

การวางแผนและปฏิบัติการอย่างเหมาะสมตามแผนเหตุการณ์เพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้า

Optimal Planning and Operation with Scenarios for Increasing Capacity of Transmission System

ณัฏพล เรืองทรัพย์, มนัส บุญเกียรติทอง และ นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร e-mail : nattachote.r@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการวางแผนและปฏิบัติการอย่างเหมาะสมตามแผนเหตุการณ์เพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้าโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้าตามแผนเหตุการณ์ ปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มที่สูงขึ้นถ้าเกิดเหตุการณ์เพิ่มโหลดในระบบอย่างทันทีทันใดจะส่งผลให้ระบบส่งกำลังไฟฟ้ารับภาระโหลดทางไฟฟ้ามากเกินไป ดังนั้นจึงเสนอบทความนี้เพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์โดยแบ่งออกเป็น 4 กรณีศึกษา ได้แก่ กรณีที่ 1 ปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกจากระบบ กรณีที่ 2 เพิ่มวงจรสายส่ง กรณีที่ 3 ลดแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงและปลดวงจรสายส่ง กรณีที่ 4 เพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว จากผลการทดสอบเพิ่มสมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้าพบว่ากรณีที่ 1 และ 3 ส่งผลให้ค่ากระแสในสายส่งไฟฟ้าบางวงจรสูงเกินไป ส่วนกรณีที่ 2 และ 4 ส่งผลให้สมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การวางแผนและปฏิบัติการ, แผนเหตุการณ์, ระบบส่งกำลังไฟฟ้า

Abstract

This paper presents an optimal planning and operation with scenarios for increasing capacity of transmission system. The purpose of this study was to study the efficiency of the power transmission system according to the current events plan. At present the power consumption tends to be higher, if a sudden increase in the load in the system will result in the transmission system being overloaded with the electrical load. Therefore this paper is proposed to increase the efficiency of the power transmission system by The mathematical simulation program was divided into 4 case studies. Case 1 disconnecting the generator from the system, Case 2 adding a transmission line, Case 3 reducing the voltage at the reference bus and disconnecting the transmission line, Case 4 Adding a power generating source. From the results of the test to increase the efficiency of the power transmission system, it was found that cases 1 and 3 resulted in excessive current in some transmission lines while cases 2 and 4 resulted in increased efficiency of the power transmission system.

Keywords: Planning and Operation, Scenarios, Transmission System

The manuscript received June 18, 2021; revised September 17, 2021; accepted November 20, 2021; available online August 31, 2022.

*Corresponding author: นัฐโชติ รักไทยเจริญชีพ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (E-mail:nattachote.r@rmutp.ac.th)

1. บทนำ

ระบบส่งกำลังไฟฟ้าทั่วโลกกำลังอยู่ระหว่างการเปลี่ยนแปลงและการปรับโครงสร้างใหม่อย่างต่อเนื่องระบบส่งกำลังไฟฟ้าในปัจจุบันมีภาระทางไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นและดำเนินการในลักษณะที่ไม่ได้คาดคิดไว้ในตอนแรกระบบส่งกำลังไฟฟ้าต้องมีความยืดหยุ่นเพื่อตอบสนองต่อการสร้างและรูปแบบของโหลดที่หลากหลายมากขึ้น [1] ในอดีตมีวิธีการมากมายสำหรับการแก้ปัญหาการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบส่งกำลังไฟฟ้า ในปี ค.ศ. 1960 วิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือวิธีนิวตันราฟสันและเกาส์ไซเดล [2] ในปี ค.ศ. 2010 ได้มีงานวิจัยที่จะหาการไหลที่ดีที่สุดสำหรับระบบ 30 บัสเพื่อแก้ปัญหาและลดต้นทุนการดำเนินงานด้วยโปรแกรมเพาเวอร์วิลด [3] ในปี ค.ศ. 2014 มีงานวิจัยการเพิ่มความเสถียรของแรงดันไฟฟ้าในระบบส่งกำลังโดยใช้ ตัวชดเชยชูดิงโครนัสแบบคงที่ ในงานวิจัยนี้การวิเคราะห์การไหลของพลังงานได้ดำเนินการโดยใช้โปรแกรม MATLAB [4] ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยเป็นสื่อการสอนหนึ่งในโปรแกรมที่ถูกนำมาใช้ก็คือ โปรแกรมเพาเวอร์วิลด [5] เป็นโปรแกรมที่ใช้สัญลักษณ์กราฟิกแทนอุปกรณ์ระบบ เช่น บัส เครื่องกำเนิดไฟฟ้า โหลด สายส่ง และ หม้อแปลงไฟฟ้า ผู้ใช้งานสามารถออกแบบวงจรได้ด้วยตนเอง [6]

