

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การปรับปรุงเครื่องจักรในสายงานผลิต

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
ฝ่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการผลิตและบริการ

เสนอโดย

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์ปอเรชั่น จำกัด
เลขที่ 1 ซอยพรีเมียร์ ถนนศรีนครินทร์ กรุงเทพฯ 10260
โทร.301-1062 โทรสาร 301-1092

มีนาคม 2541

Project Personnel

1. **ที่ปรึกษาโครงการ**
ดร.วิโรจน์ ตันตราภรณ์ กรรมการ กลุ่มบริษัทพรีเมียร์ (PGC)
คุณอุดม ชาดิยานนท์ กรรมการผู้จัดการใหญ่ บริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล-
อิเล็กทริก จำกัด (มหาชน) (SUE)
2. **ผู้อำนวยการโครงการ**
คุณวิรัช ภัทราดุลย์ รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ (SUE)
ดร.อารีย์ วิเชียรฉาย ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
(KMITL.)
3. **ที่ปรึกษาด้านเทคนิคฝ่ายโรงงาน (SUE)**
คุณสุกิจ อารีย์พัฒน์กุล ผู้อำนวยการฝ่ายโรงงานตู้เย็น (SUE)
คุณชาญชัย เทียงสุรินทร์ ผู้อำนวยการฝ่ายโรงงานคอมเพรสเซอร์ (SUE)
คุณอาณัติ ปิโยนิการ ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม (SUE)
คุณชิตชนก วัจนรัตน์ ผู้ช่วยผู้อำนวยการโรงงานคอมเพรสเซอร์ (SUE)
4. **ที่ปรึกษาเทคนิคฝ่ายวิชาการและออกแบบ**
ดร.วิบูลย์เกียรติ โมฬีรัตนนท์ อดีตผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี (TDO)
รศ.ตะวัน สุจริตกุล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU)
ผศ.วิชิต ศิริโชติ ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
(KMITL.)
5. **ผู้ประสานงาน/บริหารโครงการ**
ดร.จรรยา คำนวนตา ผู้อำนวยการบริหารงานทั่วไปและเทคนิคสัมพันธ์
สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บ. พรีเมียร์โกลเบลคคอร์ปอเรชั่น จก. (TDO)
นางสาวโสภภาพรณ ทองโกล ผู้ประสานงานด้านธุรการ Technical Staff (TDO)
นายสมศักดิ์ ราชปรีชา ผู้ประสานงานด้านเทคนิค Technical Staff (TDO)
6. **โครงการ Automatic Single Purpose Lathe**
รศ.ตะวัน สุจริตกุล หัวหน้าโครงการ (CMU)
อ.ชูรัตน์ ธารรัตน์ สถาบันเทคโนโลยีสยามมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ เชียงใหม่ (ITR)
นายองอาจ วิชาดิยานกุล (SUE)
พนักงานประจำเครื่องทั้งหมด (SUE)
พนักงาน TDO

7. **โครงการ Digital Air Micrometer Gauge**
 นายณรงค์ แสงแก้ว (หัวหน้าโครงการ) (TDO) นายองอาจ วิรชาติยานุกูล (SUE)
 นายทรงวิทย์ เจริญรายวัฒนา (TDO) พนักงานประจำเครื่องทั้งหมด (SUE)
 นายเอกกมล นิลอาษา (TDO)
8. **โครงการ Transfer Line**
 นายพนัส อินทรพาณิชย์ (TDO) นายองอาจ วิรชาติยานุกูล (หัวหน้าโครงการ) (SUE)
 นายบุญเลิศ จินากำเนิด (TDO) พนักงานประจำเครื่องทั้งหมด (SUE)
 นางสาวราภรณ์ จุฬารรณะ (TDO) นายเชิดศักดิ์ ศิริแสง (SUE)
 นายคำณูณ จำปาทองเทศ (SUE)
 นายศักดิ์ชาย ชนะการีย์ (SUE)
9. **โครงการ Automatic Feeder and Caulking**
 นายพนัส อินทรพาณิชย์ (หัวหน้าโครงการ) (TDO) นายองอาจ วิรชาติยานุกูล (SUE)
 นายบุญเลิศ จินากำเนิด (TDO) พนักงานประจำเครื่องทั้งหมด (SUE)
 นายสุเทพ ยังเยี่ยม (TDO)
 นายจรัส หวังดีผลงาม (TDO)
10. **โครงการ Thermoforming of Inner Liner of Refrigerator**
 ผศ.วิจิต ศรีโชติ (หัวหน้าโครงการ) (KMITL) คุณผดุงศักดิ์ ทวีชัยยุทธ รองผอ. ฝ่ายผู้เย็น (SUE)
 นายสมศักดิ์ ราชปรีชา (หัวหน้าฝ่ายปฏิบัติการ) (TDO) คุณชัชพงศ์ พึ่งพูลผล (หัวหน้าฝ่ายการผลิต) (SUE)
 นายสุเทพ ยังเยี่ยม (TDO) พนักงานประจำเครื่องทั้งหมด (SUE)
 นายจิรวัฒน์ ตันตราจิม (TDO)
 นายณรงค์ แสงแก้ว (TDO)
 นายสุรวุฒิ กิจสัมพันธ์ (TDO)
 นายจรัส หวังดีผลงาม (TDO)
 นายทรงวิทย์ เจริญรายวัฒนา (TDO)
 นายบดินทร์ ดำรงค์ศักดิ์ (นิสิตปริญญาโท KMITL)
11. **ช่างเทคนิค**
 นายพิชิต ช่างเพชร ช่างเขียนแบบ (TDO) พนักงานช่างประจำทั้งหมด (SUE)
 นายจรรยา เขียวเครือ ช่างไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (TDO)
 นายสุริยา พรหมจิตร ช่างไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (TDO)
 นายเขาวลิต ไชยงยศ ช่างกล/โลหะการ (TDO)
 นายกิตติพงษ์ บุญละคร ช่างกล/โลหะการ (TDO)
 นายศิริศักดิ์ ชี้อตรง ช่างกล/โลหะการ (TDO)

12. การประเมินโครงการและวิเคราะห์ทางสถิติ

ศศิธร อนันตพันธุ์พงศ์	(TDO)
ถวิลาดี บุรีกุล	(TDO)
วสวัตติ แก้ววังสาร	(TDO)
สุกัญญา ตันสถิตย์คุณ	(TDO)
ดุษดี แท่งทอง	(TDO)

13. การจัดทำรายงาน วิดีโอ และซีดีรอม

จิรวัดน์ ตันตราจิณ	(TDO)
ศศิธร อนันตพันธุ์พงศ์	(TDO)
ถวิลาดี บุรีกุล	(TDO)
ณรงค์ แสงแก้ว	(TDO)
วราภรณ์ จุฬาวรรณนะ	(TDO)
วินัย แซ่โซว	(TDO)
จำรัส หวังดีผลงาม	(TDO)
เชาวลิต ไชยงยศ	(TDO)
สุภัค ขุนเพชร	(TDO)
โกศล อักษรไพร	(ศูนย์ประชาสัมพันธ์ PGC)

14. เจ้าหน้าที่การเงิน อธิการ

ดุษดี แท่งทอง	(TDO)
พยอมวัลย์ เม่งทอง	(TDO)
ทศชัย อนุรักษ์พานทอง	(TDO)
ผุสนา อยู่ฤทธิชัย	(TDO)
สุภัค ขุนเพชร	(TDO)

สารบัญ

	หน้า
1. เอกสารนำส่งรายงานฉบับสมบูรณ์	1
2. รายงานสรุปโครงการ	2
3. รายละเอียดผลการดำเนินงานโครงการ	6
4. รายงานโครงการ Digital Air Micrometer Gauge	1-1
5. รายงานโครงการ Automatic Single Purpose Lathe	2-1
6. รายงานโครงการ Transfer Line	3-1
7. รายงานโครงการ Automatic Part Feeder and Caulking	4-1
8. รายงานโครงการ Thermoforming of Inner Liner of Refrigerator	5-1
9. รายงานทางการเงิน	

เอกสารนำส่งผลการรายงานความก้าวหน้าของโครงการ

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

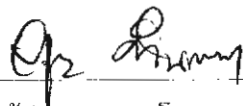
ฝ่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการผลิตและบริการ

สัญญาเลขที่ PG2/034/2538

โครงการ การปรับปรุงเครื่องจักรในสายงานผลิต

พร้อมนี้ได้ส่งเอกสารประกอบรายงานโครงการดังนี้

☒	1. สรุปรายงานโครงการ
☒	2. รายละเอียดผลการดำเนินงานโครงการ
☒	3. รายงานสรุปการเงิน
☒	4. บทคัดย่อ หรือบทสรุป ของบทความวิชาการ หรือเอกสารในลักษณะอื่น ๆ ตลอดจนสื่อประเภทต่าง ๆ ที่โครงการได้จัดทำขึ้น
☒	5. วิดีโอ
☒	6. ซีดีรอม

ลงนาม 
ผู้ประสานงานโครงการ
วันที่ 28 เมษายน 2541

รายงานสรุปโครงการ

สัญญาเลขที่ PG2/034/2538
ระยะเวลา 2 ปี
เริ่มดำเนินการ 1 กุมภาพันธ์ 2539
สิ้นสุดโครงการ 31 มีนาคม 2541
โครงการ การปรับปรุงเครื่องจักรในสายงานผลิต
หน่วยงาน สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์เปอเรชั่น จำกัด

1. การดำเนินงานตามวัตถุประสงค์และแผนงานของโครงการ

- ☐ ได้ดำเนินงานตามแผนงานที่วางไว้ทุกประการ
☒ ได้เปลี่ยนแปลงแผนงานที่วางไว้ดังนี้คือ

การดำเนินงานส่วนใหญ่เป็นไปตามวัตถุประสงค์และแผนงานที่วางไว้ มีบางโครงการที่มีการเปลี่ยนแปลง เพิ่มเติม เพื่อให้ผลการวิจัยและเครื่องจักรที่พัฒนาขึ้น สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามความต้องการของ SUE ยิ่งขึ้น เช่น โครงการ Digital Air Micrometer Gauge มีการเพิ่มเติมในส่วนของ Bar Display, Segment Display และความสามารถในการเก็บข้อมูล เพื่อให้อ่านค่าได้สะดวก และเพิ่มขีดความสามารถในการใช้งานยิ่งขึ้น โครงการ Transfer Line จากแผนงานเดิมที่ป้อนชิ้นงานทีละชิ้น ก็ออกแบบให้เครื่องจักรสามารถผลิตได้ครั้งละ 6 ชิ้นพร้อมกัน โครงการ Automatic Feeder and Caulking จากการพัฒนาเครื่องป้อนและย้ายชิ้นงานอัตโนมัติ ก็รวมเอาระบบตัดปเกลียวเข้าไว้ด้วย เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและมีการทำงานได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัย โครงการ Thermofforming of Inner Liner of Refrigerator นอกจากสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิเตาอัตโนมัติแล้ว ก็ได้สร้างชุดบังลมเข้าเตา สร้างห้องปรับอากาศเพื่อใช้กับชุดแสดงผลและควบคุมอุณหภูมิ สร้างชุดตรวจสอบข้อบกพร่องของ Heater และชุดแสดงผลทั้งระบบ Analogue และ Digital รายละเอียดการดำเนินงานจริงได้มีการดัดแปลง เพิ่มเติม เพื่อให้การใช้งานของเครื่องจักรมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น แต่ค่าใช้จ่ายของโครงการทั้งหมดในส่วนของสกว. ไม่ได้มีการเพิ่มเติมเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ได้จัดทำสรุปรายละเอียดการดำเนินงานโครงการ โดยเปรียบเทียบแผนงานในข้อเสนอโครงการกับงานที่ได้ปฏิบัติจริงดังนี้

สรุปการดำเนินงานโครงการ

แผนงานตามข้อเสนอโครงการ	งานที่ได้ปฏิบัติจริง
1. Digital Air Micrometer Gauge ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ประกอบ Air Micrometer ที่ทำงานและแสดงผลเป็นลักษณะตัวเลขดิจิทัล สามารถบอกได้ว่าชิ้นงานอยู่ในขนาดที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยดูจากหลอดไฟสีเขียว/แดง แทนที่การอ่านจากสเกลของเครื่องมือวัด เพื่อให้อ่านค่าได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ข้อมูลที่อ่านได้สามารถส่งออกมาเป็นตัวเลขและบันทึกไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรง เพื่อใช้ในการตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรและควบคุมคุณภาพการผลิต	งานที่ได้ปฏิบัติจริง เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ทุกประการ นอกจากนี้เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ได้เพิ่มเติม Bar Display เป็นไฟวิ่ง เลียนแบบการขึ้นลงของลูกลอย แสดงค่าในหน่วยไมครอนเป็นตัวเลข 3 หลัก มี Text display แสดงข้อความเพื่อแสดงลำดับขั้นตอนการป้อนข้อมูล สามารถเก็บข้อมูลขนาด 30,000 ข้อมูลโดยใช้ NVRAM และสามารถถ่ายโอนข้อมูลสู่คอมพิวเตอร์ได้ สำหรับการสร้างชุดต้นแบบ ได้จัดสร้างชุดต้นแบบจำนวน 3 เครื่องตามความจำเป็นของการใช้งานที่ SUE ราคาต้นทุนการสร้าง 30,000 บาท/เครื่อง ซึ่งต่ำกว่าที่ประเมินไว้เดิม 50,000 บาทต่อเครื่อง และกำลังดำเนินการเพื่อขอจดสิทธิบัตรจากการคิดค้นและประดิษฐ์ไว้ด้วย เครื่อง Digital Air Micrometer ที่มีขายอยู่ในต่างประเทศราคา 300,000 บาท แสดงผลเป็นตัวเลข 3 หลัก และไม่สามารถจะส่งสัญญาณไปบันทึกในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
2. Automatic Single Purpose Lathe พัฒนาและจัดสร้างเครื่องขึ้นรูปโลหะเพื่อใช้งานแทนเครื่องจักร 5 เครื่อง ซึ่งแต่เดิมต้องใช้เครื่องกลึง 5 เครื่อง ผู้ทำงาน 5 คน โดยนำเครื่องจักรเก่ามาพัฒนา ให้สามารถทำงานได้ในระบบอัตโนมัติ สามารถเปลี่ยนมีดกลึงได้ 4 แบบ เพื่อใช้ในการกลึงหยาบ กลึงละเอียด ทำส่วนหัวและตัดชิ้นงาน โดยใช้เครื่องกลึงเครื่องเดียว ทำให้ประหยัดแรงงาน ค่าใช้จ่าย และพลังงาน	โครงการนี้ได้ทำการวิจัยที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยนำเครื่องกลึงเก่าจาก SUE ไปปรับปรุง จนได้เครื่องต้นแบบเรียบร้อยแล้ว โดยหลักการและภาพรวม เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการโดยระบบการทำงานอัตโนมัติ ควบคุมโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ มี Cycle time 40 วินาที/ชิ้น ปัจจุบันได้นำไปติดตั้งและใช้งานที่ SUE ผลการประเมินจากการใช้งานและประสิทธิภาพของเครื่อง ได้ผลตามที่ต้องการ

แผนงานตามข้อเสนอโครงการ	งานที่ได้ปฏิบัติจริง
3. Transfer Line พัฒนาเครื่อง Transfer Line โดยรวมเอาการทำงานของเครื่องจักรสถานีงานต่าง ๆ 3 สถานีคือ สถานีเจาะ สถานีลบคม และสถานีคว้าน มารวมกันเป็นเครื่องจักรชุดเดียว โดยมีระบบในการขนถ่ายชิ้นงานเข้าสู่สถานีงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อประหยัดแรงงาน ค่าใช้จ่าย และลดพื้นที่ในการผลิต	โครงการนี้ได้มีการเปลี่ยนแปลงจากแผนงานเดิมที่จะออกแบบชุดป้อนชิ้นงานที่ละชิ้นต่อเนื่องไป โดยเปลี่ยนให้เครื่องจักรสามารถผลิตชิ้นงานได้ครั้งละ 6 ชิ้น เพื่อจะได้ปริมาณการผลิตที่สูงขึ้น เครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถผลิตชิ้นงานได้ 3,500 ชิ้น/กะ/เครื่อง และใช้พนักงานดูแลเพียงคนเดียว ในขณะที่เครื่องจักรเก่าทำงานโดยใช้เครื่องเจาะ 5 เครื่อง เครื่องลบคม 1 เครื่อง และเครื่องคว้าน 2 เครื่อง ใช้พนักงาน 5 คน และมีกำลังผลิตเพียง 2,500 ชิ้น/กะ
4. Automatic Feeder and Caulking พัฒนาและจัดสร้างเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ และอุปกรณ์เอ้าชิ้นงานออกจากเครื่องแทนการป้อนด้วยมือ เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต	การดำเนินงานได้สร้างเครื่องป้อนชิ้นงานโดยผ่านแมกกาซีน และทำการย้าชิ้นงานอัตโนมัติ ที่เพิ่มเติมมาคือการด้าปเกลียวอัตโนมัติ จากการออกแบบ และร่วมปรึกษารวหรือกับ SME ได้เล็งเห็นถึงปัญหาและความเป็นไปได้ ที่จะรวมเครื่องป้อน เครื่องย้าชิ้นงาน และด้าปเกลียวอัตโนมัติเข้าด้วยกัน โดยมีระบบการทำงานแบ่งเป็น 5 สถานี คือการป้อนแผ่นยัด ป้อนหมุดย้า ย้าชิ้นงาน ด้าปเกลียว และนำชิ้นงานออกจากจิ๊ก พร้อมกับทำความสะอาด ผลที่ได้จากโครงการนี้ นอกจากจะได้เครื่องป้อนและย้าชิ้นงานอัตโนมัติที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงานแล้ว ยังสามารถลดระยะเวลาในการทำงาน โดยเพิ่มกระบวนการด้าปเกลียวเข้าไปในเครื่องจักรเดียวกันด้วย

แผนงานตามข้อเสนอโครงการ	งานที่ได้ปฏิบัติจริง
5. Thermoforming of Inner Liner of Refrigerator พัฒนาและสร้างชุดแสดงผลอุณหภูมิจริง (Real Time Thermal Monitoring System, RTMS) เพื่อใช้ตรวจวัดอุณหภูมิในเตา และสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิเตา เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสะดวกแก่การควบคุมอุณหภูมิของเตา และสามารถปรับลดความหนาของแผ่นวัสดุที่ใช้ เพื่อลดต้นทุนการผลิต	โครงการนี้ได้จัดสร้างชุดแสดงผลอุณหภูมิของเตา (RTMS) ซึ่งเป็นระบบตรวจวัดอุณหภูมิภายในเตา และสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิเตา Final Heat เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการยึดตัวของแผ่นวัสดุตามแบบของ Mould เพื่อให้ถึงในตู้เย็นมีความหนาสม่ำเสมอ โดยจำลองการควบคุมอุณหภูมิมาจากการขึ้นรูปโดยช่างผู้ชำนาญการมาเป็นการควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ ผลการดำเนินงานสำเร็จตามแผนงานที่วางไว้ทุกประการ โดยสามารถปรับลดความหนาของแผ่นวัสดุลงได้จนเหลือ 3.8 มิลลิเมตรตามเป้าหมาย และยังสามารถลดจำนวนของเสียลงได้จาก 9-15% เหลือ 3.9% นอกจากชุดควบคุมอุณหภูมิที่ได้จัดสร้างตามแผนงานแล้ว ในช่วงการดำเนินโครงการก็ได้จัดสร้างส่วนต่างๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ประสิทธิภาพของการควบคุมเตาดีขึ้น และเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้ 1. สร้างชุดบังลมเข้าเตา เพื่อช่วยควบคุมความแปรปรวนของอุณหภูมิของเตา อันเป็นผลจากความไม่แน่นอนของอุณหภูมิ ที่อ่านได้จาก RTMS 2. สร้างห้องปรับอากาศสำหรับชุดแสดงผลและควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้การใช้งานของเครื่องยาวนานขึ้น 3. สร้างชุด Heater failure เพื่อใช้ตรวจสอบข้อบกพร่องของ Heater ในกรณีที่ Heater Element ชุดใดชุดหนึ่งขาด เพื่อความสะดวกในการซ่อมแซม 4. สร้างชุดแสดงผลอุณหภูมิในระบบ digital และระบบ analogue เพื่อสะดวกสำหรับผู้ปฏิบัติงาน

2. สรุปผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานของโครงการทั้งหมด เกือบจะเสร็จสิ้นสมบูรณ์ โครงการที่ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วได้แก่ Digital Air Micrometer Gauge, Automatic Single Purpose Lathe และ Thermoforming of Inner Liner of Refrigerator ซึ่งได้จัดสร้างเครื่องต้นแบบเสร็จเรียบร้อยแล้วตามที่ได้รายงานไว้ในรายงานความก้าวหน้าครั้งที่แล้ว (ฉบับที่ 3) หลังจากนั้นทาง TDO และ SUE ได้ทำการทดสอบการใช้งานและประเมินผล ในสภาพของการปฏิบัติงานจริง ได้ข้อมูลต่างๆ เป็นที่ยอมรับ ดังได้สรุปไว้ในรายงานของโครงการย่อยแต่ละโครงการ

สำหรับโครงการ Transfer Line และ Automatic Part Feeder and Caulking เนื่องจากได้ขยายขอบข่ายของงานเพิ่มเติมขึ้นมามาก จึงมีความยากลำบากเป็นอย่างมากในเรื่องของการออกแบบ มีการแก้ไขแบบหลายครั้ง รวมทั้งปัญหาในการจ้างผู้รับเหมาที่มีฝีมือประณีตจัดสร้างเครื่องจักร ขณะนี้โครงการทั้งสองมีความคืบหน้าอย่างมาก โดยทั้งสองโครงการได้จัดสร้างเครื่องจักรเสร็จ และสามารถประกอบติดตั้งขึ้นส่วนอุปกรณ์ไปแล้ว ยังต้องแก้ไขในส่วนของการติดตั้งชุดโปรแกรมควบคุม และทดสอบการใช้งาน โครงการทั้งสองนี้ทำได้ยากเนื่องจากไม่มีรูปแบบของเครื่องจักรที่ใช้งานจริง จึงเป็นการสร้างเครื่องจักรที่ทีมงานช่วยกันออกแบบและสร้างขึ้นมา

รายละเอียดของผลการดำเนินงานแต่ละโครงการมีดังต่อไปนี้

2.1 การบริหารโครงการทั่วไป

การดำเนินงานโครงการโดยสรุป ได้จัดประชุมทีมงานวิจัยของ TDO SUE และ CMU เดือนละครั้ง เพื่อสรุปผลการดำเนินงานและหารือในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการวิจัยซึ่งก็มีส่วนช่วยแก้ไขอุปสรรคต่างๆ เนื่องจากผู้บริหารและนักวิจัยของทุกส่วนได้มีโอกาสพบปะและระดมความคิดเห็นในการแก้ปัญหาร่วมกัน สำหรับการบริหารงานของแต่ละโครงการเป็นการประชุมกลุ่มย่อยประมาณอาทิตย์ละครั้ง

ความก้าวหน้าของงาน โครงการที่ได้จัดทำเครื่องต้นแบบเสร็จสิ้นแล้ว ได้ทำการทดสอบการใช้งานในสภาพโรงงานและประเมินผล เพื่อให้ได้ข้อมูลต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในการวิจัยพัฒนาได้ในระดับต่อไป ในส่วนของการจัดสร้างต้นแบบ บางโครงการที่ต้องแก้ไขแบบหลายครั้ง แม้ว่าจะทำให้งานล่าช้าไปบ้าง แต่ก็เป็นการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ได้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจากเดิม และก็สามารถจัดทำเครื่องจักรให้เสร็จสิ้นได้ตามกำหนดเวลา

2.2 โครงการย่อย Digital Air Micrometer Gauge (TRF 6/1/AMICRO)

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องแสดงผลและบันทึกค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานสไลเดอร์ ผลสรุปของโครงการคือ สามารถสร้างเครื่องต้นแบบ และนำไปทดสอบการใช้งาน ทดสอบความแม่นยำของค่าที่วัดได้ เปรียบเทียบกับเครื่องแอร์ไมโครมิเตอร์ ที่ใช้งานอยู่เดิม หลังจากที่ได้จัดสร้างเครื่องต้นแบบเสร็จแล้ว ได้นำมาทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะต่างๆ ของเครื่อง เปรียบเทียบกับเครื่องเปรียบเทียบมาตรฐาน หลังจากนั้นได้สร้างเครื่องเพิ่มเติมอีก 2 เครื่อง เพื่อนำไปใช้งานที่โรงงานการบินบุรี สำหรับการจดสิทธิบัตรนั้นจากการสืบค้นสิทธิบัตรพบว่ายังไม่มีการจัดทำเครื่องแอร์ไมโครมิเตอร์ในลักษณะนี้ ซึ่งก็จะดำเนินการจดสิทธิบัตรต่อไป ปัญหาการดำเนินงานอยู่ที่การเปรียบเทียบมาตรฐานของเครื่องแอร์

ไมโครมิเตอร์ ซึ่งต้องเทียบได้กับเครื่องปรับเทียบมาตรฐาน และผู้ปฏิบัติงานมีความพอใจที่จะใช้เครื่องที่สร้างขึ้นใหม่ เพื่อให้มั่นใจว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือใหม่นี้สามารถสอบเทียบย้อนกลับไปถึงมาตรฐานระหว่างประเทศได้ ซึ่งเป็นข้อกำหนดข้อหนึ่งตามมาตรฐานคุณภาพ ISO 9000 เนื่องจาก SUE เป็นบริษัทหนึ่งที่ได้รับการรับรองคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 9002 ด้วย

ตามแผนการดำเนินงานที่ได้เสนอไว้กับสกว. ในการสร้างเครื่องมือวัดขนาดที่สามารถบันทึกข้อมูลเป็นตัวเลขใช้งานได้สะดวก สามารถบอกค่าชิ้นงานอยู่ในขนาดที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยดูจากหลอดไฟสีเขียว/แดง อ่านค่าได้ง่าย รวดเร็ว ข้อมูลที่อ่านได้สามารถบันทึกไว้บนคอมพิวเตอร์ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและปรับปรุงคุณภาพการผลิต จากนั้นจะทำเครื่องขึ้นใช้งานอีก 10 ชุด สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี กลุ่มบริษัทพรีเมียร์ได้สร้างเครื่องต้นแบบพร้อมกับการพัฒนาขีดความสามารถของเครื่องเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ได้เสนอไว้ โดยมีการเพิ่มเติมส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้ ส่วนแสดงผลแบบแท่ง (Bar Display) เป็น LED แบบสองสี โดยสีแดงจะแสดงตำแหน่งของค่าขอบเขตบนและค่าขอบเขตล่าง ส่วนสีเขียวจะแสดงค่าจากการวัด การเลื่อนตำแหน่งขึ้นลงของสีเขียวจะเหมือนกับการขึ้นลงของลูกลอยในหลอดแก้ว ทำให้ผู้ใช้่านค่าได้ง่าย นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนการแสดงผลแบบตัวเลข 3 หลัก ในหน่วยของไมครอนเพื่อแสดงค่าที่ได้จากการวัด ทำให้ผู้ใช้่านได้ถูกต้องจากตัวเลขบนหน้าปัทม์ ซึ่งง่ายกว่าการอ่านขีดของมาตรวัดบนหลอดแก้วจากตำแหน่งของลูกลอย ในการใช้งานจะต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้น ดังนั้นจึงได้เพิ่มส่วนแสดงผลแบบ LCD เพื่อแสดงข้อความให้ผู้ใส่ข้อมูลเข้าไป และปุ่มกดสำหรับกำหนดค่าต่างๆ ที่ต้องการ สามารถเก็บข้อมูลภายในเครื่องดิจิทัลแอมป์ไมโครมิเตอร์ โดยใช้หน่วยความจำที่สามารถเก็บข้อมูลได้แม้ว่าไม่มีไฟฟ้า (Non-Volatile RAM) ข้อมูลที่เก็บไว้สามารถถ่ายเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ประมวลผลของการปฏิบัติงานประจำตำแหน่ง หรือเข้าสู่ระบบควบคุมกลางก็ได้ หลังจากนั้นได้ทดสอบ reliability เพื่อกำหนดคุณลักษณะของเครื่อง พบว่ามีช่วงการใช้งานที่มีความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้นตั้งแต่ 0 ถึง 12 ไมครอน และมีค่า offset 0.5 ไมครอน สุดท้ายได้สร้างเครื่องต้นแบบที่ได้ปรับปรุงแล้วอีก 2 ชุด โดยมีราคาต้นทุนในการสร้างประมาณ 30,000 บาทต่อเครื่อง

2.3 โครงการย่อย Automatic Single Purpose Lathe (TRF 6/2/LATHE)

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้ คือ การพัฒนาและจัดสร้างเครื่องกลึงและตัดชิ้นงานอัตโนมัติ ซึ่งใช้งานแทนเครื่องจักร 5 เครื่อง เพื่อประหยัดแรงงาน ค่าใช้จ่าย และพลังงาน โครงการนี้ทำการวิจัยพัฒนาที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และได้เครื่องต้นแบบเรียบร้อยแล้ว โดยนำเครื่องกลึงเก่าจาก SUE ไปปรับปรุง หลังจากทำการทดสอบแล้วก็ได้นำมาติดตั้งที่ SUE ที่กรุงเทพฯ ทำการสาธิตและอบรมการใช้งาน หลังจากนั้นทาง SUE ก็ได้นำไปใช้งาน และเก็บข้อมูลจากผลการใช้งานจริง โครงการนี้ได้ดำเนินการเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดไว้ และเป็นโครงการที่มีนักศึกษาปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ร่วมทำโครงการด้วย โครงการนี้เป็นโครงการตัวอย่างที่นำเครื่องจักรเก่ามาปรับปรุงให้ทำงานได้มากขึ้น สามารถลดเวลาและแรงงานที่ใช้ในการทำงานลักษณะเดียวกันโดยไม่ต้องซื้อเครื่องจักรใหม่ที่ราคาแพง และทั้งเครื่องจักรเก่าหรือขายไปในราคาถูก การพัฒนาโครงการนี้มีประโยชน์ในวงกว้าง เพราะเครื่องกลึงมีใช้งานทั่วไป

โดยเฉพาะในโรงงานขนาดเล็ก แม้กระทั่งโรงงานห้องแถว การที่สามารถสร้างอุปกรณ์เสริมและมีระบบควบคุมอัตโนมัติ เท่ากับว่าเรามีขีดความสามารถในการพัฒนาเครื่องกลึง ซึ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานให้สามารถทำงานเฉพาะอย่างตามที่ต้องการได้

2.4 โครงการย่อย Transfer Line (TRF 6/3/TRFLINE)

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาเครื่อง Transfer Line โดยรวมเอาการทำงาน 3 เครื่องจักรและ 3 ขั้นตอนมาไว้ในเครื่องจักรชุดเดียว และมีกลไกในการขนถ่ายชิ้นงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งสามารถเพิ่มผลการผลิต ประหยัดเวลาการขนถ่ายชิ้นงานมาที่เครื่องจักรต่างๆ ประหยัดแรงงาน ค่าใช้จ่าย และลดเนื้อที่ในการผลิต

การดำเนินงานตามโครงการนี้ทาง SUE เป็นผู้ออกแบบระบบ Transfer Line และทีมงานทั้งหมดช่วยให้คำแนะนำ ในการจัดสร้างเครื่อง Transfer Line บางส่วนก็ใช้เครื่องจักรเก่าของโรงงานมาปรับปรุง และจ้างผู้รับเหมาจัดสร้าง ซึ่งขณะนี้ได้จัดสร้างเครื่องต้นแบบเรียบร้อยแล้ว แม้ว่าจะต้องมีการแก้ไขในบางจุด และต้องประสบกับปัญหาอุปสรรคอย่างมากในการตั้งระดับเครื่อง การตั้งศูนย์ และการตั้งระยะการขนย้ายชิ้นงาน ซึ่งต้องการความละเอียดแม่นยำสูงระดับไมครอน ซึ่งไม่ใช่เรื่องง่าย แต่ทีมวิศวกรของ SUE ก็มีความสามารถที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวเหล่านี้ให้ลุล่วงไปได้ การทดสอบเครื่องต้นแบบในการผลิตชิ้นงานยังทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควร ต้องแก้ไขปรับปรุงให้มีความแม่นยำสูงขึ้น ต้องใช้เวลาอีกระยะหนึ่ง เพราะการทำชิ้นส่วนต้องใช้ช่างฝีมือที่เชี่ยวชาญ

ปัญหาของโครงการนี้ นอกจากเรื่องความยากของงานแล้ว ทาง SUE ยังประสบกับปัญหาการขาดกำลังคน และการลาออกของพนักงาน พนักงานที่เข้ามาปฏิบัติงานต่อก็ต้องใช้เวลาศึกษา และยังมีปัญหาเกี่ยวกับราคาจ้างงานซึ่งจากเศรษฐกิจในปัจจุบัน ทำให้ราคาจ้างสูงขึ้น ส่งผลให้ต้องมีการประมูลราคาและเปลี่ยนผู้รับเหมาใหม่ ซึ่งก็มีส่วนทำให้งานล่าช้าไป

โครงการนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ SUE ที่สามารถพัฒนาเครื่องจักรขึ้นมาใช้เอง จากความรู้และประสบการณ์ เครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นมานี้ไม่ได้เป็นการลอกเลียนเครื่องจักรจากบริษัทแม่ที่ญี่ปุ่น แต่เป็นการคิดและออกแบบเพื่อใช้ในสายงานผลิตของตนเอง

2.5 โครงการย่อย Automatic Part Feeder and Caulking (TRF 6/4/FEDCLK)

การดำเนินงานของโครงการนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาเครื่องจักรในสายการผลิตโดยการจัดสร้างเครื่องป้อนชิ้นงานผ่านระบบแมกกาซีน เข้าสู่ Jig ระบบเครื่องย้ำชิ้นงาน ระบบตัดแปะเกลียว และอุปกรณ์เอาชิ้นงานออกจาก Jig เพื่อเพิ่มความปลอดภัย ลดความเครียดในการปฏิบัติงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

ในการดำเนินงานได้ออกแบบและจัดสร้างเครื่องป้อน เครื่องย้ำชิ้นงานอัตโนมัติ และเครื่องตัดแปะเกลียวอัตโนมัติ พร้อมทั้งส่วนประกอบต่างๆ แล้วนำมาประกอบติดตั้งโปรแกรมควบคุมการทำงาน และทดสอบการใช้งาน

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน คือการออกแบบเครื่องจักร ในช่วงแรกมีปัญหาในการสรุปแบบของเครื่องจักรที่จะจัดสร้าง เนื่องจากตามแผนงานเดิมจะออกแบบสร้างเครื่องป้อน ย้ำชิ้นงานอัตโนมัติ และนำชิ้นงานออกจากเครื่องย้ำชิ้นงานเท่านั้น ต่อมาได้มีการ

เปลี่ยนแปลงโดยการเพิ่มการด้าปเกลียวที่แผ่นยึด 2 รู ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลง ส่วนอื่นๆ ที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงคือ แบบ Jig เดิมชิ้นงานที่เป็นแผ่นยึดไม่มีรูที่กำหนดตำแหน่งจับยึดชิ้นงาน ต่อมาได้เปลี่ยนแบบจิกให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่มีรูกำหนดตำแหน่งในการจับยึดชิ้นงาน ส่วนระบบป้อนชิ้นงานทั้ง 2 แบบ คือ ป้อนหมุดย้ำและป้อนแผ่น ได้ใช้ระบบแมกกาซีน แต่ก็ปลอดภัยมากกว่าการป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักรในระบบเดิม โครงการนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของทีมงานในการออกแบบเครื่องจักรเพื่อลดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดเล็ก การออกแบบเครื่องจักรจึงมีความซับซ้อน ต้องการความแม่นยำสูง

2.6 โครงการ Thermoforming of Inner Liner of Refrigerator (TRF 6/5/THERM)

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาชุดควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการผลิตถังในตู้เย็น ให้สามารถแสดงผลค่าอุณหภูมิในเชิงกราฟฟิค เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสะดวกแก่การควบคุมอุณหภูมิของเตา และสามารถปรับลดความหนาของแผ่นวัสดุ เพื่อลดต้นทุนการผลิตลงได้

โครงการนี้ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว โดยแต่แรกได้ทดลองติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิในสายงานผลิตจริงที่โรงงาน SUE อุดมสุข หลังจากนั้นได้ย้ายไปติดตั้งที่โรงงาน กบินทร์บุรี หลังจากที่ได้ทดสอบและปรับระบบควบคุมจนใช้ได้แล้ว ทาง SUE ก็ได้ดำเนินการผลิตโดยใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัตินี้เรื่อยมา ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2540 ซึ่งหลังจากการใช้งานมาได้ระยะหนึ่ง ทาง TDO ก็ได้ไปประเมินโครงการ โดยสำรวจความพึงพอใจของพนักงาน ตั้งแต่ระดับผู้บริหาร หัวหน้างาน จนถึงผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งสรุปว่ามีความพอใจในการใช้ระบบควบคุมแบบใหม่นี้มากกว่าระบบเดิม และจากการเก็บตัวเลขข้อมูลของเสียจากการขึ้นรูป ก็พบว่าเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบควบคุมใหม่นี้ สามารถลดของเสียในกระบวนการผลิตลงได้

ผลสำเร็จของโครงการนี้ จึงเป็นตัวอย่างที่น่าพอใจของการพยายามพัฒนาเครื่องจักรเก่า ให้ใช้งานได้ดีขึ้น แทนการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่ ซึ่งนอกจากต้องสูญเสียเงินตราต่างประเทศจำนวนมากแล้วพนักงานซึ่งมีความคุ้นเคยกับเครื่องจักรเก่า ก็ไม่ต้องใช้เวลาในการศึกษาการใช้งานมากนัก และยังสามารรถเข้าใจระบบการทำงาน การซ่อมบำรุง ซึ่งทาง SUE สามารถทำได้เอง โดยไม่ต้องรอการซ่อมบำรุง และชิ้นส่วนอะไหล่จากต่างประเทศ จุดเด่นของโครงการนี้คือสามารถจำลองวิธีการผลิตโดยช่างผู้ชำนาญการมาสู่การผลิตโดยการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้ลดภาระอันหนักของช่างไปได้เกือบหมด ช่างเพียงแค่คอยตรวจสอบระบบ ซึ่งก็ได้พัฒนาให้ง่ายต่อการปรับแต่งและควบคุมกว่าเดิมมาก เรียกได้ว่าทีมงานประสบความสำเร็จในการวางระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยไม่ต้องเลียนแบบเครื่องจักรของต่างประเทศ

รายละเอียดของการจัดทำโครงการ ได้สรุปไว้ในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งเป็นรายงานฉบับสมบูรณ์

3. อุปสรรคในการดำเนินงาน

1. การดำเนินงานของทุกโครงการได้มีการขยายขอบข่ายของงานออกไปมาก เนื่องจากต้องทำให้เป็นที่พอใจของผู้ใช้ จากการปรึกษาหารือกันโดยตลอด ทำให้มีการปรับปรุงรูปแบบของเครื่องต้นแบบที่ดีกว่าที่เสนอไว้มาก เพื่อสนองความต้องการของผู้ปฏิบัติงาน ทีมงานวิจัยจึงพยายามปรับปรุงให้ดีที่สุด เพื่อให้ใช้งานได้จริง ๆ มิฉะนั้นผลงานก็จะไม่นำไปใช้

2. เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ทำขึ้นเอง ต้องการช่างฝีมือที่ทำงานได้ละเอียด ซึ่งช่างที่มีฝีมือหายาก และไม่ยอมรับงาน เนื่องจากมีงานอื่นล้นมืออยู่แล้ว ประเทศไทยยังขาดเครื่องจักร อุปกรณ์ และช่างที่สามารถทำงานละเอียด ทำให้ต้องแก้ไขงานอยู่ตลอดเวลา
3. การทำเครื่องต้นแบบจากเครื่องจักรเก่าทำได้ลำบาก โดยเฉพาะสำหรับเครื่องที่ต้องการความแม่นยำระดับไมครอน เนื่องจากเครื่องจักรเก่าสึกหรอไปมาก และมักไม่สมบูรณ์ การปรับแต่งจึงเป็นงานที่ยุ่งยากและซับซ้อน
4. อุปสรรคจากสภาพปัญหาเศรษฐกิจ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงราคาวัสดุ และการจ้างเหมางาน ทำให้ต้องมีการสืบราคาจากหลายแห่งมากขึ้น หรือต้องเปลี่ยนผู้รับเหมา ซึ่งมีผลทำให้โครงการต้องล่าช้า ประกอบกับการทำงานที่ต้องเน้นการประหยัด ทำให้บางครั้งงานขาดประสิทธิภาพและความคล่องตัว เช่นการจ้างงานนอกเวลา และการเบิกจ่ายเงิน ซึ่งมีความเข้มงวดขึ้นมาก
5. การย้ายโรงงาน และเครื่องจักรไปกบินทร์บุรี ทำให้การประสานงานยุ่งยากขึ้น การรับส่งข้อมูลไม่รวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายในการทำงานจากการเดินทางไปปฏิบัติงานมากขึ้น
6. การลาออกของพนักงานและนักวิจัย ทำให้ขาดความต่อเนื่องในการทำงาน ผู้ที่มารับงานใหม่ขาดความชำนาญ ต้องใช้เวลาในการศึกษางานและจำนวนคนทำงานลดลง ทำให้การทำงานต้องล่าช้าในหลายส่วน

จากผลงานของทั้ง 5 โครงการนี้รวมกัน ได้สร้างขีดความสามารถทางเทคโนโลยีของทีมงานวิจัยที่ครอบคลุมในหลายสาขา ทั้งเครื่องกล ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ ทำให้งานการสร้างเครื่องจักร อุปกรณ์ ระบบควบคุม ระบบถ่ายโอนข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาสายงานผลิตให้เชื่อมโยงกันได้ ทีมงานสามารถออกแบบสร้างเครื่องจักรอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับสายงานผลิตได้ ความรู้และประสบการณ์จากการวิจัยและพัฒนาโดยการสนับสนุนของ สกว. ได้ยกระดับความสามารถทางเทคโนโลยีให้ SUE พึ่งตนเองทางเทคโนโลยีขึ้นมาได้อีกระดับหนึ่ง ทำให้ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ต่อไปการขยายงานและการปรับปรุงกระบวนการผลิต SUE มีขีดความสามารถที่จะทำได้เองระดับหนึ่ง ไม่จำเป็นต้องซื้อเทคโนโลยีในรูปแบบ Turnkey เพราะ SUE สามารถเลือกซื้อเฉพาะส่วนที่จำเป็น โดยไม่ต้องซื้อทั้งระบบซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง และยังเป็นภาระประหยัดเงินตรา ลดการเสียเปรียบดุลการค้าด้วย

ผลสำเร็จของการทำโครงการนี้อีกประการหนึ่งคือ ทำให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างหน่วยวิจัยในภาครัฐคือ KMUTT, CMU, ITK และนักวิจัยของเอกชนคือ TPO และ SUE ให้สามารถทำงานกันเป็นทีม มีการแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ ประสบการณ์ มีการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มีนักศึกษาเข้ามาฝึกงานโดยช่วยทำโครงการในระหว่างปิดภาคเรียน ดังนั้นจากจุดเริ่มของ 5 โครงการนี้ได้สร้างความร่วมมือโดยมีโครงการย่อยๆ เพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าอีกหลายโครงการ แม้โครงการนี้จะสิ้นสุดลงแต่ความร่วมมือในระหว่างหน่วยงานต่างๆ ยังคงดำเนินต่อไป เพียงแต่ว่าขณะนี้ภาวะเศรษฐกิจยังไม่เอื้ออำนวยที่จะให้ SUE ขยายงานด้านการวิจัยและพัฒนา เมื่อมีความพร้อม SUE ก็คงจะมีโครงการใหม่ๆ เพิ่มขึ้นอีกเป็นจำนวนมาก เพราะขณะนี้

มีโครงสร้างที่ดีสำหรับพัฒนาโครงการได้หลากหลาย และมีทีมงานที่มีความรู้และประสบการณ์
มากกว่าเมื่อ 2 ปีที่แล้วมาก

ลงนาม Op. Dham
ผู้ประสานงานโครงการ
วันที่ 28 เมษายน 2561

โครงการ Digital Air Micrometer Gauge

TRF 6/1/AMICRO

โครงการ Digital Air Micrometer Gauge TRF 6/1/AMICRO

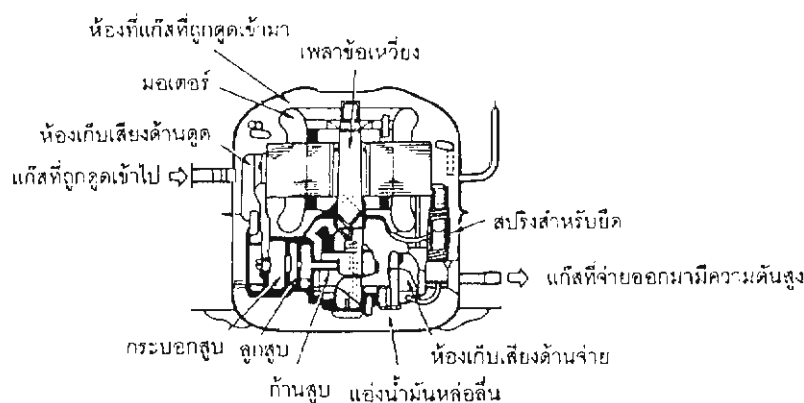
สรุปโครงการ

ในกระบวนการผลิตตู้เย็น คอมเพรสเซอร์เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญอย่างมาก ชิ้นส่วนต่างๆ ของคอมเพรสเซอร์จะต้องได้ขนาดและสัดส่วนตามมาตรฐาน กระบอกลูกสูบอัดความดันหรือสไลเดอร์ เป็นชิ้นส่วนหนึ่งซึ่งต้องมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างละเอียดโดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน แต่เดิมบริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล อิเล็กทริก จำกัด (มหาชน) จะตรวจสอบเส้นผ่าศูนย์กลางของสไลเดอร์ ด้วย Air Micrometer โดยอาศัยหลักการวัดอัตราการไหลของลม และเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากชิ้นงานมาตรฐาน โดยอ่านค่าที่วัดได้จากลูกกลิ้งให้อยู่ในช่วงขอบเขตบนและขอบเขตล่างที่กำหนดไว้ เครื่องวัดนี้จึงเป็นการตรวจสอบแบบผ่าน-ไม่ผ่าน (pass-fail) ที่ละชิ้นไม่สามารถทราบค่าการกระจายของชิ้นงานรวมทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถนำผลการวัดไปใช้ประโยชน์ทางด้านควบคุมการผลิตได้

โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องแสดงผลและบันทึกค่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของสไลเดอร์ โดยเปลี่ยนการวัดอัตราการไหลของลมให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อให้สามารถประมวลได้ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการนี้ คือได้เครื่องมือวัดที่มีความสามารถวัดค่าได้ละเอียดยิ่งขึ้น สามารถแสดงค่าที่วัดได้เป็นตัวเลข และเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพการผลิตสินค้าต่อไปได้ อีกทั้งยังเป็นการสร้างเครื่องมือวัดที่เป็นเทคโนโลยีของไทย และกำลังเตรียมการเพื่อจดสิทธิบัตรในฐานะผลงานวิจัยของคนไทย

บทนำ

การพัฒนาเทคโนโลยี มีความจำเป็นต่ออุตสาหกรรมในประเทศ เพราะจะทำให้ประเทศไทยสามารถแข่งขันกับประเทศต่างๆได้ บริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล อิเล็กทริก จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ผลิตตู้เย็นทั้งส่งออกและขายในประเทศ เป็นผู้ผลิตที่จำหน่ายได้เป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย สามารถผลิตชิ้นส่วนทั้งหมดของตู้เย็นได้ด้วยวัสดุพื้นฐานในประเทศ แต่เครื่องมือวัดที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพต้องสั่งซื้อมาจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพงและไม่สามารถอ่านค่าในระบบดิจิทัล โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาเครื่องมือวัดที่มีประสิทธิภาพ และสามารถขยายผลการใช้งานให้สามารถบันทึก ประมวลผล และเชื่อมโยงไปยังระบบควบคุมในสายงานการผลิตได้มากขึ้น



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบภายในคอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์เป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญของตู้เย็น อายุการใช้งานของตู้เย็นจะขึ้นอยู่กับการสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งมีส่วนประกอบมากมาย ดังรูปที่ 1 แต่ละส่วนจะต้องได้ขนาดและสัดส่วนตามมาตรฐาน และเนื่องจากกลไกมีลักษณะเป็นกระบอกลูกสูบอัดความดัน การผลิตในส่วนนี้จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างละเอียดโดยมีความแตกต่างของชิ้นงานในแต่ละส่วนอยู่ในระดับไมโครเมตร เครื่องโฟล์ไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์ (Flow Type Air Micrometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกลูกสูบของคอมเพรสเซอร์ สามารถแยกความแตกต่างอยู่ระหว่าง 4 - 5 ไมโครเมตร ใช้ในการตรวจสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสไลเดอร์ (slider) อาศัยหลักการวัดอัตราการไหลของลม แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากชิ้นงานมาตรฐาน โดยมีลูกลอยแสดงค่าความแตกต่างของเส้นผ่าศูนย์กลางของสไลเดอร์กับชิ้นงานมาตรฐาน ที่ตัวเครื่องจะมีตัวแสดงตำแหน่ง (marker) ของค่าขอบเขตบน (upper limit) และค่าขอบเขตล่าง (lower limit) ผู้ใช้งานเพียงแต่คอยดูให้ลูกลอยอยู่ในช่วงระหว่างค่าขอบเขตบนและขอบเขตล่างโดยปรับแต่งจนชิ้นงานนั้นใช้ได้ ดังนั้นในแต่ละวันผู้ควบคุมการผลิตจะทราบเพียงจำนวนของชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบ (pass) และจำนวนชิ้นงานที่ไม่ผ่านการตรวจสอบ (fail) ไม่สามารถทราบค่าการกระจายข้อมูลของชิ้นงานว่า

