สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

T148641

# รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

## การพัฒนาชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะด้วย SIPROTEC

Development of the SIPROTEC Controlled Three Position Switch Demonstration Set

นางสาวอัญชิสา ชีวะธรรมนนท์

สขหมู่.....
เลขทะเบียน 148641
วัน.เดือน.ปี - 6 มิ.ย. 2560

b.12871424
i.....

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

**ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา** การพัฒนาชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะด้วย SIPROTEC
**ชื่อ-สกุล นักศึกษา** นางสาวอัญชิสา ชีวะธรรมนนท์
**คณะ** วิศวกรรมศาสตร์
**ภาควิชา** วิศวกรรมไฟฟ้า
**ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ** ดร. สมภพ ผลไม้
**ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน** คุณปริญญา แซ่หลี
**สถานประกอบการ** บริษัท ซีเมนส์ จำกัด (ประเทศไทย)

## บทคัดย่อ

โครงงานนี้จะทำการพัฒนาชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งที่อยู่ภายในสวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางชนิดฉนวนเป็นก๊าซ ถูกพัฒนาโดยบริษัท ซีเมนส์เอจี ประเทศเยอรมนี ซึ่งมีใบมีดตัดต่อวงจร 3 สถานะ เพื่อให้มีความสะดวกและปลอดภัย ในการเชื่อมต่อวงจรเข้าบัสบาร์ หรือต่อลงดินเพื่อการซ่อมบำรุง ซึ่งการทำงานของสวิตช์นั้น ต้องมีมอเตอร์กระแสตรงในการขับเคลื่อนใบมีดของสวิตช์ โดยใช้ Multifunction Protection Relay (SIPROTEC) หรือ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ผ่านการโปรแกรมแบบลอจิก ซึ่งมีข้อดีคือสามารถเขียนโปรแกรมลงในซอฟแวร์ที่ชื่อว่า DIGSI ลงใน รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ที่มีการใช้งานอยู่แล้ว ทำให้ประหยัดเนื้อที่ภายในตู้ และสามารถแก้ไขการควบคุมผ่านซอฟแวร์ได้ง่าย โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่อสายไฟใหม่

| | |
|---|---|
| Cooperative Title: | Development of the SIPROTEC Controlled Three Position Switch Demonstration Set |
| Student intern name: | Miss Anshisa Cheewathammanon |
| Faculty: | Engineering |
| Department: | Electrical Engineering |
| Advisor name: | Dr. Sompob Polmai |
| Mentor name: | Mr. Parinya Sae Lee |
| Company: | Siemens Limited Thailand |


## ABSTRACT

This project will show about controlled Three position switch demonstration set. It is a main component of Medium Voltage Gas Insulated Switchgear. It is developed by Siemens AG (Germany). There are three statuses of the switch. Three position switch is easy and safe for connecting to busbar or earthing for maintenance. This switch is operated by DC Motor. It is controlled by logic programming in multifunction protection relay (SIPROTEC) is an alternative solution to overcome those disadvantages in conventional time and auxiliary relay and Motor Control Unit (MCU). The multifunction protection relay is usually already installed in Medium Voltage Gas Insulated Switchgear for multifunction protection purpose. Moreover, it can be edited, or extended functions; especially for Three position switch by using programming and configuration software, DIGSI. That means re-wiring is not required while more space are still left in the compartment.

# กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง การพัฒนาชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะด้วย SIPROTEC จะเสร็จลุล่วงไม่ได้ ถ้าไม่ได้รับความอนุเคราะห์ จากบริษัท ซีเมนส์ จำกัด (ประเทศไทย) ที่ตอบรับนักศึกษาเพื่อเข้าร่วมโครงการสหกิจศึกษา จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ขอขอบคุณ คุณสุวรรณี สิงห์ฤาเดช หัวหน้าแผนก Energy Management Infrastructures บริษัท ซีเมนส์ จำกัด (ประเทศไทย) ที่ให้โอกาสในการทำโครงงานชิ้นนี้

ขอขอบคุณ คุณ ปริญญา แซหลี คุณมนัส พัทธวิทย์ และพี่ๆในแผนก Energy Management Infrastructures บริษัท ซีเมนส์ จำกัด (ประเทศไทย) ที่คอยให้คำปรึกษาทั้งเรื่องการเรียน การทำงาน และช่วยเหลือด้านเทคนิค

ขอขอบคุณ คุณเกชฎาพร สุนทรวที แผนก Human Research ที่ช่วยดำเนินการด้านเอกสารต่างๆ ภายในบริษัท ตลอดจนการประสานงานกับทางมหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณ ดร. สมภพ ผลไม้ ที่ตอบรับการเป็นอาจารย์นิเทศ และอาจารย์ที่เกี่ยวข้องคอยให้คำปรึกษาด้านเอกสารต่างๆ ของกระบวนการสหกิจศึกษาภายในมหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่คอยให้กำลังใจมาตลอด

ขอขอบคุณ

นางสาวอัญชิสา ชีวะธรรมนนท์

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | I |
| Abstract | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญรูป | VI |
| สารบัญตาราง | XI |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 3 |
| 1.3 ขอบเขตงานวิจัย | 3 |
| 1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย | 4 |
| 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ | 5 |
| บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | |
| 2.1 การเขียนโปรแกรมแบบลอจิก | 6 |
| 2.2 วงจรตรรกกะหรือวงจรลอจิก (Logic gate) | 14 |
| 2.3 เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง | 18 |
| 2.4 มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน | 18 |
| 2.5 รีเลย์ | 20 |
| บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย | |
| 3.1 อุปกรณ์ | 23 |
| 3.2 การดำเนินงานวิจัย | 23 |
| 3.3 การเลือกใช้อุปกรณ์ที่นำมาต่อในวงจรนี้ | 31 |
| บทที่ 4 ผลการวิจัย | |
| 4.1 การเปรียบเทียบวงจร | 33 |
| 4.2 การเปรียบเทียบลักษณะการทำงาน | 33 |
| 4.3 การเปรียบเทียบราคา พื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้ง และจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการติดตั้ง | 33 |
| 4.4 การทำงานของ Interlock | 36 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 4.5 การทดสอบต่างๆ (Final Test Report) | 37 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย | 38 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 38 |
| เอกสารอ้างอิง | 40 |
| ภาคผนวก | |
| ภาคผนวก ก วงจรไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัย | 42 |
| ภาคผนวก ข เอกสารด้านเทคนิคทั่วไปของ รีเลย์ป้องกัน แบบหลายฟังก์ชันใช้งาน รุ่น 7SJ64 (SIEMENS) | 63 |
| ภาคผนวก ค วงจรไฟฟ้าแบบ Conventional ที่ใช้ รีเลย์ขยาย ร่วมกับ รีเลย์หน่วงเวลา ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้อ้างอิง | 76 |
| ภาคผนวก ง วงจรไฟฟ้าที่ใช้ Motor Control Unit (MCU) ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้อ้างอิง | 88 |
| ภาคผนวก จ วงจรไฟฟ้าที่ใช้ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง ที่ใช้อ้างอิง | 99 |
| ภาคผนวก ฉ Technical Description Control Times of Motor-Operated Mechanisms for Three-Position Switch (2012) | 107 |
| ภาคผนวก ช การใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 เบื้องต้น | 119 |
| ภาคผนวก ซ การทดสอบต่างๆ (Final Test Report) | 149 |
| ภาคผนวก ฌ การนำวงจรที่ทดสอบ ไปใช้กับมอเตอร์ ที่มีพิกัดแรงดัน 110 VDC และ 125 VDC | 152 |
| ภาคผนวก ญ รูปภาพประกอบงานวิจัย | 154 |
| ประวัติผู้เขียน | 159 |

# สารบัญรูป


| | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 1.1 สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางชนิดฉนวนเป็นก๊าซ รุ่น 8DA10 และ 8DB10 | 1 |
| รูปที่ 1.2 เครื่องมือ (Operating Lever) สำหรับควบคุม Three Position Switch | 2 |
| รูปที่ 2.1 รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ที่มีการเขียนโปรแกรมแบบลอจิก | 7 |
| รูปที่ 2.2 โครงสร้างของ Programmable Logic Control | 7 |
| รูปที่ 2.3 การแบ่งขนาด PLC | 12 |
| รูปที่ 2.4 รีเลย์ขยายของ Omron และ PLC ของซีเมนส์ | 14 |
| รูปที่ 2.5 แสดงให้เห็นว่าแสงไฟฟ้าจะสว่างได้ ต้องมีสวิตช์ และหลอดไฟ | 15 |
| รูปที่ 2.6 แสดงสัญญลักษณ์ของ AND Gate | 15 |
| รูปที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์ของ OR Gate | 15 |
| รูปที่ 2.8 แสดงสัญลักษณ์ของ NOT Gate | 16 |
| รูปที่ 2.9 แสดงสัญลักษณ์ของ NAND Gate | 16 |
| รูปที่ 2.10 แสดงสัญลักษณ์ของ NOR Gate | 17 |
| รูปที่ 2.11 แสดงสัญลักษณ์ของ XOR Gate | 17 |
| รูปที่ 2.12 แสดงสัญลักษณ์ของ XNOR Gate | 17 |
| รูปที่ 2.13 โครงสร้างและลักษณะการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน | 19 |
| รูปที่ 2.14 มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน | 20 |
| รูปที่ 3.1 การตั้งค่าลอจิก (Configuration Matrix) | 25 |
| รูปที่ 3.2 การตั้งค่าลอจิก (Configuration Matrix) | 26 |
| รูปที่ 3.3 การตั้งค่าลอจิก (CFC) | 26 |
| รูปที่ 3.4 การตั้งค่าลอจิก (CFC) | 27 |
| รูปที่ 3.5 การตั้งค่าลอจิก (CFC) | 27 |
| รูปที่ 3.6 การตั้งค่าลอจิก (CFC) | 28 |
| รูปที่ 3.7 การตั้งค่าลอจิก (เซอร์กิตเบรกเกอร์) | 28 |
| รูปที่ 3.8 การตั้งค่าลอจิก (Disconnector) | 29 |
| รูปที่ 3.9 การตั้งค่าลอจิก (Earthing Switch) | 29 |
| รูปที่ 3.10 การตั้งค่าลอจิก (สำหรับ Mimic บนรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน) | 30 |
| รูปที่ 4.1 การเปรียบเทียบพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้ง เมื่อเลือกใช้อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงทั้ง 3 แบบ (ในกรณีเป็นบัสบาร์เดี่ยว) | 35 |

# สารบัญรูป (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ 4.2 แผนภาพเส้นเดียวภายในตู้สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางชนิดฉนวนเป็นก๊าซ รุ่น 8DA10 | 36 |
| รูปที่ 4.3 แผนภาพลอจิกเมื่อต้องการให้ Disconnector ทำงาน | 36 |
| รูปที่ 4.4 แผนภาพลอจิกเมื่อต้องการให้ Earthing Switch ทำงาน | 36 |
| รูปที่ 4.5 แผนภาพลอจิกเมื่อต้องการให้ เซอร์กิตเบรคเกอร์ปิดวงจร | 37 |
| รูปที่ 4.6 แผนภาพลอจิกเมื่อต้องการให้ เซอร์กิตเบรคเกอร์เปิดวงจร | 37 |
| รูปที่ ช.1 การติดตั้งโปรแกรม DIGSI 4 | 120 |
| รูปที่ ช.2 การติดตั้งโปรแกรม DIGSI 4 | 120 |
| รูปที่ ช.3 การติดตั้งโปรแกรม DIGSI 4 | 121 |
| รูปที่ ช.4 การติดตั้งโปรแกรม DIGSI 4 | 121 |
| รูปที่ ช.5 การติดตั้งโปรแกรม DIGSI 4 | 122 |
| รูปที่ ช.6 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 | 122 |
| รูปที่ ช.7 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 | 123 |
| รูปที่ ช.8 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 | 123 |
| รูปที่ ช.9 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 | 124 |
| รูปที่ ช.10 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 | 124 |
| รูปที่ ช.11 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 | 125 |
| รูปที่ ช.12 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 | 125 |
| รูปที่ ช.13 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 | 126 |
| รูปที่ ช.14 การตั้งค่าภาษา | 126 |
| รูปที่ ช.15 การตั้งค่าภาษา | 127 |
| รูปที่ ช.16 การตั้งค่าภาษา | 128 |
| รูปที่ ช.17 การตั้งค่าภาษา | 128 |
| รูปที่ ช.18 การตั้งค่าภาษา | 129 |
| รูปที่ ช.19 การตั้งค่าภาษา | 129 |
| รูปที่ ช.20 การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device | 130 |
| รูปที่ ช.21 การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device | 130 |
| รูปที่ ช.22 การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device | 131 |

# สารบัญรูป (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ ช.23 การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device | 132 |
| รูปที่ ช.24 การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device | 132 |
| รูปที่ ช.25 การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device | 133 |
| รูปที่ ช.26 การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device | 133 |
| รูปที่ ช.27 การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device | 134 |
| รูปที่ ช.28 การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device | 134 |
| รูปที่ ช.29 การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device | 135 |
| รูปที่ ช.30 การส่งข้อมูล เข้าสู่ Device | 135 |
| รูปที่ ช.31 การส่งข้อมูล เข้าสู่ Device | 136 |
| รูปที่ ช.32 การส่งข้อมูล เข้าสู่ Device | 136 |
| รูปที่ ช.33 การส่งข้อมูล เข้าสู่ Device | 137 |
| รูปที่ ช.34 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) | 138 |
| รูปที่ ช.35 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) | 138 |
| รูปที่ ช.36 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) | 139 |
| รูปที่ ช.37 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) | 139 |
| รูปที่ ช.38 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) | 140 |
| รูปที่ ช.39 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) | 140 |
| รูปที่ ช.40 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) | 141 |
| รูปที่ ช.41 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) | 141 |

# สารบัญรูป (ต่อ)


หน้า

รูปที่ ช.42 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 142
รูปที่ ช.43 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 142
รูปที่ ช.44 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 143
รูปที่ ช.45 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 143
รูปที่ ช.46 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 144
รูปที่ ช.47 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 144
รูปที่ ช.48 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 145
รูปที่ ช.49 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 145
รูปที่ ช.50 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 146
รูปที่ ช.51 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 146
รูปที่ ช.52 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 147
รูปที่ ช.53 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 147
รูปที่ ช.53 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า
รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ) 148
รูปที่ ญ.1 การต่อวงจรของชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะโดย
SIPROTEC ก่อนการวิจัย 155

# สารบัญรูป (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| รูปที่ ญ.2 การเชื่อมต่อสายไฟของรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน | 155 |
| รูปที่ ญ.3 การเชื่อมต่อสายไฟบริเวณด้านหน้าของชุดสาธิตรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งานกับชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะ | 155 |
| รูปที่ ญ.4 การติดตั้งอุปกรณ์และเชื่อมต่อสายไฟภายในชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะ | 156 |
| รูปที่ ญ.5 ชุดมอเตอร์ เกียร์ เฟืองขับ | 157 |
| รูปที่ ญ.6 การเขียนโปรแกรมและเชื่อมต่อสายส่งข้อมูลเข้าสู่รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน | 157 |
| รูปที่ ญ.7 แหล่งจ่ายแรงดันสำหรับมอเตอร์กระแสตรง 220 VDC | 157 |
| รูปที่ ญ.8 หน้าจอแสดงผล และ Mimic สำหรับแสดงสถานะของใบมีด | 158 |
| รูปที่ ญ.9 ภาพรวมของอุปกรณ์ | 158 |

# สารบัญตาราง


หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางแผนการดำเนินงานวิจัย 4

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบระบบรีเลย์กับระบบ PLC 13

ตารางที่ 2.2 ตารางความจริงวงจร AND 15

ตารางที่ 2.3 ตารางความจริงวงจร OR 16

ตารางที่ 2.4 ตารางความจริงวงจร NOT 16

ตารางที่ 2.5 ตารางความจริงวงจร NAND 16

ตารางที่ 2.6 ตารางความจริงวงจร NOR 17

ตารางที่ 2.7 ตารางความจริงวงจร XOR 17

ตารางที่ 2.8 ตารางความจริงวงจร XNOR 18

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อวงจรและค่าใช้จ่าย เมื่อเลือกใช้อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงทั้ง 3 แบบ (ในกรณีที่เป็นบัสบาร์เดี่ยว) 34

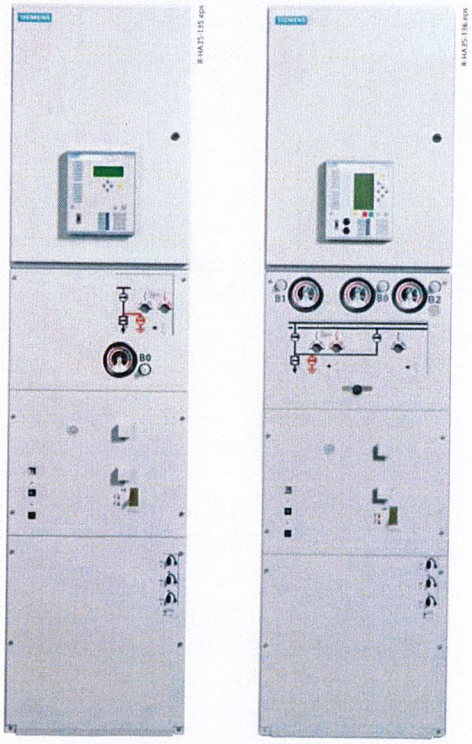
ตารางที่ 5.1 ตารางสรุปข้อเปรียบเทียบของการควบคุมมอเตอร์ทั้ง 3 แบบ 39

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

SIPROTEC คือชื่อทางการค้าของกลุ่ม Multifunction Protection Relay หรือ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ที่ถูกสร้างขึ้นและพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 เพื่อรองรับการใช้งานของระบบป้องกันไฟฟ้าแรงดันปานกลาง (1-40 กิโลโวลต์) และแรงดันสูง (40 กิโลโวลต์ขึ้นไป) พร้อมทั้งยังสามารถเพิ่มฟังก์ชัน ผ่านการเขียนโปรแกรมแบบลอจิก เพื่อนำมาใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆเช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ มอเตอร์ เป็นต้น และยังสามารถติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์แต่ละตัวได้ ซึ่งในปัจจุบันนั้น SIPROTEC ถูกนำมาใช้และเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางทั้งในและต่างประเทศ

สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางชนิดฉนวนเป็นก๊าซ เป็นอุปกรณ์ตัดต่อและป้องกันวงจรของระบบไฟฟ้าที่มีขนาดแรงดันปานกลาง ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักคือ Low Voltage Compartment, สวิตช์สามสถานะ (Three Position Switch), Vacuum Circuit Breaker และ Cable Connection ซึ่งโครงงานนี้จะกล่าวถึงในส่วนของการควบคุมสวิตช์สามสถานะ

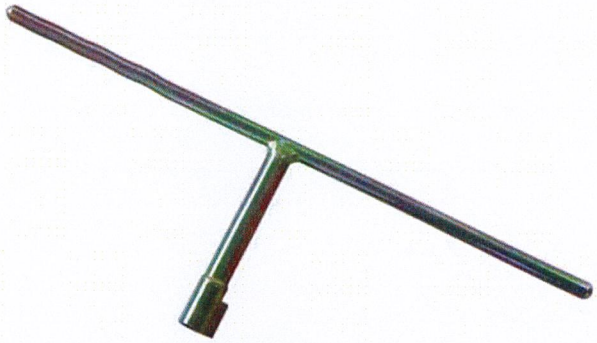


**รูปที่** 1.1 สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางชนิดฉนวนเป็นก๊าซ รุ่น 8DA10 (ซ้าย) และ 8DB10 (ขวา)[1]

สวิตช์สามสถานะ ถูกพัฒนาโดย ซีเมนส์เอจี ประเทศเยอรมนี เป็นอุปกรณ์ตัดต่อวงจร 3 สถานะ คือ Disconnector: ปิด-เปิดวงจร และ Earthing Switch: ปิด-เปิดวงจร โดยตำแหน่งเปิด

วงจรทั้งสองจะใช้แกนร่วมกัน เพื่อให้มีความสะดวกและปลอดภัย ในการเชื่อมต่อวงจรเข้าบัสบาร์ หรือต่อลงดินเพื่อการซ่อมบำรุง ซึ่งการทำงานของสวิตช์นั้น ต้องมีมอเตอร์กระแสตรงในการขับเคลื่อนใบมีดของสวิตช์ การควบคุมสวิตช์สามสถานะนั้น สามารถทำได้ 3 วิธี คือ

1. ควบคุมโดยระบบ Manual ซึ่งเราจะใช้เครื่องมือ (Operating Lever) ที่มีลักษณะดังรูปที่ 1.2 ในการเปลี่ยนสถานะของใบมีดในวงจร



(ก) เครื่องมือ (Operating Lever) สำหรับควบคุมสวิตช์สามสถานะ ในส่วนของ Disconnector

(ข) เครื่องมือ (Operating Lever) สำหรับควบคุมสวิตช์สามสถานะ ในส่วนของ Earthing Switch

**รูปที่** 1.2 เครื่องมือ (Operating Lever) สำหรับควบคุมสวิตช์สามสถานะ[1]

2. ควบคุมผ่านหน้าอุปกรณ์ โดยใช้งานผ่านสวิตช์บริเวณแผงควบคุม (Conventional หรือ Motor Control Unit) หรือใช้งานผ่านหน้าควบคุมใน รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน
3. ควบคุมโดยรีโมท โดยเราสามารถควบคุมในระยะทางที่ไกลได้หลายกิโลเมตร ขึ้นอยู่กับลักษณะความต้องการ

การเขียนโปรแกรมแบบลอจิกนั้น เราจะในโปรแกรมที่มีชื่อว่า DIGSI ซึ่งโปรแกรมนี้ จะเป็นตัวกำหนดฟังก์ชันของ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ให้ทำงานตามลักษณะที่เราต้องการ ซึ่งมีฟังก์ชันที่หลากหลาย จึงเปรียบเสมือนสมองกล ที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายในตู้สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางชนิดฉนวนเป็นก๊าซ ปัจจุบันในบางประเทศ ได้มีการนำ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน มาใช้ควบคุมมอเตอร์ในส่วนของสวิตช์สามสถานะแล้ว ซึ่งจะทำให้มีความสะดวกมากขึ้น

ดังนั้น บริษัท ซีเมนส์ จำกัด (ประเทศไทย) จึงมีการพัฒนาชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะ เพื่อสร้างความเชื่อมั่น และเปรียบเทียบการทำงานของใบมีดของสวิตช์ เมื่อมอเตอร์ถูกควบคุมด้วยอุปกรณ์ที่ต่างกัน 3 แบบ คือ

1. การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบ Conventional ประกอบด้วยรีเลย์ขยาย (Auxiliary Relay) ต่อร่วมกับรีเลย์หน่วงเวลา (Timer Relay) มีข้อดี คือ มีความยืดหยุ่นของวงจรสูง ซึ่งมาสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้หลากหลายผู้ผลิต แต่ก็มีข้อจำกัด คือ ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งมาก และใช้สายไฟในการเชื่อมต่อจำนวนมาก ในกรณีที่วงจรที่มีการเชื่อมต่อกับมอเตอร์หลายๆตัว
2. การใช้ Motor Control Unit (MCU) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่เชื่อมต่อกันบนแผงวงจร เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้ใช้งานต้องการประหยัดเนื้อที่ใช้ในการติดตั้งเมื่อมีการเชื่อมต่อกับมอเตอร์หลายๆตัว และยังสามารถควบคุมในระยะทางไกลได้โดยตรง แต่ MCU นั้น เป็นอุปกรณ์ที่มีฟังก์ชันเฉพาะ ไม่สามารถแก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงผ่านการเขียนโปรแกรมได้
3. การใช้รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ผ่านการเขียนโปรแกรมแบบลอจิก ซึ่งมีข้อดี คือเราสามารถเขียนโปรแกรมลงในซอฟแวร์ที่ชื่อว่า DIGSI ลงในอุปกรณ์ที่มีการใช้งานอยู่แล้ว ทำให้ประหยัดเนื้อที่ภายในตู้ และสามารถแก้ไขการควบคุมผ่านซอฟแวร์ได้ง่าย โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่อสายไฟใหม่ และยังสามารถควบคุมในระยะทางไกลได้โดยตรงเช่นเดียวกับการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้ MCU

การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้อุปกรณ์ที่ต่างกัน 3 รูปแบบ ข้างต้นนั้น จะทำให้ลูกค้าสามารถเปรียบเทียบและตัดสินใจ เลือกอุปกรณ์ต่างๆ ได้ตามความเหมาะสม

**1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

เพื่อศึกษาลักษณะการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้ควบคุมสวิตช์สามสถานะ เมื่อถูกควบคุมโดย รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ในส่วนของการเขียนโปรแกรมแบบลอจิกโดยใช้โปรแกรม DIGSI4 และเปรียบเทียบลักษณะการควบคุมโดยใช้วงจรแบบ Conventional หรือ MCU

**1.3 ขอบเขตของการวิจัย**

- ศึกษาฟังก์ชันการทำงานของ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน รุ่น 7SJ6452-2EA91-3FD7/DD-L0D และการใช้งานโปรแกรม DIGSI4
- ศึกษาและค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องลอจิกเกต และสร้างลอจิกเกต เพื่อนำมาควบคุมมอเตอร์กระแสตรงภายในสวิตช์สามสถานะ

- ศึกษาการทำงานของสวิตช์สามสถานะภายในตู้ สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางชนิดฉนวนเป็นก๊าซ รุ่น 8DA10, 8DB10
- ศึกษาและเปรียบเทียบข้อได้เปรียบ เสียเปรียบ เมื่อใช้ รีเลย์ป้องกับแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน เมื่อเทียบกับการใช้งานวงจรแบบ Conventional หรือ MCU ในการควบคุม มอเตอร์กระแสตรง

**1.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย**

**ตารางที่** 1.1 ตารางแผนการดำเนินงานวิจัย

| วิธีการดำเนินงานวิจัย | สิงหาคม | | | | กันยายน | | | | ตุลาคม | | | | พฤศจิกายน | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1. ศึกษาเรื่อง รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน, การเขียนโปรแกรมแบบลอจิก และ การใช้งานมอเตอร์กระแสตรง | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. ศึกษาการทำงานของ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน รุ่น 7SJ64 และการใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. ทดลองใช้โปรแกรม DIGSI 4 กับชุดสาธิต รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน โดยเขียนเป็นคำสั่งง่ายๆ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. เขียนแบบวงจรไฟฟ้า ที่ใช้ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. ศึกษา และวางแผนการเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้า | | | | | | | | | | | | | | | | |

**ตารางที่ 1.1(ต่อ)** ตารางแผนการดำเนินงานวิจัย

| วิธีการดำเนินงานวิจัย | สัปดาห์ที่ | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | สิงหาคม | | | | กันยายน | | | | ตุลาคม | | | | พฤศจิกายน | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 6. ทดลองต่อวงจรชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะ และเขียนโปรแกรมใส่ไปที่ รีเลย์ ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ที่จะใช้ในโครงงานนี้ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. แก้ไข ข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น เพิ่มเติม (Spare Time) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. ทำเล่มโครงงาน, โปสเตอร์, และเตรียมการนำเสนอ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. นำเสนอ | | | | | | | | | | | | | | | | |

## 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

- ทราบข้อดีข้อเสียของการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงภายในสวิตช์สามสถานะ ทั้ง 3 แบบ
- เข้าใจและใช้งานโปรแกรมที่มีลักษณะการทำงานของแผนภาพแบบบล็อก และลอจิกเกตได้
- สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม เมื่อเกิดปัญหากับอุปกรณ์แต่ละตัว เช่น มอเตอร์ทำงานผิดพลาด เมื่อมอเตอร์ได้รับไฟฟ้าที่ไม่เพียงพอใน 1 รอบการทำงาน เป็นต้น
- มีความรู้ความเข้าใจและสามารถออกแบบวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานของสวิตช์สามสถานะได้อย่างถูกต้อง
- สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อควบคุมการทำงานของสวิตช์สามสถานะได้อย่างเหมาะสม

# บทที่ 2
# แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงงานเรื่อง การพัฒนาชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะด้วย SIPROTEC ซึ่งการเขียนโปรแกรมแบบลอจิกนั้น จะมีลักษณะการทำงานและโครงสร้างที่คล้ายกับการเขียนโปรแกรมใน PLC จึงได้มีการนำแนวคิดนี้มาปรับใช้กับโครงงานเล่มนี้ อีกทั้งยังมีทฤษฎีที่กล่าวถึงการใช้งานมอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่นอกเหนือจากบทเรียน ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุมสวิตช์สามสถานะอีกด้วย

## 2.1 การเขียนโปรแกรมแบบลอจิก (Programmable Logic)[2]

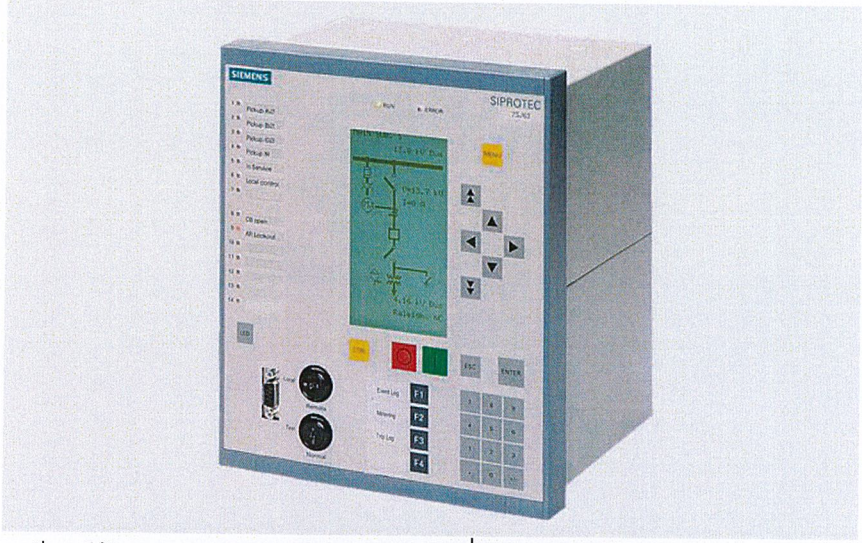
### 2.1.1 ประวัติของการควบคุมผ่านการเขียนโปรแกรมแบบลอจิก

ในอดีตการควบคุมแบบซีเควนซ์หรือแบบลำดับนั้นจะใช้รีเลย์เป็นหลัก และมักประสบปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงวงจร เพราะเกิดความยุ่งยากในการเดินสายไฟและขนาดของพื้นที่ ที่ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ จำกัด เมื่อมีความก้าวหน้าทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มมากขึ้น จึงมีการใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้แทนระบบเก่า ซึ่งได้เปรียบกว่าในเรื่องของขนาด ราคา ความเชื่อถือได้ ความเร็วในการทำงาน และความปลอดภัยจากไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุม อย่างไรก็ตาม การนำวงจรอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้แทนระบบเก่า ซึ่งเป็นวงจรรีเลย์ก็ยังไม่สามารถแก้ความยุ่งยากในการปรับปรุง และพัฒนาวงจรควบคุมได้ จนกระทั่งไม่กี่ปีนานมานี้ได้มีการพัฒนาระบบควบคุมที่ไม่ผูกติดกับอุปกรณ์ หรือฮาร์ดแวร์ขึ้นสำหรับใช้ในระดับอุตสาหกรรม โดยทำงานทีละคำสั่ง ที่ถูกกำหนดจากผู้ใช้ในลักษณะของโปรแกรม หรือชุดคำสั่งที่ทำให้ระบบควบคุมอัตโนมัติ มีความยืดหยุ่นต่อการใช้งานสูงและสามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตได้ การปรับปรุงแก้ไขสามารถทำได้โดยง่ายเพียงแค่แก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงโปรแกรม และที่สำคัญใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ (Microprocessor) เป็นหน่วยประมวลผล ทำให้อุปกรณ์มีขนาดเล็ก แต่ขีดความสามารถและความเร็วในการทำงานสูงกว่าเดิม

### 2.1.2 PLC คืออะไร[3]

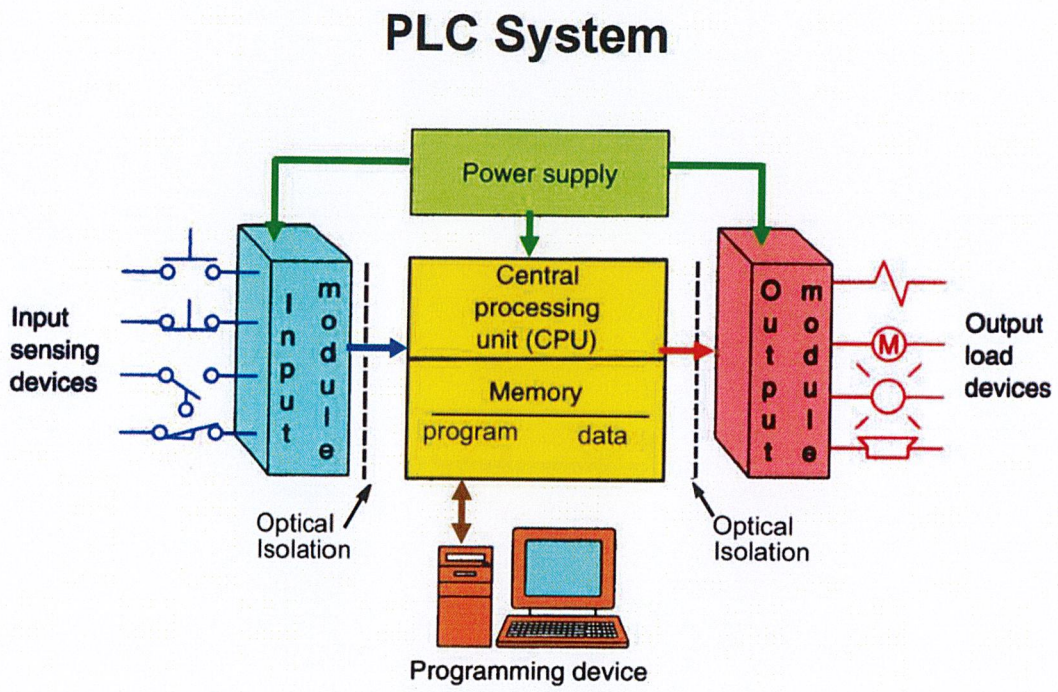
PLC คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกคิดค้นและพัฒนามาเพื่อทดแทนระบบควบคุมแบบเก่า ซึ่งประกอบด้วยรีเลย์จำนวนมาก การควบคุมทำได้โดยการโยงสายไปมาระหว่า อินพุท-รีเลย์-เอาท์พุท ให้สัมพันธ์กันกับการควบคุมที่ต้องการมาเพียงป้อนโปรแกรมเข้าไปเท่านั้น ซึ่งพบว่ามีความสะดวกมากกว่า ทั้งทางด้านการควบคุมและการแก้ไขระบบ ถ้าเป็นระบบเก่าเมื่อต้องการจะแก้ไขเปลี่ยนแปลงทำได้โดยแก้สายเก่าออกแล้วทำการโยงสายใหม่ แต่ถ้าใช้ PLC จะมีกลไกโยงสาย และสับเปลี่ยนหน้าสัมผัส ภายใน PLC โดยอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังสามารถตรวจดูวงจรได้

ง่ายกว่า เพียงแค่เรียกโปรแกรมมาดูเท่านั้น การทำงานโดยรวมก็มีความน่าเชื่อถือมากกว่า และมีการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลการทำงานได้อีกด้วย




**รูปที่** 2.1 รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ที่มีฟังก์ชันการเขียนโปรแกรมแบบลอจิก[4]

### 2.1.3 โครงสร้างและการทำงานของ PLC[2]




**รูปที่** 2.2 โครงสร้างของ Programmable Logic Control (PLC)[5]

ถ้าพิจารณาโครงสร้างทั่วไปแล้ว อาจกล่าวได้ว่า PLC นั้น ประกอบด้วยโครงสร้างที่สำคัญอยู่ 4 ส่วน คือ

1) หน่วยประมวลผล (Processor unit or CPU unit)

การประมวลผลของ PLC จะประมวลตามโปรแกรมที่ผู้ใช้ป้อน โดยสถานะภาพการทำงานของอุปกรณ์ ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่รับเข้ามา และผลที่ได้รับจากการประมวลผลข้อมูลที่เข้ามานั้นจะแสดงทางด้านเอาท์พุท การตรวจรับข้อมูลอินพุทจะเริ่มตรวจรับตั้งแต่อินพุทแรก จนถึงอินพุทสุดท้าย แล้วจึงกลับไปตรวจรับอินพุทแรกอีก กล่าวคือเป็นการทำงานแบบวนรอบ (Loop) หรือแบบทำซ้ำ (Repetitive) ซึ่งการทำงานในแต่ละรอบนี้เรียกว่าการสแกน (Scanning) และการสแกนในแต่ละรอบหากมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอินพุทแล้ว ผลของการสแกนก็จะถูกประมวลผลไปยังเอาท์พุทไปในทันที โดยทั่วไปแล้วการสแกนของ PLC ในรอบหนึ่งๆ จะเร็วมาก คือใช้เวลาเป็นมิลลิวินาที หรือไมโครวินาที ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับขนาดของโปรแกรมด้วย เพราะในระหว่างการสแกนคำสั่งทุกคำสั่งในโปรแกรมจะถูกประมวลผลหมด ดังนั้นโปรแกรมที่ใช้เวลาในการสแกนน้อย ก็จะมีการวนรอบเพื่อตรวจรับอินพุทถี่กว่าโปรแกรมที่ใช้เวลาในการสแกนมากเป็นผลให้การตอบสนองต่อการควบคุมรวดเร็วกว่าด้วย

2) หน่วยความจำ (Memory unit)

เนื่องจาก PLC เป็นอุปกรณ์ที่ประมวลผลไมโครโพรเซสเซอร์ ดังนั้นจึงต้องมีหน่วยความจำสำหรับเก็บคำสั่งและข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ไมโครโพรเซสเซอร์เรียกใช้ในการประมวลผล โดยขนาดของหน่วยความจำนี้จะเป็นตัวกำหนดขีดความสามารถของระบบด้วย ซึ่งปกติแล้วการอ้างถึงคำสั่งที่ใช้ในโปรแกรมจะอ้างเป็นแอดเดรส (Address) โดยคำสั่งเริ่มแรกจากแอดเดรสที่ 0000 แล้วคำสั่งถัดไปก็จะอยู่ในแอดเดรสที่ต่อเนื่องกัน บางครั้งผู้ผลิต PLC จะบอกมาในคู่มือการใช้เครื่องด้วยว่าผู้ใช้สามารถเขียนได้ไม่เกินแอดเดรสที่เท่าไหร่

นอกจากนี้ PLC ยังให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้หน่วยความจำได้หลายชนิดอีกด้วย เช่น

- ROM (Read Only Memory) เป็นหน่วยความจำที่ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลภายในได้ แต่สามารถเก็บข้อมูลขณะไม่มีไฟเลี้ยง
- RAM (Random Access Memory) เป็นหน่วยความจำที่แก้ไขข้อมูลได้ แต่ต้องใช้ไฟเลี้ยงเพื่อรักษาข้อมูลเอาไว้
- PROM (Programmable ROM) เป็นรอมชนิดหนึ่งที่ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมลงได้ด้วยอุปกรณ์พิเศษ
- EPROM (Erasable Programmable ROM) เหมือนPROM แต่สามารถลบข้อมูล ได้ ทั้งนี้สามารถศึกษาได้จากสเปกของ PC/PLC ของแต่ละบริษัท

โดยลักษณะของการใช้งานหน่วยความจำนั้น สามารถแบ่งหน่วยความจำได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

- หน่วยความจำของระบบ (system memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บระบบการจัดการและข้อมูลที่ใช้งาน
- หน่วยความจำของผู้ใช้ (user memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมและข้อมูลการใช้งาน ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเลือกหน่วยความจำชนิดนี้ได้ ดังที่กล่าวมาข้างต้น

ทั้งนี้ ภายใน PLC อาจมี RAM ประกอบอยู่เป็นส่วนหนึ่ง ของหน่วยความจำเพื่อเก็บสถานะของอินพุท / เอาท์พุทรีเลย์ (relay) ตัวตั้งเวลา (timer) ตัวนับ (counter) หรือข้อมูลอื่นๆของระบบที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงค่า (update) ระหว่างการประมวลผลร่วมอยู่ด้วย

3) หน่วยอินพุท-เอาท์พุท (input-output unit)

หน่วยอินพุท-เอาท์พุทของ PLC ที่ใช้ติดต่อกับระบบควบคุมนั้น จะเป็นสัญญาณดิจิตอลเท่านั้น ซึ่งในการใช้งาน ผู้ใช้ต้องศึกษาข้อกำหนดในการใช้งานของเครื่องอย่างละเอียด โดยทั่วไปแล้ว สัญญาณไฟฟ้าที่จะรับเข้าไปสู่วงจรภายใน ทั้งทางด้านอินพุท-เอาท์พุทจะไม่ต่อถึงกันโดยตรง แต่จะมีการปรับแรงดันไฟฟ้าให้มีค่าที่พอเหมาะก่อน แล้วส่งสัญญาณผ่านการเชื่อมโยงทางแสง (optic coupling) เพื่อป้องกันผลกระทบจากไฟฟ้าแรงดันสูง และสัญญาณรบกวน ซึ่ง PLC แต่ละรุ่นจะมีลักษณะของวงจรเชื่อมต่อดังกล่าวคล้ายๆกัน

การติดต่อระหว่างอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท กับ PLC บางครั้ง อาจมีการใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (signal converter) หรือพวกอุปกรณ์รับ (receiver) / ส่ง (transmitter) เพื่อปรับแปลงสัญญาณให้ใช้ร่วมกับ PLC ได้ เช่น การแปลงสัญญาณ จากแรงดัน หรืออุณหภูมิให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่ PLC สามารถเข้าใจได้

อุปกรณ์สำหรับการตรวจจับสัญญาณที่มีการนำมาประยุกต์ใช้กับ PLC ได้แก่ สวิตช์ลูกลอย สวิตช์ความดัน เทอร์โมสแตต ลิมิตสวิตช์ โฟลว์สวิตช์ หน้าสัมผัสช่วย และสวิตช์แบบไม่ต้องสัมผัส เช่น สวิตช์ลำแสง ตัวตรวจจับสี ตัวตรวจจับวัตถุ ตัวตรวจจับบาร์โคด ตัวตรวจจับความสูงของชิ้นงาน ตรวจจับความเร็วของการไหล หรือแม้แต่ตัวกำเนิดสัญญาณบางชนิดก็มีการนำมาใช้งานกับ PLC ในการควบคุมด้วยเช่นกัน

ข้อสังเกตอีกอันหนึ่งก็คือ PLC ส่วนใหญ่นั้นจะมีอินพุท-เอาท์พุท ที่ทำงานลักษณะ เปิด-ปิด (on-off) โดยทั้งหน้าสัมผัสอินพุท และหน้าสัมผัสเอาท์พุทจะมีจุดร่วม (common)ของหน้าสัมผัสร่วมนั่นเอง

4) อุปกรณ์ต่อร่วม (peripheral device)

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า PLC ถูกออกแบบมาให้ยืดหยุ่นต่อการใช้งานสูง และมีโครงสร้างคล้ายคอมพิวเตอร์ ทำให้ PLC สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆได้มากมาย ทั้งนี้ความ สามารถในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิต และขนาด ของเครื่องคอมพิวเตอร์ (PC) นั้น ซึ่งผู้ผลิตส่วนใหญ่มักออกแบบมาคล้ายๆกัน อุปกรณ์หลักๆที่ PC สามารถติดต่อได้แก่

- หน่วยป้อนโปรแกรม (Programming console)
- เครื่องป้อนโปรแกรมผ่านจอภาพ (CRT programmer)
- เครื่องพิมพ์ (Printer)
- เครื่องบันทึกข้อมูลลงหน่วยความจำ (Memory burner)
- จอภาพแสดงผล (Terminal monitor)
- หน่วยความจำแบบเทปคาสเซตต์ (Memory cassette unit)
- คอมพิวเตอร์ (Computer)

การใช้งานทั่วไปนั้นมักใช้ PLC ร่วมกับคอมพิวเตอร์ซึ่งมีฟังก์ชันที่ช่วยในการเขียนและตรวจสอบโปรแกรมมากมาย ประกอบกับทั่วไปตามโรงงาน หรือห้องควบคุมต่างๆ มักจะมีเครื่องคอมพิวเตอร์ไว้ใช้งานอยู่แล้ว การใช้คอมพิวเตอร์ติดต่อกับ PLC จึงกระทำได้สะดวก

PLC ที่ติดตั้งอยู่โดยทั่วไปนั้น จะประกอบไปด้วยชุดของ CPU หน่วยอินพุท-เอาท์พุท และอาจมีหน่วยขยายอินพุท-เอาท์พุท หรือหน่วยขยายของ CPU ร่วมอยู่ด้วย ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมด อาจถูกจัดให้อยู่ในกล่องเป็นชุดสำเร็จก็ได้ แต่ก็อาจไม่มีอุปกรณ์สำดับการป้อนโปรแกรม แก้ไขโปรแกรม ดูการทำงานของโปรแกรม เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ เมื่อป้อนโปรแกรมให้กับ CPU แล้วสามารถถอดไปใช้งานกับเครื่องอื่นๆได้

**2.1.4 การใช้ PLC ในกระบวนการผลิต**

การใช้ PLC ในกระบวนการผลิตประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

2.1.4.1 การใช้ PLC ทดแทนวงจรรีเลย์

ปัจจุบัน PLC มีราคาถูกลง และการทำงานมีความน่าเชื่อถือสูงขึ้นเมื่อเทียบกับวงจรรีเลย์ การผลิตมีประสิทธิภาพดีขึ้นถ้าใช้ PLC ควบคุมแทนวงจรรีเลย์ แต่ในบางกรณีการนำ PLC เข้าทดแทนระบบเดิมที่มีอยู่อาจไม่คุ้มค่า เมื่อพิจารณาในแง่การลงทุน การใช้ PLC จะเกิดประโยชน์เต็มที่ เมื่อมีความต้องการต่อไปนี้

1. ระบบควบคุมที่แก้ไข ดัดแปลงได้ง่าย
2. ความน่าเชื่อถือสูง

3. เนื้อที่จำกัด
4. ขยายจำนวนหน่วยอินพุท / เอาท์พุทในอนาคต
5. เก็บรวบรวมข้อมูลการผลิต
6. เปลี่ยนแปลงลักษณะและเงื่อนไขการควบคุมบ่อยครั้ง และต้องการประหยัดช่วงเวลาในการแก้ไขแต่ละครั้ง
7. การควบคุมลักษณะคล้ายกันถูกใช้กับเครื่องจักรหลายเครื่องพร้อมกัน
8. ระบบควบคุมมีการขยายตัวในอนาคต
9. จัดหาและฝึกอบรมบุคลากรที่ทำหน้าที่ดูแลรักษา PLC ได้

ระบบรีเลย์ เหมาะสมกับการควบคุมขนาดเล็กและไม่มีการขยายในอนาคต เนื่องจากวงจรรีเลย์จะมีราคาต่ำกว่า PLC แต่สำหรับงานควบคุมขนาดใหญ่ที่ซับซ้อน ควรใช้ PLC เพราะมีประสิทธิภาพการลงทุนสูงกว่าระบบรีเลย์เมื่อคำนึงถึงประโยชน์อื่นๆ ด้วย เช่น ติดตั้งง่าย การทำงานมีความรวดเร็วและน่าเชื่อถือสูง ระบบตรวจสอบตัวเอง ทำให้ PLC ซ่อมแซมและบำรุงรักษาง่าย

2.1.4.2 คอมพิวเตอร์และ PLC

PLC เป็นคอมพิวเตอร์เฉพาะงานประเภทหนึ่ง โครงสร้างของ PLC จึงเหมือนกับคอมพิวเตอร์ทั่วๆไป แต่ถูกออกแบบขึ้นใช้ในการควบคุมโดยเฉพาะ ความแตกต่างระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์ทั่วไปคือ

1. PLC ถูกออกแบบ และสร้างขึ้นให้ทนต่อสภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ เช่น อุณหภูมิที่สูงและต่ำมากๆ ความชื้นสูง ระบบไฟฟ้าที่มีการรบกวนไม่สม่ำเสมอ การสั่นสะเทือนและการกระแทกอย่างรุนแรงบ่อยครั้ง
2. การโปรแกรมและการใช้งาน PLC ทำได้ง่าย ไม่ยุ่งยากเหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไป PLC มีระบบการตรวจสอบตัวเอง ตั้งแต่ช่วงติดตั้งจนถึงช่วงใช้งาน ทำให้ระบบบำรุงรักษาทำได้ง่าย
3. PLC ถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการตัดสินใจสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้การใช้งานสะดวกขึ้น ขณะที่วิธีใช้คอมพิวเตอร์ยุ่งยากและซับซ้อนขึ้นเรื่อยๆ เพื่อให้สามารถปฏิบัติตามโปรแกรมของผู้ใช้ได้พร้อมกันหลายโปรแกรมของผู้ใช้เพียงโปรแกรมเดียว

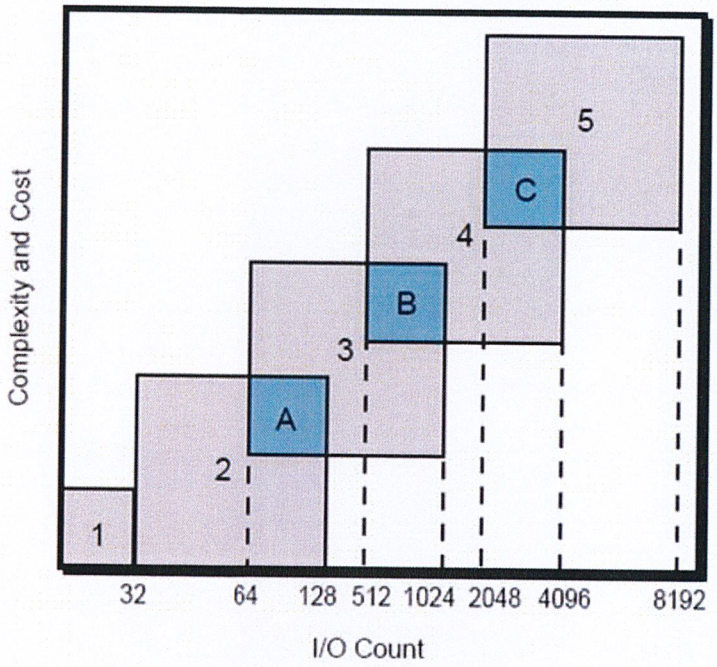
**2.1.5 การแบ่งขนาดของ PLC**

ระยะแรก PLC มีเพียง 2 ขนาด คือ PLC ขนาดเล็ก หรือ PLC ที่ใช้แทนวงจรรีเลย์ที่มีขนาดของหน่วยอินพุท / เอาท์พุท จำกัด ราคาถูก และ PLC ขนาดใหญ่มีหน่วยอินพุท / เอาท์พุท จำนวน

มาก ราคาแพง ทำให้ระยะนั้น อุตสาหกรรมบางประเภทไม่สามารถจัดหา PLC ที่เหมาะสมกับขนาดของงานที่มีอยู่ เนื่องจาก PLC ขนาดเล็ก มีขีดจำกัดมากเกินไป แต่การใช้ PLC ขนาดใหญ่ ก็สิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็น

ปัจจุบัน PLC มีหลายขนาด บริษัทผู้ผลิตทุกแห่ง พยายามผลิตให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภท ทำให้ PLC แต่ละรุ่นมีข้อดีแตกต่างกัน เป็นการยากที่จะเลือกตัดสินใจเลือก PLC ให้เหมาะสมกับงานที่มีอยู่ในปัจจุบัน ข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของหน่วยอินพุท / เอาท์พุท และหน่วยความจำไม่เพียงพอที่จะใช้ในการตัดสินใจเลือก PLC ปัจจุบัน PLC แบ่งเป็น 4 ขนาด ตามขนาดของหน่วย อินพุท / เอาท์พุท คือ

1. PLC ขนาดเล็ก จำนวนหน่วยอินพุท / เอาท์พุท ไม่เกิน 128 จุด
2. PLC ขนาดกลาง จำนวนหน่วยอินพุท / เอาท์พุท ไม่เกิน 1024 จุด
3. PLC ขนาดใหญ่ จำนวนหน่วยอินพุท / เอาท์พุท ไม่เกิน 4096 จุด
4. PLC ขนาดใหญ่ จำนวนหน่อยอินพุท / เอาพุท ประมาณ 8192 จุด




**รูปที่** 2.3 การแบ่งขนาด PLC[2]

จากภาพที่ 2.3 พื้นที่หลัก 2, 3, 4, และ 5 หมายถึงขนาดของ PLC ที่เหมาะสมกับงานตามขนาดของหน่วนอินพุท / เอาท์พุท ที่ต้องการ พื้นที่กลุ่ม A, B, และ C หมายถึงช่วงต่อของขนาด PLC ซึ่งของหน่วยอินพุท / เอาท์พุท ไม่ใช่ปัจจัยหลักในการเลือก PLC อีกต่อไป แต่การเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับข้อดีและความสามารถพิเศษอื่นๆ ของ PLC แต่ละรุ่น นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีผู้ผลิตบางรายผลิต PLC ขนาดเล็กที่มีหน่วยอินพุท / เอาท์พุทเพียง 32 จุด เรียกว่า ไมโครพีแอลซี (Micro-PLC) เพื่อลดขนาดและราคาของ PLC ให้ต่ำลงจนสามารถให้แทนวงจรรีเลย์ขนาดเล็กได้

### 2.1.6 ข้อดีของ PLC

1. ขนาดของระบบเล็กลง ภายในของ PLC จะใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์และซอฟแวร์แทนรีเลย์ ตัวตั้งเวลา ตัวนับ และองค์ประกอบของซีเควนซ์อื่นๆ
2. ใช้โปรแกรมแทนการเดินสาย วงจรรีเลย์ต้องการเดินสายระหว่างรีเลย์และอุปกรณ์ต่างๆเพื่อประกอบวงจรควบคุม แต่ PLC ใช้โปรแกรมรูปวงจรในหน่วยความจำ จึงไม่มีการ เดินสายระหว่างอุปกรณ์จริงให้ยุ่งยาก
3. เปลี่ยนแปลงวงจรควบคุมและขยายระบบทำได้ง่าย โปรแกรมใน PLC สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้โดยง่าย
4. ลดเวลาในการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ของ PLC เป็นมาตรฐานสามารถประกอบใส่ตู้ควบคุมได้รวดเร็ว การออกแบบวงจรและการโปรแกรมทำได้รวดเร็ว นอกจากนั้นยังสามารถทดลองวงจรโดยทดลองใน PLC ได้ด้วย ทำให้การตรวจสอบวงจรเป็นไปได้รวดเร็ว
5. PLC มีเสถียรภาพดีกว่าวงจรควบคุมแบบรีเลย์ ชิ้นส่วนภายใน PLC เป็นอุปกรณ์โซลิดสเตต วงจรควบคุมไม่มีการเดินสาย และไม่มีปัญหาเกี่ยวกับหน้าสัมผัส นอกจากนั้นใน PLC ยังมีโปรแกรมที่สามารถทดสอบตัวเองได้อีกด้วย
6. มีหน่วยอินพุท / เอาท์พุท หลายแบบ ในปัจจุบัน PLC มีหน่วยอินพุท / เอาท์พุท หลายแบบสามารถเลือกใช้ได้เหมาะสมกับสภาพของงาน
7. มีราคาถูกและสามารถทำงานได้เร็วกว่าระบบควบคุมแบบรีเลย์ ข้อเปรียบเทียบของระบบรีเลย์กับระบบ PLC ดังแสดงในตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** การเปรียบเทียบระบบรีเลย์กับระบบ PLC

| ข้อเปรียบเทียบ | รีเลย์ | PLC |
|---|---|---|
| **ฟังก์ชัน** | ใช้ในการควบคุมซับซ้อนได้ ถ้าใช้ รีเลย์จำนวนมาก | การควบคุมซับซ้อนเพียงใดก็สามารถโปรแกรมได้ |
| **การเปลี่ยนแปลง-การควบคุม** | เปลี่ยนได้โดยการเดินสายไฟใหม่ | เปลี่ยนโดยการแก้ไขโปรแกรม |
| **ความเชื่อถือได้** | ปกติเชื่อถือได้ แต่มีปัญหาเรื่องการต่อสายหลวมและอายุการใช้งานของรีเลย์ | องค์ประกอบหลักคือสารกึ่งตัวนำจึงไม่มีปัญหาจากจุดต่อสายหลวม |
| **ใช้งานได้อเนกประสงค์** | ใช้ได้กับงานที่ออกแบบมาเฉพาะเท่านั้น | ใช้งานได้อเนกประสงค์โดยการเขียนโปรแกรม |

**ตารางที่** 2.1(ต่อ) การเปรียบเทียบระบบรีเลย์กับระบบ PLC

| ข้อเปรียบเทียบ | รีเลย์ | PLC |
|---|---|---|
| **การขยายระบบ** | ทำได้ยาก ต้องเพิ่มอุปกรณ์หรือเปลี่ยนแปลงแก้ไขใหม่ | ขยายได้เรื่อยๆจนเต็มขีดความสามารถ |
| **บำรุงรักษาง่าย** | ต้องตรวจเช็คบ่อยๆและต้องเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีอายุจำกัด | ซ่อมโดยการเปลี่ยนประกอบ |
| **การเข้าใจเทคนิค** | มีใช้กันแพร่หลาย คนส่วนมากเข้าใจเทคนิคการใช้รีเลย์ | ยังไม่แพร่หลายเท่ากับรีเลย์ |
| **ขนาด** | ค่อนข้างใหญ่ | เล็กและไม่ใหญ่ตามความซับซ้อนของการควบคุม |
| **เวลาในการออกแบบ** | ต้องเขียนแบบจำนวนมากและต้องใช้เวลาในการประกอบและการทดสอบ | ออกแบบง่าย แม้จะเป็นการควบคุมที่ซับซ้อน การประกแบวงจรควบคุมทำได้ง่าย |
| **จุดคุ้มทุน** | ถ้าใช้จำนวนมาก จุดคุ้มทุนมาก | ระบบยิ่งใหญ่ยิ่งคุ้ม |

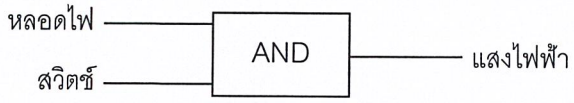
**รูปที่** 2.4 รีเลย์ขยายของOmron (ซ้าย)[6] และ PLC ของซีเมนส์ (ขวา)[7]

## 2.2 วงจรตรรกะหรือวงจรลอจิก (Logic gate)[8]

หลักการทำงานของ PLC ใช้วงจรตรรกะหรือวงจรลอจิก (Logic gate) เพื่อให้เกิดสัญญาณเอาท์พุทที่มีเงื่อนไขต่างๆ วงจรลอจิก หมายถึงวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ หรือระบบรีเลย์ที่มีสัญญาณเพียง 2 ระดับ หรือ 2 สภาวะเท่านั้น PLC ใช้สัญญาณไฟฟ้า 2 ระดับ แทน 2 เหตุการณ์ ที่แตกต่างกัน เช่น การปิด-เปิดวาล์ว การปิด-เปิดสวิตช์ เป็นต้น วงจรตรรกะมี 2 ชนิดคือ แบบบวก (Positive Logic) และแบบลบ (Negative Logic) ลอจิกแบบบวกจะใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับสูง แทนสภาวะลอจิก “1” และใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับต่ำ แทนสภาวะลอจิก “0” ส่วนวงจรลอจิกแบบลบ จะใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับต่ำ แทนสภาวะลอจิก “1” และใช้สัญญาณไฟฟ้าระดับสูง แทนสภาวะลอจิก “0”

สภาวะลอจิก คือ สภาวะ “1” หรือ”0” ใช้แทนการทำงานของอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลง 2 สภาวะ ระบบควบคุมที่ใช้ระบบรีเลย์ และ PLC จะนำเอาสภาวะของอุปกรณ์เหล่านี้มาปฏิบัติลอจิกด้วยกัน เพื่อเข้ากันกับเงื่อนไขการควบคุม เพื่อให้สภาวะอินพุทต่างๆ เช่น A, B ทำให้เกิดเอาท์พุท Y เป็นต้น

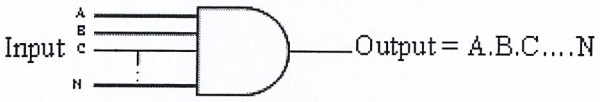
พีชคณิตบูลลีนมีไว้สำหรับธิบายความสัมพันธ์ทางลอจิก ทำให้เข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น ตัวอย่างสมการบูลลีนของรูปที่ 4.5 เขียนได้ว่า Y (แสงไฟฟ้า) = A(สวิตช์).B(หลอดไฟ) วงจรลอจิกที่ใช้วิธีการเดินสายไฟเชื่อมต่าอุปกรณ์ต่างๆ เช่น รีเลย์ สวิตช์ ซึ่งมีความยุ่งยากและแก้ไขเพิ่มเติมได้ยาก ส่วน PLC ใช้โปรแกรมลอจิกกำหนดเงื่อนไขการควบคุม แทนการเดินสายไฟต่อเชื่อมอุปกรณ์ต่างๆ ดังกล่าวมาแล้ว จึงทำให้ง่ายขึ้น




**รูปที่** 2.5 แสดงให้เห็นว่าแสงไฟฟ้าจะสว่างได้ ต้องมีสวิตช์ และหลอดไฟ

### 2.2.1 AND Gate

AND Gate คือ เกตที่ให้เอาท์พุทเป็นลอจิก 1 ก็ต่อเมื่ออินพุท ทุกตัวเป็นลอจิก 1 และจะให้เอาท์พุท เป็นลอจิก 0 เมื่ออินพุท ตัวใดตัวหนึ่งหรือทุกตัวเป็นลอจิก 0



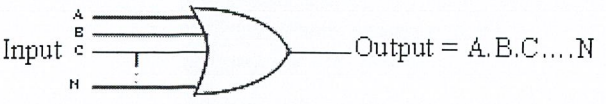

**รูปที่** 2.6 แสดงสัญลักษณ์ของ AND Gate

**ตารางที่** 2.2 ตารางความจริงวงจร AND

| A | B | Y = A•B |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

### 2.2.2 OR Gate

OR Gate คือ เกตที่ให้เอาท์พุท เป็นลอจิก 1 ก็ต่อเมื่ออินพุท ตัวใดตัวหนึ่งหรือทุกตัวเป็นลอจิก 1 และจะให้เอาท์พุท เป็นลอจิก 0 ก็ต่อเมื่ออินพุท ทุกตัวเป็นลอจิก 0



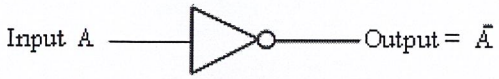

**รูปที่** 2.7 แสดงสัญลักษณ์ของ OR Gate

**ตารางที่** 2.3 ตารางความจริงวงจร OR

| A | B | Y = A+B |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 |

### 2.2.3 NOT Gate

NOT Gate คือ เกตที่ให้เอาท์พุท เป็น Complement ของอินพุท



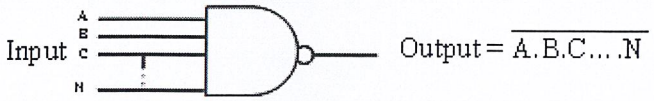

**รูปที่** 2.8 แสดงสัญลักษณ์ของ NOT Gate

**ตารางที่** 2.4 ตารางความจริงวงจร NOT

| A | - | Y = A' |
|---|---|---|
| 0 | - | 1 |
| 1 | - | 0 |

### 2.2.4 NAND Gate

NAND Gate คือ เกตที่ให้เอาท์พุท เป็นลอจิก 1 ก็ต่อเมื่ออินพุท ตัวใดตัวหนึ่งหรือทุกตัวเป็นลอจิก 0 และจะให้เอาท์พุท เป็นลอจิก 0 ก็ต่อเมื่ออินพุท ทุกตัวเป็นลอจิก 1




**รูปที่** 2.9 แสดงสัญลักษณ์ของ NAND Gate

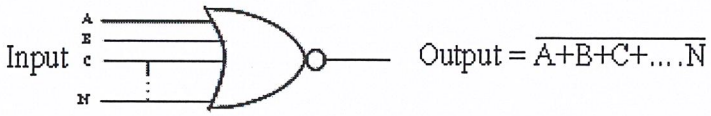
**ตารางที่** 2.5 ตารางความจริงวงจร NAND

| A | B | Y =( A • B)' |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

### 2.2.5 NOR Gate

NOR gate คือ เกตที่ให้เอาท์พุท เป็นลอจิก 1 ก็ต่อเมื่ออินพุท ทุกตัวเป็นลอจิก 0 และจะให้ เอาท์พุท เป็น ลอจิก 0 เมื่อ อินพุท ตัวใดตัวหนึ่งหรือทุกตัวเป็นลอจิก 1

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



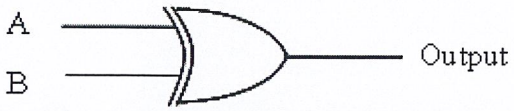

**รูปที่** 2.10 แสดงสัญลักษณ์ของ NOR Gate

**ตารางที่** 2.6 ตารางความจริงวงจร NOR

| A | B | Y = (A+B)' |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 0 |

### 2.2.6 Exclusive OR Gate

Exclusive OR Gate คือ เกตที่ให้เอาท์พุท เป็น ลอจิก 1 ก็ต่อเมื่อ อินพุท มี ลอจิก ต่างกัน และจะให้ เอาท์พุท เป็น ลอจิก 0 เมื่อ อินพุท มี ลอจิก เหมือนกัน



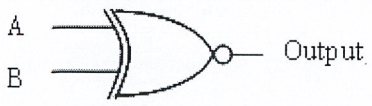

**รูปที่** 2.11 แสดงสัญลักษณ์ของ XOR Gate

**ตารางที่** 2.7 ตารางความจริงวงจร XOR

| A | B | Y = A⊕B |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 |

### 2.2.7 Exclusive NOR Gate

Exclusive NOR Gate หรือ Comparators Gate คือ เกตที่ให้ เอาท์พุท เป็น ลอจิก 1 ก็ต่อเมื่อ อินพุท มี ลอจิก เหมือนกัน และจะให้ เอาท์พุท เป็น ลอจิก 0 เมื่อ อินพุท มี ลอจิก ต่างกัน




**รูปที่** 2.12 แสดงสัญลักษณ์ของ XNOR Gate

148641

**ตารางที่** 2.8 ตารางความจริงวงจร XNOR

| A | B | Y = A⊙B |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 |

## 2.3 เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง[9][10]

เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง เป็นเครื่องจักรกลที่ทำหน้าที่แปลงรูปพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หรือแปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยที่เครื่องจักรจะทำงานด้วยการหมุนของโรเตอร์ เมื่อเครื่องจักรกลแปลงรูปพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเรียกว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ในขณะที่เครื่องจักรกลแปลงพลังงานกลเป็นไฟฟ้าเรียกว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (DC Generator)

