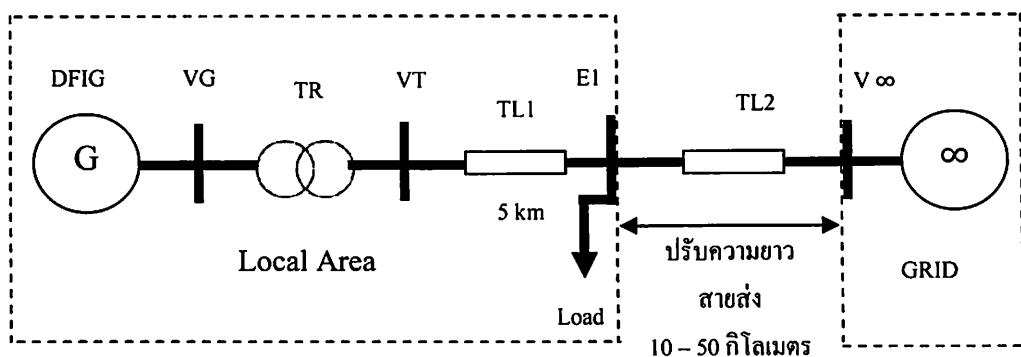


บทที่ 4

การวิเคราะห์เสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลม

ชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง

การวิเคราะห์เสถียรภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง ที่มีผลจากระยะทางของสายส่งกำลังไฟฟ้า โดยมีแบบจำลองที่ใช้ทดสอบตามภาพประกอบที่ 4.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางต่อเชื่อมกับบัสโหลด ผ่านหม้อแปลงสายส่งกำลังไฟฟ้า TL1 ยาว 5 กิโลเมตร เรียกว่า Local Area หรือ พื้นที่ท้องถิ่น เช่น พื้นที่ในหมู่บ้าน การทดสอบผลของระยะทางของสายส่งกำลังไฟฟ้าที่ส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพ ทำได้โดยต่อเชื่อมระบบไฟฟ้าของ Local Area กับกริดไฟฟ้า ผ่านสายส่งกำลังไฟฟ้า และปรับความยาวสายส่งกำลังไฟฟ้า TL2 ตั้งแต่ 10 กิโลเมตร เพิ่มขึ้นครั้งละ 10 กิโลเมตร จนถึง 50 กิโลเมตร



ภาพประกอบที่ 4.1 แบบจำลองที่ใช้ทดสอบเมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง

มีขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลองพลวัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางร่วมกับสายส่งกำลังไฟฟ้า
2. การกำหนดค่าพารามิเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง สายส่งกำลังไฟฟ้าและโหลด
3. การหาค่าไอแกน โดยการเปลี่ยนระยะทางของสายส่งกำลังไฟฟ้า
4. การหาค่าตัวประกอบการมีส่วนร่วม
5. การทดสอบเสถียรภาพด้วยโปรแกรม Digsilent Power Factory

4.1 การสร้างแบบจำลองพลวัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง ร่วมกับสายส่งกำลังไฟฟ้า

แบบจำลองพลวัตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง
ร่วมกับสายส่งกำลังไฟฟ้า รายละเอียดการคำนวณมีในภาคผนวก ก.

จากสมการที่ 3.36 ในบทที่ 3 ได้สเตตสเปซ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำ
แบบป้อนสองทาง ดังสมการที่ (4.1) ดังนี้

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \Delta \dot{E}'_Q \\ \Delta \dot{E}'_D \\ \Delta \dot{S} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_0} & S\omega_s & \omega_s E'_D \\ -S\omega_s & -\frac{1}{T_0} & -\omega_s E'_Q \\ -\frac{I'_{QS}}{2H\omega_s} & -\frac{I'_{DS}}{2H\omega_s} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta E'_Q \\ \Delta E'_D \\ \Delta S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\omega_s L_m}{L_{rr}} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{\omega_s L_m}{L_{rr}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2H} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta V_{DR} \\ \Delta V_{QR} \\ \Delta T_m \end{bmatrix} \\ &+ \begin{bmatrix} 0 & -\frac{X_s - X'}{T_0} \\ \frac{X_s - X'}{T_0} & 0 \\ -\frac{E'_Q}{2H\omega_s} & -\frac{E'_D}{2H\omega_s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta I_{QS} \\ \Delta I_{DS} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4.1)$$

การหาสเตตสเปซของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง
ร่วมกับสายส่งกำลังไฟฟ้า จากภาคผนวก ก. สมการที่ (ก.31) หากค่า $\begin{bmatrix} \Delta I_{QS} \\ \Delta I_{DS} \end{bmatrix}$ ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} \Delta I_{QS} \\ \Delta I_{DS} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{K4}{Dt} & \frac{-K2}{Dt} \\ \frac{-K3}{Dt} & \frac{K1}{Dt} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta E'_Q \\ \Delta E'_D \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

นำสมการที่ (4.2) ไปแทน $\begin{bmatrix} \Delta I_{QS} \\ \Delta I_{DS} \end{bmatrix}$ ในสมการที่ (4.1) จะได้สมการ ดังนี้

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{E}'_Q \\ \Delta \dot{E}'_D \\ \Delta \dot{S} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_0} & S\omega_s & \omega_s E'_D \\ -S\omega_s & -\frac{1}{T_0} & -\omega_s E'_Q \\ -\frac{I'_{QS}}{2H\omega_s} & -\frac{I'_{DS}}{2H\omega_s} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta E'_Q \\ \Delta E'_D \\ \Delta S \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{\omega_s L_m}{L_{rr}} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{\omega_s L_m}{L_{rr}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2H} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta V_{DR} \\ \Delta V_{QR} \\ T_m \end{bmatrix}$$

$$+ \begin{bmatrix} 0 & -\left(\frac{X_s - X'}{T_0}\right) \\ \frac{X_s - X'}{T_0} & 0 \\ \frac{E'_D}{2H\omega_s} & -\frac{E'_Q}{2H\omega_s} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{K4}{Dt} & \frac{-K2}{Dt} \\ -\frac{K3}{Dt} & \frac{K1}{Dt} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta E'_Q \\ \Delta E'_D \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

สเตตสเปซของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางร่วมกับสายส่งกำลังไฟฟ้า ได้จากภาคผนวก ก. สมการที่ (ก.33) และจัดในรูปแบบสมการสถานะ ดังนี้

$$\dot{X} = AX + BU \quad (4.4)$$

โดยที่

$$\dot{X} = \begin{bmatrix} \Delta \dot{E}'_Q \\ \Delta \dot{E}'_D \\ \Delta \dot{S} \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} \Delta E'_Q \\ \Delta E'_D \\ \Delta S \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} \Delta V_{DR} \\ \Delta V_{QR} \\ \Delta T_m \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{\omega_s L_m}{L_{rr}} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{\omega_s L_m}{L_{rr}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{2H} \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} G1 & G2 & G3 \\ G4 & G5 & G6 \\ G7 & G8 & G9 \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

โดยที่

$$G1 = \left(\frac{X_s - X'}{T_0}\right) \left(\frac{K3}{Dt}\right) - \frac{1}{T_0}$$

$$G2 = s\omega_s - \left(\frac{X_s - X'}{T_0}\right) \left(\frac{K1}{Dt}\right)$$

$$G3 = \omega_s E'_D$$

$$G4 = \left(\frac{X_s - X'}{T_0} \right) \left(\frac{K4}{Dt} \right) - S\omega_s$$

$$G5 = - \left(\frac{X_s - X'}{T_0} \right) \left(\frac{K2}{Dt} \right) - \frac{1}{T_0}$$

$$G6 = -\omega_s E'_Q$$

$$G7 = \left[\left(\frac{E'_Q}{2H\omega_s} \right) \left(\frac{K3}{Dt} \right) - \left(\frac{E'_D}{2H\omega_s} \right) \left(\frac{K4}{Dt} \right) \right] - \frac{I'_{QS}}{2H\omega_s}$$

$$G8 = \left[\left(\frac{E'_D}{2H\omega_s} \right) \left(\frac{K2}{Dt} \right) - \left(\frac{E'_Q}{2H\omega_s} \right) \left(\frac{K1}{Dt} \right) \right] - \frac{I'_{DS}}{2H\omega_s}$$

$$G9 = 0$$

สเทตสเปซของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางร่วมกับสายส่งกำลังไฟฟ้า หาได้ดังสมการที่ (4.6) โดยมีค่า X เป็นตัวแปรสถานะ U เป็นตัวแปรอินพุท

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{E}'_Q \\ \Delta \dot{E}'_D \\ \Delta \dot{S} \end{bmatrix} = [A] \begin{bmatrix} \Delta E'_Q \\ \Delta E'_D \\ \Delta S \end{bmatrix} + [B] \begin{bmatrix} \Delta V_{DR} \\ \Delta V_{QR} \\ \Delta T_m \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

