หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การทดสอบและการวิเคราะห์ผล

4.1 การทดสอบวงจรควบคุมแต่ละส่วน

ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึงการออกแบบและประกอบสร้างวงจรควบคุมส่วนต่างๆทั้งหมดแล้ว ซึ่งหลังจากได้ประกอบสร้างแล้วก็นำมาทดสอบวงจรควบคุมแต่ละส่วนดังนี้

4.1.1 การทดสอบวงจรแรงดันควบคุมแรงดันอัดประจุ

การทดสอบจะเริ่มจากการทดสอบความเป็นเส้นตรงของการส่งผ่านสัญญาณอนาลอกด้วยออปโตคัปเปลอร์ โดยการป้อนแรงดันอินพุตและวัดแรงดันเอาต์พุต ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1

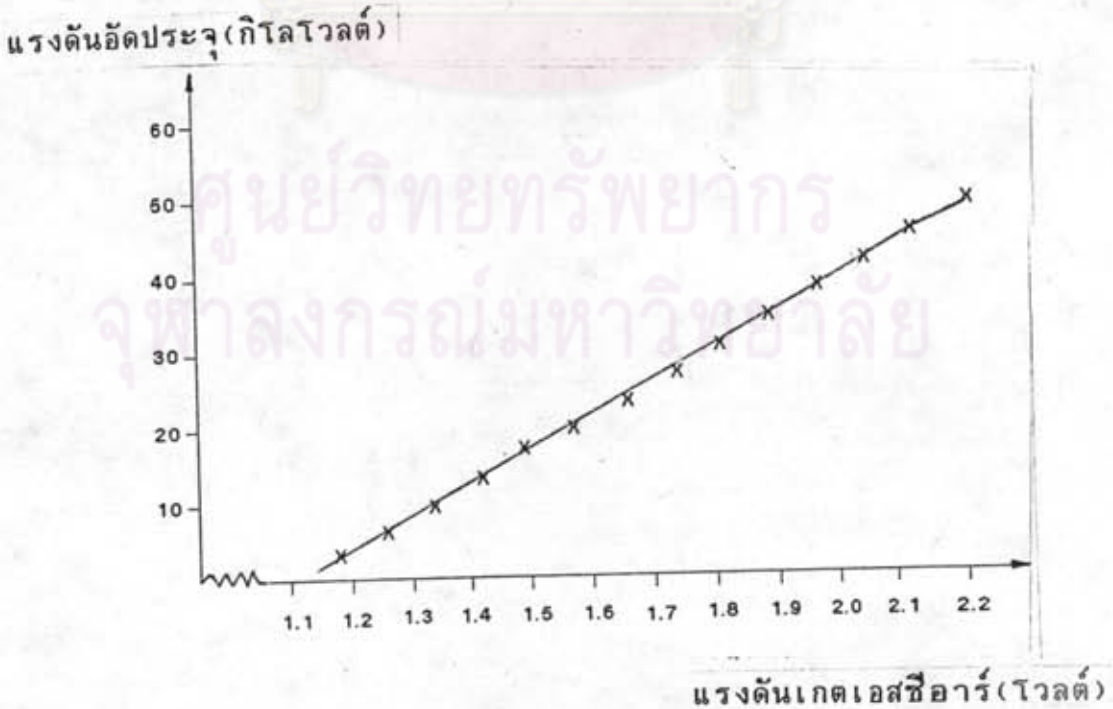
ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการส่งผ่านสัญญาณอนาลอกด้วยออปโตคัปเปลอร์

แรงดันอินพุต(โวลต์)	แรงดันเอาต์พุต(โวลต์)
0.9	0.83
2.03	2.13
3.09	3.19
3.89	3.95
4.95	4.95

ส่วนการทดสอบควบคุมแรงดันอัดประจุจะต่อสัญญาณควบคุมแรงดันเกตเอสซีอาร์จากเครื่องควบคุมอัตโนมัติต่ออินเตอร์เฟสกับเครื่องควบคุมตัวจ่ายแรงดันอัดประจุ แล้วทดสอบปรับสัญญาณแรงดันไฟตรง และทำการอ่านค่าแรงดันอัดประจุจากภาคแรงต่ำของดีซีโวลเตจดิไวเดอร์ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองควบคุมแรงดันอัดประจุ

แรงดันเกตเอสซีอาร์(โวลต์)	แรงดันอัดประจุ(กิโลโวลต์)
1.17	4.1
1.25	7.2
1.33	10.4
1.41	14.2
1.48	18.0
1.56	20.8
1.65	24.1
1.73	28.0
1.80	31.3
1.88	35.1
1.96	39.0
2.04	42.4
2.12	46.0
2.20	50.2



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันอัดประจุกับแรงดันเกตเอสซีอาร์

4.1.2 การทดสอบวงจรควบคุมพัลส์ไกสวิตช์

โดยการทดลองเพิ่มแรงดันอัดประจุให้เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์มากกว่า 1000 ครั้ง วงจรควบคุมพัลส์ไกสวิตช์สามารถสั่งพัลส์ไกสวิตช์ให้เกิดการสปาร์กได้ทุกครั้ง

4.1.3 การทดสอบวงจรตรวจจับการเกิดวาบไฟ

โดยการทดลองป้อนแรงดันอิมพัลส์ให้แก่ลูกถ้วยก้านตรง 56-2 ทั้งขั้วบวกและขั้วลบที่มีค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตที่กำหนด 175 กิโลโวลต์ และ 225 กิโลโวลต์ตามลำดับ แล้วทำการทดลองตรวจจับการเกิดวาบไฟและไม่เกิดวาบไฟ เครื่องควบคุมอัตโนมัติสามารถตรวจจับการเกิดวาบไฟและไม่เกิดวาบไฟได้ถูกต้องทุกครั้ง

4.2 <u>การทดลองใช้งาน</u>

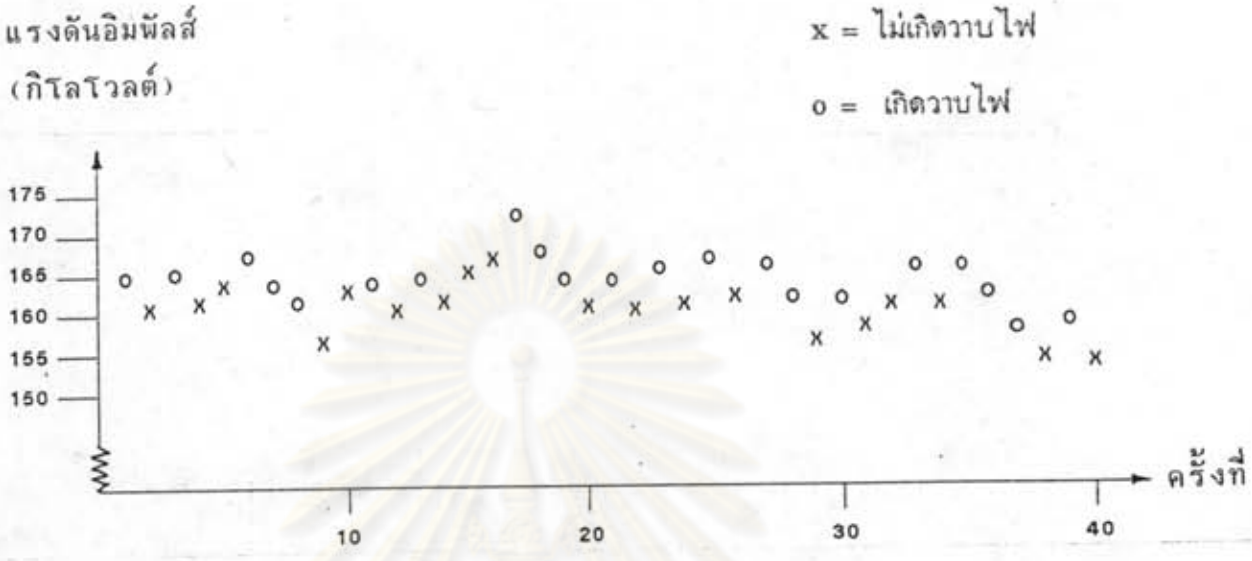
การทดลองใช้งานจริงทำโดยป้อนข้อมูลและคำสั่งให้ระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อนำไปปรับควบคุมแรงดันอัดประจุให้แก่เครื่องกำเนิดอิมพัลส์ 400 กิโลโวลต์ สั่งพัลส์ไกสวิตช์ ตรวจจับการเกิดวาบไฟ อ่านค่ายอดแรงดันอิมพัลส์ บันทึกค่า และคำนวณค่าแรงดันอิมพัลส์ที่จะทำการป้อนครั้งต่อไปตามคำสั่งและข้อมูลจากผู้ใช้และตามโปรแกรมที่บันทึกในหน่วยความจำ แล้วคำนวณผลและแสดงผลทางเครื่องพิมพ์ โดยการทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตของลูกถ้วยฉนวนปอร์ชเลนแบบก้านตรง 56-2 ทั้งขั้วบวกและขั้วลบ และทดสอบความคงทนต่อแรงดันอิมพัลส์ของลูกถ้วยแท่งก้านตรง 56-2