ส่วนใหญ่อยู่ใกล้ค่าขอบเขตบนหรือค่าขอบเขตล่าง ไม่สามารถบันทึกและประมวลผลข้อมูลในระบบดิจิทัล ทำให้ไม่สามารถใช้ข้อมูลที่ปฏิบัติงานอยู่มาควบคุมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการนี้ได้สร้างเครื่องมือที่ใช้แสดงผลและบันทึกค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของสไลเดอร์ ข้อมูลที่ได้จะบอกถึงจำนวนที่ผลิตได้ทั้งหมด จำนวนของชิ้นงานที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐาน ต่อวันว่ามีจำนวนเท่าไร และที่สำคัญคือค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานที่วัดได้สามารถส่งผ่านไปยังคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ทอนุกรม และสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อการควบคุมคุณภาพของชิ้นงานให้อยู่ในมาตรฐานได้ ดังนั้นจากเดิมที่เป็นเครื่องตรวจสอบชิ้นงานธรรมดา สามารถเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง เพื่อบริหารการผลิตทั้งระบบได้

การดำเนินงานวิจัยเริ่มจากศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนของคอมเพรสเซอร์โดยเฉพาะสไลเดอร์ (slider) วิธีการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างละเอียดโดยใช้เครื่องโพลีโทปแอร์ไมโครมิเตอร์ และหลักการทำงานของเครื่อง จากนั้นได้ศึกษาวิธีการที่จะเปลี่ยนการวัดอัตราการไหลของลมให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า แล้วนำสัญญาณที่ได้มาประมวลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ออกแบบวงจรรวมทั้งหมด โดยมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 30,000 ข้อมูล ส่วนแสดงผลแบบแท่ง (Bargraph Display) ส่วนแสดงผลแบบตัวเลขและส่วนแสดงผลแบบ LCD (Liquid Crystal Display) โดยสามารถแสดงข้อความต่างๆเพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับการใช้งานได้อย่างสะดวก หลังจากที่ได้สร้างเครื่องต้นแบบเสร็จแล้ว ได้ทดสอบการใช้งานและทำการทดลองเพื่อกำหนดคุณลักษณะของเครื่องได้แก่ ค่าความเป็นเชิงเส้นของการวัด (Linearity) ช่วงการวัดของเครื่อง (Range) และค่าความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญของเครื่องมือ และจะดำเนินการจดสิทธิบัตรงานวิจัยนี้ต่อไป เพื่อให้เป็นผลงานประดิษฐ์ของคนไทย

สารบัญ

	หน้า
1. หลักการทำงาน	1-5
1.1 หลักการทำงานของเครื่อง Flow Type Air Micrometer	1-5
1.2 การเชื่อมต่อเครื่อง Digital Air Micrometer เข้ากับ เครื่อง Flow Type Air Micrometer	1-7
1.3 หลักการทำงานของเครื่อง Digital Air Micrometer	1-8
2. การออกแบบและพัฒนา	1-9
2.1 ชุดแปลงอัตราการไหลของลมและจัดรูปสัญญาณ	1-9
2.2 ส่วนแปลงค่าข้อมูลนาลอกเป็นข้อมูลดิจิทัล	1-10
2.3 ส่วนรับข้อมูลด้วยสวิทช์	1-10
2.4 ส่วนแสดงผลตัวเลขด้วย 7 เซกเมนต์	1-10
2.5 ส่วนแสดงผลแบบแท่ง	1-10
2.6 ส่วนแสดงผลด้วยจอ LCD	1-10
2.7 ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรม	1-11
2.8 หน่วยความจำ	1-11
2.9 วงจรขยายสัญญาณเสียงขนาดเล็ก	1-11
3. การทดสอบการทำงานและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	1-11
3.1 เครื่องปรับเทียบมาตรฐานของแอร์ไมโครมิเตอร์	1-11
3.2 การทดลองเพื่อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง	1-12
3.2.1 ความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้นของเครื่อง	1-13
3.2.2 ช่วงการวัดของเครื่อง	1-14
3.2.3 ความสามารถในการวัดแบบซ้ำ	1-16
3.3 สรุปผลการทดลอง	1-17
4. สรุปโครงการ	1-18
5. ภาคผนวก	
5.1 Firmware (Program Listing)	
5.2 Circuit Diagram	
5.3 Specification	
6. คู่มือการใช้งาน	

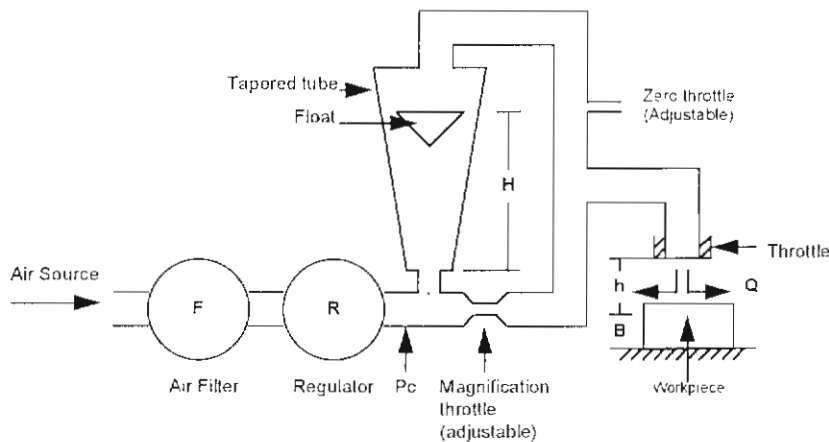
1. หลักการทำงาน

1.1 การทำงานของเครื่อง Flow Type Air Micrometer

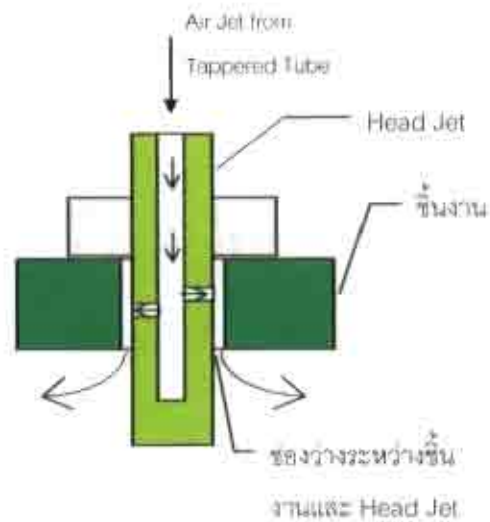
เครื่อง Flow Type Air Micrometer นี้ได้ออกแบบให้สามารถวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานได้อย่างแม่นยำ โดยการแปลงค่าเส้นผ่าศูนย์กลางที่แตกต่างกันให้อยู่ในรูปของลมที่มี Flow Rate ที่แตกต่างกันและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานจะสัมพันธ์กับ Flow Rate ที่เกิดขึ้น

จากรูปที่ 1.1 ก่อนที่จะนำลมจากแหล่งกำเนิดลมมาใช้งานจะต้องทำให้สะอาดโดยนำมาผ่าน Air Filter เสียก่อน และควบคุมให้มีความดันคงที่โดยอาศัยชุด Regulator หลังจากนั้นลมที่ได้จะถูกส่งเข้าไปยัง Tapered Tube และออกไปยังปลาย Nozzle ของ Gauge Head ความสูงของลูกลอย (H) จะสัมพันธ์กับ Flow Rate (Q) จาก Nozzle ซึ่งจะสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับ Nozzle (h) อีกทีหนึ่ง ดังนั้น H จะสัมพันธ์กับ h ด้วย การเปลี่ยนแปลงของ H จะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของ h และสามารถอ่านค่าของ h ได้จากความสูงของลูกลอย

ส่วนประกอบโฟลไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของเครื่อง Flow Type Air Micrometer



รูปที่ 1.2 แสดงทิศทางของกระแสลมใน Head Jet กับชิ้นงาน

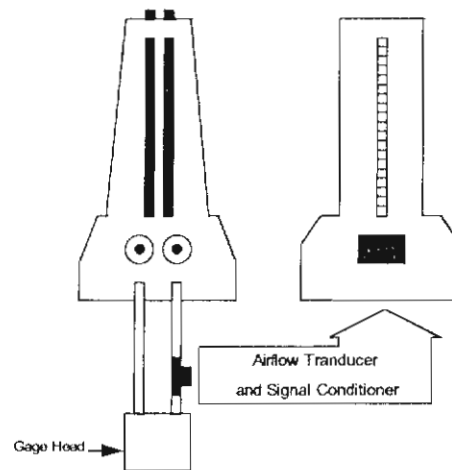
คุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง Flow Type Air Micrometer

1. Indication Range	44	um.
2. Effective Indication Range	30	um.
3. Scale Interval	1.0	um.
4. Scale Spacing	4	mm.
5. Air Source Pressure	3-7	kgf/cm ²

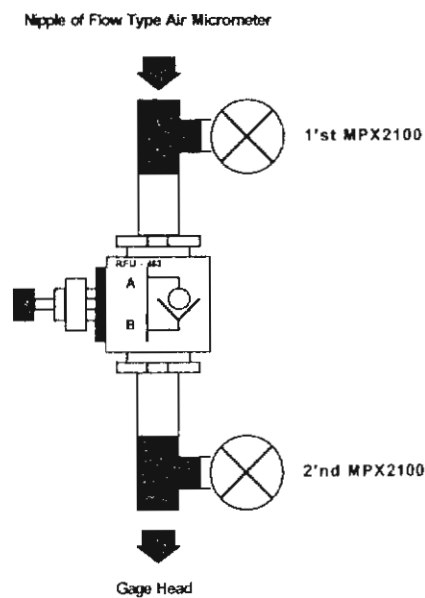


รูปที่ 1.3 ลักษณะของเครื่อง Flow Type Air Micrometer และ Headjet

1.2 การเชื่อมต่อเครื่อง Digital Air Micrometer เข้ากับเครื่อง Flow Type Air Micrometer



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.4 (ก) การใช้งานเครื่อง Digital Air Micrometer ควบคู่กับเครื่อง

Flow Type Air Micrometer

(ข) ส่วนที่ใช้ในการวัด Flow Rate

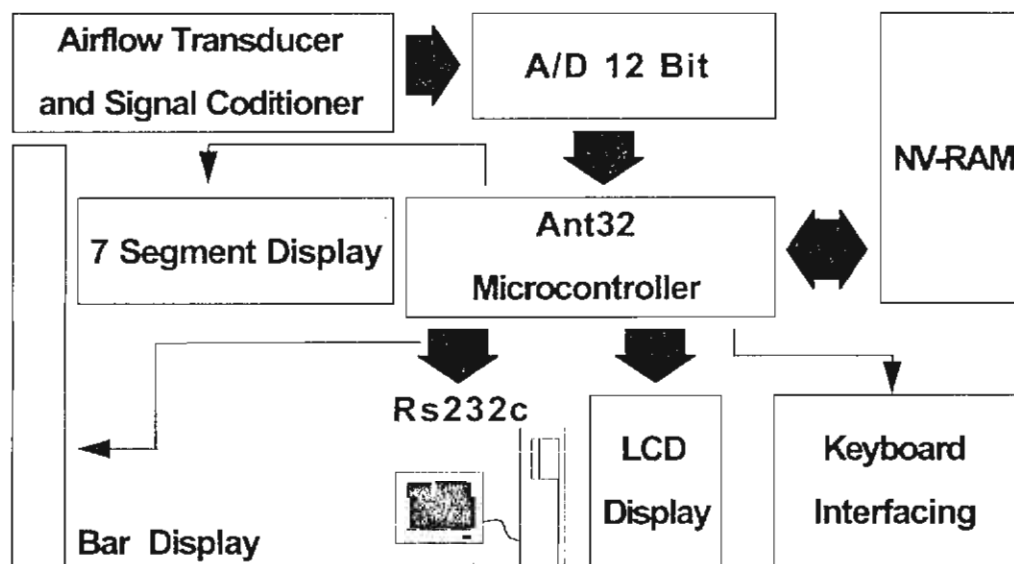
การใช้งานเครื่อง Digital Air Micrometer นั้นถูกออกแบบให้ทำงานควบคู่กับเครื่อง Flow Type Air Micrometer ที่มีใช้อยู่แล้วในสายการผลิต ดังแสดงในรูป 1.4ก. เนื่องจากความสัมพันธ์ของระยะ h เกี่ยวข้องกับความสูงของลูกกลอย H โดยเหตุผลที่ว่าระยะ h ดังกล่าวจะทำให้ Flow Rate เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงได้ออกแบบส่วนที่ใช้สำหรับวัด Flow Rate ขึ้นเพื่อแปลงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า และใช้เป็นอินพุทของเครื่อง Digital Air Micrometer ได้

ส่วนที่ใช้สำหรับวัด Flow Rate นี้จัดเป็น Transducer แบบหนึ่งซึ่งประกอบด้วย Pressure Sensor 2 ตัว ต่ออยู่กับปลายทั้งสองข้างของ Needle Valve ดังรูปที่ 1.4 ข. ส่วนปลายที่เหลือของ Pressure Sensor จะถูกต่อเข้ากับ Gage Head และ Nipple ของเครื่อง Flow Type Air Micrometer ซึ่งจะเห็นว่าชุดวัดดังกล่าวจะถูกนำไปติดตั้งไว้ โดยมีทิศทางการไหลของลมจาก Pressure Sensor ตัวที่ 1 ผ่าน Needle Valve ไปยัง Pressure Sensor ตัวที่ 2

การวัดในลักษณะนี้ จะต้องทำการปรับ Needle Valve เพื่อให้เกิดความแตกต่างของ Flow Rate ทางด้านขาเข้าและขาออก เมื่อ Flow Rate ต่างกันนั้นหมายถึง ความดันที่ตำแหน่งทั้งสองจะไม่เท่ากันด้วย ดังนั้นเมื่อแปลงเป็นค่าทางไฟฟ้าจะทำให้ได้ค่าเป็นผลต่างของความต่างศักย์ (V) ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Slider

การปรับ Needle Valve นั้นต้องปรับให้เกิดผลต่างของความดันที่เหมาะสมและรบกวนระบบน้อยที่สุด

1.3 หลักการทำงานของเครื่อง Digital Air Micrometer



รูปที่ 1.5 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่อง Digital Air Micrometer

Digital Air Micrometer ได้รับการออกแบบให้สามารถบันทึกค่า และแสดงค่าผลต่างของเส้นผ่าศูนย์กลางจากค่ามาตรฐานล่างของ Slider โดยอาศัยการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8032 ในการสั่งงานและประมวลผล หลักการทำงานคือ จากชุดวัด Flow Rate ค่าความดันลมในตำแหน่งทั้งสองที่ต่างกันจะถูกเปลี่ยนให้เป็นค่าผลต่างของความต่างศักย์ และถูกขยายด้วยวงจรจัดรูปสัญญาณ (Signal Conditioner) เพื่อให้ได้ระดับที่เหมาะสมสำหรับเป็นอินพุตของ A/D ขนาด 12 บิต ดังนั้นในการแปลงค่าแต่ละครั้งก็จะได้ข้อมูลขนาด 12 บิต ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาประมวลผลและแสดงออกมาเป็นตัวเลขที่ส่วนแสดงผลแบบ 7 Segment ค่าที่อ่านออกมาอยู่ในหน่วยของไมครอน (ทศนิยม 1 ตำแหน่ง) และแสดงค่าระดับของข้อมูลในขณะนั้นด้วย Bar Display ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับลูกกลิ้งในเครื่อง Flow Type Air Micrometer

ข้อมูลแต่ละค่าจะถูกบันทึกลงในหน่วยความจำและสามารถติดต่อข้อมูลในหน่วยความจำผ่านทางพอร์ตอนุกรมของ PC ได้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์เชิงคุณภาพต่อไป

2. การออกแบบและพัฒนา

เครื่อง Digital Air Micrometer ประกอบด้วย

- ชุดแปลงอัตราการไหลของลมและจัดรูปสัญญาณ (Airflow Transducer and Signal Conditioner)
- ส่วนแปลงค่าข้อมูลอนาลอกเป็นข้อมูลดิจิทัล (A/D Converter)
- ส่วนรับข้อมูลด้วยสวิตช์ (Keyboard Interfacing)
- ส่วนแสดงผลแบบตัวเลขแบบ 7 เซกเมนต์ (7 Segment Display)
- ส่วนแสดงผลแบบแท่ง (Bar Display)
- ส่วนแสดงผลด้วยจอ LCD (Liquid Crystal Display)
- ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรม (Serial Communication)
- หน่วยความจำ (Memory)
- วงจรขยายสัญญาณเสียงขนาดเล็ก (Sound Amplifier Circuit)

2.1 ชุดแปลงอัตราการไหลของลมและจัดรูปสัญญาณ

ในส่วนนี้ถือเป็นหัวใจสำคัญของระบบทั้งหมด เนื่องจากทำหน้าที่ในการแปลงอัตราการไหลของลมให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เลือกใช้ Pressure Sensor รุ่น MPX 2100 Series (0-14.5 PSI) เนื่องจากค่าแรงดันลมในตำแหน่งใช้งานมีค่าประมาณ 9-10 PSI อัตราขยายผลต่างของความดันที่เกิดขึ้นระหว่าง Pressure Sensor ทั้งสองตัวนี้ขึ้นอยู่กับการทำงานของ Needle Valve ซึ่งการปรับระดับของวาล์วดังกล่าวจะต้องปรับให้ได้ผลต่างความดันที่เหมาะสม และรบกวนระบบของเครื่อง Flow Type Air Micrometer น้อยที่สุด ค่าผลต่างของความดันที่ได้จะถูกนำมาแปลงให้เป็นผลต่างของความต่างศักย์และจัดรูปสัญญาณดังกล่าวให้เหมาะสมสำหรับให้เป็นอินพุตของ A/D อีกทีหนึ่ง

2.2 ส่วนแปลงค่าข้อมูลอนาลอกเป็นข้อมูลดิจิทัล (A/D Converter)

ผลต่างของความต่างศักย์จะถูกนำมาแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัลขนาด 12 บิต เลือกใช้ไอซีเบอร์ ICL7109 12 Bit Binary Dual Slope Integrating Analog to Digital Converter Resolution เท่ากับ $1/4096$ สามารถรับค่าอินพุตได้ในช่วง 0–4.096 โวลต์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ 1 มิลลิโวลต์ จะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล 1 บิต

2.3 ส่วนรับข้อมูลด้วยสวิทช์ (Keyboard Interfacing)

สำหรับการป้อนข้อมูลและการเลือกโหมดในการทำงานนั้น จะเชื่อมต่อโดยใช้สวิทช์แบบ SPST จำนวน 7 ตัว ควบคุมการทำงานโดยไอซีเบอร์ 74C922 16 Key Encoder ฟังก์ชันในการทำงานของสวิทช์ทั้งหมดประกอบด้วย

ฟังก์ชัน Set	- สำหรับตั้งค่าเริ่มต้นจากตัวมาตรฐาน
ฟังก์ชัน Record	- สำหรับเข้าสู่โหมดในการบันทึกข้อมูล
ฟังก์ชัน up	- สำหรับ เพิ่มค่าข้อมูล
ฟังก์ชัน down	- สำหรับลดค่าข้อมูล
ฟังก์ชัน Enter	- สำหรับยอมรับค่าข้อมูล
ฟังก์ชัน Send	- สำหรับส่งข้อมูลจากหน่วยความจำให้กับ PC
ฟังก์ชัน Foot Button	- สำหรับยอมรับค่าในการบันทึก

2.4 ส่วนแสดงผลตัวเลขด้วย 7 เซกเมนต์ (7 Segment Display)

การแสดงผลข้อมูลผลต่างของเส้นผ่าศูนย์กลางจากค่ามาตรฐานล่าง ให้กับผู้ใช้งานได้ทราบนั้น แสดงผลด้วยหลอด LED 7 เซกเมนต์ ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 4 หลัก ควบคุมการทำงานด้วยไอซีเบอร์ MAX7219 ค่าข้อมูลจะอยู่ในหน่วยของไมครอน ทศนิยม 1 ตำแหน่ง (ความละเอียด 0.1 ไมครอน)

2.5 ส่วนแสดงผลแบบแท่ง (Bar Display)

การแสดงระดับของแรงดันด้วยส่วนแสดงผลแบบแท่งนี้เปรียบเทียบกับการทำงานของลูกกลอยที่อยู่ใน Tube ของเครื่อง Flow Type Air Micrometer ออกแบบการขยายพอร์ตสำหรับผู้ใช้งานในลักษณะ Memory Mapping หรือมองเป็นหน่วยความจำซึ่งในที่นี้ต้องการพอร์ตใช้งานขนาด 8 บิต จำนวน 16 พอร์ต จึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ 8255 จำนวน 6 ตัว ซึ่งจะทำให้ได้บิตเอาต์พุตทั้งหมด 128 บิต เพื่อนำไปต่อกับ LED 2 สี (สีเขียวและสีแดง) จำนวน 64 ดวง

เหตุผลที่ต้องใช้ LED 2 สี นั้นเนื่องจากสีแดงจะถูกใช้เป็น Marker สำหรับแทนตำแหน่ง Lower Pointer และ Upper Pointer ส่วนสีเขียวนี้จะแทนลูกกลอยซึ่งเปลี่ยนระดับขึ้นลงตามแรงดันลม สำหรับการเปลี่ยนแปลงระดับของ LED สีเขียวนั้นออกแบบให้เปลี่ยนแปลงในลักษณะวงขึ้น 1 ดวงต่อความต่างศักย์อินพุตที่เพิ่มขึ้น 2 มิลลิโวลต์

2.6 ส่วนแสดงผลด้วยจอ LCD (LCD Display)

บน ANT32 Microcontroller Board ได้ออกแบบ LCD Port เป็นแบบ Memory Mapping สำหรับใช้งานเอาไว้แล้ว ดังนั้นจึงสามารถต่อ LCD Module ได้ทันที LCD Module ที่

เลือกใช้เป็นรุ่น DMCT61 ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด ลักษณะตัวอักษรเป็นแบบ Dot Matrix การแสดงผลด้วยจอ LCD นี้ จะทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจลำดับขั้นตอนการทำงานและทราบสถานะการทำงานของเครื่องได้ง่ายขึ้น

2.7 ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรม (Serial Communication)

ในการเข้าถึงข้อมูลภายในหน่วยความจำนั้น อาศัยการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมระหว่าง CPU 8032 กับ PC ด้วยมาตรฐาน RS232C ซึ่งใช้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที

2.8 หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำที่ใช้เป็นหน่วยความจำชนิด NV-RAM สามารถบันทึกข้อมูลขนาด 8 บิตได้ 30 kbyte หรือประมาณ 30,000 ข้อมูล และสำหรับข้อมูลค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของ Slider นั้น เป็นข้อมูลขนาด 2 Byte ดังนั้นจึงสามารถบันทึกข้อมูลได้สูงสุด 15,000 ข้อมูล

2.9 วงจรขยายสัญญาณเสียงขนาดเล็ก (Sound Amplifier Circuit)

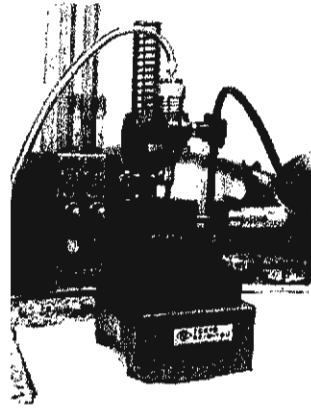
เพื่อตอบสนองการนำสวิตช์แต่ละครั้ง จึงได้ออกแบบวงจรขยายสัญญาณเสียงขนาดเล็กโดยใช้ไอซีเบอร์ LM386 เชื่อมต่อกับลำโพงอิเล็กทรอนิกส์ โดยทุกครั้งที่มีการกดสวิตช์เสียงจะดังขึ้น

3. การทดสอบการทำงานและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

เครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมจำเป็นจะต้องมีความแม่นยำตลอดช่วงการใช้งาน หรือถ้าเครื่องมือดังกล่าวมีความผิดพลาดในการวัด ผู้ใช้เครื่องมือจำเป็นจะต้องทราบถึงค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดของเครื่องนั้นๆ ดังนั้นเครื่องมือวัดทุกเครื่องจึงต้องมีระยะเวลาในการปรับเทียบ (Calibration) อย่างสม่ำเสมอ เครื่องดิจิทัลแอลเอไมโครมิเตอร์นอกจากเป็นเครื่องบันทึกข้อมูลแล้วยังมีส่วนของการวัด ซึ่งจะต้องมีการปรับเทียบด้วยเช่นกัน การปรับเทียบในส่วนนี้จะใช้วิธีการเดียวกันกับการปรับเทียบของเครื่องโฟลไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์ ซึ่งจะทำให้เราทราบลักษณะเฉพาะของเครื่อง ได้แก่ ความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้น และช่วงการวัดของเครื่อง สุดท้ายได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อตรวจสอบความสามารถในการวัดซ้ำของเครื่อง

3.1 เครื่องปรับเทียบมาตรฐานของแอร์ไมโครมิเตอร์

เครื่องปรับเทียบมาตรฐานของแอร์ไมโครมิเตอร์อาศัยหลักการควบคุมการไหลของลมโดยใช้ไมโครมิเตอร์ซึ่งมีความละเอียดในการวัด 0.02 ไมโครเมตร เลื่อนแท่นที่จะปิดช่องลมของ Headjet ระยะที่แท่นเลื่อนไปด้วยการหมุนไมโครมิเตอร์จะสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างแท่นกับ Headjet ดังนั้นขณะทำการปรับเทียบผู้ใช้สามารถอ่านค่าจากไมโครมิเตอร์ เปรียบเทียบกับตำแหน่งของลูกกลิ้งในท่อลมของเครื่องแอร์ไมโครมิเตอร์ ลักษณะของเครื่องปรับเทียบของโฟลไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์แสดงในรูปที่ 3.1

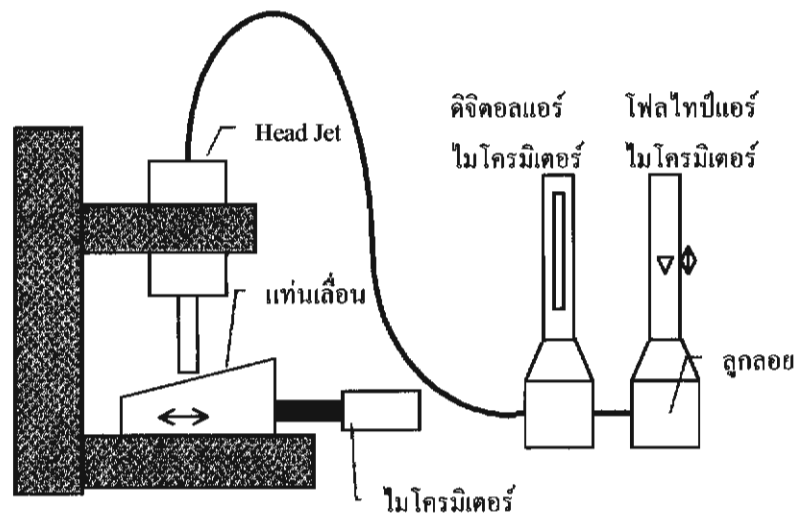


รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของเครื่องสอบเทียบมาตรฐานของเครื่องแอร์ไมโครมิเตอร์

3.2 การทดลองเพื่อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง

เนื่องจากเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ได้รับการออกแบบให้ทำงานร่วมกับเครื่องไฟล์ไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์ ดังนั้นในการทดลองส่วนนี้ซึ่งจะวัดข้อมูลเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องปรับเทียบมาตรฐาน(calibrator) โดยจัดการทดลองดังรูปที่ 3.2

การทดลองจะแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ การทดลองหาความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้น และการทดลองหาช่วงการใช้งานของเครื่อง



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการปรับเทียบของทั้งเครื่องไฟล์ไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์
และเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์

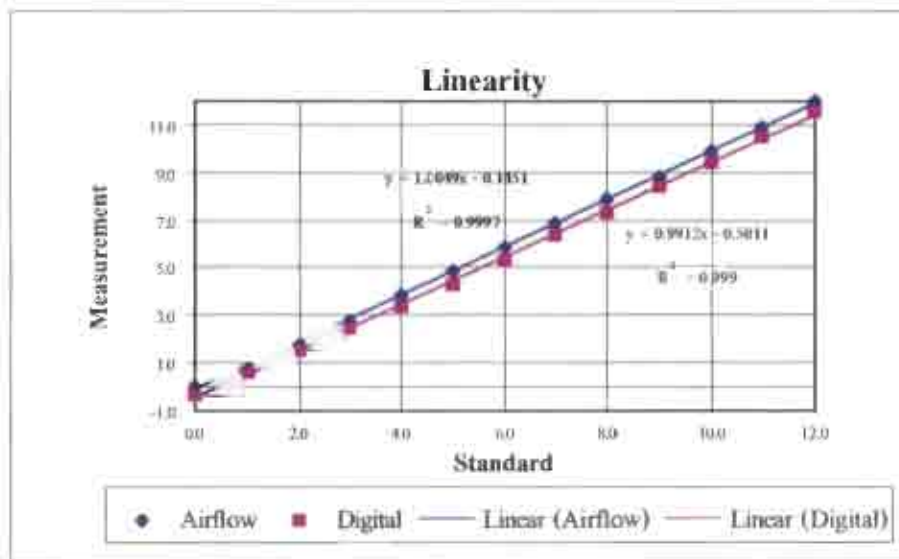
3.2.1 ความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้นของเครื่อง (Linearity)

จัดการทดลองดังรูปที่ 3.1 ปรับเทียบเครื่องฟลว์ไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์ให้เข้ากับเครื่องปรับเทียบมาตรฐาน หลังจากนั้นกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ให้กับเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ หมุนไมโครมิเตอร์มาที่ตำแหน่ง 0 อ่านค่าจากเครื่องฟลว์ไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์ และเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์บันทึกผลการวัด เลื่อนตำแหน่งของไมโครมิเตอร์ขึ้นครั้งละ 1 ไมโครเมตร พร้อมกับการอ่านค่าและบันทึกผลการทดลองจนค่าอ่านได้ 12 ไมโครเมตร แล้วเลื่อนตำแหน่งของไมโครมิเตอร์ลงทีละ 1 ไมโครเมตร บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองตอนเลื่อนขึ้น ทำการทดลองซ้ำเดิม 5 ครั้ง นำผลการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 1 แล้วนำค่าดังกล่าวไปทำกราฟดังรูปที่ 3.3 คำนวณหาค่าเส้นแนวโน้ม (Trend Line) ของแต่ละเครื่อง

ผลการทดลอง

Calibrator	Airflow	Digital
0.0	0.0	-0.3
1.0	0.8	0.6
2.0	1.8	1.5
3.0	2.8	2.4
4.0	3.9	3.4
5.0	4.9	4.3
6.0	5.9	5.3
7.0	6.9	6.4
8.0	7.9	7.3
9.0	8.8	8.4
10.0	9.9	9.4
11.0	10.9	10.5
12.0	12.0	11.6

ตารางที่ 1



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของเครื่องฟอล์โทปแอร์ไมโครมิเตอร์
และเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์

จากการคำนวณได้สมการเชิงเส้นของเครื่องฟอล์โทปแอร์ไมโครมิเตอร์

$$Y = 1.0049X - 0.1451 ; R^2 = 0.999$$

และสมการเชิงเส้นของเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์

$$Y = 0.9912X - 0.5011 ; R^2 = 0.999$$

3.2.2 ช่วงการวัดของเครื่อง(Range)

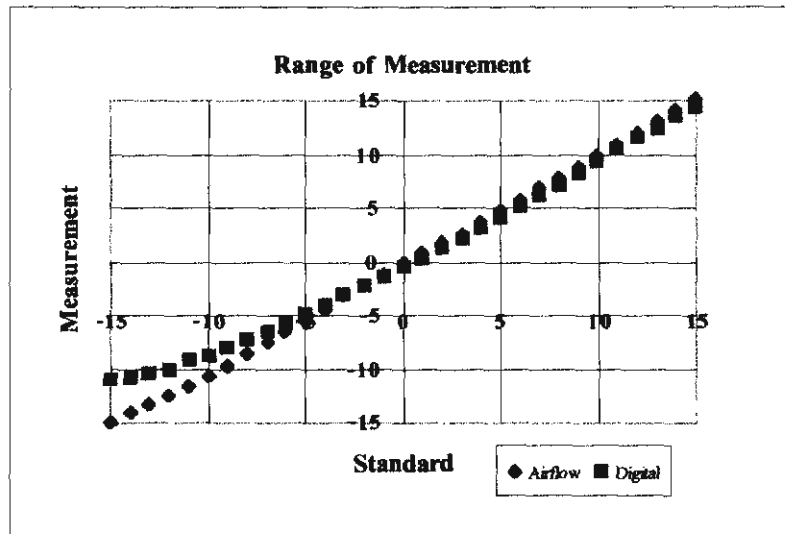
ทำการทดลองเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.2.1 แต่ขยายช่วงเป็น -15 ถึง 15 ไมโครเมตร

หาค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 2 นำค่าที่ได้ไปทำกราฟดังรูปที่ 3.4

ผลการทดลอง

Calibrator	ค่าเฉลี่ย	
	Anflow	Digital
15.0	15.3	14.4
14.0	14.2	13.5
13.0	13.1	12.4
12.0	12.0	11.6
11.0	10.9	10.5
10.0	9.9	9.4
9.0	8.8	8.3
8.0	7.8	7.2
7.0	6.8	6.1
6.0	5.8	5.2
5.0	4.8	4.2
4.0	3.7	3.1
3.0	2.6	2.3
2.0	1.8	1.3
1.0	0.9	0.4
0.0	-0.1	-0.5
-1.0	-1.2	-1.5
-2.0	-2.2	-2.3
-3.0	-3.2	-3.2
-4.0	-4.4	-4.0
-5.0	-5.6	-4.9
-6.0	-6.5	-5.7
-7.0	-7.5	-6.5
-8.0	-8.5	-7.3
-9.0	-9.7	-8.1
-10.0	-10.7	-8.7
-11.0	-11.7	-9.2
-12.0	-12.6	-10.2
-13.0	-13.3	-10.5
-14.0	-14.2	-10.9
-15.0	-15.0	-11.1

ตารางที่ 2



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงช่วงการใช้งานของเครื่องแอร์ไมโครมิเตอร์
และเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์

3.2.3 ความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability)

ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ในด้านความสามารถในการวัดซ้ำ โดยใช้ upper และ lower master ซึ่งมีค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 14.0196 เซนติเมตร และ 14.0092 เซนติเมตร ตามลำดับ ชิ้นงานทั้งสองมีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกัน 10.4 ไมโครเมตร ทำการวัดชิ้นงานทั้งสองจำนวนสิบครั้ง ที่เวลาต่างๆ กัน คือ 8:00 10:00 12:00 และ 16:00 ทำการทดลองซ้ำเดิมในวันที่สอง นำผลการทดลองทั้งสองวันมาคำนวณผลทางสถิติได้แก่ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละเวลา (Avg.) ค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยกับ master (diff.) ค่าสูงสุด (Max) ค่าต่ำสุด (Min) ในการวัดที่เวลานั้นๆ และสุดท้ายคือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std. Div.) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ผลการทดลอง

Statistical Analysis													
Date/Time		Master		Digital					AirFlow				
				Avg.	Diff.	Max	Min	Std Div	Avg.	Diff.	Max	Min	Std Div
20-Aug-97	8:00	Upper	10.4	10.5	-0.1	11	10.4	0.20	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0	0.07	0.0	0.0	0	0	0.00
	10:00	Upper	10.4	10.7	-0.3	10.8	10.5	0.11	10.5	-0.1	10.5	10.5	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.0	0.0	0	0	0.00
	12:00	Upper	10.4	10.7	-0.3	10.9	10.5	0.11	10.9	-0.5	11	10.5	0.21
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.3	-0.3	0.5	0	0.26
	16:00	Upper	10.4	10.9	-0.5	10.9	10.9	0.00	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.5	-0.5	0.5	0.2	0.09
22-Aug-97	8:00	Upper	10.4	10.4	0.0	10.4	10.4	0.00	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.0	0.0	0	0	0.00
	10:00	Upper	10.4	11.0	-0.6	11	10.8	0.08	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.5	-0.5	0.5	0.5	0.00
	12:00	Upper	10.4	9.9	0.5	9.9	9.9	0.00	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.5	-0.5	0.5	0.5	0.00
	16:00	Upper	10.4	10.9	-0.5	10.9	10.9	0.00	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.5	-0.5	0.5	0	0.16

ตารางที่ 3

3.3 สรุปผลการทดลอง

จากการตรวจสอบความสามารถในการวัดของเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ทำให้ทราบคุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง คือความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้น ปรากฏว่าเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ในช่วงของการวัดระหว่าง 0-12 ไมครอน มีค่า offset ประมาณ 0.5 ไมครอน มีค่า $R^2 = 0.999$ แสดงว่ามีความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้นดีมาก ในการทดลองหาช่วงการใช้งาน ทำให้ทราบว่าช่วงการใช้งานที่เครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ยังมีความเป็นเชิงเส้นอยู่ คือ ระหว่าง -5 ถึง 15 ไมโครเมตร ส่วนความสามารถในการวัดซ้ำ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ เครื่องไฟล์โทปแอร์ไมโครมิเตอร์มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0-0.26 เครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.20

4. สรุปโครงการ

โครงการนี้ได้สร้างเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ให้สามารถแสดงผลและบันทึกข้อมูลของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของ slider โดยใช้งานร่วมกับเครื่องแอร์ไมโครมิเตอร์ในแบบเดิม มีส่วนแสดงผล 3 ส่วนคือ ส่วนแสดงผลแบบตัวเลขที่บอกถึงค่าผลต่างจากค่าขอบเขตล่างในหน่วยไมโครเมตร ส่วนแสดงผลแบบแท่ง (Bar display) ซึ่งใช้ LED (Light Emitting Diode) แบบ 2 สี โดยสีแดงแสดงตำแหน่งของค่าขอบเขตบนและล่าง ส่วนสีเขียวแสดงค่าจากการวัด และส่วนแสดงผลแบบ LCD (Liquid Crystal Display) ซึ่งจะช่วยในการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ให้กับเครื่อง มีหน่วยความจำที่สามารถบันทึกข้อมูลขนาด 8 บิตได้ถึง 30,000 ข้อมูล และสามารถส่งข้อมูลที่บันทึกไว้ไปยังคอมพิวเตอร์ในอัตราการส่ง 9,600 ข้อมูลต่อวินาทีทางพอร์ตอนุกรม ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อการปรับปรุงคุณภาพการผลิต

จากการตรวจสอบเพื่อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ ได้ช่วงการใช้งานที่เหมาะสมคือ -5 ถึง 15 ไมครอน ค่าความเป็นเชิงเส้นในการวัดระหว่าง 0 ถึง 12 ไมครอน โดยมีค่า offset 0.5 ไมครอน และผลการทดสอบการวัดซ้ำมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0-0.20 ไมครอน

เทคโนโลยีสำคัญที่ได้จากโครงการนี้ได้แก่ เซนเซอร์แปลงอัตราการไหลของลมให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เนื่องจากหลักการวัดดังกล่าวใช้เทคนิคที่แตกต่างจากเดิมที่มีใช้กันอยู่ และมีความสามารถในการวัดที่ดีกว่า คือสามารถแยกความแตกต่างของอัตราการไหลของลมที่แตกต่างกันน้อยมากๆ ทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์นี้กับเครื่องมือวัดอื่นๆ เช่น เครื่องวัดอัตราการไหลของลมที่สามารถอ่านค่าเป็นดิจิตอลได้ หรือใช้เป็นเซนเซอร์ตรวจสอบอัตราการไหลของปริมาณออกซิเจนในระบบที่ต้องการศึกษาเป็นต้น ขณะนี้กำลังดำเนินการจดสิทธิบัตรการประดิษฐ์ในฐานะผลงานวิจัยของคนไทย

ภาคผนวก 5.1
FIRMWARE (PROGRAM LISTING)


```

;TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE [TDO]
;PROGRAM    AIR MICROMETER GAUGE VERSION1.0
;HARDWARE   [ANT32]
;BY MR.EKKAMOL NILARCHA
;EPROM 27C256

LCD_INS      EQU    0FA00H      ;ADDRESS FOR INSTRUCTION OF LCD MODULE
LCD_WR       EQU    0FA02H      ;ADDRESS FOR WRITING LCD MODULE
LCD_RD       EQU    0FA03H      ;ADDRESS FOR READING LCD MODULE
PORT_A1      EQU    0F800H      ;PORT A OF 8255 #1
PORT_B1      EQU    0F801H      ;PORT B OF 8255 #1
PORT_C1      EQU    0F802H      ;PORT C OF 8255 #1
CONTRL_PORT1 EQU    0F803H      ;CONTROL PORT OF 8255 #1
CONTRL_WR    EQU    00090H      ;CONTROL CODE
                                ;PORT A-INPUT,PORT B-OUTPUT,PORT C-OUTPUT

BEGIN_DATA_HI EQU    0BFFAH
BEGIN_DATA_LO EQU    0BFFDH
KEEP_DATA     EQU    0C000H
PA1           EQU    0FF00H
PB1           EQU    0FF01H
PC1           EQU    0FF02H
CTRLP_1       EQU    0FF03H
PA2           EQU    0FF10H
PB2           EQU    0FF11H
PC2           EQU    0FF12H
CTRLP_2       EQU    0FF13H
PA3           EQU    0FF20H
PB3           EQU    0FF21H
PC3           EQU    0FF22H
CTRLP_3       EQU    0FF23H
PA4           EQU    0FF30H
PB4           EQU    0FF31H
PC4           EQU    0FF32H
CTRLP_4       EQU    0FF33H
PA5           EQU    0FF40H
PB5           EQU    0FF41H
PC5           EQU    0FF42H
CTRLP_5       EQU    0FF43H
PA6           EQU    0FF50H
PB6           EQU    0FF51H
PC6           EQU    0FF52H
CTRLP_6       EQU    0FF53H
CTRL_WR       EQU    80H
BUFFER1       EQU    22H

```

BUFFER2	EQU	23H	
BUFFER3	EQU	24H	
BUFFER4	EQU	25H	
BUFFER5	EQU	26H	
BUFFER6	EQU	27H	
BUFFER7	EQU	28H	
BUFFER8	EQU	29H	
BUFFER9	EQU	30H	
BUFFER10	EQU	31H	
BUFFER11	EQU	32H	
BUFFER12	EQU	37H	
BUFFER13	EQU	38H	
BUFFER14	EQU	39H	
BUFFER15	EQU	3AH	
BUFFER16	EQU	3BH	
HIGH_BUFFER1	EQU	10H	;REGISTER BUFFER FOR LCD MODULE
LOW_BUFFER1	EQU	11H	;REGISTER BUFFER FOR LCD MODULE
HIGH_BUFFER2	EQU	12H	;REGISTER BUFFER FOR LCD MODULE
LOW_BUFFER2	EQU	13H	;REGISTER BUFFER FOR LCD MODULE
INC_POINTER1	EQU	14H	;POINTER FOR FIRST LOOP
INC_POINTER2	EQU	15H	;POINTER FOR SECOND LOOP
INC_POINTER3	EQU	16H	;POINTER FOR THIRD LOOP
INC_POINTER4	EQU	17H	;POINTER FOR FORTH LOOP
COUNT_HIGH	EQU	18H	;KEEP DATA FOR CALCULATE
COUNT_LOW	EQU	19H	;KEEP DATA FOR CALCULATE
BPP	EQU	1AH	;FOR SOUND BEEP
FULL_ADD1	EQU	1DH	
FULL_ADD2	EQU	1EH	
DELTA_STD	EQU	61H	
HIGHBYTE1	EQU	2AH	
LOWBYTE1	EQU	2BH	
HIGHBYTE2	EQU	2CH	
LOWBYTE2	EQU	2DH	
HIGHBYTE3	EQU	0AH	
LOWBYTE3	EQU	0BH	
ANS_H	EQU	2EH	
ANS_L	EQU	2FH	
CHK_COUNT1	EQU	0CH	
CHK_COUNT2	EQU	0DH	
DELTA_RESULT	EQU	60H	
EOS	EQU	0EH	
CR	EQU	0AH	
LF	EQU	0DH	

XL EQU 52H
XH EQU 53H
YL EQU 54H
YH EQU 55H
Z0 EQU 56H
Z1 EQU 57H
Z2 EQU 58H
Z3 EQU 59H
ZL EQU 5AH
ZH EQU 5BH
ZOV EQU 09H

;;;;;;;;;;;;;;;; START PROGRAM ;;;;;;;;;;;;;;;;;;

ORG 0000H
LCALL DELAY
MOV INC_POINTER1,#00H ;SET BEGINING VALUE
MOV INC_POINTER2,#00H ;SET BEGINING VALUE
MOV INC_POINTER3,#00H ;SET BEGINING VALUE
MOV INC_POINTER4,#00H ;SET BEGINING VALUE
CLR 01H ;FOR LOOP STATUS
CLR 02H ;FOR LOOP STATUS
CLR 03H ;FOR LOOP STATUS
CLR 04H ;FOR LOOP STATUS
CLR 08H ;FOR CHECK STATUS OF RECORDING
CLR 0FH ;FOR MEMORY STATUS
CLR P3.4
CLR P3.5
MOV COUNT_HIGH,#00H ;COUNTER (FOR READ TO BE INPUT)

MOV SP,#62H ;SET STAG ON 60H
LCALL INIT_RS232
LCALL INIT_8255 ;INITIAL PORT 8255
LCALL INIT_8255X6
LCALL CLEAR_B
LCALL INIT_7219 ;INITIAL 7219 LED DISPLAY DRIVER
LCALL DISP_LINE
LCALL CLEAR ;CLEAR LCD MODULE
LCALL INIT_LCD ;\INITIAL LCD MUDULE
LCALL TITLE ;TITLE "AIR MICROMETER"
LCALL LCM ;DISPLAY LCD MODULE
LCALL RUN_ADC ;RUN A/D 7109
MAIN1: LCALL GET_KEY ;GET KEYBOARD
LCALL DELAY ;DELAY 130 MSEC
KEY_SET: CJNE A,#00H,MAIN1 ;CHECK SET KEY

```

SET_LOW:      LCALL SET_LOWER
              LCALL LCM
              LCALL INIT_8255X6
              LCALL CLEAR_B
;////////////////////////////////////
              LCALL FIX_LOW
              LCALL DISPLAY_RED
;////////////////////////////////////
              LCALL DISP_0000
              LCALL RUN_ADC          ;RUN A/D 7109
              LCALL LOOP_BEEP1
              MOV COUNT_LOW,#00H
KEY_ENTER2:   LCALL GET_KEY
              CJNE A,#04H,KEY_ENTER2
              LCALL GET_DIGIT
              MOV HIGHBYTE1,R0
              MOV LOWBYTE1,R1
              LCALL RUN_ADC
              MOV DPTR,#BEGIN_DATA_IO
              MOV A,R0
              MOVX @DPTR,A
              INC DPTR
              MOV A,R1
              MOVX @DPTR,A          ;DATA FROM ADC
              INC DPTR
              MOV A,COUNT_LOW
              MOVX @DPTR,A          ;DATA FROM KEYBOARD
;READ DATA FROM LCD AND BLINK ALL
              LCALL READ_IN
              PUSH 50H
              PUSH 51H
              PUSH 52H
              PUSH 53H
              PUSH 54H
              PUSH 55H
              PUSH 56H
              PUSH 57H
              PUSH 58H
              PUSH 59H
              PUSH 5AH
              PUSH 5BH
              PUSH 5CH
              PUSH 5DH

```

```

        PUSH 5EH
        PUSH 5FH
        LCALL SHUTDOWN
        LCALL BLANK
        LCALL LCM
        LCALL DELAY
        LCALL NORMAL
;////////////////////////////////////
        LCALL CLEAR_B
        LCALL DISPLAY_RED
        LCALL DELAY_B
        LCALL FIX_LOW
        LCALL DISPLAY_RED
;////////////////////////////////////
        POP 5FH
        POP 5EH
        POP 5DH
        POP 5CH
        POP 5BH
        POP 5AH
        POP 59H
        POP 58H
        POP 57H
        POP 56H
        POP 55H
        POP 54H
        POP 53H
        POP 52H
        POP 51H
        POP 50H
        LCALL WRITE_OUT
        LCALL LOOP_BEEPI
        LCALL RUN_ADC                ;RUN A/D 7109
SET_UP:  LCALL SET_UPPER            ;"SET_UPPER: 000.0"
        LCALL LCM                  ;DISPLAY LCD MODULE
        LCALL SHUTDOWN
        LCALL DELAY
        LCALL NORMAL
        LCALL DISP_0000            ;DISPLAY 7 SEGMENT 000.0
        LCALL RUN_ADC                ;RUN A/D 7109
CHECK_INC: LCALL GET_KEY            ;GET KEYBOARD
        CJNE A,#02H,CHECK_DEC        ;CHECK INC KEY
        LCALL INCREASE              ;INCREMENT COUNTER

```

```

        LCALL CHECK_POINTER_INC      ;CHECK POINTER VALUE
        LCALL KEY_INC                ;DISPLAY INCREMENT
;DISPLAY NUMBER TO 7 SEGMENT
        LCALL DISP_COUNTER
        LCALL RUN_ADC                ;RUN A/D 7109
        MOV BPP,#8
        LCALL BEEP
        SJMP CHECK_INC
CHECK_DEC:  PUSH 0E0H
           MOV A,COUNT_HIGH
           CJNE A,#00H,GOO
           POP 0E0H
           SJMP PRESS_ENTERI
GOO:       POP 0E0H
           CJNE A,#06H,PRESS_ENTERI
           LCALL DECREASE
           LCALL CHECK_POINTER_DEC
           LCALL KEY_DEC
;DISPLAY NUMBER TO 7 SEGMENT
           LCALL DISP_COUNTER
           LCALL RUN_ADC                ;RUN A/D 7109
           MOV BPP,#8
           LCALL BEEP
           SJMP CHECK_INC
PRESS_ENTERI: CJNE A,#04H,CHECK_INC
              MOV DPTR,#BEGIN_DATA_III
              INC DPTR
              INC DPTR
              MOV A,COUNT_HIGH
              MOVX @DPTR,A
;READ DATA FROM LCD AND BLINK ALL
           LCALL READ_IN
           PUSH 50H
           PUSH 51H
           PUSH 52H
           PUSH 53H
           PUSH 54H
           PUSH 55H
           PUSH 56H
           PUSH 57H
           PUSH 58H
           PUSH 59H
           PUSH 5AH

```

```
PUSH 5BH
PUSH 5CH
PUSH 5DH
PUSH 5EH
PUSH 5FH
LCALL SHUTDOWN
LCALL BLANK
LCALL LCM
LCALL NORMAL
POP 5FH
POP 5EH
POP 5DH
POP 5CH
POP 5BH
POP 5AH
POP 59H
POP 58H
POP 57H
POP 56H
POP 55H
POP 54H
POP 53H
POP 52H
POP 51H
POP 50H
LCALL WRITE_OUT
LCALL LOOP_BEEP1
LCALL RUN_ADC           ;RUN A/D 7109
LCALL PLACE_STANDARD
LCALL LCM
WAIT_ENTER:  LCALL GET_KEYB
              CJNE A,#04H,WAIT_ENTER
              LCALL GET_DIGIT           ;GET DIGITAL DATA FROM ADC
              LCALL PICK_HIGH
              LCALL RUN_ADC
              MOV DPTR,#BEGIN_DATA_HI
              MOV A,R0
              MOVX @DPTR,A
              INC DPTR
              MOV A,R1
              MOVX @DPTR,A           ;DATA FROM ADC
              LCALL BLANK
              LCALL LCM
```

```
LCALL DELAY
PUSH 22H
PUSH 23H
PUSH 24H
PUSH 25H
PUSH 26H
PUSH 27H
PUSH 28H
PUSH 29H
;////////////////////////////////////
LCALL FIX_LOW
LCALL DISPLAY_RED
LCALL DELAY_B
POP 29H
POP 28H
POP 27H
POP 26H
POP 25H
POP 24H
POP 23H
POP 22H
LCALL DISPLAY_RED
;////////////////////////////////////
LCALL LOOP_BEEP1
LCALL RUN_ADC ;RUN A/D 7109
LCALL READY_TO_WORK
LCALL LCM
;////////////////////////////////////
;*****
CAL: MOV XL,LOWBYTE3
MOV YL,LOWBYTE1
MOV XH,HIGHBYTE3
MOV YH,HIGHBYTE1
LCALL SUB16
MOV DELTA_STD,ZL
RUN_3KEY: MOV DPTR,#KEEP_DATA ;SET ADDRESS FOR RECORDING
PUSH DPH
PUSH DPL
CHECK_3KEY: LCALL GET_KEY1
LCALL DELAY
CREC: JB 08H,CF
CJNE A,#01H,CF
SETB 08H
```



```
LCALL RECORD
LCALL LCM
LCALL LOOP_BEEP1
CF: JNB 08H,CS
CJNE A,#03H,CS
;LOOP FOR WORK [FOOT BUTTON]
LCALL GET_DIGIT
LCALL RUN_ADC
POP DPL
POP DPH
MOV A,R0
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,R1
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
PUSH DPH
PUSH DPL
LCALL BLINK
POP DPL
POP DPH
MOV CHK_COUNT1,DPH
MOV CHK_COUNT2,DPL
PUSH DPH
PUSH DPL
LCALL COUNTER
MOV BPP,#10
LCALL BEEP
CS: CJNE A,#05H,CSU
CLR 08H
LCALL SEND
LCALL LCM
LCALL LOOP_BEEP1
;LOOP FOR SEND DATA TO PC
LCALL HEAD
POP DPL
POP DPH
MOV 52H,DPH
MOV 53H,DPL
PUSH DPH
PUSH DPL
CLR 09H
MOV R7,#1
```

```
MOV DPTR,#BEGIN_DATA_HI
MOV A,#01H
LCALL SEND_SERIAL
LCALL COPY
CSU:    CJNE A,#00H,CHECK_F
        LCALL CLEAR_DATA
        LCALL CLEAR_B
        LCALL DELAY
        LCALL DELAY
        LCALL DELAY
        LJMP SET_LOW
CHECK_F: POP DPL
        POP DPH
        MOV 08H,DPH
        MOV 09H,DPL
        PUSH DPH
        PUSH DPL
        LCALL CHECK_FULL
        JNB 0FH,GOGO
KLOOP:  LCALL GET_KEY2
        LCALL DELAY
        CJNE A,#05H,KLOOP
        CLR 08H
        CLR 0FH
        LCALL FLOW_DAT
        LJMP RUN_3KEY
GOGO:   LJMP CHECK_3KEY
;////////////////////////////////////
COPY:   MOVX A,@DPTR
        LCALL SEND_ASCII
        INC DPTR
        MOV 50H,DPH
        MOV 51H,DPL
        MOV A,50H
        CJNE A,#0BFH,CONT
        MOV A,51H
        CJNE A,#0FCH,CONT
        LCALL COMMA
CONT:   MOV A,50H
        CJNE A,#0BFH,CONTI
        MOV A,51H
        CJNE A,#0FDH,CONTI
        LCALL COMMA
```

```
CONTI:      MOV A,50H
            CJNE A,#0BFH,CONTIN
            MOV A,51H
            CJNE A,#0FFH,CONTIN
            LCALL COMMA
CONTIN:     MOV A,50H
            CJNE A,#0C0H,CONTINU
            MOV A,51H
            CJNE A,#00H,CONTINU
            LCALL ENTER
            SETB 09H
CONTINU:    JNB 09H,COPY
            MOV A,51H
            CJNE A,53H,CHECK_COMMA
            MOV A,50H
            CJNE A,52H,CHECK_COMMA
            MOV A,#04H
            LCALL SEND_SERIAL
            LCALL READY_TO_WORK
            LCALL LCM
            MOV BPP,#10
            LCALL BEEP
            LCALL ENTER
            RET
CHECK_COMMA: INC R7
            CJNE R7,#2,COPY
            MOV R7,#0
            CLR 0AH
            LCALL CHECK_9006H
            JB 0AH,NO_COMMA
            LCALL COMMA
NO_COMMA:   LJMP COPY
ENTER:      MOV A,#0DH
            LCALL SEND_SERIAL
            MOV A,#0AH
            LCALL SEND_SERIAL
            RET
COMMA:      MOV A,'#'
            LCALL SEND_SERIAL
            RET
CHECK_9006H: MOV A,50H
            CJNE A,#0C0H,RRET
```

```

MOV A,51H
CJNE A,#00H,RRET
SETB 0AH
RRET: RET
CHECK_FULL: MOV A,08H
CJNE A,#0F8H,BACK_
MOV A,09H
CJNE A,#00H,BACK_ ;ONLY ODD NUMBER[0,2,4,6,8]
MOV A,#'F'
LCALL SEND_SERIAL
MOV A,#'U'
LCALL SEND_SERIAL
MOV A,#'L'
LCALL SEND_SERIAL
MOV A,#'L'
LCALL SEND_SERIAL
LCALL ENTER
LCALL SEND_SERIAL
LCALL FULL
LCALL LCM
SETB 0FH
MOV BPP,#10
LCALL BEEP
LCALL DELAY
LCALL DELAY
BACK_: RET
BLINK: LCALL SHUTDOWN
LCALL BLANK
LCALL LCM
LCALL DELAY
LCALL NORMAL
LCALL RECORDING
LCALL LCM
RET
FLOW_DAT: LCALL SEND
LCALL LCM
LCALL LOOP_BEEP1
;LOOP FOR SEND DATA TO PC
MOV 52H,#0F8H ;THE LAST ADDRESS HIGH BYTE
MOV 53H,#00H ;THE LAST ADDRESS LOW BYTE
CLR 09H
MOV R7,#1
MOV DPTR,#BEGIN_DATA_HI

```

```
MOV A,#01H
LCALL SEND_SERIAL
LCALL COPY2
RET
COPY2: MOVX A,@DPTR
LCALL SEND_ASCII
INC DPTR
MOV 50H,DPH
MOV 51H,DPL
MOV A,50H
CJNE A,#0BFH,CONT2
MOV A,51H
CJNE A,#0FCH,CONT2
LCALL COMMA
CONT2: MOV A,50H
CJNE A,#0BFH,CONT12
MOV A,51H
CJNE A,#0FDH,CONT12
LCALL COMMA
CONT12: MOV A,50H
CJNE A,#0BFH,CONTIN2
MOV A,51H
CJNE A,#0FFH,CONTIN2
LCALL COMMA
CONTIN2: MOV A,50H
CJNE A,#0C0H,CONTINU2
MOV A,51H
CJNE A,#00H,CONTINU2
LCALL ENTER
SETB 09H
CONTINU2: JNB 09H,COPY2
MOV A,51H
CJNE A,53H,CHECK_COMMA2
MOV A,50H
CJNE A,52H,CHECK_COMMA2
MOV A,#04H
LCALL SEND_SERIAL
LCALL READY_TO_WORK
LCALL LCM
MOV BPP,#10
LCALL BEEP
LCALL ENTER
RET
```

[illegible]

```

INCREASE:      MOV A,COUNT_HIGH      ;INCREAMENT COUNTER
               INC A
               MOV COUNT_HIGH,A
               RET

DECREASE:      MOV A,COUNT_HIGH
               DEC A
               MOV COUNT_HIGH,A
               RET

CHECK_POINTER_INC: MOV A,INC_POINTER1 ;MEMORY POINTER
               INC A
               MOV INC_POINTER1,A
               CJNE A,#10,RETURN_1
               MOV INC_POINTER1,#00H
               SETB 01H
               MOV A,INC_POINTER2
               INC A
               MOV INC_POINTER2,A
               CJNE A,#10,RETURN_1
               MOV INC_POINTER2,#00H
               SETB 02H
               MOV A,INC_POINTER3
               INC A
               MOV INC_POINTER3,A
               CJNE A,#10,RETURN_1
               MOV INC_POINTER3,#00H
               SETB 03H
               MOV A,INC_POINTER4
               INC A
               MOV INC_POINTER4,A
               CJNE A,#10,RETURN_1
               MOV INC_POINTER4,#00H

RETURN_1:      RET

CHECK_POINTER_DEC:  JMP CHECK_1

CHECK_1:      MOV A,INC_POINTER1
               CJNE A,#00,RUN_DEC1
               MOV INC_POINTER1,#9

CHECK_2:      MOV A,INC_POINTER2
               CJNE A,#00,RUN_DEC2
               MOV INC_POINTER2,#9

CHECK_3:      MOV A,INC_POINTER3
               CJNE A,#00,RUN_DEC3
               MOV INC_POINTER3,#9

```

```

CHECK_4:    MOV A,INC_POINTER4
            CJNE A,#00,RUN_DEC4
            MOV INC_POINTER4,#9
            RET

RUN_DEC1:    MOV A,INC_POINTER1            ;MEMORY POINTER
            DEC A
            MOV INC_POINTER1,A
            CJNE A,#0,RETURN_2
            RET

RUN_DEC2:    MOV A,INC_POINTER2
            DEC A
            MOV INC_POINTER2,A
            CJNE A,#0,RETURN_2
            RET

RUN_DEC3:    MOV A,INC_POINTER3
            DEC A
            MOV INC_POINTER3,A
            CJNE A,#0,RETURN_2
            RET

RUN_DEC4:    MOV A,INC_POINTER4
            DEC A
            MOV INC_POINTER4,A
            CJNE A,#0,RETURN_2
            RET

RETURN_2:    RET

;////////////////////////////////////

KEY_INC:     JMP ONE

ONE:          MOV A,#0C7H
            LCALL STROBE
            MOV A,INC_POINTER1            ;OPEN TABLE
            MOV DPTR,#NUMBER
            MOVC A,@A+DPTR
            LCALL WR_ENABLE              ;WRITE DATA FOR INCREASE
            JB 01H,TWO
            RET

TWO:          LCALL DOT
            CLR 01H
            MOV A,#0C5H
            LCALL STROBE
            MOV A,INC_POINTER2
            MOV DPTR,#NUMBER
            MOVC A,@A+DPTR
            LCALL WR_ENABLE

```



```

        JB 02H,THREE
        RET
THREE:   CLR 02H
        MOV A,#0C4H
        LCALL STROBE
        MOV A,INC_POINTER3
        MOV DPTR,#NUMBER
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL WR_ENABLE
        JB 03H,FOUR
        RET
FOUR:   CLR 03H
        MOV A,#0C3H
        LCALL STROBE
        MOV A,INC_POINTER4
        MOV DPTR,#NUMBER
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL WR_ENABLE
        B 04H,OVER
        RET
OVER:   CLR 04H
        RET
NUMBER: DB "0123456789"
;////////////////////////////////////
KEY_DEC: NOP
FIRST:  MOV A,#0C7H
        LCALL STROBE
        MOV A,INC_POINTER1
        MOV DPTR,#NUMBER
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL WR_ENABLE           ;WRITE DATA FOR INCREASE
SECOND: MOV A,#0C5H
        LCALL STROBE
        MOV A,INC_POINTER2
        MOV DPTR,#NUMBER
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL WR_ENABLE           ;WRITE DATA FOR INCREASE
THIRD:  MOV A,#0C4H
        LCALL STROBE
        MOV A,INC_POINTER3
        MOV DPTR,#NUMBER
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL WR_ENABLE           ;WRITE DATA FOR INCREASE

```

P

```
MOV DPTR,#CONTRL_PORT1
MOVX @DPTR,A
RET

;///////////////////////////////// PORT 8255X6/////////////////////////////////
INIT_8255X6:    MOV DPTR,#CTRLP_1
                MOV A,#CTRL_WR
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#CTRLP_2
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#CTRLP_3
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#CTRLP_4
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#CTRLP_5
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#CTRLP_6
                MOVX @DPTR,A
                MOV R7,#00H
                DJNZ R7,$
                RET

;///////////////////////////////// CLEAR ///////////////////////////////////
CLEAR_B:       MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#00H
                MOV BUFFER5,#00H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                MOV BUFFER9,#00H
                MOV BUFFER10,#00H
                MOV BUFFER11,#00H
                MOV BUFFER12,#00H
                MOV BUFFER13,#00H
                MOV BUFFER14,#00H
                MOV BUFFER15,#00H
                MOV BUFFER16,#00H
                LCALL DISPLAY_RED
                LCALL DISPLAY_GREEN
                RET

;///////////////////////////////// LOW ///////////////////////////////////
FIX_LOW:       MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
```

```
MOV BUFFER3,#00H
MOV BUFFER4,#00H
MOV BUFFER5,#01H
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
```

```
;;;;;;;;;;;;;;;; RED ;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

```
DISPLAY_RED:  MOV DPTR,#PA1
               MOV A,BUFFER1
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PB1
               MOV A,BUFFER2
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PC1
               MOV A,BUFFER3
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PA2
               MOV A,BUFFER4
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PB2
               MOV A,BUFFER5
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PC2
               MOV A,BUFFER6
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PA3
               MOV A,BUFFER7
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PB3
               MOV A,BUFFER8
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               RET
```

```
;;;;;;;;;;;;;;;; GREEN ;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

```
DISPLAY_GREEN: MOV DPTR,#PA4
```

```
MOV A,BUFFER9
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PB4
MOV A,BUFFER10
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PC4
MOV A,BUFFER11
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PA5
MOV A,BUFFER12
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PB5
MOV A,BUFFER13
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PC5
MOV A,BUFFER14
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PA6
MOV A,BUFFER15
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PB6
MOV A,BUFFER16
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
RET
;//////////////////////////////// RUN RED-BAR //////////////////////////////////
RUN_HIGH:    CLR C
              MOV A,LOWBYTE2
              SUBB A,LOWBYTE1
              MOV ANS_L,A
              MOV A,HIGHBYTE2
              SUBB A,HIGHBYTE1
              MOV ANS_H,A
              CJNE A,#00H,CHECK_MINUS
              LJMP RUN_MVP
CHECK_MINUS: CJNE A,#0FFH,GO_OTHER
```

```
                LJMP RUN_MVM
GO_OTHER:      LJMP OTHER
;////////// RUN VOLT+ //////////
RUN_MVP:       LCALL RUN_REDP
                LCALL DISPLAY_RED
                RET
;//////////
RUN_REDP:       MOV A,ANS_L
MV0:           CJNE A,#00H,MV1
                SJMP SH1
MV1:           CJNE A,#01H,MV2
SH1:           MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#00H
                MOV BUFFER5,#01H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                RET
MV2:           CJNE A,#02H,MV3
                SJMP SH2
MV3:           CJNE A,#03H,MV4
SH2:           MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#00H
                MOV BUFFER5,#03H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                RET
MV4:           CJNE A,#04H,MV5
                SJMP SH3
MV5:           CJNE A,#05H,MV6
SH3:           MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#00H
                MOV BUFFER5,#05H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
```

```
RET
MV6:    CJNE A,#06H,MV7
        SJMP SH4
MV7:    CJNE A,#07H,MV8
SH4:    MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#09H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV8:    CJNE A,#08H,MV9
        SJMP SH5
MV9:    CJNE A,#09H,MV10
SH5:    MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#11H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV10:   CJNE A,#0AH,MV11
        SJMP SH6
MV11:   CJNE A,#0BH,MV12
SH6:    MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#21H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV12:   CJNE A,#0CH,MV13
        SJMP SH7
MV13:   CJNE A,#0DH,MV14
SH7:    MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
```

```
MOV BUFFER4,#00H
MOV BUFFER5,#41H
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV14: CJNE A,#0DH,MV15
      SJMP SH8
MV15: CJNE A,#0EH,MV16
SH8:  MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#81H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV16: CJNE A,#0FH,MV17
      SJMP SH9
MV17: CJNE A,#10H,MV18
SH9:  MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#01H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV18: CJNE A,#11H,MV19
      SJMP SH10
MV19: CJNE A,#12H,MV20
SH10: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#02H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV20: CJNE A,#13H,MV21
```



```

                SJMP SH11
MV21:          CJNE A,#14H,MV22
SH11:          MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#04H
                MOV BUFFER5,#01H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                RET
MV22:          CJNE A,#15H,MV23
                SJMP SH12
MV23:          CJNE A,#16H,MV24
SH12:          MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#08H
                MOV BUFFER5,#01H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                RET
MV24:          CJNE A,#17H,MV25
                SJMP SH13
MV25:          CJNE A,#18H,MV26
SH13:          MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#10H
                MOV BUFFER5,#01H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                RET
MV26:          CJNE A,#19H,MV27
                SJMP SH14
MV27:          CJNE A,#1AH,MV28
SH14:          MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#20H
                MOV BUFFER5,#01H
```

```
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV28: CJNE A,#1BH,MV29
      SJMP SH15
MV29: CJNE A,#1CH,MV30
SH15: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#40H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV30: CJNE A,#1DH,MV31
      SJMP SH16
MV31: CJNE A,#1EH,MV32
SH16: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#80H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV32: CJNE A,#1FH,MV33
      SJMP SH17
MV33: CJNE A,#20H,MV34
SH17: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#01H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV34: CJNE A,#21H,MV35
      SJMP SH18
MV35: CJNE A,#22H,MV36
```

```
SH18:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#02H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV36:    CJNE A,#23H,MV37
          SJMP SH19

MV37:    CJNE A,#24H,MV38

SH19:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#04H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV38:    CJNE A,#25H,MV39
          SJMP SH20

MV39:    CJNE A,#26H,MV40

SH20:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#08H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV40:    CJNE A,#27H,MV41
          SJMP SH21

MV41:    CJNE A,#28H,MV42

SH21:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#10H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
```

```
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV42: CJNE A,#29H,MV43
      SJMP SH22
MV43: CJNE A,#2AH,MV44
SH22: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#20H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV44: CJNE A,#2BH,MV45
      SJMP SH23
MV45: CJNE A,#2CH,MV46
SH23: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#40H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV46: CJNE A,#2DH,MV47
      SJMP SH24
MV47: CJNE A,#2EH,MV48
SH24: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#80H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV48: CJNE A,#2FH,MV49
      SJMP SH25
MV49: CJNE A,#30H,MV50
SH25: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#01H
```

```
MOV BUFFER3,#00H
MOV BUFFER4,#00H
MOV BUFFER5,#01H
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV50: CJNE A,#31H,MV51
      SJMP SH26
MV51: CJNE A,#32H,MV52
SH26: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#02H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV52: CJNE A,#33H,MV53
      SJMP SH27
MV53: CJNE A,#34H,MV54
SH27: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#04H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV54: CJNE A,#35H,MV55
      SJMP SH28
MV55: CJNE A,#36H,MV56
SH28: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#08H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
```

```
MV56:    CJNE A,#37H,MV57
          SJMP SH29
MV57:    CJNE A,#38H,MV58
SH29:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#10H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV58:    CJNE A,#39H,MV59
          SJMP SH30
MV59:    CJNE A,#3AH,MV60
SH30:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#20H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV60:    CJNE A,#3BH,MV61
          SJMP SH31
MV61:    CJNE A,#3CH,MV62
SH31:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#40H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV62:    CJNE A,#3DH,MV63
          SJMP SH32
MV63:    CJNE A,#3EH,MV64
SH32:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#80H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
```

```
MOV BUFFER5,#01H
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV64: CJNE A,#3FH,MV65
      SJMP SH33
MV65: CJNE A,#40H,MV66
SH33: MOV BUFFER1,#01H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV66: CJNE A,#41H,MV67
      SJMP SH34
MV67: CJNE A,#42H,MV68
SH34: MOV BUFFER1,#02H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV68: CJNE A,#43H,MV69
      SJMP SH35
MV69: CJNE A,#44H,MV70
SH35: MOV BUFFER1,#04H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV70: CJNE A,#45H,MV71
      SJMP SH36
```

```
MV71:    CJNE A,#46H,MV72
SH36:    MOV BUFFER1,#08H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV72:    CJNE A,#47H,MV73
          SJMP SH37
MV73:    CJNE A,#48H,MV74
SH37:    MOV BUFFER1,#10H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV74:    CJNE A,#49H,MV75
          SJMP SH38
MV75:    CJNE A,#4AH,MV76
SH38:    MOV BUFFER1,#20H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV76:    CJNE A,#4BH,MV77
          SJMP SH39
MV77:    CJNE A,#4CH,MV78
SH39:    MOV BUFFER1,#40H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
```



```
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV78:    CJNE A,#4DH,MV79
        SJMP SH40
MV79:    CJNE A,#4EH,OVER_RANGE
SH40:    MOV BUFFER1,#80H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
OVER_RANGE: MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
;//////////////////////////////// RUN VOLT- //////////////////////////////////
RUN_MVM:    LCALL RUN_REDM
        LCALL DISPLAY_RED
        RET
;////////////////////////////////////////////////////////////////////////

RUN_REDM:    MOV A,ANS_L
MV_1:    CJNE A,#0FFH,MV_2
        SJMP SHA
MV_2:    CJNE A,#0FEH,MV_3
SHA:    MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#80H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
```

```
MV_3:      CJNE A,#0FDH,MV_4
           SJMP SHB
MV_4:      CJNE A,#0FCH,MV_5
SHB:       MOV BUFFER1,#00H
           MOV BUFFER3,#00H
           MOV BUFFER4,#00H
           MOV BUFFER5,#01H
           MOV BUFFER6,#40H
           MOV BUFFER7,#00H
           MOV BUFFER8,#00H
           RET
MV_5:      CJNE A,#0FBH,MV_6
           SJMP SHC
MV_6:      CJNE A,#0FAH,MV_7
SHC:       MOV BUFFER1,#00H
           MOV BUFFER2,#00H
           MOV BUFFER3,#00H
           MOV BUFFER4,#00H
           MOV BUFFER5,#01H
           MOV BUFFER6,#20H
           MOV BUFFER7,#00H
           MOV BUFFER8,#00H
           RET
MV_7:      CJNE A,#0F9H,MV_8
           SJMP SHD
MV_8:      CJNE A,#0F8H,MV_9
SHD:       MOV BUFFER1,#00H
           MOV BUFFER2,#00H
           MOV BUFFER3,#00H
           MOV BUFFER4,#00H
           MOV BUFFER5,#01H
           MOV BUFFER6,#10H
           MOV BUFFER7,#00H
           MOV BUFFER8,#00H
           RET
MV_9:      CJNE A,#0F7H,MV_10
           SJMP SHE
MV_10:     CJNE A,#0F6H,MV_11
SHE:       MOV BUFFER1,#00H
           MOV BUFFER2,#00H
           MOV BUFFER3,#00H
           MOV BUFFER4,#00H
           MOV BUFFER5,#01H
```

```
MOV BUFFER6,#08H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV_11: CJNE A,#0F5H,MV_12
      SJMP SHF
MV_12: CJNE A,#0F4H,MV_13
SHF:   MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#04H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV_13: CJNE A,#0F3H,MV_14
      SJMP SHG
MV_14: CJNE A,#0F2H,MV_15
SHG:   MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#02H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV_15: CJNE A,#0F1H,MV_16
      SJMP SHH
MV_16: CJNE A,#0F0H,MV_17
SHH:   MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#01H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV_17: CJNE A,#0EFH,MV_18
      SJMP SHI
MV_18: CJNE A,#0EEH,MV_19
```

```
SHI:      MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#80H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV_19:    CJNE A,#0EDH,MV_20
          SJMP SIHJ

MV_20:    CJNE A,#0ECH,MV_21
SHJ:      MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#40H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV_21:    CJNE A,#0EBH,MV_22
          SJMP SHK

MV_22:    CJNE A,#0EAH,MV_23
SHK:      MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#20H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV_23:    CJNE A,#0E9H,MV_24
          SJMP SHL1

MV_24:    CJNE A,#0E8H,MV_25
SHL1:     MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#10H
```

```
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV_25: CJNE A,#0E7H,MV_26
        SJMP SHM
MV_26: CJNE A,#0E6H,MV_27
SHM:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#10H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#08H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV_27: CJNE A,#0E5H,MV_28
        SJMP SHN
MV_28: CJNE A,#0E4H,MV_29
SHN:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#04H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV_29: CJNE A,#0E3H,MV_30
        SJMP SHO
MV_30: CJNE A,#0E2H,MV_31
SHO:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#02H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV_31: CJNE A,#0E1H,MV_32
        SJMP SHP
MV_32: CJNE A,#0E0H,MV_33
SHP:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
```

```
MOV BUFFER3,#00H
MOV BUFFER4,#00H
MOV BUFFER5,#01H
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#01H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV_33: CJNE A,#0DFH,MV_34
        SJMP SHQ
MV_34: CJNE A,#0DEH,MV_35
SHQ:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#80H
        RET
MV_35: CJNE A,#0DDH,MV_36
        SJMP SHR1
MV_36: CJNE A,#0DCH,MV_37
SHR1:  MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#40H
        RET
MV_37: CJNE A,#0DBH,MV_38
        SJMP SHS
MV_38: CJNE A,#0DAH,MV_39
SHS:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#20H
        RET
```

```
MV_39:      CJNE A,#0D9H,MV_40
             SJMP SHT
MV_40:      CJNE A,#0D8H,MV_41
SHT:        MOV BUFFER1,#00H
             MOV BUFFER2,#00H
             MOV BUFFER3,#00H
             MOV BUFFER4,#00H
             MOV BUFFER5,#01H
             MOV BUFFER6,#00H
             MOV BUFFER7,#00H
             MOV BUFFER8,#10H
             RET
MV_41:      CJNE A,#0D7H,MV_42
             SJMP SHU
MV_42:      CJNE A,#0D6H,MV_43
SHU:        MOV BUFFER1,#00H
             MOV BUFFER2,#00H
             MOV BUFFER3,#00H
             MOV BUFFER4,#00H
             MOV BUFFER5,#01H
             MOV BUFFER6,#00H
             MOV BUFFER7,#00H
             MOV BUFFER8,#08H
             RET
MV_43:      CJNE A,#0D5H,MV_44
             SJMP SHW
MV_44:      CJNE A,#0D4H,MV_45
SHW:        MOV BUFFER1,#00H
             MOV BUFFER2,#00H
             MOV BUFFER3,#00H
             MOV BUFFER4,#00H
             MOV BUFFER5,#01H
             MOV BUFFER6,#00H
             MOV BUFFER7,#00H
             MOV BUFFER8,#04H
             RET
MV_45:      CJNE A,#0D3H,MV_46
             SJMP SHX
MV_46:      CJNE A,#0D2H,MV_47
SHX:        MOV BUFFER1,#00H
             MOV BUFFER2,#00H
             MOV BUFFER3,#00H
             MOV BUFFER4,#00H
```

```
MOV BUFFER5,#01H
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#02H
RET
MV_47: CJNE A,#0D1H,MV_48
      SJMP SHY
MV_48: CJNE A,#0D0H,ELSE
SHY:   MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#01H
      RET
ELSE:  MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#01H
      RET
;///////////////////////////////// OTHER ///////////////////////////////////
OTHER: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      LCALL DISPLAY_RED
      RET
;///////////////////////////////// RUN GREEN-BAR ///////////////////////////////////
RUN_GREEN: CLR C
          MOV A,LOWBYTE2
          SUBB A,LOWBYTE1
          MOV ANS_L,A
          MOV A,HIGHBYTE2
```



```
        SUBB A,HIGHBYTEI
        MOV ANS_H,A
        CJNE A,#00H,CHK_MINUS
        LJMP DISP_PLUS
CHK_MINUS:  CJNE A,#0FFH,GO_OUT
            LJMP DISP_MINUS
GO_OUT:    LJMP OUT_OF_RANGE
;////////// RUN VOLT+ ////////////
DISP_PLUS:  LCALL GREEN_PLUS
            LCALL DISPLAY_GREEN
            LCALL DISPLAY_RED
            RET
;//////////
GREEN_PLUS:  MOV A,ANS_L
MV0G:       CJNE A,#00H,MV1G
            SJMP SH1G
MV1G:       CJNE A,#01H,MV2G
SH1G:       MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#01H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#00H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET
MV2G:       CJNE A,#02H,MV3G
            SJMP SH2G
MV3G:       CJNE A,#03H,MV4G
SH2G:       MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#02H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#00H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET
MV4G:       CJNE A,#04H,MV5G
            SJMP SH3G
MV5G:       CJNE A,#05H,MV6G
SH3G:       MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
```

```
MOV BUFFER11,#00H
MOV BUFFER12,#00H
MOV BUFFER13,#04H
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV6G: CJNE A,#06H,MV7G
      SJMP SH4G
MV7G: CJNE A,#07H,MV8G
SH4G: MOV BUFFER9,#00H
      MOV BUFFER10,#00H
      MOV BUFFER11,#00H
      MOV BUFFER12,#00H
      MOV BUFFER13,#08H
      MOV BUFFER14,#00H
      MOV BUFFER15,#00H
      MOV BUFFER16,#00H
      RET
MV8G: CJNE A,#08H,MV9G
      SJMP SH5G
MV9G: CJNE A,#09H,MV10G
SH5G: MOV BUFFER9,#00H
      MOV BUFFER10,#00H
      MOV BUFFER11,#00H
      MOV BUFFER12,#00H
      MOV BUFFER13,#10H
      MOV BUFFER14,#00H
      MOV BUFFER15,#00H
      MOV BUFFER16,#00H
      RET
MV10G: CJNE A,#0AH,MV11G
      SJMP SH6G
MV11G: CJNE A,#0BH,MV12G
SH6G: MOV BUFFER9,#00H
      MOV BUFFER10,#00H
      MOV BUFFER11,#00H
      MOV BUFFER12,#00H
      MOV BUFFER13,#20H
      MOV BUFFER14,#00H
      MOV BUFFER15,#00H
      MOV BUFFER16,#00H
      RET
```

```
MV12G:      CJNE A,#0CH,MV13G
              SJMP SH7G
MV13G:      CJNE A,#0BH,MV14G
SH7G:       MOV BUFFER9,#00H
              MOV BUFFER10,#00H
              MOV BUFFER11,#00H
              MOV BUFFER12,#00H
              MOV BUFFER13,#40H
              MOV BUFFER14,#00H
              MOV BUFFER15,#00H
              MOV BUFFER16,#00H
              RET
MV14G:      CJNE A,#0DH,MV15G
              SJMP SH8G
MV15G:      CJNE A,#0EH,MV16G
SH8G:       MOV BUFFER9,#00H
              MOV BUFFER10,#00H
              MOV BUFFER11,#00H
              MOV BUFFER12,#00H
              MOV BUFFER13,#80H
              MOV BUFFER14,#00H
              MOV BUFFER15,#00H
              MOV BUFFER16,#00H
              RET
MV16G:      CJNE A,#0FH,MV17G
              SJMP SH9G
MV17G:      CJNE A,#10H,MV18G
SH9G:       MOV BUFFER9,#00H
              MOV BUFFER10,#00H
              MOV BUFFER11,#00H
              MOV BUFFER12,#01H
              MOV BUFFER13,#00H
              MOV BUFFER14,#00H
              MOV BUFFER15,#00H
              MOV BUFFER16,#00H
              RET
MV18G:      CJNE A,#11H,MV19G
              SJMP SH10G
MV19G:      CJNE A,#12H,MV20G
SH10G:      MOV BUFFER9,#00H
              MOV BUFFER10,#00H
              MOV BUFFER11,#00H
              MOV BUFFER12,#02H
```

```
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV20G: CJNE A,#13H,MV21G
        SJMP SH11G
MV21G: CJNE A,#14H,MV22G
SH11G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#04H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV22G: CJNE A,#15H,MV23G
        SJMP SH12G
MV23G: CJNE A,#16H,MV24G
SH12G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#08H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV24G: CJNE A,#17H,MV25G
        SJMP SH13G
MV25G: CJNE A,#18H,MV26G
SH13G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#10H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV26G: CJNE A,#19H,MV27G
        SJMP SH14G
```

```
MV27G:    CJNE A,#1AH,MV28G
SH14G:    MOV BUFFER9,#00H
          MOV BUFFER10,#00H
          MOV BUFFER11,#00H
          MOV BUFFER12,#20H
          MOV BUFFER13,#00H
          MOV BUFFER14,#00H
          MOV BUFFER15,#00H
          MOV BUFFER16,#00H
          RET
MV28G:    CJNE A,#1BH,MV29G
          SJMP SH15G
MV29G:    CJNE A,#1CH,MV30G
SH15G:    MOV BUFFER9,#00H
          MOV BUFFER10,#00H
          MOV BUFFER11,#00H
          MOV BUFFER12,#40H
          MOV BUFFER13,#00H
          MOV BUFFER14,#00H
          MOV BUFFER15,#00H
          MOV BUFFER16,#00H
          RET
MV30G:    CJNE A,#1DH,MV31G
          SJMP SH16G
MV31G:    CJNE A,#1EH,MV32G
SH16G:    MOV BUFFER9,#00H
          MOV BUFFER10,#00H
          MOV BUFFER11,#00H
          MOV BUFFER12,#80H
          MOV BUFFER13,#00H
          MOV BUFFER14,#00H
          MOV BUFFER15,#00H
          MOV BUFFER16,#00H
          RET
MV32G:    CJNE A,#1FH,MV33G
          SJMP SH17G
MV33G:    CJNE A,#20H,MV34G
SH17G:    MOV BUFFER9,#00H
          MOV BUFFER10,#00H
          MOV BUFFER11,#01H
          MOV BUFFER12,#00H
          MOV BUFFER13,#00H
          MOV BUFFER14,#00H
```

```
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV34G: CJNE A,#21H,MV35G
        SJMP SH18G
MV35G: CJNE A,#22H,MV36G
SH18G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#02H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV36G: CJNE A,#23H,MV37G
        SJMP SH19G
MV37G: CJNE A,#24H,MV38G
SH19G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#04H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV38G: CJNE A,#25H,MV39G
        SJMP SH20G
MV39G: CJNE A,#26H,MV40G
SH20G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#08H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV40G: CJNE A,#27H,MV41G
        SJMP SH21G
MV41G: CJNE A,#28H,MV42G
SH21G: MOV BUFFER9,#00H
```

```
MOV BUFFER10,#00H
MOV BUFFER11,#10H
MOV BUFFER12,#00H
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV42G: CJNE A,#29H,MV43G
        SJMP SH22G
MV43G: CJNE A,#2AH,MV44G
SH22G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#20H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV44G: CJNE A,#2BH,MV45G
        SJMP SH23G
MV45G: CJNE A,#2CH,MV46G
SH23G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#40H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV46G: CJNE A,#2DH,MV47G
        SJMP SH24G
MV47G: CJNE A,#2EH,MV48G
SH24G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#80H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
```

```
RET
MV48G: CJNE A,#2FH,MV49G
        SJMP SH25G
MV49G: CJNE A,#30H,MV50G
SH25G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#01H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV50G: CJNE A,#31H,MV51G
        SJMP SH26G
MV51G: CJNE A,#32H,MV52G
SH26G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#02H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV52G: CJNE A,#33H,MV53G
        SJMP SH27G
MV53G: CJNE A,#34H,MV54G
SH27G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#04H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV54G: CJNE A,#35H,MV55G
        SJMP SH28G
MV55G: CJNE A,#36H,MV56G
SH28G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#08H
        MOV BUFFER11,#00H
```



```
MOV BUFFER12,#00H
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV56G: CJNE A,#37H,MV57G
        SJMP SH29G
MV57G: CJNE A,#38H,MV58G
SH29G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#10H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV58G: CJNE A,#39H,MV59G
        SJMP SH30G
MV59G: CJNE A,#3AH,MV60G
SH30G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#20H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV60G: CJNE A,#3BH,MV61G
        SJMP SH31G
MV61G: CJNE A,#3CH,MV62G
SH31G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#40H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV62G: CJNE A,#3DH,MV63G
```

```

                                SJMP SH32G
MV63G:    CJNE A,#3EH,MV64G
SH32G:    MOV BUFFER9,#00H
                                MOV BUFFER10,#80H
                                MOV BUFFER11,#00H
                                MOV BUFFER12,#00H
                                MOV BUFFER13,#00H
                                MOV BUFFER14,#00H
                                MOV BUFFER15,#00H
                                MOV BUFFER16,#00H
                                RET
MV64G:    CJNE A,#3FH,MV65G
                                SJMP SH33G
MV65G:    CJNE A,#40H,MV66G
SH33G:    MOV BUFFER9,#01H
                                MOV BUFFER10,#00H
                                MOV BUFFER11,#00H
                                MOV BUFFER12,#00H
                                MOV BUFFER13,#00H
                                MOV BUFFER14,#00H
                                MOV BUFFER15,#00H
                                MOV BUFFER16,#00H
                                RET
MV66G:    CJNE A,#41H,MV67G
                                SJMP SH34G
MV67G:    CJNE A,#42H,MV68G
SH34G:    MOV BUFFER9,#02H
                                MOV BUFFER10,#00H
                                MOV BUFFER11,#00H
                                MOV BUFFER12,#00H
                                MOV BUFFER13,#00H
                                MOV BUFFER14,#00H
                                MOV BUFFER15,#00H
                                MOV BUFFER16,#00H
                                RET
MV68G:    CJNE A,#43H,MV69G
                                SJMP SH35G
MV69G:    CJNE A,#44H,MV70G
SH35G:    MOV BUFFER9,#04H
                                MOV BUFFER10,#00H
                                MOV BUFFER11,#00H
                                MOV BUFFER12,#00H
                                MOV BUFFER13,#00H
```

```
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV70G: CJNE A,#45H,MV71G
        SJMP SH36G
MV71G: CJNE A,#46H,MV72G
SH36G: MOV BUFFER9,#08H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV72G: CJNE A,#47H,MV73G
        SJMP SH37G
MV73G: CJNE A,#48H,MV74G
SH37G: MOV BUFFER9,#10H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV74G: CJNE A,#49H,MV75G
        SJMP SH38G
MV75G: CJNE A,#4AH,MV76G
SH38G: MOV BUFFER9,#20H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV76G: CJNE A,#4BH,MV77G
        SJMP SH39G
```

```
MV77G:      CJNE A,#4CH,MV78G
SH39G:      MOV BUFFER9,#40H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#00H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET
MV78G:      CJNE A,#4DH,MV79G
            SJMP SH40G
MV79G:      CJNE A,#4EH,OVER_RANGE
SH40G:      MOV BUFFER9,#80H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#00H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET
OVER_RANGE: MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#00H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET
;////////// RUN VOLT- //////////////////////////////////
DISP_MINUS: LCALL GREEN_MINUS
            LCALL DISPLAY_GREEN
            LCALL DISPLAY_RED
            RET
;////////// //////////////////////////////////
GREEN_MINUS: MOV A,ANS_L
MV_1G:      CJNE A,#0FFH,MV_2G
            SJMP SHAG
MV_2G:      CJNE A,#0FEH,MV_3G
SHAG:       MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
```

```
MOV BUFFER11,#00H
MOV BUFFER12,#00H
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#80H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV_3G: CJNE A,#0FDH,MV_4G
        SJMP SHBG
MV_4G: CJNE A,#0FCH,MV_5G
SHBG:  MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#40H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV_5G: CJNE A,#0FBH,MV_6G
        SJMP SHCG
MV_6G: CJNE A,#0FAH,MV_7G
SHCG:  MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#20H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV_7G: CJNE A,#0F9H,MV_8G
        SJMP SHDG
MV_8G: CJNE A,#0F8H,MV_9G
SHDG:  MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#10H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
```

```
MV_9G:      CJNE A,#0F7H,MV_10G
             SJMP SHEG

MV_10G:     CJNE A,#0F6H,MV_11G
SHEG:       MOV BUFFER9,#00H
             MOV BUFFER10,#00H
             MOV BUFFER11,#00H
             MOV BUFFER12,#00H
             MOV BUFFER13,#00H
             MOV BUFFER14,#08H
             MOV BUFFER15,#00H
             MOV BUFFER16,#00H
             RET

MV_11G:     CJNE A,#0F5H,MV_12G
             SJMP SHFG

MV_12G:     CJNE A,#0F4H,MV_13G
SHFG:       MOV BUFFER9,#00H
             MOV BUFFER10,#00H
             MOV BUFFER11,#00H
             MOV BUFFER12,#00H
             MOV BUFFER13,#00H
             MOV BUFFER14,#04H
             MOV BUFFER15,#00H
             MOV BUFFER16,#00H
             RET

MV_13G:     CJNE A,#0F3H,MV_14G
             SJMP SHGG

MV_14G:     CJNE A,#0F2H,MV_15G
SHGG:       MOV BUFFER9,#00H
             MOV BUFFER10,#00H
             MOV BUFFER11,#00H
             MOV BUFFER12,#00H
             MOV BUFFER13,#00H
             MOV BUFFER14,#02H
             MOV BUFFER15,#00H
             MOV BUFFER16,#00H
             RET

MV_15G:     CJNE A,#0F1H,MV_16G
             SJMP SHHG

MV_16G:     CJNE A,#0F0H,MV_17G
SHHG:       MOV BUFFER9,#00H
             MOV BUFFER10,#00H
             MOV BUFFER11,#00H
             MOV BUFFER12,#00H
```

```
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#01H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV_17G: CJNE A,#0EFH,MV_18G
        SJMP SHIG
MV_18G: CJNE A,#0EEH,MV_19G
SHIG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#80H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV_19G: CJNE A,#0EDH,MV_20G
        SJMP SHJG
MV_20G: CJNE A,#0ECH,MV_21G
SHJG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#40H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV_21G: CJNE A,#0EBH,MV_22G
        SJMP SHKG
MV_22G: CJNE A,#0EAH,MV_23G
SHKG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#20H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV_23G: CJNE A,#0E9H,MV_24G
        SJMP SHLG
```

```
MV_24G:    CJNE A,#0E8H,MV_25G
SHLG:      MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#10H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET

MV_25G:    CJNE A,#0E7H,MV_26G
            SJMP SHMG

MV_26G:    CJNE A,#0E6H,MV_27G
SHMG:      MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#08H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET

MV_27G:    CJNE A,#0E5H,MV_28G
            SJMP SHNG

MV_28G:    CJNE A,#0E4H,MV_29G
SHNG:      MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#04H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET

MV_29G:    CJNE A,#0E3H,MV_30G
            SJMP SHOG

MV_30G:    CJNE A,#0E2H,MV_31G
SHOG:      MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
```



```
MOV BUFFER15,#02H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV_31G: CJNE A,#0E1H,MV_32G
        SJMP SHPG
MV_32G: CJNE A,#0E0H,MV_33G
SHPG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#01H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV_33G: CJNE A,#0DFH,MV_34G
        SJMP SHQG
MV_34G: CJNE A,#0DEH,MV_35G
SHQG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#80H
        RET
MV_35G: CJNE A,#0DDH,MV_36G
        SJMP SHRG
MV_36G: CJNE A,#0DCH,MV_37G
SHRG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#40H
        RET
MV_37G: CJNE A,#0DBH,MV_38G
        SJMP SHSG
MV_38G: CJNE A,#0DAH,MV_39G
SHSG:   MOV BUFFER9,#00H
```

```
MOV BUFFER10,#00H
MOV BUFFER11,#00H
MOV BUFFER12,#00H
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#20H
RET
MV_39G: CJNE A,#0D9H,MV_40G
        SJMP SHTG
MV_40G: CJNE A,#0D8H,MV_41G
SHTG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#10H
        RET
MV_41G: CJNE A,#0D7H,MV_42G
        SJMP SHUG
MV_42G: CJNE A,#0D6H,MV_43G
SHUG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#08H
        RET
MV_43G: CJNE A,#0D5H,MV_44G
        SJMP SHWG
MV_44G: CJNE A,#0D4H,MV_45G
SHWG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#04H
```

```
RET
MV_45G: CJNE A,#0D3H,MV_46G
        SJMP SHXG
MV_46G: CJNE A,#0D2H,MV_47G
SHXG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#02H
        RET
MV_47G: CJNE A,#0D1H,MV_48G
        SJMP SHYG
MV_48G: CJNE A,#0D0H,ELSEG
SHYG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#01H
        RET
ELSEG:  MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
;////////////////////////////////////
OUT_OF_RANGE: MOV BUFFER9,#00H
              MOV BUFFER10,#00H
              MOV BUFFER11,#00H
              MOV BUFFER12,#00H
              MOV BUFFER13,#00H
              MOV BUFFER14,#00H
              MOV BUFFER15,#00H
              MOV BUFFER16,#00H
```

```

        LCALL DISPLAY_GREEN
        LCALL DISPLAY_RED
        RET

;///////////////////////////////// ADC7109 12 BITS ///////////////////////////////////
GET_DIGIT:    MOV DPTR,#PORT_C1
               MOV A,#01111111B           ;RUN
               MOVX @DPTR,A
               JB P1.4,$                   ;CHECK STATUS BIT
               MOV A,#00111111B           ;HOLD
               MOVX @DPTR,A
               MOV A,#00101111B           ;READ LOW BYTE
               MOVX @DPTR,A
               MOV DPTR,#PORT_A1
               MOVX A,@DPTR
               MOV R1,A
               MOV DPTR,#PORT_C1
               MOV A,#00011111B           ;READ HIGH BYTE
               MOVX @DPTR,A
               MOV DPTR,#PORT_A1
               MOVX A,@DPTR
               ANL A,#0FH
               MOV R0,A
               RET
RUN_ADC:      MOV DPTR,#PORT_C1
               MOV A,#01111111B           ;RUN
               MOVX @DPTR,A
               RET

;///////////////////////////////// SERIAL MODE ///////////////////////////////////
;INIT_RS232C INITIALIZED 8051 SERIAL PORT
;    BAUD RATE: 9600 BIT/SEC
;    DATA LENGTH: 8 BIT
;    STOP BIT: 1 BIT
;    PARITY: NO
;    X-TAL: 11.0592 MHZ
INIT_RS232:   MOV    TMOD,#00100101B
               MOV    SCON,#01010010B
               MOV    PCON,#00000000B
               SJMP   LOW_BAUD
LOW_BAUD:     MOV    T1H,#0FDH           ;TIMER1 LOAD VALUE
               SETB   TR1                 ;START TIMER1
               RET

;SEND    SEND A TO SERIAL PORT
;    CHECK TRANSMITTER BUFFER BEFORE SEND

