบัน MATLAB มี GUI พัฒนาโดยภาษา Java และ Simulink ถูกผนวกเข้ากับ MATLAB ในส่วน Simulink โปรแกรม MATLAB สามารถจำลองทดสอบ และวิเคราะห์การทำงานของระบบพลศาสตร์ในเชิงเวลาได้โดยการใช้ Simulink ซึ่งเป็นเครื่องมือ Toolbox ที่อยู่ในโปรแกรม Simulink โดยจะทำงานภายใต้หน้าต่างที่เป็นการเชื่อมต่อทางรูปภาพ (GUI) ของ Simulink เท่านั้นคำว่า Simulink มาจากคำ สองคำ คือ Simulation และ Link การใช้งาน Simulink จะกระทำโดยการนำบล็อกในหน้าต่างไลบรารี Simulink มาต่อกันตามที่เรารต้องการและสามารถจำลองระบบได้ทั้งระบบที่เป็นเชิงเส้น ไม่เป็นเชิงเส้นระบบเวลาต่อเนื่อง และไม่ต่อเนื่อง การจำลองระบบสามารถกระทำได้โดยบ่อนอินพุตที่บ่อนเข้าไปเมื่อเริ่มต้นใช้งาน Simulink โปรแกรม MATLAB จะกำหนดชื่อหน้าต่าง Simulink โดยอัตโนมัติเป็น Untitled หน้าต่าง Simulink นี้จะทำงานเชื่อมต่อกับหน้าต่างคำสั่งของโปรแกรม MATLAB โดย Simulink สามารถรับส่งข้อมูลผ่าน Workspace ของหน้าต่างคำสั่งในกรณีที่ระบบใช้ฟังก์ชันหรือบล็อกที่เป็น To Workspace ตลอดจนบล็อกของหมวดหมู่ต่างๆ ที่ไม่ได้กำหนดตัวเลขแต่กำหนดเป็นค่าตัวแปรในหน้าต่าง Simulink และเมื่อเก็บระบบที่จำลองได้ด้วย Simulink โปรแกรม MATLAB จะกำหนดไฟล์ที่ทำการ Simulink เป็นชื่อไฟล์นามสกุล mdl เมื่อเริ่มใช้งาน Simulink จะพบหน้าต่างไลบรารี Simulink ที่ประกอบด้วยบล็อกไดอะแกรมที่เป็นโมเดลของอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในการจำลองระบบซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ไม่สามารถทำงานได้เพียงตัวเดียว ต้องเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวอื่นถึงจะทำงานได้ การเลือกใช้งานโมเดลใดโมเดลหนึ่งในหน้าต่างไลบรารี Simulink ให้ดับเบิลคลิกไปที่โมเดลนั้นแล้วจะปรากฏหน้าต่าง ที่แสดงรายละเอียดของบล็อกต่างๆ บนหน้าต่างไลบรารี Simulink ของโมเดลที่เลือกไว้ออกมาบล็อกไดอะแกรมโมเดลต่างๆ ใน Simulink

2.4.1 ประโยชน์ของ MATLAB

การพัฒนาโปรแกรมด้วย MATLAB มีความง่าย และเร็วกว่าภาษาอื่นๆ เพราะมีไลบรารีจำนวนมาก รองรับ และด้วยตัวลักษณะการทำงานเชิงเมทริกซ์ ทำให้เราสามารถจัดการกับอาร์เรย์ได้ง่ายดายโค้ดโปรแกรมสั้นกะทัดรัด เหมาะกับการสร้าง และทดสอบระเบียบวิธีใหม่ๆ รองรับการทำงานกับกราฟิกรวมถึง (GUI) ทำให้สะดวกในการป้อนค่าและแสดงผล นอกจากนี้ยังสามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์ และโปรแกรมภาษาอื่นๆ ได้โดยเราสามารถแบ่งประโยชน์ของ MATLAB แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. MATLAB เป็นโปรแกรมคำนวณ ที่รองรับทั้ง

- เชิงตัวเลข (Numeric) เราสามารถใช้เป็นเครื่องคำนวณธรรมดา หรือใช้งานฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ขั้นสูงได้
- เชิงสัญลักษณ์ (Symbolic) เราสามารถคำนวณในเชิงตัวแปรได้ เช่น การอินทิเกรตหรือการแก้สมการต่างๆ แบบติดตัวแปร

2. MATLAB สามารถเขียนโปรแกรมได้

- สามารถเขียนได้ทั้งแบบ Script ซึ่งทำงานในลักษณะชุดคำสั่งต่อเนื่อง หรือเขียนเป็น Function เพื่อใช้งานก็ได้
- สามารถใช้งานได้ทั้งแบบ Interpret หรือ Compile โดยเราสามารถ Compile โปรแกรม MATLAB ออกมาได้หลายชนิดทั้งแบบ Standalone หรือ Library เช่น .exe หรือ .dll เป็นต้น
- มี GUI รองรับ โดยสามารถเขียนได้ทั้งแบบใช้ GUIDE (Visual Basic) หรือแบบไม่ใช้ก็ได้
- รองรับการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุทั้งคลาสของ Matlab เองหรือคลาสของภาษาอื่น เช่น Java หรือ .NET
- สามารถ Debug โปรแกรมได้ และในสถานการณ์ติดต่อกับภาษาอื่นๆ สามารถ Compile ไปเพื่อทำการดีบักในโปรแกรมอื่น เช่น Visual Studio ได้ด้วย

3. MATLAB สามารถติดต่อหรือใช้งานร่วมกับโปรแกรม ภาษา ฮาร์ดแวร์หรือโมเดลรูปแบบต่างๆ ได้

- สามารถเชื่อมต่อกับภาษาหรือโปรแกรมอื่นๆ ได้ เช่น Java, C/C++, NET, MS Excel โดยเราอาจให้โปรแกรมหลักเขียนโดย MATLAB
- สามารถอ่านหรือเขียนแมชชีนโค้ดสื่อสารแบบมาตรฐานได้ เช่น ข้อความ รูปภาพ เสียง วิดีโอ เป็นต้น
- สามารถติดต่อกับฮาร์ดแวร์ได้ กล้องวิดีโอ บอร์ด DSP เป็นต้น

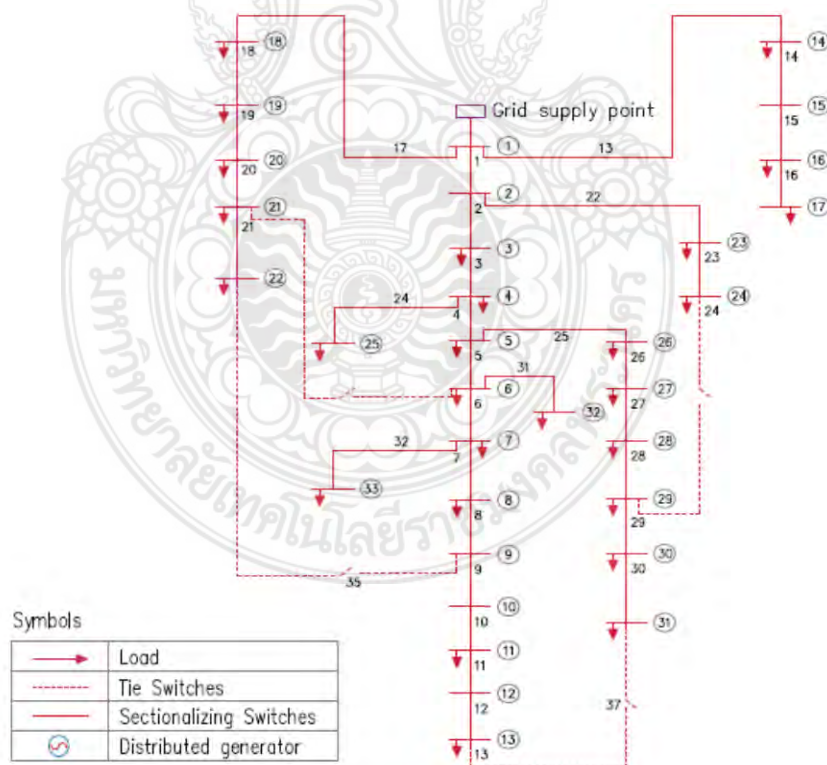
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการ

3.1 บทนำ

การจำลองระบบไฟฟ้ากำลังในระบบจำหน่ายไฟฟ้า จำนวน 33 Bus จะทำให้สามารถทำการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตกในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า โดยที่ระบบส่งจ่ายจะรับกำลังไฟฟ้าจากระบบกำเนิดเพื่อส่งต่อไปยังระบบจำหน่ายไฟฟ้าซึ่งมีอุปกรณ์หลักได้แก่ สายส่ง หม้อแปลงกำลัง การสร้างแบบจำลองของระบบจะทำการศึกษามา 5 กรณี คือ

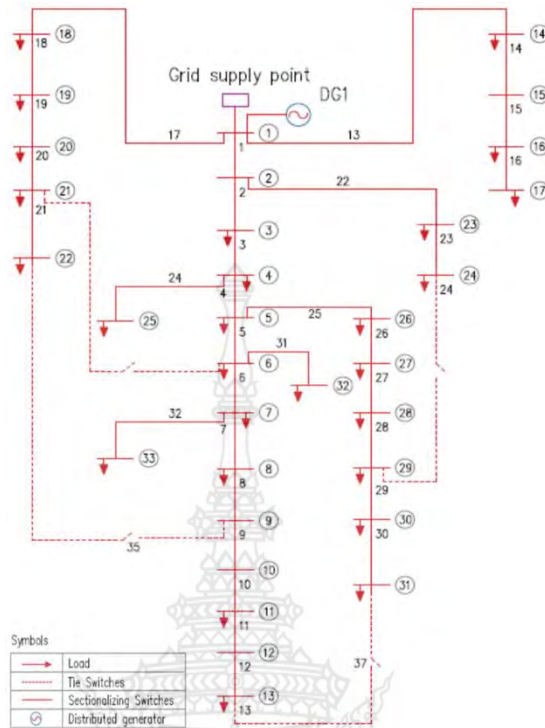
- กรณีที่ 1 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว
- กรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 1
- กรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 18
- กรณีที่ 4 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 33
- กรณีที่ 5 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21, 31

