บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการจำลองในบทที่ 5 เป็นการยากที่จะสรุปว่าโมเดลใดดีกว่าหรือเหมาะสมกว่าในการใช้จำลองเส้นโค้งแรงดัน-เวลา เพราะไม่มีโมเดลใดที่เหนือกว่าโมเดลอื่นในทุกๆด้าน แต่ก็สามารถใช้ปัจจัย 2 ชนิดในการจะเลือกใช้โมเดลแบบต่างๆอย่างถูกต้องเหมาะสม นั่นคือ ความสะดวกในการใช้โมเดลและความแม่นยำของผลการจำลอง

ถ้าไม่นับลีดเดอร์โมเดลของ Hideki ที่ให้ลักษณะเส้นโค้งแรงดัน-เวลาที่จำลองได้ผิดพลาดไปอย่างมากแล้ว สามารถเรียงลำดับโมเดลต่างๆตามความสะดวกในการใช้งาน ได้ดังต่อไปนี้

1. ลีดเดอร์โมเดลของ Shindo และ Suzuki ที่มีการปรับตัวแปร D ในโมเดล เพราะว่าเพียงรู้ระยะแกปก็สามารถใช้ลีดเดอร์โมเดลนี้จำลองเส้นโค้งแรงดัน-เวลาได้ทันที โดยไม่ต้องคำนวณค่าพารามิเตอร์ตัวใดเลย

2. อินทิเกรชันโมเดลของ Sekioka เพราะเพียงทราบค่า $V_{50\%}$ และระยะแกป D ก็สามารถคำนวณหาค่า V_0 และค่า DE ตามลำดับและใช้จำลองเส้นโค้งแรงดัน-เวลาได้ทันที

3. อินทิเกรชันโมเดลแบบ V_0 แปรตามเวลา ถึงแม้ว่าโมเดลนี้จะต้องคำนวณหาค่าตัวแปร a, b และ DE ในแต่ละกรณีโดยตรงจากข้อมูลแรงดันเบรกดาวน์และเวลาเบรกดาวน์ แต่ก็สะดวกกว่ากรณีอินทิเกรชันโมเดลของ Chowdhuri เพราะว่าสามารถใช้ค่า DE และ b ที่ได้จากการแก้สมการอินทิกรัลมีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนเวลาหน้าคลื่น อย่างไรก็ตามค่าตัวแปร a ในโมเดลนี้จะมีค่าไม่แน่นอนแตกต่างกันไปในแต่ละกรณี

4. อินทิเกรชันโมเดลของ Chowdhuri เนื่องจากค่าตัวแปร DE และ α ในแต่ละกรณีมีค่าแตกต่างกันไปเมื่อเปลี่ยน ระยะแกป, รูปคลื่นอิมพัลส์, ขั้วแรงดัน และชนิดอิเล็กโตรด และการคำนวณค่า $V_{0\%}$ นั้นจำเป็นต้องทราบค่า σ หรือทราบลักษณะการกระจายของแรงดันเบรกดาวน์ก่อนซึ่งทำให้ยุ่งยากมาก นอกจากนี้ในการแก้สมการอินทิกรัลนั้นสามารถจุดบนเส้นโค้งแรงดัน-เวลาเพื่อนำมาใช้แก้สมการได้เพียง 2 จุดเท่านั้น และมักจะให้ลักษณะความโค้งที่น้อยเกินไป

นอกจากความสะดวกในการใช้งานแล้ว ปัจจัยที่สำคัญยิ่งอีกอย่างหนึ่งก็คือความแม่นยำของผลการจำลอง เนื่องจากโมเดลแต่ละชนิดให้ผลการจำลองสำหรับอิเล็กโตรดชนิดต่างๆแตกต่างกันไป จึงสรุปผลการจำลองของโมเดลแต่ละชนิดทั้งในแง่ความสะดวกและความแม่นยำของโมเดลแต่ละชนิดสำหรับอิเล็กโตรดแบบ rod-rod, rod-plane และลูกถ้วยแท่งก้านตรงทั้งชนิด 56/57-2 และ 56/57-3 ได้ดังตารางที่ 6.1-6.4

