

การศึกษาการแกว่งของกำลังไฟฟ้าแบบ Inter area mode ในระบบสายส่ง 115 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เมื่อต่อร่วมกับผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายย่อย

Study of Power Oscillation in Inter Area Mode Type in 115 kV PEA's Distribution Radial Line when Connected with Small Electricity Generation System

ภาธร มินานัญ¹, กฤษณ์ชนม์ ภูมิภคพิชญ์² และกฤตภาส บุญประภาศรี¹

¹แผนกวิศวกรรมและการตลาด การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคศรีสค

60 ม. 6 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ : 0-2516-1094 E-mail: patornme@yahoo.co.th.

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์ : 0-2549-3571 E-mail: krischonme.b@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาและวิเคราะห์การแกว่งของกำลังไฟฟ้าในระบบสายส่ง 115 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแบบเรเดียลขณะเชื่อมต่อกับระบบการผลิตไฟฟ้าเอกชนรายย่อยในแบบ Inter area mode ซึ่งเป็นการแกว่งของกำลังไฟฟ้าจากการโต้ตอบกันระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลุ่มหนึ่งกับเครื่องกำเนิดกลุ่มอื่นๆ ความถี่จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0.1 ถึง 1 Hz การศึกษาและวิเคราะห์การแกว่งของกำลังไฟฟ้าอาศัยการประมวลผลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำการทดสอบโดยสมมุติให้มีการเปิดและปิดกลับเบรกเกอร์ที่บัสสถานีของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงโหลดในพื้นที่ 1 เกิดการถ่ายเทกำลังไฟฟ้าระหว่างพื้นที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ประมาณ 0.3 Hz ผลจากการศึกษาและวิเคราะห์การแกว่งของกำลังไฟฟ้าเพื่อให้ทราบถึงคุณลักษณะการเปลี่ยนแปลงความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขณะต่อเชื่อมกับสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคโดยตรงซึ่งจะมีผลต่อกระบวนการผลิตของผู้ใช้ไฟ และเพื่อใช้เป็นแนวทางการป้องกัน และลดมูลค่าความเสียหายในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

คำสำคัญ: การแกว่งของกำลังไฟฟ้า, ไฟฟ้าเอกชนรายย่อย, ระบบจำหน่ายแบบเรเดียล

Abstract

This paper presents the study and analysis of power oscillations in 115 kV Provincial Electricity Authority radial distribution line that connected with small electricity generation system. The power oscillations in power system classify into the Inter area mode type. This type involves the combination of many machines which part of a system oscillating against machines another part of system. The power oscillations frequency changes between 0.1 to 1 Hz. The study and analysis of power oscillations are carried out by using MATLAB/SIMULINK program to compute the power oscillations. The

power oscillation in Inter area mode type assumed to suddenly close and open circuit breaker in PEA's substation. The loads change in area 1. and the power flows from area 1. to area 2. The power oscillations frequency is changed 0.3 Hz. The results of solution show that the characteristic of power oscillation frequency in the generator when connected with 115 kV PEA's distribution radial line.

Keywords: Power oscillations, Small electricity generation system, Provincial Electricity Authority radial distribution Line

1. คำนำ

ปัจจุบันระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าของเอกชนรายย่อยในระดับแรงดัน 115 kV เพิ่มขึ้นตามสถานะเศรษฐกิจและความต้องการด้านพลังงานอย่างรวดเร็ว ประกอบกับการลดการสร้างโรงจักรไฟฟ้าขนาดใหญ่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เนื่องจากปัญหาการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมและงบประมาณในการก่อสร้าง ซึ่งรัฐบาลมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้ภาคเอกชนเข้าดำเนินการผลิตพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากเชื้อเพลิงที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและใช้ทรัพยากรที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [1] ระบบการผลิตพลังงานไฟฟ้าของผู้ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายย่อยส่วนหนึ่งจะขายพลังงานไฟฟ้าให้กับ กฟผ. ผ่านสายส่งระบบ 115 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) โดยตรงการเชื่อมต่อโรงไฟฟ้าดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

การศึกษาเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งโดยเฉพาะการศึกษาวิเคราะห์เสถียรภาพชั่วคราว (Transient stability) และเสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็ก (Small signal stability) เนื่องจากในปัจจุบันระบบไฟฟ้าเป็นแบบกระจายศูนย์ (Decentralized Electrical System) ดังนั้นในบทความนี้จะนำเสนอการศึกษาเสถียรภาพสัญญาณขนาดเล็กโดยศึกษาการแกว่งของกำลังไฟฟ้าในระบบที่มีการเชื่อมโยงกับโรงไฟฟ้าขนาดเล็กของเอกชนรายย่อยโดยมุ่งเน้นศึกษาเสถียรภาพแบบ Inter area mode [2]

จากการศึกษาระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พบว่าหน้าที่หลักของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค [3] จะทำการรับซื้อพลังงานไฟฟ้าจาก กฟผ. ระดับแรงดัน 115 และ 69 เควี โดยขายพลังงานไฟฟ้าในระบบสายส่ง 115 และ 69 เควี รวมถึงแรงดันระดับปานกลาง 33 และ 22 เควี ให้กับลูกค้าโครงสร้างของระบบสายส่งและระบบจำหน่ายเป็นแบบเรดิอัลสามารถถ่ายเทโหลดถึงกันได้ระหว่างสายป้อนและที่สถานีไฟฟ้า ซึ่งระบบการผลิตของโรงไฟฟ้าเอกชนรายย่อยจะขายพลังงานไฟฟ้าให้กับ กฟผ. ผ่านสายส่ง 115 เควี ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและเมื่อทำการศึกษาค่าความเสถียรภาพของระบบพบว่าอาจเกิดการแกว่งของกำลังในระบบผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเอกชนรายย่อยเมื่อต่อสายส่งระบบ 115 เควี กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยตรง

บทความนี้นำเสนอการแกว่งของกำลังไฟฟ้าที่เกิดจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องหนึ่งได้ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกเครื่องหนึ่งในระบบการส่งกำลังไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 115 เควี ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและทำการออกแบบทดลองผลโดยการนำเอาค่าพารามิเตอร์ต่างๆในระบบสายส่งของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแทนลงในแบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณพร้อมทำการสรุปผลการแกว่งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ต่อกันในแบบ Inter area mode เมื่อเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับสายส่งระบบ 115 เควี ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยตรง

2. การวิเคราะห์การแกว่งของกำลังไฟฟ้า

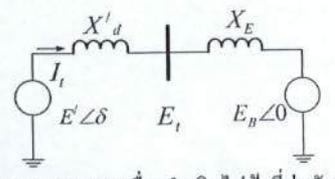
2.1 เสถียรภาพของระบบไฟฟ้า

เสถียรภาพของระบบไฟฟ้าจะอยู่ภายใต้ความสมดุลระหว่าง Mechanical Torque และ Electrical Torque ถ้าเสถียรภาพของระบบเปลี่ยนแปลงไปจุดสมดุลจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยมีผลทำให้อัตราเร่งของ Rotor Angle ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามกฎของการเคลื่อนที่ (Motion Equation) การเพิ่มขึ้นของขนาดมุมที่แยกออกจากกันมากเท่าใดจะสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการถ่ายเทกำลังไฟฟ้าที่ลดลงตามความสัมพันธ์ระหว่าง $P - \delta$ และผลของมุมที่แยกออกมากยิ่งขึ้นจะทำให้เสถียรภาพของระบบยิ่งลดลง [6] ซึ่งกำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อมุมเป็น 90°

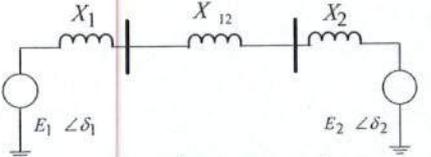
$$P_{max} = \frac{|E'| |V|}{X_T} \quad (1)$$

2.2 การวิเคราะห์แบบเชิงเส้น

ในบทความนี้จะทำการวิเคราะห์การแกว่งของกำลังไฟฟ้าแบบ Inter area mode [4] โดยอาศัยหลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Classical เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ที่เกี่ยวกับเสถียรภาพของระบบไฟฟ้าสามารถแสดงการต่อวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อกับบัสอนันต์ ได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อกับบัสอนันต์