4.2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ทดสอบ

ค่าพารามิเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง และค่าพารามิเตอร์ของสายส่งกำลังไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับกริดไฟฟ้า ดังนี้

ระบบไฟฟ้าที่เชื่อมต่อ ระบบ 22 kV เป็นบัสอนันต์

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง

$$P_N = 1.5 \text{ MW}, U_N = 690 \text{ V}, f = 50 \text{ Hz}, R_s = 0.00706 \text{ p.u.}, L_m = 3.5, L_{rr} = 3.656 \text{ p.u.}$$

$$X_s' = 0.320344 \text{ p.u.}; X_s = 3.671 \text{ p.u.}, H = 3.5 \text{ s}, \omega_s = 1,500 \text{ rpm}$$

สายส่ง $R = 0.210657 \text{ Ohm/km}, X = 0.414406 \text{ Ohm/km}$

หม้อแปลง $S = 2 \text{ MVA}, 3 \text{ Ph}, E = 22/0.69 \text{ kV}, U_k = 6 \%, \text{ Cu loss} = 1.6697 \text{ kW}$

โหลด 4 MW PF. 0.8 lag

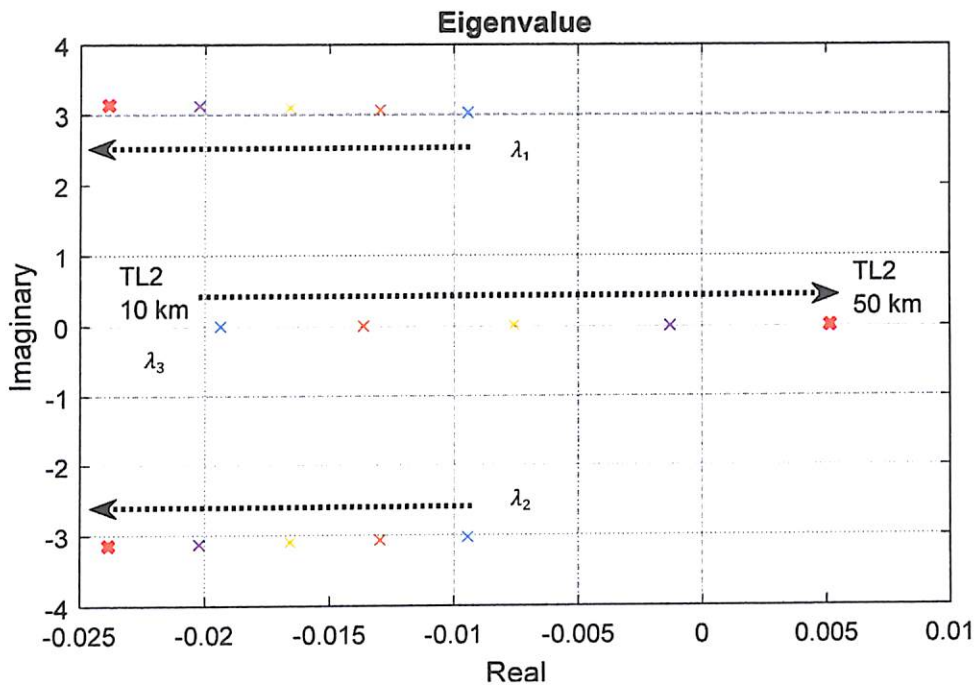
4.3 การหาค่าไอเกนโดยการเปลี่ยนระยะทางของสายส่งกำลังไฟฟ้า

การหาค่าไอเกนจากจากเมตริก A ตามสมการที่ (4.5) เพื่อวิเคราะห์ค่าไอเกนเมื่อเปลี่ยนแปลงระยะทางของสายส่งกำลังไฟฟ้า โดยปรับความยาวสายส่งกำลังไฟฟ้า TL2 ตั้งแต่ 10 กิโลเมตร เพิ่มขึ้นครั้งละ 10 กิโลเมตร จนถึง 50 กิโลเมตร ได้ค่าไอเกน ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าไอเกนเมื่อเมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง

ระยะทางสายส่ง (กิโลเมตร)	ไอเกน ตัวที่	ค่าไอเกน	ความถี่ การแกว่ง	อัตราส่วน การหน่วง
10	λ_1	$-0.0094 + j3.0265$	0.4815	0.0031
	λ_2	$-0.0094 - j3.0265$	0.4815	0.0031
	λ_3	-0.0194	0	1
20	λ_1	$-0.0130 + j3.0676$	0.4880	0.0042
	λ_2	$-0.0130 - j3.0676$	0.4880	0.0042
	λ_3	-0.0136	0	1
30	λ_1	$-0.0166 + j3.1005$	0.4933	0.0053
	λ_2	$-0.0166 - j3.1005$	0.4933	0.0054
	λ_3	-0.0076	0	1
40	λ_1	$-0.0202 + j3.1253$	0.4972	0.0065
	λ_2	$-0.0202 - j3.1253$	0.4972	0.0065
	λ_3	-0.0013	0	1
50	λ_1	$-0.0239 + j3.1425$	0.4999	0.0076
	λ_2	$-0.0239 - j3.1425$	0.4999	0.0076
	λ_3	0.0051	0	-1

จากตารางที่ 4.1 เมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 10 กิโลเมตร จนถึง 40 กิโลเมตร ค่าไอเกนในส่วนของจำนวนจริงทั้ง 3 ตัว ยังคงเป็นลบ แสดงว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังคงมีเสถียรภาพ เมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้า เพิ่มเป็น 50 กิโลเมตร ค่าไอเกนตัวที่ 3 (λ_3) ในส่วนของจำนวนจริง จะเป็นบวกเท่ากับ 0.0051 ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเสียเสถียรภาพ ซึ่งแสดงการเคลื่อนที่ของค่าไอเกน เมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง ดังภาพประกอบที่ 4.2



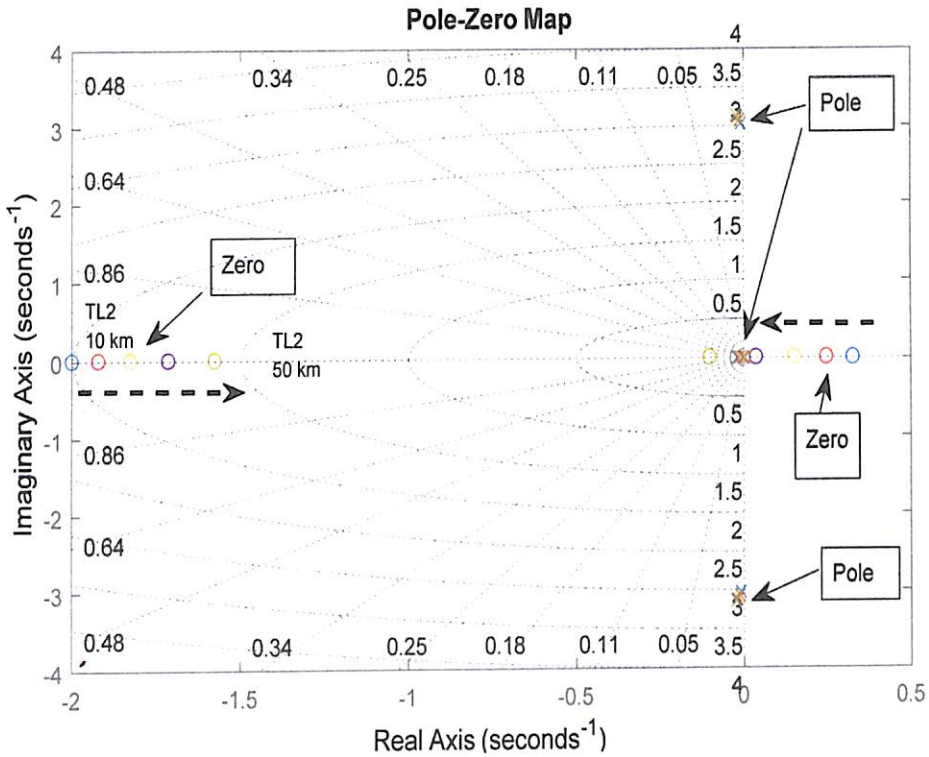
ภาพประกอบที่ 4.2 การเคลื่อนที่ของค่าไอเกนแต่ละตัวเมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงระยะทางจาก 10 กิโลเมตร ถึง 50 กิโลเมตร

โดยมีฟังก์ชันการถ่ายโอนเมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงระยะทางจาก 10 กิโลเมตร ถึง 50 กิโลเมตร ตามตารางที่ 4.2 ดังนี้

ตารางที่ 4.2 ฟังก์ชันการถ่ายโอนเมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง

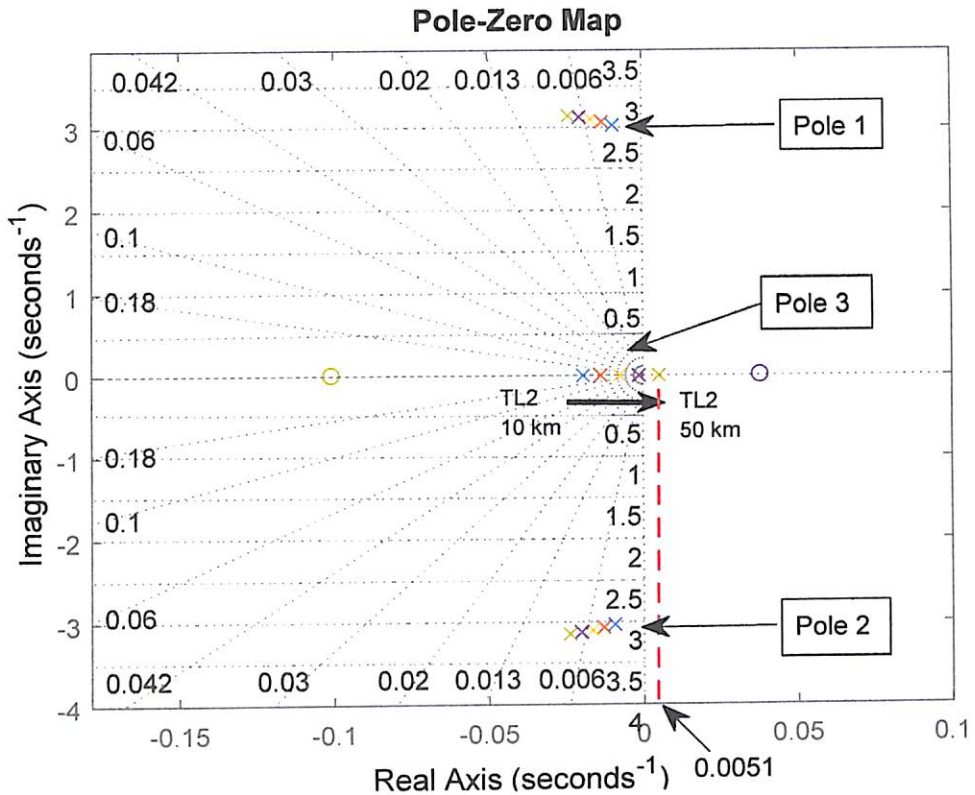
ระยะทางสายส่ง (กิโลเมตร)	ฟังก์ชันการถ่ายโอน
10	$\frac{0.9573s^2 + 1.599s - 0.6267}{s^3 + 0.03826s^2 + 9.16s + 0.1775}$
20	$\frac{0.9573s^2 + 1.6s - 0.4567}{s^3 + 0.03961s^2 + 9.411s + 0.1284}$
30	$\frac{0.9573s^2 + 1.602s - 0.267}{s^3 + 0.04078s^2 + 9.613s + 0.07303}$
40	$\frac{0.9573s^2 + 1.603s - 0.06249}{s^3 + 0.04178s^2 + 9.768s + 0.01278}$
50	$\frac{0.9573s^2 + 1.604s + 0.1518}{s^3 + 0.0426s^2 + 9.876s - 0.0508}$

การวิเคราะห์เสถียรภาพด้วยแผนภาพโพล - ซีโร่ โดยได้มาจากฟังก์ชันถ่ายโอนในตารางที่ 4.2 โพลคือ รากของส่วนของฟังก์ชันถ่ายโอน ส่วนซีโร่คือ รากของเศษของฟังก์ชันถ่ายโอน ระบบจะมีเสถียรภาพได้ ค่าโพลจะอยู่ด้านซ้ายมือของแกนจินตภาพ หรือค่าจำนวนจริงของโพลทุกค่าเป็นลบ ในการวิเคราะห์เสถียรภาพจะใช้ค่าโพล ซึ่งมี 3 โพล ดังภาพประกอบที่ 4.3



ภาพประกอบที่ 4.3 แผนภาพโพล - ซีโร่ (Pole – Zero) เมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง

เมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 10 กิโลเมตร ถึง 40 กิโลเมตร ค่าโพลจะอยู่ด้านซ้ายมือของแกนจินตภาพ และเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 50 กิโลเมตร โพลตัวที่ 3 จะอยู่ด้านขวามือของแกนจินตภาพ หรือในส่วนของจำนวนจริงจะเป็นบวกเท่ากับ 0.0051 ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเสียเสถียรภาพ ดังภาพประกอบที่ 4.4



ภาพประกอบที่ 4.4 แผนภาพโพล (Pole) เมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง

4.4 การหาค่าตัวประกอบการมีส่วนร่วม

การหาค่าตัวประกอบการมีส่วนร่วม (Participation factor) เพื่อหาตัวแปรสถานะ (state variable) ที่มีผลต่อค่าไอเกินมากที่สุดที่ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเสถียรภาพ โดยระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้า 50 กิโลเมตร ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเสถียรภาพ ซึ่งแสดงค่าตัวประกอบการมีส่วนร่วมในตารางที่ 4.3

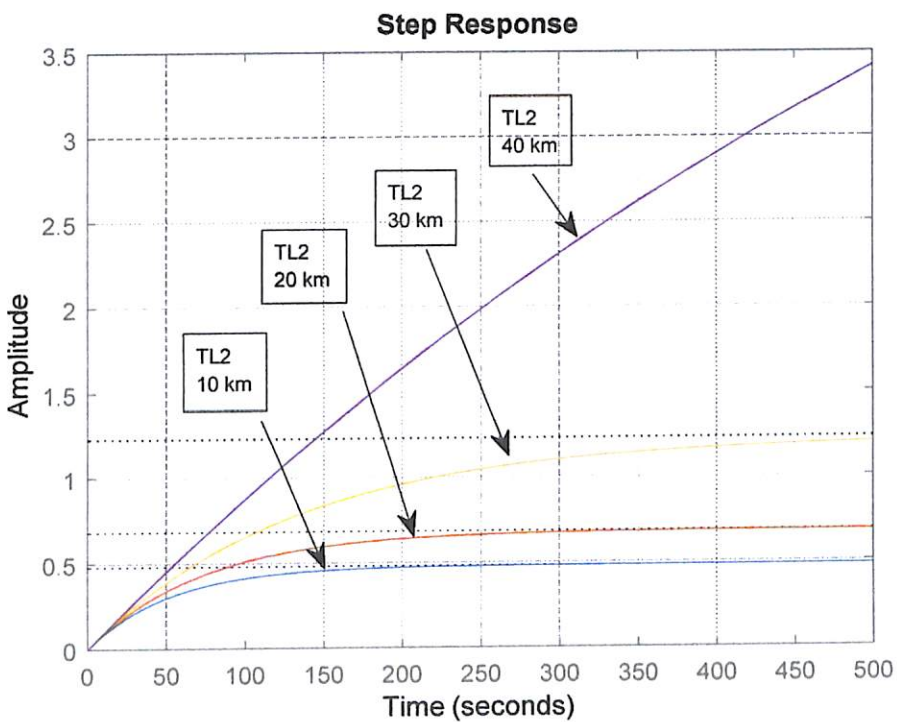
ตารางที่ 4.3 ค่าตัวประกอบการมีส่วนร่วมที่ระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้า 50 กิโลเมตร

ลำดับ	ตัวแปรสถานะ	ตัวประกอบการมีส่วนร่วม		
1	$\Delta E'_Q$	1.0000	1.0000	-0.0013
2	$\Delta E'_D$	-0.0097 - j0.0053	-0.0097 + j0.0053	1.0000
3	ΔS	-0.9903 + j0.0053	-0.9903 - j0.0053	0.0085
	ค่าไอเกิน	-0.0239 + j3.1425	-0.0239 - j3.1425	0.0051
	ไอเกินตัวที่	1	2	3

