การออกแบบและสร้างชุดสปาร์คเทสเตอร์เพื่อทดสอบสายไฟฟ้า
Design and Construction of Spark Tester for Electric wires

ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว[1*]

[1*]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์สาย1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทร 0-2836-3000 ต่อ 4150 โทรสาร 0-2836-3051 มือถือ 081-620-3266 E-mail:Supawud.n@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มาจากการออกแบบและสร้างชุดสปาร์คเทสเตอร์แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 15 kV โดยการทำงานของระบบ ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือส่วนชุดเครื่องสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 15 กิโลโวลต์ สามารถปรับตั้งการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ตั้งแต่ 0 – 15 กิโลโวลต์ ประกอบด้วยกัน 4 ภาคได้แก่ ภาคขยายกำลัง (Power Amplifier), ภาคจ่ายไฟ (Power Supply) ภาคควบคุม (Control) และภาคแสดงผล (Display) ส่วนที่ 2 คือส่วนชุดทดสอบฉนวนของสายไฟด้วยอุปกรณ์โซ่ลูกปัด (Bead Chain) โดยผลการทดสอบสามารถตรวจสอบจุดบกพร่องของฉนวนสายไฟ ขนาดเบอร์ 10, 16 และ 25 ตารางมิลลิเมตร วงจรทำงานเมื่อชุดสร้างแรงดันจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับชุดทดสอบสายไฟ (Bead chain) ต่อกับขั้วบวก ส่วนขั้วลบ จะต่อเข้ากับปลายของสายไฟที่เป็นทองแดง เมื่อนำสายไฟที่ชำรุดผ่านชุดโซ่ลูกปัด ทำให้เกิดครบวงจรเกิดกระแสไหลทำให้ชุดควบคุมจับสัญญาณได้สามารถตัดวงจรภาคจ่ายไฟฟ้าและเกิดสัญญาณไฟกระพริบและสัญญาณเสียงเตือน

คำสำคัญ : สปาร์คเทสเตอร์, IEC 62330

Abstract

This research is derived from the design and construction of the 15 kV DC voltage spark tester. There are 2 parts of circuit components : The first part consists of the generator of 15 kV DC voltage which is adjustable from 0 to 15 kV and is equipped with four parts namely power amplifier, power supply, control and display. The second part consists of the tested circuit of wire insulation with bead chain. The results show that the spark tester can detect flaws in insulation surface on insulated wire sizes 10, 16 and 25 Sq.mm respectively. The circuit is completed as the generator supplied electricity voltage to the bead chain through anode while the cathode is connected at the end of the copper wire. When the defected wire is connected to the bead chain, it will cause the closed circuit and the flow of electricity current. The controller then detects the error signal and isolates the circuit prompting the flashing light and beeping alarm.

Keywords : Spark Tester, IEC 62330

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตสายไฟฟ้าในแต่ผู้ผลิตก่อนที่จะนำออกมาจัดจำหน่าย สายไฟฟ้าจะต้องผ่านการตรวจสอบ ซึ่งเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญเพื่อตรวจสอบคุณภาพฉนวนห่อหุ้มและคำนึงถึงมาตรฐานการทดสอบของฉนวนของสายไฟฟ้าก่อนจะถึงผู้ใช้งาน ทั้งนี้กระบวนการในการตรวจสอบสายไฟฟ้าในการที่จะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในด้านแรงงานและมีความน่าเชื่อถือในด้านคุณภาพของกระบวนการผลิตสายไฟที่ค่อนข้างสูงแต่เนื่องจากเทคโนโลยีของเครื่องจักรต้องพึ่งพาต่างประเทศ การออกแบบและพัฒนาเครื่องช่วยทดสอบในกระบวนการตรวจสอบสายไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการทดสอบความบกพร่องของการเสียสภาพของฉนวนหลังจากกระบวนการผลิต