ตารางที่ 6.1 ข้อมูลการเลือกใช้โมเดลเบรกดาวน์แต่ละชนิด กรณีอิเล็กโตรดแบบ rod-rod

โมเดล	รูปคลื่น	ขั้ว	ความสะดวก	ความแม่นยำ	หมายเหตุ
IntS	1.2/50	+	สะดวก	ดี	เฉพาะแกป 10-20 cm
		-		ดีมาก	แกป 10-28.5 cm
	5/50	+			
		-		ดี	ที่แกป 28.5 cm ให้ค่าแรงดันเบรกดาวน์ต่ำไปเมื่อเวลาเบรกดาวน์มากขึ้น
IntC	1.2/50	+	ยุ่งยาก	ดีมาก	ทดลองเฉพาะที่แกป 28.5 cm
		-			
	5/50	+		ดี	เฉพาะแกป 10 cm (ที่แกป 28.5cm ให้ความโค้งน้อยไป)
		-			แกป 10-28.5 cm
IntVo	1.2/50	+	พอใช้	ดีมาก	แกป 10-28.5 cm
		-			
	5/50	+			
		-			
LeaD (V_c)	1.2/50	+	สะดวกมาก	ดีมาก	เฉพาะแกป 10-20 cm
		-			เฉพาะแกป 10-20 cm (ที่แกป10 cm ให้ค่าต่ำไปเล็กน้อย)
	5/50	+		พอใช้	เฉพาะแกป 10 cm (สูงเกินเล็กน้อย)
		-		ดี	แกป 10 cm (ที่แกป 28.5cm ให้ค่าสูงเกินไปเมื่อเวลาเบรกดาวน์น้อยๆ)

IntS = อินทิเกรชันโมเดลของ Sekioka IntVo = อินทิเกรชันโมเดลแบบ V_o แปรตามเวลา

IntC = อินทิเกรชันโมเดลของ Chowdhuri LeaD = ลีดเดอร์โมเดลของ Shindo&Suzuki ที่ปรับตัวแปร D แล้ว

ตารางที่ 6.2 ข้อมูลการเลือกใช้โมเดลเบรกดาวน์แต่ละชนิด กรณีอิเล็กโตรดแบบ rod-plane

โมเดล	รูปคลื่น	ขั้ว	ความสะดวก	ความแม่นยำ	หมายเหตุ
IntS	1.2/50	+	สะดวก	ดีมาก	แกป 10-28.5 cm
		-		พอใช้	เฉพาะแกป10 cm (ที่แกป 28.5 cm สูงเกินไปมาก)
	5/50	+		ดี	แกป 10-28.5 cm
		-		พอใช้	ทดลองเฉพาะที่แกป 28.5 cm
IntC	1.2/50	+	ยุ่งยาก	ดี	แกป 10-28.5 cm
		-			
	5/50	+			
		-			ทดลองเฉพาะที่แกป 28.5 cm
IntVo	1.2/50	+	พอใช้	ดีมาก	แกป 10-28.5 cm
		-			
	5/50	+			
		-			
LeaD (T_s)	1.2/50	+	สะดวกมาก	พอใช้	แกป 10-28.5 cm (มีแนวโน้มสูงเกินเมื่อแกปเพิ่มขึ้น)
	5/50	+			เฉพาะแกป 10 cm

IntS = อินทิเกรชันโมเดลของ Sekioka IntVo = อินทิเกรชันโมเดลแบบ V_o แปรตามเวลา

IntC = อินทิเกรชันโมเดลของ Chowdhuri LeaD = ลีดเดอร์โมเดลของ Shindo&Suzuki ที่ปรับตัวแปร D แล้ว

ตารางที่ 6.3 ข้อมูลการเลือกใช้โมเดลเบรกดาวน์แต่ละชนิด กรณีลูกถ้วยแท่งก้านตรงชนิด 56/57-2

โมเดล	รูปคลื่น	ขั้ว	ความสะดวก	ความแม่นยำ	หมายเหตุ
IntS	1.2/50	+	สะดวก	ดี	-
		-		พอใช้	สูงเกินเล็กน้อย
	5/50	+			
		-			ต่ำเกินไปเมื่อเวลาเบรกดาวน์มีค่ามาก
IntC	1.2/50	+	ยุ่งยาก	ดี	ความโค้งน้อยไป
		-			
	5/50	+			
		-			