```

```
; ENTRY: A
; EXIT: NO
SEND_SERIAL:  JNB  TI,SEND_SERIAL
               CLR  TI
               MOV  SBUF,A           ;OK BUFFER EMPTY SEND OUT...
               RET

;RECIVE RECIVE BYTE PUT TO A FROM SERIAL PORT
; WAIT UNTIL RECIVER BUFFER READY
; ENTRY: NO
; EXIT: A
;RECIVE: JNB  RI,RECIVE
; CLR  RI
; MOV  A,SBUF ;GET IT
; LCALL SEND_SERIAL ;ECHO TO TERMINAL
; RET

;BIN_ASCII CONVERT BIN TO ASCII CODE
; ENTRY: A
; EXIT: A
BIN_ASCII:    ANL  A,#0FH
               MOV  R2,A
               CLR  C
               SUBB A,#0AH
               JNC  ASCII_AF2
               MOV  A,R2
               ADD  A,#30H
               RET

ASCII_AF2:    MOV  A,R2
               ADD  A,#37H
               RET

;BYTE_ASCII CONVERT A TO ASCII IN R4, R5
BYTE_ASCII:MOV  B,A
               LCALL BIN_ASCII
               MOV  R4,A
               MOV  A,B
               SWAP A
               LCALL BIN_ASCII
               MOV  R5,A
               RET

;SEND_ASCII SEND ASCII IN R5(HI) R4(LO) BYTE TO MONITOR
; INPUT: A
; OUTPUT: NONE
SEND_ASCII:   LCALL BYTE_ASCII
               MOV  A,R5
```

```
LCALL SEND_SERIAL
MOV A,R4
LCALL SEND_SERIAL
RET
;//////////////////////////////// 7219 //////////////////////////////////
INIT_7219:    MOV DPTR,#PORT_B1
              MOV A,#0FFH
              MOVX @DPTR,A
              MOV 1BH,#00001100B    ;NORMAL OPERATION
              MOV 1CH,#00000001B
              LCALL SERIAL_OUT
              MOV 1BH,#00001100B    ;SHUTDOWN OPERATION
              MOV 1CH,#00000000B
              LCALL SERIAL_OUT
              MOV 1BH,#00001011B    ;SCAN LIMIT
              MOV 1CH,#00000011B
              LCALL SERIAL_OUT
              MOV 1BH,#00001001B    ;DECODE MODE
              MOV 1CH,#00001111B
              LCALL SERIAL_OUT
              MOV 1BH,#00001010B    ;INTENSITY DUTY CYCLE 17/32
              MOV 1CH,#00000011B
              LCALL SERIAL_OUT
              MOV 1BH,#00001100B    ;NORMAL OPERATION
              MOV 1CH,#00000001B
              LCALL SERIAL_OUT
              RET

SERIAL_OUT:   MOV DPTR,#PORT_B1
              MOV A,#11111011B
              MOVX @DPTR,A
              LCALL D15_D8
              LCALL D7_D0
              MOV DPTR,#PORT_B1
              MOV A,#11111001B
              MOVX @DPTR,A
              MOV R7,#0011
              DJNZ R7,$
              MOV DPTR,#PORT_B1
              MOV A,#11111011B
              MOVX @DPTR,A
              RET

D15_D8:      MOV R2,#00
```

```
SHIFT:      MOV A,1BH
            RLC A
            MOV 1BH,A
SET:         JNC UN_SET
            MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111011B
            MOVX @DPTR,A
            MOV A,#11111111B
            MOVX @DPTR,A
            MOV R7,#00H
            DJNZ R7,$
            MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111011B
            MOVX @DPTR,A
            INC R2
            CJNE R2,#8,SHIFT
            RET
UN_SET:      MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111010B
            MOVX @DPTR,A
            MOV A,#11111110B
            MOVX @DPTR,A
            MOV R7,#00H
            DJNZ R7,$
            MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111010B
            MOVX @DPTR,A
            INC R2
            CJNE R2,#8,SHIFT
            RET
D7_D0:      MOV R2,#00
SHIFT_:      MOV A,1CH
            RLC A
            MOV 1CH,A
SET_:        JNC UN_SET_
            MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111011B
            MOVX @DPTR,A
            MOV A,#11111111B
            MOVX @DPTR,A
            MOV R7,#00H
            DJNZ R7,$
            MOV DPTR,#PORT_B1
```

```

MOV A,#11111011B
MOVX @DPTR,A
INC R2
CJNE R2,#8,SHIFT_
RET
UN_SET_: MOV DPTR,#PORT_B1
MOV A,#11111010B
MOVX @DPTR,A
MOV A,#11111110B
MOVX @DPTR,A
MOV R7,#00H
DJNZ R7,S
MOV DPTR,#PORT_B1
MOV A,#11111010B
MOVX @DPTR,A
INC R2
CJNE R2,#8,SHIFT_
RET
DISP_0000: MOV 1BH,#00001111B ;NORMAL OPERATION
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000001B ;DISPLAY 0 DIGIT 0
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000010B ;DISPLAY 0. DIGIT 1
MOV 1CH,#10000000B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000011B ;DISPLAY 0 DIGIT 2
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000100B ;DISPLAY 0 DIGIT 3
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
RET
DISP_LINE: MOV 1BH,#00001111B ;NORMAL OPERATION
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000001B ;DISPLAY - DIGIT 0
MOV 1CH,#00001010B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000010B ;DISPLAY - DIGIT 1
MOV 1CH,#00001010B
LCALL SERIAL_OUT

```



```

MOV 1BH,#00000011B      ;DISPLAY - DIGIT 2
MOV 1CH,#00001010B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000100B      ;DISPLAY - DIGIT 3
MOV 1CH,#00001010B
LCALL SERIAL_OUT
RET
DISP_COUNTER: LCALL READ_IN
                LCALL CONVERT_DATA
MOV 1BH,#01H            ;DIG 0
MOV 1CH,5FH            ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#02H            ;DIG 1
MOV A,5DH               ;DATA WITH DECIMAL POINT
ORL A,#10000000B
MOV 1CH,A
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#03H            ;DIG 2
MOV 1CH,5CH            ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#04H            ;DIG 3
MOV 1CH,5BH            ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
RET
DISP_DATA:  MOV 1BH,#01H      ;DIG 0
MOV 1CH,33H            ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#02H            ;DIG 1
MOV A,34H               ;DATA WITH DECIMAL
ORL A,#10000000B
MOV 1CH,A
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#03H            ;DIG 2
MOV 1CH,35H            ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#04H            ;DIG 3
MOV 1CH,36H            ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
RET
SHUTDOWN:  MOV 1BH,#00001100B ;SHUTDOWN MODE
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
RET

```

```
NORMAL:      MOV 1BH,#00001100B      ;NORMAL OPERATION
              MOV 1CH,#00000001B
              LCALL SERIAL_OUT
              RET
```

```
#####:##### DISPLAY VOLTAGE VALUE #####
```

```
DISPLAY_VALUE: LCALL RUN_ADC
                LCALL GET_DIGIT
                MOV HIGHBYTE2,R0
                MOV LOWBYTE2,R1
                LCALL SUB_SAM
                LCALL SUB_COMPARE
                LCALL MUL16BIT
                LCALL DIVIDE16BIT
                LCALL HTOD
                LCALL SEND_DATA
                LCALL IMPROVE_DATA
                LCALL DISP_DATA
                LCALL INDICATOR
                LCALL RUN_GREEN
                LCALL RUN_ADC
                RET
```

```
SEND_DATA:    MOV A,3EH
                LCALL SEND_ASCII
                MOV A,3FH
                LCALL SEND_ASCII
                LCALL ENTER
                RET
```

```
IMPROVE_DATA: MOV A,3FH
                ANL A,#00001111B
                MOV 33H,A
                MOV A,3FH
                ANL A,#11110000B
                SWAP A
                MOV 34H,A
                MOV A,3EH
                ANL A,#00001111B
                MOV 35H,A
                MOV A,3EH
                ANL A,#11110000B
                SWAP A
                MOV 36H,A
                RET
```

```
*****
```

```
SUB_SAM:      MOV XL,LOWBYTE2
               MOV YL,LOWBYTE1
               MOV XH,HIGHBYTE2
               MOV YH,HIGHBYTE1
               LCALL SUB16
               MOV DELTA_RESULT,ZL
               RET
```

```
;*****
```

```
SUB_COMPARE:  JNB 09H,RETF
               MOV A,DELTA_RESULT
               CPL A
               ADD A,#01H
               MOV DELTA_RESULT,A
```

```
RETF:         RET
```

```
;*****
```

```
HTOD:         CLR A
               MOV 3DH,A
               MOV 3EH,A
               MOV 3FH,A
               MOV R4,#16
```

```
HTOD1:        MOV A,DPL
               RLC A
               MOV DPL,A
               MOV A,DPH
               RLC A
               MOV DPH,A
               MOV R5,#3
               MOV R0,#3FH
```

```
HTOD2:        MOV A,@R0
               ADDC A,ACC
               DA A
               MOV @R0,A
               DEC R0
               DJNZ R5,HTOD2
               DJNZ R4,HTOD1
               RET
```

```
;/;;;;;;;;;;;;;;;;; DIVIDE ;;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

```
;*****
```

```
;INPUT XH,XL ARE DIVIDENDS.
```

```
;  YH,YL ARE DIVISORS.
```

```
;OUTPUT Z3,Z2 ARE QUOTIENTS.
```

```
;  Z1,Z0 ARE REMAINDERS.
```

```
DIVIDE16BIT:  PUSH 00H
```

```
PUSH 01H
PUSH 02H
PUSH 03H
PUSH 07H
MOV XH,51H ;DIVIDEND
MOV XL,50H
MOV YH,#00H ;DIVISOR
MOV YL,DELTA_STD
LCALL DIV16 ;DIVIDE PROCESS
MOV DPH,Z3
MOV DPL,Z2
POP 07H
POP 03H
POP 02H
POP 01H
POP 00H
RET
DIV16: MOV A,YH ;GET DIVISOR HIGH BYTE
ORL A,YL ;OR WITH LOW BYTE
JNZ DIV_OK ;DIVISOR OK IF NOT 0
; SETB ZOV ;ELSE OVERFLOW
RET
DIV_OK: MOV R1,XH ;STORE DIVIDEND IN R1,R0
MOV R0,XL
MOV XH,#0
MOV XL,#0
MOV R3,#0
MOV R2,#0
MOV R7,#16
DIV_LOOP: CLR C
MOV A,R0
RLC A
MOV R0,A
MOV A,R1
RLC A
MOV R1,A
MOV A,XL
RLC A
MOV XL,A
MOV A,XH
RLC A
MOV XH,A
LCALL SUB16
```

```

;      MOV  C,ZOV
          CPL  C
          JNC  DIV_1
          MOV  XH,ZH
          MOV  XL,ZL
DIV_1:    MOV  A,R2
          RLC  A
          MOV  R2,A
          MOV  A,R3
          RLC  A
          MOV  R3,A
          DJNZ R7,DIV_LOOP
          MOV  Z3,R3
          MOV  Z2,R2
          MOV  Z1,XH
          MOV  Z0,XL
;      CLR  ZOV
          RET
SUB16:    MOV  A,XL
          CLR  C
          SUBB A,YL
          MOV  ZL,A
          MOV  A,XH
          SUBB A,YH
          MOV  ZH,A
          MOV  ZOV,C
          RET
;//////////////////////////////// MULTIPLY //////////////////////////////////
;INPUT ARE XL,YH,YL.
;OUTPUT ARE Z3,Z2,Z1,Z0.
MUL16BIT: PUSH 00H
          MOV  XL,DELTA_RESULT
          MOV  YH,#00H
          MOV  YL,COUNT_HIGH
          LCALL MUL8_16          ;MULTIPLY XL WITH (YH:YL)
          MOV  50H,Z0            ;LOW BYTE
          MOV  51H,Z1            ;HIGH BYTE
          POP  00H
          RET
MUL8_16:  MOV  PSW,#0            ;SELECT REGISTER BANK 0
          MOV  A,XL              ;LOAD X INTO ACCUMULATOR
          MOV  B,YL              ;LOAD Y LOW BYTE INTO REGISTOR
          MUL  AB ;

```

```
MOV  Z0,A                ;SAVE RESULT LOW BYTE
PUSH  B
MOV  A,XL
MOV  B,YH
MUL  AB
POP  0
ADD  A,R0
MOV  Z1,A
CLR  A
ADDC A,B
MOV  Z2,A
RET

;///////////////////////////////// INDICATOR ///////////////////////////////////
INDICATOR:  CLR C
            MOV A,LOWBYTE3
            SUBB A,LOWBYTE2
            MOV A,HIGHBYTE3
            SUBB A,HIGHBYTE2
            CJNE A,#00H,UN_PASS
            LJMP CHK_DOWN
UN_PASS:    CJNE A,#0FH,NO_SAMPLE
            SETB P3.4                ;RED
            CLR P3.5                ;GREEN
            RET
NO_SAMPLE:  CLR P3.4
            CLR P3.5
            RET
CHK_DOWN:   CLR C
            MOV A,LOWBYTE2
            SUBB A,LOWBYTE1
            MOV A,HIGHBYTE2
            SUBB A,HIGHBYTE1
            CJNE A,#00H,UN_PASS
            CLR P3.4
            SETB P3.5
            RET

;/////////////////////////////////
GET_KEY:    MOV P1,#00011111B
            JNB P1.3,$
            MOV A,P1
            MOV R7,#3FH
            DJNZ R7,$
            ANL A,#00000111B
```

```
RET
GET_KEYB: MOV P1,#00011111B
LPL: LCALL GET_DIGIT
LCALL RUN_ADC
MOV HIGHBYTE2,R0
MOV LOWBYTE2,R1
LCALL RUN_HIGH
LCALL RUN_ADC
JNB P1.3,LPL
MOV A,P1
MOV R7,#3FH
DJNZ R7,$
ANL A,#00000111B
RET
GET_KEY1: MOV P1,#00011111B
LPPL: LCALL DISPLAY_VALUE
JNB P1.3,LPPL
MOV A,P1
MOV R7,#0FFH
DJNZ R7,$
ANL A,#00000111B
RET
GET_KEY2: MOV P1,#00011111B
LPPL1: LCALL DELAY
LCALL DELAY
MOV BPP,#10
LCALL BEEP
LCALL DELAY
LCALL DELAY
JNB P1.3,LPPL1
MOV A,P1
MOV R7,#0FFH
DJNZ R7,$
ANL A,#00000111B
RET
;//////////////////////////////// LCD DISPLAY //////////////////////////////////
LCM: MOV A,#80H
LCALL STROBE
MOV DPH,HIGH_BUFFER1
MOV DPL,LOW_BUFFER1
LCALL DISPLAY
MOV A,#0C0H
LCALL STROBE
```

```
MOV DPH,HIGH_BUFFER2
MOV DPL,LOW_BUFFER2
LCALL DISPLAY
LCALL DELAY
RET
TITLE: MOV DPTR,#DATA_1
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_2
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
SET_UPPER: MOV DPTR,#DATA_3
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_4
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
BLANK: MOV DPTR,#DATA_5
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_6
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
SET_LOWER: MOV DPTR,#DATA_7
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_8
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
RECORD: MOV DPTR,#DATA_9
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_10
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
SEND: MOV DPTR,#DATA_11
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
```



```
MOV DPTR,#DATA_12
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
RECORDING: MOV DPTR,#DATA_13
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_14
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
A.I.L._COPIED: MOV DPTR,#DATA_15
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_16
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
FULL: MOV DPTR,#DATA_17
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_18
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
READY_TO_WORK:MOV DPTR,#DATA_19
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_20
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
PLACE_STANDARD:MOV DPTR,#DATA_21
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_22
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
;////////////////////// TABLE FOR DISPLAY ////////////////////////
DATA_1: DB " AIR MIC"
DATA_2: DB "ROMETER "
DATA_3: DB "SET UPPE"
```

DATA_4: DB "R: 000.0"
DATA_5: DB " "
DATA_6: DB " "
DATA_7: DB "SET LOWE"
DATA_8: DB "R: 000.0"
DATA_9: DB " RECORDI"
DATA_10: DB "NG MODE "
DATA_11: DB "SEND DAT"
DATA_12: DB "A TO PC "
DATA_13: DB "RECORD N"
DATA_14: DB "O. "
DATA_15: DB " COMP"
DATA_16: DB "LETE! "
DATA_17: DB " MEMORY "
DATA_18: DB "IS FULL "
DATA_19: DB " READY T"
DATA_20: DB "O WORK "
DATA_21: DB " PLACE S"
DATA_22: DB "TANDARD "

;;;;;;;;;; ////////////////////////////////// LCD MODULE //////////////////////////////////

```
INIT_LCD:      MOV A,#38H           ;FUNCTION SET
               LCALL STROBE
               MOV A,#38H
               LCALL STROBE
               MOV A,#38H
               LCALL STROBE
               MOV A,#00001100B      ;DISPLAY ON/OFF
               LCALL STROBE
               MOV A,#06H           ;ENTRY MODE SET
               LCALL STROBE
               RET
```

;/CLEAR LCD MODULE

```
CLEAR:        MOV A,#01H           ;CLEAR DISPLAY
               LCALL STROBE
               RET
```

;/SIGNAL STROBE INSTRUCTION

```
STROBE:       MOV DPTR,#LCD_INS
               MOVX @DPTR,A
               MOV R5,#0
               DJNZ R5,$
               RET
```

;/LOOP FOR DISPLAY DATA ON LCD MODULE

```
DISPLAY:      MOV R1,#0
```

```
LOOP:      MOV A,R1
           MOVC A,@A+DPTR
           PUSH DPH
           PUSH DPL
           LCALL WR_ENABLE
           POP DPL
           POP DPH
           INC R1
           CJNE R1,#8,LOOP
           RET

;LOOP FOR ENABLE LCD MODULE TO WRITE DATA
WR_ENABLE:  MOV DPTR,#LCD_WR
           MOVX @DPTR,A
           MOV R5,#9FH
           DJNZ R5,$
           RET

;LOOP FOR READING DATA FROM LCD MODULE
READ_IN:   MOV R1,#50H
           MOV A,#80H
           LCALL STROBE
AGAIN1:    LCALL RD_ENABLE
           MOV @R1,A
           INC R1
           CJNE R1,#58H,AGAIN1
           MOV A,#0C0H
           LCALL STROBE
AGAIN2:    LCALL RD_ENABLE
           MOV @R1,A
           INC R1
           CJNE R1,#60H,AGAIN2
           RET

;LOOP FOR ENABLE LCD MODULE TO READ DATA
RD_ENABLE:  MOV DPTR,#LCD_RD
           MOVX A,@DPTR
           MOV R5,#0
           DJNZ R5,$
           RET

;LOOP FOR WRITING DATA TO LCD MODULE
WRITE_OUT:  MOV R1,#50H
           MOV A,#80H
           LCALL STROBE
AGAIN3:    MOV A,@R1
           LCALL WR_ENABLE
```

```
INC R1
CJNE R1,#58H,AGAIN3
MOV A,#0C0H
LCALL STROBE
AGAIN4: MOV A,@R1
        LCALL WR_ENABLE
        INC R1
        CJNE R1,#60H,AGAIN4
        RET
SEND_LCD: MOV A,3FH
          LCALL BYTE_ASCII
          PUSH 05H
          PUSH 04H
          MOV A,#0C7H
          LCALL STROBE
          POP 04H
          MOV A,R4
          LCALL WR_ENABLE
          MOV A,#0C6H
          LCALL STROBE
          POP 05H
          MOV A,R5
          LCALL WR_ENABLE
          MOV A,3EH
          LCALL BYTE_ASCII
          PUSH 05H
          PUSH 04H
          MOV A,#0C5H
          LCALL STROBE
          POP 04H
          MOV A,R4
          LCALL WR_ENABLE
          MOV A,#0C4H
          LCALL STROBE
          POP 05H
          MOV A,R5
          LCALL WR_ENABLE
          MOV A,3DH
          LCALL BYTE_ASCII
          PUSH 05H
          PUSH 04H
          MOV A,#0C3H
          LCALL STROBE
```

```
        POP 04H
        MOV A,R4
        LCALL WR_ENABLE
        MOV A,#0C2H
        LCALL STROBE
        POP 05H
        MOV A,R5
        LCALL WR_ENABLE
        RET
HEAD:    MOV DPTR,#NAME
        LCALL SEND_STRING
        RET
;SEND_STRING SEND STRING CONSTANT TO TERMINAL
; ENTRY: DPTR
; EXIT: FOUND EOS

        SEND_STRING: CLR A
        MOVC A,@A+DPTR
        CJNE A,#EOS,SEND_STRING1
        RET
SEND_STRING1: PUSH DPL
        PUSH DPH
        LCALL SEND_SERIAL
        POP DPH
        POP DPL
        INC DPTR
        SJMP SEND_STRING
NAME:    DB "AIR MICROMETER VERSION 1.0",CR,LF
        DB "COPYRIGHT 1996",CR,LF
        DB "DESIGNED BY TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE(TDO)",CR,LF
        DB "PREMIER GLOBAL CORPORATION CO,LTD.",CR,LF,CR,LF,EOS
;////////// DELAY //////////
;DELAY LOOP 130 MSEC
DELAY:    MOV R7,#00H          ;DELAY 130 MSEC
DELAY1:   MOV R6,#00H
        DJNZ R6,S
        DJNZ R7,DELAY1
        RET
;DELAY LOOP 16 MSEC
D_LAY_:   MOV R7,#01H          ;DELAY 16 MSEC
D_LAY1_:  MOV R6,#0FH
        DJNZ R6,S
        DJNZ R7,D_LAY1
        RET
```

```

;DELAY LOOP 65 MSEC
D_LAY:      MOV R7,#7FH                ;DELAY 65 MSEC
D_LAY1:     MOV R6,#00H
            DJNZ R6,$
            DJNZ R7,D_LAY1
            RET

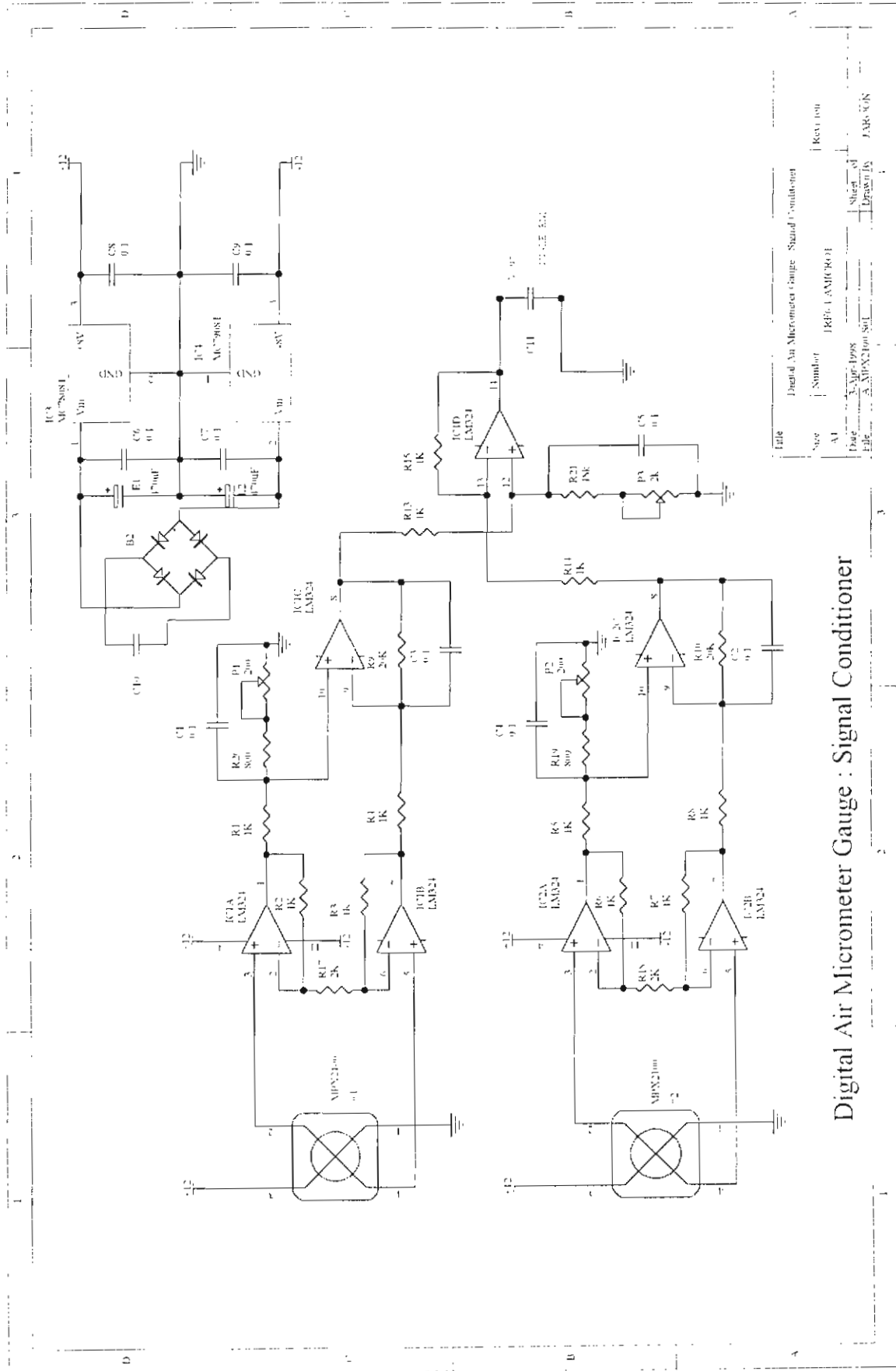
D_RAY:      MOV R7,BPP                 ;DELAY FOR SOUND BEEP
D_RAY1:     MOV R6,#03H
            DJNZ R6,$
            DJNZ R7,D_RAY1
            RET

DELAY_B:    MOV R7,#05H                ;DELAY FOR DISPLAY BARGRAPH
LLOP:       MOV R6,#00H
            DJNZ R6,$
            DJNZ R7,LLOP
            RET
            END