4.2.1 การทดลองหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤต

4.2.1.1 ทดลองด้วยวิธีปรับขึ้น-ลง

ก) ทดสอบหาจำนวนครั้งที่เหมาะสม โดยการทดสอบหาค่าอิมพัลส์วิกฤตของลูกถ้วยก้านตรง 56-2 ขั้วบวกด้วยวิธีปรับขึ้น-ลง ที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.2.1.2 โดยเริ่มจากการป้อนค่าแรงดันอิมพัลส์ขนาดสูงกว่าค่าอิมพัลส์วิกฤตที่คาดหมายเพื่อให้เกิดวาบไฟประมาณ 10 ครั้ง เป็นการทำความสะอาดผิวของวัสดุทดสอบแล้วลดแรงดันลงจนกระทั่งไม่เกิดการวาบไฟ จึงจะเริ่มปรับขนาดแรงดันอิมพัลส์ขึ้นและลงตามสภาวะการเกิดวาบไฟหรือไม่เกิดวาบไฟจากครั้งที่ผ่านมาประมาณ 3 ครั้ง และเริ่มบันทึกขนาดแรงดันอิมพัลส์ครั้งที่ 4 เป็นค่าแรก แล้วทำการทดสอบต่อไปอีกเป็น 10 ครั้งและคำนวณค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤต แล้วเพิ่มการทดสอบเป็น 20, 30 และ 40 ครั้ง และคำนวณค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตจาก

ผลการทดสอบ20, 30 และ 40 ครั้ง เช่นเดียวกันผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.2 และ ตารางที่ 4.3



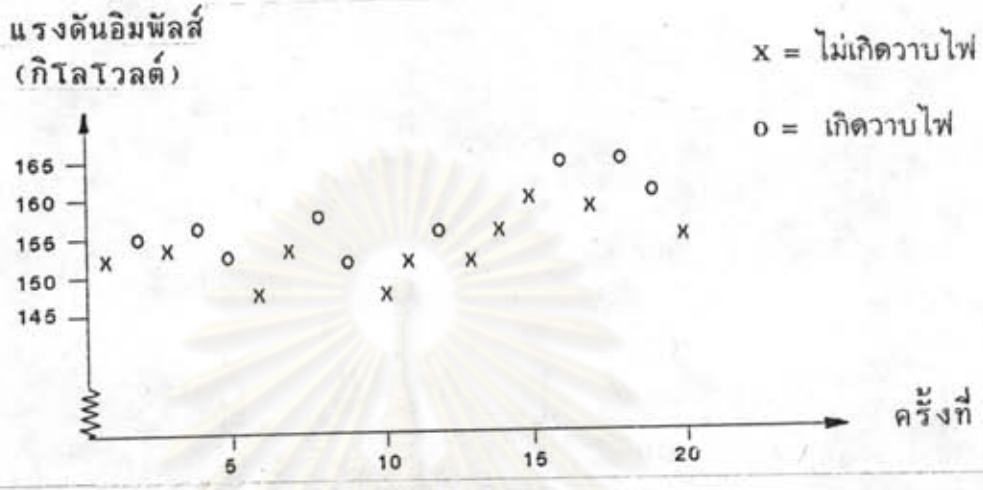
รูปที่ 4.2 ผลการทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤด้วยวิธีปรับขึ้น-ลง จำนวน 40 ครั้ง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตด้วยวิธีปรับขึ้น-ลง