สายไฟฟ้าทั้งหมดที่อยู่ภายในโรงงานไม่ว่าจะเป็นสายไฟฟ้าที่ใช้ในการเดินระบบไฟฟ้าของมอเตอร์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า สวิตช์ หม้อแปลงไฟฟ้า ทั้งหมดเหล่านี้จะประกอบด้วยสายไฟฟ้าที่มีฉนวนไฟฟ้าห่อหุ้มวัสดุทองแดงหรืออะลูมิเนียมซึ่งใช้เป็นตัวนำไฟฟ้า เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าภาระโหลดทางไฟฟ้า แต่ฉนวนทางไฟฟ้าจะทำงานร่วมกับตัวนำไฟฟ้า ทั้งนี้ฉนวนไฟฟ้าจะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวค่าความต้านทาน เพื่อป้องกันอันตรายจากการไหลของกระแสไฟฟ้าแก่มนุษย์

2. วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบอุปกรณ์ทดสอบสายไฟฟ้าที่มีความบกพร่องของฉนวนที่หุ้ม

3. การออกแบบวงจร วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

3.1 ทฤษฎีของหม้อแปลงฟลายแบค

หม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่เหนี่ยวนำสัญญาณพัลส์สร้างไฟแรงดันสูง หลักการของการสร้างไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นการนำสัญญาณพัลส์ความถี่สูง ส่งเข้าที่อินพุตของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบเพิ่มแรงดันจะเหนี่ยวนำแรงดันของสัญญาณพัลส์ ให้มีแรงดันสูงขึ้นเป็นหมื่นโวลต์ส่งผ่านไดโอดทนต่อแรงดันสูงแปลงแรงดันไฟสลับให้เป็นแรงดันไฟตรงที่มีแรงดันสูง โดยไดโอดทนแรงดันสูงที่ต่ออยู่ในหม้อแปลงฟลายแบค จะหันด้านขั้วแอโนดเข้าหาไฟสลับแรงดันสูงซึ่งเหนี่ยวนำมาโดยยอมให้แรงดันสูงด้านซีกบวกผ่านไปได้ ดังนั้นจะมีแรงดันไฟฟ้าระดับหมื่นโวลต์ซึ่งขึ้นอยู่กับพิกัดของหม้อแปลงแต่ละตัวและจากคุณสมบัติของหม้อแปลงฟลาย แบค จึงได้แรงดันไฟฟ้าสูงไปประยุกต์ใช้กับการส่งจ่ายไฟ

3.2 วงจรฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์

เมื่อวงจรการทำงานอยู่ในสภาวะคงที่ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากคอนเวอร์เตอร์จะเป็นไปตามสมการ

$$V_{out} = \frac{T_{ON}(N_s / N_P)(V_{in} - V_{CE(sat)})}{(T - t_{ON})} - V_D$$

โดยที่ T = คาบเวลาการทำงานของ Q_1 เป็นวินาที

T_{ON} = ช่วงเวลาที่ Q_1 นำกระแสเป็นวินาที

N_P = จำนวนรอบของขดไพรมารี่เป็นรอบ

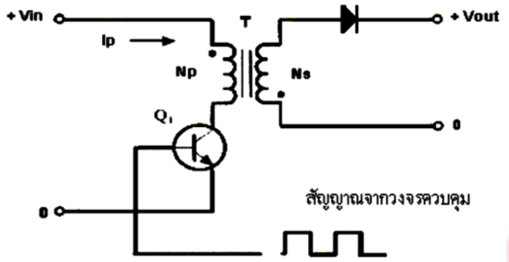
N_S = จำนวนรอบของขดเซคั่นดารี่เป็นรอบ

V_{out} = แรงดันที่เอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์เป็นโวลต์