3.2 กรณีที่ 1 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว



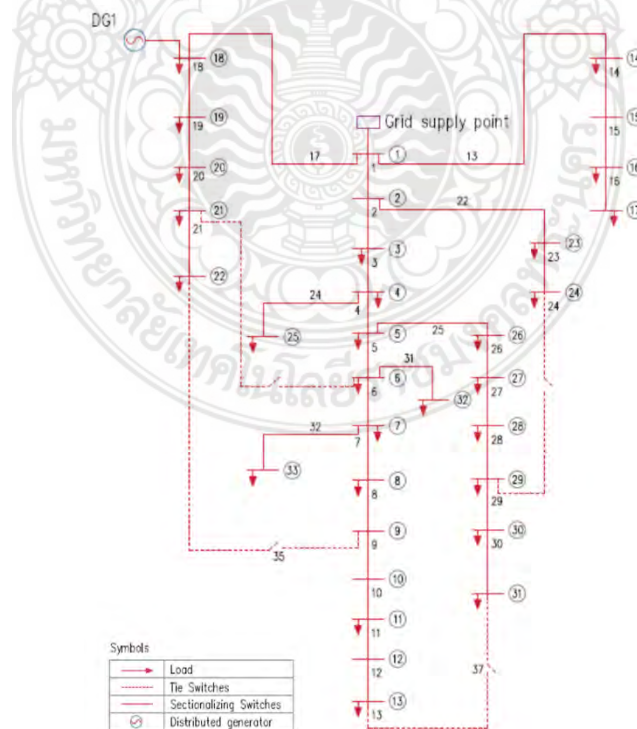
รูปที่ 3.1 Single-Line Diagram การทดสอบโดยไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

3.3 กรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 1



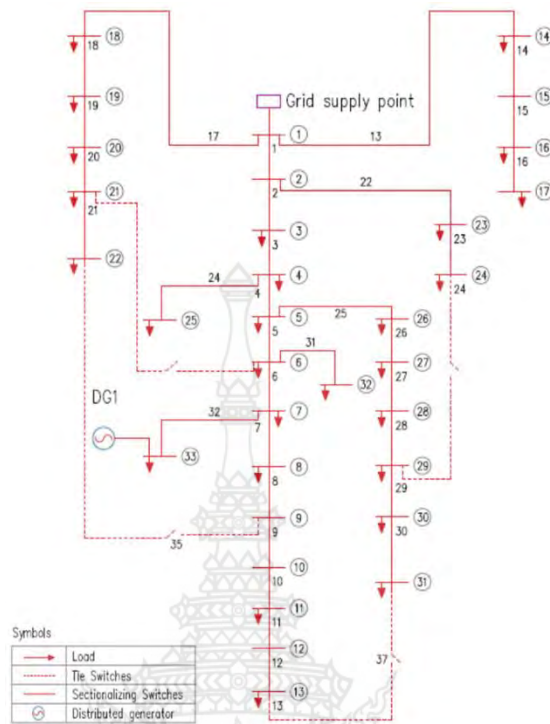
รูปที่ 3.2 Single-Line Diagram ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 1

3.4 กรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 18



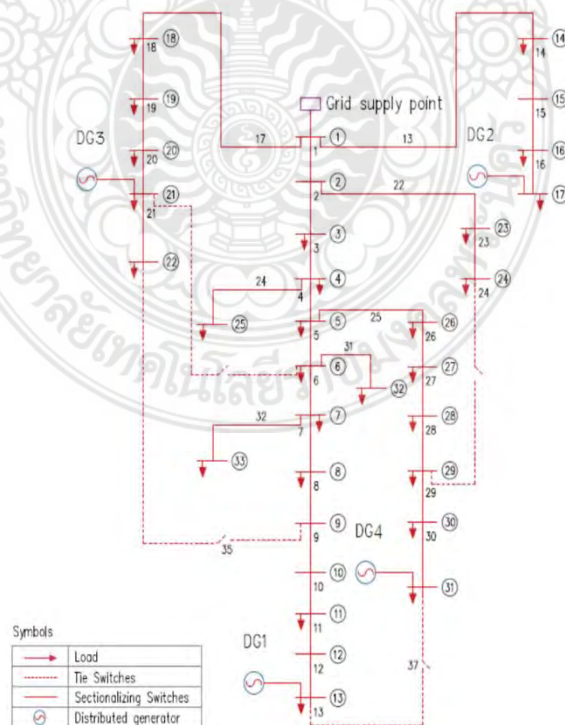
รูปที่ 3.3 Single-Line Diagram ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 18

3.5 กรณีที่ 4 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 33



รูปที่ 3.4 Single-Line Diagram ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 33

3.6 กรณีที่ 5 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21, 31

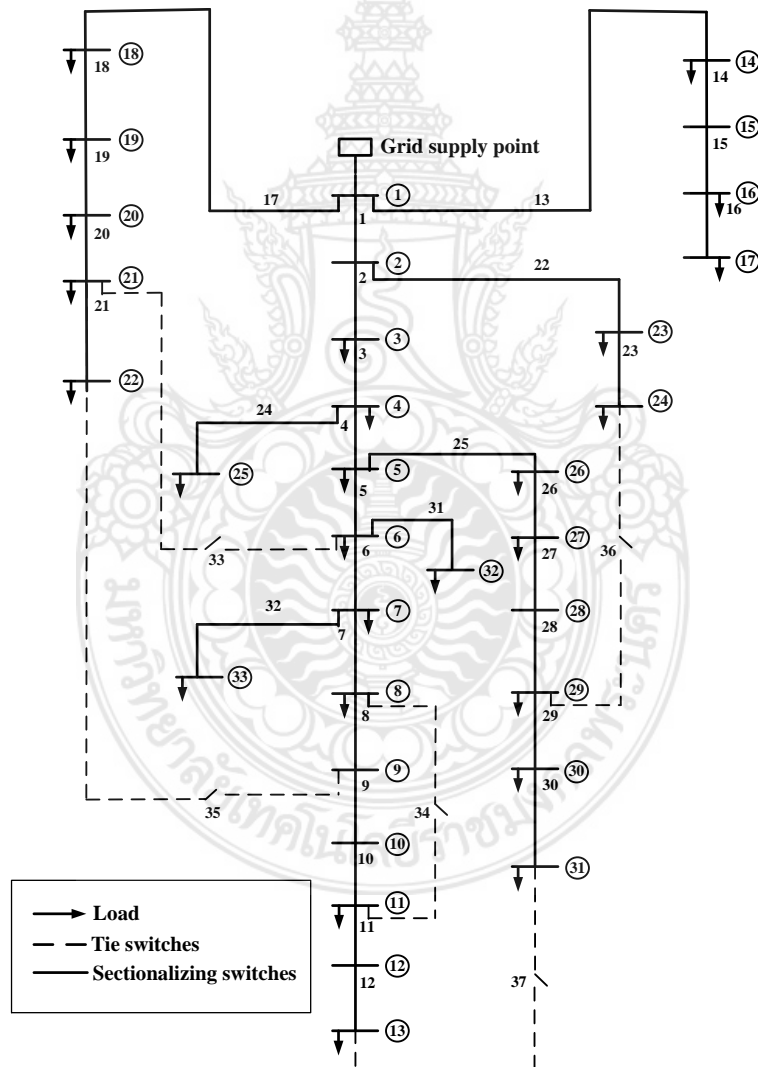


รูปที่ 3.5 Single-Line Diagram ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21, 31

บทที่ 4 ผลการจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB

4.1 แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส

ระบบทดสอบสำหรับกรณีศึกษา คือ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส, 5 สายป้อน ดังแสดงในรูปที่ 4 [10] สถานะเริ่มต้นของสวิตช์แบ่งส่วนทั้งหมด (สวิตช์หมายเลข 1-32) จะปิดในขณะที่เปิดสวิตช์เสมอ (สวิตช์หมายเลข 33-37) โหลดทั้งหมดสำหรับระบบทดสอบนี้คือ 3,715 kW และ 2,300 kVAr กำลังการผลิตปัจจุบันของบัสที่ 1-9 คือ 400 A และบัสที่เหลือรวมทั้งสายป้อน คือ 200 A กำหนดแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดและสูงสุดไว้ที่ 0.95 และ 1.05 ต่อหน่วย ตามลำดับ การวนซ้ำสูงสุดคือ 100 รอบ



รูปที่ 4.1 แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส

4.2 ผลการทดสอบและอภิปรายผลแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส

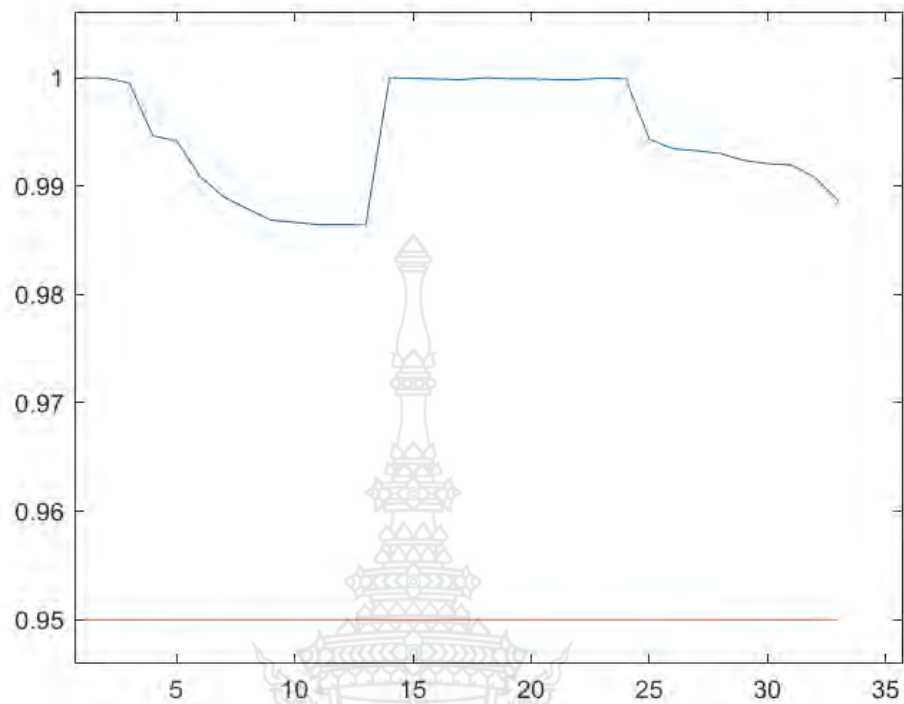
ผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขสำหรับกรณี 1-5 สรุปไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบกรณี 1 - กรณี 5

| | กรณี 1 | กรณี 2 | กรณี 3 | กรณี 4 | กรณี 5 |
|--|---------|---------|---------|---------|----------------|
| บัสที่ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว | - | 1 | 18 | 33 | 13, 17, 21, 31 |
| กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด (kW) | 13.3676 | 13.3895 | 13.3895 | 13.0080 | 8.3306 |
| แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (p.u.) | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0056 | 1.0013 |
| แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (p.u.) | 0.9864 | 0.9864 | 0.9864 | 0.9948 | 0.9936 |

กรณีที่ 1 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 13.3676 kW แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดคือ 0.9864 p.u. แรงดันไฟฟ้าที่สูงที่สุดคือ 1.0000 p.u. กรณีที่ 2 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 1 เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 13.3895 kW แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดคือ 0.9864 p.u. แรงดันไฟฟ้าที่สูงที่สุดคือ 1.0000 p.u. ในกรณีนี้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ เนื่องจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัสต้นทาง ในกรณีที่ 3 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 18 เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 13.3895 kW แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดคือ 0.9864 p.u. แรงดันไฟฟ้าที่สูงที่สุดคือ 1.0000 p.u. ในกรณีนี้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้เนื่องจากบัสที่ 18 เป็นบัสใกล้เคียงกับบัสต้นทางจึงมีผลลัพธ์ใกล้เคียงกับกรณีที่ 2 ในกรณีที่ 4 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 33 เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 13.0080 kW คิดเป็นร้อยละ 2.69 เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดคือ 0.9948 p.u. แรงดันไฟฟ้าที่สูงที่สุดคือ 1.0056 p.u. ในกรณีนี้สามารถแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้เนื่องจากบัสที่ 33 เป็นบัสที่อยู่กลางระบบจำหน่ายไฟฟ้าส่งผลให้เสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และกรณีที่ 5 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21 และ 31 เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 8.3306 kW คิดเป็นร้อยละ 37.68 เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดคือ 0.9936 p.u. แรงดันไฟฟ้าที่สูงที่สุดคือ 1.0013 p.u. ในกรณีนี้สามารถแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้เนื่องจากการกระจายการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว 4 ตำแหน่งส่งผลให้เสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับทั้ง 5 กรณี พบว่ากรณีที่ 4 สามารถเพิ่มเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าได้มากที่สุด และ กรณีที่ 5 เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 8.3306 kW ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบทั้ง 5 กรณี ผลลัพธ์เชิงตัวเลขในกรณีที่ 5 เป็นหลักฐานสนับสนุนข้อดีของเครื่องผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

4.3 ผลลัพธ์กรณีที่ 1 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว



รูปที่ 4.2 ข้อมูลของกรณีที่ 1 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

```

Command Window

load_pu_peak =

    1

Voltage_min_ =

    0.9864

Voltage_max_ =

    1

Loss_System =

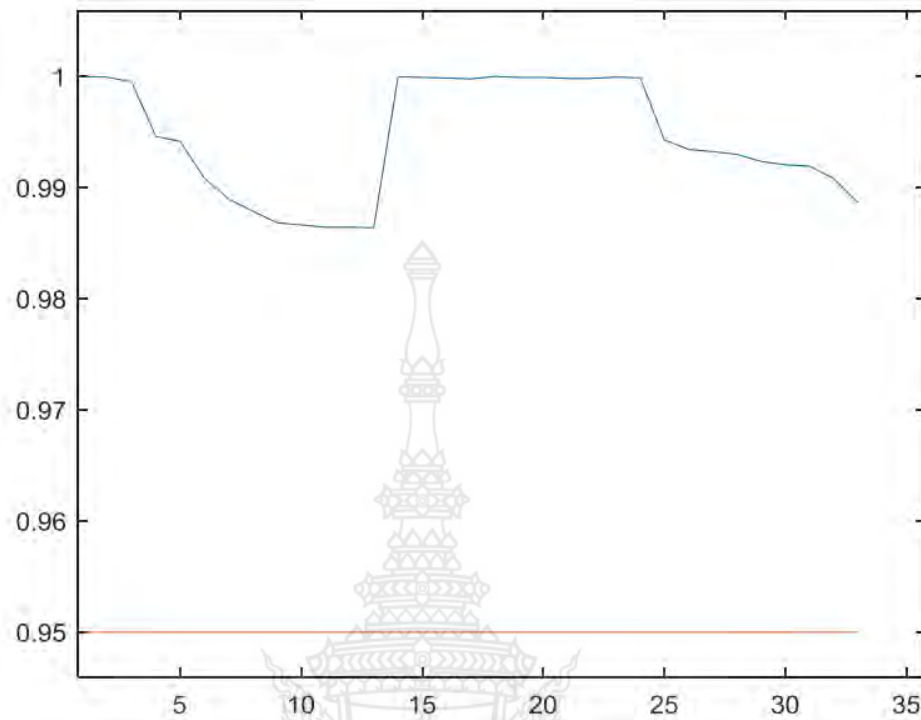
    13.3676

fx >>

```

รูปที่ 4.3 ผลลัพธ์ของกรณีที่ 1 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว

4.4 ผลลัพธ์กรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 1



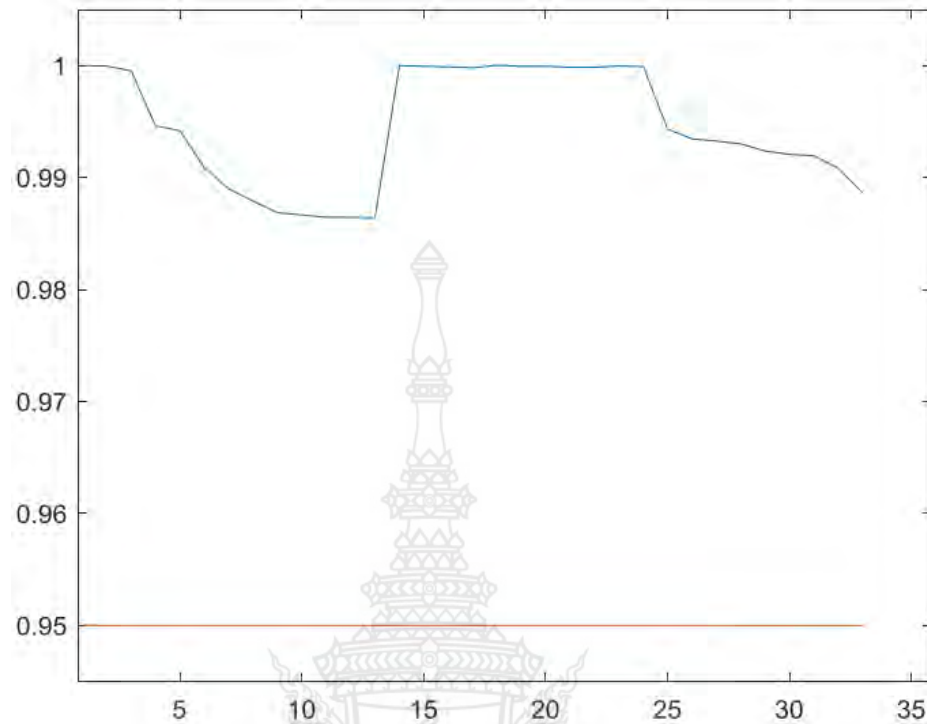
รูปที่ 4.4 ข้อมูลของกรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 1

```

Command Window
load_pu_peak =
    1
Voltage_min_ =
    0.9864
Voltage_max_ =
    1.0000
Loss_System =
    13.3895
fx >>
  
