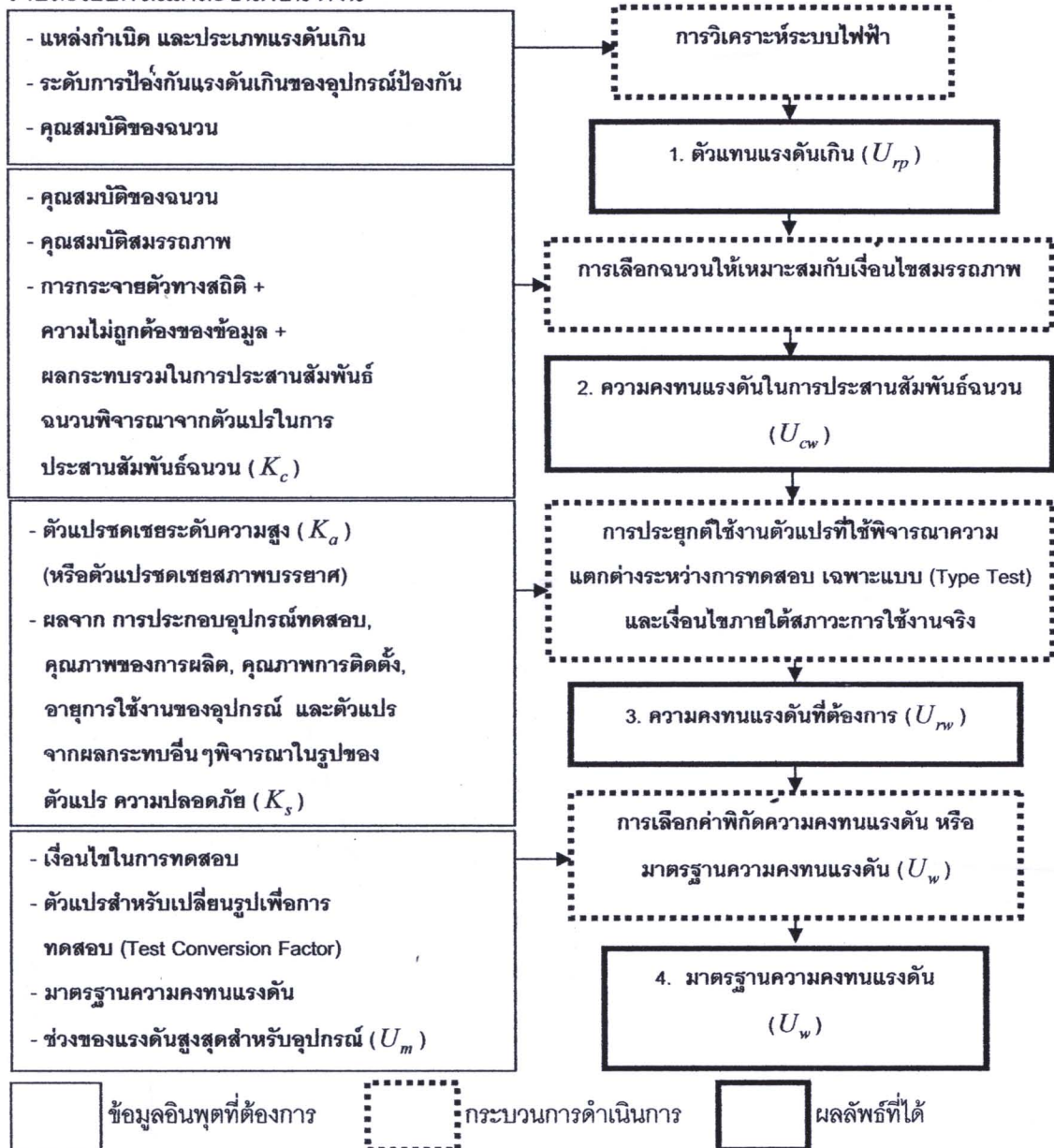


กระบวนการประสานสัมพันธ์จนวน

กระบวนการประสานสัมพันธ์จนวน มีจุดมุ่งหมายหลัก คือ การเลือกค่ามาตรฐานความคทนแรงดัน (U_w) ที่เหมาะสม ที่ระดับแรงดันสูงสุดสำหรับอุปกรณ์ (U_m) ที่พิจารณา ซึ่งเมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.1 กระบวนการประสานสัมพันธ์จนวนประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ ตัวแทนแรงดันเกิน (U_{rp}), ความคทนแรงดันในการประสานสัมพันธ์จนวน (U_{cw}), ความคทนแรงดันที่ต้องการ (U_{rw}) และการเลือกค่ามาตรฐานความคทนแรงดัน (U_w) โดยได้อธิบายถึงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 2.1 ผังงาน สำหรับการหาค่าพิกัดมาตรฐานความคทนแรงดัน