รูปที่ 2 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อกับบัสอนันต์

จากรูปที่ 2 เป็นวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อกับบัสอนันต์โดยที่ E' เป็นแรงดันที่อยู่หลัง Reactance X_d' , X'_d คือความต้านทานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, E_i เป็นแรงดันที่ปลายเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, E_∞ เป็นแรงดันที่ปลายของบัสอนันต์ และ δ เป็นมุมระหว่าง E' ที่อยู่เหนือ E_∞ ถ้ากำหนดให้มุม E' เป็นมุมอ้างอิงจะได้รับความสัมพันธ์ดังนี้

$$\tilde{i} = \frac{E' \angle 0^\circ - E_\infty \angle -\delta}{jX_T} = \frac{E' - E_\infty (\cos\delta - j\sin\delta)}{jX_T} \quad (2)$$

โดยที่กำลังไฟฟ้าหลัง X'_d จำได้ดังสมการที่

$$S' = P + jQ = E' I^* \quad (3)$$

$$E' = E'_i + jX'_d I^* \quad (4)$$

$$X_T = X'_d + X_E \quad (5)$$

2.3 การวิเคราะห์รูปแบบสถานะ

กำหนดให้ $x_1 = \Delta\delta$ และ $x_2 = \Delta\omega = \dot{\Delta\delta}$ เขียนสมการสถานะในรูปเมทริกได้เป็น และแปลงลาปลาซสมการ (18) จะหาค่า $X(s)$ จะได้ ดังสมการที่ (19)

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\omega_n^2 & -2\zeta\omega_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$X(S) = \frac{\begin{bmatrix} S + 2\zeta\omega_n & 1 \\ -\omega_n^2 & S \end{bmatrix} X(0)}{S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2} \quad (7)$$

เนื่องจากการวิเคราะห์ Small Disturbance ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระบบโรเตอร์ถูกรบกวนเล็กน้อยด้วยมุมขนาดเล็กๆ สามารถหาค่า $x(0)$ ได้เป็น $x_1 = \Delta\delta$ และ $x_2 = \Delta\omega = 0$ จะได้คำตอบในรูปสมการลาปลาซเป็นดังสมการที่ (8) และ (9)

$$\Delta\delta(S) = \frac{(S + 2\zeta\omega_n) \Delta\delta_0}{S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2} \quad (8)$$

และ
$$\Delta\omega(S) = \frac{\omega_n^2 \Delta\delta_0}{S^2 + 2\zeta\omega_n S + \omega_n^2} \quad (9)$$

แก้สมการลาปลาซของสมการที่ (8) และ (9) จะได้ผลตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงมุมที่แกนโรเตอร์ และความเร็วเชิงมุมในรูปของเวลาได้ดังสมการที่ (10) และ (11)

PW2_4

PW2_4

$$\Delta \delta = \frac{\Delta \delta_0}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta \omega_n t \sin(\omega_d t + \theta)} \quad (10)$$

และ

$$\Delta \omega = \frac{\omega_n \Delta \delta_0}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta \omega_n t \sin(\omega_d t)} \quad (11)$$

เมื่อ $\omega_d = \omega_n \sqrt{1-\zeta^2}$ และ $\theta = \cos^{-1} \zeta$ สมการการเปลี่ยนแปลงของมุมกำลัง (Power angle) โรเตอร์เนื่องจาก Small Disturbance เป็น ดังสมการที่ (12)

$$\delta = \delta_0 + \frac{\Delta \delta_0}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta \omega_n t \sin(\omega_d t + \theta)} \quad (12)$$

สมการการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์ เนื่องจาก Small disturbance ดังสมการที่ (13) และค่า Response time constant ดังสมการที่ (14) ผลตอบสนองที่เกิดขึ้น จะเข้าสู่ค่าคงที่ ที่เวลาประมาณ $t \approx 4\tau$

$$\omega = \omega_0 - \frac{\omega_n \Delta \delta_0}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta \omega_n t \sin(\omega_d t)} \quad (13)$$

$$\tau = \frac{1}{\zeta \omega_n} \quad (14)$$

2.4 ระบบควบคุมอัตโนมัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลายพื้นที่

เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ใกล้ชิดกันมากจะเกิดการแกว่งสอดประสานกันนอกจากนี้กังหันไอน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะตอบสนองในลักษณะต่าง ๆ กัน ยกตัวอย่างเช่น ในกลุ่มของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกันระบบควบคุมความถี่จะตอบสนองกันทั้งหมดในระบบไฟฟ้าซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อเชื่อมกันระหว่างพื้นที่ 1 และพื้นที่ 2 แสดงได้ดังรูปที่ 2 จากรูปที่ 2 ค่าอิมพีแดนซ์ระหว่างพื้นที่ (X_{12}) จะเท่ากับ $(X_1 + X_2)$ และ ค่ามุมที่เปลี่ยนแปลง (δ_{12}) จะเท่ากับ $(\delta_1 + \delta_2)$ และสมการแกว่งเล็กน้อยระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไหลจาก ΔP_{12} หาได้จากสมการที่ (15)

$$\Delta P_{12} = \frac{|E_1||E_2|}{X_{12}} \sin \delta_{12} \quad (15)$$

และค่าของ P_s คือปริมาณของความชัน โดยเริ่มต้นที่มุม $\delta_{12} = \delta_1 - \delta_2$ ซึ่งหาได้จากสัมประสิทธิ์กำลังไฟฟ้าจากสมการที่ (16)

$$\Delta P_s = \frac{dP_{12}}{d\delta_{12}} \bigg|_{\delta_{12}} = \frac{|E_1||E_2|}{X_{12}} \cos \delta_{12} \quad (16)$$

การแกว่งของกำลังไฟฟ้าระหว่างพื้นที่ทั้งสองเกิดขึ้นเมื่อโหลดเพิ่มหรือลดลงในพื้นที่นั้นๆ และทิศทางการไหลของกำลังไฟฟ้าบ่งบอกโดยความแตกต่างระหว่างมุมเฟส ซึ่งถ้า $\Delta \delta_1 > \Delta \delta_2$ กำลังไฟฟ้าไหลจากพื้นที่ 1 ไปยังพื้นที่ 2 และการเปลี่ยนแปลงเป็นไปดังสมการที่ (17), (18)

และ (19) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเกิดขึ้นที่ ΔP_{L1} พื้นที่ 1 เสมือนการแกว่งของความถี่ในสภาวะคงตัว

$$\Delta \omega = \Delta \omega_1 = \Delta \omega_2 \quad (17)$$

$$\Delta P_{m1} - \Delta P_{12} - \Delta P_{L1} \omega = \Delta \omega D_1 \quad (18)$$

$$\Delta P_{m2} + \Delta P_{12} = \Delta \omega D_2 \quad (19)$$

ซึ่งค่าของ B_1, B_2 หาได้จากสมการที่ (20) และ (21)

$$B_1 = \frac{1}{R_1} + D_1 \quad (20)$$

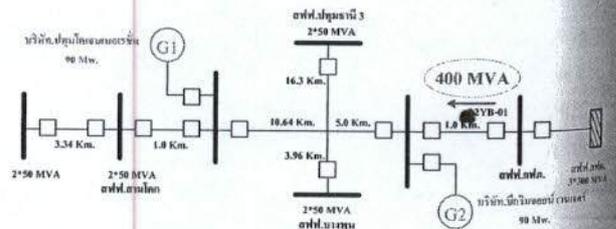
$$B_2 = \frac{1}{R_2} + D_2 \quad (21)$$

และค่ากำลังไฟฟ้าระหว่างพื้นที่หาได้จากสมการที่ (22)

$$\Delta P_{12} = \frac{\left(\frac{1}{R_2} + D_2\right) \Delta P_{L1}}{\left(\frac{1}{R_1} + D_1\right) + \left(\frac{1}{R_2} + D_2\right)} \quad (22)$$

3. การออกแบบและทดลองผล

ทำการทดสอบการแกว่งของกำลังไฟฟ้าระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าบริษัทผลิตไฟฟ้าเอกชนรายย่อยจำนวน 2 เครื่อง เชื่อมต่อกันด้วยสายส่งระดับแรงดัน 115 kV ของ กฟผ. ดังผังโคอะแกรมเดี่ยวรูปที่ 3 โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ในการทดสอบดังตารางที่ 1