V_{in} = แรงดันที่อินพุตของคอนเวอร์เตอร์เป็นโวลต์

V_D = แรงดันตกคร่อมของไดโอด

$V_{CE(sat)}$ = แรงดันคร่อม Q_1 ขณะนำกระแส

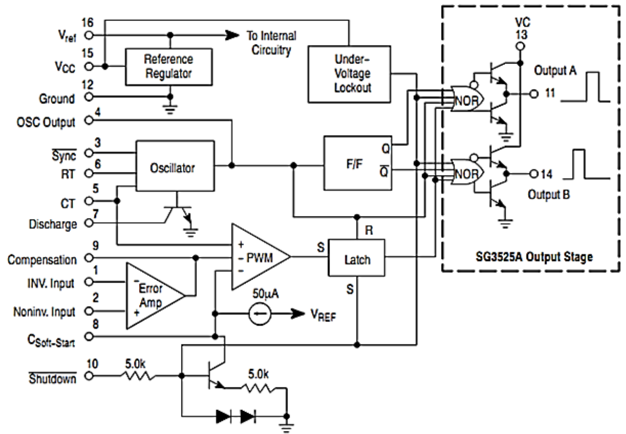


ภาพที่ 1 ลักษณะวงจรพื้นฐานของฟลายแบคคอนเวอร์เตอร์
(สุดาพร ชาตาพุทธิสวรรค์,จักรกฤษ์ จันทร์เขียว และวิจิตร กิณเรศ, 2552)

3.3 อุปกรณ์ IC SG3525

IC SG3525 pluse width modurator control circuit เป็นไอซีแบบดิป 16 ขา มีหน้าที่สร้างความถี่หรือพัลส์ ออกไปไดรอุปกรณ์ภายนอกเช่น ทรานซิสเตอร์หรือมอสเฟต ไอซีตัวนี้จะเห็นอยู่ใน Power Amp ในรถยนต์ DC to DC อยู่ที่เครื่องเชื่อม Invertor อยู่ในภาค จ่ายไฟของเครื่องเสียงกำลังสูง สเปกของไอซี ดังภาพที่ 2 ได้แก่

SG3525 Block Diagram



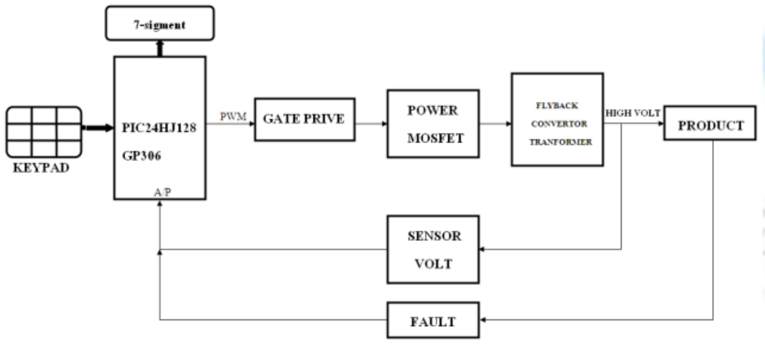
ภาพที่ 2 Block Diagram ของ IC SG3525
(สุดาพร ชาตาพุทธิสวรรค์,จักรกฤษ์ จันทร์เขียว และวิจิตร กิณเรศ, 2552)

เมื่อสวิตซ์ปิดวงจร b) เมื่อสวิตซ์เปิดวงจร (สุดาพร ชาตาพุทธิสวรรค์,จักรกฤษ์ จันทร์เขียว และวิจิตร กิณเรศ, 2552), (ภัทรพล ลิ้มภักดี, 2550)

ภาพที่ 2 แสดงวงจร Flyback Converter ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อสวิตซ์ S ปิดวงจร (ภาพที่ 2a) กระแสจะไหลผ่านขดลวด L เพื่อสะสมพลังงาน ในขณะที่ไดโอด D ได้รับการไบแอสกลับจึงทำให้ไม่มีแรงดันตกคร่อมที่ R_L จนกระทั่งเมื่อสวิตซ์ S เปิดวงจร (ภาพที่ 2b) ที่ขดลวด L เกิดการยุบตัวที่สนามแม่เหล็กรอบขดลวดจ่ายพลังงานที่ถูกสะสมไว้ให้กับไดโอด D ซึ่งไดโอด D ได้รับไบแอสตรงเกิดกระแสไหลมีทิศทางดังภาพและเป็นผลให้มีแรงดันตกคร่อมที่ R_L ในขณะที่มีขั้วตรงกันข้ามกับขั้วแรงดันอินพุท จากการทำงานของวงจร จะเห็นได้ว่าเกิดกระแสเหนี่ยวนำทั้งที่ด้านอินพุทและด้านเอ้าท์พุทซึ่งถ้าสวิตซ์ S ปิด-เปิดวงจรอย่างต่อเนื่องก็จะทำให้กระแสทั้งสองมีลักษณะเป็นพัลส์ สังเกตได้ว่าขดลวดจะเก็บสะสมพลังงานในช่วงเวลาที่สวิตซ์ S วงจรนั่นเอง