2.1 การหาค่าตัวแทนแรงดันเกิน (U_{rp})

จากรูปที่ 2.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้า ทำให้ทราบค่าแรงดันเกิน ซึ่งก่อให้เกิดความเครียดต่อฉนวน โดยพิจารณาจากขนาด รูปคลื่น และช่วงเวลา ซึ่งจะต้องพิจารณาตำแหน่งของการเกิดแรงดันเกิน เพื่อหาวิธีการป้องกัน โดยเลือกอุปกรณ์เพื่อจำกัดแรงดันเกินที่เหมาะสม

แรงดันเกินแต่ละประเภท ใช้เพื่อวิเคราะห์เพื่อหาค่าตัวแทนแรงดันเกิน (U_{rp}) จากตารางที่ 2.1 พิจารณาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างรูปคลื่นของแรงดันเกินในระบบไฟฟ้า และรูปคลื่นแรงดันตามมาตรฐาน เพื่อใช้หาค่ามาตรฐานความคงทนของแรงดันในการทดสอบ

ตารางที่ 2.1 ประเภทของแรงดันเกิน [2]

ประเภท	ความถี่ต่ำ		สภาวะชั่วคราว (Transient)		
	แรงดันเกินต่อเนื่อง (COV)	แรงดันเกินชั่วคราว (TOV)	แรงดันเกินหน้าคลื่นช้า (SOV)	แรงดันเกินหน้าคลื่นเร็ว (FOV)	แรงดันเกินหน้าคลื่นเร็วมาก (VFFV)
รูปคลื่นแรงดัน					
ช่วงของแรงดัน	$f=50\text{Hz}$ หรือ 60 Hz $T_t \geq 3600\text{ s}$	$10\text{ Hz} < f < 500\text{ Hz}$ $0.02\text{s} \leq T_t \leq 3600\text{ s}$	$20\mu\text{s} \leq T_p \leq 5000\text{ us}$ $T_2 \leq 20\text{ ms}$	$0.1\text{ us} \leq T_1 \leq 20\text{ us}$ $T_2 \leq 300\text{ us}$	$T_f \leq 100\text{ ns}$ $0.3\text{ MHz} < f_1 < 100\text{ MHz}$ $30\text{ KHz} < f_2 < 300\text{ KHz}$
รูปคลื่นแรงดันมาตรฐาน	$f=50\text{Hz}$ หรือ 60 Hz T_t *)	$48\text{ Hz} \leq f \leq 62\text{ Hz}$ $T_t = 60\text{ s}$	$T_p = 250\text{ us}$ $T_2 = 2500\text{ us}$	$T_1 = 1.2\text{ us}$ $T_2 = 50\text{ us}$	*)
มาตรฐานความคงทนแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ	*)	ความถี่กำลังช่วงเวลาสั้นที่ใช้ในการทดสอบ (SDW)	สวิตชิ่งอิมพัลส์ที่ใช้ในการทดสอบ (SIW)	อิมพัลส์ฟ้าผ่าที่ใช้ในการทดสอบ (LIW)	*)
*) กำหนดโดยคณะกรรมการที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์นั้นๆ					

จากตารางที่ 2.1 ประเภทของตัวแทนแรงดันเกิน (U_{rp}) มีดังนี้

- แรงดันต่อเนื่องความถี่กำลัง กำหนดให้เท่ากับแรงดันสูงสุดของระบบ (U_s)
- แรงดันเกินชั่วคราว เกิดจากความผิดปกติ การปลดโหลด หรือเกิดภายใต้

สภาวะแรงดันเกิน เป็นต้น

- แรงดันเกินหน้าคลื่นช้า เกิดจากความผิดปกติ การสวิตชิง หรือเกิดฟ้าผ่า

โดยตรงไปยังสายส่ง

- แรงดันเกินหน้าคลื่นเร็ว เกิดจากการสวิตชิง ฟ้าผ่า หรือความผิดปกติ
- แรงดันเกินหน้าคลื่นเร็วมาก เกิดจากความผิดปกติ หรือการสวิตชิง ในสถานี

ไฟฟ้าภายในอาคาร ซึ่งใช้แก๊ส SF_6 เป็นฉนวน

2.2 การหาค่าความคงทนแรงดันในการประสานสัมพันธ์ฉนวน (U_{cw})