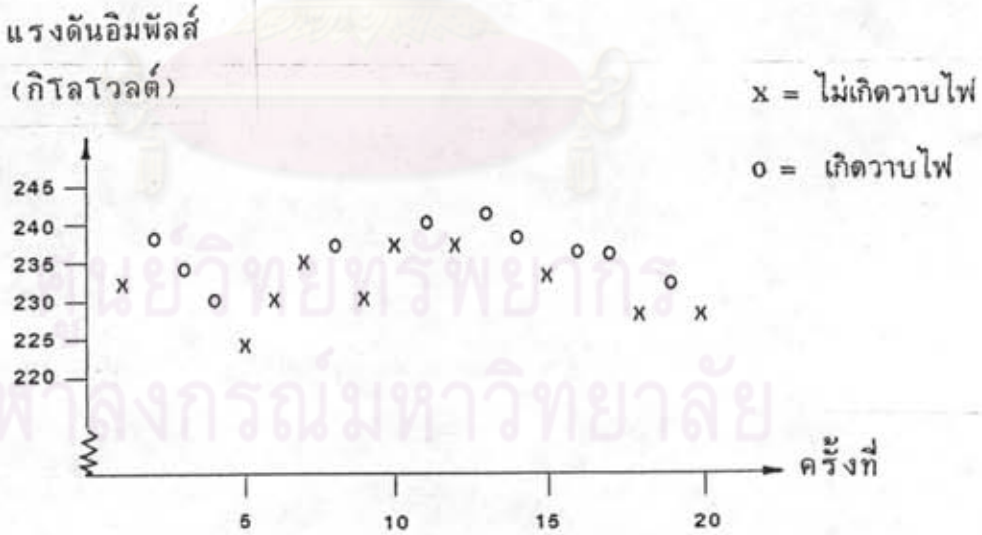
จำนวนครั้ง	แรงดันอิมพัลส์วิกฤต(กิโลโวลต์)
10	156.3
20	157.3
30	157.2
40	156.1

ข) ผลการทดสอบในข้อ ก แสดงให้เห็นว่าค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตจากการทดสอบด้วยวิธีปรับขึ้น-ลงจำนวน 10, 20, 30 และ 40 ครั้งมีค่าใกล้เคียงกัน มีความแตกต่างกันน้อยกว่า 0.8% แต่จำนวน 10 ครั้งอาจจะน้อยเกินไปสำหรับในกรณีที่มีการคาดหมายค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตสูงเกินไปหรือต่ำเกินไป และมาตรฐาน IEC กำหนดให้ทดสอบอย่างน้อย 20 ครั้งสำหรับวิธีปรับขึ้น-ลง

ดังนั้นจึงทำการทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตด้วยจำนวน 20 ครั้ง โดยทำการป้อนแรงดันอิมพัลส์ให้เกิดวาบไฟเพื่อทำให้ผิวฉนวนอยู่ในสภาพอยู่ตัว แล้วลดแรงดันลงและทำการบันทึกค่าแรกหลังจากทดสอบปรับขึ้น-ลงไปแล้ว 3 ครั้ง เช่นเดียวกับข้อ ก ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 4.3ก และ 4.3ข และในตารางที่ 4.4



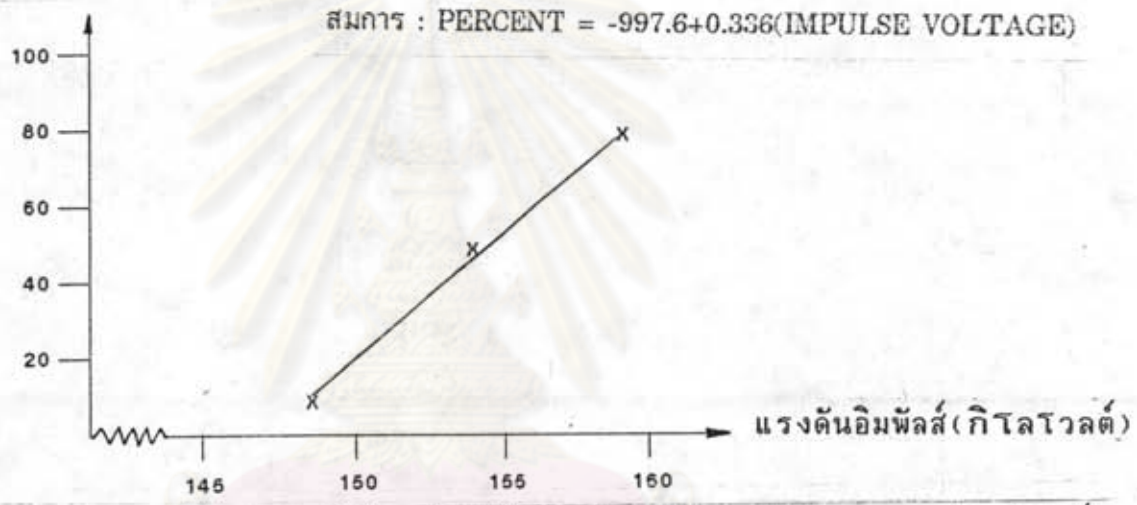
รูปที่ 4.3ก ผลการทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตขั้วบวกของลูกถ้วยแบบก้านตรง 56-2 ด้วยวิธีปรับขึ้น-ลง เชิงกราฟ