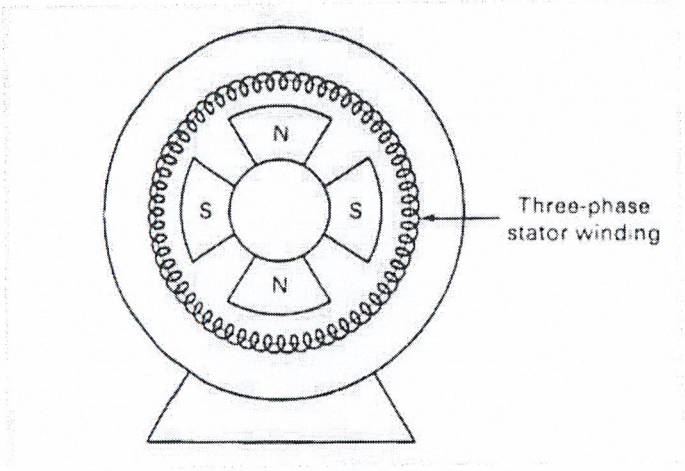
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีแรงบิดในขณะหมุนสูง เพราะมีตำแหน่งมุมระหว่างสนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กกับสนามแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์ทำมุมเท่ากับ 90 องศาทางไฟฟ้า ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไปไม่สามารถทำได้ ณ ตำแหน่งนี้

ในเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงมีซี่คอมมิวเตเตอร์และแปลงถ่าน ทำหน้าที่ในการจัดเรียงกระแสจากไฟฟ้ากระแสสลับในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วมีค่าสูงกว่าศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายใน จะทำให้กระแสไหลจากภายนอกเข้าตัวเครื่องจักร ซึ่งซี่คอมมิวเตเตอร์จะทำหน้าที่จัดเรียงกระแสที่อยู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็กที่แตกต่างกัน จึงทำให้กระแสที่ไหลในทิศทางตรงกันข้ามกัน ทำให้เกิดแรงบิดเสริมกัน จะเห็นได้ว่า เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงตัวหนึ่งนั้นสามารถเป็นได้ทั้งมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งส่วนประกอบต่างๆนี้ จะแสดงโครงสร้างของเครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรง

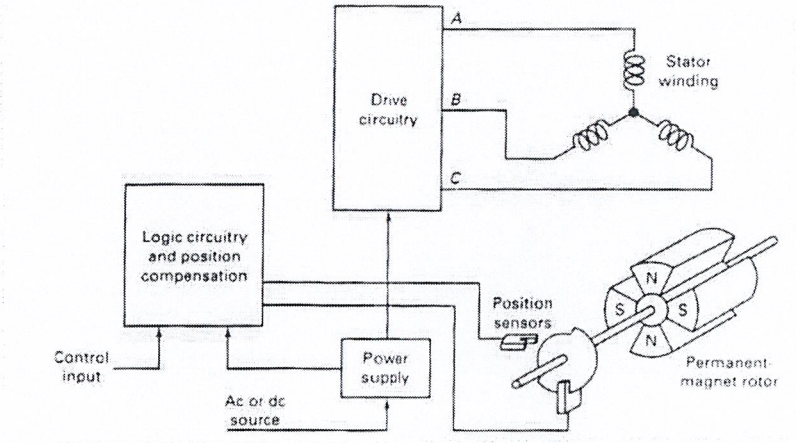
## 2.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motors)[11]

มอเตอร์กระแสตรงชนิดนี้จะนำไปใช้ในที่ที่มีอันตราย ปราศจากการเกิดประกายไฟที่แปรงถ่านสัมผัสกับซี่ของคอมมิวเตเตอร์ นำไปประยุกต์ใช้กับงานที่ขับเคลื่อนด้วยความเร็วคงที่ เช่น ขับเคลื่อนในฮาร์ดดิสก์ มอเตอร์แบบไร้แปรงถ่านมีโครงสร้างประกอบด้วย ตัวอยู่กับที่เป็นขดลวดอาร์เมเจอร์ ส่วนตัวที่เคลื่อนที่เป็นขั้วแม่เหล็กถาวรและที่ขดลวดอาร์เมเจอร์จะต่อเชื่อมเข้ากับวงจรสวิตช์ชิงอิเล็กทรอนิกส์ เป็นผลทำให้ทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดการเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของการสวิตช์ของทรานซิสเตอร์กำลัง ทำให้โรเตอร์ที่เป็นแม่เหล็กถาวรหมุนตามการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดอาร์เมเจอร์ ส่วนตำแหน่งในการตรวจจับที่เพลาจะใช้ในตอนเริ่มต้น เพื่อให้ได้เวลาในการสวิตช์ที่มีความเหมาะสม ซึ่งวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้

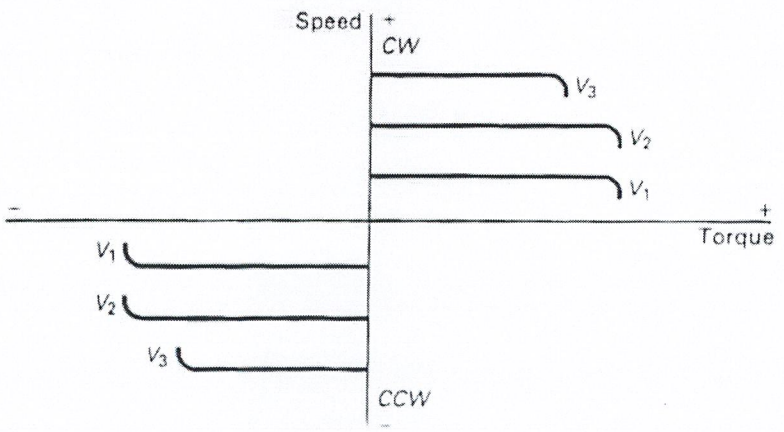
กับมอเตอร์กระแสตรง แบบไร้แปรงถ่านเป็นส่วนที่มีความยุ่งยากซับซ้อนพอสมควร อย่างไรก็ตาม หลักการทำงานโดยทั่วไปของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน ซึ่งแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2.13




(ก) โครงสร้างของมอเตอร์



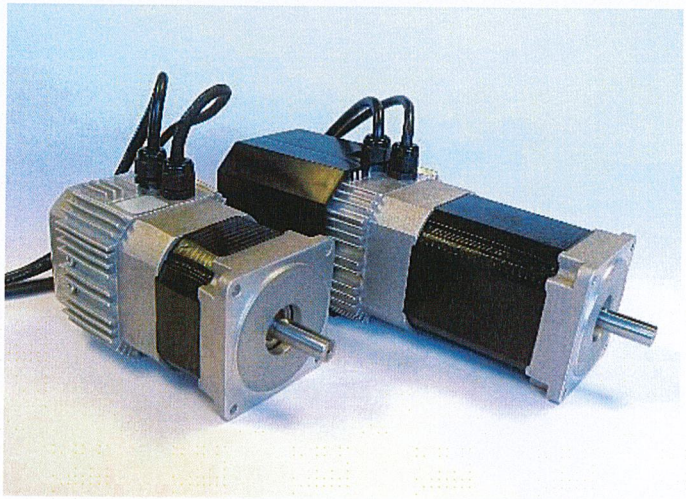

(ข) วงจรควบคุมการขับเคลื่อน




(ค) กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบ

**รูปที่** 2.13 โครงสร้างและลักษณะการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปลงถ่าน[11]

จากรูปที่ 2.13(ข) เป็นระบบการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านชนิด 3 เฟส ซึ่งประกอบด้วยที่สเตเตอร์มีขดลวดอาร์เมเจอร์จำนวน 3 ชุด โดยได้รับการกระตุ้นจากวงจรขับเคลื่อนอิเล็กทรอนิกส์และ มีสัญญาณตรวจจับตำแหน่งอยู่ที่เพลา ซึ่งโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่านมีลักษณะคล้ายกันกับของมอเตอร์ซิงโครนัส จำนวนขั้วแม่เหล็กของขดลวดอาร์เมเจอร์ที่สเตเตอร์จะถูกกำหนดตามจำนวนขั้วของแม่เหล็กถาวรของโรเตอร์ คุณลักษณะของแรงบิดและความเร็วรอบที่ได้ เกิดจากการควบคุมขนาดกระแสของขดลวดอาร์เมเจอร์และเวลาในการสวิตช์ของชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้จะให้ความเร็วรอบที่คงที่ เมื่อเปรียบเทียบกับแรงบิดที่เปลี่ยนแปลง สังเกตได้จากกราฟรูปที่ 2.13(ค)



**รูปที่** 2.14 มอเตอร์กระแสตรงแบบไร้แปรงถ่าน[11]

## 2.5 รีเลย์[12]

เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์มีหลักการทำงานคล้ายกับ ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าหรือโซลินอยด์ (solenoid) รีเลย์ใช้ในการควบคุมวงจร ไฟฟ้าได้อย่างหลากหลาย รีเลย์เป็นสวิตช์ควบคุมที่ทำงานด้วยไฟฟ้า แบ่งออกตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภทคือ

### 2.5.1 ประเภทของรีเลย์

1. รีเลย์กำลัง (power relay) หรือมักเรียกกันว่าคอนแทกเตอร์ (Contactor or Magnetic contactor)ใช้ในการควบคุมไฟฟ้ากำลัง มีขนาดใหญ่กว่ารีเลย์ธรรมดา

2. รีเลย์ควบคุม (control Relay) มีขนาดเล็กกำลังไฟฟ้าต่ำ ใช้ในวงจรควบคุมทั่วไปที่มีกำลังไฟฟ้าไม่มากนัก หรือเพื่อการควบคุมรีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ขนาดใหญ่ รีเลย์ควบคุม บางทีเรียกกันง่าย ๆ ว่า "รีเลย์"

### 2.5.2 ชนิดของรีเลย์

การแบ่งชนิดของรีเลย์สามารถแบ่งได้ 11 แบบ คือ ชนิดของรีเลย์แบ่งตามลักษณะของคอยล์ หรือ แบ่งตามลักษณะการใช้งาน (Application) ได้แกรีเลย์ดังต่อไปนี้

1. รีเลย์กระแส (Current relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยใช้กระแสมีทั้งชนิดกระแสขาด (Under- current) และกระแสเกิน (Over current)
2. รีเลย์แรงดัน (Voltage relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยใช้แรงดันมีทั้งชนิดแรงดันขาด (Under-voltage) และ แรงดันเกิน (Over voltage)
3. รีเลย์ช่วย (Auxiliary relay) คือ รีเลย์ที่เวลาใช้งานจะต้องประกอบเข้ากับรีเลย์ชนิดอื่น จึงจะทำงานได้
4. รีเลย์กำลัง (Power relay) คือ รีเลย์ที่รวมเอาคุณสมบัติของรีเลย์กระแส และรีเลย์แรงดันเข้าด้วยกัน
5. รีเลย์เวลา (Time relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยมีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ซึ่งมีอยู่ด้วยกัน 4 แบบ คือ
    5.1 รีเลย์กระแสเกินชนิดเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time over current relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาทำงานเป็นส่วนกลับกับกระแส
    5.2 รีเลย์กระแสเกินชนิดทำงานทันที (Instantaneous over current relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานทันทีทันใดเมื่อมีกระแสไหลผ่านเกินกว่าที่กำหนดที่ตั้งไว้
    5.3 รีเลย์แบบดิฟฟินิตไทม์เล็ก (Definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่มีเวลาการทำงานไม่ขึ้นอยู่กับความมากน้อยของกระแสหรือค่าไฟฟ้าอื่นๆ ที่ทำให้เกิดงานขึ้น
    5.4 รีเลย์แบบอินเวอสดิฟฟินิตมินิมั่มไทม์เล็ก (Inverse definite time lag relay) คือ รีเลย์ ที่ทำงานโดยรวมเอาคุณสมบัติของเวลาผกผันกับกระแส (Inverse time) และ แบบดิฟฟินิตไทม์แล็ก (Definite time lag relay) เข้าด้วยกัน
6. รีเลย์กระแสต่าง (Differential relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานโดยอาศัยผลต่างของกระแส
7. รีเลย์มีทิศ (Directional relay) คือรีเลย์ที่ทำงานเมื่อมีกระแสไหลผิดทิศทาง มีแบบ รีเลย์กำลังมีทิศ (Directional power relay) และรีเลย์กระแสมีทิศ (Directional current relay)
8. รีเลย์ระยะทาง (Distance relay) คือ รีเลย์ระยะทางมีแบบต่างๆ ดังนี้
    - รีแอกแตนซ์รีเลย์ (Reactance relay)
    - อิมพีแดนซ์รีเลย์ (Impedance relay)
    - โมห์รีเลย์ (Mho relay)
    - โอห์มรีเลย์ (Ohm relay)
    - โพลาไรซ์โมห์รีเลย์ (Polaized mho relay)
    - ออฟเซทโมห์รีเลย์ (Off set mho relay)

9. รีเลย์อุณหภูมิ (Temperature relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้
10. รีเลย์ความถี่ (Frequency relay) คือ รีเลย์ที่ทำงานเมื่อความถี่ของระบบต่ำกว่าหรือมากกว่าที่ตั้งไว้
11. บูคโฮลซ์รีเลย์ (Buchholz 's relay) คือรีเลย์ที่ทำงานด้วยก๊าซ ใช้กับหม้อแปลงที่แช่อยู่ในน้ำมันเมื่อเกิด ฟอลต์ ขึ้นภายในหม้อแปลง จะทำให้น้ำมันแตกตัวและเกิดก๊าซขึ้นภายในไปดันหน้าสัมผัส ให้รีเลย์ทำงาน

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินการวิจัย

## 3.1 อุปกรณ์

1. ซอฟแวร์ DIGSI4
2. รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน รุ่น 7SJ6452-2EA91-3FD7/DD-L0D 1 เครื่อง
3. ชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะ 1 ชุด
4. มัลติมิเตอร์ 1 เครื่อง
5. ไขควง
6. สายไฟ

## 3.2 การดำเนินงานวิจัย

### 3.2.1 วงจรที่นำมาใช้ และคำอธิบายการทำงานของวงจร

วงจรที่นำมาใช้ สามารถดูได้จากภาคผนวก ก คำอธิบายการทำงานของวงจรมีดังนี้

การทำงานของวงจรในโครงงานนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 วงจร คือ วงจรควบคุม และวงจรกำลัง ซึ่งวงจรควบคุมจะใช้ไฟเลี้ยง 24VDC และมีเซอร์กิตเบรคเกอร์ (-F100) เป็นตัวตัดต่อวงจร ส่วนวงจรกำลังนั้น จะใช้ไฟเลี้ยง 220VDC และมีเซอร์กิตเบรคเกอร์ (-F30) เป็นตัวตัดต่อวงจร และจะใช้ไฟเลี้ยง 230VAC สำหรับรีเลย์แบบ Latch และรีเลย์ขยายที่ใช้สำหรับขยายสถานะของสวิตช์เมื่อใช้เครื่องมือ (Operating Lever) โดยจะอธิบายการทำงานของทั้งสองวงจรที่ใช้มอเตอร์กระแสตรงในการเปลี่ยนสถานะของสวิตช์สามสถานะควบคู่กันไป ดังนี้

1. เมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์(-F30)ปิดวงจร วงจรกำลังจะเริ่มทำงาน โดยไฟ 220VDC จะไปรอที่หน้าสัมผัสภายใน รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน
2. เมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์(-F100)ปิดวงจร วงจรควบคุมจะเริ่มทำงาน โดยไฟ 24 VDC จะไปเลี้ยงรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน(-A21) ลอจิกและการตั้งค่าภายในสามารถทำงานได้ตามที่เรากำหนดไว้ โดยใช้ โปรแกรม DIGSI 4
3. รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน จะตรวจสอบสถานะของใบมีดของสวิตช์สามสถานะจาก Binary Input 1-4 ที่เราต่อวงจรไว้
4. Binary Input 1-2 จะใช้ตรวจสอบสถานะของ สวิตช์สามสถานะ Disconnector ปิดหรือเปิดวงจร และ Binary Input 3-4 จะใช้ตรวจสอบสถานะของสวิตช์สามสถานะ Earthing Switch ปิดหรือเปิดวงจร
5. Binary Input 5 จะใช้ตรวจสอบการทำงานของระบบ Manual โดยใช้เครื่องมือ (Operating Lever)

6. Binary Input 6-7 จะตรวจสอบสถานะของรีเลย์แบบ Latched (ใช้แทนสถานะของเซอร์กิตเบรคเกอร์) ปิดหรือเปิดวงจร
7. การเขียนโปรแกรมนั้น จะห้ามไม่ให้ Binary Output 13-16 ทำงานพร้อมกันและต้องมีการตั้งค่า Interlocking ให้ถูกต้อง
8. Binary input 16-19 จะใช้แทน สัญญาณควบคุมจากภายนอกที่เข้ามาสั่งการให้สวิตช์สามสถานะทำงาน
9. เมื่อโปรแกรมสั่งให้ Binary Output 13 (สำหรับ Disconnector) หรือ 15 (สำหรับ Earthing Switch) ทำงาน จะทำให้ไฟ 220VDC L+ เข้ามารอที่หน้าสัมผัส 13 และ ไฟ 220VDC L- เข้ามารอที่หน้าสัมผัส 43 ของรีเลย์ขยาย(-KB1)
10. ในขณะเดียวกันไฟ 220VDC จะผ่านวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดแบบเต็มคลื่นเพื่อให้รีเลย์ขยาย(-KB1) ทำงานได้ โดยหน้าสัมผัส 13-14 และ 43-44 จะปิดวงจรกำลัง และหน้าสัมผัส 21-22 จะเปิดวงจร
11. ไฟ 220VDC L+ จะเข้ามาที่ขั้ว –X1:1 และ ไฟ 220VDC L- จะเข้ามาที่ขั้ว -X1:0 ทำให้มอเตอร์หมุนตามเข็มนาฬิกา
12. ในทางเดียวกัน ถ้า Binary Output 14 (สำหรับ Disconnector) หรือ 16 (สำหรับ Earthing Switch) ทำงาน จะทำให้ไฟ 220VDC L+ เข้ามารอที่หน้าสัมผัส 43 และ ไฟ 220VDC L- เข้ามารอที่หน้าสัมผัส 13 ของ รีเลย์ขยาย(-KB1)
13. ในขณะเดียวกันไฟ 220VDC จะผ่านวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดแบบเต็มคลื่นเพื่อให้รีเลย์ขยาย(-KB1) ทำงานได้ โดยหน้าสัมผัส 13-14 และ 43-44 จะปิดวงจรกำลัง และหน้าสัมผัส 21-22 จะเปิดวงจร
14. ไฟ 220VDC L+ จะเข้ามาที่ขั้ว –X1:0 และ ไฟ 220VDC L- จะเข้ามาที่ขั้ว -X1:1 ทำให้มอเตอร์หมุนทวนเข็มนาฬิกา
15. เมื่อสั่งให้ Binary Output 17 หรือ 18 ทำงาน จะทำให้สถานะของรีเลย์แบบLatched เปลี่ยนไป โดย Binary Output 17 และ18 จะไม่ทำงานพร้อมกัน

การทำงานของมอเตอร์กระแสตรงนั้นจะใช้เวลาที่เท่าๆกันโดยเราจะกำหนดเวลาให้ Binary Output 13-16 ให้ปิดวงจร เป็นระยะเวลาที่เรากำหนดไว้โดยอ้างอิงมาจาก Technical Description เรื่อง Control Times of Motor-Operated Mechanisms for Three Position Switches (2012) ประเทศเยอรมนี(ภาคผนวก ฉ) และการทำให้มอเตอร์กระแสตรงหยุดหมุนแบบทันทีทันใดโดยไม่มีแรงเฉื่อยนั้น เราจะอาศัยวงจรเบรคมอเตอร์ที่ใช้ รีเลย์ขยาย (-KB1) บริเวณหน้าสัมผัส 31-32 เพื่อให้ขั้วของมอเตอร์ลัดวงจรถึงกัน และเกิดสนามไฟฟ้าต้านกลับ ทำให้มอเตอร์หยุดหมุนได้อย่างทันทีทันใด เมื่อไฟ 220VDC ถูกตัดออกจากรีเลย์ขยาย (-KB1)

นอกจากนี้ ยังมีระบบที่สามารถใช้ระบบ Manual โดยใช้เครื่องมือ (Operating Lever) ซึ่งอาจใช้ในกรณีที่ไฟดับ เพื่อให้สวิตช์สามสถานะ สามารถเปลี่ยนสถานะได้เช่นกัน เพื่อไม่ให้เกิดการทำงานที่พร้อมกัน โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. เมื่อเราเปิดช่องเสียบเครื่องมือ(Operating Lever) จะทำให้สวิตช์(-S24) ปิดวงจรไฟ 230VAC เข้ามาที่รีเลย์ขยาย(-K24)
2. และจะทำให้ไฟ 24VDC ผ่านหน้าสัมผัส 11-14 ของรีเลย์ขยาย(-K24) ที่ปิดวงจร ต่อเข้าที่ Binary Input 5 ภายในรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ซึ่งโปรแกรม จะบังคับ Binary Output 13-16 อยู่ในสถานะเปิดวงจร แม้ว่าเราจะสั่งให้มันทำงานก็ตาม (ไฟจะอยู่ที่ขั้ว N1 และ N2 ของรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (-A21))
3. ในขณะเดียวกัน ก็จะทำให้วงจรมอเตอร์กระแสตรงนี้หยุดการลัดวงจรที่ขั้ว เพราะหน้าสัมผัส 31-32 ของรีเลย์ขยาย(-K24) เปิดวงจรออก ส่วน หน้าสัมผัส 31-32 จะอยู่ในสถานะปกติ เนื่องจากไม่มีไฟ 220VDC เข้ามาที่รีเลย์ขยาย (-KB1) ทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้โดยใช้ Lever
4. เมื่อเราปิดช่องเสียบเครื่องมือ (Operating Lever) ก็จะทำให้มอเตอร์กระแสตรงตัวนี้ถูกลัดวงจรที่ขั้วเหมือนเดิม เนื่องจากหน้าสัมผัส 31-32 ถูกปิดวงจร เพื่อให้มอเตอร์หยุดนิ่งตลอดเวลา

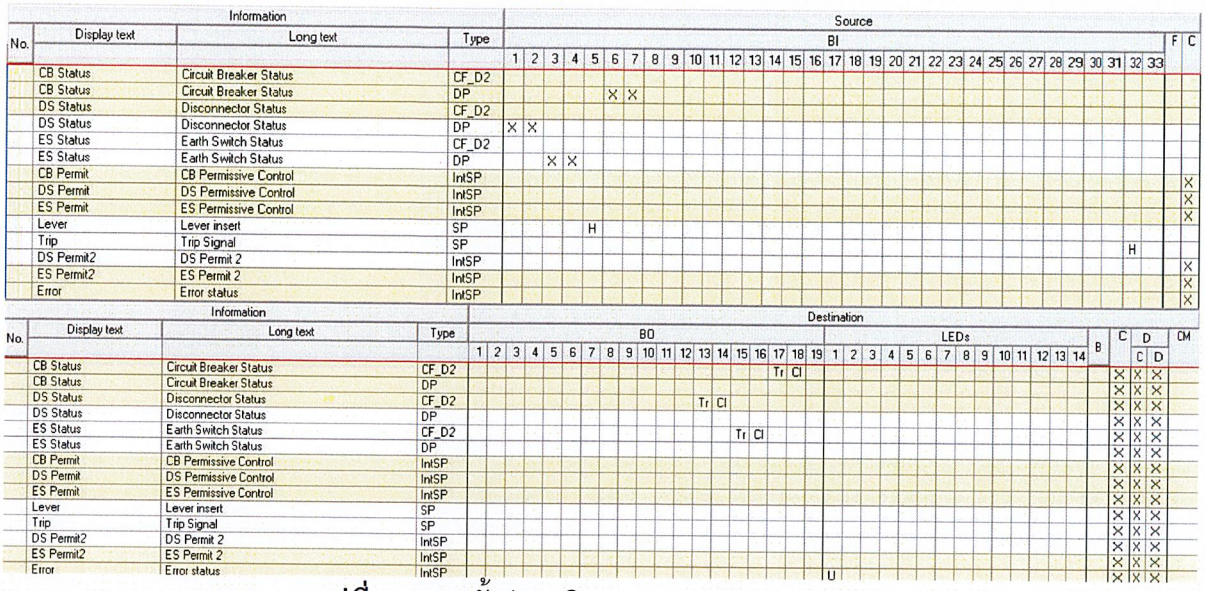
### 3.2.2 ขั้นตอนการตั้งค่าลอจิกเกต

1. ตั้งค่า Device และ Initialize device ให้เรียบร้อย รวมถึงภาษาที่ต้องการใช้ (สามารถดูได้จาก ภาคผนวก ช)
2. เข้าไปที่หน้าต่างของ Marking I/O (Configuration Matrix) แล้ว Insert Information ดังรูปที่ 3.1

| | Information | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Number | Display text | Long text | Type |
| 3 Pos. Control | | CB Status | Circuit Breaker Status | CF_D2 |
| | | CB Status | Circuit Breaker Status | DP |
| | | DS Status | Disconnector Status | CF_D2 |
| | | DS Status | Disconnector Status | DP |
| | | ES Status | Earth Switch Status | CF_D2 |
| | | ES Status | Earth Switch Status | DP |
| | | CB Permit | CB Permissive Control | IntSP |
| | | DS Permit | DS Permissive Control | IntSP |
| | | ES Permit | ES Permissive Control | IntSP |
| | | Lever | Lever insert | SP |
| | | Trip | Trip Signal | SP |
| | | DS Permit2 | DS Permit 2 | IntSP |
| | | ES Permit2 | ES Permit 2 | IntSP |
| | | Error | Error status | IntSP |

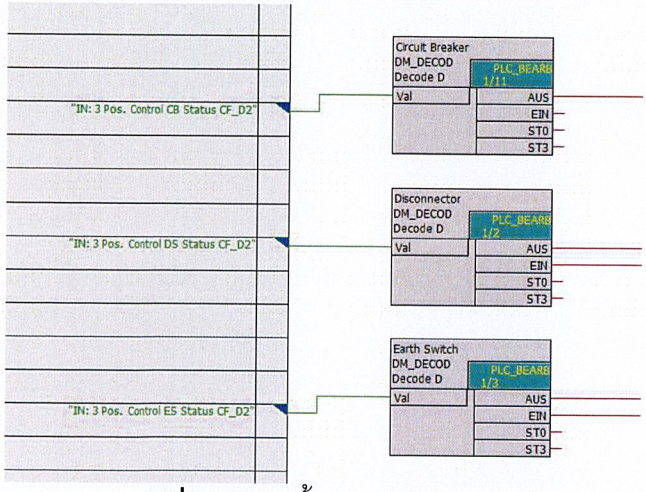
**รูปที่** 3.1 การตั้งค่าลอจิก (Configuration Matrix)

3. ตั้งค่า Binary Input, Binary Output, LED, CFC และ Display ดังรูปที่ 3.2



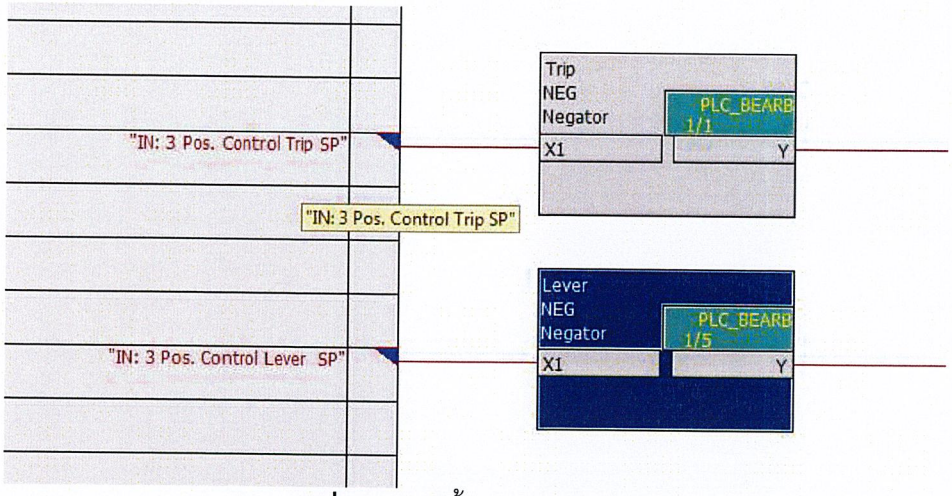

**รูปที่ 3.2** การตั้งค่าลอจิก (Configuration Matrix)

4. จากนั้น เข้าไปที่หน้าของการตั้งค่า CFC
5. ลากลอจิกเกต DM_DECOD มาใช้เพื่อรับสัญญาณแบบ Double Control แล้วแปลงสัญญาณในรูปแบบของบูลีน โดยจะใช้ 3 เกต เพื่อรับสถานะของ เซอร์กิตเบรคเกอร์ Disconnector และ Earthing Switch ดังรูปที่ 3.3



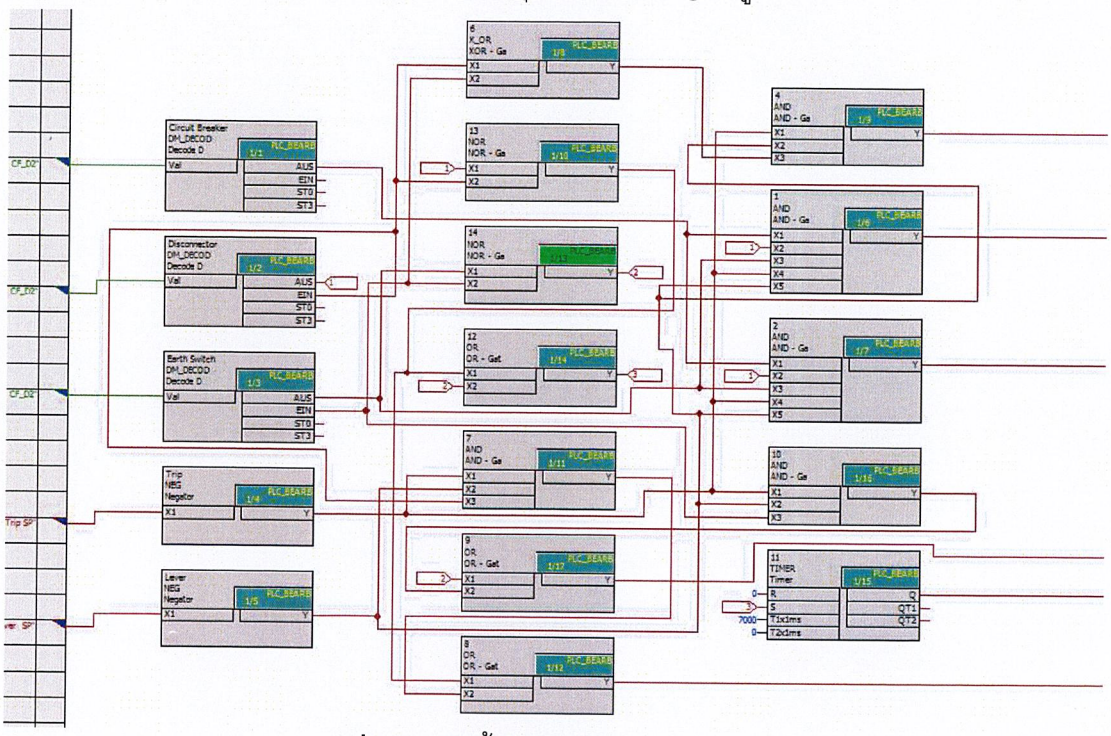

**รูปที่ 3.3** การตั้งค่าลอจิก (CFC)

6. ลากลอจิกเกต NEG เพื่อแปลงสัญญาณจาก 1 เป็น 0 หรือ 0 เป็น 1 ในโครงงานนี้ เราจะใช้รับสัญญาณ Trip จากภายนอก และสัญญาณของหน้าสัมผัสของเครื่องมือ Operating Lever ดังรูปที่ 3.4



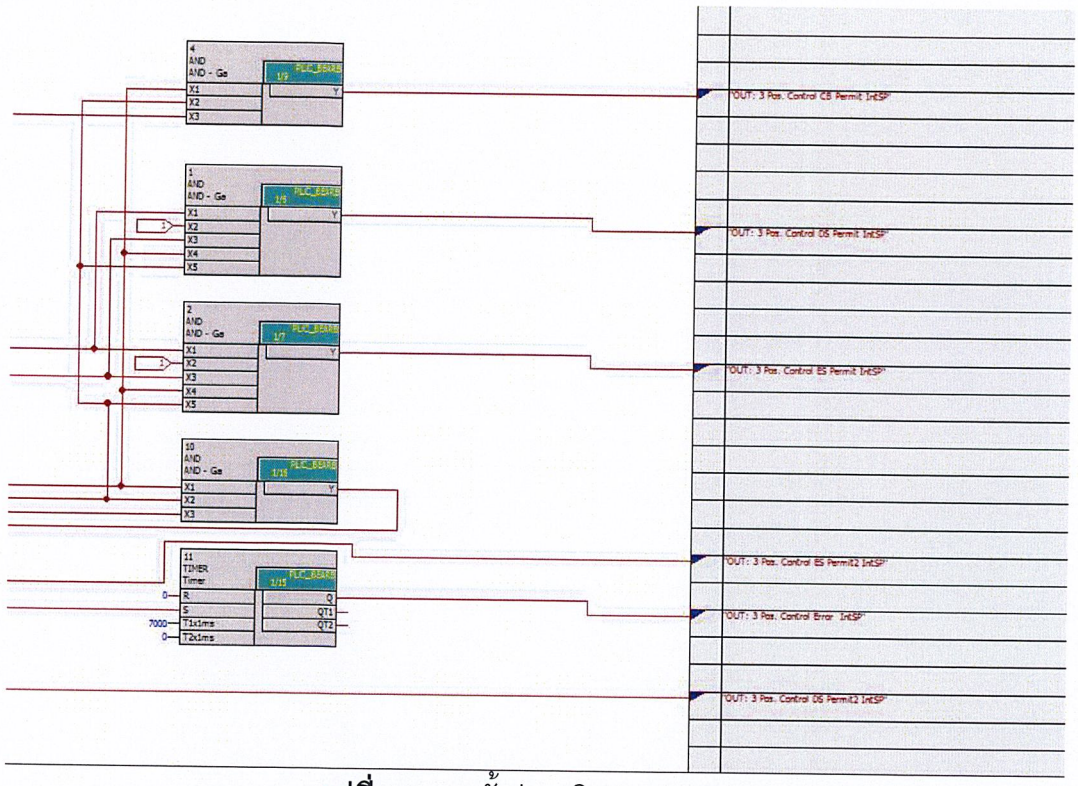

**รูปที่** 3.4 การตั้งค่าลอจิก (CFC)

7. เลือกใช้ลอจิกเกตเพื่อนำมาใช้ในการควบคุม Interlocking ดังรูปที่ 3.5



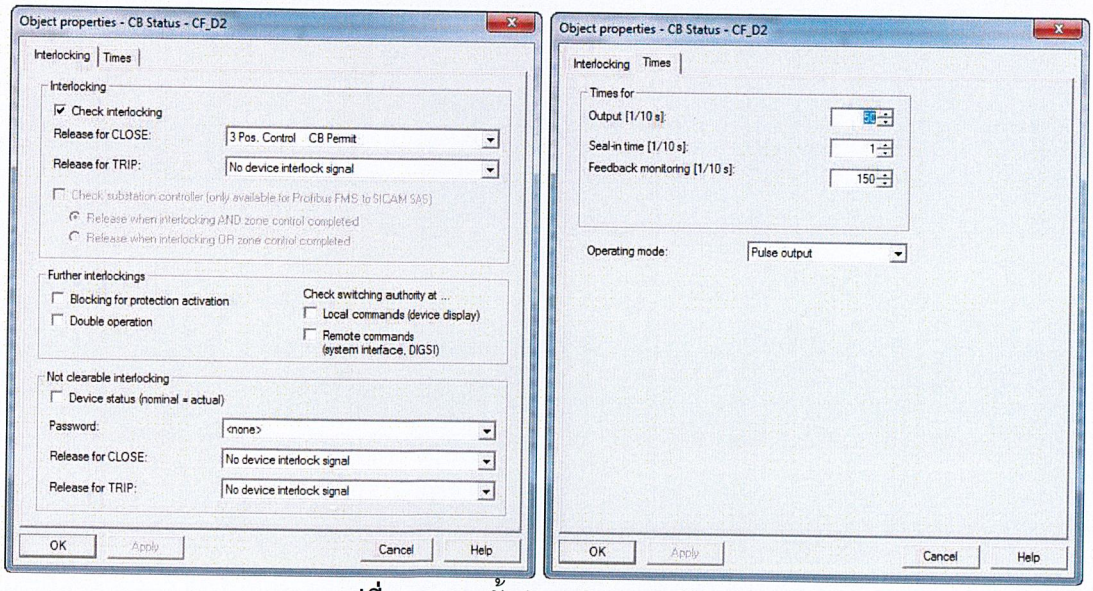
**รูปที่** 3.5 การตั้งค่าลอจิก (CFC)

8. ตั้งค่าเอาท์พุตเพื่อนำไปใช้ในการอนุญาติให้สั่งงานใบมีด ดังรูปที่ 3.6

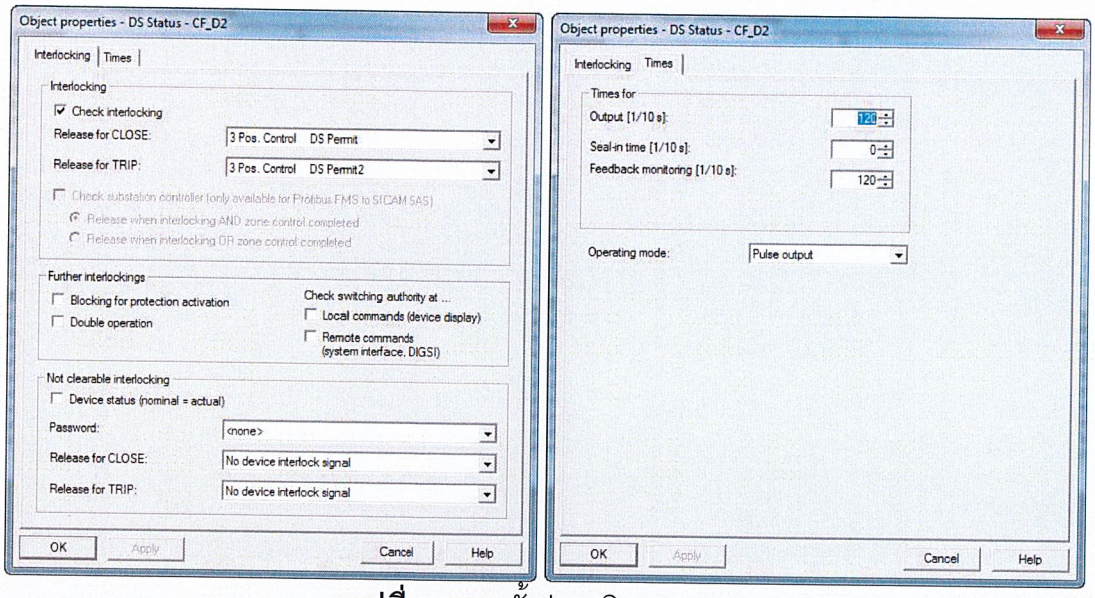



**รูปที่** 3.6 การตั้งค่าลอจิก (CFC)

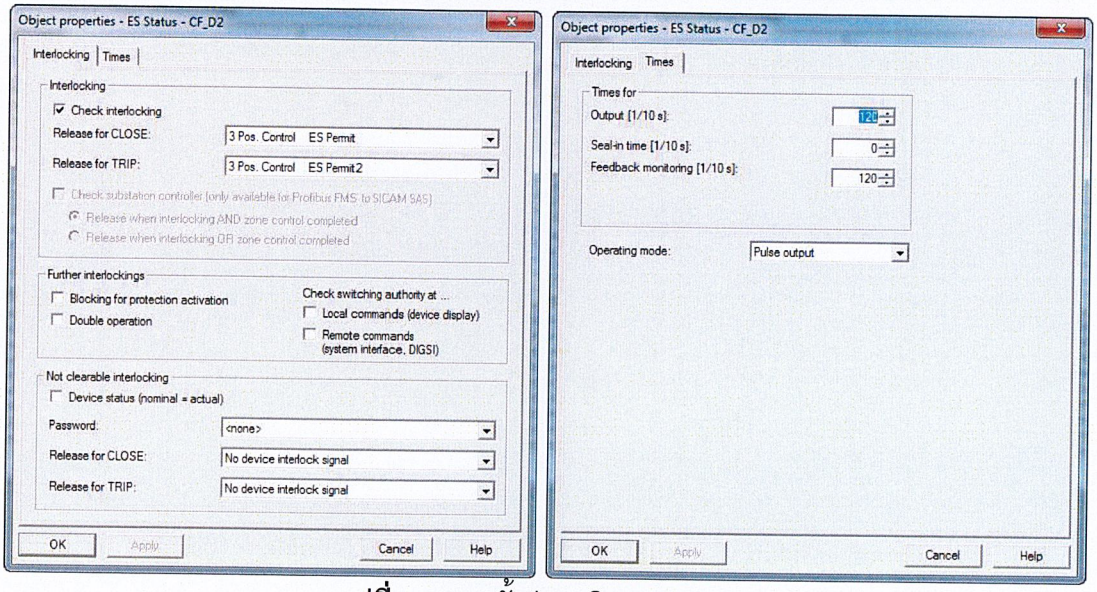
9. จากนั้น Compile
10. จากนั้น ตั้งค่า Properties ของทั้งสามอุปกรณ์ (เซอร์กิตเบรกเกอร์, Disconnector, Earthing Switch) ดังรูปที่ 3.7-3.9




**รูปที่** 3.7 การตั้งค่าลอจิก (เซอร์กิตเบรกเกอร์)

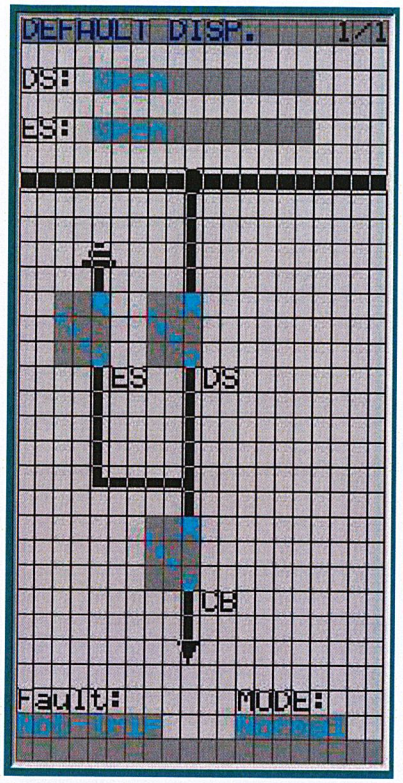



**รูปที่** 3.8 การตั้งค่าลอจิก (Disconnector)




**รูปที่** 3.9 การตั้งค่าลอจิก (Earthing Switch)

11. ตั้งค่า Default Display และ Control Display แล้ว link ให้ถูกต้อง ดังรูปที่ 3.7




**รูปที่ 3.10** การตั้งค่าลอจิก (สำหรับ Mimic บนรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน)

12. จากนั้น Save แล้วส่งเข้าสูรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (สามารถดูได้จาก ภาคผนวก ช.5)

### 3.2.3 ขั้นตอนการใช้งานชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะด้วย SIPROTEC

1. ต่อสายไฟเข้า Binary Input และ Binary Output ให้ถูกต้องตามแบบวงจรไฟฟ้า
2. ตรวจดู mCB -F10, -F20, -F21, -F22, -F30 อยู่ในตำแหน่งเปิดวงจรก่อน
3. ตรวจดู Terminal -XC31 และ -XC32 ต้องไม่อยู่ในตำแหน่งปิดวงจรพร้อมกัน และ -XV1:101-102 อยู่ในตำแหน่งเปิดวงจร และ -XV1:103-104 อยู่ในตำแหน่งปิดวงจร
4. ต่อสายไฟ Power Supply AC 230V, 50Hz (ปลั๊กสีดำ 3 ขา) เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ
5. ต่อสายไฟ Power Supply DC 220 VAC (แจ๊กสีดำ/แดง) เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ แจ๊กสีดำต่อเข้าขั้วลบ แจ๊กสีแดงต่อเข้าขั้วบวก
6. การใช้งานชุด AC/DC Power Supply โดยเลือกใช้ไฟ DC
   6.1 ต่อสายไฟอินพุท เข้ากับแหล่งจ่ายไฟ 220V, 50Hz
   6.2 บิดสวิตช์ AC/DC ไปที่ตำแหน่ง DC
   6.3 เปลี่ยน mCB Main Supply ไปที่ตำแหน่งปิดวงจร (หลอดไฟสีแดงจะสว่าง)
   6.4 เปลี่ยน mCB DC Supply ไปที่ตำแหน่งปิดวงจร
   6.5 ปรับแรงดันไฟฟ้าไปที่ 220VDC โดยให้เข็มของโวลต์มิเตอร์ชี้ไปที่ 220 V (หลอกไฟสีเขียวจะค่อยๆสว่าง)

7. เปลี่ยน mCB -F20, -F30 ให้อยู่ในตำแหน่งปิดวงจร
8. เปิดใช้งานรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งานที่ได้มีการเขียนโปรแกรมแบบลอจิกแล้ว จากนั้นสามารถตั้งค่าทดสอบ Interlock ได้ตามต้องการ โดย
   8.1 เมื่อบิดกุญแจฟังก์ชัน Interlock: Normal จะมีการใช้งาน Interlock ที่ได้ตั้งค่าไว้
   8.2 เมื่อบิดกุญแจฟังก์ชัน Interlock: OFF จะมีปิดการใช้งานของ Interlock ที่ได้ตั้งค่าไว้
9. เราสามารถควบคุมการทำงานของสวิตช์แต่ละตัวได้จากการควบคุมผ่านหน้าจอรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน จากนั้นแผนภาพที่ได้ตั้งค่าไว้ จะเปลี่ยนไปตามสถานะที่เราสั่งงาน รวมถึงไฟที่แสดงหน้าชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะด้วย

### 3.3 การเลือกใช้อุปกรณ์ที่นำมาต่อในวงจรนี้

- **เซอร์กิตเบรคเกอร์** (-F30)

  พิจารณาจาก

  | | | | |
  |---|---|---|---|
  | ขนาดของโหลดมอเตอร์กระแสตรงที่ขับชุดเกียร์ (-M1) | | | 100 W* |
  | ขนาดแรงดันที่จ่าย | | | 220 VDC |
  | ขนาดกระแสที่ได้ | 100/220 | = | 0.4545 A |
  | ขนาดของโหลด รีเลย์ขยาย (-KB1) | | | 3 W |
  | ขนาดกระแส | 3/220 | = | 0.0136 A |
  | เลือกขนาดเซอร์กิตเบรคเกอร์ | 0.4545+0.0136 | = | 0.4681 A |

  เลือกเซอร์กิตเบรคเกอร์ ขนาด 1 A รุ่น 5SY5201-7 (Siemens)

- **เซอร์กิตเบรคเกอร์** (-F100)

  พิจารณาจาก

  | | | | |
  |---|---|---|---|
  | ขนาดของโหลด รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (-A21) | | | 15 W |
  | ขนาดแรงดันที่จ่าย | | | 24 VDC |
  | ขนาดกระแสที่ได้ | 15/24 | = | 0.625 A |
  | เลือกขนาดเซอร์กิตเบรคเกอร์ | 0.625*1.25 | = | 0.7813 A |

  เลือกเซอร์กิตเบรคเกอร์ ขนาด 1 A รุ่น 5SY5201-7 (Siemens)

- **รีเลย์ขยาย** (-KB1)

  พิจารณาจาก

  | | |
  |---|---|
  | ขนาดของแรงดันที่ผ่านวงจรเรียงกระแสด้วยไดโอดแบบเต็มคลื่น (-V1) | 220 VDC |
  | หน้าสัมผัสที่ต้องการ | 2 NO + 1 NC |

  เลือกรีเลย์ขยาย ขนาด 24-240 VAC/DC, 2CO รุ่น 3RS1800-1HW00 (Siemens)

- **รีเลย์ขยาย (-K24)**

  พิจารณาจาก

  ขนาดของแรงดันที่ 230 VAC

  หน้าสัมผัสที่ต้องการ 1 NO + 1 NC

  เลือกรีเลย์ขยาย ขนาด 24-240 VAC/DC, 2CO รุ่น 3RS1800-1HW00 (Siemens)

- **Full Bridge Rectifier (-V1)**

  พิจารณาจาก

  ขนาดของโหลด Contactor Relay (-KB1) 3 W

  ขนาดกระแส 3/220 = 0.0136 A

  เลือก Full Bridge Rectifier ขนาด 280 VAC 4A รุ่น KBU4G (Fairchild)

- **สายไฟวงจรกำลัง**

  พิจารณาจาก

  ขนาดของโหลดมอเตอร์กระแสตรงที่ขับชุดเกียร์ (-M1) 100 W*

  ขนาดแรงดันที่จ่าย 220 VDC

  ขนาดกระแสที่ได้ 100/220 = 0.4545 A

  ขนาดของโหลด Contactor Relay (-KB1) 3 W

  ขนาดกระแส 3/220 = 0.0136 A

  ขนาดกระแสรวม 0.4545+0.0136 = 0.4681 A

  เปิดตารางตามมาตรฐาน วสท. เลือกใช้สายไฟ VAF ขนาด 1.5 $mm^2$

- **สายไฟวงจรควบคุม**

  พิจารณาจาก

  ขนาดของโหลด รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (-A21) 15 W

  ขนาดแรงดันที่จ่าย 24 VDC

  ขนาดกระแสที่ได้ 15/24 = 0.625 A

  เลือกขนาด สายไฟ 0.625*1.25 = 0.7813 A

  เปิดตารางตามมาตรฐาน วสท. เลือกใช้สายไฟ VAF ขนาด 1.5 $mm^2$

*บริษัทผู้ผลิตคิดที่ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูงสุด

# บทที่ 4
# ผลการวิจัย

## 4.1 การเปรียบเทียบวงจร

จากวงจรในภาคผนวก ค, ง และ จ จะเห็นว่า วงจรที่ควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบ Conventional ที่ใช้ รีเลย์ขยาย ร่วมกับ รีเลย์หน่วงเวลา จะมีจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในวงจรมากกว่า ทำให้ต้องมีการเชื่อมต่อสายไฟที่มากกว่า วงจรที่ใช้ Motor Control Unit (MCU) และรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ที่ใช้ Binary input-output เพื่อควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

## 4.2 การเปรียบเทียบลักษณะการทำงาน

ลักษณะการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ทั้ง 3 แบบนั้น จะมีลักษณะการทำงานที่ใกล้เคียงกัน โดยการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบ Conventional จะใช้ รีเลย์ขยาย เพื่อตรวจสอบสถานะของสวิตช์สามสถานะและใช้หน้าสัมผัสของ รีเลย์ขยาย และ รีเลย์หน่วงเวลา เพื่อควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง เมื่อได้รับคำสั่งจากสวิตช์

การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงโดยการใช้ Motor Control Unit (MCU) และ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน จะมีลักษณะการทำงานที่คล้ายกัน โดยการตรวจสอบสถานะของสวิตช์สามสถานะ และสวิตช์ปุ่มกด นั้น จะมองเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้ Binary input และส่งสัญญาณออกไปในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอล เพื่อไปควบคุมหน้าสัมผัสช่วย หรือ Binary output ที่ใช้ในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์กระแสตรง แต่ MCU นั้น เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูปจากทางผู้ผลิต เพื่อนำมาใช้ควบคุมมอเตอร์โดยเฉพาะ ส่วน รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน จะต้องมีการเขียนโปรแกรมแบบลอจิก ก่อน เพื่อให้สามารถทำงานในฟังก์ชันนี้ได้

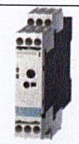
การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงทั้ง 3 แบบนั้น จะต้องมีวงจรเพื่อเบรคมอเตอร์ โดยการลัดวงจรที่ขั้วของมอเตอร์ เพื่อให้มอเตอร์หยุดนิ่งตลอดเวลา และเพื่อป้องกันตัวแปรภายนอกที่อาจทำให้มอเตอร์หมุนได้ รวมถึงรูปแบบของวงจรนั้น จะต้องสามารถตรวจสอบได้ว่า เมื่อมีการใช้ระบบ Manual โดยใช้เครื่องมือ (Operating Lever) ในการเปลี่ยนสถานะของสวิตช์สามสถานะ จะต้องมีการเปิดวงจรที่ต่อกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์กระแสตรง

## 4.3 การเปรียบเทียบราคา พื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้ง และจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการติดตั้ง

ราคาเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาจุดคุ้มทุนในแง่ของธุรกิจ ซึ่งโครงงานนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง ซึ่งทางซีเมนส์เอจี ประเทศเยอรมนี ได้มีการนำมาใช้แล้วในตู้สวิตช์เกียร์ ดังที่แสดงใน ภาคผนวก จ ดังนั้นเราควรพิจารณาราคาของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงนี้ ซึ่งการพิจารณาราคาในโครงงานนี้นั้น จะใช้วิธีการประมาณราคา

เวลาที่ใช้ในการติดตั้งนั้นจะขึ้นอยู่กับจำนวนอุปกรณ์ที่นำมาใช้ สามารถเปรียบเทียบจากตารางที่ 4.1

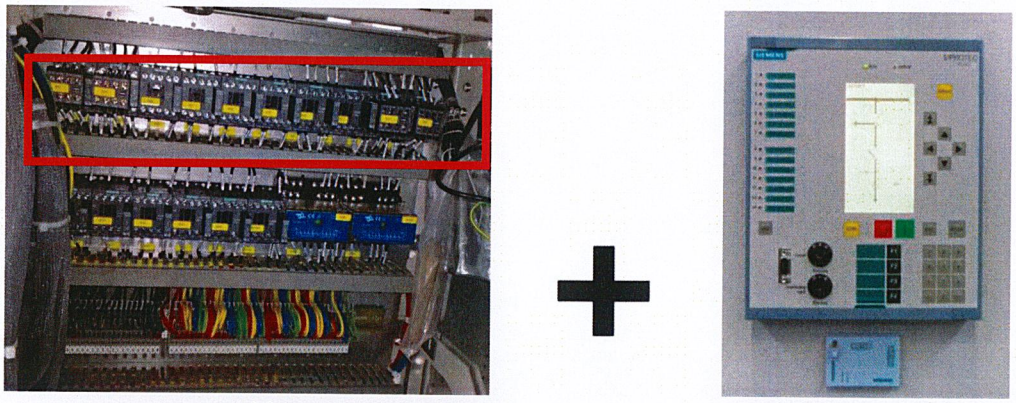
**ตารางที่** 4.1 ตารางเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อวงจรและค่าใช้จ่าย เมื่อเลือกใช้อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงทั้ง 3 แบบ (ในกรณีที่เป็นบัสบาร์เดี่ยว)

| ข้อเปรียบเทียบ | Conventional (การใช้ รีเลย์ขยายร่วมกับรีเลย์หน่วงเวลา) | Motor Control Unit (MCU) | รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน |
|---|---|---|---|
| เวลาที่ใช้ในการเชื่อมต่อวงจรโดยประมาณ | 8 ชั่วโมง (เชื่อมต่ออุปกรณ์ 11 ตัว) | 1 ชั่วโมง (เชื่อมต่ออุปกรณ์ 1 ตัว) | 2 ชั่วโมง (เขียนโปรแกรมและอัพโหลด) |
| จำนวนอุปกรณ์ที่ใช้ | รีเลย์หน่วงเวลา 1 ตัว<br>รีเลย์ขยาย 10 ตัว | MCU-MH 1 ตัว | - (เพราะใช้อุปกรณ์ที่มีการต่อใช้งานอยู่แล้ว) |
| |  x1<br> x10<br> x1* | x1<br> x1* | x1* |
| ค่าอุปกรณ์ โดยประมาณ | รีเลย์หน่วงเวลา 2,300 บาทต่อตัว<br>รีเลย์ขยาย 390 บาทต่อตัว<br><u>รวม</u> 6,200 บาท | MCU-MH 4,900 บาท | 0 |
| ค่าจ้างช่างเทคนิค** โดยประมาณ | 28,000 บาท | 10,000 บาท | 10,000 บาท |
| รวมค่าใช้จ่าย โดยประมาณ | 34,200 บาท | 14,900 บาท | 10,000 บาท |

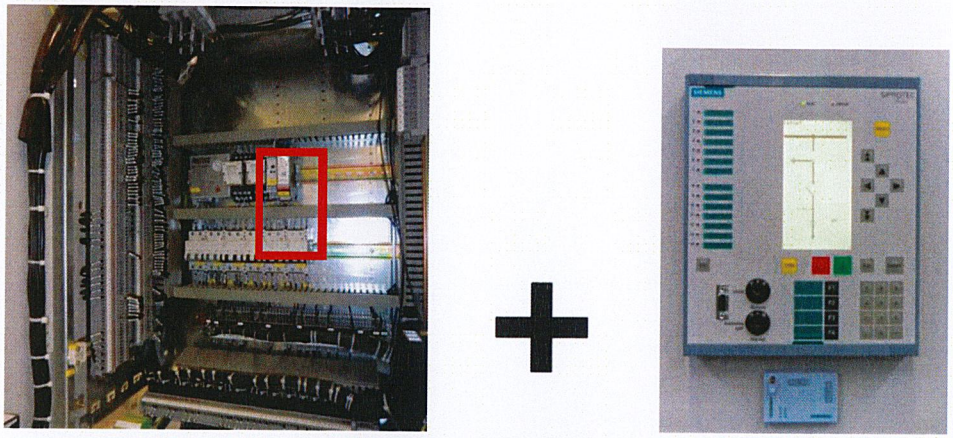
หมายเหตุ *รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันจะติดตั้งอยู่ในทุกๆตู้สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางชนิดฉนวนเป็นก๊าซ

**ค่าจ้างช่างเทคนิค คิดจากอัตราค่าแรงของประเทศเยอรมนี

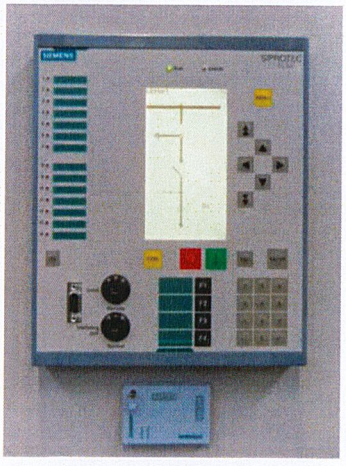
พื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้งก็จะขึ้นอยู่กับจำนวนอุปกรณ์เช่นเดียวกับเวลาที่ใช้ในการติดตั้ง สามารถเปรียบเทียบได้จากรูปที่ 4.1



(ก) การใช้วงจรแบบ Conventional ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง



(ข) การใช้ Motor Control Unit (MCU) ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง



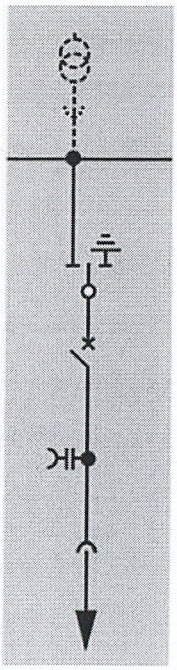
(ค) การใช้รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชัน ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรง

**รูปที่** 4.1 การเปรียบเทียบพื้นที่ที่ใช้ในการติดตั้ง เมื่อเลือกใช้อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงทั้ง 3 แบบ (ในกรณีที่เป็นบัสบาร์เดี่ยว)

การใช้รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงนั้น มักจะใช้ Binary input-output ของ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ที่ไม่ได้ถูกใช้งาน เพื่อให้การใช้งานเกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้ การนำไปใช้งานจริง ควรพิจารณาถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์แบบต่างๆด้วย

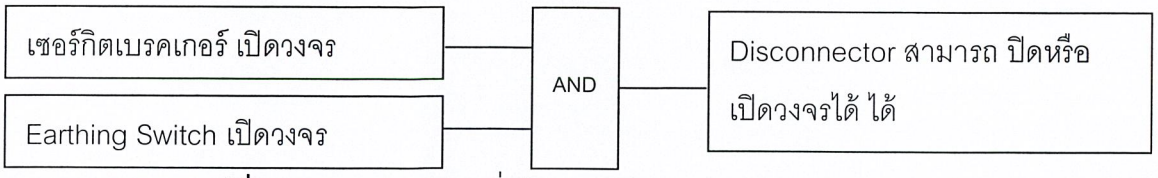
**4.4 การทำงานของ Interlock**

Interlock นั้นมีความสำคัญด้านความปลอดภัยต่อวงจรมาก ซึ่ง Interlock นั้น จะเป็นตัวกำหนดว่าสวิตช์ แต่ละตัวภายในตู้สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางชนิดฉนวนเป็นก๊าซ ตัวอย่างเช่น รุ่น 8DA10 ดังรูปที่ 4.2 จะทำงานเป็นลำดับอย่างไร สามารถดูจากแผนภาพลอจิกนี้



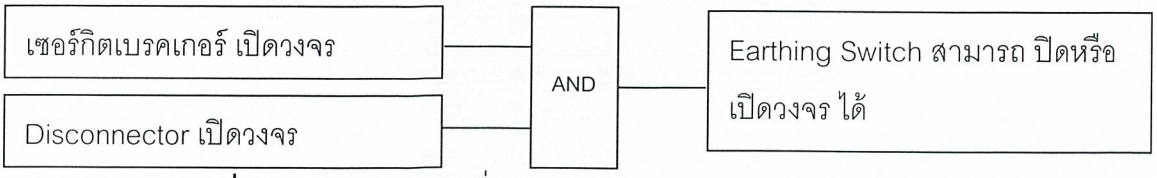
**รูปที่** 4.2 แผนภาพเส้นเดียวของสวิตช์ภายในตู้สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางชนิดฉนวนเป็นก๊าซ รุ่น 8DA10

1. Interlock ของ Disconnector




**รูปที่** 4.3 แผนภาพลอจิกเมื่อต้องการให้ Disconnector ทำงาน

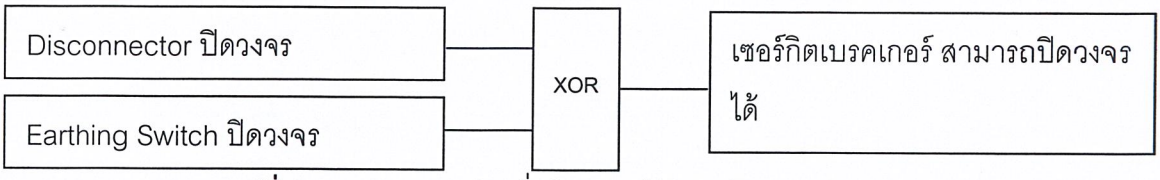
2. Interlock ของ Earthing Switch




**รูปที่** 4.4 แผนภาพลอจิกเมื่อต้องการให้ Earthing Switch ทำงาน

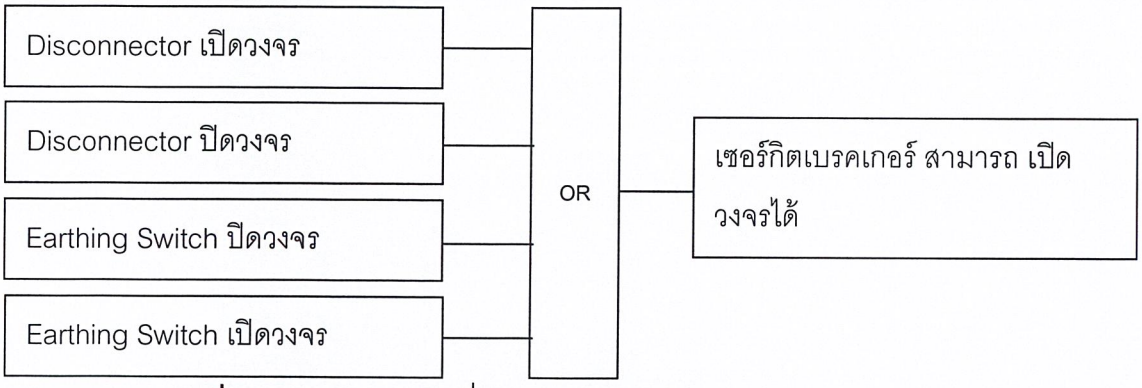
3. Interlock ของ เซอร์กิตเบรคเกอร์

3.1 เซอร์กิตเบรคเกอร์ปิดวงจร




**รูปที่** 4.5 แผนภาพลอจิกเมื่อต้องการให้ เซอร์กิตเบรคเกอร์ปิดวงจร

3.2 เซอร์กิตเบรคเกอร์เปิดวงจร




**รูปที่** 4.6 แผนภาพลอจิกเมื่อต้องการให้ เซอร์กิตเบรคเกอร์เปิดวงจร

## 4.5 การทดสอบต่าง ๆ (Final Test Report)

การทดสอบนี้ จะเป็นตัวชี้วัดว่า วงจรไฟฟ้าและลอจิกที่ได้ออกแบบนั้น สามารถนำมาใช้งานได้จริง ทำให้สามารถสร้างความมั่นใจ และความเชื่อมั่นได้ โดยการทดสอบต่างๆจะแนบอยู่ที่ภาคผนวก ซ

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัย พบว่าการใช้รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งานในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงในส่วนของสวิตช์สามสถานะมีลักษณะการทำงานที่เหมือนกับการใช้วงจรไฟฟ้าแบบ Conventional (รีเลย์หน่วงเวลาและรีเลย์ขยาย) และวงจรไฟฟ้าแบบ Motor Control Unit ทำให้เราสามารถนำฟังก์ชันภายในรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน มาใช้ควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแทนวงจรทั้งสองแบบได้ โดยควรคำนึงถึงความเหมาะสมในการใช้งาน โดยสามารถสรุปข้อได้เปรียบ เสียเปรียบของการควบคุมแต่ละแบบ ได้ดังตารางที่ 5.1

มากไปกว่านั้น การวิจัยในครั้งนี้ ได้คำนึงถึงข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น เช่น มอเตอร์ได้รับไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อการหมุนในหนึ่งรอบการทำงาน ทำให้ใบมีดอยู่ตรงกลางระหว่างสถานะปิดและเปิดวงจร ซึ่งได้มีการตั้งค่า Interlock ที่อนุญาตให้มอเตอร์ทำงานเพื่อเปลี่ยนสถานะของใบมีดให้เปิดวงจรได้เพียงอย่างเดียว

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

### 5.2.1 การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

มอเตอร์ได้รับไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อการหมุนในหนึ่งรอบการทำงาน ให้ใบมีดอยู่ตรงกลางระหว่างสถานะปิดและเปิดวงจร ควรทำอย่างไร

ตอบ ควรเปลี่ยนสถานะของใบมีดไปที่สถานะเปิดวงจร แล้วตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

### 5.2.2 ข้อเสนอแนะ

1. มอเตอร์ที่ใช้มีพิกัดแรงดันที่สูง (220VDC) จึงมีความอันตราย และยากต่อการหาแหล่งจ่ายแรงดัน (Power supply)

2. ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) หลายพิกัดแรงดันเพื่อทำให้วงจรใช้งานได้ ทำให้เกิดความสิ้นเปลือง เราจึงควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่นำมาต่อร่วมที่ใช้พิกัดแรงดันเดียวกัน

3. เนื่องจากชุดสาธิตนี้ สามารถเลือกใช้การควบคุมได้ทั้ง 3 แบบ จึงมีจำนวนอุปกรณ์และสายไฟค่อยข้างมาก จึงควรจัดการสายไฟให้ดี เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบและเชื่อมต่อ

**ตารางที่** 5.1 ตารางสรุปข้อเปรียบเทียบของการควบคุมมอเตอร์ทั้ง 3 แบบ

| ข้อเปรียบเทียบ | Conventional (การใช้ รีเลย์ขยายร่วมกับรีเลย์หน่วงเวลา) | Motor Control Unit (MCU) | รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน |
|---|---|---|---|
| มีความยืดหยุ่นของวงจรสูง(เพราะสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้หลากหลายผู้ผลิต) | ✓ | | |
| ราคาต่อหน่วยถูก เมื่อต้องมีการเปลี่ยนอุปกรณ์ | ✓ | | |
| เป็นวงจรที่สามารถเข้าใจได้ง่าย | ✓ | | |
| ไม่ต้องมีการโปรแกรม เพราะมีฟังก์ชันสำเร็จรูป | | ✓ | |
| สามารถควบคุมระยะทางไกลได้โดยตรง | | ✓ | ✓ |
| ประหยัดเนื้อที่ภายในตู้สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลาง | | ✓ | ✓ |
| ความเหมาะสมในการนำไปใช้กับตู้สวิตช์เกียร์แรงดันปานกลางชนิดฉนวนเป็นก๊าซแบบบัสบาร์คู่ (ตัวอย่างเช่น รุ่น 8DB10) | | ✓ | ✓ |
| ไม่มีค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ใหม่ | | | ✓ |
| สามารถโปรแกรมหรือแก้ไขฟังก์ชันได้ | | | ✓ |

# เอกสารอ้างอิง


[1] Siemens AG(Germany). Medium-Voltage Switchgear Installation and Operating Instructions Type 8DAB10, Revision 8: 2011.