รูปที่ 3. โคอะแกรมเส้นเดี่ยวของระบบทดสอบ

ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการทดสอบ

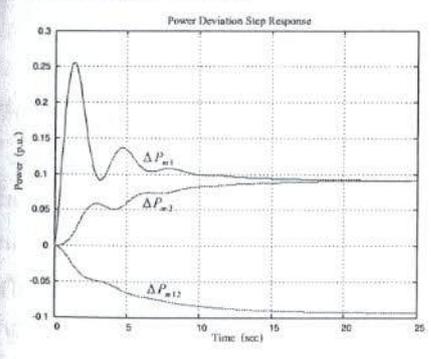
Area	1	2
Speed Regulation	$R_1 = 0.05$	$R_2 = 0.05$
Frequency-sens. Load Coeff	$D_1 = 0.6$	$D_2 = 0.6$
Inertia Constant	$H_1 = 5$	$H_2 = 5$
Base Power	400 MVA	400 MVA
Governor Time Constant	$\tau_{g1} = 0.2 \text{ sec}$	$\tau_{g2} = 0.2 \text{ sec}$
Turbine Time Constant	$\tau_{T1} = 0.5 \text{ sec}$	$\tau_{T2} = 0.5 \text{ sec}$

P₂ พื้นที่

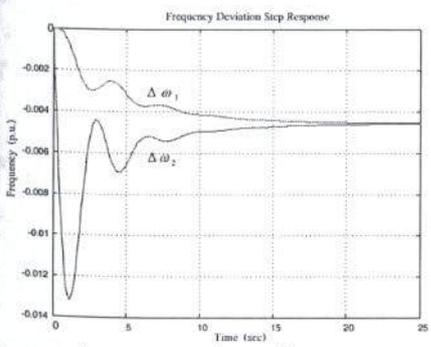
(17)
(18)
(19)
(20)
(21)

จากรูปที่ 3 แสดงฟังก์ชันแอมพลิจูดของระบบทดสอบ สายส่ง 115 kV ของ กฟภ. ซึ่งรับไฟระดับแรงดัน 230/115 สถานีไฟฟ้า กฟภ. ผ่านเบรกเกอร์ 2YB-01 ส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้สถานีไฟฟ้าย่อย กฟภ. สองสถานี ได้แก่ สถานีไฟฟ้าปทุมธานี 3 และ สถานีไฟฟ้าสามโคก ขนาด ติดหม้อแปลง 2*50 MVA ทั้งสองสถานี และในสายส่งดังกล่าวมีระบบ ผลิตไฟฟ้าเอกชนรายย่อยสองราย ได้แก่ บริษัทปทุม โคนเจนเนอเรชั่น และ บริษัทบี.กริมจอยน์เวนเนอร์ ผลิตพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 90 Mw. ขยาย ให้กฟภ. ผ่านสายส่งของ กฟภ. โดยตรง

จากตารางที่ 1 นำค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผู้ผลิต ไฟฟ้าเอกชนรายย่อยขนาด H = 5 MJ/MVA พร้อมค่าพารามิเตอร์สายส่ง ระดับแรงดัน 115 kV ของ กฟภ. มาทำการพล็อตในโปรแกรม คอมพิวเตอร์ MATLAB/SIMULINK เพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้า $E'_{G1} = 1.3010 + 0.2568i$ และ $E'_{G2} = 1.2723 + 0.2388i$ ตามสมการที่ (4) โดยใช้หลักการต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับบัสบัสและสมมุติให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงโหลดที่พื้นที่ 1 ที่สถานีไฟฟ้าสามโคกขนาด 100 เมกะวัตต์ และเบรกเกอร์ 2YB-01 เปิดและปิดกลับวงจรอย่างรวดเร็ว และนำค่า แรงดันไฟฟ้า E'_{G1} และ E'_{G2} ไปพล็อตในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB/SIMULINK เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์กำลังไฟฟ้า (P_s) = 2.412 ตามสมการ (16) นำค่าสัมประสิทธิ์กำลังไฟฟ้าที่ได้พร้อมพารามิเตอร์ที่ เกี่ยวข้องไปพล็อตลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB/SIMULINK ซึ่ง ผลการเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าและความถี่ระหว่างพื้นที่ 1 และ 2 สามารถแสดงได้ดังกราฟรูปที่ 4. และ 5.