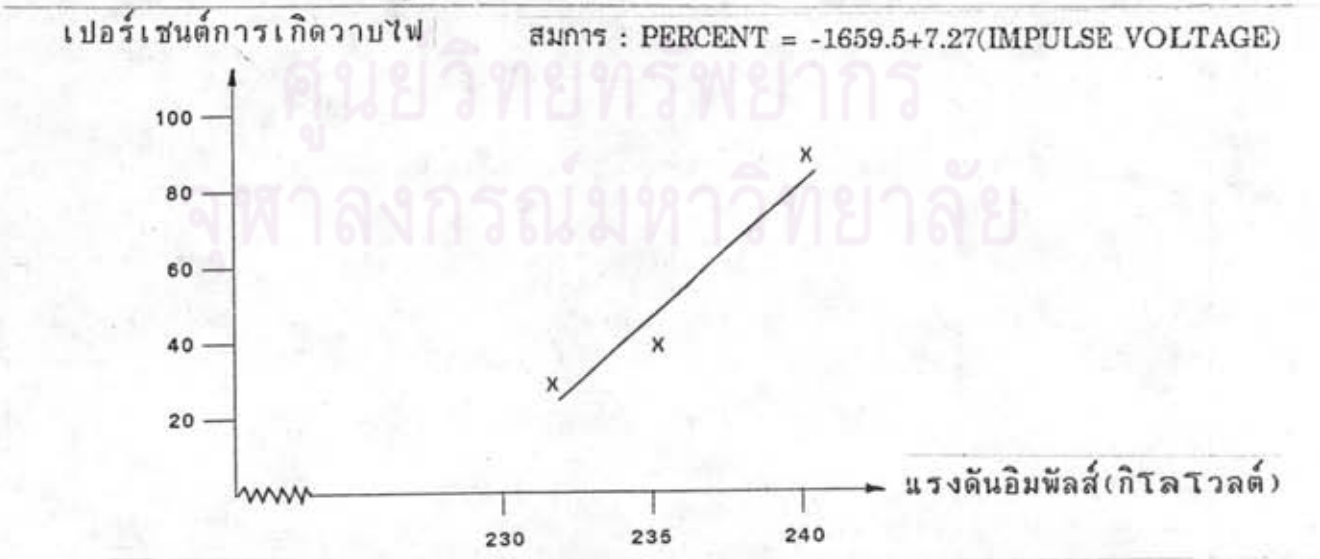
รูปที่ 4.3ข ผลการทดลองหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตขั้วลบของลูกถ้วยแบบก้านตรง 56-2 ด้วยวิธีปรับขึ้น-ลง เชิงกราฟ

4.2.1.2 ทดลองด้วยวิธีแรงดันหลายระดับ

โดยการทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตของลูกถ้วยฉนวนแบบก้านตรง 56-2 ด้วยวิธีที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ 2.2.1.1 ในขั้นเริ่มต้นการทดสอบจะทำเช่น เดียวกับในข้อ ก กล่าวคือโดยเริ่มจากการป้อนแรงดันอิมพัลส์ให้เกิดวาบไฟเพื่อทำให้ผิวฉนวนอยู่ตัว ปรับแรงดันอิมพัลส์ขึ้นลง 3 ครั้ง แล้วใช้ค่าแรงดันครั้งที่ 4 เป็นขนาดแรงดันขั้นที่ 1 ของการทดสอบด้วยวิธีแรงดันหลายระดับ โดยการป้อนแรงดันอิมพัลส์ที่ค่านี้ 10 ครั้ง แล้วคำนวณเปอร์เซนต์การเกิดวาบไฟ แล้วทำการเพิ่มหรือลดแรงดันให้เหมาะสมอีก 2 ขั้นเพื่อให้เปอร์เซนต์การเกิดวาบไฟแต่ละขั้นแรงดันอยู่ในช่วง 20%-80% แล้วทำการทดสอบแต่ละขั้นจำนวน 10 ครั้ง ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 4.4ก และ 4.4ข และในตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.4ก กราฟแสดงความสัมพันธ์เปอร์เซนต์ความน่าจะเกิดวาบไฟกับขนาดแรงดันอิมพัลส์ขั้วบวกของลูกถ้วยแบบก้านตรง 56-2 ที่ทดสอบด้วยวิธีแรงดันหลายระดับ