[2] อนุชิต อภิชาติธนากูล และคณะ. ชุดทดลอง PLC[ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บันฑิต]. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2542.

[3] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. วิศวกรรมระบบไฟฟ้ากำลัง [Online]. Available: http://ir.rmuti.ac.th/xmlui/bitstream/handle/123456789/237/chapter2.pdf?sequence=3

[4] Siemens AG(Germany). SIPROTEC 4, SIPROTEC easy, SIPROTEC 600 Series, Communication, Accessories. Edition 7: 2013.

[5] Robust Electrical and Automation Integrator. PLC Systems [Online]. Available: http://www.robustsolutions.co.th/ระบบplc-13372.page

[6] Omron. Relays [Online]. Available: https://www.omron.com/ecb/products/

[7] CONLAD. Siemens LOGO ! System [Online]. Available: http://www.conrad.com/ce/en/product/196732/Siemens-LOGO-1224RCE-0BA7-

[8] สัญลักษณ์ของ Gate และตารางความจริง (Truth table). Available: http://somyut.krutechnic.com/unit29.html

[9] สรรเสริญ มีสุข และคณะ. การควบคุมวงปิดสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง[ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บันฑิต]. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2556.

[10] หัตถพล อุตม์อ่าง และคณะ. รถไฟฟ้ากระแสตรง[ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บันฑิต]. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2543.

[11] ผศ.ดร. วีระชัย มาลยเวช. หมุนมอเตอร์ Brushless DC ไม่(น่า)ยากอีกต่อไป [Online]. Available: http://www.eng.mut.ac.th/article_detail.php?id=83

# เอกสารอ้างอิง(ต่อ)

[12] คณะวิศวกรรมศาสตร์. หลักการของรีเลย์ป้องกัน [Online].
Available: http://www.dockyard.navy.mi.th/doc2/kpd_1/web/A5.pdf

[13] Mike Schwanz (2012). Technical Description Control Times of Motor-Operated Mechanisms for Three-Position Switches [Online].
Available: https://intranet.wss02.ptd.siemens.de/content/M-Products/engineering/Freigegebene%20Dokumente/8da_db/MCU/8DAB%20Control%20times%20motor-operated%20mechanism%20of%20TPS.pdf

# ภาคผนวก ก
# วงจรไฟฟ้าที่ใช้ในงานวิจัย

SIEMENS

EMI MS

Diagrams and charts

for

Purchaser Demonstrate set

User SLT, EMI MS

Plant 3-Pos.SW. Mech. design 2012

Plant section 8DA10 Switchgear
3-Pos. SW. Contl. by Multi-func. Protec. Relay

Typical =JZ02

Project reference number

Date of issue 19.09.2016

Customer document number



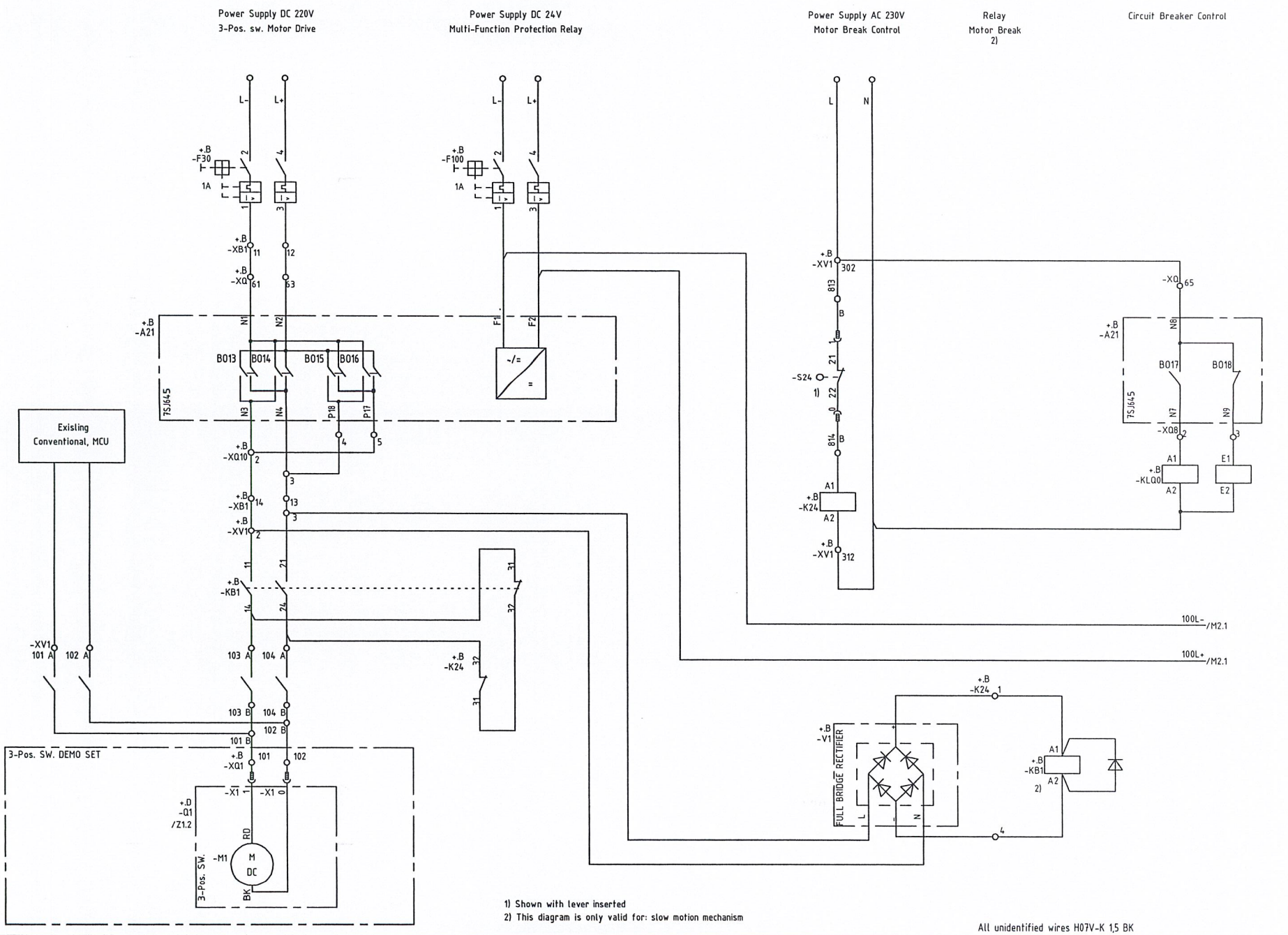
| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Revision | Remarks | Date | Name |

Siemens Ltd., Thailand

Archive =J02 / A / / / 1 Project: XXXXXX

Documentation identifier A / =J02 / / 1

Manufacturer document number




CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

ELCAD-Version 7.7.1 SP2
Last used: 14.09.16
Archive: =J01 / S / G / 1

Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: Leer1
Translate file C: FB_ENetr, 04-11-24
Translate file D: leer2

Project: D:/ELCAD7711/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1: EV606617e
Symbol library 2: ms449900e
Symbol library 3:
Symbol library 4: 3pole

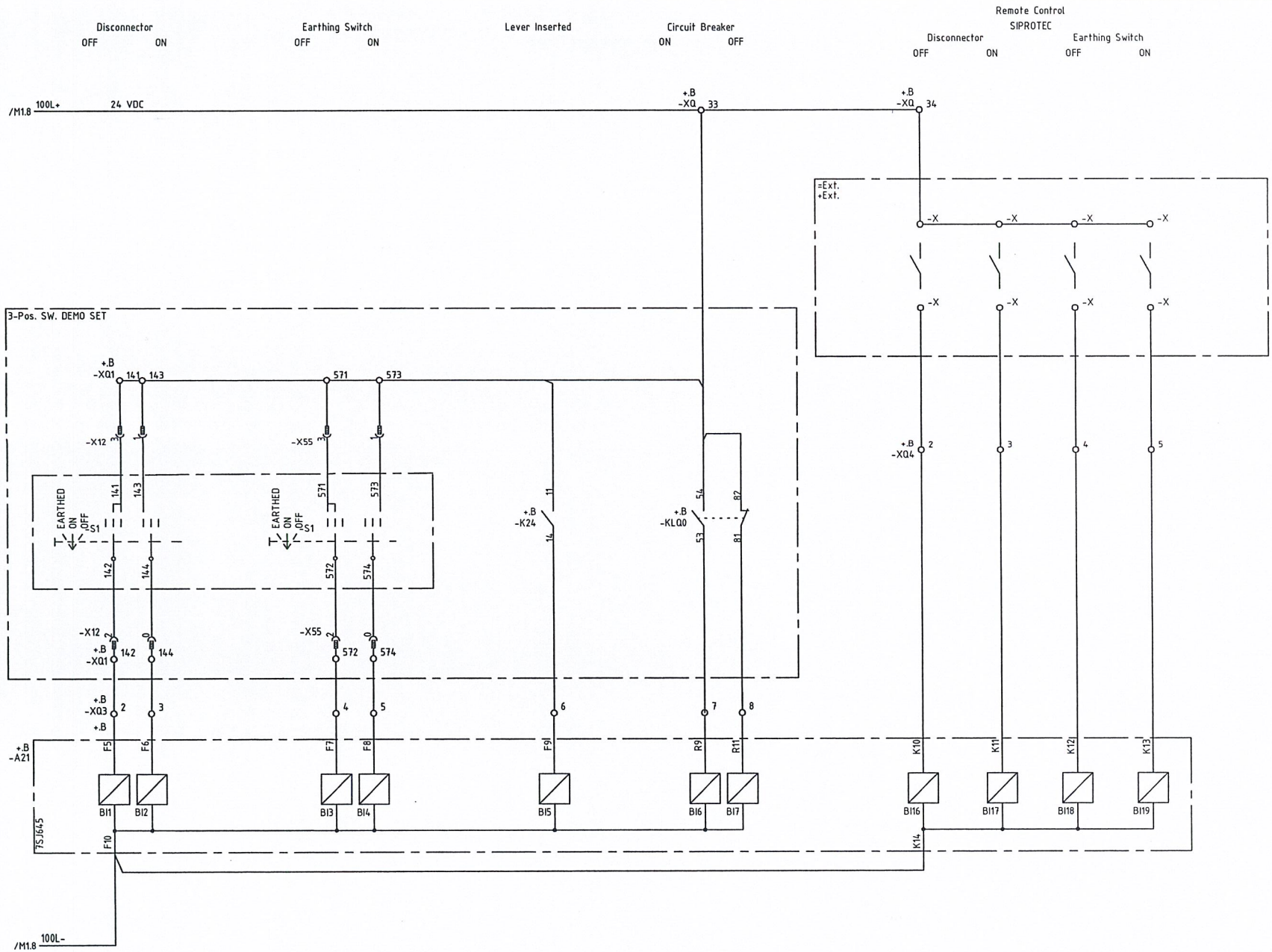
LV-Comparment

| Revision | Remarks | Date | Name | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 19.09.2016 | Demonstrate set |
| | | | | Drawn | Anshisa C. | 3-Pos.SW. Mech. design 2012 |
| | | | | Check | | |
| | | | | Standard | | |

SIEMENS

8DA10 Switchgear
3-Position Switch control by
Multi-Function Protection Relay
Circuit diagram

=JZ02 | S | =J02 | +J02 | M1 | Sheet 1+ | 2 Sh.




CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

ELCAD-Version 7.7.1 SP2
Last used: 14.09.16
Archive: =J01 / S / M / 1
Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: leer1
Translate file C: C_FB_EN.ltr, 04-11-24
Translate file D: leer2
Project: 1: D:/ELCAD77I/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1: EV60617e
Symbol library 2: m4.09.90e
Symbol library 3: 8symbole
Symbol library 4:

All unidentified wires H07V-K 1,5 BK

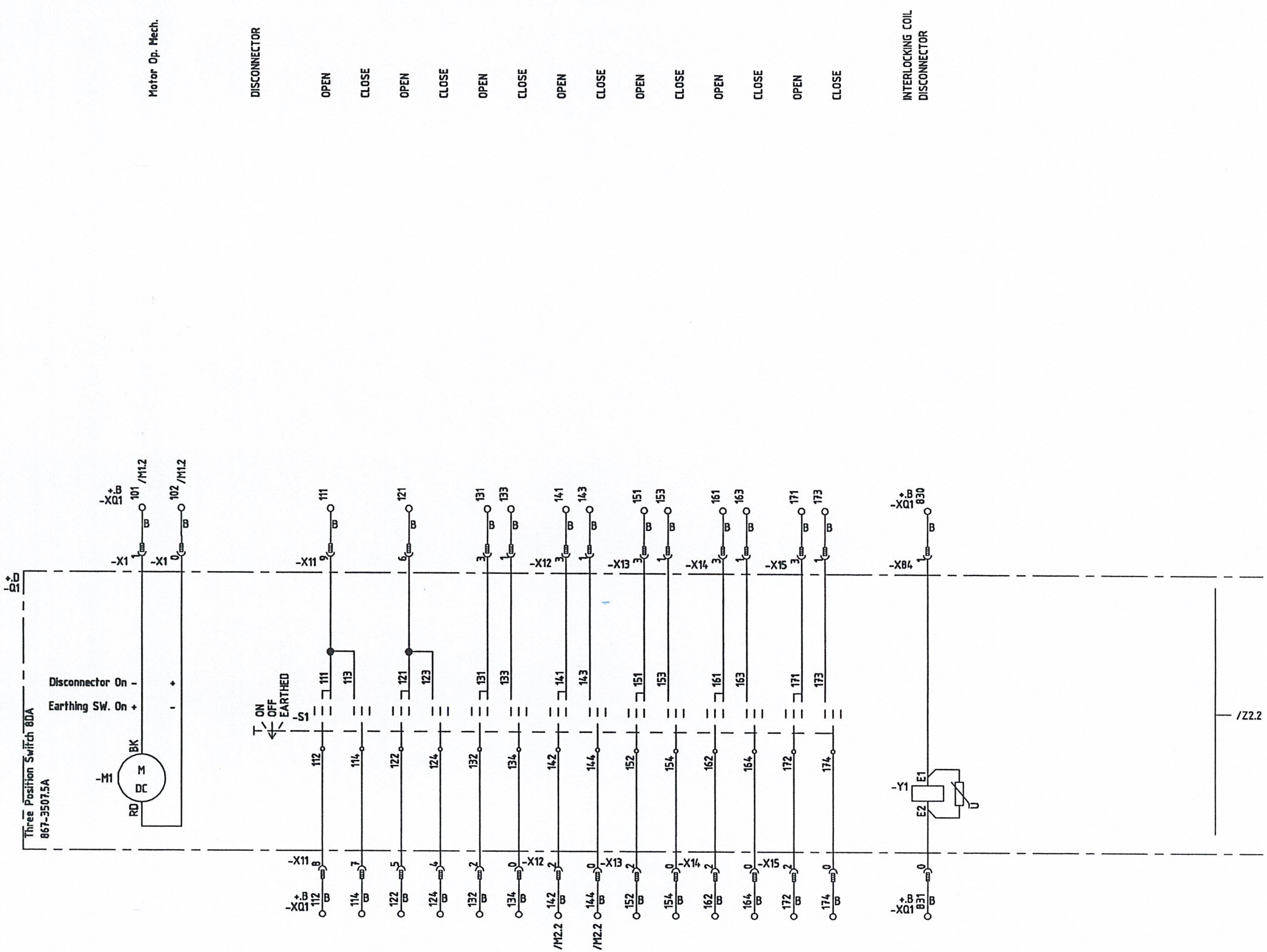
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 19.09.2016 | Demonstrate set | SIEMENS | 8DA10 Switchgear |
| | | | | Drawn | Anshisa C. | 3-Pos.SW. Mech. design 2012 | | 3-Position Switch control by Multi-Function Protection Relay |
| | | | | Check | | | | Circuit diagram |
| Revision | Remarks | Date | Name | Standard | | | | |

=JZ02 | S | =J02 | +J02 | M2 | Sheet 2- | 2 Sh.

ELCAD-Version 7.7.1 SP2
Last used: 14.09.16
Archive: =J01 / S / Z / 1

Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: leer1
Translate file C: C_FB_EN.etr, 04-11-24
Translate file D: leer2

Project: D:/ELCAD771/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1: EV6061Te
Symbol library 2: ms40900e
Symbol library 4: Symbole




CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

All unidentified wires H07V-K 1.5 BK

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 19.09..2016 | Demonstrate set | SIEMENS | 8DA10 Switchgear | =JZ02 |
| | | | | Drawn | Anshisa C. | 3-Pos.SW. Mech. design 2012 | | 3-Position Switch control by | S =J0 +J02 |
| | | | | Check | | | | Multi-Function Protection Relay | Z1 |
| Revision | Remarks | Date | Name | Standard | | | | Circuit diagram | Sheet 1+ 3 Sh. |

1) Shown with lever inserted

All unidentified wires H07V-K 1.5 BK

=JZ02 | S | =J02 | +J02 | Z2 | Sheet 2+ | 3 Sh.

8DA10 Switchgear
3-Position Switch control by
Multi-Function Protection Relay
Circuit diagram

SIEMENS

Demonstrate set
3-Pos.SW. Mech. design 2012

| | Date | 19.09.2016 |
|---|---|---|
| | Drawn | Anshisa C. |
| | Check | |
| | Standard | |

| Revision | Remarks | Date | Name |
|---|---|---|---|
| | | | |

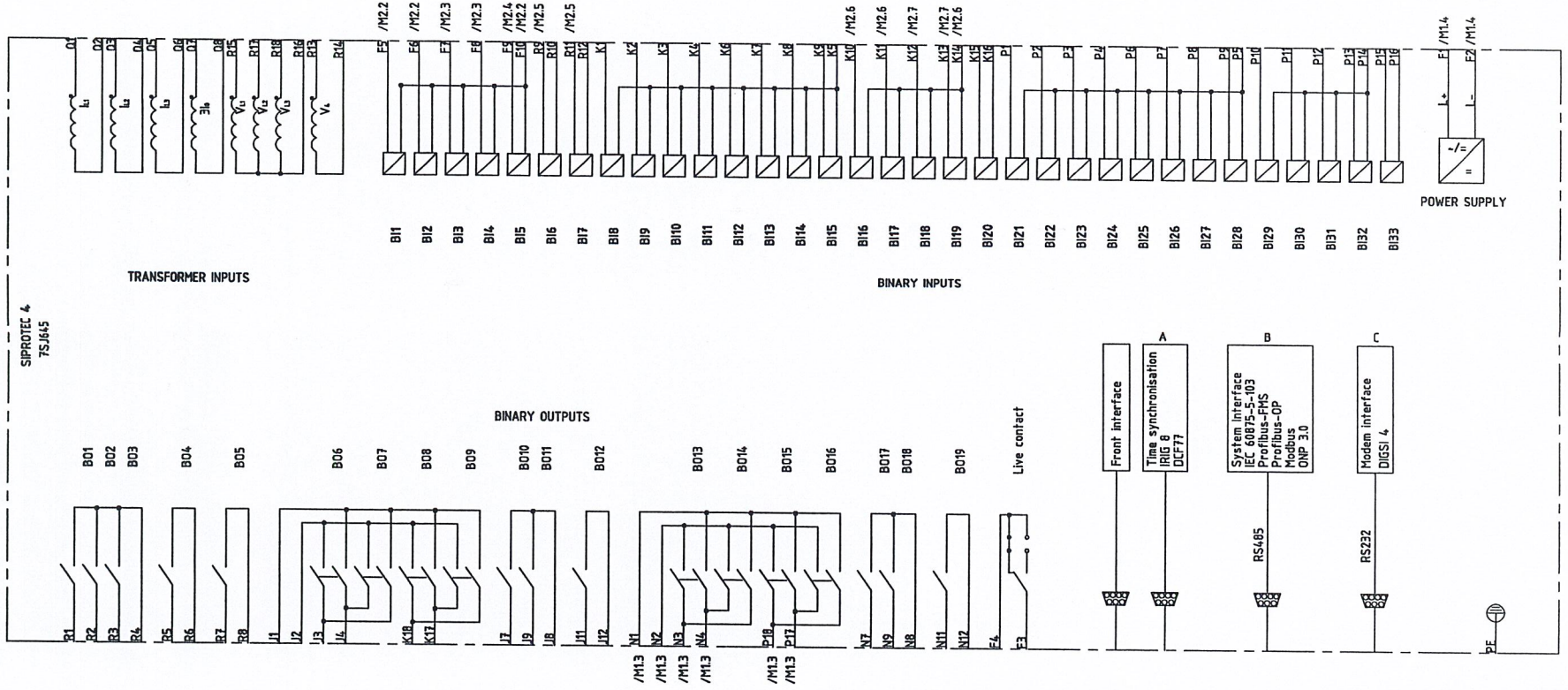
Copyright (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

Project: D:/ELCAD7731/8da10/DEMO_3P0S-0.pro
Symbol library 1: EV6067Se
Symbol library 2: ms4090Se
Symbol library 3: Symbole

Translate file D: C:\ B: A: A_CCC_DE
Translate file C:\ FB\ EN.str, 04-11-24
Translate file D: C:\ Ieee\
Translate file D: C:\ Ieee2

ELCAD-Version 7.3.1 SP2
Last used: 16.09.16

Archive: =J01 / S / Z / 1




CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

Project: D:/ELCAD771/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1: EV60617a
Symbol library 2: ms40900a
Symbol library 3: Symbols
Symbol library 4:

Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: User1
Translate file C: C_FB_Elektr. 04-11-24
Translate file D: User2

ELCAD-Version 7.7.1 SP2
Last used: 14.09.16

Archive: =J01 / S / Z / 1

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 19.09.2016 |
| | | | | Drawn | Anshisa C. |
| | | | | Check | |
| Revision | Remarks | Date | Name | Standard | |

Demonstrate set
3-Pos.SW. Mech. design 2012

SIEMENS

8DA10 Switchgear
3-Position Switch control by
Multi-Function Protection Relay
Circuit diagram

=JZ02 | S | =J02 | +J02 | Z3 | Sheet 3- | 3 Sh.

SIEMENS

EMI MS

Diagrams and charts

for

Purchaser Demonstrate set

User SLT, EMI MS

Plant 3-Pos.SW. Mech. design 2012

Plant section 8DA10 Switchgear
Typical =JZ01 MCU and Conventional

Typical =JZ01

Project reference number 8DAB-XXXXX

Date of issue 2.05.2016

Customer document number

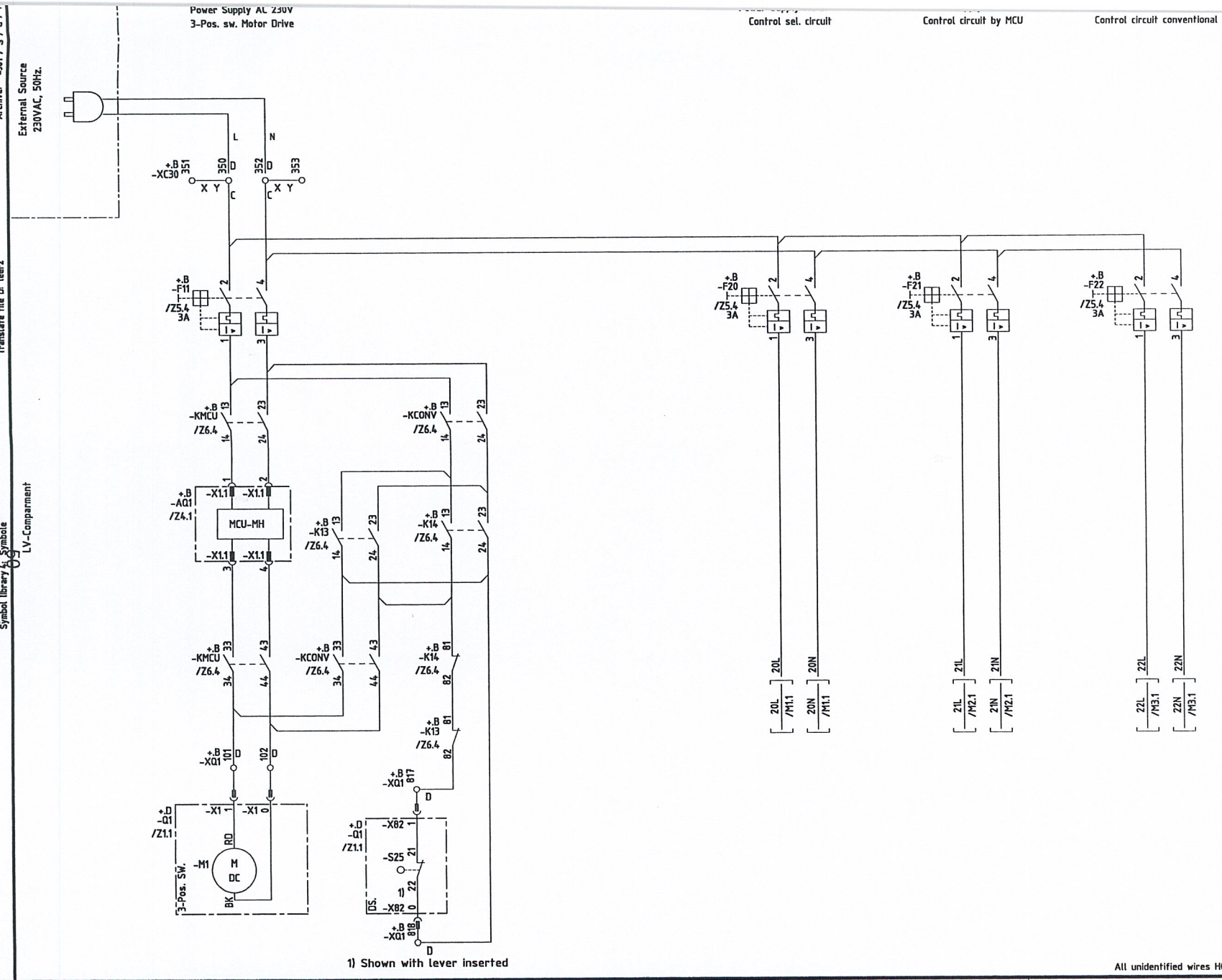
| Revision | Remarks | Date | Name |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Siemens Ltd., Thailand

Archive: =J01 / A / / / 1 Project: XXXXXX

Documentation identifier A / =J01 / / 1

Manufacturer document number (3)-G79190-E6XXX-U011

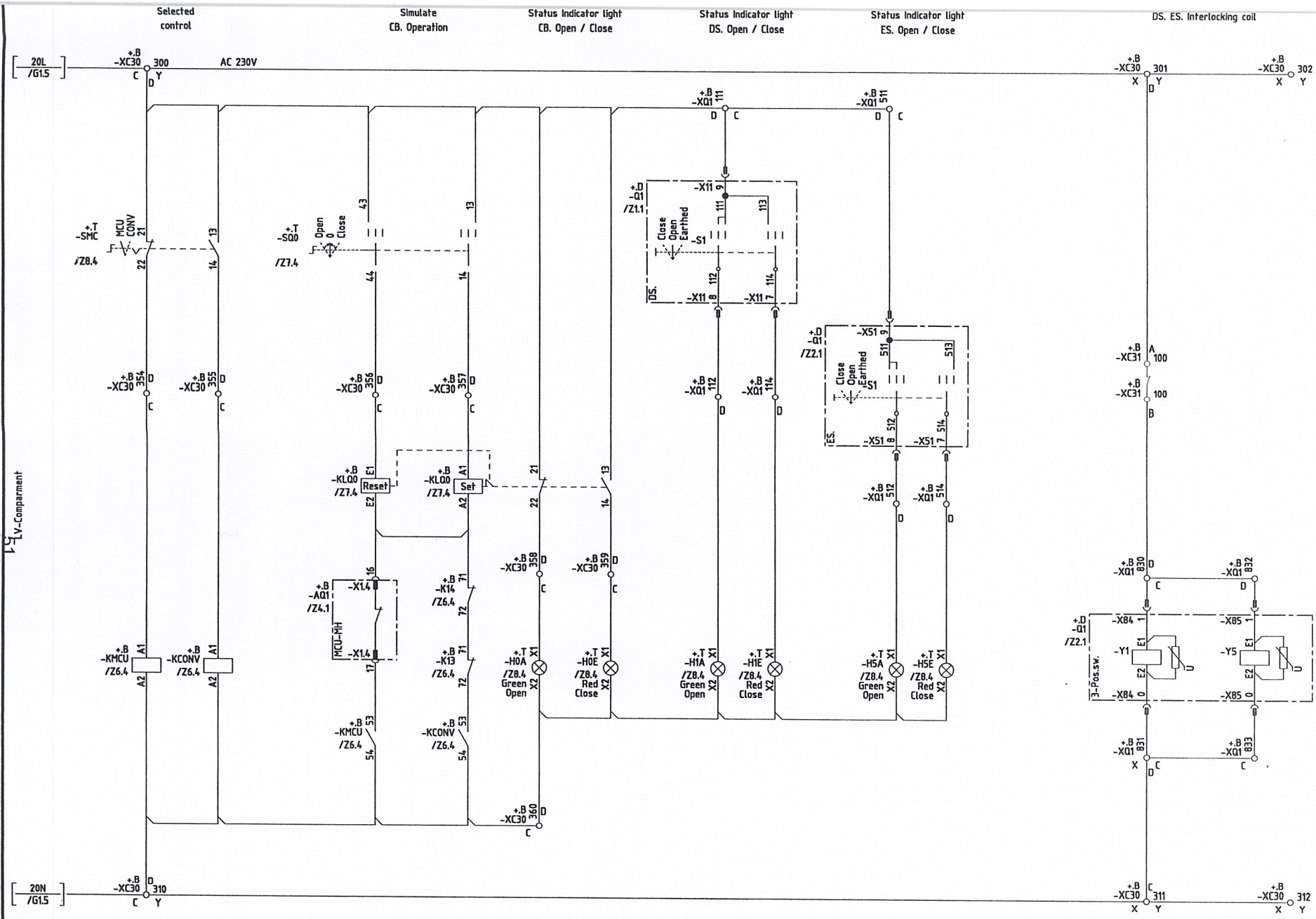



| Revision | Remarks | Date | Name | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 2.05.2016 | Demonstrate set |
| | | | | Drawn | Manus P. | 3-Pos.SW. Mech. design 2012 |
| | | | | Check | | |
| | | | | Standard | | Ref.// WBS No.: 560P-00xxx.P.01 |

SIEMENS

8DA10 Switchgear
Typical =JZ01 MCU and Conventional
AC Suppply & Heater/Lighting circuit
Circuit diagram

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8DAB-XXXXX | =JZ01 | S | =J01 | |
| | | | +J01 | G1 |
| XXXXXX | (3)-G79190-E6XXX-S013 | | | Sheet 1-1 Sh. |




CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

Project: D:/ELCAD77i/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1:
Symbol library 2: EV60617e
Symbol library 3: ma40900e
Symbol library 4: Symbole

Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: later1 C: C_FB_EN.ltr, 04-11-24
Translate file C: later2
Translate file D: later2

ELCAD-Version 7.7.1 SP2
Last used: 31.05.16
Archive: =J01 / S / M / 1

All unidentified wires H07V-K 1,5 BK

| Revision | Remarks | Date | Name | Standard |
|---|---|---|---|---|
| | | Date | 2.05.2016 | |
| | | Drawn | Manus P. | |
| | | Check | | |

Demonstrate set
3-Pos.SW. Mech. design 2012
Ref.// WBS No.: 560P-00xxx.P.01

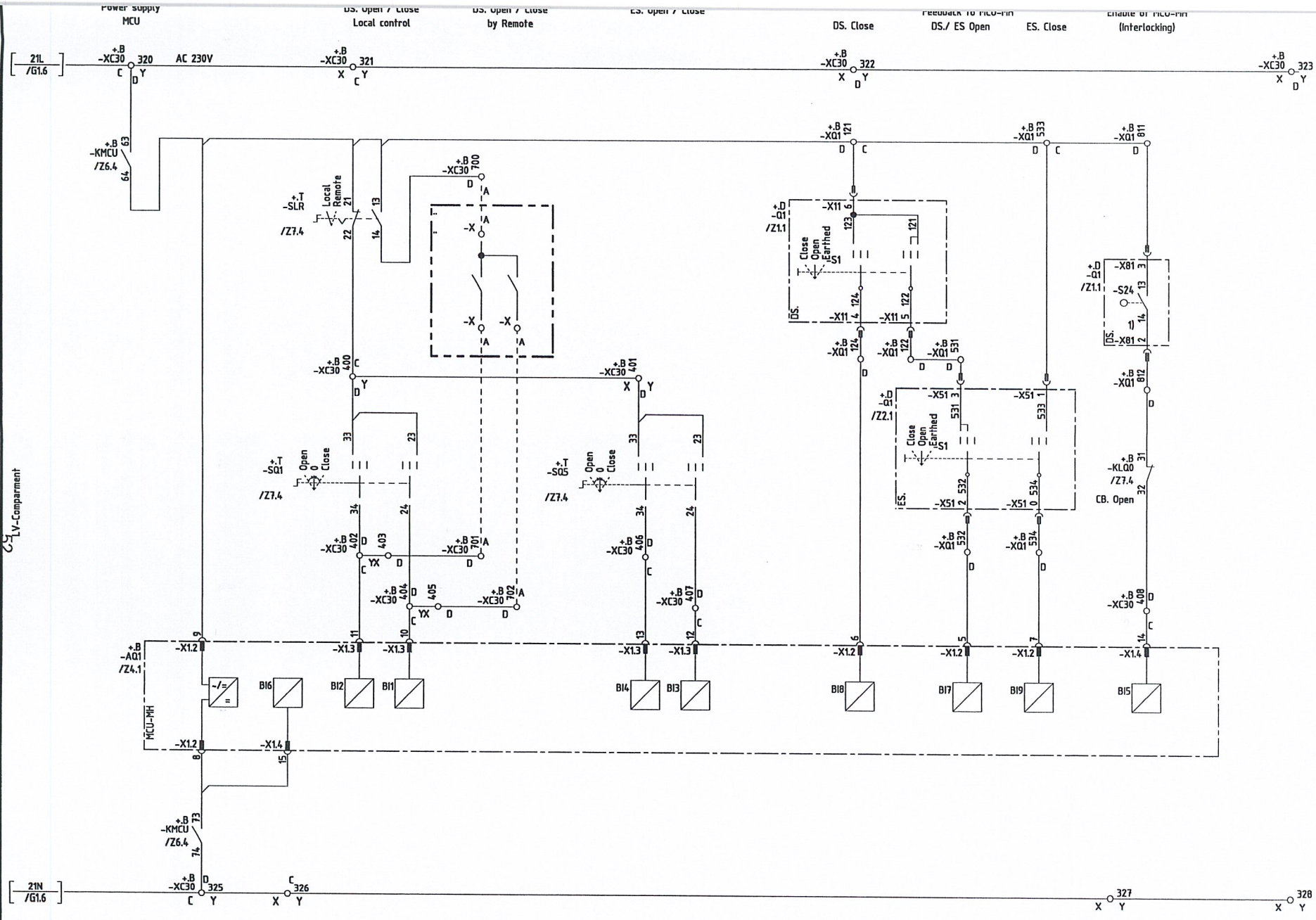
SIEMENS

8DA10 Switchgear
Typical =JZ01 MCU and Conventional CB. Closing circuit
Circuit diagram

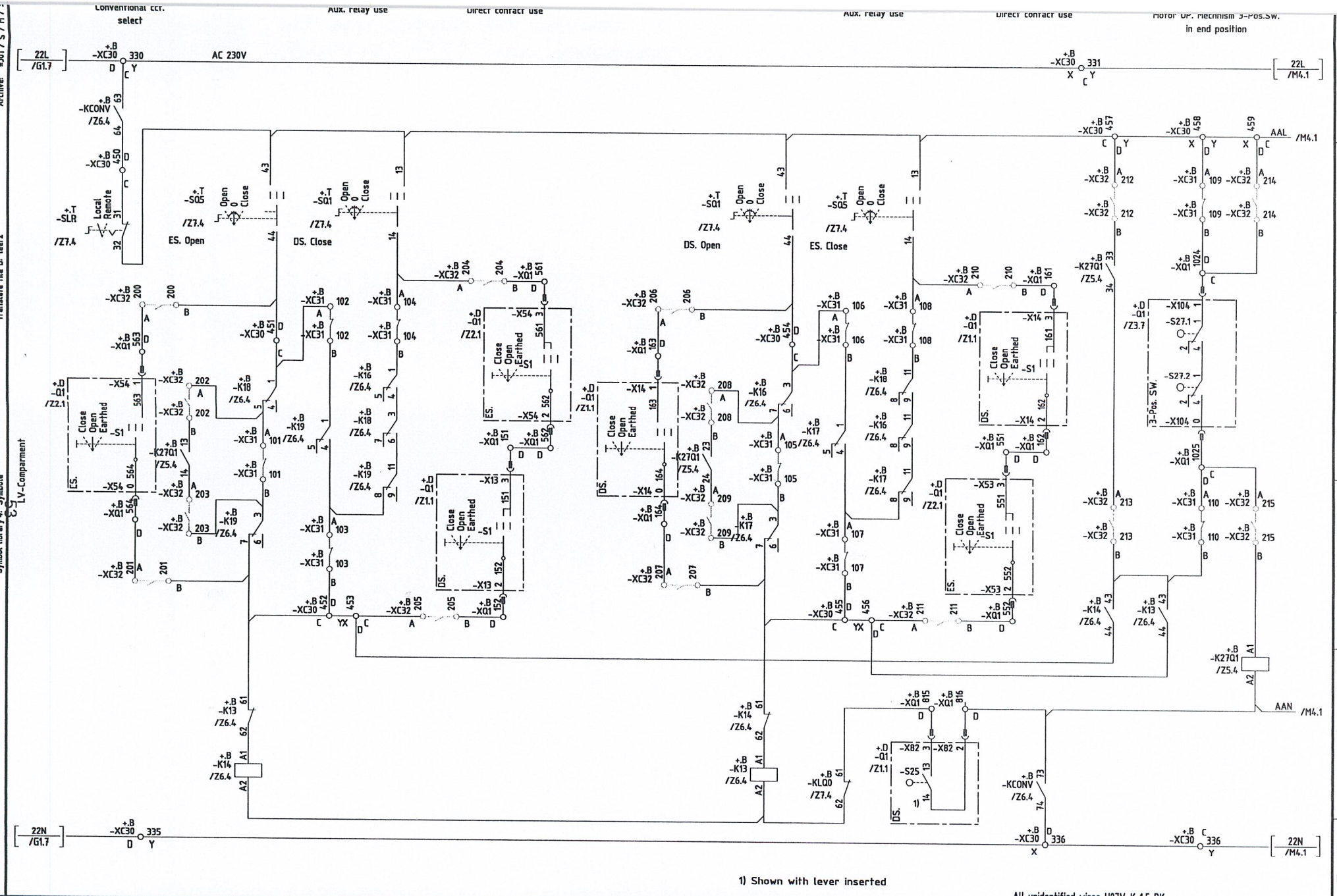
8DAB-XXXXX
XXXXXX

=JZ01
S =J01
+J01
M1
Sheet 1+
4 Sh.

(3)-G79190-E6XXX-S013




| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 2.05.2016 | Demonstrate set 3-Pos.SW. Mech. design 2012 | SIEMENS | 8DA10 Switchgear Typical =JZ01 MCU and Conventional MCU-MH for 3-Pos.SW. Control circuit | 8DAB-XXXXX | =JZ01 | S =J01 +J01 M2 |
| | | | | Drawn | Manus P. | | | | | | |
| | | | | Check | | | | | XXXXXX | (3)-G79190-E6XXX-S013- | Sheet 2+ 4 Sh. |
| Revision | Remarks | Date | Name | Standard | | Ref.// WBS No.: 560P-00xxx.P.01 | | Circuit diagram | | | |



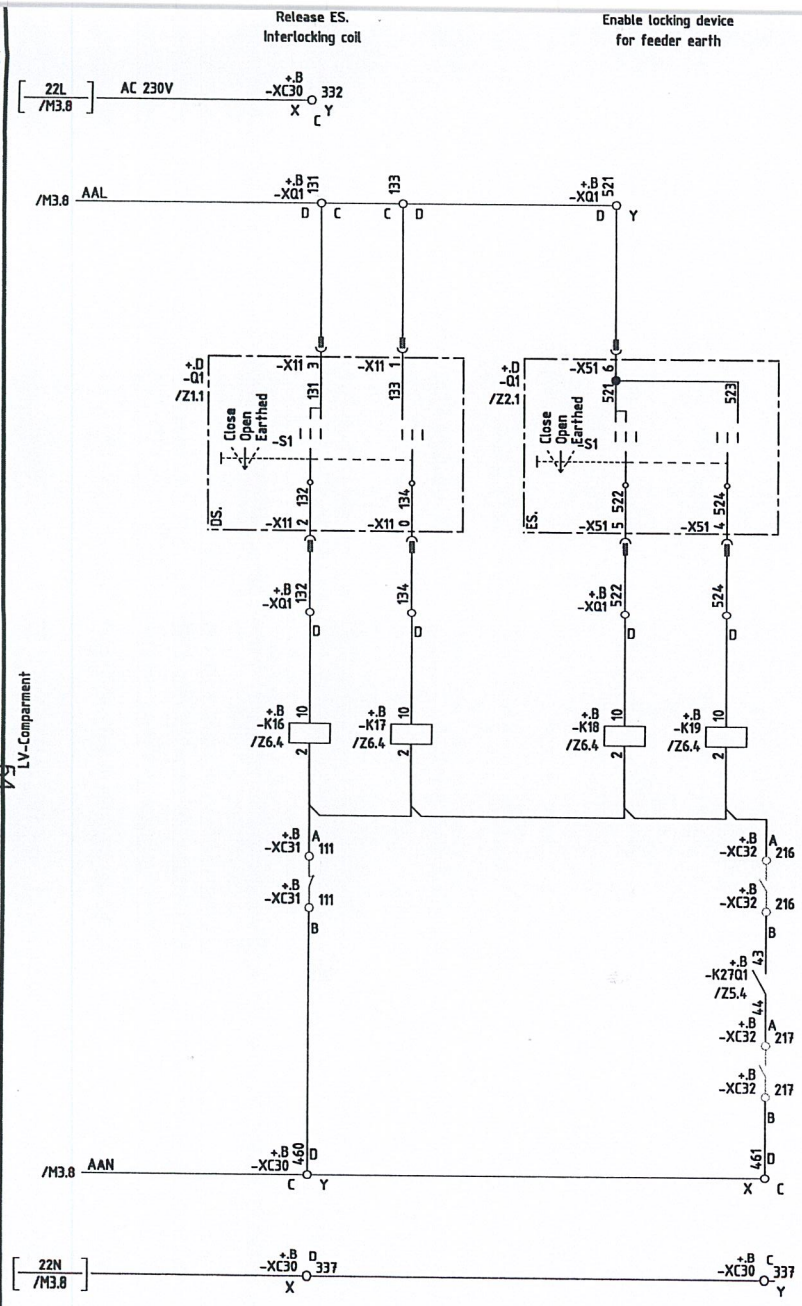

| Revision | Remarks | Date | Name | Standard |
|---|---|---|---|---|
| | | Date | 2.05.2016 | |
| | | Drawn | Manus P. | |
| | | Check | | |

Demonstrate set
3-Pos.SW. Mech. design 2012
Ref.// WBS No.: 560P-00xxx.P.01

SIEMENS

8DA10 Switchgear
Typical =JZ01 MCU and Conventional CB, 3-Pos.SW. interlocking coil
Circuit diagram

8DAB-XXXXX | =JZ01 | S | =J01 | +J01 | M3
XXXXXX | (3)-G79190-E6XXX-S013- | Sheet 3+ | 4 Sh.




CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

ELCAD-Version 7.7.1 SP2
Last used: 31.05.16
Archive: =J01 / S / M / 4

Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: laer1
Translate file C: C_FB_EN.ehr, 04-11-24
Translate file D: laer2

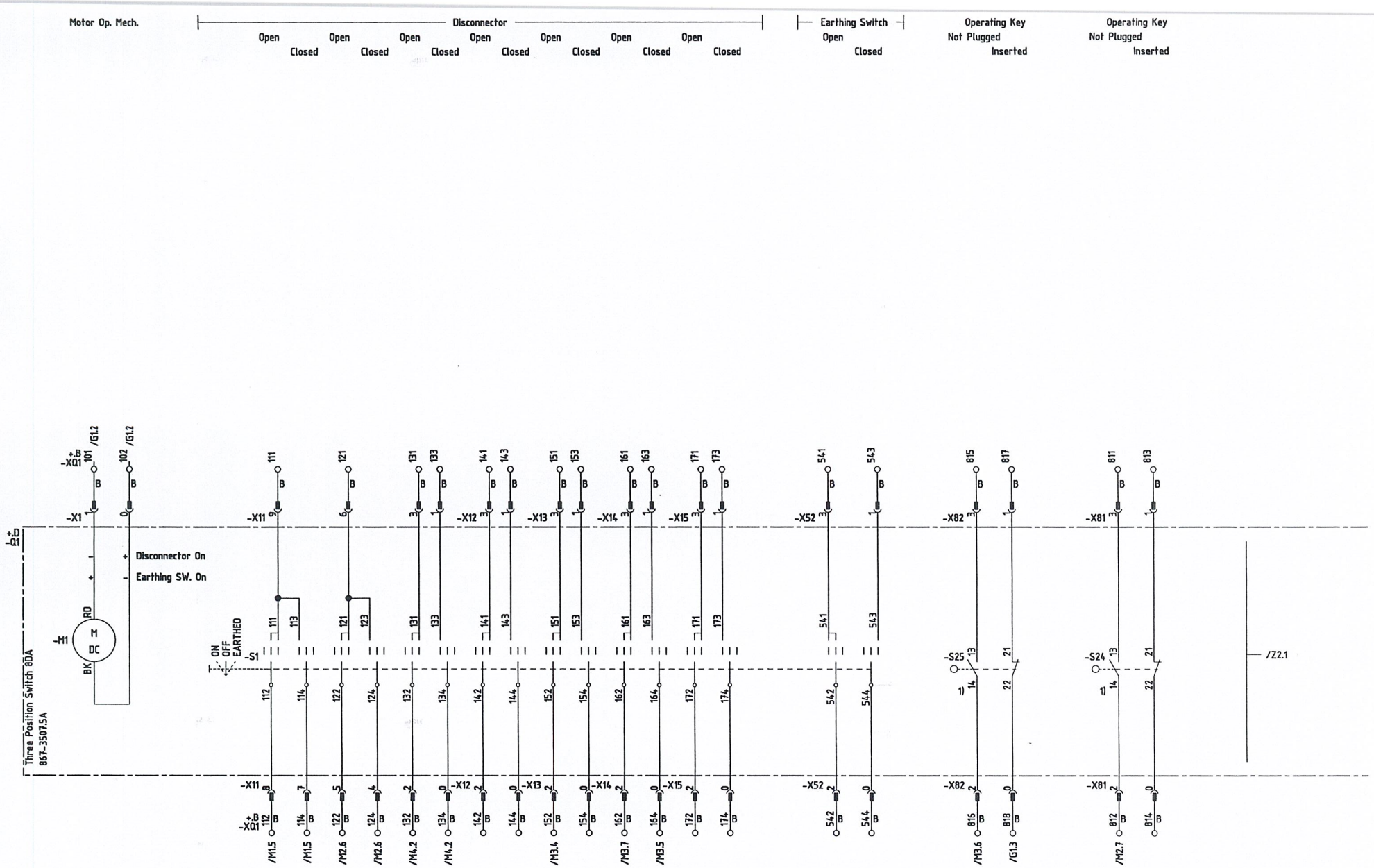
Project: D:/ELCAD771/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1:
Symbol library 2: EV60617a
Symbol library 3: m440900a
Symbol library 4: Symbole

LV-Compartment

All unidentified wires H07V-K 1,5 BK

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 2.05.2016 | Demonstrate set | SIEMENS | 8DA10 Switchgear | 8DAB-XXXXX | =JZ01 | S =J01 |
| | | | | Drawn | Manus P. | 3-Pos.SW. Mech. design 2012 | | Typical =JZ01 MCU and Conventional | | | +J01 M4 |
| | | | | Check | | | | CB, 3-Pos.SW. interlocking coil | XXXXXX | (3)-G79190-E6XXX-S013- | Sheet 4- |
| Revision | Remarks | Date | Name | Standard | | Ref.// WBS No.: 560P-00xxx.P.01 | | Circuit diagram | | | 4 Sh. |

1 2 3

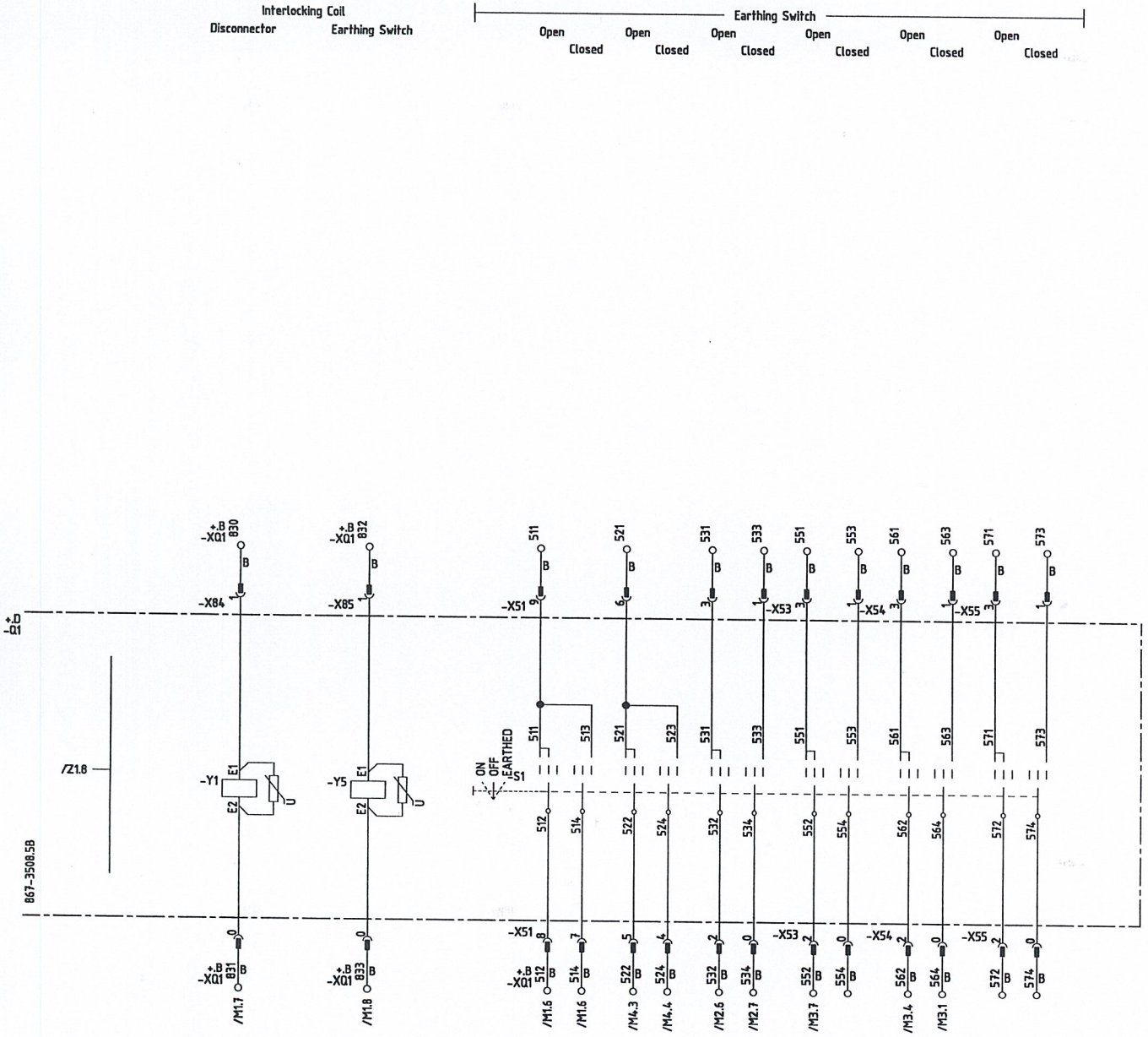



CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

ELCAD-Version 7.1.1 SP2
Last used: 31.05.16
Archive: =J01 / S / Z / 1
Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: leer1
Translate file C: C_FB_EN.etr, 04-11-24
Translate file D: leer2
Project: D:/ELCAD7?1/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1:
Symbol library 2: EV6065?e
Symbol library 3: ms409?0e
Symbol library 4: Symbole

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 2.05.2016 | Demonstrate set 3-Pos.SW. Mech. design 2012 | SIEMENS | 8DA10 Switchgear Typical =JZ01 MCU and Conventional Three Position Switch Circuit diagram |
| | | | | Drawn | Manus P. | | | 8DAB-XXXXX / =JZ01 / S / =J01 / +J01 / Z1 |
| | | | | Check | | | | XXXXXX / (3)-G79190-E6XXX-S013 / Sheet 1+ 8 Sh. |
| Revision | Remarks | Date | Name | Standard | | Ref.// WBS No.: 560P-00xxx.P.01 | | |

1 2 3 4 5 6 7 8




CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 2.05.2016 | Demonstrate set | SIEMENS |
| | | | | Drawn | Manus P. | 3-Pos.SW. Mech. design 2012 | |
| | | | | Check | | | |
| Revision | Remarks | Date | Name | Standard | | Ref.// WBS No.: 560P-00xxx.P.01 | |

8DA10 Switchgear
Typical =JZ01 MCU and Conventional Three Position Switch
Circuit diagram

All unidentified wires H05V-K 1.0 BK

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8DAB-XXXXX | =JZ01 | S | =J01 | |
| | | | +J01 | Z2 |
| XXXXXX | (3)-G79190-E6XXX-S013 | | | Sheet 2+ |
| | | | | 8 Sh. |

CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

Project: D:/ELCAD77i/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1: EV66617e
Symbol library 2: m4409004e
Symbol library 3: Symbole
Symbol library 4:
Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: laer1
Translate file C: C_FB_EN.etr, 04-11-24
Translate file D: laer2
ELCAD-Version 7.7.1 SP2
Last used: 31.05.16
Archive: =J01 / S / Z / 3

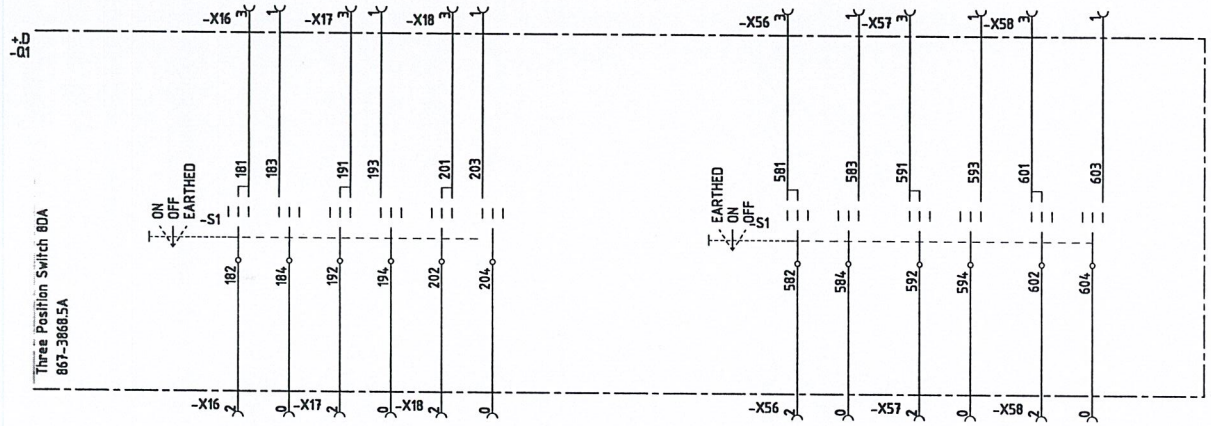
Disconnector

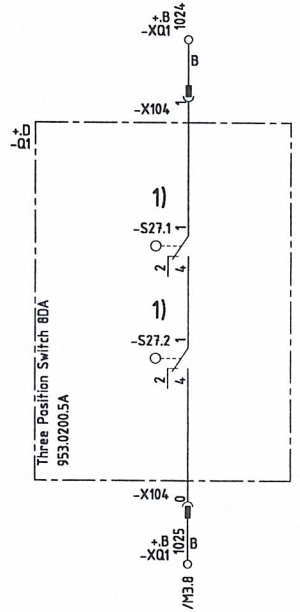
| Open | Open | Open |
|---|---|---|
| Closed | Closed | Closed |

Earthing Switch

| Open | Open | Open |
|---|---|---|
| Closed | Closed | Closed |

Motor Operate Mechanism
3-Pos. SW. in end Position



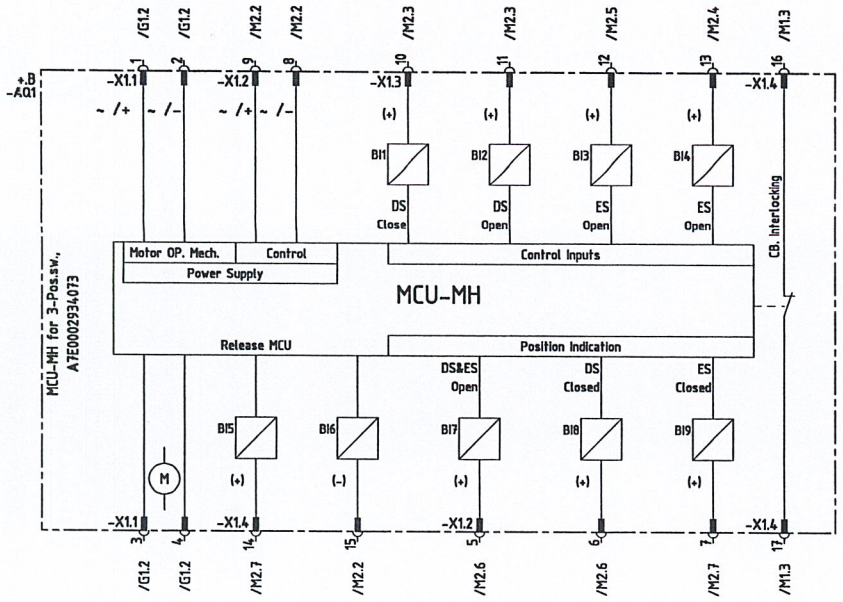




1) Closed when between end positions

All unidentified wires H05V-K 1.0 BK

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 2.05.2016 | Demonstrate set | SIEMENS | 8DA10 Switchgear | 8DAB-XXXXX | =JZ01 | S =J01 |
| | | | | Drawn | Manus P. | 3-Pos.SW. Mech. design 2012 | | Typical =JZ01 MCU and Conventional Three Position Switch | | | +J01 Z3 |
| | | | | Check | | | | Circuit diagram | XXXXXX | (3)-G79190-E6XXX-S013 | Sheet 3+ |
| Revision | Remarks | Date | Name | Standard | | Ref.// WBS No.: 560P-00xxx.P.01 | | | | | 8 Sh. |

1 2 3 4 5




CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

Project: D:/ELCAD77i/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1:
Symbol library 2: EV60617a
Symbol library 3: m440900a
Symbol library 4: Symbole

Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: laer1
Translate file C: C_FB_EN.etr, 04-11-24
Translate file D: laer2

ELCAD-Version 7.7.1 SP2
Last used: 31.05.16

Archive: =J01 / S / Z / 4

89

All unidentified wires H07V-K 1.5 BK

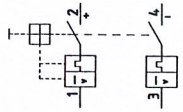
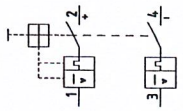
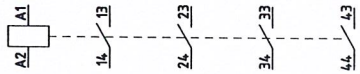
| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 2.05.2016 | Demonstrate set | SIEMENS | 8DA10 Switchgear | 8DAB-XXXXX | =JZ01 | S =J01 |
| | | | | Drawn | Manus P. | 3-Pos.SW. Mech. design 2012 | | Typical =JZ01 MCU and Conventional Protection device | | | +J01 Z4 |
| | | | | Check | | | | Circuit diagram | XXXXXX | (3)-G79190-E6XXX-S013 | Sheet 4+ |
| Revision | Remarks | Date | Name | Standard | | Ref.// WBS No.: 560P-00xxx.P.01 | | | | | 8 Sh. |

1 2 3 4 5 6 7 8

ELCAD-Version 7.7.1 SP2
Last used: 31.05.16
Archive: =J01 / S / Z / 5

Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: laer1
Translate file C: C_FB_EN.etr, 04-11-24
Translate file D: laer2

Project: D:/ELCAD77/Bda10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1: EV60617a
Symbol library 2: ms40900a
Symbol library 3: Symbole

| Q'ty | Description | Part Number | Location | Item designation | Cross Ref. |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | AC/DC mCB. 2-Pole, 3A, 10kA | 5SY5203-7 | | |  |
| | For Motor drive | Manuf.: Siemens | +.B | -F11 | /G1.2 /G1.2 |
| | For MCU. | Manuf.: Siemens | +.B | -F21 | /G1.6 /G1.6 |
| | For Conv. Control cct. | Manuf.: Siemens | +.B | -F22 | /G1.7 /G1.7 |
| 1 | AC/DC mCB. 2-Pole, 6A, 10kA | 5SY5206-7 | | |  |
| | For Control cct. | Manuf.: Siemens | +.B | -F20 | /G1.5 /G1.5 |
| 1 | auxiliary relay 220V AC, 50Hz, 4NO. | 3RH2140-1AP00 | | |  |
| | For Control sel. MCU | Manuf.: Siemens | +.B | -K27Q1 | /M3.8 /M3.2 /M3.5 /M3.7 /M4.4 |

CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

| Revision | Remarks | Date | Name |
|---|---|---|---|
| | | | Date 2.05.2016 |
| | | | Drawn Manus P. |
| | | | Check |
| | | | Standard |

Demonstrate set
3-Pos.SW. Mech. design 2012
Ref.// WBS No.: 56OP-00xxx.P.01

SIEMENS

8DA10 Switchgear
Typical =JZ01 MCU and Conventional Secondary equipment
Circuit diagram

8DAB-XXXXX | =JZ01 | S =J01 +J01 | Z5
XXXXXX | (3)-G79190-E6XXX-S013 | Sheet 5+ 8 Sh.

ELCAD-Version 7.7.1 SP2
Last used: 31.05.16
Archive: =J01 / S / Z / 6

Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: User1_EN.str, 04-11-24
Translate file C: C_FB
Translate file D: User2

Project: D:/ELCAD77i/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1: EV6061fa
Symbol library 2: ms40900a
Symbol library 3: Symbole
Symbol library 4:

CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

| Q'ty | Description | Part Number | Location | Item designation | Cross Ref. |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | auxiliary relay 220V AC, 50Hz, 4NO | 3RH2140-1AP00 | | | |
| 2 | auxiliary switch block, side, 1NO+3NC | 3RH2911-1GA13 | | | |
| | For 3-Pos. sw. Motor drive cct. | Manuf.: Siemens | +.B | -K13 | /M3.5 /G1.3 /G1.3 /M3.8 /M3.2 /M1.3 /G1.3 |
| | For 3-Pos. sw. Motor drive cct. | Manuf.: Siemens | +.B | -K14 | /M3.2 /G1.3 /G1.3 /M3.7 /M3.5 /M1.3 /G1.3 |
| 4 | Aux. relay, 3 C/O contacts, coil 220V AC, 50Hz. | MK3P-I | | | |
| 4 | Sockets | PF113A-E | | | |
| | DS. Control | Manuf.: Omron | +.B | -K16 | /M4.2 /M3.3 /M3.5 /M3.6 |
| | DS. Control | Manuf.: Omron | +.B | -K17 | /M4.2 /M3.6 /M3.5 /M3.6 |
| | ES. Control | Manuf.: Omron | +.B | -K18 | /M4.3 /M3.2 /M3.3 /M3.6 |
| | ES. Control | Manuf.: Omron | +.B | -K19 | /M4.4 /M3.3 /M3.2 /M3.3 |
| 2 | auxiliary relay 220V AC, 50Hz, 4NO. | 3RH2140-1AP00 | | | |
| 2 | auxiliary switch block, side, 4NO. | 3RH2911-1GA40 | | | |
| | For Control sel. MCU | Manuf.: Siemens | +.B | -KMCU | /M1.2 /G1.2 /G1.2 /G1.2 /G1.2 /M1.3 /M2.1 /M2.2 |
| | For Control sel. CONV | Manuf.: Siemens | +.B | -KCONV | /M1.2 /G1.3 /G1.3 /G1.3 /G1.3 /M1.3 /M3.1 /M3.7 |

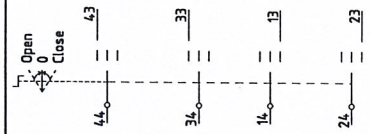
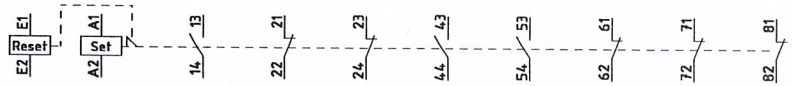
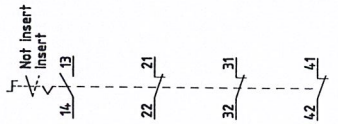
| Revision | Remarks | Date | Name | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 2.05.2016 |
| | | | | Drawn | Manus P. |
| | | | | Check | |
| | | | | Standard | |

Demonstrate set
3-Pos.SW. Mech. design 2012
Ref.// WBS No.: 560P-00xxx.P.01

SIEMENS

8DA10 Switchgear
Typical =JZ01 MCU and Conventional Secondary equipment
Circuit diagram

8DAB-XXXXX | =JZ01 | S | =J01 | +J01 | Z6
XXXXXX | (3)-G79190-E6XXX-S013 | Sheet 6+ | 8 Sh.

| Q'ty | Description | Part Number | Location | Item designation | Cross Ref. |
|---|---|---|---|---|---|
| 3<br>6 | I-O-II spring return to neutral SW.<br>Contact blocks 2NO. | 3SB3000-2EA11<br>3SB3400-0D | | |  |
| | CB. Control SW. Off - 0 - On | Manuf.: Siemens | +.T | -SQ0 | /M1.3 /M1.3 |
| | DS. Control SW. Off - 0 - On | Manuf.: Siemens | +.T | -SQ1 | /M3.5 /M2.3 /M3.3 /M2.3 |
| | ES. Control SW. Off - 0 - On | Manuf.: Siemens | +.T | -SQ5 | /M3.2 /M2.4 /M3.6 /M2.5 |
| 1<br>1 | Latched contactor relay 2NO.+2NC, 220V AC, 50Hz<br>auxiliary switch block, side, 1NO+3NC | 3RH2422-1AP00<br>3RH2911-1GA13 | | |  |
| | Multiplication contacts | Manuf.: Siemens | +.B | -KLQ0 | /M1.3 /M1.3 /M1.4 /M1.4 /M2.7 /M3.6 |
| 1<br>1 | Selector sw. 2Pos. O-I, Latching, 1NO.+1NC.<br>contact block 2NC. | 3SB3201-2KA11<br>3SB3400-0E | | |  |
| | O-I Switch | Manuf.: Siemens | +.T | -SLR | /M2.3 /M2.3 /M3.1 |

ELCAD-Version 7.3.1 SP2
Last used: 31.05.16
Archive: =J01 / S / Z / 1

Translate file A: A_COL_DE
Translate file B: leer1
Translate file C: C_FB_EN.ltr, 04-11-24
Translate file D: leer2

Project: D:/ELCAD7?1/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1:
Symbol library 2: EV60617e
Symbol library 3: ms40900a
Symbol library 4: Symbole

CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

| Revision | Remarks | Date | Name | Standard |
|---|---|---|---|---|
| | | | Date | 2.05.2016 |
| | | | Drawn | Manus P. |
| | | | Check | |

Demonstrate set
3-Pos.SW. Mech. design 2012
Ref.// WBS No.: 56OP-00xxx.P.01

SIEMENS

8DA10 Switchgear
Typical =JZ01 MCU and Conventional Secondary equipment
Circuit diagram

8DAB-XXXXX | =JZ01 | S | =J01 | +J01 | Z7
XXXXXX | (3)-G79190-E6XXX-S013 | Sheet 7+ | 8 Sh.

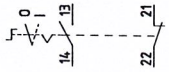
ELCAD-Version 7.3.1 SP1
Last used: 31.05.16

Archive: =J01 / S / Z / 8

Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: ieer1
Translate file C: C_FB_EN.ktr, 04-11-24
Translate file D: ieer2

Project: D:/ELCAD771/8da10/DEMO_3POS-0.pro
Symbol library 1: ea40900a
Symbol library 2: EV6061fa
Symbol library 3: ms40900a
Symbol library 4: Symbole

CopyRight (C) Siemens AG 2009 All Rights Reserved

| Q'ty | Description | Part Number | Location | Item designation | Cross Ref. |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Indicator Light, Red lens w. lampholders | 3SB3204-6AA20 | | | |
| 3 | LED Lamp 110..160V DC, BA 9s base | 3SB3901-1CF | | | |
| | CB. Close, Indicator light | Manuf.: Siemens | +.T | -H0E | /M1.4 |
| | DS. Close, Indicator light | Manuf.: Siemens | +.T | -H1E | /M1.5 |
| | ES. Close, Indicator light | Manuf.: Siemens | +.T | -H5E | /M1.6 |
| 3 | Indicator Light, Green lens w. lampholders | 3SB3204-6AA40 | | | |
| 3 | LED Lamp 110..160V DC, BA 9s base | 3SB3901-1DF | | | |
| | CB. Open, Indicator light | Manuf.: Siemens | +.T | -H0A | /M1.4 |
| | DS. Open, Indicator light | Manuf.: Siemens | +.T | -H1A | /M1.5 |
| | ES. Open, Indicator light | Manuf.: Siemens | +.T | -H5A | /M1.6 |
| 2 | Selector sw. 2Pos. 0-I, Latching, 1NO.+1NC. | 3SB3201-2KA11 | | |   |
| | 0-I Switch for sel. control | Manuf.: Siemens | +.T | -SMC | /M1.2 /M1.2 |
| | 0-I Switch | Manuf.: Siemens | +.T | -S251 | |

| Revision | Remarks | Date | Name | Standard |
|---|---|---|---|---|
| | | | Date | 2.05.2016 |
| | | | Drawn | Manus P. |
| | | | Check | |

Demonstrate set
3-Pos.SW. Mech. design 2012
Ref.// WBS No.: 56OP-00xxx.P.01

SIEMENS

8DA10 Switchgear
Typical =JZ01 MCU and Conventional Secondary equipment
Circuit diagram

8DAB-XXXXX | =JZ01 | S | =J01 | +J01 | Z8
XXXXXX | (3)-G79190-E6XXX-S013 | Sheet 8- 8 Sh.

# ภาคผนวก ข

## เอกสารด้านเทคนิคทั่วไปของ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน รุ่น7SJ64 (SIEMENS)

## Technical data

| General unit data | |
|---|---|
| *Measuring circuits* | |
| System frequency | 50 / 60 Hz (settable) |
| *Current transformer* | |
| Rated current $I_{nom}$ | 1 or 5 A (settable) |
| Option: sensitive ground-fault CT | $I_{EE}$ < 1.6 A |
| Power consumption | |
| at $I_{nom}$ = 1 A | Approx. 0.05 VA per phase |
| at $I_{nom}$ = 5 A | Approx. 0.3 VA per phase |
| for sensitive ground-fault CT at 1 A | Approx. 0.05 VA |
| Overload capability | |
| Thermal (effective) | 500 A for 1 s<br>150 A for 10 s<br>20 A continuous |
| Dynamic (impulse current) | 250 x $I_{nom}$ (half cycle) |
| Overload capability if equipped with sensitive ground-fault CT | |
| Thermal (effective) | 300 A for 1 s<br>100 A for 10 s<br>15 A continuous |
| Dynamic (impulse current) | 750 A (half cycle) |
| *Voltage transformer* | |
| Rated voltage $V_{nom}$ | 100 V to 225 V |
| Measuring range | 0 V to 200 V |
| Power consumption at $V_{nom}$ = 100 V | < 0.3 VA per phase |
| Overload capability in voltage path (phase-neutral voltage) | |
| Thermal (effective) | 230 V continuous |

| *Auxiliary voltage (via integrated converter)* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Rated auxiliary voltage $V_{aux}$ | DC | 24/48 V | 60/125 V | 110/250 V | |
| Permissible tolerance | DC | 19–58 V | 48–150 V | 88–300 V | |
| Ripple voltage, peak-to-peak | | ≤ 12 % of rated auxiliary voltage | | | |
| Power consumption | | 7SJ640 | 7SJ641 7SJ642 | 7SJ645 | 7SJ647 |
| Quiescent | Approx. | 5 W | 5.5 W | 6.5 W | 7.5 W |
| Energized | Approx. | 9 W | 12.5 W | 15 W | 21 W |
| Backup time during loss/short-circuit of auxiliary direct voltage | | ≥ 50 ms at V > DC 110 V<br>≥ 20 ms at V > DC 24 V | | | |
| Rated auxiliary voltage $V_{aux}$ | AC | 115 V/230 V | | | |
| Permissible tolerance | AC | 92–132 V/184–265 V | | | |
| Power consumption | | 7SJ640 | 7SJ641 7SJ642 | 7SJ645 | 7SJ647 |
| Quiescent | Approx. | 7 W | 9 W | 12 W | 16 W |
| Energized | Approx. | 12 W | 19 W | 23 W | 33 W |
| Backup time during loss/short-circuit of auxiliary alternating voltage | | ≥ 200 ms | | | |

| *Binary outputs/command outputs* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Type | 7SJ640 | 7SJ641 | 7SJ642 | 7SJ645 | 7SJ647 |
| Number (marshallable) | 7 | 15 | 20 | 33 | 48 |
| Voltage range | DC 24 – 250 V | | | | |
| Pickup threshold modifiable by plug-in jumpers | | | | | |
| Pickup threshold DC | DC 19 V | | DC 88 V | | |
| For rated control voltage DC | DC 24/48/60/110/125 V | | DC 110/125/220/250 V | | |
| Power consumption energized | 0.9 mA (independent of operating voltage)<br>for BI 8...19 / 21...32;<br>1.8 mA for BI 1...7 / 20/33...48 | | | | |

| *Binary outputs/command outputs* | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Type | 7SJ640 | 7SJ641 | 7SJ642 | 7SJ645 | 7SJ647 |
| Command/indication relay | 5 | 13 | 8 | 11 | 21 |
| Contacts per command/ indication relay | 1 NO / form A | | | | |
| Live status contact | 1 NO / NC (jumper) / form A / B | | | | |
| Switching capacity | | | | | |
| Make | 1000 W / VA | | | | |
| Break | 30 W / VA / 40 W resistive / 25 W at L/R ≤ 50 ms | | | | |
| Switching voltage | ≤ DC 250 V | | | | |
| Permissible current | 5 A continuous,<br>30 A for 0.5 s making current,<br>2000 switching cycles | | | | |

| *Power relay (for motor control)* | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Type | 7SJ640 7SJ641 | 7SJ642 | 7SJ645 | 7SJ647 |
| Number | 0 | 2 (4) | 4 (8) | 4 (8) |
| Number of contacts/relay | 2 NO / form A | | | |
| Switching capacity | | | | |
| Make | 1000 W / VA<br>at 48 V ... 250 V / 500 W at 24 V | | | |
| Break | 1000 W / VA<br>at 48 V ... 250 V / 500 W at 24 V | | | |
| Switching voltage | ≤ DC 250 V | | | |
| Permissible current | 5 A continuous,<br>30 A for 0.5 s | | | |

| Electrical tests | |
|---|---|
| *Specification* | |
| Standards | IEC 60255<br>ANSI C37.90, C37.90.1, C37.90.2, UL508 |
| *Insulation tests* | |
| Standards | IEC 60255-5; ANSI/IEEE C37.90.0 |
| Voltage test (100 % test)<br>all circuits except for auxiliary voltage and RS485/RS232 and time synchronization | 2.5 kV (r.m.s. value), 50/60 Hz |
| Auxiliary voltage | DC 3.5 kV |
| Communication ports and time synchronization | AC 500 V |
| Impulse voltage test (type test)<br>all circuits, except communication ports and time synchronization, class III | 5 kV (peak value); 1.2/50 µs; 0.5 J<br>3 positive and 3 negative impulses at intervals of 5 s |
| *EMC tests for interference immunity; type tests* | |
| Standards | IEC 60255-6; IEC 60255-22 (product standard)<br>EN 50082-2 (generic specification)<br>DIN 57435 Part 303 |
| High-frequency test<br>IEC 60255-22-1, class III<br>and VDE 0435 Part 303, class III | 2.5 kV (peak value); 1 MHz; $\tau$ = 15 ms;<br>400 surges per s; test duration 2 s |
| Electrostatic discharge<br>IEC 60255-22-2 class IV<br>and EN 61000-4-2, class IV | 8 kV contact discharge;<br>15 kV air gap discharge;<br>both polarities; 150 pF; $R_i$ = 330 Ω |
| Irradiation with radio-frequency field, non-modulated<br>IEC 60255-22-3 (Report) class III | 10 V/m; 27 to 500 MHz |
| Irradiation with radio-frequency field, amplitude-modulated<br>IEC 61000-4-3; class III | 10 V/m, 80 to 1000 MHz;<br>AM 80 %; 1 kHz |
| Irradiation with radio-frequency field, pulse-modulated<br>IEC 61000-4-3/ENV 50204; class III | 10 V/m, 900 MHz; repetition rate 200 Hz, on duration 50 % |
| Fast transient interference/burst<br>IEC 60255-22-4 and IEC 61000-4-4, class IV | 4 kV; 5/50 ns; 5 kHz;<br>burst length = 15 ms;<br>repetition rate 300 ms; both polarities;<br>$R_i$ = 50 Ω; test duration 1 min |
| High-energy surge voltages (Surge)<br>IEC 61000-4-5; class III | |
| Auxiliary voltage | From circuit to circuit: 2 kV; 12 Ω; 9 µF<br>across contacts: 1 kV; 2 Ω ;18 µF |
| Binary inputs/outputs | From circuit to circuit: 2 kV; 42 Ω; 0.5 µF<br>across contacts: 1 kV; 42 Ω; 0.5 µF |
| Line-conducted HF, amplitude-modulated<br>IEC 61000-4-6, class III | 10 V; 150 kHz to 80 MHz;<br>AM 80 %; 1 kHz |
| Power frequency magnetic field<br>IEC 61000-4-8, class IV<br>IEC 60255-6 | 30 A/m; 50 Hz, continuous<br>300 A/m; 50 Hz, 3 s<br>0.5 mT, 50 Hz |
| Oscillatory surge withstand capability<br>ANSI/IEEE C37.90.1 | 2.5 to 3 kV (peak value), 1 to 1.5 MHz<br>damped wave; 50 surges per s;<br>duration 2 s, $R_i$ = 150 to 200 Ω |
| Fast transient surge withstand capability ANSI/IEEE C37.90.1 | 4 to 5 kV; 10/150 ns; 50 surges per s<br>both polarities; duration 2 s, $R_i$ = 80 Ω |
| Radiated electromagnetic interference<br>ANSI/IEEE C37.90.2 | 35 V/m; 25 to 1000 MHz;<br>amplitude and pulse-modulated |
| Damped wave<br>IEC 60694 / IEC 61000-4-12 | 2.5 kV (peak value, polarity alternating)<br>100 kHz, 1 MHz, 10 and 50 MHz,<br>$R_i$ = 200 Ω |
| *EMC tests for interference emission; type tests* | |
| Standard | EN 50081-* (generic specification) |
| Conducted interferences<br>only auxiliary voltage IEC/CISPR 22 | 150 kHz to 30 MHz<br>Limit class B |
| Radio interference field strength<br>IEC/CISPR 11 | 30 to 1000 MHz<br>Limit class B |
| Units with a detached operator panel must be installed in a metal cubicle to maintain limit class B | |

| Mechanical stress tests | |
|---|---|
| *Vibration, shock stress and seismic vibration* | |
| During operation | |
| Standards | IEC 60255-21 and IEC 60068-2 |
| Vibration<br>IEC 60255-21-1, class 2<br>IEC 60068-2-6 | Sinusoidal<br>10 to 60 Hz; ± 0.075 mm amplitude;<br>60 to 150 Hz; 1 *g* acceleration<br>frequency sweep 1 octave/min<br>20 cycles in 3 perpendicular axes |
| Shock<br>IEC 60255-21-2, class 1<br>IEC 60068-2-27 | Semi-sinusoidal<br>Acceleration 5 *g*, duration 11 ms;<br>3 shocks in both directions of 3 axes |
| Seismic vibration<br>IEC 60255-21-3, class 1<br>IEC 60068-3-3 | Sinusoidal<br>1 to 8 Hz: ± 3.5 mm amplitude (horizontal axis)<br>1 to 8 Hz: ± 1.5 mm amplitude (vertical axis)<br>8 to 35 Hz: 1 *g* acceleration (horizontal axis)<br>8 to 35 Hz: 0.5 *g* acceleration (vertical axis)<br>Frequency sweep 1 octave/min<br>1 cycle in 3 perpendicular axes |
| During transportation | |
| Standards | IEC 60255-21 and IEC 60068-2 |
| Vibration<br>IEC 60255-21-1, class 2<br>IEC 60068-2-6 | Sinusoidal<br>5 to 8 Hz: ± 7.5 mm amplitude;<br>8 to 150 Hz; 2 *g* acceleration,<br>frequency sweep 1 octave/min<br>20 cycles in 3 perpendicular axes |
| Shock<br>IEC 60255-21-2, Class 1<br>IEC 60068-2-27 | Semi-sinusoidal<br>Acceleration 15 *g*, duration 11 ms<br>3 shocks in both directions of 3 axes |
| Continuous shock<br>IEC 60255-21-2, class 1<br>IEC 60068-2-29 | Semi-sinusoidal<br>Acceleration 10 *g*, duration 16 ms<br>1000 shocks in both directions of 3 axes |

5

## Technical data

| *Climatic stress tests* | |
|---|---|
| *Temperatures* | |
| Type-tested acc. to IEC 60068-2-1 and -2, test Bd, for 16 h | -25 °C to +85 °C / -13 °F to +185 °F |
| Temporarily permissible operating temperature, tested for 96 h | -20 °C to +70 °C / -4 °F to +158 °F |
| Recommended permanent operating temperature acc. to IEC 60255-6 (Legibility of display may be impaired above +55 °C / +131 °F) | -5 °C to +55 °C / +25 °F to +131 °F |
| – Limiting temperature during permanent storage | -25 °C to +55 °C / -13 °F to +131 °F |
| – Limiting temperature during transport | -25 °C to +70 °C / -13 °F to +158 °F |
| *Humidity* | |
| Permissible humidity<br>It is recommended to arrange the units in such a way that they are not exposed to direct sunlight or pronounced temperature changes that could cause condensation. | Annual average 75 % relative humidity; on 56 days a year up to 95 % relative humidity; condensation not permissible! |

| *Unit design* | | | |
|---|---|---|---|
| Type | 7SJ640<br>7SJ642 | 7SJ641 | 7SJ645<br>7SJ647 |
| Housing | 7XP20 | | |
| Dimensions | See dimension drawings, part 14 of this catalog | | |
| Weight in kg | Housing width ⅓ | Housing width ½ | Housing width 1/1 |
| Surface-mounting housing | 8 | 11 | 15 |
| Flush-mounting housing | 5 | 6 | 10 |
| Housing for detached operator operator panel | – | 8 | 12 |
| Detached operator panel | – | 2.5 | 2.5 |
| Degree of protection acc. to EN 60529 | | | |
| Surface-mounting housing | IP 51 | | |
| Flush-mounting housing | Front: IP 51, rear: IP 20; | | |
| Operator safety | IP 2x with cover | | |

| Serial interfaces | |
|---|---|
| *Operating interface (front of unit)* | |
| Connection | Non-isolated, RS232; front panel, 9-pin subminiature connector |
| Transmission rate | Factory setting 115200 baud, min. 4800 baud, max. 115200 baud |
| *Service/modem interface (rear of unit)* | |
| Isolated interface for data transfer | Port C: DIGSI 4 / modem / RTD-box |
| Transmission rate | Factory setting 38400 baud<br>min. 4800 baud, max. 115200 baud |
| RS232/RS485 | |
| Connection | |
| For flush-mounting housing / surface-mounting housing with detached operator panel | 9-pin subminiature connector, mounting location "C" |
| For surface-mounting housing with two-tier terminal at the top / bottom part | At the bottom part of the housing: shielded data cable |
| Distance RS232 | 15 m / 49.2 ft |
| Distance RS485 | Max. 1 km / 3300 ft |
| Test voltage | AC 500 V against ground |
| *Additional interface (rear of unit)* | |
| Isolated interface for data transfer | Port D: RTD-box |
| Transmission rate | Factory setting 38400 baud, min. 4800 baud, max. 115200 baud |
| RS485 | |
| Connection | |
| For flush-mounting housing / surface-mounting housing with detached operator panel | 9-pin subminiature connector, mounting location "D" |
| For surface-mounting housing with two-tier terminal at the top / bottom part | At the bottom part of the housing: shielded data cable |
| Distance | Max. 1 km / 3300 ft |
| Test voltage | AC 500 V against ground |
| Fiber optic | |
| Connection fiber-optic cable | Integrated ST connector for fiber-optic connection |
| For flush-mounting housing / surface-mounting housing with detached operator panel | Mounting location "D" |
| For surface-mounting housing with two-tier terminal at the top / bottom part | At the bottom part of the housing |
| Optical wavelength | 820 nm |
| Permissible path attenuation | Max. 8 dB, for glass fiber 62.5/125 µm |
| Distance | Max. 1.5 km / 0.9 miles |

| System interface (rear of unit) | |
|---|---|
| *IEC 60870-5-103 protocol* | |
| Isolated interface for data transfer to a control center | Port B |
| Transmission rate | Factory setting: 9600 baud, min. 1200 baud, max. 115200 baud |
| RS232/RS485 | |
| Connection | Mounting location "B" |
| For flush-mounting housing / surface-mounting housing with detached operator panel | |
| For surface-mounting housing with two-tier terminal on the top / bottom part | At the bottom part of the housing: shielded data cable |
| Distance RS232 | Max. 15 m / 49 ft |
| Distance RS485 | Max. 1 km / 3300 ft |
| Test voltage | AC 500 V against ground |
| Fiber optic | |
| Connection fiber-optic cable | Integrated ST connector for fiber-optic connection |
| For flush-mounting housing / surface-mounting housing with detached operator panel | Mounting location "B" |
| For surface-mounting housing with two-tier terminal on the top / bottom part | At the bottom part of the housing |
| Optical wavelength | 820 nm |
| Permissible path attenuation | Max. 8 dB, for glass fiber 62.5/125 µm |
| Distance | Max. 1.5 km / 0.9 miles |
| *IEC 60870-5-103 protocol, redundant* | |
| RS485 | |
| Connection | |
| For flush-mounting housing / surface-mounting housing with detached operator panel | Mounting location "B" |
| For surface-mounting housing with two-tier terminal on the top / bottom part | (not available) |
| Distance RS485 | Max. 1 km / 3300 ft |
| Test voltage | AC 500 V against ground |
| *Ethernet (EN 100) for DIGSI, IEC 61850, DNP3 TCP, PROFINET* | |
| Electrical | |
| Connection for flush-mounted casing | rear panel, mounting location "B"<br>2 x RJ45 socket contact<br>100BaseT acc. to IEEE802.3 |
| Connection for surface-mounted casing | in console housing at case bottom |
| Test voltage (reg. socket) | 500 V; 50 Hz |
| Transmission speed | 100 Mbit/s |
| Bridgeable distance | 65.62 feet (200 m) |
| Optical | |
| Connection for flush-mounted case | rear panel, slot position "B", duplex LC, 100BaseT acc. to IEEE802.3 |
| Connection for surface-mounted case | (not available) |
| Transmission speed | 100 Mbit/s |
| Optical wavelength | 1300 nm |
| Bridgeable distance | max. 0.93 miles (1.5 km) |

| *PROFIBUS-FMS/DP* | |
|---|---|
| Isolated interface for data transfer to a control center | Port B |
| Transmission rate | Up to 1.5 Mbaud |
| RS485 | |
| Connection | |
| For flush-mounting housing/ surface-mounting housing with detached operator panel | 9-pin subminiature connector, mounting location "B" |
| For surface-mounting housing with two-tier terminal on the top / bottom part | At the bottom part of the housing: shielded data cable |
| Distance | 1000 m / 3300 ft ≤ 93.75 kbaud;<br>500 m / 1500 ft ≤ 187.5 kbaud;<br>200 m / 600 ft ≤ 1.5 Mbaud;<br>100 m / 300 ft ≤ 12 Mbaud |
| Test voltage | AC 500 V against ground |
| Fiber optic | |
| Connection fiber-optic cable | Integr. ST connector for FO connection, mounting location "B" |
| For flush-mounting housing/ surface-mounting housing with detached operator panel | |
| For surface-mounting housing with two-tier terminal on the top / bottom part | At the bottom part of the housing<br>Important: Please refer to footnotes 1) and 2) on page 5/215 |
| Optical wavelength | 820 nm |
| Permissible path attenuation | Max. 8 dB, for glass fiber 62.5/125 µm |
| Distance | 500 kB/s 1.6 km / 0.99 miles<br>1500 kB/s 530 m / 0.33 miles |
| *MODBUS RTU, ASCII, DNP 3.0* | |
| Isolated interface for data transfer | Port B |
| to a control center<br>Transmission rate | Up to 19200 baud |
| RS485 | |
| Connection | |
| For flush-mounting housing/ surface-mounting housing with detached operator panel | 9-pin subminiature connector, mounting location "B" |
| For surface-mounting housing with two-tier terminal at the top / bottom part | At bottom part of the housing: shielded data cable |
| Distance | Max. 1 km / 3300 ft max. 32 units recommended |
| Test voltage | AC 500 V against ground |
| Fiber-optic | |
| Connection fiber-optic cable | Integrated ST connector for fiber-optic connection |
| For flush-mounting housing/ surface-mounting housing with detached operator panel | Mounting location "B" |
| For surface-mounting housing with two-tier terminal at the top / bottom part | At the bottom part of the housing<br>Important: Please refer to footnotes 1) and 2) on page 5/174 |
| Optical wavelength | 820 nm |
| Permissible path attenuation | Max 8 dB. for glass fiber 62.5/125 µm |
| Distance | Max. 1.5 km / 0.9 miles |

1) At $I_{nom}$ = 1 A, all limits divided by 5.

## Technical data

| *Time synchronization DCF77/IRIG-B signal (Format IRIG-B000)* | |
|---|---|
| Connection | 9-pin subminiature connector (SUB-D) (terminal with surface-mounting housing) |
| Voltage levels | 5 V, 12 V or 24 V (optional) |

**Functions**

*Definite-time overcurrent protection, directional/non-directional (ANSI 50, 50N, 67, 67N)*

| | | |
|---|---|---|
| Operating mode non-directional phase protection (ANSI 50) | 3-phase (standard) or 2-phase (L1 and L3) | |
| Number of elements (stages) | $I>$, $I>>$, $I>>>$ (phases)<br>$I_E>$, $I_E>>$, $I_E>>>$ (ground) | |
| Setting ranges | | |
| Pickup phase elements | 0.5 to 175 A or ∞[1]) (in steps of 0.01 A) | |
| Pickup ground elements | 0.25 to 175 A or ∞[1]) (in steps of 0.01 A) | |
| Delay times $T$ | 0 to 60 s or ∞ (in steps of 0.01 s) | |
| Dropout delay time $T_{DO}$ | 0 to 60 s (in steps of 0.01 s) | |
| Times | | |
| Pickup times (without inrush restraint, with inrush restraint + 10 ms) | Non-directional | Directional |
| With twice the setting value | Approx. 30 ms | 45 ms |
| With five times the setting value | Approx. 20 ms | 40 ms |
| Dropout times | Approx. 40 ms | |
| Dropout ratio | Approx. 0.95 for $I/I_{nom} \geq 0.3$ | |
| Tolerances | | |
| Pickup | 2 % of setting value or 50 mA[1]) | |
| Delay times $T$, $T_{DO}$ | 1 % or 10 ms | |

*Inverse-time overcurrent protection, directional/non-directional (ANSI 51, 51N, 67, 67N)*

| | |
|---|---|
| Operating mode non-directional phase protection (ANSI 51) | 3-phase (standard) or 2-phase (L1 and L3) |
| Setting ranges | |
| Pickup phase element $I_P$ | 0.5 to 20 A or ∞ [1]) (in steps of 0.01 A) |
| Pickup ground element $I_{EP}$ | 0.25 to 20 A or ∞ [1]) (in steps of 0.01 A) |
| Time multiplier $T$ (IEC characteristics) | 0.05 to 3.2 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Time multiplier $D$ (ANSI characteristics) | 0.05 to 15 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Undervoltage threshold $V<$ for release $I_p$ | 10.0 to 125.0 V (in steps of 0.1 V) |
| Trip characteristics | |
| IEC | Normal inverse, very inverse, extremely inverse, long inverse |
| ANSI | Inverse, short inverse, long inverse moderately inverse, very inverse, extremely inverse, definite inverse |
| User-defined characteristic | Defined by a maximum of 20 value pairs of current and time delay |
| Dropout setting | |
| Without disk emulation | Approx. 1.05 · setting value $I_p$ for $I_p/I_{nom} \geq 0.3$, corresponds to approx. 0.95 · pickup threshold |
| With disk emulation | Approx. 0.90 · setting value $I_p$ |
| Tolerances | |
| Pickup/dropout thresholds $I_p$, $I_{Ep}$ | 2 % of setting value or 50 mA[1]) |
| Pickup time for $2 \leq I/I_p \leq 20$ | 5 % of reference (calculated) value + 2 % current tolerance, respectively 30 ms |
| Dropout ratio for $0.05 \leq I/I_p \leq 0.9$ | 5 % of reference (calculated) value + 2 % current tolerance, respectively 30 ms |

*Direction detection*

| | |
|---|---|
| For phase faults | |
| Polarization | With cross-polarized voltages;<br>With voltage memory for measurement voltages that are too low |
| Forward range<br>Rotation of reference voltage $V_{ref,rot}$ | $V_{ref,rot} \pm 86°$<br>- 180° to 180° (in steps of 1°) |
| Direction sensitivity | For one and two-phase faults unlimited;<br>For three-phase faults dynamically unlimited;<br>Steady-state approx. 7 V phase-to-phase |
| For ground faults | |
| Polarization | With zero-sequence quantities $3V_0$, $3I_0$ or with negative-sequence quantities $3V_2$, $3I_2$ |
| Forward range<br>Rotation of reference voltage $V_{ref,rot}$ | $V_{ref,rot} \pm 86°$<br>- 180° to 180° (in steps of 1°) |
| Direction sensitivity | |
| Zero-sequence quantities $3V_0$, $3I_0$ | $V_E \approx 2.5$ V displacement voltage, measured;<br>$3V_0 \approx 5$ V displacement voltage, calculated |
| Negative -sequence quantities $3V_2$, $3I_2$ | $3V_2 \approx 5$ V negative-sequence voltage<br>$3I_2 \approx 225$ mA negative-sequence current[1]) |
| Tolerances (phase angle error under reference conditions) | |
| For phase and ground faults | ± 1 ° electrical |

*Inrush blocking*

| | |
|---|---|
| Influenced functions | Time-overcurrent elements, $I>$, $I_E>$, $I_p$, $I_{Ep}$ (directional, non-directional) |
| Lower function limit phases | At least one phase current (50 Hz and 100 Hz) ≥ 125 mA[1]) |
| Lower function limit ground | Ground current (50 Hz and 100 Hz) ≥ 125 mA[1]) |
| Upper function limit (setting range) | 1.5 to 125 A[1]) (in steps of 0.01 A) |
| Setting range $I_{2f}/I$ | 10 to 45 % (in steps of 1 %) |
| Crossblock ($I_{L1}$, $I_{L2}$, $I_{L3}$) | ON/OFF |

*Dynamic setting change*

| | |
|---|---|
| Controllable function | Directional and non-directional pickup, tripping time |
| Start criteria | Current criteria,<br>CB position via aux. contacts,<br>binary input,<br>auto-reclosure ready |
| Time control | 3 timers |
| Current criteria | Current threshold (reset on dropping below threshold; monitoring with timer) |

1) For $I_{nom}$ = 1 A, all limits divided by 5.

| | |
|---|---|
| **(Sensitive) ground-fault detection (ANSI 64, 50 Ns, 51Ns, 67Ns)** | |
| *Displacement voltage starting for all types of ground fault (ANSI 64)* | |
| Setting ranges | |
| Pickup threshold $V_E$> (measured) | 1.8 to 170 V (in steps of 0.1 V) |
| Pickup threshold $3V_0$> (calculated) | 10 to 225 V (in steps of 0.1 V) |
| Delay time $T_{Delay\ pickup}$ | 0.04 to 320 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Additional trip delay $T_{VDELAY}$ | 0.1 to 40000 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Times | |
| Pickup time | Approx. 50 ms |
| Dropout ratio | 0.95 or (pickup value -0.6 V) |
| Tolerances | |
| Pickup threshold $V_E$ (measured) | 3 % of setting value or 0.3 V |
| Pickup threshold $3V_0$ (calculated) | 3 % of setting value or 3 V |
| Delay times | 1 % of setting value or 10 ms |
| *Phase detection for ground fault in an ungrounded system* | |
| Measuring principle | Voltage measurement (phase-to-ground) |
| Setting ranges | |
| $V_{ph\ min}$ (ground-fault phase) | 10 to 100 V (in steps of 1 V) |
| $V_{ph\ max}$ (unfaulted phases) | 10 to 100 V (in steps of 1 V) |
| Measuring tolerance acc. to DIN 57435 part 303 | 3 % of setting value, or 1 V |
| *Ground-fault pickup for all types of ground faults* | |
| *Definite-time characteristic (ANSI 50Ns)* | |
| Setting ranges | |
| Pickup threshold $I_{EE}$>, $I_{EE}$>> | |
| For sensitive input | 0.001 to 1.5 A (in steps of 0.001 A) |
| For normal input | 0.25 to 175 A[1] (in steps of 0.01 A) |
| Delay times $T$ for $I_{EE}$ >, $I_{EE}$>> | 0 to 320 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Dropout delay time $T_{DO}$ | 0 to 60 s (in steps of 0.01 s) |
| Times | |
| Pickup times | Approx. 50 ms |
| Dropout ratio | Approx. 0.95 |
| Tolerances | |
| Pickup threshold | |
| For sensitive input | 2 % of setting value or 1 mA |
| For normal input | 2 % of setting value or 50mA[1] |
| Delay times | 1 % of setting value or 20 ms |
| *Ground-fault pickup for all types of ground faults* | |
| *Inverse-time characteristic (ANSI 51Ns)* | |
| User-defined characteristic | Defined by a maximum of 20 pairs of current and delay time values |
| Setting ranges | |
| Pickup threshold $I_{IEEp}$ | |
| For sensitive input | 0.001 A to 1.4 A (in steps of 0.001 A) |
| For normal input | 0.25 to 20 A[1] (in steps of 0.01 A) |
| User defined | |
| Time multiplier $T$ | 0.1 to 4 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Times | |
| Pickup times | Approx. 50 ms |
| Pickup threshold | Approx. 1.1 · $I_{EEp}$ |
| Dropout ratio | Approx. 1.05 · $I_{EEp}$ |
| Tolerances | |
| Pickup threshold | |
| For sensitive input | 2 % of setting value or 1 mA |
| For normal input | 2 % of setting value or 50mA[1] |
| Delay times in linear range | 7 % of reference value for 2 ≥ $III_{EEp}$ ≥ 20 + 2 % current tolerance, or 70 ms |
| Logarithmic inverse | Refer to the manual |
| Logarithmic inverse with knee point | Refer to the manual |
| *Direction detection for all types of ground-faults (ANSI 67Ns)* | |
| Measuring method "cos φ / sin φ" | |
| Direction measurement | $I_E$ and $V_E$ measured or $3I_0$ and $3V_0$ calculated |
| Measuring principle | Active/reactive power measurement |
| Setting ranges | |
| Measuring enable $I_{Release\ direct.}$ | |
| For sensitive input | 0.001 to 1.2 A (in steps of 0.001 A) |
| For normal input | 0.25 to 150 A[1] (in steps of 0.01 A) |
| Direction phasor $\varphi_{Correction}$ | - 45 ° to + 45 ° (in steps of 0.1 °) |
| Dropout delay $T_{Reset\ delay}$ | 1 to 60 s (in steps of 1 s) |
| Tolerances | |
| Pickup measuring enable | |
| For sensitive input | 2 % of setting value or 1 mA |
| For normal input | 2 % of setting value or 50 mA[1] |
| Angle tolerance | 3 ° |
| Measuring method "φ ($V_0$/$I_0$)" | |
| Direction measurement | $I_E$ and $V_E$ measured or $3I_0$ and $3V_0$ calculated |
| Minimum voltage $V_{min.}$ measured | 0.4 to 50 V (in steps of 0.1 V) |
| Minimum voltage $V_{min}$calculated | 10 to 90 V (in steps of 1 V) |
| Phase angle φ | -180° to 180° (in steps of 0.1°) |
| Delta phase angle Δφ | 0° to 180° (in steps of 0.1°) |
| Tolerances | |
| Pickup threshold $V_E$ (measured) | 3 % of setting value or 0.3 V |
| Pickup threshold $3V_0$ (calculated) | 3 % of setting value or 3 V |
| Angle tolerance | 3 ° |
| *Angle correction for cable CT* | |
| Angle correction F1, F2 | 0 ° to 5 ° (in steps of 0.1°) |
| Current value $I1$, $I2$ | |
| For sensitive input | 0.001 to 1.5 A (in steps of 0.001 A) |
| For normal input | 0.25 to 175 A[1] (in steps of 0.01 A) |
| ***High-impedance restricted ground-fault protection (ANSI 87N) / single-phase overcurrent protection*** | |
| Setting ranges | |
| Pickup thresholds $I$>, $I$>> | |
| For sensitive input | 0.003 to 1.5 A or ∞ (in steps of 0.001 A) |
| For normal input | 0.25 to 175 A[1] or ∞ (in steps of 0.01 A) |
| Delay times $T_I$>, $T_I$>> | 0 to 60 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Times | |
| Pickup times | |
| Minimum | Approx. 20 ms |
| Typical | Approx. 30 ms |
| Dropout times | Approx. 30 ms |
| Dropout ratio | Approx. 0.95 for $III_{nom}$ ≥ 0.5 |
| Tolerances | |
| Pickup thresholds | 3 % of setting value or 1 % rated current at $I_{nom}$ = 1 or 5 A; 5 % of setting value or 3 % rated current at $I_{nom}$ = 0.1 A |
| Delay times | 1 % of setting value or 10 ms |

Note: Due to the high sensitivity the linear range of the measuring input IN with integrated sensitive input transformer is from 0.001 A to 1.6 A. For currents greater than 1.6 A, correct directionality can no longer be guaranteed.

1) For $I_{nom}$ = 1 A, all limits divided by 5.

## Technical data

### Intermittent ground-fault protection

| | | |
|---|---|---|
| **Setting ranges** | | |
| Pickup threshold | | |
| For $I_E$ | $I_{IE}>$ | 0.25 to 175 A[1] (in steps of 0.01 A) |
| For $3I_0$ | $I_{IE}>$ | 0.25 to 175 A[1] (in steps of 0.01 A) |
| For $I_{EE}$ | $I_{IE}>$ | 0.005 to 1.5 A (in steps of 0.001 A) |
| Pickup prolongation time | $T_V$ | 0 to 10 s (in steps of 0.01 s) |
| Ground-fault accumulation time | $T_{sum}$ | 0 to 100 s (in steps of 0.01 s) |
| Reset time for accumulation | $T_{res}$ | 1 to 600 s (in steps of 1 s) |
| Number of pickups for intermittent ground fault | | 2 to 10 (in steps of 1) |
| **Times** | | |
| Pickup times | | |
| Current = 1.25 · pickup value | | Approx. 30 ms |
| Current ≥ 2 · pickup value | | Approx. 22 ms |
| Dropout time | | Approx. 22 ms |
| **Tolerances** | | |
| Pickup threshold $I_{IE}>$ | | 3 % of setting value, or 50 mA[1] |
| Times $T_V$, $T_{sum}$, $T_{res}$ | | 1 % of setting value or 10 ms |

### Directional intermittent ground fault protection (ANSI 67Ns)

| | |
|---|---|
| **Setting ranges / Increments** | |
| Pickup threshold | |
| $V_{gnd}>$ / 3V0> | 2.0 V to 100.0 V Increments 1 V |
| Monitoring time after pickup detected | 0.04 s ... 10.00 s Increments 0.01 s |
| Pulse no. for detecting the interm. E/F | 2 ... 50 Increments 1 |
| **Dropout ratio** | |
| Dropout ratio Vgnd> / 3V0> | 0,95 or (pickup value - 0,6 V) |
| **Tolerances** | |
| Measurement tolerance | |
| $V_{gnd}>$ / 3V0> | 3 % of setting value |
| Times | 1 % of setting value or 10 ms |
| **Influencing Variables** | |
| Power supply direct voltage in range | 0.8 ≤ VPS/VPSNom ≤ 1.15 <1 % |
| Temperature in range | 23.00 °F (-5 °C) ≤ Θamb ≤ 131.00 °F (55 °C) <0.5 %/ K |

### Thermal overload protection (ANSI 49)

| | |
|---|---|
| **Setting ranges** | |
| Factor k | 0.1 to 4 (in steps of 0.01) |
| Time constant | 1 to 999.9 min (in steps of 0.1 min) |
| Warning overtemperature $\Theta_{alarm}/\Theta_{trip}$ | 50 to 100 % with reference to the tripping overtemperature (in steps of 1 %) |
| Current warning stage $I_{alarm}$ | 0.5 to 20 A (in steps of 0.01 A) |
| Extension factor when stopped $k_\tau$ factor | 1 to 10 with reference to the time constant with the machine running (in steps of 0.1) |
| Rated overtemperature (for $I_{nom}$) | 40 to 200 °C (in steps of 1 °C) |
| Tripping characteristic For $(I/k \cdot I_{nom}) \leq 8$ | $t = \tau_{th} \cdot \ln \frac{(I/k \cdot I_{nom})^2 - (I_{pre}/k \cdot I_{nom})^2}{(I/k \cdot I_{nom})^2 - 1}$ |

$t$ = Tripping time
$\tau_{th}$ = Temperature rise time constant
$I$ = Load current
$I_{pre}$ = Preload current
k = Setting factor acc. to VDE 0435 Part 3011 and IEC 60255-8
$I_{nom}$ = Rated (nominal) current of the protection relay

1) At $I_{nom}$ = 1 A, all limits divided by 5.

| | |
|---|---|
| **Dropout ratios** | |
| $\Theta/\Theta_{Trip}$ | Drops out with $\Theta_{Alarm}$ |
| $\Theta/\Theta_{Alarm}$ | Approx. 0.99 |
| $III_{Alarm}$ | Approx. 0.97 |
| **Tolerances** | |
| With reference to k · $I_{nom}$ | Class 5 acc. to IEC 60255-8 |
| With reference to tripping time | 5 % ± 2 s acc. to IEC 60255-8 |

### Auto-reclosure (ANSI 79)

| | |
|---|---|
| Number of reclosures | 0 to 9<br>Shot 1 to 4 individually adjustable |
| Program for phase fault | |
| Start-up by | Time-overcurrent elements (dir., non-dir.), sensitive ground-fault protection, binary input |
| Blocking of ARC | Pickup of protection functions, three-phase fault detected by a protective element, binary input, last TRIP command after the reclosing cycle is complete (unsuccessful reclosing), TRIP command by the breaker failure protection (50BF), opening the CB without ARC initiation, external CLOSE command |
| **Setting ranges** | |
| Dead time (separate for phase and ground and individual for shots 1 to 4) | 0.01 to 320 s (in steps of 0.01 s) |
| Blocking duration for manual-CLOSE detection | 0.5 s to 320 s or 0 (in steps of 0.01 s) |
| Blocking duration after reclosure | 0.5 s to 320 s (in steps of 0.01 s) |
| Blocking duration after dynamic blocking | 0.01 to 320 s (in steps of 0.01 s) |
| Start-signal monitoring time | 0.01 to 320 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Circuit-breaker supervision time | 0.1 to 320 s (in steps of 0.01 s) |
| Max. delay of dead-time start | 0 to 1800 s or ∞ (in steps of 0.1 s) |
| Maximum dead time extension | 0.5 to 320 s or ∞(in steps of 0.01 s) |
| Action time | 0.01 to 320 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |

The delay times of the following protection function can be altered individually by the ARC for shots 1 to 4
(setting value $T = T$, non-delayed $T = 0$, blocking $T = \infty$):
$I>>>$, $I>>$, $I>$, $I_p$, $I_{dir}>>$, $I_{dir}>$, $I_{pdir}$
$I_E>>>$, $I_E>>$, $I_E>$, $I_{Ep}$, $I_{Edir}>>$, $I_{Edir}>$, $I_{Edir}$

| | |
|---|---|
| Additional functions | Lockout (final trip), delay of dead-time start via binary input (monitored), dead-time extension via binary input (monitored), co-ordination with other protection relays, circuit-breaker monitoring, evaluation of the CB contacts |

### Breaker failure protection (ANSI 50 BF)

| | |
|---|---|
| **Setting ranges** | |
| Pickup threshold | 0.2 to 5 A[1] (in steps of 0.01 A) |
| Delay time | 0.06 to 60 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| **Times** | |
| Pickup times | |
| with internal start | is contained in the delay time |
| with external start | is contained in the delay time |
| Dropout times | Approx. 25 ms |
| **Tolerances** | |
| Pickup value | 2 % of setting value (50 mA)[1] |
| Delay time | 1 % or 20 ms |

### Synchro- and voltage check (ANSI 25)

| | |
|---|---|
| Operating modes | • Synchrocheck<br>• Asynchronous/synchronous |
| Additional release conditions | • Live-bus / dead line<br>• Dead-bus / live-line<br>• Dead-bus and dead-line<br>• Bypassing |

| | |
|---|---|
| **Voltages** | |
| Max. operating voltage $V_{max}$ | 20 to 140 V (phase-to-phase) (in steps of 1 V) |
| Min. operating voltage $V_{min}$ | 20 to 125 V (phase-to-phase) (in steps of 1 V) |
| $V<$ for dead-line / dead-bus check | 1 to 60 V (phase-to-phase) (in steps of 1 V) |
| $V>$ for live-line / live-bus check | 20 to 140 V (phase-to-phase) (in steps of 1 V) |
| Primary rated voltage of transformer $V_{2nom}$ | 0.1 to 800 kV (in steps of 0.01 kV) |
| Tolerances | 2 % of pickup value or 2 V |
| Drop-off to pickup ratios | approx. 0.9 (V>) or 1.1 (V<) |
| **ΔV-measurement** | |
| Voltage difference | 0.5 to 50 V (phase-to-phase) (in steps of 1 V) |
| Tolerance | 1 V |
| **Δf-measurement** | |
| Δf-measurement (f2>f1; f2<f1 | 0.01 to 2 Hz (in steps of 0.01 Hz) |
| Tolerance | 15 mHz |
| **Δα-measurement** | |
| Δα-measurement (α2>α1; α2<α1) | 2 ° to 80 ° (in steps of 1 °) |
| Tolerance | 2 ° |
| Max. phase displacement | 5 ° for $\Delta f \leq 1$ Hz<br>10 ° for $\Delta f > 1$ Hz |
| **Circuit-breaker operating time** | |
| CB operating time | 0.01 to 0.6 s (in steps of 0.01 s) |
| **Threshold ASYN ↔ SYN** | |
| Threshold synchronous / asynchronous | 0.01 to 0.04 Hz (in steps of 0.01 Hz) |
| **Adaptation** | |
| Vector group adaptation by angle | 0 ° to 360 ° (in steps of 1 °) |
| Different voltage transformers $V_1/V_2$ | 0.5 to 2 (in steps of 0.01) |
| **Times** | |
| Minimum measuring time | Approx. 80 ms |
| Max. duration $T_{SYN\ DURATION}$ | 0.01 to 1200 s; ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Supervision time $T_{SUP\ VOLTAGE}$ | 0 to 60 s (in steps of 0.01 s) |
| Closing time of CB $T_{CB\ close}$ | 0 to 60 s (in steps of 0.01 s) |
| Tolerance of all timers | 1 % of setting value or 10 ms |
| **Measuring values of synchro-check function** | |
| Reference voltage $V1$ | In kV primary, in V secondary or in % $V_{nom}$ |
| Range | 10 to 120 % $V_{nom}$ |
| Tolerance*) | ≤1 % of measured value or 0.5 % of $V_{nom}$ |
| Voltage to be synchronized $V2$ | In kV primary, in V secondary or in % $V_{nom}$ |
| Range | 10 to 120 % $V_{nom}$ |
| Tolerance*) | ≤1 % of measured value or 0.5 % of $V_{nom}$ |
| Frequency of $V1$ and $V2$ | $f_1$, $f_2$ in Hz |
| Range | $f_N \pm 5$ Hz |
| Tolerance*) | 20 mHz |
| Voltage difference ($V2 - V1$) | In kV primary, in $V$ secondary or in % $V_{nom}$ |
| Range | 10 to 120 % $V_{nom}$ |
| Tolerance*) | ≤1 % of measured value or 0.5 % of $V_{nom}$ |
| Frequency difference ($f2 - f1$) | In mHz |
| Range | $f_N \pm 5$ Hz |
| Tolerance*) | 20 mHz |
| Angle difference ($\alpha2 - \alpha1$) | In ° |
| Range | 0 to 180 ° |
| Tolerance*) | 0.5 ° |

| | |
|---|---|
| ***Negative-sequence current detection (ANSI 46)*** | |
| *Definite-time characteristic (ANSI 46-1 and 46-2)* | |
| **Setting ranges** | |
| Pickup current $I_2>$, $I_2>>$ | 0.25 to 15 A[1)] or ∞ (in steps of 0.01 A) |
| Delay times | 0 to 60 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Dropout delay time $T_{DO}$ | 0 to 60 s (in steps of 0.01 s) |
| Functional limit | All phase currents ≤ 20 A[1)] |
| **Times** | |
| Pickup times | Approx. 35 ms |
| Dropout times | Approx. 35 ms |
| Dropout ratio | Approx. 0.95 for $I_2/I_{nom} > 0.3$ |
| **Tolerances** | |
| Pickup thresholds | 3 % of the setting value or 50 mA[1)] |
| Delay times | 1 % or 10 ms |
| *Inverse-time characteristic (ANSI 46-TOC)* | |
| **Setting ranges** | |
| Pickup current | 0.25 to 10 A[1)] (in steps of 0.01 A) |
| Time multiplier $T$ (IEC characteristics) | 0.05 to 3.2 s or ∞ (in steps of 0.01s) |
| Time multiplier $D$ (ANSI characteristics) | 0.5 to 15 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Functional limit | All phase currents ≤ 50 A[1)] |
| **Trip characteristics** | |
| IEC | Normal inverse, very inverse, extremely inverse |
| ANSI | Inverse, moderately inverse, very inverse, extremely inverse |
| Pickup threshold | Approx. 1.1 · $I_{2p}$ setting value |
| **Dropout** | |
| IEC and ANSI (without disk emulation) | Approx. 1.05 · $I_{2p}$ setting value, which is approx. 0.95 · pickup threshold |
| ANSI with disk emulation | Approx. 0.90 · $I_{2p}$ setting value |
| **Tolerances** | |
| Pickup threshold | 3 % of the setting value or 50 mA[1)] |
| Time for 2 ≤ M ≤ 20 | 5 % of setpoint (calculated) +2 % current tolerance, at least 30 ms |
| ***Flexible protection functions (ANSI 27, 32, 47, 50, 55, 59, 81R)*** | |
| **Operating modes / measuring quantities** | |
| 3-phase | $I$, $I_1$, $I_2$, $I_2/I_1$, $3I_0$, $V$, $V_1$, $V_2$, $3V_0$, $dV/dt$, $P$, $Q$, cos $\varphi$ |
| 1-phase | $I$, $I_E$, $I_{E\ sens.}$, $V$, $V_E$, $P$, $Q$, cos $\varphi$ |
| Without fixed phase relation | $f$, $df/dt$, binary input |
| Pickup when | Exceeding or falling below threshold value |
| **Setting ranges** | |
| Current $I$, $I_1$, $I_2$, $3I_0$, $I_E$ | 0.15 to 200 A[1)] (in steps of 0.01 A) |
| Current ratio $I_2/I_1$ | 15 to 100 % (in steps of 1 %) |
| Sens. ground curr. $I_{E\ sens.}$ | 0.001 to 1.5 A (in steps of 0.001 A) |
| Voltages $V$, $V_1$, $V_2$, $3V_0$ | 2 to 260 V (in steps of 0.1 V) |
| Displacement voltage $V_E$ | 2 to 200 V (in steps of 0.1 V) |
| Power $P$, $Q$ | 0.5 to 10000 W (in steps of 0.1 W) |
| Power factor (cos $\varphi$) | - 0.99 to + 0.99 (in steps of 0.01) |
| Frequency $f_N = 50$ Hz | 40 to 60 Hz (in steps of 0.01 Hz) |
| $f_N = 60$ Hz | 50 to 70 Hz (in steps of 0.01 Hz) |
| Rate-of-frequency change $df/dt$ | 0.1 to 20 Hz/s (in steps of 0.01 Hz/s) |
| Voltage change $dV/dt$ | 4 V/s to 100 V/s (in steps of 1 V/s) |
| Dropout ratio >- stage | 1.01 to 3 (in steps of 0.01) |
| Dropout ratio <- stage | 0.7 to 0.99 (in steps of 0.01) |
| Dropout differential f | 0.02 to 1.00 Hz (in steps of 0.01 Hz) |
| Pickup delay time | 0 to 60 s (in steps of 0.01 s) |
| Trip delay time | 0 to 3600 s (in steps of 0.01 s) |
| Dropout delay time | 0 to 60 s (in steps of 0.01 s) |

*) With rated frequency.

1) At $I_{nom}$ = 1 A, all limits divided by 5.

## Technical data

### Flexible protection functions (ANSI 27, 32, 47, 50, 55, 59, 81R) (cont'd)

| | |
|---|---|
| Times | |
| Pickup times | |
| Current, voltage (phase quantities) | |
| With 2 times the setting value | Approx. 30 ms |
| With 10 times the setting value | Approx. 20 ms |
| Current, voltages (symmetrical components) | |
| With 2 times the setting value | Approx. 40 ms |
| With 10 times the setting value | Approx. 30 ms |
| Power | |
| Typical | Approx. 120 ms |
| Maximum (low signals and thresholds) | Approx. 350 ms |
| Power factor | 300 to 600 ms |
| Frequency | Approx. 100 ms |
| Rate-of-frequency change with 1.25 times the setting value | Approx. 220 ms |
| Voltage change dV/dt for 2 times pickup value | Approx. 220 ms |
| Binary input | Approx. 20 ms |
| Dropout times | |
| Current, voltage (phase quantities) | < 20 ms |
| Current, voltages (symmetrical components) | < 30 ms |
| Power | |
| Typical | < 50 ms |
| Maximum | < 350 ms |
| Power factor | < 300 ms |
| Frequency | < 100 ms |
| Rate-of-frequency change | < 200 ms |
| Voltage change | < 220 ms |
| Binary input | < 10 ms |
| Tolerances | |
| Pickup threshold | |
| Current | 0.5 % of setting value or 50 mA[1] |
| Current (symmetrical components) | 1 % of setting value or 100 mA[1] |
| Voltage | 0.5 % of setting value or 0.1 V |
| Voltage (symmetrical components) | 1 % of setting value or 0.2 V |
| Power | 1 % of setting value or 0.3 W |
| Power factor | 2 degrees |
| Frequency | 5 mHz (at $V = V_N$, $f = f_N$)<br>10 mHz (at $V = V_N$) |
| Rate-of-frequency change | 5 % of setting value or 0.05 Hz/s |
| Voltage change dV/dt | 5 % of setting value or 2 V/s |
| Times | 1 % of setting value or 10 ms |

### Starting time monitoring for motors (ANSI 48)

| | |
|---|---|
| Setting ranges | |
| Motor starting current $I_{STARTUP}$ | 2.5 to 80 A[1] (in steps of 0.01) |
| Pickup threshold $I_{MOTOR\ START}$ | 2 to 50 A[1] (in steps of 0.01) |
| Permissible starting time $T_{STARTUP,\ COLD\ MOTOR}$ | 1 to 180 s (in steps of 0.1 s) |
| Permissible starting time $T_{STARTUP,\ WARM\ MOTOR}$ | 0.5 to 180 s (in steps of 0.1 s) |
| Temperature threshold cold motor | 0 to 80 % (in steps of 1 %) |
| Permissible blocked rotor time $T_{BLOCKED\text{-}ROTOR}$ | 0.5 to 120 s or ∞ (in steps of 0.1 s) |
| Tripping time characteristic | |
| For $I >$ $I_{MOTOR\ START}$ | $t = \left(\frac{I_{STARTUP}}{I}\right)^2 \cdot T_{STARTUP}$<br>$I_{STARTUP}$ = Rated motor starting current<br>$I$ = Actual current flowing<br>$T_{STARTUP}$ = Tripping time for rated motor starting current<br>$t$ = Tripping time in seconds |
| Dropout ratio $I_{MOTOR\ START}$ | Approx. 0.95 |
| Tolerances | |
| Pickup threshold | 2 % of setting value or 50 mA[1] |
| Delay time | 5 % or 30 ms |

### Load jam protection for motors (ANSI 51M)

| | |
|---|---|
| Setting ranges | |
| Current threshold for alarm and trip | 0.25 to 60 A[1] (in steps of 0.01 A) |
| Delay times | 0 to 600 s (in steps of 0.01 s) |
| Blocking duration after CLOSE signal detection | 0 to 600 s (in steps of 0.01 s) |
| Tolerances | |
| Pickup threshold | 2 % of setting value or 50 mA[1] |
| Delay time | 1 % of setting value or 10 ms |

### Restart inhibit for motors (ANSI 66)

| | |
|---|---|
| Setting ranges | |
| Motor starting current relative to rated motor current $I_{MOTOR\ START}/I_{Motor\ Nom}$ | 1.1 to 10 (in steps of 0.1) |
| Rated motor current $I_{Motor\ Nom}$ | 1 to 6 A[1] (in steps of 0.01 A) |
| Max. permissible starting time $T_{Start\ Max}$ | 1 to 320 s (in steps of 1 s) |
| Equilibrium time $T_{Equal}$ | 0 min to 320 min (in steps of 0.1 min) |
| Minimum inhibit time $T_{MIN.\ INHIBIT\ TIME}$ | 0.2 min to 120 min (in steps of 0.1 min) |
| Max. permissible number of warm starts | 1 to 4 (in steps of 1) |
| Difference between cold and warm starts | 1 to 2 (in steps of 1) |
| Extension k-factor for cooling simulations of rotor at zero speed $k_{\tau\ at\ STOP}$ | 0.2 to 100 (in steps of 0.1) |
| Extension factor for cooling time constant with motor running $k_{\tau\ RUNNING}$ | 0.2 to 100 (in steps of 0.1) |
| Restarting limit | $\Theta_{restart} = \Theta_{rot\ max\ perm} \cdot \frac{n_c - 1}{n_c}$<br>$\Theta_{restart}$ = Temperature limit below which restarting is possible<br>$\Theta_{rot\ max\ perm}$ = Maximum permissible rotor overtemperature (= 100 % in operational measured value $\Theta_{rot}/\Theta_{rot\ trip}$)<br>$n_c$ = Number of permissible start-ups from cold state |

### Undercurrent monitoring (ANSI 37)

| | |
|---|---|
| Signal from the operational measured values | Predefined with programmable logic |

1) At $I_{nom}$ = 1 A, all limits divided by 5.

| | |
|---|---|
| **Temperature monitoring box (ANSI 38)** | |
| Temperature detectors | |
| Connectable boxes | 1 or 2 |
| Number of temperature detectors per box | Max. 6 |
| Type of measuring | Pt 100 Ω or Ni 100 Ω or Ni 120 Ω |
| Mounting identification | "Oil" or "Environment" or "Stator" or "Bearing" or "Other" |
| Thresholds for indications | |
| For each measuring detector | |
| Stage 1 | -50 °C to 250 °C (in steps of 1 °C)<br>-58 °F to 482 °F (in steps of 1 °F)<br>or ∞ (no indication) |
| Stage 2 | -50 °C to 250 °C (in steps of 1 °C)<br>-58 °F to 482 °F (in steps of 1 °F)<br>or ∞ (no indication) |
| **Undervoltage protection (ANSI 27)** | |
| Operating modes/measuring quantities | |
| 3-phase | Positive phase-sequence voltage or phase-to-phase voltages or phase-to-ground voltages |
| 1-phase | Single-phase phase-ground or phase-phase voltage |
| Setting ranges | |
| Pickup thresholds $V<$, $V<<$ | |
| dependent on voltage connection and chosen measuring quantity | 10 to 120 V (in steps of 1 V)<br>10 to 210 V (in steps of 1 V) |
| Dropout ratio $r$ | 1.01 to 3 (in steps of 0.01) |
| Delay times $T$ | 0 to 100 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Current Criteria "Bkr Closed $I_{MIN}$" | 0.2 to 5 A[1] (in steps of 0.01 A) |
| Times | |
| Pickup times | Approx. 50 ms |
| Dropout times | As pickup times |
| Tolerances | |
| Pickup thresholds | 1 % of setting value or 1 V |
| Times | 1 % of setting value or 10 ms |
| **Overvoltage protection (ANSI 59)** | |
| Operating modes/measuring quantities | |
| 3-phase | Positive phase-sequence voltage or negative phase-sequence voltage or phase-to-phase voltages or phase-to-ground voltages |
| 1-phase | Single-phase phase-ground or phase-phase voltage |
| Setting ranges | |
| Pickup thresholds $V>$, $V>>$ | |
| dependent on voltage connection and chosen measuring quantity | 40 to 260 V (in steps of 1 V)<br>40 to 150 V (in steps of 1 V)<br>2 to 150 V (in steps of 1 V) |
| Dropout ratio $r$ | 0.9 to 0.99 (in steps of 0.01) |
| Delay times $T$ | 0 to 100 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Times | |
| Pickup times $V>$, $V>>$ | Approx. 50 ms |
| Pickup times $V_1>$, $V_2>>$ | Approx. 60 ms |
| Dropout times | As pickup times |
| Tolerances | |
| Pickup thresholds | 1 % of setting value or 1 V |
| Times | 1 % of setting value or 10 ms |

1) At $I_{nom}$ = 1 A, all limits divided by 5.

2) At $I_{nom}$ = 1 A, all limitsmultiplied with 5.

| | |
|---|---|
| **Frequency protection (ANSI 81)** | |
| Number of frequency elements | 4 |
| Setting ranges | |
| Pickup thresholds for $f_{nom}$ = 50 Hz | 40 to 60 Hz (in steps of 0.01 Hz) |
| Pickup thresholds for $f_{nom}$ = 60 Hz | 50 to 70 Hz (in steps of 0.01 Hz) |
| Dropout differential = \|pickup threshold – dropout threshold\| | 0.02 Hz to 1.00 Hz (in steps of 0.01 Hz) |
| Delay times | 0 to 100 s or ∞ (in steps of 0.01 s) |
| Undervoltage blocking, with positive-sequence voltage $V_1$ | 10 to 150 V (in steps of 1 V) |
| Times | |
| Pickup times | Approx. 80 ms |
| Dropout times | Approx. 75 ms |
| Dropout | |
| Ratio undervoltage blocking | Approx. 1.05 |
| Tolerances | |
| Pickup thresholds | |
| Frequency | 5 mHz (at $V = V_N$, $f = f_N$)<br>10 mHz (at $V = V_N$) |
| Undervoltage blocking | 3 % of setting value or 1 V |
| Delay times | 3 % of the setting value or 10 ms |
| **Fault locator (ANSI 21FL)** | |
| Output of the fault distance | in Ω primary and secondary, in km or miles line length, in % of line length |
| Starting signal | Trip command, dropout of a protection element, via binary input |
| Setting ranges | |
| Reactance (secondary) | 0.001 to 1.9 Ω/km[2] (in steps of 0.0001)<br>0.001 to 3 Ω/mile[2] (in steps of 0.0001) |
| Tolerances | |
| Measurement tolerance acc. to VDE 0435, Part 303 for sinusoidal measurement quantities | 2.0 % fault location, or 0.025 Ω (without intermediate infeed) for 30 ° ≤ φK ≤ 90 ° and $V_K/V_{nom} \geq 0.1$ and $I_K/I_{nom} \geq 1$ |
| **Undervoltage-controlled reactive power protection (ANSI 27/Q)** | |
| Measured Values / Modes of Operation | |
| 3-phase | I1, V, Q, |
| Measuring method for I, V | Fundamental wave, Pickup when Exceeding threshold value or falling below threshold value |
| Setting Ranges / Increments | |
| Pickup thresholds | |
| Current I1 for INom = 1 A | 0.01 to 0.20 A Increments 0.01 A |
| for INom = 5 A | 0.05 to 1.00 A |
| Voltage V | 10.0 to 210.00 V Increments 0.1 V |
| Power Q for INom = 1 A | 1.0 to 100 VAR Increments 0.01 |
| for I VAR Nom = 5 A | 5.0 to 500 VAR |
| Pickup delay (standard) | 0.00 to 60.00 s Increments 0.01 s |
| Command delay time | 0.00 to 3600.00 s Increments 0.01 s |
| Dropout delay | 0.00 to 60.00 s Increments 0.01 s |
| Function Limits | |
| Power measurement I1 | |
| for INom = 1 A | Positive sequence system current > 0.03 A |
| for INom = 5 A | Positive sequence system current > 0.15 A |
| Times | |
| Pickup times: | |
| QU protection typical | approx. 120 ms |
| maximum (small signals and thresholds) | approx. 350 ms |
| Binary input | approx. 20 ms |
| Dropout times: | |
| QU protection typical | < 50 ms |
| maximum | < 350 ms |
| Binary Input | <10 ms |

5

## Technical data

| | |
|---|---|
| Tolerances | |
| Pickup thresholds | |
| Current I1 for INom = 1 A | 1% of setting value or 10 mA at INom ≥ 0.03 A<br>2% of setting value or 20 mA at INom <0.03 A |
| for INom = 5 A | 1% of setting value or 50 mA at INom ≥ 0.25 A<br>2% of setting value or 100 mA at INom <0.25 A |
| Current I1 (symmetrical components) for INom = 1 A | 2% of set value or 20 mA |
| for INom = 5 A | 2% of set value or 100 mA |
| Voltage | 1% of set value or 0.1 V |
| Voltage (symmetrical components) | 2% of set value or 0.2 V |
| Power | 1% of setting value or 0.3 VAR |
| Times | 1% of setting value or 10 ms |
| Influencing Variables for Pickup Values | |
| Auxiliary direct voltage in the range | from 0.8 ≤ VPS/VPSNom ≤ 1.15 1 % |
| Temperature in the range | from 23.00 °F (-5 °C) ≤ Θamb ≤ 131.00 °F (55 °C) 0.5 %/10 K |
| Frequency in the range | from 25 Hz to 70 Hz 1 % |
| Harmonics | |
| up to 10 % 3rd harmonic | 1 % |
| up to 10 % 5th harmonic | 1 % |

| | |
|---|---|
| cos φ, power factor (p.f.) | Total and phase segregated |
| Range | - 1 to + 1 |
| Tolerance[1] | 2 % for \|cos φ\| ≥ 0.707 |
| Frequency $f$ | In Hz |
| Range | $f_{nom}$ ± 5 Hz |
| Tolerance[1] | 20 mHz |
| Temperature overload protection $\Theta/\Theta_{Trip}$ | In % |
| Range | 0 to 400 % |
| Tolerance[1] | 5 % class accuracy per IEC 60255-8 |
| Temperature restart inhibit $\Theta_L/\Theta_{L\ Trip}$ | In % |
| Range | 0 to 400 % |
| Tolerance[1] | 5 % class accuracy per IEC 60255-8 |
| Restart threshold $\Theta_{Restart}/\Theta_{L\ Trip}$ | In % |
| Reclose time $T_{Reclose}$ | In min |
| Currents of sensitive ground fault detection (total, real, and reactive current) $I_{EE}$, $I_{EE\ real}$, $I_{EE\ reactive}$ | In A (kA) primary and in mA secondary |
| Range | 0 mA to 1600 mA |
| Tolerance[1] | 2 % of measured value or 1 mA |
| RTD-box | See section "Temperature monitoring box" |
| Synchronism and voltage check | See section "Synchronism and voltage check" |

### Additional functions

#### *Operational measured values*

| | |
|---|---|
| Currents $I_{L1}$, $I_{L2}$, $I_{L3}$ | In A (kA) primary, in A secondary or in % $I_{nom}$ |
| Positive-sequence component $I_1$ | |
| Negative-sequence component $I_2$ | |
| $I_E$ or $3I_0$ | |
| Range | 10 to 200 % $I_{nom}$ |
| Tolerance[1] | 1 % of measured value or 0.5 % $I_{nom}$ |
| Phase-to-ground voltages $V_{L1-E}$, $V_{L2-E}$, $V_{L3-E}$ | In kV primary, in V secondary or in % $V_{nom}$ |
| Phase-to-phase voltages $V_{L1-L2}$, $V_{L2-L3}$, $V_{L3-L1}$, $V_{SYN}$, $V_E$ or $V_0$ | |
| Positive-sequence component $V_1$ | |
| Negative-sequence component $V_2$ | |
| Range | 10 to 120 % $V_{nom}$ |
| Tolerance[1] | 1 % of measured value or 0.5 % of $V_{nom}$ |
| $S$, apparent power | In kVAr (MVAr or GVAr) primary and in % of $S_{nom}$ |
| Range | 0 to 120 % $S_{nom}$ |
| Tolerance[1] | 1 % of $S_{nom}$ for $V/V_{nom}$ and $I/I_{nom}$ = 50 to 120 % |

#### *Operational measured values (cont'd)*

| | |
|---|---|
| $P$, active power | With sign, total and phase-segregated in kW (MW or GW) primary and in % $S_{nom}$ |
| Range | 0 to 120 % $S_{nom}$ |
| Tolerance[1] | 1 % of $S_{nom}$ for $V/V_{nom}$ and $I/I_{nom}$ = 50 to 120 % and \|cos φ\| = 0.707 to 1 with $S_{nom} = \sqrt{3}\ V_{nom} \cdot I_{nom}$ |
| $Q$, reactive power | With sign, total and phase-segregated in kVAr (MVAr or GVAr) primary and in % $S_{nom}$ |
| Range | 0 to 120 % $S_{nom}$ |
| Tolerance[1] | 1 % of $S_{nom}$ for $V/V_{nom}$ and $I/I_{nom}$ = 50 to 120 % and \|sin φ\| = 0.707 to 1 with $S_{nom} = \sqrt{3}\ V_{nom} \cdot I_{nom}$ |

#### *Long-term averages*

| | |
|---|---|
| Time window | 5, 15, 30 or 60 minuets |
| Frequency of updates | Adjustable |
| Long-term averages | |
| of currents | $I_{L1dmd}$, $I_{L2dmd}$, $I_{L3dmd}$, $I_{1dmd}$ in A (kA) |
| of real power | $P_{dmd}$ in W (kW, MW) |
| of reactive power | $Q_{dmd}$ in VAr (kVAr, MVAr) |
| of apparent power | $S_{dmd}$ in VAr (kVAr, MVAr) |

#### *Max. /Min. report*

| | |
|---|---|
| Report of measured values | With date and time |
| Reset, automatic | Time of day adjustable (in minutes, 0 to 1439 min) |
| | Time frame and starting time adjustable (in days, 1 to 365 days, and ∞) |
| Reset, manual | Using binary input,using keypad, via communication |
| Min./Max. values for current | $I_{L1}$, $I_{L2}$, $I_{L3}$, $I_1$ (positive-sequence component) |
| Min./Max. values for voltages | voltages $V_{L1-E}$, $V_{L2-E}$, $V_{L3-E}$ V1 (positive-sequence component) $V_{L1-L2}$, $V_{L2-L3}$, $V_{L3-L1}$ |
| Min./Max. values for power | $S$, $P$, $Q$, cos φ, frequency |
| Min./Max. values for overload protection | $\Theta/\Theta_{Trip}$ |
| Min./Max. values for mean values | $I_{L1dmd}$, $I_{L2dmd}$, $I_{L3dmd}$ $I_1$ (positive-sequence component); $S_{dmd}$, $P_{dmd}$, $Q_{dmd}$ |

#### *Local measured values monitoring*

| | |
|---|---|
| Current asymmetry | $I_{max}/I_{min}$ > balance factor, for $I > I_{balance\ limit}$ |
| Voltage asymmetry | $V_{max}/V_{min}$ > balance factor, for $V > V_{lim}$ |
| Current phase sequence | Clockwise (ABC) / counter-clockwise (ACB) |
| Voltage phase sequence | Clockwise (ABC) / counter-clockwise (ACB) |
| Limit value monitoring | Predefined limit values, user-defined expansions via CFC |

1) At rated frequency.

| | |
|---|---|
| *Fuse failure monitor* | |
| For all types of networks | With the option of blocking affected protection functions |
| *Fault recording* | |
| Recording of indications of the last 8 power system faults | |
| Recording of indications of the last 3 power system ground faults | |
| *Time stamping* | |
| Resolution for event log (operational annunciations) | 1 ms |
| Resolution for trip log (fault annunciations) | 1 ms |
| Maximum time deviation (internal clock) | 0.01 % |
| Battery | Lithium battery 3 V/1 Ah, type CR ½ AA, message "Battery Fault" for insufficient battery charge |
| *Oscillographic fault recording* | |
| Maximum 8 fault records saved, memory maintained by buffer battery in case of loss of power supply | |
| Recording time | Total 20 s<br>Pre-trigger and post-fault recording and memory time adjustable |
| Sampling rate for 50 Hz<br>Sampling rate for 60 Hz | 1 sample/1.25 ms (16 samples/cycle)<br>1 sample/1.04 ms (16 samples/cycle) |
| *Energy/power* | |
| Meter values for power $W_p$, $W_q$ (real and reactive power demand) | in kWh (MWh or GWh) and kVARh (MVARh or GVARh) |
| Tolerance[1)] | ≤ 2 % for $I > 0.1\ I_{nom}$, $V > 0.1\ V_{nom}$ and $\lvert\cos\varphi\rvert$ (p.f.) ≥ 0.707 |
| *Statistics* | |
| Saved number of trips | Up to 9 digits |
| Number of automatic reclosing commands (segregated according to 1st and ≥ 2nd cycle) | Up to 9 digits |
| *Circuit-breaker wear* | |
| Methods | • $\Sigma I^x$ with x = 1 .. 3<br>• 2-point method (remaining service life)<br>• $\Sigma I^2t$ |
| Operation | Phase-selective accumulation of measured values on TRIP command, up to 8 digits, phase-selective limit values, monitoring indication |
| *Motor statistics* | |
| Total number of motor start-ups | 0 to 9999 (resolution 1) |
| Total operating time | 0 to 99999 h (resolution 1 h) |
| Total down-time | 0 to 99999 h (resolution 1 h) |
| Ratio operating time/down-time | 0 to 100 % (resolution 0.1 %) |
| Active energy and reactive energy | See operational measured values |
| Motor start-up data | Of the last 5 start-ups |
| – Start-up time | 0.30 s to 9999.99 s (resolution 10 ms) |
| – Start-up current (primary) | 0 A to 1000 kA (resolution 1 A) |
| – Start-up voltage (primary) | 0 V to 100 kV (resolution 1 V) |

1) At rated frequency.

| | |
|---|---|
| *Operating hours counter* | |
| Display range | Up to 7 digits |
| Criterion | Overshoot of an adjustable current threshold (BkrClosed $I_{MIN}$) |
| *Trip circuit monitoring* | |
| With one or two binary input | |
| *Commissioning aids* | |
| Phase rotation field check, operational measured values, circuit-breaker/switching device test, creation of a test measurement report | |
| *Clock* | |
| Time synchronization | DCF77/IRIG-B signal (telegram format IRIG-B000), binary input, communication |
| *Setting group switchover of the function parameters* | |
| Number of available setting groups | 4 (parameter group A, B, C and D) |
| Switchover performed | Via keypad, DIGSI, system (SCADA) interface or binary input |
| *Control* | |
| Number of switching units | Depends on the binary inputs and outputs |
| Interlocking | Programmable |
| Circuit-breaker signals | Feedback, close, open, intermediate position |
| Control commands | Single command / double command 1, 1 plus 1 common or 2 trip contacts |
| Programmable controller | CFC logic, graphic input tool |
| Local control<br>Units with small display<br>Units with large display | <br>Control via menu, assignment of a function key<br>Control via menu, control with control keys |
| Remote control | Via communication interfaces, using a substation automation and control system (e.g. SICAM), DIGSI 4 (e.g. via modem) |

**CE conformity**

This product is in conformity with the Directives of the European Communities on the harmonization of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility (EMC Council Directive 2004/108/EG previous 89/336/EEC) and electrical equipment designed for use within certain voltage limits (Council Directive 2006/95/EG previous 73/23/EEC).

This unit conforms to the international standard IEC 60255, and the German standard DIN 57435/Part 303 (corresponding to VDE 0435/Part 303).

Further applicable standards: ANSI/IEEE C37.90.0 and C37.90.1.The unit conforms to the international standard IEC 60255, and the German standard DIN 57435/Part 303 (corresponding to VDE 0435/Part 303).

This conformity is the result of a test that was performed by Siemens AG in accordance with Article 10 of the Council Directive complying with the generic standards EN 50081-2 and EN 50082-2 for the EMC Directive and standard EN 60255-6 for the "low-voltage Directive".

c UL us LISTED

5

# ภาคผนวก ค
# วงจรไฟฟ้าแบบ Conventional ที่ใช้ รีเลย์ขยาย ร่วมกับ รีเลย์หน่วงเวลาในการควบคุม มอเตอร์กระแสตรงที่ใช้อ้างอิง

Siemens AG

Energy Management - Medium Voltage & Systems

Circuit diagram

for

Purchaser TEMPLATES FOR

User 8DA/8DB SWITCHGEAR

Plant

Plant section TPS CONTROLLING 8DA
MOTOR CONTROL WITH -S27

Typical =JZ01

Project reference number

Date of issue 09.02.15

Customer document number

77

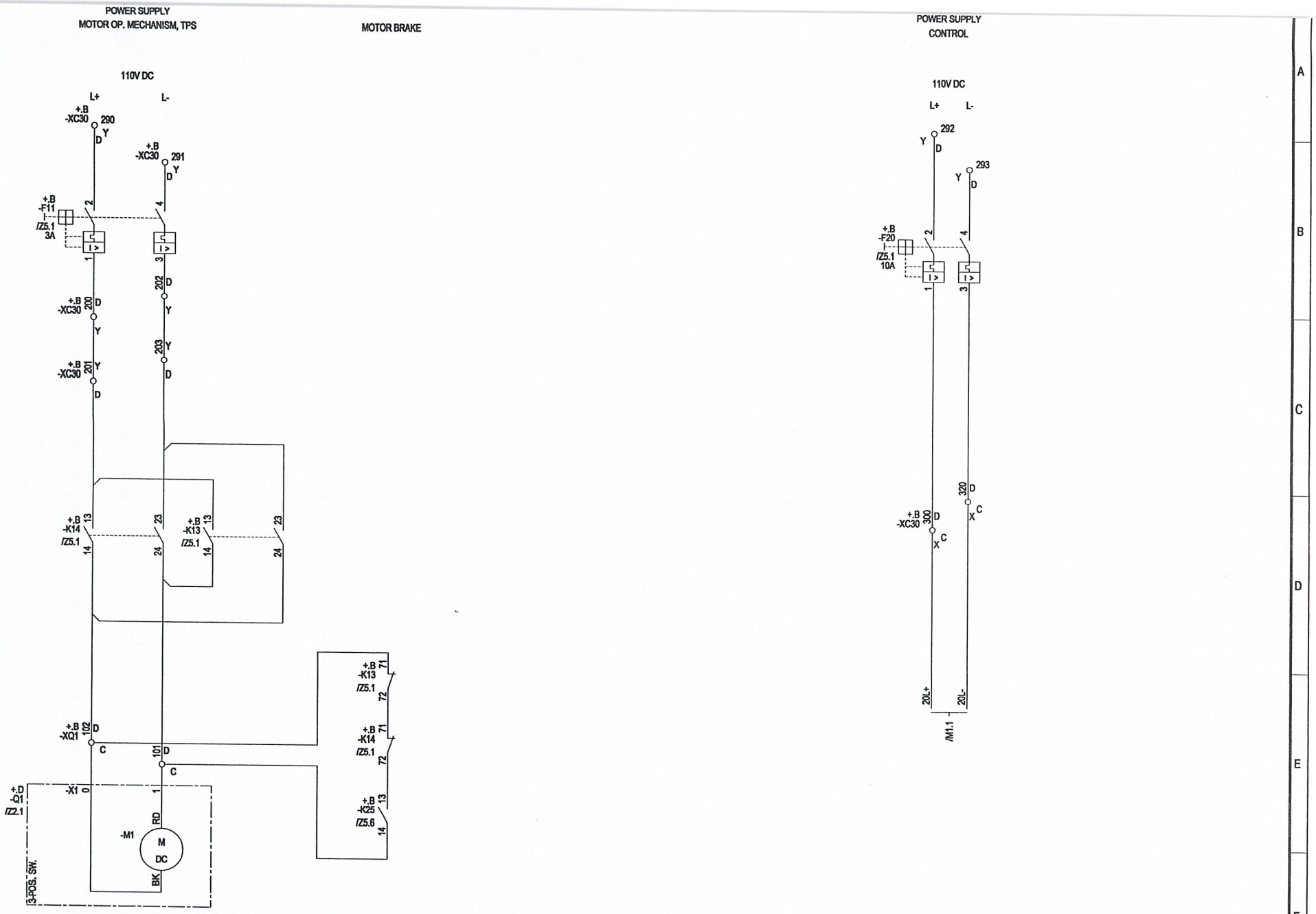
| Revision | Modification | Date | Name |
|---|---|---|---|
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw |
| D | Mod. SF6 | 18.11.14 | Sw |
| E | -S27 | 09.02.15 | Sw |

SIEMENS AG

Archive: TPS CONTROLLING / CONV. SLOW MOTION MECHANISM/xxx /xxxx

Documentation identifier A / TPS CONTROLLING / A /

Manufacturer document number (3) W92210-Xxxxx-S055-E




CopyRight (C) Siemens AG 2015 All Rights Reserved

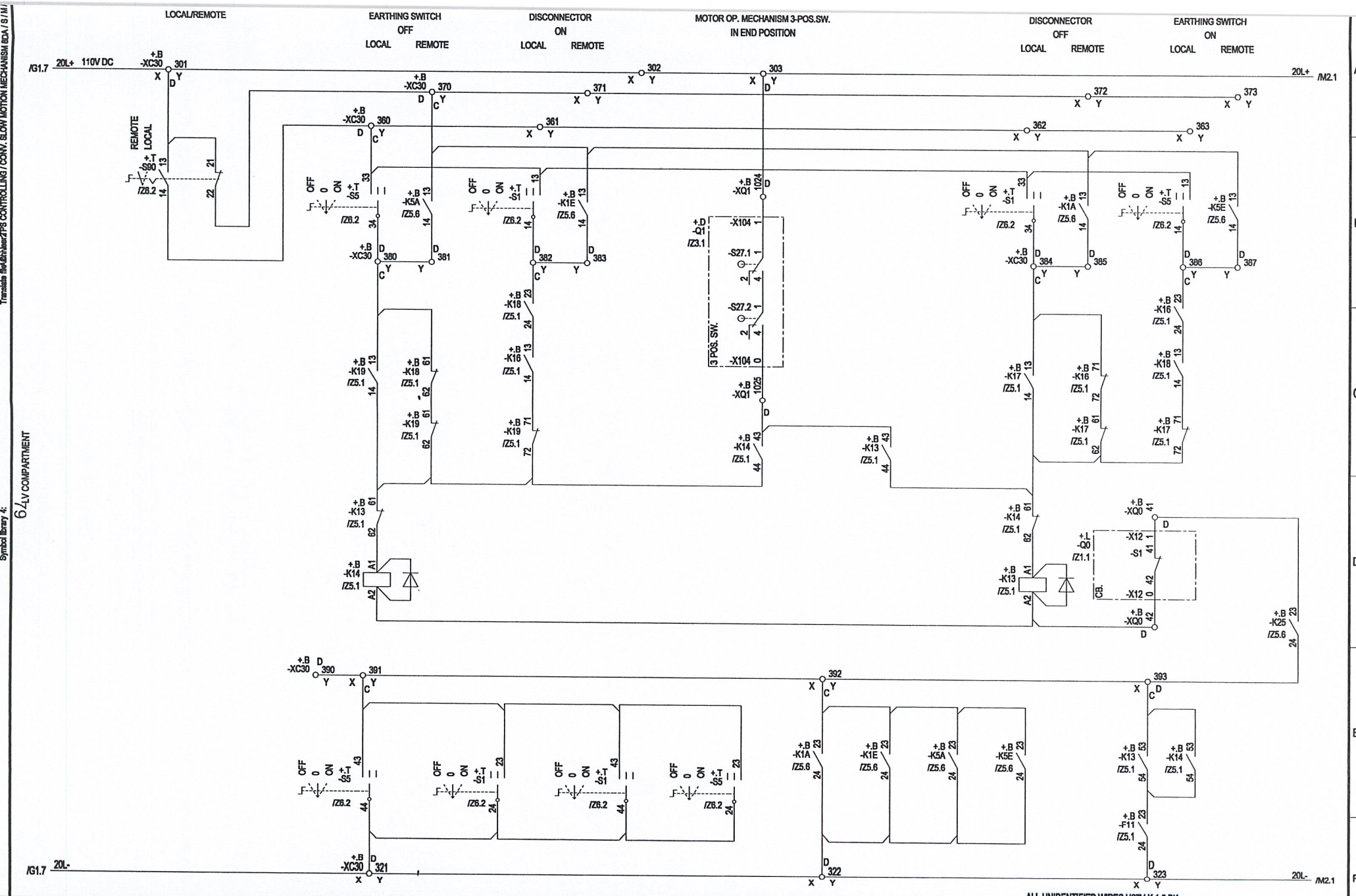
Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelplanung/5-Produktbohrmung/1-HXplus C/Sonstiges/Support Konstruktion/Kom/EBM/DE/Briefschalter/8vT1.1
Symbol library 1: PTD60617
Symbol library 2: PTD_M2_CoC_E
Symbol library 3:
Symbol library 4:
Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: leer1
Translate file C: C_FB_EN.utr, 04-11-24
Translate file: M:/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelplanung/5-Produktbohrmung/1-HXplus C/Sonstiges/Support Konstruktion/Kom/EBM/DE/Briefschalter/8vT1.1.dwg
Last used: 9.0C
FBS1

78

ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Date | 27.06.2012 | TEMPLATES FOR 8DA/8DB SWITCHGEAR | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA | | =JZ01 | S CONV. SLOW MOTION MECHAN |
| D | Mod. SF6 | 18.11.14 | Sw | Drawn | | | | MOTOR CONTROL WITH -S27 | | +J05 | G1 |
| E | -S27 | 09.02.15 | Sw | Appr. | | | | POWER SUPPLY AC/DC | | | |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by | | Circuit diagram | xxxxxx | (3) W92210-Xxxxx-S055-E | Sheet 1-1 Sh. |

1 2 3 4 5 6




CopyRight (C) Siemens AG 2015 All Rights Reserved

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Date | 27.06.2012 |
| D | Mod. SF6 | 18.11.14 | Sw | Drawn | |
| E | -S27 | 09.02.15 | Sw | Appr. | |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | |

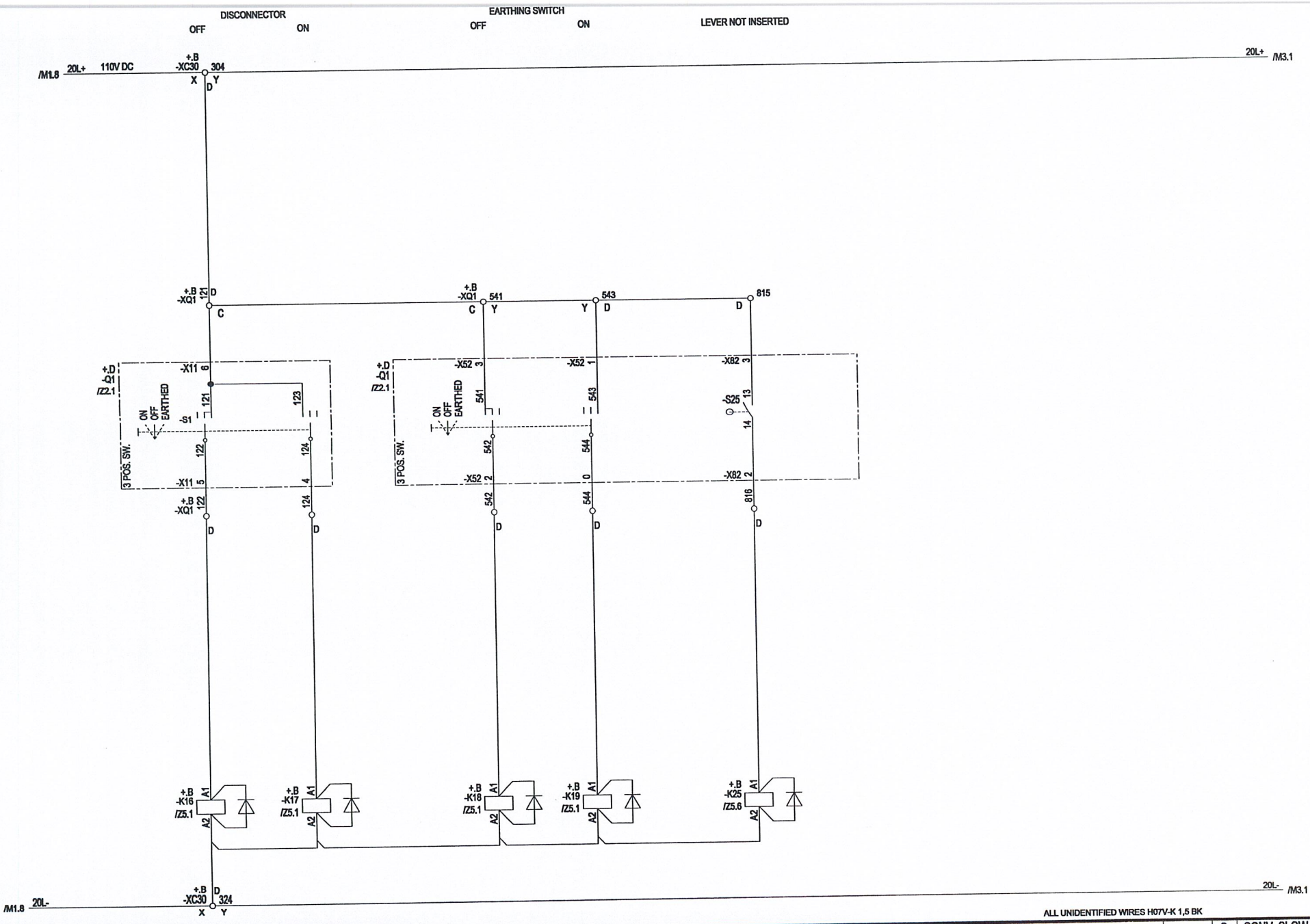
TEMPLATES FOR 8DA/8DB SWITCHGEAR

Orig./Prep.for/Prep.by

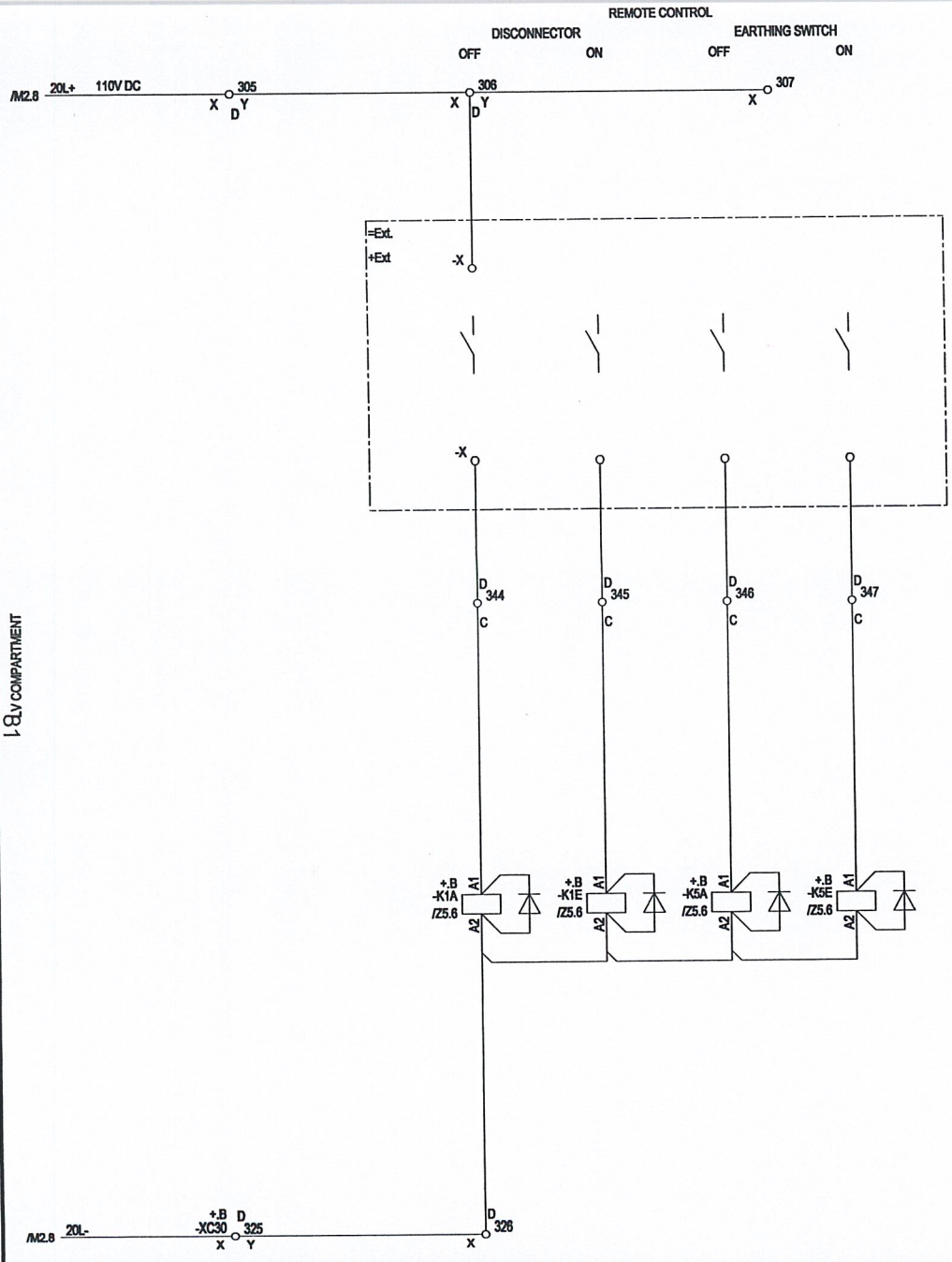
Siemens AG

TPS CONTROLLING 8DA
MOTOR CONTROL WITH -S27 CONTROL
Circuit diagram

=JZ01 | S | CONV. SLOW MOTION MECHAN
+J05 | M1
xxxxxx | (3) W92210-Xxxxx-S055-E | Sheet 1+ | 3 Sh.



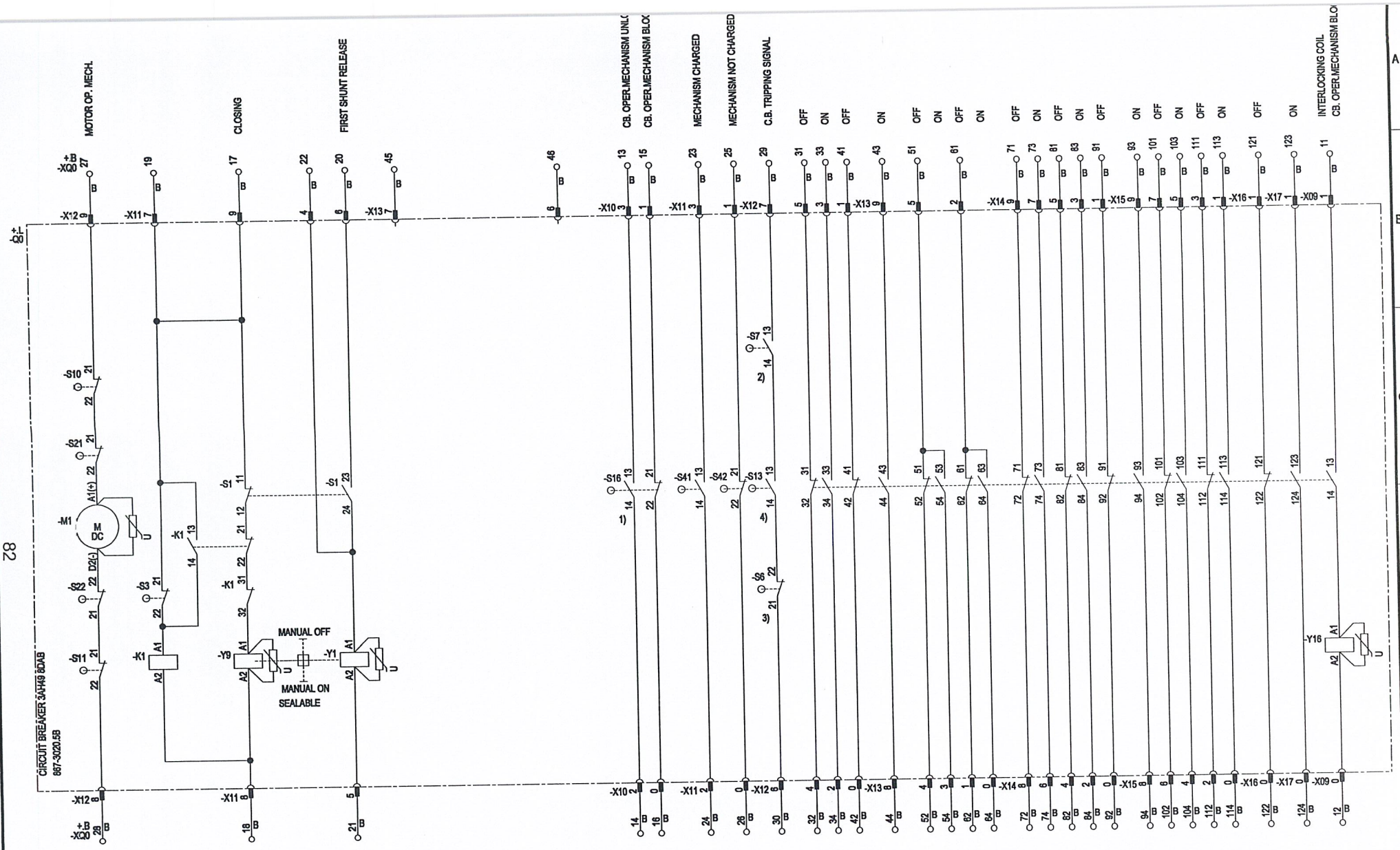

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Date | 27.06.2012 | TEMPLATES FOR 8DA/8DB SWITCHGEAR | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA MOTOR CONTROL WITH -S27 CONTROL Circuit diagram | | =JZ01 | S CONV. SLOW MOTION MECHA |
| D | Mod. SF6 | 18.11.14 | Sw | Drawn | | | | | | +J05 | M2 |
| E | -S27 | 09.02.15 | Sw | Appr. | | | | | xxxxxx | (3) W92210-Xxxxx-S055-E | Sheet 2+ 3 Sh. |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by | | | | | |




Copyright (C) Siemens AG 2015 All Rights Reserved

ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Date | 27.06.2012 | TEMPLATES FOR 8DA/8DB SWITCHGEAR | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA MOTOR CONTROL WITH -S27 CONTROL | | S | CONV. SLOW MOTION MECHAN |
| D | Mod. SF6 | 18.11.14 | Sw | Drawn | | | | | =JZ01 | | +J05 M3 |
| E | -S27 | 09.02.15 | Sw | Appr. | | | | | | | Sheet 3- |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by | | Circuit diagram | xxxxxx | (3) W92210-Xxxxx-S055-E | 3 Sh. |




1) OPERATES WHEN CB. TRIP IS NOT LOCKED OUT

2) OPERATES WHEN MECH. OFF IS NOT PRESSED

3) OPERATES WHEN NO TRIPPING

4) OPERATES WHEN DISCONNECTOR/EARTHING-SWITCH MECHANISM IN END POSITION

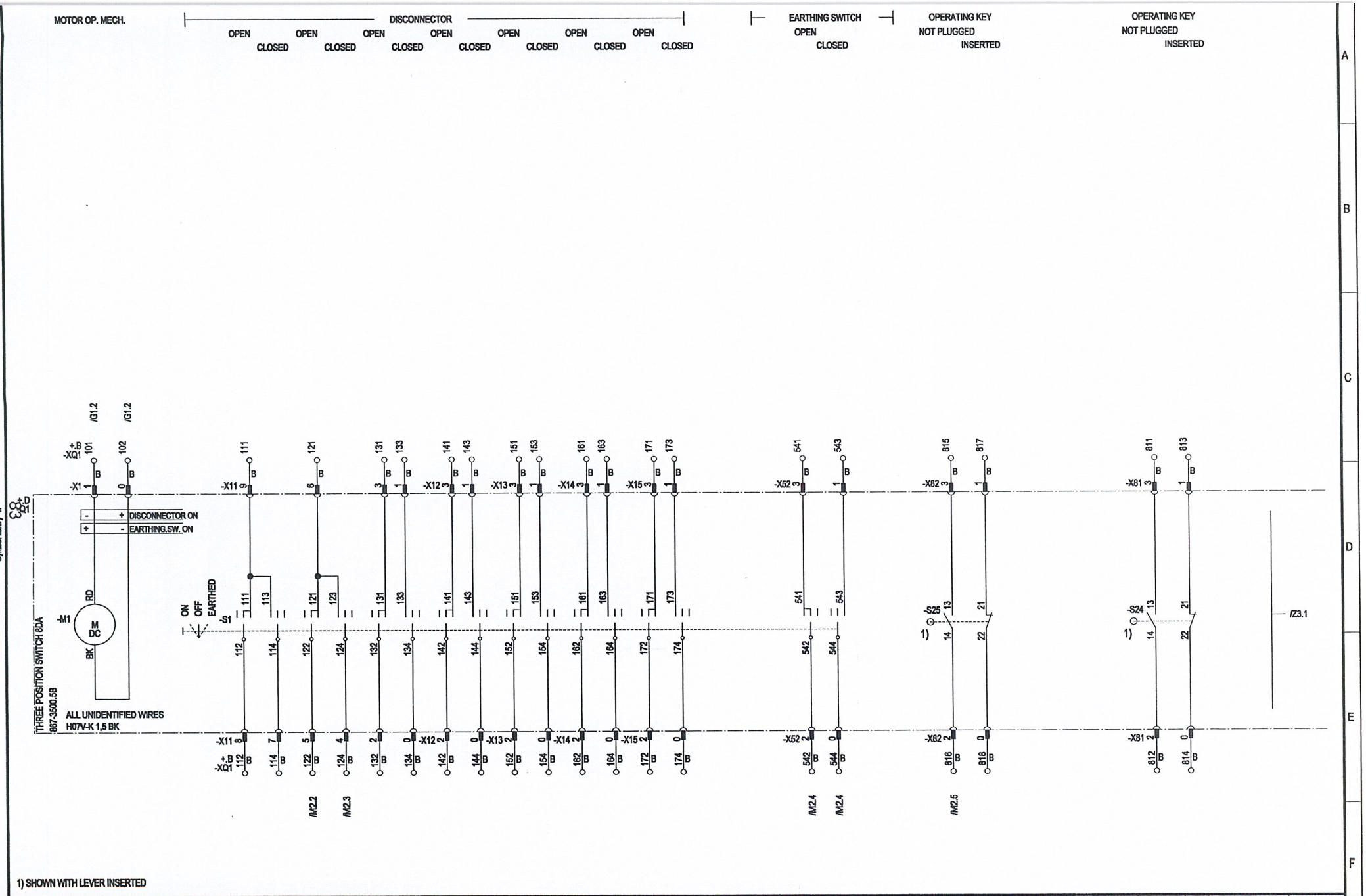
ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

CopyRight (C) Siemens AG 2015 All Rights Reserved

Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelplanung/5-Produktbetreuung/1-HXplus C/Sonstiges/Support Konstruktion/Kom/ESM/DRA/Antriebsmpfd 5
Symbol library 1: PTD80617
Symbol library 2: PTD_M2_CoC_E
Symbol library 3:
Symbol library 4:
Translate file A: A_COC_DE
Translate file B: ibo1
Translate file C: C_FB_EN.str, 04-11-24
Translate file: Abhilfen/ZTP8 CONTROLLING / CONV. SLOW MOTION MECHANISM 8DA / 8 / Z.
Last usod: 0.02
FBST

82

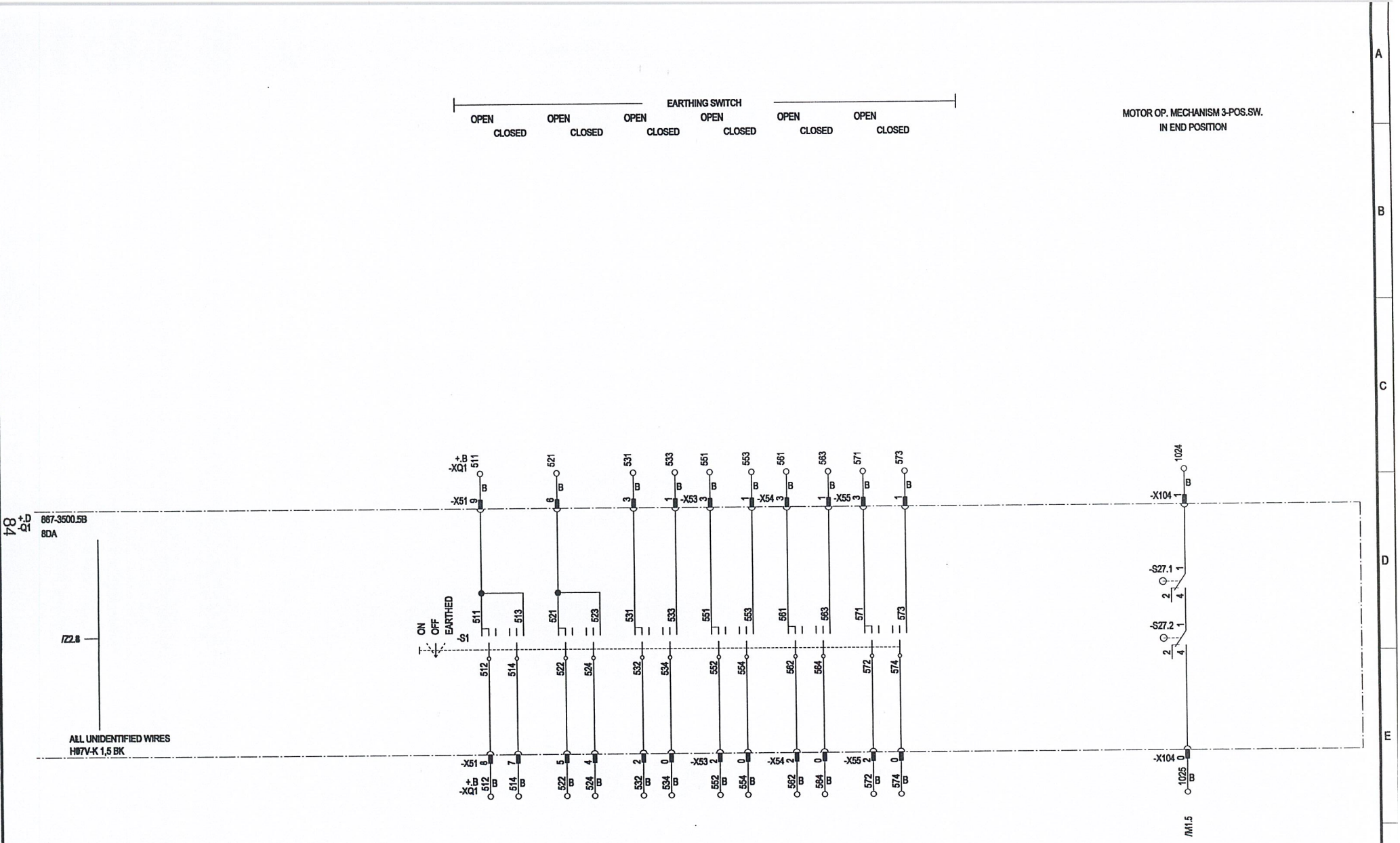
| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Date | 27.06.2012 | TEMPLATES FOR 8DA/8DB SWITCHGEAR | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA MOTOR CONTROL WITH -S27 CIRCUIT BREAKER -Q0 Circuit diagram | =JZ01 / +J05 / S / CONV. SLOW MOTION MECHA / Z1 |
| D | Mod. SF6 | 18.11.14 | Sw | Drawn | | | | | Sheet 1+ |
| E | -S27 | 09.02.15 | Sw | Appr. | | | | xxxxxx | (3) W92210-Xxxxx-S055-E / 6 Sh. |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by | | | |




1) SHOWN WITH LEVER INSERTED

Copyright (C) Siemens AG 2015 All Rights Reserved

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Date | 27.06.2012 | TEMPLATES FOR 8DA/8DB SWITCHGEAR | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA MOTOR CONTROL WITH -S27 THREE POSITION SWITCH -Q1 | =JZ01 / S / CONV. SLOW MOTION MECHAN |
| D | Mod. SF6 | 18.11.14 | Sw | Drawn | | | | | +J05 / Z2 |
| E | -S27 | 09.02.15 | Sw | Appr. | | | | | Sheet 2+ |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by | | Circuit diagram | xxxxxx / (3) W92210-Xxxxx-S055-E / 6 Sh. |



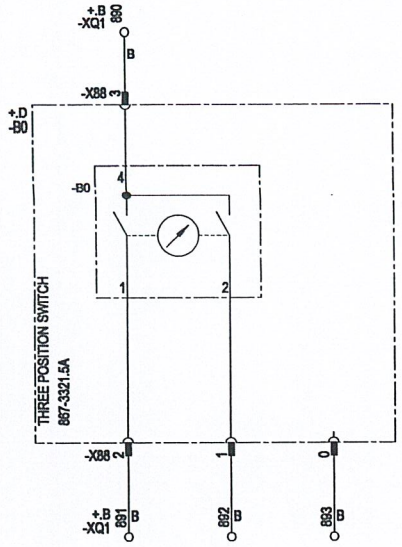

Copy/Right (C) Siemens AG 2015 All Rights Reserved

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Date | 27.06.2012 | TEMPLATES FOR 8DA/8DB SWITCHGEAR | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA MOTOR CONTROL WITH -S27 THREE POSITION SWITCH -Q1 Circuit diagram | | =JZ01 | S CONV. SLOW MOTION MECHAN |
| D | Mod. SF6 | 18.11.14 | Sw | Drawn | | | | | | +J05 | Z3 |
| E | -S27 | 09.02.15 | Sw | Appr. | | | | | xxxxxx | (3) W92210-Xxxxx-S055-E | Sheet 3+ 6 Sh. |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by | | | | | |

GAS PRESSURE MONITORING
CIRCUIT BREAKER -Q0
P< P>

PLEASE NOTE:

MANOMETER WITH 2 ALARM CONTACTS (STANDARD)
CONTACT 1: UNDERPRESSURE P<
CONTACT 2: OVERPRESSURE P>




ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

Copyright (C) Siemens AG 2015 All Rights Reserved

Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelplaene/5-Produktbetreuung/1-HXplus C/Sonstiges/Support Konstruktion/Kom/EBR/TPS/Grafischer/grafisch SF
Symbol library 1: PTD60617
Symbol library 2: PTD_M2_CoC_E
Symbol library 3:
Symbol library 4:
Translation file A: A_CoC_DE
Translation file B: Ber1
Translation file C: C_FB_EN.sbt 04-11-24
Translation file D: TPS CONTROLLING / CONV. SLOW MOTION MECHANISM 8DA / S / Z /
Last saved: 6/2015 1 FB8TP

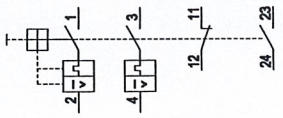
85

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Date | 27.06.2012 | TEMPLATES FOR 8DA/8DB SWITCHGEAR | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA MOTOR CONTROL WITH -S27 GAS PRESSURE SUPERVISION Circuit diagram | | =JZ01 | S CONV. SLOW MOTION MECHAN |
| D | Mod. SF6 | 18.11.14 | Sw | Drawn | | | | | | | +J05 Z4 |
| E | -S27 | 09.02.15 | Sw | Appr. | | | | | xxxxxx | (3) W92210-Xxxxx-S055-E | Sheet 4+ |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by | | | | | 6 Sh. |

CopyRight (C) Siemens AG 2015 All Rights Reserved

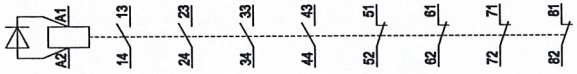


98

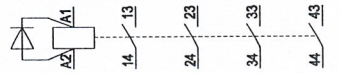



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5SY5203-7 5ST3010<br>+.B 2-POL.; C 3A<br>-F11 | /G1.2 | /G1.2 | | /M1.7 |
| 5SY5210-7 5ST3010<br>+.B 2-POL.; C 10A<br>-F20 | /G1.7 | /G1.7 | | |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3RH1140-1Bxx0<br>+.B 3RT1916-1DG00<br>-K13 3RH1911-1GA13 | /M1.7 | /G1.3 | /G1.3 | /M1.6 | /M1.7 | | /G1.4 | /M1.3 | |
| 3RH1140-1Bxx0<br>+.B 3RT1916-1DG00<br>-K14 3RH1911-1GA13 | /M1.3 | /G1.2 | /G1.2 | /M1.5 | /M1.8 | | /G1.4 | /M1.7 | |




| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3RH1140-1Bxx0<br>+.B 3RT1916-1DG00<br>-K16 3RH1911-1GA04 | /M2.2 | /M1.4 | /M1.8 | | | /M1.7 | | | |
| 3RH1140-1Bxx0<br>+.B 3RT1916-1DG00<br>-K17 3RH1911-1GA04 | /M2.3 | /M1.7 | | | | /M1.7 | /M1.8 | | |
| 3RH1140-1Bxx0<br>+.B 3RT1916-1DG00<br>-K18 3RH1911-1GA04 | /M2.4 | /M1.4 | /M1.8 | | | /M1.3 | | | |
| 3RH1140-1Bxx0<br>+.B 3RT1916-1DG00<br>-K19 3RH1911-1GA04 | /M2.4 | /M1.3 | | | | /M1.3 | /M1.4 | | |




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3RH1140-1Bxx0<br>+.B 3RT1916-1DG00<br>-K1A | /M3.3 | /M1.6 | /M1.7 | | |
| 3RH1140-1Bxx0<br>+.B 3RT1916-1DG00<br>-K1E | /M3.3 | /M1.4 | /M1.6 | | |
| 3RH1140-1Bxx0<br>+.B 3RT1916-1DG00<br>-K5A | /M3.4 | /M1.3 | /M1.6 | | |
| 3RH1140-1Bxx0<br>+.B 3RT1916-1DG00<br>-K5E | /M3.4 | /M1.7 | /M1.8 | | |
| 3RH1140-1Bxx0<br>+.B 3RT1916-1DG00<br>-K25 | /M2.5 | /G1.4 | /M1.8 | | |

ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Date | 27.06.2012 | TEMPLATES FOR | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA | =JZ01 | S CONV. SLOW MOTION MECHAN |
| D | Mod. SF6 | 18.11.14 | Sw | Drawn | | 8DA/8DB SWITCHGEAR | | MOTOR CONTROL WITH -S27 | | +J05 Z5 |
| E | -S27 | 09.02.15 | Sw | Appr. | | | | SECONDARY EQUIPMENT | | Sheet 5+ |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by | | Circuit diagram | xxxxxx | (3) W92210-Xxxxx-S055-E 6 Sh. |

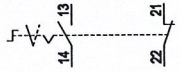
1 2 3 4 5 6 7 8

CopyRight (C) Siemens AG 2015 All Rights Reserved



87

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3SB3901-0AC (Träger mit Druckstück)<br>3SB3400-0D (2S)<br>3SB3400-0D (2S)<br>3SB3000-2EA11<br>+.T 3SB3922-0AY (Schildträger)<br>-S1 3SB1901-2AA (Schild) | /M1.4 | /M1.4 | /M1.4 | /M1.7 |
| 3SB3901-0AC (Träger mit Druckstück)<br>3SB3400-0D (2S)<br>3SB3400-0D (2S)<br>3SB3000-2EA11<br>+.T 3SB3922-0AY (Schildträger)<br>-S5 3SB1901-2AA (Schild) | /M1.3 | /M1.3 | /M1.5 | /M1.8 |




| | | |
|---|---|---|
| 3SB3201-2HA11<br>+.T 3SB3922-0AY (Schildträger)<br>-S90 3SB1901-2AA (Schild) | /M1.2 | /M1.2 |

ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Date | 27.06.2012 | TEMPLATES FOR 8DA/8DB SWITCHGEAR | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA<br>MOTOR CONTROL WITH -S27<br>SECONDARY EQUIPMENT<br>Circuit diagram | | =JZ01 | S | CONV. SLOW MOTION MECHA |
| D | Mod. SF6 | 18.11.14 | Sw | Drawn | | | | | | | +J05 | Z6 |
| E | -S27 | 09.02.15 | Sw | Appr. | | | | | xxxxxx | (3) W92210-Xxxxx-S055-E | | Sheet 6-6 Sh. |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by | | | | | | |

# ภาคผนวก ง
# วงจรไฟฟ้าที่ใช้ Motor Control Unit (MCU) ในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้อ้างอิง

Siemens AG

Infrastructure & Cities Sector - Low and Medium Voltage Division

Circuit diagram

for

Purchaser VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2

User 8DA 8DB SCHALTANLAGE

Plant

Plant section TPS CONTROLLING 8DA
MCU-MH

Typical

Project reference number

Date of issue 12.05.14

Customer document number

89

| Revision | Modification | Date | Name |
|---|---|---|---|
| A | Rem. Sprg. Chrg. | 18.03.13 | Sw |
| B | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw |

SIEMENS AG

Archive: TPS CONTROLLING / MCU-MH 8DA / A A/ 1 Project: 00...

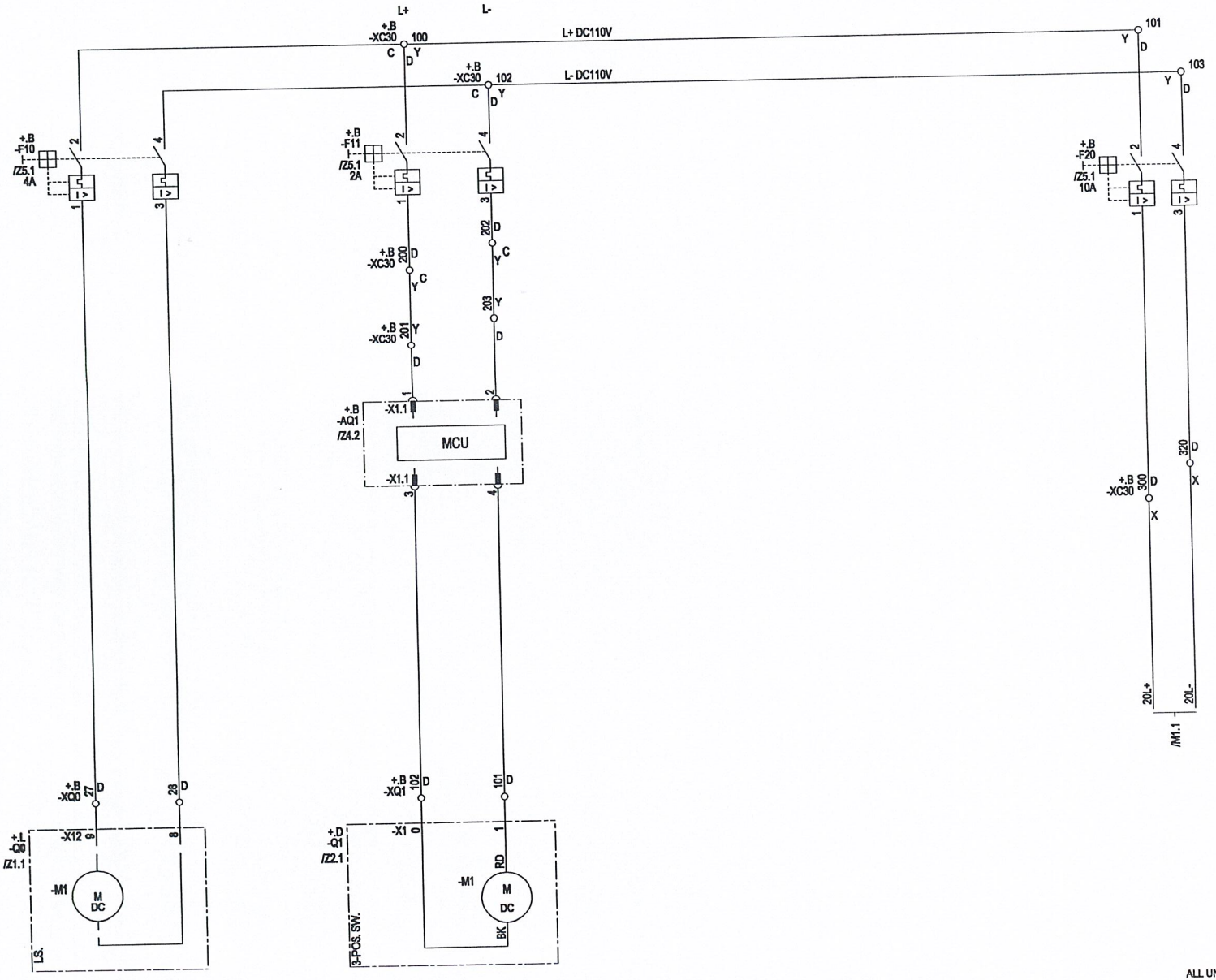
Documentation identifier A / TPS CONTROLLING / A A

Manufacturer document number --L011-B

POWER SUPPLY
MOTOR OP. MECH. LS

POWER SUPPLY
MOTOR OP. MECHANISM, TPS

POWER SUPPLY
CONTROL




ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

CopyRight (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

PART NUMBER:

06

Project: MJ/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelplanene/5-Produktdarstellung/2-8DA/DB/Ueberarbeitung_BMP/8dab_140512.pre
Symbol library 1: PTD00817
Symbol library 2:
Symbol library 3: PTD_MI2_CoC_E
Symbol library 4:

ELCAD-Version 7.7.1.5
Last used: FBS1

Translate file A: A_CoC_
Translate file B:
Translate file C: C_FB_EN.ldr, 04-11-24
Translate file D:
Archive: TPS CONTROLLING / MCU-MH 8DA / 8 / G

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 27.06.2012 |
| A | Rem. Sprg. Chrg. | 18.03.13 | Sw | Drawn | |
| B | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | |

VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2
8DA 8DB SCHALTANLAGE

Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP

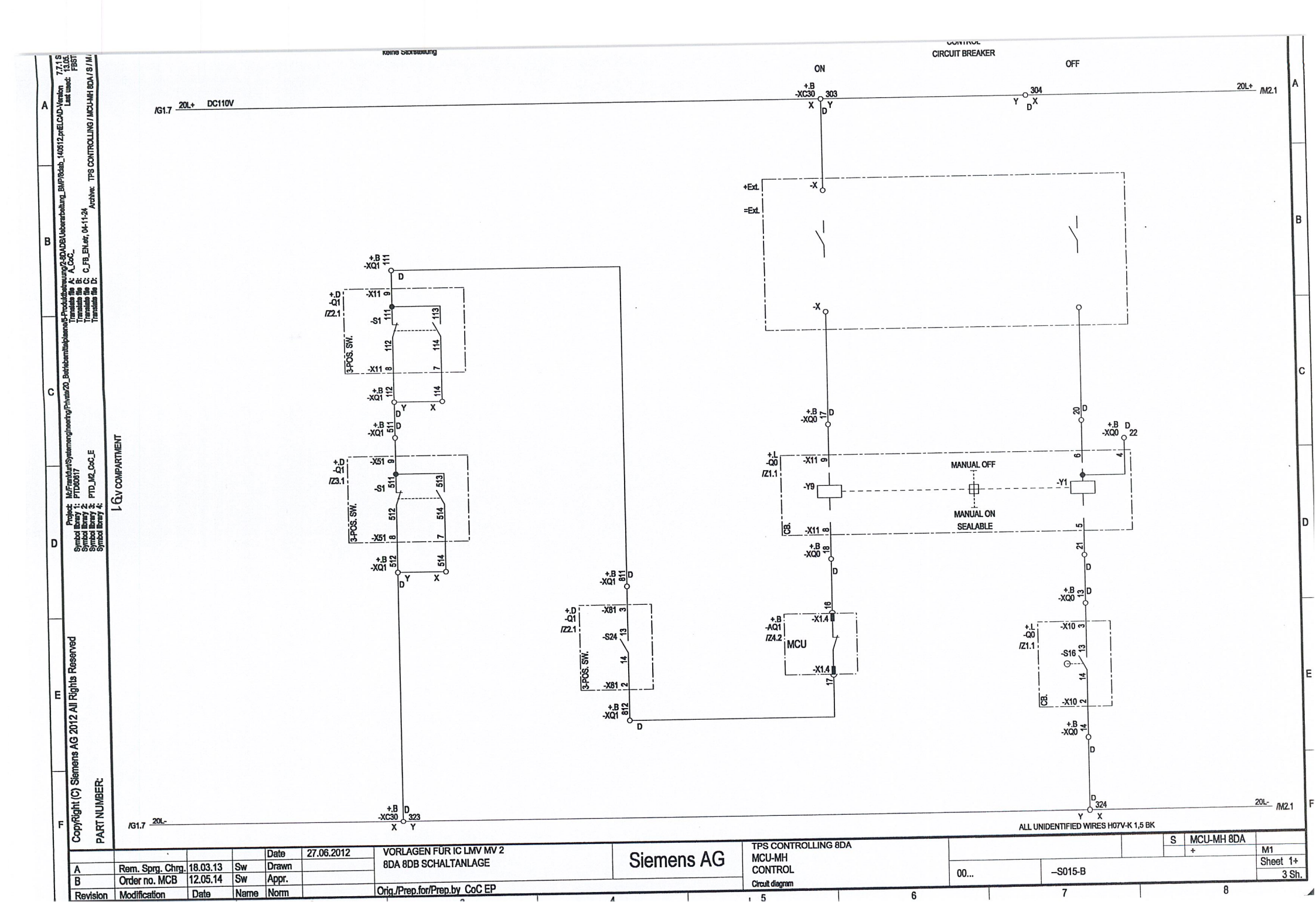
Siemens AG

TPS CONTROLLING 8DA
MCU-MH
POWER SUPPLY AC/DC
Circuit diagram

00...

–S015-B

| | | |
|---|---|---|
| S | MCU-MH 8DA | |
| | + | G1 |
| | | Sheet 1-1 Sh. |




| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 27.06.2012 | VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2<br>8DA 8DB SCHALTANLAGE |
| A | Rem. Sprg. Chrg. | 18.03.13 | Sw | Drawn | | |
| B | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | | |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP |

Siemens AG

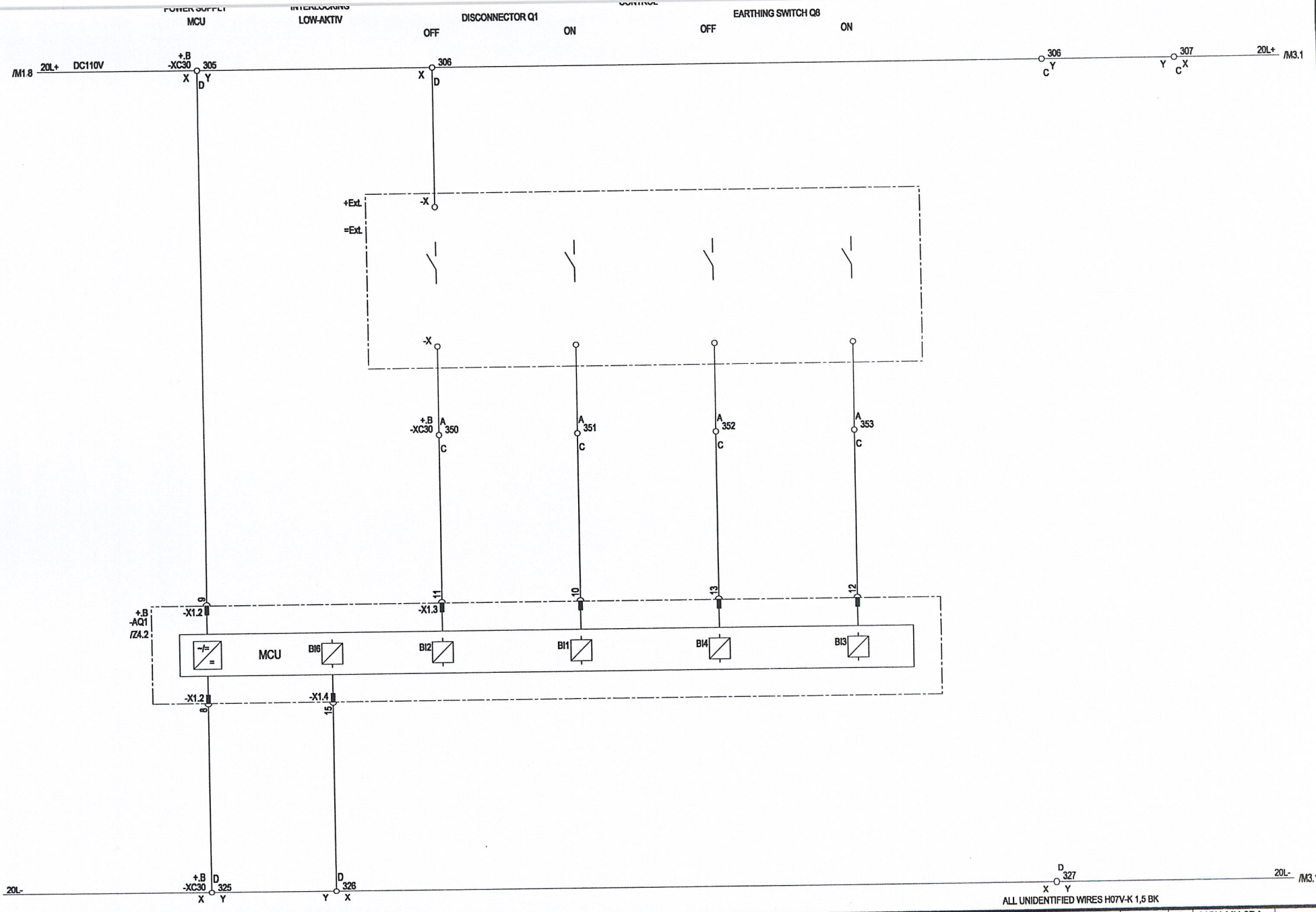
TPS CONTROLLING 8DA
MCU-MH
CONTROL
Circuit diagram

00...

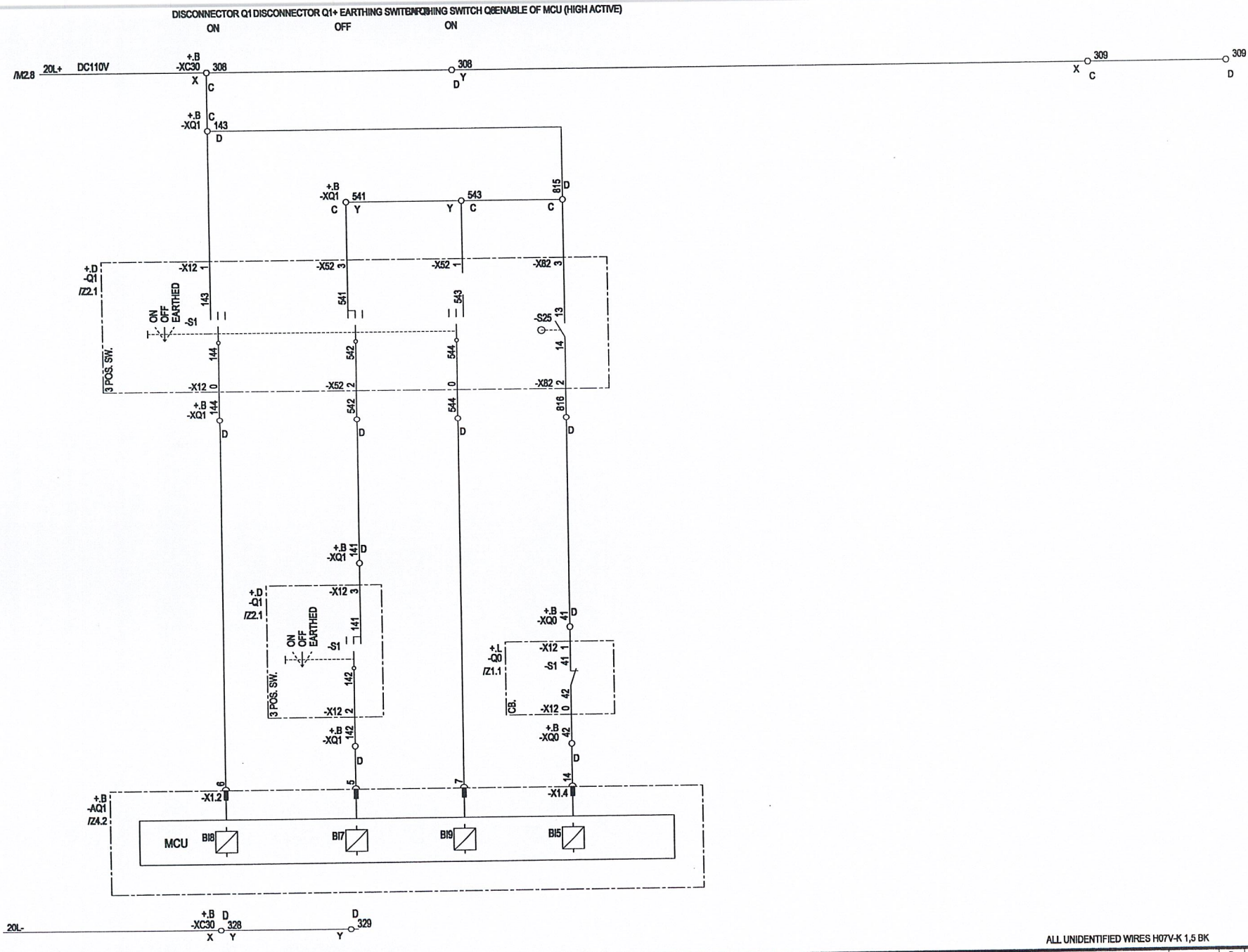
–S015-B

| S | MCU-MH 8DA |
|---|---|
| | + |

M1
Sheet 1+
3 Sh.




| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 27.06.2012 | VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2 | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA | S MCU-MH 8DA |
| A | Rem. Sprg. Chrg. | 18.03.13 | Sw | Drawn | | 8DA 8DB SCHALTANLAGE | | MCU-MH | + M2 |
| B | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | | | | CONTROL | Sheet 2+ |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP | | Circuit diagram | 00... –S015-B 3 Sh. |




Copyright (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

PART NUMBER:

Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelplanung/5-Produktdarstellung/2-8DA/DB/Uebersetzung_BMP/8dab_140512.prt ELCAD-Version 7.7.1 E
Symbol library 1: PTD600317 Last used: 13.05
Symbol library 2: FB51
Symbol library 3: PTD_M2_CoC_E
Symbol library 4:
Translate file 2: A_CoC_
Translate file 3: C_FB_EN.str, 04-11-24
Translate file 4:
Translate file 5:
Archive: TPS CONTROLLING / MCU-MH 8DA / 8 / M

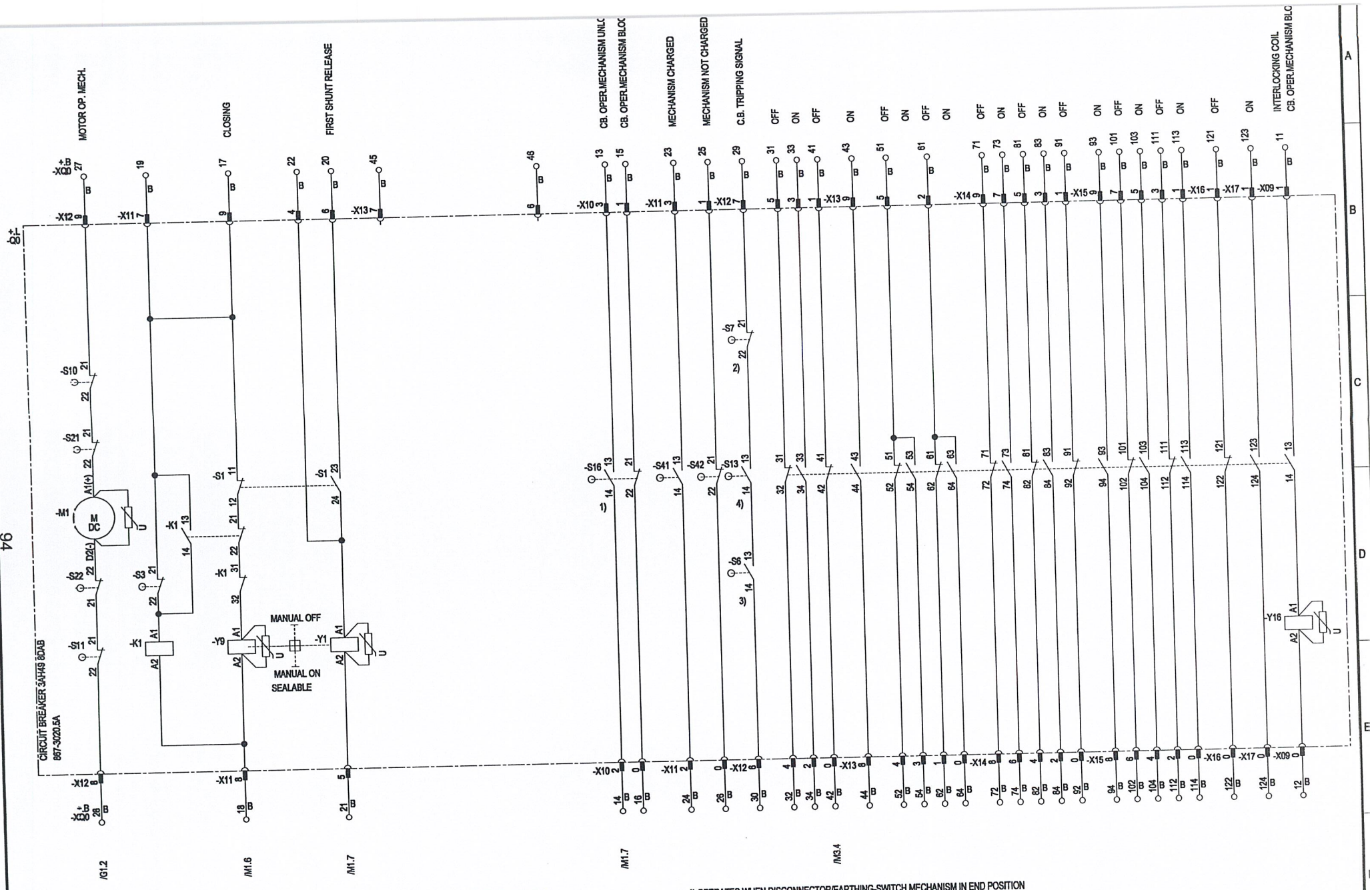
93

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 27.06.2012 | VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2 8DA 8DB SCHALTANLAGE | Siemens AG |
| A | Rem. Sprg. Chrg. | 18.03.13 | Sw | Drawn | | | |
| B | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | | | |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP | |

TPS CONTROLLING 8DA
MCU-MH
CONTROL
Circuit diagram

00... | –S015-B

S | MCU-MH 8DA
+
M3
Sheet 3-
3 Sh.




1) OPERATES WHEN CB. TRIP IS NOT LOCKED OUT

2) OPERATES WHEN MECH. OFF IS NOT PRESSED

3) OPERATES WHEN NO TRIPPING

4) OPERATES WHEN DISCONNECTOR/EARTHING-SWITCH MECHANISM IN END POSITION

ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

CopyRight (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

PART NUMBER:

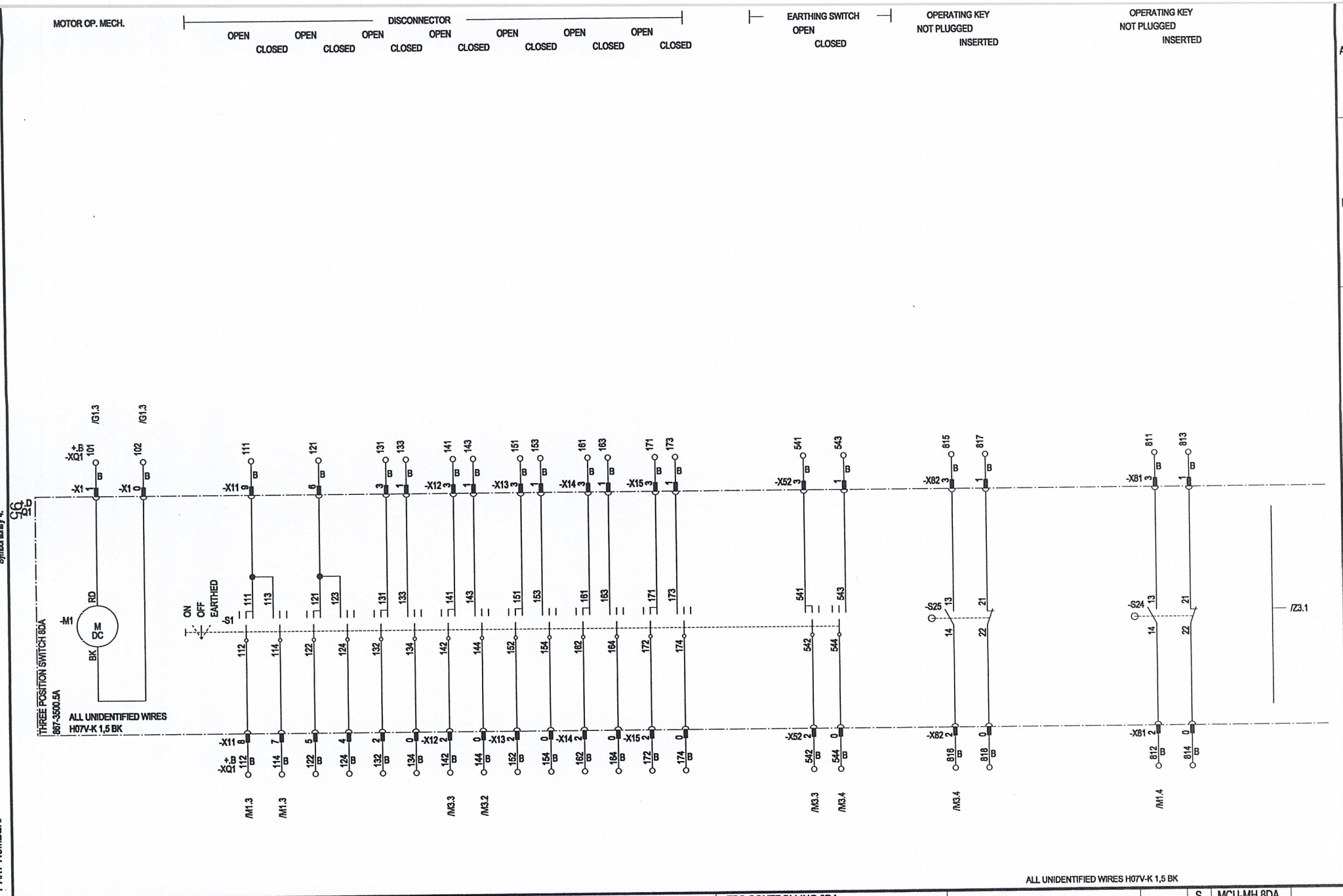
Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Privats/20_Betriebsmittelplanung/5-Produktbetreuung/2-8DADB/Ueberarbeitung_BMP/8dab_140512.prtELCAD-Version 7.7.1.5F
Last used: 13.05.1 FBSTF
Translate file A: A_CoC_
Translate file B:
Translate file C: C_FB_EN.str, 04-11-24
Translate file D:
Archive: TPS CONTROLLING / MCU-MH 8DA / S / Z /

Symbol library 1: PTD60817
Symbol library 2:
Symbol library 3: PTD_M2_CoC_E
Symbol library 4:

94

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 27.06.2012 | VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2<br>8DA 8DB SCHALTANLAGE | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA<br>MCU-MH<br>CIRCUIT BREAKER -Q0<br>Circuit diagram |
| A | Rem. Sprg. Chrg. | 18.03.13 | Sw | Drawn | | | | |
| B | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | | | | |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | S | MCU-MH 8DA | |
| 00... | –S015-B | + | | Z1 |
| | | | | Sheet 1+ |
| | | | | 5 Sh. |




CopyRight (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

PART NUMBER:

Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelplanen/5-Produktbetreuung/2-8DA/DB/Ueberarbeitung_BMP/8dab_140512.prtELOAD-Version 7.7.1.5
Symbol library 1: PTD60817 Translate file A: A_CoC_ Last used: 13.1.05
Symbol library 2: Translate file B: FBST
Symbol library 3: PTD_M2_CoC_E Translate file C: C_FB_EN.str; 04-11-24
Symbol library 4: Translate file D: Archive: TPS CONTROLLING / MCU-MH 8DA / S / Z /

ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 27.06.2012 | VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2 8DA 8DB SCHALTANLAGE | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA MCU-MH THREE POSITION SWITCH -Q1 Circuit diagram |
| A | Rem. Sprg. Chrg. | 18.03.13 | Sw | Drawn | | | | |
| B | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | | | | |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | S | MCU-MH 8DA | |
| | | | + | Z2 |
| 00... | –S015-B | | | Sheet 2+ 5 Sh. |

MANOMETER WITH 2 ALARM CONTACTS (STANDARD)
CONTACT 1: UNDERPRESSURE <P
CONTACT 2: OVERPRESSURE >P

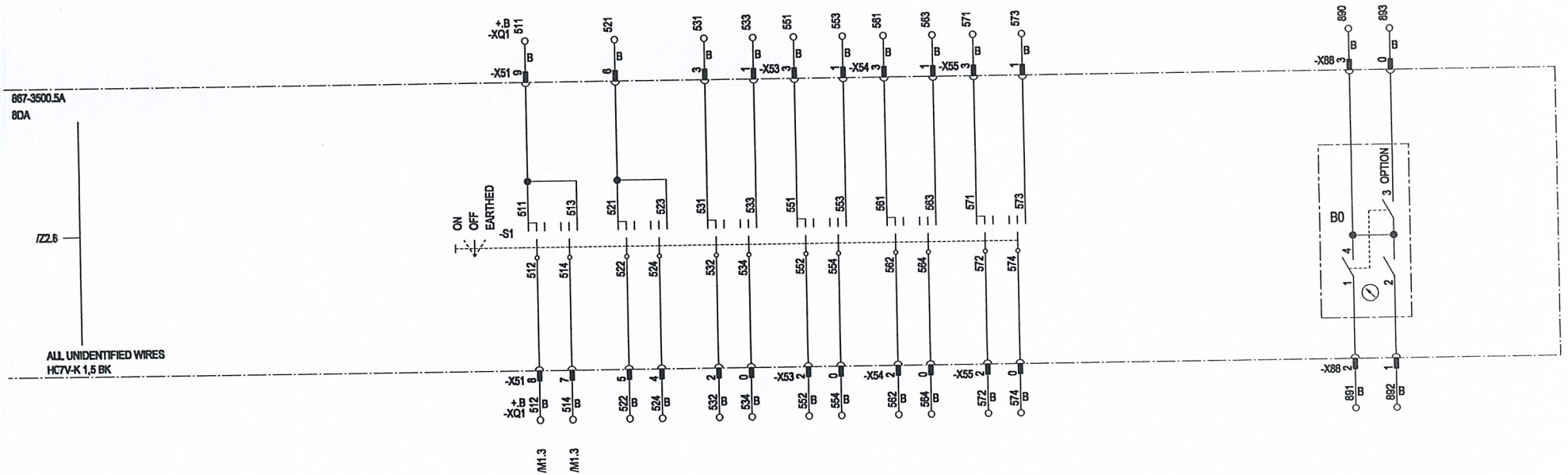
CONTACT 1: UNDERPRESSURE <<P
CONTACT 2: UNDERPRESSURE <P
CONTACT 3: OVERPRESSURE >P

INTERLOCKING COIL
DISCONNECTOREARTHING SWITCH

EARTHING SWITCH

OPEN CLOSED | OPEN CLOSED | OPEN CLOSED | OPEN CLOSED | OPEN CLOSED | OPEN CLOSED

SF6 MONITORING -Q0




ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelplanen/5-Produktdatenaufbereitung/2_8DA/DB/Ueberarbeitung_BMP/8dab_140512.prtELCAD-Version 7.7.1.5
Symbol library 1: PTD60817 Last used: 13.05
Symbol library 2: FB51
Symbol library 3: PTD_M2_CoC_E
Symbol library 4:
Translate file A: A_CoC_
Translate file B:
Translate file C: C_FB_EN.str, 04-11-24
Translate file D:
Archive: TP8 CONTROLLING / MCU-MH 8DA / S / Z

CopyRight (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

PART NUMBER:

| Revision | Modification | Date | Name | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | Rem. Sprg. Chrg. | 18.03.13 | Sw | Drawn | | |
| B | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | | |
| | | | | Norm | | |

Date 27.06.2012

VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2
8DA 8DB SCHALTANLAGE

Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP

Siemens AG

TPS CONTROLLING 8DA
MCU-MH
THREE POSITION SWITCH -Q1
Circuit diagram

00...

–S015-B

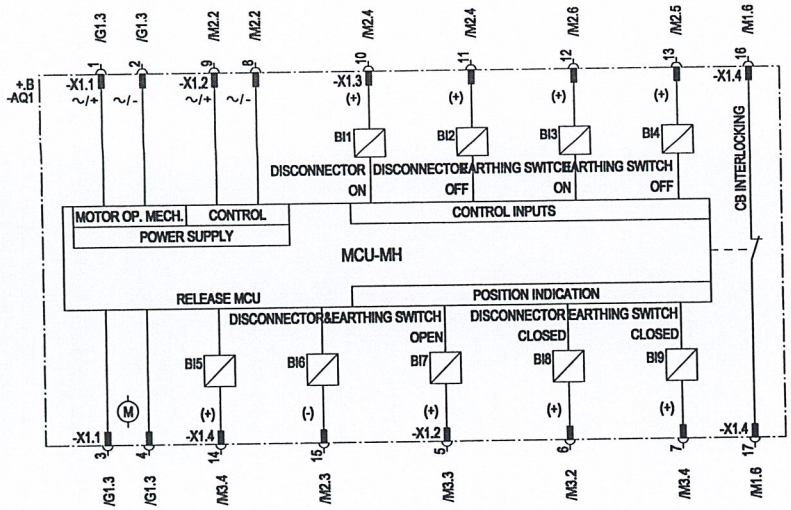
S | MCU-MH 8DA
+ | Z3
Sheet 3+
5 Sh.

CopyRight (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

PART NUMBER:

Project: MJ/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelplaene/5-Produktbearbeitung/2-8DA/DB/Ueberarbeitung_BMP/8dab_140512.pmELCAD-Version 7.7.1.6
Symbol library 1: PTD60817 Translate file A: A_CoC_ Last used: 13.06
Symbol library 2: Translate file B: FBST
Symbol library 3: PTD_M2_CoC_E Translate file C: C_FB_EN.str, 04-11-24
Symbol library 4: Translate file D: Archive: TPS CONTROLLING / MCU-MH 8DA / 8 / Z

97




| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Date | 27.06.2012 | VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2 | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA | | S MCU-MH 8DA |
| A | Rem. Sprg. Chrg. | 18.03.13 | Sw | Drawn | | 8DA 8DB SCHALTANLAGE | | MCU-MH | | + Z4 |
| B | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | | | | SECONDARY EQUIPMENT | | Sheet 4+ |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP | | Circuit diagram | 00... –S015-B | 5 Sh. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 5SY6204-7 5ST3010<br>2-POL; C 4A<br>+.B<br>-F10 | /G1.2 | /G1.3 | /G1.7 |
| 5SY6202-7 5ST3010<br>2-POL; C 2A<br>+.B<br>-F11 | /G1.2 | /G1.3 | /G1.7 |
| 5SY6210-7 5ST3010<br>2-POL; C 10A<br>+.B<br>-F20 | /G1.2 | /G1.3 | /G1.7 |

Copyright (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

PART NUMBER:

Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Anlagen/20_Betriebsmittelplanung/2-8DA/DB/Ueberarbeitung_BMP/8dab_1405121.prjECAD-Version 7.7.1 SP5
Symbol library 1: PTD3061?
Symbol library 2:
Symbol library 3:
Symbol library 4: PTD_M2_CoC_E
Translate file A: A_CoC_
Translate file B: C_FB_EN.ulb, 04-11-24
Translate file C:
Translate file D:
Archive: TP5 CONTROLLING / MCU-MH 8DA / S / Z
Last used: 13.06.2013 FB51

| Rem. Spg. Chrg. | 18.03.13 | Sw | Drawn | 27.06.2012 |
|---|---|---|---|---|
| Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | |
| Modification | Date | Name | Norm | |

VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2
8DA 8DB SCHALTANLAGE

Siemens AG

TPS CONTROLLING 8DA
MCU-MH
SECONDARY EQUIPMENT
Circuit diagram

00... –S015-B

ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

| S | MCU-MH 8DA | |
|---|---|---|
| | + | Z5 |

Orig./Prep. for/Prep. by CoC EP

Sheet 5-5 Sh.

# ภาคผนวก จ
# วงจรไฟฟ้าที่ใช้รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งานในการควบคุมมอเตอร์กระแสตรงที่ใช้อ้างอิง

Siemens AG

Infrastructure & Cities Sector - Low and Medium Voltage Division

Circuit diagram

for

Purchaser VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2

User 8DA 8DB SCHALTANLAGE

Plant

Plant section TPS CONTROLLING 8DA
SIPROTEC

Typical

Project reference number

Date of issue 12.05.14

Customer document number

100

| Revision | Modification | Date | Name |
|---|---|---|---|
| A | Add -KB1 | 10.07.12 | Sw |
| B | Order No. -V1 | 18.03.13 | Sw |
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw |

SIEMENS AG

Archive: TPS CONTROLLING / SIPROTEC 8DA / A // 1 Project: 00...

Documentation identifier A / TPS CONTROLLING / A /

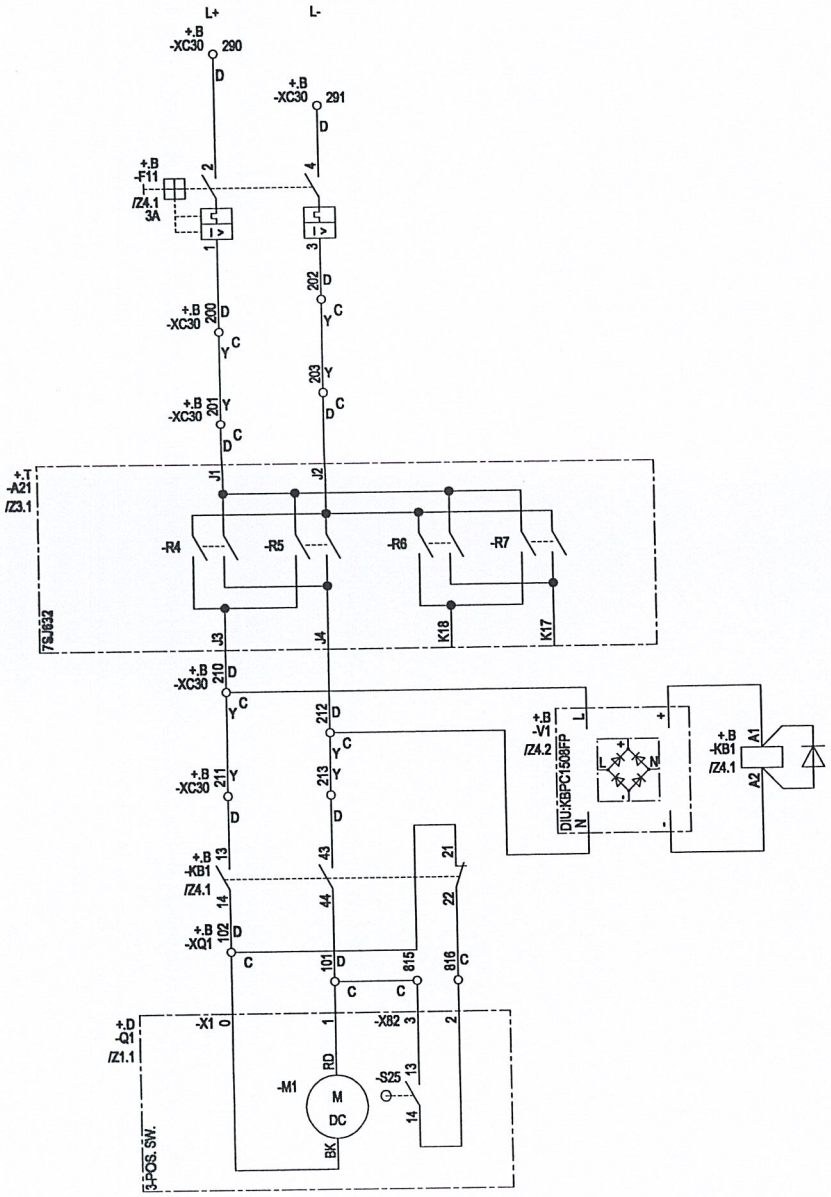
Manufacturer document number –S035-C

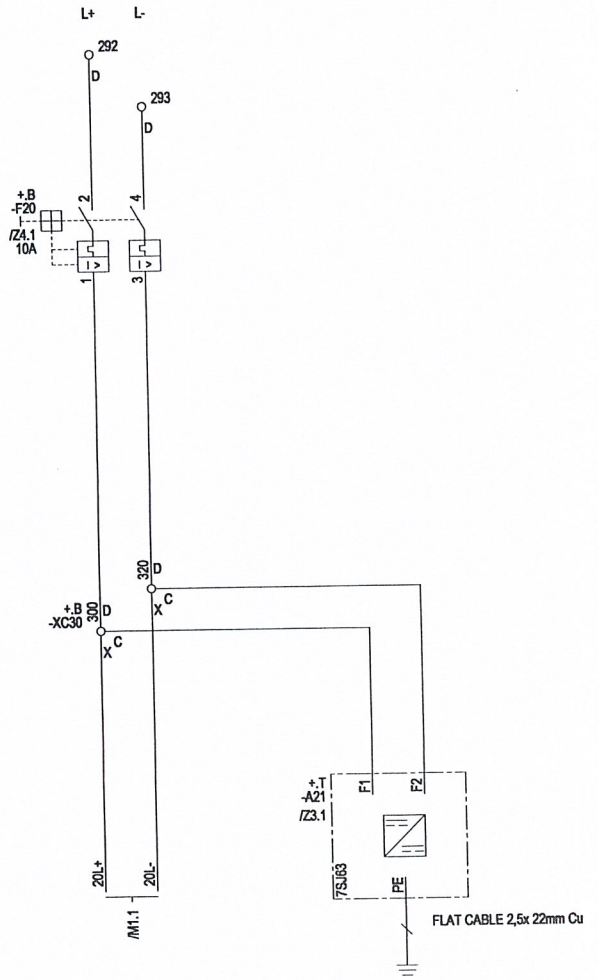
POWER SUPPLY
MOTOR OP. MECHANISM, TPS

RELAY
MOTOR BRAKE

POWER SUPPLY
CONTROL

POWER SUPPLY
PROTECTION DEVICE




ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

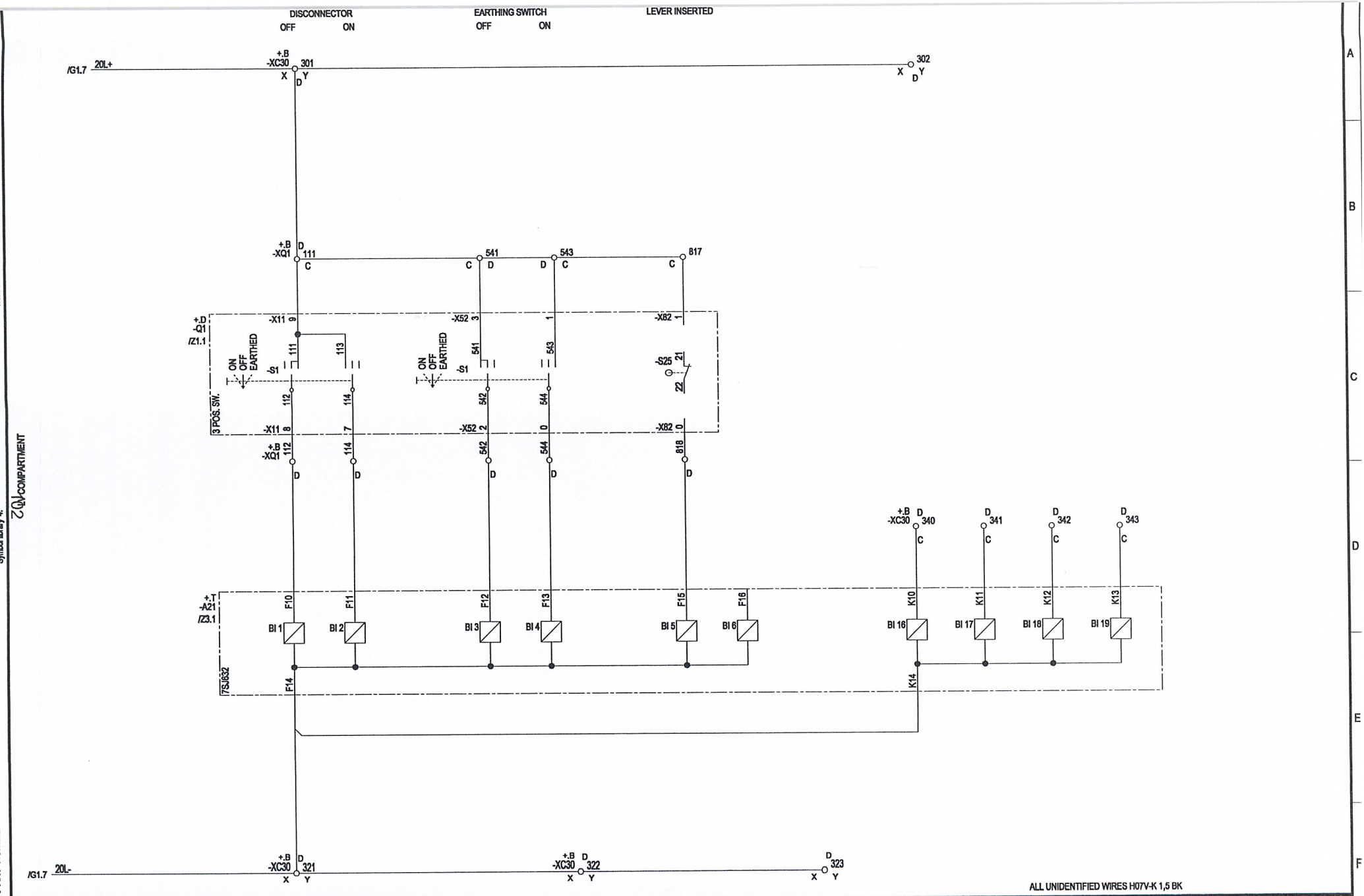
CopyRight (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

PART NUMBER:

101

Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittel/plasma/5-Produktdarstellung/2-8DA/DB/Ueberarbeitung_BMP/8dab_140512.prtELCAD-Version 7.7.1.6
Last used: 13.05.
Symbol library 1: PTD060617 Translate file A: A_CoC_
Symbol library 2: Translate file B:
Symbol library 3: PTD_M2_CoC_E Translate file C: C_FB_EN.str, 04-11-24
Symbol library 4: Translate file D:
Archive: TPS CONTROLLING / SIPROTEC 8DA / S / G.

| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | Add -KB1 | 10.07.12 | Sw | Date | 27.06.2012 | VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2<br>8DA 8DB SCHALTANLAGE | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA<br>SIPROTEC<br>POWER SUPPLY AC/DC<br>Circuit diagram | S SIPROTEC 8DA<br>+ G1 |
| B | Order No. -V1 | 18.03.13 | Sw | Drawn | | | | 00... –S035-C | Sheet 1- |
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | | | | | 1 Sh. |
| | | | | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP | | | |




CopyRight (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

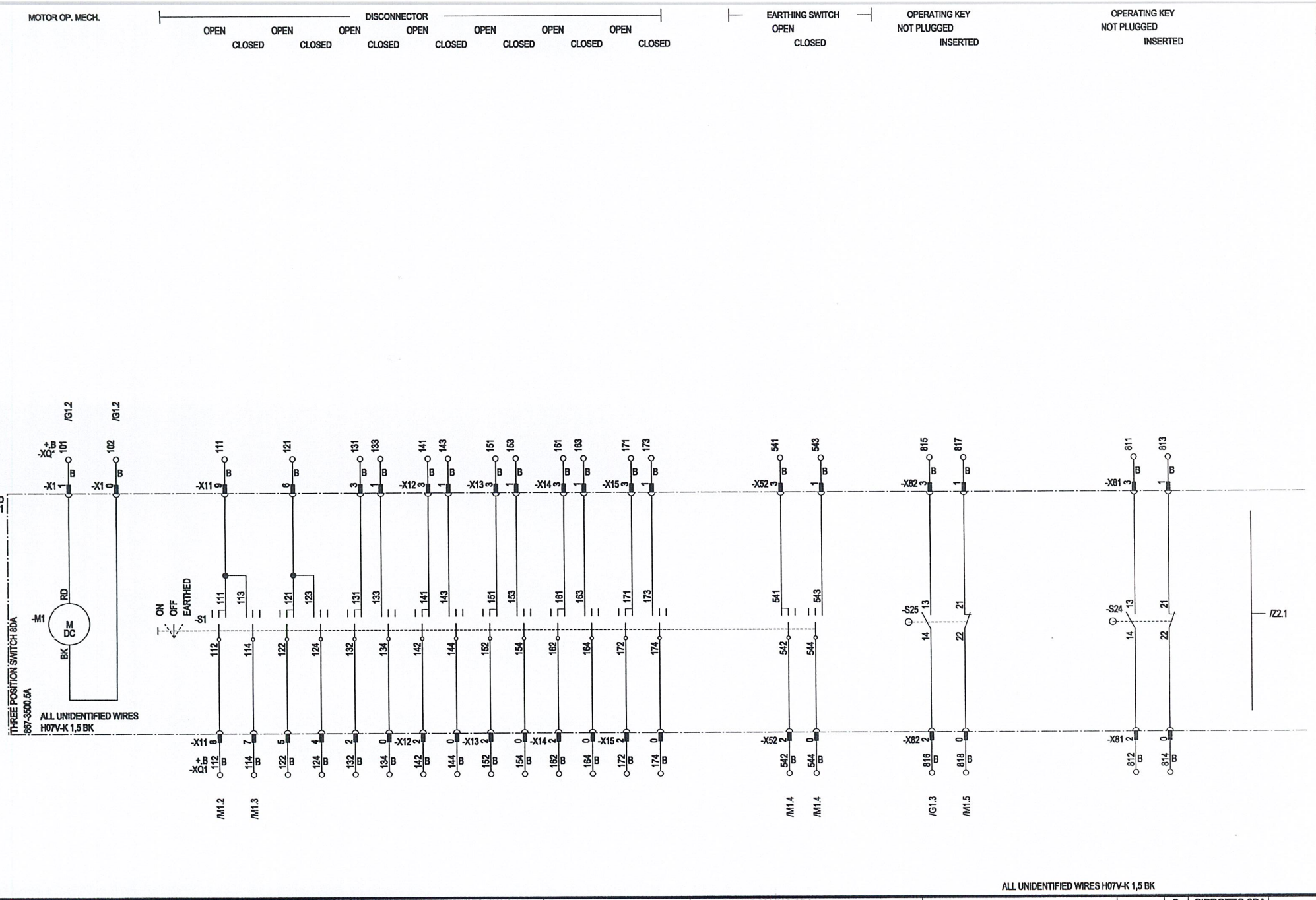
Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelplaene/5-Produktbetreuung/2-8DA/8DB/Ueberarbeitung_BMP/8dab_140512.prtELCAD-Version 7.7.1.1
Last used: 13.0
Symbol library 1: PTD90617 FBS
Symbol library 2:
Symbol library 3: PTD_M2_CoC_E
Symbol library 4:
Translate file A: A_CoC_
Translate file B:
Translate file C: C_FB_EN.str, 04-11-24
Translate file D:
Archive: TPS CONTROLLING / SIPROTEC 8DA / 8 / M

PART NUMBER:

20W COMPARTMENT

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | Add -KB1 | 10.07.12 | Sw | Date | 27.06.2012 | VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2 | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA | | S SIPROTEC 8DA |
| B | Order No. -V1 | 18.03.13 | Sw | Drawn | | 8DA 8DB SCHALTANLAGE | | SIPROTEC | | + M1 |
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | | | | CONTROL | | Sheet 1- |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP | | Circuit diagram | 00... –S035-C | 1 Sh. |

1 2 3 4 5 6 7 8




CopyRight (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

PART NUMBER:

| Revision | Modification | Date | Name | Norm | |
|---|---|---|---|---|---|
| A | Add -KB1 | 10.07.12 | Sw | Date | 27.06.2012 |
| B | Order No. -V1 | 18.03.13 | Sw | Drawn | |
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | |

VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2
8DA 8DB SCHALTANLAGE

Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP

Siemens AG

TPS CONTROLLING 8DA
SIPROTEC
THREE POSITION SWITCH -Q1
Circuit diagram

00...

–S035-C

| S | SIPROTEC 8DA |
|---|---|
| | + |

Z1
Sheet 1+
4 Sh.

MANOMETER WITH 2 ALARM CONTACTS (STANDARD)
CONTACT 1: UNDERPRESSURE <P
CONTACT 2: OVERPRESSURE >P

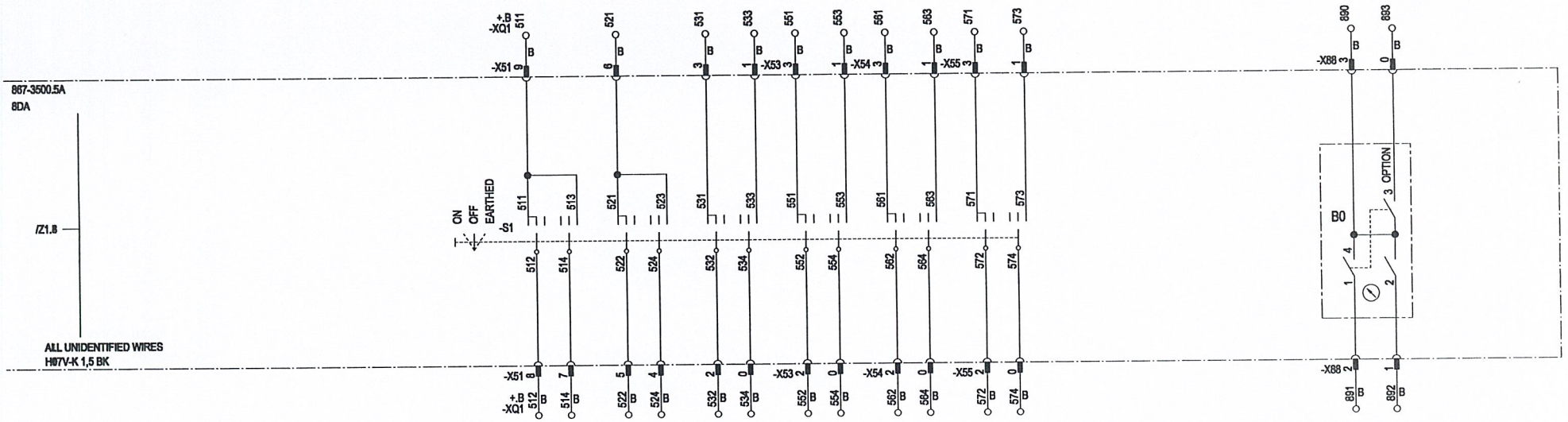
CONTACT 1: UNDERPRESSURE <<P
CONTACT 2: UNDERPRESSURE <P
CONTACT 3: OVERPRESSURE >P

INTERLOCKING COIL
DISCONNECTOREARTHING SWITCH

EARTHING SWITCH

OPEN CLOSED | OPEN CLOSED | OPEN CLOSED | OPEN CLOSED | OPEN CLOSED | OPEN CLOSED

SF6 MONITORING -Q0




ALL UNIDENTIFIED WIRES H07V-K 1,5 BK

CopyRight (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelsplasma/5-Produktbetreuung/2-8DA/8DB/Uebernahetlung_BMP/8dab_140512.prtELCAD-Version 7.7.1.5
Symbol library 1: PTD60617 Last used: 13.05
Symbol library 2: FBST
Symbol library 3: PTD_M2_CoC_E
Symbol library 4:
Translate file A: A_CoC_
Translate file B:
Translate file C: C_FB_EN.str, 04-11-24
Translate file D: Archive: TPS CONTROLLING / SIPROTEC 8DA / 8 / Z

PART NUMBER:

| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | Add -KB1 | 10.07.12 | Sw | Date | 27.06.2012 | VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2 | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA | | S | SIPROTEC 8DA |
| B | Order No. -V1 | 18.03.13 | Sw | Drawn | | 8DA 8DB SCHALTANLAGE | | SIPROTEC | | + | Z2 |
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | | | | THREE POSITION SWITCH -Q1 | | | Sheet 2+ |
| | | | | | | Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP | | Circuit diagram | 00... | –S035-C | 4 Sh. |

Project: M:\Frankfurt\Systemmangheering\Private\20_Betriebsmittelpläne\5-Produktdokumentung\2-8DA\DB\Uebarabeitung_BMP\Rdab_140512.prtELCAD-Version 7.7.1.8
Symbol library 1: PTD80617 Translate file A: A_CoC_ Last used: 13.05
Symbol library 2: Translate file B: FBS1
Symbol library 3: PTD_M2_CoC_E Translate file C: C_FB_EN.str, 04-11-24
Symbol library 4: Translate file D: Archive: TPS CONTROLLING / SIPROTEC 8DA / S / Z
Symbol library 5:

CopyRight (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

PART NUMBER:

105

+.T
-A21

SIPROTEC 4
7SJ8021-4EB20-3FE0

TRANSFORMER INPUTS

BINARY INPUTS

POWER SUPPLY

COMMAND RELAY

LIVE CONTACT

FRONT OPERATION INTERFACE

TIME SYNCHRO IRG B DCF77

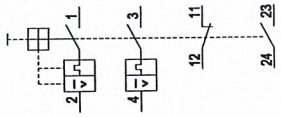
SYSTEM INTERFACE IEC 60870-5-103 PROFIBUS-FMS PROFIBUS-DP DNP 3.0

MODEM INTERFACE DIGSI 4

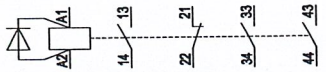
OPTIONAL EL OPT RS232/ RS485

| Revision | Modification | Date | Name | Norm | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | Add -KB1 | 10.07.12 | Sw | Date | 27.06.2012 | VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2 8DA 8DB SCHALTANLAGE | Siemens AG | TPS CONTROLLING 8DA SIPROTEC PROTECTION DEVICE Circuit diagram | S SIPROTEC 8DA + Z3 |
| B | Order No. -V1 | 18.03.13 | Sw | Drawn | | | | 00... –S035-C | Sheet 3+ 4 Sh. |
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | | | | | |
| | | | | | | Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP | | | |

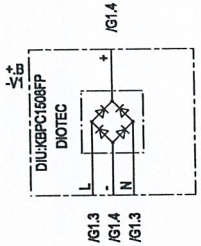
Project: M:/Frankfurt/Systemengineering/Private/20_Betriebsmittelplaene/5-Produktbetreuung/2-8DA/DB/Uebersetzung_BMP/8dab_140512.prtELCAD-Version 7.7.11
Symbol library 1: PTD60617 Last used: 13.0
Symbol library 2: FBS
Symbol library 3: PTD_M2_CoC_E
Symbol library 4:
Translate file A: A_CoC_
Translate file B:
Translate file C: C_FB_ENuer, 04-11-24
Translate file D:
Archive: TPS CONTROLLING / SIPROTEC 8DA / S12




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5SY5203-7 5ST3010<br>+.B -F11 2-POL.; C 3A | /G1.2 | /G1.2 | | |
| 5SY5210-7 5ST3010<br>+.B -F20 2-POL.; C 10A | /G1.7 | /G1.7 | | |




| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3RH1131-1Bx0<br>+.B -KB1 3RT1916-1DG00 | /G1.4 | /G1.2 | /G1.3 | /G1.2 | |




CopyRight (C) Siemens AG 2012 All Rights Reserved

PART NUMBER:

106

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| A | Add -KB1 | 10.07.12 | Sw | Date | 27.06.2012 |
| B | Order No. -V1 | 18.03.13 | Sw | Drawn | |
| C | Order no. MCB | 12.05.14 | Sw | Appr. | |
| Revision | Modification | Date | Name | Norm | |

VORLAGEN FÜR IC LMV MV 2
8DA 8DB SCHALTANLAGE

Siemens AG

TPS CONTROLLING 8DA
SIPROTEC
SECONDARY EQUIPMENT
Circuit diagram

00...

–S035-C

| | | |
|---|---|---|
| S | SIPROTEC 8DA | |
| + | | Z4 |
| | | Sheet 4- |
| | | 4 Sh. |

Orig./Prep.for/Prep.by CoC EP

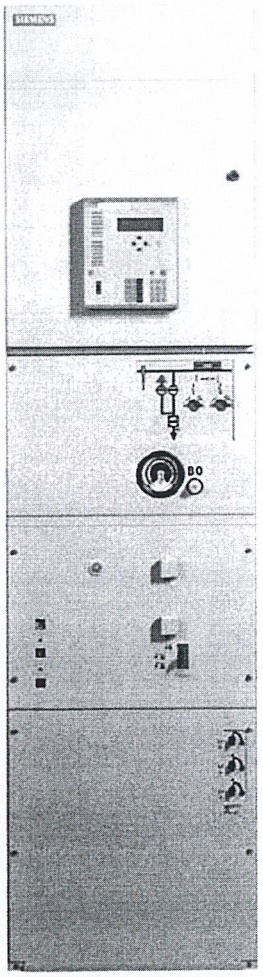
# ภาคผนวก ฉ

Technical Description Control Times of Motor-Operated Mechanisms for Three-Position Switch (2012)

SIEMENS

# 8DA/B

**$SF_6$-Insulated, Metal-Enclosed and Metal-Clad Medium-Voltage Switchgear**



# Technical Description

# Control Times of Motor-Operated Mechanisms for Three-Position Switches

Number of document: 867-9011.5
Issue: October 17, 2012

Siemens AG, IC LMV MS
Mike Schwanz / Jörg Hilse

SIEMENS

Contents


| | | Page |
|---|---|---|
| 1 | Fundamentals | 3 |
| 2 | Motor control by MCU | 3 |
| 3 | Motor control by SIPROTEC | 4 |
| 4 | Motor control by conventional control | 9 |
| 5 | Further documentation | 11 |

SIEMENS

# 1 Fundamentals

In 8DA/B switchgear, two different types of operating mechanisms are used for the three-position switches, either a spring-operated mechanism or a slow motion mechanism. Different times apply to the electrical activation of the motor.

These different control times must be stored in the respective motor control unit used. Then necessary information is given hereafter.

# 2 Motor control by MCU

If the motor is activated by means of an MCU-MH, no particularities must be taken into account for adjusting the control times.

All relevant control times are already stored in the MCU-MH at the factory, so that the different motor operating mechanisms for spring-operated or slow motion mechanisms are optimally activated.

Only the inputs and outputs of the MCU-MH must be connected in accordance with the following list:

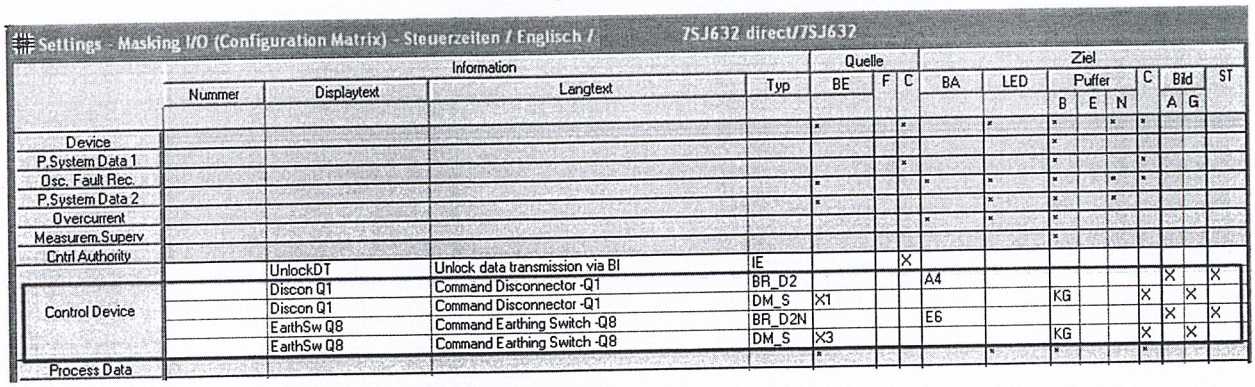
- Application of motor voltage
- Application of control voltage
- Connection of feedback inputs
- Connection of command inputs
- Connection of release input
- Connection of motor to control output.

For further information, please refer to the associated schematic diagrams as well as the technical description 953-0071.9 of the MCU-MH.

The associated links are given in chapter 5 of this document.

# 3 Motor control by SIPROTEC

SIPROTEC control commands: **Direct activation**
Command types:
Disconnector = Double command, 1-pole
Earthing switch = Double command, negated, 1-pole

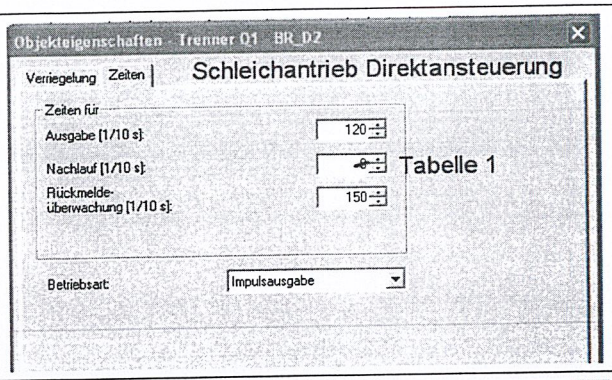
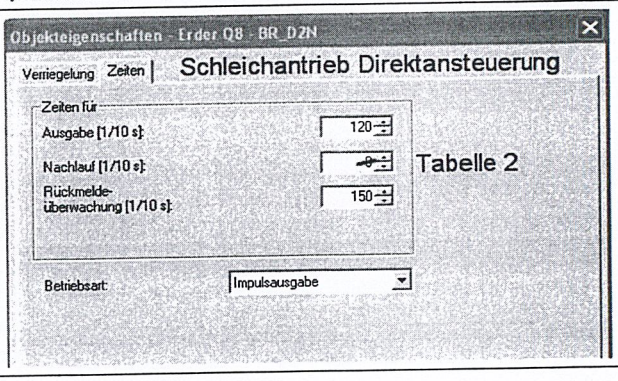


Settings - Masking I/O (Configuration Matrix) - Steuerzeiten / Englisch / 7SJ632 direct/7SJ632

| | Information | | | | Quelle | | | Ziel | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nummer | Displaytext | Langtext | Typ | BE | F | C | BA | LED | Puffer B | Puffer E | Puffer N | C | Bild A | Bild G | ST |
| Device | | | | | * | | * | | * | * | | * | * | | | |
| P.System Data 1 | | | | | | | * | | | * | | | * | | | |
| Osc. Fault Rec. | | | | | * | | | * | * | * | | * | * | | | |
| P.System Data 2 | | | | | * | | | | * | * | | * | | | | |
| Overcurrent | | | | | | | | * | * | * | | | | | | |
| Measurem.Superv | | | | | | | | | | * | | | | | | |
| Cntrl Authority | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Control Device | | UnlockDT | Unlock data transmission via BI | IE | | | X | | | | | | | | | |
| | | Discon Q1 | Command Disconnector -Q1 | BR_D2 | | | | A4 | | | | | | X | | X |
| | | Discon Q1 | Command Disconnector -Q1 | DM_S | X1 | | | | | KG | | | X | | X | |
| | | EarthSw Q8 | Command Earthing Switch -Q8 | BR_D2N | | | | E6 | | | | | | X | | X |
| | | EarthSw Q8 | Command Earthing Switch -Q8 | DM_S | X3 | | | | | KG | | | X | | X | |
| Process Data | | | | | * | | | | * | * | | | * | | | |

Setting times for direct activation:

| Operating mechanism | Function | Output time [s] | Seal-in time [ms] | Feedback monitoring time [s] |
|---|---|---|---|---|
| Slow motion mechanism | Disconnecting function | 12 | see table 1 | 15 |
| | Ready-to-earth / earthing functions | 12 | see table 2 | 15 |

| Operating mechanism | Activation version<br><br>Function | DIGSI settings |
|---|---|---|
| Slow motion mechanism | Direct activation<br><br>Disconnecting function |  |
| | Direct activation<br><br>Ready-to-earth / earthing functions |  |

SIEMENS

Table 1

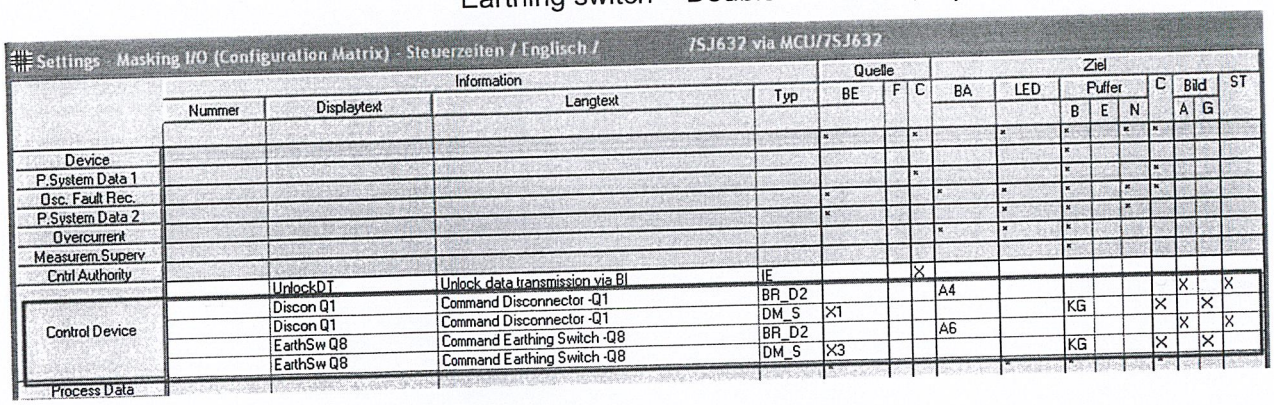
| Seal-in times for disconnecting function | |
|---|---|
| Auxiliary voltage | Seal-in time [ms] |
| DC 24 V | 100 |
| DC 30 V | 0 |
| DC 48 V | 100 |
| DC 60 V | 100 |
| DC 110 V | 100 |
| DC 120 V | 100 |
| DC 125 V | 100 |
| DC 127 V | 100 |
| DC 220 V | 100 |
| DC 240 V | 100 |
| DC 250 V | 100 |
| AC 110 V | 100 |
| AC 120 V | 100 |
| AC 230V | 100 |

Table 2

| Seal-in times for ready-to-earth / earthing functions | |
|---|---|
| Auxiliary voltage | Seal-in time [ms] |
| DC 24 V | 100 |
| DC 30 V | 0 |
| DC 48 V | 0 |
| DC 60 V | 100 |
| DC 110 V | 100 |
| DC 120 V | 100 |
| DC 125 V | 100 |
| DC 127 V | 100 |
| DC 220 V | 100 |
| DC 240 V | 100 |
| DC 240 V | 100 |
| AC 110 V | 100 |
| AC 120 V | 0 |
| AC 230V | 0 |

SIEMENS

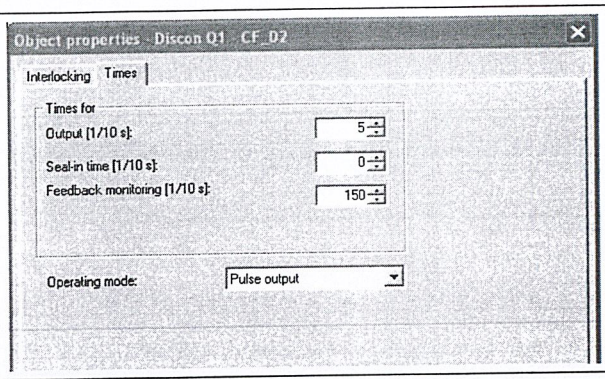
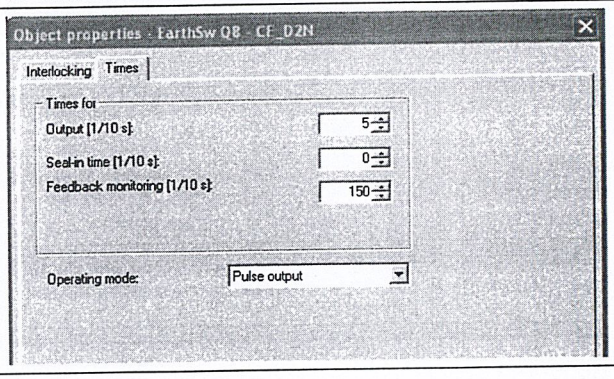
SIPROTEC control commands: **Activation via MCU**
Command types:
Disconnector = Double command, 1-pole
Earthing switch = Double command, 1-pole


Settings - Masking I/O (Configuration Matrix) - Steuerzeiten / Englisch / 7SJ632 via MCU/7SJ632

| | Information | | | | Quelle | | | Ziel | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nummer | Displaytext | Langtext | Typ | BE | F | C | BA | LED | Puffer | | | C | Bild | | ST |
| | | | | | | | | | | B | E | N | | A | G | |
| Device | | | | | x | | x | | x | x | | x | x | | | |
| P.System Data 1 | | | | | | | x | | | x | | | x | | | |
| Osc. Fault Rec. | | | | | x | | | x | x | x | | x | x | | | |
| P.System Data 2 | | | | | x | | | | x | x | | x | | | | |
| Overcurrent | | | | | | | | x | x | x | | | | | | |
| Measurem.Supery | | | | | | | | | | x | | | | | | |
| Cntrl Authority | | | | | | | X | | | | | | | | | |
| | | UnlockDT | Unlock data transmission via BI | IE | | | | A4 | | | | | | X | | X |
| Control Device | | Discon Q1 | Command Disconnector -Q1 | BR_D2 | | | | | | KG | | | X | | X | |
| | | Discon Q1 | Command Disconnector -Q1 | DM_S | X1 | | | | | | | | | X | | X |
| | | EarthSw Q8 | Command Earthing Switch -Q8 | BR_D2 | | | | A6 | | KG | | | X | | X | |
| | | EarthSw Q8 | Command Earthing Switch -Q8 | DM_S | X3 | | | | | | | | | | | |
| Process Data | | | | | | | | | | | | | | | | |

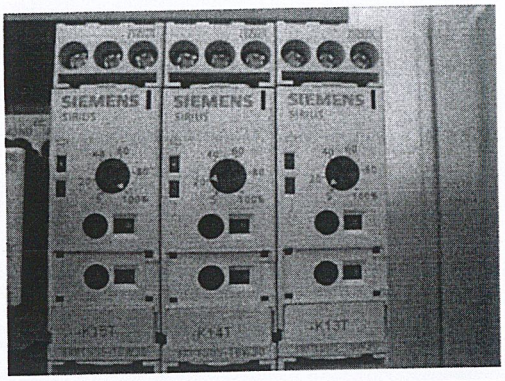
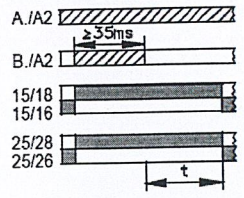
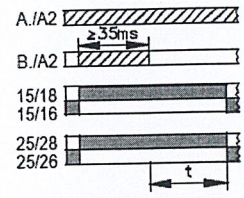
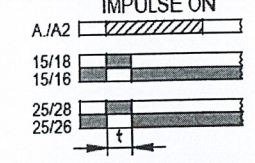
Setting times for activation via MCU:

| Operating mechanism | Function | Output time [s] | Seal-in time [ms] | Feedback monitoring time [s] |
|---|---|---|---|---|
| Slow motion mechanism | Disconnecting function | 0.5 | 0 | 15 |
| | Ready-to-earth / earthing functions | 0.5 | 0 | 15 |

| Operating mechanism | Activation version<br><br>Function | DIGSI settings |
|---|---|---|
| Slow motion mechanism | Activation via MCU<br><br>Disconnecting function |  |
| | Activation via MCU<br><br>Ready-to-earth / earthing functions |  |

## 4 Motor control by conventional control

The settings of the time relays for motor control with conventional control are given hereafter:

<table>
<tr><th>Operating mechanism</th><th>Activation version</th><th colspan="3"></th></tr>
<tr><td rowspan="4">Slow motion mechanism</td><td>Multifunctional time relay:<br><br>3RP1505-1BW30</td><td colspan="3">  </td></tr>
<tr><td>-K13T</td><td>Default:<br><br>100ms<br>OFF-delay<br><br>see<br>table 3</td><td>Function: "B"</td><td>B rückfallverzögert<br>OFF DELAY<br>  <br></td></tr>
<tr><td>-K14T</td><td>Default:<br><br>200ms<br>OFF-delay<br><br>see<br>table 4</td><td>Function: "B"</td><td>B rückfallverzögert<br>OFF DELAY<br>  <br></td></tr>
<tr><td>-K15T</td><td>1.5s<br>ON impulse</td><td>Function: "E"</td><td>E Wischer ein<br>IMPULSE ON<br>  <br></td></tr>
</table>

SIEMENS

Table 3

| Settings for -K13T | |
|---|---|
| Auxiliary voltage | OFF delay [ms] |
| DC 24 V | 250 |
| DC 30 V | 200 |
| DC 48 V | 200 |
| DC 60 V | 250 |
| DC 110 V | 250 |
| DC 120 V | 250 |
| DC 125 V | 250 |
| DC 127 V | 250 |
| DC 220 V | 300 |
| DC 240 V | 250 |
| DC 250 V | 250 |
| AC 110 V | 250 |
| AC 120 V | 250 |
| AC 230V | 250 |

Table 4

| Settings for -K14T | |
|---|---|
| Auxiliary voltage | OFF delay [ms] |
| DC 24 V | 250 |
| DC 30 V | 200 |
| DC 48 V | 200 |
| DC 60 V | 250 |
| DC 110 V | 250 |
| DC 120 V | 250 |
| DC 125 V | 250 |
| DC 127 V | 250 |
| DC 220 V | 250 |
| DC 240 V | 250 |
| DC 250 V | 250 |
| AC 110 V | 200 |
| AC 120 V | 200 |
| AC 230V | 250 |

## 5 Further documentation

Further information about the different control concepts of the motor operating mechanisms (slow motion mechanisms) is available on the Intranet at the following links:

Technical description MCU-MH (part number 953-0071.9)
https://intranet.wss02.ptd.siemens.de/content/00001122/GIS_Common/953-00719.pdf

Schematic diagrams of 8DA/B
https://intranet.wss02.ptd.siemens.de/content/M-Products/engineering/Webparts/_startpages/8da_en.aspx

https://intranet.wss02.ptd.siemens.de/content/M-Products/engineering/Webparts/_startpages/8db_en.aspx

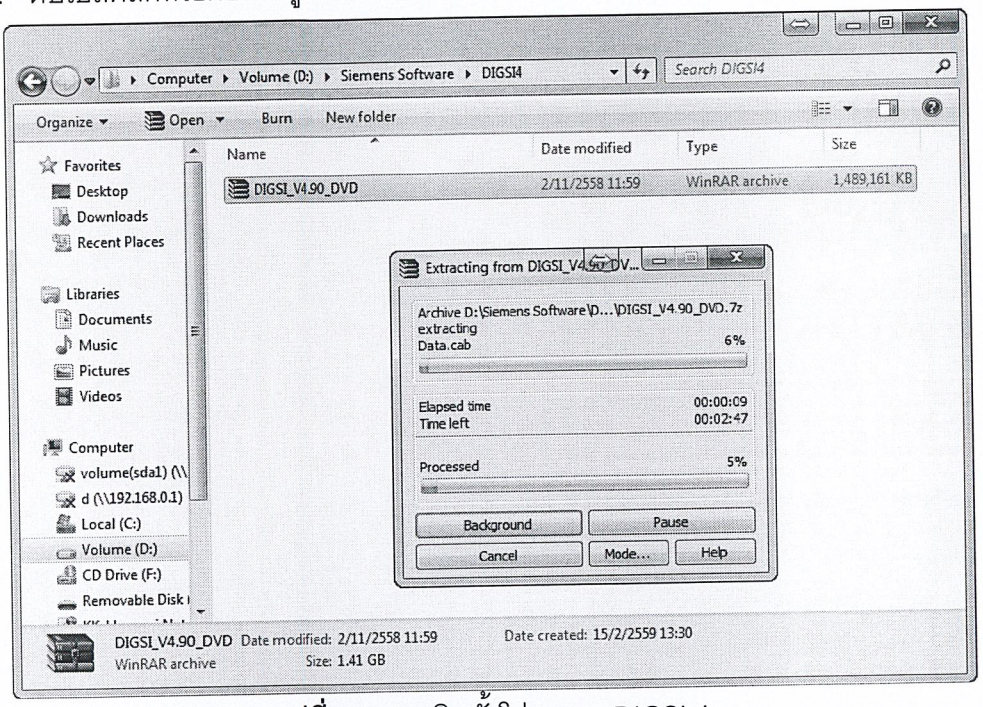
Example diagrams for motor control systems (MCU-MH, SIPROTEC, conventional)
https://intranet.wss02.ptd.siemens.de/content/M-Products/engineering/Webparts/_startpages/nxplusc_en.aspx
Category: "Example diagrams for motor control systems"

# ภาคผนวก ซ
# การใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 เบื้องต้น

## ภาคผนวก ช การใช้งานโปรแกรม DIGSI 4 เบื้องต้น

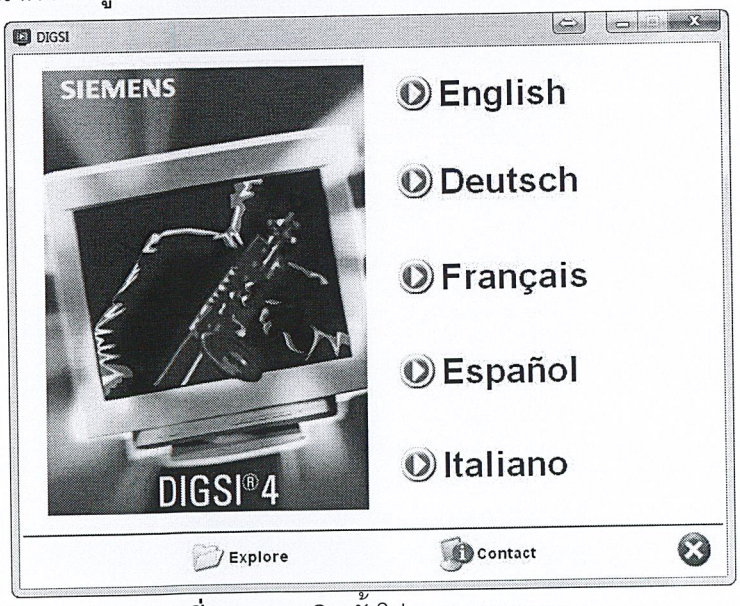
### ช.1 การติดตั้งโปรแกรม DIGSI4

1. เข้าไปที่ไดร์ฟที่ใส่แผ่นซีดี ที่มี โปรแกรม DIGSI 4
2. ดับเบิ้ลคลิกที่ไอคอนดังรูปที่ ช.1 แล้วรอ



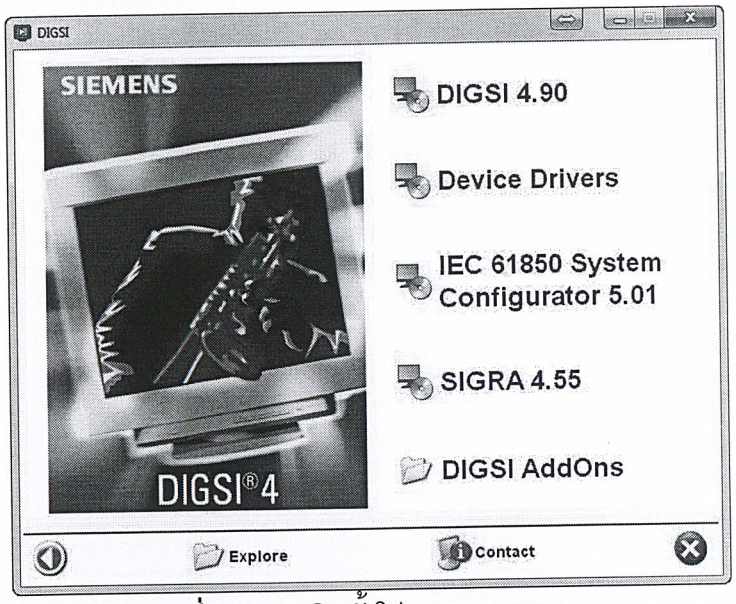

**รูปที่ ช.1** การติดตั้งโปรแกรม DIGSI 4

3. จะขึ้นหน้าต่างดังรูปที่ ช.2 กดเลือกภาษาตามต้องการ



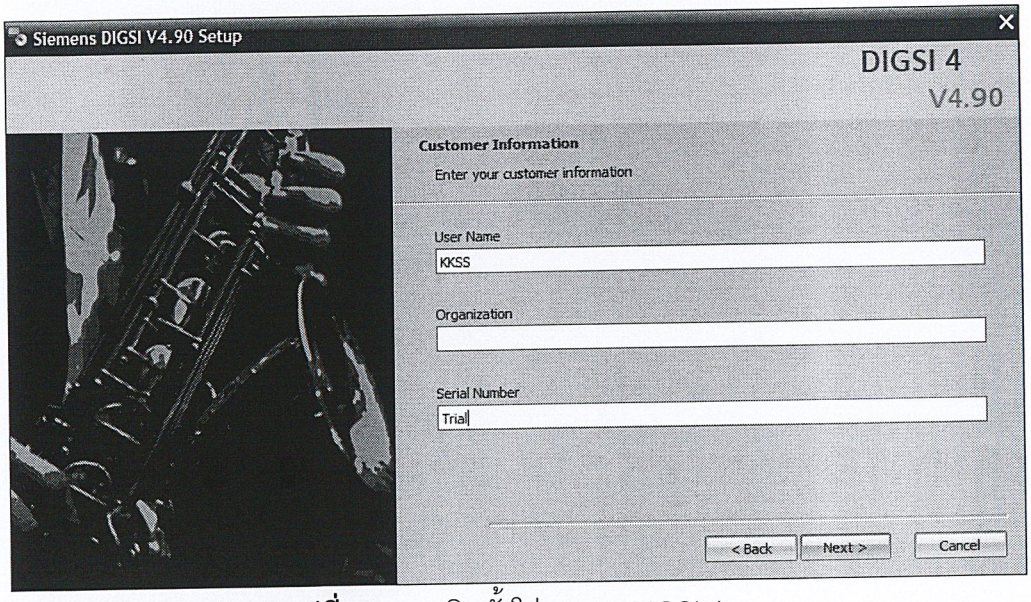

**รูปที่ ช.2** การติดตั้งโปรแกรม DIGSI 4

4. เลือกไปที่เมนูแรก DIGSI 4.90 ดังรูปที่ ช.3



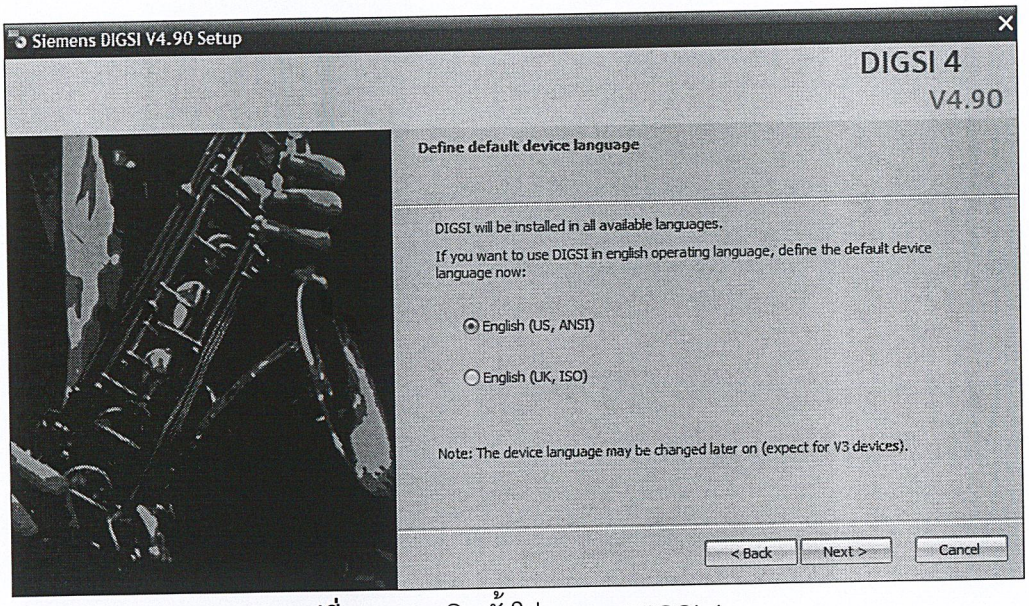

**รูปที่ ช.3** การติดตั้งโปรแกรม DIGSI 4

5. ติดตั้งโปรแกรมแบบ Trial พิมพ์คำว่า Trial ลงในช่อง Serial Number จากนั้นคลิก Next ดังรูปที่ ช.4