```

รูปที่ 4.5 ผลลัพธ์ของกรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 1

4.5 ผลลัพธ์กรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 18



รูปที่ 4.6 ข้อมูลของกรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 18

```

Command Window

load_pu_peak =

    1

Voltage_min_ =

    0.9864

Voltage_max_ =

    1.0000

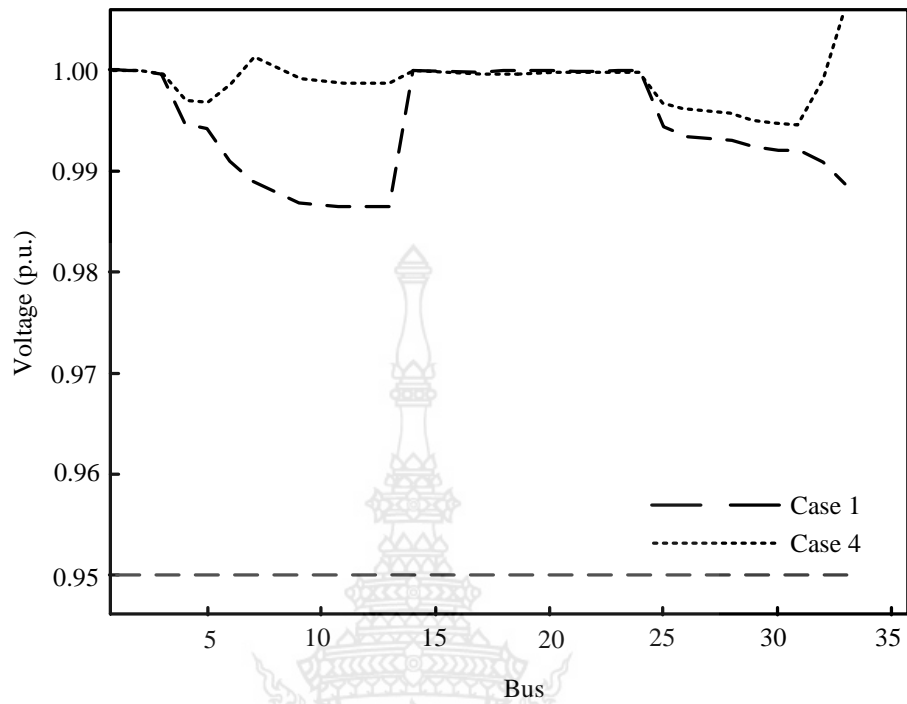
Loss_System =

    13.3895

fx >>
  
```

รูปที่ 4.7 ผลลัพธ์ของกรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 18

4.6 ผลลัพธ์กรณีที่ 4 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 33



รูปที่ 4.8 ข้อมูลของกรณีที่ 4 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 33

```

Command Window

load_pu_peak =

    1

Voltage_min_ =

    0.9948

Voltage_max_ =

    1.0056

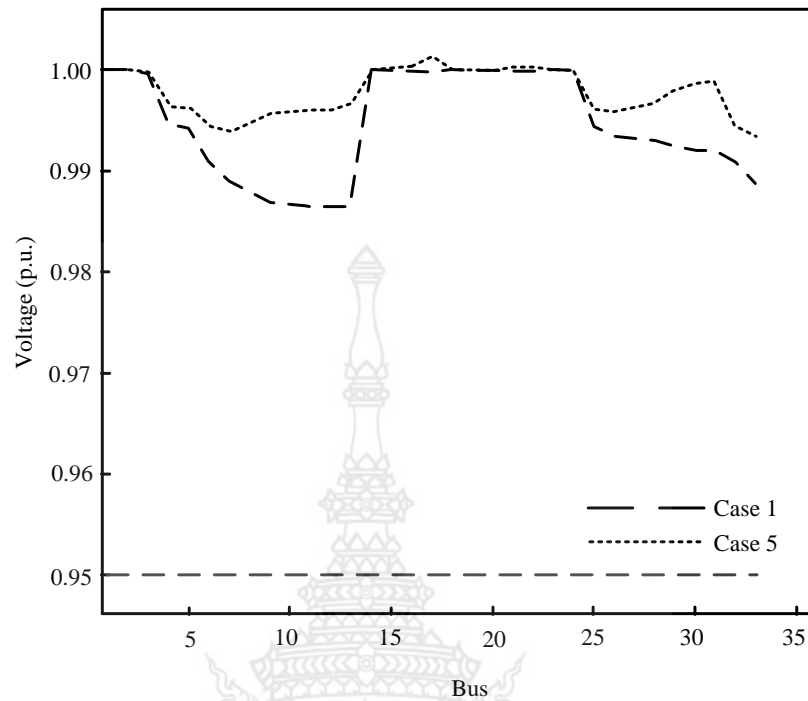
Loss_System =

    13.0080

fx >>
  
```

รูปที่ 4.9 ผลลัพธ์ของกรณีที่ 4 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 33

4.6 ผลลัพธ์กรณีที่ 5 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21, 31



รูปที่ 4.10 ข้อมูลของกรณีที่ 5 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21, 31

```

Command Window

load_pu_peak =

    1

Voltage_min_ =

    0.9936

Voltage_max_ =

    1.0013

Loss_System =

    8.3306

fx >>
  
```

รูปที่ 4.11 ผลลัพธ์ของกรณีที่ 5 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21, 31

บทที่ 5

สรุปผลการจำลอง และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการจำลอง

จากการจำลองพบว่า การจำลองและแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจำนวน 33 บัส ด้วยโปรแกรม MATLAB โดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจำหน่าย ได้จัดทำกรจำลองกรณีศึกษาขึ้นมา 5 กรณี

การจำลองกรณีที่ 1 การจำลองโดยไม่มีติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสใดๆ และการจำลองกรณีที่ 2 การจำลองโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่บัส 1 ผลการจำลองกรณีที่ 1 และ กรณีที่ 2 ผลการจำลองพบว่า แรงดันของระบบโดยรวมแรงดันยังตกอยู่ในลักษณะที่เหมือนกันส่วนกรณีการจำลองกรณีที่ 3 การจำลองโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 18 ผลการจำลองพบว่าแรงดันของระบบโดยรวมแรงดันยังตกอยู่แต่จะมีแรงดันยกขึ้นมาในช่วงบัสที่ 18 ที่มีการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เท่านั้น กรณีที่ 4 การจำลองโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 33 ผลการจำลองพบว่าแรงดันของระบบโดยรวมแรงดันยังตกอยู่เล็กน้อยและแรงดันของระบบจะสูงขึ้นกว่าการจำลองของกรณีที่ 1 กรณีที่ 2 และกรณีที่ 3 อย่างมาก ส่วนกรณีที่ 5 การจำลองโดยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แบบกระจายบัส ผลการจำลองพบว่า แรงดันของระบบโดยรวมไม่มีแรงดันตกในระบบเนื่องจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งการจำลองทั้ง 5 กรณีผลของการจำลองได้ผลชัดเจน เมื่อนำผลที่ได้จากการจำลองมาเปรียบเทียบกัน ดังนั้นเพื่อศึกษาตำแหน่งที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อแก้ไขปัญหาแรงดันตกได้อย่างชัดเจน

จากการจำลองด้วยโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ (MATLAB) ในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส ทำการทดสอบด้วยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวใช้เพื่อสาธิตประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอทั้ง 5 กรณีศึกษา ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งเครื่องผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวเข้าระบบในกรณีที่ 4 ส่งผลให้เพิ่มเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ดีที่สุด

จากผลการศึกษาส่งผลให้บรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยทั้ง 3 ข้อ ได้แก่

1. การศึกษา และจำลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกที่เกิดขึ้นจากการทดสอบติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ตำแหน่งบัสต่างๆ ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม MATLAB
2. เพื่อนำค่าแรงดันไฟฟ้าตกที่ได้จากการจำลองของโปรแกรมมาวิเคราะห์แก้ไขระบบจำหน่ายไฟฟ้า
3. เพื่อศึกษาแนวทางใหม่ในการนำไปประยุกต์ใช้งานในการออกแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าไม่ให้เกิดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถช่วยลดความสูญเสียทางไฟฟ้าในระบบสายส่ง และระบบจำหน่ายได้หากมีขนาดและอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่เกินไป อาจทำให้ความสูญเสียทางไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] ชำนาญ ห่อเกียรติ. ระบบไฟฟ้ากำลัง. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ : โครงการพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลัง , 2552.
- [2] อรุณ ชลิ่งสุทธิและนัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ. 2560. การวิเคราะห์แรงดันตกชั่วขณะเมื่อมีการติดตั้งแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวในระบบจำหน่าย. งานวิจัยทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- [3] นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ. การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ : โอ.เอส. ไรน์ติ้ง เฮ้าส์. , 2560. เลขหน้า (88,89)
- [4] ปริญญา สงวนสัตย์. การใช้งาน Matlab Simulink คู่มือการใช้งาน Matlab ฉบับสมบูรณ์. ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ดุสิต บัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. พิมพ์ครั้งที่ 1, 2556.
- [5] บัณฑิต เอื้ออาภรณ์. (2547). การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (หน้า 23-24).
- [6] ชวินทร์ ประภาณุกุล. การปรับตั้งระบบป้องกันที่เหมาะสมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวโดยคำนึงถึงแรงดันตกชั่วขณะ และระยะเวลาการต่อกลับของอุปกรณ์ป้องกันในระบบจำหน่ายไฟฟ้า. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2555).
- [7] สุรชัย ลิ้มยิ่งเจริญ. การวิเคราะห์ระบบไฟฟ้ากำลัง Power System Analysis, 2546.
- [8] นายสุชชาติ คงทนไพศาล. การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายที่มีระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยพิจารณาร่วมกับชุดตัวเก็บประจุและแท็ปหม้อแปลงด้วยวิธีการทางพันธุกรรม. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554), หน้า 23-38

- [9] N. Hamzah, A. Mohamed, A. Hussain, "Locating Voltage Sag Source At The Point Of Common Coupling In Industrial Distribution Systems", 2005 International Conference on Power Electronics and Drives Systems, 18 April 2006.
- [10] Ali Saidian, Mehrdad Heidari, Davar Mirabbasi, "Improvement of voltage unbalance and voltage sag in radial distribution systems using DG", 2010 5th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, 23 July 2010.
- [11] Meng Junxia, Guo Binqing, Liu Fuchao, Du Peidong, "Study on power loss of distribution network with distributed generation and its reactive power optimization problem", 2014 International Conference on Power System Technology, December 2014.
- [12] Morteza Yarahmadi, Mahmoud Reza Shakarami, "An analytical method to optimal allocation of wind based-DG considering time-varying load model in radial distribution systems", 2015 2nd International Conference on Knowledge-Based Engineering and Innovation (KBEI), March 2016.
- [13] Fidelis Galla Limbong. Elsayed, "The use of neural network (NN) to predict voltage drop during starting of medium voltage induction motor", IEEE Access, Vol.8, pp.109625-109638, April 2017.
- [14] Tasneim Aldhanhani, Ahmed Al-Durra, Ehab F. El-Saadany, "Optimal design of electric vehicle charging stations integrated with renewable DG", 2017 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT-Asia), pp.1-6, June 2018.
- [15] Zixin Li, Yujie Hu, Fanqiang Gao, Cong Zhao, Fei Xu, Ping Wang, Yaohua Li, "Loss Analysis and Efficiency Test of a 3 MW 10 KV AC to +750 V DC Power Electronic Transformer", 2020 IEEE 9th International Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC2020-ECCE Asia), March 2021.