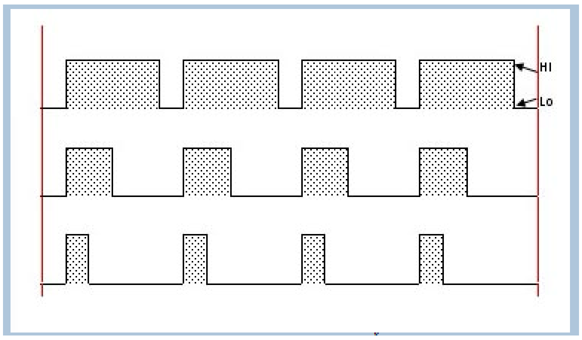
4. ไดอะแกรมการทำงานของการออกแบบวงจรสร้างแรงดันไฟฟ้า

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบในแต่ละส่วน ซึ่งส่วนต่าง ๆ ของชุดสปาร์คเทสเตอร์แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 15 kV ดังต่อไปนี้



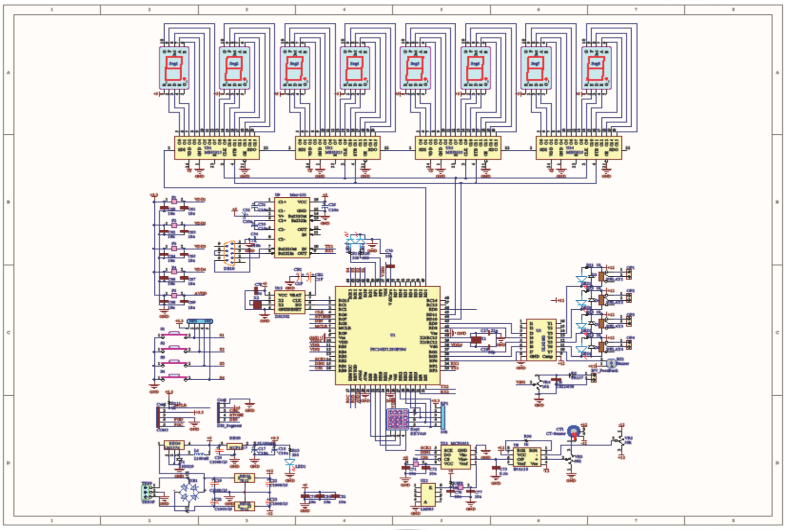
ภาพที่ 3 ไดอะแกรมลักษณะการทำงาน
(สุดาพร ชาตาพุทธิสวรรค์,จักรกฤษ์ จันทร์เขียว และวิจิตร กิณเรศ, 2552)

บอร์ดควบคุม PIC24HJ128GP เมื่อการตั้งค่าสัญญาณพัลส์ หน่วยร้อยละ Duty Cycle สามารถตั้งค่ากำหนดสัญญาณได้ และสามารถตั้งค่าการเกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง ได้ถึง 1 - 15 kV ด้วย คีย์แพดควบคุมวงจรผ่านและส่งออกมาในรูปของ PWM รูปคลื่นจะกว้างหรือแคบจะขึ้นอยู่กับการตั้งค่าผ่านอุปกรณ์ Gate Drive เพื่อเพิ่มกระแสให้มากขึ้น เพราะกระแสที่ออกจาก PIC24HJ128GP ค่าแรงดันจะต่ำ IC SG3525 ชุดควบคุม High Voltและผ่านอุปกรณ์ Power Mosfet เพื่อควบคุมแรงดันก่อนจะจ่ายให้กับ Flyback Converter Transformer แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูงให้สูงอีกที