รูปที่ 4.4ข กราฟแสดงความสัมพันธ์เปอร์เซนต์ความน่าจะเกิดวาบไฟกับขนาดแรงดันอิมพัลส์ขั้วลบของลูกถ้วยแบบก้านตรง 56-2 ที่ทดสอบด้วยวิธีแรงดันหลายระดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 . 4 ผลการทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตของลูกถ้วยแบบก้านตรง 56-2 ด้วยวิธีปรับขึ้น-ลงและวิธีแรงดันหลายระดับ

วิธีการทดสอบ	ขั้ว	แรงดันอิมพัลส์วิกฤต ที่สภาวะห้อง (กิโลโวลต์)	แรงดันอิมพัลส์วิกฤต ที่สภาวะมาตรฐาน (กิโลโวลต์)	สภาวะบรรยากาศ
วิธีปรับขึ้น-ลง	บวก	155.9	159.1	อุณหภูมิ 30°C ความชื้น 43 % ความดัน 766 mmHg k_d=0.991 k_h=1.01
	ลบ	234.7	228.4	อุณหภูมิ 30°C ความชื้น 68 % ความดัน 765 mmHg k_d=0.990 k_h=0.963
วิธีแรงดันหลายระดับ	บวก	154.1	155.0	อุณหภูมิ 29°C ความชื้น 49 % ความดัน 766 mmHg k_d=0.994 k_h=1.0
	ลบ	235.1	232.6	อุณหภูมิ 31°C ความชื้น 58 % ความดัน 763 mmHg k_d=0.983 k_h=0.973

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.3 การทดสอบซ้ำเดิม

เพื่อทดสอบความสามารถของระบบควบคุมการทดสอบแรงดันอิมพัลส์อัตโนมัติในการทดสอบวัสดุทดสอบเดียวกันซ้ำเดิม จึงทำการทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตของลูกถ้วยฉนวนแบบก้านตรง 56-2 ชั้วบวกตัวอย่างเดียว 3 ครั้งในวัน เวลาและสภาวะบรรยากาศแตกต่างกัน ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตของลูกถ้วยแบบฉนวนก้านตรง 56-2 ชั้วบวกด้วยวิธีปรับขึ้น-ลง ในวัน เวลา และสภาวะบรรยากาศที่แตกต่างกัน

วันที่ทดสอบ	แรงดันอิมพัลส์วิกฤต ที่สภาวะห้อง (กิโลโวลต์)	แรงดันอิมพัลส์วิกฤต ที่สภาวะมาตรฐาน (กิโลโวลต์)	อุณหภูมิ °C	ความชื้น %	ความดัน mmHg
3/2/1993	155.9	159.1	30	43	765.8
6/2/1993	156.2	158.7	31	44	765.0
9/2/1993	164.5	157.3	31	71	765.0

4.2.2 การทดลองใช้ทดสอบความคงทนต่อแรงดันทนอิมพัลส์

4.2.2.1 ทดสอบแบบทราบค่าแรงดันทนอิมพัลส์

วัสดุที่ใช้ทดสอบคือลูกถ้วยฉนวนปอร์ชเลนแบบแท่งก้านตรง56-2 ใช้กับระบบแรงดัน 24 กิโลโวลต์ ซึ่งมาตรฐาน ANSI กำหนดแรงดันทนอิมพัลส์เท่ากับ 150 กิโลโวลต์ ที่สภาวะมาตรฐานจำนวน 15 ครั้ง บันทึกสภาวะบรรยากาศ อุณหภูมิ ความดัน ความชื้น แล้วนำไปคำนวณตัวประกอบแก้เพื่อใช้คำนวณขนาดแรงดันทดสอบที่สภาวะห้อง ซึ่งระบบควบคุมอัตโนมัติต้องพยายามปรับค่ายอดแรงดันอิมพัลส์ให้เท่ากับแรงดันทนอิมพัลส์ที่สภาวะห้อง ± 3 % แล้วจึงทำการทดสอบ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.6