ในบทความนี้จะนำเสนอโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองการไหลในแบบจำลองระบบไฟฟ้ากำลัง 7 บัส โดยแบ่งออกเป็น 4 กรณีศึกษาเพื่อศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้า

2. สมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้า

ในปัจจุบันด้วยการพัฒนาอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องของเศรษฐกิจ การคมนาคม ความต้องการพลังงานไฟฟ้าจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากความจุในการส่งถูกจำกัดด้วยความร้อนของสายส่ง [7] สายส่งไฟฟ้าจะมีความจุที่กำหนดถ้าในระบบไฟฟ้ามีการเพิ่ม โหลดหรือลดโหลดจะส่งผลให้ระบบมีสายส่งบางเส้นที่รับภาระโหลดทางไฟฟ้าสูงเกินไปซึ่งในความเป็นจริงจากมุมมองของการรักษาความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือในการทำงานของระบบสายส่งจำเป็นต้องรักษาวิสัยทัศน์ของระบบเพื่อให้สามารถรองรับปริมาณโหลดที่เพิ่มขึ้นให้เพียงพอในกรณีฉุกเฉิน เพื่อให้มั่นใจถึงสถานะด้านความปลอดภัยผู้จ่ายไฟจะปรับความจุของสายให้สามารถรับโหลดได้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อรองรับกรณีฉุกเฉิน [8]

3. โปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์

ระบบไฟฟ้าในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากดังนั้นจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า [6] โปรแกรมนี้เป็นการจำลองสถานการณ์ในระบบไฟฟ้ากำลังเพื่อคาดการณ์การขัดข้องของระบบไฟฟ้า โปรแกรมจะทำการจำลองการไหลของพลังงานที่เหมาะสมและนำเสนอข้อมูลของระบบไฟฟ้าเป็นภาพเคลื่อนไหวของกำลังไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าและค่าพารามิเตอร์ในระบบไฟฟ้า [5] โปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 โปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์

โปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์มีการคำนวณตามหลักนิวตัน-ราฟสัน โดยค่ากำลังไฟฟ้าจริงและค่ากำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสามารถคำนวณได้จากสมการ (1)-(2)

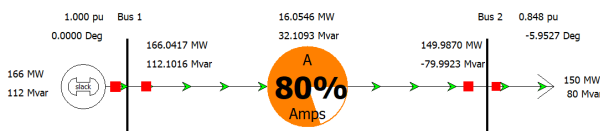
$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \cos(\theta_{ij} + \delta_j + \delta_i) \quad (1)$$

$$Q_i = - \sum_{j=1}^n |V_i V_j Y_{ij}| \sin(\theta_{ij} + \delta_j + \delta_i) \quad (2)$$

โดยที่ P_i คือ กำลังไฟฟ้าที่บัส i และ Q_i คือ กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่บัส i โดยรูปแบบสมการเมทริกซ์สำหรับการวิเคราะห์นิวตัน-ราฟสัน ดังสมการที่ (3)

$$\begin{bmatrix} \Delta P_i \\ \Delta Q_i \end{bmatrix} = [J] \begin{bmatrix} \Delta \delta_i \\ \Delta |V_i| \end{bmatrix} \quad (3)$$