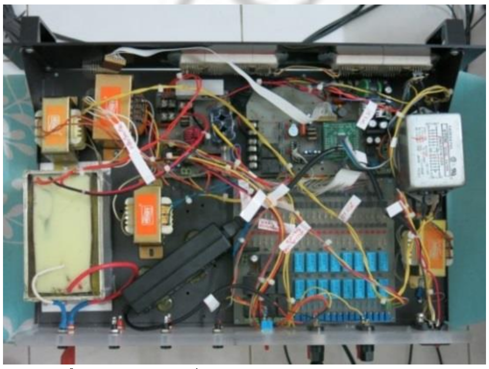
ภาพที่ 5 Pulse (ลูกคลื่น) PWM (สุดาพร ชาตาพุทธิสวรรค์,จักรกฤษ์ จันทร์เขียว และวิจิตร กิณเรศ, 2552)

4.1 การออกแบบสร้างวงจรทดสอบสายไฟฟ้า



ภาพที่ 5 วงจรบอร์ดควบคุมหลัก (สุดาพร ชาตาพุทธิสวรรค์,จักรกฤษ์ จันทร์เขียว และวิจิตร กิณเรศ ,2552, ภัทรพล ลิ้มภักดี, 2550)

4.3 อุปกรณ์สร้างชุดทดสอบอุปกรณ์โซ่ลูกปัด



ภาพที่ 6 ภาพเครื่องสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 15 kV

ภาพที่ 7 โซ่ลูกปัดอิเล็กโทรด

ภาพที่ 8 ภาพวิธีการทดสอบสายไฟฟ้าชนิด THW

เมื่อเราได้อุปกรณ์ครบแล้วก็นำมาต่อเป็นชุดทดสอบสายไฟชนิด THW เบอร์ 10, 16 และ 25SQ.mm เพื่อที่จะได้ตรวจสอบจุดบกพร่องฉนวนห่อหุ้มของสายไฟชนิด THW ดังแสดงในภาพที่ 11 - 13

5. ผลการทดลอง

ผู้วิจัยทำการทดสอบตามที่ได้ออกแบบไว้และบันทึกผลตามตารางที่ 2 การเลือกสายไฟฟ้าที่นำมาทดสอบเป็นการสุ่มเลือกสายไฟฟ้ามาทำการทดสอบจำนวน 3 ตัวอย่าง

ตารางที่ 2 มาตรฐานทดสอบแรงดันไฟฟ้าขั้นต่ำทดสอบกับสายไฟฟ้า

ความหนารัศมีตารางของชั้นภายใต้การทดสอบ (mm)		**ทดสอบแรงดันไฟฟ้า (kV)**
From	up to	DC
0	0.25	5
0.26	0.50	7
0.51	0.75	9
0.76	1.00	11
1.01	1.25	13
1.26	1.50	15

ตารางที่ 2 มาตรฐานทดสอบแรงดันไฟฟ้าขั้นต่ำทดสอบกับสายไฟฟ้า (ต่อ)

ความหนารัศมีตารางของชั้นภายใต้การทดสอบ (mm)		**ทดสอบแรงดันไฟฟ้า (kV)**
1.51	1.75	17
1.76	2.00	20
2.01	2.25	22
2.26	2.50	24
2.51	2.75	26
2.76	3.00	28

หมายเหตุ ตารางมาตรฐานการทดสอบอ้างอิงจากตารางการทดสอบของ IEC 62330 เป็นการทดสอบทดสอบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง D.C.

ตารางที่ 3 ขนาดของ Bead chain ที่ความเร็วทดสอบ

อุปกรณ์โซ่ลูกปัด		**IEC 62230 วิธี ชุดทดสอบสอบบกพร่องฉนวนหุ้มสายไฟฟ้าจากการเกิดสปาร์ค**		
	mm.	**ln**	**m/min**	**fl/min**
	2.00	0.078	120	393.72
	2.10	0.082	126	413.40
	2.20	0.086	12	433.09
	2.30	0.090	138	452.80
ความยาวของชุด อิเล็กโทรด	2.40	0.094	144	472.40
	2.50	0.098	150	492.15
	2.60	0.102	156	511.80
	2.70	0.106	162	531.50
	2.80	0.110	168	551.20
	2.90	0.114	174	570.90
	3.00	0.118	180	590.58

เนื่องจากขนาดของอุปกรณ์โซ่ลูกปัดอยู่ที่ 2.4 มิลลิเมตร หรือ 0.24 เซนติเมตร จะได้ความเร็วทดสอบอยู่ที่ 144 m/min หรือ 472.4 fl/min