การหาค่าความคงทนแรงดันในการประสานสัมพันธ์ฉนวน คือ การหาค่าที่น้อยที่สุดของความคงทนแรงดันของฉนวนให้สอดคล้องกับ เงื่อนไขสมรรถภาพ (performance criterion) เพื่อให้ฉนวนสามารถรับภาระได้ ภายใต้สภาวะการทำงานปกติที่ต้องเจอกับตัวแทนแรงดันเกิน (U_{rp})

ค่าความคงทนแรงดันที่ใช้ในการประสานสัมพันธ์ฉนวน หาค่าโดยนำตัวแทนแรงดันเกิน (U_{rp}) คูณด้วยตัวแปรในการประสานสัมพันธ์ฉนวน (K_c) โดย K_c ขึ้นกับปัจจัยดังนี้

- คุณสมบัติของฉนวน
- เงื่อนไขสมรรถภาพ (performance criterion)
- ความถูกต้องในการหาค่าตัวแทนแรงดันเกิน
- การประเมินค่าทางสถิติ จากการกระจายตัวของแรงดันเกิน

ความคงทนของแรงดันในการประสานสัมพันธ์ฉนวน หาค่าได้โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง คือ การสมมุติค่าความคงทนของแรงดัน หรือ การหาค่าความคงทนของแรงดันทางสถิติ ซึ่งการเลือกใช้วิธีการใดนั้นจะส่งผลกระทบต่อค่าตัวแปรในการประสานสัมพันธ์ฉนวน (K_c) ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 3

2.3 การหาค่าความคงทนแรงดันที่ต้องการ (U_{rw})

การหาค่าความคงทนของแรงดันที่ต้องการ คือ การเปลี่ยนแปลงค่าความคงทนของแรงดันในการประสานสัมพันธ์ฉนวน (U_{cw}) ให้เป็นไปตามเงื่อนไขการทดสอบตามมาตรฐาน (Standard test condition) โดยการคูณความคงทนของแรงดันในการประสานสัมพันธ์ฉนวน (U_{cw}) ด้วยตัวแปรซึ่งมีหน้าที่ชดเชยความแตกต่างระหว่างสภาวะการใช้งานจริงของฉนวน และมาตรฐานความคงทนของแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งตัวแปรที่ทำหน้าที่ชดเชย มีดังนี้

- ตัวแปรชดเชยสภาพบรรยากาศ (K_a) ทำหน้าที่ชดเชยความแตกต่างระหว่างความคงทนของไดอิเล็กตริก (dielectric strength) ภายใต้สภาวะความดันเฉลี่ย ณ จุดที่พิจารณาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความดันอ้างอิง

- ตัวแปรความปลอดภัย (K_s) มีหน้าที่ชดเชยผลกระทบจากความแตกต่างในการประกอบอุปกรณ์, การกระจายตัวจากคุณภาพในการผลิต, คุณภาพในการติดตั้ง, อายุการใช้งานของฉนวนที่คาดการณ์ไว้ และอิทธิพลอื่นที่เราไม่รู้ โดยการพิจารณาตัวแปรความปลอดภัยนั้นไม่สามารถหาผลกระทบจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งได้ ดังนั้นตัวแปรความปลอดภัยเป็นค่าที่ได้จากประสบการณ์ ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 3

2.4 การเลือกค่ามาตรฐานความคงทนแรงดัน (U_w)

การเลือกค่ามาตรฐานความคงทนแรงดัน (U_w) ของฉนวน จะต้องพิจารณาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ และต้องเพียงพอที่จะพิสูจน์ได้ว่าสามารถรับภาระทั้งหมดของความคงทนแรงดันที่ต้องการได้

การเลือกค่ามาตรฐานความคงทนแรงดัน (U_w) เริ่มต้นจากการเลือกค่าแรงดันสูงสุดสำหรับอุปกรณ์ (U_m) โดยจะเลือกจากค่า U_m ที่มากกว่า หรือเท่ากับแรงดันสูงของระบบ (U_s) ที่นำอุปกรณ์ไปติดตั้ง ซึ่งมาตรฐานแรงดันสูงสุดสำหรับอุปกรณ์ (U_m) แบ่งออกเป็น 2 ช่วงดังนี้

แรงดันช่วงที่ 1 แรงดันมากกว่า 3.6 kV ถึง 245 kV พิจารณาจากตารางที่ 2.2 ที่ระดับแรงดันนี้จะครอบคลุมทั้งระบบส่ง และระบบจำหน่าย