โดยที่ J คือ เมทริกซ์จาโคเบียน V_i คือ แรงดันไฟฟ้าที่บัส i และ δ คือ มุมของแรงเคลื่อนไฟฟ้า โปรแกรมสามารถแสดงทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าที่เสมือนจริง แรงดัน ขนาดของมุม กำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟโดยสามารถเรียกดูค่า กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่งและเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพของสายส่งขณะที่โปรแกรมทำการจำลองอยู่ ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์

4. แผนเหตุการณ์

แผนเหตุการณ์เป็นการคาดการณ์สิ่งที่มีโอกาสที่จะเกิดขึ้นในระบบส่งกำลังไฟฟ้า เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดความเสียหาย สายส่งไฟฟ้าขาด

หรือ เกิดฟอลต์ เพิ่มโหลดในระบบไฟฟ้าแบบทันทีทันใดเป็นต้นซึ่งเหตุการณ์ที่กล่าวมาส่งผลทำให้เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องและ สูญเสียเสถียรภาพในระบบไฟฟ้ากำลัง ในอดีตได้เกิดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องครั้งใหญ่หลายครั้ง เช่น เหตุไฟฟ้าขัดข้องครั้งใหญ่ของสหรัฐและไฟฟ้าขัดข้องที่อิตาลี เป็นต้น [9] โดยในบทความวิจัยนี้นำเสนอกรณีศึกษา 4 กรณี

5. กรณีศึกษา

ในบทความนี้มีการประมวลผลเทคนิคที่นำเสนอด้วยโปรแกรมทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าโดยจะเพิ่มสมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้าทดสอบในแบบจำลองระบบส่งกำลังไฟฟ้า 7 บัส โดยแบ่งออกเป็น 4 กรณีศึกษา ได้แก่

- กรณีที่ 1 ปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกจากระบบ
- กรณีที่ 2 เพิ่มวงจรสายส่ง
- กรณีที่ 3 ลดแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงและปลดวงจรสายส่ง
- กรณีที่ 4 เพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

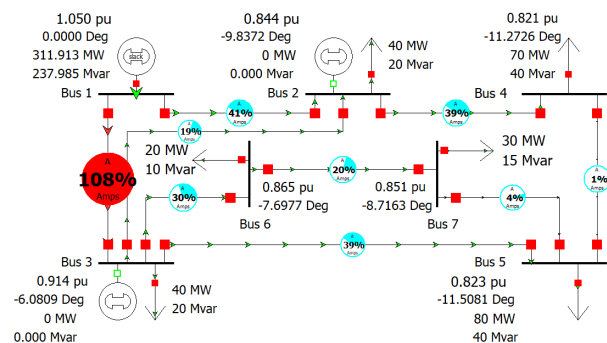
กรณีที่ 1 ปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกจากระบบ

ในกรณีนี้ทำการปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 2 และ 3 ออกจากระบบ พารามิเตอร์สายส่ง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์สายส่ง

Line	From	To	R (p.u.)	X _L (p.u.)
1	1	2	0.08	0.24
2	1	3	0.02	0.06
3	2	3	0.06	0.18
4	2	4	0.01	0.03
5	3	5	0.04	0.12
6	3	6	0.04	0.06
7	4	5	0.08	0.24
8	5	7	0.02	0.45
9	6	7	0.01	0.04

การไหลของกำลังไฟฟ้าในกรณีปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 2 และ 3 ดังแสดงในรูปที่ 3 และ ผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 3 การไหลกรณีปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกจากระบบ

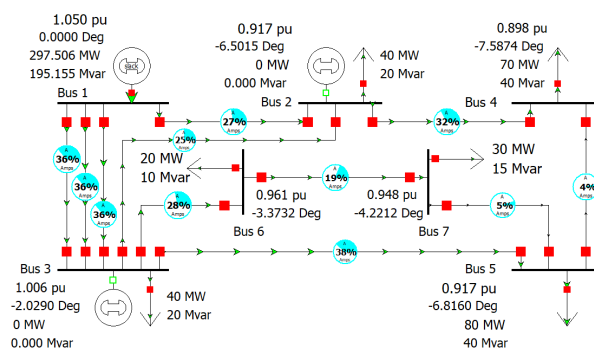
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการไหลกรณีปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกจากระบบ

Bus	Type	V	δ	Load		Generator	
				P(MW)	Q(Mvar)	P(MW)	Q(Mvar)
1	Slack	1.050	0	0	0	311.919	237.979
2	PV	0.844	-9.8376	40	20	0	0
3	PV	0.914	-6.0811	40	20	0	0
4	PQ	0.821	-11.2730	70	40	0	0
5	PQ	0.823	-11.5086	80	40	0	0
6	PQ	0.865	-7.6980	20	10	0	0
7	PQ	0.851	-8.7166	30	15	0	0

เมื่อปลดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัส 2 และ 3 ออกจากระบบพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่บัส 2-7 มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงทำงานหนักเกินไปส่งผลให้ค่ากระแสไฟฟ้าในสายส่งบางวงจรสูงเกินไปส่งผลให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบไฟฟ้ากำลังและสมรรถนะในระบบส่งกำลังไฟฟ้าลดลง

กรณีที่ 2 เพิ่มวงจรสายส่ง

ในกรณีนี้อ้างอิงจากกรณีที่ 1 โดยเพิ่มวงจรสายส่ง L1-3 จำนวน 2 เส้น ดังแสดงในรูปที่ 4 และ ผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 3



รูปที่ 4 การเพิ่มวงจรสายส่ง L1-3 จำนวน 2 เส้น

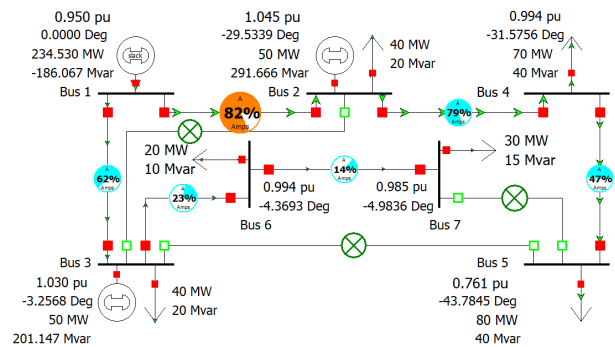
ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเพิ่มเพิ่มวงจรสายส่ง L1-3 จำนวน 2 เส้น

Bus	Type	V	δ	Load		Generator	
				P(MW)	Q(Mvar)	P(MW)	Q(Mvar)
1	Slack	1.050	0	0	0	297.506	195.155
2	PV	0.917	-6.5015	40	20	0	0
3	PV	1.006	-2.0290	40	20	0	0
4	PQ	0.898	-7.5874	70	40	0	0
5	PQ	0.917	-6.8160	80	40	0	0
6	PQ	0.961	-3.3732	20	10	0	0
7	PQ	0.948	-4.2212	30	15	0	0

เมื่อเพิ่มวงจรสายส่งไฟฟ้าพบว่าค่ากระแสไฟฟ้าในสายส่งบางวงจรมีค่าลดลงส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่บัส 2-7 มีค่าเพิ่มขึ้นและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงลดการผลิตได้ 14.407 MW เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 และสามารถเพิ่มสมรรถนะในระบบส่งกำลังไฟฟ้า

กรณีที่ 3 ลดแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงและปลดวงจรสายส่ง

ในกรณีนี้กำหนดแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงมีค่า 0.95 pu. และปลดวงจรสายส่งได้แก่ L2-3 L3-5 L5-7 การไหลของกำลังไฟฟ้าในกรณีลดแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงและปลดวงจรสายส่ง ดังแสดงในรูปที่ 5 และผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 4



รูปที่ 5 การไหลกรณีลดแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงและปลดวงจรสายส่ง