ภาคผนวก ก

```

#####          Data of One-Feeder 33 Buses Distribution System          #####
##### Substation Voltage = 22 kV, MVA Base = 50 MVA, Voltage Base = 22 kV #####
clear
clc

basemva=100; basekv=12.66; accuracy=0.001; accel=1.4; maxiter=100;
%
P_g=zeros(33,1);
P_g(17,1) = 0.1;
P_g(21,1) = 0.2;
P_g(13,1) = 0.3;
P_g(31,1) = 0.4;

%
% P_g=zeros(33,1);
% P_g(1,1) = 0.0; %
% P_g(18,1) = 0.0; %
% P_g(33,1) = 0.0;
%
load_pu_peak == 1

%
no.node  Type  Vm  angle  Pd(kW)  Qd(kW)  Pg  Qg  Qmin  Qmax  Inj_MVAR
busdata  =[1   1   1.00  0   0.00   0.00  0.0  0.0  0   0   0
2   0   1.00  0   0.00   0.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
3   0   1.00  0   2.60   2.20  0.0  0.0 -2000 2000  0
4   0   1.00  0   75.00  54.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
5   0   1.00  0   30.00  22.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
6   0   1.00  0   145.00 104.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
7   0   1.00  0   145.00 104.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
8   0   1.00  0   8.00   5.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
9   0   1.00  0   0.00   0.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
10  0   1.00  0   0.00   0.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
11  0   1.00  0   114.00 81.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
12  0   1.00  0   0.00   0.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
13  0   1.00  0   14.00  10.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
14  0   1.00  0   26.00  18.60  0.0  0.0 -2000 2000  0
15  0   1.00  0   0.00   0.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
16  0   1.00  0   14.00  10.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
17  0   1.00  0   6.00   4.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
18  0   1.00  0   26.00  18.55  0.0  0.0 -2000 2000  0
19  0   1.00  0   26.00  18.55  0.0  0.0 -2000 2000  0
20  0   1.00  0   24.00  17.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
21  0   1.00  0   24.00  17.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
22  0   1.00  0   1.20   1.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
23  0   1.00  0   6.00   4.30  0.0  0.0 -2000 2000  0
24  0   1.00  0   39.22  26.30  0.0  0.0 -2000 2000  0
25  0   1.00  0   384.70 274.50  0.0  0.0 -2000 2000  0
26  0   1.00  0   384.70 274.50  0.0  0.0 -2000 2000  0
27  0   1.00  0   3.60   2.70  0.0  0.0 -2000 2000  0
28  0   1.00  0   0.00   0.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
29  0   1.00  0   4.35   3.50  0.0  0.0 -2000 2000  0
30  0   1.00  0   0.00   0.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
31  0   1.00  0   100.00 72.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
32  0   1.00  0   32.00  23.00  0.0  0.0 -2000 2000  0
33  0   1.00  0   59.00  42.00  0.0  0.0 -2000 2000  0];

```

```
busdata = [busdata(:,1) busdata(:,2) busdata(:,3) busdata(:,4) busdata(:,5)/1000 ...
           busdata(:,6)/1000 busdata(:,7) busdata(:,8) busdata(:,9) busdata(:,10) busdata(:,11)];
```

```
busdata(:,7) = P_g;
```

```
busdata(:,5) = busdata(:,5) * load_pu_peak ;
busdata(:,6) = busdata(:,6) * load_pu_peak ;
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% edit row 1 2 3 4
```

```
% First_Bus Last_Bus R(Ohm) X(Ohm) Bc Tap capacity length
linedata = [
```

| First_Bus | Last_Bus | R(Ohm) | X(Ohm) | Bc | Tap | capacity | length |
|-----------|----------|--------|--------|----|-----|----------|--------|
| 1 | 2 | 0.0015 | 0.0036 | 0 | 1 | 400 | |
| 2 | 3 | 0.0251 | 0.0294 | 0 | 1 | 400 | |
| 3 | 4 | 0.3811 | 0.1941 | 0 | 1 | 400 | |
| 4 | 5 | 0.0493 | 0.0251 | 0 | 1 | 400 | |
| 5 | 6 | 0.8190 | 0.2707 | 0 | 1 | 400 | |
| 6 | 7 | 0.7114 | 0.2351 | 0 | 1 | 400 | |
| 7 | 8 | 1.0300 | 0.3400 | 0 | 1 | 400 | |
| 8 | 9 | 1.0440 | 0.3450 | 0 | 1 | 400 | |
| 9 | 10 | 0.1966 | 0.0650 | 0 | 1 | 400 | |
| 10 | 11 | 0.2106 | 0.0690 | 0 | 1 | 200 | |
| 11 | 12 | 0.0140 | 0.0046 | 0 | 1 | 200 | |
| 12 | 13 | 0.3089 | 0.1021 | 0 | 1 | 200 | |
| 1 | 14 | 0.0044 | 0.0108 | 0 | 1 | 200 | |
| 14 | 15 | 0.3978 | 0.1315 | 0 | 1 | 200 | |
| 15 | 16 | 0.3510 | 0.1160 | 0 | 1 | 200 | |
| 16 | 17 | 1.7080 | 0.5646 | 0 | 1 | 200 | |
| 1 | 18 | 0.0044 | 0.0108 | 0 | 1 | 200 | |
| 18 | 19 | 0.0640 | 0.1565 | 0 | 1 | 200 | |
| 19 | 20 | 0.0018 | 0.0021 | 0 | 1 | 200 | |
| 20 | 21 | 0.3160 | 0.3623 | 0 | 1 | 200 | |
| 21 | 22 | 0.0092 | 0.0316 | 0 | 1 | 200 | |
| 2 | 23 | 0.0034 | 0.0084 | 0 | 1 | 200 | |
| 23 | 24 | 0.0822 | 0.2011 | 0 | 1 | 200 | |
| 4 | 25 | 0.0928 | 0.0473 | 0 | 1 | 200 | |
| 5 | 26 | 0.1740 | 0.0886 | 0 | 1 | 200 | |
| 26 | 27 | 0.2030 | 0.1034 | 0 | 1 | 200 | |
| 27 | 28 | 0.2913 | 0.1433 | 0 | 1 | 200 | |
| 28 | 29 | 0.7937 | 0.2630 | 0 | 1 | 200 | |
| 29 | 30 | 0.3861 | 0.1172 | 0 | 1 | 200 | |
| 30 | 31 | 0.1450 | 0.0738 | 0 | 1 | 200 | |
| 6 | 32 | 0.2012 | 0.0611 | 0 | 1 | 200 | |
| 7 | 33 | 0.7394 | 0.2444 | 0 | 1 | 200 | |

```
linedata = [linedata(:,1) linedata(:,2) linedata(:,3)/1.6028 linedata(:,4)/1.6028 linedata(:,5)
           % row 3 4 : pu.
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% Run Load Flow %%%%%%%%%%
```

```
Ybus_newton;
```

```
lInewton;
```

```
lineflow
```

```
vx = [0.950000000000000,0.950000000000000,0.950000000000000,0.950000000000000,0.950000000000000,
```

```
bus = 1:1:33; % = Number of bus
```

```
plot(bus, Vm, bus, vx)
```

```
Voltage_min = min(Vm)
```

```
Voltage_max = max(Vm)
```

```
Loss_System = real(SLT)*1000
```




ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตกในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า

Analysis of Under Voltage in Power Distribution Model

นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ^{1*} มนัส บุญเที่ยรทอง¹ สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์¹

ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว¹ และ นเรศ ชลิ่งสุทธิ¹

Nattachote Rugthaicharoencheep^{1*} Manat Boonthienthong¹ Sakhon Woothipatanapan¹

Supawud Nedphokaew¹ and Nares Charlangsut¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

¹Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon ,
Wongsawang, Bangsue, Bangkok, THAILAND

*Corresponding Author E-mail: nattachote.r@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอแบบจำลองและแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เนื่องจากโครงสร้างระบบจำหน่ายเป็นแบบเรเดียลดังนั้นปัญหาแรงดันตกจึงเป็นปัญหาที่ทั้งผู้ใช้ไฟและการไฟฟ้าต้องร่วมกันแก้ไขและปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปัญหาแรงดันไฟฟ้าตก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวในระบบจำหน่ายไฟฟ้า การประมวลผลทดสอบหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกกับแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าจำนวน 33 บัส จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวสามารถช่วยเพิ่มเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้