4.2.2.2 ทดลองแบบไม่ทราบค่าแรงทนอิมพัลส์

ในกรณีที่ไม่ทราบค่าแรงดันทนอิมพัลส์ ระบบการควบคุมการทดสอบแบบอัตโนมัติจะหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตก่อนด้วยวิธีปรับขึ้น-ลง จำนวน 30 ครั้ง แล้วนำไปคำนวณหาค่าแรงดันทนอิมพัลส์เชิงสถิติได้ด้วยการคูณ $(1\text{-}1.3\sigma)$

โดยที่ = 0.03 ดังได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.2 แล้วทำการปรับขนาดแรงดันทดสอบให้เท่ากับแรงดันทนอิมพัลส์เชิงสถิติ $\pm$3% แล้วจึงทดสอบที่จำนวน 15 ครั้ง ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความคงทนอยู่ได้ของลูกถ้วยแท่งก้านตรง

วิธีการทดสอบ	ขั้ว	แรงดันวิกฤต ที่สภาวะห้อง (กิโลโวลต์)	แรงดันวิกฤต ที่สภาวะมาตรฐาน (กิโลโวลต์)	แรงดันทดสอบ ที่สภาวะห้อง (กิโลโวลต์)	แรงดันทดสอบ ที่สภาวะมาตรฐาน (กิโลโวลต์)
แบบทราบค่าแรงดันทนอิมพัลส์	บวก	-	-	148.8	150.0
แบบไม่ทราบค่าแรงดันทนอิมพัลส์	บวก	211.3	205.5	204.9	199.3
	ลบ	242.0	242.0	231.6	234.7

4.3 <u>วิเคราะห์ผล</u>

1) ผลการทดสอบการส่งผ่านสัญญาณอนาลอกด้วยวงจรออปโตคัปเปลอร์มีลักษณะเป็นเส้นตรง

2) ผลการทดสอบหาค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตที่ด้วยวิธีแรงดันหลายระดับและวิธีปรับขึ้นลงพบว่ามีค่าต่างกันสำหรับขั้วบวก 2.4% และขั้วลบ 1.8% ให้ผลใกล้เคียงกันอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานยอมรับได้โดยอาศัยเกณฑ์ที่มาตรฐานยอมให้แรงดันคลาดเคลื่อน $\pm$ 3 %[9]ระบบควบคุมการทดสอบแบบอัตโนมัติสามารถบังคับให้แรงดันป้อนมีค่าคงที่ตามที่กำหนดได้ หรือปรับขนาดแรงดันอิมพัลส์ให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงในเกณฑ์ $\pm$ 3 % ของค่าแรงดันอิมพัลส์วิกฤตที่คาดหมายได้ โดยวิธีการสังเกตในขณะป้อนแรงดันทดสอบจะเห็นว่าเครื่องทดสอบสามารถการตรวจจับการเกิดวาบไฟหรือไม่เกิดวาบไฟได้ถูกต้องทุกครั้ง

3) การทดสอบความคงทนต่อแรงดันอิมพัลส์ทั้งขั้วบวกและขั้วลบแบบทราบค่าและไม่ทราบค่าแรงดัน ได้ทดลองกับลูกถ้วยแท่งก้านตรง 56-2 ตามวิธีการที่มาตรฐาน IEC[9] กำหนดโดยการป้อนแรงดันอิมพัลส์ 15 ครั้ง พบว่าเครื่องทดสอบอัตโนมัติสามารถทดสอบหาค่าความคงทนต่อแรงดันอิมพัลส์ได้ตามเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

4) ผลการทดสอบซ้ำเดิมด้วยการทดสอบหาค่าอิมพัลส์วิกฤตของลูกถ้วยก้านตรง 56-2 ด้วยวิธีปรับขึ้น-ลง 3 ครั้งในวัน เวลา และสภาวะบรรยากาศแตกต่างกันนั้น มีค่าใกล้เคียงกันมาก มีความแตกต่างกันเพียง 1.13% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด $\pm$3 % แสดงว่าระบบควบคุมการทดสอบอัตโนมัติสามารถทำการทดสอบซ้ำเดิมได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย