รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การบำรุงรักษาเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเชิงลึก
ProDiag Circuit Breaker

นางสาวสุวิกานต์ มูลสท้าน

หลักสูตรวิศวกรรมระบบควบคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา	การบำรุงรักษาเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเชิงลึก
นักศึกษา	นางสาวสุวิกานต์ มูลสท้าน
ภาควิชา	วิศวกรรมการวัดและระบบควบคุม
คณะ	วิศกรรมศาสตร์
อาจารย์นิเทศ	ผศ.ดร.สิริชัย ธรรมารักษ์วัฒนะ
ผู้นิเทศงาน	นายสมชาติ ทวีโชคกุล
สถานประกอบการ	บริษัท ชไนเดอร์ อิเล็กทริก

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันตามโรงงานและอาคารพาณิชย์ในประเทศไทยมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จำเป็นอย่างมากอย่างหนึ่งคือ เซอร์กิตเบรกเกอร์ อุปกรณ์ชนิดนี้ใช้ในการตัดกระแสไฟฟ้าเมื่อเกิดกระแสไฟเกิน หรือโหลดเกิน หรือกระแสไฟฟ้าลัดวงจร และสามารถทำให้ไฟฟ้ากลับมาทำงานได้อีกครั้ง โดยไม่ก่อให้เกิดความเสียหายให้กับอุปกรณ์อื่นๆ ในระบบ ด้วยเหตุนี้ทางบริษัท ชไนเดอร์ อิเล็คทริก ประเทศไทย จึงจัดทำการบำรุงรักษาเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเชิงลึกขึ้นมา เพื่อป้องกันอันตรายและความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้โดยไม่คาดคิด แม้จะทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันไปแล้ว โครงงานสหกิจศึกษานี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการอธิบายและนำเสนอข้อมูลให้ผู้ที่เกี่ยวข้องมีความเข้าใจอย่างถูกต้อง ในโครงงานนี้ได้รวบรวมข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นไว้ ได้แก่ เหตุผลที่เราต้องทำการบำรุงรักษาเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเชิงลึก, ขั้นตอนการทำงาน, การวิเคราะห์ข้อมูล และการสรุปผลและข้อเสนอแนะ

คำสำคัญ : ProDiag, Circuit breaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cooperation Title	ProDiag Circuit Breaker
Student	Miss Suwikan Moonsathan
Department	Instrumentation and Control Engineering
Faculty	Engineering
Advisor	Asst.Prof.Dr.Sirichai Tammaruckwattana
Mentor	Mr.Somchart Taweechokkul
Company	Schneider Electric

Abstract

At present, commercial buildings and factories in Thailand are electrical devices that sorely needed one is Circuit Breakers. This is an automatically operated electrical switch designed to protect an electrical circuit from damage caused by excess current from an overload or short circuit. As a result, Schneider Electric, created ProDiag Circuit Breaker in order to prevent harm and potential damage unexpectedly. Even though they were preventive maintenance. This cooperative education project is therefore used to explain and present information to the relevant people in the correct understanding. I gather important and necessary information: why we need to maintain in-depth circuit breakers, workflows, data analysis, and feedback and suggestions.

Keywords: ProDiag, Circuit breaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำโครงงานสหกิจศึกษาเล่มนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ชไนเดอร์ อิเล็กทริค ประเทศไทย ที่ให้โอกาสในการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติงานจริง ทำให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ มากมาย ที่ไม่อาจหาได้จากการเรียนเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีประโยชน์และสามารถช่วยข้าพเจ้าในเรื่องของการศึกษาและการทำงานได้ในอนาคต ขอขอบพระคุณ คุณสมชาติ ทวีโชคกุล ซึ่งเป็นพี่เลี้ยง ที่คอยให้คำปรึกษา ให้ความรู้ และการดูแลตลอดระยะเวลาหกเดือนที่ผ่านมานี้ ขอขอบคุณพี่ๆ ในแผนก Service ทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ เป็นผลให้โครงงานเล่มนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.สิริชัย ธรรมารักษ์วัฒนะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้คำปรึกษาแนะนำและความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำสหกิจศึกษา ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาทุกท่าน ที่มอบความรู้ทางทฤษฎีและปฏิบัติที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำสหกิจศึกษาครั้งนี้

ผู้จัดทำ

สุวิกานต์ มูลสท้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

Abstract II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VI

สารบัญตาราง VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 วิธีการดำเนินงานโครงงาน 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (CIRCUIT BREAKER) 3

2.2 สาเหตุของการเกิดกระแสไฟเกิน 4

2.3 การแบ่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภทต่างๆ 6

2.4 การออกแบบอุปกรณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์ 11

2.5 PREVENTIVE MAINTENANCE (PM) 16

2.6 PRODIAG BREAKER 17

2.7 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทำ PREVENTIVE MAINTENANCE (PM) และ PRODIAG BREAKER 31

บทที่ 3 ขั้นตอนการทำ ProDiag Circuit Breaker 33

บทที่ 4 ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการทำ ProDiag Breaker 35

4.1 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC SF1 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC LF1 39

4.3 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC FG2 44

4.4 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN EVOLIS DV2 47

4.5 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN MASTERPACT NW20 50

4.6 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN SOLENARC DSE 54

บทที่ 5 แนวทางการพัฒนาและข้อเสนอแนะ 58

5.1 สรุปความแตกต่างระหว่างการทำ PREVENTIVE MAINTENANCE และ PRODIAG ของ CIRCUIT BREAKER 58

5.2 แนวทางการพัฒนาต่อ 58

5.3 ข้อเสนอแนะ 58

บรรณานุกรม 59

ภาคผนวก 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 Circuit Breaker	3
2.2 สายไฟที่เสียหายจากความร้อน	4
2.3 ความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้าและความร้อน	4
2.4 การเกิด Short circuit	5
2.5 Indoor circuit breaker	6
2.6 Outdoor Circuit Breaker	6
2.7 Vacuum circuit breaker	7
2.8 SF6 circuit breaker	8
2.9 Oil circuit breaker	9
2.10 (ซ้าย) การทำงานของ Axial Blast type (ขวา) การทำงานของ Cross Blast Type	9
2.11 ตัวอย่างกรอบของอุปกรณ์เบรกเกอร์ทั้ง 3 ขนาด	12
2.12 Straight-Through Contracts	12
2.13 Arc Chute Assembly	13
2.14 ส่วนประกอบอื่นๆ ที่ช่วยเสริมประสิทธิ์ภาพการทำการทำงานของเบรกเกอร์	15
2.15 (ซ้าย) การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือ PM และ Trip Unit ของ Circuit breaker	17
2.16 กราฟที่ได้จากการทำ ProDiag Circuit Breaker ช่วง Closing	18
2.17 การอธิบายค่า N Dimension	18
2.18 การอธิบายค่า Response time	19
2.19 การอธิบายค่าที่ได้จาก Response time	19
2.20 (ซ้าย) การอธิบายค่า Contract simultaneity (ขวา) การอธิบายถึงสาเหตุที่คอนแทคสัมผัสไม่พร้อมกัน	20
2.21 การอธิบายค่า Bouncing duration	21
2.22 การเคลื่อนที่ของ Spring ภายในคอนแทค ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิด Bouncing หาก Spring อ่อนเกินไปจะทำให้เกิด Bouncing นานขึ้น	21
2.23 การอธิบายค่า Arc contact wear	22
2.24 การหายไปของ Arcing contact wear ที่เมื่อใช้งานไปนานๆ จะหดสั้นลงทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เข้าหากันนานขึ้น	22
2.25 การอธิบายค่า Overtravel	23
2.26 การเกิด Overtravel	23
2.27 วิธีอ่านกราฟที่ได้จากค่า Time of auxiliary contacts และ Pressure switch condition	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.28 การอธิบายค่า TIME OF AUXILIARY CONTACTS และ PRESSURE SWITCH CONDITION	24
2.29 (ซ้าย) กราฟการ CHARGING ที่ทำงานผิดพลาดอาจเกิดจากลิ้นสปริงหรือฟันสปริงถูกทำลาย	25
2.30 ค่าต่างๆ ของกราฟที่ได้จากการทำ PRODIAG CIRCUIT BREAKER ช่วง OPENING	26
2.31 ขั้นตอนการ OPENING จนได้กราฟดัง รูปที่ 2.28	26
2.32 ตำแหน่งและหน้าที่ของ DAMPER และ STOP DEVICE	27
2.33 กราฟที่ DAMPER เกิดความเสียหาย	27
2.34 การอ่านและวิเคราะห์ข้อมูลจากค่า REBOUND OVERTRAVEL	28
2.35 การอธิบายค่า REBOUND OVERTRAVEL	28
3.1 แสดงกระบวนการทำงาน PRODIAG	34
4.1 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC SF1 ช่วง CLOSING	35
4.2 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC SF1 ช่วง CLOSING	35
4.3 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC SF1 ช่วง OPENING	37
4.4 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC SF1 ช่วง OPENING	37
4.5 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC LF1 ช่วง CLOSING	39
4.6 แสดงผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC LF1 ช่วง CLOSING	40
4.7 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC LF1 ช่วง OPENING	41
4.8 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC LF1 ช่วง OPENING	41
4.9 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC LF1 ช่วง OPENING	43
4.10 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC FG2 ช่วง CLOSING	44
4.11 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC FG2 ช่วง OPENING	45
4.12 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN FLUSARC FG2 ช่วง OPENING	46
4.13 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN EVOLIS DV2 ช่วง CLOSING	47
4.14 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN EVOLIS DV2 ช่วง CLOSING	47
4.15 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN EVOLIS DV2 ช่วง OPENING	49
4.16 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN MASTERPACT NW20 ช่วง CLOSING	50
4.17 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN MASTERPACT NW20 ช่วง CLOSING	50
4.18 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN MASTERPACT NW20 ช่วง OPENING	52
4.19 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN MASTERPACT NW20 ช่วง OPENING	52
4.20 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN SOLENARC DSE ช่วง CLOSING	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.21 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN SOLENARC DSE ช่วง CLOSING 54

4.22 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN SOLENARC DSE ช่วง OPENING 56

4.23 ผลการวิเคราะห์จาก MERLIN GERIN SOLENARC DSE ช่วง OPENING 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สรุปการวิเคราะห์ผลเชิงกล	29
2.2 สรุปการวิเคราะห์ผลในเชิงไฟฟ้า	30
2.3 คำแนะนำเพิ่มเติม	30
2.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทำ PREVENTIVE MAINTENANCE (PM) และ PRODIAG CIRCUIT BREAKER	31
3.1 OFFER AND SERVICE	33
4.1 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN FLUSARC SF1 ช่วง CLOSING	36
4.2 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN FLUSARC SF1 ช่วง OPENING	38
4.3 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN FLUSARC LF1 ช่วง CLOSING	39
4.4 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN FLUSARC LF1 ช่วง OPENING	42
4.5 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN FLUSARC FG2 ช่วง CLOSING	44
4.6 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN FLUSARC FG2 ช่วง OPENING	46
4.7 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN EVOLIS DV2 ช่วง CLOSING	48
4.8 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN EVOLIS DV2 ช่วง OPENING	49
4.9 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN MASTERPACT NW20 ช่วง CLOSING	51
4.10 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN MASTERPACT NW20 ช่วง OPENING	53
4.11 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN SOLENARC DSE ช่วง CLOSING	55
4.12 ผลการทดสอบ PRODIAG CIRCUIT BREAKER รุ่น MERLIN GERIN SOLENARC DSE ช่วง OPENING	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

บริษัทชไนเดอร์ อิเล็กทริค ประเทศไทย คือผู้นำในการปรับตัวเข้าสู่ยุคดิจิตอล ด้านการจัดการพลังงานและระบบออโตเมชั่นสำหรับบ้าน อาคาร ศูนย์ข้อมูล ระบบโครงสร้างพื้นฐานและอุตสาหกรรม นอกจากทางบริษัทจะเป็นผู้ผลิตและผู้จัดจำหน่ายอุปกรณ์ไฟฟ้าครบวงจรแล้ว ทางบริษัทยังให้บริการด้านการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเชิงป้องกันอีกด้วย โดยจะแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ Routine, Complete และ Advanced ความแตกต่างของการให้บริการที่ไม่เหมือนกับบริษัทอื่นคือทางบริษัทได้มีการจัดทำการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแบบเชิงลึกหรือที่เรียกว่า ProDiag

ProDiag คือการดูแลรักษาอุปกรณ์แบบเชิงลึก สามารถระบุถึงปัญหาและคาดการณ์เหตุไม่พึงประสงค์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้หากยังใช้อุปกรณ์ดังกล่าวต่อไป ซึ่งไม่สามารถทำได้ในการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเชิงป้องกันทั่ว ๆ ไป โดยจะแบ่งชนิดตามอุปกรณ์ที่ทำ ในปัจจุบันมีอยู่ 7 ชนิด คือ ProDiag Fuse, ProDiag MV Relay, ProDiag Trip Unit, ProDiag Oil, ProDiag Circuit Breaker, ProDiag Clusters และ ProDiag Corona

เบรกเกอร์ (Breaker) คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตัดต่อไฟฟ้า ช่วยป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์และผู้ปฏิบัติงานได้ หากมีการใช้ไฟฟ้ามากเกินไป (Overload) หรือเกิดกระแสไฟฟ้าช็อต (Short circuit) นั่นเอง

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้ทางบริษัทจึงได้ทำการศึกษาเรื่องการทำ ProDiag Circuit Breaker อย่างละเอียดเพื่อสร้างความเข้าใจให้แก่พนักงานและลูกค้าต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการโครงงาน

1. เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจการทำงานของ ProDiag Circuit Breaker
2. เพื่อสามารถนำไปใช้ในการอธิบายและนำเสนอข้อมูล ProDiag Circuit Breaker ให้ผู้ที่เกี่ยวข้องเข้าใจได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ขั้นตอนการดำเนินงาน ProDiag Circuit Breaker
2. วิเคราะห์ผลการทำ ProDiag Circuit Breaker จากกราฟที่ได้

1.4 วิธีการดำเนินงานโครงงาน

1. วางแผนการดำเนินงานและปรึกษากับพี่เลี้ยง
2. ศึกษาวิธีการทำ ProDiag Circuit Breaker และ Preventive Maintenance Circuit Breaker จากเอกสารของทางบริษัท
3. ศึกษาการทำ ProDiag Circuit Breaker และ Preventive Maintenance Circuit Breaker จากผู้เชี่ยวชาญของทางบริษัท
4. สร้างแคมเปญเพื่อหาผู้สนใจที่จะทำ ProDiag Circuit Breaker
5. ศึกษาดูงานการทำ Preventive Maintenance Circuit Breaker
6. จัดทำรูปเล่มโครงงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประโยชน์ต่อตนเอง

การเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษาร่วมกับบริษัท ชไนเดอร์ อิเล็กทริค ประเทศไทย เป็นการเปิดโอกาสในการเรียนรู้ประสบการทำงานจริง และได้รับประสบการณ์ด้านการทำงานร่วมกันในสังคม ที่จะเป็นประโยชน์อย่างมากในอนาคต นอกจากนี้ยังได้นำความรู้ที่ศึกษามาตลอดการเป็นนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ สาขาเครื่องมือวัดและระบบควบคุม มาปรับใช้การทำงานจริง ได้เรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ๆ ที่ใช้ในโรงงาน ณ ปัจจุบัน จวบจนเทคโนโลยีที่อาจจะมีขึ้นในอนาคตอีกด้วย

2. ประโยชน์ต่อสถานประกอบการ

เมื่อสถานประกอบการรับนักศึกษาเข้ามาทำโครงการสหกิจศึกษาร่วมกับทางสถาบัน แสดงถึงความพร้อมในการเปิดโอกาสในการสร้างบุคลากร พร้อมถ่ายทอดและให้โอกาสในการเรียนรู้แก่ตัวนักศึกษา ซึ่งความร่วมมือนี้ทำให้สถานประกอบการสามารถพัฒนาศักยภาพและพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อประโยชน์ของสถานประกอบการเองด้วย

3. ประโยชน์ต่อสถานศึกษา

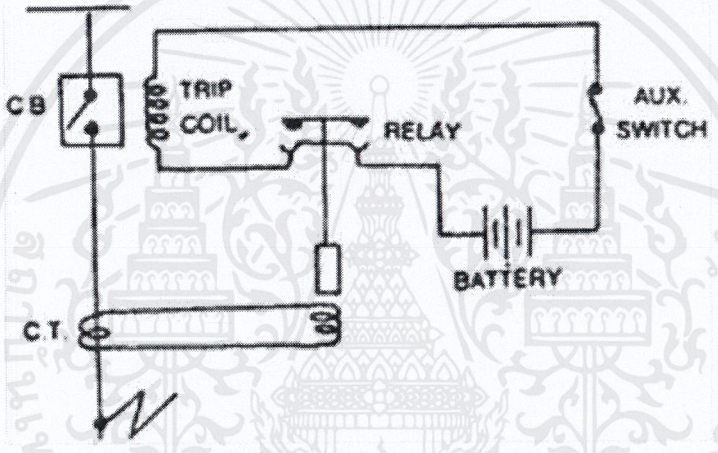
โครงการสหกิจศึกษาของทางสถาบันเป็นการร่วมมือกับทางสถานประกอบการทำให้มีการติดต่อและสร้างความน่าเชื่อถือของนักศึกษาจากสถาบันแก่สถานประกอบการต่างๆ ถึงความพร้อมในการพัฒนานักศึกษาและเปิดรับข้อติชมเพื่อเสริมสร้างนักศึกษาให้มีความพร้อมต่อการทำงานจริงทำให้นักศึกษาที่เข้าทำงานกับสถานประกอบการที่มาจากสถาบันนั้น ปฏิบัติตัวได้อย่างเหมาะสม ซึ่งถือเป็นประโยชน์ทั้งนักศึกษาและสถานศึกษาเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker)

เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นอุปกรณ์ตัดต่อกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำงานอัตโนมัติหรือควบคุมโดยผู้ปฏิบัติก็ได้ เซอร์กิตเบรกเกอร์นี้ออกแบบมาเพื่อป้องกันและควบคุมระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบจัดการพลังงาน ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้เลือกใช้หลากหลายตามขนาดของกำลังไฟฟ้าและการป้องกันการเกิดประกายไฟ (arc) ขณะที่กำลังทำงาน (รูปที่ 2.1)



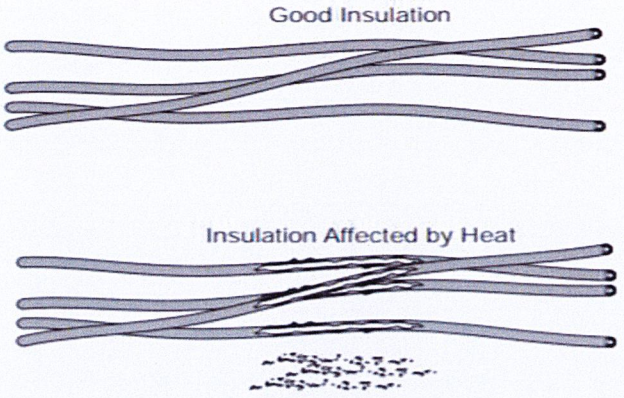
รูปที่ 2.1 Circuit Breaker

ที่มา: https://www.elprocus.com/type-ofpcircuit-breakers-and-application/

กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าตามบ้านเรือน, โรงงาน, อาคารสำนักงาน และอื่นๆ มาจากแหล่งจ่ายไฟขนาดใหญ่ในประเทศไทยคือการไฟฟ้าการผลิต (กฟผ.) จากนั้นจะกระจายไปตามส่วนต่างๆ ของประเทศ หากอยู่ในเขตกรุงเทพและปริมณฑลเรียกว่าการไฟฟ้ามหานคร (กฟน.) ส่วนต่างจังหวัดเรียกว่าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ซึ่งกระแสไฟฟ้าจะเดินทางผ่านตัวนำที่อยู่ในสายไฟ โดยสายไฟเหล่านี้ด้านหนึ่งจะต่อลงดิน (ground) และอีกสายหนึ่งหรือสองจะต่อเข้ากับโหลดของสถานที่นั้นๆ จึงจะสามารถใช้ไฟฟ้าได้

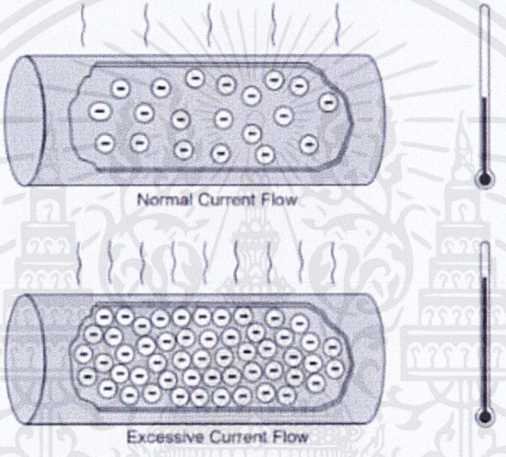
แต่กระแสไฟที่ไหลตามสายนั้นจะมีความร้อนเกิดขึ้น ยิ่งใช้กระแสไฟฟ้ามากเท่าไรความร้อนจะยิ่งมากขึ้นเท่านั้น ซึ่งเป็นสาเหตุนี้จึงทำให้สายไฟเกิดการชำรุดเสียหายได้ (รูปที่ 2.3) จากกระแสไฟที่มากเกินไป (Overcurrent) ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดเหตุดังกล่าวอาจมาจากการใช้งานมากเกินไป (Overload), การลัดวงจร (Short circuit) หรือ กระแสไฟฟ้าลัดวงจรลงดิน (Ground fault) ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 สายไฟที่เสียหายจากความร้อน

ที่มา: เอกสาร Siemens-STEP-Series-Basics-of-Circuit-Breakers



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์กระแสไฟฟ้าและความร้อน

ที่มา: เอกสาร Siemens-STEP-Series-Basics-of-Circuit-Breakers

2.2 สาเหตุของการเกิดกระแสไฟเกิน

เซอร์กิตเบรกเกอร์ส่วนใหญ่นั้นสามารถที่จะป้องกันสาเหตุการเกิดกระแสไฟเกินได้ทั้ง 3 สาเหตุ ดังนี้

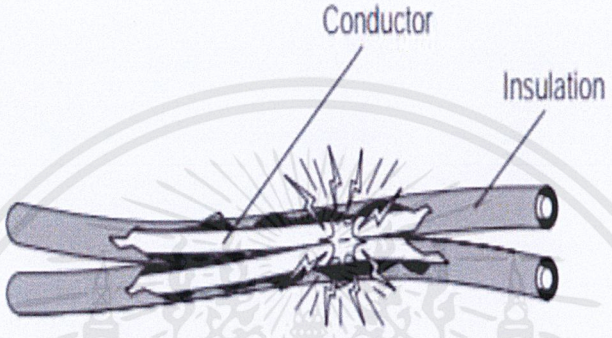
2.2.1 Overload

เกิดจากในหนึ่งวงจรมีอุปกรณ์ทำงานพร้อมกันหลายตัวหรือเครื่องจักรที่ทำงานพร้อมกันหลายเครื่องโดยใช้กระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าต้องไหลเข้าโหลดนั้นมากขึ้นนั่นเอง ซึ่งจะสร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์และเครื่องจักรที่เชื่อมต่อกันไว้ทั้งหมดได้ จึงต้องมีการติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ไว้คอยตัดกระแสไฟก่อนที่จะเกิดความเสียหายนั้นขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 Short circuit

เกิดจากความต้านทานไฟฟ้าที่ต่ำลง ส่งผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านที่มากขึ้นตามกฎของโอห์ม สาเหตุของการลัดวงจรจะเกิดจากการที่ตัวฉนวนที่หุ้มตัวนำนั้นมีความเสียหาย เมื่อมีการใช้แรงดันที่มากขึ้น ส่งผลให้ความต้านทานลดลง (ดังแสดงในรูปที่ 2.4) กระแสที่ไหลจึงมากกว่าเดิมหลายพันเท่า ก่อให้เกิดความเสียหายที่รุนแรงต่ออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ หากมีการติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ก็จะสามารถตัดกระแสไฟได้ก่อนที่จะเกิดเหตุดังกล่าวได้



รูปที่ 2.4 การเกิด Short circuit

ที่มา: เอกสาร Siemens-STEP-Series-Basics-of-Circuit-Breakers

2.2.3 กระแสไฟฟ้าลัดวงจรลงดิน (Ground Fault)

ในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่ได้มาตรฐานจะมีตัวนำหรือสายไฟชนิดหนึ่งที่เรียกว่า “สายดิน” มีหน้าที่เป็นเส้นทางนำกระแสไฟฟ้า กรณีที่มีไฟรั่วให้ไหลลงดินเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้ไฟเกิดอันตราย ขณะเดียวกันก็เป็นเส้นทางหนึ่งให้กระแสไฟฟ้ารั่วไหลย้อนกลับไปยังหม้อแปลงไฟฟ้าได้สะดวก เพื่อให้เครื่องตัดไฟอัตโนมัติทำงานและตัดไฟออกทันที ประโยชน์ของสายดิน ป้องกันไม่ให้มีผู้ถูกไฟฟ้าดูด กรณีมีกระแสไฟฟ้ารั่วจากเครื่องใช้ไฟฟ้าเนื่องจากกระแสไฟฟ้ารั่ว จากเครื่องใช้ไฟฟ้าจะไหลลงดินทางสายดิน โดยไม่ผ่านร่างกายผู้สัมผัสเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น เป็นผลทำให้อุปกรณ์ป้องกัน ไฟฟ้าลัดวงจร และหรือไฟฟ้ารั่ว จะตัดกระแสไฟฟ้าออกทันที เครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภท เช่น คอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ อุปกรณ์สื่อสารอาจทำงานได้ไม่สมบูรณ์ หรือชำรุดได้ง่ายหากไม่มีสายดิน

แต่นอกจากกระแสไฟฟ้าไหลลงดินผ่านสายดินได้แล้ว ยังสามารถไหลผ่านสายไฟหรือตัวกลางอื่นสู่ดินได้เช่นกันหากเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นไม่มีการติดตั้งสายดิน เหตุการชนิดนี้เรียกว่า “กระแสลัดวงจรลงดิน” ซึ่งมีความอันตรายมากหากผู้ปฏิบัติงานอยู่ใกล้บริเวณดังกล่าว เพราะมนุษย์เป็นตัวกลางที่ง่ายที่สุดที่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านลงสู่ดิน เบรกเกอร์จึงมีหน้าที่ตัดไฟหากเกิดเหตุการดังกล่าวขึ้นนั่นเอง

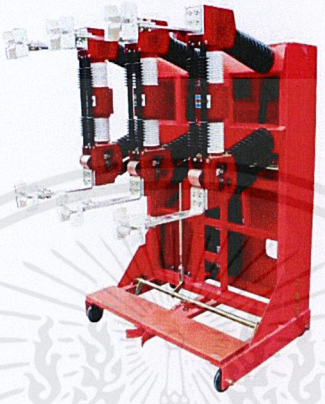
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การแบ่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ประเภทต่างๆ

2.3.1 แบ่งตามสถานที่ที่ติดตั้ง

1. Indoor circuit breaker

เซอร์กิตเบรกเกอร์จะออกแบบให้สามารถใช้ได้เพียงแค่ในอาคารหรือในห้องที่ทนต่อสภาพอากาศได้ดี ส่วนใหญ่เป็นเบรกเกอร์ที่ใช้แรงดันระดับกลางและสวิตช์เกียร์หุ้มด้วยวัสดุโลหะ



รูปที่ 2.5 Indoor circuit breaker

ที่มา: https://www.sselectricgroup.com/p/types-of-circuit-breakers-electrical.html

2. Outdoor circuit breaker

เซอร์กิตเบรกเกอร์จะออกแบบให้สามารถใช้งานภายนอกอาคารหรือสถานที่โล่งแจ้ง ด้วยเหตุนี้วัสดุที่ใช้ในการป้องก้องเบรกเกอร์จึงมีความแข็งแรงทนทานมาก เพื่อป้องกันการสึกหรอหรือชำรุดที่อาจเกิดขึ้นได้

รูปที่ 2.6 Outdoor Circuit Breaker

ที่มา: https://www.sselectricgroup.com/p/types-of-circuit-breakers-electrical.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 แบ่งตามกลไกแมคคานิกส์

1. Spring Operated circuit breaker

เป็นกลไกการใช้พลังงานในตัวสปริงในการควบคุมคอนแทค โดยจะมีช่วงของการชาร์จเพื่อให้สปริงทำหน้าที่ดันคอนแทคให้สัมผัสกันหรือให้อยู่ในสภาวะ Closing นั่นเอง

2. Pneumatic circuit breaker

เป็นกลไลใช้การอัดอากาศเป็นพลังงานในการ Closing และ Tripping

3. Hydraulic circuit breaker

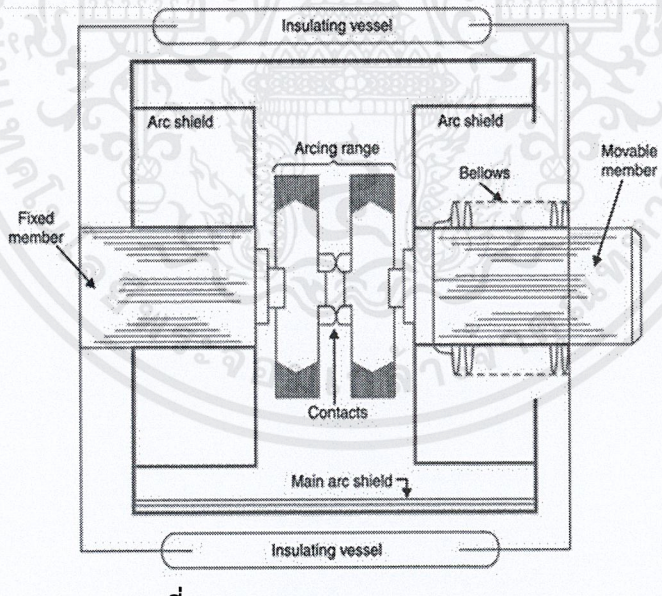
เป็นกลไกที่อาศัยหลักแรงดันของแก๊ซเพื่อควบคุมการไหลของน้ำมัน ซึ่งน้ำมันจะเป็นตัวกระตุ้นให้ตัวลิงค์เกจ (linkage) เชื่อมตัวกับตัวขัดขวาง (interrupter) ได้

2.3.3 แบ่งตามชนิดของตัวกลางที่ใช้ดับอาร์ค

1. Vacuum circuit breaker

การดับอาร์คด้วยวิธีนี้มีประสิทธิภาพกว่าการดับอาร์คด้วยวิธีอื่นๆ เนื่องจากวิธีนี้มีความเป็นฉนวนสูงมาก

คอนแทค Opening ภายในสุญญากาศ จะทำให้อาร์คดับลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากไอระเหยควบแน่นอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.7 Vacuum circuit breaker

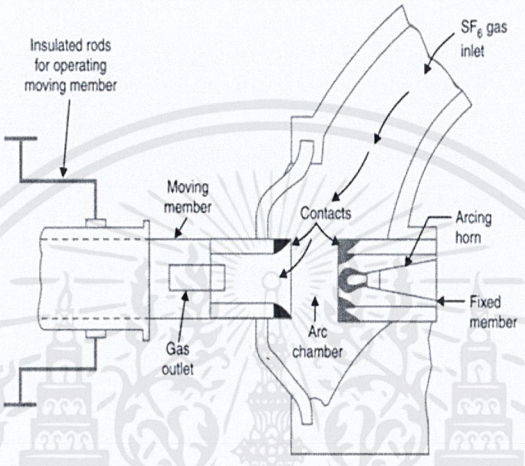
ที่มา : https://www.electronicshub.org/types-of-circuit-breakers/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. SF6 circuit breaker

คือการใช้ก๊าซซัลเฟตเฮกซะฟลูออไรด์ เป็นตัวดับอาร์คเพราะสามารถดึงดูดอิเล็กตรอนได้ดี เมื่อคอนแทค Opening ก๊าซซัลเฟตเฮกซะฟลูออไรด์ที่มีความดันสูงขึ้นจะไหลผ่านอาร์คแชมเบอร์ (Arc Chamber)

อิเล็กตรอนอิสระที่เกิดจากการอาร์คจะถูกดึงด้วยก๊าซซัลเฟตเฮกซะฟลูออไรด์ เมื่อการอาร์คสูญเสียอิเล็กตรอน ทำให้รอบๆ บริเวณมีความเป็นฉนวนมากขึ้น และสามารถดับอาร์คได้อย่างสมบูรณ์



รูปที่ 2.8 SF6 circuit breaker

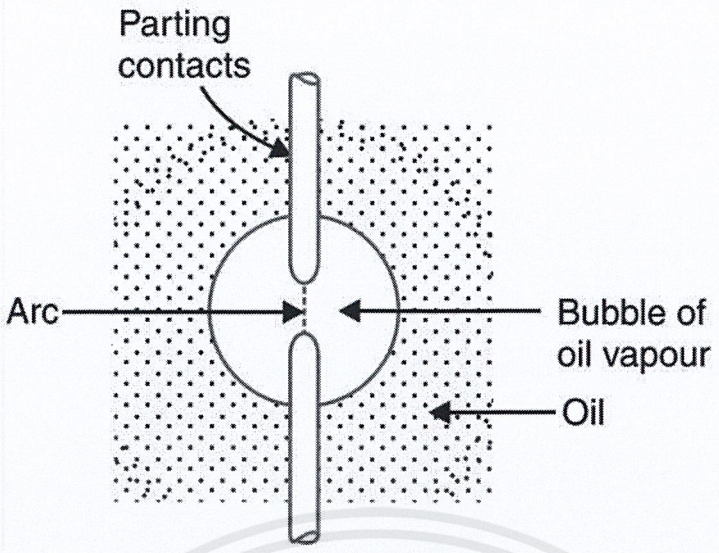
ที่มา: https://www.electronicshub.org/types-of-circuit-breakers/

3. Oil circuit breaker

คือการใช้น้ำมันเป็นสารดับอาร์คได้ โดยทำให้หน้าคอนแทคจะอยู่กลางน้ำมัน เมื่อ Opening จะเกิดการอาร์คเกิดขึ้น บริเวณที่อาร์คจะถูกล้อมรอบไปด้วยน้ำมันจากนั้นจะระเหยกลายเป็นก๊าซไฮโดรเจน

ฟองก๊าซไฮโดรเจนจะลอยอยู่รอบๆ บริเวณที่เกิดอาร์ค เนื่องจากก๊าซชนิดนี้มีคุณสมบัตินำความร้อนได้สูงทำให้อุณหภูมิในบริเวณที่เกิดอาร์คเย็นลงอย่างรวดเร็วและยังช่วยให้ประกายไฟดับอย่างรวดเร็วอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

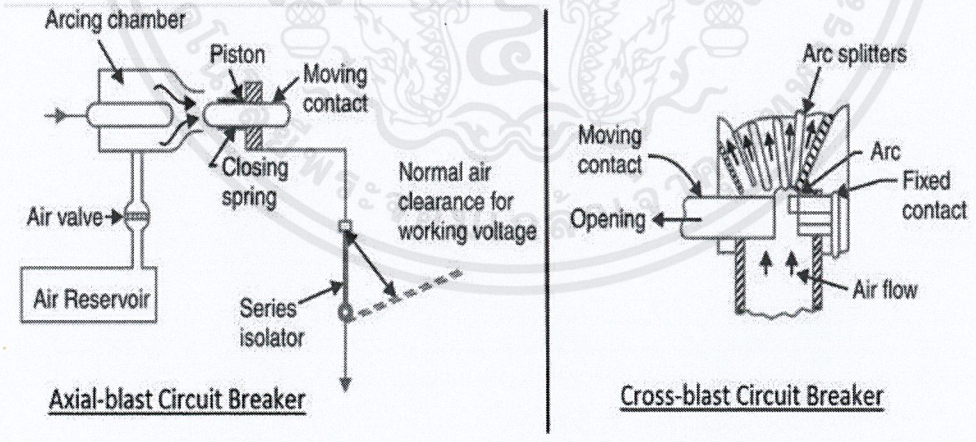


รูปที่ 2.9 Oil circuit breaker

ที่มา: https://www.electronicshub.org/types-of-circuit-breakers/

4. Air blast circuit breaker

คือการใช้ระเบิดของอากาศแรงดันสูงเป็นตัวกลางในการดับอาร์ค ในสภาวะปกติหน้าคอนแทคจะ Closing หากมีความผิดพลาดเกิดขึ้น หน้าคอนแทคจะ Opening ให้มีประกายไฟเกิดขึ้น จากนั้นจะปล่อยอากาศให้ไหลเข้าเพื่อไปเปิดวาล์วที่อยู่บริเวณระหว่างช่องเก็บอากาศ (Air Reservoir) กับอาร์คชิ่งแชมเบอร์ (Arcing Chamber)



รูปที่ 2.10 (ซ้าย) การทำงานของ Axial Blast type (ขวา) การทำงานของ Cross Blast Type

ที่มา: https://www.electronicshub.org/types-of-circuit-breakers/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระเบิดของอากาศจะทำให้อุณหภูมิเย็นลงและจะไล่ประกายไฟออกสู่ชั้นบรรยากาศ ดังนั้นความต้านทานไฟฟ้าจะต้องมีมากขึ้นเพื่อไม่ให้เกิดการอาร์คขึ้นอีกรอบ วิธีการดับอาร์คด้วยวิธีนี้จะแบ่งเป็น 3 ประเภทตามทิศทางของการระเบิด คือ Axial Blast type, Cross Blast Type และ Radial Blast Type

2.3.4 แบ่งตามขนาดของแรงดันไฟฟ้า

ทางบริษัทซไนเดอร์ อิเล็กทริคจะแบ่งอุปกรณ์ด้วยวิธีนี้ โดยทำการแบ่งดังนี้

1. High voltage circuit breaker (มากกว่า 72 kV)

ติดตั้งในเครือข่ายการส่งกำลังไฟฟ้าที่ต้องมีการป้องกันและควบคุมโดยเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าสูง งานส่งกำลังจะมีขนาดแรงดันไฟ 72.5 kV หรือสูงกว่า ยกตัวอย่างเช่น Solenoid Circuit Breaker

2. Medium voltage circuit breaker (1 - 72 kV)

ติดตั้งในตู้เหล็กสวิตช์ขนาดใหญ่ (Switchgear lineups) สำหรับใช้ในอาคารหรืออาจใช้เป็นชิ้นส่วนติดตั้งภายนอกในสถานีย่อย เช่น ACB, Oil-filled Circuit Breaker และ Vacuum Circuit Breakers

3. Low voltage circuit breaker (น้อยกว่า 1 kV)

เป็นเบรกเกอร์แบบที่ใช้งานทั่วไป ใช้งานเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม ติดตั้งในตู้คอนซูมเมอร์ยูนิทตู้ DB หรือตู้โหลดเซ็นเตอร์ เบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าต่ำ มีดังนี้

- เซอร์กิตเบรกเกอร์ลูกย่อย MCB (Miniature Circuit Breaker) เป็นเบรกเกอร์ขนากเล็กมักใช้ในอาคาร ใช้ติดตั้งเป็นอุปกรณ์ป้องกันร่วมกับตู้โหลดเซ็นเตอร์ (Load center) หรือตู้คอนซูมเมอร์ยูนิตในห้องพักอาศัย (Consumer unit) มีพิกัดกระแสลัดวงจรต่ำ เป็นเบรกเกอร์ชนิดที่ไม่สามารถปรับตั้งค่ากระแสตัดวงจรได้ และส่วนใหญ่จะอาศัยกลไกการปลดวงจรในรูปแบบ thermal และ magnetic

- MCCB (Molded Case Circuit Breaker) เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ห่อหุ้มปิดมิดชิดด้วย molded จำนวน 2 ส่วน ที่ทำการทดสอบ Dielectric strength ก่อนที่จะวางจำหน่าย ส่วน molded ทำหน้าที่เป็นฉนวนหุ้มปกปิดเซอร์กิตเบรคเกอร์ ส่วนใหญ่ทำจาก phenolic เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดนี้ทำหน้าที่หลัก 2 อย่างคือ ทำหน้าที่เป็น สวิตช์เปิด-ปิด ด้วยมือและเปิดวงจรโดยอัตโนมัติ (กระแสเกินเนื่องจากโหลดเกินหรือลัดวงจร) เมื่อเซอร์กิตเบรกเกอร์เปิดวงจรจะสังเกตเห็นว่าด้ามจับคันโยกจะเลื่อนมาที่ตำแหน่ง Trip ซึ่งจะอยู่กึ่งกลางระหว่าง ON และ OFF (ลักษณะนี้เซอร์กิตเบรกเกอร์ได้เปิดวงจรออกจากระบบเรียบร้อยแล้ว) เมื่อทำการแก้ไขสิ่งผิดปกติออกจากระบบก็จะสามารถโยกเลื่อนกลับไปต่อใช้งานได้เช่นเดิม ด้วยการ reset คือ กดลงตำแหน่ง OFF ก่อน จากนั้นจึงเลื่อนไปยังตำแหน่ง ON ถ้าเลื่อนไปยังตำแหน่ง ON ผลปรากฏว่าด้ามจับรีกลับมาที่ตำแหน่ง Trip แสดงว่า ขณะนั้นเกิดสภาวะกระแสเกินเนื่องจากกระแสไหลเกิน จะต้องหาสาเหตุของสภาวะผิดปกติและแก้ไขให้เรียบร้อยก่อน จึงจะสามารถดันด้ามจับไปตำแหน่ง ON ได้ การทำงานแบบนี้เรียกว่า Quick make หรือ Quick break

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Air Circuit Breaker (ACB) นิยมใช้สำหรับระบบแรงดันไฟฟ้าน้อยกว่า 1,000 โวลท์ส่วนใหญ่จะมีพิกัดกระแสระหว่าง 255A-6,300A และมีค่า interrupting capacity (กระแสลัดวงจรสูงสุดที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ยังสามารถปลดวงจรได้อย่างปลอดภัย) ตั้งแต่ 35KA-150KA ทำให้ราคาของเบรกเกอร์ ACB มีราคาแพง และนับว่าเป็นเบรกเกอร์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในเบรกเกอร์แรงดันไฟฟ้าต่ำ (LV) ส่วนใหญ่โครงสร้างจะทำด้วยเหล็ก ทำให้มี น้ำหนักมาก จึงต้องติดตั้งในรางเลื่อน Air Circuit Breakerส่วนใหญ่ จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นตัววิเคราะห์ค่ากระแส เพื่อสั่งปลดวงจร ABC มี 2 ประเภทคือ Fixed type (ติดตั้งอยู่กับที่) และ Draw out type (แบบถอดออกได้)

- เครื่องตัดไฟรั่ว RCD (Residual Current Device) เครื่องตัดไฟฟ้าอัตโนมัติที่จะตัดกระแสไฟฟ้าภายในระยะเวลาที่กำหนด เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าและออก มีค่าไม่เท่ากัน นั่นคือมีกระแสไฟฟ้าบางส่วนที่รั่วหายไป เช่น รั่วไหลจากเครื่องใช้ไฟฟ้าลงดินหรือกระแสไฟฟ้ารั่วผ่านคนที่ไปสัมผัสอุปกรณ์ที่มีไฟรั่วอยู่ ขณะใช้งานปกติจะไม่มีกระแสไฟฟ้ารั่ว ดังนั้น เครื่องตัดไฟรั่ว จะไม่ทำงาน ส่วนมากจะติดตั้งในตู้คอนซูมเมอร์ ยูนิต ในบ้านพักอาศัย เครื่องตัดไฟรั่ว อาจมีชื่อเรียกอื่นๆ อีก เช่น เครื่องตัดวงจรกระแสเหลือ (RCD, RCBO, RCCB) หรือเครื่องตัดกระแสไฟฟ้ารั่วลงดิน (ELCB, GFCI) ถูกนำไปใช้งานร่วมกับ เซอร์กิตเบรกเกอร์ ประเภทอื่นๆ เช่น เบรกเกอร์ลูกย่อย MCB หรือ เบรกเกอร์ MCCB โดยเครื่องตัดไฟรั่วที่นิยมใช้งานอย่างแพร่หลายจะมี 3 ประเภทด้วยกันได้แก่ RCCB (Residual Current Circuit Breakers), RCBO (Residual Current Circuit Breakers with Overload protection) และ ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker)

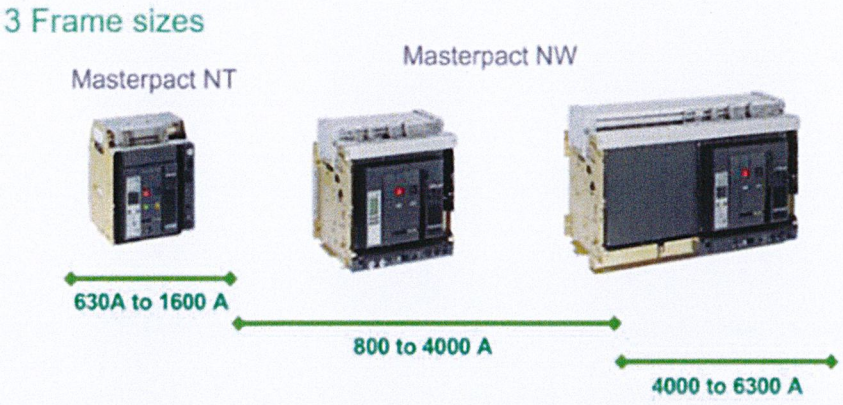
2.4 การออกแบบอุปกรณ์เซอร์กิตเบรกเกอร์

ในการออกแบบเซอร์กิตเบรกเกอร์จะขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน แต่จะมีส่วนประกอบหลักอยู่ 5 อย่างดังนี้

2.4.1 Frame (Molded case)

กรอบหรือเคสมีไว้เพื่อป้องกันวงจรภายใน ส่วนใหญ่จะทำมาจากวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนได้สูง เช่น โพลิเมอร์ ในการเลือกใช้วัสดุจะขึ้นอยู่ฟังก์ชันการทำงานของเบรกเกอร์นั้นๆ โดยทั่วไปจะตัดสินใจเลือกใช้วัสดุจากค่าความต่างศักดิ์สูงสุด อัตราการไหลกระแสไฟสูงสุด และอัตราการขัดจังหวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

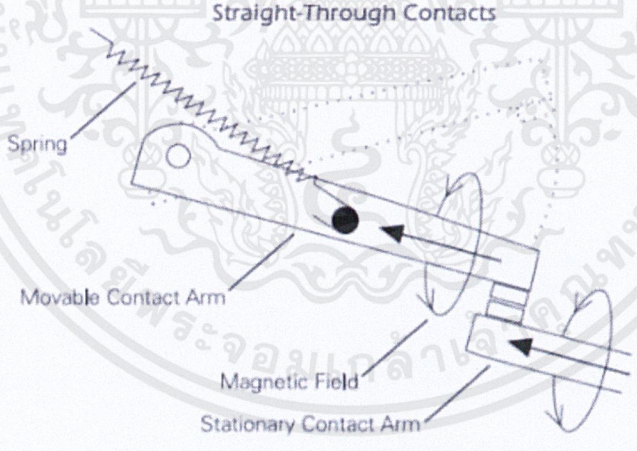


รูปที่ 2.11 ตัวอย่างกรอบของอุปกรณ์เบรกเกอร์ทั้ง 3 ขนาด

ที่มา: เอกสาร Masterpact NT and NW ของ Schneider Electric

2.4.2 Contacts

กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าวงจร จะควบคุมด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์ ข้างในจะมีคอนแทค (ดูรูปที่ 2.12) ที่ต่อกันอยู่ เมื่อเกิดการทริป (Trip) วงจรเบรกเกอร์จะทำการปิด (Closing) หรือตัดกระแสไฟนั้น โดยการทำให้หน้าคอนแทคไม่สัมผัสกัน



รูปที่ 2.12 Straight-Through Contracts

ที่มา: https://testguy.net/uploads/straight-through-contacts-illustration.png

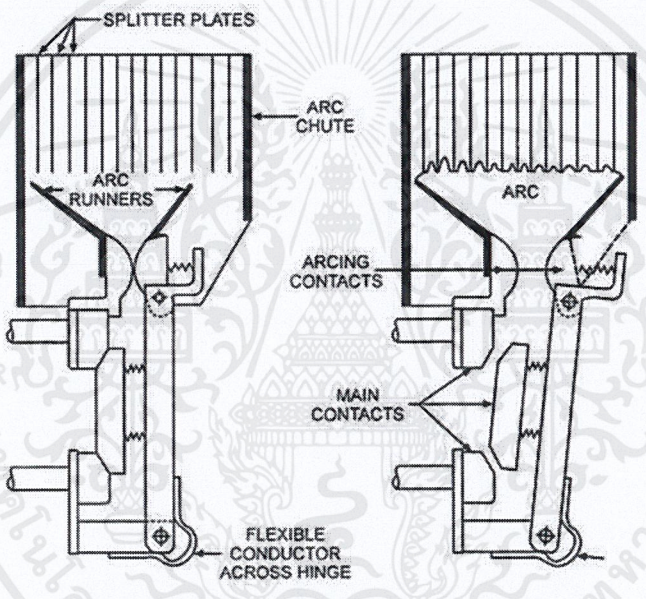
เซอร์กิตเบรกเกอร์บางตัวจะใช้คอนแทคเป็นตัวควบคุมโดยตรงเลย กล่าวคือกระแสไฟจะเข้าแขนคอนแทรคหนึ่งและไหลผ่านไปยังแขนคอนแทรคอีกข้างหนึ่งนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 Arc chute assembly

เมื่อหน้าคอนแทคของวงจรเบรกเกอร์เปิดออก (Opening) จะยังคงมีกระแสไฟฟ้าไหลอยู่ในบริเวณหน้าคอนแทคนั้นเป็นเวลาสั้นๆ จนกระทั่งห่างกันมากพอ จะส่งผลให้เกิดประกายไฟ (Arc) และกระแสไฟฟ้าหยุดไหล

วิธีการลดอาร์คจึงมีความสำคัญมาก เหตุผลแรกคือการอาร์คจะทำลายคอนแทค และเหตุผลที่สองคือก๊าซอาร์คไอออไนซ์จะอยู่ภายในโมลด์เคส ถ้าหากไม่ดับอาร์คให้เร็วที่สุดแรงดันจากก๊าซชนิดนี้จะทำให้โมลด์เคสร้าวหรือแตกได้ ในเซอร์กิตเบรกเกอร์จึงมีการใช้รางดับอาร์ค (Arc Chute Assembly) เพื่อป้องกันเหตุดังกล่าวดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 Arc Chute Assembly

ที่มา: https://www.engineeringenote.com/wp-content/uploads/2017/12/clip_image006-59.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 Operating

1. Handle ก่อนที่เบรกเกอร์จะทำงานในแต่ละครั้ง ต้องมีการจ่ายพลังงานเข้าและออกจากวงจร และต้องใช้การควบคุมด้วยมือ (ด้ามจับ) ในการที่จะรีเซ็ทค่าหลังจากที่ทำการทดสอบความผิดพลาดให้กลับมาเหมือนเดิม ยกตัวอย่างเช่น Molded Case Circuit Breaker (MCCB) เป็นเบรกเกอร์ที่มีการทริปอย่างอิสระ หมายความว่าตัวเบรกเกอร์นั้นเมื่อการทริปด้วย Holding หรือ Blocking จะไม่สามารถกลับมา “ON” ได้ด้วยตัวเอง ต้องใช้การตั้งค่าใหม่โดยผู้ปฏิบัติเอง ตัวเครื่องนั้นจะมี 3 คำสั่งคือ “ON” (ปิดหน้าคอนแทค), “OFF” (เปิดหน้าคอนแทค) และ “TRIPPED” (จะทำการเปิดหน้าคอนแทคก็ต่อเมื่อมีการทริปเกิดขึ้น) หากต้องการทำการรีเซ็ทก็จะทำได้โดยโยกด้ามจับไปที่คำสั่ง “OFF” แล้วโยกกลับไปที่คำสั่ง “ON” อีกครั้ง

2. Mechanism จะมีความแตกต่างกับการ Operating Handle ตรงที่สามารถทำการรีเซ็ทค่าได้ด้วยตัวเอง ไม่ต้องบังคับมือ ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการทดสอบลงไปมาก

2.4.5 Trip Unit

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตัดกระแสไฟฟ้าจะแบ่งตามกลไกได้ 4 วิธี ดังนี้

1. Thermal Trip

หลักการทำงานประเภทนี้จะมีโครงสร้างภายในประกอบด้วย แผ่นโลหะไบเมทัล (bimetal) 2 แผ่น ซึ่งทำจากโลหะที่ต่างชนิดกันมีสัมประสิทธิ์ความร้อนไม่เท่ากัน เมื่อมีกระแสไหลผ่านโลหะไบเมทัลจะทำให้โลหะไบเมทัลเกิดการโก่งตัวแล้วไปปลดอุปกรณ์ทางกลทำให้เบรกเกอร์ตัดวงจรเรียกว่าเกิดการทริป

2. Magnetic Trip

การทำงานประเภทนี้จะอาศัยหลักการทำงานของอำนาจสนามแม่เหล็ก เมื่อวงจรเกิดกระแสลัดวงจรหรือมีกระแสเกินจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กความเข้มสูงแล้วทำการปลดอุปกรณ์ทางกลไก ทำให้เบรกเกอร์เกิดการตัดวงจรหรือเปิดวงจรขึ้น ซึ่งการทำงานแบบนี้จะตัดวงจรได้เร็วกว่าแบบ Thermal Trip

3. Solid State Trip หรือ Electronic Trip

หลักการทำงานประเภทนี้ได้นำวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ร่วมกับเซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถปรับค่ากระแสทริปให้ทำงานในย่านต่างๆ ได้ โครงสร้างภายในจะมีหม้อแปลงกระแส (CT: Current Transformer) อยู่ภายในตัวเบรกเกอร์ ทำหน้าที่แปลงกระแสให้ต่ำลงและมีไมโครโปรเซสเซอร์ทำหน้าที่วิเคราะห์กระแส หากกระแสมีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้จะสั่งการให้มีการปลดวงจรออก

4. Thermal-Magnetic Trip

เมื่อมีกระแสในวงจรเกินค่าพิกัดหน้าสัมผัสของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเปิดวงจร โดยอาศัยทั้งความร้อนและการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กช่วยในการปลดกลไกหน้าสัมผัสให้เปิดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.6 อุปกรณ์เสริมอื่นๆ ที่ทำการติดตั้งเพิ่มเติมเพื่อช่วยเสริมประสิทธิภาพการทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์

1. Shunt Trip ใช้ติดตั้งร่วมกับเบรกเกอร์เพื่อควบคุมการปลดเบรกเกอร์จากระยะไกล เป็นการควบคุมแบบ remote โดยไม่ต้องเดินมาปลดวงจรที่ตัวเบรกเกอร์ ซึ่งจะทำงานเมื่อ coil shunt trip ได้รับแรงดันกระตุ้นจากระบบอื่น

2. Undervoltage Release (Undervoltage Trip) ใช้ติดตั้งร่วมกับเบรกเกอร์เพื่อตรวจจับแรงดันที่จ่ายเข้ามายังเบรกเกอร์ ถ้าต่ำกว่าที่กำหนดก็จะสั่งปลดเบรกเกอร์ทันที ส่วนใหญ่จะใช้ร่วมกับ under/over voltage relay (อาจใช้ร่วมกับ phase protector relay ก็ได้)

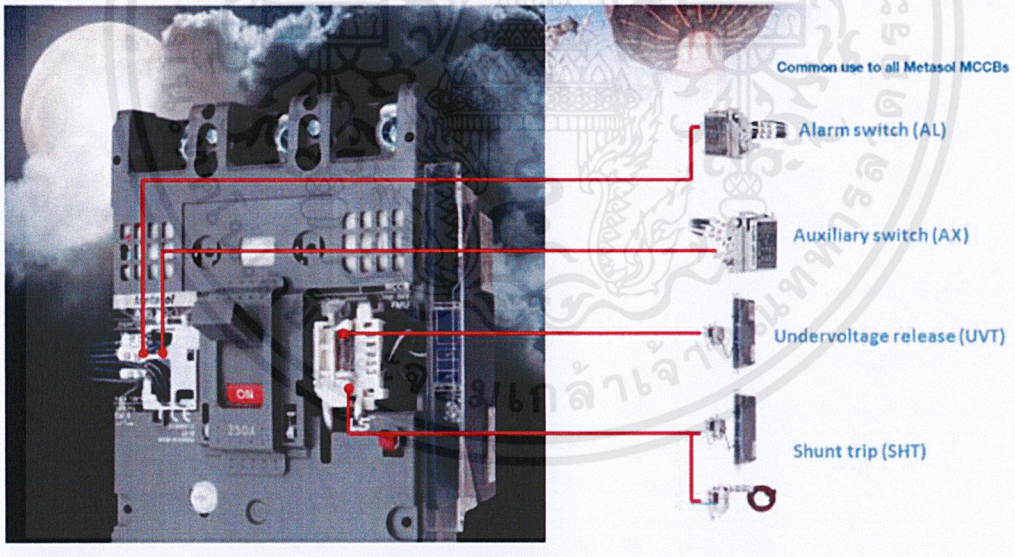
3. Auxiliary Contact ใช้เพื่อแสดงสถานะของเบรกเกอร์ขณะนั้นว่า ON หรือ OFF / TRIP

4. Alarm Switch เป็นอุปกรณ์หน้าสัมผัสช่วย ซึ่งจะเปลี่ยนสถานะเมื่อเบรกเกอร์ปลดวงจร (Trip)

5. Ground Fault Shunt Trip เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สั่งปลดวงจรเมื่อมีกระแสรั่วไหลออกจากระบบเกินค่าที่ตั้งไว้

6. Handle Padlock ใช้ล็อคเบรกเกอร์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON หรือ OFF

7. Cylinder Lock เป็นกุญแจสำหรับล็อคเบรกเกอร์ไว้ในตำแหน่ง OFF เท่านั้น เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ไม่มีกุญแจมา ON เบรกเกอร์



รูปที่ 2.14 ส่วนประกอบอื่นๆ ที่ช่วยเสริมประสิทธิ์ภาพการทำการทำงานของเบรกเกอร์

ที่มา : https://www.factomart.com/media/wysiwyg/Circuit-Breaker/circuit_breaker-15.png

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Preventive Maintenance (PM)

2.5.1 การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) คืออะไร

การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเชิงป้องกัน เป็นการวางแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรและโรงงาน เพื่อที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพและยืดอายุการใช้งานเครื่องจักรตลอดจนหลีกเลี่ยงความเสี่ยงเนื่องจากการหยุดเดินเครื่องจักรที่ไม่อยู่ในแผนการบำรุงรักษา

2.5.2 การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเชิงป้องกันของเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิด LV

ในการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าเชิงป้องกันเฉพาะเซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิด LV นั้นจะแบ่งออกหลักๆ เป็น 3 ส่วน คือ องค์ประกอบภายนอกที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า, การทดสอบเชิงไฟฟ้า และการทดสอบด้านกลไกการทำงาน

การทดสอบองค์ประกอบภายนอกที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หลักๆ แล้วจะดูว่าอุปกรณ์ส่วนต่างๆ ยังวางในตำแหน่งที่ถูกหรือไม่ ตรวจหาอุปกรณ์ที่เกิดความเสียหายที่ปรากฏออกมาอย่างชัดเจน หากพบควรทำการแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทันที

ต่อมาการทดสอบเชิงไฟฟ้า ทางบริษัทชไนเดอร์ อิเล็คทริค ประเทศไทย จะมีเครื่องที่ใช้ทดสอบเฉพาะ มีลักษณะดังรูปที่ 2.15 ในการทดสอบนี้จะนำเครื่องต่อเข้ากับ Trip Unit ของตัวเบรกเกอร์ เพื่อตรวจสอบว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องยังตรงกับค่าที่ตั้งไว้เดิมหรือไม่ จากนั้นจะทำการตรวจสอบ Timing ว่าระยะการตัดไฟฟ้ายังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่ ในขั้นตอนการตรวจสอบ Timing นี้ยังสามารถตรวจสอบได้อีกว่าเบรกเกอร์นั้นสามารถตัดไฟได้ตามค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ด้วยนั่นเอง จากนั้นจะทำการตรวจ Contact resistance ว่าหน้าสัมผัสมีฝุ่นเกาะหรือไม่ สามารถสัมผัสกันได้สนิทหรือไม่ และสุดท้ายทำการตรวจวัดความเป็นฉนวนของตู้ เพื่อตรวจสอบว่ามีไฟรั่วหรือไม่

สุดท้ายเป็นการทดสอบในด้านของกลไกต่างๆ ในส่วนนี้จะเป็นการทำความสะอาดส่วนต่างๆ ในเซอร์กิตเบรกเกอร์เติมสารหล่อลื่นให้กับอุปกรณ์เพียงเท่านั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.15 (ซ้าย) การเชื่อมต่อระหว่างเครื่องมือ PM และ Trip Unit ของ Circuit breaker (ขวา) เครื่องที่ใช้ในการทำ PM

2.6 ProDiag Breaker

2.6.1 ProDiag Breaker คืออะไร

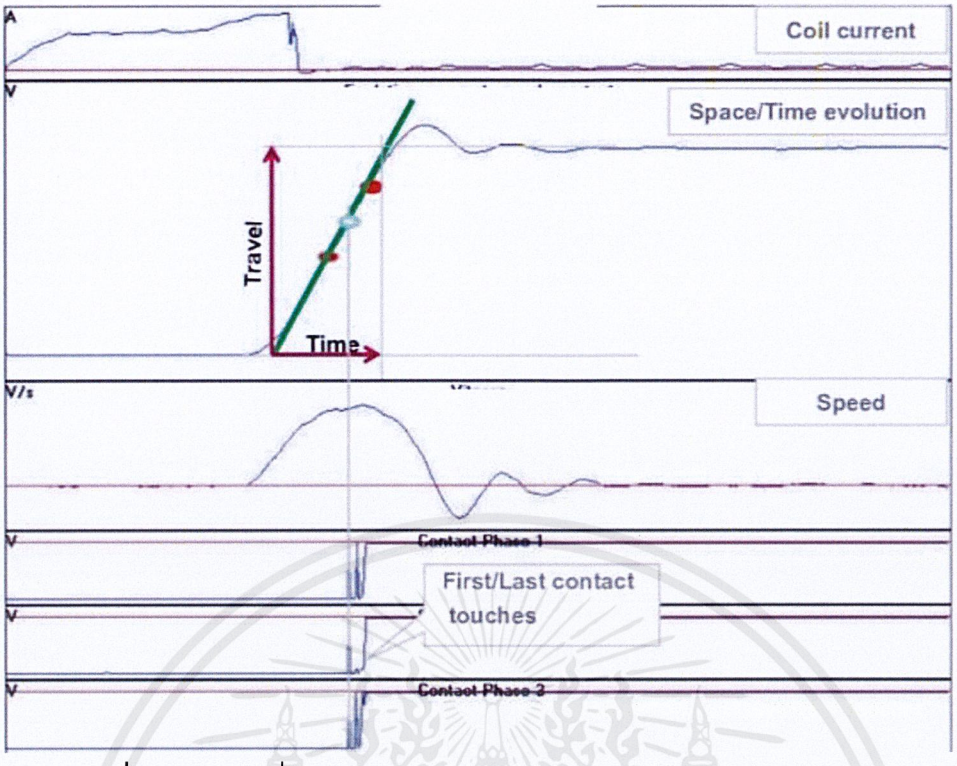
ProDiag Circuit Breaker หมายถึง การวินิจฉัยวงจรเบรกเกอร์แบบเชิงลึก ซึ่งในการทำ PM ปกติไม่สามารถทำได้ เช่น การวัดระยะห่างของหน้าคอนแทค, การวัดอายุการใช้งานของวงจรเบรกเกอร์ และอื่น ๆ สามารถศึกษาได้ในหัวข้อถัดไป ในส่วนของขั้นตอนการวัดจะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ Closing (คอนแทคเคลื่อนที่เข้าหากันจนกระทั่งแนบสนิท), Charging (การชาร์จพลังงานในสปริง) และ Opening (คอนแทคแยกออกจากกันเพื่อตัดวงจร) ค่าที่ได้ออกมาในแต่ช่วงนั้น จะนำไปสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม OnSite มีรายละเอียดดังนี้

2.6.1.1 Closing

ช่วง Closing คือ ช่วงที่หน้าคอนแทคเคลื่อนที่เข้าหากันจนหระทั่งปิดสนิทเพื่อทำหน้าที่ต่อวงจรเบรกเกอร์

1. Speed คือ ความเร็วที่หน้าคอนแทคเคลื่อนที่เข้าหากัน จนกระทั่งสัมผัสกันสนิท จะได้กราฟดังรูปที่ 2.16 จากกราฟค่า Speed วัดได้จากจังหวะที่หน้าคอนแทคสัมผัสคู่ใดคู่หนึ่งสัมผัสกันครั้งแรกหรือคู่ที่สัมผัสกันครั้งสุดท้าย จะได้ความชันของกราฟมีหน่วยเป็น m/s ซึ่งคือค่า Speed นั่นเอง

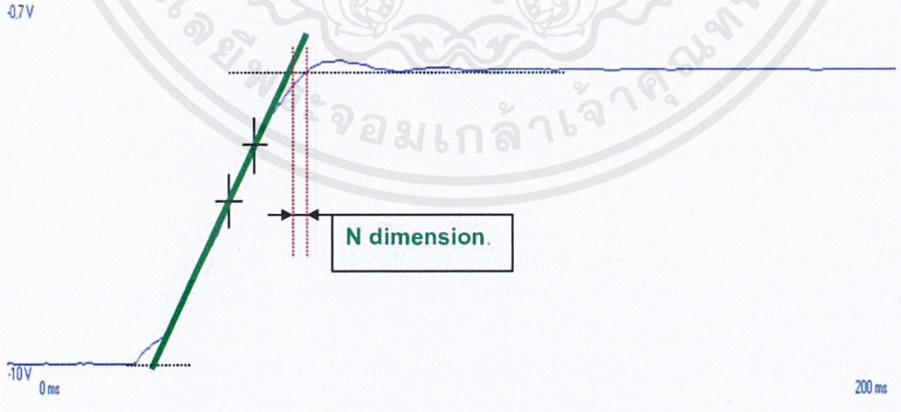
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 กราฟที่ได้จากการทำ ProDiag Circuit Breaker ช่วง Closing

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

2. N Dimension คือ ระยะห่างระหว่างค่าทางทฤษฎีและค่าที่ได้จากการทำ ProDiag ยกตัวอย่าง เช่น หากค่าทางทฤษฎีคือ 20 ms แต่ค่าที่ได้จากการทำ ProDiag คือ 22 ms ค่า N Dimension ของเบรกเกอร์นี้คือ 2

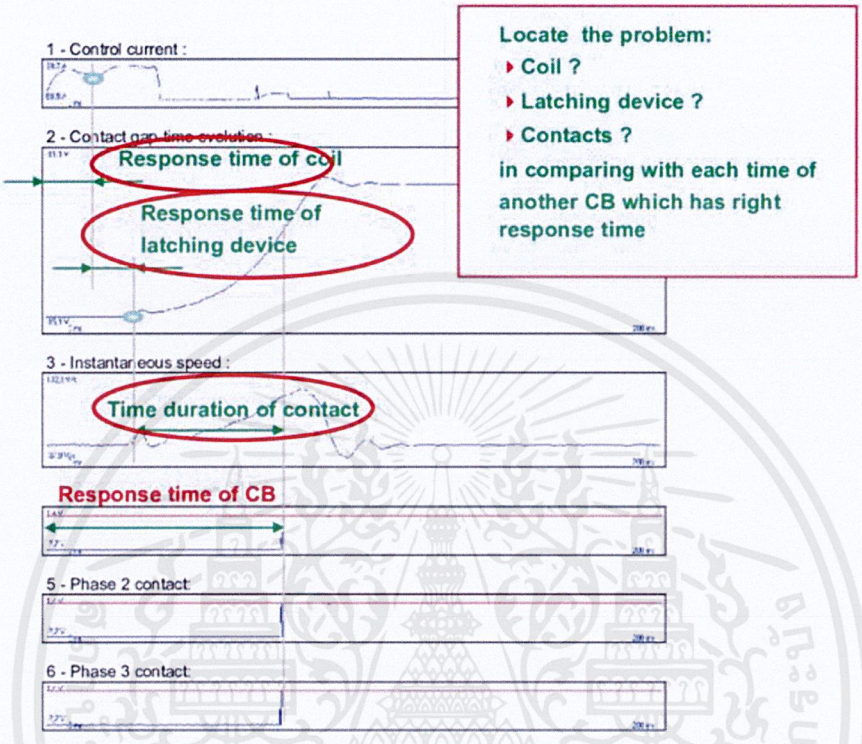


รูปที่ 2.17 การอธิบายค่า N Dimension

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

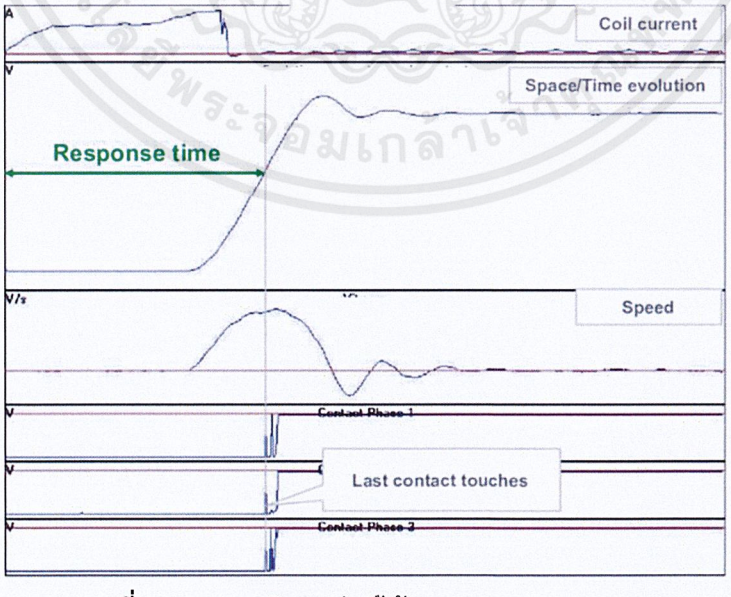
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Response time คือ ระยะเวลาที่หน้าคอนแทคคู่สุดท้ายสัมผัสกันพอดีเทียบกับกราฟ Space/Time evolution ดังรูปที่ 2.18 ในช่วงนี้เราจะสามารถวัดช่วงเวลาในการตอบสนองของอุปกรณ์ได้ 3 อย่างคือ Coil, Latching device และ contacts



รูปที่ 2.18 การอธิบายค่า Response time

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

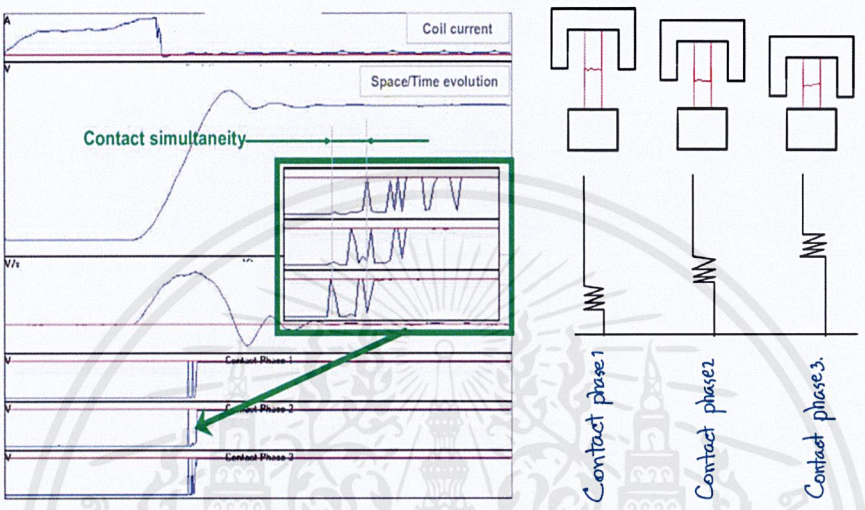


รูปที่ 2.19 การอธิบายค่าที่ได้จาก Response time

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Contact simultaneity คือระยะเวลาที่หน้าคอนแทคคู่ใดคู่หนึ่งสัมผัสกันเป็นคู่แรกและคู่ที่สัมผัสเป็นคู่สุดท้ายดังรูปที่ 2.20 ยกตัวอย่างเช่น ระยะเวลาที่หน้าคอนแทคทั้งสามคู่สัมผัสกันดังนี้ 25.7 ms, 25.5 ms, 24.1 ms ตามลำดับ หน้าคอนแทคที่สัมผัสกันเป็นคู่แรกคือ Contact phase 3 และคู่สุดท้ายคือ Contact phase 1 ดังนั้นค่า Contract simultaneity คือ 1.6 ms

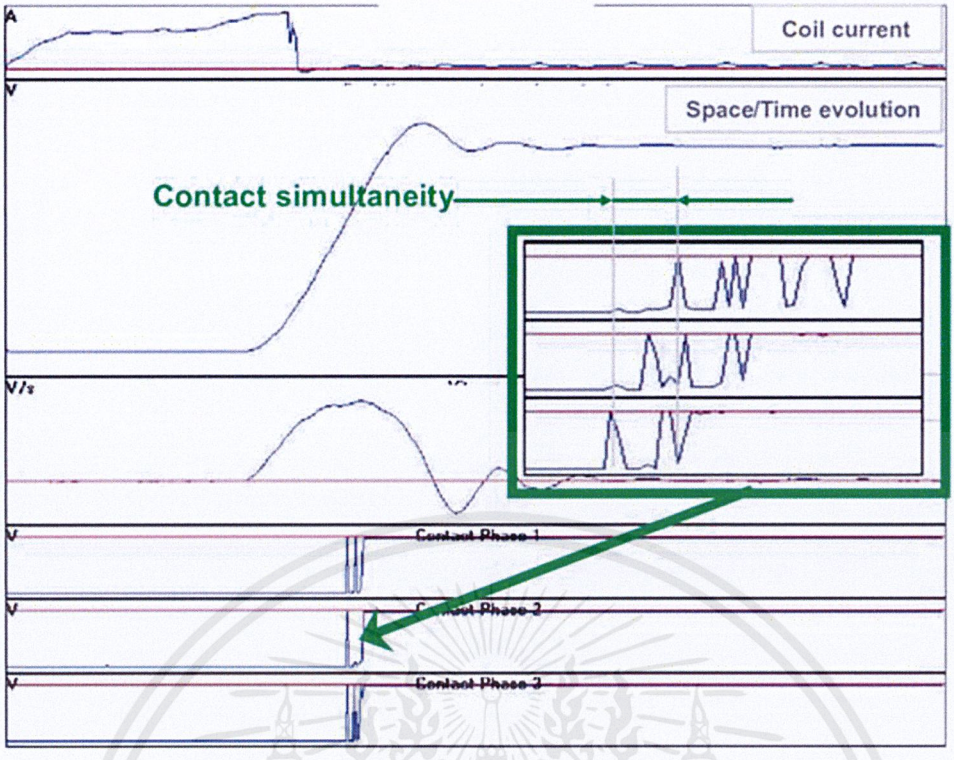


รูปที่ 2.20 (ซ้าย) การอธิบายค่า Contract simultaneity (ขวา) การอธิบายถึงสาเหตุที่คอนแทคสัมผัสไม่พร้อมกัน

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

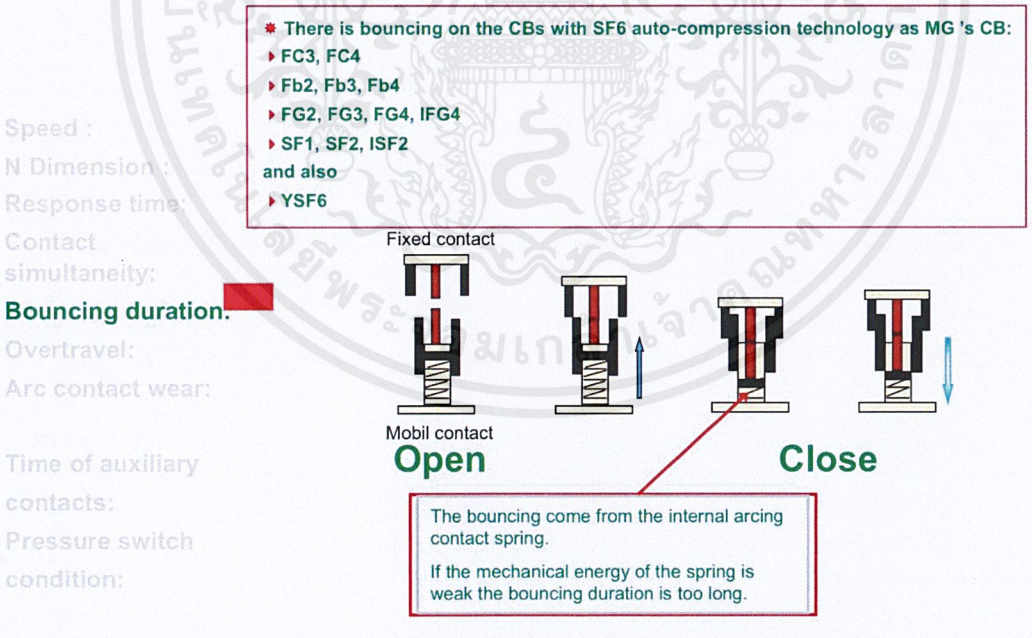
5. Bouncing duration คือ ระยะที่หน้าคอนแทคทั้งทุกคู่สัมผัสกันจนกระทั่งคู่สุดท้ายหยุดนิ่ง ดังรูปที่ 2.22 เช่น Contact phase 1 ใช้เวลา 25.7 ms – 30 ms จึงหยุดนิ่ง, Contact phase 2 ใช้เวลา 25.5 ms – 28.9 ms จึงหยุดนิ่ง และ Contact phase 3 ใช้เวลา 24.1 ms – 25.8 ms จึงหยุดนิ่ง แสดงว่าระยะเวลาที่หน้าคอนแทคสัมผัสกันครบทุกคู่คือ 5.7 ms และระยะเวลาที่ใช้จนกระทั่งหยุดนิ่งครบทุกคู่คือ 30 ms ดังนั้นค่า Bouncing duration คือ 4.3 ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การอธิบายค่า Bouncing duration

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

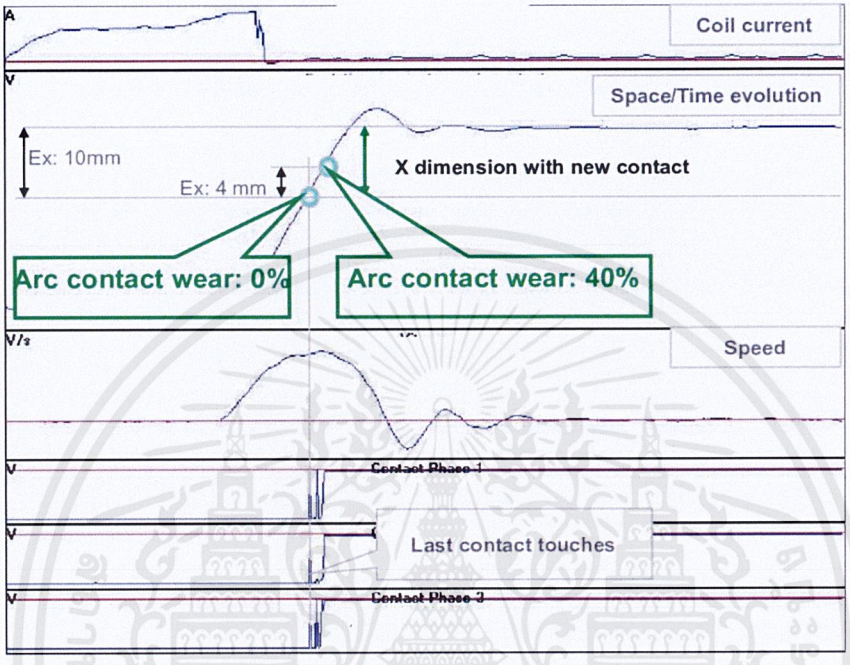


รูปที่ 2.22 การเคลื่อนที่ของ Spring ภายในคอนแทค ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิด Bouncing หาก Spring อ่อนเกินไปจะทำให้เกิด Bouncing นานขึ้น

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

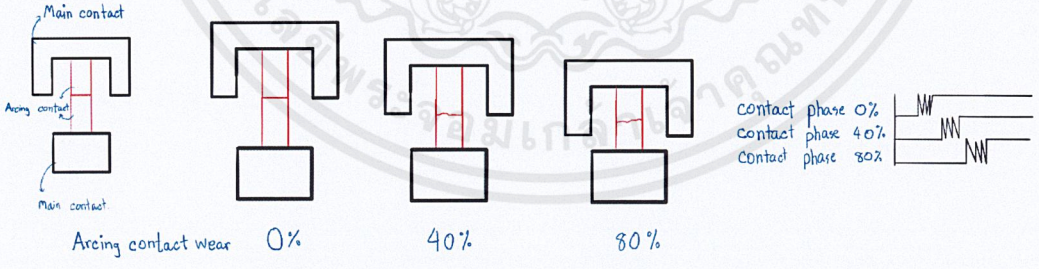
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Arc contact wear คือ เปอร์เซ็นต์ที่ Arc contract wear ถูกทำลายไปแล้ว โดยดูจากเวลาที่หน้าคอนแทคสัมผัสกันครบทุกคู่เทียบกับกราฟ Space/Time evolution ซึ่งค่านี้ถูกคำนวนออกมาในโปรแกรม หากค่าที่ออกมามีค่าอยู่ในช่วง 61% ถึง 75% แสดงว่าถึงอุปกรณ์หมดอายุการใช้งานแล้วควรทำการเปลี่ยน และมีค่าตั้งแต่ 76% ขึ้นไปแสดงว่าอยู่ในระดับอันตรายควรทำการตรวจสอบและเปลี่ยนทันที



รูปที่ 2.23 การอธิบายค่า Arc contact wear

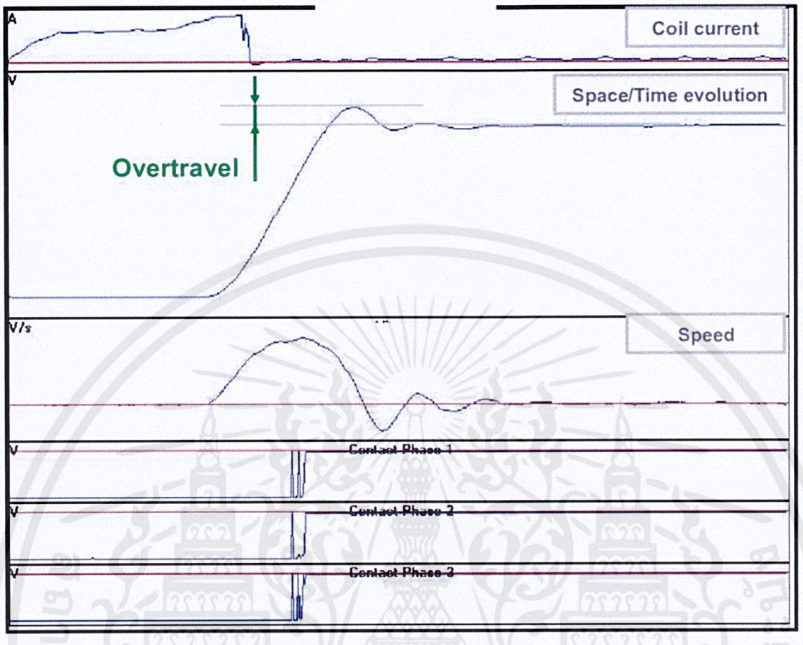
ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider



รูปที่ 2.24 การหายไปของ Arcing contact wear ที่เมื่อใช้งานไปนานๆ จะหดสั้นลงทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เข้าหากันนานขึ้น

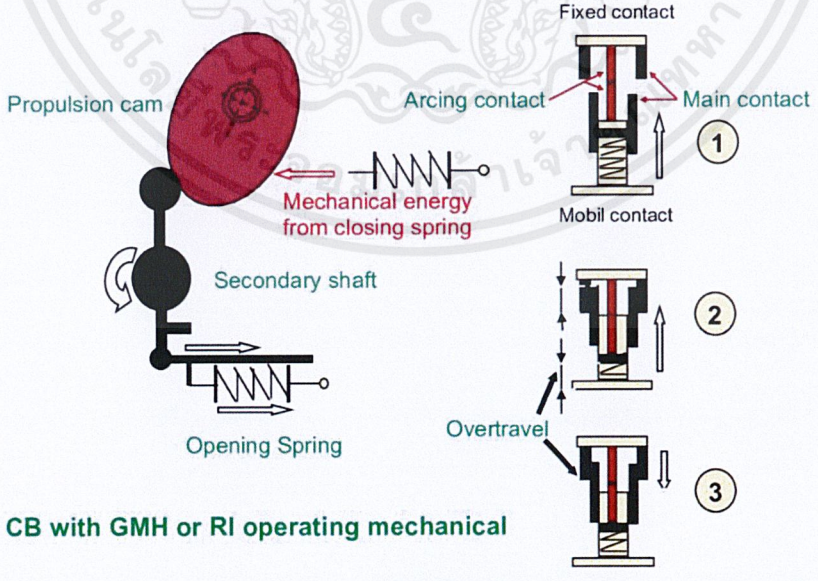
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Overtravel คือระยะที่หน้าคอนแทคเคลื่อนที่เลยจุดที่ต้องสัมผัสกันดูได้จากรูปที่ 2.26 ดังนั้นเราจึงอ่านกราฟได้จาก Peak time ของ Space/Time evolution เทียบกับค่า Stable ของกราฟนั้น เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิดหนึ่งเมื่อทำ ProDiag แล้วได้ค่า Peak time ออกมาเป็น 12 mm และค่าที่ Stable คือ 10 mm ดังนั้น Overtravel คือ 2 mm



รูปที่ 2.25 การอธิบายค่า Overtravel

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

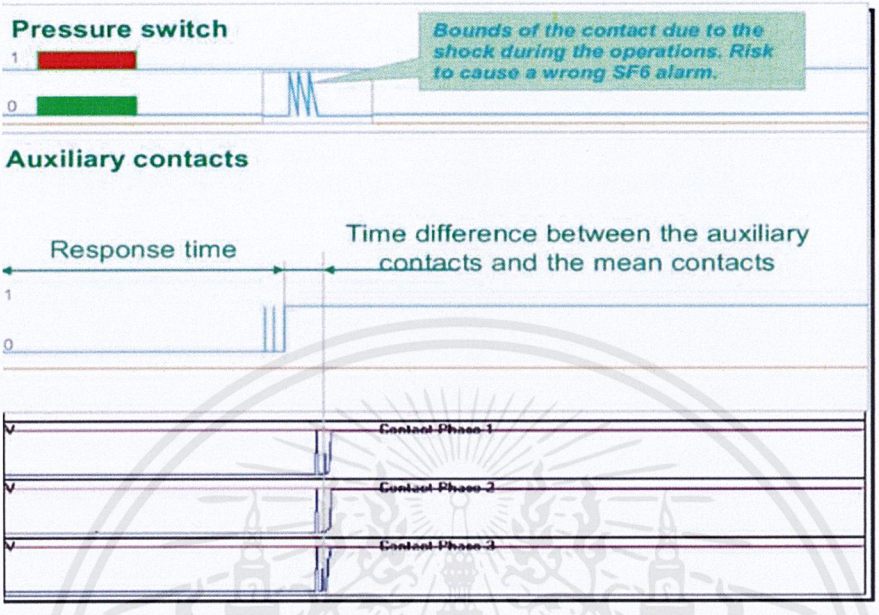


รูปที่ 2.26 การเกิด Overtravel

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

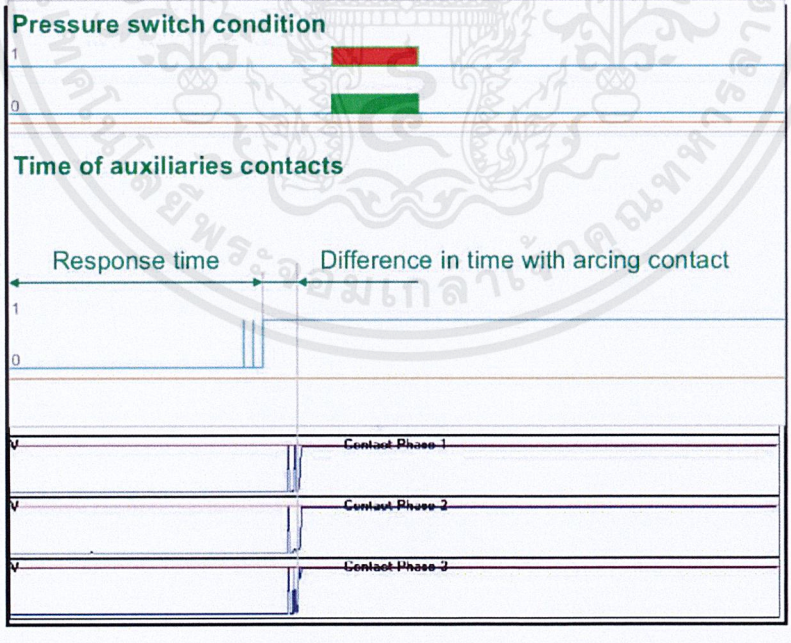
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Time of auxiliary contacts และ Pressure switch condition คือ ค่าที่ได้จากกราฟ Contact Phase ทั้งหมด เทียบกับฐานข้อมูลเพื่อให้ทราบว่าอุปกรณ์นั้นถูกใช้งานไปเท่าไรแล้ว



รูปที่ 2.27 วิธีอ่านกราฟที่ได้จากค่า Time of auxiliary contacts และ Pressure switch condition

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider



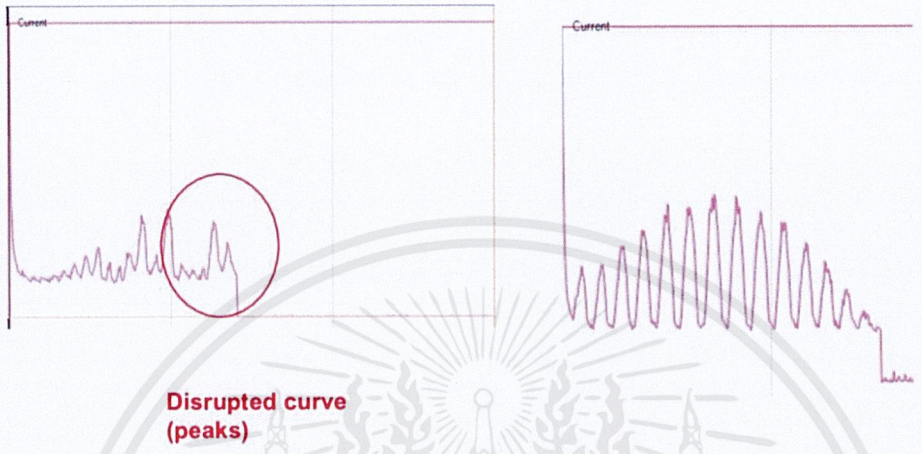
รูปที่ 2.28 การอธิบายค่า Time of auxiliary contacts และ Pressure switch condition

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1.2 Charging

ช่วง Charging คือ การให้พลังงานในสปริง สามารถดูได้ว่าลิ้นสปริงหรือฟันสปริงมีการถูกทำลายหรือไม่จากกราฟที่ได้ดังรูปที่ 2.29 หากทำงานผิดปกเราจะสามารถวิเคราะห์ได้ว่าอาจจะเกิดจากลิ้นสปริงหรือฟันสปริงมีความเสียหายเกิดขึ้น

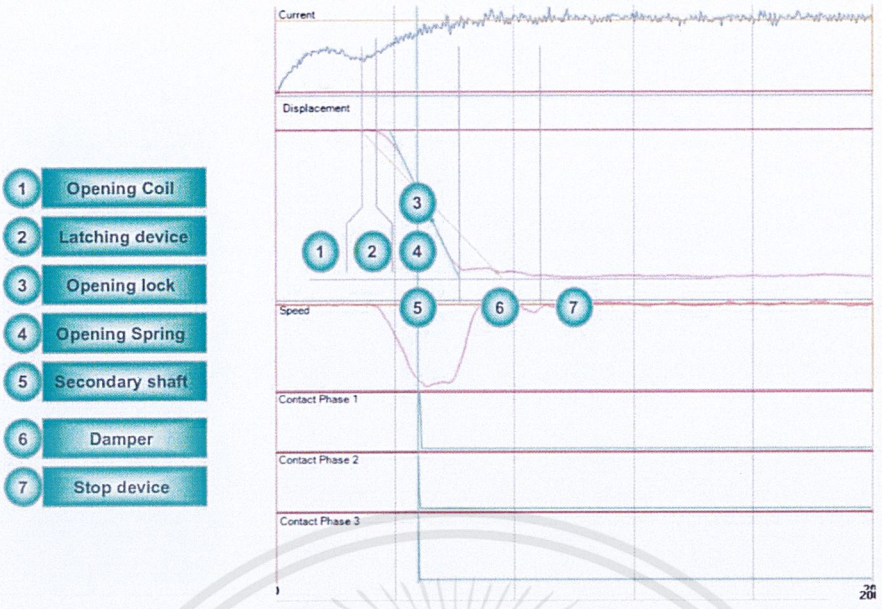


รูปที่ 2.29 (ซ้าย) กราฟการ Charging ที่ทำงานผิดพลาดอาจเกิดจากลิ้นสปริงหรือฟันสปริงถูกทำลาย (ขวา) กราฟการ Charging ที่ทำงานปกติ
ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

2.6.1.3 Opening

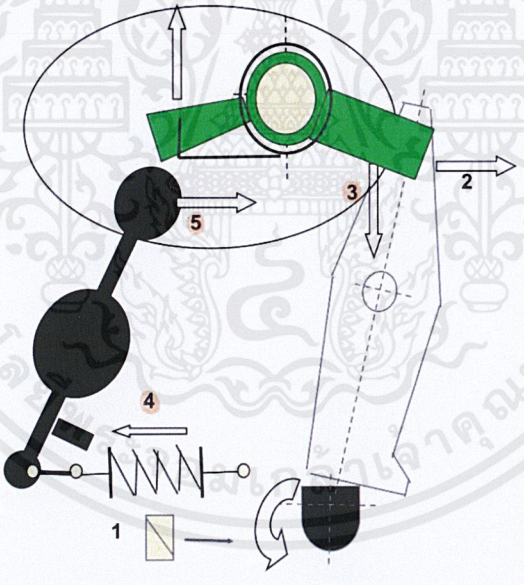
ช่วง Opening คือ ช่วงที่หน้าคอนแทคเคลื่อนที่ออกจากกันเพื่อทำหน้าที่ตัดวงจรเบรกเกอร์ จากรูปที่ 2.30 และรูปที่ 2.31 สามารถอธิบายขั้นตอนการ Opening ได้ว่า ขั้นแรก Opening Coil จะเคลื่อนที่ออกจากจุดเดิม ทำให้ Latching device เคลื่อนที่ออกตามทิศทางดังรูป ส่งผลให้ Opening lock เคลื่อนที่ตาม Opening spring จึงดัน Secondary shaft ให้หลุดออกคอนแทคจึงแยกออกจากกันด้วยความเร็วและแรง จึงต้องมี Damper มาช่วยในการลดความเร็วลง (Opening speed 2) จนกระทั่งกระทบกับ Stop Device อุปกรณ์ต่างๆ จึงหยุดนิ่งดังรูปที่ 2.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 ค่าต่างๆ ของกราฟที่ได้จากการทำ ProDiag Circuit Breaker ช่วง Opening

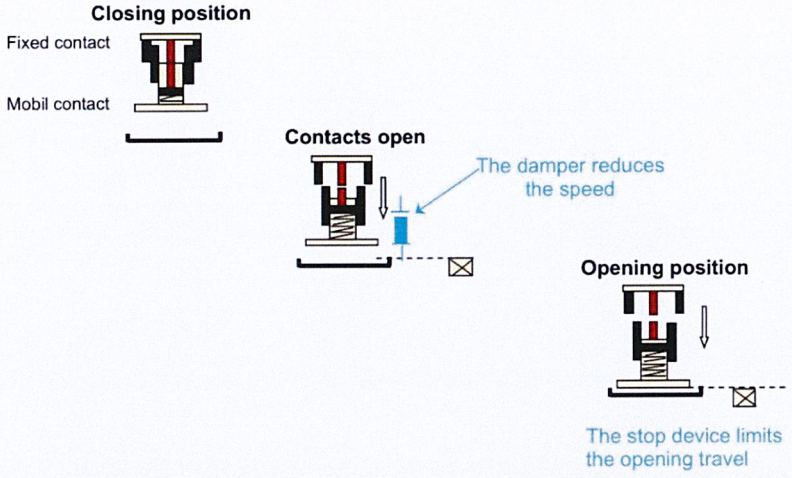
ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider



รูปที่ 2.31 ขั้นตอนการ Opening จนได้กราฟดัง รูปที่ 2.28

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

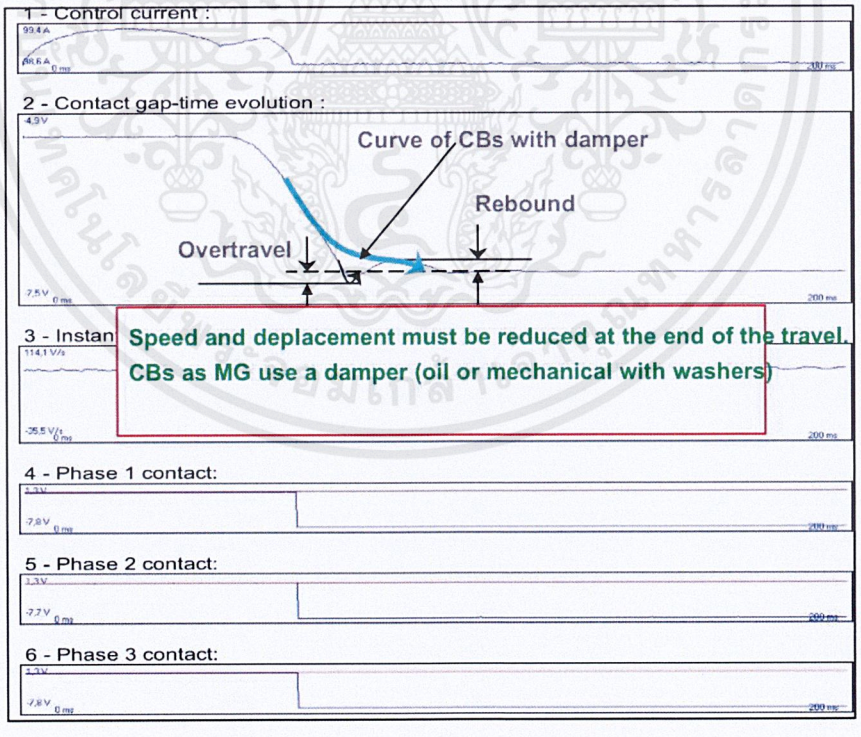
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.32 ตำแหน่งและหน้าที่ของ Damper และ Stop device

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

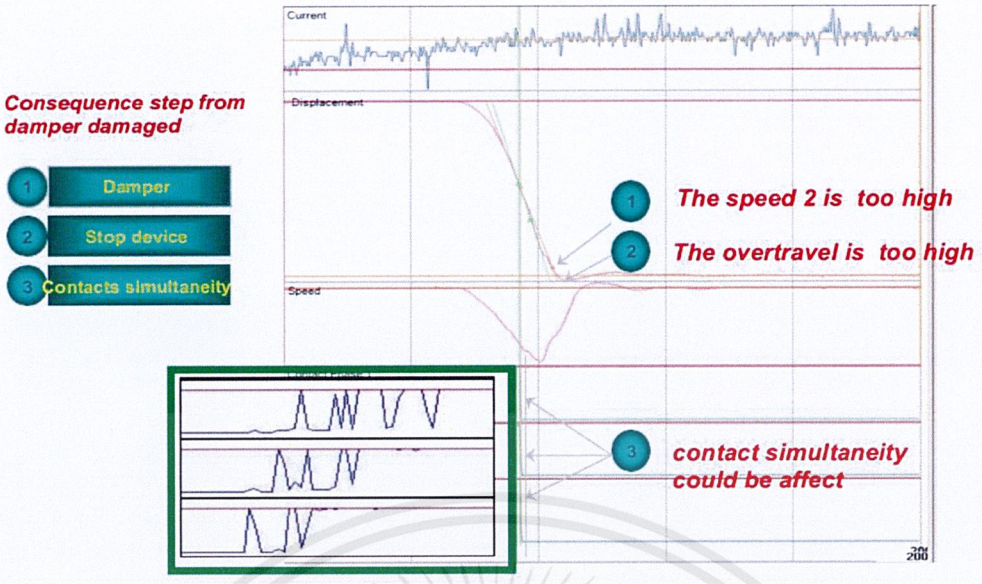
Damper นั้นมีความสำคัญอย่างมาก หากอุปกรณ์ดังกล่าวมีความเสียหายจะได้กราฟดังรูปที่ 2.33 จะสังเกตเห็นว่ากราฟที่ควรจะเป็น (เส้นลูกศรสีฟ้า) แต่ Damper เกิดความเสียหายจึงทำให้มีช่วง Opening Speed 2 มากกว่าปกติ (ดูรูปที่ 2.34)



รูปที่ 2.33 กราฟที่ Damper เกิดความเสียหาย

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

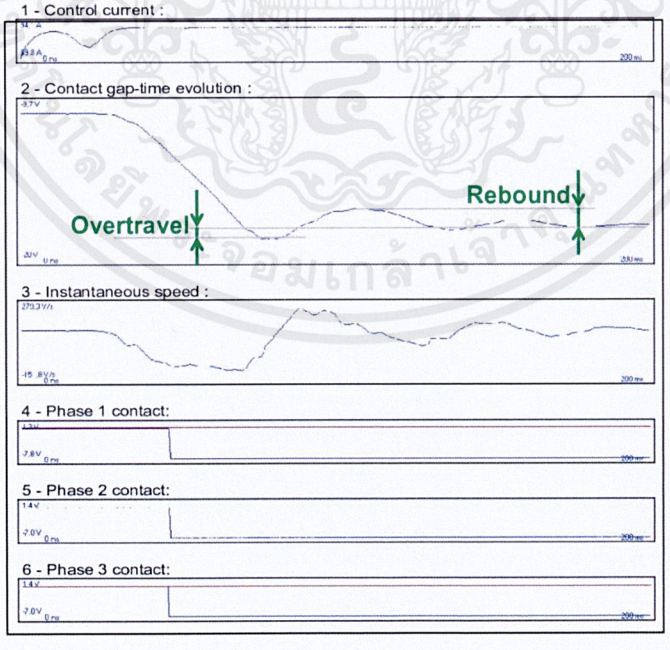
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.34 การอ่านและวิเคราะห์ข้อมูลจากค่า Rebound Overtravel

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

ในการวิเคราะห์ช่วง Opening จะวิเคราะห์ผลจากกราฟเหมือนกับช่วง Closing ยกเว้นค่า Rebound Overtravel จากลักษณะกราฟดังรูปที่ 2.35 เราจะอ่านค่าโดยเทียบจุดที่ต่ำที่สุดกับช่วงที่ Stable ของกราฟนั่นเอง



รูปที่ 2.35 การอธิบายค่า Rebound Overtravel

ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ตารางสรุปในการวิเคราะห์ข้อมูล

ตาราง 2.1 สรุปการวิเคราะห์ผลเชิงกล

Closing overtravel too high	อาร์คซิ่งคอนแทคและคอนแทคหลักเกิดความเสียหาย	หากข้อบกพร่องมีความเสี่ยงสูงหรือค่ามากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด จะแสดงเป็น **สีแดง** หากข้อบกพร่องมีความเสี่ยงเล็กน้อย หรือค่าอยู่ในขีดจำกัดตามเกณฑ์ที่กำหนด จะแสดงเป็น **สีฟ้า**
Closing overtravel too low	มีความเสี่ยงที่หน้าคอนแทคจะปิดไม่สนิท, ค่าพิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุด (Icm) อาจมีค่าไม่ตรงตามที่ตั้งค่าไว้	
N dim and contact simultaneity no comply	ความเร็วในการปิดวงจรไม่มีประสิทธิภาพ	
Duration of closing bounds too long	ค่าพิกัดการทนกระแสลัดวงจรสูงสุด (Icm) อาจมีค่าไม่ตรงตามที่ตั้งค่าไว้	
Opening speed 2	เกิดความเสียหายในอุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่เพื่อเปิดวงจร, เกิดความเสียหายที่อุปกรณ์ที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่, เกิดความเสียหายที่คอนแทคพร้อมกันในเวลาเดียวกัน	
Contact simultaneity too long opening	ค่าพิกัดกระแสลัดวงจรที่อุปกรณ์สามารถรองรับได้ (Icw) อาจมีค่าไม่ตรงตามที่ตั้งค่าไว้	
Opening overtravel	เกิดความเสียหายในอุปกรณ์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่เพื่อเปิดวงจร, เกิดความเสียหายที่อุปกรณ์ที่ใช้ในการหยุดการเคลื่อนที่, เกิดความเสียหายที่คอนแทคพร้อมกันในเวลาเดียวกัน	
Rate of the opening rebound too high	เกิดความเสียหายที่การ Opening คอนแทค, วงจรลัด (Short circuit) ของ Opening ไม่มีประสิทธิภาพ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2 สรุปการวิเคราะห์ผลในเชิงไฟฟ้า

Arc contact wear	หากมีค่ามากกว่า 75% แสดงว่าวงจรไม่มีประสิทธิภาพแล้ว	หากข้อบกพร่องมีความเสี่ยงสูงหรือค่ามากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดจะแสดงเป็น **สีแดง** หากข้อบกพร่องมีความเสี่ยงเล็กน้อยหรือค่าอยู่ในขีดจำกัดตามเกณฑ์ที่กำหนด จะแสดงเป็น **สีฟ้า**
Contact resistance	มีความเสี่ยงที่อุปกรณ์จะเกิดความร้อนสูง	
Insulation Résistance	มีความเสี่ยงที่อุปกรณ์เกิดความเสียหายหรือหยุดทำงานเอง	

ตาราง 2.3 คำแนะนำเพิ่มเติม

Out of order	มีอย่างน้อยหนึ่งฟังก์ชันไม่สามารถทำงานได้ไม่สามารถทำงานได้	อุปกรณ์เริ่มใกล้ขีดจำกัดหรืออาจจะใกล้หมดอายุการใช้งานแล้ว ควรทำการซอมแซมก่อนจะเกิดความเสียหาย
	ค่าของ Arc contact wear มีค่ามากกว่า 75%	
Critical defect	ประสิทธิภาพเชิงกลไม่มีความสอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าปกติทำการทดสอบ	
	ประสิทธิภาพเชิงฟ้าทำงานไม่สอดคล้อง	
	ค่าของ Arc contact wear มีค่าอยู่ในช่วง 65% - 75%	
Major defect	ประสิทธิภาพเชิงกลอยู่ในขีดจำกัด (แสดงเป็นสีฟ้า) กับค่าแรงดันปกติที่ทำการทดสอบ	อุปกรณ์ถึงขีดจำกัดในการทำงานหรือมีวามเสียหายเกิดขึ้นจนอาจทำงานผิดพลาด ควรเร่งทำการบำรุงรักษาตามคำแนะนำให้เร็วที่สุด
	ประสิทธิภาพเชิงกลไม่มีความสอดคล้องกับแรงดันต่ำสุดที่ทดสอบ	
	ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุไม่มีประสิทธิภาพหรือไม่ถูกต้อง	
	ประสิทธิภาพเชิงไฟฟ้าถึงขีดจำกัดแล้ว (แสดงเป็นสีฟ้า)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.3 คำแนะนำเพิ่มเติม (ต่อ)

Minor defect	ประสิทธิภาพเชิงกลหรือลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุถึงขีดจำกัดแล้ว (แสดงเป็นสีฟ้า) เมื่อทำการทดสอบที่แรงดันต่ำสุด	ทำการตรวจสอบอุปกรณ์อย่างละเอียดเพื่อทำการระบุว่าอุปกรณ์สามาถใช้งานได้อีกนานเท่าไหร่หรือใช้งานได้อีกกี่ครั้ง และควรทำการสำรองอุปกรณ์ไว้เผื่อกรณีฉุกเฉิน
	มีค่าเบี่ยงเบนจากทางทฤษฎี (ดัมเปอร์, อุปกรณ์ที่ช่วยหยุดนิ่ง, ฯลฯ)	
	อุปกรณ์มีค่าไม่ตรงตามเงื่อนไข (ค่าความกร่อน, ค่าฝุ่น, ค่าจาระบี, ฯลฯ)	
Without defect detected	นอกเหนือจากนี้, อื่นๆ	ทำการวินิจฉัยทุก 1 หรือ 3 ปี ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยี, อายุการใช้งาน, ลักษณะการใช้งาน และเงื่อนไขของอุปกรณ์นั้นๆ

2.7 ตารางแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทำ Preventive Maintenance (PM) และ ProDiag Breaker

ตาราง 2.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทำ Preventive Maintenance (PM) และ ProDiag Circuit Breaker

Description	PM	ProDiag
ตรวจสอบสเปกของเบรกเกอร์และทำความสะอาด	✓	✓
ตรวจสอบความต้านของหน้าคอนแทค	✓	✓
ตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการ Opening และ Closing	✓	✓
ตรวจสอบเวลาในการชาร์จสปริง	✓	✓
ตรวจสอบและเติมสารหล่อลื่นให้กับอุปกรณ์ภายในเบรกเกอร์	✓	✓
ตรวจสอบการทำงานของเทคโนโลยีที่ใช้ (SF6, Air, Vacuum, etc.)	✓	✓
Charging: วิเคราะห์ เปรียบเทียบ และคาดการณ์ความเสียหายที่อาจะเกิดจขึ้นจากกราฟการทำงาน		✓
Closing: วิเคราะห์ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับฐานข้อมูลที่มีอยู่และคาดการณ์ความเสียหายที่อาจะเกิดขึ้นได้หากยังใช้งานต่อไป ดังนี้		
■ Closing Speed		✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทำ Preventive Maintenance (PM) และ ProDiag Circuit Breaker (ต่อ)

Description	PM	ProDiag
■ N Dimension		✓
■ Response time		✓
■ Contact simultaneity		✓
■ Bouncing duration		✓
■ Overtravel		✓
■ Arcing contact wear		✓
■ Time of auxiliary contacts		✓
■ Pressure switch condition		✓
Opening: วิเคราะห์ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับฐานข้อมูลที่มีอยู่และคาดการณ์ความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้หากยังใช้งานต่อไป ดังนี้		
■ Opening Speed 1		✓
■ Opening Speed 2		✓
■ Response time		✓
■ Contact simultaneity		✓
■ Rebounds		✓
■ Overtravel		✓
■ Time of auxiliary contacts		✓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการทำ ProDiag Circuit Breaker

ในการทำ ProDiag Breaker ของบริษัทชไนเดอร์ อิเล็กทริค จะมีเพียงอุปกรณ์ที่อยู่ในเครือของบริษัทเท่านั้น ยังไม่รองรับอุปกรณ์ยี่ห้ออื่น รายชื่อรุ่นที่สามารถทำได้มีดังนี้

ตาราง 3.1 Offer and Service

		Range	Type	LV/MV	Techno
Schneider Electric	Merlin Gerin	Solenarc	DSE	MV	AIR
		Fluarc	F3.80-F3.125	MV	SF6
			FC3-FC4	MV	SF6
			FB2-FB3-FB4	MV	SF6
			FG1-FG2-FG3-FG4	MV	SF6
			SF1-SF2-SF1T-ISF	MV	SF6
			LF1-LF2-LF3-LFP	MV	SF6
		Motostart	C-C1	MV	AIR
		Rollarc	R400-R400D	MV	SF6
		Evolis	17,5kv-24kv	MV	Vacuum
		Masterpact	M-NW-NT	MV	AIR
	Magrini		GI-GL	MV	SF6
	Yorkshire		YSF6	MV	SF6
	Square D		VR	MV	Vacuum
	Areva	F 500/900	FP	MV	SF6
		Fluokit	FP	MV	SF6
		Alliance	FP	MV	SF6
		DNF	FP	MV	SF6
		GHA	VA-VAA	MV	Vacuum
		GMA	VA-VAA	MV	Vacuum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำมีดังนี้

1. วางแผนด้านความปลอดภัยกับทีมงานก่อนเริ่มเข้าทำงานจริง
2. เปิดตู้ควบคุมไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่จะต้องทำ ProDiag Circuit Breaker
3. ตรวจสอบข้อมูลและคุณสมบัติเฉพาะของ Circuit Breaker
4. กรอกข้อมูลที่ได้ในข้อ 3 เข้าในโปรแกรม OnSide
5. ทำการติดตั้งเครื่องมือ
6. เริ่มทำการทดสอบโดยเครื่องมือเฉพาะ
7. วิเคราะห์ผลโดยผู้เชี่ยวชาญจากทางชไนเดอร์
8. ให้คำแนะนำแก่ลูกค้า
9. เก็บงานให้เรียบร้อย
10. ส่งข้อมูลเพื่อทำรายงานพร้อมส่งมอบให้ลูกค้าต่อไป

รูปที่ 3.1 แสดงกระบวนการทำงาน ProDiag

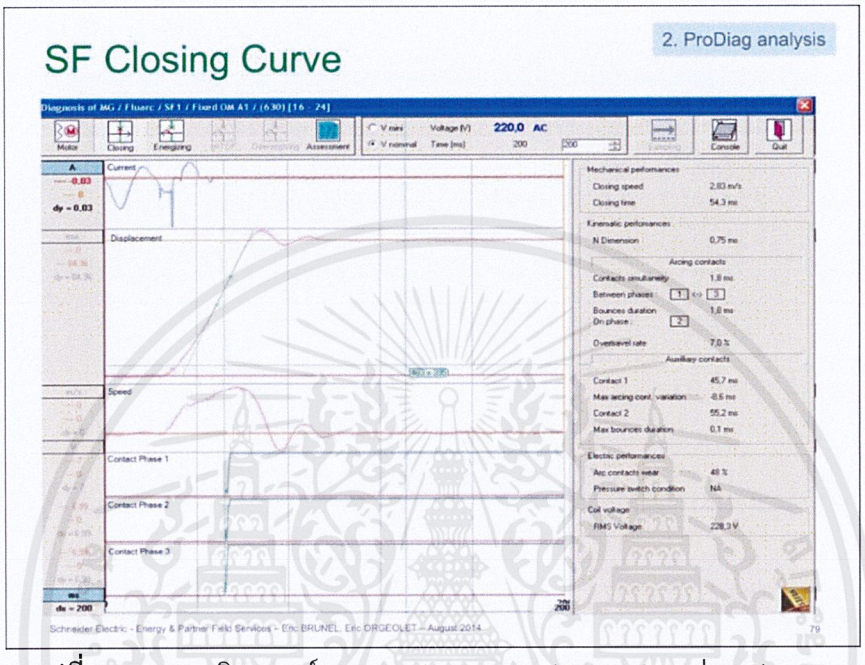
ที่มา : เอกสาร ProDiag Training Sept 2014 ของ Schneider

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

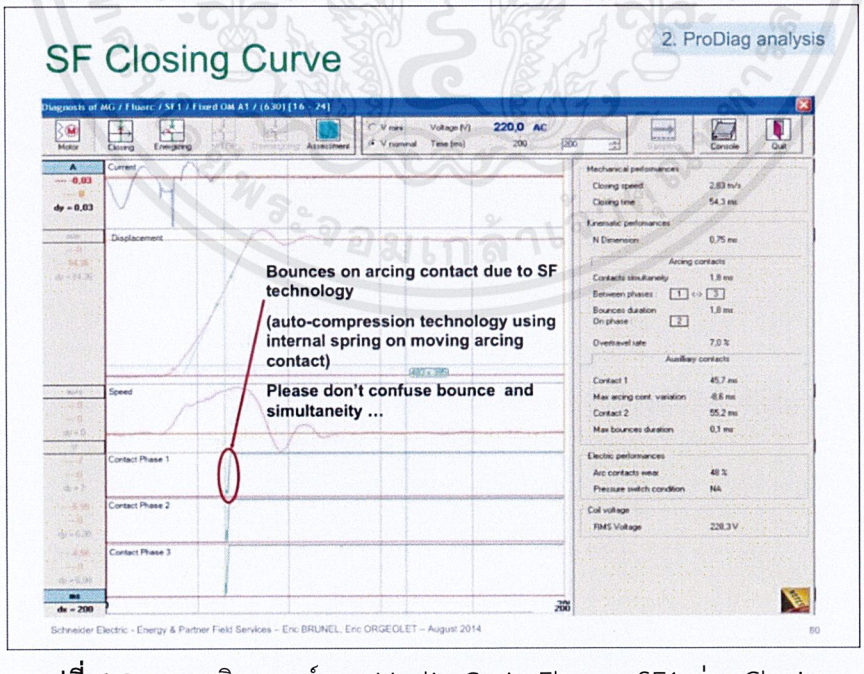
บทที่ 4

ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลการทำ ProDiag Breaker

4.1 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc SF1



รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc SF1 ช่วง Closing



รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc SF1 ช่วง Closing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

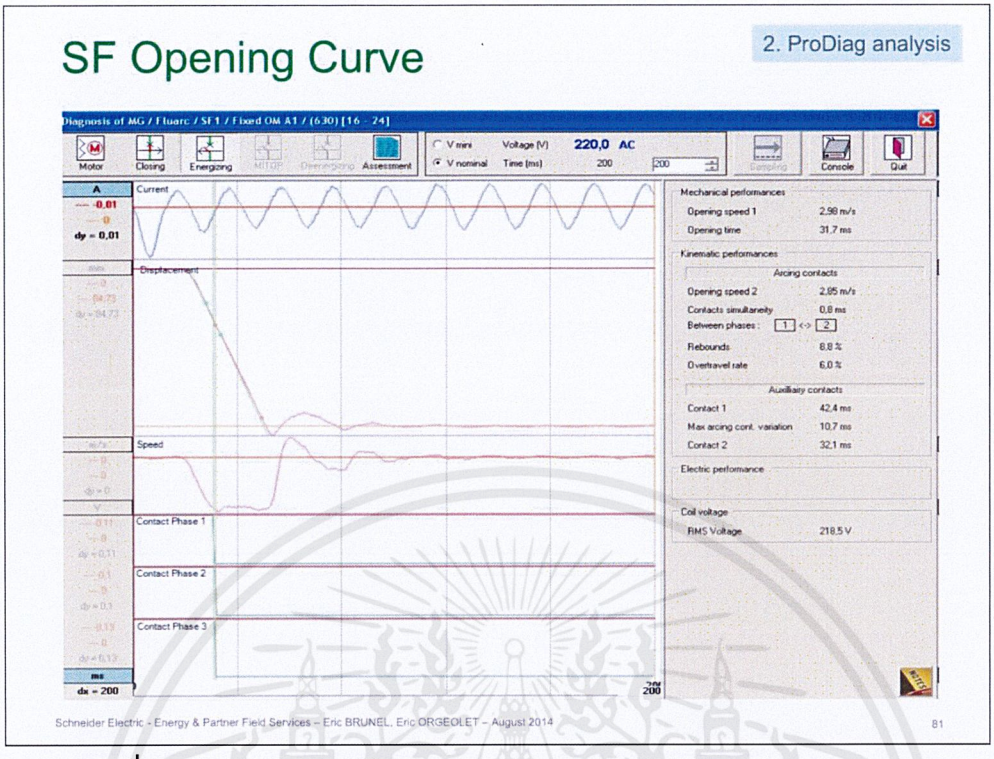
การกระเด้ง (Bounce) นี้ เกิดจากการใช้เทคโนโลยี SF (เป็นการบีบอัดอัตโนมัติ โดยใช้อาศัยสปริงที่อยู่ด้านใน เพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ Arcing contact) โปรดอย่าสับสนระหว่าง Bounce และ Simultaneity

ตาราง 4.1 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc SF1 ช่วง Closing

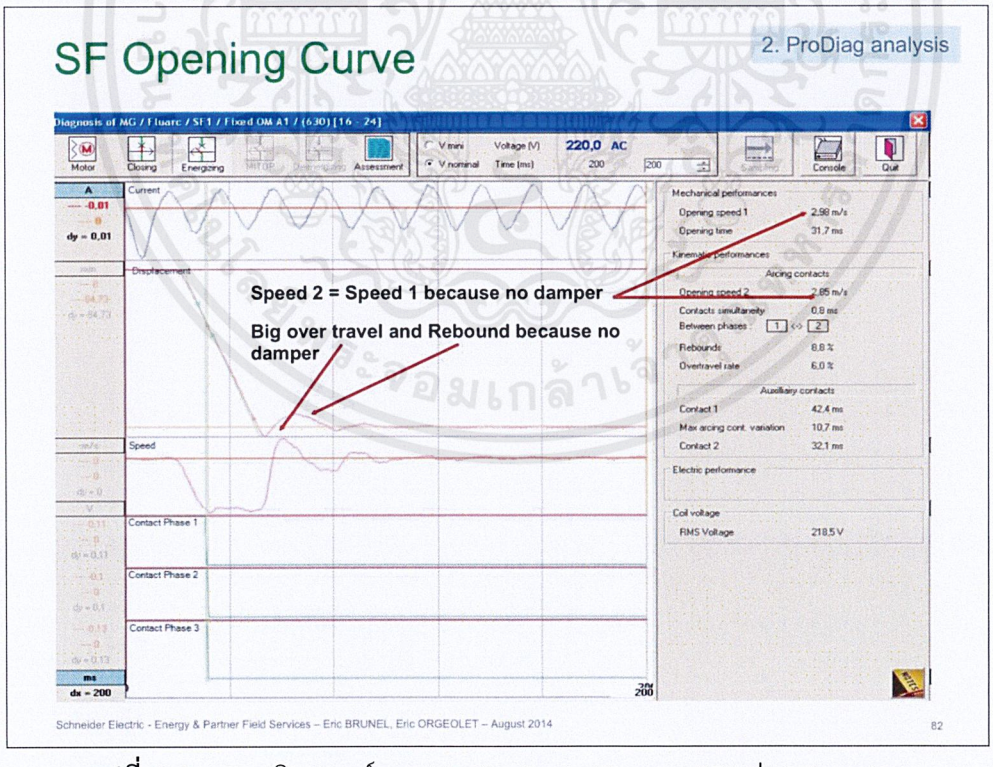
Subject	Result		Comment
Closing Speed	2.83 m/s		
N Dimension	0.75 ms		
Response time	54.3 ms		
Contact simultaneity	1.8 ms		
Bouncing duration	1.8 ms on phase 2		
Overtravel	7.0%		
Arcing contact wear	48%		
Time of auxiliary contacts	Contact 1	45.7 ms	
	Max arcing cont. variation	-8.6 ms	
	Contact 2	55.2 ms	
	Max bounces duration	0.1 ms	
Pressure switch condition	NA		

จากผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc SF1 ช่วง Closing ทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุปกรณ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc SF1 ช่วง Opening



รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc SF1 ช่วง Opening

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

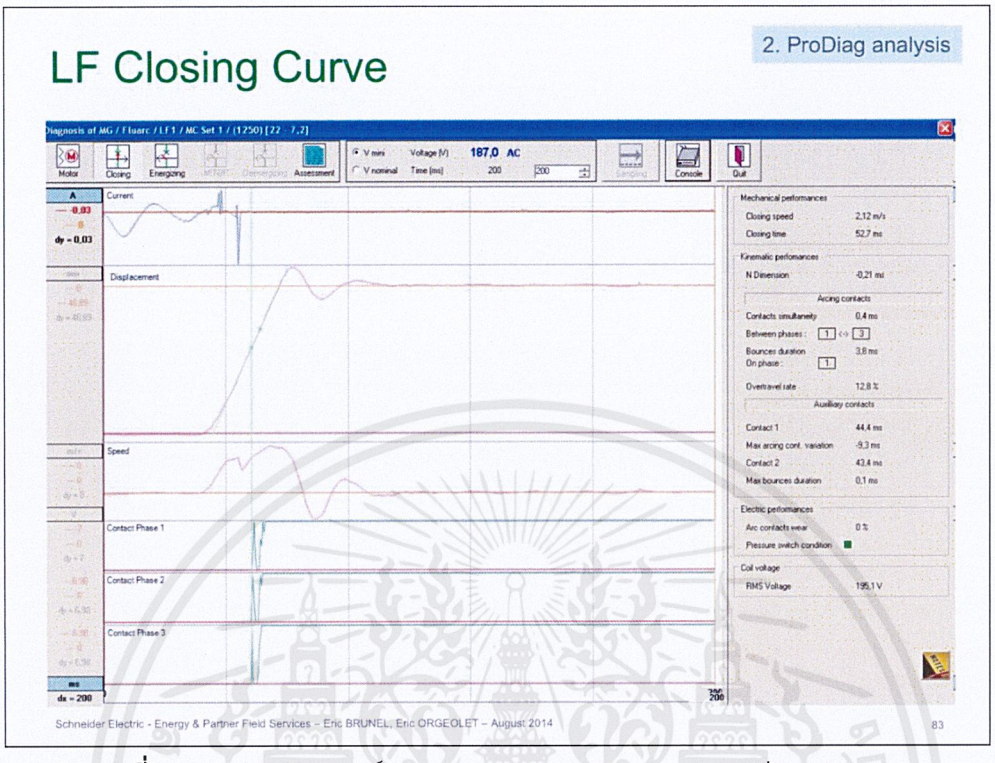
ตาราง 4.2 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc SF1 ช่วง Opening

Subject	Result		Comment
Opening Speed 1	2.98 m/s		ทั้งสองค่ามีความใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าไม่มี Damper
Opening Speed 2	2.85 m/s		
Response time	31.7 ms		
Contact simultaneity	0.8 ms		
Rebounds	8.8%		ทั้งสองค่ามีค่าสูงมาก (สามารถสังเกตุได้จากรูปกราฟ) แสดงว่าไม่มี Damper
Overtravel	6.0%		
Time of auxiliary contacts	Contact 1	42.4 ms	
	Max arcing cont. variation	10.7 ms	
	Contact 2	32.1	

จากผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc SF1 ช่วง Opening ทุกช่วงอยู่ในแกณฑ์ปกติยกเว้นค่า Opening Speed 1 และ Opening Speed 2 เพราะทั้งสองค่ามีความใกล้เคียงกันมาก แสดงว่าไม่มี Damper และอีกค่าคือ Rebounds และ Overtravel เพราะทั้งสองค่ามีค่าสูงมาก (สามารถสังเกตุได้จากรูปกราฟ) แสดงว่าไม่มี Damper ควรทำการตรวจสอบหากพบความเสียหานควรทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc LF1



รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc LF1 ช่วง Closing

ตาราง 4.3 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc LF1 ช่วง Closing

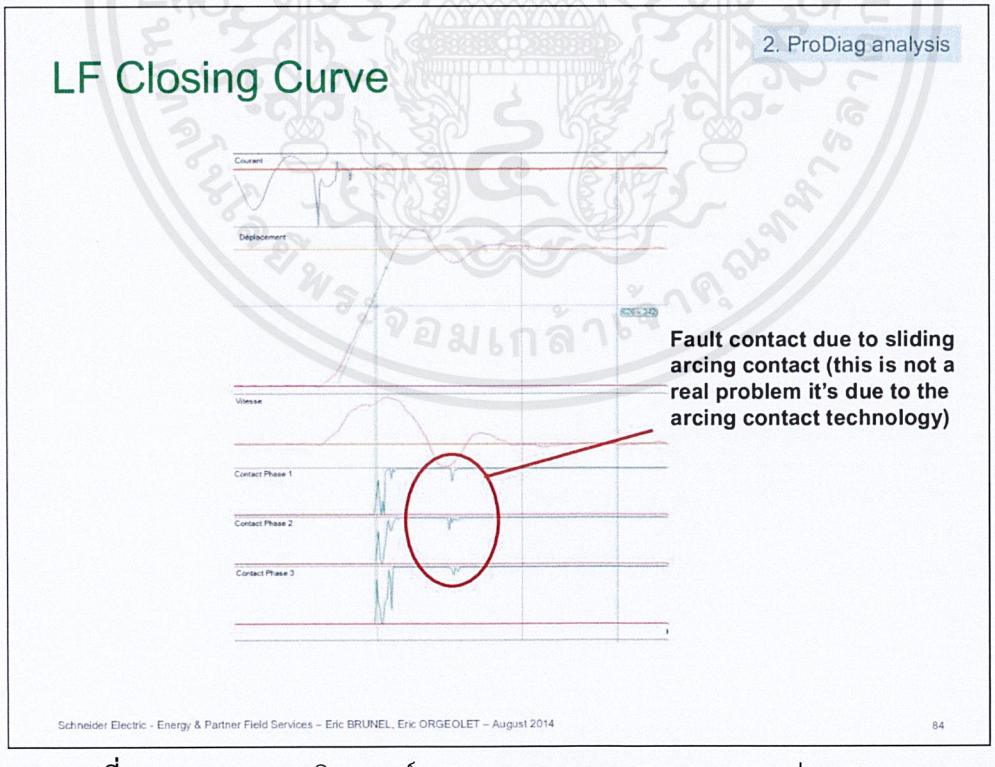
Subject	Result	Comment
Closing Speed	2.12 m/s	
N Dimension	-0.21 ms	
Response time	52.7 ms	
Contact simultaneity	0.4 ms	
Bouncing duration	3.8 ms on phase 1	
Overtravel	12.8%	
Arcing contact wear	0%	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.3 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc LF1 ช่วง Closing (ต่อ)

Subject	Result	Comment	Subject
Time of auxiliary contacts	Contact 1	44.4 ms	
	Max arcing cont. variation	-9.3 ms	
	Contact 2	43.4 ms	
	Max bounces duration	0.1 ms	
Pressure switch condition			

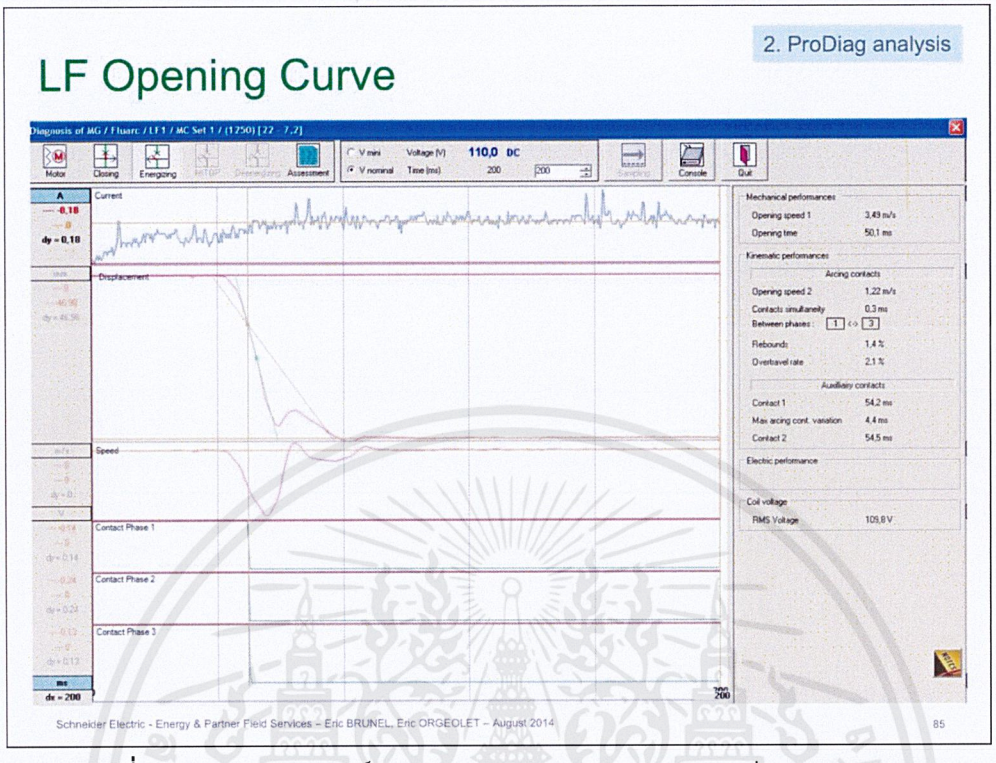
จากผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc LF1 ช่วง Closing ทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุปกรณ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ



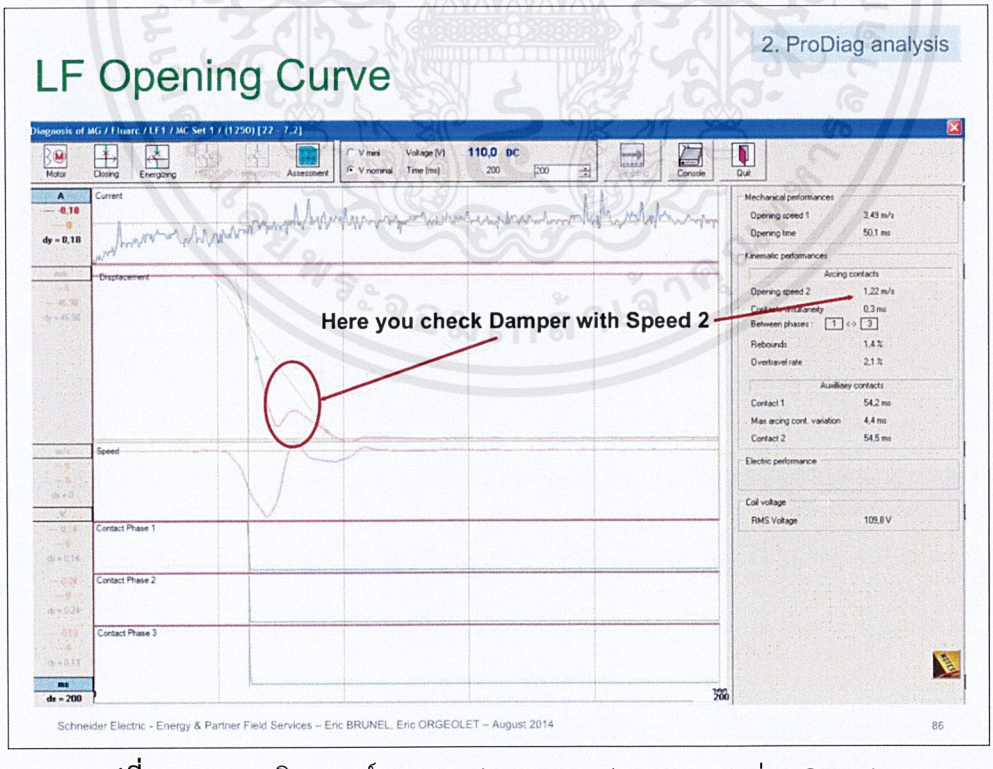
รูปที่ 4.6 แสดงผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc LF1 ช่วง Closing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาดที่คอนแทค เกิดจาก Arcing contact เลื่อนออก (ปัญหานี้ไม่ได้เป็นปัญหาหลัก เนื่องจากเป็นการที่ Arcing contact เลื่อนออก เป็นเพราะเทคโนโลยีที่นำมาใช้นั่นเอง)



รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc LF1 ช่วง Opening



รูปที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc LF1 ช่วง Opening

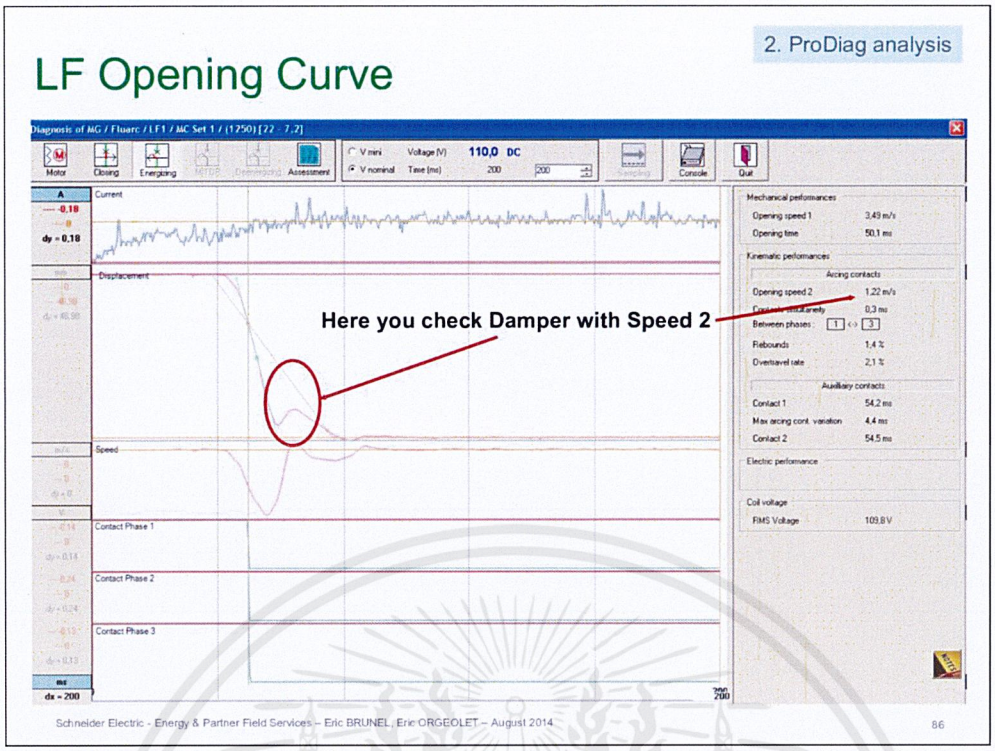
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.4 ผลกรทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc LF1 ช่วง Opening

Subject	Result		Comment
Opening Speed 1	3.49 m/s		
Opening Speed 2	1.22 m/s		สามารถตรวจสอบ Damper ได้ที่ค่านี้
Response time	50.1 ms		
Contact simultaneity	0.3 ms		
Rebounds	1.4%		
Overtravel	2.1%		
Time of auxiliary contacts	Contact 1	54.2 ms	
	Max arcing cont. variation	4.4 ms	
	Contact 2	54.5 ms	

จากผลกรทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc LF1 ช่วง Opening ทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุปกรณ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

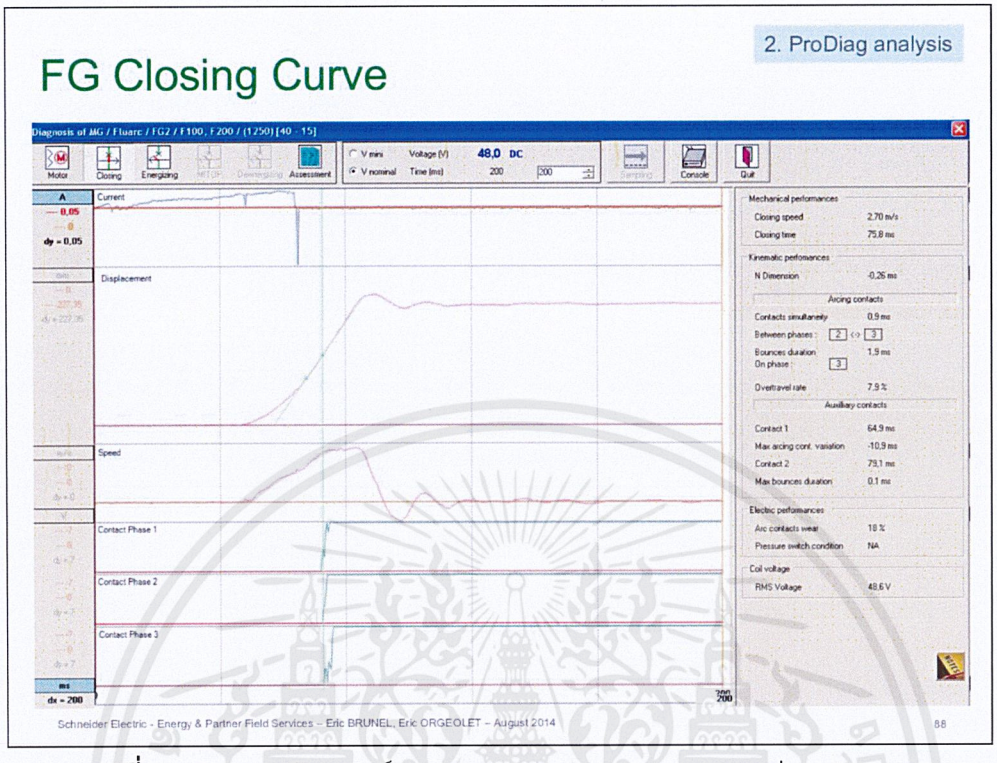


รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc LF1 ช่วง Opening

หาก Damper เกิดความเสียหาย เราสามารถสังเกตได้จากค่า Speed 2, Overtravel และ Rebound ว่ามีค่าสูงเกินไปหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc FG2



รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc FG2 ช่วง Closing

ตาราง 4.5 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc FG2 ช่วง Closing

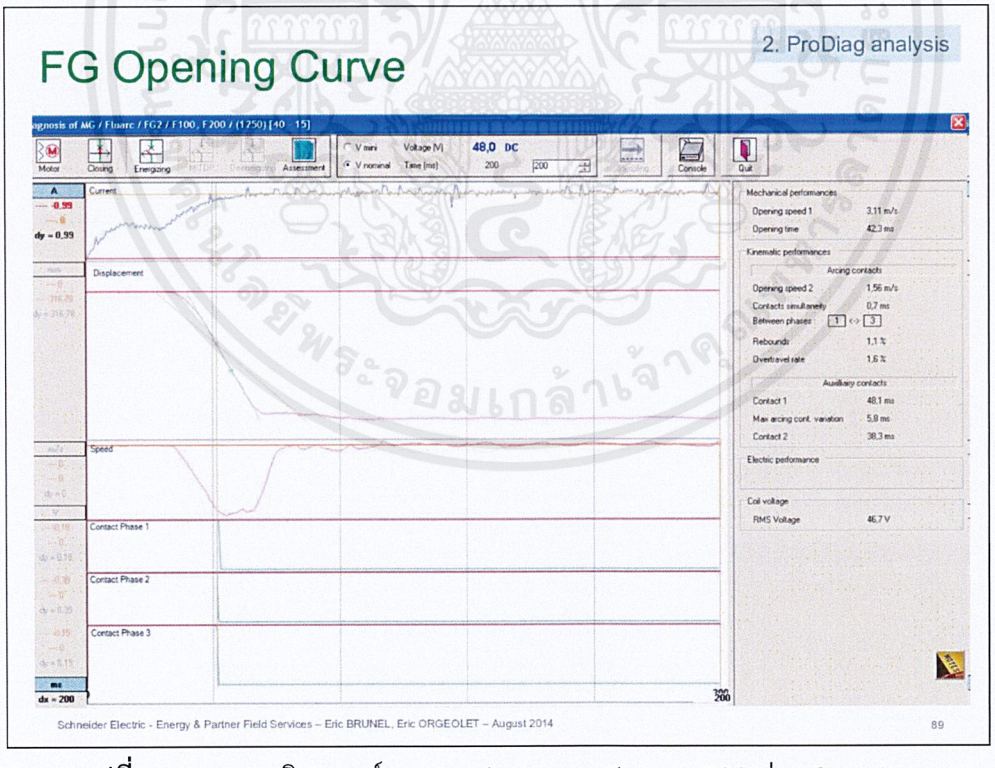
Subject	Result	Comment
Closing Speed	2.7 m/s	
N Dimension	-0.26 ms	
Response time	75.8 ms	
Contact simultaneity	0.9 ms	
Bouncing duration	1.9 ms on phase 3	
Overtravel	7.8%	
Arcing contact wear	18%	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.5 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc FG2 ช่วง Closing (ต่อ)

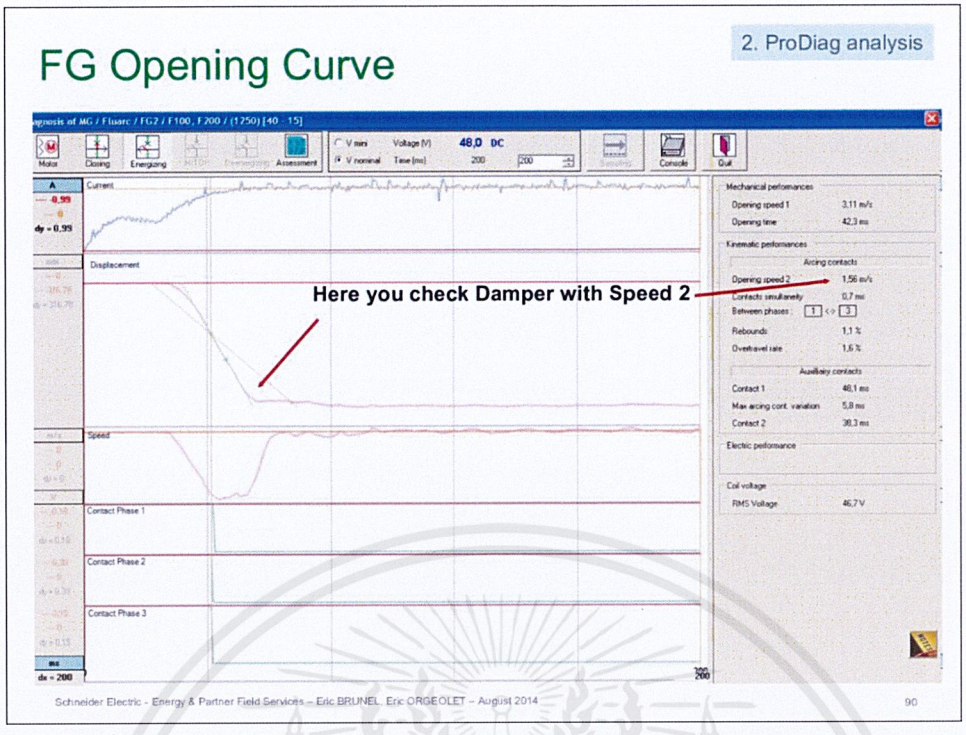
Subject	Result		Comment
Time of auxiliary contacts	Contact 1	64.9 ms	
	Max arcing cont. variation	-10.9 ms	
	Contact 2	79.1 ms	
	Max bounces duration	0.1 ms	
Pressure switch condition	NA		

จากผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc FG2 ช่วง Closing ทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุปกรณ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ



รูปที่ 4.11 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc FG2 ช่วง Opening

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Flusarc FG2 ช่วง Opening

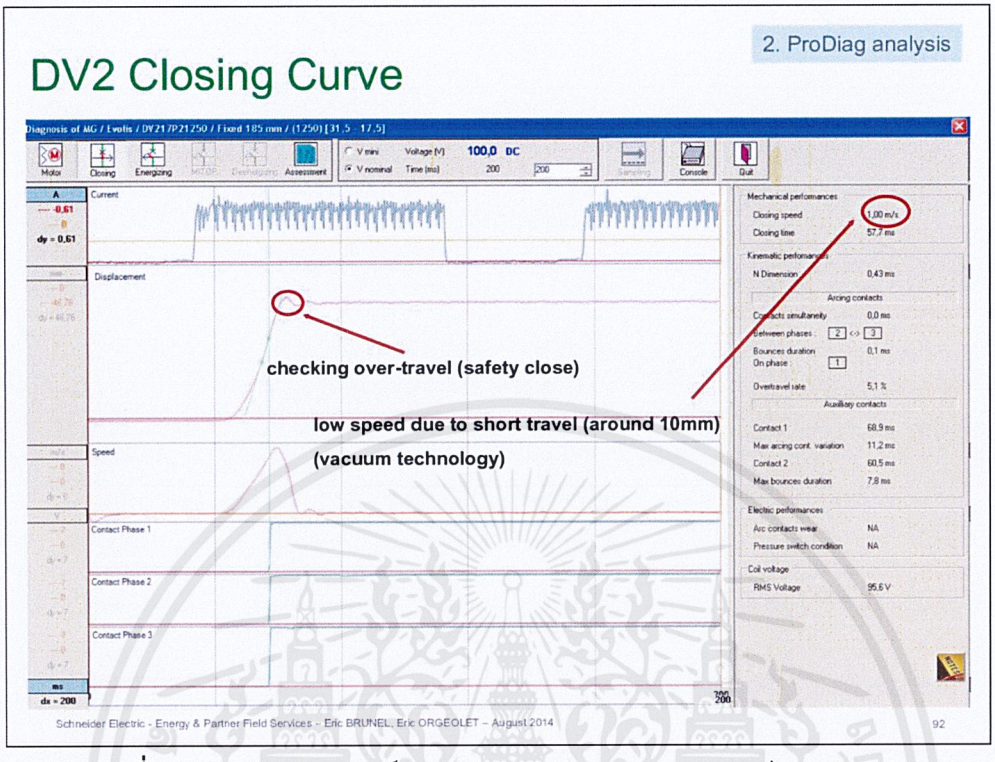
ตาราง 4.6 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc FG2 ช่วง Opening

Subject	Result		Comment
Opening Speed 1	3.11 m/s		
Opening Speed 2	1.56 m/s		
Response time	42.3 ms		
Contact simultaneity	0.7 ms		
Rebounds	1.1%		
Overtravel	1.6%		
Time of auxiliary contacts	Contact 1	48.1 ms	
	Max arcing cont. variation	5.8 ms	
	Contact 2	38.3 ms	

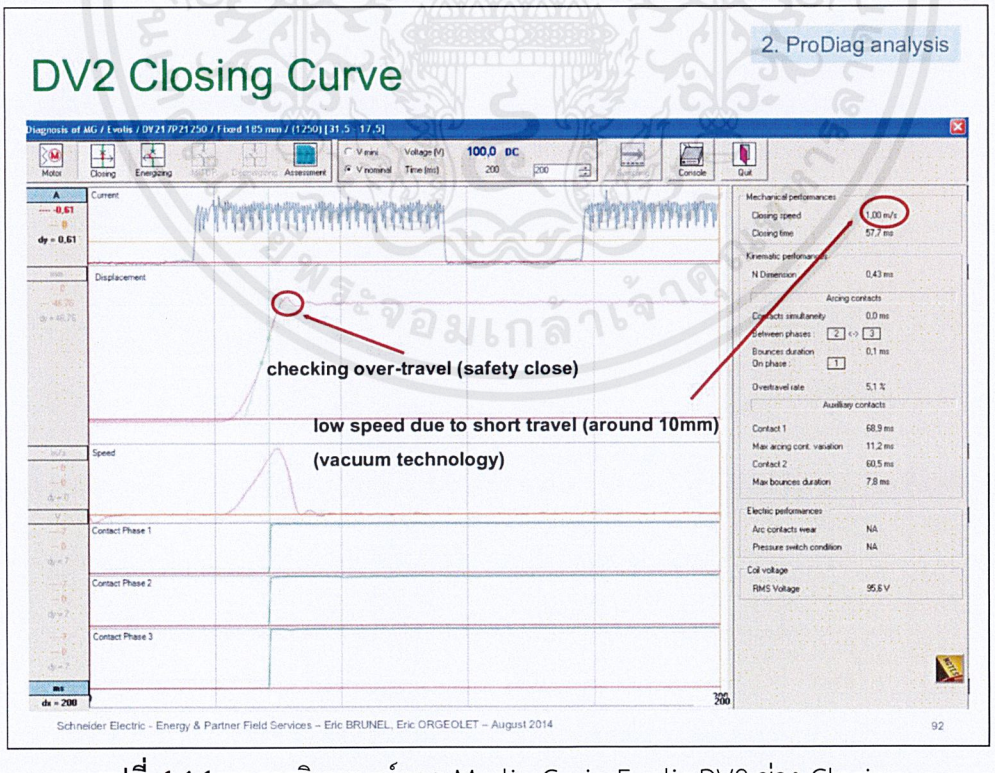
จากผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Flusarc FG2 ช่วง Opening ทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุปกรณ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Evolis DV2



รูปที่ 4.13 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Evolis DV2 ช่วง Closing



รูปที่ 4.14 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Evolis DV2 ช่วง Closing

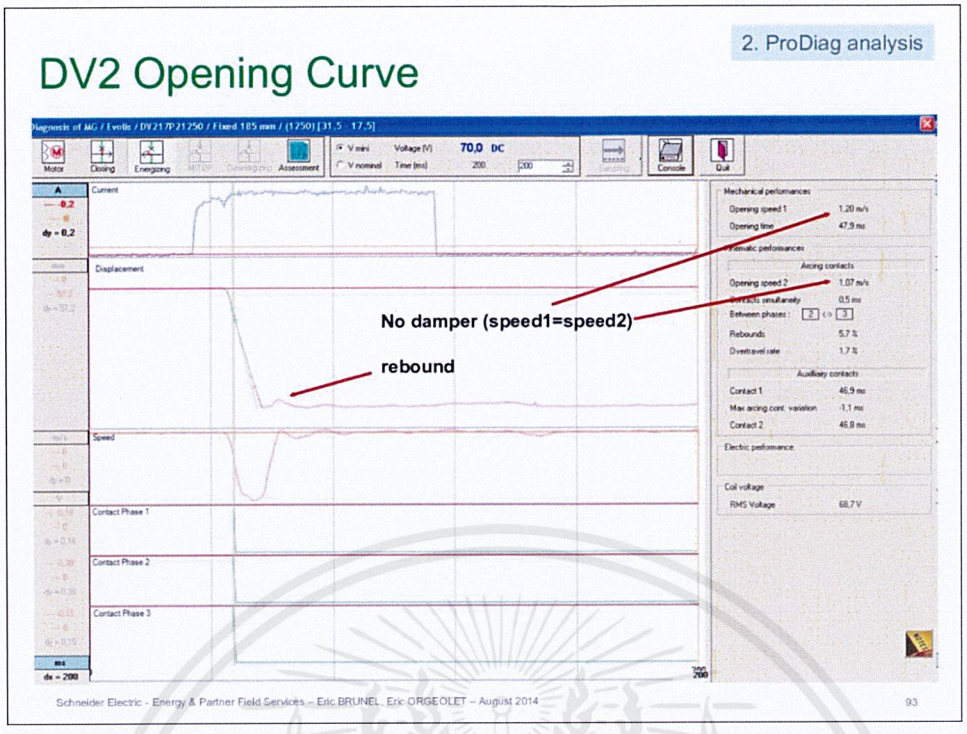
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.7 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Evolis DV2 ช่วง Closing

Subject	Result		Comment
Closing Speed	1.00 m/s		ความเร็วต่ำเนื่องจากเป็นการเคลื่อนที่ในระยะที่ค่อนข้างสั้นเพียง 10มิลลิเมตร (เพราะใช้เทคโนโลยีสุญญากาศ)
N Dimension	0.43 ms		
Response time	57.7 ms		
Contact simultaneity	0.0 ms		
Bouncing duration	0.1 ms on phase 1		
Overtravel	5.1%		ตรวจสอบค่านี้ (Safety Closing)
Arcing contact wear	NA		
Time of auxiliary contacts	Contact 1	68.9 ms	
	Max arcing cont. variation	11.2 ms	
	Contact 2	60.5 ms	
	Max bounces duration	7.8 ms	
Pressure switch condition	NA		

จากผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Evolis DV2 ช่วง Closing ทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุปกรณ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ ยกเว้นค่า Overtravel ต้องทำการตรวจสอบอุปกรณ์ว่ามีความเสียหานหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Evolis DV2 ช่วง Opening

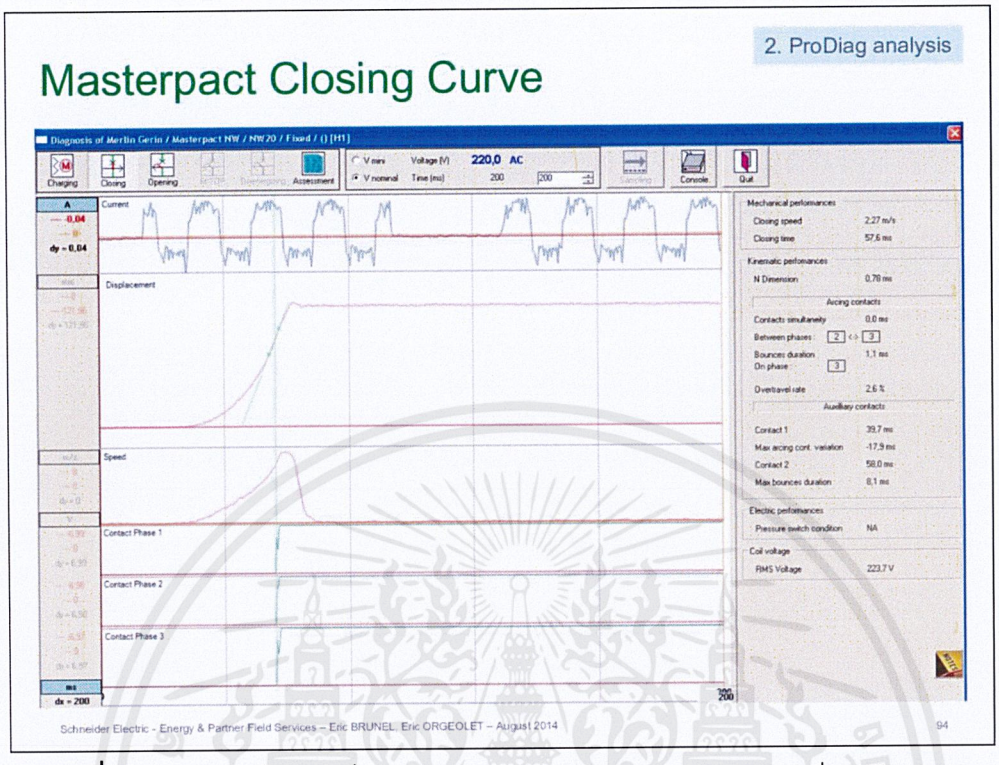
ตาราง 4.8 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Evolis DV2 ช่วง Opening

Subject	Result		Comment
Opening Speed 1	1.20 m/s		ไม่มี Damper
Opening Speed 2	1.07 m/s		
Response time	47.9 ms		
Contact simultaneity	0.5 ms		
Rebounds	5.7%		
Overtravel	1.7%		
Time of auxiliary contacts	Contact 1	46.9 ms	
	Max arcing cont. variation	-1.1 ms	
	Contact 2	46.8 ms	

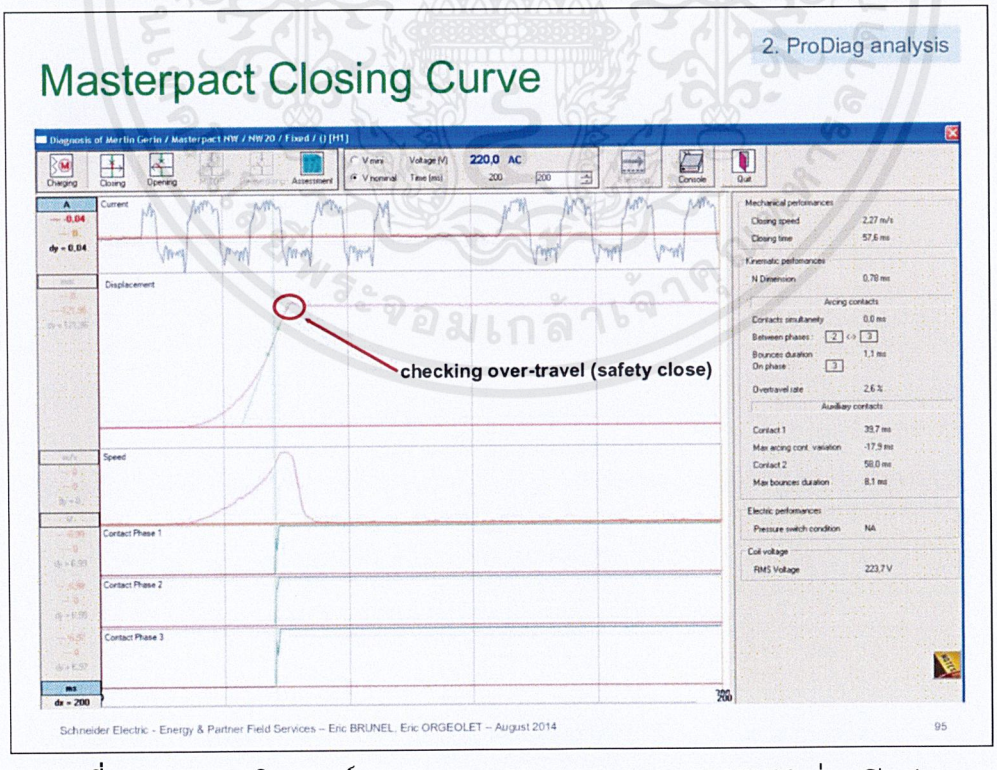
จากผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Evolis DV2 ช่วง Opening ทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุปกรณ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Masterpact NW20



รูปที่ 4.16 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Masterpact NW20 ช่วง Closing



รูปที่ 4.17 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Masterpact NW20 ช่วง Closing

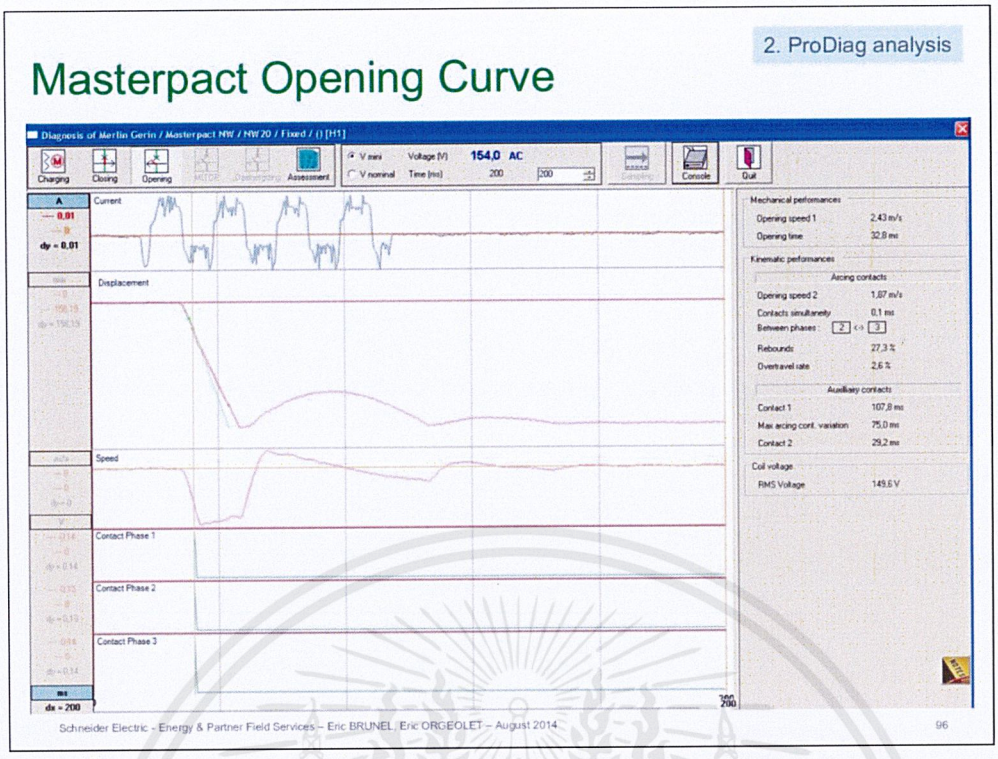
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.9 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Masterpact NW20 ช่วง Closing

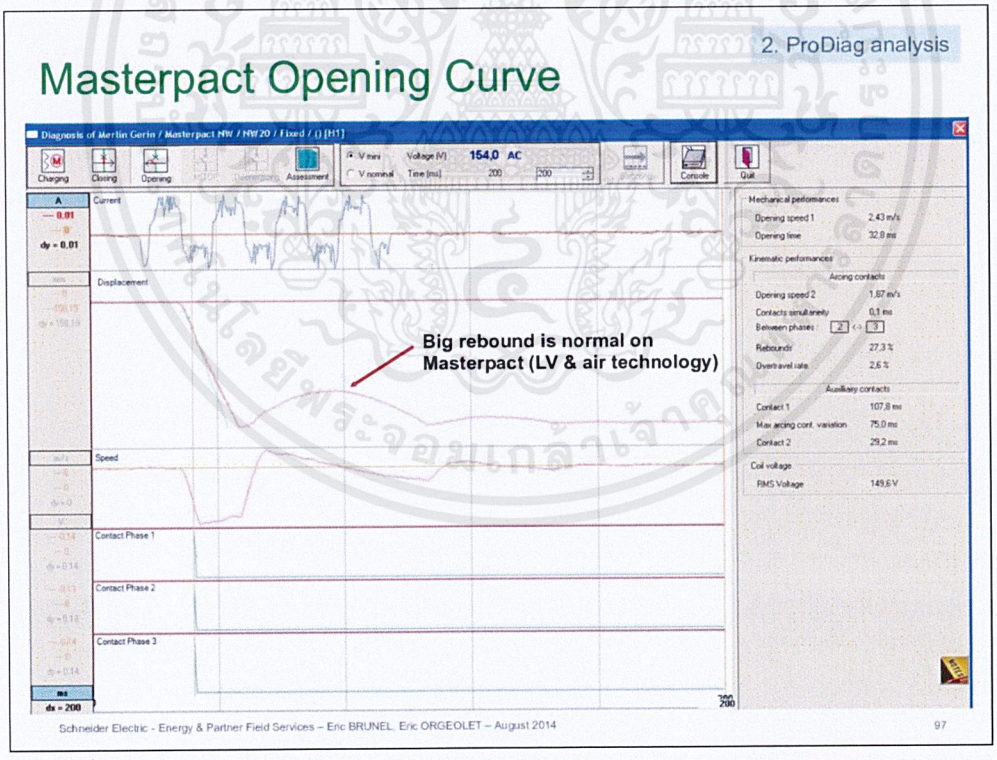
Subject	Result		Comment
Closing Speed	2.27 m/s		
N Dimension	0.78 ms		
Response time	57.6 ms		
Contact simultaneity	0.0 ms		
Bouncing duration	1.1 ms on phase 3		
Overtravel	2.6%		ตรวจสอบค่านี้ (Safety Closing)
Arcing contact wear	NA		
Time of auxiliary contacts	Contact 1	39.7 ms	
	Max arcing cont. variation	-17.9 ms	
	Contact 2	58.0 ms	
	Max bounces duration	8.1 ms	
Pressure switch condition	NA		

จากผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Masterpact NW20 ช่วง Closing ทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุปกรณ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ ยกเว้นค่า Overtravel ต้องทำการตรวจสอบอุปกรณ์ว่ามีความเสียหายหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Masterpact NW20 ช่วง Opening



รูปที่ 4.19 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Masterpact NW20 ช่วง Opening

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

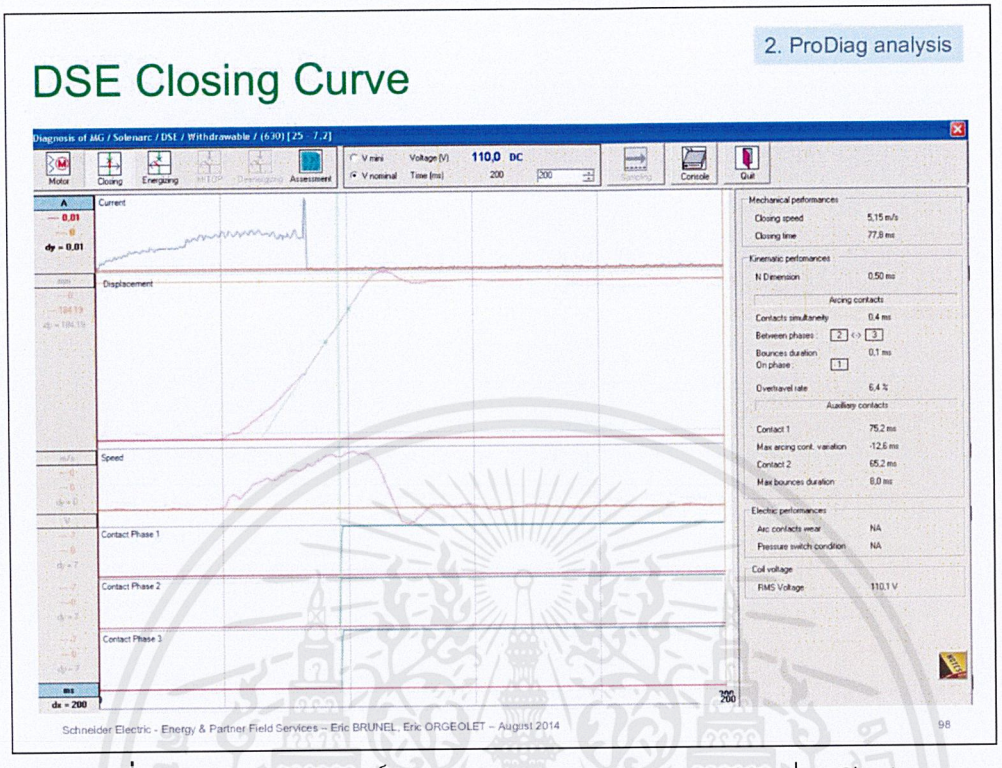
ตาราง 4.10 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Masterpact NW20 ช่วง Opening

Subject	Result		Comment
Opening Speed 1	2.43 m/s		
Opening Speed 2	1.87 m/s		
Response time	32.8 ms		
Contact simultaneity	0.1 ms		
Rebounds	27.3%		การที่ค่ามากขนาดนี้เป็นเรื่องปกติของรุ่น Masterpact (เพราะใช้ Air technology และเป็น LV)
Overtravel	2.6%		
Time of auxiliary contacts	Contact 1	107.8 ms	
	Max arcing cont. variation	75.0 ms	
	Contact 2	29.2 ms	

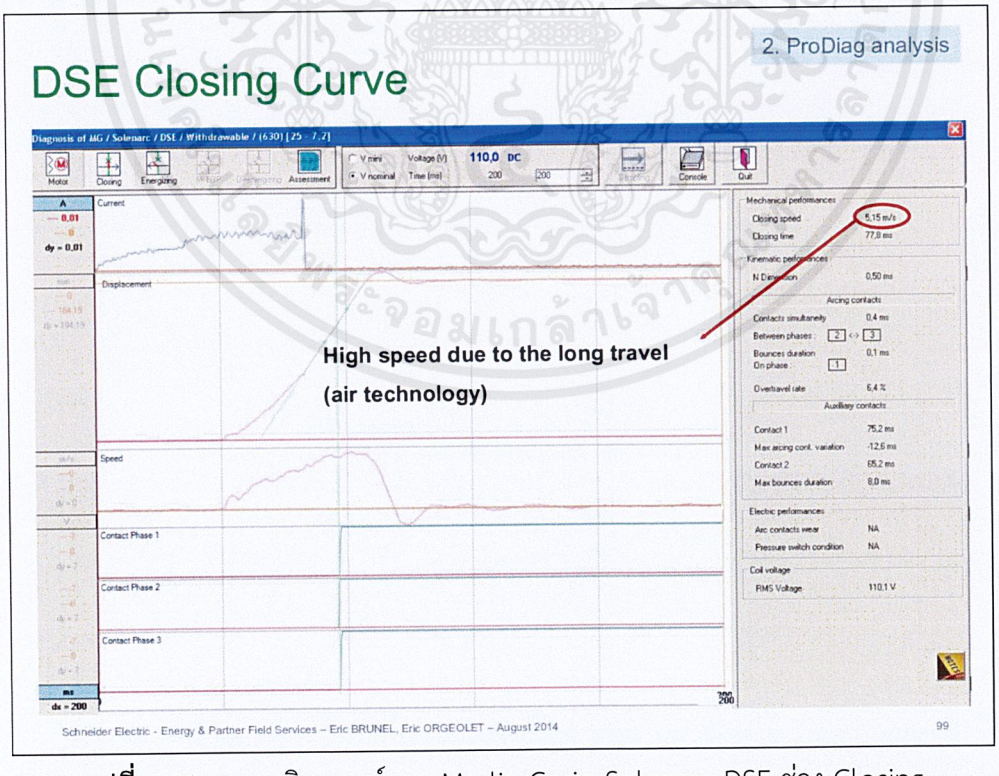
จากผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Masterpact NW20 ช่วง Opening ทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุปกรณ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Solenarc DSE



รูปที่ 4.20 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Solenarc DSE ช่วง Closing



รูปที่ 4.21 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Solenarc DSE ช่วง Closing

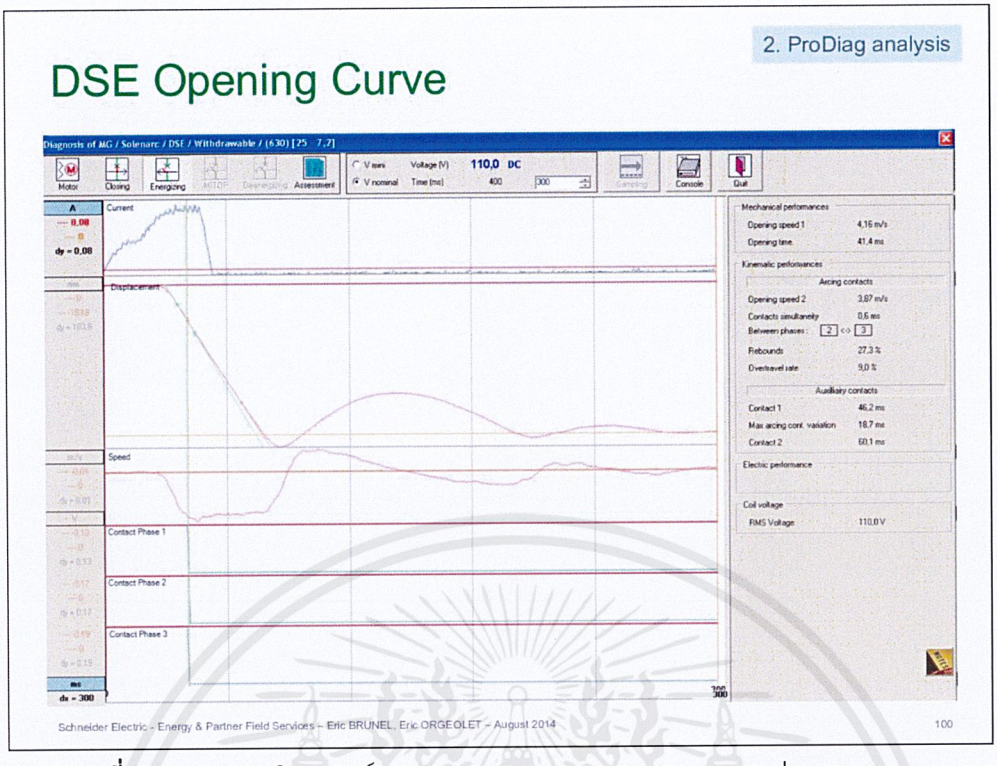
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.11 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Solenarc DSE ช่วง Closing

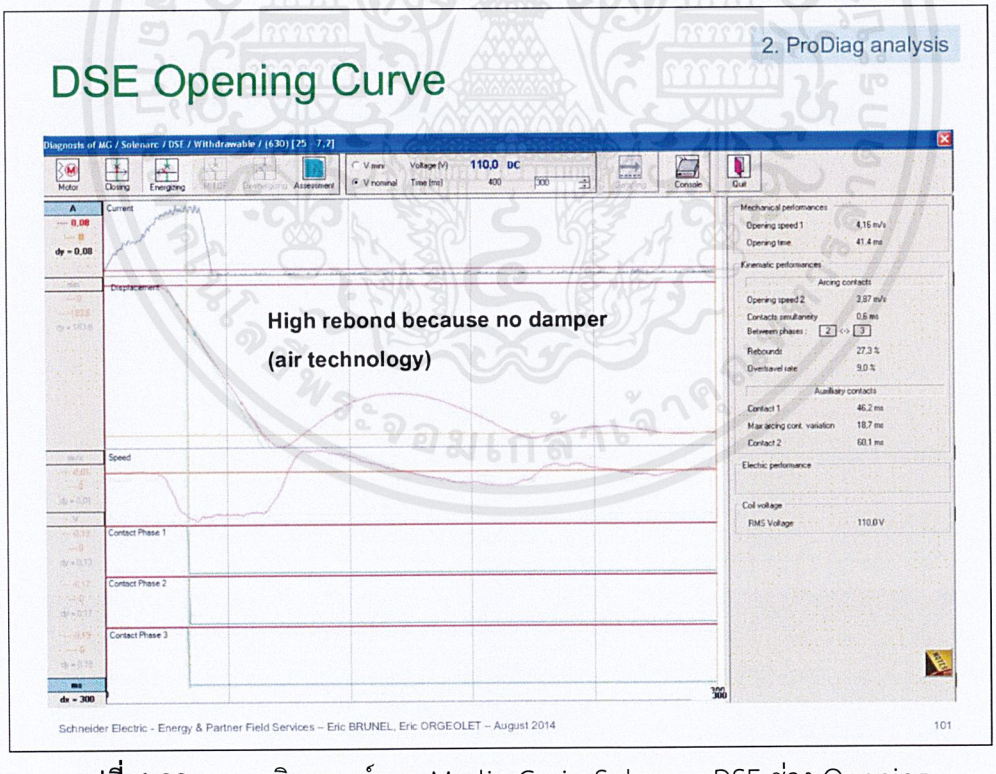
Subject	Result		Comment
Closing Speed	5.15 m/s		มีความเร็วที่ค่อนข้างมากเนื่องจากใช้เวลาเคลื่อนที่เป็นเวลานาน (เพราะใช้ Air technology)
N Dimension	0.5 ms		
Response time	77.8 ms		
Contact simultaneity	0.4 ms		
Bouncing duration	0.1 ms on phase 1		
Overtravel	6.4%		
Arcing contact wear	NA		
Time of auxiliary contacts	Contact 1	75.2 ms	
	Max arcing cont. variation	-12.6 ms	
	Contact 2	65.2 ms	
	Max bounces duration	8.0 ms	
Pressure switch condition	NA		

จากผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Solenarc DSE ช่วง Closing ทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุปกรณ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Solenarc DSE ช่วง Opening



รูปที่ 4.23 ผลการวิเคราะห์จาก Merlin Gerin Solenarc DSE ช่วง Opening

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.12 ผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Solenarc DSE ช่วง Opening

Subject	Result		Comment
Opening Speed 1	4.16 m/s		
Opening Speed 2	3.87 m/s		
Response time	41.4 ms		
Contact simultaneity	0.6 ms		
Rebounds	27.3%		การที่ค่ามากขนาดนี้เป็นเรื่องปกติของรุ่นนี้ (เพราะใช้ Air technology)
Overtravel	9.0%		
Time of auxiliary contacts	Contact 1	46.2 ms	
	Max arcing cont. variation	18.7 ms	
	Contact 2	60.1 ms	

จากผลการทดสอบ ProDiag Circuit Breaker รุ่น Merlin Gerin Solenarc DSE ช่วง Opening ทุกอย่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อุปกรณ์ยังคงสามารถทำงานได้ปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
แนวทางการพัฒนาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปความแตกต่างระหว่างการทำ Preventive Maintenance และ ProDiag ของ Circuit Breaker

จากตาราง 2.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการทำ Preventive Maintenance (PM) และ ProDiag Circuit Breaker สามารถสรุปความแตกต่างออกมาได้ว่า ในการทำ PM จะตรวจสอบหลักๆ 3 ส่วนคือ Contact resistance ว่ามีฝุ่นเกาะหรือไม่, ตรวจสอบเวลาในการตอบสนองว่ายังอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรือไม่และสามารถบอกด้วยอีกว่าตัดกระแสไฟตามที่กำหนดหรือไม่ สุดท้ายคือการตรวจความเป็นฉนวนของตู้ แต่ในการทำ ProDiag นั้น สามารถระบุได้ถึงอายุการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ ข้างใน เช่น Arcing contact, Auxiliary contact, Damper เป็นต้น และยังสามารถคาดการณ์เหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นได้หากยังใช้อุปกรณ์ที่มีความชำรุดต่อไป ทำให้ลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากการทำงานได้มาก หากมองในเรื่องของความคุ้มค่า การทำ ProDiag จะมีความคุ้มค่ามากกว่า เพราะจะช่วยในเรื่องของความปลอดภัยมากกว่า ป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นได้มากกว่าการทำ PM ทั่วไป

5.2 แนวทางการพัฒนาต่อ

เทคโนโลยีในการทำ ProDiag CB ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของรุ่นและยี่ห้อ้ต้องอยู่ในเครือของชไนเดอร์เท่านั้นจึงจะสามารถทำได้ แต่ในประเทศไทยตามโรงงานต่างๆ ยังมีเบรกเกอร์อีกหลายยี่ห้องที่ถูกนำมาใช้งานเช่นกัน อาทิ Misubishi, ABB, HACO และอื่นๆ อีกมากมาย ทำให้ไม่สามรถเจาะกลุ่มตลาดลูกค้าได้ทั้งหมด ในอนาคตหากสามารถทำ ProDiag CB ได้หลายยี่ห้อมากขึ้นก็จะเป็นการดีแก่บริษัทและลูกค้าได้เป็นอย่างมาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเรื่องการทำ ProDiag ผู้จัดทำพบว่า ทางบริษัทชไนเดอร์สามารถทำ ProDiag ให้กับอุปกรณ์ถึง 7 ชนิด ได้แก่ ProDiag Fuse, ProDiag MV Relay, ProDiag Trip Unit, ProDiag Oil, ProDiag Breaker, ProDiag Clusters และ ProDiag Corona อุปกรณ์เหล่านี้ล้วนมีความสำคัญต่อการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นหากระบบไฟฟ้าขัดข้อง แต่ในสาขาประเทศไทย ยังคงขาดผู้ที่เชี่ยวชาญและเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ในอนาคตหากมีการศึกษาต่อจะเป็นประโยชน์ให้แก่บริษัทมากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Schneider Electric. (2014). *ProDiag Training Sept 2014.* Schneider Electric.

Schneider Electric. (22 ตุลาคม 2562). *ค่า rated Short-Circuit Making Capacity (Icm) Compact NS คืออะไร*. เข้าถึงได้จาก Schneider Electric: https://www.se.com/th/th/faqs/FA368623/

Seimen. (27 กันยายน 2562). *Siemens-STEP-Series-Basics-of-Circuit-Breakers.pdf.* เข้าถึงได้จาก acdist: http://acdist.com/wp-content/uploads/2014/02/Siemens-STEP-Series-Basics-of-Circuit-Breakers.pdf

sselctricgroup owner :SHAMSUDEEN.PE. (10 ตุลาคม 2562). *Type of Circuit Breaker*. เข้าถึงได้จาก ELECTICAL STUDY: https://www.sselectricgroup.com/p/types-of-circuit-breakers-electrical.html

Timothy Thiele. (19 พฤศจิกายน 2562). *The Difference Between a Ground Fault and Short Circuit*. เข้าถึงได้จาก The Spruce: https://www.thespruce.com/short-circuit-vs-ground-fault-1152505

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (29 กันยายน 2562). *กระแสไฟฟ้ารั่วและการป้องกันไฟฟ้ารั่ว เพื่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน*. เข้าถึงได้จาก Metrel Thailand Official Website by Measuretronix Ltd: http://www.metrelthailand.com/index.php/knowledge/237-2017-05-31-06-32-12

บริษัท ต.วิชชุกรณ์ จำกัด. (19 พฤศจิกายน 2562). *สายดินคืออะไร (Grounding system)*. เข้าถึงได้จาก www.torwitchukorn.com: https://www.torwitchukorn.com/th/articles/120443-สายดินคืออะไร-%28grounding-system%29

บริษัท ยูโลจี กรุ๊ป (ไทยแลนด์) จำกัด. (25 ตุลาคม 2562). *Circuit Breaker*. เข้าถึงได้จาก TumCivil.com: https://engfanatic.tumcivil.com/engfanatic/article/332-Circuit-Breaker

บริษัท สายพานไทย จำกัด. (25 ตุลาคม 2562). *การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance-PM)*. เข้าถึงได้จาก http://www.thaiconveyorbelt.com/: http://www.thaiconveyorbelt.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=378114&Ntype=10

สภาวิศวกร. (22 ตุลาคม 2562). *แผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำและคอนโทรลเกียร์*. เข้าถึงได้จาก COE: http://www.coe.or.th/coe-2/Download/Articles/EE/EE5.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

สภาวิศวกร. (19 พฤศจิกายน 2562). *เอกสารอบรมและทดสอบความพร้อม*. เข้าถึงได้จาก สภาวิศวกร: http://www.coe.or.th/coe-2/Download/Articles/EE/EE5.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตัวอย่างรายงานการทำ ProDiag Circuit Breaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Intervention report

Detailed technical report

08/08/2019

SCHNEIDER (THAILAND) LIMITED

SCHNEIDER (THAILAND) LIMITED - SITE

Our reference : 130033504 / WO-07270773

Customer Reference :

Report prepared by Mr.Pattarapong Mon-in

Pattanan Bumrung

540 Soi 9 Bangpoo Industrial Estate,
Sukhumvit Road, Prakasa Sub-District,
Muang District,
Samutprakarn 10280
(+66) 99-445-9798
pattarapong.monin@se.com

SCHNEIDER (THAILAND) LIMITED
540 SOI 9 BANGPOO INDUSTRIAL MUANG,ESTATE,
SUKHUMVIT ROAD THAILAND
10280 Samutprakarn

Contact tel : +6626175500
Contact email : pattanan.bumrung@se.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of content

Table of content 2

Executive summary 3

Main Findings and Recommendations 3

Final considerations 4

Test equipment 5

Detail of intervention for each asset 6

LV Trip Unit 6

Obsolescence status 11

Obsolescence evolution over the next 10 years 11

Detailed view of the obsolescence status 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Executive summary

Legend	
Conforms	The equipment conforms
Conforms with reservations	CAUTION: action required per our recommendation (failure to follow these instructions can result in injury or equipment damage)
Does not conform	DANGER: action required immediately per our recommendations (failure to follow these instructions will result in death or serious injury)

Main Findings and Recommendations

LV Trip Unit

ProDiag Trip Unit

Phase discrimination : Does not conform

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Final considerations

Prodiag circuit bearker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Life Is On Schneider Electric

Test equipment

Following test equipment has been used during the intervention:

Type	Model	Serial number	Next calibration date
Micro Ohm Meter	Manufacture : Megger , Model : DLRO200	101696740	27/05/2020
Insulation Tester	Manufacturer : Megger , Model : MIT515	101360384	25/01/2019
Micrologic Test kit	FFTK	No.2	Self-calibration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Detail of intervention for each asset

LV Trip Unit

ProDiag Trip Unit

Health status: Conforms with reservations

Findings: Phase discrimination : Does not conform

Nameplate

General

Brand : Schneider Electric
Range : Masterpact NW
Type : NW20
Number of poles : 3
Breaking class : H1
Trip unit Model : Micrologic 2.0 E
CT rating : 2,000 A
Long time plug type : IEC - Standard (R)
Standard : IEC

Others

Breaking Capacity: Icu : 65.0 kA

Test environment

Phase injection

Test instrument References :
Test instrument Tolerance : 5.00 %

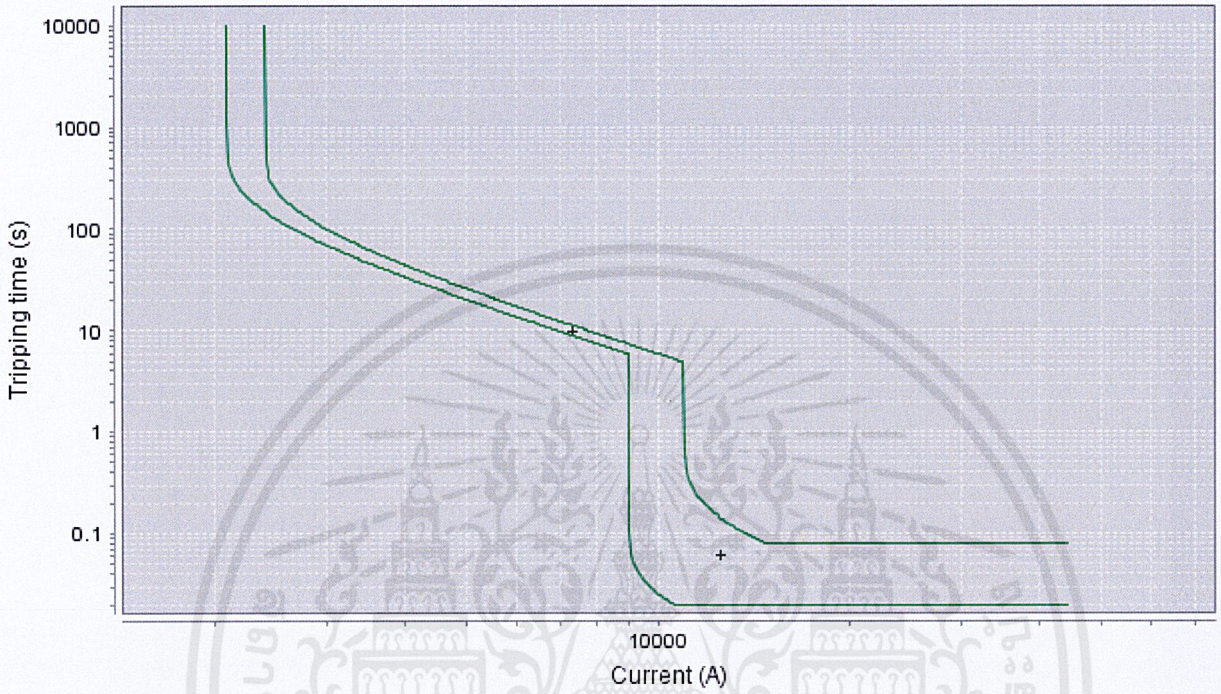
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Life Is On Schneider Electric

Phase injection

Long time
Ir : 1.00 × In
Tr @6 Ir : 4.0 s

Short time
Isd : 5.00 × Ir



Phase	Injection	Injected current (A)		Expected action	Tripping time (s)	Result
		Primary	Secondary			
L1	Secondary	7,333.0		Trip	9.663	Passed
L1	Secondary	12,500.0		Trip	0.061	Passed

Conclusion : Conforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Life Is On Schneider Electric

Network configuration

Network type

Network type : Industrialized country (Huge)
Scc min : 250 MVA
Scc max : 500 MVA

Transformer

Nominal power : 2,500 kVA
Short circuit impedance voltage : 8.00%
Phase/phase primary nominal voltage : 24.0 kV
Phase/phase secondary nominal voltage : 416.0 V
Number of similar transformers in parallel : 1

Topology

Upstream: LV Circuit Breaker / Downstream: LV Circuit Breaker

Upstream Circuit Breaker

General

Brand : Schneider Electric
Range : Masterpact NW
Type : NW20
Number of poles : 3
Breaking class : H1
Trip unit Model : Micrologic 2.0 E
CT rating : 2,000 A
Long time plug type : IEC - Standard (R)
Standard : IEC

Others

Breaking capacity

Short-circuit calculated intensity

3-phase Isc max : 40,073 A
2-phase Isc min : 32,809 A

Breaking capacity

Calculated Isc max : 40.1 kA
Circuit breaker breaking capacity : 65.0 kA

Conclusion : Conforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

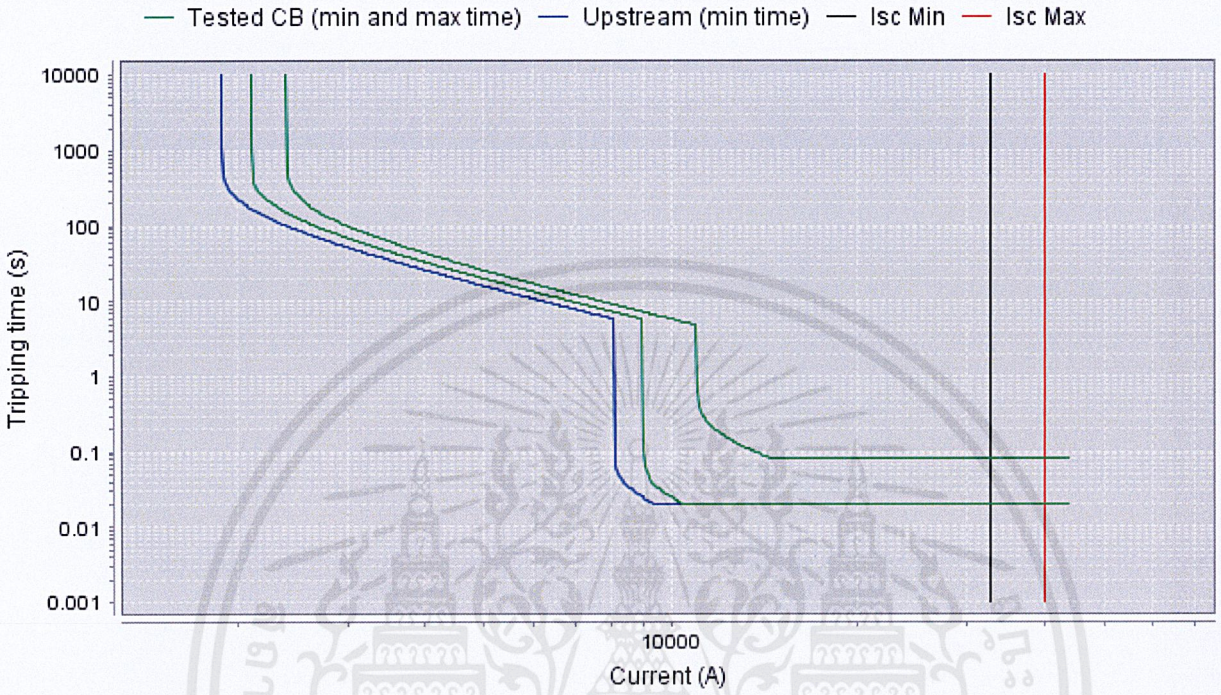
Life Is On Schneider Electric

Phase discrimination

Upstream Circuit Breaker

Long time
Ir : 0.90 × In
Tr @6 Ir : 4.0 s

Short time
Isd : 5.00 × Ir



Conclusion : Does not conform

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Alarms and events

File content

Conclusion : Conforms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Life Is On Schneider Electric

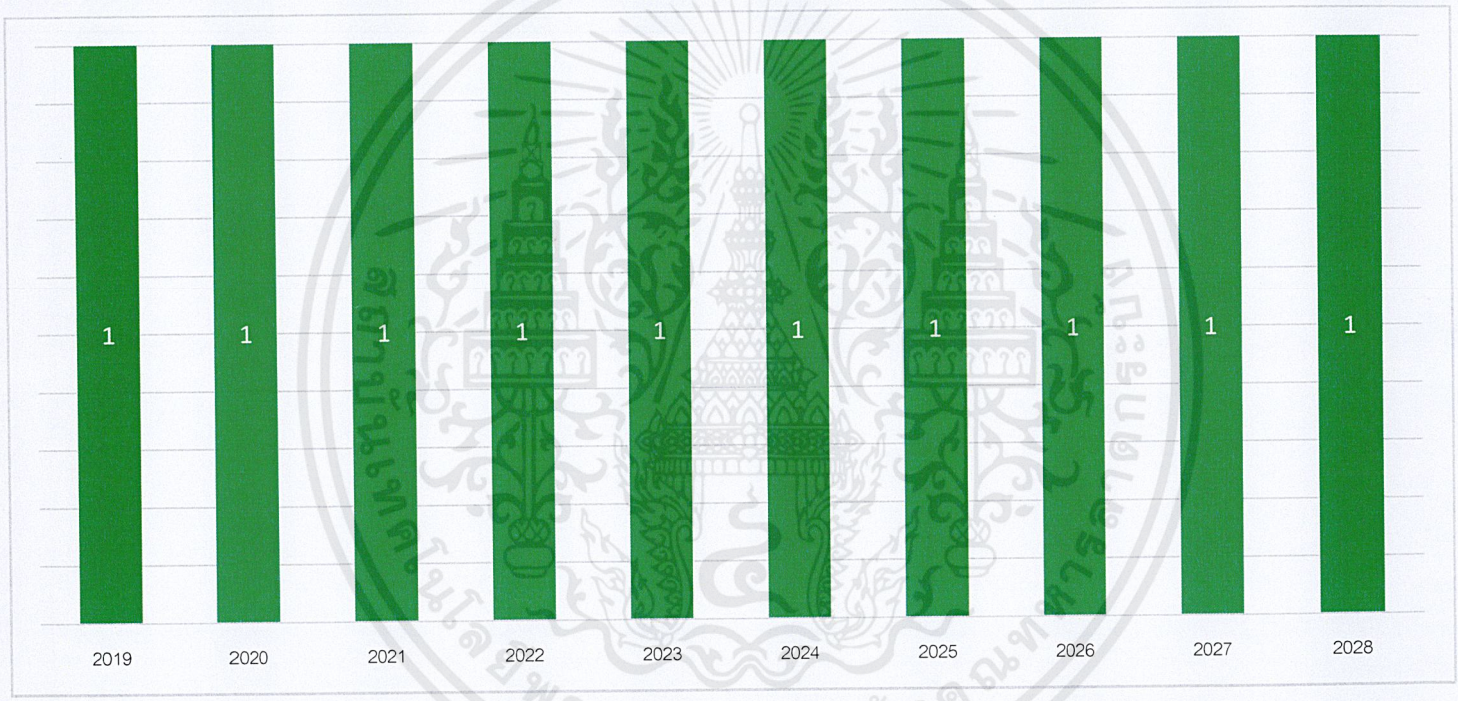
Obsolescence status

You will find below obsolescence information about the equipment covered in this intervention

Legend

Unknown	Obsolescence dates are unknown
Commercialized	Commercialization period, Supply of spare parts guaranteed
Spare parts available	End of commercialization. Spare parts available for a limited time
Obsolete	Final cancellation. No spare part availability

Obsolescence evolution over the next 10 years



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Life Is On Schneider Electric

Detailed view of the obsolescence status

Obsolescence details per type of LV equipment

Status	Brand	Range	SubRange	End of Commercialization	Obsolescence	Quantity
(1)	Schneider Electric	Masterpact NW	NW Micrologic 2.0 E	Not defined	Not defined	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้