โดย ที่ 2.4 mm = 0.24 Cm

1 Cm = 0.3937 ln

1 m = 3.281 fl

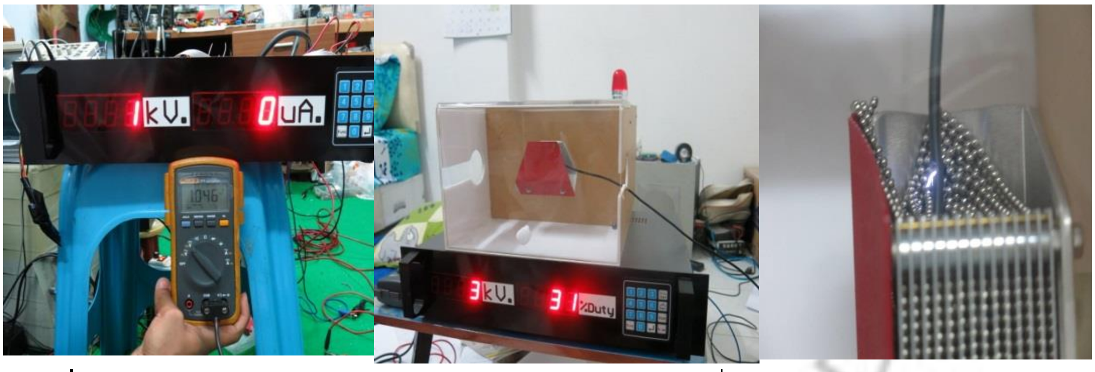
และ 1ln = 2.54 Cm

คำนวณได้จาก 1 Cm = 600 m/min

0.24 x 600 = 144 m/min

หรือ 144x 3.281 = 472.4 fl/min

5.1 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง



ภาพที่ 9 การทดสอบวงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงที่แรงดัน 1 kV

ภาพที่ 10 การทดสอบวงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาดพิกัด 15 kV

5.2 การทดสอบวัดแรงดันไฟฟ้าของชุดทดสอบสายไฟฟ้า

ตารางที่ 3 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าทดสอบวงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (kV)	ค่าแสดงผลจาก Display (kV)	ค่าที่วัดจริงจากมิเตอร์ (kV)
1	1	1.046
3	3	2.964
5	5	5.270
7	7	7.020
9	9	8.020
11	11	11.160
13	13	13.320
15	15	15.070

5.3 ตัวอย่างสายไฟที่นำมาทดสอบเป็นสายไฟฟ้า THW

5.3.1 สาย THW ขนาด 10 SQ.mm

5.3.2 สาย THW ขนาด 16 SQ.mm

5.3.3 สาย THW ขนาด 25 SQ.mm

ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลการทำสอบสาย THW ขนาด 10 SQ. มิลลิเมตร, ชำรุด 1 ตำแหน่ง, ที่ความหนาของฉนวน = 1 มิลลิเมตร

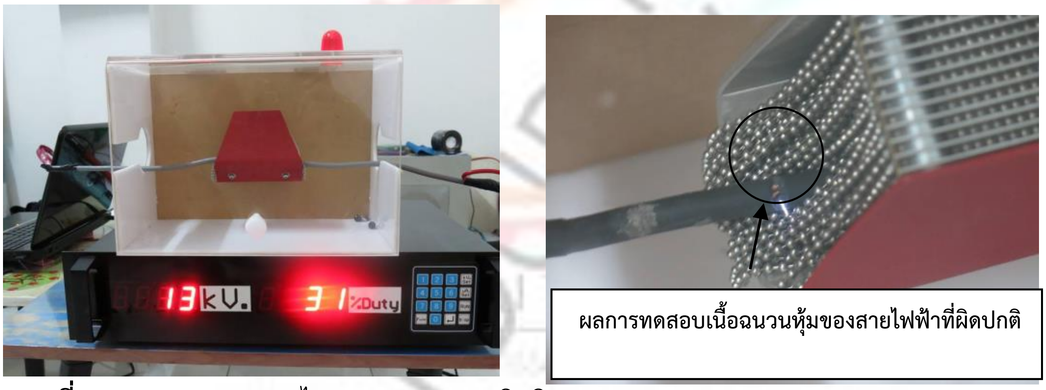
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง (kV/DC)	แสดงการทำงานของ Alarm	แสดงการทำงานไฟสัญญาณ	ค่า % Duty Cycle ที่แสดงหน้าจอ	% Duty Cycle ที่ตั้งค่า	% Duty Cycle ครั้งที่1	% Duty Cycle ครั้งที่ 2
1 kV	✓	✓	14-15	20	21	21
3 kV	✓	✓	22-23	30	31	31
5 kV	✓	✓	15-16	20	21	21
7 kV	✓	✓	34-35	40	41	41
9 kV	✓	✓	42-43	50	51	51
11 kV	✓	✓	18-19	30	31	31
13 kV	✓	✓	24-25	30	31	31
15 kV	✓	✓	36-37	50	51	51