คำสำคัญ: แรงดันไฟฟ้าตก, กำลังไฟฟ้าสูญเสีย, แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า

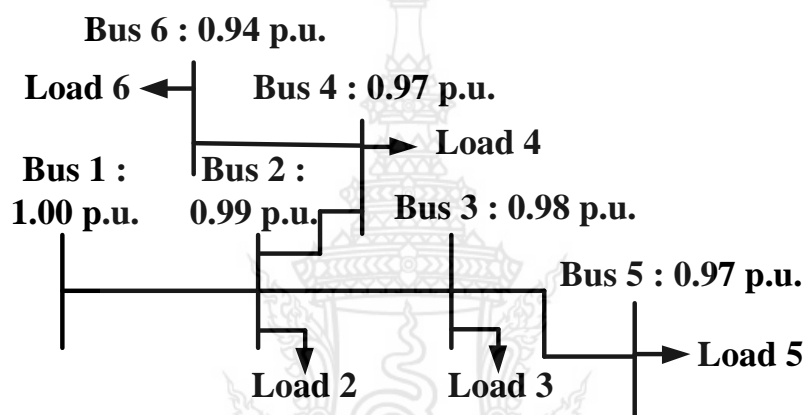
Abstract

This research paper presents a model and solution to the problem of voltage drop in distribution systems. Since the distribution system structure is radian, the voltage drop problem is a problem that both the power user and the electricity provider must work together to improve and improve the efficiency to reduce the voltage drop problem. Its purpose is to increase the voltage from the distributed generation installation in the distribution system. Voltage drop test processing with a 33-bus power distribution system model. The test results show that the installation of distributed generation can improve voltage stability in the distribution system.

Keyword: Voltage Drop, Power Loss, Power Distribution Model

1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท นิคมอุตสาหกรรมหากเกิดความผิดปกติขึ้นในระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะส่งผลกระทบต่อการผลิตหยุด ก่อให้เกิดความเสียหายในภาคธุรกิจ การรักษาเสถียรภาพในการจ่ายไฟและการแก้ไขปัญหาในระบบ จำหน่ายไฟฟ้าให้กลับมาปกติด้วยความรวดเร็วจึงมีความสำคัญเป็นอันมากต่อดัชนีความน่าเชื่อถือได้ใน ระบบไฟฟ้า การขาดเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้า 6 บัส กรณีการเพิ่มโหลดที่บัส 6 ดังแสดงในรูปที่ 1



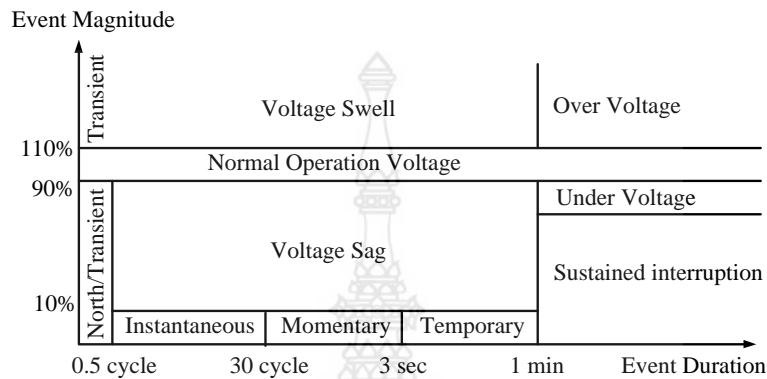
รูปที่ 1 การขาดเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้า 6 บัส กรณีเพิ่มโหลดที่บัส 6

ในปี 2011 ได้มีการศึกษาการทำงานของระบบจำหน่ายเพื่อลดการสูญเสียพลังงานและ ปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าด้วยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวและการจัดวางตัวเก็บประจุ ใน แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส ด้วยโปรแกรม MATLAB [1] ในปี 2012 ได้มีการศึกษาการ กำหนดค่าเครื่องจ่ายใหม่สำหรับการทำโหลดสมดุลในระบบจำหน่ายด้วยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ กระจายตัวและการจัดวางตัวเก็บประจุ ในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 69 บัส ด้วยโปรแกรม MATLAB [2] ในปี 2013 ได้มีการตรวจสอบการป้องกันแรงดันไฟฟ้าเกินและแรงดันไฟฟ้าตกด้วยวิธีการ ตรวจสอบเกาะแบบพาสซีฟของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวในระบบจำหน่ายไฟฟ้า [3] ในปี 2015 ได้มีการศึกษารูปแบบการไหลของโหลดในกรณีแรงดันไฟฟ้าตกตามดัชนีความคงตัวของแรงดันไฟฟ้า ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า [4] ในปี 2018 ได้มีการศึกษาผลกระทบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว ต่อความน่าเชื่อถือของระบบจำหน่ายไฟฟ้า [5] ในปี 2019 ได้มีการศึกษาแรงดันตกและแรงดันเกินเพื่อ ป้องกันโหลดทางไฟฟ้า [6]

ดังนั้นในบทความนี้นำเสนอแบบจำลองและแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่าย ไฟฟ้าทำการทดสอบในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัสด้วยโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกโดยแบ่งออกเป็น 5 กรณีศึกษา

2. แรงดันไฟฟ้าตก

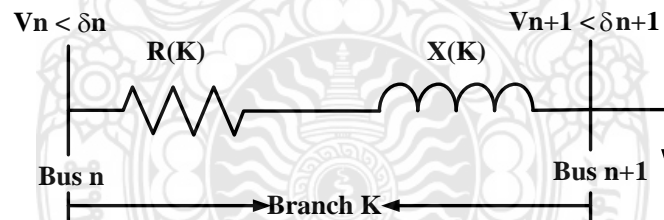
สาเหตุของแรงดันไฟฟ้าตกเกิดจากผลกระทบจากความผันผวนของแรงดันไฟฟ้า โหลดที่เพิ่มจำนวนมากขึ้นและโหลดที่ติดตั้งอยู่ปลายสายส่งจะเกิดแรงดันตกได้ ผลกระทบของแรงดันตก [6] จะส่งผลต่อคุณภาพของพลังงานไฟฟ้าที่ส่งไปยังโหลดมาตรฐานแรงดันไฟฟ้าตก [7]-[8] ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 มาตรฐานแรงดัน ไฟฟ้าตก

3. กำลังไฟฟ้าสูญเสีย

การวิเคราะห์การไหลของโหลดในระบบจำหน่ายแบบกระจายตัวได้รับการแก้ไขโดยใช้วิธีการไหลของโหลดทั้งไปข้างหน้าและย้อนหลัง [9] แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 2 บัสดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 2 บัส

จากรูปที่ 3 แสดงบัส n และ n+1 เชื่อมต่อผ่านพารามิเตอร์ (Branch) K กำลังไฟฟ้าสูญเสียข้ามพารามิเตอร์ K สามารถคำนวณได้จากสมการ (1)-(2)

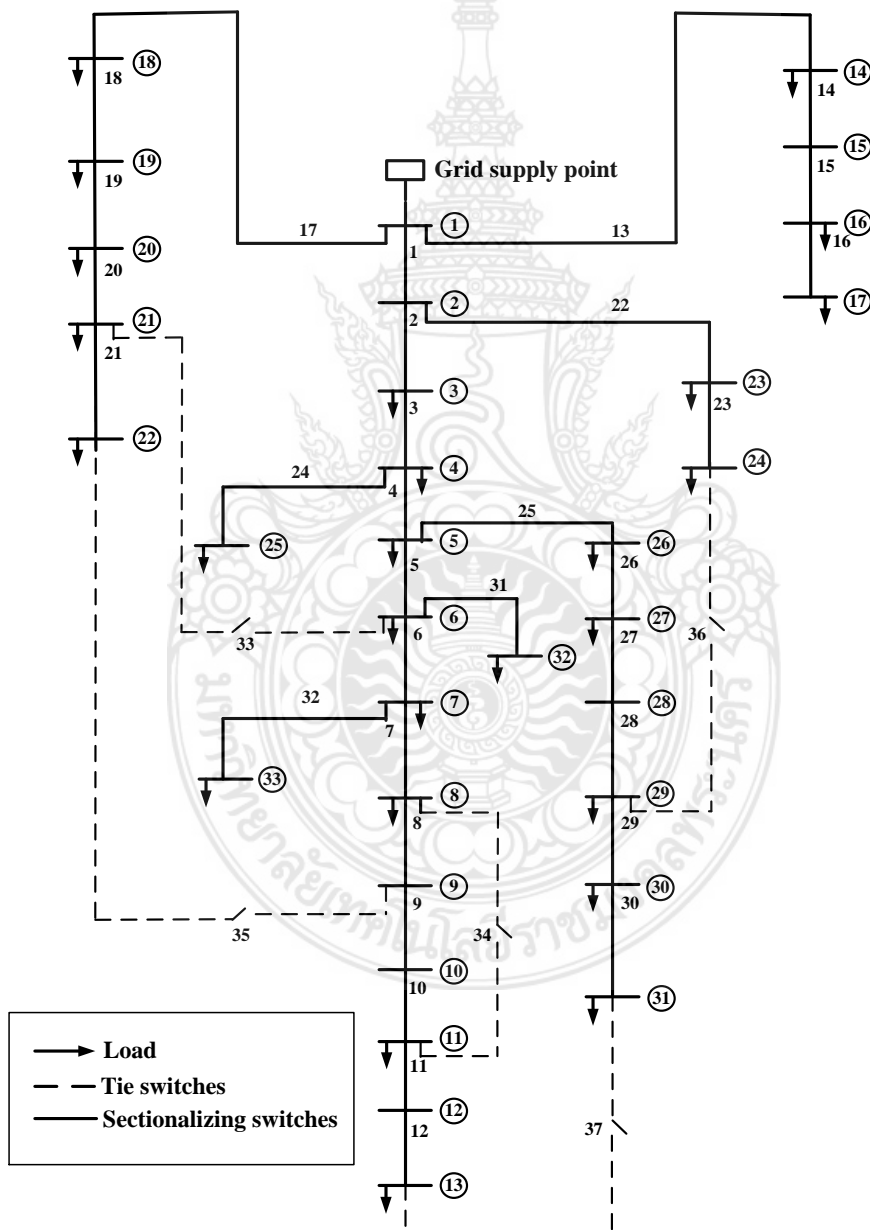
$$P_{\text{loss}(K)} = R_K \cdot \frac{P_{n+1}^2 + Q_{n+1}^2}{|V_{n+1}|} \quad (1)$$

$$Q_{\text{loss}(K)} = X_K \cdot \frac{P_{n+1}^2 + Q_{n+1}^2}{|V_{n+1}|} \quad (2)$$