แรงดันช่วงที่ 2 แรงดันมากกว่า 245 kV พิจารณาจากตารางที่ 2.3 ที่ระดับแรงดันนี้จะครอบคลุมระบบส่งเท่านั้น

เมื่อทราบค่า U_m หลังจากนั้นทำการเลือกค่าของความคงทนแรงดัน พิจารณาจากตารางมาตรฐานพิกัดความคงทนแรงดันโดยเลือกค่ามากกว่า หรือเท่ากับ

- ความคงทนแรงดันที่ต้องการ (U_{rw}) ในกรณีที่รูปคลื่นของ U_{rw} ตรงกับตารางมาตรฐานพิกัดความคงทนแรงดัน

- ความคงทนแรงดันที่ต้องการ (U_{rw}) คูณด้วย ตัวแปรสำหรับเปลี่ยนรูปเพื่อการทดสอบ (Test Conversion Factor) ในกรณีที่รูปคลื่น U_{rw} แตกต่างไปจากตารางมาตรฐานพิกัดความคงทนแรงดัน

การเลือกค่าตัวแปรสำหรับเปลี่ยนรูปเพื่อการทดสอบ (Test Conversion Factor) แรงดันช่วงที่ 1 พิจารณาจากตารางที่ 2.4 จะเปลี่ยนรูปคลื่นความคงทนแรงดันอิมพัลส์วิตซิงที่ต้องการ (SIW) ไปเป็น ความคงทนแรงดันความถี่กำลังช่วงเวลาด้าน (SDW) และความคงทนแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า (LIW) เนื่องจาก SDW และ LIW ครอบคลุมความคงทนแรงดันอิมพัลส์วิตซิงที่ต้องการ (SIW) และเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 2.2 มาตรฐานระดับการฉนวนสำหรับแรงดันช่วงที่ 1 แรงดันมากกว่า 3.6 kV ถึง 245 kV รูปคลื่นแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ คือ มาตรฐานพิกัดความคงทนแรงดันความถี่กำลังช่วงเวลาด้าน (SDW) และมาตรฐานพิกัดความคงทนแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า (LIW)

การเลือกค่าตัวแปรสำหรับเปลี่ยนรูปเพื่อการทดสอบ (Test Conversion Factor) สำหรับแรงดันช่วงที่ 2 พิจารณาจากตารางที่ 2.5 จะเปลี่ยนรูปคลื่นความคงทนแรงดันความถี่กำลังช่วงเวลาด้านที่ต้องการ (SDW) ไปเป็นความคงทนแรงดันอิมพัลส์วิตซิง (SIW) เนื่องจาก SIW ครอบคลุมความคงทนแรงดันความถี่กำลังช่วงเวลาด้านที่ต้องการ (SDW) และเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 2 มาตรฐานระดับการฉนวนสำหรับแรงดันช่วงที่ 2 แรงดันมากกว่า 245 kV รูปคลื่นแรงดันที่ใช้ในการทดสอบ คือ มาตรฐานพิกัดความคงทนแรงดันอิมพัลส์วิตซิง (SIW) ส่วนการพิจารณาเลือกค่ามาตรฐานพิกัดความคงทนแรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า (LIW) จะพิจารณาเลือกจากความคงทนแรงดันเกินหน้าคลื่นเร็วที่ต้องการ

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานระดับการฉนวนสำหรับแรงดันช่วงที่ 1 ($3.6 \text{ kV} \leq U_m \leq 245 \text{ kV}$) [2]

แรงดันสูงสุด สำหรับอุปกรณ์ (U_m) kV(r.m.s)	มาตรฐานพิกัดความคงทนของ แรงดันความถี่กำลังวงจรเวลาสั้น (SDW) kV(r.m.s)	มาตรฐานพิกัดความคงทนของ แรงดันอิมพัลส์ฟ้าผ่า (LIW) kV(Peak)
3.6	10	20
		40
7.2	20	40
		60
12	28	60
		75
		95
17.5 ^a	38	75
		95
24	50	95
		125
		145
36	70	145
		170
52 ^a	95	250
72.5	140	325
100 ^b	(150)	(380)
	185	450
123	(185)	(450)
	230	550
145	(185)	(450)
	230	550
	275	650
170 ^a	(230)	(550)
	275	650
	325	750
245	(275)	(650)
	(325)	(750)
	360	850
	395	950
	460	1050