**รูปที่ ช.4** การติดตั้งโปรแกรม DIGSI 4

6. เลือกมาตรฐานตามต้องการ ในที่นี้จะเลือก English (US, ANSI) เพราะเป็นที่นิยมมากกว่า ดังรูปที่ ช.5

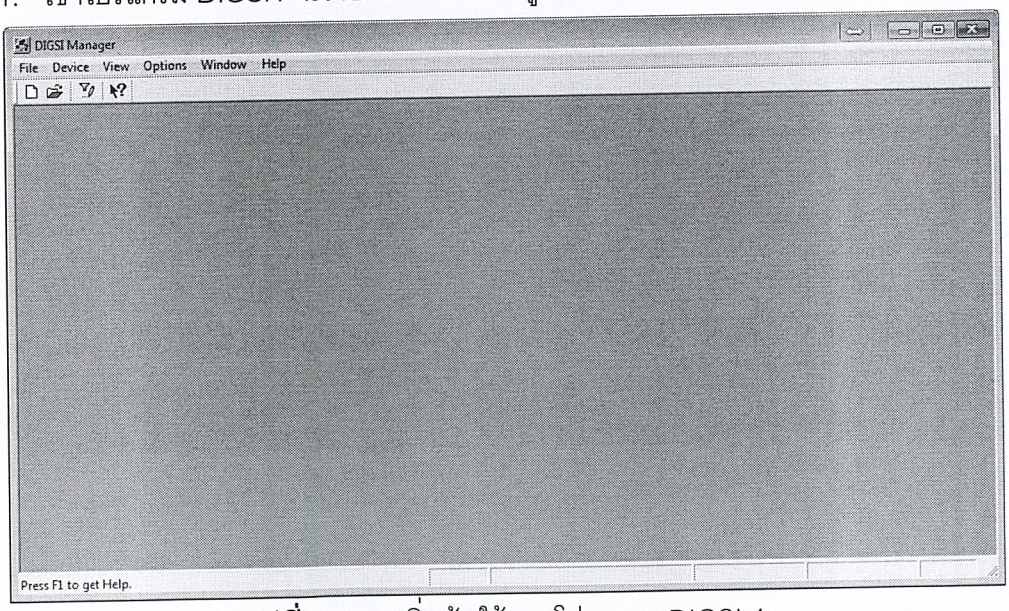



**รูปที่ ช.5** การติดตั้งโปรแกรม DIGSI 4

7. กด Next แล้วรีสตาร์ท เครื่อง
8. จากนั้น ลง Device ตามรุ่นของ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน ที่เรานำมาใช้ โดยสามารถดาวน์โหลดได้จาเว็บไซต์ของ Siemens

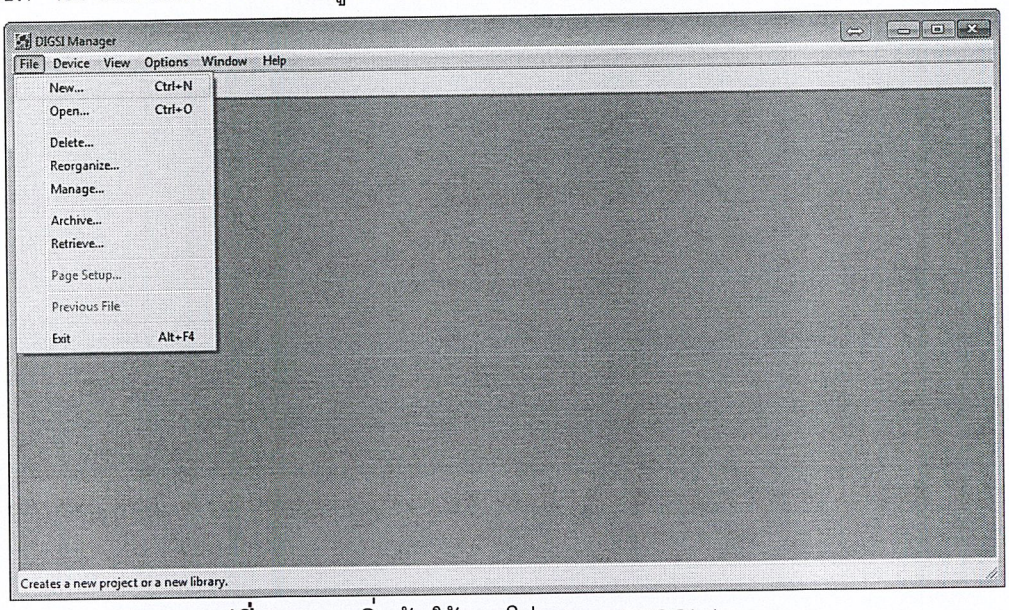
## ช.2 การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI4

1. เข้าโปรแกรม DIGSI4 จะเจอกับหน้าต่างดังรูปที่ ช.6



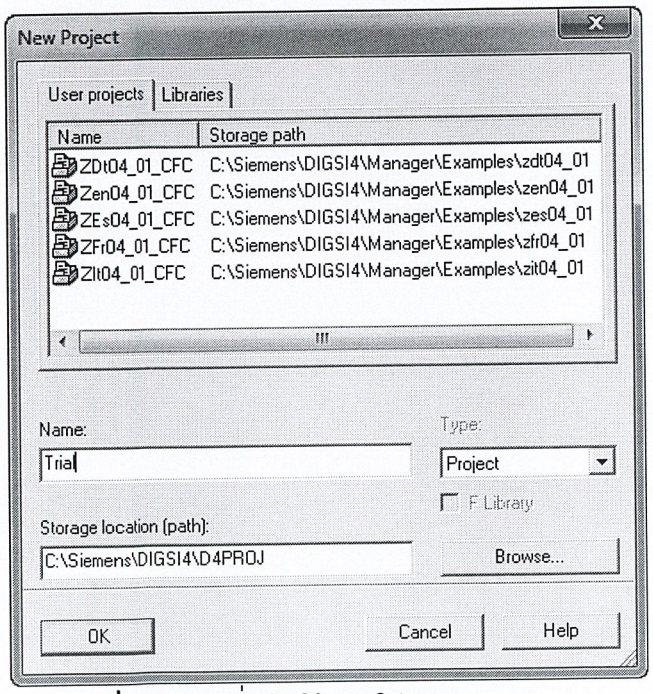

**รูปที่ ช.6** การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4

2. จากนั้น คลิกที่ File แล้วเลือก New... หรือกด Ctol+N เพื่อสร้างโปรเจ็คใหม่ ดังรูปที่ ช.7 จะเจอกับหน้าต่างใหม่ ดังรูปที่ ช.8



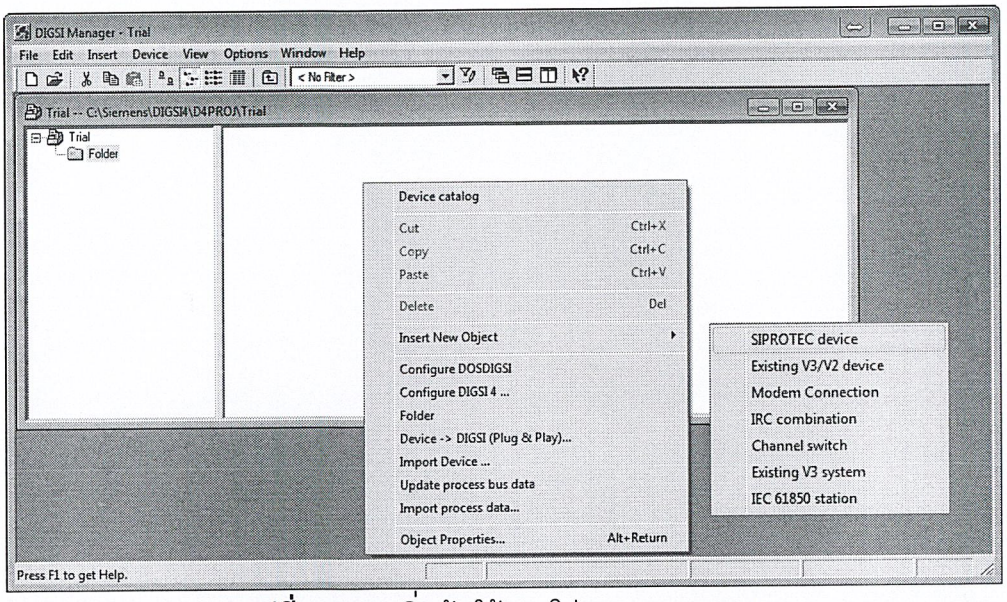

**รูปที่ ช.7** การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4

3. ตั้งชื่อไฟล์ในช่อง Name: ในที่นี้ตั้งว่า Trial ดังรูปที่ ช.8 จากนั้น คลิก OK



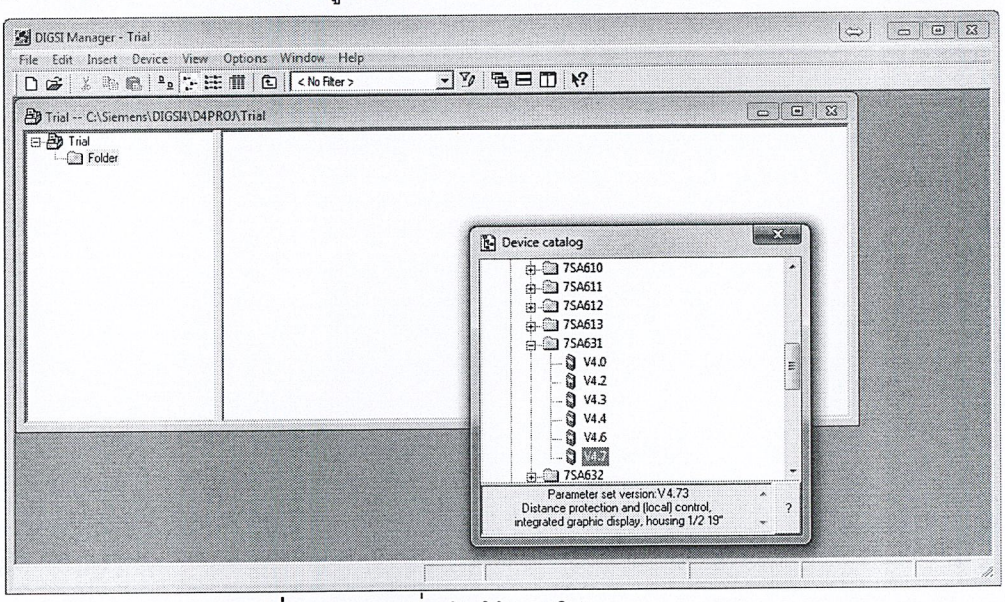

**รูปที่ ช.8** การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4

4. จะพบกับหน้าต่างใหม่ จากนั้น คลิกขวา เลือก Insert New Object เลือก SIPROTEC device ดังรูปที่ ช.9



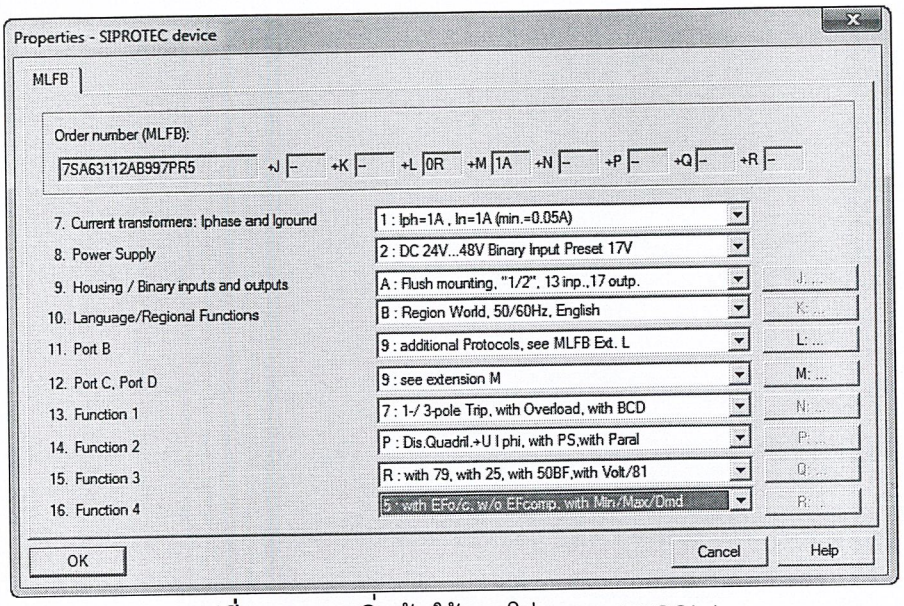

**รูปที่ ซ.9** การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4

5. จะพบกับหน้าต่างใหม่ ดังรูปที่ ซ.10 ในโครงงานนี้จะเลือก Device คือ 7SJ645



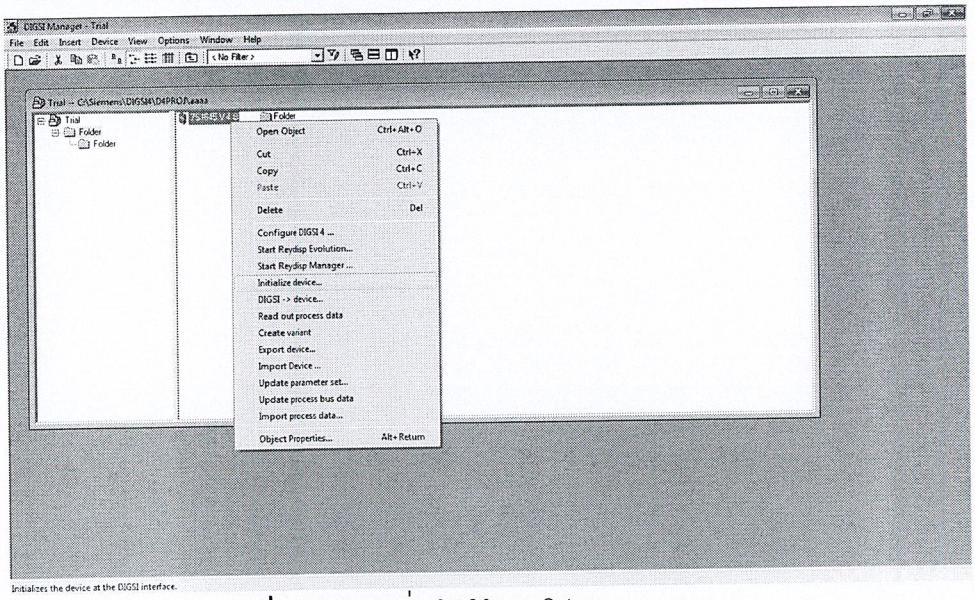

**รูปที่ ซ.10** การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4

6. ตั้งค่าใน Properties ให้ถูกต้องตามรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งานในโครงงานนี้ตั้งค่าเป็น 7SJ6452-2EA91-3FD7/DD

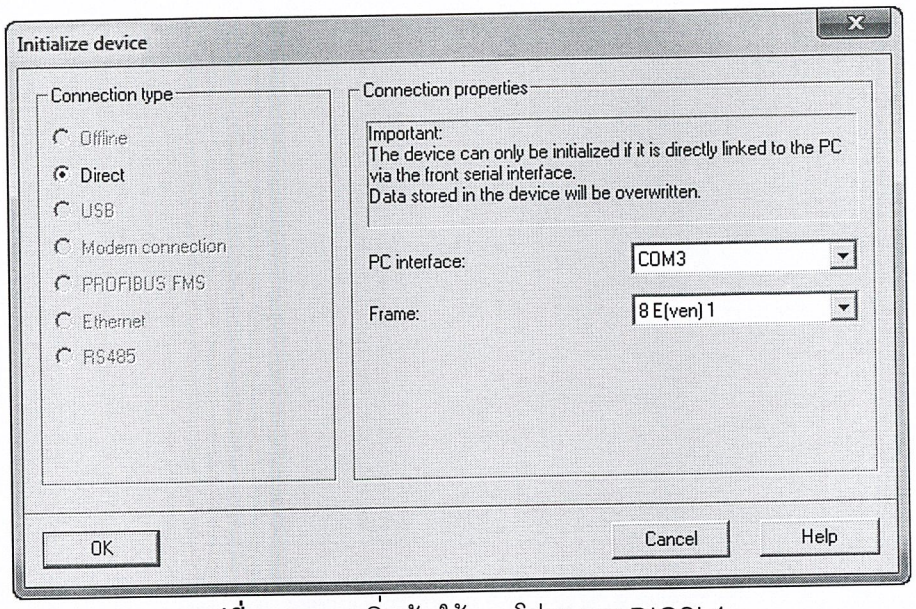



**รูปที่ ช.11** การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4

7. จากนั้นคลิกขวาที่ Device ที่เราได้ตั้งค่าไว้ เลือก Initialize device... ดังรูปที่ ช.12 จะเจอกับหน้าต่าง ดังรูปที่ ช.13 จากนั้น เลือก PC interface: ให้ตรงกับคอมพิวเตอร์ของเรา โดยสามารถดูได้จาก Device Manager ภายในคอมพิวเตอร์ของเรา เมื่อเลือกแล้วให้คลิก OK (ในขั้นตอนนี้จะต้องเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับ device ให้เรียบร้อยก่อน และขั้นตอนนี้จะทำเพียงครั้งแรกครั้งเดียว)



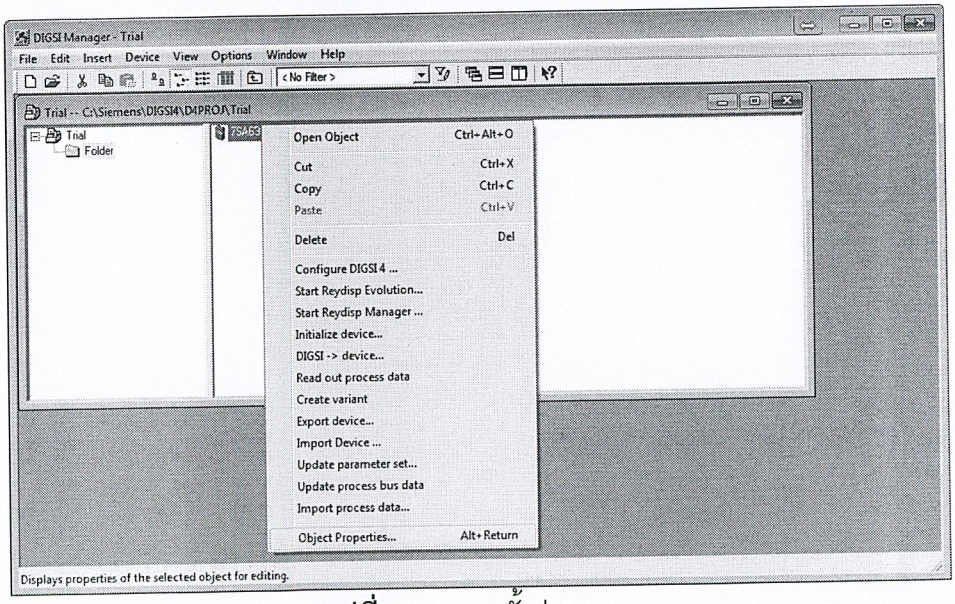

**รูปที่ ช.12** การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4




**รูปที่ ช.13** การเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม DIGSI 4

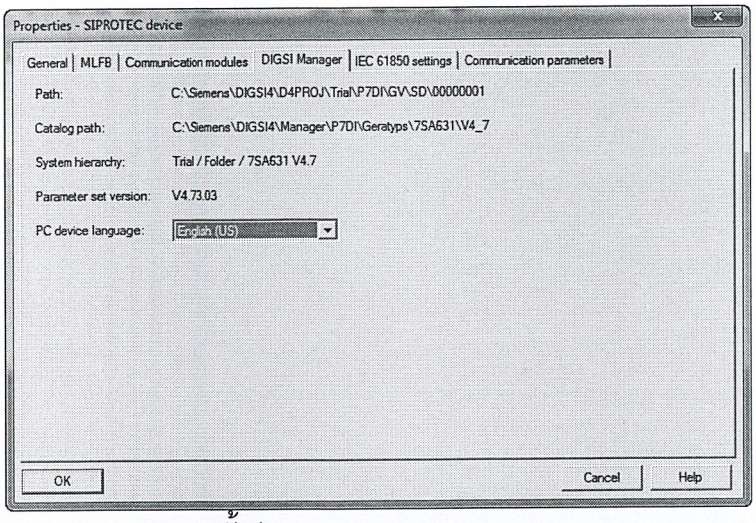
## ช.3 การตั้งค่าภาษาใน DIGSI 4

1. ตั้งค่าภาษาของ PC device ที่จะเชื่อมต่อกับรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน โดยคลิกขวาที่ Device ที่เราได้ตั้งค่าไว้ จากนั้น เลือก Object Properties...

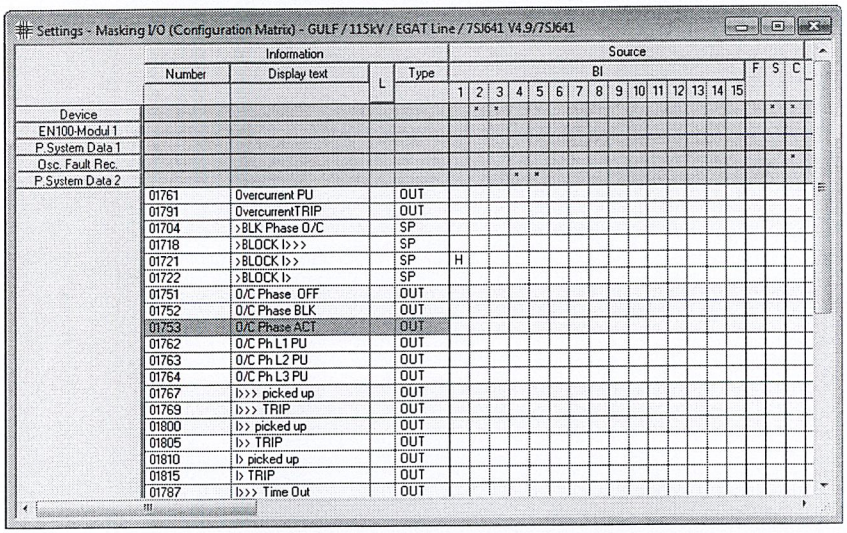



**รูปที่ ช.14** การตั้งค่าภาษา

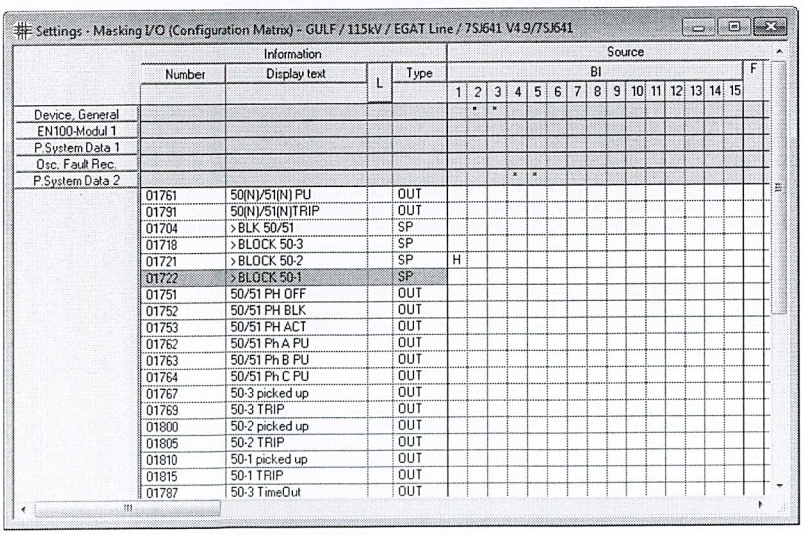
2. เลือกไปที่ DIGSI Manager และในช่องของ PC device language: เลือกภาษาได้ตามต้องการ ดังรูปที่ ช.15




(ก) การตั้งค่าภาษาของ PC device



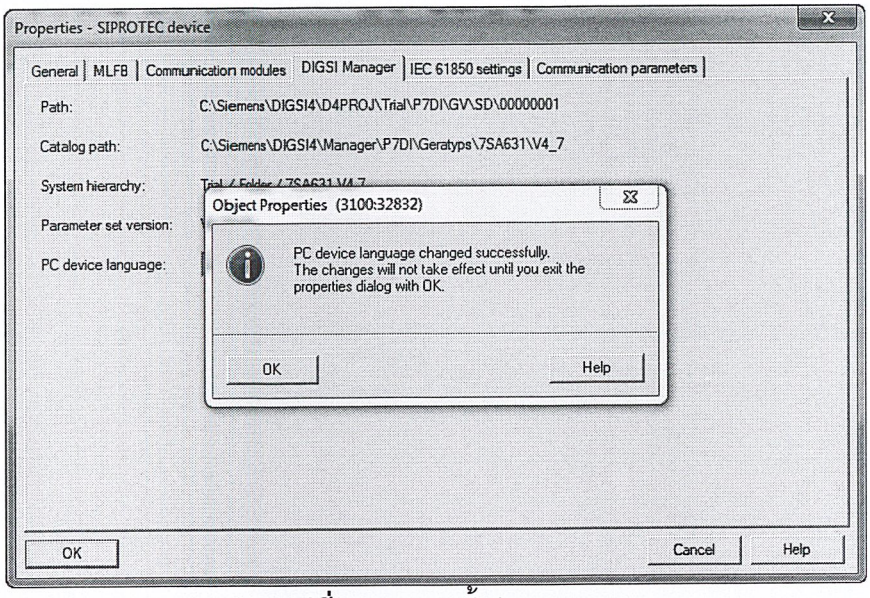

(ข) ถ้าเลือกPC device language เป็น Englishจะแสดงสัญลักษณ์ในมาตรฐานของ IEC




(ค) ถ้าเลือก PC device language เป็น English(US) จะแสดงสัญลักษณ์ในมาตรฐาน ของ ANSI

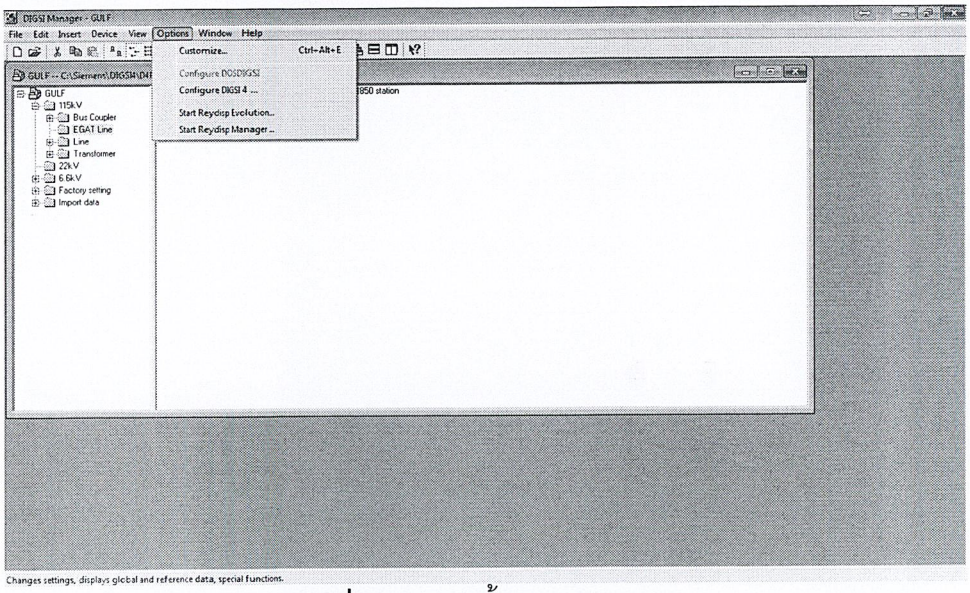
**รูปที่ ช.15** การตั้งค่าภาษา

3. จากนั้นจะเจอกับหน้าต่าง ดังรูปที่ ช.16 ให้คลิก OK เป็นอันเสร็จสิ้นการตั้งค่าภาษา PC Device



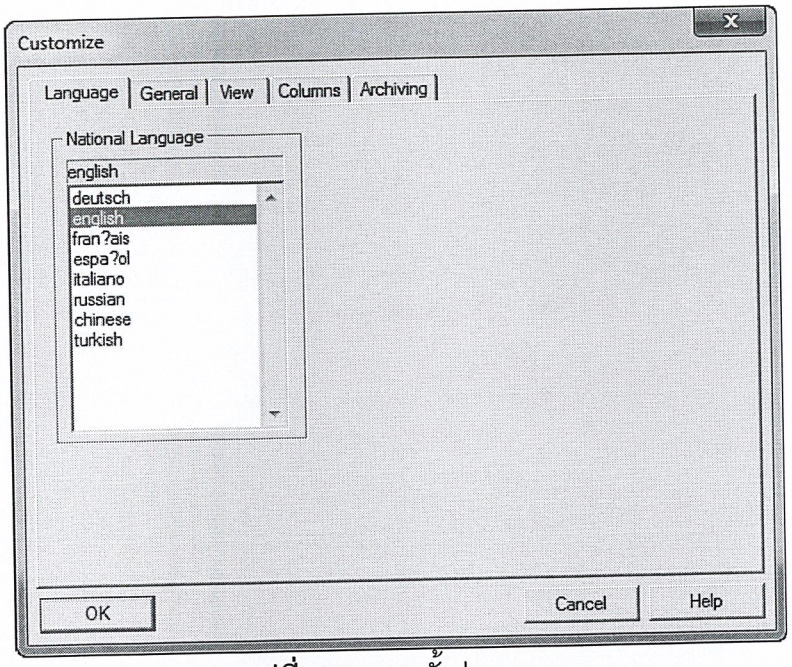

**รูปที่ ช.16** การตั้งค่าภาษา

4. ตั้งค่าภาษาของโปรแกรม DIGSI 4 โดยการคลิกที่ Option บริเวณแถบด้านบน จากนั้น เลือก Customize ดังรูปที่ ช.17



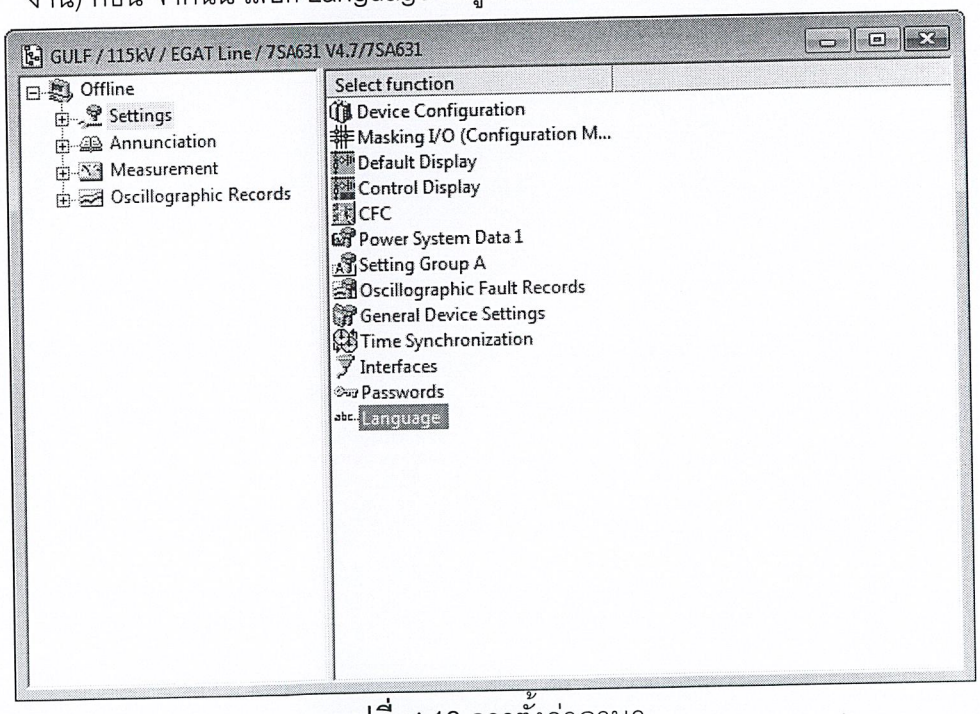

**รูปที่ ช.17** การตั้งค่าภาษา

5. เลือกภาษาตามต้องการ จากนั้น คลิก OK




**รูปที่ ช.18** การตั้งค่าภาษา

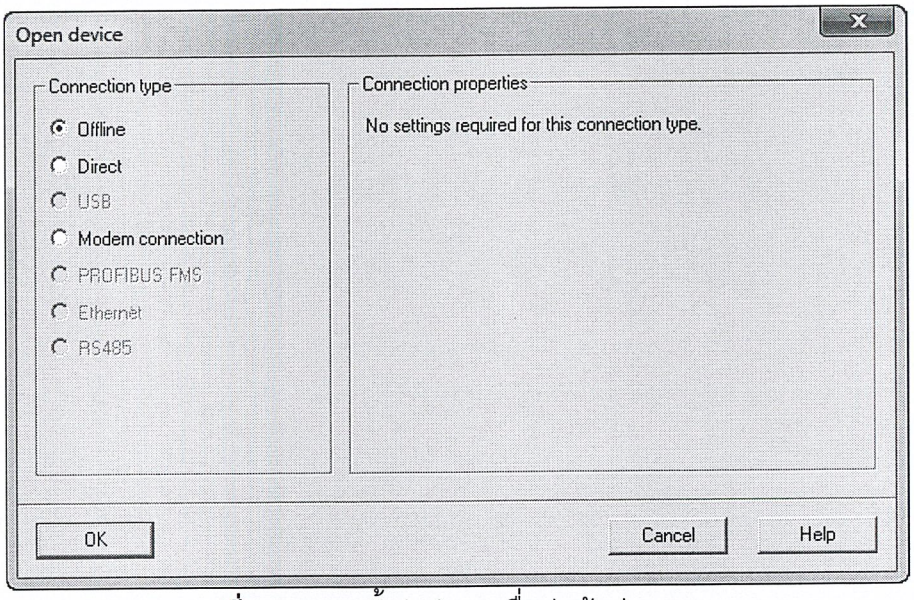
6. โปรแกรมจะถูกปิด ดังนั้นเปิดโปรแกรม DIGSI 4 ขึ้นมาใหม่
7. เปลี่ยนภาษาของ Device โดยเข้าไปที่ตัวอุปกรณ์ (รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน) ก่อน จากนั้น เลือก Language ดังรูปที่ ช.19




**รูปที่ ช.19** การตั้งค่าภาษา

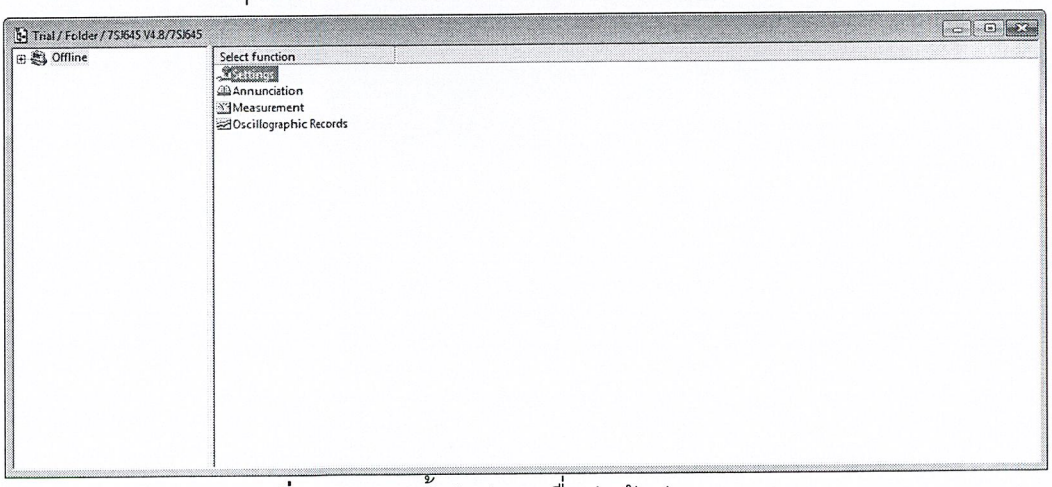
## ช.4 การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device

1. เข้าไปที่ตัวอุปกรณ์ (รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน) ที่เราตั้งค่าไว้ เราจะเจอกับหน้าต่างใหม่ ดังรูปที่ ช.20

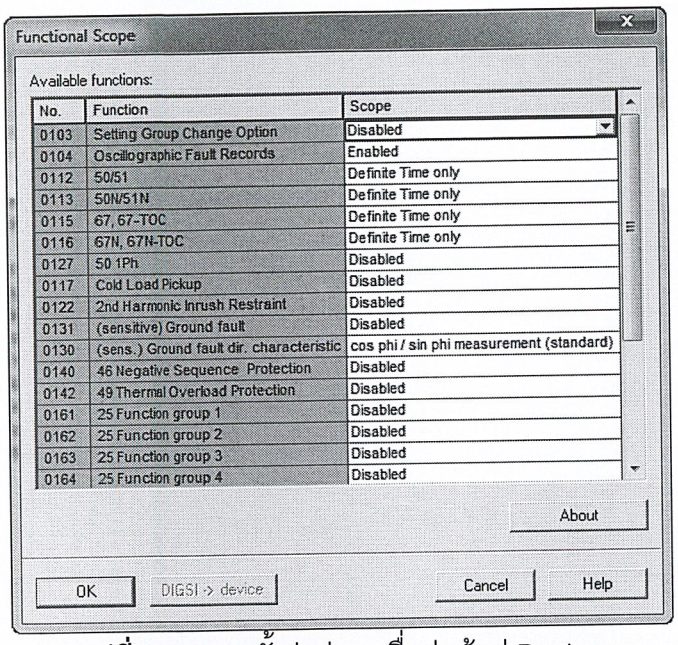



**รูปที่ ช.20** การตั้งค่าต่างๆ เพื่อส่งเข้าสู่ Device

2. จากนั้น เลือก Offline แล้วคลิก OK
3. รอสักครู่ เราจะเจอหน้าต่างใหม่ ดังรูปที่ ช.21 จากนั้น เลือกไปที่ Setting แล้วเลือก Device Configuration จะมีหน้าต่างใหม่ขึ้นมา ชื่อว่า Functional Scope ดังรูปที่ ช.22 โดย เราควรตั้งค่าฟังก์ชันที่ต้องการใช้ ภายในนี้เป็นที่แรก แต่สำหรับโครงงานนี้ ไม่ต้องปรับค่าใดๆทั้งสิ้น เพราะเราใช้ฟังก์ชันที่ได้ตั้งค่าไว้แล้ว

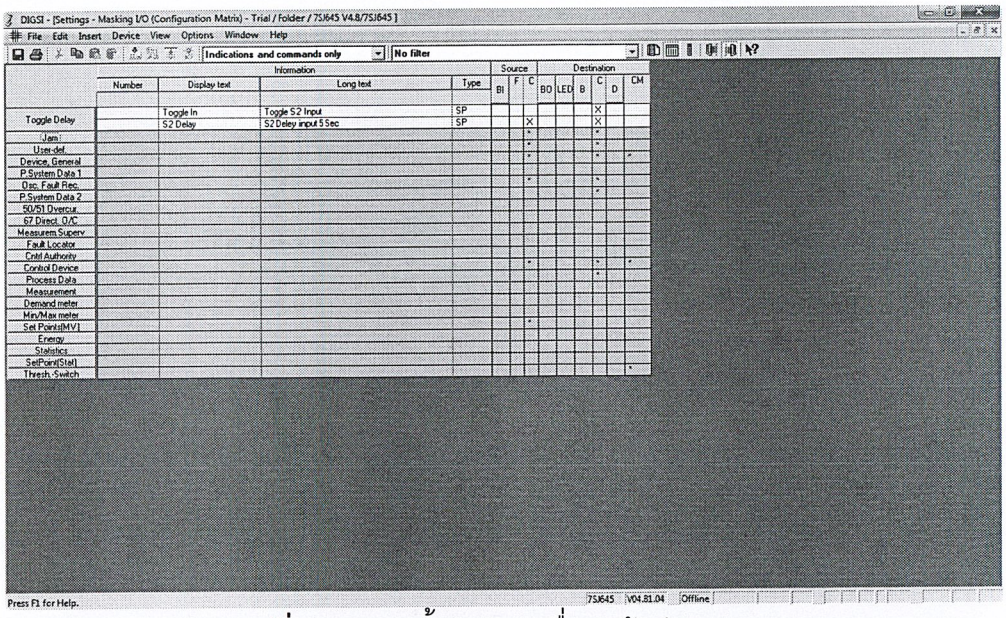



**รูปที่ ช.21** การตั้งค่าต่างๆเพื่อส่งเข้าสู่ Device



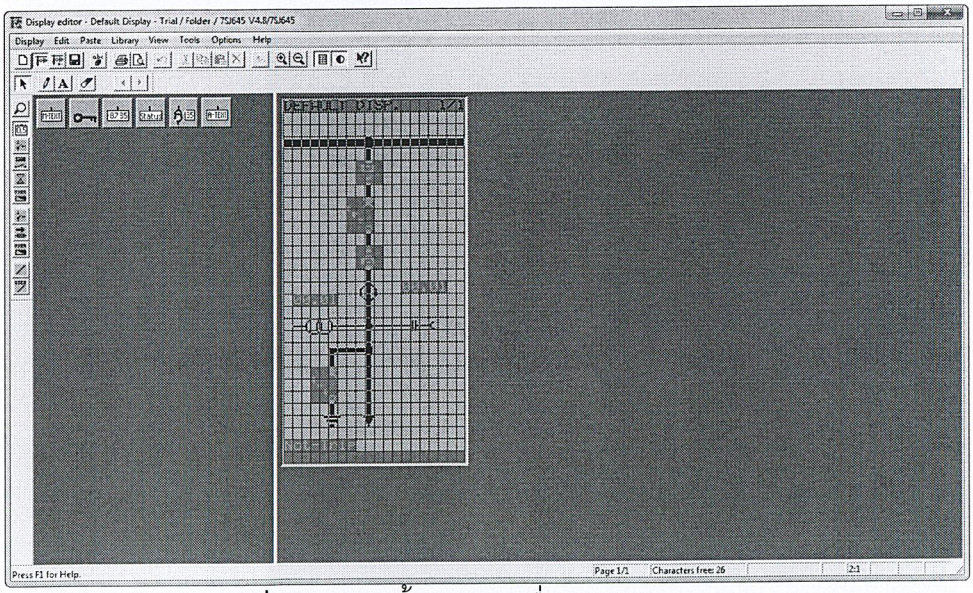

**รูปที่ ช.22** การตั้งค่าต่างๆเพื่อส่งเข้าสู่ Device

4. เมื่อตั้งค่าเรียบร้อยแล้วให้คลิก OK
5. เข้าไปที่ Marking I/O(Configuration Matrix) จะเจอกับหน้าต่าง ดังรูปที่ ช.23 โดยใน Marking I/O(Configuration Matrix) จะแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ คือ
    a. I = Information
        - Display text จะแสดงที่หน้าจอของ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน
        - Long text จะแสดงที่ Event Report
        - Type คือชนิดของข้อมูลนั้นๆ
    b. S = Source คือสัญญาณที่ส่งมาที่ Matrix
        - BI คือ Binary input
        - F คือ Function Key
        - S คือ Goose ซึ่งใน รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน รุ่น 7SJ6452-2EA91-3FD7/DD ยังไม่มีฟังก์ชันนี้
        - C คือ CFC
    c. D = Destination เป็นสัญญาณที่เราส่งออกจาก Matrix
        - BO คือ Binary Output
        - LED คือ LED ของ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน
        - Buffer คือ Even log ,Trip log
        - C คือ CFC
        - D คือ การตั้งค่า Display



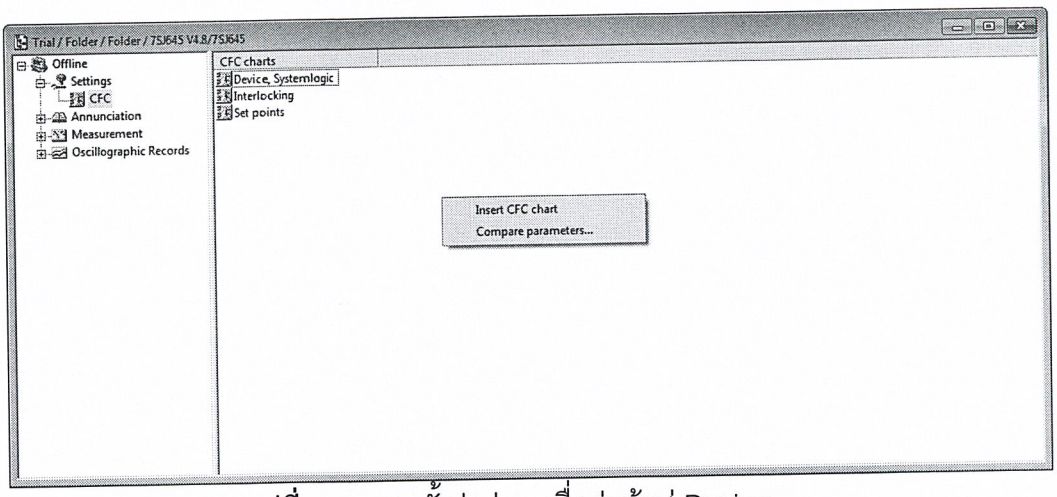

**รูปที่ ช.23** การตั้งค่าต่างๆเพื่อส่งเข้าสู่ Device

6. เมื่อตั้งค่าภายใน Marking I/O (Configuration Matrix) เสร็จแล้ว เราจะตั้งค่า Control Display และ Default Display เพื่อให้หน้าจอของ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งานนั้น แสดง ลักษณะตามต้องการ โดยหน้าต่างของ Control Display และ Default Display แสดงในรูป ช.24



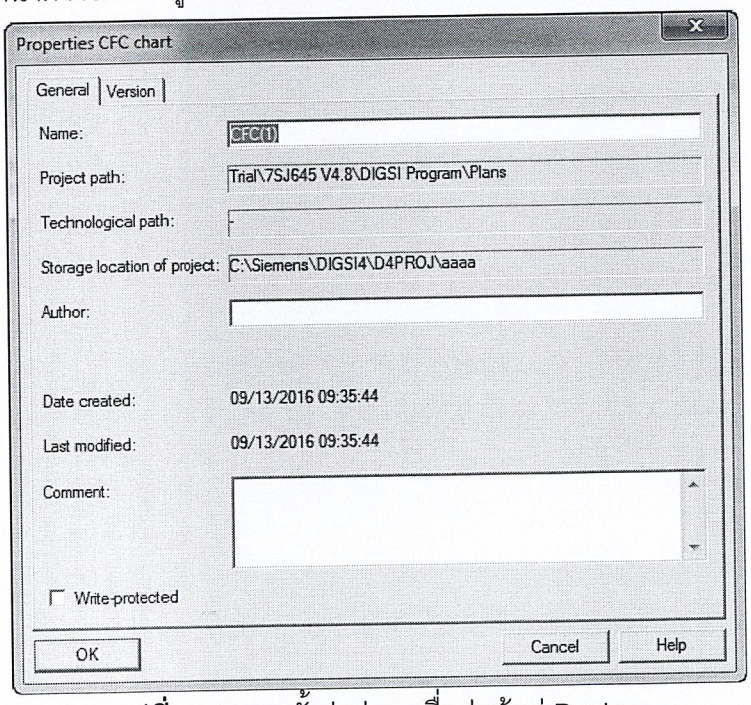

**รูปที่ ช.24** การตั้งค่าต่างๆเพื่อส่งเข้าสู่ Device

7. จากนั้นคลิกไปที่ CFC จะพบกับหน้าต่างดังรูปที่ ช.25 แล้วทำการตั้ง CFC ขึ้นมาใหม่ โดยการคลิกขวาแล้วเลือก Insert CFC chart



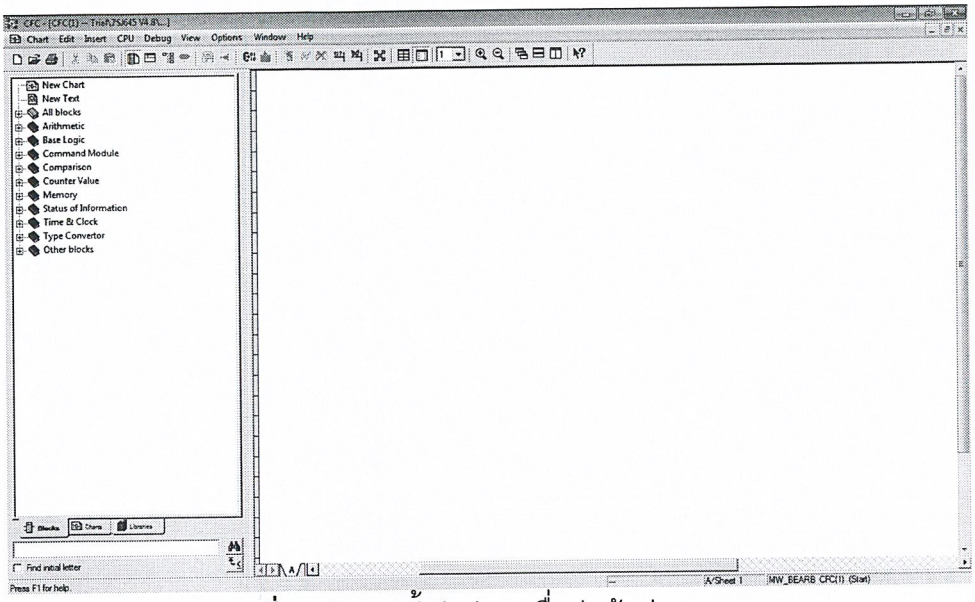

**รูปที่ ช.25** การตั้งค่าต่างๆเพื่อส่งเข้าสู่ Device

8. จากนั้นคลิกขวา ที่ CFC ที่เราตั้งขึ้นมาใหม่ แล้วเลือก Object properties... แล้วจะเจอกับหน้าต่างใหม่ ดังรูปที่ ช.26 เราจะสามารถตั้งชื่อ CFC ได้จากหน้าต่างนี้



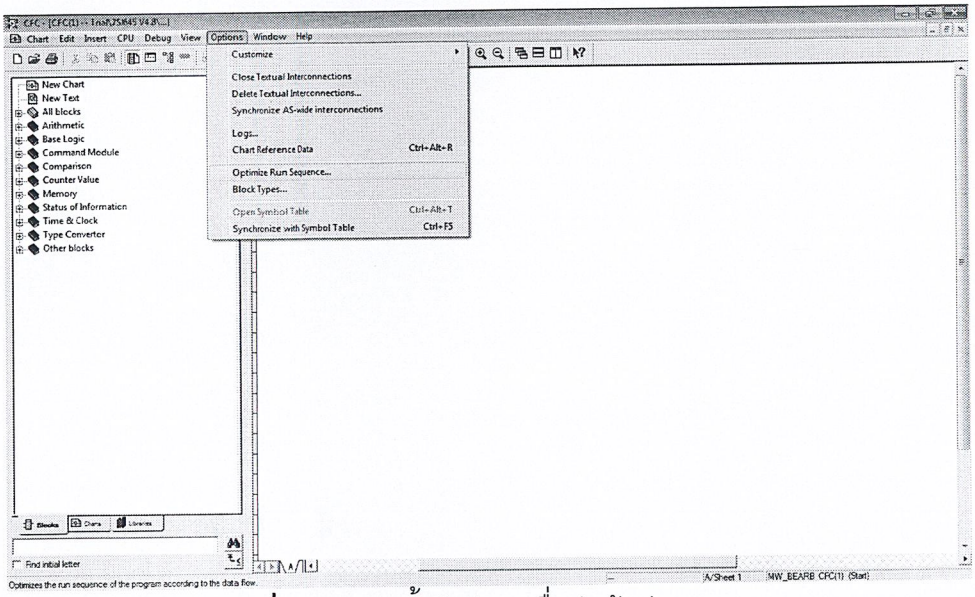

**รูปที่ ช.26** การตั้งค่าต่างๆเพื่อส่งเข้าสู่ Device

9. จากนั้นดับเบิ้ลคลิกที่ CFC ใหม่ที่เราสร้างขึ้นมา จะเจอกับหน้าต่างใหม่ ดังรูปที่ ช.27 โดยสามารถ ตั้งค่าลอจิก ได้ตามต้องการจากลอจิกเกตในแถบซ้ายมือ



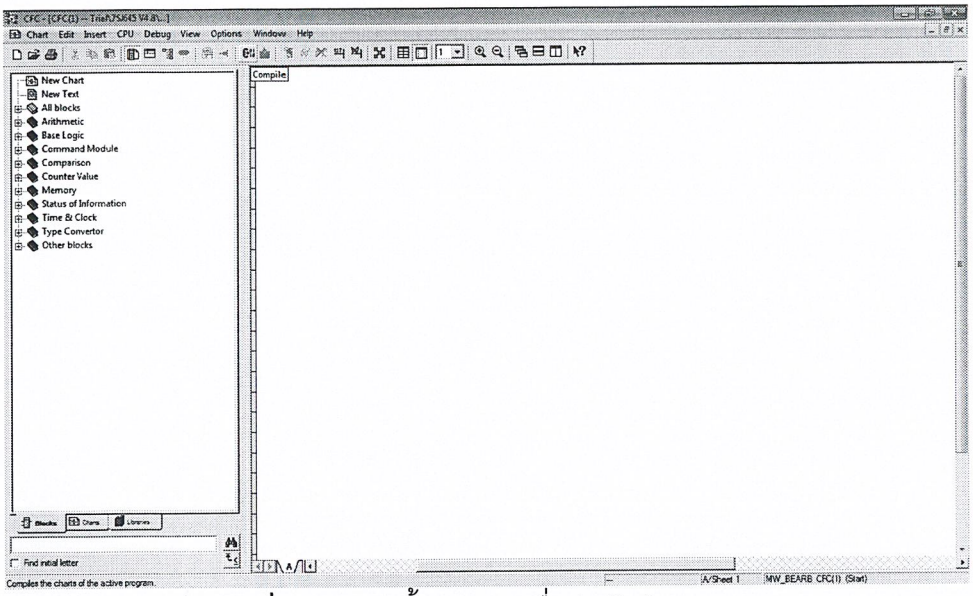

**รูปที่ ช.27** การตั้งค่าต่างๆเพื่อส่งเข้าสู่ Device

10. เมื่อตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยแล้ว คลิกที่ Option แล้วเลือก Optimize Run Sequence... เพื่อให้ลอจิก ทำงานตามลำดับได้อย่างถูกต้อง ดังรูปที่ ช.28




**รูปที่ ช.28** การตั้งค่าต่างๆเพื่อส่งเข้าสู่ Device

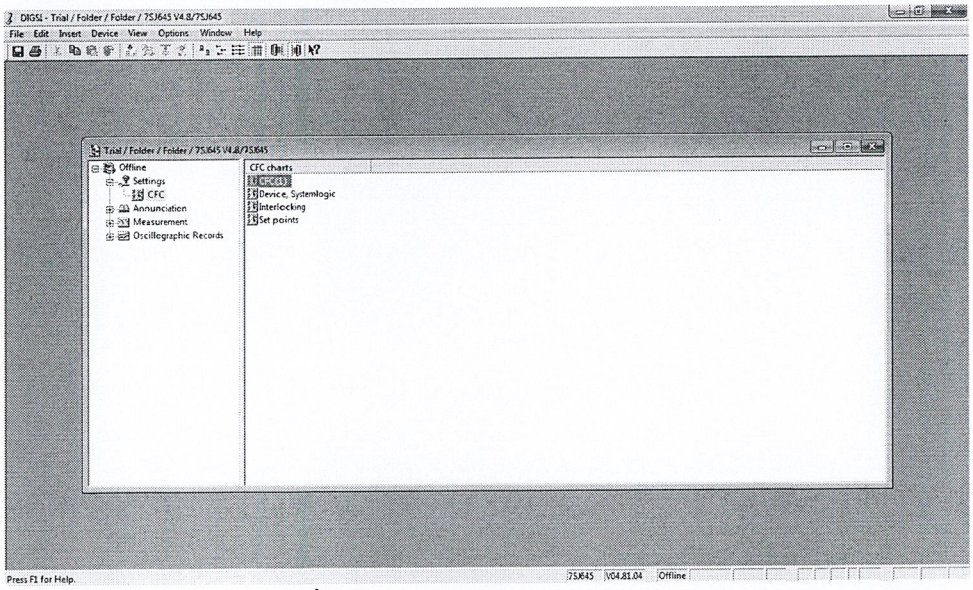
11. จากนั้น คลิกที่ Compile ซึ่งอยู่บริเวณแถบเครื่องมือ ดังรูป 3.29 เมื่อ Compile แล้ว ไม่มี error ให้กดปิดหน้าต่างของ CFC



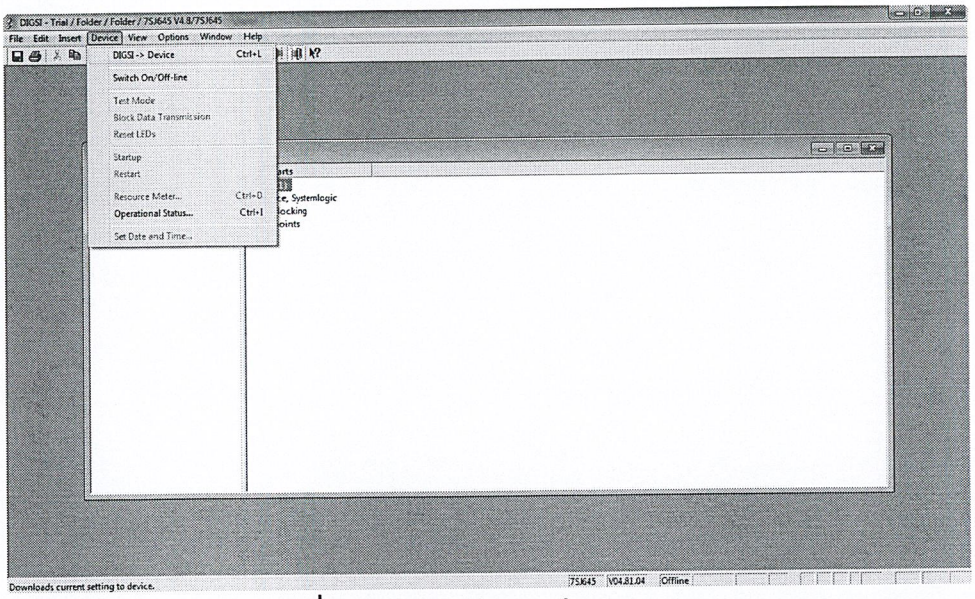

**รูปที่ ช.29** การตั้งค่าต่างๆเพื่อส่งเข้าสู่ Device

## ช.5 การส่งข้อมูล เข้าสู่ Device

1. จากนั้น กลับมาที่หน้าต่างในรูปที่ ช.30

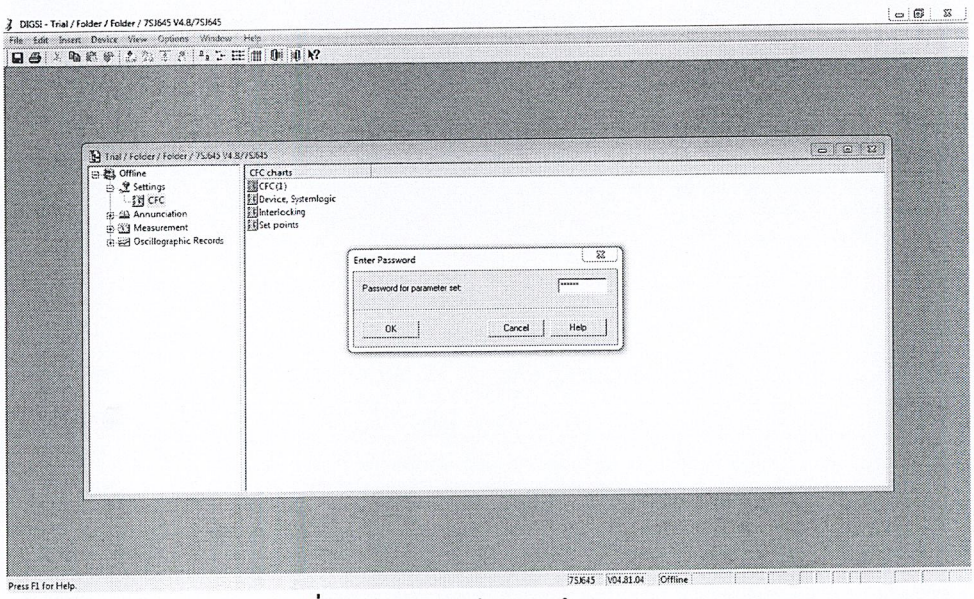



**รูปที่ ช.30** การส่งข้อมูล เข้าสู่ Device

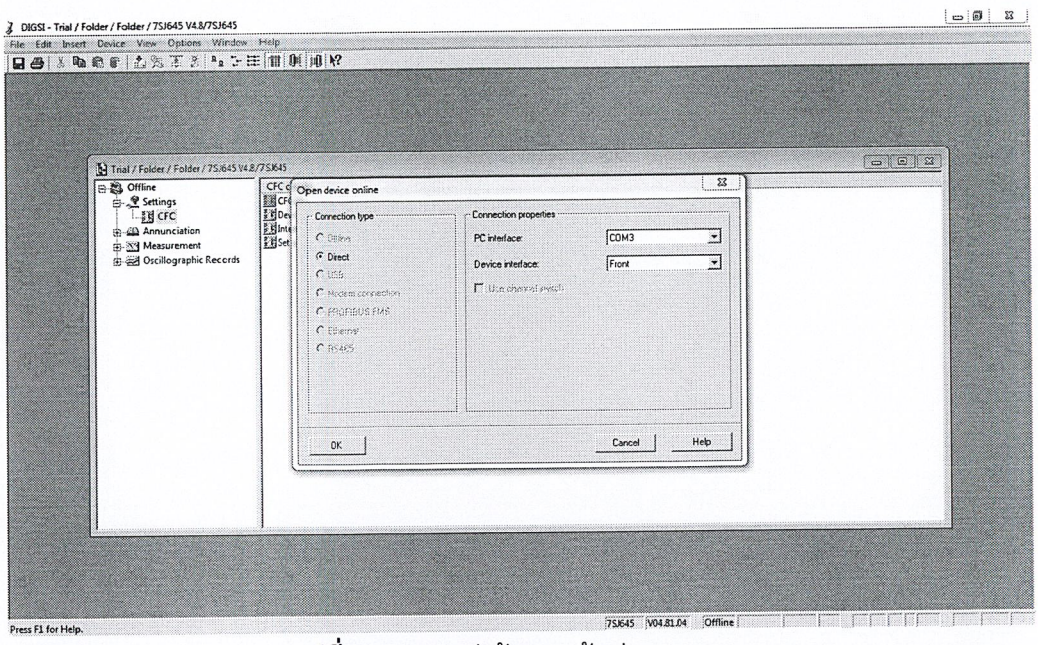



**รูปที่ ช.31** การส่งข้อมูล เข้าสู่ Device

2. คลิกที่ Device ที่อยู่ด้านบน แล้วเลือก DIGSI -> Device ดังรูปที่ ช.31 (ในขั้นตอนนี้ต้องมีการเชื่อมต่อสายระหว่างคอมพิวเตอร์และ Device)
3. ใส่ Password (ซึ่ง Password แรกคือ 000000) ดังรูปที่ ช.32 จากนั้น คลิก OK




**รูปที่ ช.32** การส่งข้อมูล เข้าสู่ Device



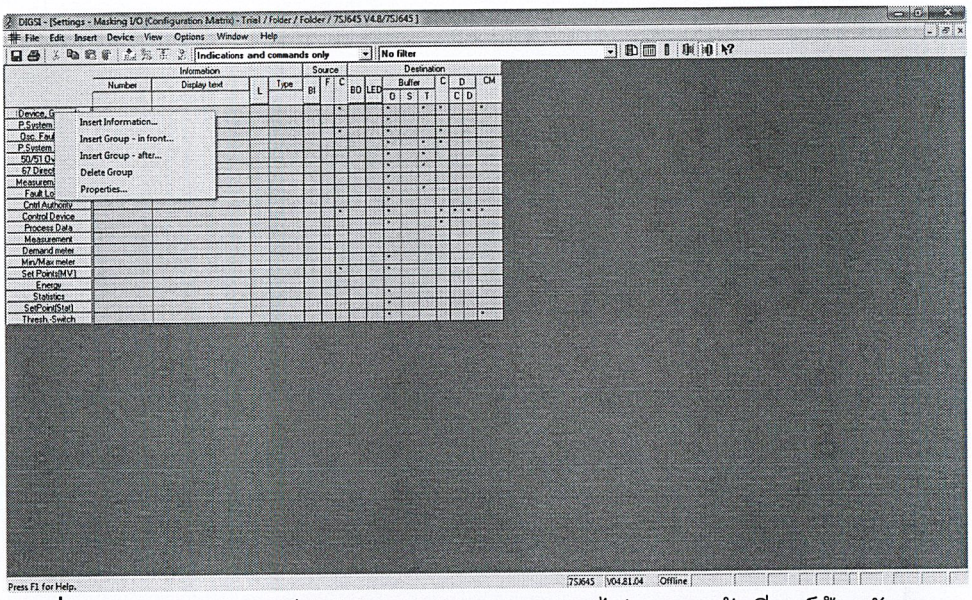

**รูปที่ ช.33** การส่งข้อมูล เข้าสู่ Device

4. จากนั้น จะมีหน้าต่างใหม่ขึ้นมา ดังรูปที่ ช.33 ให้เลือก PC interface: ให้ถูกต้อง ดังที่เคยกล่าวไว้ในหัวข้อที่ ช.2 แล้ว คลิก OK
5. จากขั้นตอนข้างต้นนี้ จะทำให้โปรแกรมที่เราเขียนในคอมพิวเตอร์ ส่งเข้าไปใน รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน

## ช.6 ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

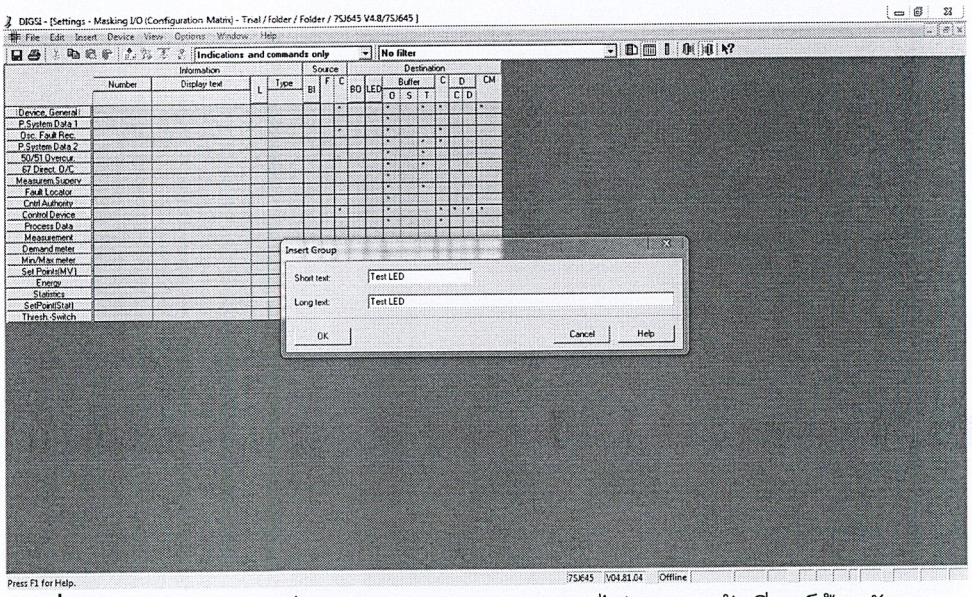
เพื่อให้เห็นภาพมากยิ่งขึ้น จึงทดลองเขียนโปรแกรมแล้วส่งเข้าสู่ Device

1. ตั้งค่าพื้นฐาน ตามหัวข้อ ช.2
2. จากนั้นเข้ามาตั้งค่าที่ Marking I/O (Configuration Matrix) แล้วสร้างกลุ่ม Matrix ขึ้นมาใหม่ โดยการคลิกขวา เลือก Insert Group – in front... (เพื่อให้ง่ายต่อการหา) ดังรูปที่ ช.34



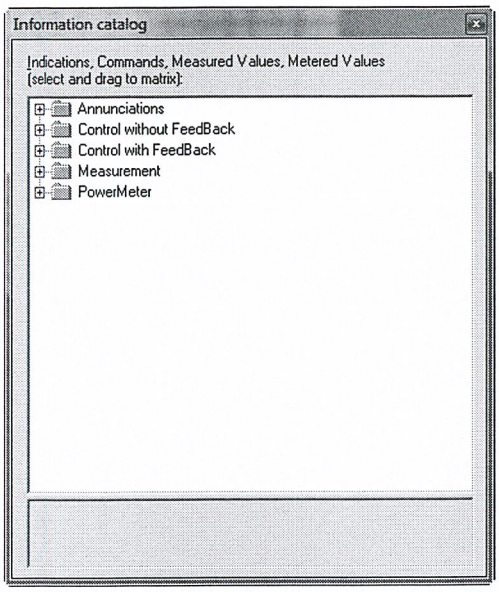

**รูปที่ ช.34** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

3. จากนั้นจะเจอกับหน้าต่างดังรูปที่ ช.35 ตั้งค่า Short text: และ Long text: ตามต้องการ แล้วคลิก OK



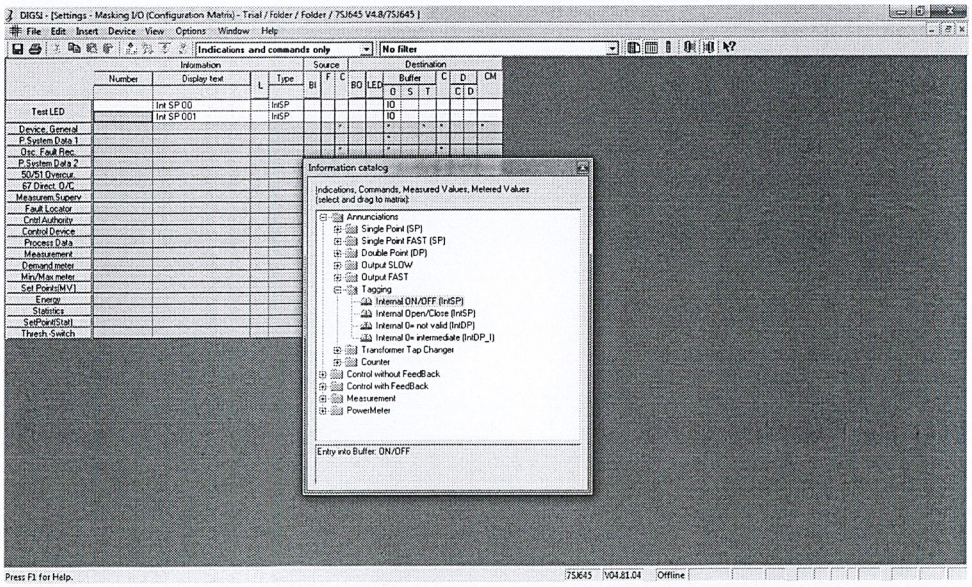

**รูปที่ ช.35** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

4. จากนั้น คลิกขวาแล้วเลือก Insert Information... ดังรูปที่ ช.34
5. จะเจอกับหน้าต่างใหม่ ดังรูปที่ ช.36



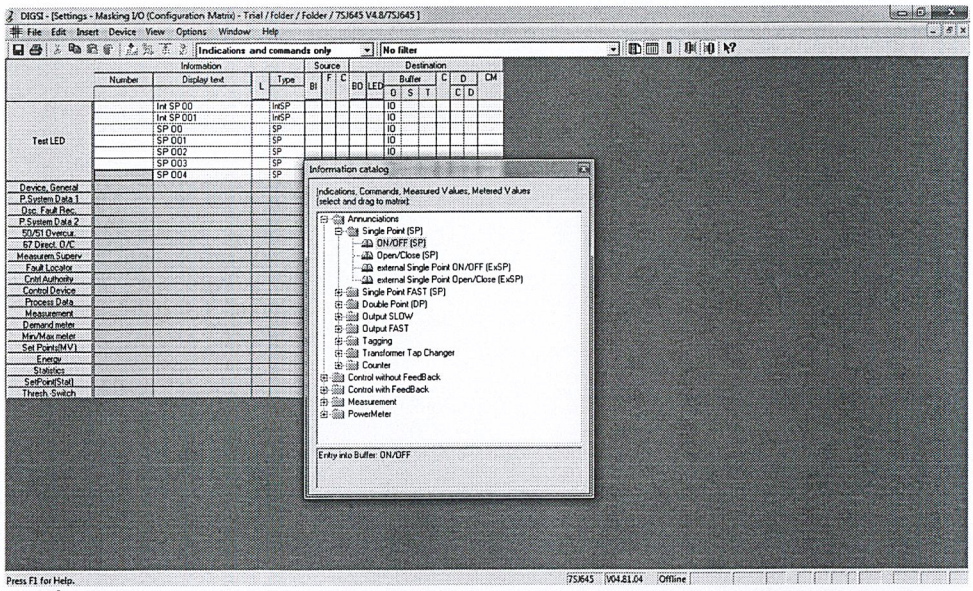

**รูปที่ ช.36** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

6. เข้าไปในโหมด Annunciations แล้วเลือก Tagging แล้วลาก Internal ON/OFF (IntSP) เข้าไปที่ Matrix ที่เราสร้างไว้ จำนวน 2 ครั้ง ดังรูปที่ ช.37



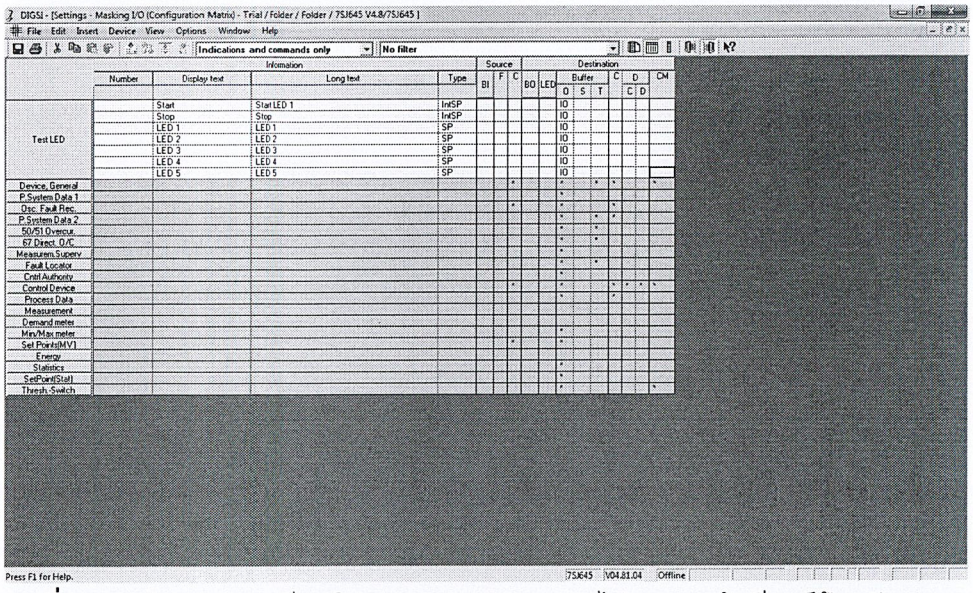

**รูปที่ ช.37** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า Protection Relay (ไฟกระพริบ)

7. เข้าไปในโหมด Annunciations แล้วเลือก Single Point (SP) แล้วลาก เข้าไปที่ Matrix ที่เราสร้างไว้ จำนวน 5 ครั้ง ดังรูปที่ ช.38



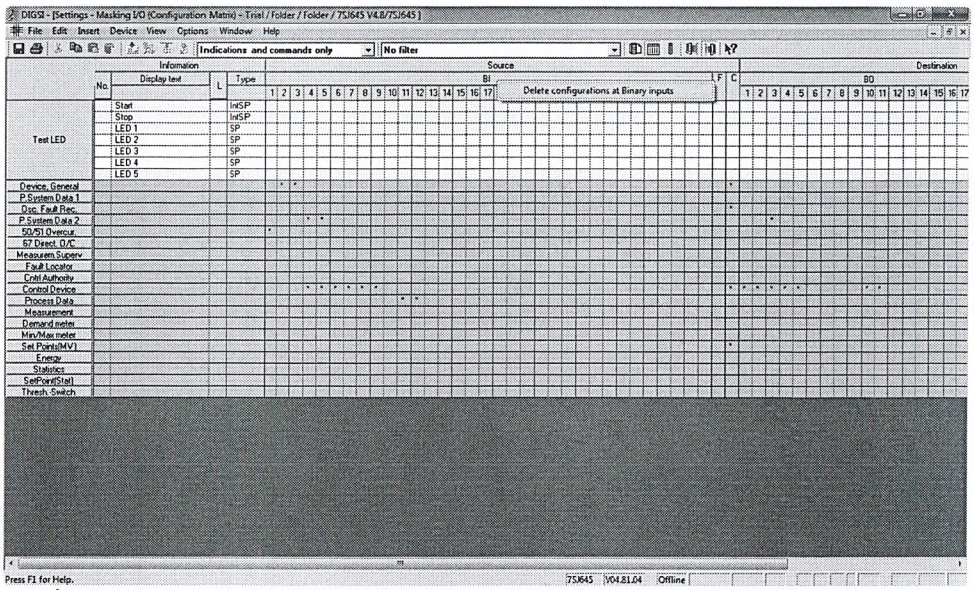

**รูปที่ ช.38** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

8. แก้ไขชื่อ โดยดับเบิ้ลคลิกชื่อที่ต้องการแก้ไข ดังรูปที่ ช.39



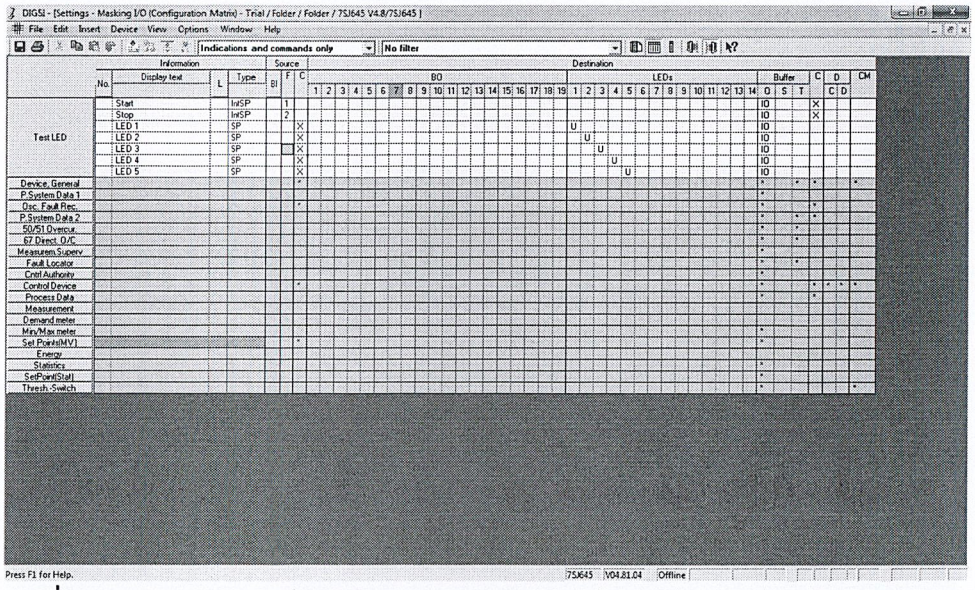

**รูปที่ ช.39** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

9. จากนั้นลบค่าเริ่มต้น บริเวณ BI BO และ LED โดยการคลิกขวา และเลือก Delete configurations at Binary inputs ทำทั้ง 3 จุด ดังรูปที่ ช.40




**รูปที่ ช.40** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

10. ตั้งค่าต่างๆ ดังรูปที่ ช.41 (ไม่มีการตั้งค่า BI บริเวณ)

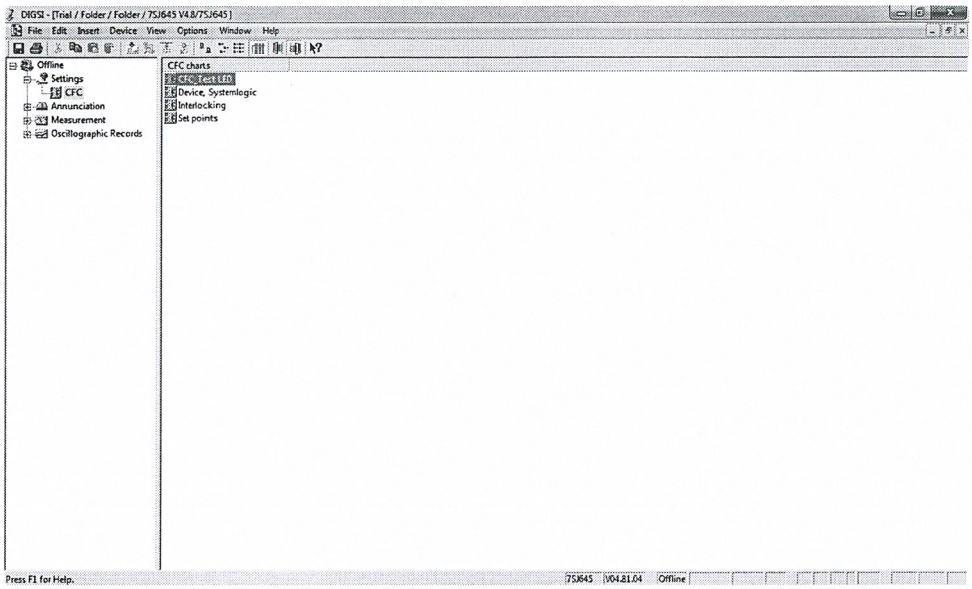



**รูปที่ ช.41** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

11. กด Save

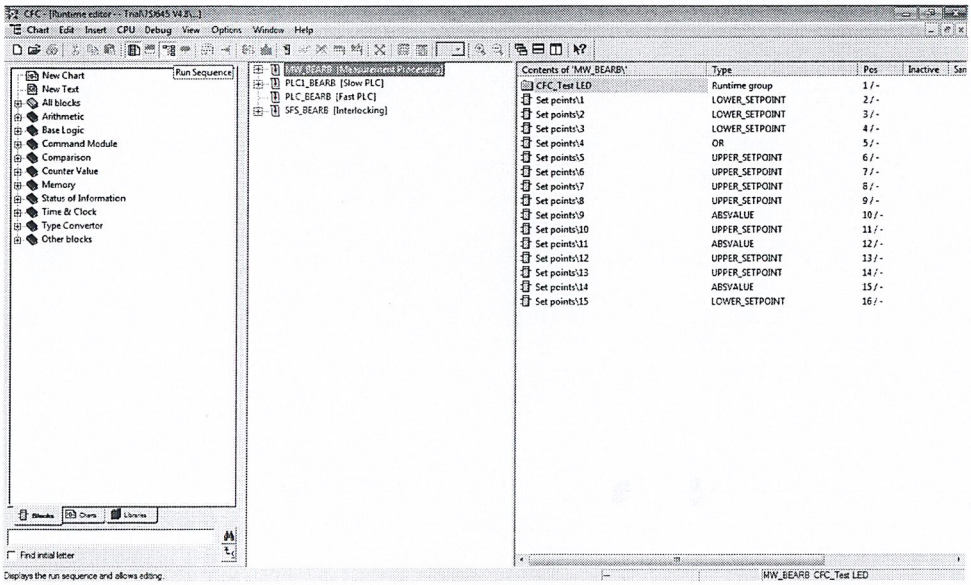
12. ปิดหน้าต่าง Marking I/O (Configuration Matrix) แล้ว เปิด CFC

13. สร้าง CFC ใหม่ แล้วแก้ไข ชื่อ เป็น CFC_Test LED ดังรูปที่ ช.42



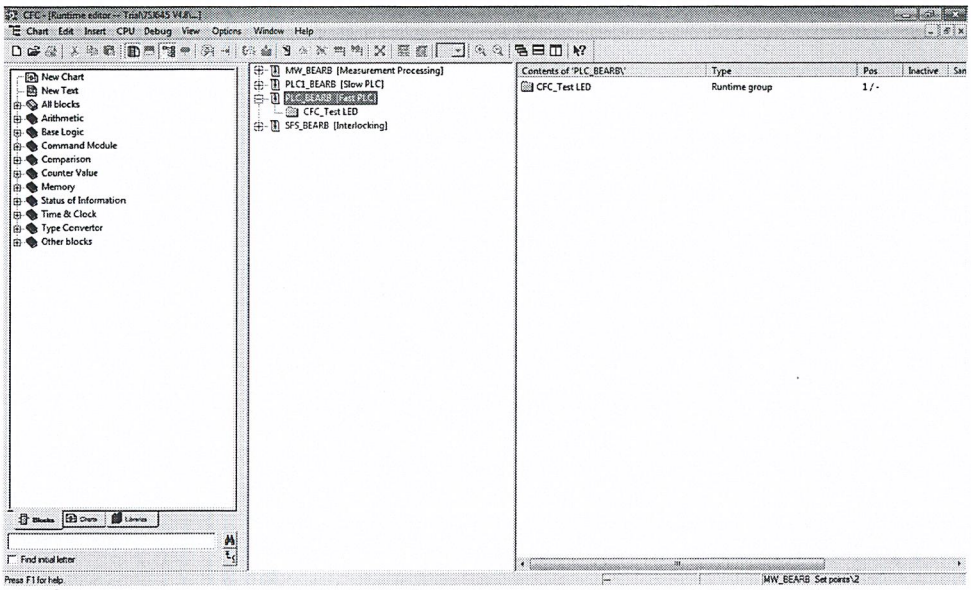

**รูปที่ ซ.42** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

14. จากนั้น เลือกไปที่ไอคอน Run Sequence ดังรูปที่ ซ.43



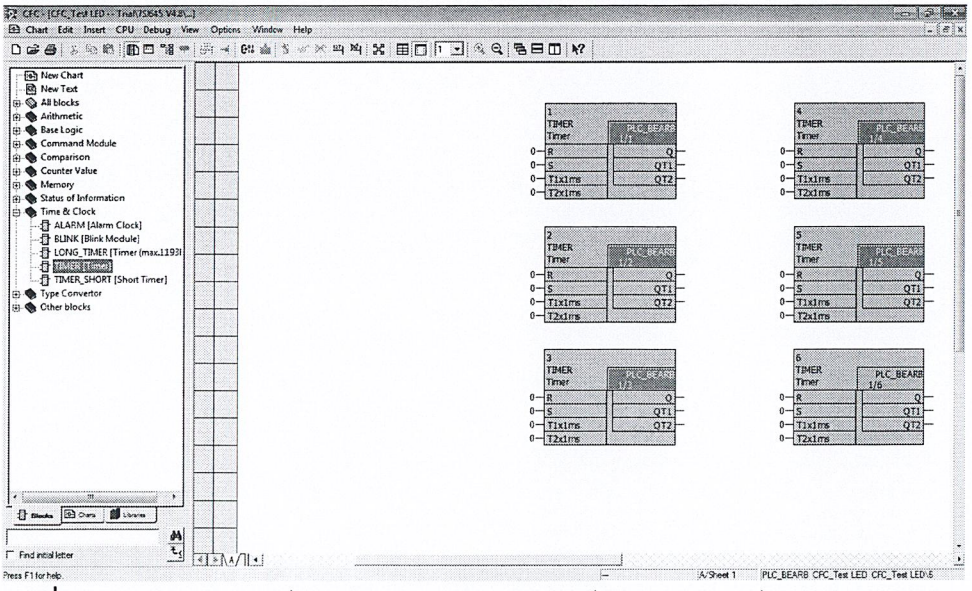

**รูปที่ ซ.43** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

15. ย้าย มาที่ CFC_Test LEDPLC_BEARB [Fast PLC] ดังรูปที่ ซ.44



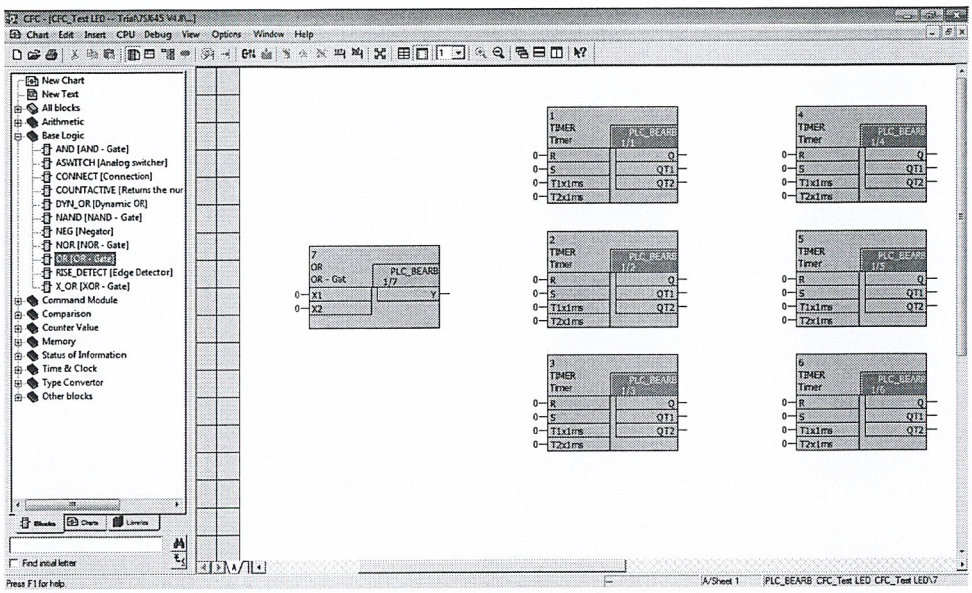

**รูปที่ ซ.44** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

16. คลิกที่ไอคอน Run Sequence อีกครั้ง เพื่อปิด
17. ลาก เกต TIMER[Timer] มาบริเวณ chart จำนวน 6 ครั้ง ดังรูปที่ ซ.45



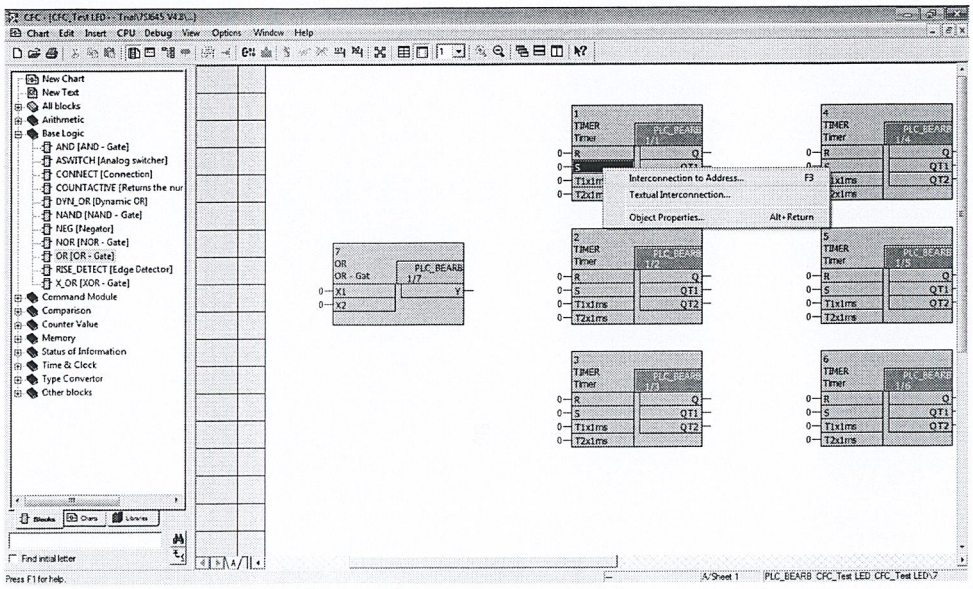

**รูปที่ ซ.45** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

18. ลาก เกต OR[OR-Gate] มาบริเวณ chart จำนวน 1 ครั้ง ดังรูปที่ ซ.46



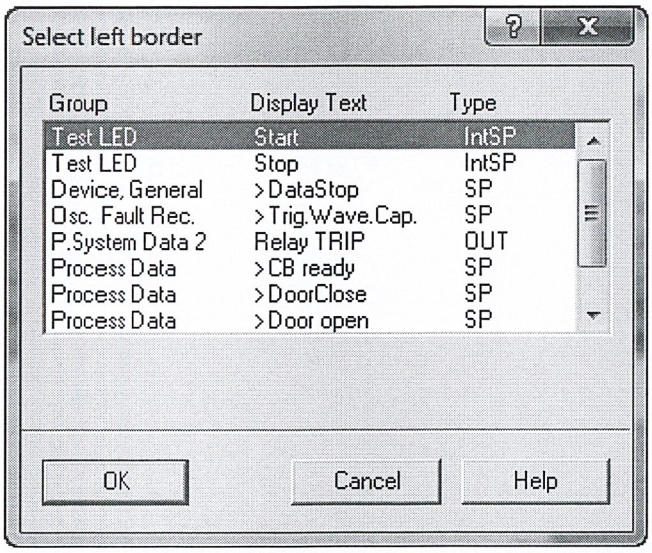
**รูปที่ ช.46** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

19. จากนั้น คลิกขวาที่จุด S ใน เกต TIMER[Timer] ที่ 1 แล้วเลือก Interconnection to Address... ดังรูปที่ ช.47



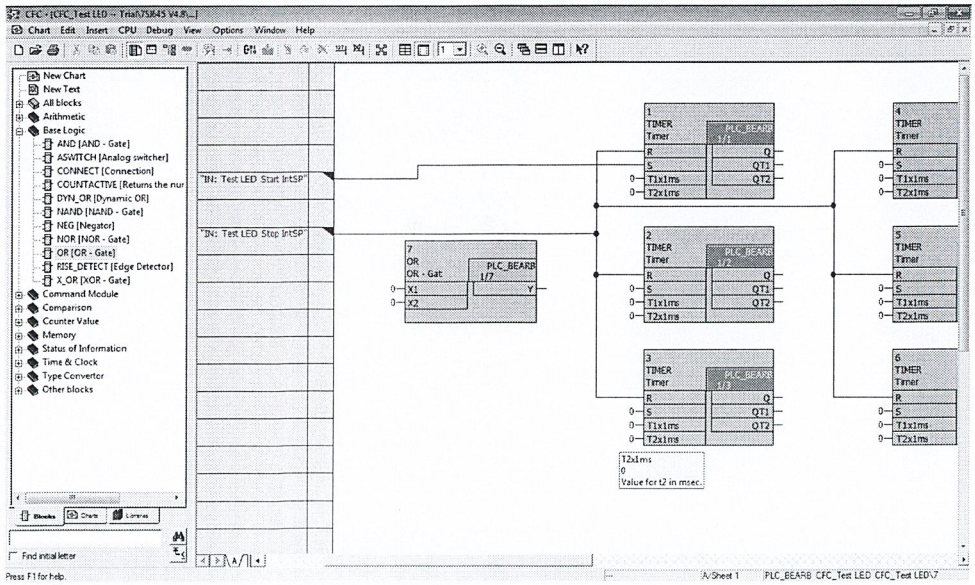
**รูปที่ ช.47** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

20. จะเจอกับหน้าต่างใหม่ แล้วเลือกไปที่ Group: Test LED และ Display Text: Start ดังรูปที่ ช.48 แล้ว คลิก OK



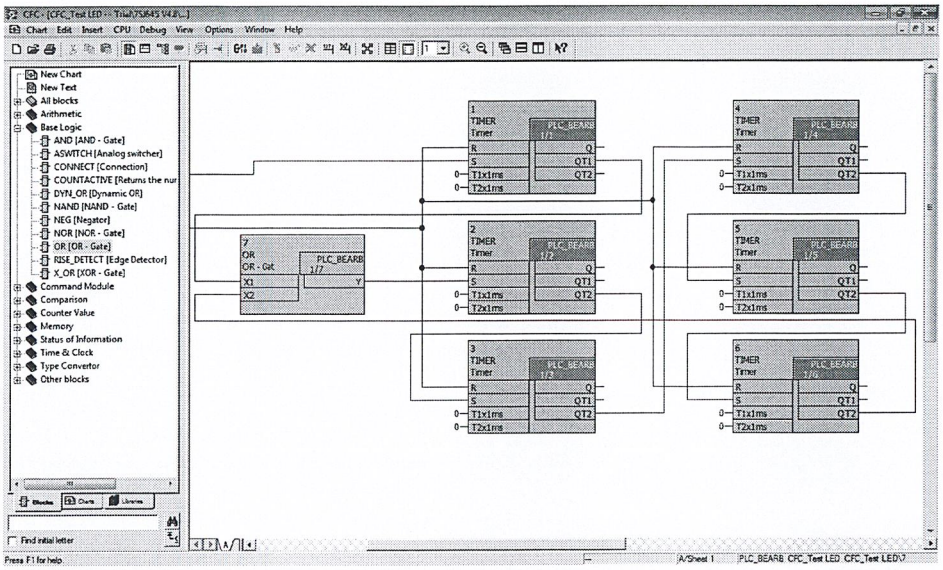

**รูปที่ ช.48** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

21. จากนั้น คลิกขวาที่จุด R ใน เกต TIMER[Timer] ที่ 2-6 แล้วเลือก Interconnection to Address...
22. จะเจอกับหน้าต่างใหม่ แล้วเลือกไปที่ Group: Test LED และ Display Text: Stop แล้ว คลิก OK
23. จะได้ Input Start เข้ามาที่จุด S ใน เกต TIMER[Timer] ที่ 1 และ เข้ามา Input Stop ที่จุดR ในทุกๆ เกต TIMER[Timer] ดังรูปที่ ช.49



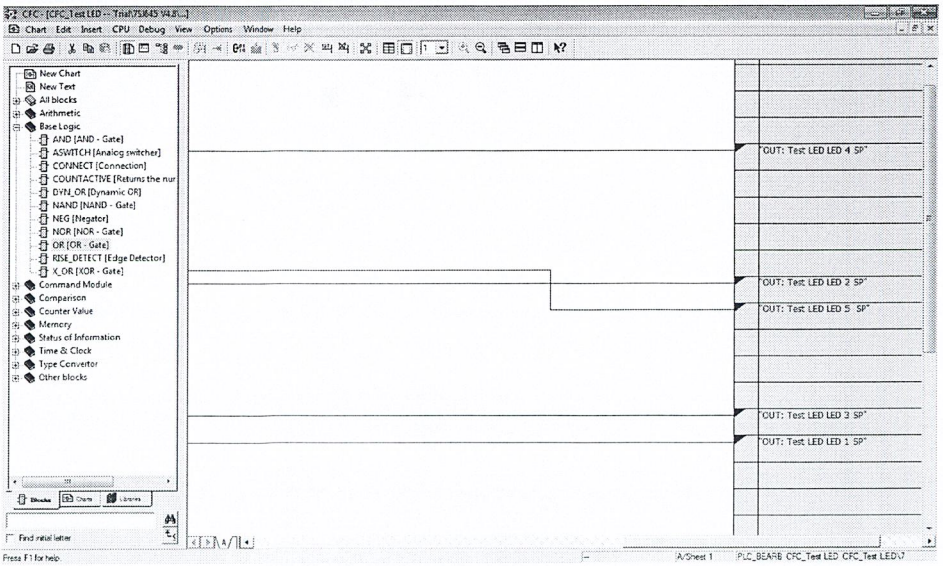

**รูปที่ ช.49** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

24. จากนั้น ลากเส้นเชื่อมต่อระหว่างเกต ดังรูปที่ ช.50



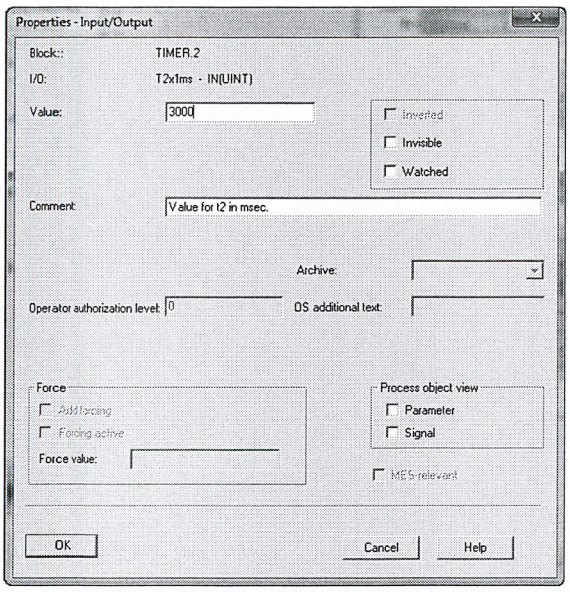
**รูปที่ ช.50** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

25. คลิกขวาที่จุด Y ใน เกต OR[OR-Gate] แล้วเลือก Interconnection to Address...
26. แล้วเลือกไปที่ Group: Test LED และ Display Text: LED 1
27. คลิกขวาที่จุด Q2 ใน เกต TIMER[Timer] ที่ 2 แล้วเลือก Interconnection to Address...
28. แล้วเลือกไปที่ Group: Test LED และ Display Text: LED 2
29. ทำเช่นเดียวกับข้อ 27-28 กับ เกต TIMER[Timer] ที่ 3-5
30. จะได้ Output ดังรูปที่ ช.51



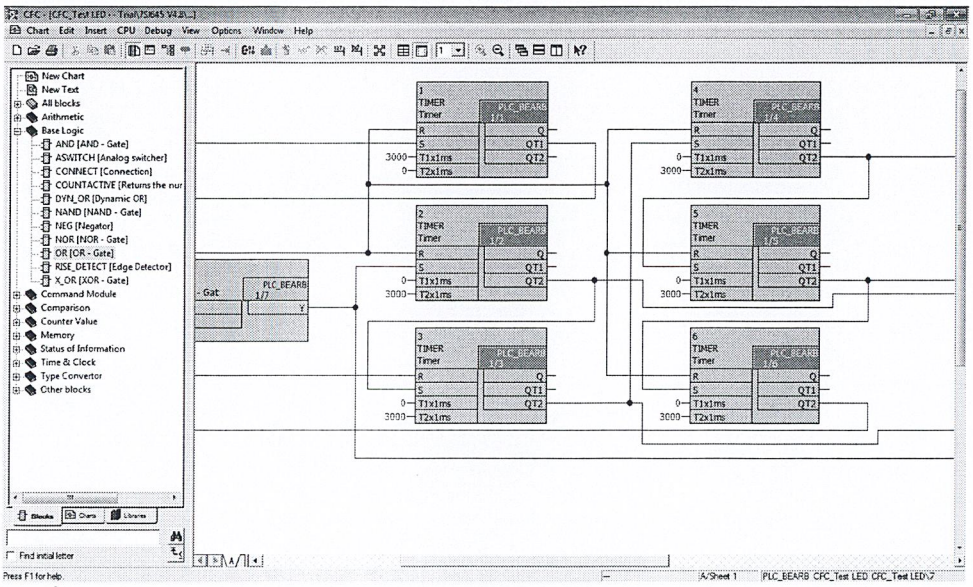
**รูปที่ ช.51** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

31. ตั้งเวลาให้ทุกๆ เกต TIMER[Timer] ดังรูปที่ ช.52 (เกต TIMER[Timer] ที่ 1 ตั้งที่ T1)



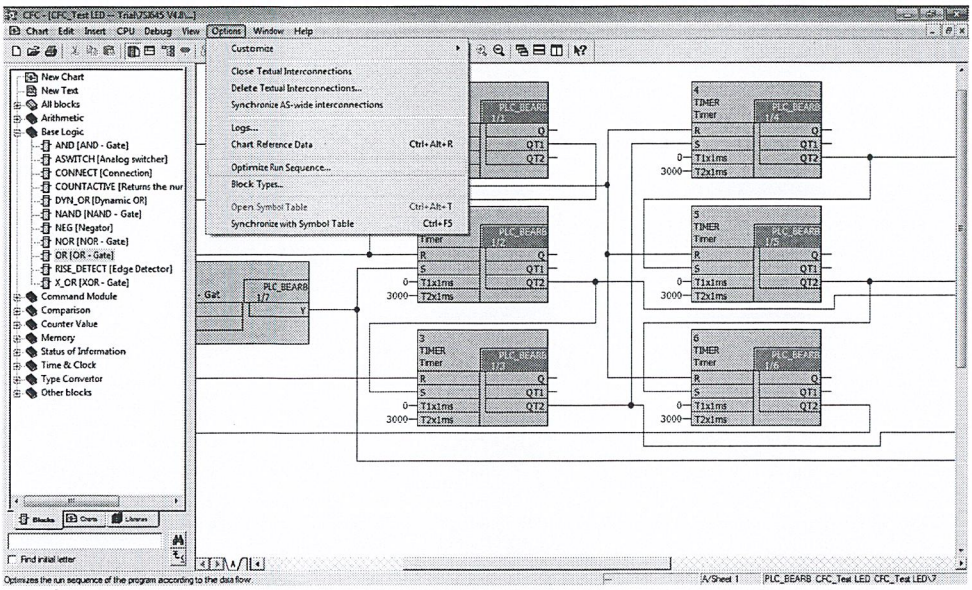

**รูปที่ ช.52** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

32. จะได้ดังรูปที่ ช.53




**รูปที่ ช.53** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

33. เมื่อตั้งค่าเสร็จเรียบร้อยแล้ว คลิกที่ Option แล้วเลือก Optimize Run Sequence... เพื่อให้ลอจิก ทำงานตามลำดับได้อย่างถูกต้อง ดังรูปที่ ช.54




**รูปที่ ซ.54** ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมควบคุมหลอดไฟ LED หน้า รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ไฟกระพริบ)

34. กด Compile

35. จากนั้น ทำตามหัวข้อที่ ซ.5

ผลที่ได้คือ หลอด LED จะกระพริบตามลำดับเมื่อกดปุ่ม F1 และจะดับ เมื่อกดปุ่ม F2

# ภาคผนวก ซ

## การทดสอบต่างๆ (Final Test Report)

**SIEMENS**

FINAL TEST REPORT

Project: Deverlopement of Controlled Three Position Switch by SIPROTEC

| No | Type of Test | Description | Result | | | Remark |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | OK | NO | NA | |
| 1 | การตรวจสอบ | | | | | |
| 1.1 | วงจรไฟฟ้า | วงจรไฟฟ้าจะต้องมีลักษณะตรงตามแบบจากภาคผนวก ก | ✓ | | | |
| 2 | การทดสอบชุดสาธิตรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน | | | | | |
| 2.1 | Binary input | Binary input 1-32 สามารถใช้งานได้ (ทดสอบผ่านโหมด Online ในโปรแกรม DIGSI 4) | ✓ | | | |
| 2.2 | Binary output | Binary output 1-19 สามารถใช้งานได้ (ทดสอบผ่านโหมด Onlineในโปรแกรม DIGSI 4) | ✓ | | | |
| 2.3 | LED output | LED output 1-14 สามารถใช้งานได้ (ทดสอบผ่านโหมด Online ในโปรแกรม DIGSI 4) | ✓ | | | |
| 3 | การทดสอบรีเลย์แบบ Latched(-KLQ0) ที่นำมาใช้แทนการทำงานของเซอร์กิตเบรคเกอร์ | | | | | |
| 3.1 | การควบคุมรีเลย์แบบ Latched | ต้องสามารถควบคุมได้ ผ่านสวิตช์หน้าชุดสาธิตการควบคุม Three Position Switch (ปิด-เปิดวงจร) | ✓ | | | |
| | | ต้องสามารถควบคุมผ่านหน้าควบคุมของรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน (ปิด-เปิดวงจร) | ✓ | | | |
| 4 | การทดสอบ interlocking ของรีเลย์แบบ Latched(-KLQ0) เมื่อถูกควบคุมโดยรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน | | | | | |
| 4.1 | รีเลย์แบบ Latched ปิดวงจร | สามารถทำได้เมื่อ Disconnector ปิดวงจร หรือ Earthing Switch ปิดวงจร อย่างใดอย่างหนึ่ง | ✓ | | | |
| | | ไม่สามารถทำได้เมื่อ Disconnector เปิดวงจร และ Earthing Switch เปิดวงจร | ✓ | | | |
| 4.2 | รีเลย์แบบ Latched เปิดวงจร | สามารถทำได้เมื่อ Disconnector ปิดวงจร หรือ Earthing Switch ปิดวงจร อย่างใดอย่างหนึ่ง | ✓ | | | |
| 5 | การทดสอบ Three Position Switch เมื่อถูกควบคุมโดยระบบ Manual (ใช้ Operating Lever) | | | | | |
| 5.1 | Disconnector ปิดวงจร | สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์เปิดวงจร และ Earthing Switch เปิดวงจร | ✓ | | | |
| | | ไม่สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์ปิดวงจร หรือ Earthing Switch ปิดวงจร | | | ✓ | ไม่มีชุดกลไกทางแมคคานิกส์ |
| 5.2 | Disconnector เปิดวงจร | สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์เปิดวงจร และ Earthing Switch เปิดวงจร | ✓ | | | |
| | | ไม่สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์ปิดวงจร หรือ Earthing Switch ปิดวงจร | | | ✓ | ไม่มีชุดกลไกทางแมคคานิกส์ |
| 5.3 | Earthing Switch ปิดวงจร | สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์เปิดวงจร และ Disconnector เปิดวงจร | ✓ | | | |
| | | ไม่สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์ปิดวงจร หรือ Disconnector ปิดวงจร | | | ✓ | ไม่มีชุดกลไกทางแมคคานิกส์ |
| 5.4 | Earthing Switch เปิดวงจร | สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์เปิดวงจร และ Disconnector เปิดวงจร | ✓ | | | |
| | | ไม่สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์ปิดวงจร หรือ Disconnector ปิดวงจร | | | ✓ | ไม่มีชุดกลไกทางแมคคานิกส์ |
| 6 | การทดสอบ Three Position Switch เมื่อถูกควบคุมโดยรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน | | | | | |
| 6.1 | Disconnector ปิดวงจร | สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์เปิดวงจร และ Earthing Switch เปิดวงจร | ✓ | | | |
| | | ไม่สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์ปิดวงจร หรือ Earthing Switch ปิดวงจร | ✓ | | | |
| 6.2 | Disconnector เปิดวงจร | สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์เปิดวงจร และ Earthing Switch เปิดวงจร | ✓ | | | |
| | | ไม่สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์ปิดวงจร หรือ Earthing Switch ปิดวงจร | ✓ | | | |
| 6.3 | Earthing Switch ปิดวงจร | สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์เปิดวงจร และ Disconnector เปิดวงจร | ✓ | | | |
| | | ไม่สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์ปิดวงจร หรือ Disconnector ปิดวงจร | ✓ | | | |
| 6.4 | Earthing Switch เปิดวงจร | สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์เปิดวงจร และ Disconnector เปิดวงจร | ✓ | | | |
| | | ไม่สามารถทำได้ก็ต่อเมื่อเซอร์กิตเบรคเกอร์ปิดวงจร หรือ Disconnector ปิดวงจร | ✓ | | | |

**SIEMENS**

FINAL TEST REPORT

Project: Deverlopement of Controlled Three Position Switch by SIPROTEC

| No | Type of Test | Description | Result | | | Remark |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | OK | NO | NA | |
| 7 | การทดสอบการป้องกันการทำงานพร้อมกัน | | | | | |
| 7.1 | การควบคุมผ่านหน้าควบคุมของรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน | ไม่สามารถใช้งานได้ เมื่อใช้ Operating Lever ในการเปลี่ยนสถานะของใบมีดอยู่ | ✓ | | | |
| 8 | การทดสอบหน้าจอแสดงผลของรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน และ Mimic ที่ใช้ในการแสดงสถานะของใบมีด | | | | | |
| 8.1 | Disconnector ปิดวงจร | ไดอะแกรมบนรีเลย์ป้องกับแบบหลายฟังก์ชันใช้งานแสดงสถานะใบมีดของ Disconnector ได้ถูกต้อง | ✓ | | | |
| | | Mimicแสดงสถานะของใบมีดได้ถูกต้อง | ✓ | | | |
| 8.2 | Disconnector เปิดวงจร | ไดอะแกรมบนรีเลย์ป้องกับแบบหลายฟังก์ชันใช้งานแสดงสถานะใบมีดของ Disconnector ได้ถูกต้อง | ✓ | | | |
| | | Mimicแสดงสถานะของใบมีดได้ถูกต้อง | ✓ | | | |
| 8.3 | Earthing Switch ปิดวงจร | ไดอะแกรมบนรีเลย์ป้องกับแบบหลายฟังก์ชันใช้งานแสดงสถานะใบมีดของ Earthing Switch ได้ถูกต้อง | ✓ | | | |
| | | Mimicแสดงสถานะของใบมีดได้ถูกต้อง | ✓ | | | |
| 8.4 | Earthing Switch เปิดวงจร | ไดอะแกรมบนรีเลย์ป้องกับแบบหลายฟังก์ชันใช้งานแสดงสถานะใบมีดของ Earthing Switch ได้ถูกต้อง | ✓ | | | |
| | | Mimicแสดงสถานะของใบมีดได้ถูกต้อง | ✓ | | | |
| 8.5 | รีเลย์แบบ Latched ปิดวงจร | ไดอะแกรมบนรีเลย์ป้องกับแบบหลายฟังก์ชันใช้งานแสดงสถานะใบมีดของเซอร์กิตเบรคเกอร์ได้ถูกต้อง | ✓ | | | |
| | | Mimicแสดงสถานะของใบมีดได้ถูกต้อง | | | ✓ | |
| 8.6 | รีเลย์แบบ Latch เปิดวงจร | ไดอะแกรมบนรีเลย์ป้องกับแบบหลายฟังก์ชันใช้งานแสดงสถานะใบมีดของเซอร์กิตเบรคเกอร์ได้ถูกต้อง | ✓ | | | |
| | | Mimicแสดงสถานะของใบมีดได้ถูกต้อง | | | ✓ | |
| 9 | การทดสอบสัญญาณเตือน เมื่อมอเตอร์หยุดทำงานก่อนที่ใบมีดจะถึงสถานะสุดท้าย | | | | | |
| 9.1 | ใบมีด Disconnector หยุดทำงาน | หน้าจอของรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน แสดงสถานะ Intermediate ของใบมีด Disconnector ที่หยุดทำงาน | ✓ | | | |
| | | LED output 1 แสดงไฟสีแดง | ✓ | | | |
| 9.2 | ใบมีด Earthing Switch หยุดทำงาน | หน้าจอของรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน แสดงสถานะ Intermediate ของใบมีด Earthing Switch ที่หยุดทำงาน | ✓ | | | |
| | | LED output 1 แสดงไฟสีแดง | ✓ | | | |
| 10 | การทดสอบการเปลี่ยนสถานะของใบมีดหลังจากมอเตอร์หยุดทำงานก่อนที่ใบมีดจะถึงสถานะสุดท้าย | | | | | |
| 10.1 | Disconnector | สามารถสั่งให้ใบมีดเปิดวงจรได้ | ✓ | | | |
| | | ไม่สามารถสั่งให้ใบมีดปิดวงจรได้ | ✓ | | | |
| 10.2 | Earthing Switch | สามารถสั่งให้ใบมีดเปิดวงจรได้ | ✓ | | | |
| | | ไม่สามารถสั่งให้ใบมีดปิดวงจรได้ | ✓ | | | |

# ภาคผนวก ฌ

## การนำวงจรที่ทดสอบ ไปใช้กับมอเตอร์กระแสตรง ที่มีพิกัดแรงดัน 110VDC และ 125VDC

## ภาคผนวก ฌ การนำวงจรที่ทดสอบ ไปใช้กับมอเตอร์กระแสตรง ที่มีพิกัดแรงดัน 110VDC และ 125VDC

การนำวงจรนี้ ไปใช้ในตู้สวิตช์เกียร์ ซึ่งปัจจุบันทางบริษัท ซีเมนส์ จำกัด (ประเทศไทย) จะใช้มอเตอร์กระแสตรงที่มีพิกัดแรงดัน 110VDC และ 125VDC เพื่อควบคุมสวิตช์สามสถานะเป็นส่วนใหญ่ จึงต้องมีการนำมาพิจารณาในพิกัดแรงดันนี้ด้วย โดยเราจะกำหนดพิกัดกำลังที่ขับชุดเกียร์เท่าเดิม (100 W*)

- มอเตอร์กระแสตรง 100 W 110VDC

ขนาดกระแสที่ได้ 100/110 = 0.9091 A

- มอเตอร์กระแสตรง 100 W 125VDC

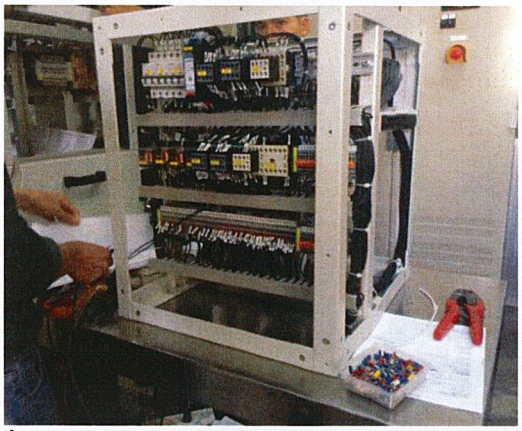
ขนาดกระแสที่ได้ 100/125 = 0.8 A

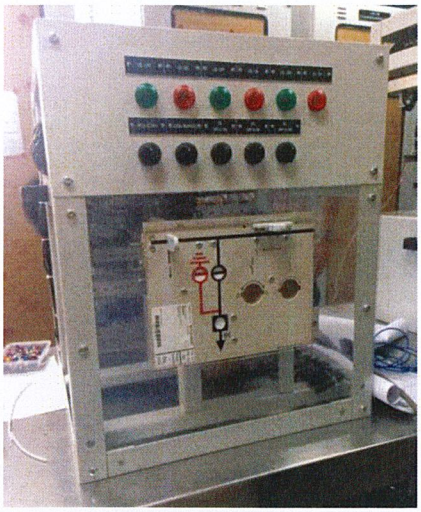
จะเห็นว่าเมื่อมอเตอร์มีพิกัดแรงดันที่ต่ำลง จะทำให้กระแสมีค่าสูงขึ้น ทำให้เราต้องเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันที่มีขนาดสูงขึ้น แต่เรายังสามารถนำ รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งานรุ่นนี้ มาใช้ในการควบคุมมอเตอร์ทั้งสองพิกัดแรงดันได้อยู่ เนื่องจากหน้าสัมผัสภายใน รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน นั้น สามารถทนกระแสต่อเนื่องสูงสุดได้ 5 A (อ้างอิงจากภาคผนวก ข เอกสารด้านเทคนิคทั่วไปของรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน รุ่น 7SJ64 (SIEMENS))

*บริษัทผู้ผลิตคิดที่ค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูงสุด

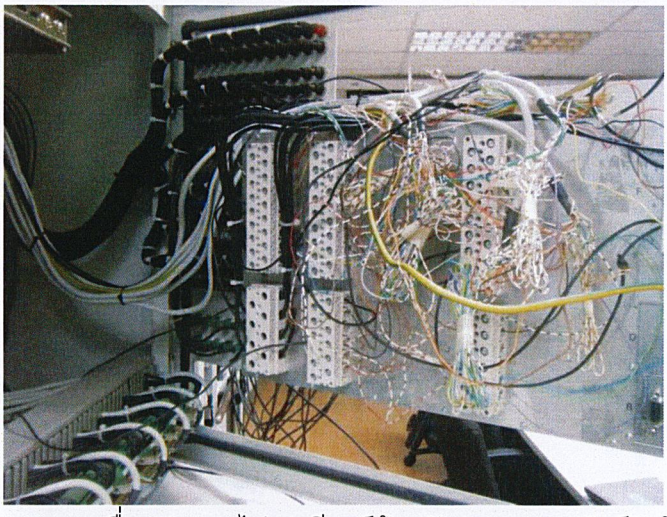
# ภาคผนวก ญ
# รูปภาพประกอบงานวิจัย

## ภาคผนวก ญ รูปภาพประกอบงานวิจัย

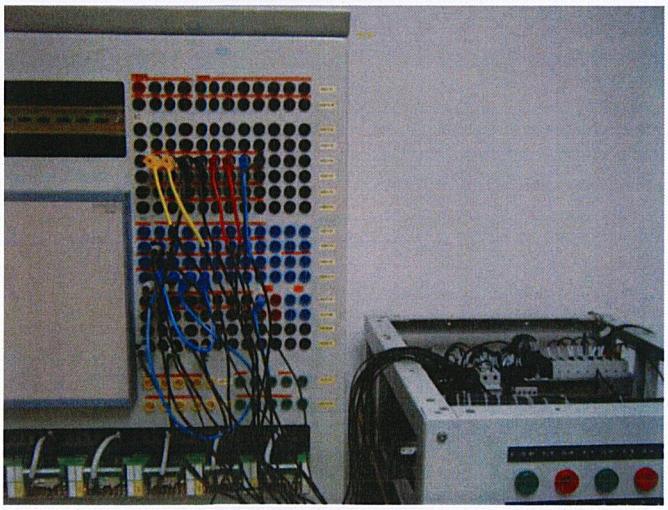




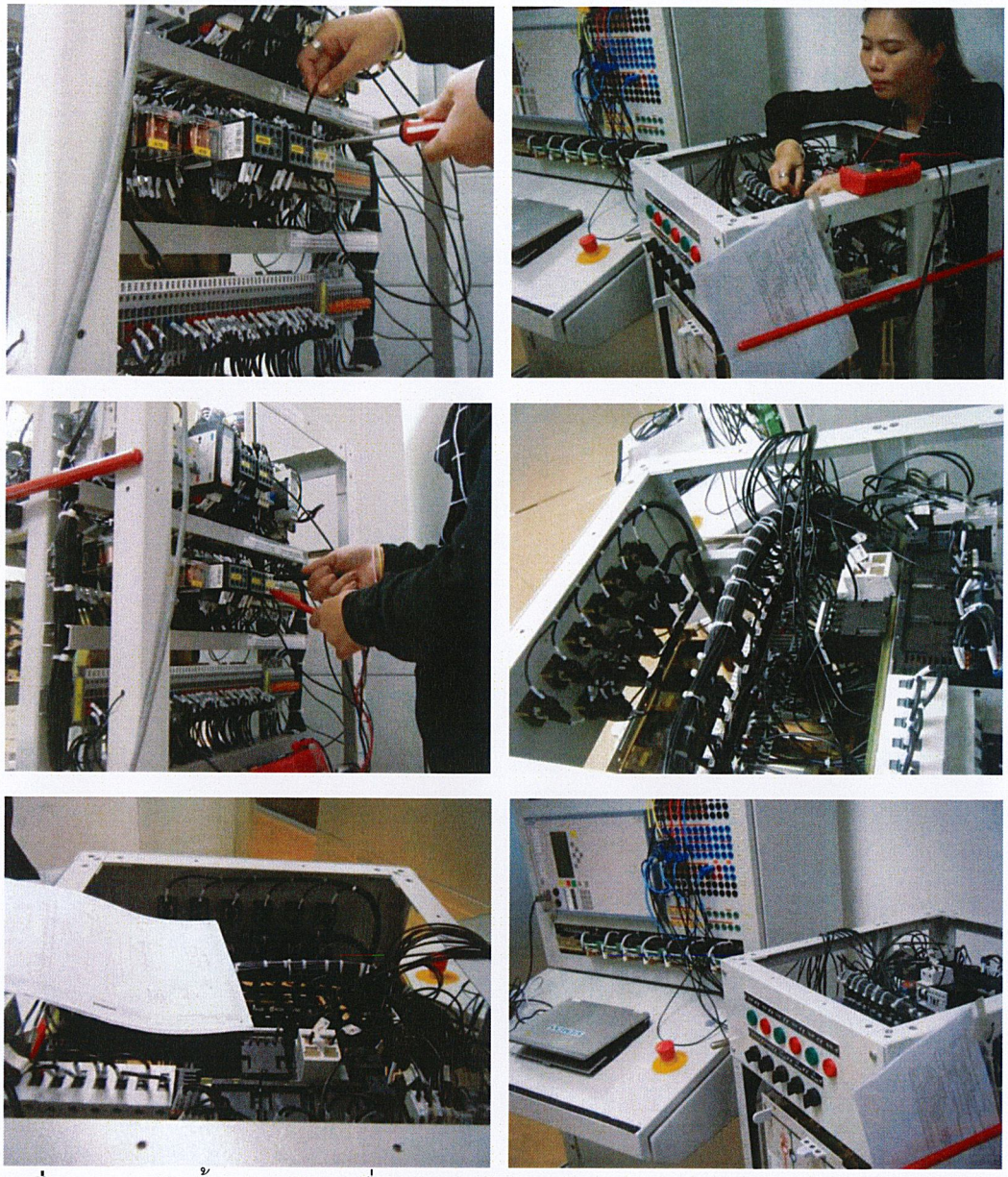
**รูปที่ ญ.1** การต่อวงจรของชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะโดย SIPROTEC ก่อนการวิจัย



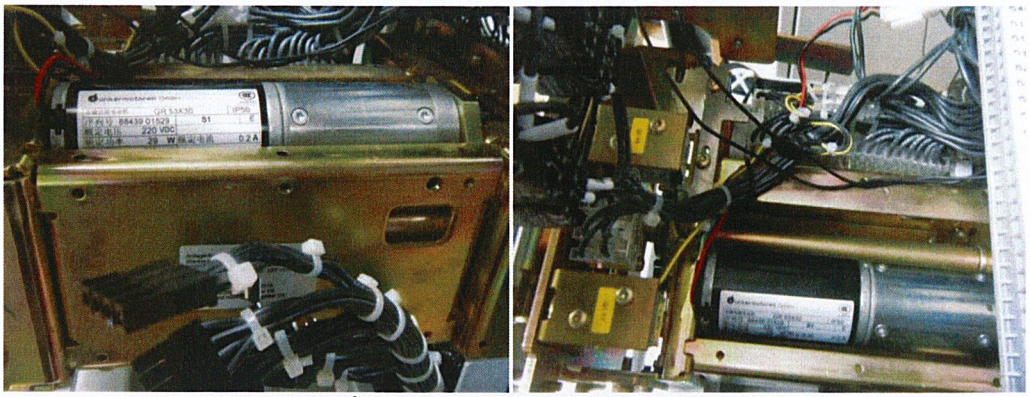
**รูปที่ ญ.2** การเชื่อมต่อสายไฟของรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน



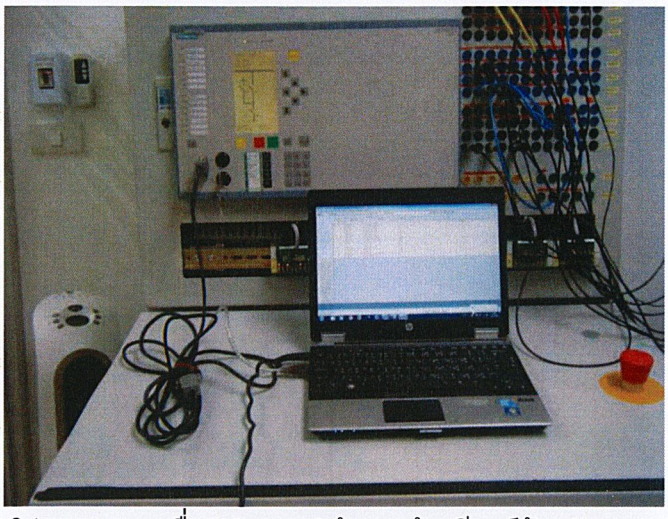
**รูปที่ ญ.3** การเชื่อมต่อสายไฟบริเวณด้านหน้าของชุดสาธิตรีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน กับชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะ



**รูปที่ ญ**.4 การติดตั้งอุปกรณ์และเชื่อมต่อสายไฟภายในชุดสาธิตการควบคุมสวิตช์สามสถานะ

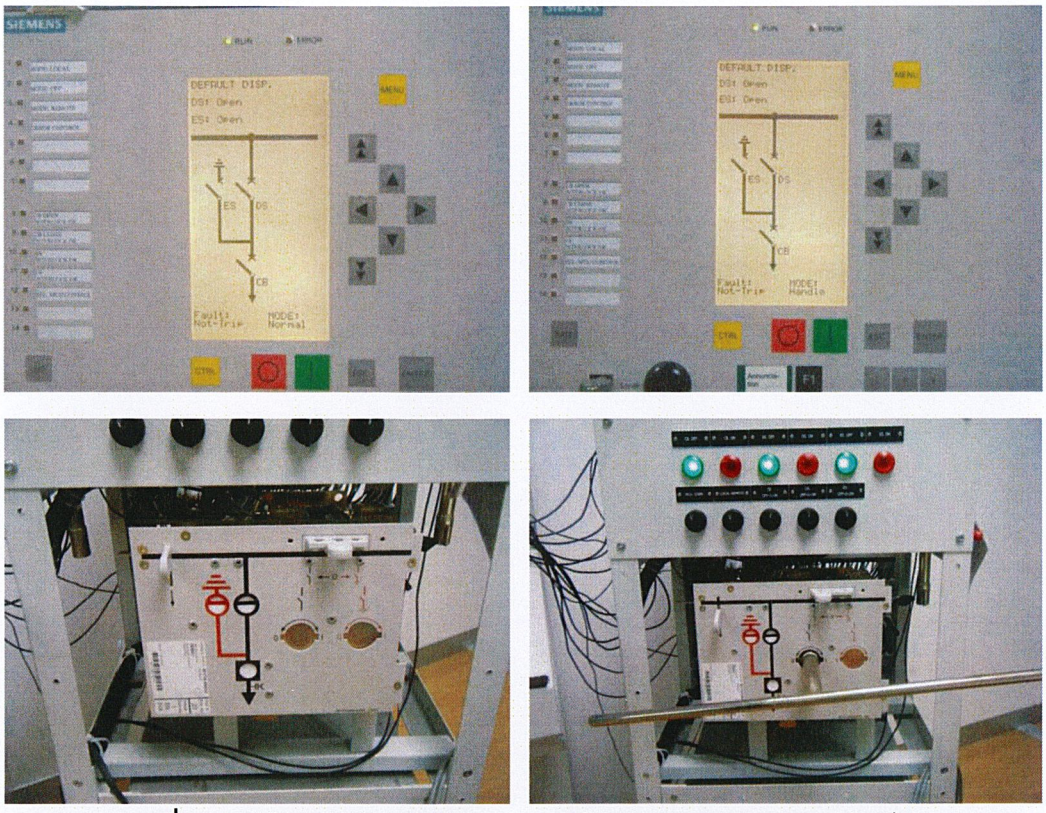


**รูปที่ ญ.**5 ชุดมอเตอร์ เกียร์ เฟืองขับ

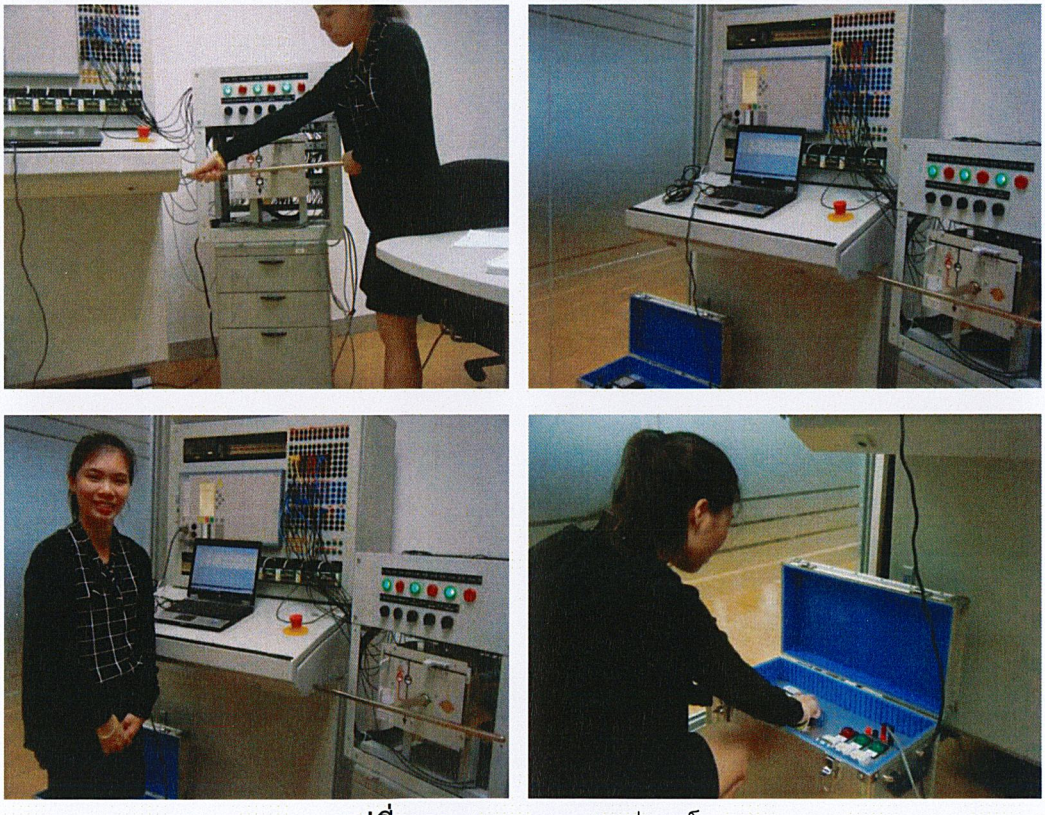


**รูปที่ ญ.**6 การเขียนโปรแกรมและเชื่อมต่อสายส่งข้อมูลเข้าสู่รีเลย์ป้องกันแบบหลายฟังก์ชันใช้งาน

**รูปที่ ญ.**7 แหล่งจ่ายแรงดันสำหรับมอเตอร์กระแสตรง 220 VDC




**รูปที่ ญ.8** หน้าจอแสดงผล และ Mimic สำหรับแสดงสถานะของใบมีด



**รูปที่ ญ.9** ภาพรวมของอุปกรณ์