โดยที่ $P_{\text{loss}(K)}$ และ $Q_{\text{loss}(K)}$ คือกำลังไฟฟ้าสูญเสียแบบแอกทีฟและแบบรีแอกทีฟทั่วทั้งพารามิเตอร์ K

4. แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ระบบทดสอบสำหรับกรณีศึกษา คือ ระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส, 5 สายป้อน ดังแสดงในรูปที่ 4 [10] สถานะเริ่มต้นของสวิตช์แบ่งส่วนทั้งหมด (สวิตช์หมายเลข 1-32) จะปิดในขณะที่เปิดสวิตช์เสมอ (สวิตช์หมายเลข 33-37) โหลดทั้งหมดสำหรับระบบทดสอบนี้คือ 3,715 kW และ 2,300 kVAr กำลังการผลิตปัจจุบันของบัสที่ 1-9 คือ 400 A และบัสที่เหลือรวมทั้งสายป้อน คือ 200 A กำหนดแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดและสูงสุดไว้ที่ 0.95 และ 1.05 ต่อหน่วยตามลำดับ การวนซ้ำสูงสุดคือ 100 รอบ



รูปที่ 4 แบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส

5. กรณีศึกษา

ในบทความนี้มีการประมวลผลเทคนิคที่นำเสนอด้วยโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ (MATLAB) โดยทำการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตกในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าทดสอบในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส โดยแบ่งออกเป็น 5 กรณีศึกษาดังนี้

- กรณีที่ 1 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว
- กรณีที่ 2 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 1
- กรณีที่ 3 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 18
- กรณีที่ 4 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 33
- กรณีที่ 5 ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21, 31

6. ผลการทดสอบและอภิปรายผล

ผลลัพธ์ที่เป็นตัวเลขสำหรับกรณีที่ 1-5 สรุปไว้ในตารางที่ 1

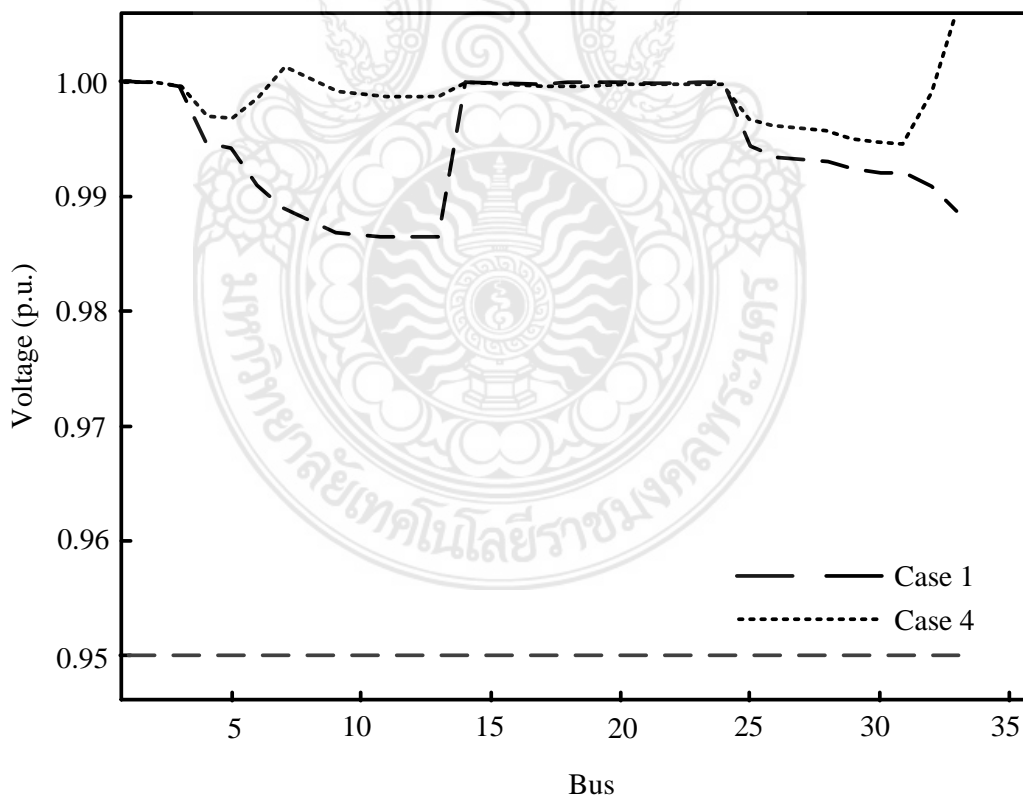
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบกรณีที่ 1 - กรณีที่ 5

| | กรณีที่ 1 | กรณีที่ 2 | กรณีที่ 3 | กรณีที่ 4 | กรณีที่ 5 |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| บัสที่ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว | - | 1 | 18 | 33 | 13, 17, 21, 31 |
| กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด (kW) | 13.3676 | 13.3895 | 13.3895 | 13.0080 | 8.3306 |
| แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (p.u.) | 1.0000 | 1.0000 | 1.0000 | 1.0056 | 1.0013 |
| แรงดันไฟฟ้าต่ำสุด (p.u.) | 0.9864 | 0.9864 | 0.9864 | 0.9948 | 0.9936 |

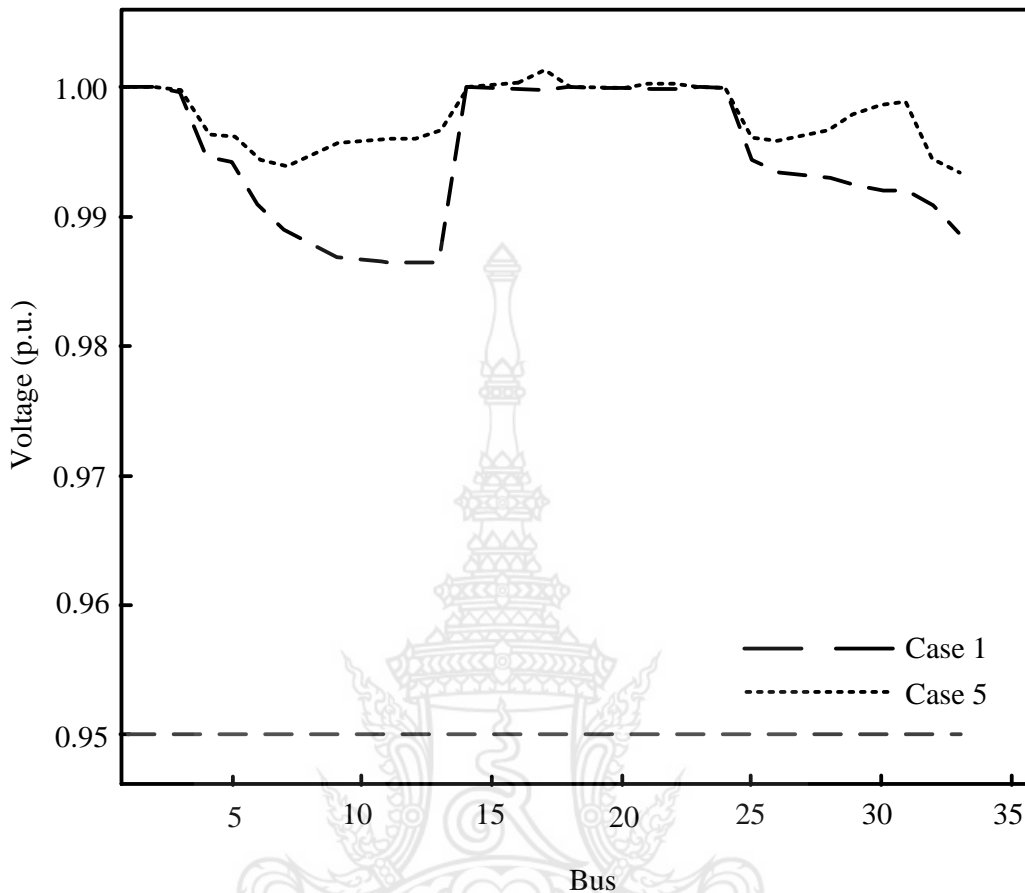
กรณีที่ 1 การทดสอบโดยไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 13.3676 kW แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดคือ 0.9864 p.u. แรงดันไฟฟ้าที่สูงที่สุดคือ 1.0000 p.u. กรณีที่ 2 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 1 เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 13.3895 kW แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดคือ 0.9864 p.u. แรงดันไฟฟ้าที่สูงที่สุดคือ 1.0000 p.u. ในกรณีนี้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้เนื่องจากการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัสต้นทาง ในกรณีที่ 3 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 18 เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 13.3895 kW แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดคือ 0.9864 p.u. แรงดันไฟฟ้าที่สูงที่สุดคือ 1.0000 p.u. ในกรณีนี้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้เนื่องจากบัสที่ 18 เป็นบัสใกล้เคียงกับบัสต้นทางจึงมีผลลัพธ์ใกล้เคียงกับกรณีที่ 2 ในกรณีที่ 4 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส

33 เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 13.0080 kW คิดเป็นร้อยละ 2.69 เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดคือ 0.9948 p.u. แรงดันไฟฟ้าที่สูงที่สุดคือ 1.0056 p.u. ในกรณีนี้สามารถแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้เนื่องจากบัสที่ 33 เป็นบัสที่อยู่กลางระบบจำหน่ายไฟฟ้าส่งผลให้เสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และกรณีที่ 5 ทำการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21 และ 31 เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 8.3306 kW คิดเป็นร้อยละ 37.68 เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 แรงดันไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดคือ 0.9936 p.u. แรงดันไฟฟ้าที่สูงที่สุดคือ 1.0013 p.u. ในกรณีนี้สามารถแก้ไขปัญหาแรงดันไฟฟ้าตกในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้เนื่องจากเป็นการกระจายการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัว 4 ตำแหน่งส่งผลให้เสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าของระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับทั้ง 5 กรณี พบว่ากรณีที่ 4 สามารถเพิ่มเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าได้มากที่สุด และ กรณีที่ 5 เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสีย 8.3306 kW ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบทั้ง 5 กรณี ผลลัพธ์เชิงตัวเลขในกรณีที่ 5 เป็นหลักฐานสนับสนุนข้อดีของเครื่องผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

ผลลัพธ์แรงดันไฟฟ้ากรณีที่ 1 และ 4 ดังแสดงในรูปที่ 5, ผลลัพธ์แรงดันไฟฟ้ากรณีที่ 1 และ 5 ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 5 ข้อมูลของแรงดันไฟฟ้ากรณีไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวและกรณีติดตั้งเครื่องผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 33



รูปที่ 6 ข้อมูลของแรงดันไฟฟ้ากรณีไม่ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวและกรณีติดตั้งเครื่องผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 13, 17, 21 และ 31

7. สรุป

บทความนี้นำเสนอการวิเคราะห์แรงดันไฟฟ้าตกในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้าทำการทดสอบด้วยโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ (MATLAB) ในแบบจำลองระบบจำหน่ายไฟฟ้า 33 บัส ทำการทดสอบด้วยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวใช้เพื่อสาธิตประสิทธิภาพของเทคนิคที่นำเสนอทั้ง 5 กรณีศึกษา ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าการติดตั้งเครื่องผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวในระบบในกรณีที่ 4 ส่งผลให้เพิ่มเสถียรภาพแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าได้ดีที่สุด

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ให้การสนับสนุนและความช่วยเหลือในการจัดทำบทความนี้ซึ่งได้ช่วยให้บทความนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Rugthaicharoencheep, S. Nedphograw, W. Wanaratwijit, "Distribution system operation for power loss minimization and improved voltage profile with distributed generation and capacitor placements", 2011 4th International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT), Aug 2011.
- [2] N.Rugthaicharoencheep, T.Lantharthong, "Network Reconfiguration for Load Balancing in Distribution System with Distributed Generation and Capacitor Placement", World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol.6, No.4, 2012.
- [3] Manop Yingram, Suttichai Premrudeepreechacharn, "Investigation over/under-voltage protection of passive islanding detection method of distributed generations in electrical distribution systems", 2012 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), March 2013
- [4] N. A. Yusof, H. Mokhlis, M. Karimi, J. A. Laghari, H. A. Illias, N. M. Sapori, "Under-voltage load shedding scheme based on voltage stability index for distribution network", 3rd IET International Conference on Clean Energy and Technology (CEAT) 2014, July 2015.
- [5] A. Ngaopitakkul, C. Jettanasen, "The effects of multi-distributed generator on distribution system reliability", 2017 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT-Asia), June 2018.
- [6] Ahmed Ali, "Under Voltage and Over Voltage Monitor to Protect the Electrical Load", 2019 IEEE PES/IAS PowerAfrica, December 2019.
- [7] Papon Ngamprasert, Nattachote Rugthaicharoencheep, Sakhon Woothipatanapan, "Application Improvement of Voltage Profile by Photovoltaic Farm on Distribution System" , 2019 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI), Oct. 2019.
- [8] Papon Ngamprasert, Sakhon Woothipatanapan, Poonsri Wannakarn, Nattachote Rugthaicharoencheep, "Improvement for Voltage Sag with Photovoltaic Performance on Distribution System", IEET - International Electrical Engineering Transactions, Vol. 6 No.1 (10) pp. 28-33, January 2020.
- [9] Papon Ngamprasert, Poonsri Wannakarn, Nattachote Rugthaicharoencheep, "Enhance Power Loss in Distribution System Synergy Photovoltaic Power Plant", 2020 International Conference on Power, Energy and Innovations (ICPEI), Oct. 2020.
- [10] N. Mwakabuta, and A. Sekar, "Study of the application of evolutionary algorithms for the solution of capacitor deployment," in Proc. Southeastern Symposium on System Theory Conf., pp. 178-182, 2008.

คณะผู้วิจัย



รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail: nattachote.r@rmutp.ac.th

การศึกษา

ปร.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
คอ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทเวศร์

งานวิจัยที่สนใจ

การวางแผนและปฏิบัติการในระบบไฟฟ้ากำลัง ผลกระทบของการเชื่อมต่อแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายในระบบจำหน่ายไฟฟ้า และเทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุด

ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพ

ใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม ระดับสามัญวิศวกร สาขาไฟฟ้า งานไฟฟ้ากำลัง
ใบอนุญาตผู้ตรวจสอบอาคาร

สมาชิกสมาคมวิชาชีพ

- สมาคมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า (แห่งประเทศไทย)
- สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) วุฒิสมาชิก ตลอดชีพ
- Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology Association of Thailand (ECTI Thailand)
- Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)

คณะผู้วิจัย



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัส บุญเกียรติทอง
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail: manat.b@rmutp.ac.th

การศึกษา

ปร.ด.(เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
คอ.ม.(เทคโนโลยีเทคนิคศึกษา) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
วศ.บ.(วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์) มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- การจัดการด้านอนุรักษ์พลังงาน
- การตรวจสอบความปลอดภัยในอาคารควบคุม

งานทางวิชาการ

- การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียด้วยการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระจายตัวชนิดเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดร้อยละ 50 ของความต้องการโหลดในระบบไฟฟ้ากำลัง
- การปรับปรุงแรงดันไฟฟ้าในระบบจำหน่ายโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ในโปรแกรม MATLAB/Simulink

คณะผู้วิจัย



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาคร วุฒิพัฒน์พันธุ์
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail: sakhon.w@rmutp.ac.th

การศึกษา

วศ.ด.(วิศวกรรมไฟฟ้า)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วศ.ม.(วิศวกรรมไฟฟ้า)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า)

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

งานวิจัยที่สนใจ

- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
- การประยุกต์ใช้งานอิเล็กทรอนิกส์กำลังกับระบบไฟฟ้ากำลัง
- คุณภาพกำลังไฟฟ้า
- ระบบเซลล์แสงอาทิตย์

งานทางวิชาการ

- การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายไฟฟ้าด้วยเทคนิคการเชื่อมต่อตัวเก็บประจุไฟฟ้า
- การประเมินความเสี่ยงและการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์
- การออกแบบเครื่องกรองความถี่แบนด์พาสแบบปรับตัวได้
- ผลกระทบค่าความเหนี่ยวนำแฝงของความต้านทานปรับหน้าคลื่นของเครื่องกำเนิดแรงอิมพัลส์ฟ้าผ่า

คณะผู้วิจัย



รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
E-mail: supawud.n@rmutp.ac.th

การศึกษา

Ed.D.(Educational administration) University of Northern Philippines
วศ.ม.(วิศวกรรมไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

งานวิจัยที่สนใจ

- วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง
- การประยุกต์ทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง
- วิศวกรรมพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก
- การประยุกต์ทางวิศวกรรมไฟฟ้า

งานทางวิชาการ

- การสร้างชุดอิเล็กทรอนิกส์โทรดทดสอบค่าความคงทนไดอิเล็กตริกของฉนวนน้ำมันหม้อแปลงอ้างอิงตามมาตรฐาน IEC156
- การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียที่มาจากกาเผาไหม้ของเหง้าทะเลลายปาล์มของโรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยโอโซนที่ได้จากโคโรนาดิสชาร์จ
- การวิเคราะห์เซอร์กิตเบรกเกอร์ 115 kV สำหรับการวางแผนซ่อมบำรุง 115 kV Circuit Breaker Analysis for Maintenance Plan

คณะผู้วิจัย



นายนเรศ ชลิ่งสุทธิ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

E-mail: narate.c@rmutp.ac.th

การศึกษา

วศ.ม.(วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
 วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

งานวิจัยที่สนใจ

- การออกแบบระบบไฟฟ้า
- พลังงานทดแทนพลังงานแสงอาทิตย์จากเซลล์แสงอาทิตย์
- การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

งานทางวิชาการ

- การออกแบบตัวเก็บประจุแรงดันไฟฟ้าขนาดกลางเพื่อที่จะใช้ในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
- การควบคุมกำลังไฟฟ้รีแอกทีฟอย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระบบไฟฟ้ากำลัง
- การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้าและศึกษาผลกระทบทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโรงผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์
- การวางแผนผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการจัดเรียงสายป้อนในระบบจำหน่ายไฟฟ้า