ข้อสังเกตจากตารางที่ 2.2

- ถ้าค่าในวงเล็บไม่เพียงพอสำหรับการพิสูจน์ ความคงทนของแรงดันเฟสเทียบเฟสที่ต้องการ อาจจะเพิ่มค่าแรงดันทดสอบความคงทนของแรงดันเฟสเทียบเฟสถ้าจำเป็น
- ค่ายกกำลัง a เป็นค่า U_m ที่ไม่นิยมใช้ใน IEC 60038 และไม่ค่อยนิยมใช้ในมาตรฐานของอุปกรณ์
- ค่ายกกำลัง b เป็นค่า U_m ที่ไม่ได้กล่าวถึง ใน IEC 60038 แต่ค่านี้เป็นค่าที่แนะนำให้ใช้ช่วงที่ 1 ในมาตรฐานของบางอุปกรณ์

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานระดับการฉนวนสำหรับแรงดันช่วงที่ 2 คือ $U_m > 245$ kV [2]

แรงดันสูงสุด สำหรับ อุปกรณ์ (U_m) kV (r.m.s)	มาตรฐานพิกัดความคงทนของ แรงดันสวิตชิงอิมพัลส์ (SIW)			มาตรฐานพิกัดความ คงทนของแรงดัน อิมพัลส์ฟ้าผ่า (LIW) kV (peak) *
	ฉนวนตามยาว kV (peak)	ระหว่าง เฟสกับเฟส kV (peak)	ระหว่าง เฟสกับเฟส (อัตราส่วนระหว่าง เฟสกับดินค่ายอด)	
300	750	750	1.5	850
				950
	750	850	1.5	950
				1050
362	850	850	1.5	950
				1050
	850	950	1.5	1050
				1175
420	850	850	1.6	1050
				1175
	950	950	1.5	1175
				1300
	950	1050	1.5	1300
				1425
550	950	950	1.7	1175
				1300
	950	1050	1.6	1300
				1425
	950	1175	1.5	1425
				1550
	1050			

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) มาตรฐานระดับการฉนวนสำหรับแรงดันช่วงที่ 2 คือ $U_m > 245 \text{ kV}$ [2]

แรงดันสูงสุด สำหรับ อุปกรณ์ (U_m) kV (r.m.s)	มาตรฐานพิกัดความคงทนของ แรงดันสวิตชิงอิมพัลส์ (SIW)			มาตรฐานพิกัดความ คงทนของแรงดัน อิมพัลส์ฟ้าผ่า (LIW) kV (peak)
	ฉนวนตามยาว kV (peak)	ระหว่าง เฟสกับเฟส kV (peak)	ระหว่าง เฟสกับเฟส (อัตราส่วน ระหว่างเฟสกับ ดินค้ายอด)	
800	1175	1300	1.7	1675
				1800
	1175	1425	1.7	1800
				1950
	1175 1300	1550	1.6	1950
				2100

ตารางที่ 2.4 ตัวแปรสำหรับการเปลี่ยนรูปเพื่อการทดสอบ แรงดันช่วงที่ 1 [1]

ฉนวน	SDW	LIW
ฉนวนภายนอก		
- ช่องว่างอากาศ และฉนวนสะอาด ในสภาวะแห้ง		
ระหว่างเฟสกับดิน	$0.6 + U_{rw} / 8500$	$1.05 + U_{rw} / 6000$
ระหว่างเฟสกับเฟส	$0.6 + U_{rw} / 12700$	$1.05 + U_{rw} / 9000$
- ฉนวนสะอาด ในสภาวะเปียก	0.6	1.3
ฉนวนภายใน		
GIS	0.7	1.25
ฉนวนที่อยู่ในของเหลว	0.5	1.10
ฉนวนแข็ง	0.5	1.00
ข้อสังเกต : U_{rw} คือ ความคงทนแรงดันอิมพัลส์ที่ต้องการ (kV)		
1) ตัวแปรการเปลี่ยนรูปสำหรับการทดสอบในสมการเป็นค่าประสิทธิภาพ (rms)		

ตารางที่ 2.5 ตัวแปรสำหรับการเปลี่ยนรูปเพื่อการทดสอบ แรงดันช่วงที่ 2 [1]

ฉนวน	ความคงทนแรงดันสวิตชิงอิมพัลส์ (SIW)
ฉนวนภายนอก	
- air clearance และฉนวนที่สะอาด หรือ แห้ง	1.4
-ฉนวนที่สะอาด หรือเปียก	1.7
ฉนวนภายใน	
- GIS	1.6
- ฉนวนจุ่มของเหลว	2.3
- ฉนวนแข็ง	2.0