ตารางที่ 5 ตารางแสดงผลการทดสอบสาย THW ขนาด16 SQ. มิลลิเมตร, ชำรุด 1 ตำแหน่ง, ที่ความหนาของฉนวน = 1 มิลลิเมตร

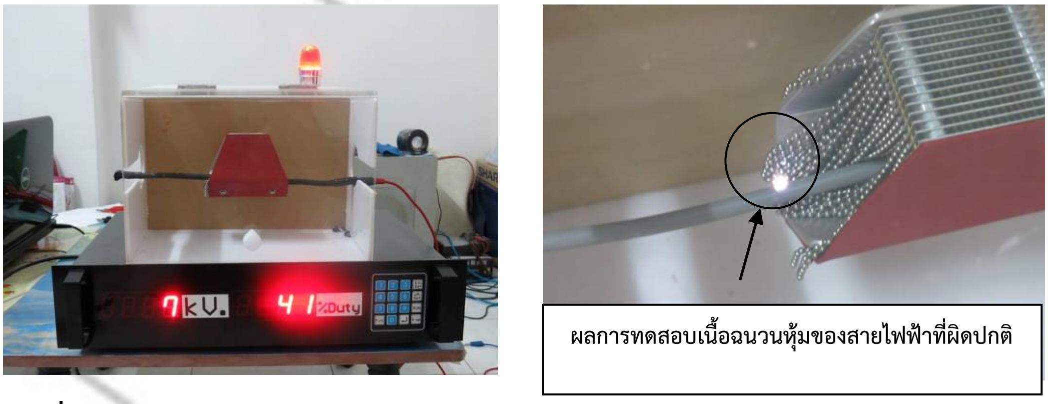
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง (kV/DC)	แสดงการทำงานของ Alarm	แสดงการทำงานไฟสัญญาณ	ค่า % Duty Cycle ที่แสดงหน้าจอ	% Duty Cycle ที่ตั้งค่า	% Duty Cycle ครั้งที่ 1	% Duty Cycle ครั้งที่ 2
1 kV	✓	✓	14-15	20	21	21
3 kV	✓	✓	22-23	30	31	31
5 kV	✓	✓	15-16	20	21	21
7 kV	✓	✓	34-35	40	41	41
9 kV	✓	✓	42-43	50	51	51
11 kV	✓	✓	18-19	30	31	31
13 kV	✓	✓	24-25	30	32	32
15 kV	✓	✓	36-37	50	51	51

ตารางที่ 6 ตารางแสดงผลการทดสอบสาย THW ขนาด 25 SQ. มิลลิเมตร, ชำรุด 1 ตำแหน่ง, ที่ความหนาของฉนวน = 1.2 มิลลิเมตร

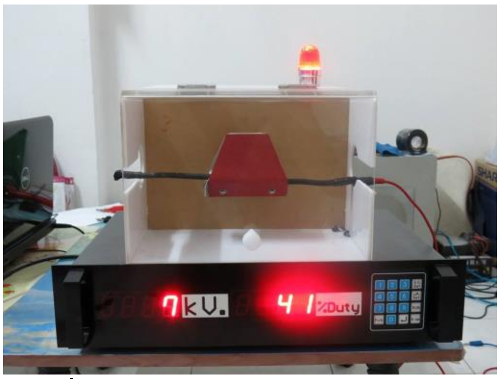
แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงสูง (kV/DC)	แสดงการทำงานของ Alarm	แสดงการทำงานไฟสัญญาณ	ค่า % Duty Cycle ที่แสดงหน้าจอ	% Duty Cycle ที่ตั้งค่า	% Duty Cycle ครั้งที่1	% Duty Cycle ครั้งที่2
1 kV	-	-	14-15	20	-	-
3 kV	-	-	22-23	30	-	-
5 kV	✓	✓	15-16	20	21	21
7 kV	✓	✓	34-35	40	41	41
9 kV	✓	✓	42-43	50	51	51
11 kV	✓	✓	18-19	30	31	31
13 kV	✓	✓	24-25	30	31	31
15 kV	✓	✓	36-37	50	51	52



ภาพที่ 11 การทดสอบสายไฟขนาด 10 SQ. มิลลิเมตร



ภาพที่ 12 การทดสอบสายไฟขนาด 16 SQ. มิลลิเมตร



ภาพที่ 13 การทดสอบสายไฟขนาด 25 SQ. มิลลิเมตร

5. สรุปผลและอภิปรายผล

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่า การทดสอบหาจุดบกพร่องฉนวนของสายไฟ THW ขนาดของสายมีผลต่อการทดสอบที่การจ่ายแรงดันไฟฟ้า 1 kV และ 3 kV เนื่องจากฉนวนที่หุ้มสายไฟ THW ขนาดไม่เท่ากันโดยที่ขนาด 2.5 Sq.มิลลิลิตร ความหนาฉนวนเท่ากับ 0.7 มิลลิเมตร ส่วนสายไฟ THW ขนาด 25 Sq. มิลลิเมตร ความหนาฉนวนเท่ากับ 1.2 มิลลิเมตร เป็นผลทำให้ไม่สามารถตรวจจับจุดบกพร่องของฉนวนได้เป็นตามที่ทดสอบ และการเลือกสายไฟฟ้าที่นำมาทดสอบเป็นการสุ่มเลือกสายไฟฟ้ามาทำการทดสอบจำนวน 3 ขนาดตัวอย่างเท่านั้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณทาง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร (มทร.พระนคร) ที่ให้การสนับสนุนการทำวิจัยในด้านต่าง ๆ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยสามารถประสบความสำเร็จได้ผลของงานวิจัยเป็นอย่างดี

7. เอกสารอ้างอิง

ศุภวุฒิ เนตรโพธิ์แก้ว. (2557). **วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง**. กรุงเทพฯ: สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

วีระเชษฐ์ ขันเงิน,วุฒิพล ธาราธีรเศรษฐ์. (2552). **อิเล็กทรอนิกส์กำลัง**, พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุดาพร ชาตาพุทธิสวรรค์, จักรกฤษ์ จันทร์เขียว และวิจิตร กิณเรศ. (2552). การออกแบบและวิเคราะห์แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับกำลังต่ำ แรงดันสูง ความถี่สูง สำหรับการสร้างโอโซนด้วยสนามไฟฟ้าที่มีความไม่สม่ำเสมอสูง, **วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 36(1),** หน้า 49-57.

ศศีโรตม์ เกตุแก้ว. (2548). การศึกษาการผลิตโอโซนโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงความถี่สูงแบบแรงดันกระเพื่อมสูง, **วิศวสารลาดกระบัง,ปีที่ 22(2),** หน้า 1-6.

ศุภวุฒิ ผากา, สันติ วงศ์ใหญ่ และอดิศร ถมยา. (2557). การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดในโรงเพาะเห็ดบ้านทุ่งบ่อแป้น

ต.ปงยางคก อ.ห้างฉัตร จ.ลำปาง. **วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม–มิถุนายน 2557,** หน้า 58-69.

ไพศาล คงเรือง และสมมารถ ขำเกลี้ยง. (2558). โปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2556. **วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง,ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม–มิถุนายน 2558,** หน้า 46-58.

I-TECH JOURNAL LPRU
Industrial Technology