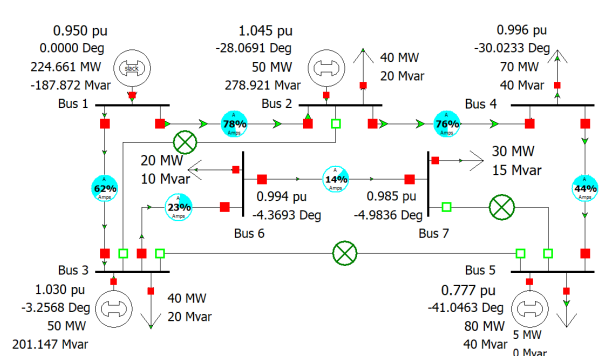
ตารางที่ 4 ผลการทดสอบกรณีลดแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงและปลดวงจรสายส่ง

Bus	Type	V	δ	Load		Generator	
				P(MW)	Q(Mvar)	P(MW)	Q(Mvar)
1	Slack	0.950	0	0	0	234.530	-186.067
2	PV	1.045	-29.5339	40	20	50	291.666
3	PV	1.030	-3.2568	40	20	50	201.147
4	PQ	0.994	-31.5756	70	40	0	0
5	PQ	0.761	-43.7845	80	40	0	0
6	PQ	0.994	-4.3693	20	10	0	0
7	PQ	0.985	-4.9836	30	15	0	0

เมื่อลดแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงและปลดวงจรสายส่งพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่บัส 5 มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานและสายส่งบางวงจรรับภาระโหลดทางไฟฟ้าสูงเกินไปส่งผลให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบและสมรรถนะในระบบส่งกำลังไฟฟ้าลดลง

กรณีที่ 4 เพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

ในกรณีนี้อ้างอิงจากกรณีที่ 3 โดยเพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 5 ขนาด 5 MW ดังแสดงในรูปที่ 6 และผลการทดสอบ ดังแสดงในตารางที่ 5

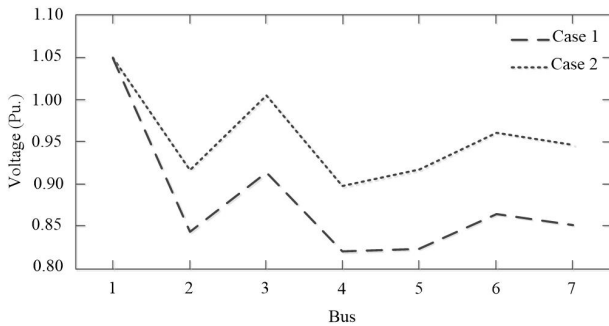


รูปที่ 6 การเพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 5 ขนาด 5 MW

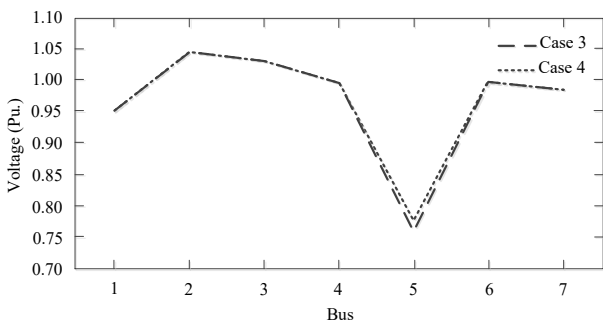
ตารางที่ 5 ผลการทดสอบเพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 5 ขนาด 5 MW

Bus	Type	V	δ	Load		Generator	
	Bus	(p.u.)	(Degree)	P(MW)	Q(Mvar)	P(MW)	Q(Mvar)
1	Slack	0.950	0	0	0	224.661	-187.872
2	PV	1.045	-28.0691	40	20	50	278.921
3	PV	1.030	-3.2568	40	20	50	201.147
4	PQ	0.996	-30.0233	70	40	0	0
5	PQ	0.777	-41.0463	80	40	5	0
6	PQ	0.994	-4.3693	20	10	0	0
7	PQ	0.985	-4.9836	30	15	0	0