รูปที่ 4. การเปลี่ยนแปลงกำลังของเครื่องกำเนิดกังหันไอน้ำ



รูปที่ 5. การเปลี่ยนแปลงความถี่ของเครื่องกำเนิดกังหันไอน้ำ

จากค่าผลการทดสอบในตารางที่ 2. และรูปกราฟการเกิดการ แกว่งของกำลังไฟฟ้าความถี่ในรูปที่ 4. และ 5. ที่ความถี่ของระบบ 50 เฮิร์ตซ์ ของระบบการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าของ กฟภ. กำหนดให้ ประสิทธิภาพกำลังไฟฟ้าเริ่มต้น (P_s) เท่ากับ 2.412 p.u. โดยให้โหลด มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่สถานีไฟฟ้าสามโคกขนาด 100 เมกะวัตต์ เกิด การแกว่งความถี่เปลี่ยนแปลงในสภาวะคงตัว ($\Delta \omega_{ss}$) มีค่าเท่ากับ -0.3034 เฮิร์ตซ์ และความถี่ที่เกิดขึ้นใหม่ในสภาวะคงตัวเท่ากับ 49.6966 เฮิร์ตซ์ ในเวลาประมาณ 25 วินาที การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าในพื้นที่ 1 (ΔP_{m1}) เท่ากับ 48 เมกะวัตต์ และใน พื้นที่ 2 (ΔP_{m2}) เท่ากับ 48 เมกะวัตต์ ซึ่งจะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงกำลังไฟฟ้าเท่ากันระหว่างพื้นที่ 1 และพื้นที่ 2 เท่ากันเนื่องจากค่าของความใหญ่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เท่ากันที่ 5 MJ/MVA

กำลังไฟฟ้าพื้นที่ 1 เป็น 48 เมกะวัตต์ และพื้นที่ 2 เป็น 48 เมกะวัตต์ ความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไปหรือความถี่ใหม่ในสภาวะคงตัว เท่ากับ 49.6966 เฮิร์ตซ์ ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปรวมทั้งสิ้น ประมาณ 96 เมกะวัตต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่ากำลังไฟฟ้าง่ายกว่านี้ยกกว่า กำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงที่พื้นที่ 1 อยู่ประมาณ 4 เมกะวัตต์ ซึ่งเกิดจาก การเปลี่ยนแปลงของโหลดในพื้นที่ 1 เนื่องจากการลดลงของความถี่ที่ เกิดจากการแกว่งของกำลังไฟฟ้าระหว่างพื้นที่

4. สรุปผล

จากการทดสอบการแกว่งของกำลังไฟฟ้าตามผังระบบสายส่ง ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยทำการเชื่อมต่อระบบสายส่งระบบ 115 kV กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของบริษัทเอกชนรายย่อยจำนวนสองราย โดยการ จำลองการเปิด และปิดกลับเบรกเกอร์รหัส 2YB-01 ที่สถานีไฟฟ้าของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และสมมุติให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ โหลดที่ สถานีไฟฟ้าสามโคกของ กฟภ. ในพื้นที่ 1 ผลการทดสอบเกิดการแกว่ง ของกำลังไฟฟ้าในแบบ Inter area mode ผ่านส่งระบบ 115 kV ของการ ไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เมื่อกำหนดให้พื้นที่ 1 มีการเปลี่ยนแปลงของ โหลด 100 เมกะวัตต์ ขนาดของความถี่ลดลงเหลือประมาณ 49.6966 เฮิร์ตซ์ ใช้ เวลาประมาณ 25 วินาทีก่อนเข้าสู่จุดเสถียรภาพของระบบ และจากการ เปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงความถี่ตามเกณฑ์มาตรฐานของการไฟฟ้า ส่วนภูมิภาคอยู่ที่ บวก/ลบ 0.5 เฮิร์ตซ์ ของความถี่การส่งจ่ายกำลัง ไฟฟ้าที่ 50 เฮิร์ตซ์แล้ว พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงความถี่ดังกล่าวเกิน ไม่เกินค่า มาตรฐานความถี่ที่การ ไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดไว้

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, วารสาร นโยบายพลังงานฉบับที่ 38 ตุลาคม - ธันวาคม 2540
[2] Kundur, P., " Power System Stability and Control ", Chapter 12, Small-Signal Stability, pp.699-736.