IntVo	1.2/50	+	พอใช้	ดีมาก	-
		-			
	5/50	+		ดี	
		-		ดีมาก	

IntS = อินทิเกรชันโมเดลของ Sekioka IntVo = อินทิเกรชันโมเดลแบบ V_o แปรตามเวลา

IntC = อินทิเกรชันโมเดลของ Chowdhuri LeaD = ลีดเดอร์โมเดลของ Shindo&Suzuki ที่ปรับตัวแปร D แล้ว

ตารางที่ 6.4 ข้อมูลการเลือกใช้โมเดลเบรกดาวน์แต่ละชนิด กรณีลูกถ้วยแท่งก้านตรงชนิด 56/57-3

โมเดล	รูปคลื่น	ขั้ว	ความสะดวก	ความแม่นยำ	หมายเหตุ
IntS	1.2/50	+	สะดวก	ดีมาก	-
		-		ดี	ต่ำกว่าเล็กน้อยเมื่อเวลาเบรกดาวน์มีค่ามาก
	5/50	+		พอใช้	สูงเกินไปเล็กน้อย
		-			สูงเกินไปเมื่อเวลาเบรกดาวน์มีค่ามาก
IntC	1.2/50	+	ยุ่งยาก	ดี	-
		-			
	5/50	+			
		-		พอใช้	ความโค้งน้อยไป
IntVo	1.2/50	+	พอใช้	ดีมาก	-
		-			
	5/50	+			
		-		ดี	สูงกว่าเล็กน้อย

IntS = อินทิเกรชันโมเดลของ Sekioka IntVo = อินทิเกรชันโมเดลแบบ V_o แปรตามเวลา

IntC = อินทิเกรชันโมเดลของ Chowdhuri LeaD = ลีดเดอร์โมเดลของ Shindo&Suzuki ที่ปรับตัวแปร D แล้ว

6.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ปรับแก้ข้อมูลแรงดันเบรกดาวน์ที่วัดได้ด้วยตัวประกอบการแปลงผันของอากาศเลยเนื่องจากตัวประกอบการแปลงผันของอากาศใช้ได้กับแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นมาตร

ฐาน 1.2/50 μs เท่านั้น ดังนั้นถ้าต้องการให้เส้นโค้งแรงดัน-เวลาที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องก็ควรมีการศึกษาถึงตัวประกอบการแปลงผันของอากาศของรูปคลื่นต่างๆที่ไม่ใช่รูปคลื่นมาตรฐานด้วย

2. ศึกษาผลการสึกกร่อนของอิเล็กโตรดทั้ง rod-rod และ rod-plane ที่มีต่อแรงดันเบรกดาวน์ที่วัดได้เพราะการเกิดเบรกดาวน์จะทำให้ผิวอิเล็กโตรดเสียหายเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ รวมถึงผิวของลูกถ้วยแห่งก้านตรงที่เสียหายจากการวาบไฟตามผิวด้วย

3. ศึกษาผลของโมเดลเบรกดาวน์ต่างๆเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆเพิ่มเติมจากที่ได้ทำการศึกษาไปแล้วในงานวิจัยนี้ เช่น เพิ่มระยะแกป, เปลี่ยนรูปคลื่นอิมพัลส์เป็นอิมพัลส์หน้าคลื่นชันหรืออิมพัลส์หางคลื่นสั้น, เปลี่ยนชนิดอิเล็กโตรด

4. ศึกษาผลการนำโมเดลต่างๆเมื่อประยุกต์ใช้กับงานจริง เช่น การจัดสัมพันธ์ของฉนวนการจำลองระบบไฟฟ้า

5. ปรับปรุงโมเดลต่างๆทุกโมเดลให้มีความถูกต้องแม่นยำและสะดวกกับการใช้งานยิ่งขึ้น เช่นกรณีลีดเดอร์โมเดลที่เพียงแค่รู้ระยะแกปก็สามารถจำลองเส้นโค้งแรงดัน-เวลาได้ทันที และศึกษาโมเดลเบรกดาวน์แบบอื่นเพิ่มเติม