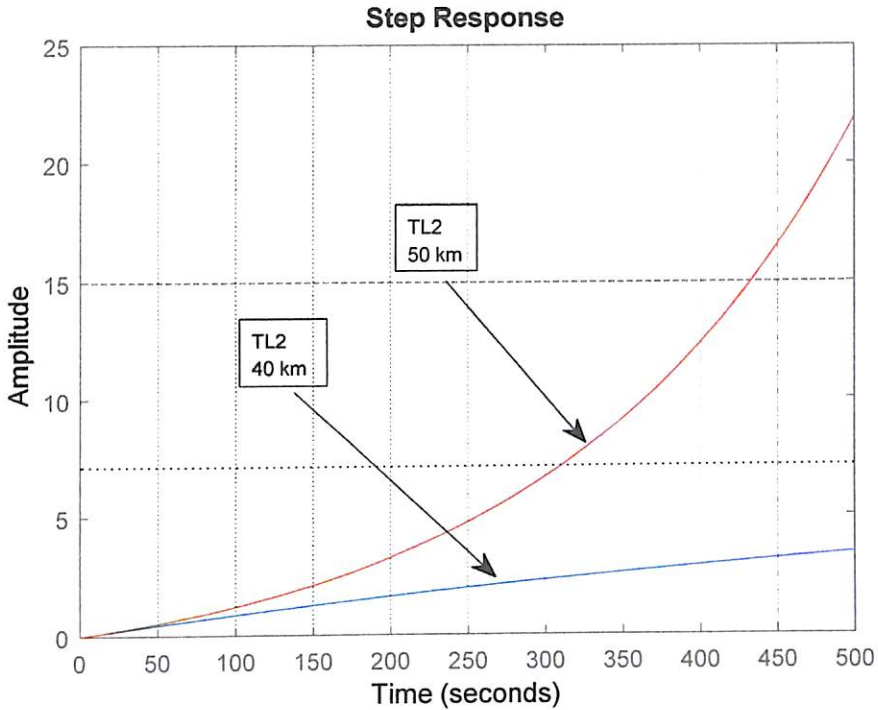
จากตารางที่ 4.3 ค่าไอเกนที่สูญเสียเสถียรภาพคือ ค่าไอเกนตัวที่ 3 (λ_3) ค่าตัวประกอบ การมีส่วนร่วมของไอเกนตัวที่ 3 ที่มีค่ามากที่สุด คือ 1 ตรงกับตัวแปรสถานะคือ $\Delta E'_D$ หมายความว่า แรงดันไฟฟ้าในแนวแกน D ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือ $\Delta E'_D$ คือตัวแปรสถานะมีผลกับการเสี ยเสถียรภาพมากที่สุด โดยมีความสัมพันธ์กับค่าพารามิเตอร์ จากสมการที่ (3.17) ในบทที่ 3 ดังนี้

$$E'_D = -\left(\frac{\omega_s}{\omega_b}\right)\left(\frac{L_m}{L_{rr}}\right)\psi_{qr} \quad (4.7)$$

ผลตอบสนองทางเวลาของแรงดันไฟฟ้าในแนวแกน D ($\Delta E'_D$) ที่ระยะทาง 10 กิโลเมตร ถึง 30 กิโลเมตร จะเข้าสู่สภาวะคงตัวได้เร็ว และเมื่อระยะทาง 40 กิโลเมตร จะเข้าสู่สภาวะคงตัวได้ ช้าลง ดังภาพประกอบที่ 4.5 ถ้าเพิ่มระยะทางเป็น 50 กิโลเมตร ขนาดจะพุ่งขึ้นอย่างรวดเร็วและไม่ สามารถเข้าสู่สภาวะคงตัวได้ ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเสี ยเสถียรภาพ ดังภาพประกอบที่ 4.6



ภาพประกอบที่ 4.5 ผลตอบสนองทางเวลาของแรงดันไฟฟ้าในแนวแกน D ($\Delta E'_D$) เมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้า 10 กิโลเมตร ถึง 40 กิโลเมตร



ภาพประกอบที่ 4.6 ผลตอบสนองทางเวลาของแรงดันไฟฟ้าในแนวแกน $D (\Delta E'_D)$ เมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้า 40 กิโลเมตร และ 50 กิโลเมตร

4.5 การทดสอบเสถียรภาพด้วยโปรแกรม Digsilent Power Factory

การทดสอบเสถียรภาพด้วยโปรแกรม Digsilent Power Factory จำลองการทำงานโดยเชื่อมต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทางเข้ากับกริดไฟฟ้าผ่านหม้อแปลง TR สายส่ง TL1 และสายส่ง TL2 ดังภาพประกอบที่ 4.7

แบบจำลองที่ใช้ทดสอบมีพารามิเตอร์ ดังนี้

ระบบไฟฟ้าที่เชื่อมต่อ ระบบ 22 kV เป็นบัสอนันต์

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันลมชนิดเหนี่ยวนำแบบป้อนสองทาง

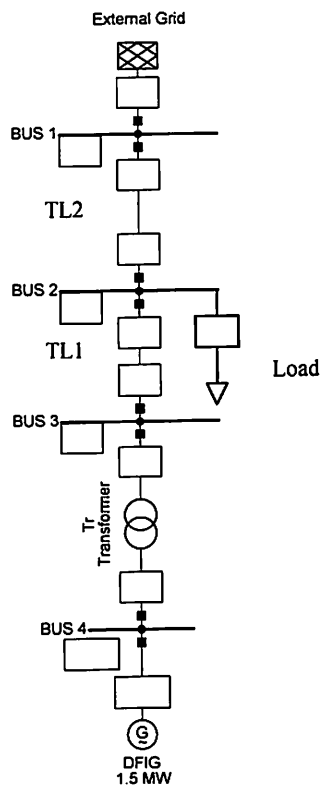
$$P_N = 1.5 \text{ MW}, U_N = 690 \text{ V}, f = 50 \text{ Hz}, J = 75 \text{ kgm}^2, T = 1.2548 \text{ s}$$

$$R_s = 0.01 \text{ pu}, X_s = 0.1 \text{ pu}, X_m = 3.5 \text{ pu}, R_r = 0.01 \text{ pu}, X_r = 0.1 \text{ pu}$$

สายส่ง $R = 0.210657 \text{ Ohm/km}, X = 0.414406 \text{ Ohm/km}$

หม้อแปลง $S = 2 \text{ MVA}, 3 \text{ Ph}, E = 22/0.69 \text{ kV}, U_k = 6\%, \text{ Cu loss} = 1.6697 \text{ kW}$

โหลด 4 MW PF. 0.8 lag



ภาพประกอบที่ 4.7 แบบจำลองที่ใช้ทดสอบด้วยโปรแกรม Digsilent Power Factory

กำหนดให้ สายส่ง TL1 ยาว 5 กิโลเมตร คงที่ เปลี่ยนระยะทางของสาย TL2 ตั้งแต่ 10 กิโลเมตร ถึง 50 กิโลเมตร เพิ่มระยะทางครั้งละ 10 กิโลเมตร โดยมีผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าไอเกนเมื่อเมื่อระยะทางสายส่งกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง

โดยใช้โปรแกรม Digsilent Power Factory

ระยะทางสายส่ง (กิโลเมตร)	ไอเกน ตัวที่	ค่าไอเกน	ความถี่ การแกว่ง	อัตราส่วน การหน่วง
10	λ_1	$-0.5495 \pm j12.0307$	1.9147	0.0456
	λ_2	$-0.0729 \pm j0.0754$	0.0120	0.6949
20	λ_1	$-0.5500 \pm j12.0295$	1.9146	0.0457
	λ_2	$-0.0729 \pm j0.0755$	0.0120	0.6950
30	λ_1	$-0.5507 \pm j12.0281$	1.9143	0.0457
	λ_2	$-0.0730 \pm j0.0755$	0.0120	0.6951
40	λ_1	$-0.5515 \pm j12.0263$	1.9140	0.0458
	λ_2	$-0.0732 \pm j0.0756$	0.0120	0.6954
50	λ_1	$-0.5583 \pm j11.9339$	1.8993	0.0467
	λ_2	0.0294	0	-1

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่า เมื่อความยาวสายส่งเพิ่มขึ้น 10 กิโลเมตร ถึง 40 กิโลเมตร ค่าไอเกน (λ_1, λ_2) เกือบจะไม่เปลี่ยนแปลง จำนวนจริงของค่าไอเกนอยู่ใกล้ศูนย์ โดยเฉพาะ λ_2 จึงต้องระมัดระวังในเรื่องของการเสถียรภาพ ค่าไอเกนในช่วงที่ความยาวสายส่ง 40 กิโลเมตร ยังคงมีค่าเป็นลบ หรือจำนวนจริงของค่าไอเกนอยู่ทางด้านซ้ายของแกนจินตภาพ แสดงว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังมีเสถียรภาพ ส่วนค่าอัตราส่วนการหน่วงมีค่าเป็นบวก แสดงว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังมีเสถียรภาพ และเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 50 กิโลเมตร ค่าไอเกน (λ_2) มีค่า 0.0294 ซึ่งจำนวนจริงของค่าไอเกนมีค่าเป็นบวกหรืออยู่ทางด้านขวาของแกนจินตภาพ ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเสถียรภาพ หรือพิจารณาจากค่าอัตราส่วนการหน่วง(Damping ratio) ซึ่งอัตราส่วนการหน่วงมีค่า -1 อัตราส่วนการหน่วงเป็นลบ ทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเสถียรภาพ