



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4

Study and analysis of the operation of
the supervision relay SPER 1A1 C4

นายธนวลัญช์ แก้วเกิด

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นายธนวัลย์ช แก้วเกิด

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.ดร.วรชาติ สุวรรณงาม

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นายธนยศ วงศ์จิราภา

สถานประกอบการ บริษัท เอบีบี จำกัด

บทคัดย่อ

รายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้นำเสนอการศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4 โดยเริ่มต้นจากปัญหาที่เกิดขึ้นกับลูกค้าของบริษัท เอบีบี จำกัด โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit breaker) ของสวิตช์เกียร์ (Switchgear) เกิดการตัดวงจร (Trip) โดยไม่ทราบสาเหตุที่ชัดเจน โดยจากการตรวจสอบอย่างละเอียดไม่มีการตรวจพบความผิดปกติ (Fault) ที่เกิดขึ้นภายในระบบถูกบันทึกไว้ในรีเลย์ แต่พบการแจ้งเตือนไฟฟ้าชั่ววอกสัมผัสกราวด์ (Positive Ground Fault) ขึ้นที่เครื่องบรรจุไฟฟ้า (Battery charger) โดยได้มีการตั้งข้อสงสัยว่ารีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ของ Stromberg อาจมีความเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์การตัดวงจร (Trip) จึงนำไปสู่การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ และการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ เพื่อหาความเกี่ยวข้องของการตัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่เกิดขึ้นในระบบ และเพื่อจัดทำคู่มือการใช้งานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 และแบบฟอร์มสำหรับการตรวจสภาพและทดสอบอุปกรณ์สำหรับรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay)

Cooperative Title: Study and analysis of the operation of the supervision relay
SPER 1A1 C4

Student intern name: Mr. Tanawalun Kawkerd

Faculty: Engineering **Department:** Electrical Engineering

Advisor name: Asst. Prof. Dr. Warachart Suwan-ngam

Mentor name: Mr. Thanayot Wongjirapa

Company: ABB Limited

ABSTRACT

The cooperative education report aims at study and analysis of the operation of the supervision relay SPER 1A1 C4. According to the problem of the customers of the ABB limited, there was the trip of circuit breaker. From the inspection, there is no fault occurred in the system. However, the positive ground fault alarm appeared at the battery charger. It was hypothesized that the SPER 1A1 C4 supervision relay from Stromberg might relate to the trip problem, so the device investigation and test were performed. The results of the project are the user manual as well as test and inspection form of the supervision relay SPER 1A1 C4.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานสหกิจศึกษานี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลือ แนะนำ ให้คำปรึกษา ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.วรชาติ สุวรรณงาน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ บริษัท เอบีบี จำกัด และ บริษัท เอบีบี ออโตเมชัน ประเทศไทย ที่ได้มอบโอกาส และประสบการณ์อันมีค่า ให้ข้าพเจ้าเข้ามารับการสหกิจศึกษา เป็นระยะเวลา 4 เดือน ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ นายอมรินทร์ เตชะพันธุ์ ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรมประจำแผนกงาน ที่ข้าพเจ้าเข้ารับการสหกิจศึกษา ที่มอบโอกาส และความขอรู้อที่มีค่าให้กับข้าพเจ้า และยังเป็นທີ່ปรึกษาในการจัดทำรายงานสหกิจศึกษานี้ ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ นายธนยศ วงศ์จิราภา ผู้นิเทศงานสหกิจศึกษา และพี่ๆที่บริษัททุกท่าน ที่ให้ความกรุณาในการให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนดูแลเอาใจใส่ และให้ความช่วยเหลือ ขณะที่ข้าพเจ้าเข้ารับการฝึกงานจนสำเร็จไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้ากราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณบิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกคนที่ช่วยเหลือสนับสนุนทั้งด้านกำลังใจและกำลังทรัพย์ด้วยดีตลอดมา นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความร่วมมือช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งผู้เขียนไม่สามารถกล่าวนามในที่นี้ได้หมด จึงขอขอบคุณทุกท่านเหล่านั้นไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คุณค่าทั้งหลายที่ได้รับจากรายงานการศึกษาความเรียงชั้นสูงฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบเป็นกตัญญู กตเวทิต์แต่บิดามารดา และบูรพาจารย์ที่เคยอบรมสั่งสอน รวมทั้งผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายธนวลัญช์ แก้วเกิด

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1.1 รีเลย์	6
2.1.2 ตัวเหนี่ยวนำ	7
2.1.3 แมกเนติกคอนแทคเตอร์	8
2.1.4 เซอร์กิตเบรกเกอร์	9
2.1.5 วงจรถัดต่อทางไฟฟ้า	10
2.1.6 เครื่องบรรจุไฟฟ้า	11
2.1.7 แบตเตอรี่	11
2.1.8 ความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากกราวด์	11
2.1.9 ตัวต้านทานกราวด์	12
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	13
3.1 การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4	13
3.1.1 การศึกษาบล็อกไดอะแกรมของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4	13
3.1.2 การศึกษารีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1B1 C4	13

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า	
3.2	ออกแบบวิธีทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4	18
3.2.1	การออกแบบการทดสอบการทำงานที่สภาวะปกติ	18
3.2.2	การออกแบบการทดสอบการทำงานที่สภาวะผิดปกติ	18
3.3	การทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4	19
3.3.1	การทดสอบการทำงานที่สภาวะปกติ	21
3.3.2	การทดสอบการทำงานที่สภาวะผิดปกติ	21
3.4	การศึกษาการใช้งานรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4 ในระบบจริง และความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4	23
3.4.1	การศึกษาการใช้งานรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4 ในระบบจริง	23
3.4.2	การศึกษาความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4	24
3.5	การออกแบบวิธีการทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4 จากผลการจำลองการใช้งานจริง	24
3.5.1	การออกแบบการทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะปกติ	25
3.5.2	การออกแบบการทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะผิดปกติ	25
3.6	การทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4 จากผลการจำลองการใช้งานจริง	25
3.6.1	การทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะปกติ	25
3.6.2	การทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะผิดปกติ	26
บทที่ 4	ผลการวิจัย	28
4.1	ผลการทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4	28
4.1.1	ผลการทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4 ที่สภาวะปกติ	28

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1.2 ผลการทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4 ที่ สภาวะผิดปกติ	29
4.2 การทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4 จากการจำลอง จากการใช้งานจริง	30
4.2.1 ผลการทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงของรีเลย์ ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4 ที่สภาวะปกติ	31
4.2.2 ผลการทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงของรีเลย์ ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4 ที่สภาวะผิดปกติ	31
4.3 ผลการศึกษาข้อมูลรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4	31
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	36
5.1 สรุปความเกี่ยวข้องของรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4 กับ การตัดวงจรโดย ไม่ทราบสาเหตุ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์	36
5.2 คู่มือการใช้งานรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4	36
5.3 แบบฟอร์มการตรวจสอบสภาพ และทดสอบอุปกรณ์รีเลย์ตรวจสอบ	36
เอกสารอ้างอิง	37
ภาคผนวก	38
ภาคผนวก ก	39
ภาคผนวก ข	47
ภาคผนวก ค	56
ภาคผนวก ง	58
ประวัติผู้เขียน	67

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
ตารางที่ 1.1	ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย	4
ตารางที่ 3.1	การเชื่อมต่อของรีเลย์ตรวจสอบ SPER 1B1 C4	17
ตารางที่ 4.1	บันทึกผลการทดสอบการทำงานที่สภาวะปกติ	28
ตารางที่ 4.2	บันทึกผลการทดสอบการทำงานที่สภาวะผิดปกติ	29
ตารางที่ 4.3	บันทึกการทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริง	30
ตารางที่ 4.4	การเชื่อมต่อของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4	35



สารบัญรูป

รูปที่		หน้าที่
รูปที่ 1.1	แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานวิจัย	3
รูปที่ 2.1	สัญลักษณ์โครงสร้างรีเลย์	6
รูปที่ 2.2	ที่สภาวะปกติ NC	6
รูปที่ 2.3	ที่สภาวะปกติ NO	6
รูปที่ 2.4	สัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำ	7
รูปที่ 2.5	โครงสร้างแมกเนติกคอนแทคเตอร์	9
รูปที่ 2.6	วงจรตัด-ต่อทางไฟฟ้า	10
รูปที่ 3.1	บล็อกไดอะแกรมรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1A1 C4	13
รูปที่ 3.2	บล็อกไดอะแกรมรีเลย์ตรวจสอบ รุ่น SPER 1B1 C4	14
รูปที่ 3.3	กระแสและแรงดันของวงจรตรวจสอบของ SPER 1B1 C4	14
รูปที่ 3.4	การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าร่วมกันของ SPER 1B1 C4	16
รูปที่ 3.5	ตำแหน่งขาเชื่อมต่อ	18
รูปที่ 3.6	การต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบแบบใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าร่วมกัน (1)	20
รูปที่ 3.7	การต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบแบบใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแยกกัน	20
รูปที่ 3.8	การต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบแบบใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแยกกัน (2)	26
รูปที่ 4.1	กระแสและแรงดันของวงจรตรวจสอบของ SPER 1A1 C4	32
รูปที่ 4.2	การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าร่วมกันของ SPER 1A1 C4	34
รูปที่ 4.3	การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแยกกันของ SPER 1A1 C4	34

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นกับบริษัทลูกค้าของบริษัท เอบีบี จำกัด ได้เกิดเหตุการณ์ที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit breaker) ของสวิตช์เกียร์ (Switchgear) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมและตรวจสอบเครื่องจักรในการผลิตของโรงงาน เกิดการตัดวงจร (Trip) โดยไม่ทราบสาเหตุที่ชัดเจน จึงไม่สามารถทำงานต่อได้ จากการตรวจสอบอย่างละเอียดไม่มีการตรวจพบความผิดปกติ (Fault) ที่เกิดขึ้นภายในระบบถูกบันทึกในรีเลย์ (Relay) แต่มีการแจ้งเตือนไฟฟ้าชั่ววอกสัมผัสกราวด์ (Positive Ground Fault) ที่เครื่องบรรจุไฟฟ้า (Battery charger) และ ที่อุปกรณ์ป้องกันแรงดันตกชั่วขณะในระบบไฟฟ้า (Neutral Grounding Resistor) ของหม้อแปลงกำลัง (Power Transformer) ที่รับไฟฟ้ามาจากการไฟฟ้า (PEA) พบว่า สวิตช์ตัด-ต่อกราวด์ถูกเปิด (Opened Ground)

จากปัญหาข้างต้นเนื่องจาก จึงมีการตรวจสอบอุปกรณ์ภายในสวิตช์เกียร์ (Switchgear) ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับการตัดวงจรของเซอร์กิตเบรกเกอร์ จึงพบว่ามีการติดตั้งรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ของ Stromberg จึงมีการตั้งสมมุติฐานว่า รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 อาจมีความเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์การตัดวงจร (Trip) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit breaker) เนื่องจากมีการเชื่อมต่อวงจรเข้ากับขดลวดควบคุมการตัดวงจรไฟฟ้า (Opening coil) ที่ทำหน้าที่ในตัดวงจร (Trip) ทำให้ต้องมีการตรวจสอบอุปกรณ์ที่คาดว่ามีส่วนเกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น แต่เนื่องจากอุปกรณ์เป็นรุ่นที่มีอายุมากทำให้ไม่มีข้อมูลและคู่มือการใช้งาน นักศึกษาจึงได้รับมอบหมายให้มาทำการศึกษาข้อมูลการใช้งาน และทดสอบอุปกรณ์ เพื่อที่จะสามารถสรุปว่าความเกี่ยวข้องของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 และการตัดวงจร (Trip) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit breaker) โดยไม่ทราบสาเหตุที่แน่ชัด

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากผลการศึกษา และทดสอบของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ไปสรุปความเกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ

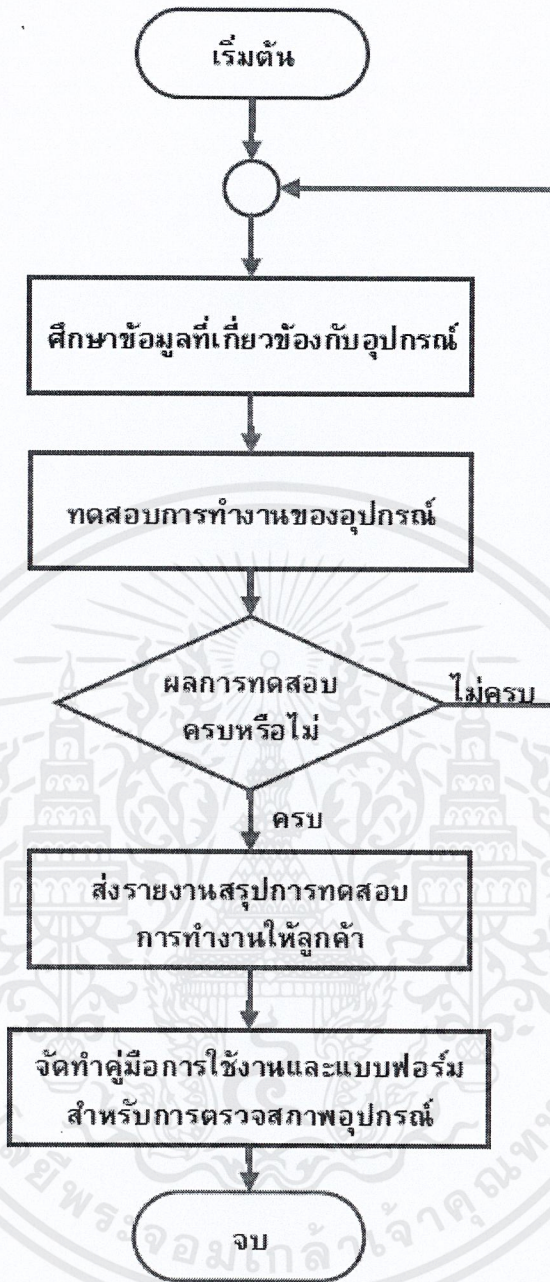
1.2.2 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากผลการศึกษา และทดสอบอุปกรณ์ ไปจัดทำคู่มือการใช้งาน อุปกรณ์ รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4

1.2.3 เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากผลการศึกษา และทดสอบอุปกรณ์ ไปจัดทำแบบฟอร์มการตรวจสภาพ และทดสอบอุปกรณ์ รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาและทดสอบอุปกรณ์ รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ของ Stromberg จากอุปกรณ์ที่ลูกค้าใช้งานจริง โดยจะศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ ภายใต้เงื่อนไขการใช้งานโดยทั่วไป และการทำงานของอุปกรณ์ภายในระบบที่เกิดปัญหาขึ้นจริง โดยมีการใช้งานร่วมกับขดลวดควบคุมการตัดวงจรไฟฟ้า (Opening coil) ที่จะทำงานที่แรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 110 Vdc โดยทดสอบอุปกรณ์จากความเป็นไปได้ที่ทำให้เกิดขึ้นจากความผิดปกติที่พบในระบบ โดยที่จะไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ เพื่อสังเกตการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 และ ขดลวดควบคุมการตัดวงจรไฟฟ้า (Opening coil) และนำไปใช้ในการสรุปผลการวิจัยของ รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4

1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย



รูปที่ 1.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานวิจัย

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการดำเนินงานวิจัย

ลำดับ	หัวข้องาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรีเลย์ ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4																
2	ทดสอบการทำงานของรีเลย์ ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4																
3	ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ ระบบจริงและปัญหาที่ เกิดขึ้น																
4	ทดสอบการทำงานของรีเลย์ ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 โดยจำลองการใช้งานจริง																
5	จัดทำรายงานสรุปผลการ ทดสอบให้กับลูกค้า																
6	จัดทำคู่มือการใช้งาน และ แบบฟอร์มสำหรับการตรวจ สภาพและทดสอบของรีเลย์ ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4																
7	จัดทำรายงานโครงการ สหกิจศึกษา																

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สรุปความเกี่ยวข้องของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 และการตัดวงจรโดยไม่ทราบสาเหตุที่แน่นชัด ของเซอร์กิตเบรกเกอร์

1.5.2 คู่มือการใช้งานของอุปกรณ์รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4

1.5.3 แบบฟอร์มสำหรับการตรวจสอบสภาพการ และการทดสอบอุปกรณ์รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay)



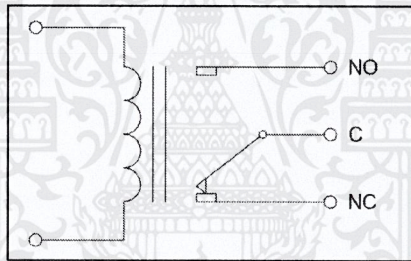
บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

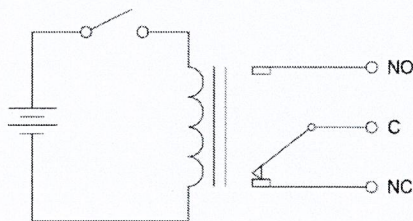
2.1.1 รีเลย์ (Relay) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ ตัด-ต่อวงจร คล้ายกับสวิตช์ โดยใช้หลักการหน้าสัมผัส และการที่จะให้มันทำงานก็ต้องจ่ายไฟให้มันตามที่กำหนด และแมกเนติกคอนแทกเตอร์ (Magnetic Contactor) เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานโดยอำนาจแม่เหล็กในการเปิดปิดหน้าสัมผัสในการควบคุมวงจรมอเตอร์หรือเรียกว่าสวิตช์แม่เหล็ก

2.1.1.1 โครงสร้างของรีเลย์ ภายในโครงสร้างของ รีเลย์ จะประกอบไปด้วยขดลวด 1 ชุด และ หน้าสัมผัส ซึ่งในหน้าสัมผัส 1 ชุด ซึ่งจะประกอบไปด้วย หน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close หรือ NC.) ซึ่งในสภาวะปกติ ขานี้จะต่ออยู่กับขาร่วม (C) และ หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open หรือ NO.) ขานี้จะต่อเข้ากับขาร่วม (C) เมื่อขดลวดมีแรงดันตกคร่อม หรือกระแสไหลผ่าน (ในปริมาณที่เพียงพอ) ใน รีเลย์ 1 ตัว อาจมีหน้าสัมผัสมากกว่า 1 ชุด ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิต

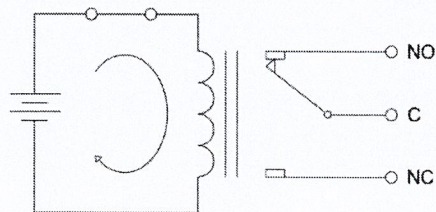


รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์โครงสร้างรีเลย์ (Relay)

2.1.1.2 หลักการทำงานของรีเลย์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด จะทำให้ขดลวดเกิดสนามแม่เหล็กไปดึงแผ่นหน้าสัมผัสให้ดึงลงมา แต่หน้าสัมผัสอีกอันทำให้มีกระแสไหลผ่านหน้าสัมผัสไปได้



รูปที่ 2.2 ที่สภาวะปกติ NC



รูปที่ 2.3 ที่สภาวะที่จ่ายไฟ NO

2.1.1.3 การใช้งานรีเลย์โดยทั่วไป จำเป็นต้องคำนึงถึงค่าการใช้งานที่เหมาะสมกับตัวรีเลย์ และความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับรีเลย์เมื่อมีการใช้งานที่ไม่เหมาะสม

- แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ โดยที่ตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ (หากใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนมากจะใช้แรงดันกระแสตรงในการใช้งาน) เช่น 12 Vdc โดยต้องใช้แรงดันที่ 12 Vdc เท่านั้นหากใช้มากกว่านี้ ขดลวดภายในตัวรีเลย์อาจจะขาดได้ หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่ามาก รีเลย์จะไม่ทำงาน ส่วนในการต่อวงจรนั้นสามารถต่อขั้วใดก็ได้ครับ เพราะตัวรีเลย์จะไม่ระบุขั้วต่อไว้ (นอกจากชนิดพิเศษ)

- การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งที่ตัวรีเลย์จะระบุไว้ เช่น 10 A 220 AC คือ หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทนกระแสได้ 10 แอมแปร์ที่ 220 Vac แต่การใช้ก็ควรจะใช้งานที่ระดับกระแสต่ำกว่า เพราะถ้ากระแสมากเกินไป จะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์เสียหายได้

2.1.2 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเหนี่ยวนำไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการสนามแม่เหล็กตัดผ่านขดลวด จะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวด ซึ่งจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้น ตัวเหนี่ยวนำแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ แบบค่าคงที่และแบบปรับค่าได้ ตัวเหนี่ยวนำเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า อินดักเตอร์หรือเรียกย่อ ๆ ว่าตัวแอล (L) หน่วยของการเหนี่ยวนำคือ เฮนรี่ (Henry)

2.1.2.1 หลักการของตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) โดยตัวเหนี่ยวนำเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการปรับความถี่ของเครื่องรับวิทยุและ โทรทัศน์โดยอาศัยหลักการของลวดทองแดง นำมาขดหลาย ๆ รอบที่เรียกว่าคอย (Coil) แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไป เพื่อให้แสดงคุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ โครงสร้างประกอบด้วยขดลวด (Coil) พันรอบแกน (Core) ซึ่งแกนนี้อาจจะเป็นแกนอากาศ, แกนเหล็ก, หรือแกนเฟอร์ไรท์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ตัวเหนี่ยวนำชนิดต่าง ๆ



สัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำหรืออินดักเตอร์ (Inductor) เป็นอุปกรณ์พื้นฐานอีกตัวหนึ่งที่ถูกนำมาใช้งานในวงจรไฟฟ้าและวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างแพร่หลาย บทบาทสำคัญของตัวเหนี่ยวนำคือ ทำให้เกิดการพองตัวและการยุบตัวของสนามแม่เหล็กขึ้นมา เมื่อจ่ายแรงดันและกระแสให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นบนตัวเหนี่ยวนำนี้มีประโยชน์ต่อการนำไปใช้งาน นำไปสร้างอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าได้

ตัวเหนี่ยวนำเป็นเส้นลวดตัวนำจําพวกทองแดงขดลวดเป็นวงเรียงกันหลายๆ รอบ ลักษณะการพันเส้นลวดตัวนำแตกต่างกัน ทำให้ตัวเหนี่ยวนำแตกต่างกัน เรียกว่าขดลวดหรือคอยล์ (Coil)

การพันจำนวนรอบของตัวเหนี่ยวนำมีผลต่อความเหนี่ยวนำ (Inductance) ในตัวเหนี่ยวนำนั้น พันจำนวนรอบน้อยความเหนี่ยวนำน้อย พันจำนวนรอบมากความเหนี่ยวนำมาก จำนวนรอบยังมีผลต่อปริมาณสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นด้วย จำนวนรอบน้อย สนามแม่เหล็กเกิดน้อย จำนวนรอบมาก สนามแม่เหล็กเกิดมาก เมื่อนำเส้นลวดตัวนำมาพันเป็นขด จะส่งผลให้เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบเส้นลวดตัวนำเกิดการเสริมแรงกัน เกิดเป็นสนามแม่เหล็กขึ้นและสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีความเข้มเพิ่มมากขึ้น

2.1.2.2 ตัวเหนี่ยวนำแบบค่าคงที่ (Fixed Inductors) คือตัวเหนี่ยวนำที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ โดยปกติตัวเหนี่ยวนำประเภทนี้ ทำมาจากขดลวดทองแดง แกนที่ใช้พันขดลวดจะมีปลายลวดยื่นออกมาทั้งสองข้าง รูปร่างโดยทั่วไปจะเป็นแกนยาวแบบทรงกระบอก มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น โซลินอยด์, เซอร์เฟสเมาส์, โซ็ค, ทอร์รอยด์ และแบบแถบสี่ ฯลฯ เป็นต้น

2.1.2.3 ตัวเหนี่ยวนำแบบปรับค่าได้ (Variable Inductors) นิยมใช้ในเครื่องรับวิทยุ ค่าการเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงไปตามการเคลื่อนที่ของแกนหมุน ที่สามารถปรับสกรูเลื่อนตำแหน่งของขดลวดให้เข้าหรือออก เพื่อเปลี่ยนค่าของความเหนี่ยวนำ ถ้าแกนเคลื่อนที่ออกมาออกสุด ค่าความเหนี่ยวนำจะมีค่าต่ำ แต่ถ้าหมุนสกรูให้แกนเคลื่อนที่เข้าไปในขดลวดมาก จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำมากขึ้นตามไปด้วย ในการปรับควรใช้เครื่องมือที่ทำด้วยพลาสติก หรืออุปกรณ์จำพวกที่ไม่ใช่โลหะ เนื่องจากวัสดุที่ทำมาจากโลหะจะไปรบกวนการเกิดสนามแม่เหล็ก และมีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำได้

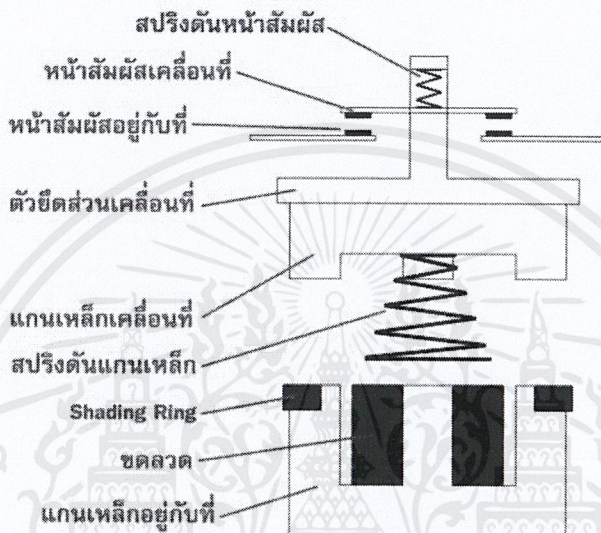
2.1.3 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic contactor) หรือแมกเนติกสวิตช์ (Magnetic switch) คืออุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตัด-ต่อวงจรไฟฟ้า โดยใช้หน้าสัมผัส (Contact) ในการเปิดปิดวงจร ในการเปิดปิดวงจรผ่านหน้าสัมผัสจะอาศัยอำนาจแม่เหล็กที่ถูกสร้างขึ้นโดยขดลวด (Coil) สามารถนำไปใช้งานได้หลากหลาย เช่น วงจรควบคุมมอเตอร์ เป็นต้น

2.1.3.1 ส่วนประกอบแมกเนติกคอนแทคเตอร์ มีหลักๆ คือแกนเหล็ก (Core), ขดลวด(Coil), หน้าสัมผัส(Contact)

แกนเหล็ก (Core) ผลิตจากแผ่นเหล็กบางๆ (Laminated Steel Sheet) วางซ้อนกันหลายๆ ชั้น และแผ่นเหล็กแต่ละแผ่นจะเคลือบด้วยฉนวนไฟฟ้า เพื่อป้องกันกระแสไหลวนในแกนเหล็ก (Eddy current) ซึ่งเป็นการสูญเสียที่ส่งผลให้เกิดความร้อนขึ้นในแกนเหล็ก แกนเหล็กทำหน้าที่เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ แกนเหล็กเคลื่อนที่ (Moving armature) ซึ่งจะเป็นส่วนที่มีหน้าสัมผัสยึดติดอยู่ด้วย และแกนเหล็กอยู่กับที่ (Stationary core) ซึ่งจะมีขดลวดทองแดงพันอยู่ และมีวงแหวนบัง (Shading ring) ฝังอยู่ที่ผิวหน้าของแกนเหล็ก เพื่อลดการสั่นสะเทือนของแกนเหล็ก

ขดลวด (Coil) ขดลวดทำมาจากลวดทองแดงพันอยู่รอบแกนเหล็กสวมอยู่ตรงกลางของแกนเหล็กอยู่กับที่ ขดลวดทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กมีขั้วต่อไฟฟ้าเข้าใช้สัญลักษณ์อักษรกำกับ คือ A1-A2

หน้าสัมผัส (Contact) หน้าสัมผัสจะยึดติดอยู่กับแกนเหล็กเคลื่อนที่แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ หน้าสัมผัสหลัก (Main contact) ใช้ในวงจรกำลัง ทำหน้าที่ตัดต่อระบบไฟฟ้าเข้าสู่โหลด และ หน้าสัมผัสช่วย (Auxiliary contact) ใช้กับวงจรควบคุม หน้าสัมผัสช่วยแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ หน้าสัมผัสปกติเปิด (Normally Open : N.O.) และหน้าสัมผัสปกติปิด (Normally Close : N.C.)



รูปที่ 2.5 โครงสร้างแมกเนติกคอนแทคเตอร์

2.1.3.2 หลักการทำงานแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวดสนามแม่เหล็กที่อยู่ขากกลางของแกนเหล็กขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กที่แรงสนามแม่เหล็กมากกว่าแรงสปริง ดึงให้แกนเหล็กชุดเคลื่อนที่เคลื่อนที่ลงมา ในสภาวะนี้หน้าสัมผัสทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงานคือคอนแทคปกติปิดจะเปิดวงจรจุดสัมผัสออก และคอนแทคปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัส เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปในขดลวดสนามแม่เหล็ก หน้าสัมผัสทั้งสองชุดจะกลับไปสู่สภาวะเดิม

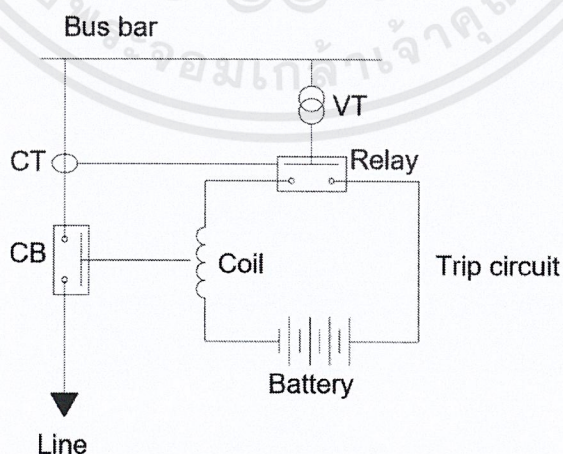
2.1.4 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit breaker) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเปิดและปิดวงจรไฟฟ้าทั้งในขณะที่ระบบไฟฟ้ากำลังอยู่ในสภาวะปกติ และสภาวะผิดปกติ การเปิดปิดวงจรในสภาวะปกติจะทำได้ด้วยมือเมื่อไรก็ได้ตามต้องการ แต่เมื่อระบบอยู่ในสภาวะผิดปกติ เซอร์กิตเบรกเกอร์จะต้องตัดอย่างรวดเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์อื่น ๆ ช่วยตรวจจับสภาวะผิดปกติ และสั่งให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ เปิดหรือปิดวงจรโดยอัตโนมัติ

2.1.4.1 หลักการทำงานของเบรกเกอร์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ใช้หลักการทำงานทางความร้อน (Thermomagnetic) และ การควบคุมจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic)

- หลักการทำงานทางความร้อน (Thermomagnetic) โดยการแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนมีฟังก์ชันการป้องกัน 2 แบบ คือ การป้องกันกระแสไหลเกิน (Overload) หรือที่เรียกว่า ฟังก์ชัน แอล(L) และการป้องกันกระแสลัดวงจร (Short Circuit) หรือที่เรียกว่า ฟังก์ชัน ไอ(I) ใช้หลักการป้องกันแบบ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic coil)

- หลักการทำงานแบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic) ใช้การวัดค่ากระแสใช้งานจริงด้วยหม้อแปลงกระแส (Current transformer) และส่งค่าที่วัดได้ไปทำการคำนวณด้วยระบบควบคุม (Microcontroller) มีฟังก์ชันการป้องกันให้เลือกทั้งหมด 4 แบบ คือ ฟังก์ชัน แอล (L) การป้องกันกระแสไหลเกิน (Overload), ฟังก์ชัน เอส(S) การป้องกันกระแสลัดวงจรแบบหน่วงเวลา (Short circuit with delay time), ฟังก์ชัน ไอ(I) การป้องกันกระแสลัดวงจรแบบทันทีทันใด (Instantaneous Trip) และฟังก์ชัน จี (G) เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลลงกราวด์(ground fault)

2.1.5 วงจรตัด-ต่อทางไฟฟ้า (Trip circuit breaker) ประกอบไปด้วย เบรกเกอร์ (Circuit breaker), รีเลย์ (Relay), หม้อแปลงกระแส (Current transformer), หม้อแปลงแรงดัน (Voltage transformer), แบตเตอรี่ (Battery) และขดลวดควบคุม (Coil) ดังรูปที่ 2.6 การทำงานของวงจรตัด-ต่อทางไฟฟ้า จะทำการแปลงขนาดของกระแสและแรงดันที่จ่ายให้กับโหลดทางไฟฟ้าให้มีขนาดที่เหมาะสมกับการใช้งานของรีเลย์ผ่านโดยใช้หม้อแปลงกระแส และหม้อแปลงแรงดัน และเมื่อมีความผิดปกติที่เกิดขึ้นในระบบวงจรรีเลย์จะทำการต่อ (Close) ให้วงจรสั่งตัดวงจร (Trip circuit) ควบคุมวงจร แบตเตอรี่จะทำการจ่ายไฟเพื่อกระตุ้นให้ขดลวดควบคุมเกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำให้เบรกเกอร์เกิดการตัดวงจร (Trip) เพื่อความปลอดภัยจากความเสียหายต่อภาระโหลด



รูปที่ 2.6 วงจรตัด-ต่อทางไฟฟ้า(Trip circuit breaker)

2.1.6 เครื่องบรรจุไฟฟ้า (Battery charger) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการใส่พลังงานเข้าไปในเซลล์ทุติยภูมิ หรือชาร์จไฟใหม่ให้แบตเตอรี่ได้โดยการบังคับให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไป ประกอบด้วย วงจรเรียงกระแส วงจรไฟฟ้า, ตรวจสอบประจุวงจรควบคุม, วงจรควบคุม และวงจรตรวจจับความผิดปกติ โดยเครื่องชาร์จยังสามารถใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงสำหรับวงจรควบคุมและป้องกันของสถานีย่อยในระหว่างการทำงานปกติหรือเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ในโหมดลอยตัว เมื่อมีปัญหาในระบบกระแสสลับแบตเตอรี่จะจ่ายโหลดกระแสตรงได้ โดยมีการชาร์จสองประเภท คือ การชาร์จแบบเร็วสำหรับแบตเตอรี่ใหม่หรือที่ไม่ได้ใช้ และการชาร์จแบบลอยตัวเพื่อชาร์จแบตเตอรี่ที่ให้จ่ายไฟให้กับโหลดเพื่อชดเชยการชาร์จเล็ก ๆ

โปรโตคอลการชาร์จ (ขนาดแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสสำหรับระยะเวลาในการชาร์จ และสิ่งที่ต้องทำเมื่อการชาร์จเสร็จสมบูรณ์) ขึ้นกับขนาดและประเภทของแบตเตอรี่ที่กำลังชาร์จ แบตเตอรี่บางประเภทมีความทนทานสูงสำหรับการชาร์จ (สามารถชาร์จอย่างต่อเนื่องได้หลังจากที่แบตเตอรี่ชาร์จเต็มแล้ว) และสามารถชาร์จใหม่ได้โดยการเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าคงที่หรือแหล่งจ่ายกระแสคงที่ขึ้นอยู่กับประเภทแบตเตอรี่ เครื่องชาร์จแบบธรรมดาประเภทนี้จะต้องตัดการเชื่อมต่อด้วยตนเองเมื่อสิ้นสุดรอบการชาร์จและแบตเตอรี่บางประเภทต้องใช้อย่างแน่นนอนหรืออาจใช้ตัวจับเวลาเพื่อตัดการชาร์จในเวลาที่กำหนดโดยประมาณเมื่อการชาร์จเสร็จสิ้น แต่แบตเตอรี่ชนิดอื่นที่ไม่สามารถทนต่อการชาร์จเกินกำลังจะได้รับความเสียหาย (ความจุไฟฟ้าและอายุการใช้งานที่ลดลง) เกิดความร้อนหรือการระเบิด

2.1.7 แบตเตอรี่ (Battery) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป ถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) ที่ประกอบด้วยขั้วบวกและขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์ หรือมากกว่าก็ได้ แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ และสามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (Recharge) ได้หลายครั้งและประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100% จะอยู่ที่ประมาณ 80% เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุ/จ่ายประจุนั่นเอง แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพง และเสียหายได้ง่าย หากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี รวมถึง อายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้, การบำรุงรักษา, การประจุ และอุณหภูมิ ฯลฯ

2.1.8 ความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากกราวนด์ (Ground fault) เกิดขึ้นเมื่อมีปัญหาเกี่ยวกับวงจร อุปกรณ์ หรือการเดินสายที่ทำให้เส้นทางการเชื่อมต่อที่กราวด์ดิน เกิดกระแสไฟฟ้าที่กำลังเคลื่อนที่ทั้งหมดลงสู่พื้นดิน ปัญหาการต่อลงดินอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจาก เส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไม่ต้องการไปยังพื้นดินหรือ ลูบพื้นดิน, ความต้านทานต่อพื้นดิน หรือการสูญเสียความเป็นฉนวนของพื้นดิน ความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากกราวนด์ (Ground fault) มี 2 ประเภทที่พบบ่อย คือ ขั้วบวกสัมผัสกับกราวนด์ (Positive ground-fault) และขั้วลบหรือคอมมอน (Common) สัมผัสกับกราวนด์ (negative ground-fault)

- ความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากกราวนด์เป็นบวก (Positive ground-fault) เกิดขึ้นเมื่อการเชื่อมต่อที่ขั้วบวก (Positive), จุดเชื่อมต่อที่เกิดความร้อน (Hot connection) หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจรที่มีพลังงาน (Energized circuit) สัมผัสกับกราวนด์ (Ground) ดังที่ไม่สมควรเกิดขึ้น โดยความผิดปกติประเภทนี้มักจะรบกวนการไหลของกระแสไฟฟ้าของวงจรทำให้เกิดการลัดวงจร (Short circuit) และมักจะทำให้เกิดการตัด (Trip) ของวงจรหรือฟิวส์

- ความผิดปกติที่เกิดขึ้นจากกราวนด์เป็นลบ (Negative ground-fault) เกิดขึ้นเมื่อการเชื่อมต่อขั้วลบ (Negative) หรือเป็นกลาง (Common) สัมผัสกับกราวนด์ (Ground) ดังที่ไม่ควรเกิดขึ้น ความผิดปกติประเภทนี้มักจะรบกวนการไหลของวงจรไฟฟ้า และไม่สามารถตรวจพบได้ในกรณีส่วนใหญ่ นอกจากนี้ยังเป็นเรื่องยากที่จะติดตามค้นหาและแก้ไข

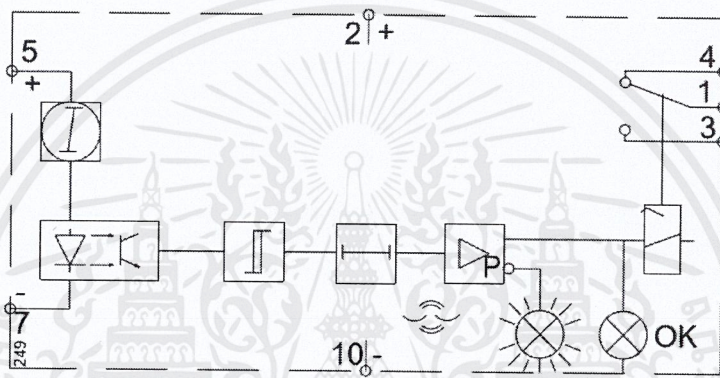
2.1.9 ตัวต้านทานกราวนด์ (Neutral Grounding Resistor) มีวัตถุประสงค์หลักในการใช้งานคือ การจำกัดกระแสผิดปกติที่มีข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในความผิดปกติจากกราวนด์ (Ground fault) การ จำกัด กระแสที่เป็นไปได้ที่สามารถไหลผ่านดังกล่าวไม่เพียงแต่ช่วยลดความเสียหายต่ออุปกรณ์ แต่ยังช่วยปกป้องบุคลากรในบริเวณใกล้เคียง ขึ้นอยู่กับการออกแบบของตัวต้านทาน โดยค่ากระแสไฟฟ้าอาจสูงหรือต่ำอย่างต่อเนื่องหรือระยะเวลาที่กำหนด ตัวต้านทานได้รับการออกแบบเพื่อจำกัดกระแสสูงสุดที่จ่ายให้รีเลย์และการตั้งค่าการป้องกันที่จะกำหนดและตราได้อย่างง่ายดาย สร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่ปลอดภัย

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4

3.1.1 การศึกษาหลักการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ประกอบด้วยหน่วยการทำงานดังต่อไปนี้ วงจรทริกเกอร์ (Triggering circuit), ตัวกำเนิดกระแสคงที่ (Constant current generator), ออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto-Isolator) หรืออุปกรณ์ควบคุมทางแสง, วงจรเวลา (Time circuit), ไฟแสดงสถานะ (LED), รีเลย์เอาต์พุต (Output relay) โดยจะแสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 3.1 หลักการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4

3.1.2 การศึกษารีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1B1 C4

3.1.2.1 การใช้งานรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER เป็นอุปกรณ์สำหรับการใช้ในการตรวจสอบ และแสดงสถานะของวงจรควบคุม เช่น วงจรเบรกเกอร์ (Breaker circuit), วงจรควบคุมอุปกรณ์ตัดการเชื่อมต่อ (Disconnecter control circuit), วงจรส่งสัญญาณ (Signaling circuit) และวงจรอื่น ๆ

3.1.2.2 รายละเอียดการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER โดยรีเลย์ตรวจสอบประกอบด้วยวงจรทริกเกอร์ (Triggering circuit), ตัวกำเนิดกระแสคงที่ (Constant current generator), ออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto-Isolator) หรืออุปกรณ์ควบคุมทางแสง, วงจรเวลา (Time circuit), ไฟแสดงสถานะ (LED), รีเลย์เอาต์พุต (Output relay) โดยจะแสดงดังรูปที่ 2.8

เพื่อที่จะเลี่ยงการทริป (Tripping) ของวงจรเบรกเกอร์ (Breaker circuit) ที่ไม่สมควรเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจรในวงจรควบคุม วงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสคงที่ของรีเลย์ จะมีตัวต้านทานอนุกรมเพื่อจำกัดกระแสภายใน

เพื่อความปลอดภัยในการทำงานแรงดันไฟฟ้าควบคุมที่ตกร่วมวงจรขับ (driver circuit) จะไม่ควรลดลงต่ำกว่า 40 Vdc โดยสามารถคำนวณแรงดันไฟฟ้าควบคุมที่ตกร่วมวงจรขับ (driver circuit) ได้จากการคำนวณดังสมการที่ 3.1

$$U_c - (R_c \times I_c) > 40 \text{ Vdc} \quad (3.1)$$

โดยที่ U_c = แรงดันไฟฟ้าควบคุม

I_c = กระแสไฟฟ้าที่วัดได้

R_c = ความต้านทานของขดลวดควบคุม

การวัดกระแสถูกวัดโดยวงจรออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto-Isolator) ในวงจรของรีเลย์ การทำงานตามปกติไฟ (LED) สีเขียว "OK" ที่แผงด้านหลังรีเลย์สว่าง และเอาต์พุตของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1B1 C4 หน้าสัมผัส 1-3 และ 9-1 จะถึงกัน หากแรงดันไฟฟ้าควบคุมตกต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่กำหนดเนื่องจากการหยุดชะงักการเชื่อมต่อที่ไม่ปกติ หรือหน้าสัมผัสเกิดการตัด (Trip) การส่งออกของรีเลย์จะตกลง (Drop off) โดยหน่วงเวลาประมาณ 3 วินาที ไฟแสดงสถานะ (LED) สีแดง "FAULT" จะสว่าง, ไฟแสดงสถานะ (LED) สีเขียว "OK" จะดับลง และหน้าสัมผัสของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1B1 C4 จะเปลี่ยนเป็น 1-4 และ 8-11

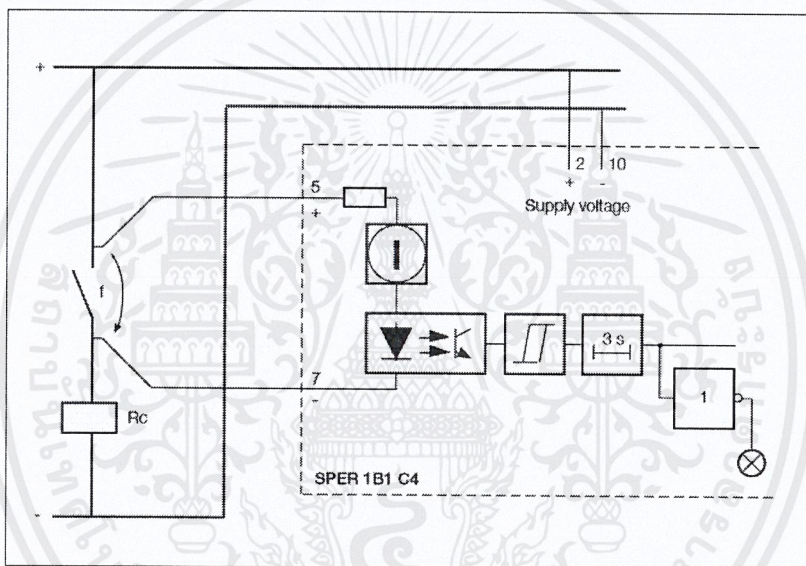
แรงดันไฟฟ้าเสริม (Auxiliary Voltage) การใช้งานรีเลย์ควบคุมนั้นต้องการแรงดันไฟฟ้าเสริมที่ต่อเนื่อง ช่วงแรงดันไฟฟ้าของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1B1 C4 คือ 40-265 Vdc โดยทั่วไปแรงดันจ่ายเสริมและแรงดันไฟฟ้าของวงจรที่ตรวจสอบจะเท่ากัน แต่วงจรไฟฟ้าถูกแยกออกจากกันด้วยกระแสไฟฟ้า สามารถใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแยกต่างหากสำหรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริมไปยังรีเลย์และสำหรับแรงดันไฟฟ้าของวงจรที่ตรวจสอบ

วงจรขับ (driver circuit) ของรีเลย์ทำงานเป็นอิสระจากวงจรการวัด และวงจรเอาต์พุต เพื่อให้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันได้รับอนุญาต หากแรงดันไฟฟ้าเสริมถูกขัดจังหวะไฟ LED แสดงสถานะของรีเลย์ควบคุมจะดับลงและหน้าสัมผัสที่เปลี่ยนไปของรีเลย์เอาต์พุตที่ดำเนินการจะทำงานโดยไม่มีกรหน่วงเวลาในวงจรการวัด การดำเนินการติดต่อของรีเลย์เป็นเช่นเดียวกับความผิดพลาดในวงจรตรวจสอบ

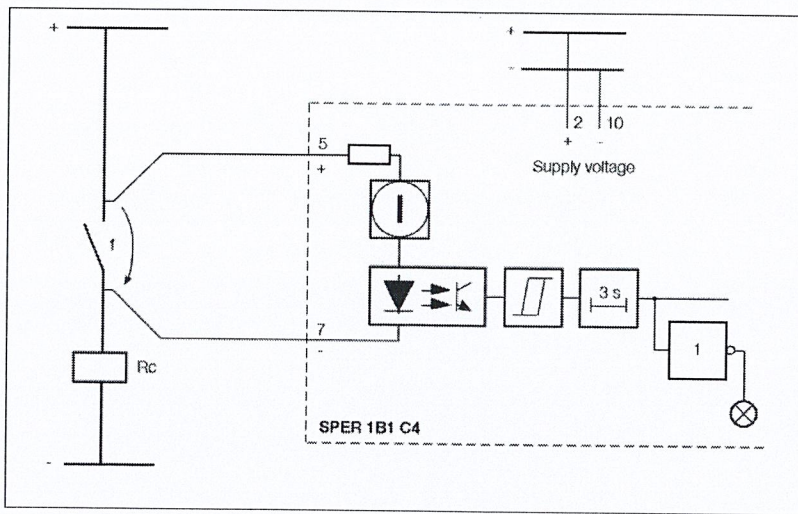
รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) สามารถเชื่อมต่อเพื่อรับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากวงจรควบคุมที่ตรวจสอบผ่านสายเชื่อมของวงจรขับ อย่างไรก็ตามมีเงื่อนไขว่าขดลวดควบคุมของวงจรที่ตรวจสอบจะไม่ได้รับผลกระทบจากปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับประเภทของรีเลย์ควบคุมและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมวงจรตรวจสอบนั้นสูงกว่า 40 Vdc

หมายเหตุ: ด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่อธิบายไว้ข้างต้นรีเลย์การควบคุมจะทำงานทันทีและไฟแสดงสถานะ LED สีแดง "FAULT" ยังคงดับอยู่ รับสัญญาณเตือนภัยที่ไม่ล่าช้าได้ผ่านทางรีเลย์เอาต์พุต เช่นเดียวกับที่หน้าสัมผัสสับการควบคุม

การต่อของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริมสำหรับรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1B1 C4 นั้นแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 และ 3.5 และในตารางที่ 3.1 ในส่วน "การเชื่อมต่อ"



รูปที่ 3.4 การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าร่วมกันของ SPER 1B1 C4

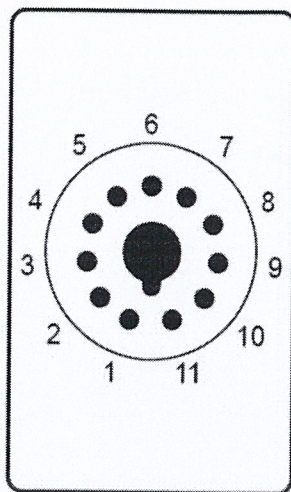


รูปที่ 3.5 การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแยกต่างหากของ SPER 1B1 C4

ตารางที่ 3.1 การเชื่อมต่อของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1B1 C4

หมายเลขเทอร์มินัล	การทำงาน
2 (+) และ 10 (-)	แรงดันเสริม (Auxiliary Voltage) ขนาด 40-250 Vdc. ขั้วบวก (+) ของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเชื่อมต่อกับเทอร์มินัลที่ 2
5 (+) และ 7 (-)	แรงดันควบคุม (Control Voltage) ขนาด 40-315 Vdc. ขั้วบวก (+) ของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเชื่อมต่อกับเทอร์มินัลที่ 5
1 - 3 - 4 และ 8 - 9 - 11	เอาต์พุตของรีเลย์โดยการเปลี่ยนหน้าสัมผัส โดยในสภาวะการทำงานปกติ หน้าสัมผัส 1 - 3 และ 9 - 11 จะถูกปิด (Close) แต่เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น หน้าสัมผัส 1 - 4 และ 8 - 11 จะถูกปิด (Close)

รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1B1 C4 ถูกเก็บอยู่ในกล่องพลาสติกที่มีฐานขั้ว 11 ขั้ว พร้อมขั้วเกลียวสำหรับการเชื่อมต่อ ฐานติดตั้งบนราง (DIN 50022) หรือขันเข้ากับพื้นผิวระนาบ ขั้วฐานมีคุณสมบัติตรงตามการทดสอบความเป็นฉนวนของรีเลย์



รูปที่ 3.5 ตำแหน่งขาเชื่อมต่อ (Pin arrangement)

3.2 การออกแบบวิธีทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4

จากการศึกษาบล็อกไดอะแกรมของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ของบริษัท Stromberg และการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1B1 C4 ของบริษัท เอปี้ จำกัด จึงสามารถแบ่งแบ่งหัวข้อการทดสอบได้ดังนี้

3.2.1 การออกแบบการทดสอบการทำงานที่สภาวะปกติ เพื่อศึกษาการทำงานของรีเลย์ และทดสอบว่ารีเลย์ที่รับมาจากลูกค้าสามารถทำงานได้ปกติ โดยจะมีการทดสอบดังนี้

3.2.1.1 การทดสอบการทำงานเมื่อใช้แหล่งจ่ายแรงดันรวมกัน โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้า กระแสตรงขนาด 48, 110 และ 220 Vdc และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายและค่ากระแสที่ไหล ผ่านวงจรตรวจสอบของรีเลย์และขดลวด และสังเกตไฟ (LED) แสดงสถานะและหน้าสัมผัสเอาต์พุต

3.2.1.2 การทดสอบการทำงานเมื่อใช้แหล่งจ่ายแรงดันแยกกัน โดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้า กระแสตรงขนาด 48, 110 และ 220 Vdc และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายและค่ากระแสที่ไหล ผ่านวงจรตรวจสอบของรีเลย์และขดลวด และสังเกตไฟ (LED) แสดงสถานะและหน้าสัมผัสเอาต์พุต

3.2.2 การออกแบบการทดสอบการทำงานที่สภาวะผิดปกติ เพื่อศึกษาการทำงานของรีเลย์ โดยจะมีการทดสอบดังนี้

3.2.2.1 การทดสอบเพื่อหาแรงดันไฟฟ้าที่น้อยที่สุดที่จ่ายให้รีเลย์ ทำให้รีเลย์จะเปลี่ยนสถานะจาก “OK” เป็น “Fault” (Drop out voltage) ของแรงดันควบคุมและแรงดันเสริม และวัด

ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายและค่ากระแสที่ไหลผ่านวงจรตรวจสอบของรีเลย์และขดลวด และ
สังเกตุไฟ (LED) แสดงสถานะและหน้าสัมผัสเอาต์พุต

3.2.2.2 การทดสอบเพื่อหาแรงดันไฟฟ้าที่น้อยที่สุดที่จ่ายให้รีเลย์ ทำให้รีเลย์จะเปลี่ยน
สถานะจาก “Fault” เป็น “OK” (Pick up voltage) ของแรงดันควบคุมและแรงดันเสริม และวัดค่า
แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายและค่ากระแสที่ไหลผ่านวงจรตรวจสอบของรีเลย์และขดลวด และสังเกตุ
ไฟ (LED) แสดงสถานะและหน้าสัมผัสเอาต์พุต

3.2.2.3 การทดสอบการทำงานของรีเลย์เมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบสลับขั้วจากบวกเป็น
ลบ โดยจะแบ่งเป็นการทดสอบการสลับขั้วเฉพาะที่แรงดันควบคุม (Control voltage) หรือที่แรงดัน
เสริม (Auxiliary voltage) และทั้งแรงดันควบคุมและแรงดันเสริมที่จ่ายให้รีเลย์ และวัดค่า
แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายและค่ากระแสที่ไหลผ่านวงจรตรวจสอบของรีเลย์และขดลวด และสังเกตุ
ไฟ (LED) แสดงสถานะและหน้าสัมผัสเอาต์พุต

3.3 การทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4

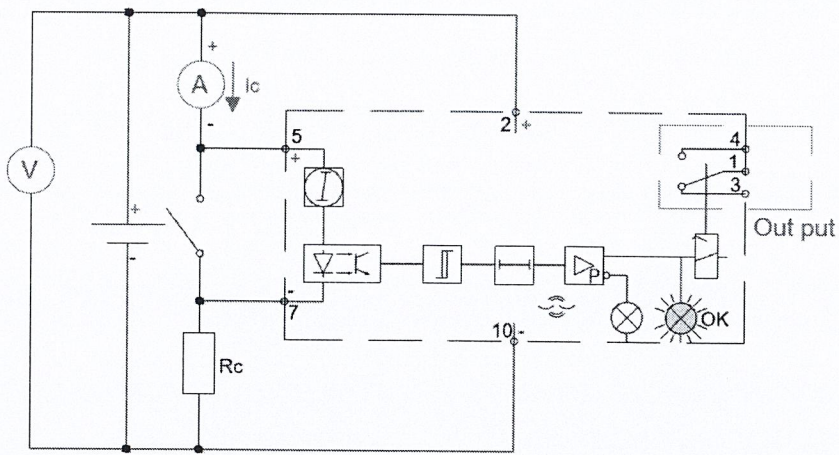
3.3.1 การทดสอบการทำงานที่สภาวะปกติ

3.3.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการทำงานที่สภาวะปกติ

- | | |
|---|-----------|
| 1. Supervision relay รุ่น SPER 1A1 C4 | 1 ตัว |
| 2. OMICRON CMC 356 | 1 เครื่อง |
| 3. Computer พร้อมลงโปรแกรม OMICRON Test Universe | 1 เครื่อง |
| 3. Magnetic contactor รุ่น KC6-40E-1 ขนาด 110-125 Vdc | 1 ตัว |
| 5. Two position selection switch | 1 ตัว |
| 6. Multimeter | 2 เครื่อง |

3.3.1.2 ขั้นตอนการทดสอบการทำงานที่สภาวะปกติ

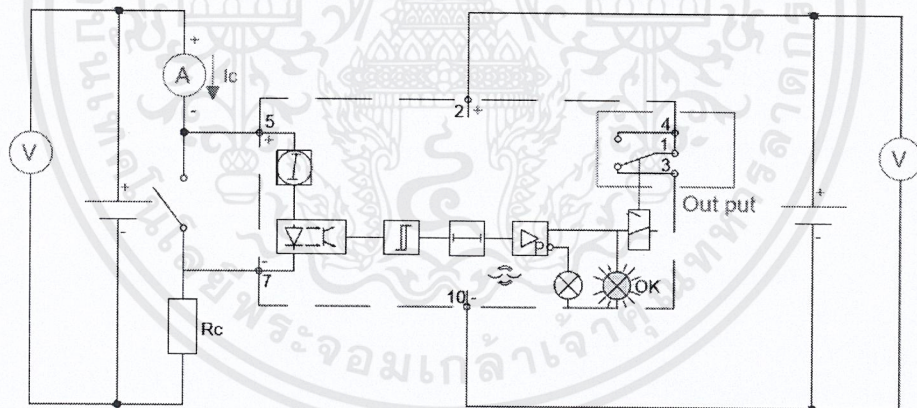
1. ต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น
SPER 1A1 C4 แบบใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าร่วมกัน ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 การต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบแบบใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าร่วมกัน (1)

2. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 48, 110 และ 220 Vdc ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สังเกตไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.1

3. ต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 แบบใช้แหล่งจ่ายแยกกัน ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบแบบใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแยกกัน

4. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 48, 110 และ 220 Vdc ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สังเกตไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.1

3.3.2 การทดสอบการทำงานที่สภาวะผิดปกติ

3.3.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการทำงานที่สภาวะผิดปกติ

1. Supervision relay รุ่น SPER 1A1 C4	1 ตัว
2. OMICRON CMC 356	1 เครื่อง
3. Computer พร้อมลงโปรแกรม OMICRON Test Universe	1 เครื่อง
4. Magnetic contactor รุ่น KC6-40E-1 ขนาด 110-125 Vdc	1 ตัว
5. Two position selection switch	1 ตัว
6. Multimeter	2 เครื่อง

3.3.2.2 ขั้นตอนการทดสอบการทำงานที่สภาวะผิดปกติ

1. ต่อบางจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 แบบใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าร่วมกัน ดังรูปที่ 3.7

2. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 48 Vdc และ ทำการลดระบบแรงดันไฟฟ้าควบคุม (Uc) ขณะที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) ให้คงที่ เพื่อหาแรงดันไฟฟ้าที่น้อยที่สุดที่หยุดทำงาน (Drop out voltage) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สังเกตไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

3. ต่อจากขั้นตอนที่ 2 ทำการเพิ่มระบบแรงดันไฟฟ้าควบคุม (Uc) ขณะที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) ให้คงที่ เพื่อหาแรงดันไฟฟ้าที่น้อยที่สุดที่เริ่มทำงาน (Pick up voltage) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สังเกตไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

4. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเท่าแรงดันไฟฟ้าที่น้อยที่สุดที่เริ่มทำงาน (Pick up voltage) และ ทำการลดระบบแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) ขณะที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าควบคุม (Uc) ให้คงที่ เพื่อหาแรงดันไฟฟ้าที่น้อยที่สุดที่หยุดทำงาน (Drop out voltage) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สังเกตไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

5. ต่อจากขั้นตอนที่ 4 ทำการเพิ่มระบบแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) ขณะที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าควบคุม (Uc) ให้คงที่ เพื่อหาแรงดันไฟฟ้าที่น้อยที่สุดที่เริ่มทำงาน (Pick up voltage) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สัญญาณไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

6. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 10 และทำการจ่ายแรงดันควบคุม (Uc) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 5 โดยที่สวิทช์(Switch) อยู่ในสถานะตัด (Open) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สัญญาณไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

7. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 10 และทำการจ่ายแรงดันควบคุม (Uc) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 5 โดยที่สวิทช์(Switch) อยู่ในสถานะติด (Close) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สัญญาณไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

8. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 2 และทำการจ่ายแรงดันควบคุม (Uc) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 7 โดยที่สวิทช์(Switch) อยู่ในสถานะตัด (Open) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สัญญาณไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

9. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 2 และทำการจ่ายแรงดันควบคุม (Uc) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 7 โดยที่สวิทช์(Switch) อยู่ในสถานะติด (Close) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สัญญาณไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

10. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) 48 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 10 และทำการจ่ายแรงดันควบคุม (Uc) 48 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 7 โดยที่สวิทช์(Switch) อยู่ในสถานะตัด (Open) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดัน

จริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สังกะสีไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

11. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) 48 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 10 และทำการจ่ายแรงดันควบคุม (Uc) 48 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 7 โดยที่ สวิตช์(Switch) อยู่ในสถานะติด (Close) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สังกะสีไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

12. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 10 และทำการจ่ายแรงดันควบคุม (Uc) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 7 โดยที่ สวิตช์(Switch) อยู่ในสถานะตัด (Open) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สังกะสีไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

13. จ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 10 และทำการจ่ายแรงดันควบคุม (Uc) 110 Vdc โดยต่อด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 7 โดยที่ สวิตช์(Switch) อยู่ในสถานะติด (Close) ทำการบันทึกค่ากระแสที่ไหลผ่านขดขวด (Ic) และค่าแรงดันจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สังกะสีไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact Output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.2

3.4 การศึกษาการใช้งานรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในระบบจริง และความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4

3.4.1 การศึกษาการใช้งานรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในระบบจริง

1. มีการใช้งานในระบบไฟฟ้าที่ใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 110 Vdc กับรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 โดยเชื่อมต่อแบบใช้แหล่งจ่ายร่วมกัน

2. รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4ทำหน้าที่ตรวจสอบขดลวดควบคุมแบบเปิด (Opening coil) ในวงจรขับ (Drive circuit) ของเบรกเกอร์ (Circuit breaker) โดยที่ขดลวดมีพิกัดแรงดันไฟฟ้าที่ 110 Vdc และมีค่าความต้านทานของขดลวด 60 โอห์ม

3. ขดลวดควบคุมแบบปิด (K1) ที่จะทำหน้าที่ต่อวงจรไฟฟ้า (Close) ซึ่งจะส่งผลให้ขดลวดควบคุมแบบเปิด (Opening coil) เกิดการตัดวงจร (Tripping) เบรกเกอร์ (Circuit breaker) และทำให้เครื่องจักรในกระบวนการผลิตหยุดการทำงาน

4. รีเลย์ (F1) ทำหน้าที่ตรวจสอบแรงดันที่ตกคร่อม และทำหน้าที่ต่อวงจรไฟฟ้า (Close) ซึ่งจะส่งผลให้ขดลวดควบคุม (K1) เกิดการต่อวงจรไฟฟ้า (Close) ขึ้นได้ โดยจากการสอบถามข้อมูลจากผู้ใช้งานไม่พบข้อมูลความผิดปกติที่เกิดขึ้น ที่จะสามารถสรุปว่าเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

5. ฟังก์ชันป้องกันกระแสเกิน (Over current) ที่ถูกควบคุมโดยรีเลย์ ซึ่งจะส่งผลให้ขดลวดควบคุม (K1) เกิดการต่อวงจรไฟฟ้า (Close) ขึ้นได้ โดยจากการสอบถามข้อมูลจากผู้ใช้งานไม่พบข้อมูลความผิดปกติที่เกิดขึ้น ที่จะสามารถสรุปว่าเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

6. ฟังก์ชันการทำงานที่มาจากหม้อแปลง 660 โวลต์ โดยจากการสอบถามไม่พบข้อมูลที่จะสามารถสรุปว่าเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

7. สวิตช์แบบกดปิด ซึ่งสามารถควบคุมให้ขดลวดควบคุมแบบเปิด (Opening coil) เกิดการตัดวงจร (Tripping) เบรกเกอร์ และทำให้เครื่องจักรในกระบวนการผลิตหยุดการทำงาน โดยจากการสอบถามข้อมูลจากผู้ใช้งานไม่พบข้อมูลว่ามีการใช้งานสวิตช์เกิดขึ้น

3.4.2 การศึกษาความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4

การตรวจพบการแจ้งเตือนกระแสไฟฟ้าลงกราวด์ (Positive to ground) ที่เบตเตอร์ชาจเจอร์ ซึ่งทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง เพื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 110 Vdc ให้รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 และอุปกรณ์อื่น ๆ

การศึกษการใช้งานรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในระบบจริง จึงได้จัดทำแบบจำลองแผนภาพระบบไฟฟ้าที่เชื่อมต่อกับรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2 ภาคผนวก ค

3.5 การออกแบบวิธีการทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 จากการจำลองการใช้งานจริง

จากการศึกษการใช้งานรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในระบบจริง และความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ทำให้สามารถแบ่งการทดสอบได้ดังนี้

3.5.1 การออกแบบการทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะปกติ เพื่อยืนยันว่ารีเลย์ที่รับมาจากลูกค้าสามารถทำงานได้ปกติ

ทดสอบโดยการจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้งานจริงขนาด 110 Vdc แบบใช้แหล่งจ่ายแรงดันรวมกัน และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายและค่ากระแสที่ไหลผ่านวงจรตรวจสอบของรีเลย์และขดลวด และสัญญาณไฟ (LED) แสดงสถานะและหน้าสัมผัสเอาต์พุต

3.5.2 การออกแบบการทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะผิดปกติ เพื่อตรวจสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 และการทำงานของขดลวดควบคุม (Control coil)

3.2.2.1 การทดสอบการทำงานของรีเลย์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 110 Vdc เป็น 0 Vdc แบบทันทีทันใด และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด และสัญญาณไฟ (LED) แสดงสถานะและหน้าสัมผัสเอาต์พุต

3.2.2.2 การทดสอบการทำงานของรีเลย์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 110 Vdc เป็น 220 Vdc แบบทันทีทันใด และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด และสัญญาณไฟ (LED) แสดงสถานะและหน้าสัมผัสเอาต์พุต

3.2.2.3 การทดสอบการทำงานของรีเลย์เมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบสลับขั้วจากบวกเป็นลบ โดยจะจ่ายแรงดันไฟฟ้าขนาด 110 Vdc และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด และสัญญาณไฟ (LED) แสดงสถานะและหน้าสัมผัสเอาต์พุต

3.6 การทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 จากการจำลองการใช้งานจริง

3.6.1 การทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะปกติ

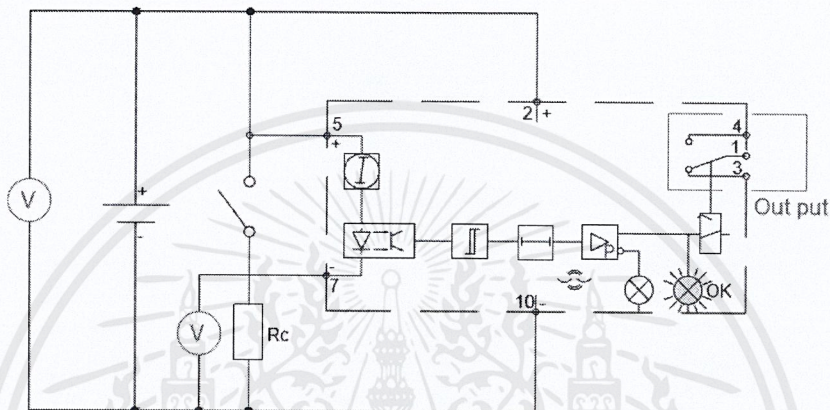
3.6.1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะปกติ

1. Supervision relay รุ่น SPER 1A1 C4	1 ตัว
2. OMICRON CMC 356	1 เครื่อง
3. Computer พร้อมลงโปรแกรม OMICRON Test Universe	1 เครื่อง
3. Coil ขนาด 110-125 Vdc	1 ตัว
4. Two position selection switch	1 ตัว
5. Multimeter	1 เครื่อง

3.6.1.2 ขั้นตอนการทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะปกติ

1. ต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบการทำงานรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 แบบใช้แหล่งจ่ายร่วมกัน ดังรูปที่ 3.8

2. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 110 Vdc ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด (Vc) และค่าแรงดันไฟฟ้าจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สังเกตไฟ LED แสดงสถานะ และหน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.3



รูปที่ 3.8 การต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบแบบใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแยกกัน (2)

3.6.2 การทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะผิดปกติ

3.6.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะผิดปกติ

- | | |
|--|-----------|
| 1. Supervision relay รุ่น SPER 1A1 C4 | 1 ตัว |
| 2. OMICRON CMC 356 | 1 เครื่อง |
| 3. Computer พร้อมลงโปรแกรม OMICRON Test Universe | 1 เครื่อง |
| 3. Coil ขนาด 110-125 Vdc | 1 ตัว |
| 4. Two position selection switch | 1 ตัว |
| 5. Multimeter | 1 เครื่อง |

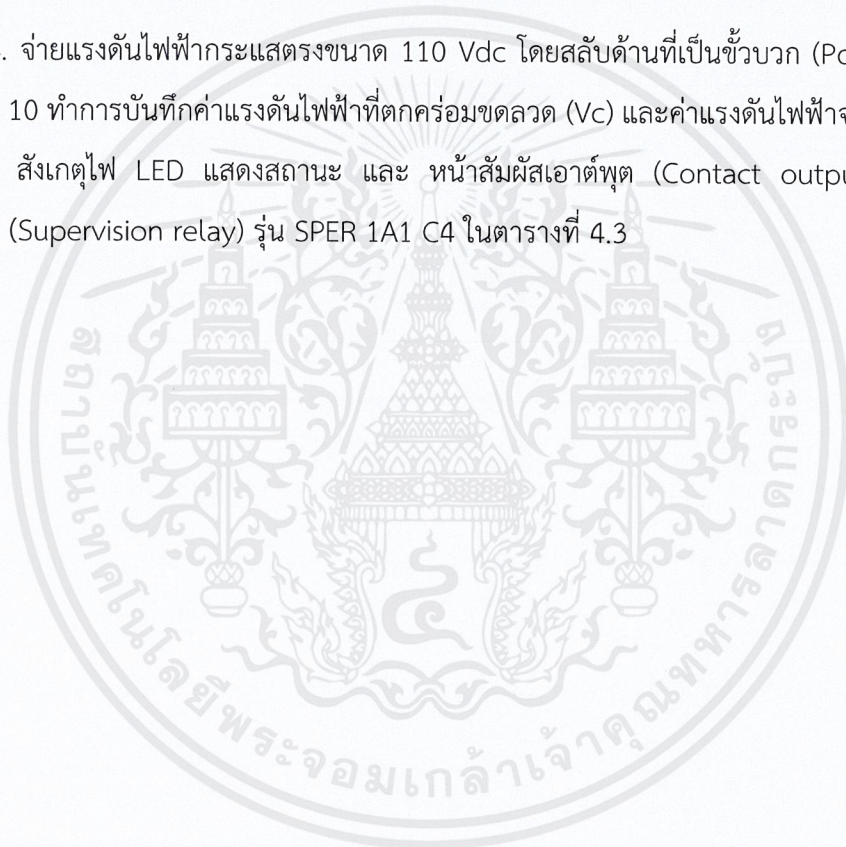
3.6.2.2 ขั้นตอนการทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะผิดปกติ

1. ต่อวงจรไฟฟ้าสำหรับทดสอบการทำงานรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 แบบใช้แหล่งจ่ายร่วมกัน ดังรูปที่ 3.8

2. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 110 Vdc และทำการปรับแรงดันไฟฟ้าเป็น 0 Vdc แบบทันทีทันใด ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด (Vc) และค่าแรงดันไฟฟ้าจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สัญญาณไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.3

3. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 110 Vdc และทำการปรับแรงดันไฟฟ้าเป็น 220 Vdc แบบทันทีทันใด ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด (Vc) และค่าแรงดันไฟฟ้าจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สัญญาณไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.3

4. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 110 Vdc โดยสลับด้านที่เป็นขั้วบวก (Positive) เข้าที่ขา 7 และ 10 ทำการบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด (Vc) และค่าแรงดันไฟฟ้าจริงที่ตกคร่อมแหล่งจ่าย สัญญาณไฟ LED แสดงสถานะ และ หน้าสัมผัสเอาต์พุต (Contact output) ของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ในตารางที่ 4.3



บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4

4.1.1 ผลการทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ที่สภาวะปกติ

ตารางที่ 4.1 บันทึกผลการทดสอบการทำงานที่สภาวะปกติ

หัวข้อการทดสอบ	Supplied		Measured		Current	LEDs		Output		Vc = Ic * Rc
	Uc (Vdc)	Uaux (Vdc)	Uc (Vdc)	Uaux (Vdc)	Ic (mA)	Green (OK)	Red (Fault)	Contacts 1-3	Contacts 1-4	
การทดสอบการทำงานที่สภาวะปกติ										
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 48 Vdc (Open, 1 Supply)	48	48	47.93	47.93	0.8					3.5944
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 110 Vdc (Open, 1 Supply)	110	110	109.98	109.98	0.95					4.26835
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 220 Vdc (Open, 1 Supply)	220	220	219.87	219.87	1.16					5.21188
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 48 Vdc (Open, 2 Supply)	48	48	47.93	47.93	0.8					3.5944
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 110 Vdc (Open, 2 Supply)	110	110	109.98	109.98	0.95					4.26835
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 220 Vdc (Open, 2 Supply)	220	220	219.87	219.87	1.16					5.21188

หมายเหตุ: ค่าความต้านทานของขดลวดคือ 4493 โอห์ม

4.1.1.1 ผลการทดสอบการทำงานที่สภาวะปกติแบบใช้แหล่งจ่ายร่วมกัน

- การทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 48 Vdc วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด (Ic) ได้ 0.8 mA ไฟ LED แสดงสถานะเป็นสีเขียว “OK” หน้าสัมผัสเอาต์พุต 1-3
- การทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 110 Vdc วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด (Ic) ได้ 0.95 mA ไฟ LED แสดงสถานะเป็นสีเขียว “OK” หน้าสัมผัสเอาต์พุต 1-3,
- การทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 220 Vdc วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด (Ic) ได้ 1.16 mA ไฟ LED แสดงสถานะเป็นสีเขียว “OK” หน้าสัมผัสเอาต์พุต 1-3

4.1.1.2 ผลการทดสอบการทำงานที่สภาวะปกติแบบใช้แหล่งจ่ายแยกกัน

- การทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 48 Vdc วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด (Ic) ได้ 0.8 mA ไฟ LED แสดงสถานะเป็นสีเขียว “OK” หน้าสัมผัสเอาต์พุต 1-3

- การทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 110 Vdc วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด (Ic) ได้ 0.95 mA ไฟ LED แสดงสถานะเป็นสีเขียว “OK” หน้าสัมผัสเอาต์พุต 1-3

- การทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 220 Vdc วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวด (Ic) ได้ 1.16 mA ไฟ LED แสดงสถานะเป็นสีเขียว “OK” หน้าสัมผัสเอาต์พุต 1-3

4.2.2 ผลการทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ที่สภาวะผิดปกติ

ตารางที่ 4.2 บันทึกผลการทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบที่สภาวะผิดปกติ

หัวข้อการทดสอบ	Supplied		Measured		Current	LEDs		Output		Vc = Ic*Re
	Uc (Vdc)	Uaux (Vdc)	Uc (Vdc)	Uaux (Vdc)	Ic (mA)	Green (OK)	Red (Fault)	Contacts 1-3	Contacts 1-4	
การทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบที่สภาวะผิดปกติ										
ทดสอบหา Pick up Control voltage	22	48	22	47.93	0.388					1.743284
ทดสอบหา Drop out Control voltage	21.5	48	21.5	47.93	0.374					1.680382
ทดสอบหา Pick up Auxiliary voltage	22	16-19	22	16-19	0.387					1.738791
ทดสอบหา Drop out Auxiliary voltage	22	19.3	22	19.3	0.388					1.743284
ทดสอบการจ่าย Auxiliary voltage -110 Vdc (Open)	110	-110	109.98	-110	0.96					4.31328
ทดสอบการจ่าย Auxiliary voltage -110 Vdc (Close)	110	-110	109.98	-110	24.7					110.9771
ทดสอบการจ่าย Control voltage -110 Vdc (Open)	-110	110	-110	109.98	-0.97					-4.35821
ทดสอบการจ่าย Control voltage -110 Vdc (Close)	-110	110	-110	109.98	-24.8					-111.4264
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ -48 Vdc (Open)	-48	-48	-47.93	-47.93	0.01					0.04493
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ -48 Vdc (Close)	-48	-48	-47.93	-47.93	-10.4					-46.7272
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ -110 Vdc (Open)	-110	-110	-110	-110	0.01					0.04493
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ -110 Vdc (Close)	-110	-110	-110	-110	-24.5					-110.0785

หมายเหตุ: ค่าความต้านทานของขดลวดคือ 4493 โอห์ม

- การทดสอบหาแรงดันไฟฟ้าควบคุม (Uc) ที่น้อยที่สุดที่หยุดทำงาน (Pick up voltage) วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ 22 Vdc
- การทดสอบหาแรงดันไฟฟ้าควบคุม (Uc) ที่น้อยที่สุดที่เริ่มทำงาน (Drop out voltage) วัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ 21.5 Vdc
- การทดสอบหาแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) ที่น้อยที่สุดที่หยุดทำงาน (Pick up voltage) วัดช่วงแรงดันไฟฟ้าได้ระหว่าง 16 - 19 Vdc
- การทดสอบหาแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) ที่น้อยที่สุดที่เริ่มทำงาน (Drop out voltage) วัดช่วงแรงดันไฟฟ้าได้ระหว่าง 19.3 Vdc
- การทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริม (Uaux) แบบสลับขั้ว โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าขนาด 110 Vdc พบว่าไม่มีการตอบสนองการใช้งานจากรีเลย์
- การทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าควบคุม (Uc) แบบสลับขั้ว โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าขนาด 110 Vdc พบว่ามีการตอบสนองการใช้งานได้ตามปกติ
- การทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบสลับขั้ว โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าขนาด 48, 110 Vdc พบว่ามีการตอบสนองการใช้งานที่ผิดปกติ โดยไฟ LED แสดงสถานะสีแดง "Fault"

4.2 การทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 จากการจำลองจากการใช้งานจริง

ตารางที่ 4.3 บันทึกการทดสอบการทำงานของรีเลย์จากการจำลองการใช้งานจริง

หัวข้อการทดสอบ	Supplied		Measured		Current	LEDs		Output		Vc = Ic*Rc
	Uc (Vdc)	Uaux (Vdc)	Uc (Vdc)	Uaux (Vdc)	Ic (mA)	Green (OK)	Red (Fault)	Contacts 1-3	Contacts 1-4	
การทดสอบการทำงานของรีเลย์จากการจำลองการใช้งานจริง										
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 110 Vdc (Open)	110	110	109.98	109.98	-					0.0614
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 0 Vdc (Open) แบบทันทีทันใด	0	0	0	0	-					0
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ -110 Vdc (Open)	-110	-110	-110	-110	-					0.0006
ทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่ 220 Vdc (Open) แบบทันทีทันใด	220	220	219.87	219.87	-					0.0754

หมายเหตุ: ค่าความต้านทานของขดลวดคือ 65 โอห์ม

4.2.1 ผลการทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ที่สภาวะปกติ

- การทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงที่สภาวะปกติ โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 110 Vdc พบว่าไฟ LED แสดงสถานะสีเขียว “OK” หน้าสัมผัสเอาต์พุต 1-3 และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดได้ 0.0614 Vdc

4.2.2 ผลการทดสอบการทำงานจากการจำลองการใช้งานจริงของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ที่สภาวะผิดปกติ

- การทดสอบการเกิดการหักล้างระหว่างแรงดันไฟฟ้าขั้วบวกและขั้วลบ ส่งผลให้ค่าความต่างศักย์เท่ากับศูนย์ โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจาก 110 เป็น 0 Vdc แบบทันทีทันใด ไฟ LED ไม่มีการแสดงสถานะ หน้าสัมผัสเอาต์พุตไม่มีการเชื่อมต่อ และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดได้ 0 Vdc

- การทดสอบการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้าเป็น 2 เท่า โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจาก 110 เป็น 220 Vdc แบบทันทีทันใด ไฟ LED แสดงสถานะสีเขียว “OK” หน้าสัมผัสเอาต์พุต 1-3 และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดได้ 0.0614 Vdc

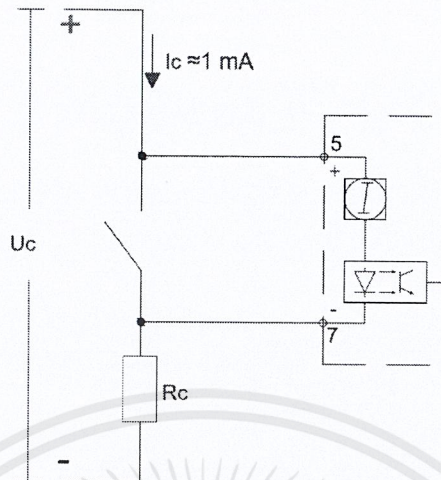
- การทดสอบการสลับขั้วบวกและขั้วลบ โดยทำการสลับขั้วบวกและขั้วลบของแหล่งจ่าย และจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 110 Vdc ไฟ LED แสดงสถานะสีแดง “Fault”, หน้าสัมผัสเอาต์พุตไม่มีการเชื่อมต่อ และวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดได้ 0.0006 Vdc

4.3 ผลการศึกษาข้อมูลรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4

รีเลย์ควบคุมดูแล (Supervision Relay) เป็นอุปกรณ์สำหรับการใช้ในการตรวจสอบ และแสดงสถานะของวงจรควบคุม เช่น วงจรเบรกเกอร์ (Breaker circuit), วงจรควบคุมอุปกรณ์ตัดการเชื่อมต่อ (Disconnecter control circuit), วงจรส่งสัญญาณ (Signaling circuit) และวงจรอื่น ๆ

รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ประกอบด้วยหน่วยการทำงานดังต่อไปนี้ วงจรทริกเกอร์ (Triggering circuit), ตัวกำเนิดกระแสคงที่ (Constant current generator), ออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto-Isolator) หรืออุปกรณ์ควบคุมทางแสง, วงจรเวลา (Time circuit), ไฟแสดงสถานะ (LED), รีเลย์เอาต์พุต (Output relay) โดยจะแสดงดังรูปที่ 3.1

วงจรควบคุมของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) จะตรวจสอบและควบคุมกระแสไฟฟ้าให้คงที่ ทำการวัดและเปลี่ยนแปลงหน้าสัมผัสของรีเลย์ โดยหน้าสัมผัสของรีเลย์ถูกแยกออกจากกันด้วยกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 4.1 กระแสและแรงดันของวงจรตรวจสอบของ SPER 1A1 C4

เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าคงที่ (I) ของวงจรขับเคลื่อนจะจ่ายกระแสไฟฟ้า (I_c) ขนาดเล็กที่ 1 mA ผ่านวงจรตรวจสอบ ผ่านหน้าสัมผัส 5-7 ของวงจรรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 โดยถูกเชื่อมต่อกับหน้าสัมผัสควบคุมแบบเปิด (NO control contact) และการวัดกระแสที่ไหลระหว่างขั้วของแรงดันไฟฟ้าควบคุม ดังรูปที่ 4.1

เพื่อที่จะเลี่ยงการทริป (Tripping) ของวงจรเบรกเกอร์ (Breaker circuit) ที่ไม่สมควรเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่เกิดไฟฟ้าลัดวงจรในวงจรควบคุม วงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสคงที่ของรีเลย์จะมีตัวต้านทานอนุกรมเพื่อจำกัดกระแสภายใน

เพื่อความปลอดภัยในการทำงานแรงดันไฟฟ้าควบคุมที่ตกรวมวงจรขับเคลื่อน (driver circuit) จะไม่ควรลดลงต่ำกว่า 48 Vdc โดยสามารถคำนวณแรงดันไฟฟ้าควบคุมที่ตกรวมวงจรขับเคลื่อน (driver circuit) ได้จากการคำนวณดังสมการที่ 4.1

$$U_c - (R_c \times I_c) > 40 \text{ Vdc} \quad (4.1)$$

โดยที่ U_c = แรงดันไฟฟ้าควบคุม

I_c = กระแสไฟฟ้าที่วัดได้

R_c = ความต้านทานของขดลวดควบคุม

การวัดกระแสถูกวัดโดยวงจรออปโตไอโซเลเตอร์ (Opto-Isolator) ในวงจรของรีเลย์ การทำงานตามปกติไฟ (LED) สีเขียว "OK" ที่แผงด้านหน้ารีเลย์สว่าง และเอาต์พุตของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 หน้าสัมผัส 1-3 จะถึงกัน หากแรงดันไฟฟ้าควบคุมตกต่ำกว่าค่าต่ำสุดที่กำหนดเนื่องจากการหยุดชะงักการเชื่อมต่อที่ไม่ปกติ หรือหน้าสัมผัสเกิดการตัด (Trip) การส่งออกของรีเลย์จะตกลง (Drop off) โดยหน่วงเวลาประมาณ 3 วินาที ไฟแสดงสถานะ (LED) สีแดง "FAULT" จะสว่าง, ไฟแสดงสถานะ(LED) สีเขียว "OK" จะดับลง และหน้าสัมผัสของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4

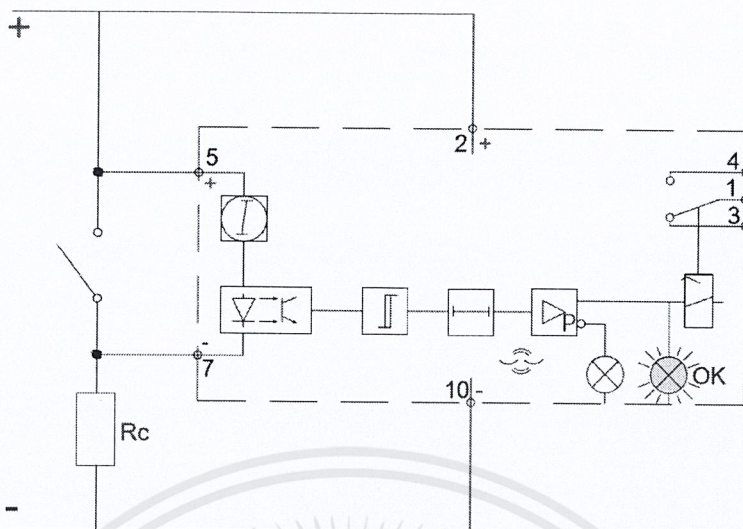
แรงดันไฟฟ้าเสริม (Auxiliary Voltage) การใช้งานรีเลย์ควบคุมนั้นต้องการแรงดันไฟฟ้าเสริมที่ต่อเนื่อง ช่วงแรงดันไฟฟ้าของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 คือ 48-250 Vdc โดยทั่วไปแรงดันจ่ายเสริมและแรงดันไฟฟ้าของวงจรที่ตรวจสอบจะเท่ากัน แต่วงจรไฟฟ้าถูกแยกออกจากกันด้วยกระแสไฟฟ้า สามารถใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแยกต่างหากสำหรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริมไปยังรีเลย์และสำหรับแรงดันไฟฟ้าของวงจรที่ตรวจสอบ

วงจรขับ (driver circuit) ของรีเลย์ทำงานเป็นอิสระจากวงจรการวัด และวงจรเอาต์พุตเพื่อให้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันได้รับอนุญาต หากแรงดันไฟฟ้าเสริมถูกขัดจังหวะไฟ LED แสดงสถานะของรีเลย์ควบคุมจะดับลงและหน้าสัมผัสที่เปลี่ยนไปของรีเลย์เอาต์พุตที่ดำเนินการจะทำงานโดยไม่มีกรหน่วงเวลาในวงจรการวัด การดำเนินการติดต่อของรีเลย์เป็นเช่นเดียวกับความผิดพลาดในวงจรตรวจสอบ

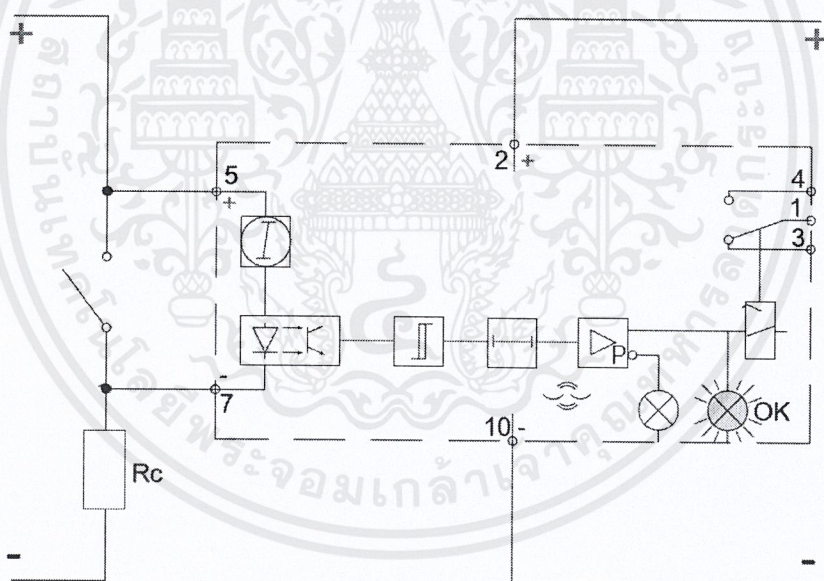
รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) สามารถเชื่อมต่อเพื่อรับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากวงจรควบคุมที่ตรวจสอบผ่านสายเชื่อมของวงจรขับ อย่างไรก็ตามมีเงื่อนไขว่าขดลวดควบคุมของวงจรที่ตรวจสอบจะไม่ได้รับผลกระทบจากปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับประเภทของรีเลย์ควบคุมและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมวงจรตรวจสอบนั้นสูงกว่า 48 Vdc

หมายเหตุ: ด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่อธิบายไว้ข้างต้นรีเลย์การควบคุมจะทำงานทันทีและไฟแสดงสถานะ LED สีแดง "FAULT" ยังคงดับอยู่ รับผิดชอบเตือนภัยที่ไม่ล่าช้าได้ผ่านทางรีเลย์เอาต์พุต เช่นเดียวกับที่หน้าสัมผัสการควบคุม

การต่อของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเสริมสำหรับรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4 นั้นแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 และ 4.2 และในตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.2 การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าร่วมกันของ SPER 1A1 C4



รูปที่ 4.3 การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแยกกันของ SPER 1A1 C4

ตารางที่ 4.4 การเชื่อมต่อของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) รุ่น SPER 1A1 C4

หมายเลขเทอร์มินัล	การทำงาน
2 (+) และ 10 (-)	แรงดันเสริม (Auxiliary Voltage) ขนาด 40-265 Vdc. ขั้วบวก (+) ของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเชื่อมต่อกับเทอร์มินัลที่ 2
5 (+) และ 7 (-)	แรงดันควบคุม (Control Voltage) ขนาด 40-315 Vdc. ขั้วบวก (+) ของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเชื่อมต่อกับเทอร์มินัลที่ 5
1 - 3 - 4	เอาต์พุตของรีเลย์โดยการเปลี่ยนหน้าสัมผัส โดยในสภาวะการทำงานปกติ หน้าสัมผัส 1 - 3 จะถูกปิด (Close) แต่เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้น หน้าสัมผัส 1 - 4 จะถูกปิด (Close)



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปความเกี่ยวข้องของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 กับ การตัดวงจรโดยไม่ทราบสาเหตุ ของเซอร์กิตเบรกเกอร์

จากผลการศึกษา และทดสอบการทำงานของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 สรุปได้ว่าอุปกรณ์รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ที่ได้ทำการติดตั้งภายในระบบไม่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหาที่เกิดขึ้น เนื่องจากในการทดสอบการทำงานโดยการจำลองจากการใช้งานจริง ที่สภาวะปกติ รีเลย์สามารถทำงานได้ตามปกติ และการทดสอบการทำงานโดยการจำลองจากการใช้งานจริง ที่สภาวะผิดปกติ ซึ่งเกิดจากการตรวจพบการแจ้งเตือนกระแสไฟฟ้าลบกาวด์ที่เบตเตอร์ชาจเจอร์ ที่ใช้อ้างอิงในการออกแบบการทดสอบ ได้แก่ กรณีที่ขั้วบวกเท่ากับขั้วลบ ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมเป็นศูนย์ กรณีที่เกิดการเสริมแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วบวกทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมเพิ่มเป็น 2 เท่า และกรณีที่เกิดการสลับขั้ว ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมเป็นลบ โดยการสังเกตจากการตอบสนองการทำงานของขดลวด แต่เนื่องจากค่ากำลังไฟฟ้าของแหล่งจ่ายที่ไม่เพียงพอต่อการทำงานของขดลวด จึงต้องเปลี่ยนไปทำการสังเกตการตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวด โดยจากการทดสอบพบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมขดลวดมีค่าน้อยกว่าพิกัดแรงดันไฟฟ้าของขดลวด จึงไม่สามารถกระตุ้นให้ขดลวดทำงานได้ เนื่องจากวงจรตรวจสอบของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 จะทำการควบคุมขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดให้มีค่าคงที่ประมาณ 1 mA ซึ่งน้อยกว่าจะสามารถกระตุ้นการทำงานของขดลวดได้

5.2 คู่มือการใช้งานรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 สามารถอ่านรายละเอียดได้ที่ ภาคผนวก ข

5.3 แบบฟอร์มการตรวจสภาพ และทดสอบอุปกรณ์รีเลย์ตรวจสอบ (Supervision Relay) สามารถอ่านรายละเอียดได้ที่ ภาคผนวก ค

เอกสารอ้างอิง

- (1) Omar Salah Elsayed Atwa. (2562). Battery Charger. Practical Power System and Protective Relays Commissioning. พิมพ์ครั้งที่ 1: หน้าที่ 157-162.
- (2) P.S.R. Murty. (2560). Circuit Breaker. Electrical Power Systems. พิมพ์ครั้งที่ 1: หน้าที่ 383-416.
- (3) ABB limited company. (2550). SPER 1B1 C4, SPER 1C1 and SPER 1C2 Supervision relay. แหล่งข้อมูล:
https://library.e.abb.com/public/6c7b646e455aa8ecc12572aa004955e5/FM_SPER1_1_750231_ENe.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2562
- (4) Woodford, Chris. (2562) Relays. แหล่งข้อมูล:
<https://www.explainthatstuff.com/howrelayswork.html>.
ค้นเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2562
- (5) Chris Woodford. (2561). Battery chargers. แหล่งข้อมูล:
<https://www.explainthatstuff.com/how-battery-chargers-work.html>.
ค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2563
- (6) Chuck Cohen. (2555). "Ground Faults" In a Data Center Environment.
แหล่งอ้างอิง: <http://www.datacenterprofessionals.net/forum/topics/ground-faults-in-a-data-center-1>. ค้นเมื่อวันที่ 10 มกราคม 2563

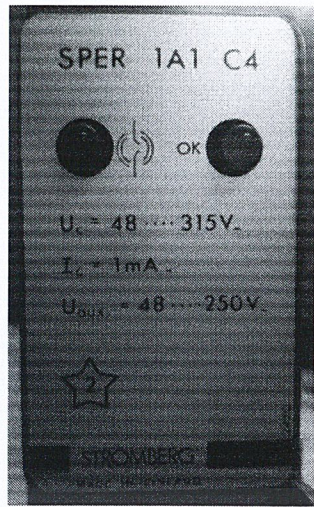
ภาคผนวก



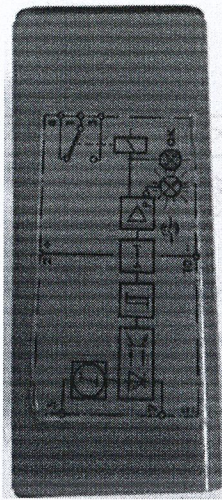
ภาคผนวก ก

รูปภาพ อุปกรณ์และเครื่องมือประกอบการทดสอบ



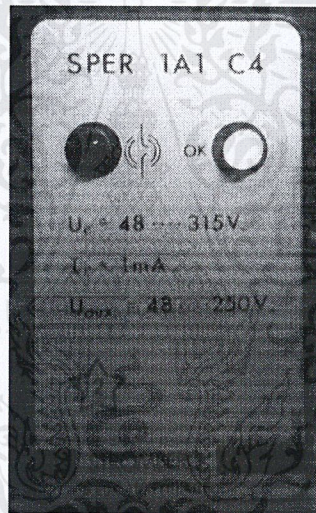


(ก)

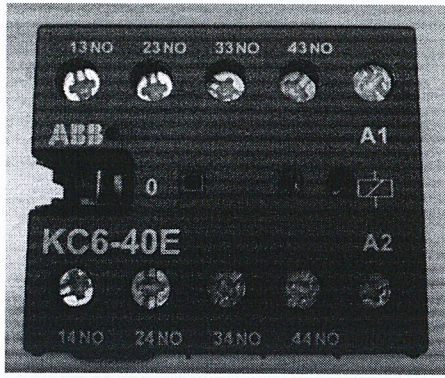


(ข)

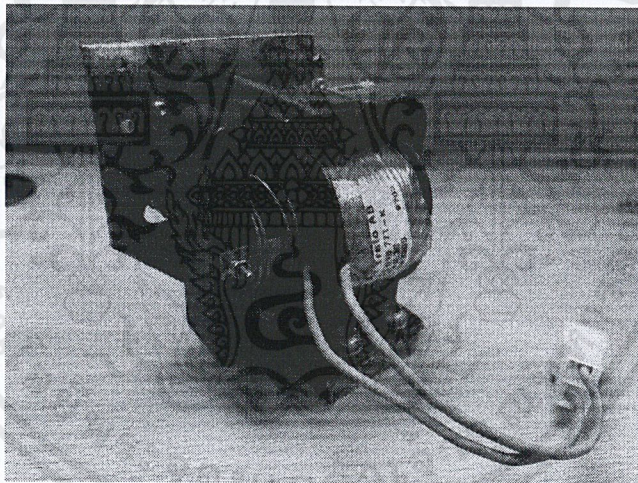
(ก)ด้านหน้า และ (ข)ด้านหลังของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4



ด้านหน้าของรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4 ขณะทำงานปกติ



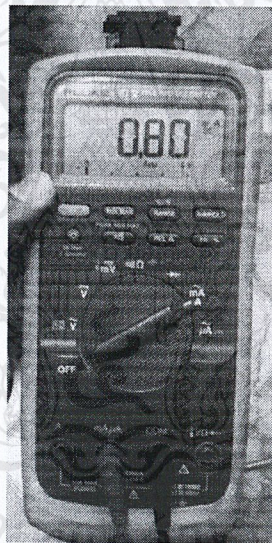
ด้านหน้า และด้านข้างของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ รุ่น KC6-40K ขนาด 110-125 Vdc



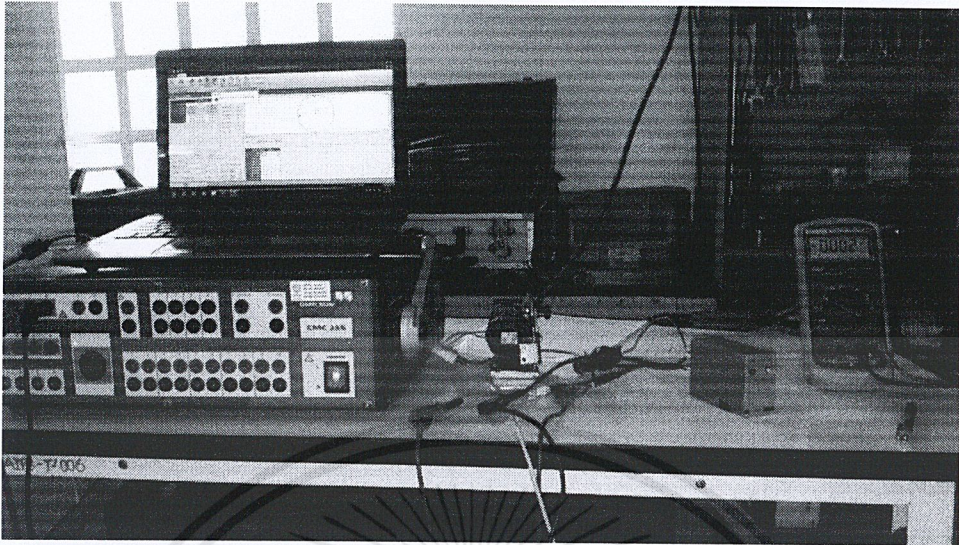
ขดลวดควบคุมแบบเบ็ดพิกต์แรงดันไฟฟ้า 110 Vdc



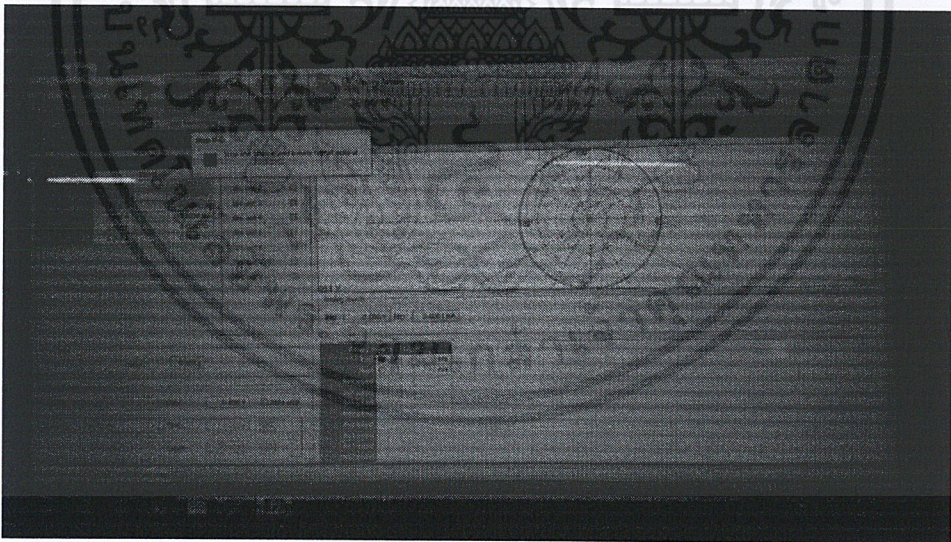
สวิตช์เลือกตัด-ต่อแบบสองขั้ว (Two position selection switch)



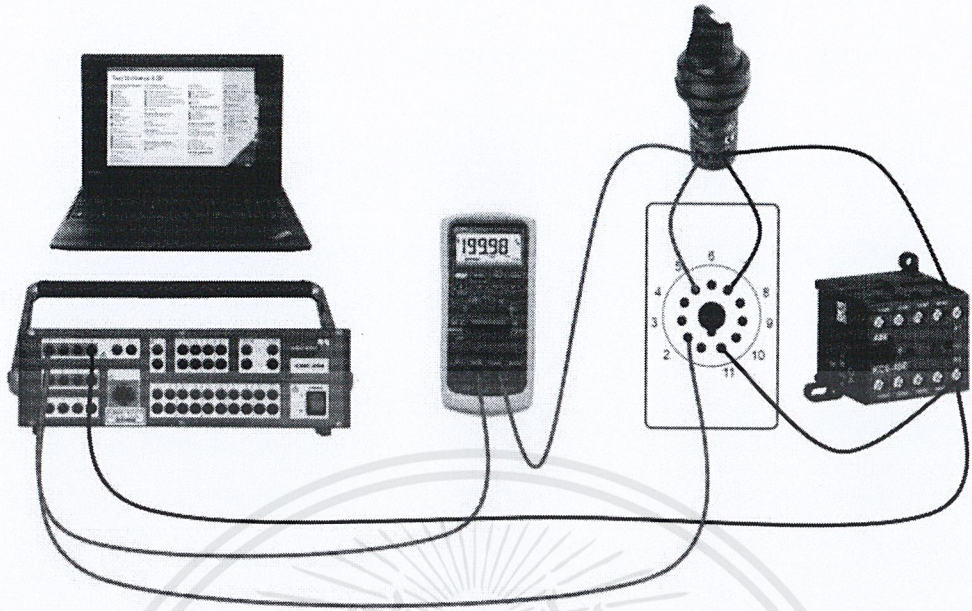
ดิจิทัลมัลติมิเตอร์ รุ่น Fluke 87 V Industrial



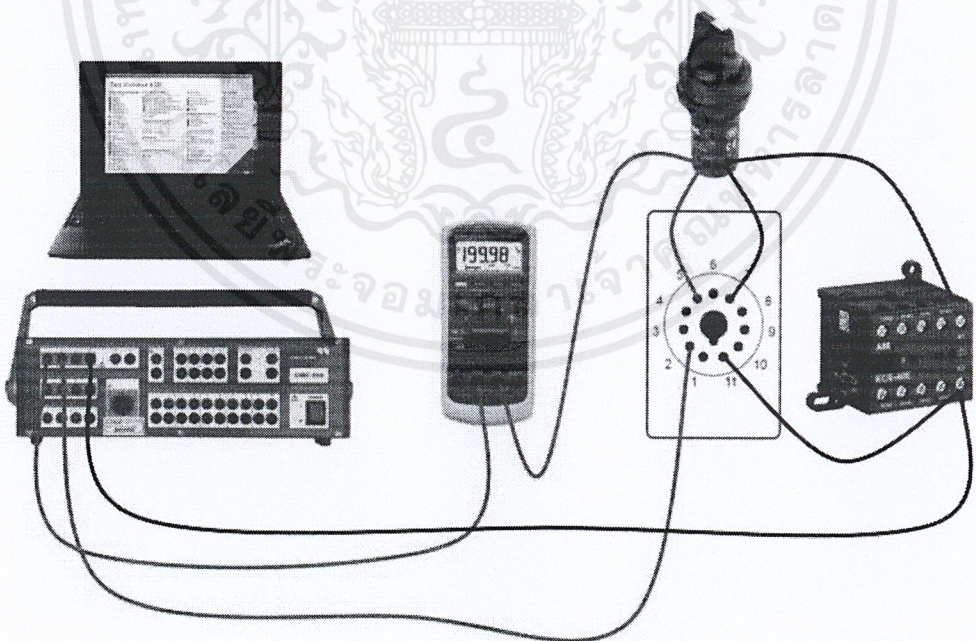
การทดสอบรีเลย์ตรวจสอบการทำงานรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4



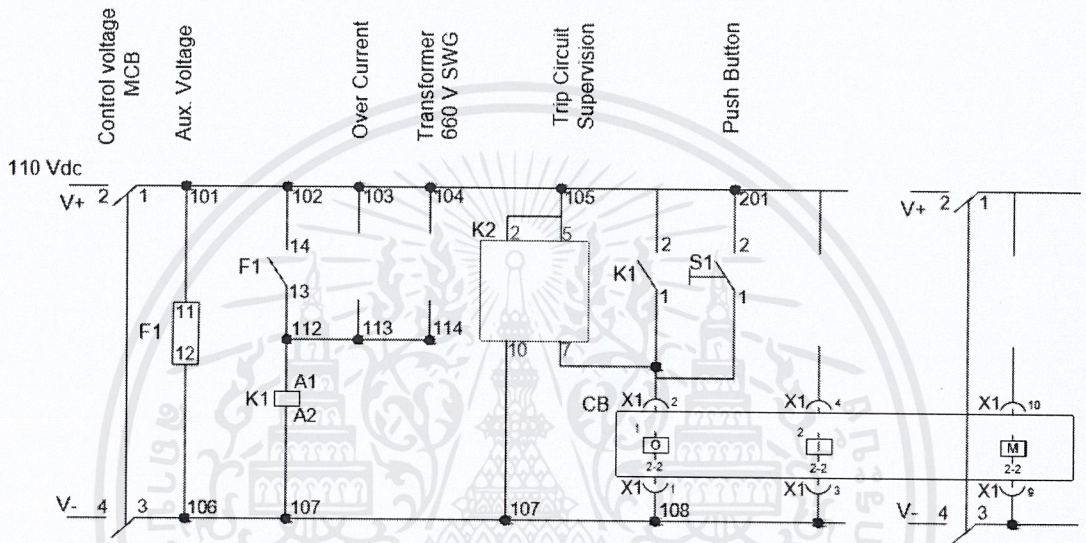
หน้าจอคอมพิวเตอร์ขณะเปิดโปรแกรม OMICRON Test Universe











การต่ออุปกรณ์ และเครื่องมือแบบใช้แหล่งจ่ายรวมกัน

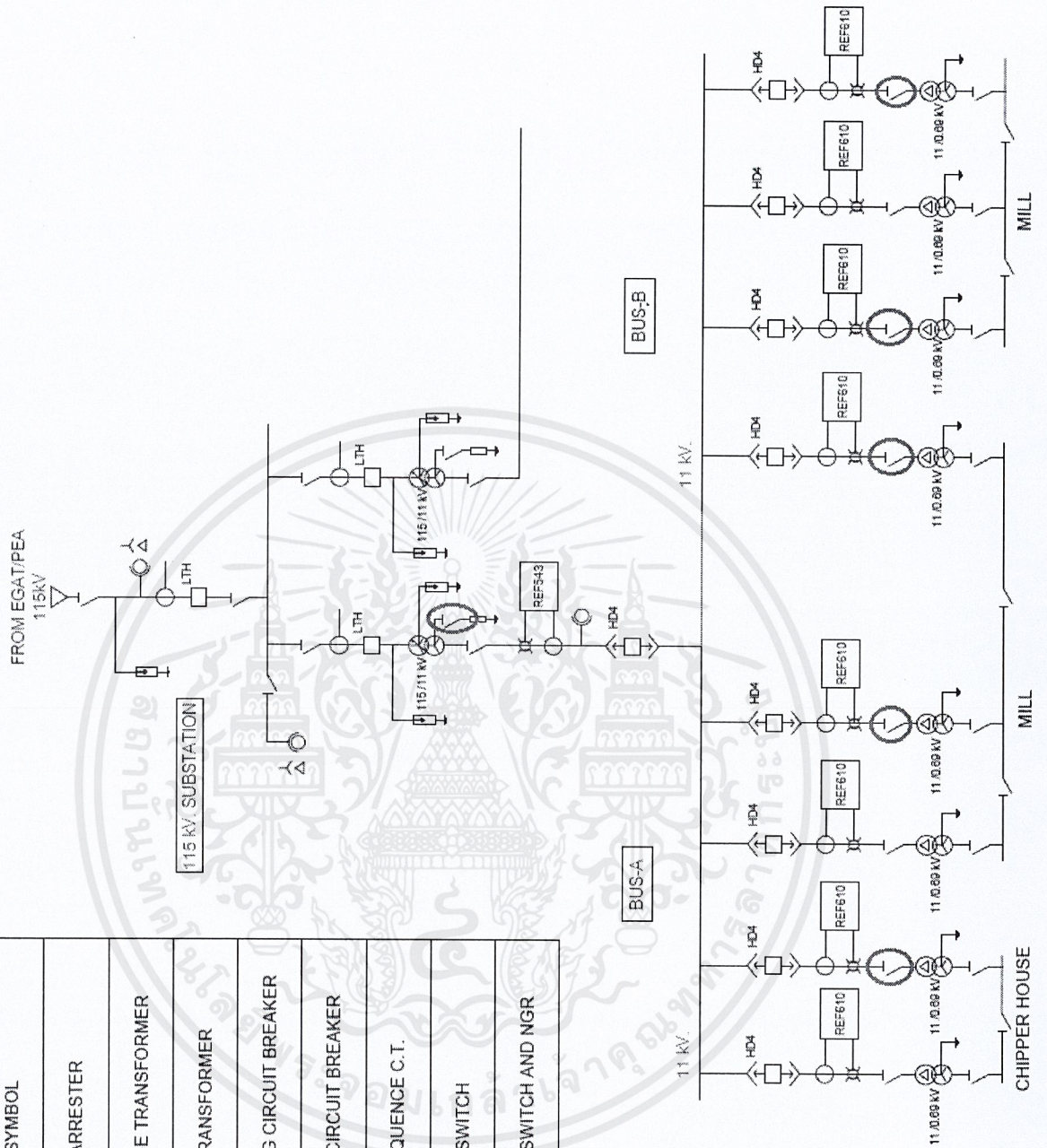


การต่ออุปกรณ์ และเครื่องมือแบบใช้แหล่งจ่ายแยกกัน




แผนผังส่วนหนึ่งของวงจรควบคุม

ELECTRICAL SYMBOL	
	L.A. : LIGHTNING ARRESTER
	V.T./P.T. : VOLTAGE TRANSFORMER
	C.T. : CURRENT TRANSFORMER
	FIXED - MOUNTING CIRCUIT BREAKER
	WITHDRAWABLE CIRCUIT BREAKER
	Z.C.T. : ZERO - SEQUENCE C.T.
	DISCONNECTING SWITCH
	DISCONNECTING SWITCH AND NGR



แผนผังส่วนหนึ่งของวงจรไฟฟ้าที่เกิดความผิดปกติ

หมายเหตุ: วงสีแดงแสดงตำแหน่งเบรกเกอร์และสวิตช์ที่เกิดการตัดวงจร

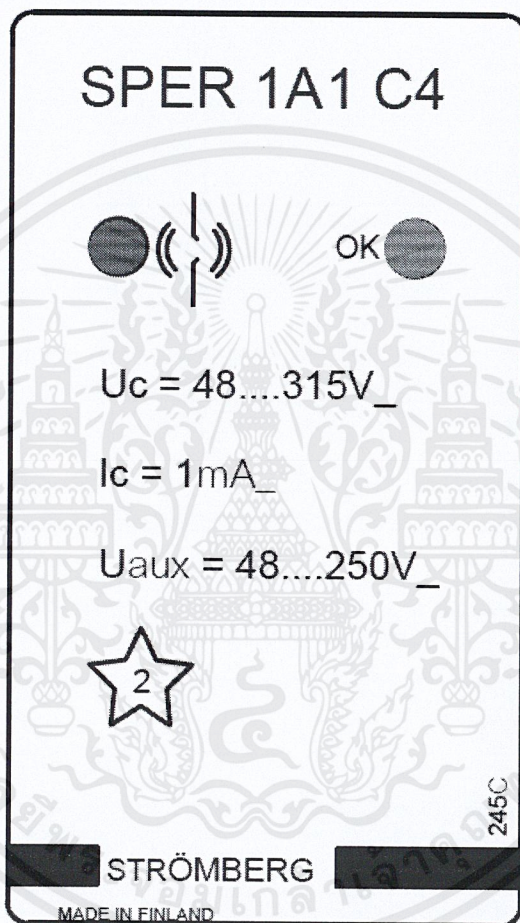


ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay) รุ่น SPER 1A1 C4

SPER 1A1 C4 SUPERVISION RELAY

User's Manual and Technical Description



STROMBERG

Description of operation

The supervision relay contains the following functional units:

- triggering circuit
- constant current generator
- opto-isolator
- time circuit
- LED indicators
- output relay

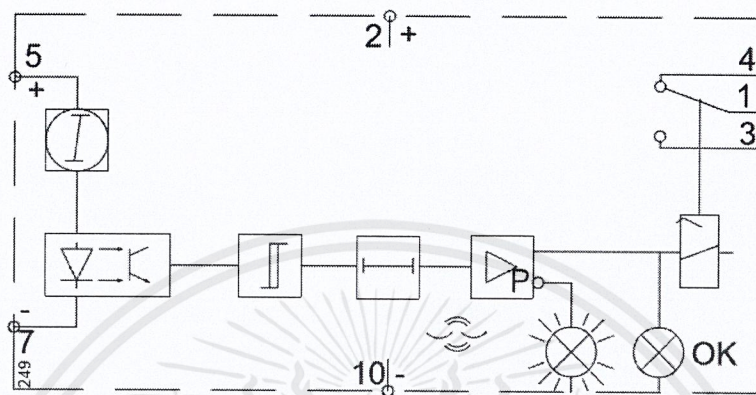


Fig 1. Block diagram for supervision relay SPER 1A1 C4

The circuit to be monitored and the constant current generator, the measuring circuit and the change-over contacts of the output relay are galvanically isolated from each other, isolation level 2 kV, 50 Hz, 1 min.

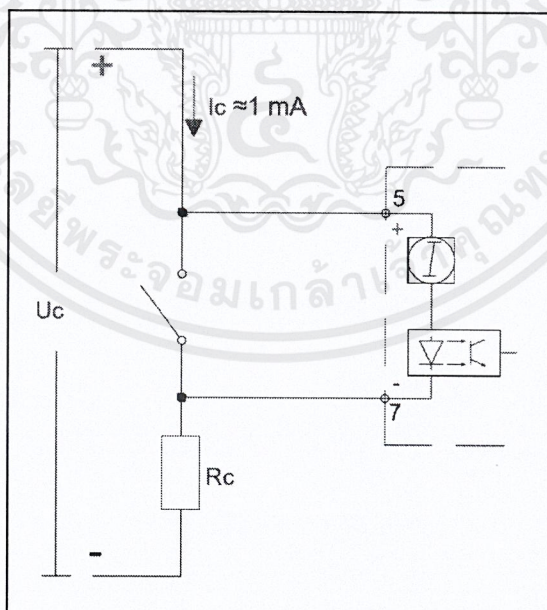


Fig. 2. Current and voltage of the circuit monitored. For further information about relay

The constant current generator (I) of the driver circuit feeds a small I_c current of 1 mA, through the circuit to be monitored. The contact inputs 5-7 of SPER 1A1 C4 are connected over the NO control contact (f) and so the measuring current flows between the poles of the control voltage (see Figs 1, 2).

To avoid spurious CB tripping, for instance, in the event of a short circuit in the control circuit, the constant current generator circuit of SPER relays contain an internal current limiting series resistor

To secure operation, the control voltage over the driver circuit is not allowed to fall below 48 Vdc. The control voltage over the driver circuit can be calculated using the following expression: $U_c - (R_c \times I_c) > 48 \text{ Vdc}$ for SPER 1A1 C4, where U_c = control voltage, I_c = measuring current and R_c = resistance of the coil controlled

The measuring current is measured by an opto-isolator circuit in the measuring circuit of the relay. In normal service the green LED "OK" on the front panel is lit and the output relay of SPER 1A1 C4 is operated, the change-over contacts 1-3 are closed. Should the control voltage fall below the minimum value permitted due to interruption, unreliable connection or activated trip contact, the output relay will drop off when a time delay of about 3 s has expired. The red LED indicator "FAULT" is lit, the green LED indicator "OK" goes out and the contacts 1-4 of SPER 1A1 C4 close.

Fault situations

Table 1. Faults normally detected by the supervision relays.

Type of fault	Fault reason
The circuit monitored is interrupted or the resistance in the circuit increases.	Broken wire, incorrect control operation, galvanically bad contact, increased contact resistance, etc.
The voltage over the circuit monitored disappears.	A fuse has blown, battery failure, etc.
Failure in the auxiliary voltage supply.	See section "Auxiliary voltage" later in the text.
The NO contact of the monitored circuit, through which the supervision connected, remains closed longer than required for the operation.	Contact welding if the tripping protection relay is relay does not reset in time.

Auxiliary voltage

To operate the supervision relay needs a continuous auxiliary voltage. The supply voltage range of the relays type SPER 1A1 C4 is 48-250 Vdc. In general, the auxiliary supply voltage and the voltage of the circuit monitored are identical. The circuits are galvanically separated. Separate voltage sources can be used for the auxiliary voltage supply to the relay and for the voltage of the circuit monitored.

The driver circuit of the relay operates independently of the measuring circuit and the output circuit so different voltage levels are permitted. Should the auxiliary voltage supply be interrupted, the indicator LEDs of the supervision relay go out and the change-over contacts of the operated output relay operate without time delay in the measuring circuit. The contact operation of the relay is the same as for a fault in the circuit monitored.

The supervision relay can be connected to receive the supply voltage from the control circuit monitored, over the connection wires of the driver circuit. A condition, however, is that the control coil of the circuit monitored is not affected by the increased current consumption, depending on the type of supervision relay, and that the residual voltage over the circuit monitored is above 48 Vdc when SPER 1A1 C4 is used.

Note! With the voltage supply described above the supervision relay operates instantaneously and the red LED indicator "FAULT" remains dark. An undelayed alarm signal is obtained via the output relay, also at normal control contact operation.

The connection of the auxiliary voltage supply for the different types of supervision relay is illustrated in Figs 4 and 5 and in Table 2 in the section "Connections".

Connection diagram

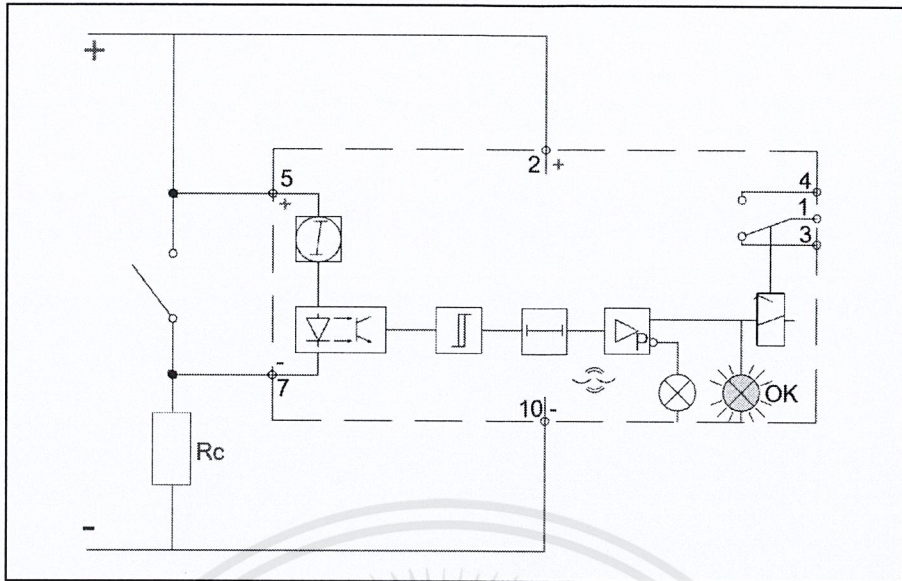


Fig. 4. Supervision relay SPER 1A1 C4 receiving its auxiliary voltage from the control circuit and the monitored circuit

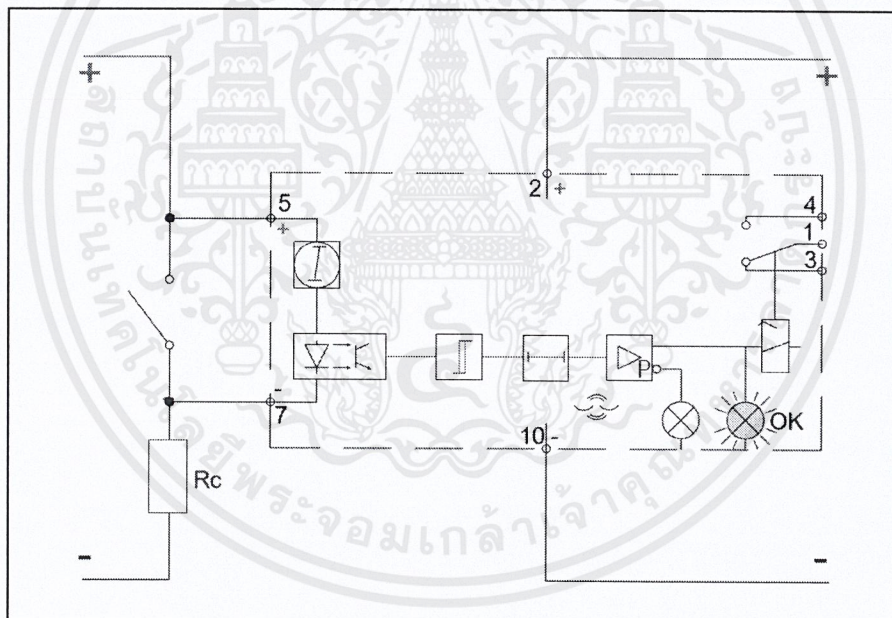


Fig. 5. Supervision relay SPER 1B1 C4 supplied from a separate voltage source

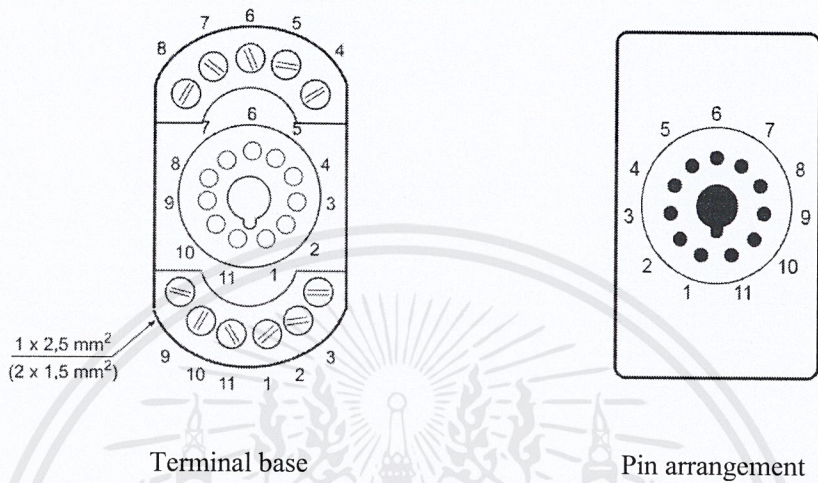
Connections

Table 2. Connection of relays SPER 1A1 C4.

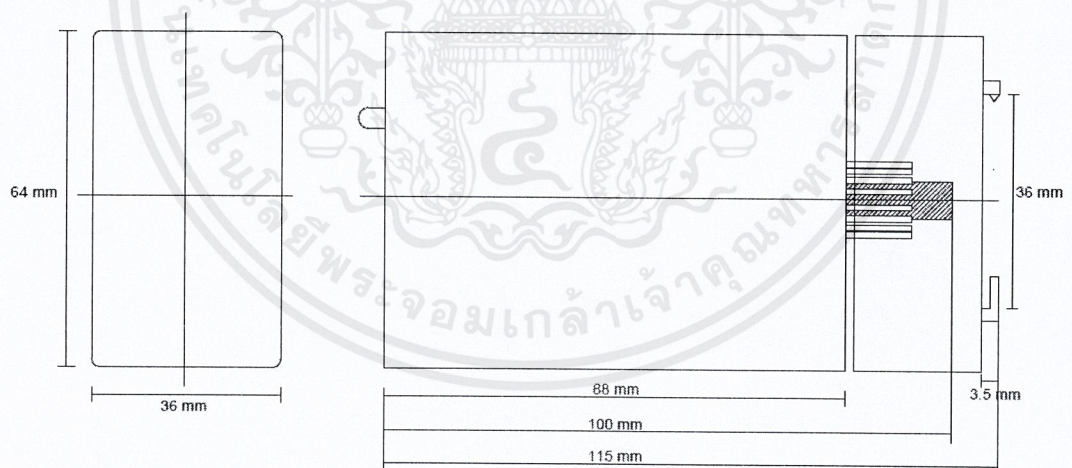
Terminal No.	Function
2 (+) and 10 (-)	Supply voltage 48-250 V dc. The positive pole (+) of the dc voltage is connected to terminal 2.
5 (+) and 7 (-)	Voltage of the circuit monitored (control circuit) 40-315 Vdc. The positive pole (+) of the dc voltage supply is connected to terminal 5.
1 - 3 - 4	Output relay with two change-over contacts. The relay operates on the close circuit principle and in normal duty the contacts 1 - 3 are closed. When a fault occurs, the contacts 1 - 4 of the output relay are closed.

Dimension drawing and mounting

The relay type SPER 1A1 C4 is enclosed in a plastic case provided with an 11-pole terminal base with screw terminals for the connections. The base is fitted on a rail (DIN 50022) or screwed to a plane surface. The terminal base meets the same requirements concerning insulation test voltage as the supervision relay.



Dimensions of SPER 1A1 C4



Maintenance and repair

When the supervision relay is used under the conditions specified in "Technical data", it requires practically no maintenance. The relay includes no parts or components that are sensitive to physical or electrical wear under normal operating conditions and the input and output circuits are galvanically separated from the other electronic circuitry of the relay.

Should the temperature and humidity at the operating site differ from the values specified, or the atmosphere contain chemically active gases or dust, the relay should be visually inspected in association with the secondary testing of the relay. This visual inspection should focus on:

- Signs of mechanical damage to relay case and terminals
- Collection of dust inside the relay case or on terminal bases; remove with compressed air
- Signs of corrosion on terminals, case or terminal bases

If the relay malfunctions or the operating values differ from those specified, the relay should be overhauled. Minor measures can be taken by the customer but any major repair involving the electronics has to be carried out by the manufacturer. Please contact the manufacturer or his nearest representative for further information about checking, overhaul and recalibration of the relay.

ภาคผนวก ค

แบบฟอร์มการตรวจเช็คสภาพ และการทดสอบรีเลย์ตรวจสอบ (Supervision relay)



ABB

TEST REPORT

Customer :

A Limited Company

Description :

The Trip Circuit Supervision Relay

Plant :

1. Data and description

MNF	Stromberg
Type	SPER 1A1 C4
Serial no.	-
Year	-
Standard	
Uaux	Vdc
Uc	Vdc

2. Relay visual inspection

Body and Seal	Normal
Check status of relay	OK
Contact output	Fault
Wiring connection	Normal
Connecting Switch	Open

3. Auxiliary supply voltage

Closing	-	-
Opening	110 Vdc	60 Ω
Block close	-	-
Under voltage	-	-
Motor	-	-

Note :

Contact output 1-4 dose not operate.

Test by :

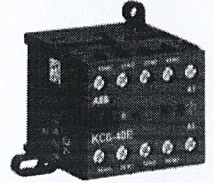
Date :

ภาคผนวก ง

รายละเอียดข้อมูลอุปกรณ์ และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย



KC6-40E-01

ABB

KC6-40E-01 Mini Contactor Relay 24VDC

General Information

Extended Product Type	KC6-40E-01
Product ID	GJH1213001R0401
EAN	4013614049767
Catalog Description	KC6-40E-01 Mini Contactor Relay 24VDC
Long Description	The KC6-40E mini contactor relay is a compact 4 pole contactor relay with screw terminals. They are ideally suited for applications where reliability is a must and space is at a premium. Mini contactors relays are used in residential buildings, commercial buildings and industrial applications for switching of control signals up to 3 A / 400 V (AC-15). Further features are the noiseless and hum-free coil and a switch position indication.

Ordering

EAN	4013614049767
Minimum Order Quantity	1 piece
Customs Tariff Number	85365080

Dimensions

Product Net Width	52.5 mm
Product Net Height	57.5 mm
Product Net Depth / Length	46.5 mm
Product Net Weight	0.175 kg

Container Information

Package Level 1 Units	10 piece
Package Level 1 Width	115 mm
Package Level 1 Height	54 mm
Package Level 1 Depth / Length	280 mm
Package Level 1 Gross Weight	1.82 kg
Package Level 1 EAN	4013614410970

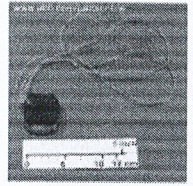
Environmental

Ambient Air Temperature	Operation -25 ... +55 °C Storage -40 ... +80 °C
Maximum Operating Altitude Permissible	2000 m
Resistance to Vibrations acc. to IEC 60068-2-6	3g / 3 ... 150 Hz

LA516771-K



COIL



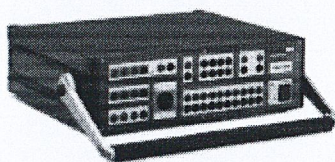
General Information

Product ID	LA516771-K
ABB Type Designation	-
Catalog Description	COIL
Long Description	2300 VARV 2300 TURN FÖR HPA

Additional Information

ABB Type Designation	-
Country of Origin	Sweden (SE) United States (US)
Customs Tariff Number	85389099
Gross Weight	0.22 kg
Invoice Description	COIL
Made To Order	No
Minimum Order Quantity	1 piece
Order Multiple	1 piece
Package Level 1 Units	0 carton
Part Type	New
Product Name	-
Product Net Weight	0.22 kg
Product Type	Spare_Parts
Quote Only	No
Selling Unit of Measure	piece
Stocked At (Warehouses)	SEOLOEXPU
Technical Information	COIL
UNSPSC	39120000
WEEE Category	Product Not in WEEE Scope

Technical Data



CMC 356 – Universal protection test set and commissioning tool

The CMC 356 is the universal solution for testing all generations and types of protection relays. Its powerful six current sources (three-phase mode: up to 64 A / 860 VA per channel) with a great dynamic range, make the device capable of testing even high-burden electromechanical relays. Commissioning engineers will particularly appreciate the possibility to perform wiring and plausibility checks of current transformers, by using primary injection of high currents from the test set. The CMC 356 is the first choice for applications requiring the highest versatility, amplitude and power.

Technical Data¹

Current generators	
Setting range	6-phase AC (L-N) 6 x 0 ... 32 A 3-phase AC (L-N) 3 x 0 ... 64 A (Group A II B) 1-phase AC (LL-LN) 1 x 0 ... 128 A (Group A II B) DC (LL-LN) 1 x 0 ... ±180 A (Group A II B)
Power ²	6-phase AC (L-N) 6 x 430 VA typ. at 25 A 6 x 250 W guar. at 20 A 3-phase AC (L-N) 3 x 860 VA typ. at 50 A 3 x 500 W guar. at 40 A 1-phase AC (LL-LN) 1 x 1000 VA typ. at 80 A 1 x 700 W guar. at 80 A 1-phase AC (L-L) 1 x 1740 VA typ. at 50 A 1 x 1100 W guar. at 40 A 1-phase AC (L-L-L) 1 x 1740 VA typ. at 25 A 1 x 1100 W guar. at 20 A DC (LL-LN) 1 x 1400 W typ. at ±80 A 1 x 1000 W guar. at ±80 A
Accuracy ³	Error < 0.05 % rd. + 0.02 % rg. ⁴ typ. Error < 0.15 % rd. + 0.05 % rg. guar.
Distortion (THD+N) ⁵	< 0.05 % typ., < 0.15 % guar.
Resolution	1 mA
Max. compliance voltage (L-N)/(L-L)/(L-L-L)	35 V _{pk} / 70 V _{pk} / 140 V _{pk}
Connection banana sockets	4 mm (0.16 in) banana sockets (32 A continuously)
Connection combination socket	Group A only (25 A continuously max.)

Voltage generators	
Setting range	4-phase AC (L-N) 4 x 0 ... 300 V (VL4) automatically calculated: VL4 = (VL1+VL2+VL3)*c or freely programmable 3-phase AC (L-N) 3 x 0 ... 300 V 1-phase AC (L-L) 1 x 0 ... 600 V DC (L-N) 4 x 0 ... ±300 V
Power	3-phase AC (L-N) 3 x 100 VA typ. at 100 ... 300 V 3 x 85 VA guar. at 85 ... 300 V 4-phase AC (L-N) 4 x 75 VA typ. at 100 ... 300 V 4 x 50 VA guar. at 85 ... 300 V 1-phase AC (L-N) 1 x 200 VA typ. at 100 ... 300 V 1 x 150 VA guar. at 75 ... 300 V 1-phase AC (L-L) 1 x 275 VA typ. at 200 ... 600 V 1 x 250 VA guar. at 200 ... 600 V DC (L-N) 1 x 420 W typ. at ±300 V 1 x 360 W guar. at ±300 V
Accuracy	Error < 0.03 % rd. + 0.01 % rg. ⁴ typ. at 0 ... 300 V Error < 0.08 % rd. + 0.02 % rg. guar. at 0 ... 300 V
Distortion (THD+N) ⁵	0.015 % typ., < 0.05 % guar.
Ranges	150 V / 300 V
Resolution	5 mV / 10 mV in range 150 V / 300 V
Connection	4 mm (0.16 in) banana sockets / combination socket (1,2,3,N)
Generators, general	
Frequency	range sine signals ⁶ 10 ... 1000 Hz Range harmonics / interharmonics Voltage: 10 ... 3000 Hz ⁷ Current: 10 ... 1000 Hz Range transient signals DC ... 3.1 kHz ⁷
Accuracy / drift	±0.5 ppm / ±1 ppm
Resolution	< 5 µHz
Phase	Angle range -360° ... +360° Resolution 0.001° Error at 50 / 60 Hz Voltage: 0.02° typ., < 0.1° guar. Current: 0.05° typ., < 0.2° guar. ⁷
Bandwidth (-3 dB)	3.1 kHz

¹ All data specified are guaranteed, except where indicated otherwise. OMCRON guarantees the specified data for one year after factory calibration, within 23 °C ± 5 °C (73 °F ± 10 °F) in the frequency range from 10 to 100 Hz and after a warm-up phase > 25 minutes

² Typical AC values valid for inductive loads (e.g. e/m relays)

³ Load: 0 ... 0.5 Ω

⁴ rd. = reading, rg. = range

⁵ THD+N: Values at 50/60 Hz, > 1 A / 20 V with 20 kHz bandwidth

⁶ For current outputs amplitude derating at > 380 Hz

⁷ Amplitude derating at > 1000 Hz



Low level outputs¹	
Number of outputs	6 (12 with Option LLO-2)
Setting range	0 ... ±10 Vpk
Max. output current	1 mA
Accuracy	error < 0.025 % typ., < 0.07 % guar. at 1 ... 10 Vpk
Resolution	250 µV
Distortion (THD+N) ²	< 0.015 % typ., < 0.05 % guar.
Unconventional CT/VT simulation	linear, Rogowski (transient and sinewave)
Overload indication	yes
Isolation	SELV
Usability	completely independent from internal amplifier outputs
Connection	16 pin combination socket (rear side)
Auxiliary DC supply	
Voltage ranges	0 ... 264 VDC, 0.2 A / 0 ... 132 VDC, 0.4 A / 0 ... 66 VDC, 0.8 A
Power	max. 50 W
Accuracy	error < 2 % typ., < 5 % guar.
Binary inputs	
Number	10
Trigger criteria	Toggle of potential-free contacts or DC voltage compared to threshold voltage
Input characteristics	0 ... ±300 VDC threshold or potential-free If equipped with ELT-1 ³ : 0 ... ±600 VDC threshold or potential-free
Ranges	20 V / 300 V If equipped with ELT-1 ³ : 100 mV / 1 V / 10 V / 100 V / 600 V
Resolution of threshold	50 mV (0 ... 20 V), 500 mV (20 V ... 300 V) ELT-1 ³ : ±2 mV, ±20 mV, ±200 mV, ±2 V, ±20 V in ranges
Sample rate	10 kHz (resolution 100 µs)
Time stamping accuracy	±0.00015 % of rd ⁴ + 70 µs
Max. measuring time	infinite
Debounce / Delay time	0 ... 25 ms / 0 ... 25 ms
Counting function	< 3 kHz at pulse width > 150 µs
Galvanic isolation	5 galvanically isolated groups (2+2+2+2+2)
Max. input voltage	CAT IV / 150 V, CAT III / 300 V, transient immunity 2 kV If equipped with ELT-1 ³ : CAT IV / 150 V, CAT III / 300 V, CAT II / 600 V (850 Vpk)
Counter inputs 100 kHz	
Number	2
Max. counting frequency	100 kHz
Pulse width	> 3 µs
Threshold voltage	6 V
Voltage hysteresis	2 V
Max. input voltage	±30 V
Isolation	SELV
Connection	16 pin combination socket (rear side)
Trigger on overload	
Supported generators	Current generators
Timer accuracy	error < 1 ms

Binary outputs, relays	
Type	Potential-free relay contacts, software controlled
Number	4
Break capacity AC	Vmax: 300 VAC / Imax: 8 A / Pmax: 2000 VA
Break capacity DC	Vmax: 300 VDC / Imax: 8 A / Pmax: 50 W
Binary outputs, transistor	
Type	Open collector transistor outputs
Number	4
Update rate	10 kHz
Imax	5 mA
Connection	16 pin combination socket (rear side)
DC voltage measuring input (If option ELT-1 is equipped³)	
Measuring range	0 ... ±10 V
Accuracy	Error < 0.003 % rg ⁵ typ., < 0.02 % rg guar.
Input impedance	1 MΩ
DC current measuring input (If option ELT-1 is equipped³)	
Measuring range	0 ... ±1 mA, 0 ... ±20 mA
Accuracy	Error < 0.003 % rg ⁵ typ., < 0.02 % rg guar.
Input impedance	15 Ω
Analog AC+DC measuring inputs (If option ELT-1 is equipped³)	
Type	AC + DC analog voltage inputs (current measurement with external current clamps or shunt resistors)
Number	10
Nominal input ranges (RMS values)	100 mV, 1 V, 10 V, 100 V, 600 V
Amplitude accuracy	Error < 0.06 % typ., < 0.15 % guar.
Bandwidth	DC ... 10 kHz
Sampling frequency	28.44 kHz, 9.48 kHz, 3.16 kHz
Input impedance	500 kΩ // 50 pF
Transient input buffer at 28 kHz	3.5 s for 10 input channels 35 s for 1 input channel
Transient input buffer at 3 kHz	31 s for 10 input channels 5 min. for 1 input channel
Transient trigger	Threshold voltage, power quality trigger: sag, swell, harmonic, frequency, frequency change, notch
Measurement functions	I (AC + DC), V (AC + DC), phase, frequency, power, harmonics, transient, event- and trend recording
Input overload indication	Yes
Input protection	Yes
Max. input voltage	CAT IV / 150 V, CAT III / 300 V, CAT II / 600 V (850 Vpk)
Galvanic isolation	5 groups (2+2+2+2+2)
Time synchronization	
Timing accuracy (voltage/current)	
IRIG-B synchronization with CMIRIG-B	Error < 1/5 µs typ., < 5/20 µs guar.
GPS synchronization with CMGPS-588	Error < 1/5 µs typ., < 5/20 µs guar.
To external voltage	Reference signal on binary input 10: 15 ... 70 Hz
Precision Time Protocol (PTP)	IEEE 1588-2008 IEEE C37.238.2011 (Power Profile) IEC/IEEE 61850-9-3 (Utility Profile)

¹ For directly testing relays with low level inputs by simulating signals from non-conventional CTs and VTs with low level interfaces and for controlling external amplifier units
² THD+N: Values at 50/60 Hz, 20 kHz measurement bandwidth, nominal value, and nominal load
³ The ELT-1 hardware option turns the ten binary inputs into multifunctional analog AC and DC voltage measuring inputs and adds two DC measuring inputs (0 ... 10 V / 0 ... 20 mA) for transducer testing
⁴ Up to three inputs can be used for measuring RMS values, frequency, and phase angle without the EnerLyzer software license. Full functionality requires EnerLyzer software license
⁵ rd = reading, rg = range

With the unique PermaSync functionality, analog and Sampled Values outputs stay permanently in sync with the internal CMC time reference. When a CMC is time-synchronized (IRIG-B, GPS, or PTP), the output quantities are continuously synchronized to the external time source. With CMIRIG-B it is also possible to transmit the internal PPS signal of the CMC to the device under test (e.g. PMUs or IEDs) stimulated with a synchronized Sampled Values data stream.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Technical Data

Technical Data CMC 356 (continued)



IEC 61850 GOOSE ¹		
Simulation	Mapping of binary outputs to data attributes in published GOOSE messages. Number of virtual binary outputs: 360 Number of GOOSEs to be published: 128	
Subscription	Mapping of data attributes from subscribed GOOSE messages to binary inputs. Number of virtual binary inputs: 360 Number of GOOSEs to be subscribed: 128	
Performance	Type 1A, Class P2/3 (IEC 61850-5). Processing time (application to network or vice versa): < 1 ms	
VLAN support	Selectable priority and VLAN ID	
IEC 61850 Sampled Values (Publishing) ²		
Specification	According to the Implementation Guideline for Digital Interface to Instrument Transformers Using IEC 61850-9-2 ³ of the ICA International Users Group ("9-2IE") and IEC 61869-9	
Sampling Rates	4000 Hz, 4800 Hz, 12800 Hz, 15360 Hz, 14400 Hz	
Synchronization	Synchronization attribute (smpSynch) is set when the CMC is in synchronized operation mode. Sample count (smpCnt) zero is aligned with top of the second. Accuracy data see above	
VLAN support	Selectable priority and VLAN ID	
Max. number of SV streams	4	
Power supply		
Nominal input voltage ³	100 – 240 VAC, 1-phase	
Permissible input voltage	85 ... 264 VAC	
Nominal frequency	50/60 Hz	
Permissible frequency range	45 ... 65 Hz	
Rated current	12 A at 115 V / 10 A at 230 V	
Connection	Standard AC socket (IEC 60320)	
Environmental conditions		
Operation temperature ⁴	0 ... +50 °C (+32 ... +122 °F)	
Storage temperature	-25 ... +70 °C (-13 ... +158 °F)	
Humidity range	Relative humidity 5 ... 95 %, non-condensing	
Vibration	IEC 60068-2-6 (20 m/s ² at 10 ... 150 Hz)	
Shock	IEC 60068-2-27 (15 g/11 ms half-sine)	
Equipment reliability		
The product adheres to the electromagnetic compatibility (EMC) Directive (CE conform)		
EMC Emission	International / Europe	IEC/EN 61326-1, EN 55032/CISPR 32 (Class A), IEC/EN 61000-3-2/3
	North America	47 CFR 15 Subpart B (Class A) of FCC
EMC Immunity	International / Europe	IEC/EN 61326-1, IEC/EN 61000-6-5, IEC/EN 61000-6-4
	The product adheres to the low voltage Directive (CE conform)	
Safety	International / Europe	IEC/EN 61010-1, IEC/EN 61010-2-030
	North America	UL 61010-1, UL 61010-2-030, CAN/CSA C22.2 No. 61010-1, CAN/CSA C22.2 No. 61010-2-030
Mechanical tests	International / Europe	IEC 60068-2-6 (20 m/s ² at 10 ... 150 Hz), IEC 60068-2-27 (15 g/11 ms half-sine)

¹ The GOOSE and Sampled Values functionality require software licences for the respective configuration modules

² For line input voltages below 230 V, a derating of the simultaneously available sum output power of the voltage/current amplifiers and the AuxDC will occur. All other technical specifications (e.g. the maximum output power of a single amplifier) are not affected

³ For an operational temperature above +30 °C (+86 °F) a duty cycle of down to 50 % may apply

⁴ PoE = Power over Ethernet

Miscellaneous	
Weight	16.8 kg (37.0 lbs)
Dimensions (W x H x D, without handle)	450 x 145 x 390 mm (17.7 x 5.7 x 15.4 in)
PC connection	Two PoE ⁴ Ethernet ports: <ul style="list-style-type: none"> 10/100/1000 Base-TX IEEE 802.3af compliant Port capability limited to one Class 1 (3.84 W) and one Class 2 (6.49 W) powered device
Signal indication (LED)	> 42 V for voltage and current outputs, and AUX DC
Connection to ground (earth)	4 mm (0.16 in) banana socket (rear side)
Hardware diagnostics	Self diagnostics upon each start-up
Galvanically separated groups	The following groups are galvanically separated from each other: mains, voltage amplifier output, current amplifier group A/B, auxiliary DC supply, binary/analog input
Protection	All current and voltage outputs are fully overload and short circuit proof and protected against external high-voltage transient signals and overtemperature
Certifications	
 	
Developed and manufactured under an ISO 9001 registered system	

Ordering information

CMC 356 with Test Universe

VE002829	CMC 356 Essential
VE002830	CMC 356 Standard
VE002831	CMC 356 Enhanced
VE002832	CMC 356 Complete

CMC 356 with CMControl (without Test Universe)

VE002826	CMC 356 with CMControl P App activation key
VE002820	CMC 356 with CMControl P







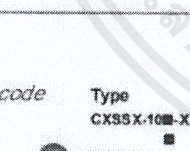
The CMControl can also be ordered as add-on together with a CMC 356 with Test Universe software or as a later upgrade.

CMC 356 hardware options

VEHO2801	Option ELT-1 if ordered with a new unit
VEHO2802	Option ELT-1 if ordered as an upgrade
VEHO2803	Option LLO-2 if ordered with a new unit
VEHO2804	Option LLO-2 if ordered as an upgrade

Selector switches - Compact range

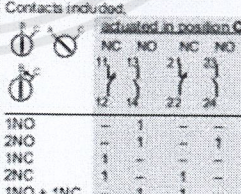
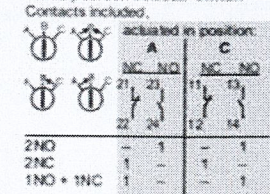
Non-illuminated

Designation, design and function	Type	Order Code	Weight, kg	
 Selector switch, short handle. Two pos. Maintained Contacts included:	1 NO	C2SS1-10■-10 1SFA 619 200 R101□	0.020	
	2 NO	C2SS1-10■-20 1SFA 619 200 R102□	0.024	
	1 NC	C2SS1-10■-01 1SFA 619 200 R104□	0.020	
	2 NC	C2SS1-10■-02 1SFA 619 200 R105□	0.024	
	1 NO + 1 NC	C2SS1-10■-11 1SFA 619 200 R107□	0.024	
	 Selector switch, short handle. Two pos. Momentary Contacts included:	1 NO	C2SS2-10■-10 1SFA 619 201 R101□	0.020
2 NO		C2SS2-10■-20 1SFA 619 201 R102□	0.024	
1 NC		C2SS2-10■-01 1SFA 619 201 R104□	0.020	
2 NC		C2SS2-10■-02 1SFA 619 201 R105□	0.024	
1 NO + 1 NC		C2SS2-10■-11 1SFA 619 201 R107□	0.024	
 Selector switch, short handle. Three pos. Maintained Contacts included:		1 NO	C2SS3-10■-10 1SFA 619 202 R101□	0.020
	2 NO	C2SS3-10■-20 1SFA 619 202 R102□	0.024	
	1 NC	C2SS3-10■-01 1SFA 619 202 R104□	0.020	
	2 NC	C2SS3-10■-02 1SFA 619 202 R105□	0.024	
	1 NO + 1 NC	C2SS3-10■-11 1SFA 619 202 R107□	0.024	
	 Selector switch, short handle. Three pos. Momentary Contacts included:	2 NO	C3SS1-10■-20 1SFA 619 210 R102□	0.024
2 NC		C3SS1-10■-02 1SFA 619 210 R105□	0.024	
1 NO + 1 NC		C3SS1-10■-11 1SFA 619 210 R107□	0.024	
 Selector switch, short handle. Three pos. Momentary Contacts included:		2 NO	C3SS2-10■-20 1SFA 619 211 R102□	0.024
		2 NC	C3SS2-10■-02 1SFA 619 211 R105□	0.024
		1 NO + 1 NC	C3SS2-10■-11 1SFA 619 211 R107□	0.024
 Selector switch, short handle. Three pos. Momentary Contacts included:	2 NO	C3SS3-10■-20 1SFA 619 212 R102□	0.024	
	2 NC	C3SS3-10■-02 1SFA 619 212 R105□	0.024	
	1 NO + 1 NC	C3SS3-10■-11 1SFA 619 212 R107□	0.024	
 Selector switch, short handle. Three pos. Momentary Contacts included:	2 NO	C3SS7-10■-20 1SFA 619 216 R102□	0.024	
	2 NC	C3SS7-10■-02 1SFA 619 216 R105□	0.024	
	1 NO + 1 NC	C3SS7-10■-11 1SFA 619 216 R107□	0.024	

¹⁾ For bezel in metal replace 'S' in the Type CXSSX-1 0X-XX with the figure '3'.

Ordering example – see page 10

Color code	Type	Order Code
Red	■	1SFA 619 2XX R10X□
Black	■	R
Black	■	B
Grey	■	U

Contacts actuated	
Two position selector switch Contacts included: 	Three position selector switch Contacts included: 
1NO - 1 - - 2NO - 1 - 1 1NC 1 - - - 2NC 1 - 1 - 1NO + 1NC - 1 1 -	2NO - 1 - 1 2NC 1 - - 1 1NO + 1NC 1 - - 1

• Accessories page 15 • Technical data page 18 • Dimensions page 20

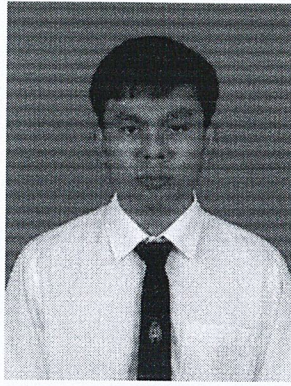
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจำเพาะ: Fluke 87 V Industrial Multimeter

ข้อมูลจำเพาะ		
แรงดันไฟฟ้า DC	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด:	1000V
	ความแม่นยำ:	Fluke 83 V: $\pm(0.1\%+1)$
		Fluke 87 V: $\pm(0.05\%+1)$
	ความละเอียดสูงสุด:	Fluke 83 V: 100 μ V
Fluke 87 V: 10 μ V		
แรงดันไฟฟ้า AC	แรงดันไฟฟ้าสูงสุด:	1000V
	ความแม่นยำ:	Fluke 83 V: $\pm(0.5\%+2)$
		Fluke 87 V: $\pm(0.7\%+2)$ True RMS
	แบนด์วิดท์ AC	Fluke 83 V: 5kHz
		Fluke 87 V: 20kHz*
		*ใช้ตัวกรองความถี่ต่ำ 3db @ 1kHz
ความละเอียดสูงสุด:	0.1 mV	
กระแส DC	แอมป์สูงสุด:	10A (20 A เป็นเวลาไม่เกิน 30 วินาที)
	ความแม่นยำของแอมป์:	Fluke 83 V: $\pm(0.4\%+2)$
		Fluke 87 V: $\pm(0.2\%+2)$
	ความละเอียดสูงสุด:	Fluke 83 V: 0.01 mA
Fluke 87 V: 0.01 μ A		
กระแสไฟฟ้า AC	แอมป์สูงสุด:	10A (20 A เป็นเวลาไม่เกิน 30 วินาที)
	ความแม่นยำของแอมป์:	Fluke 83 V: $\pm(1.2\%+2)$
		Fluke 87 V: $\pm(1.0\%+2)$ True RMS
	ความละเอียดสูงสุด:	0.1 μ A
ความต้านทาน	ความต้านทานสูงสุด:	50 M Ω
	ความแม่นยำ:	Fluke 83 V: $\pm(0.4\%+1)$
		Fluke 87 V: $\pm(0.2\%+1)$
	ความละเอียดสูงสุด:	0.1 Ω
การเก็บประจุ	การเก็บประจุสูงสุด	9,999 μ F
	ความแม่นยำ	$\pm(1\%+2)$
	ความละเอียดสูงสุด	0.01 nF
ความถี่	ความถี่สูงสุด	200 kHz

	ความแม่นยำ	$\pm(0.005\%+1)$
	ความละเอียดสูงสุด	0.01 Hz
รอบการทำงาน	รอบการทำงานสูงสุด	99.9%
	ความแม่นยำ	$\pm(0.2\%$ ต่อ khz $+0.1\%)$
	ความละเอียดสูงสุด	0.1%
การตรวจวัดอุณหภูมิ	Fluke 87 V, 87 V/E:	-200.0°C - 1090°C
		-328.0°F - 1994.0°F
		ไม่รวมขาวัด
ขาวัดอุณหภูมิ 80 BK		-40.0°C - 260°C
		-40.0°F - 500°F, 2.2°C หรือ 2%
		ขึ้นอยู่กับว่าข้อใดมากกว่า
การนำไฟฟ้า	การนำไฟฟ้าสูงสุด	60.00 nS
	ความแม่นยำ	$\pm(1.0\%+10)$
	ความละเอียดสูงสุด	0.01 nS
ไดโอด	ช่วง:	3 V
	ความละเอียด:	1 mV
	ความแม่นยำ:	$\pm (2\% + 1)$
ช่วงของรอบการทำงาน	ความแม่นยำ:	ภายใน $\pm (0.2\%$ ต่อ kHz $+ 0.1\%)$
ข้อมูลจำเพาะด้านสภาพแวดล้อม		
อุณหภูมิในการทำงาน		-20°C ถึง +55°C
อุณหภูมิในการเก็บรักษา		-40°C ถึง +60°C
ความชื้น (ไม่มีการควบแน่น)		0% - 90% (0°C - 35°C)
		0% - 70% (35°C - 55°C)
ระดับความสูงในการใช้งาน		2000 เมตร

ประวัติผู้เขียน



รหัสประจำตัวนักศึกษา 59010592

ชื่อ - ชื่อสกุล นายธนวลัญช์ แก้วเกิด

วัน เดือน ปีเกิด 9 กุมภาพันธ์ 2541

อีเมล 59010592@kmail.ac.th

ที่อยู่ปัจจุบัน 190/68 หมู่ที่ 1 ตำบลบางกระบือ อำเภอเมือง จังหวัดสิงห์บุรี
รหัสไปรษณีย์ 16000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2552 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลสิงห์บุรี

พ.ศ. 2558 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสิงห์บุรี

พ.ศ. 2562 กำลังศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมพลังงานไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิสัยทัศน์ด้านการทำงาน

ถ้ามเมื่อสงสัย ให้สัญญาณก่อนทำงาน ปฏิบัติงานตามขั้นตอน อุบัติเหตุต้องเป็นศูนย์