เมื่อเพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวที่บัส 5 ขนาด 5 MW พบว่าแรงดันไฟฟ้าที่บัส 5 เพิ่มขึ้นส่งผลให้สมรรถนะในระบบส่งกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ผลลัพธ์แรงดันไฟฟ้าสำหรับกรณี 1 และ 2 ดังแสดงในรูปที่ 7 และ ผลลัพธ์แรงดันไฟฟ้าสำหรับกรณี 3 และ 4 ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 7 ข้อมูลแรงดันไฟฟ้ากรณีปิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกจากระบบและกรณีปิดวงจรสายส่ง



รูปที่ 8 ข้อมูลแรงดันไฟฟ้ากรณีลดแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงและปิดวงจรสายส่งและเพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว

6. สรุป

บทความนี้นำเสนอการวางแผนและปฏิบัติการที่เหมาะสมตามแผนเหตุการณ์เพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบส่งกำลังไฟฟ้าทดสอบด้วยโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งได้ดำเนินการ 4 กรณีดังนี้ กรณีที่ 1 ปิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกจากระบบ กรณีที่ 2 เพิ่มวงจรสายส่ง กรณีที่ 3 ลดแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงและปิดวงจรสายส่ง กรณีที่ 4 เพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัว พบว่าในกรณี 1 และกรณี 3 เมื่อปิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าออกจากระบบ ลดแรงดันไฟฟ้าที่บัสอ้างอิงและปิด

วงจรสายส่งตามลำดับ ส่งผลให้ค่ากระแสในสายส่งไฟฟ้าบางวงจรสูงเกินไปมีผลทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายส่ง ส่วนกรณีที่ 2 และกรณีที่ 4 เมื่อเพิ่มวงจรสายส่งและเพิ่มแหล่งผลิตไฟฟ้าแบบกระจายตัวตามลำดับ สามารถเพิ่มสมรรถนะในระบบส่งกำลังไฟฟ้า

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่งบประมาณปี 2564

เอกสารอ้างอิง

- [1] A. L. P. de Oliveira, "The Main Aspects of Fixed Series Compensations Dimensioning at Brazilian 230 kV Transmission System", 2008 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, Aug 2008.
- [2] Enes Cengiz, Cemal Yilmaz, Ercan Nurcan Yilmaz, Hamdi Tolga Kahraman, "Importance of Power Flow and Load Analysis in Pre-Installation Power Systems", 2019 3rd ISMSIT, Oct 2019.
- [3] Harprit Kaur, Y.S Brar, Jaswinder Singh Randhawa, "Optimal power flow using power world simulator", IEEE Electrical Power & Energy Conference, Aug 2010.
- [4] C.Anitha, P.Arul, "Enhancement of voltage stability in transmission system using SSSC", International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies, March 2015.
- [5] Syafaruddin Syafaruddin, Satriani Latief, "Lesson Learned from Power System Design with PowerWorld Simulator", 2018 2018 Conference on Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE), Oct 2018.
- [6] Fouzul Azim Shaikh, Zaheeruddin, M.S.Jameel Asghar, Gajendra Singh, "Soft Computing Techniques and Role of Power World Simulator for forecasting and mitigation of power system blackout", ICCIMA 2007, Dec 2007.
- [7] Huang Xinbo, Cheng Ronggui, "Theoretical Study on Dynamic Capacity-increase of Transmission Lines", 2008 International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, April 2008.
- [8] Gang Qu, Haozhong Cheng, Liangzhong Yao, Zeliang Ma, Zhonglie Zhu, Xiaohui Wang, Jianzhong Lu, "Transmission Surplus Capacity Based Power Transmission Expansion Planning Using Chaos Optimization Algorithm", 2008 Third International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, April 2008.
- [9] M.R. Wadi, M.F. Bara, Ola Caslson, Faraj Ali Elammari, "Voltage stability analysis and improvement for the South-West Libya electrical power system part 1: Problem identification", International Universities Power Engineering Conference, Sep 2008.