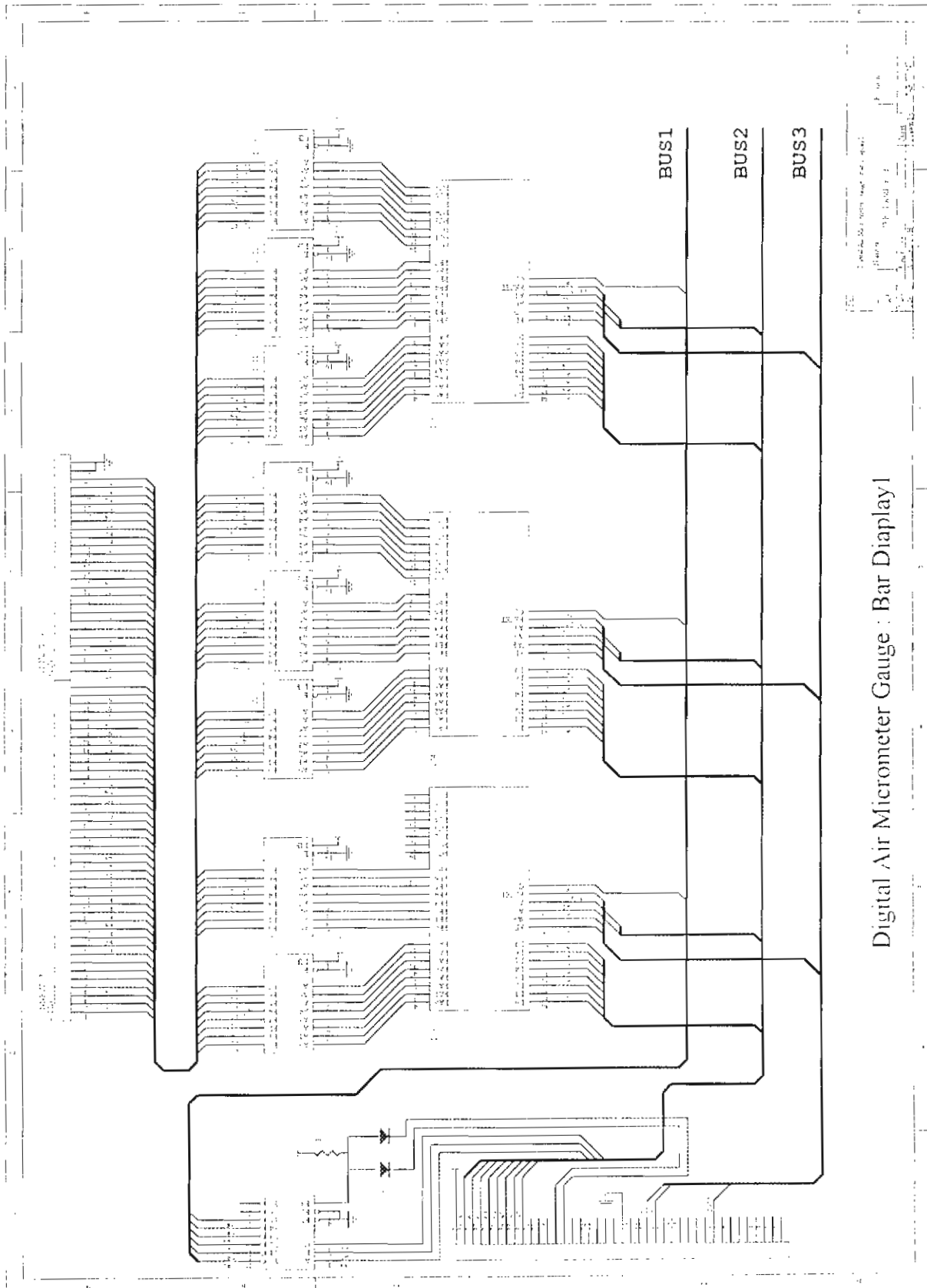
```

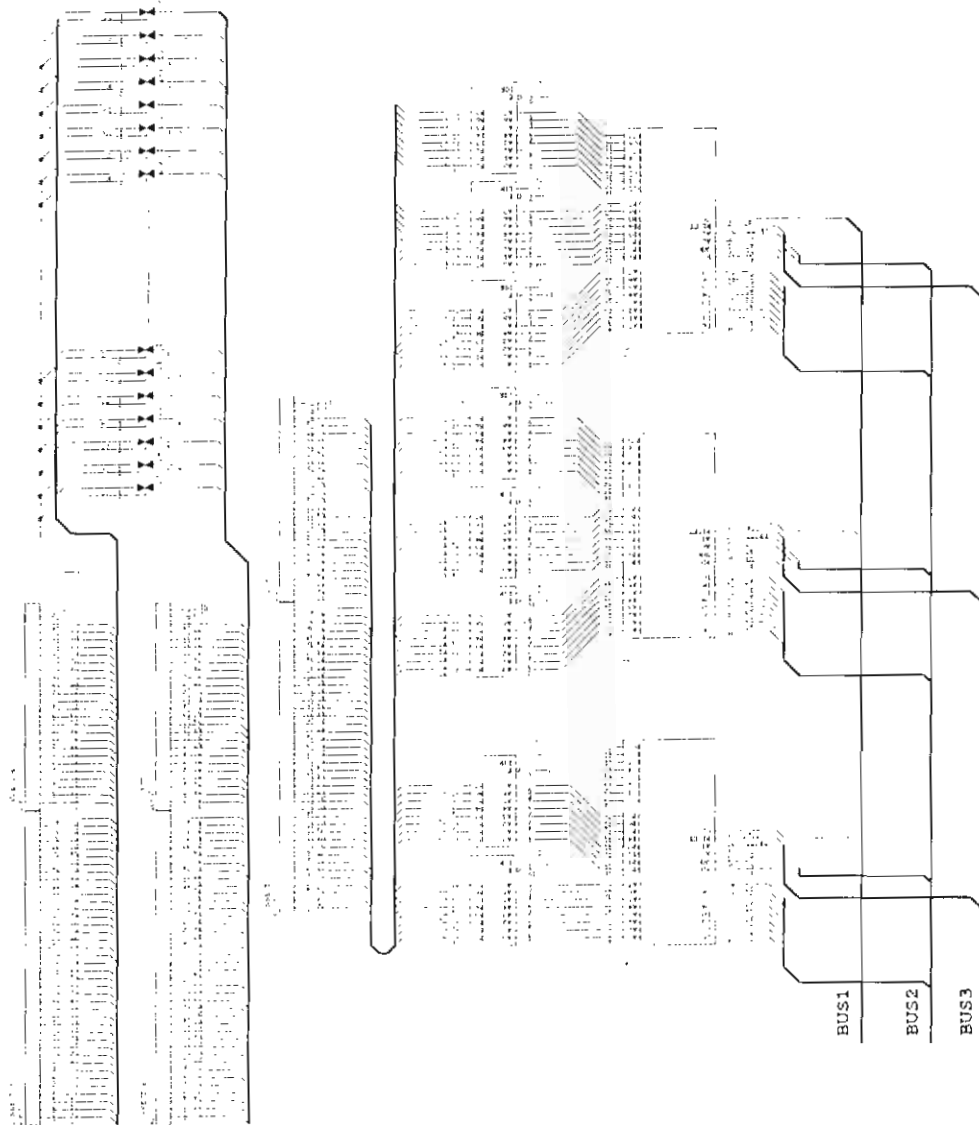
[illegible]

ภาคผนวก 5.2
CIRCUIT DIAGRAM

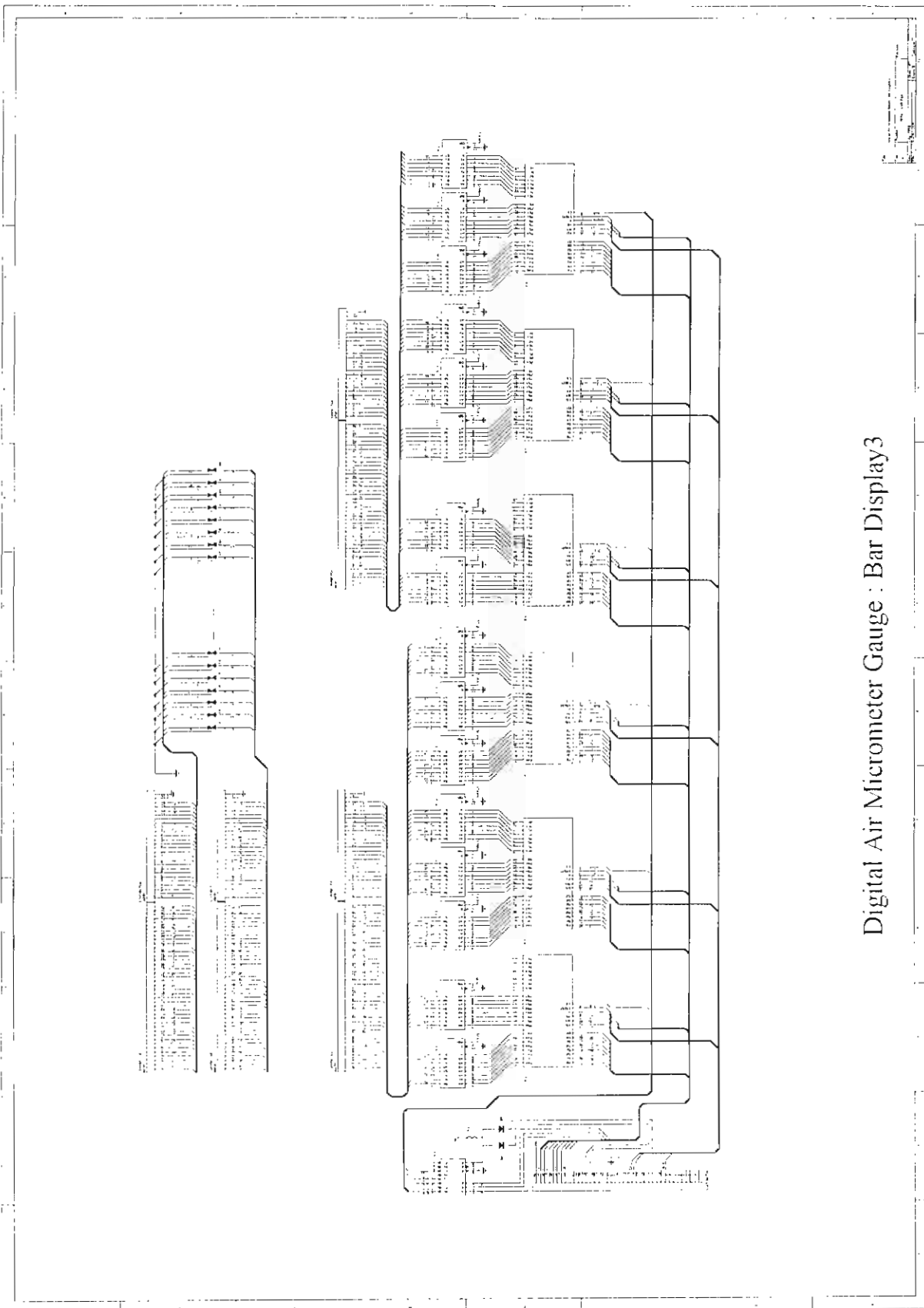


Digital Air Micrometer Gauge : Signal Conditioner





Digital Air Micrometer Gauge : Bar Display2



Digital Air Micrometer Gauge : Bar Display3

ภาคผนวก 5.3
SPECIFICATION

Specification

1. Range	-5 to +15 micron
2. Linearity	0 to 12 micron
3. Offset	0.5 micron
4. CPU	intel 8032
5. Memory	NVRAM 30 Kbyte
6. Serial Interface	RS232
6.1. Baud Rate	9,600 bit/second
6.2. Data	8 bit
6.3. Start Bit	1
6.4. Stop Bit	1
6.5. Parity	none
7. Bar Display	LED 2 colours 64 units
8. Liquid Crystal Display	8 dots/character 1 Line
9. Seven Segment Display	3 digits
10. Pass-Fail Display LED	
11. Weight	3 kg
12. Dimension	169 mm X 150 mm X 375 mm

6. คู่มือการใช้งาน

TDO

Part	๐	Manual of Operation	Page
Section	0	สารบัญ	1

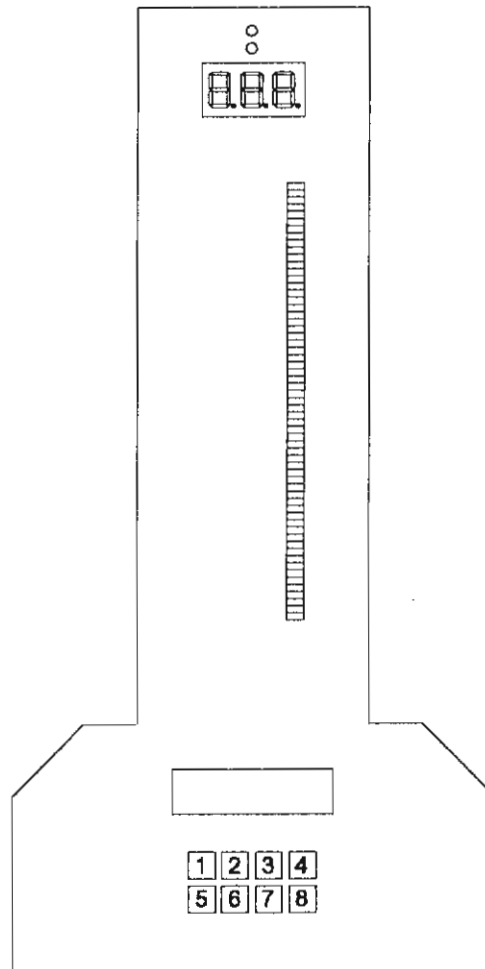
สารบัญ

	หน้า
6.1 ลักษณะทั่วไป	2
6.2 OPERATION PROCEDURE	3
6.3 การบำรุงรักษา	4
6.4 ข้อควรระวัง	4

TDO

Part	6	Manual of Operation	Page
Section	6.1	ลักษณะทั่วไป	2

6.1 ลักษณะทั่วไป



การใช้งานสวิตช์

1. ปุ่ม Set เริ่มต้น Calibrate เครื่องวัด
2. ปุ่ม Record เข้าสู่ Mode ของการบันทึกข้อมูลที่วัดได้
3. ปุ่ม Up เพิ่มค่า
4. ปุ่ม Send ส่งข้อมูลเข้า PC
5. ปุ่ม Enter ยอมรับค่าที่กำหนด
6. ปุ่ม Down ลดค่า
7. ปุ่ม Foot Button บันทึกข้อมูล
8. ปุ่ม NC (ไม่ได้ใช้งาน)

TDO

Part	6	Manual of Operation	Page
Section	6. 2	OPERATION PROCEDURE	3

6.2 OPERATION PROCEDURE

1. เสียบปลั๊กไฟเพื่อ ON เครื่อง Air Micrometer Gauge ที่จอแสดงผลจะปรากฏ "Air Micrometer"
2. ก่อนการใช้งานต้อง Calibrate ย้อนของการวัดชิ้นงานเสียก่อนโดยการกดปุ่ม Set ที่จอแสดงผลจะปรากฏ "Set Lower : 0.00"
3. ใส่ Lower Master เข้าไปที่หัววัดชิ้นงาน (JET) แล้วกดปุ่ม Enter เครื่องจะรับค่า Lower ซึ่งกำหนดไว้ที่ค่าศูนย์เข้าไป ที่จอแสดงผลจะปรากฏ "Set Upper : 0.00" และที่ Bar Display จะปรากฏ "LED" สว่างขึ้นหนึ่งดวงบ่งบอกถึงตำแหน่งของค่าต่ำสุด (Master Lower)
4. กดปุ่ม UP เพื่อป้อนค่าสูงสุดของ Range ในการวัดชิ้นงาน (ค่าสูงสุดของ Range ในการวัดชิ้นงานเกิดจากการนำเอาค่าของ Upper Master ลบด้วยค่าของ Lower Master) ค่าที่รับเข้าไปในเครื่องดูได้จากจอแสดงผลหรือ 7 Segment เหนือ Bar Display ปุ่ม UP สำหรับป้อนค่าให้สูงขึ้น ปุ่ม DOWN สำหรับป้อนค่าให้ต่ำลง เมื่อได้ค่าตามต้องการแล้วให้กดปุ่ม Enter ที่จอแสดงผลจะปรากฏ "Standard Upper"
5. ใส่ Upper Master เข้าไปที่หัววัดชิ้นงาน (Headjet) แล้วกดปุ่ม Enter เครื่องจะรับค่า ของ Upper Master เข้าไป Bar Display จะปรากฏ "LED" สว่างขึ้นอีกหนึ่งด้านบน ทำให้ได้ Range ของการวัดชิ้นงานบน Bar Display และที่จอแสดงผลจะปรากฏ "Ready to Work" หมายถึงเครื่องวัดพร้อมที่จะใช้งานแล้ว
6. ทดลองใส่ Upper Master , Lower Master เข้าไปที่หัววัดชิ้นงาน เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องก่อนการวัดชิ้นงานจริง ถ้าหากเครื่องทำงานถูกต้องค่า UPPER และ LOWER จะไม่เปลี่ยนไปจากที่ทำการ Set ไว้
7. ทำการวัดชิ้นงานได้ทันที โดยอ่านค่าที่วัดได้จาก 7 Segment 3 หลักที่อยู่ด้านบนของ Bar Display จะรู้ได้ว่าชิ้นงานมีความผิดพลาดยอมรับได้หรือไม่ โดยดูจาก LED 2 ดวงเหนือ 7 Segment
LED สีแดง หมายถึง ไม่ผ่าน (Fail)
LED สีเขียว หมายถึง ผ่าน (Pass)

TDO

Part	8	Manual of Operation	Page
Section	6.2.6.3.6.4	OPERATION PROCEDURE	4

8. กดปุ่ม Record เมื่อต้องการเข้าสู่ mode ของการบันทึกข้อมูลเพื่อบันทึกค่าของชิ้นงานที่เครื่องวัดได้ไว้ในหน่วยความจำของเครื่อง ที่จอแสดงผลจะปรากฏ “Recording mode”

9. กดปุ่ม Foot Button เมื่อต้องการบันทึกค่าของชิ้นงานที่วัด โดยที่จอแสดงผลจะปรากฏจำนวนของข้อมูลที่บันทึกไว้

10. กดปุ่ม Send เมื่อต้องการส่งข้อมูลที่เก็บไว้ในเครื่องเข้า PC โดยผ่านทาง Serial Port

6.3 การบำรุงรักษา

ทำการ Calibration ทุก ๆ เดือน

6.4 ข้อควรระวัง

1. ใช้กับไฟกระแสสลับ 220 Volt
2. ตรวจสอบระบบลมที่ใช้ ต้องเป็นลมแห้งและสะอาดโดยทำการปรับ Air Regulator ให้มีความดันในช่วง 3-7 kgf/cm²
3. ทำการเทียบค่าระหว่างเครื่อง Standard Master และเครื่อง Digital Air Micrometer ก่อนการใช้งาน

โครงการ Automatic Single Purpose Lathe

TRF 6/2/LATHE

SINGLE PURPOSE LATHE

Thawan Sucharitakul
Instrumentation and Control Research Laboratory
Energy and Appropriate Technology Research Center
Institute for Science and Technology Research and Development
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

EXECUTIVE SUMMARY

The Sanyo Universal Electric Public Company Limited (SUE) refrigerator compressor plant produces 1.2 million compressors per year for domestic consumption and export. A compressor part called slider is manufactured by multiple machining processes which begin by taking a cylindrical cast iron raw material and turn it to proper diameter and cut in to six pieces. The existing process for turning and cutting involve four separate machines for center drilling, rough turning, finish turning, and cutting.

The aim of the project is to design and built a production machine that will work in place of the four machines to save floor space and allow increased production rate without additional work force.

The production machine is designed around an engine lathe to save machine cost. The hand operated wheels for cross slide and top slide were removed and stepper motors are mounted on the wheel shafts for automated operation. The tail stock was modified the same way and a live center is fitted with a new spindle to function as a stopper. The chuck was replaced with hydraulic operated three jaw chuck. The raw material is fed in to a feed rail from a hopper by a rotary feeder and then fed in to the lathe jaw with a pneumatic plunger. From that point on, the material is turned to proper diameter and cut off one by one. The operation of the lathe is controlled by a microprocessor running a software programmed in to an erasable programmable read only memory (EPROM). Error monitoring of the system for the stepper motor drive is done by counting the number of steps it took from a limit switch and compare it to the number of steps it takes to get back to the switch.

The tolerance on the diameter of the part is 30 microns. The lathe cannot accomplish this easily even though the control system is capable of 10 microns resolution on that axis. The slider has to be reconditioned and preloaded with spring before the tolerance can be achieved.

The completed machine is capable of overall productivity of 40 seconds per piece.

This research received funding from The Thailand Research Fund and SUE and carried out by the Instrumentation and Control Research Laboratory, Institute for Science and Technology Research and Development, Chiang Mai University. Project coordination was provided by Technology Development Office, Premier Global Corporation. Consultancy was provided by the Department of Applied Physics, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang and SUE.

CONTENTS

1.	THE BIG PICTURE	2-6
2.	DESCRIPTION OF THE PRODUCTION LINE	2-6
3.	INITIAL INVESTIGATION	2-6
3.1	Raw Material	2-6
3.2	The Existing Process	2-6
3.3	Modified Process	2-9
4.	INVESTIGATION OF POSSIBLE SYSTEMS	2-10
4.1	Turret Lathe System	2-10
4.1.1	Description	2-10
4.1.2	Retrofitting for automated operation	2-10
4.1.3	Estimated cost	2-10
4.1.4	Advantages	2-10
4.1.5	Disadvantages	2-11
4.2	Hydrolically Driven Engine Lathe	2-11
4.2.1	Description	2-11
4.2.2	Retrofitting for automated operation	2-11
4.2.3	Estimated cost	2-11
4.2.4	Advantages	2-11
4.2.5	Disadvantages	2-11
4.3	Stepper Motor Driven Engine Lathe	2-11
4.3.1	Description	2-12
4.3.2	Retrofitting for automated operation	2-12
4.3.3	Estimated cost	2-12
4.3.4	Advantages	2-12
4.3.5	Disadvantages	2-12
4.4	Decision	2-12
5.	MACHINING OPERATION	2-12
5.1	Relation of Variables	2-13
5.2	Raw Material	2-13
5.3	Finished Part Specification	2-13
5.4	Cutting Tool Selection	2-13
5.5	Cutting Speed	2-15
5.6	Feed Rate	2-15
5.7	Cut Depth	2-15
5.8	Part Stiffness	2-15
5.9	Power Requirement	2-16

6.	SINGLE PURPOSE LATHE CONFIGURATION	2-17
6.1	The Task	2-17
6.2	Required Operations	2-17
6.3	Lathe Retrofitting	2-17
6.4	Component Characteristics	2-18
6.4.1	Hopper	2-18
6.4.2	Rotary feeder	2-18
6.4.3	Linear feeder	2-18
6.4.4	Chuck	2-22
6.4.5	Turning slide	2-22
6.4.6	Cut off slide	2-22
6.4.7	Part separator	2-23
6.4.8	Stopper	2-23
6.4.9	Controller	2-23
7.	STEP MOTOR DRIVE	2-24
8.	THE CONTROLLER	2-25
8.1	Function of Controller	2-25
8.2	Operation Chart	2-25
8.3	Controller Board Configuration	2-25
8.4	Inputs and Outputs Configuration	2-28
8.5	Watch Dog Timer	2-29
8.6	Driving Multiple Step Motors	2-29
8.7	Error Detection of Step Motor Drive	2-31
8.8	Error Detection of Pneumatic Drive	2-31
8.9	Controller Software	2-32
8.10	Controller Housing	2-32
9.	TEST FUNCTIONS	2-32
9.1	Position 0: Normal Operation	2-32
9.2	Position 1: Single Piece Test	2-32
9.3	Position 2: Turn Slide Test	2-32
9.4	Position 3: Cross Slide Test	2-33
9.5	Position 4: Stopper Test	2-33
9.6	Position 5: Linear Feeder Test	2-33
9.7	Position 6: Rotary Feeder Test	2-33
9.8	Position 7: Chuck Test	2-33
9.9	Position 8: Lathe Motor Control	2-34

10.	ERROR CODES	2-34
10.1	Error Code 01 CROSS LIMIT	2-34
10.1.1	Drive malfunction	2-34
10.1.1.1	Loose coupling	2-34
10.1.1.2	Excessive slide friction	2-34
10.1.1.3	Drive motor malfunction	2-34
10.1.2	Limit switch malfunction	2-35
10.2	Error code 02 CROSS STROKE	2-35
10.3	Error code 03 CROSS NOT RET	2-35
10.4	Error code 04 TURN LIMIT	2-36
10.5	Error code 05 TURN STROKE	2-36
10.6	Error code 06 TURN NOT RET	2-36
10.7	Error code 07 STOPPER LIMIT	2-36
10.8	Error code 08 STOP STROKE	2-36
10.9	Error code 09 STOP NOT RET	2-36
10.10	Error code 10 CHUCK NOT CLR	2-36
10.11	Error code 11 LINER NOT RE	2-36
10.12	Error code 12 ROTARY PROB	2-37
10.13	Error code 13 HOPPER EMPTY	2-37
10.14	Error code 14 EMERGENCY ST	2-37
10.15	Error code 15 STOPPED	2-37
10.16	Error code 16 COUNT ERROR	2-37
11.	HARDWARE PARAMETERS IN THE CONTROLLER SOFTWARE	2-37
11.1	Overview	2-37
11.2	User Tool Kit	2-37
11.2.1	Suitcase	2-38
11.2.2	Master disk	2-38
11.2.3	Work disk	2-38
11.2.4	EPROM programmer	2-38
11.2.5	RS-323 cable	2-38
11.2.6	EEPROM	2-38
11.2.7	EPROM	2-39
11.2.8	Opaque sticker	2-39
11.2.9	User manual	2-39
11.3	Relation of Parameters	2-39
11.3.1	Pitch	2-39
11.3.2	Forward stroke	2-39
11.3.3	Reverse stroke	2-39
11.3.4	Motor resolution	2-40
11.3.5	Number of steps	2-40
11.3.6	Timer reload value	2-41
11.3.7	Step rate	2-41
11.4	Constant Definitions	2-41
11.5	Reprogramming the Lathe	2-43
12.	PROBLEMS ENCOUNTERED AND SOLUTIONS	2-44

13.	PROJECT EVALUATION	2-48
14.	CONCLUSION AND SUGGESTIONS	2-48
	REFERENCES	2-49

Appendix A. Timer Reload Value Table
Appendix B. Firmware Program Listing
Appendix C. Lathe Specifications
Appendix D. Cost Breakdown
Appendix E. Lathe Part Vender List
Appendix F. Lathe Test Result
Appendix G. Drawings

1. THE BIG PICTURE

The single purpose lathe sub-project is a part of a master project to improve working conditions, safety of workers, productivity, and observation of energy at the Sanyo Universal Electric Public Company Limited (SUE) production plant. The project is jointly funded by Thailand Research Fund (TRF) and SUE. Coordination of the project is carried out by the Technology Development Office (TDO) of Premier Global Corporation Ltd.. The research team include staff members from the Department of Mechanical Engineering, Chiang Mai University; Department of Agriculture Machinery, Chiang Mai Rajmonkala Technical Collage; with staff member from Department of Applied Physics, King Mongkut's Institute of Technology Lardkrabang as a consultant.

2. DESCRIPTION OF THE PRODUCTION LINE

SUE production turns approximately 1.2 million refrigerator compressors per year. Most of the production is done from locally produced raw materials. On the mechanical parts production, most of the parts are made from cast iron. The cast iron parts being produced in parallel production lines are piston scotch, valve plate, motor case, cylinder, crankshaft, and slider. These produced parts are then assembled in the assembly line. This project deals with the beginning of the slider line. The raw material for the slider is a cast iron cylinder. The cylinders are turned and cut in short smaller cylinders. After this process, the cylinders will undergo grooving, head forming, drilling, grinding, honing and chamfering to form the finished sliders.

3. INITIAL INVESTIGATION

3.1 Raw Material

The raw material to produce the refrigerator's compressor slider which is driven by the crankshaft and then drive the compressor piston is a piece of cylindrical cast iron approximately 180 mm long and 25 mm in diameter. The material is gray cast iron number FC-30 and weight 0.6 Kg

3.2 The Existing Process

To machine the described raw material in to short cylinders for further machining processes, the following operations are required:

- 1) The raw material is drilled on both ends so that the part may be fitted on the turning lathe.
- 2) The part is mounted on an engine lathe and rough turning is performed.
- 3) The part is then mounted on another engine lathe for fine turning operation.
- 4) The part is mounted on another engine lathe to cut it in to six short pieces.

RAW MATERIAL

FINISHED PARTS

MODIFIED PROCESS

Instrumentation and Control Research Laboratory	
Institute for Science and Technology	Research and Development
Subject: Single Purpose Lathe	Designed by: Thawan
Project: SUE Production Line	Date: 26 Oct. '96
File: SUDE01B	Scale: 1:1
	Drawing No. 1

RAW MATERIAL

DRILLING

ROUGH TURNING

FINISH TURNING

CUTTING

EXISTING PROCESS

3.3 Modified Process

Various cutters required the process, sample raw material, as well as control document for the production is obtained from SUE for analysis and experimentation. In a fully automated process, it is preferred to machine the required piece by piece rather than doing the machining in batch like in the existing production line. The preference arise from the fact that complex machinery is required to transfer parts from one machine to another in batch process and machinery to process the part piece by piece simpler in construction. The fact that the part will be machined piece by piece cause the length of the raw material protruding from the chuck head to be much shorter and much more rigid. The separate turning cycle for rough turning and finish turning is required for the long part in the existing production is because the part is flexible, but when the part is short, only one turning cycle is required. This fact is confirmed by experimentation on an existing lathe at CMU. Further testing shows that the raw material (gray cast iron) is relatively easy to machine and the chip is in small pieces. Testing at current production turning speed (1,020 rpm) at feed rate of 0.15 mm/revolution in one single pass shows that the part and cutting tool show no sign of overheating or vibration. It is reasonable to believe that this turning speed will cause no difficulty for all machining operations required.

The design of the working cycle for the single purpose lathe follows:

- 1) Move in the stopper to the position close to the chuck.
- 2) Feed the material against the stopper.
- 3) Clamp the chuck.
- 4) Back off the stopper.
- 5) Move in turning tool to turn the protruding material.
- 6) Back off the turning tool.
- 7) Cut off the face of the new part.
- 8) Back off the cut off tool.
- 9) Move the stopper in to standard part length position.
- 10) Open the chuck.
- 11) Feed the material against the stopper.
- 12) Clamp the chuck.
- 13) Use the turning tool to turn the part.
- 14) Back off the turning tool.
- 15) Cut off the finished part.
- 16) Repeat from step 9 five times.
- 17) Eject the remaining stub.

The shortest time that the machining of one piece can be done in theory is the total time that the material is being removed. This time is about 26 seconds which is limited by tool feed rate. The rest of the time is for the tool movement without material removal. The time of tool movement will depend on the drive system used. The fastest to the slowest movement time for different drive systems are hydraulic, pneumatic, and electric power. The highest cost to the lowest cost is also in the same order. In this case, pneumatic drive is not considered because air is compressible and the cutting action may become irregular.

4. INVESTIGATION OF POSSIBLE SYSTEMS

The common feature that is desirable for all machining systems is an automated part feed system. This system is designed first since it can be used for any machining system described later in this document. The designed part feeder use an automated hopper which can contain 25 pieces of raw material (125 pieces of sliders can be produced) which correspond to the turning tool life. The raw material can be dispense one by one in to a feed mechanism a rotary mechanism and motor drive. The feed mechanism consist of a long plunger inside a tube. The plunger is push against the part being fed by pneumatic actuator. The feeder provide an output signal to the machining system at the end of the last piece machined from the raw material to inform the machining system to eject the raw material stub.

Many machining system is possible and each will be described in turn. The three system being considered are turret lathe driven by hydraulic system, engine lathe driven by hydraulic system, and engine lathe driven by stepper motor.

4.1 Turret Lathe System

4.1.1 Description

A turret lathe is an old fashion production machine which is manually operated. The turret is a rotating mechanism which can hold up to six tools and sit in a sliding mechanism which is operated by a hand wheel. By rotating the hand wheel counterclockwise, the tool on the turret is pressed against the raw material and provide machining action. When the hand wheel is turned clockwise, the turret move away from the part and the turret rotates 1/6 turn to change cutting tool automatically. The stroke for each tool can be set independently by a separate set of screw stopper mechanism.

4.1.2 Retrofitting for automated operation

Since the turret lathe is designed to be a production machine, retrofitting of the lathe is relatively easy since it already contain a collet chuck, a cross slide, a cut off slide, and a turret for six tools. Hydraulic pistons can be added to the lathe and limit switches attached for control operation.

4.1.3 Estimated cost

Turret lathe	200,000
Feed system	30,000
Hydraulic system	150,000
Pneumatic system	20,000
Control system	15,000
TOTAL	415,000

4.1.4 Advantages

The turret lathe system lend itself retrofitting and minimum work is required to automate the lathe which result in minimum lead time for job completion.

4.1.5 Disadvantages

The turret lathe relies heavily on mechanical stops to position the tool so the hydraulic system will have to have control on both speed and actuation force which contribute to the high cost. Further more, these stops may need to be adjusted regularly which is quite cumbersome. The stroke of the turret slider is quite long, (600 mm) and this could cause the cycle time to suffer. As of last survey, turret lathes are no longer imported regularly and this could cause problem with after sales service and spare parts.

4.2 Hydraulically Driven Engine Lathe

4.2.1 Description

In this case, an old engine lathe may be use as the chuck power for the system. A base plate fitted with tool sliders and hydraulic system may be fitted on any engine lathe with ease.

4.2.2 Retrofitting for automated operation.

A powered chuck will be fitted on the lathe for automated operation. The powered chuck can be in the form of hydraulic chuck or a collet chuck operated by hydraulic force. A rigid base plate will be designed to support a set of sliders and tool holders which will be driven by hydraulic cylinders. Due to the fact that hydraulic system can be made to be fast acting and short stroke is required for tool travel, this system promise a fast cycle time.

4.2.3 Estimated cost

Engine lathe	existing SUE equipment
Feed system	30,000
Hydraulic chuck	100,000
Hydraulic system	200,000
Sliders	100,000
Tool holders	40,000
Control system	15,000
TOTAL	485,000

4.2.4 Advantages

The performance of this unit can be comparable to imported units with much lower cost. It can be built with local technology and known spare part cost which will aid maintenance in the long run.

4.2.5 Disadvantages

It would require high initial investment cost and some extensive research and testing before it goes on line.

4.3 Stepper Motor Driven Engine Lathe

4.3.1 Description

A standard engine lathe is used with all its sliders driven by stepper motors. A hydraulic chuck is still required for this system which contribute to most of the cost. The entire process will have to be microprocessor controlled because of the stepper motor used.

4.3.2 Retrofitting for automated operation

A powered chuck will be fitted on the lathe for automated operation. The sliders equipped with standard engine lathe are screw driven which lend itself to stepper motor drive. Unlike other systems, only one limit switch per slide is required and the working cycle can be programmed in to the firmware.

4.3.3 Estimated cost

Engine lathe	existing SUE equipment
Feed system	30,000
Hydraulic chuck	100,000
Stepper motors	50,000
Tool holders	30,000
Control system	20,000
TOTAL	230,000

4.3.4 Advantages

The stepper motor alternative has the lowest cost of all systems. Tool setting can be simplified because it can be done electronically. Automatic fault detection and remote alarm system is possible because the system is controlled by microcontroller. It is also possible to program in variable tool feed rate to improve the cycle time.

4.3.5 Disadvantages

Stepper motor is basically low power device and tool movement cannot expected to be fast. The cycle time cannot match the hydraulic counterpart. Retrofitting of different lathe will have to be done on a case by case basis due to difference in each lathe slider geometry unless the same model lathe will be used for future retrofitting.

4.4 Decision

All three systems mentioned above was investigated for feasibility and suitability. After many meetings with SUE and TDO along with part availability survey, it was found that the stepper motor driven lathe is the most feasible and most suitable. The turret lathe system was rejected due to difficulty of maintenance. The hydraulically operated system was rejected due to difficulty in finding hydraulic sliders locally and high cost.

5. MACHINING OPERATION

Machining operation is an operation to remove material from raw material and leaving the desired part according to specifications. The removal of material is achieved via chip produced from cutting edge of cutting tools. The faster the chip can be produced, the more

productive the machining operation can be. Machining operation is investigated first to establish tooling requirements and limitations for the single purpose lathe design.

5.1 Relation of Variables

The rate of chip production depends on factors such as cutting speed, feed rate, and cut depth. Factors mentioned are also bounded by the nature of raw material, cutting tools material, power available to the machine, material clamping methods, and tolerance specifications of the desired part. Each of the variables involve will be discussed in turn in the following sections:

5.2 Raw Material

The raw material under consideration is gray cast iron number FC-30 cast with sand mold into cylindrical part approximately 24.5 mm in diameter and 180 mm long. The microstructure of cast iron contain graphite flakes which help lubricate the cutting tool while it is being machined. This feature make the material relatively easy to machine. It also contain some carbide which make the material quite abrasive to the cutting tool. The abbrassiveness of the material requires that the cutting tool must be quite hard for long operating life. Further more, the finish of the cylinder is sand casting which imply many irregularities on the surface as well as relatively large dimensional variation. The cylinder's finish would suggest some impact on the cutting tool while it is being machined, so, cutting tool toughness and rigid support must be kept in mind.

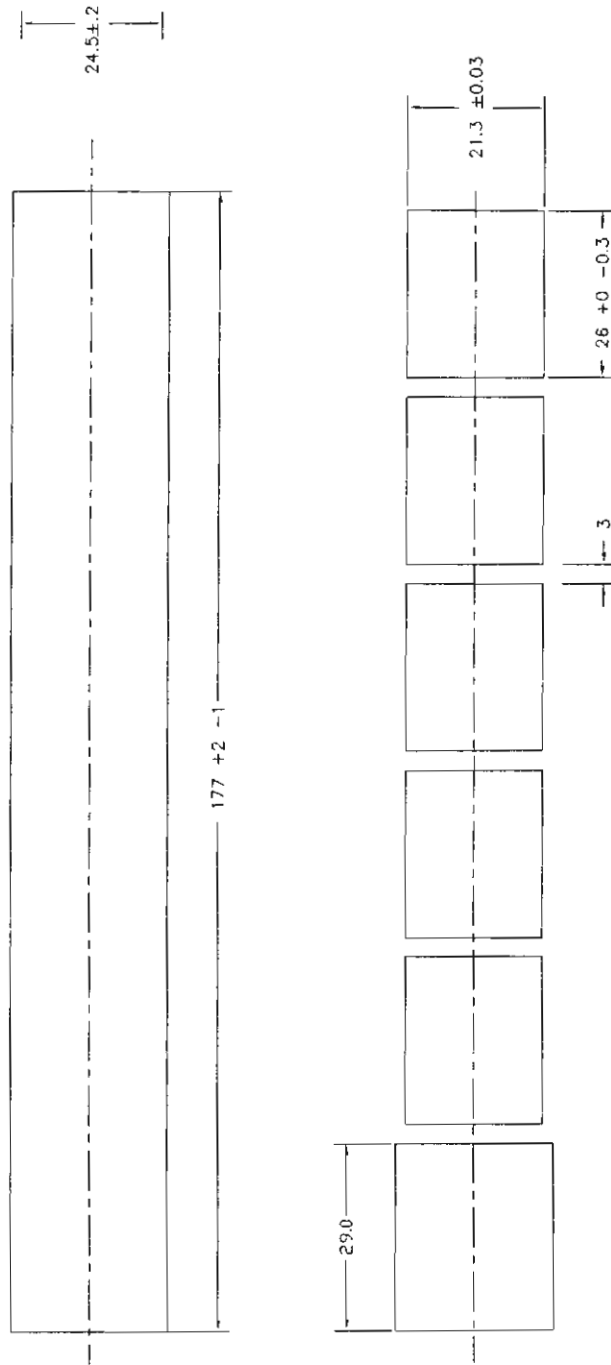
5.3 Finished Part Specification

The finished part from this operation is cylinders of 21.3 mm diameter and 26 mm long. Five pieces of the finished part can be produced from one piece of raw material. The tolerance of the diameter is ± 0.03 mm and $+0, -0.3$ mm for the length.

5.4 Cutting Tool Selection

Cutting tool material must be selected before cutting speed, feed rate, and cut depth can be determined. Cutting tool should be selected so that it has long life and able to meet all the machining requirements. In general, the life of a cutting tool depends on it's hardness and it's ability to retain the hardness at elevated temperature. Cutting tool material ranging from softest to hardest are high speed steel, sintered carbide, ceramics, and diamond. The harder the material, the more brittle it is. High speed steel is the first choice for manual machining because it is easily shaped by grinding and is extremely tough. In automated operation, the cutting speed limit of high speed steel is too low and require frequent resharpenering of the cutting edge. After each tool reconditioning, the tool must be set on the machine which require a lot of time and hamper productivity. The next choice is sintered carbide which normally come in inserts which can be installed in the tool holder and reduce the tool setting time during insert change. Some grade of sintered carbide¹ is relatively tough and is abrasive resistant so it is well suited for this application. Ceramic and diamond tools are extremely hard and promise long life but it is also quite brittle. Since the raw material has dimensional irregularity and some impact is expected during machining, these harder tools are not suitable for this application.

PART SPECIFICATION



Instrumentation and Control Research Laboratory	
Institute for Science and Technology Research and Development	
Subject: Single Purpose Lathe	Designed by: Thawon
Project: SUE Production Line	Date: 26 Oct 96
File: SUDE02	Scale: 1:1
	Drawing No 1

5.5 Cutting Speed

Cutting speed for machine tool operation is defined as the speed that the material pass by the cutting tool. The usual unit is in meter per minute or feet per minute. The cutting speed is related to heat generation at the tool's cutting edge and in turn effect the tool's life. In this case, the operation is turning and the equation for cutting speed is

$$V = \pi D / 1000 N$$

Where V = cutting speed in meter per minute
 π = 3.141592
 D = part diameter in mm.
 N = chuck speed in revolution per minute.

The recommended speed² for cutting of cast iron with carbide tool is 69 m/min. This recommendation is made based on optimal tool life and production rate. With part diameter of 21.3 mm the suitable cutting speed is achieved at the chuck speed of 1031 rpm. The lathe used for this operation should be set as close to this speed as possible. For YAM 550 lathe, the speed setting of 1020 rpm is available and this speed setting will be used.

5.6 Feed Rate

The feed rate is the rate that the cutting tool advance along the axis of rotation. The unit of feed rate is in millimeter per revolution. The higher feed rate yield better productivity with poor finish. In the case of long slender work piece, excessively high feed also cause vibration and poor dimensional accuracy. In current production, feed rate of 0.15 mm/rev is used with good result. This rate is selected for now, but if there is difficulty with cycle time, it may be increased up to 0.38 according to recommendation² providing that the power requirement, surface roughness, and dimensional error is not excessive.

5.7 Cut Depth

Cut depth is the depth that the cutting tool dig in to the material. The unit of cut depth is in mm. For this application, the turning operation reduce the raw material diameter from 24.5 mm to 21.3 mm in one pass. The diameter difference is $24.5 - 21.3 = 3.2$ mm. The cut depth is therefore $3.2 / 2 = 1.6$ mm. The maximum cut depth of this tool is 3.18 mm and the required cut depth does not exceed this limit. In the current production line, this cut depth is not obtainable because the part being machined is gripped at full length and an attempt to turn in single pass will cause excessive vibration. For the single purpose lathe, the part is mounted in the chuck as a cantilever beam with only 30 mm of the material protruding from the chuck. This type of arrangement provide much better stiffness and permit one pass turning.

5.8 Part Stiffness

In production planning, part stiffness is a cause of concern because stiff part will permit higher feed and larger cut depth which result in good productivity. This section will compare the current practice of mounting full length part between centers against part mounted as a cantilever beam protruding from the chuck.

The flexibility of the part can be said to be the amount of deflection of the part when subjected to a unit load at critical point. For the part that is mounted between centers, it can be modeled as a simply supported beam being loaded at center with one unit load. The deflection equation for such a beam is

$$y_{\max 1} = (Fl_1^3)/48EI$$

Where $y_{\max 1}$ = maximum deflection of the beam
F = load at center of part
l = length of part
E = modulus of elasticity of material
I = area moment of inertia

and for the cantilever mounted part, the deflection equation is

$$y_{\max 2} = (Fl_2^3)/3EI$$

The deflection ratio becomes

$$y_{\max 1}/y_{\max 2} = (l_1^3/16)/l_2^3$$

Substitute 180 mm for l_1 and 30 mm, for l_2 will yield deflection ratio of 13.5. This means that the cantilever mounted part is 13.5 times as stiff as the end mounted part. From this calculation, it is expected that the increased cut depth for the cantilever mounted part should cause no difficulty and this will be verified by experimentation.

5.9 Power Requirement

The power requirement for a machine operation can be approximated from the rate of material removal and specific power³ for that material. The term specific power refers to the power required to remove 1 cubic millimeter of material per minute. The specific power for cast iron is 0.021 Watt per cubic millimeter per minute.

For turning operation, the length of an annulus removed from raw material is the chuck speed multiplied by feed rate which is $1020 \times 0.15 = 153$ mm/min. The area of the annulus is $\pi D_1^2/4 - \pi D_2^2/4$ where D_1 is the diameter of the raw material and D_2 is the diameter of the finished part. The annulus area is 105 square millimeter. Multiply the annulus area with the length of annulus removed per minute yield the volume of material removed of 16,065 cubic millimeter per minute. Multiply this figure with the specific power for cast iron yield power requirement at the chuck of 337 Watt. The YAM 550 lathe is driven by a 3 horsepower motor and the power requirement for turning operation seems to cause no problem.

For cut off operation, the material removal rate is not constant. The maximum material removal rate will occur at the beginning of the cut due to largest cut diameter. This maximum material removal rate will be considered for lathe power calculation. The feed rate for cut off operation will be approximately 0.1 mm per revolution and the material removed during first revolution can be approximate by a strip of metal 0.1 mm thick 3.0 mm wide and $\pi \times$ diameter of raw material long. Hence, the amount of metal removed during the first revolution is $0.1 \times 3 \times \pi \times 24.5 = 23.1$ cubic millimeter. In one minute, with the chuck rotating at 1020 rpm, the material removed will be $1020 \times 23.1 = 23,552$ cubic millimeter.

Multiply this figure with the specific power for cast iron yield the power requirement to be 495 Watt. Again, the power requirement for cut off operation will not cause any problem. Cut off operation with constant material removal rate will be considered to improve the cycle time in this study.

6. SINGLE PURPOSE LATHE CONFIGURATION

6.1 The Task

The task for the single purpose lathe is to transform raw material in the form of cast iron cylinders into smaller shorter cylinders with close tolerance specification by machining. The part will be further processed by other machines to make them into compressor sliders. The processing is fully automated and done in batch of 25 pieces of raw material.

6.2 Required Operations

For each piece of raw material, the single purpose lathe is required to do the following:

1. Feed the raw material from a hopper in to the lathe.
2. Cut about 2 mm from the end of the raw material.
3. Turn about 30 mm of material to the diameter of 21.3 mm.
4. Cut the turned section into a cylinder 26 mm long.
5. Repeat step 3 and 4 five times.
6. Eject the remaining stub.

Each of the finished part must take no longer than 30 seconds to make to keep the production line balanced.

6.3 Lathe Retrofitting

The operation required is not very complex and it is more economical to retrofit an engine lathe for the operation than to build a new production machine. The requirement for a lathe is that it must be driven by 1.5 horsepower or more motor, has cross slide, top slide and tail stock and has a chuck configuration suitable for hydraulic chuck installation. An existing lathe at SUE production plant was used for such retrofit. The lathe is a YAM model 550 engine lathe.

The process require that raw material is loaded in a batch. The part that will meet this requirement is a linear hopper with 45 degree slope floor pan which will feed the raw material in to a rotary feeder. The rotary feeder will feed the material in to a rail one at a time to be fed in to the lathe through hole which is connected to the chuck. The feeding of the material at this stage will be done by a pneumatic operated plunger. The length of the material through the chuck is controlled by a stopper with adjustable stroke which is driven by stepper motor. Once the part is properly fed, the chuck which is operated by hydraulic power will clamp the material in place and the machining operation can then begin. The end of the raw material is irregular in shape and about 2 mm is trimmed off using a cut off tool. This trimming operation will be referred to as facing operation later on in this document. The first machining operation for the production part is turning and is done by a cutting tool mounted on a slide driven by a stepper motor. Once the turning operation is finished, the turned part is cut off by a cutting tool mounted on the cross slide driven by a step motor. This

operation is repeated five times and the remaining stub of the raw material is ejected at the end of cycle. After that, the feeding process will start over again.

6.4 Component Characteristics

Each of the components used in retrofitting has to meet different sets of requirements and has its own characteristics. They will be discussed in turn in the following section:

6.4.1 Hopper

The hopper is designed to accommodate a batch of raw material to be fed in to the lathe for machining. The size of the batch is 25 pieces to correspond to the turning tool usable life. The hopper is designed as a box 26 mm high by 180 mm wide by 500 mm long with slope of 45 degrees. A limit switch is attached to the bottom of the hopper to detect hopper empty condition and send the signal to the control unit.

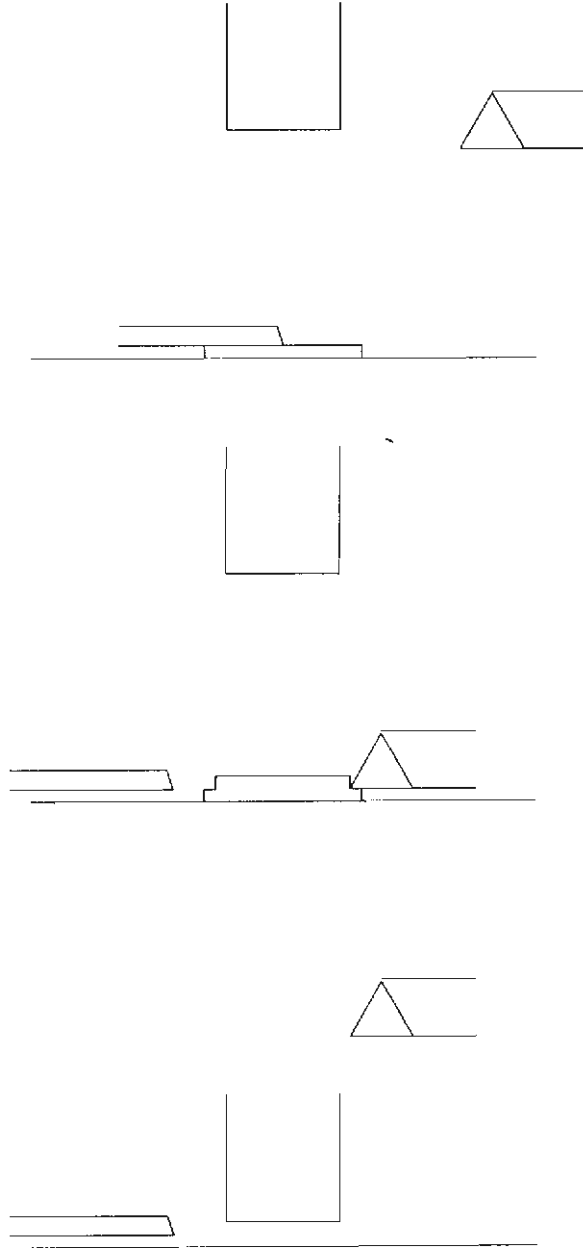
6.4.2 Rotary feeder

The function of the rotary feeder is to feed the material one at a time in to the rail for linear feeder. The rotary feeder consist of a rectangular frame which is attached to the bottom of the hopper, a rotary drum with a slot machined in to accommodate the material and is driven by a 1 rpm 12 volt dc motor. The drive motor used is the same type used in automobile windshield wiper because it is economical, has built in gear reducer, and capable of stopping automatically at the end of the cycle. When the drum is rotated, the raw material in the drum slot will be dropped in to a guide way that end at the linear feeder rail. The drum will continue to rotate to complete one revolution in order to receive another raw material from the hopper and be ready for the next cycle. The rotary feeder is activated by a momentary relay contact in the controller and the feeder stops automatically by a limit switch activated by a cam mounted on the motor shaft.

6.4.3 Linear feeder

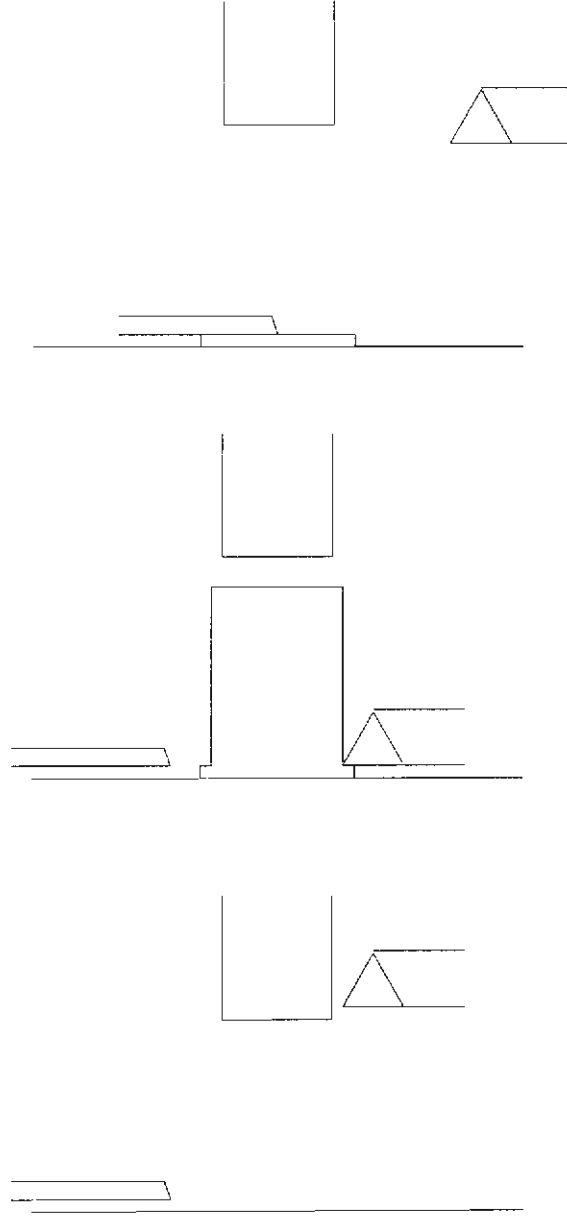
The function of the linear feeder is to push the raw material in to the lathe feed hole and through the chuck against the stopper. The stroke of the linear feeder is 1200 mm long and the force requirement for feeding is about 100 Newtons. A pneumatic cylinder is most appropriate for this application because of it's long stroke and low force requirement. The compressibility of the air which is used to drive the cylinder is also beneficial when the part impact on the stopper at the end of feed. It can be seen that the force requirement is not high and would require small diameter cylinder, but due to difficulty in construction and rigidity requirement, a large bore (40 mm) cylinder is used. The speed of the plunger is controlled by an adjustable flow control valve at about 0.75 m/sec. The force of the plunger is controlled by a pressure regulator to about 100 Newton and the existing factory supply pressure of 5 bar is more than sufficient. The position of the piston need to be monitored in two places, one at the full back position and one near the end of full out stroke. The position detection is accomplished by reed switches activated by permanent magnet embedded in the piston. These signals are used for fault detection and to detect if the raw material is at the stub so ejection could occur. The plunger will be pushing against the end of the raw material which is irregular in shape and is rotating. For this requirement, a rotating tip mounted on a thrust bearing is attached to the end of the plunger. The linear feeder is controlled by a pneumatic solenoid valve which is controlled by the controller.

NEW MATERIAL CYCLE



Instrumentation and Control Research Laboratory Institute for Science and Technology Research and Development			
Subject	Single Purpose Lathe	Designed by	Thawun
Project	SUE Production Line	Date:	26 Oct. 96
File:	SUDE08A	Scale:	1:1
			Drawing No. 5

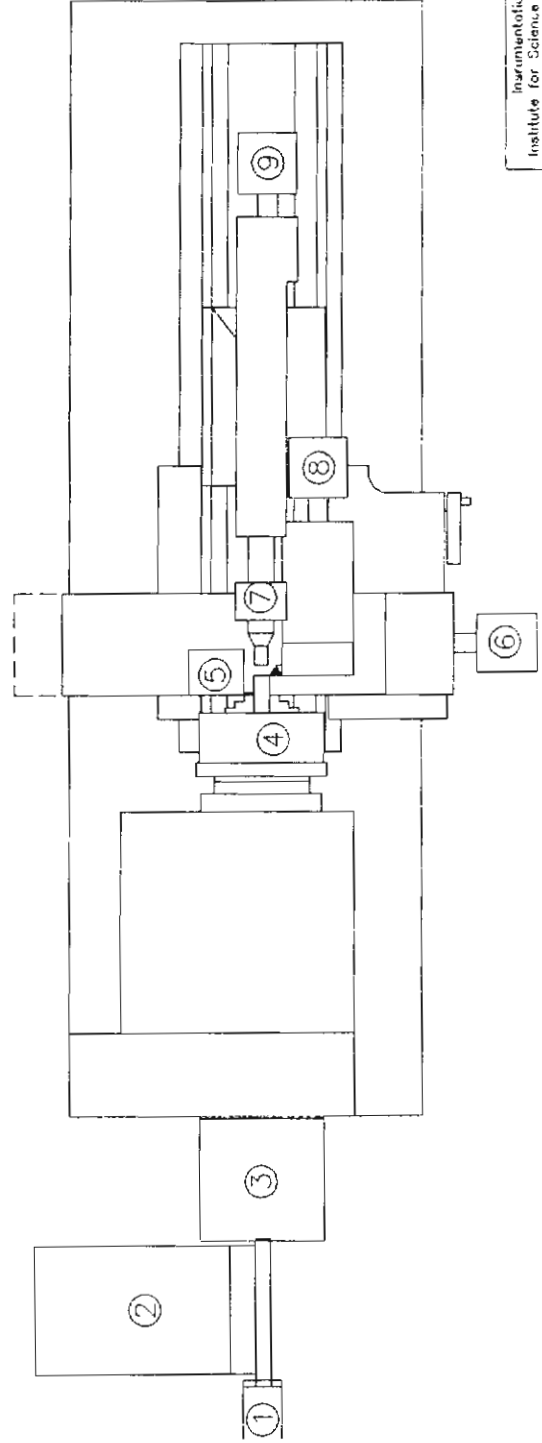
MACHINING CYCLE



Institute for Science and Control Research Laboratory			
Subject: Single Purpose Lathe		Designed by: Thawon	
Project: CUI Production Line		Date: 26 Oct. 96	
File: 51111011		Scale: 1:1	
		Drawing No. 6	

LATHE RETROFIT COMPONENTS

1	PNEUMATIC FEED	6	STEP MOTOR DRIVE
2	HOPPER WITH ROTARY FEED	7	LIVE CENTER CAP
3	HYDRAULIC CYLINDER (M-1246)	8	STEP MOTOR DRIVE
4	3 JAW CHUCK (N-206)	9	STEP MOTOR DRIVE
5	CUT-OFF TOOL HOLDER		



6.4.4 Chuck

The chuck need to be able to open and close while it is rotating. Two types of chuck is available for this application. One is a collet type and the other is a three jaw hydraulic chuck. Due to the variation in the raw material dimensions, the collet type cannot be used effectively because of it's limited stroke. The three jaw hydraulic type is selected. The hydraulic chuck is two pieces type. One piece contain the three jaw gripper which is operated through a draw bar by another piece which contain hydraulic piston and slip rings. The chuck system is powered by two horsepower power unit driven by an electric motor. The chuck is controlled by a solenoid valve which is controlled by the controller.

6.4.5 Turning slide

The turning slide is used to drive the turning tool parallel to the axis of rotation of the lathe. The turning slide is adapted from the lathe's top slide which driven be a screw with module of 3 mm. An appropriate stepper motor is selected for this slide drive. The lathe chuck rotates at 1020 rpm and the required feed is 0.15 mm/rev. From this information, the desired slide speed is $1020 \times 0.15 = 153$ mm/min. With the screw module of 3 mm, the desired screw speed is $153 / 3 = 51$ rpm. This speed requirement correspond to about 170 steps per second which is well within the operating range of many step motors. A limit switches is mounted on the slide to determine full back position of the slide which is used for reference point of the motor control.

6.4.6 Cut off slide

The cut off slide move the cut off tool in the axis perpendicular to the lathe's axis of rotation. The cut off slide is adapted from the cross slide of the lathe. Since the turn slide is also mounted on the cross slide, the cross slide will have to position the turning tool for appropriate cut depth as well as driving the cut off tool. The positioning of the turning slide will have to be as precise as ± 0.015 mm to meet the part diameter tolerance. For this reason, stepper motor drive will be used to drive this slide. The cross slide is driven by a screw with module of 4.0 mm and a stepper motor will be coupled directly to the screw shaft. The feed of the cut off tool is 0.1 mm/rev and with chuck speed of 1040 rpm, the slide speed will have to be $1040 \times 0.1 = 104$ mm/min. The screw speed required would be $104/4.0 = 26$ rpm. Since the screw is driven be a step motor, this speed can be attained exactly without difficulty. Common stepper motors available in the market has step size of 200 steps per revolution which will yield the positioning resolution of $4.0/200 = 0.02$ mm. Notice that this resolution is courser than the positioning requirement for the part diameter stated above. It is also true that when the cross slide move to position the turning tool, the slide move with no load and under this circumstance, the motor can be driven with 1-2 phase⁴ excitation method which yield lowered torque but with step size reduced to 400 steps per revolution. With this in mind, the slide resolution is now 0.01 mm which is well within the requirement of turning tool positioning. The torque requirement for cut off operation will also must be determined experimentally. Test shows that the cross slide would require about 30 kg-cm of torque to operate during cut off cycle. The operating speed is 26 rpm which correspond to step rate of 87 steps per second. The Sanyo Denki stepping motor catalog shows that a hybrid type Step-Syn motor type 89 two phase motor number 103-8920-26 have the operating torque of 49 kg-cm at step rate of 87 step per second and this motor is selected for this drive. The safety factor for this motor is 1.63. The stepper motor is driven by a set of power transistors which are optically linked to the controller. The operation of step motor is open loop and a reference position is required. This reference position is detected with a short stroke limit

switch which is mounted on the slider at the end of cut off stroke. Fault detection is performed by counting the number of steps taken to back off the cut off tool and compare the count with the number of steps it takes to reach the limit switch.

6.4.7 Part separator

During the machine operation, three types of metal pieces fall from the chuck. One is the chip from machining operation and the other two are the desired part and the ejected stub. The chip can be separated out using a grill arrangement. A rail was mounted on the cross slide to catch the desired part when the cut off is complete and channel the part to one bucket. This rail will not catch the stub because when the part is being ejected, the cross slide is at the full out position. In this case, the stub will fall to the catch area for the chips and removed at every cutting tool change.

6.4.8 Stopper

The function of the stopper is to position the raw material in the axis of lathe's rotation. The stopper must operate while the chuck and raw material are rotating at 1040 rpm. The stopper must also have three stopping position. One near the off tool to position material for end cut off for new raw material, one at the position where the chuck will clamp the material for machining operation, and one out of the way when machining begins. Of these, three position, only the position for material clamping must be held to the tolerance of ± 0.15 mm. This position control the length of the finished part. The stopper will be adapted from the lathe's tail stock. The screw of the tail stock will be driven by stepper motor for precise positioning. With the pitch of the tail stock screw being 16.0 mm per revolution and the stepper resolution is 200 steps per revolution, the positioning resolution is $16.0 / 200 = 0.08$ mm. This resolution is well within the 0.15 mm required by part length tolerance. The drive for this application is not critical and the existing hybrid type Step-Syn motor type 80 two phase motor number 103-815-2 was tested with satisfactory result. This motor has holding torque of 21.6 kg-cm and running torque of 12 kg-cm for immediate start-stop operation at 60 rpm (200 steps per second). The fault detection method and the control method for the stopper is the same as the cross slide.

6.4.9 Controller

It can be seen later on in this document that in order to meet the cycle time of 40 seconds per piece, several things has to happen at the same time as well as the precise control of the stepper motor step rate and number of steps taken. Further more, fault detection of the machine must also be active at the same time. These requirements cannot be easily met with standard programmable logic controller (PLC) and microprocessor system must be used for the control purpose. The microprocessor selected for this application is the microprocessor designed specifically for control application manufactured by Intel. It is in the MCS 51 family which is particularly suitable for control purpose. The complete microprocessor board is manufactured in Thailand by Sila Research Inc. and this would guarantee spare part availability. The software for the controller is written in assembly language and embedded in the controller board using erasable programmable read only memory (EPROM) and the entire microprocessor board contain no moving part. The controller communicate with use via switches and lamps. A set of part dimension trim control is built in so that tool setting is not required when adjustment is necessary. More detail on the controller will be discussed in another section of this document.

7. STEP MOTOR DRIVE

Step motor used in this project is a hybrid type with four phases. The characteristic of step motor is that it can be moved in small steps (usually 200 steps per revolution) and capable of sudden start and stop operation. The speed of the stepper motor can be controlled by the frequency of phase excitation and the direction of rotation is controlled by the sequence of phase excitation. A step motor can be driven in one of three ways. Single phase excitation provide lowest power consumption and heat generation. Two step drive provide high operating torque. Two-one phase drive provide halve step motion. In general, two phase drive is used except for positioning of the turning tool on the cross slide which require two-one phase drive to meet the positioning resolution requirement. Step motors are rated according to it's holding torque, phase current, and phase voltage. Torque-speed curve is supplied in the motors catalog.

The power supply for the stepper motor is usually of a voltage higher than the motor rating and the voltage to the motor is reduced by a set of series resistor. With this arrangement, torque at high step rate is improved due to better resistor - inductor ratio. Common supply voltage recommended by the factory is 24 volts but in practice, 13.8 volt supply is much more common and is selected for this system. The value of series resistor is calculated using the following equation:

$$R_s = R_m(V_s - V_q)/V_m - R_m$$

Where R_s = value of series resistor in ohm
 R_m = phase resistance of stepper motor
 V_s = supply voltage
 V_q = voltage drop across drive transistor
 V_m = motor voltage rating

Supply voltage of 13.8 volt is used because of availability. The voltage drop across the drive transistor is the saturation voltage which is normally about 0.8 volt. The power rating of the series resistor can be calculated from the equation:

$$P_s = I_m^2 R_s$$

Where P_s = power rating of series resistor in watt
 I_m = current rating of the motor

It is common that the power rating of series resistor is in the order of 20 to 60 watts and the resistors used are commercially available adjustable power resistor with rating of 100 watt. The power dissipated by the resistor is quite large and cooling fan is required.

8 THE CONTROLLER

8.1 Function of Controller

As the name imply, a controller is used to control a process which in this case is the single purpose lathe. The controller monitor external events (called inputs) and base on those events, give commands to external actuators (called outputs). Inputs to the controller is user activated switches or switches that indicate position of drive systems. The outputs of this system compose of step motors, pneumatic actuator, hydraulic actuators, and indicator lamps. The control process will act according to pre programmed steps required by the process. These pre-programmed steps will be called operation chart. The description of the operation chart follows:

8.2 Operation Chart

The operation chart is a chart that shows when each of the system components need to be activated and for how long. For the single purpose lathe, there are 6 actuator involve which are the linear feeder, rotary feeder, chuck jaw, cross slide, turning slide, and stopper. Description of each of these components can be found in the 'Configuration' section. The chart has the time as the horizontal axis and actuator speed as the vertical axis. This chart is created to aid the programming process and do not show the conventional actuator displacement. The chart show 7 separate fields of action to process the raw into finished part. The description of each field follows:

The first field show actions required to feed the part. This involve pulling the linear feeder back, feeding part from the hopper via rotary feeder on to the rail, and pushing the part through the chuck opening. Before the part can be fed through the chuck opening, the stopper must move to the position just outside of the chuck opening and the turning tool move in to cutting position.

The second field is used to cut the face off a new raw material before part production begin. During this process, the turning tool will smooth out the side of the part before cutting it off. This is required because the raw material is cast iron with rough finish and cutting it directly with the cut off tool may cause tool breakage. While the turning tool is operating, the stopper begin to move back to prepare for next operation. When the turning process is finished, the cut off tool will move in to cut the face of the new material. After that, the cut off tool will move back to allow the material to be fed for further machining.

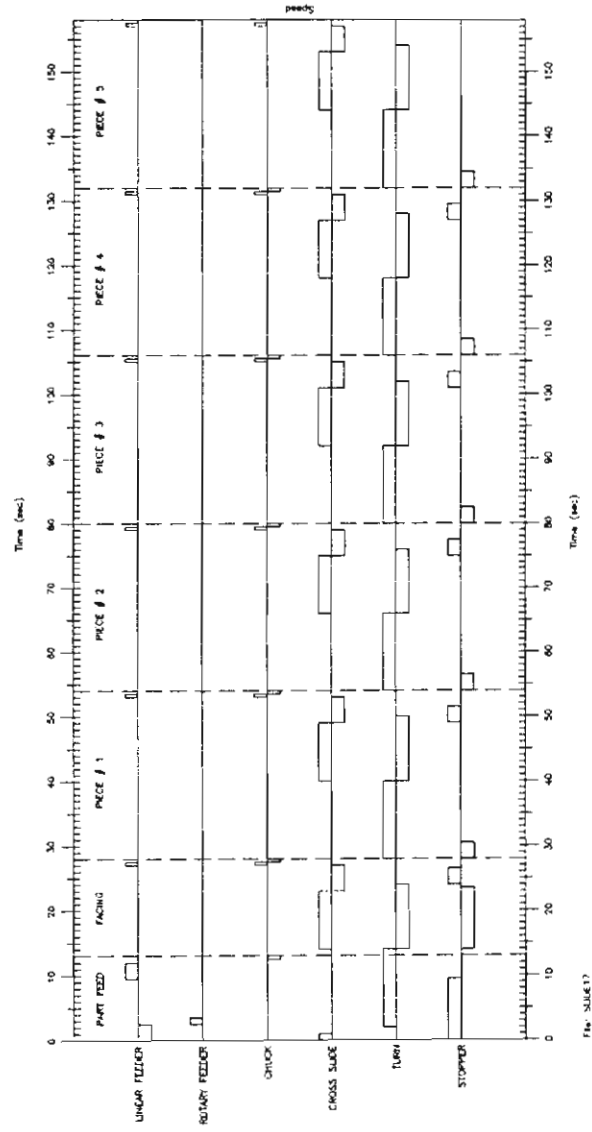
The last five fields are identical. For each of these field, one finished part will be produced. The process begin by turning operation followed by cut off operation. After the cut off operation is finished, the cut off tool is retracted, the stopper move in place, and the new material is fed by unclamping the chuck jaw while the material is being pushed by the linear feeder. After the material is in place, the chuck jaw clamps the new material and the next field of operation can begin.

8.3 Controller Board Configuration

The heart of the control unit is a microprocessor board selected from local manufacturer to guarantee spare part availability. The board used is ANT-32 made by Sila Research Inc. This particular microprocessor board use Intel 8032 as the microprocessor and two 8255

programmable peripheral interface (PPI) for input and output operation. This configuration allow up to 48 bits of input/output plus another 8 bits from the CPU port (P1.0 through P1.7). The board is configured with RS-232 communication link for future expansion and watch dog timer for automatic reset in case the CPU is locked up for any reason. Up to 32K of code memory can be programmed using EPROM. This particular company also produce several external boards such as stepper motor driver and relay boards which can be connected to the CPU board with supplied connecting cable.

OPERATION CHART



8.4 Inputs and Outputs Configuration

The single purpose lathe require several input and output for it to function properly. According to Sila convention. The First PPI is designated as U1 and the second PPI designated as U2 while the letter U stands for user port. For each user port there are three separate 8 bit ports called A, B, and C according to Intel convention. The I/O configuration list follows:

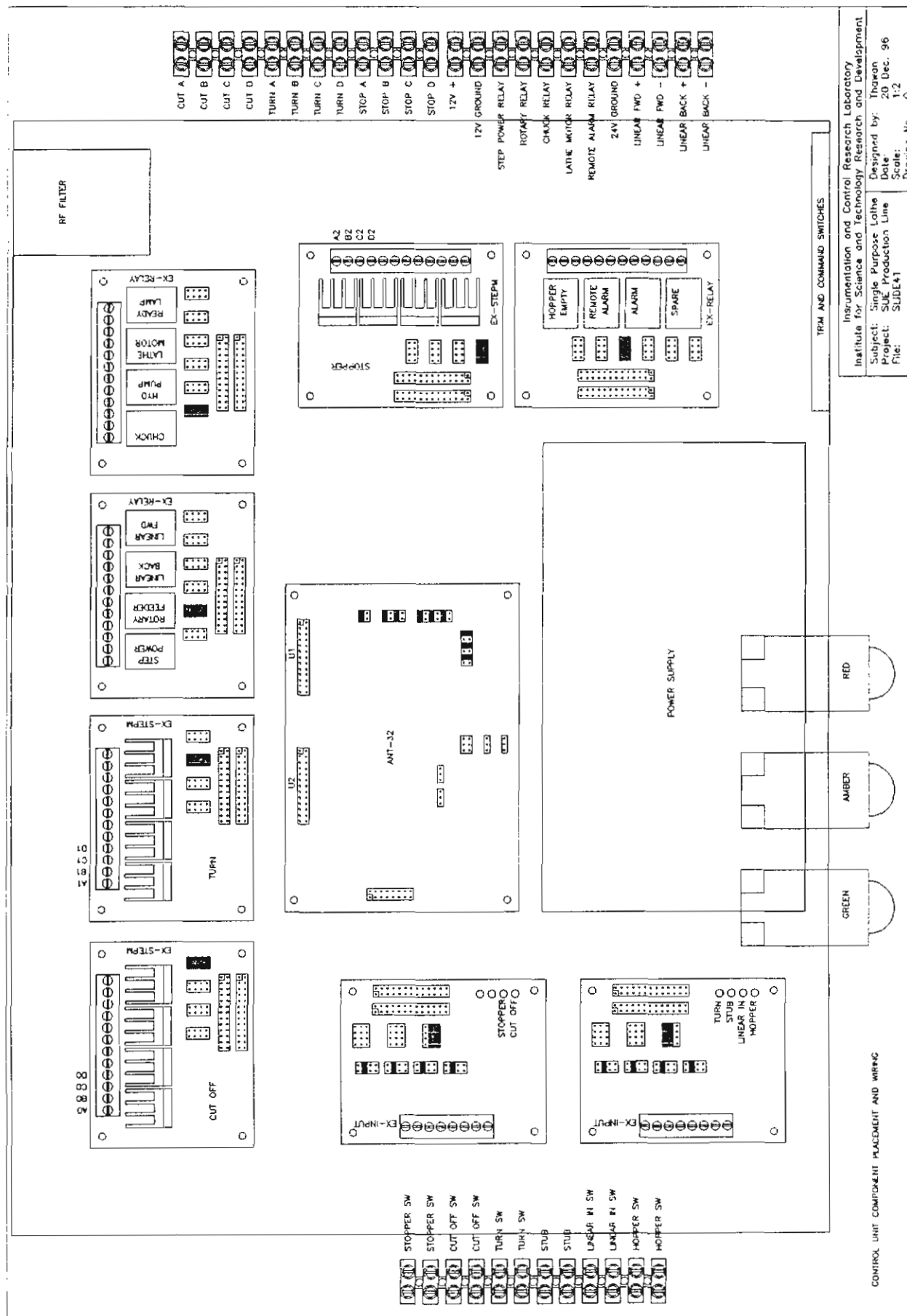
PORT	I/O	ACTIVE	DESCRIPTION
U1A0	O	LOW	MOTOR 0 (CUT) PHASE A
U1A1	O	LOW	MOTOR 0 (CUT) PHASE B
U1A2	O	LOW	MOTOR 0 (CUT) PHASE C
U1A3	O	LOW	MOTOR 0 (CUT) PHASE D
U1A4	O	LOW	MOTOR 1 (TURN) PHASE A
U1A5	O	LOW	MOTOR 1 (TURN) PHASE B
U1A6	O	LOW	MOTOR 1 (TURN) PHASE C
U1A7	O	LOW	MOTOR 1 (TURN) PHASE D
U1B0	O	HIGH	STEPPER MOTOR POWER SUPPLY
U1B1	O	HIGH	ROTARY FEEDER MOTOR ACTIVATION
U1B2	O	HIGH	LINEAR FEEDER BACK
U1B3	O	HIGH	LINEAR FEEDER FORWARD
U1B4	O	HIGH	CHUCK CONTROL
U1B5	O	HIGH	HYDRAULIC PUMP POWER
U1B6	O	HIGH	LATHE POWER CONTROL
U1B7	O	HIGH	READY LAMP
U1C0	I	HIGH	HOPPER EMPTY SWITCH
U1C1	I	LOW	LINEAR FEEDER FULL IN SWITCH
U1C2	I	LOW	LINEAR FEEDER STUB SWITCH
U1C3	I	LOW	TURNING SLIDE HOME SWITCH
U1C4	I	LOW	CUT OFF SLIDE HOME SWITCH
U1C7	I	LOW	SPARE
U2A0	O	LOW	MOTOR 2 (STOPPER) PHASE A
U2A1	O	LOW	MOTOR 2 (STOPPER) PHASE B
U2A2	O	LOW	MOTOR 2 (STOPPER) PHASE C
U2A3	O	LOW	MOTOR 2 (STOPPER) PHASE D
U2A4	O	HIGH	HOPPER EMPTY LAMP
U2A5	O	HIGH	REMOTE ALARM
U2A6	O	HIGH	SPARE
U2A7	O	HIGH	SPARE
U2B0	I	LOW	DIAMETER TRIM BIT 0
U2B1	I	LOW	DIAMETER TRIM BIT 1
U2B2	I	LOW	DIAMETER TRIM BIT 2
U2B3	I	LOW	DIAMETER TRIM BIT 3
U2B4	I	LOW	LENGTH TRIM BIT 0
U2B5	I	LOW	LENGTH TRIM BIT 1
U2B6	I	LOW	LENGTH TRIM BIT 2
U2B7	I	LOW	LENGTH TRIM BIT 3
U2C0	I	LOW	TEST CODE BIT 0
U2C1	I	LOW	TEST CODE BIT 1
U2C2	I	LOW	TEST CODE BIT 2
U2C3	I	LOW	TEST CODE BIT 3
U2C4	I	LOW	GO SWITCH
U2C5	I	LOW	STOP SWITCH
U2C6	I	LOW	EMERGENCY STOP SWITCH
U2C7	I	LOW	SPARE

8.5 Watch Dog Timer

In industrial control application, it is quite possible despite all the precautions exercised during design stage, that the CPU will lock up or get lost during its operation. This may be due to improper hardware/software design, power surge, brown out of line power, intense electromagnetic radiation, sun spot activity, or whatever reason. When that happens, the hardware connected to the controller is out of control. The hardware could be the lathe motor which is rated at 3 hp. and sometime things can get dangerous. To prevent this problem, an electronic circuit is designed to cope with this kind of events. The circuit under discussion is called 'watch dog timer'. The timer will have to be activated (petted?) once every second to keep it happy. If the activation signal does not come regularly, it means that the CPU is not doing what it supposed to do and the watch dog timer will proceed to reset the CPU. Once reset, a good practice in controller programming is to have the CPU wait for a push button switch before it continues to work. The watch dog timer, in this case, is activated by complimenting the P1.7 bit regularly in the program loop.

8.6 Driving Multiple Step Motors

Looking at the operation chart, it can be seen that more than step motor need to work at the same time at different step rate and number of steps. The step motor used in this project is a four phase type. To make the motor turn, the phases must be exited in sequence. The step rate can be as high as 300 steps per second which means that the CPU must issue a command to the step motor driver 300 times in one second. If only one step motor is in operation at any given time, a simple software timing loop can be utilized to drive the motor. In this case, more than one step motor is working at the same time and while the motors are being operated, other control function is also required. A software loop for such operation would be hopelessly complex and the accuracy of motor speed is questionable. The approach taken in this project is to use the internal timer available in the CPU to operate the stepper motor in the background while other control function is being operated on in the foreground. In fact, two timers are operated simultaneously in the background so that the motors can run at different speed. The timer for MCS-51 family microprocessor runs at 1/12 crystal speed and it operates as a counter counting number of pulses from the crystal divided by twelve. When the timer reaches the maximum value of FFFFh (65535) it will roll over to 0000h and at the same time generate an interrupt to the CPU if the interrupt enable register is properly programmed. When the CPU is interrupted, it will call the interrupt service subroutine and this interrupt service routine is used to issue commands to the stepper motor controller. To set the step rate of the motor, the timer register will be loaded with a value larger than zero during the interrupt service. This will make the timer fill up faster and hence increase the step rate. The value to load in to timer register can be calculated from the following equation:



CONTROL UNIT COMPONENT PLACEMENT AND WIRING

TERM AND COMMAND SWITCHES

Institute for Science and Technology Research and Development
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SUE Production Line
 File: SUEX1
 Designed by: Thawan
 Date: 20 Dec. 96
 Scale: 1:2
 Drawing No. 0

$$\text{Reload value} = \text{round}(\text{FFFFh} - f / (12 * S) - T_o)$$

where f = Crystal frequency = 11,059,200 Hz

S = Step rate of motor (Hz)

T_o = Overhead time for reload operation (cycles) = 5

The two timers used to operate the stepper motor are assigned the same priority level so that when an interrupt is requested while the other is in progress, there will be slight delay for the first one to finish before the second routine can be executed. This causes minor speed variation of the stepper motor when two motors are being operated simultaneously.

8.7 Error Detection of Step Motor Drive

When using a step motor as a drive unit, it operates in an open loop mode. What this means is that, when the motor is overloaded, it skip steps and the actual displacement of the actuator is not what has been programmed. This step skipping cannot be detected because no feed back information is available. The step skipping can be caused by the following events:

- The step motor is driven at excessively high step rate.
- High friction due to lack of lubrication of the slide.
- High friction due to improper adjustment of slide.
- Excessive force due to broken cutting tool insert.
- The tool is stalled because the chuck is not turning.
- Insufficient voltage is available to drive circuit.

Whatever the cause, the parts produced will most likely not be in proper tolerance and the condition must be corrected. It is not possible to detect the problem when the motor is in forward motion but when the motor reverse the direction to return to reference position (detected with limit switch) the number of backward steps can be counted and compare to the number of forward steps taken. If the two counts are differ more than a pre specified amount, skipping of steps has occurred and the operation will stop and the error indicator lamp will come on. Please note that the number of step count for the forward motion and backward motion will never be the same because the on and off position of the limit switch is not at the same position. Backlashes in the drive mechanism also contribute to this difference

To detect the reference position properly, the step count is monitored only after the switch contact has made the transition between on and off. If the limit switch malfunction, the motor can step forward forever or until something break. This condition can be prevented by programming in the maximum number of steps expected for limit switch stroke. If the number of steps exceed a pre specified value, it can be concluded that the limit switch has failed and the error lamp will come on.

8.8 Error Detection of Pneumatic Drive

The control unit is interfaced with the pneumatic system with a solenoid valve. When the valve is operated, the compressed air will rush in to the cylinder and cause the piston to move and perform the required task. The pneumatic actuator may not be able to perform it's task in the following circumstances:

- The supply air pressure is low or absent.
- The solenoid valve is stuck.
- Open circuitry between controller and valve.
- Air line is leaking.
- Mechanical binding of actuator.

The air cylinder is equipped with two reed switches. The reed switch is activated by magnetic material embedded in the piston and can detect the piston positions. The check of pneumatic device function is done by issuing a command for it to move and then monitor if the appropriate reed switch is activated within a specified time frame. If the reed switch is not activated properly, the operation stop, and the error lamp comes on.

8.9 Controller Software

The controller software is written in assembly language for speed and compactness. The software is tested on the actual machine using EPROM emulator. The final version of the software is programmed in to an EPROM and inserted in to the code memory socket of the micro controller board.

8.10 Controller Housing

The controller unit which include the CPU board, stepper motor drivers, relay boards, input board, and CPU power supply is housed in a personal computer housing. The housing is equipped with cooling fan and air filter to cope with the production line environment. The fan and filter system is designed such that the interior of the housing contains positive pressure when operating to keep out the dust and other contaminants. The stepper motor resistor pack and power relays are housed in a separate box to prevent excessive heat built up and electrical noise that could upset the CPU board.

9 TEST FUNCTIONS

The control system is designed with a rotary switch to enable individual testing of components of the single purpose lathe. This would allow easy maintenance, testing, trouble shooting, and adjustment of the lathe. Each of the switch position is discussed in turn:

9.1 Position 0: Normal Operation

This is the normal run position of the lathe. The switch is kept at this position during normal operation.

9.2 Position 1: Single Piece Test

This is the single piece position. When this function is selected, the lathe will machine the part one at a time and then stop. The cycle repeat itself when the go switch is pressed. This function is used for quality control and tool setting. The part diameter and length can be adjusted using trim switches on the control unit.

9.3 Position 2: Turn Slide Test

This function is for turning slide test. After this function is selected, the go switch need to be pressed to initiate the test. The turning slide will move to the end of stroke. At this position,

the tip of the turning tool should be about 0.5 mm behind the edge of the cut off tool on the chuck side. When the go switch is pressed again, the turning tool will retract to full back position. This position should be about 26.5 mm from the edge of the cutting tool on the tail stock side. These positions can be adjusted by moving limit switches or limit switch actuator if applicable.

9.4 Position 3: Cross Slide Test

This function test the cross slide positioning mechanism. The cross slide has three critical positions. The first is against the limit switch which is the end of cut off position. The second is the turning position. The third is where cut off tool is about to make contact with raw material. For each time that the go switch is pressed, the cross slide will sequence through these positions in turn. The turning position can be adjusted by moving the limit switch and then fine tune with trim switch in the controller. The raw material contact switch is adjusted by moving the cut off tool in its holder with a part 21.30 mm diameter clamped in the chuck.

9.5 Position 4: Stopper Test

This position is used to adjust the tail stock position. When the go switch is pressed each time, the stopper will sequence between the full back position, halve way position, and full out position. The critical position for the stopper is the halve way position which control the finished part length. This position can be adjust by loosen the tail stock lock, install cylinder rod in the chuck so that the end of the rod is exactly 26.0 mm from the cut off tool edge on the tail stock side, and then operate the go switch. At this point, the step motor will push the stopper to halve way position. Since the tail stock is not locked, the entire tail stock structure will be pushed back to the appropriate position. The tail stock then can be locked in to place against the lathe bed. The trim adjustment in the control box can then be adjusted for fine tuning of the position.

9.6 Position 5: Linear Feeder Test

Position 5 is used to test the operation of the linear feeder. Pressing the go switch once in this test position will cause the linear feeder to go to full back position. At this position, the tip of the linear feeder should be cleared of the feeding rail at the rotary feeder. The position is not critical. Pressing the go switch again will cause the linear feeder to move to full out position. At the full out position, the tip of the linear feeder should be level with the chuck jaw. The stroke of the linear feeder is not adjustable and this test is provided for testing during fabrication and alignment of the feeder system.

9.7 Position 6: Rotary Feeder Test

This function is used to test the hopper and rotary feeder. Pressing the go switch once at this test position will cause the rotary feeder to feed one part in to the linear feeder rail.

9.8 Position 7: Chuck Test

This position is used to test the chuck operation. Pressing the go switch once will cause the chuck to open and pressing the switch again will cause the chuck to close. In the full open position, the chuck jaws should just be able to accommodate a 26 mm diameter cylinder.

9.9 Position 8: Lathe Motor Control

This function will test the on/off function of the lathe motor control.

10 ERROR CODES

The error code is displayed on a 20 characters liquid crystal display (LCD) module mounted on the front panel of the control unit. Normally, the error display is off and when the control unit detect any error in the machine operation, the error display will show a short error message corresponding to the type of error that occur. During an error condition, the lathe motor and the hydraulic power unit will be turned off and the red alarm lamp as well as the remote alarm contact will be on. This section describe possible error associate with each error code and methods to test and fix the problem.

10.1 ERROR CODE 01 CROSS LIMIT

This error occur when the cross slide attempt to leave the home position. Initially, the contact of the limit switch attached to the cross slide is in close position and as the step motor turn the drive screw to move the cross slide, the switch will be released. If the switch is not released after a fixed number of steps, the error condition is detected. This error is caused by one of two things. One is the drive system malfunction and the other is the limit switch malfunction.

10.1.1 Drive Malfunction

The drive system malfunction can be caused by the following:

10.1.1.1 Loose coupling

The step motor drive action create quite a bit of torsional vibration in the related parts which can cause the set screw in the coupling to work itself loose. To check this, turn the coupling by hand and see if the associated slide move and some resistance is felt from the drive motor. If the slide does not move, the set screw on the slide side is loose. If the resistance of the step motor is not felt, the set screw on the motor side is loose. The set screw is assembled using Permatex thread lock compound, and if it was disassembled, the compound will have to be replaced. To do this, remove the lock screw using an allen wrench (L shaped wrench with hexagonal cross section) and clean it with wire brush. Put a drop of thread lock compound on the screw thread and tighten the screw.

10.1.1.2 Excessive slide friction

Excessive slide friction can be caused by improper adjustment of the slide clearance or lack of lubrication. Lubricate and adjust the slide according to lathe manufacture recommendation.

10.1.1.3 Drive motor malfunction

The drive motor function can be tested by moving test selector switch to position 2 and press the go switch. Pressing the go switch will cause the slide to alternately move forward and backward. If the motor do not turn smoothly, check the following:

- a) The 12V DC power supply should have output of 12.5V or more while the drive motor is running. If the supply voltage is below this, replace the power supply.
- b) The resistance of the resistor pack should be about 2.5 ohm. If the resistance is much higher than 3 ohm, replace the resistor pack.
- c) Try replacing the CPU to stepper motor driver cable.
- d) Try replacing the stepper driver board making sure that the jumpers are at the same positions for replacement board.

10.1.2 Limit Switch Malfunction

The limit switch can malfunction when operated with oil or water contamination. The following procedure will check out the limit switch operation.

- a) With the controller power on, turn the coupling so that the slide move away from the limit switch in question.
- b) Check the voltage across the limit switch terminal. With the switch released, the voltage should be $5V \pm 0.5V$. If the voltage is below the specified value, disconnect the wiring at limit switch and check switch resistance. Replace the limit switch if the resistance is not infinite.
- c) Press the switch in, the voltage across the switch should be zero. If not, replace the switch.
- d) With the switch pressed, the voltage across the switch connection terminals in the control box should be less than 0.1 V. If the voltage is higher than this, replace the switch wiring.
- e) If the switch system pass all the tests and the system is still not operating correctly, try checking the voltage level at the 8255 PPI on the CPU board while operating the switch. If the voltage level change between 4.5 V and 0.2 V, replace the 8255 chip.
- f) After the tests, if the system still have problem, consult the software listing and change the appropriate hardware parameters. The problem may be caused by increase in backlash after long period of use.

10.2 ERROR CODE 02 CROSS STROKE

This error can occur when the cross slide return to home position and it take too few steps for the motor to accomplish this. The most likely cause for this error is the broken cutting tool. When the cutting tool is broken, the force required be drive mechanism is excessive and may cause the drive motor to skip steps which cause the number of steps backward to be less than the number of steps required to move forward.

10.3 ERROR CODE 03 CROSS NOT RET

This error occur when the cross slide return to home position and it take too many steps for the motor to accomplish this. The diagnostic procedure is the same as error code 1. If all

else fail, try to change step rate for tool movement in the software. Lower step rate will yield more motor torque and should remedy the problem.

10.4 ERROR CODE 04 TURN LIMIT

The error code 4 occur when the turning slide attempt to leave the home position but did not succeed. The diagnostic is the same as error code 1.

10.5 ERROR CODE 05 TURN STROKE

This error occur when the cross slide return to home position and it takes too few steps for the motor to accomplish this. The remedy is the same as error code 3.

10.6 ERROR CODE 06 TURN NOT RET

This error occur when the cross slide return to home position and it takes too many steps for the motor to accomplish this. The remedy is the same as error code 2.

10.7 ERROR CODE 07 STOPPER LIMIT

This code is associated with stopper drive. Look for mechanical binding and if non is found, try to trouble shoot the problem with procedure associated with error code 1.

10.8 ERROR CODE 08 STOP STROKE

This error occur when the stopper return to home position and it take too few steps for the motor to accomplish this. The remedy is the same as error code 3.

10.9 ERROR CODE 09 STOP NOT RET

This error occur when the stopper attempt to return to home position and failed.

10.10 ERROR CODE 10 CHUCK NOT CLR

This error could occur during lathe initialization when the liner feeder is operated and cannot reach it's full out position. This is caused by a piece of raw material which is still in the chuck when the lathe is turned on. Remove the raw material from the chuck and try again.

10.11 ERROR CODE 11 LINEAR NOT RE

This error code deal with linear feeder. The error is generated when a command is issued to the linear feeder and the reed switch mounted on the cylinder is not closed in a specified amount of time. This error is caused by:

- a) Mechanical deformation of cylinder/shaft.
- b) Binding of mechanical parts.
- c) Air supply pressure is below 4 bar.
- d) Pressure regulator is not properly adjusted.
- e) Speed control valve is not properly adjusted.
- f) Air leak in the system.
- g) Reed switch malfunction.

- h) Defective solenoid valve.
- i) Defective drive relay.
- j) Defective 24 VDC supply.

10.12 ERROR CODE 12 ROTARY PROB.

This error code is associated with rotary feeder malfunction. When the rotary feeder is operated and the linear feeder detect no raw material in the chuck, this error is generated.

10.13 ERROR CODE 13 HOPPER EMPTY

This error code is generated when the limit switch at the part hopper detect hopper empty condition

10.14 ERROR CODE 14 EMERGENCY ST

This error condition is generated when the lathe is stopped abnormally by pressing the emergency stop button.

10.15 ERROR CODE 15 STOPPED

This code is generated when the stop button is pressed. When this button is pressed, the lathe finish the piece of raw material before stopping.

10.16 ERROR CODE 16 COUNT ERROR

This error is generated when the lathe have machined five sliders from the raw material and the stub of the piece is not found by the stub detection switch. This error occur when the stopper setting is incorrect or the raw material is abnormally long.

11 HARDWARE PARAMETERS IN THE CONTROL SOFTWARE:

11.1 Overview

The program for the single purpose lathe is written in assembly language. This program must be translated in to machine code using a program called assembler and then written to a permanent memory called erasable programmable read only memory (EPROM). The EPROM is then plugged in to the microprocessor board of the single purpose lathe. The program contain hardware parameters which can be changed by the user to suit the production requirements. The hardware parameters include cut speed, move speed, forward stroke and reverse stroke of sliders. Changing these parameter is analogous to changing the setting of flow control valves and limit switch positions of hydraulically operated machines.

11.2 User Tool Kit

To enable the user to change the hardware parameter to suit the production requirement, a tool kit has been supplied for this purpose. The tool kit contain the following parts:

1. Lined suitcase to contain all the parts.
2. One master disk (3.5" IBM format) containing programs.
3. One work disk (3.5" IBM format) containing programs.

4. One EPROM programmer with power adapter.
5. One RS-232 cable for 9 pins connector.
6. One RS-232 cable for 25 pins connectors.
7. One EEPROM for program testing.
8. Three EPROM for working program.
9. Ten opaque stickers for EPROM software protection.
10. This document translated in to Thai.

Each of the tool kit parts will be discussed in turn in the following paragraphs:

11.2.1 Suitcase

The suitcase is a hard shelled suitcase lined with open cell foam rubber to protect the internal parts from shock, vibration, moisture, and temperature variations. The suitcase contain magnetic recording material and is not shielded against magnetic field. The suitcase should not be stored near strong magnetic field such as power transformers, speaker enclosures, or uninterruptable power supplies.

11.2.2 Master disk

The master disk is packed along with the work disk in a plastic container wrapped with aluminum foil to protect it from x-ray radiation at the airport while being transported from Chiang Mai. The master disk contain the original lathe control software listing as will as machine code in Intel hexadecimal format. It also contain operating system, editor, assembler, and communication software needed for changing hardware parameters. The disk is write protected and should be kept that way.

11.2.3 Work disk

The work disk is an identical copy of the master disk but is not write protected. It is used for making program modifications and if it become defective, another copy can be made from the master disk.

11.2.4 EPROM programmer

The EPROM programmer is an electronic device that take machine code from a microcomputer via series communication line and then write corresponding bit pattern in to an EPROM. Once the information is written, it is permanent and can only be erased by expose the EPROM to strong ultraviolet radiation for some amount of time depending on the light intensity.

11.2.5 RS-232 cable

The RS-232 cable is used to transfer information from a personal computer to the EPROM programmer. There are two standard type of connectors in use. One use 9 pin connector and the other use 25 pin connector. One cable is supplied for each type of connector.

11.2.6 EEPROM

One EEPROM is supplied in the kit for program testing. EEPROM is an abbreviation of electrically erasable programmable read only memory. The EEPROM is suitable for program

testing because it can be written many times by EPROM programmer without having to be erased first by ultraviolet light. This feature aid program testing but the information contained inside can be erased by power surge in the system and is not as rugged as the EPROM counter part. It is not advisable to use EEPROM to store program code in the microprocessor board for extended use.

11.2.7 EPROM

The EPROM is used to store program code the controller board. The EPROM can be written only once by the programmer. If it is desirable to rewrite an EPROM, it must be erased first by ultraviolet light through the crystal window on the chip. Once the EPROM is written, it should be protected from light by placing an opaque sticker on the crystal window.

11.2.8 Opaque sticker

The supplied opaque sticker is used to protect the code in the EPROM from being erased. The sticker should be place on the EPROM chip and cover the entire transparent window on the chip. Material like masking tape or paper sticker is not truly opaque and should not be used. Black electrical insulation tape can be used but the glue may run at elevated temperature.

11.2.9 User manual

The user manual in Thai is translated from part of the English language report. The report may be referred to for clarification.

11.3 Relations of Parameters

The hardware parameter is related to the lathe parameter. Each of the parameters are discussed in turn:

11.3.1 Pitch

The pitch for each slider is the linear distance that the slide travel when the drive screw is rotated one full revolution. The unit used is in millimeter per revolution.

11.3.2 Forward stroke

The forward stroke for each slider is the distance that the slider will move measuring from the position that the slide leave limit switch (switch contact begin to open) to the end of the travel required by the operation. Some slider such as the stopper may have several forward strokes.

11.3.3 Reverse stroke

The reverse stroke is the distance that the screw is expected to turn to bring the slider back in contact with limit switch at the point that the switch contact begin to close. The reverse stroke is longer than forward stroke because it will include backlash in the drive mechanism plus the difference between the position that the switch begin to open and switch begin to close. The closing and opening position of switch contact is always different due to histeresys built in to the switch mechanism.

11.3.6 Timer reload value

The step motor speed is controlled by CPU internal timer. The timer normally begin the count at 0 and count up to 65535. When the terminal count is reached, the timer generate an interrupt which cause the CPU to turn the motor one step. At this point the CPU can reload the timer with a value larger than 0 to cause the timer to reach the terminal count earlier. The larger the reload value, the faster the step rate. The timer run at 1/12 of crystal frequency and the equation to calculate the reload value follows:

$$R = 65535 - f/12S - T_o$$

where R = timer reload value
 f = crystal frequency = 11,059,200 Hz
 S = step rate (step/second or Hz)
 T_o = software overhead to reset timer = 5 cycles

A table for reload value can be found in Appendix A.

11.3.7 Step rate

The step rate of the motor correspond to the tool speed required to machine a part. The tool speed is normally referred to as feed rate which has a unit of mm per chuck revolution. The step rate can be calculated from the following equation.

$$S = WFr/(60P)$$

where S = step rate in Hz
 W = chuck speed in rpm.
 F = feed in mm/revolution
 r = motor resolution in steps/revolution
 P = drive screw pitch of slider

Once step rate is calculated, the appropriate reload value can be found on the timer reload table.

The torque-speed characteristic of a stepper motor is such that, when the step rate increase, the torque is reduced. This is the limiting condition for tool speed during tool movement without material removal. If the step rate is too high, the motor will skip steps during tool movement and cause error condition. The optimum tool speed is best determined experimentally since the drive assembly inertia and friction is difficult to calculate.

11.4 Constant Definitions

In the program listing under the heading of 'DEFINE HARDWARE PARAMETERS' contain parameters of the machine. These parameters can be changed to effect the way the single purpose lathe operates. The description if each parameter follows:

m0fstroke:

This constant refer to motor number 0 forward stroke. Motor number 0 is associated with the cross slide and the number that follow 'equ' is the number of steps to achieve this stroke. This is the number of steps that the drive motor will move to cut off the part from the raw

material after leaving limit switch. If the cutting tool do not quite reach the center of the part, this number can be increased. If the cutting tool move beyond the center of the part, the number may be decreased.

m0rstroke:

This constant is motor number 0 reverse stroke. This is the distance that the cross slide expected to move until it reach the limit switch. If the actual step required to reach switch is much larger than the specified number, it means that the slide is jammed in the reverse stroke and error condition will result. This problem may be caused by excessive friction on the slide or the step rate set to move the tool back is too high. If the motor take too few steps to reach the switch, it means that the slide is jammed in the forward stroke. The condition may be caused by defective cutting tool

m0tstroke:

This is the number of steps required for the cross slide to reach turning position. The number is the number of steps that the motor will turn beyond the limit switch position. This number is added to the diameter trim switch on the front panel before the program move the cross slide. At later stage in the lathe development, a micrometer is added to the lathe as the activator for the limit switch to ease the part diameter setting and this variable is no longer used for part diameter setting.

m0cutrelo:

This is timer reload value for cutting off the part. This number control cutting speed of the cut off tool. Higher reload value will cause the cut off rate to increase.

m0movrelo:

This is timer reload value for moving the cross slide back to limit switch position. If this value is set too high, the motor may skip step and cause error condition. If it is set too low, productivity will suffer.

m1fstroke:

The number is the number of steps required for the turning tool to complete the turning operation. The effect of the value setting is similar to m0fstroke.

m1fstroke1:

This stroke is used to prepare the turning tool before turning the head of a new part. It is used during facing operation of a new part.

m1fstroke2:

This is turning stroke used after the turning tool moved in to position by m1fstroke1. The purpose of this operation is to turn the head of a new part and get ready for facing operation.

m1rstroke:

This is the stroke used for returning the cutting tool to home position. The effect of this number is similar to m0rstroke.

m1cutrelo:

This is the timer reload value for turning. The effect of this parameter is similar to m0cutrelo.

m1movrelo:

This is the timer reload value for returning the top slide to home position. The effect of the number is similar to m0movrelo

m2fstroke1:

This number is the number of steps required for the stopper to reach normal part stop position. It is referred to in other part of document as stopper position 1. The value from the front panel length trim switch is added to this value before the program start the execution of moving the stopper.

m2rstroke1:

This is the number of steps the stopper expected to move back to limit switch from position 1 described above.

m2fstroke2:

This is the stopper position 2 which is used to stop the raw material near the chuck for facing operation.

m2rstroke2:

This is the number of steps the stopper expected to move back to limit switch from position 2 described above.

m2fstroke3:

This is the stopper position 3 which is used to push the raw material in to the chuck. It is used during self test after power up when the control unit detect raw material in the lathe. This motion assure that the path of the cross slide is clear before testing.

m2rstroke3:

This is the number of steps the stopper expected to move back to limit switch from position 3 described above.

11.5 Reprogramming the Lathe

The following instruction is used to reprogram the lathe for different operating parameter. An IBM compatible computer with at least one serial port and one 1.4 Mb disk drive is required for the process

1. Connect the EPROM programmer to COM1 port of the computer using supplied RS-232 cable.
2. Power up the computer.
3. Plug in the EPROM programmer power adapter.
4. Inset the work disk in drive A:
5. Press [Alt][Ctrl][Del] to reset the computer.
6. When A>_ appear on the screen type edit[Enter]
7. The program listing will appear on the screen. Locate 'DEFINE HARDWARE PARAMETERS' section and make required alteration with arrow keys and backspace key
8. Press [Alt]FS to save the alteration.
9. Press [Alt]FQ to exit editor.
10. The assembler will be started automatically. Look for error message and if there is non, proceed to step 11, otherwise, go back to step 6 to correct the problem.

11. Press SEL key on the EPROM programmer until the green lamp with a number corresponding to EPROM part number is lit.
12. Put a new EPROM in the green zero insertion force (ZIF) socket observing the orientation of the notch on the EPROM chip. Lock the chip securely using the lever on the ZIF socket.
13. Press FUNC key on the programmer until BLK lamp is lit.
14. Press ENT key and observe BLK lamp. If it flash, the EPROM is not blank and cannot be programmed. In this case, replace the EPROM and go back to step 13.
15. Press FUNC key on the programmer until DWL lamp is lit and press ENT.
16. At the computer type send[Enter] to send the machine code from the computer to the programmer.
17. The DWL lamp should flash for a few seconds during the data transfer and then remain on. If the lamp flash after the transfer, the communication line is bad or the serial port is not properly set. This is caused by some computer that do not allow a start up from floppy disk.
18. Press FUNC key until WR lamp is lit and press ENT.
19. If no lamp flash after a few seconds, the EPROM is ready, if a lamp flash, the EPROM selection in step 11 may not be correct.
20. Remove power from the control unit and replace the EPROM.
21. Power up the lathe and test the operation.

For testing of the operation and experimenting with parameters, use the supplied EEPROM and skip step 13 and 14. Replace the EEPROM with EPROM when everything is working right.

12. PROBLEMS ENCOUNTERED AND SOLUTIONS

The nature of a good research project is to find something new and suitable for the task at hand. For this reason, it is expected that unforeseen problems will present itself during the research and must be overcome. This section list the problems encountered and solutions used to solve them in chronological order.

The single purpose lathe under development is a complex network of computerized control system interfaced with mechanical and pneumatic feed system, hydraulic gripping system, step motor drive system and feedback systems of switches. During the development, many types of problem have occurred and solved. Some of the problems are trivial and should have been foreseen while some only become trivial after careful analysis. These problems are documented for future work and next generation of researchers working on machine tool retrofitting. Each of the problems along with causes and remedies are discussed in turn.

Raw Material Hopper Jamming:

Originally, the hopper for the raw material is designed as a triangular bucket with two sloping walls at forty-five degree. This configuration would work well with material of reasonable surface finish. The raw material used is cast iron caste with sand mold and has very irregular surface finish which cause the material to jam against each other when they converge at the bottom of the hopper and the feed operation become unreliable. The hopper is redesigned as a long rail that hold only one layer of the raw material to solve this problem.

Rotary Feeder Impact:

After the hopper is redesigned, the new hopper configuration causes all the raw material mass to sit on the rotary feeder and when the rotary feeder operates, large impact can be felt when a new piece fall in to the rotary feeder slot. The rotary feeder drum is machined to have gradual slope when receiving new part to reduce the impact to acceptable level.

Linear Feeder Impact:

During the lathe operation, the raw material is fed through the chuck center hole against the stopper before machining process begins. The original design is to push the material with pneumatic cylinder against the chuck, when the chuck opens, the air pressure will push the material against the stopper. The speed of the material feed will be controlled by the flow control valve attached to the air cylinder. As it happens, the air cylinder is near the end of stroke during the feed cycle and large volume of compressed air is stored behind the piston before the chuck open. When the chuck opens, the compressed air become decompressed and push the material against the stopper at high speed causing large impact. The flow control valve is not in control of the cylinder speed at this moment. The solution is to change the solenoid valve from one solenoid system to two solenoid system to enable the cylinder to unload and release all air pressure during the idle cycle and then push forward only when the chuck begins to open. This change require a new valve, alteration of the system wiring, and alteration of control software.

Linear Feeder Air Valve Problem:

The supply pressure to the system is regulated to control the air cylinder force on the raw material. Some of the time, the air valve do not operate properly even though the regulated pressure is well above the valve minimum operating pressure. After extensive testing and installation of a pressure gage behind the regulator, it was found that during the valve opening, the flow is large and cause the regulated pressure supplying the valve to drop below the valve operating pressure and proper opening of the valve cannot be achieved. The regulator has been changed to a large one and regulated pressure increased to rectify the problem.

Lathe Bore Adapter Length:

In the original design, the lathe bore adapter will reach just behind the chuck jaw to carry the raw material to the machining area. As it turn out, the chuck jaw is much thicker than expected and some binding can occur during the feeding of the last piece. This can be dangerous because during such time, the chuck is rotating at 1020 rpm. The lathe bore adapter was extended to the front of the chuck grip with slot machined on the end to enable the adapter to carry the part while allowing the chuck to grip the part at the same time.

Programmable Peripheral Interface Initialization:

The central processing unit of the control system perform most if it's input and output operation through a 8255 programmable peripheral interface (PPI) integrated circuit. The PPI seems not to function properly after power up but work some of the time after CPU reset. It was found that the PPI require some time after power up and after receiving programming command to work properly. This feature of the PPI chip is not documented anywhere and the source of the problem is found after consultation with an experienced PPI

user. A software delay routine is inserted in to the control program during power up and after PPI programming commands to solve the problem.

Stepper Motor Power Supply Overload During Power Up:

All three stepper motors are connected to the CPU via the PPI chip. During power up, a small delay is needed for the PPI to operate properly. During this delay period of about 0.1 second, all of the PPI output is in low state which is the state that turn on stepper motor phases. During this time, the power demand for all the motors far exceed the power supply capability and cause the power transistor of the power supply to be damaged. A relay is added to the system to turn on the stepper motor power supply after the PPI has been initialized to prevent this problem.

Assembler Problem:

During testing, the cross slide motor tends to turn on and off randomly. Examination of program code show no apparent explanation for the behavior. CPU boards has been changed with no success. An assistant has been assigned to examine the machine code against the assembly language coding as a last resort of debugging the system. It has been found that the carry flag of the CPU is referred to a symbol 'C' when operation is being done on the flag and during arithmetic operation but when referred to during program branching operation, the machine code produced by the assembler refers to bit number zero in the bit addressable area which control the cross slide motor. This conflict should have been reported as error by the assembler but unintended code was produced instead. When the symbol 'C' has been changed to 'CY' according to Intel convention for program branching operation, the problem was solved. The assembler used is a legally purchased SXA51 8051/8052 cross-assembler version 1.3 by Binary Technology Inc. Meriden, NH, USA.

Control Unit Interference:

The control unit was designed as a single enclosure which contain the CPU as well as power resistors and power relays to control the operation of the lathe. Some times the CPU lock up when some of the high power equipment is switched on and off. This problem probably cause by the current surge and the control unit is rewired with separate box containing the power equipment control.

Finished Part Taper:

The turning operation is done by the top slide which has a taper adjustment. The finished part shows about 0.02 mm taper when measured with micrometer. It is next to impossible to adjust the top slide normally to compensate for such fine taper so a screw adjustment mechanism is fitted to the slide for fine taper adjustment.

Inconsistency of part diameter:

During test runs, it was found that the part diameter vary from one another at random in 0.02 mm increments. Dial indicator is installed on the cross slide to verify the situation and found that the cross slide control lack consistency. Limit switch was tested and found to be repeatable within 0.005 mm and has no connection with the problem. Force of about 50 Kgf was exert on the cross slide tool post and no significant deflection was found. Step rate for the control motor was reduced from 800 steps per second to 400 steps per second and the

problem disappear. The lathe cross slide is programmed so that it slow down before hitting the limit switch.

Part out of round and has unpredictable taper:

Part manufactured by the lathe is out of round and the taper is not predictable. Some part is even smaller around the middle section. The hydraulic pressure to the chuck was increased from 30 bar to 38 bar (the chuck pressure limit is 40 bar) with small improvement. Closer inspection reveal that the chuck grip was worn more in the extremities than the middle. The soft jaw grip was replaced with a set of hard grip provided by SUE and the problem disappear. The hydraulic pressure is set back to 30 bar and the problem did not return.

Flying stub problem:

On some occasions, the ejected stub bounced back from the stopper or the turning tool while it is being ejected and fly toward the rotating chuck. The stub is then thrown out of the chuck with centrifugal force at some respectable velocity. This is deemed to be an operational hazard and a guard plate is installed in front of the chuck to prevent the problem.

Last piece inconsistency:

It was found that the fifth piece machined from each piece of raw material has dimensional variations. The variation take the form of out of round, taper, and diameter error. After numerous trials and monitor of cross slide movement as well as reconditioning of turn slide, the problem persist. During one test, the lathe make strange noise and was switched off immediately and it was found that the linear feeder cannot be retracted. The problem is traced to the tip of linear feeder which interfere with the chuck gripping mechanism. This occur after installation of the guard plate in front of the chuck which necessitate the relocation of the cut off tool. The linear feeder now have to move further to feed the part and interfere with the gripper jaw. The tip of the linear feeder was machined to smaller diameter and solve the problem.

The 'good' part went out of tolerance overnight:

Machined parts changed diameter when left unattended. The staff was asked to verify the collected data on the part diameter and come up with inconsistent results. The same part measured the previous day with the same micrometer just got smaller by 0.01 mm. The person who took the initial measurement was called in to make the measurement again and get the same strange result. The coefficient of expansion for cast iron is 0.000059/F and assuming that the just machined part is at 80 C and the ambient temperature in the morning is 20 C, calculation shows that the part can change its diameter up to 0.0136 mm from this temperature variation. SUE had advised that it is the policy of the plant to reduce the amount of dust and suggest that coolant could be used to solve this problem.

Part diameter change during lathe warm up:

It was observed that the part diameter changes consistently during the first 4 pieces of raw material. The change is about 0.015 mm. The expansion of turning tool may be responsible for this problem. The use of coolant also solved this problem.

The first piece is always larger than the last piece:

The first piece is always larger than the last piece of the raw material by about 0.005 mm. It is speculated that the last piece being machined is hotter than the first one. The use of cutter coolant also solve this problem.

Size measurement is not repeatable:

The same part measured at the same spot twice yield slightly different result. The difference is about 0.003 mm and may be due to smoothing out of surface roughness. The variation is too small to cause any serious problem and is documented for reference.

13. PROJECT EVALUATION

The retrofitted lathe for the first stage of slider production works but it failed occasionally. The mode of failure is almost always traced to electronic parts used in manufacturing of control components. It is a known fact that Thailand is the dump site of barely work electronic parts which has been rejected from various factories around the world. If you wish to see the above mentioned dump site, please tell the Bangkok taxi to drop you off at a place called Clong Thom.

The lathe can produce parts with good consistency and the test data is shown in the appendix. The goal of 30 second cycle time was not achieved due to lack of good stepper motor driver and some oversight during threshing phase and the possible cycle time for this lathe configuration is 40 seconds. This is of no great consequence because by the time that this project was approved, SUE has already plan their new production line and automated machinery ordered. By the time that the project is finished, the new production line is already in use. The old production line can use this lathe as the first stage machining for the slider and the line will be in use soon when SUE increase their production rate again. The lathe will provide the promised prevention of workforce and floor space increase when the production is geared up for 1.5 million units per year.

14. CONCLUSION AND SUGGESTIONS

The microcomputer controlled lathe was built, installed at SUE Udomsuk plant and tested. The development process was challenging and numerous problems have been solved to get the lathe working. Valuable experience has been gained by all parties involve and the know how on production technology of Thailand has went up a notch. For suggestions, if a servo motor drive and PLC controller was used for the lathe, it could have achieve the 30 seconds cycle time targeted with higher reliability. But then, the cost would have tripled.

References.

1. AB Sandvik Coromant LTD., Turning Tools Catalog. AB Sandvik Coromant LTD., Sandviken, Sweden, 1995, p 12.
2. E. Paul DeGarmo, Material and Processes in Manufacturing, Fifth Edition, Macmillan Publishing Co., INC. New York, 1979, p 517.
3. E. Paul DeGarmo, Material and Processes in Manufacturing, Fifth Edition, Macmillan Publishing Co., INC. New York, 1979, p 532.
4. Sanyo Denki Co., LTD, Stepping Motor Step-Syn Catalog No. 560- 1 88.8.2DB, Sanyo Denki Co., LTD., Japan, 1988, p 43.

Appendix A. Timer Reload Value Table

Hz Reload Hz Reload Hz Reload Hz Reload Hz Reload Hz Reload

15	4090	65	51352	115	57516	165	59945	215	61243	265	62052
16	7930	66	51566	116	57585	166	59978	216	61263	266	62065
17	11318	67	51775	117	57653	167	60011	217	61283	267	62078
18	14330	68	51977	118	57720	168	60044	218	61302	268	62091
19	17025	69	52173	119	57785	169	60077	219	61322	269	62104
20	19450	70	52364	120	57850	170	60109	220	61341	270	62117
21	21644	71	52550	121	57913	171	60141	221	61360	271	62129
22	23639	72	52730	122	57976	172	60172	222	61379	272	62142
23	25460	73	52905	123	58037	173	60203	223	61397	273	62154
24	27130	74	53076	124	58098	174	60233	224	61416	274	62166
25	28666	75	53242	125	58157	175	60264	225	61434	275	62179
26	30084	76	53404	126	58216	176	60294	226	61452	276	62191
27	31397	77	53561	127	58273	177	60323	227	61470	277	62203
28	32616	78	53715	128	58330	178	60352	228	61488	278	62215
29	33751	79	53864	129	58386	179	60381	229	61506	279	62227
30	34810	80	54010	130	58441	180	60410	230	61523	280	62239
31	35801	81	54152	131	58495	181	60438	231	61540	281	62250
32	36730	82	54291	132	58548	182	60466	232	61558	282	62262
33	37603	83	54426	133	58601	183	60494	233	61575	283	62273
34	38424	84	54559	134	58652	184	60521	234	61592	284	62285
35	39199	85	54688	135	58703	185	60548	235	61608	285	62296
36	39930	86	54814	136	58754	186	60575	236	61625	286	62308
37	40622	87	54937	137	58803	187	60602	237	61641	287	62319
38	41277	88	55057	138	58852	188	60628	238	61658	288	62330
39	41899	89	55175	139	58900	189	60654	239	61674	289	62341
40	42490	90	55290	140	58947	190	60679	240	61690	290	62352
41	43052	91	55403	141	58994	191	60705	241	61706	291	62363
42	43587	92	55513	142	59040	192	60730	242	61722	292	62374
43	44097	93	55620	143	59085	193	60755	243	61737	293	62385
44	44585	94	55726	144	59130	194	60779	244	61753	294	62395
45	45050	95	55829	145	59174	195	60804	245	61768	295	62406
46	45495	96	55930	146	59218	196	60828	246	61784	296	62416
47	45921	97	56029	147	59261	197	60852	247	61799	297	62427
48	46330	98	56126	148	59303	198	60875	248	61814	298	62437
49	46722	99	56221	149	59345	199	60899	249	61829	299	62448
50	47098	100	56314	150	59386	200	60922	250	61844	300	62458
51	47459	101	56405	151	59427	201	60945	251	61858	301	62468
52	47807	102	56495	152	59467	202	60968	252	61873	302	62478
53	48141	103	56582	153	59506	203	60990	253	61887	303	62488
54	48463	104	56668	154	59546	204	61012	254	61902	304	62498
55	48774	105	56753	155	59584	205	61034	255	61916	305	62508
56	49073	106	56836	156	59622	206	61056	256	61930	306	62518
57	49362	107	56917	157	59660	207	61078	257	61944	307	62528
58	49640	108	56997	158	59697	208	61099	258	61958	308	62538
59	49910	109	57075	159	59734	209	61120	259	61972	309	62547
60	50170	110	57152	160	59770	210	61141	260	61985	310	62557
61	50422	111	57227	161	59806	211	61162	261	61999	311	62567
62	50665	112	57301	162	59841	212	61183	262	62012	312	62576
63	50901	113	57374	163	59876	213	61203	263	62026	313	62586
64	51130	114	57446	164	59910	214	61223	264	62039	314	62595

Appendix A. Timer Reload Value Table (continue)

Hz Reload	Hz Reload	Hz Reload	Hz Reload	Hz Reload	Hz Reload
315	62604 365	63005 415	63309 465	63548 515	63740 565
316	62614 366	63012 416	63315 466	63552 516	63744 566
317	62623 367	63019 417	63320 467	63557 517	63747 567
318	62632 368	63026 418	63325 468	63561 518	63751 568
319	62641 369	63032 419	63330 469	63565 519	63754 569
320	62650 370	63039 420	63336 470	63569 520	63758 570
321	62659 371	63046 421	63341 471	63573 521	63761 571
322	62668 372	63053 422	63346 472	63577 522	63764 572
323	62677 373	63059 423	63351 473	63582 523	63768 573
324	62686 374	63066 424	63356 474	63586 524	63771 574
325	62694 375	63072 425	63362 475	63590 525	63775 575
326	62703 376	63079 426	63367 476	63594 526	63778 576
327	62712 377	63085 427	63372 477	63598 527	63781 577
328	62720 378	63092 428	63377 478	63602 528	63785 578
329	62729 379	63098 429	63382 479	63606 529	63788 579
330	62737 380	63105 430	63387 480	63610 530	63791 580
331	62746 381	63111 431	63392 481	63614 531	63794 581
332	62754 382	63117 432	63397 482	63618 532	63798 582
333	62762 383	63124 433	63402 483	63622 533	63801 583
334	62771 384	63130 434	63406 484	63626 534	63804 584
335	62779 385	63136 435	63411 485	63630 535	63807 585
336	62787 386	63142 436	63416 486	63634 536	63811 586
337	62795 387	63149 437	63421 487	63638 537	63814 587
338	62803 388	63155 438	63426 488	63641 538	63817 588
339	62811 389	63161 439	63431 489	63645 539	63820 589
340	62819 390	63167 440	63435 490	63649 540	63823 590
341	62827 391	63173 441	63440 491	63653 541	63826 591
342	62835 392	63179 442	63445 492	63657 542	63830 592
343	62843 393	63185 443	63450 493	63661 543	63833 593
344	62851 394	63191 444	63454 494	63664 544	63836 594
345	62859 395	63197 445	63459 495	63668 545	63839 595
346	62866 396	63203 446	63464 496	63672 546	63842 596
347	62874 397	63209 447	63468 497	63676 547	63845 597
348	62882 398	63214 448	63473 498	63679 548	63848 598
349	62889 399	63220 449	63477 499	63683 549	63851 599
350	62897 400	63226 450	63482 500	63687 550	63854 600
351	62904 401	63232 451	63487 501	63690 551	63857 601
352	62912 402	63237 452	63491 502	63694 552	63860 602
353	62919 403	63243 453	63496 503	63698 553	63863 603
354	62927 404	63249 454	63500 504	63701 554	63866 604
355	62934 405	63254 455	63505 505	63705 555	63869 605
356	62941 406	63260 456	63509 506	63709 556	63872 606
357	62948 407	63266 457	63513 507	63712 557	63875 607
358	62956 408	63271 458	63518 508	63716 558	63878 608
359	62963 409	63277 459	63522 509	63719 559	63881 609
360	62970 410	63282 460	63527 510	63723 560	63884 610
361	62977 411	63288 461	63531 511	63726 561	63887 611
362	62984 412	63293 462	63535 512	63730 562	63890 612
363	62991 413	63299 463	63540 513	63734 563	63893 613
364	62998 414	63304 464	63544 514	63737 564	63896 614

Appendix A. Timer Reload Value Table (continue)

Hz Reload	Hz Reload	Hz Reload	Hz Reload	Hz Reload	Hz Reload
615	64031 665	64144 715	64241 765	64325 815	64399 865
616	64034 666	64146 716	64243 766	64327 816	64401 866
617	64036 667	64148 717	64245 767	64328 817	64402 867
618	64039 668	64150 718	64246 768	64330 818	64403 868
619	64041 669	64152 719	64248 769	64332 819	64405 869
620	64044 670	64154 720	64250 770	64333 820	64406 870
621	64046 671	64157 721	64252 771	64335 821	64407 871
622	64048 672	64159 722	64254 772	64336 822	64409 872
623	64051 673	64161 723	64255 773	64338 823	64410 873
624	64053 674	64163 724	64257 774	64339 824	64412 874
625	64055 675	64165 725	64259 775	64341 825	64413 875
626	64058 676	64167 726	64261 776	64342 826	64414 876
627	64060 677	64169 727	64262 777	64344 827	64416 877
628	64062 678	64171 728	64264 778	64345 828	64417 878
629	64065 679	64173 729	64266 779	64347 829	64418 879
630	64067 680	64175 730	64268 780	64348 830	64420 880
631	64069 681	64177 731	64269 781	64350 831	64421 881
632	64072 682	64179 732	64271 782	64351 832	64422 882
633	64074 683	64181 733	64273 783	64353 833	64424 883
634	64076 684	64183 734	64274 784	64354 834	64425 884
635	64079 685	64185 735	64276 785	64356 835	64426 885
636	64081 686	64187 736	64278 786	64357 836	64428 886
637	64083 687	64189 737	64280 787	64359 837	64429 887
638	64085 688	64190 738	64281 788	64360 838	64430 888
639	64088 689	64192 739	64283 789	64362 839	64432 889
640	64090 690	64194 740	64285 790	64363 840	64433 890
641	64092 691	64196 741	64286 791	64365 841	64434 891
642	64094 692	64198 742	64288 792	64366 842	64435 892
643	64097 693	64200 743	64290 793	64368 843	64437 893
644	64099 694	64202 744	64291 794	64369 844	64438 894
645	64101 695	64204 745	64293 795	64371 845	64439 895
646	64103 696	64206 746	64295 796	64372 846	64441 896
647	64106 697	64208 747	64296 797	64374 847	64442 897
648	64108 698	64210 748	64298 798	64375 848	64443 898
649	64110 699	64212 749	64300 799	64377 849	64444 899
650	64112 700	64213 750	64301 800	64378 850	64446 900
651	64114 701	64215 751	64303 801	64379 851	64447 901
652	64117 702	64217 752	64304 802	64381 852	64448 902
653	64119 703	64219 753	64306 803	64382 853	64450 903
654	64121 704	64221 754	64308 804	64384 854	64451 904
655	64123 705	64223 755	64309 805	64385 855	64452 905
656	64125 706	64225 756	64311 806	64387 856	64453 906
657	64127 707	64226 757	64313 807	64388 857	64455 907
658	64129 708	64228 758	64314 808	64389 858	64456 908
659	64132 709	64230 759	64316 809	64391 859	64457 909
660	64134 710	64232 760	64317 810	64392 860	64458 910
661	64136 711	64234 761	64319 811	64394 861	64460 911
662	64138 712	64236 762	64321 812	64395 862	64461 912
663	64140 713	64237 763	64322 813	64396 863	64462 913
664	64142 714	64239 764	64324 814	64398 864	64463 914

Appendix B. Firmware Program Listing.

Program MTEST.ASM last update 28 Jan 1997

PROGRAM DESCRIPTION

This program is written to control a single purpose lathe which is a joint research effort between CMU, TDO, and SUE. The hardware used for this program is Sila Research ANT-32 micro controller board equipped with Intel 8032 microprocessor. The main control function is done in the foreground while stepper motor operation is carried out with 2 levels of timer interrupt. The assembler used is SXA51 8051/8052 cross-assembler version 1.3 by Binary Technology Inc. Meriden, NH, USA.

In case of difficulties, the programmer can be reached at:

Thawan Sucharitakul
Department of Mechanical Engineering
Faculty of Engineering
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
THAILAND
Phone and Fax: (053) 210-320
E-Mail enagi001@chiangmai.ac.th

HARDWARE CONFIGURATION

8255 PPI #1 at data memory F800h - F803h operate in mode 0
8255 PPI #2 at data memory FC00h - FC03h operate in mode 0

PORT I/O ACTIVE DESCRIPTION

PORT	I/O	ACTIVE	DESCRIPTION
U1A0	O	LOW	MOTOR0 (CUT) PHASE A
U1A1	O	LOW	MOTOR0 (CUT) PHASE B
U1A2	O	LOW	MOTOR0 (CUT) PHASE C
U1A3	O	LOW	MOTOR0 (CUT) PHASE D
U1A4	O	LOW	MOTOR1 (TURN) PHASE A
U1A5	O	LOW	MOTOR1 (TURN) PHASE B
U1A6	O	LOW	MOTOR1 (TURN) PHASE C
U1A7	O	LOW	MOTOR1 (TURN) PHASE D
U1B0	O	HIGH	STEPPER MOTOR POWER
U1B1	O	HIGH	ROTARY FEEDER MOTOR
U1B2	O	HIGH	LINEAR FEEDER BACK
U1B3	O	HIGH	LINEAR FEEDER FORWARD
U1B4	O	HIGH	CHUCK CONTROL
U1B5	O	HIGH	HYDRAULIC PUMP POWER
U1B6	O	HIGH	LATHE POWER CONTROL
U1B7	O	HIGH	READY LAMP
U1C0	I	HIGH	HOPPER EMPTY SWITCH
U1C1	I	LOW	LINEAR FEEDER FULL IN SWITCH
U1C2	I	LOW	LINEAR FEEDER STUB SWITCH
U1C3	I	LOW	TURNING SLIDE HOME SWITCH
U1C4	I	LOW	CUT OFF SLIDE HOME SWITCH
U1C5	I	LOW	STOPPER HOME SWITCH
U1C6	I	LOW	SPARE

01 CROSS LIMIT
Cross slide did not leave limit switch in forward motion.
Possible causes: loose coupling, low or missing stepper supply,
loose limit switch, limit switch malfunction,
limit switch wiring short circuit, step motor
wiring bad, step motor driver bad, resistor pack
open circuit, slider jammed, chuck not turning.

02 CROSS STROKE
Cross slide forward stroke too short.
Possible causes: loose coupling, low stepper supply,
slider jammed, chuck not turning.

03 CROSS NOT RET
Cross slide cannot reach home position.
Possible causes: loose coupling, low stepper supply,
slider jammed, loose limit switch, limit
switch malfunction, limit switch wiring
open circuit, step rate set too high.

Appendix B. Firmware Program Listing (continue).

```
: 04 TURN LIMIT
:   Turn slide did not leave limit switch in forward motion.
:   Possible causes: loose coupling, low or missing stepper supply,
:                   loose limit switch, limit switch malfunction,
:                   limit switch wiring short circuit, step motor
:                   wiring bad, step motor driver bad, resistor pack
:                   open circuit, slider jammed, chuck not turning.
: 05 TURN STROKE
:   Turn slide forward stroke too short.
:   Possible causes: loose coupling, low stepper supply,
:                   slider jammed, chuck not turning.
: 06 TURN NOT RET
:   Turn slide cannot reach home position.
:   Possible causes: loose coupling, low stepper supply,
:                   slider jammed, loose limit switch, limit
:                   switch malfunction, limit switch wiring
:                   open circuit, step rate set too high.
: 07 STOPPER LIMIT
:   Stopper did not leave limit switch in forward motion.
:   Possible causes: loose coupling, low or missing stepper supply,
:                   loose limit switch, limit switch malfunction,
:                   limit switch wiring short circuit, step motor
:                   wiring bad, step motor driver bad, resistor pack
:                   open circuit, slider jammed, chuck did not open,
:                   stopper gear box not in proper position.
: 08 STOP STROKE
:   Stopper forward stroke too short.
:   Possible causes: loose coupling, low stepper supply,
:                   slider jammed, chuck did not open.
: 09 STOP NOT RET
:   Stopper cannot reach home position.
:   Possible causes: loose coupling, low stepper supply,
:                   loose limit switch, limit switch malfunction,
:                   limit switch wiring open circuit, step rate
:                   set too high, stopper gear box not in proper
:                   position.
: 10 CHUCK NOT CLR
:   Raw material remain in the chuck during self test.
:   Possible causes: Raw material remain in the chuck during self test,
:                   low or missing air supply, bad air solenoid valve,
:                   low or missing 24 volt supply, forward reed switch
:                   not in proper place or loose, reed switch malfunction,
:                   chuck did not open, linear slider jammed.
: 11 LINEAR NOT RE
:   Linear feeder cannot move back to full in position.
:   Possible causes: Low or missing air supply, bad air solenoid valve,
:                   low or missing 24 volt supply, back reed switch
:                   not in proper place or loose, reed switch malfunction,
:                   chuck did not open, linear slider jammed.
: 12 ROTARY PROB.
:   Rotary feeder problem, no part is fed when commanded.
:   Possible causes: Low or missing 12V supply, feeder jammed, short
:                   circuit in hopper switch or wiring, broken rotary
:                   feeder limit switch, bad rotary feeder wiring.
: 13 HOPPER EMPTY
:   There is no raw material in the hopper.
:   Possible causes: There is no raw material in the hopper, bad hopper
:                   switch, open circuit in hopper switch wiring.
```

. material jammed in the upper part of the hopper.
: limit switch arm bent
: 14 EMERGENCY ST
: Emergency stop switch pressed, system shut down immediately.
: Possible causes: Emergency stop switch pressed, emergency stop
: switch malfunction, front panel circuit board
: malfunction.
: 15 STOPPED
: Stop switch pressed, system stop at end of machining cycle.
: resume by pressing GO or press stop again for system
: shut down.
: Possible causes: Stop switch pressed, stop switch malfunction,
: front panel circuit board malfunction.
: 16 COUNT ERROR
: Stub sensor did not read stub after 5 cylinders was machined.
:

:DEFINE PORT ADDRESSE

aport1 equ 0F800h :Port A of 8255-1
bport1 equ aport1+1 :Port B of 8255-1
cport1 equ bport1+1 :Port C of 8255-1
rport1 equ cport1+1 :Control register of 8255-1
aport2 equ 0FC00h :Port A of 8255-2
bport2 equ aport2+1 :Port B of 8255-2
cport2 equ bport2+1 :Port C of 8255-2
rport2 equ cport2+1 :Control register of 8255-2
wr_inst equ 0FA00h :Write instruction port of LCD
rd_busy equ 0FA01h :Read busy instruction port of LCD
wr_data equ 0FA02h :Write data port of LCD
rd_data equ 0FA03h :Read data port of LCD

:DEFINE VARIABLES IN BIT ADDRESSABLE AREA (128 bit max)

m0done bit 00h :Motor 0 done
m0rev bit m0done+1 :Motor 0 reverse
m0tsel bit m0rev+1 :Motor 0 timer select
m1done bit m0tsel+1 :Motor 1 done
m1rev bit m1done+1 :Motor 1 reverse
m1tsel bit m1rev+1 :Motor 1 timer select
m2done bit m1tsel+1 :Motor 2 done
m2rev bit m2done+1 :Motor 2 reverse
m2tsel bit m2rev+1 :Motor 2 timer select
stopped bit m2tsel+1 :Stop request flag
estop bit stopped+1 :Emergency stop request flag
stub bit estop+1 :Stub detection flsg
m0speed bit stub+1 :Cross slide speed up
holdm0 bit m0speed+1 :Cross slide hold
mes1 bit holdm0+1 :enable massage set 1
m0dbo bit mes1+1 :Motor 0 limit switch debounce

:DEFINE VARIABLES IN MEMORY (36 byte max, change SP if need more)

m0sth equ 30h :Motor 0 step count high byte
m0stl equ m0sth+1 :Motor 0 step count low byte
m0ph equ m0stl+1 :Phase count motor 0
m1sth equ m0ph+1 :Motor 1 step count high byte
m1stl equ m1sth+1 :Motor 1 step count low byte
m1ph equ m1stl+1 :Phase count motor 1
m2sth equ m1ph+1 :Motor 2 step count high byte
m2stl equ m2sth+1 :Motor 2 step count low byte
m2ph equ m2stl+1 :Phase count motor 2
relo0h equ m2ph+1 :Timer0 reload high byte
relo0l equ relo0h+1 :Timer0 reload low byte

```

relo1h equ relo0+1    ;Timer1 reload high byte
relo1l equ relo1h+1    ;Timer1 reload low byte
error equ relo1l+1     ;Error code
phomeh equ error+1     ;post home pos. high byte M0 only
phomel equ phomeh+1    ;post home pos. low byte
pcount equ phomel-1    ;Piece count during machining
m0hold equ pcount-1    ;Motor 0 hold period

;reload value = 0FFFFh - crystal frequency / (12*step rate) - 5
;FFFF = 65535, crystal frequency = 11,059,200 Hz
m0fstroke equ 1700    ;15mm / 4mm/rev * 400steps/rev = 1500steps
m0rstroke equ 1800    ;16mm / 4mm/rev * 400steps/rev = 1600steps
m0begment equ 1400    ;begin cut at 11 mm from center
m0fstroke equ 600     ;3.35mm/4mm/rev*400steps/rev = 335 steps
m0cutrelo equ 60109   ;cut speed reload value 170 Hz
m0movrelo equ 63039   ;move speed reload value 370 Hz
m0limrelo equ 57850   ;Hit limit switch speed 120 Hz
m1fstroke equ 2100    ;30mm / 3mm/rev * 200steps/rev = 2000steps
m1fstroke1 equ 1800   ;Ready for clean up for facing
m1fstroke2 equ 300    ;Clean up for facing
m1rstroke equ 2150    ;33mm / 3mm/rev * 200steps/rev = 2200steps
; m1cutrelo equ 60109 ;cut speed reload value 170 Hz
m1cutrelo equ 58703   ;cut speed reload value 135 Hz
m1movrelo equ 61844   ;move speed reload value 250 Hz
m2fstroke1 equ 494    ;10mm / 4mm/rev * 200steps/rev = 500 steps
m2rstroke1 equ 580    ;12mm / 4mm/rev * 200steps/rev = 600 steps
m2fstroke2 equ 1850   ;37mm / 4mm/rev * 200steps/rev = 1850steps
m2rstroke2 equ 1950   ;39mm / 4mm/rev * 200steps/rev = 1950steps
m2fstroke3 equ 2000   ;40mm / 4mm/rev * 200steps/rev = 2000steps
m2rstroke3 equ 2100   ;42mm / 4mm/rev * 200steps/rev = 2100steps
m2movrelo equ 62117   ;move speed reload value 270 Hz

org 00h          ;PC location after reset
jmp MAIN         ;go to main program

org 0Bh          ;PC location for timer0 interrupt
jmp STEP0        ;go to timer0 interrupt service routine

org 1Bh          ;PC location for timer1 interrupt
Appendix B. Firmware Program Listing (continue).

jmp STEP1        ;go to timer1 interrupt service routine

org 100h         ;start location of main program
MAIN:            ;Main program start here
mov SP,#4Fh      ;set stack pointer for 64 byte stack area
call INI8255     ;Get 8255 port ready
call INIVARS     ;Initiate variables
call INICLOCK    ;Initiate timer interrupt
call INIT_LCD    ;Set up LCD display
call CHUCK_OPEN  ;Open chuck head
call STEP_POWER_ON ;Turn on 12V supply
call WAITONE     ;Wait one second
call READY_LAMP_ON ;Turn on ready lamp
MAINLOOP:
call READ_TEST   ;Read test switch

```

```
jnz  MAINLOOP1    :Loop if no test
call  RUN1
jmp   MAINLOOP
MAINLOOP1:
call  TEST0        :Go to test routine
jmp   MAINLOOP     :Loop again
```

```
INISYS:           :Initialize system and test components
setb  mes1
mov   a.#1
call  DISPLAY
call  ALARM_LAMP_OFF :Turn off alarm lamp
call  HYD_POWER_ON  :Power up hydraulic pump
call  CHUCK_OPEN    :Open chuck grip
call  WAITONE       :Wait two seconds for hydraulic pressure
call  WAITONE
call  LINEAR_F_BACK  :Move linear feeder full back
call  LINEAR_OFF     :Unload linear feeder
call  CHECK_LINEAR_B :Check linear feeder back switch
call  M0HOME        :Home cross slide
call  WAITM0        :Wait until done
call  CHECK_CROSS_H  :See if cross slide home properly
call  M1HOME        :Home turn slide
call  WAITM1        :Wait until done
call  CHECK_TURN_H   :See if turn slide home properly
call  M2HOMEPOS3     :Home stopper
call  WAITM2        :Wait until done
call  WAIT          :switch bounce?
call  CHECK_STOP_H   :See if stopper home properly
call  WAIT          :Wait 0.1 sec
call  M2POS3        :Push stopper all the way in
call  WAITM2        :Wait until done
call  CHECK_STOP_F   :Check stopper forward operation
call  WAIT          :Wait 1/10 sec
call  M2HOMEPOS3     :Home stopper
call  WAITM2        :Wait until done
call  CHECK_STOP_R   :Check stopper operation
call  M0CUT         :Move cross slide
call  WAITM0        :Wait for cross slide done
call  CHECK_CROSS_F  :Check cross slide forward motion
call  WAIT          :Wait 1/10 sec before motor reversal
call  M0HOME        :Move cross slide home
call  WAITM0        :Wait for cross slide to home
call  CHECK_CROSS_R  :Check cross slide operation
call  M1TURN        :Move turn slide
call  WAITM1        :Wait for turn slide to finish
call  CHECK_TURN_F   :Check turn slide forward motion
call  WAIT          :Wait 1/10 sec before motor reversal
call  M1HOME        :Home turn slide
call  WAITM1        :Wait for turn slide to home
call  CHECK_TURN_R   :Check turn slide reverse motion
call  M2POS1        :Move stopper in
call  M0_OFF_LIMIT   :Move cross slide off limit sw.
call  WAITM0        :Wait till done
call  WAIT          :Wait 1/10 sec.
call  M0TURN        :Move turning tool to turn position
call  WAITM0        :Wait for cross slide
call  CHECK_CROSS_H  :See if cross slide home properly
call  WAITM2        :Wait for stopper
```

```
call CHECK_STOP_F :Check stopper forward operation
call LINEAR_F_FWD :Move linear feeder in
call LINEAR_OFF :Unload linear feeder
mov a.error :Check error
jnz INISYS_ERR :Chuck not clear, stop system
call WAITONE :Wait for linear feeder to unload
call LINEAR_F_BACK :Move linear feeder back
mov a.error :Check for problem
jnz INISYS_ERR :No air pressure, stop system
setb mes1
mov a.#15
call DISPLAY
ret
INISYS_ERR: :The jnz command cannot make long jump
jmp ALL_STOP :Stop all system and flash alarm
```

```
PART_FEED: :Feed new part and facing
setb mes1
mov a.#2
call DISPLAY
call READ_HOPPER :Check hopper switch
jz PART_FEED_A :Skip if not empty
mov error.#13
jmp HOPPER_EMPTY :Go to hopper empty condition
```

```
PART_FEED_A:
call CHUCK_OPEN :Make sure chuck is open
call M2HOMEPOS1 :Home stopper
call WAITM2 :Wait for stopper
call CHECK_STOP_H :See if stopper home properly
call WAIT :Wait 1/10 sec before motor reversal
call M2POS2 :Begin move stopper in
call M1TURN1 :Move turning tool to ready position
call LINEAR_F_BACK :Move linear feeder back
mov a.error :Check for problem
jnz INISYS_ERR :No air pressure, stop system
call ROTARY_GO :Activate rotary feeder
call WAITONE :Wait one second
call WAITM2 :Wait for stopper to finish moving
call CHECK_STOP_F :Stopper left limit switch?
call WAITM1 :Wait for turning tool to finish
call CHECK_TURN_F :Turn slide left limit switch?
call LINEAR_F_FWD :Linear feeder in
mov a.error
jnz PART_FEED_B :PROBLEM!! part not in, rotary feeder problem
mov error.#12
jmp ALL_STOP
```

```
PART_FEED_B:
call CHUCK_CLOSE :Close chuck
call WAITONE :Wait for chuck to close
call LINEAR_OFF :Unload linear feeder
call M2HOMEPOS2 :Home stopper
call M1TURN2 :Turn to get ready for facing
call WAITM1 :Wait for turning done
call M0CUT :Cut off the face
call WAIT :Wait 1/10 sec before motor reversal
call M1HOME :Home turn slide
call WAITM0 :Wait for cross slide
call CHECK_CROSS_F :Cross slide left limit switch?
call WAIT :Delay 1/10 sec
```

```
call M0TURN      :Position cross slide for turning
call WAITM1      :Wait for turn slide to finish
call CHECK_TURN_R :Check turn slide reversal motion
call WAITM2      :Wait for stopper to finish
call CHECK_STOP_R :Check stopper reversal motion
call WAIT        :Wait before stopper reversal
call M2POS1      :Move stopper in to place
call WAITM0      :Wait for cross slide
call CHECK_CROSS_H :Check cross slide home?
call WAITM2      :Wait for stopper
call CHECK_STOP_F :Stopper left limit switch?
setb mes1
mov a,#15
call DISPLAY
ret
```

```
MAKE_SLIDE:      :Make slider part
setb mes1
mov a,#3
call DISPLAY
call FEED_AND_CHECK :Feed material and check for stub
call M2HOMEPOS1    :Home stopper
call M1TURN        :Turn the part
call WAITM1        :Wait for turning to finish
call CHECK_TURN_F  :Turning slide off limit sw?
call CHECK_STOP_H  :Stopper home OK?
call M0CUT         :Begin cutting off
call WAIT          :Wait 1/10 sec before motor reversal
call M1HOME        :Home turning slide
call WAITM0        :Wait for cutting done
call CHECK_CROSS_F :Cross slide left limit sw?
call WAIT          :Wait 1/10 sec before motor reversal
call M0TURN        :Return cross slide
call WAITM1        :Wait for turn slide to home
call CHECK_TURN_R  :Turn slide movement OK?
call M2POS1        :Move stopper in
call WAITM0        :Wait for cross slide
call CHECK_CROSS_H :Cross slide movement OK?
call WAITM2        :Wait for stopper
call CHECK_STOP_F  :Stopper left sw OK?
setb mes1
mov a,#15
call DISPLAY
ret
```

```
EJECT_STUB:      :Eject remaining stub
setb mes1
mov a,#4
call DISPLAY
call M0_OFF_LIMIT  :Move cross slide off limit switch
call M2HOMEPOS2    :Back off stopper
call WAITM0        :Wait for the operation
call WAITM2        :Wait for stopper to home
call WAIT          :switch bounce?
call WAIT
call CHECK_STOP_H  :Stopper home OK?
call LINEAR_FOR    :Push linear feeder to eject part
call CHUCK_OPEN    :Open chuck
call WAITONE       :Wait two seconds
call M0TURN        :Position turning tool
```



```
call WAITM0      :Wait for cross slide
call CHECK_CROSS_H :Cross slide back?
call LINEAR_OFF   :Unload linear feeder
setb mes1
mov  a,#15
call DISPLAY
ret
```

FEED_AND_CHECK: :Feed part and check for stub (2 sec.)

```
clr  EA          :Stop all interrupts
clr  stub         :Clear stub bit
call LINEAR_FOR
call CHUCK_OPEN   :Open chuck
mov  r2,#255      :Load loop counter for 0.85 sec.
```

FEED_AND_CHECK3:

```
mov  r1,#255      :Load loop counter
```

FEED_AND_CHECK2:

```
call READ_STUB    :Read stub switch (9 ms)
jnz  FEED_AND_CHECK1 :Stub detected? (2 ms)
setb stub         :Set flag if so (1 ms)
```

FEED_AND_CHECK1:

```
djnz r1,FEED_AND_CHECK2 :Loop back (2 ms)
djnz r2,FEED_AND_CHECK3 :Loop back
call CHUCK_CLOSE    :Close the chuck
call WAITONE        :Wait for fully closed
call LINEAR_OFF
setb EA             :Restart interrupts
ret
```

LINEAR_F_BACK: :Pull linear feed back and check for problem

```
mov  error,#0      :clear error code
call LINEAR_BACK    :Move linear feeder back
mov  r3,#255        :reload loop counter for 1.7 sec
```

LINEAR_F_BACK3:

```
mov  r2,#200        :reload loop counter
```

LINEAR_F_BACK2:

```
mov  r1,#3          :reload loop counter (USE 2)
```

LINEAR_F_BACK1:

```
call READ_LINEAR_IN :Check back switch (9 ms)
jz   LINEAR_F_BACK0 :Get out if switch reached (2 ms)
djnz r1,LINEAR_F_BACK1 : (2 ms) Total loop time = 13 ms
djnz r2,LINEAR_F_BACK2
djnz r3,LINEAR_F_BACK3
mov  error,#11      :set error code if time expire
mov  p1,error        :set error display
```

LINEAR_F_BACK0:

```
call LINEAR_OFF     :Unload linear feeder
ret
```

LINEAR_F_FWD: :Linear forward feed and check for problem

```
mov  error,#10      :preset error code
call LINEAR_FOR      :Move linear feeder forward
mov  r3,#255        :reload loop counter for 1.7 sec
```

LINEAR_F_FWD3:

```
mov  r2,#255        :reload loop counter
```

LINEAR_F_FWD2:

```
mov  r1,#2          :reload loop counter (USE 2)
```

LINEAR_F_FWD1:

```
call READ_STUB      :Check back switch (9 ms)
jnz  LINEAR_F_FWD0   :clear error if switch reached (2 ms)
```

```
    mov     error,#0
LINEAR_F_FWD0:
    djnz    r1,LINEAR_F_FWD1 ;(2 ms) Total loop time = 13 ms
    djnz    r2,LINEAR_F_FWD2
    djnz    r3,LINEAR_F_FWD3
    ret

RUN1:      ;System run
    call    INISYS      ;Self test
RUN1C:
    call    CHUCK_MOTOR_ON
    call    WAITONE
    call    PART_FEED
    mov     pcount,#6
RUN1A:
    dec     pcount
    mov     a,pcount
    jnz     RUN1B
    setb    mes1
    mov     error,#14
    jmp     ALL_STOP
RUN1B:
    call    MAKE_SLIDE
    jnb     stub,RUN1A
    call    EJECT_STUB
    call    HOPPER_LAMP_OFF
    call    LINEAR_F_BACK
    jmp     RUN1C
    ret

TEST0:      ;Test routine for system parts
    call    WAITGO      ;Wait for go switch pressed
    call    READ_TEST    ;read test routine number
    rl      a           ;Multiply a by 2
    mov     DPTR,#JUMPTAB ;Point to jump table
    jmp     @a+DPTR      ;Jump to selected test routine

JUMPTAB:    ;Jump table for test routines
    ajmp    TEST00      ;Dummy routine
    ajmp    TEST1       ;Single piece test
    ajmp    TEST2       ;Turn slide test
    ajmp    TEST3       ;Cross slide test
    ajmp    TEST4       ;Stopper test
    ajmp    TEST5       ;Linear feeder test
    ajmp    TEST6       ;Rotary feeder test
    ajmp    TEST7       ;Chuck test
    ajmp    TEST8       ;Lathe motor test
    ajmp    TEST9       ;Tool set

TEST00:     ;Dummy subroutine
    ret

TEST1:      ;System cycle test
    call    INISYS      ;Self test
    call    WAITGO
TEST1C:
    call    CHUCK_MOTOR_ON
    call    HOPPER_LAMP_ON
    call    WAITONE
    call    PART_FEED
```

```
    mov    pcount,#6
TEST1A:
    dec    pcount
    mov    a,pcount
    jnz    TEST1B
    setb   mesl
    mov    error,#14
    jmp    ALL_STOP
TEST1B:
    call   MAKE_SLIDE
    jnb    stub.TEST1A
    call   EJECT_STUB
    call   HOPPER_LAMP_OFF
    call   LINEAR_F_BACK
    call   CHUCK_MOTOR_OFF
    call   WAITGO
    jmp    TEST1C
    ret
```

```
TEST2:      :Turning slide test
    call   ALARM_LAMP_OFF
    call   HOPPER_LAMP_ON
    call   M1HOME
    call   WAITM1
    call   WAIT
    call   M1TURN
    call   WAITM1
    call   WAIT
    call   M1HOME
    call   WAITM1
    call   WAIT
    call   HOPPER_LAMP_OFF
    call   CHECK_TURN_R
    mov    a,error
    jnz    TEST2_A
    ret
TEST2_A:
    call   ALARM_LAMP_ON
    ret
```

```
TEST3:      :Cross slide test
    call   ALARM_LAMP_OFF
    call   HOPPER_LAMP_ON
    call   M0HOME
    call   WAITM0
    call   WAIT
    call   M0CUT
    call   WAITM0
    call   WAIT
    call   M0TURN
    call   WAITM0
    call   HOPPER_LAMP_OFF
    call   CHECK_CROSS_H
    mov    a,error
    jnz    TEST3_A
    ret
TEST3_A:
    call   ALARM_LAMP_ON
    ret
```

```
TEST4      :Stopper test
call  ALARM_LAMP_OFF
call  HOPPER_LAMP_ON
call  M2HOMEPOS3
call  WAITM2
call  WAIT
call  M2POS1
call  WAITM2
call  WAIT
call  M2HOMEPOS1
call  WAITM2
call  WAIT
call  HOPPER_LAMP_OFF
call  CHECK_STOP_R
mov   a.error
jnz   TEST4_A
ret
TEST4_A:
call  ALARM_LAMP_ON
ret
```

```
TEST5:      :Linear feeder test
call  ALARM_LAMP_OFF
call  HOPPER_LAMP_ON
call  LINEAR_F_FWD
call  LINEAR_OFF
mov   a.error
jz    TEST5A
call  ALARM_LAMP_ON
TEST5A:
call  WAITONE
call  ALARM_LAMP_OFF
call  LINEAR_F_BACK
call  LINEAR_OFF
mov   a.error
jz    TEST5B
call  ALARM_LAMP_ON
TEST5B:
call  HOPPER_LAMP_OFF
ret
```

```
TEST6:      :Rotary feeder test
call  HOPPER_LAMP_ON
call  ROTARY_GO
call  WAITONE
call  HOPPER_LAMP_OFF
ret
```

```
TEST7:      :Chuck test
call  HOPPER_LAMP_ON
call  CHUCK_CLOSE
call  WAITONE
call  WAITONE
call  CHUCK_OPEN
call  WAITONE
call  WAITONE
call  HOPPER_LAMP_OFF
ret
```

TEST8: :Lathe motor test
call HOPPER_LAMP_ON
call CHUCK_MOTOR_ON
call WAITONE
call WAITONE
call CHUCK_MOTOR_OFF
call HOPPER_LAMP_OFF
ret

TEST9: :Tool set position
call CHUCK_OPEN
call M0HOME
call WAITM0
call M1HOME
call WAITM1
call M2HOMEPOS3
call WAITM2
call M0CUT
call WAITM0
call M0TURN
call WAITM0
call M1SET
call WAITM1
call HOPPER_LAMP_ON
call WAITGO
call HOPPER_LAMP_OFF
call CHUCK_CLOSE
call WAITONE
call HOPPER_LAMP_ON
call WAITGO
call HOPPER_LAMP_OFF
call M2POS1
call WAITM2
call HOPPER_LAMP_ON
call WAITGO
call HOPPER_LAMP_OFF
call CHUCK_OPEN
call M2HOMEPOS1
call WAITM2
ret

M0HOME: :Home cross slide to reference position (T0 4 sec)
mov m0sth,#high m0rstroke :Load step counter high byte
mov m0stl,#low m0rstroke :Load step counter low byte
mov relo0h,#high m0movrelo :Load timer reload high byte
mov relo0l,#low m0movrelo :Load timer reload low byte
mov phomef,#20 :set post home variable for no reverse
mov phomeh,#0
setb m0rev :set reverse bit
clr m0tsel :select timer 0
clr m0done :Go
ret

M0_OFF_LIMIT: :Move cross slide off limit switch (T0 0.84 sec)
mov m0sth,#0 :Load step counter high byte
mov m0stl,#5 :Load step counter low byte
mov relo0h,#high m0movrelo :Load timer reload high byte
mov relo0l,#low m0movrelo :Load timer reload low byte
clr m0rev :clear reverse bit

```
clr  m0tsel      :select timer 0
clr  m0done      :Go
ret
```

```
M0CUT:          :Cut off operation (T0 8.82 sec)
mov  m0sth,#high m0fstroke :Load step counter high byte
mov  m0stl,#low m0fstroke  :Load step counter low byte
mov  relo0h,#high m0movrelo :Load timer reload high byte
mov  relo0l,#low m0movrelo  :Load timer reload low byte
clr  m0rev       :clear reverse bit
clr  m0tsel      :select timer 0
clr  m0done      :Go
ret
```

```
M0TURN:         :Move cross slide to turn position (T0 4.84 sec)
mov  m0sth,#high m0rstroke  :Load step counter high byte
mov  m0stl,#low m0rstroke   :Load step counter low byte
mov  phomeh,#high m0rstroke
mov  phomel,#low m0rstroke
call READ_DTRIM      :Read trim switch, result in a
add  a,phomel        :add trim to step counter low byte
mov  phomel,a        :save the value
clr  a               :clear a register
adde  a,phomeh       :add any carry to high byte
mov  phomeh,a        :save the value
mov  relo0h,#high m0movrelo :Load timer reload high byte
mov  relo0l,#low m0movrelo  :Load timer reload low byte
setb m0rev          :set reverse bit
clr  m0tsel         :select timer 0
clr  m0done         :Go
ret
```

```
M1HOME:         :Home turn slide (T1 11.0 sec)
mov  m1sth,#high m1rstroke  :Load step counter high byte
mov  m1stl,#low m1rstroke   :Load step counter low byte
mov  relo1h,#high m1movrelo :Load timer reload high byte
mov  relo1l,#low m1movrelo  :Load timer reload low byte
setb m1rev          :set reverse bit
setb m1tsel         :select timer 1
clr  m1done         :Go
ret
```

```
M1SET:          :Turn operation
mov  m1sth,#2         :Load step counter high byte
mov  m1stl,#0         :Load step counter low byte
mov  relo1h,#high m1cutrelo :Load timer reload high byte
mov  relo1l,#low m1cutrelo  :Load timer reload low byte
clr  m1rev           :clear reverse bit
setb m1tsel          :select timer 1
clr  m1done          :Go
ret
```

```
M1TURN:         :Turn operation (T1 11.8 sec)
mov  m1sth,#high m1fstroke  :Load step counter high byte
mov  m1stl,#low m1fstroke   :Load step counter low byte
mov  relo1h,#high m1cutrelo :Load timer reload high byte
mov  relo1l,#low m1cutrelo  :Load timer reload low byte
clr  m1rev           :clear reverse bit
setb m1tsel          :select timer 1
clr  m1done          :Go
```

ret

M1TURN1: :Move turning tool to ready pos for facing (T0 10.6)

```
mov  m1sth.#high m1fstroke1 :Load step counter high byte
mov  m1stl.#low m1fstroke1  :Load step counter low byte
mov  relo1h.#high m1movrelo  :Load timer reload high byte
mov  relo1l.#low m1movrelo  :Load timer reload low byte
clr  m1rev          :clear reverse bit
clr  m1tsel         :select timer 0
clr  m1done         :Go
ret
```

M1TURN2: :Turning tool to clean up for facing (T0 1.2 sec)

```
mov  m1sth.#high m1fstroke2 :Load step counter high byte
mov  m1stl.#low m1fstroke2  :Load step counter low byte
mov  relo1h.#high m1cutrelo  :Load timer reload high byte
mov  relo1l.#low m1cutrelo  :Load timer reload low byte
clr  m1rev          :clear reverse bit
clr  m1tsel         :select timer 0
clr  m1done         :Go
ret
```

M2HOMEPOS1: :Home stopper from normal position (T0 2.4 sec)

```
mov  m2sth.#high m2rstroke1 :Load step counter high byte
mov  m2stl.#low m2rstroke1  :Load step counter low byte
mov  relo0h.#high m2movrelo  :Load timer reload high byte
mov  relo0l.#low m2movrelo  :Load timer reload low byte
setb m2rev          :set reverse bit
clr  m2tsel         :select timer 0
clr  m2done         :Go
ret
```

M2HOMEPOS2: :Home stopper from facing position (T1 7.8 sec)

```
mov  m2sth.#high m2rstroke2 :Load step counter high byte
mov  m2stl.#low m2rstroke2  :Load step counter low byte
mov  relo1h.#high m2movrelo  :Load timer reload high byte
mov  relo1l.#low m2movrelo  :Load timer reload low byte
setb m2rev          :set reverse bit
setb m2tsel         :select timer 1
clr  m2done         :Go
ret
```

M2HOMEPOS3: :Home stopper from clear chuck position (T1 8.4)

```
mov  m2sth.#high m2rstroke3 :Load step counter high byte
mov  m2stl.#low m2rstroke3  :Load step counter low byte
mov  relo1h.#high m2movrelo  :Load timer reload high byte
mov  relo1l.#low m2movrelo  :Load timer reload low byte
setb m2rev          :set reverse bit
setb m2tsel         :select timer 1
clr  m2done         :Go
ret
```

M2POS1: :Move stopper to normal position (T1 2.0 sec)

```
mov  m2sth.#high m2fstroke1 :Load step counter high byte
mov  m2stl.#low m2fstroke1  :Load step counter low byte
call READ_LTRIM           :Read trim switch, result in a
add  a,m2stl              :add trim to step counter low byte
```

```
mov    m2stl.a      :save the value
clr    a             :clear a register
addc   a,m2sth       :add any carry to high byte
mov    m2sth.a       :save the value
mov    relo1h,#high m2movrelo :Load timer reload high byte
mov    relo1l,#low m2movrelo :Load timer reload low byte
clr    m2rev         :clear reverse bit
setb   m2tsel        :select timer 1
clr    m2done        :Go
ret
```

M2POS2: :Move stopper to facing position (T1 7.4 sec)

```
mov    m2sth,#high m2fstroke2 :Load step counter high byte
mov    m2stl,#low m2fstroke2  :Load step counter low byte
mov    relo1h,#high m2movrelo :Load timer reload high byte
mov    relo1l,#low m2movrelo :Load timer reload low byte
clr    m2rev         :clear reverse bit
setb   m2tsel        :select timer 1
clr    m2done        :Go
ret
```

M2POS3: :Move stopper to clear chuck of part (T1 8.0 sec)

```
mov    m2sth,#high m2fstroke3 :Load step counter high byte
mov    m2stl,#low m2fstroke3  :Load step counter low byte
mov    relo1h,#high m2movrelo :Load timer reload high byte
mov    relo1l,#low m2movrelo :Load timer reload low byte
clr    m2rev         :clear reverse bit
setb   m2tsel        :select timer 1
clr    m2done        :Go
ret
```

STEP0: :Timer0 interrupt service routine

```
clr    TR0          :Stop timer
mov    TL0,relo0l    :LSB timer reload
mov    TH0,relo0h    :MSB timer reload
setb   TR0          :Run timer
push   PSW          :Save program status word
push   DPL          :Save lower byte of data pointer
push   DPH          :Save high byte of data pointer
push   b            :Save b register
push   acc          :Save accumulator
call   READ_STOP    :Read stop switch
jnz    STEP07
setb   stopped      :If pressed, set flag
```

STEP07:

```
call   READ_E_STOP  :Read stop switch
jnz    STEP08
setb   estop        :If pressed, set flag
jmp    EMERGENCY_STOP
```

STEP08:

```
jb     m0tsel,STEP02 :This timer selected?
jb     m0done,STEP02 :Motor 0 done?
jb     m0rev,STEP01  :Reverse direction?
call   M0FORWARD     :Step forward
jmp    STEP02        :Done with motor 0
```

STEP01:

```
call   M0REVERSE     :Step back
```

STEP02:


```
jb    m1tsel.STEP03    :This timer selected?
jb    m1done.STEP03    :Motor 1 done?
jb    m1rev.STEP04     :Reverse direction?
call  M1FORWARD        :Step forward
jmp    STEP03          :Done with motor 1
STEP04:
call  M1REVERSE        :Step back
STEP03:
jb    m2tsel.STEP05    :This timer selected?
jb    m2done.STEP05    :Motor 2 done?
jb    m2rev.STEP06     :Reverse direction?
call  M2FORWARD        :Step forward
jmp    STEP05          :Done with motor 2
STEP06:
call  M2REVERSE        :Step back
STEP05:

STEP0DONE:
pop    acc              :Restore accumulator
pop    b                :Restore b register
pop    DPH              :Restore data pointer hi byte
pop    DPL              :Restore data pointer lo byte
pop    PSW              :Restore program status word
reti
```

```
STEP1      :Timer1 interrupt service routine
clr    TR1              :Stop timer
mov     TL1.relo1l      :LSB timer reload
mov     TH1.relo1h      :MSB timer reload
setb    TR1             :Run timer
push    PSW             :Save program status word
push    DPL             :Save lower byte of data pointer
push    DPH             :Save high byte of data pointer
push    b               :Save b register
push    acc             :Save accumulator
call    READ_STOP       :Read stop switch
jnz     STEP17
setb    stopped         :If pressed, set flag
STEP17:
call    READ_E_STOP     :Read stop switch
jnz     STEP18
setb    estop           :If pressed, set flag
jmp     EMERGENCY_STOP
STEP18:
jnb     m0tsel.STEP12   :This timer selected?
jb      m0done.STEP12   :Motor 0 done?
jb      m0rev.STEP11    :Reverse direction?
call    M0FORWARD       :Step forward
jmp     STEP12          :Done with motor 0
STEP11:
call    M0REVERSE       :Step back
STEP12:
jnb     m1tsel.STEP13   :This timer selected?
jb      m1done.STEP13   :Motor 1 done?
jb      m1rev.STEP14    :Reverse direction?
call    M1FORWARD       :Step forward
jmp     STEP13          :Done with motor 1
```

```
STEP14:
    call    M1REVERSE    ;Step back
STEP13:
    jnb     m2tsel.STEP15 ;This timer selected?
    jb      m2done.STEP15 ;Motor 2 done?
    jb      m2rev.STEP16 ;Reverse direction?
    call    M2FORWARD    ;Step forward
    jmp     STEP15        ;Done with motor 2
STEP16:
    call    M2REVERSE    ;Step back
STEP15:
STEP1DONE:
    pop     acc           ;Restore accumulator
    pop     b             ;restore b register
    pop     DPH           ;Restore data pionter hi byte
    pop     DPL           ;Restore data pointer lo byte
    pop     PSW           ;Restore program status word
    ret

M0FORWARD:    ;Cross slide move forward
    mov     a,m0stl       ;load lsb of step counter
    jnz     M0FORWARD0
    mov     a,m0sth       ;load msb of step counter
    jnz     M0FORWARD0
    setb    m0done
    clr     m0speed
    mov     DPTR,#aport1  ;point to motor port address
    movx    a, @DPTR      ;read port value
    orl     a,#0Fh        ;mask lower nibble
    movx    @DPTR,a       ;send it to motor
    ret

M0FORWARD0:
    call    READ_CUT_HOME ;check limit switch
    jz      M0FORWARD2    ;do not decrement step count if pressed
    mov     a,m0stl       ;check for speed change point
    cjne    a,#low m0begincut,M0FORWARD3
    mov     a,m0sth
    cjne    a,#high m0begincut,M0FORWARD3
    mov     relo0h,#high m0cutrelo
    mov     relo0l,#low m0cutrelo
    setb    m0speed

M0FORWARD3:
    jnb     m0speed.M0FORWARD4
    clr     c              ;Increase speed of cross slide
    mov     a,relo0l       ;load lsb of step counter
    add     a,#1           ;increment lsb
    mov     relo0l,a       ;return the value
    mov     a,relo0h       ;load msb
    adde    a,#0          ;add carry flag if any
    mov     relo0h,a       ;return value

M0FORWARD4:
    clr     c              ;clear carry flag
    mov     a,m0stl       ;load lsb of step counter
    subb    a,#1          ;decrement lsb
    mov     m0stl,a       ;return the value
    mov     a,m0sth       ;load msb
```

```
    subb    a,#0          :subtract carry flag if any
    mov     m0sth,a        :return value
M0FORWARD2:
    inc     m0ph           :increment phase counter
    mov     a,m0ph
    cjne    a,#8,M0FORWARD1
    mov     a,#0           :reset phase counter
    mov     m0ph,a

M0FORWARD1:
    mov     DPTR,#STEPTAB12F :point to phase table
    move    a,@a+DPTR      :read it
    mov     b,a            :save phase pattern in b
    mov     DPTR,#aport1    :point to motor port address
    movx    a,@DPTR        :read port value
    and     a,#0F0h        :mask lower nibble
    orl     a,b            :move bit pattern to lower nibble
    movx    @DPTR,a        :send it to motor
    ret

M0REVERSE:    :Cross slide move backward
    jb      holdm0,M0REVERSE4 :check hold mode
    jb      m0dbo,M0REVERSE2
    call    READ_CUT_HOME    :check limit switch
    jz      M0REVERSE2      :go to post limit if pressed
    mov     a,m0stl        :load lsb of step counter
    jnz     M0REVERSE0
    mov     a,m0sth        :load msb of step counter
    jnz     M0REVERSE0
M0REVERSE2:    :post limit movement
    call    TURN_POS_SW
    jz      M0REVERSE6
    setb    m0dbo          :set debounce bit
    mov     relo0h,#high m0limrelo : *
    mov     relo0l,#low m0limrelo  : *
    clr     c              :clear carry flag
    mov     a,phome1       :load lsb of step counter
    subb    a,#1           :decrement lsb
    mov     phome1,a       :return the value
    mov     a,phomeh       :load msb
    subb    a,#0           :subtract carry flag if any
    mov     phomeh,a       :return value
    mov     a,phome1       :load lsb of step counter
    jnz     M0REVERSE3
    mov     a,phomeh       :load msb of step counter
    jnz     M0REVERSE3
M0REVERSE6:
    mov     m0hold,#10     :Hold still after stop
    setb    holdm0
    ret
M0REVERSE4:
    dec     m0hold
    mov     a,m0hold
    jz      M0REVERSE5
    ret
```

```
M0REVERSE5:
    clr    m0dbo
    clr    holdm0
    setb    m0done
    mov     DPTR,#aport1    ;point to motor port address
    movx    a, a DPTR        ;read port value
    orl     a,#0Fh          ;mask lower nibble
    movx    a DPTR,a        ;send it to motor
    ret
```

```
M0REVERSE0:
    clr     c                ;clear carry flag
    mov     a,m0stl          ;load lsb of step counter
    subb    a,#1             ;decrement lsb
    mov     m0stl,a          ;return the value
    mov     a,m0sth          ;load msb
    subb    a,#0             ;subtract carry flag if any
    mov     m0sth,a          ;return value
```

```
M0REVERSE3:
    dec     m0ph             ;decrement phase counter
    mov     a,m0ph
    cjne    a,#0FFh,M0REVERSE1
    mov     a,#7             ;reset phase counter
    mov     m0ph,a
```

```
M0REVERSE1:
    mov     DPTR,#STEPTAB12F ;point to phase table
    movc    a, a+DPTR        ;read it
    mov     b,a              ;save phase pattern in b
    mov     DPTR,#aport1    ;point to motor port address
    movx    a, a DPTR        ;read port value
    anl     a,#0F0h          ;mask lower nibble
    orl     a,b              ;move bit pattern to lower nibble
    movx    a DPTR,a        ;send it to motor
    ret
```

```
M1FORWARD:    ;Turn slide move forward
    mov     a,m1stl          ;load lsb of step counter
    jnz     M1FORWARD0
    mov     a,m1sth          ;load msb of step counter
    jnz     M1FORWARD0
    setb    m1done
    mov     DPTR,#aport1    ;point to motor port address
    movx    a, a DPTR        ;read port value
    orl     a,#0F0h          ;mask upper nibble
    movx    a DPTR,a        ;send it to motor
    ret
```

```
M1FORWARD0:
    call    READ_TURN_HOME  ;check limit switch
    jz      M1FORWARD2      ;do not decrement step count if pressed
    clr     c                ;clear carry flag
    mov     a,m1stl          ;load lsb of step counter
    subb    a,#1             ;decrement lsb
    mov     m1stl,a          ;return the value
    mov     a,m1sth          ;load msb
    subb    a,#0             ;subtract carry flag if any
    mov     m1sth,a          ;return value
```

MIFORWARD2:

```
inc    m1ph      :increment phase counter
mov    a,m1ph
cjne   a,#4,MIFORWARD1
mov    a,#0      :reset phase counter
mov    m1ph,a
```

MIFORWARD1:

```
mov    DPTR,#STEPTAB2R :point to phase table
movc   a,@a+DPTR      :read it
swap   a              :swap nibbles
mov    b,a            :save phase pattern in b
mov    DPTR,#aport1   :point to motor port address
movx   a,@DPTR        :read port value
anl    a,#0Fh         :mask upper nibble
orl    a,b            :move bit pattern to lower nibble
movx   @DPTR,a        :send it to motor
ret
```

MIREVERSE: :Turn slide move backward

```
call   READ_TURN_HOME :check limit switch
jz     MIREVERSE2      :done if pressed
mov    a,m1stl         :load lsb of step counter
jnz    MIREVERSE0
mov    a,m1sth         :load msb of step counter
jnz    MIREVERSE0
```

MIREVERSE2:

```
setb   m1done
mov    DPTR,#aport1   :point to motor port address
movx   a,@DPTR        :read port value
orl    a,#0F0h        :mask upper nibble
movx   @DPTR,a        :send it to motor
ret
```

MIREVERSE0:

```
clr    c              :clear carry flag
mov    a,m1stl         :load lsb of step counter
subb   a,#1           :decrement lsb
mov    m1stl,a         :return the value
mov    a,m1sth         :load msb
subb   a,#0           :subtract carry flag if any
mov    m1sth,a         :return value
dec    m1ph           :decrement phase counter
mov    a,m1ph
cjne   a,#0FFh,MIREVERSE1
mov    a,#3           :reset phase counter
mov    m1ph,a
```

MIREVERSE1:

```
mov    DPTR,#STEPTAB2R :point to phase table
movc   a,@a+DPTR      :read it
swap   a              :swap nibbles
mov    b,a            :save phase pattern in b
mov    DPTR,#aport1   :point to motor port address
movx   a,@DPTR        :read port value
anl    a,#0Fh         :mask upper nibble
orl    a,b            :move bit pattern to lower nibble
movx   @DPTR,a        :send it to motor
ret
```

```
M2FORWARD:    :Stopper move forward
    mov     a,m2stl    :load lsb of step counter
    jnz     M2FORWARD0
    mov     a,m2sth    :load msb of step counter
    jnz     M2FORWARD0
    setb    m2done
    mov     DPTR,#aport2 :point to motor port address
    movx    a, @DPTR    :read port value
    orl     a,#0Fh     :mask lower nibble
    movx    @DPTR,a     :send it to motor
    ret

M2FORWARD0:
    call    READ_STOP_HOME :check limit switch
    jz      M2FORWARD2    :do not decrement step count if pressed
    clr     c           :clear carry flag
    mov     a,m2stl    :load lsb of step counter
    subb    a,#1       :decrement lsb
    mov     m2stl,a     :return the value
    mov     a,m2sth    :load msb
    subb    a,#0       :subtract carry flag if any
    mov     m2sth,a     :return value

M2FORWARD2:
    inc     m2ph        :increment phase counter
    mov     a,m2ph
    cjne    a,#4,M2FORWARD1
    mov     a,#0        :reset phase counter
    mov     m2ph,a

M2FORWARD1:
    mov     DPTR,#STEPTAB2R :point to phase table
    mov     a, @a+DPTR    :read it
    mov     b,a          :save phase pattern in b
    mov     DPTR,#aport2 :point to motor port address
    movx    a, @DPTR    :read port value
    anl     a,#0F0h     :mask lower nibble
    orl     a,b         :move bit pattern to lower nibble
    movx    @DPTR,a     :send it to motor
    ret
```

```
M2REVERSE:    :Stopper move reverse
    call    READ_STOP_HOME :check limit switch
    jz      M2REVERSE2    :done if pressed
    mov     a,m2stl    :load lsb of step counter
    jnz     M2REVERSE0
    mov     a,m2sth    :load msb of step counter
    jnz     M2REVERSE0
M2REVERSE2:
    setb    m2done
    mov     DPTR,#aport2 :point to motor port address
    movx    a, @DPTR    :read port value
    orl     a,#0Fh     :mask lower nibble
    movx    @DPTR,a     :send it to motor
    ret
M2REVERSE0:
    clr     c           :clear carry flag
    mov     a,m2stl    :load lsb of step counter
    subb    a,#1       :decrement lsb
    mov     m2stl,a     :return the value
    mov     a,m2sth    :load msb
    subb    a,#0       :subtract carry flag if any
```

```
mov    m2sth,a      :return value
dec    m2ph         :decrement phase counter
mov    a,m2ph
cjne   a,#0FFh,M2REVERSE1
mov    a,#3         :reset phase counter
mov    m2ph,a
M2REVERSE1:
mov    DPTR,#STEPTAB2R :point to phase table
move   a,@a+DPTR     :read it
mov    b,a          :save phase pattern in b
mov    DPTR,#aport2  :point to motor port address
movx   a,@DPTR       :read port value
andl   a,#0F0h      :mask lower nibble
orl    a,b          :move bit pattern to lower nibble
movx   @DPTR,a       :send it to motor
ret

INI8255:           :Initiate 8255 PPI chip
call   WAITONE      :wait a bit
mov    DPTR,#rport1 :point to control register of 8255-1
mov    a,#89h       :A out, B out, C in
movx   @DPTR,a      :send program byte
mov    DPTR,#rport2 :point to control register of 8255-2
mov    a,#8Bh       :A out, B in, C in
movx   @DPTR,a      :send program byte
call   WAIT         :wait a bit
mov    DPTR,#aport1 :point to stepper motor port
mov    a,#0FFh      :Clear stepper port
movx   @DPTR,a
mov    DPTR,#aport2 :point to stepper motor port
mov    a,#0Fh       :Clear stepper port
movx   @DPTR,a
ret

INIVARS:           :Initiate system variables
mov    m0ph,#0      :Initiate phase counter motor 0
mov    m1ph,#0      :Initiate phase counter motor 1
mov    m2ph,#0      :Initiate phase counter motor 2
setb   m0done        :stop motor 0
setb   m1done        :stop motor 1
setb   m2done        :stop motor 2
clr    holdm0        :clear motor 0 hold bit
clr    m0speed       :clear motor 0 speed up bit
clr    m0dbo         :clear motor 0 switch debounce bit
clr    m0rev         :clear motor 0 reverse direction
clr    m1rev         :clear motor 1 reverse direction
clr    m2rev         :clear motor 2 reverse direction
mov    relo0h,#0     :clear high byte timer0 reload value
mov    relo0l,#0     :clear low byte timer0 reload value
mov    relo1h,#0     :clear high byte timer1 reload value
mov    relo1l,#0     :clear low byte timer1 reload value
ret

INICLOCK:          :Initiate timer interrupt
clr    T0            :Disable input to timer 0
clr    T1            :Disable input to timer 1
mov    TMOD,#11h     :Timer/counter 0&1 as timer mode 1
setb   TR0           :Run clock 0
setb   TR1           :Run clock 1
setb   ET0           :Enable timer 0 interrupt
```

```
setb  ETI      :Enable timer 1 interrupt
setb  EA       :Enable master interrupt switch
ret
```

```
STEP_POWER_ON: :Turn on step motor power supply
mov  DPTR,#bport1 :point to stepper power control port
movx a,@DPTR      :read port
orl  a,#00000001b :set control bit
movx @DPTR,a      :send control bit
ret
```

```
STEP_POWER_OFF: :Turn off step motor power supply
mov  DPTR,#bport1 :point to stepper power control port
movx a,@DPTR      :read port
and  a,#11111110b :clear control bit
movx @DPTR,a      :send control bit
ret
```

```
HYD_POWER_ON: :Turn on hydraulic power unit
mov  DPTR,#bport1 :point to hydraulic power control port
movx a,@DPTR      :read port
orl  a,#00100000b :set control bit
movx @DPTR,a      :send control bit
ret
```

```
HYD_POWER_OFF: :Turn off hydraulic power unit
mov  DPTR,#bport1 :point to hydraulic power control port
movx a,@DPTR      :read port
and  a,#11011111b :clear control bit
movx @DPTR,a      :send control bit
ret
```

```
CHUCK_MOTOR_ON: :Turn on lathe motor
mov  DPTR,#bport1 :point to lathe motor control port
movx a,@DPTR      :read port
orl  a,#01000000b :set control bit
movx @DPTR,a      :send control bit
ret
```

```
CHUCK_MOTOR_OFF: :Turn off lathe motor
mov  DPTR,#bport1 :point to lathe motor control port
movx a,@DPTR      :read port
and  a,#10111111b :clear control bit
movx @DPTR,a      :send control bit
ret
```

```
CHUCK_OPEN: :Open chuck
mov  DPTR,#bport1 :point to chuck hydraulic control port
movx a,@DPTR      :read port
orl  a,#00010000b :set control bit
movx @DPTR,a      :send control bit
ret
```

```
CHUCK_CLOSE: :Close chuck
mov  DPTR,#bport1 :point to chuck hydraulic control port
movx a,@DPTR      :read port
and  a,#11101111b :clear control bit
movx @DPTR,a      :send control bit
ret
```



```
LINEAR_FOR:    ;Move linear feeder forward
    mov     DPTR,#bport1    ;point to linear feeder control port
    movx    a, @DPTR        ;read port
    anl     a,#11111011b    ;make sure linear back is off
    orl     a,#00001000b    ;set control bit of feeder
    movx    @DPTR,a         ;send control bit
    ret
```

```
LINEAR_BACK:   ;Move linear feeder back
    mov     DPTR,#bport1    ;point to linear feeder control port
    movx    a, @DPTR        ;read port
    anl     a,#11110111b    ;make sure linear forward is off
    orl     a,#00001000b    ;set control bit of feeder
    movx    @DPTR,a         ;send control bit
    ret
```

```
LINEAR_OFF:    ;Release air pressure in linear feeder
    mov     DPTR,#bport1    ;point to linear feeder control port
    movx    a, @DPTR        ;read port
    anl     a,#11110011b    ;linear forward & backward bits off
    movx    @DPTR,a         ;send control bits
    ret
```

```
ROTARY_GO:     ;Activate rotary feeder
    mov     DPTR,#bport1    ;point to rotary feeder control port
    movx    a, @DPTR        ;read port
    orl     a,#00000010b    ;set control bit
    movx    @DPTR,a         ;send control bit
    call    WAIT            ;delay a bit
    call    WAIT
    anl     a,#11111011b    ;clear control bit
    movx    @DPTR,a         ;send control bit
    ret
```

```
READY_LAMP_ON: ;Turn on ready lamp
    mov     DPTR,#bport1    ;point to ready lamp control port
    movx    a, @DPTR        ;read port
    orl     a,#10000000b    ;set control bit
    movx    @DPTR,a         ;send control bit
    ret
```

```
READY_LAMP_OFF:;Turn off ready lamp
    mov     DPTR,#bport1    ;point to ready lamp control port
    movx    a, @DPTR        ;read port
    anl     a,#01111111b    ;clear control bit
    movx    @DPTR,a         ;send control bit
    ret
```

```
HOPPER_LAMP_ON:;Turn on hopper empty lamp
    mov     DPTR,#aport2     ;point to hopper lamp control port
    movx    a, @DPTR        ;read port
    orl     a,#00010000b    ;set control bit
    movx    @DPTR,a         ;send control bit
    ret
```

```
HOPPER_LAMP_OFF:;Turn off hopper empty lamp
    mov     DPTR,#aport2     ;point to hopper lamp control port
    movx    a, @DPTR        ;read port
    anl     a,#11101111b    ;clear control bit
    movx    @DPTR,a         ;send control bit
    ret
```

ALARM_LAMP_ON: :Turn on remote alarm

```
mov DPTR,#aport2 :point to alarm lamp control port
movx a,@DPTR :read port
orl a,#01100000b :set control bit
movx @DPTR,a :send control bit
ret
```

ALARM_LAMP_OFF: :Turn off remote alarm

```
mov DPTR,#aport2 :point to alarm lamp control port
movx a,@DPTR :read port
andl a,#10011111b :clear control bit
movx @DPTR,a :send control bit
ret
```

READ_DTRIM: :Read diameter trim, result in acc

```
mov DPTR,#bport2 :point to diameter trim port
movx a,@DPTR :read port
orl a,#0F0h :mask upper nibble
cpl a :invert bits
ret
```

READ_LTRIM: :Read length trim, result in acc

```
mov DPTR,#bport2 :point to length trim port
movx a,@DPTR :read port
orl a,#0Fh :mask lower nibble
swap a :swap nibbles
cpl a :invert bits
ret
```

READ_TEST: :Read test code, result in acc

```
mov DPTR,#cport2 :point to test switch port
movx a,@DPTR :read port
orl a,#0F0h :mask upper nibble
cpl a :invert bits
mov r0,a :Make sure a <= 9
clr c
mov a,#9
subb a,r0
jbc cy,READ_TEST0
mov a,r0
ret
```

READ_TEST0:

```
clr a
ret
```

READ_GO: :Read Go switch, a=0 if pressed

```
mov DPTR,#cport2 :point to go switch port
movx a,@DPTR :read port
andl a,#00010000b :If not pressed
jnz READ_GO1
ret
```

READ_GO1:

```
mov DPTR,#cport1 :point to go switch port
movx a,@DPTR :read port
andl a,#10000000b :If not pressed
ret
```

READ_STOP: :Read stop switch, a=0 if pressed

```
mov DPTR,#cport2 :point to stop switch port
```

```
movx a, @DPTR    ;read port
anl a, #00100000b ;a = 0 if pressed
ret
```

```
READ_E_STOP: ;Read emergency sw, a=0 if pressed
mov DPTR, #cport2 ;point to stop switch port
movx a, @DPTR    ;read port
anl a, #01000000b ;a = 0 if pressed
ret
```

```
READ_HOPPER: ;Read hopper empty sw, a=1 if empty
mov DPTR, #cport1 ;point to hopper switch port
movx a, @DPTR    ;read port
anl a, #00000001b ;a = 1 if empty
ret
```

```
READ_LINEAR_IN: ;Read linear feed sw, a=0 if full in
mov DPTR, #cport1 ;point to linear in switch port
movx a, @DPTR    ;read port
anl a, #00000010b ;a = 0 if full in
ret
```

```
READ_STUB: ;Read stub sw, a=0 if stub reached
mov DPTR, #cport1 ;point to stub switch port
movx a, @DPTR    ;read port
anl a, #00000100b ;a = 0 if at stub
ret
```

```
READ_TURN_HOME: ;Read turn slide home, a=0 for home
mov DPTR, #cport1 ;point to turn slide home switch port
movx a, @DPTR    ;read port
anl a, #00001000b ;a = 0 if home
ret
```

```
READ_CUT_HOME: ;Read cut slide home, a=0 for home
mov DPTR, #cport1 ;point to cut slide home switch port
movx a, @DPTR    ;read port
anl a, #00010000b ;a = 0 if home
ret
```

```
READ_STOP_HOME: ;Read stopper home, a=0 for home
mov DPTR, #cport1 ;point to stop slide home switch port
movx a, @DPTR    ;read port
anl a, #00100000b ;a = 0 if home
ret
```

```
TURN_POS_SW: ;Read turn position sw, a=0 for pressed
mov DPTR, #cport1 ;point to turn position switch port
movx a, @DPTR    ;read port
anl a, #01000000b ;a = 0 if home
ret
```

```
WAITSW: ;Wait for front panel switch
call READ_GO
jz WAITSW_DONE
call READ_STOP
jnz WAITSW
setb stopped
WAITSW_DONE.
ret
```

```
WAITGO:      ;Wait for GO switch to be pressed
    setb    mes1
    mov     a,#5
    call    DISPLAY
WAITGO1:
    call    READ_GO      ;Read go switch
    jnz     WAITGO1      ;Wait around
    setb    mes1
    mov     a,#15
    call    DISPLAY
    ret

WAITM0:      ;Wait for motor 0 done
    jnb     m0done,WAITM0 ;wait until done
    ret

WAITM1:      ;Wait for motor 1 done
    jnb     m1done,WAITM1 ;wait until done
    ret

WAITM2:      ;Wait for motor 2 done
    jnb     m2done,WAITM2 ;wait until done
    ret

WAITONE:     ;Time delay one second
    mov     r3,#10
WAITONE1:
    call    WAIT
    djnz    r3,WAITONE1
    ret

WAIT:        ;Time delay subroutine 100 millisecc
    mov     r1,#196
WAIT1:
    mov     r2,#0FFh
WAIT2:
    djnz    r2,WAIT2
    djnz    r1,WAIT1
    ret

CHECK_CROSS_R: ;Check cross slide reversal for error
    mov     a,m0sth      ;load step counter MSB
    jnz     CHECK_CROSS_R1 ;error if not zero
    mov     a,m0stl      ;load step counter LSB
    jz      CHECK_CROSS_R2 ;If zero, limit switch not reached
    clr     c            ;clear carry flag
    subb    a,#200       ;subtract 200
    jnb     cy,CHECK_CROSS_R1 ;error if more than 200
    mov     error,#0
    ret

CHECK_CROSS_R1:      ;Slide reach limit too soon
    mov     error,#2
    jmp     ALL_STOP
CHECK_CROSS_R2:      ;Limit not reached
    mov     error,#3
    jmp     ALL_STOP

CHECK_CROSS_F: ;Check cross slide forward for error
```

```
call READ_CUT_HOME
jz CHECK_CROSS_F1
mov error,#0
ret
CHECK_CROSS_F1:
mov error,#1
jmp ALL_STOP
```

```
CHECK_CROSS_H: ;Check cross slide for proper homeing
call WAIT ;Limit switch debounce
call READ_CUT_HOME
jnz CHECK_CROSS_H1
mov error,#0
ret
CHECK_CROSS_H1:
mov error,#3
jmp ALL_STOP
```

CHECK_TURN_R: ;Check turn slide reversal for error
Appendix B. Firmware Program Listing (continue).

```
mov a,m1sth ;load step counter MSB
jnz CHECK_TURN_R1 ;error if not zero
mov a,m1stl ;load step counter LSB
jz CHECK_TURN_R2 ;If zero, limit sw not reached
clr c ;clear carry flag
subb a,#200 ;subtract 200
jnb cy,CHECK_TURN_R1;error if more than 200
mov error,#0
ret
CHECK_TURN_R1: ;Slide reach limit too soon
mov error,#5
jmp ALL_STOP
CHECK_TURN_R2: ;Limit not reached
mov error,#6
jmp ALL_STOP
```

```
CHECK_TURN_F: ;Check turn slide forward for error
call READ_TURN_HOME
jz CHECK_TURN_F1
mov error,#0
ret
CHECK_TURN_F1:
mov error,#4
jmp ALL_STOP
```

```
CHECK_TURN_H: ;Check turn slide for proper homeing
call WAIT ;Limit switch debounce
call READ_TURN_HOME
jnz CHECK_TURN_H1
mov error,#0
ret
CHECK_TURN_H1:
mov error,#6
jmp ALL_STOP
```

```
CHECK_STOP_R: :Check stopper slide reversal for error
    mov     a,m2sth      :load step counter MSB
    jnz     CHECK_STOP_R1 :error if not zero
    mov     a,m2stl      :load step counter LSB
    jz      CHECK_STOP_R2 :If zero, limit sw not reached
    clr     c            :clear carry flag
    subb    a,#200       :subtract 200
    jnb     cy,CHECK_STOP_R1:error if more than 200
    mov     error,#0
    ret
CHECK_STOP_R1:          :Slide reach limit too soon
    mov     error,#8
    jmp     ALL_STOP
CHECK_STOP_R2:          :Limit not reached
    mov     error,#9
    jmp     ALL_STOP
```

```
CHECK_STOP_F: :Check stop slide forward for error
    call    READ_STOP_HOME
    jz      CHECK_STOP_F1
    mov     error,#0
    ret
CHECK_STOP_F1:
    mov     error,#7
    jmp     ALL_STOP
```

```
CHECK_STOP_H: :Check stopper for proper homing
    call    WAIT         :Limit switch debounce
    call    READ_STOP_HOME
    jnz     CHECK_STOP_H1
    mov     error,#0
    ret
CHECK_STOP_H1:
    mov     error,#9
    jmp     ALL_STOP
```

```
CHECK_LINEAR_B: :Check linear feeder full back position
    mov     a,error
    jnz     ALL_STOP
    ret
```

```
HOPPER_EMPTY: :Hopper empty condition
    call    HOPPER_LAMP_ON
    mov     a,error
    call    DISPLAY
    call    CHUCK_MOTOR_OFF :Turn off lathe motor
    call    STEP_POWER_OFF :Turn off step motor power
    call    LINEAR_F_BACK   :Pull back linear feeder
    call    LINEAR_OFF      :Unload linear feeder
    call    CHUCK_OPEN      :Open chuck
HOPPER_EMPTY_1:
    call    HOPPER_LAMP_OFF :Flash hopper lamp
    call    WAIT
    call    WAIT
    call    HOPPER_LAMP_ON
    call    WAIT
    call    WAIT
    call    WAIT
    call    WAIT
    jmp     HOPPER_EMPTY_1 :Loop forever, wait for reset
```

NORMAL_STOP:

```
clr    stopped
call   WAITGO
ret
```

ALL_STOP: :Fatal error, stop all system and flash error

```
call   ALARM_LAMP_ON
: call  READ_TEST      :Testing?
: jz     ALL_STOP_2
: ret                    :Return if testing
```

ALL_STOP_2:

```
call   CHUCK_MOTOR_OFF :Turn off lathe motor
clr     EA
mov     a,error
call   DISPLAY
call   STEP_POWER_OFF  :Turn off step motor power
call   READY_LAMP_OFF  :Turn off ready lamp
call   LINEAR_F_BACK    :Pull back linear feeder
call   LINEAR_OFF       :Unload linear feeder
call   CHUCK_OPEN       :Open chuck
```

ALL_STOP_1:

```
call   ALARM_LAMP_OFF  :Flash alarm lamp
call   WAIT
call   WAIT
call   ALARM_LAMP_ON
call   WAIT
call   WAIT
call   WAIT
call   WAIT
call   WAIT
jmp     ALL_STOP_1      :Loop forever, wait for reset
```

EMERGENCY_STOP:

```
call   ALARM_LAMP_ON
clr     EA              :Disable all interrupt
mov     a,#14           :Emergency stop massage
call   DISPLAY
call   STEP_POWER_OFF
call   CHUCK_MOTOR_OFF
call   WAITONE
call   WAITONE
call   CHUCK_OPEN
call   WAITONE
call   LINEAR_BACK
call   WAITONE
call   WAITONE
call   LINEAR_OFF
```

EMERGENCY_STOP1:

```
call   ALARM_LAMP_OFF  :Flash alarm lamp
call   WAIT
call   WAIT
call   ALARM_LAMP_ON
call   WAIT
call   WAIT
call   WAIT
call   WAIT
jmp     EMERGENCY_STOP1 :Loop forever, wait for reset
```

STEPTAB2F: :2 phase drive forward bit pattern

```
db 00001100b
```

```
db 00001001b
db 00000011b
db 00000110b
```

STEPTAB2R: :2 phase drive reverse bit pattern

```
db 00001100b
db 00000110b
db 00000011b
db 00001001b
```

STEPTAB12R: :1-2 phase drive reverse bit pattern

```
db 00001100b
db 00001110b
db 00000110b
db 00000111b
db 00000011b
db 00001011b
db 00001001b
db 00001101b
```

STEPTAB12F: :1-2 phase drive forward bit pattern

```
db 00001100b
db 00001101b
db 00001001b
db 00001011b
db 00000011b
db 00000111b
db 00000110b
db 00001110b
```

:LCD Driver written by Somchai Pattana

:call INIT_LCD to initialize LCD

:call DISPLAY with message number in a

```
delay:          :delay 15 millisecc
    mov r1,#15
WAITLCD1:       :delay 1 millisecc
    mov r2,#226  :[(12 x (1/11.0592 MHz))] x [(4x226)+2]
WAITLCD2:
    nop          := 983.0729 microsec
    nop
    djnz r2,WAITLCD2
    nop
    nop
    djnz r1,WAITLCD1 :Loop 15 time
    ret
```

LCD_DONE:

```
    mov r1,#210  :1700 u sec max
```

LCD_DONE1:

```
    mov DPTR,#rd_busy :Point to LCD busy instruction
    movx a,@DPTR       :Read port
    jnb ACC.7,LCD_DONE2 :Wait until bit 7 is zero
    djnz r1,LCD_DONE1
```

LCD_DONE2:

```
    ret
```

ClrScr:

```
    call LCD_DONE      :Wait until LCD done
```

```
    mov DPTR,#wr_inst  :Point to LCD write instruction
```



```
    mov a,#01h      :Set clear data to A
    movx @DPTR,a     :Send clear screen data
    ret
Init_LCD:
    call delay
    mov DPTR,#wr_inst :Point to LCD write instruction
    mov a,#30h       :8 bit interface set
    movx @DPTR,a     :Send function set
    call delay
    mov DPTR,#wr_inst :Point to LCD write instruction
    mov a,#30h       :8 bit interface set
    movx @DPTR,a     :Send function set
    call delay
    mov DPTR,#wr_inst :Point to LCD write instruction
    mov a,#30h       :8 bit interface set
    movx @DPTR,a     :Send function set
    call LCD_DONE     :Wait until LCD done
    mov DPTR,#wr_inst :Point to LCD write instruction
    mov a,#38h       :8 bits data, 16 columns, 5x7 dots
    movx @DPTR,a     :Send function set
    call LCD_DONE     :Wait until LCD done
    mov DPTR,#wr_inst :Point to LCD write instruction
    mov a,#08h       :Display off
    movx @DPTR,a     :Send display control

    call ClrScr       :Clear all display

    call LCD_DONE     :Wait until LCD done
    mov DPTR,#wr_inst :Point to LCD write instruction
    mov a,#0Eh       :Display on, cursor on, blink off
    movx @DPTR,a     :Send display control
    ret

Display:
    mov r6,a         :Move data to R6
    call ClrScr       :Clear display
    mov a,r6         :Move data to ACC
    jnz SHOW         :Return if code 0
    ret
SHOW:
    dec a            :Match data to table
    swap a           :Swap nibbles
    mov r6,a         :Move data to R6
    mov r5,#80h      :First DD RAM address
    mov r7,#10h      :Load number of character
NEXT_CHR:
    call LCD_DONE     :Wait until LCD done
    jb mes1,NEXT_CHR1
    mov DPTR,#MESSAGE :Point to string table
    jmp NEXT_CHR2
NEXT_CHR1:
    mov DPTR,#MESSAGE1
NEXT_CHR2:
    mov a,r6         :Move string position to ACC
    move a,a+DPTR     :Read ASCII from table
    mov DPTR,#wr_data :Point to LCD write data port
    movx @DPTR,a     :Send data
    inc r5           :Increase DD RAM address
    cjne r5,#88h,NEXT :Check last 8 digit
    mov r5,#0C0h     :Set the 8th digit DD RAM address
```

```
call LCD_DONE      ;Wait until LCD done
mov DPTR,#wr_inst  ;Point to LCD write instruction
mov a,r5           ;Set DD RAM address
movx @DPTR,a       ;Send function set
NEXT:
inc r6             ;Increase string position
djnz r7,NEXT_CHR   ;Check last character
clr mesl
ret
```

MESSAGE: ;Table of error message

```
db '01 CROSS LIMIT '
db '02 CROSS STROKE '
db '03 CROSS NOT RET'
db '04 TURN LIMIT '
db '05 TURN STROKE '
db '06 TURN NOT RET '
db '07 STOPPER LIMIT'
db '08 STOP STROKE '
db '09 STOP NOT RET '
db '10 CHUCK NOT CLR'
db '11 LINEAR NOT RE'
db '12 ROTARY PROB. '
db '13 HOPPER EMPTY '
db '14 EMERGENCY ST '
db '15 STOPPED ' '
```

MESSAGE1: ;Table of display message

```
db 'INITIALIZING '
db 'FEEDING NEW PART'
db 'MACHINING SLIDE '
db 'EJECTING STUB '
db 'READY--PRESS GO '
db '6 '
db '7 '
db '8 '
db '9 '
db '10 '
db '11 '
db '12 '
db '13 '
db '16 COUNT ERROR '
db ' ' '
```

end

Appendix C. Specifications.

The single purpose lathe is a manual lathe retrofitted for automated machining of the first stage slider production. The cycle time is 40 seconds per piece and the tool change is 120 pieces for turning and 200 pieces for cut off. The lathe being used is YAM-550 engine lathe with the following specifications:

Cross slide

pitch 4 mm/rev.
forward stroke 15 mm.
reverse stroke 16 mm.
turn stroke 3.35 mm.
motor resolution 400 steps/rev.

Top slide

pitch 3 mm/rev.
forward stroke 30 mm.
reverse stroke 31 mm.
ready for facing 27 mm.
turn for facing 3 mm.
motor resolution 200 steps/rev.

Stopper slide

pitch 4 mm/rev.
normal stroke 10 mm.
return from normal 12 mm.
facing stroke 37 mm.
return from facing 39 mm.
clear chuck stroke 40 mm.
return from clear 42 mm.
motor resolution 200 steps/rev.

Appendix D. Cost Breakdown.

Description	Part No.	Vender	Quan.	a	Total	Delivery
CONTROL UNIT						
Front control panel	custom	CCR	1	1,500	1,500	7 days
Microprocessor board	ANT-32 Sila		1	1,590	1,590	3 days
EPROM	27128 CCR		1	200	200	in stock
Stepper motor driver	EX-STEPM	Sila	3	650	1,950	3 days
Relay output board	EX-RELAY	Sila	3	650	1,950	3 days
Input board	custom	CCR	1	300	300	3 days
Power supply	5V3A,24V1A POW-53	Sila	1	950	950	3 days
Power supply	12V35A CCR		1	2,500	2,500	
Resistor pack	custom	CCR	3	300	900	3 days
Circuit box	#0	CCR	1	400	400	in stock
Circuit box	#1	CCR	1	450	450	in stock
Relay 24V Koeke	MB2	CCR	5	150	750	7 days
Magnetic switch 10A	H10C	CCR	1	550	550	in stock
Pilot lamp		CCR	2	150	300	in stock
Misc hardware & assembly	custom	CCR	1	2,000	2,000	7 days
DRIVE SYSTEM						
Step motor Step-Syn	103-815-2	Flexible	2	5,625	11,250	30 days
Step motor Step-Syn	103-8920-26	Flexible	1	15,000	15,000	30 days
Air cylinder 40X1200mm	SUE		1	4,500	4,500	30 days
Solenoid valve	183-4E2-13	Flexible	1	4,200	4,200	30 days
Muffler	KM-1	Flexible	1	402	402	30 days
Pressure regulator	RTL6-02	Flexible	1	1,060	1,060	30 days
Speed control	ESC6-PT 1/4-0	Flexible	1	290	290	30 days
Hydraulic chuck system	N-206	Tzu Sheng	1	121,208	121,208	30 days
Rotary feeder & hopper	custom	Choorat	1	10,000	10,000	15 days
LATHE						
Engine lathe	YAM-550	SUE	1			0 in stock
Cut off tool post	custom	Choorat	1	2,000	2,000	7 days
Cut off tool holder	ENTARN161H33	SUE	1			0 in stock
Cut off tool insert	CUTTER SLIDE	SUE	1		0	in stock
Turn tool post	custom	Choorat	1	2,000	2,000	7 days
Turn tool holder	CF3-3	SUE	1		0	in stock
Turn tool insert	TNPA332	SUE	1		0	in stock
Stopper tip	custom	Choorat	1	400	400	3 days
Switch actuator	custom	Choorat	1	1,000	1,000	3 days
Lathe bore adaptor	custom	Choorat	1	1,000	1,000	3 days
Limit switch and bracket	custom	Choorat	3	700	2,100	7 days
Motor mount and coupling	custom	Choorat	3	1,000	3,000	7 days
Feed system bracket	custom	Choorat	1	3,000	3,000	7 days
User tool kit	custom	CCR	1	10,000	10,000	7 days
TOTAL					208,700	

Appendix E. Vender List.

CCR

หจก. คอมพิวเตอร์ คอนโทร โรบอดิค มาโนช ประพันธ์ ผู้จัดการ
8/25 หมู่ 3 ถนนสุขุมวิทซอย 3 ตำบลช้างเผือก อ. เมือง เชียงใหม่ 50300
โทร./แฟกซ์ (053) 217053 มือถือ (01) 9605787

Choorat

ชูรัตน์ ธารารักษ์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ
คณะวิชาเครื่องกล แผนกวิชาช่างกลเกษตร
128 ถนนห้วยแก้ว อ. เมือง เชียงใหม่ 50000
โทร. (053) 213112, 213134, 221576 ต่อ 467

Flexible

Flexible Automation System Co. Ltd. สุนทร แซ่ลี Sales Engineer
263/6 หมู่ 4 ถนนลำพูน - ดอยศรีวิชัย ต. ป่าสัก อ. เมือง ลำพูน 51000
โทร. (053) 537518-9 แฟกซ์ (053) 537517

SUE

SANYO Universal Electric Public Company Ltd. Compressor Factory
องอาจ วิชาติยานุกุล Engineer QI Section (IE) 19 สุขุมวิท ซอย 103 กรุงเทพฯ 10260
โทร. (02) 3980120 ต่อ 388 แฟกซ์ (02) 3980120 ต่อ 261

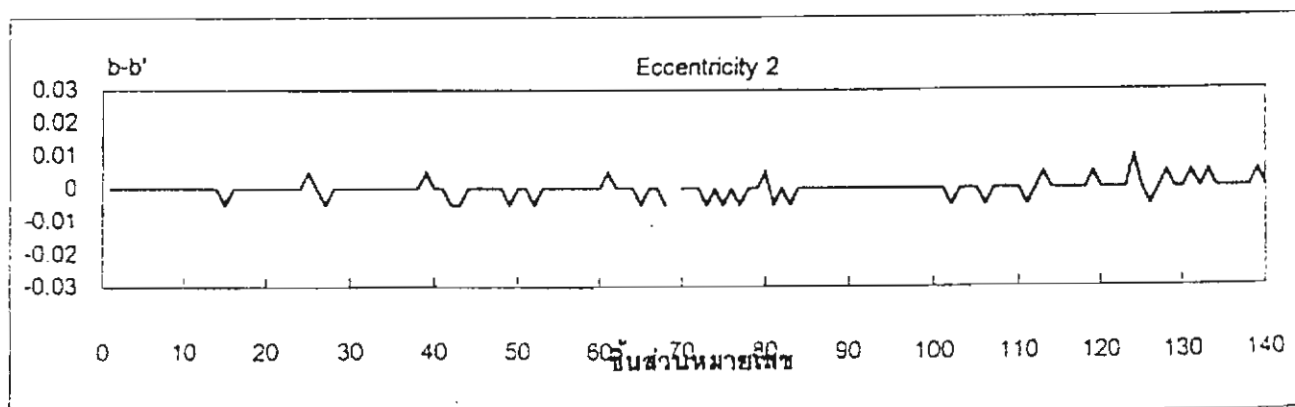
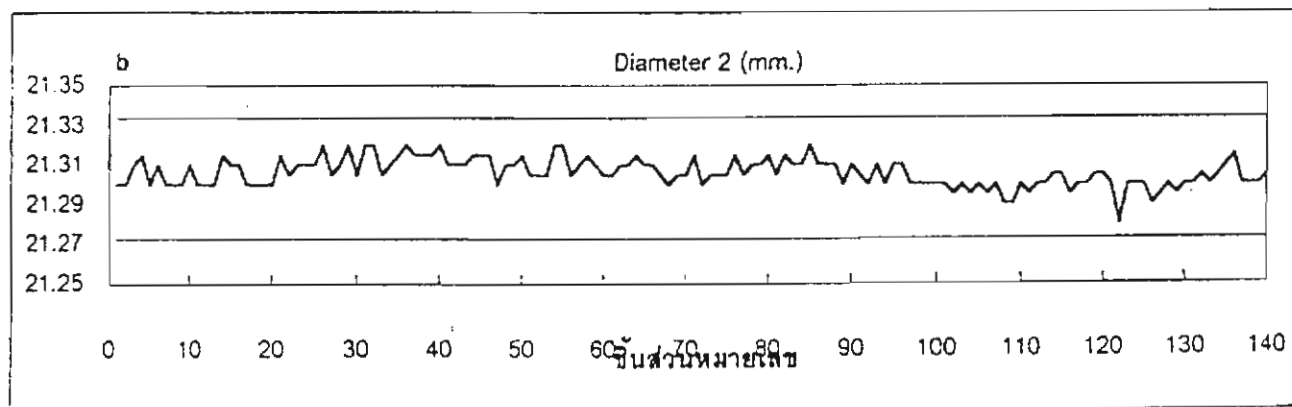
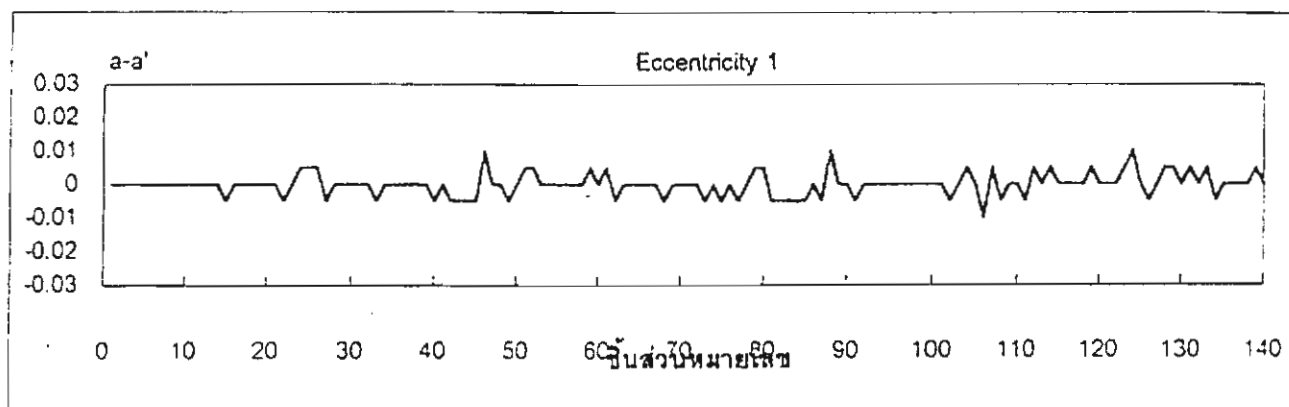
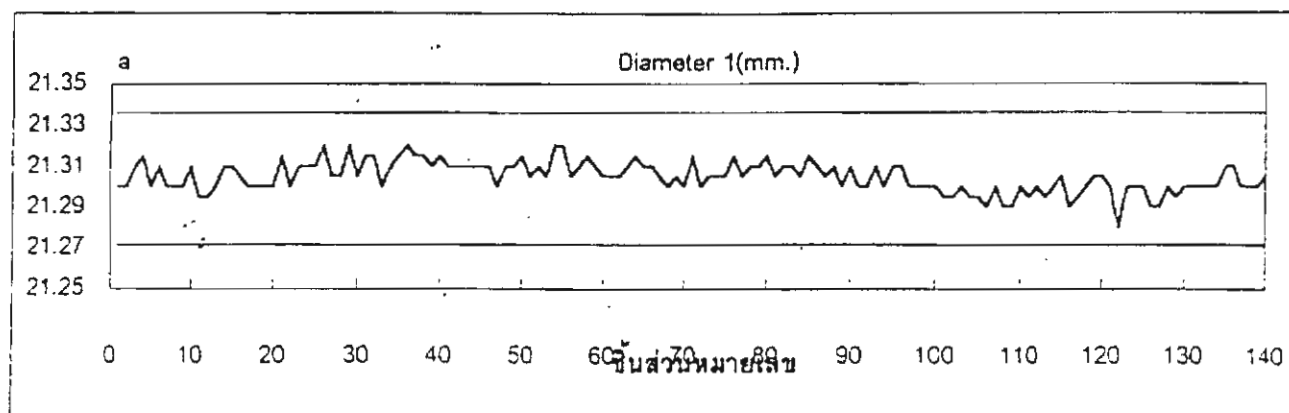
Sila

บริษัท ศิลาสิริ จำกัด
1108/41 ศูนย์การค้าพระโขนง ถนนสุขุมวิท กรุงเทพฯ 10110
โทร. (02) 7122850-2 แฟกซ์ (02) 3811447

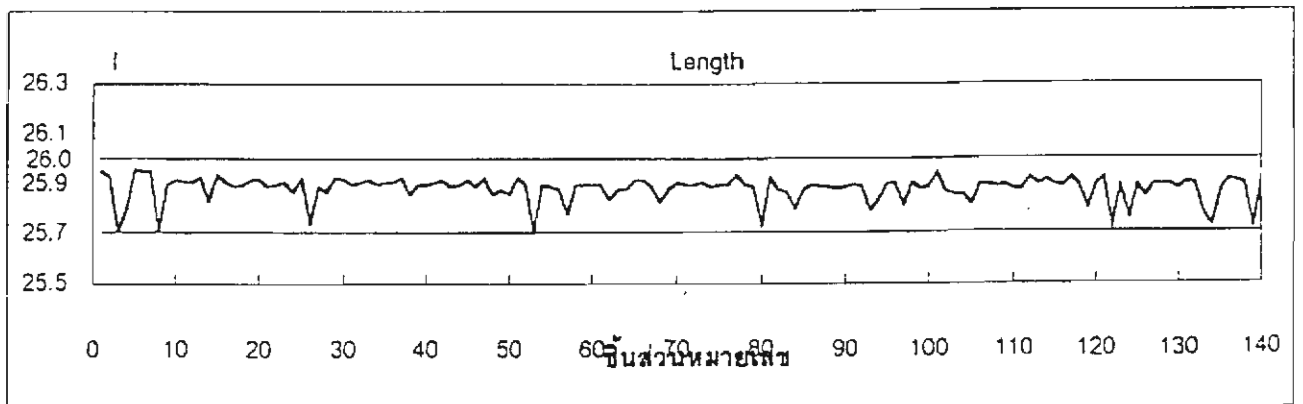
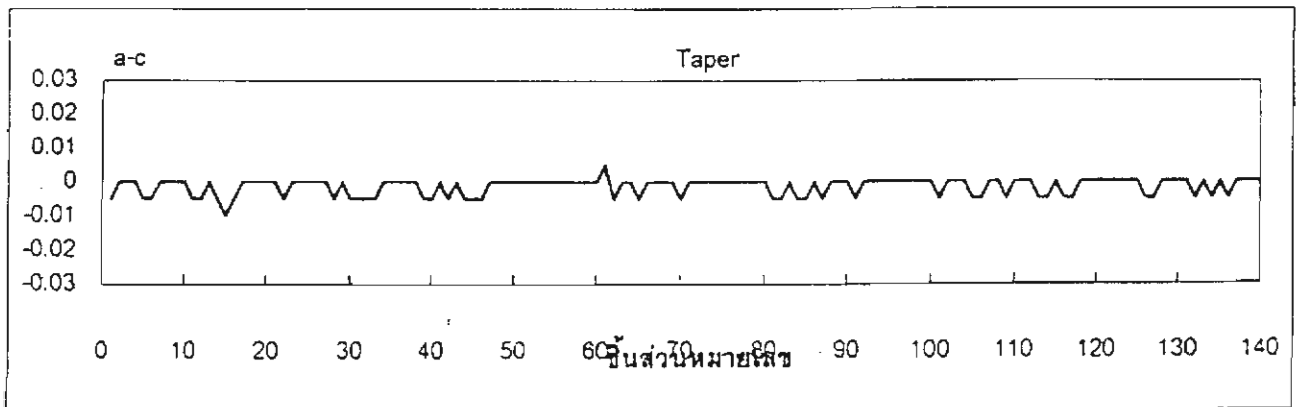
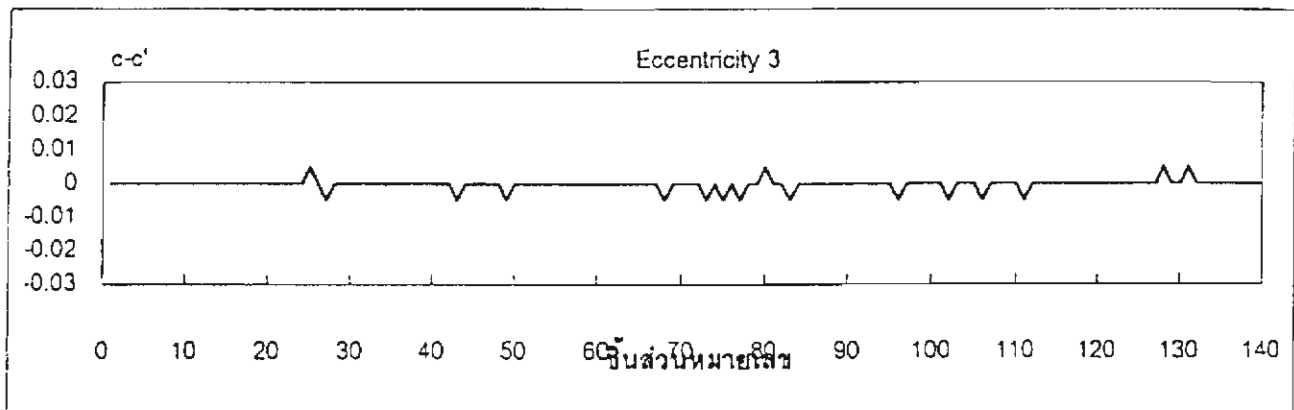
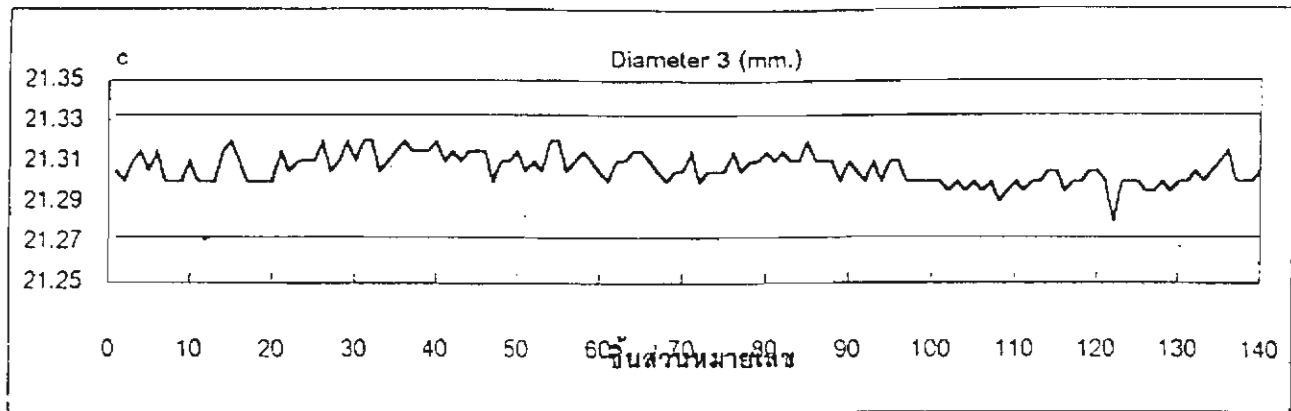
Tzu Cheng

บริษัท จือเฉิน (ไทยแลนด์) จำกัด ศักดา พงศาสนองกุล
7/194 หมู่ 14 บางนา-ตราด กม. 6.5 บางแก้ว-บางพลี สมุทรปราการ 10540
โทร. (02) 3163960-1, 3160873, 01-3535038 แฟกซ์ (02) 3160873

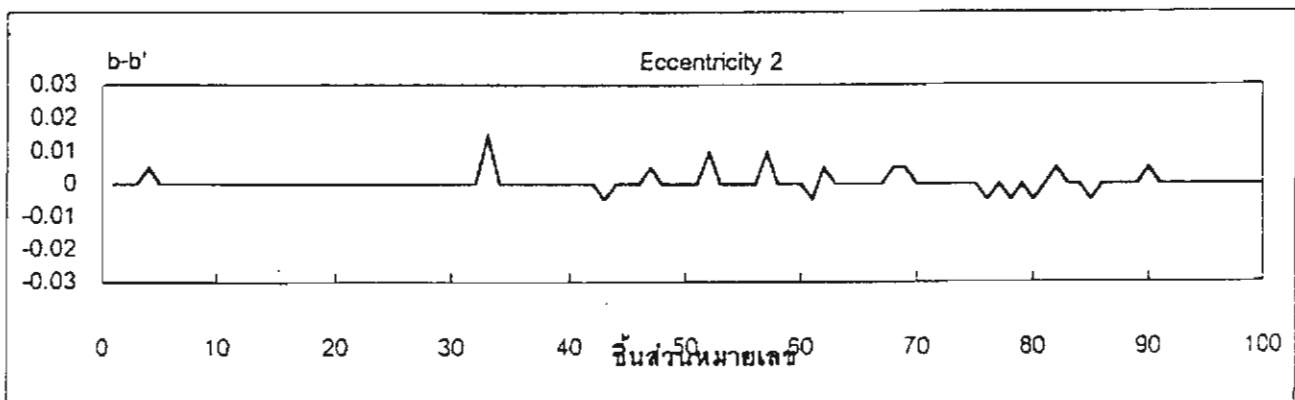
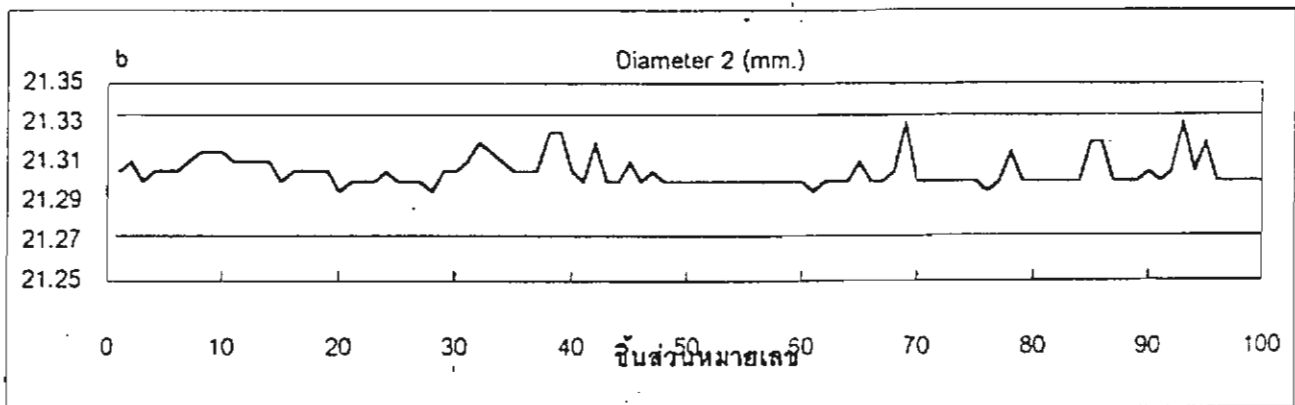
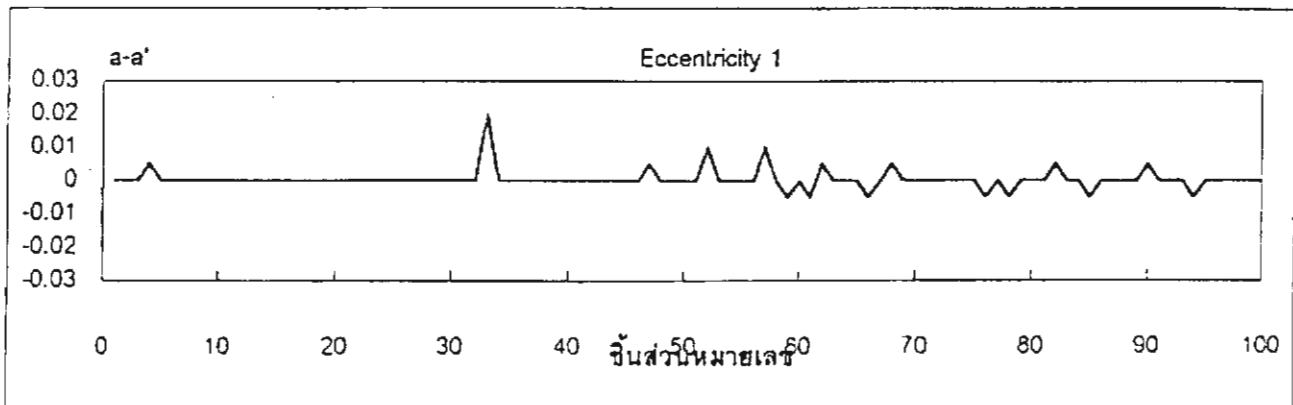
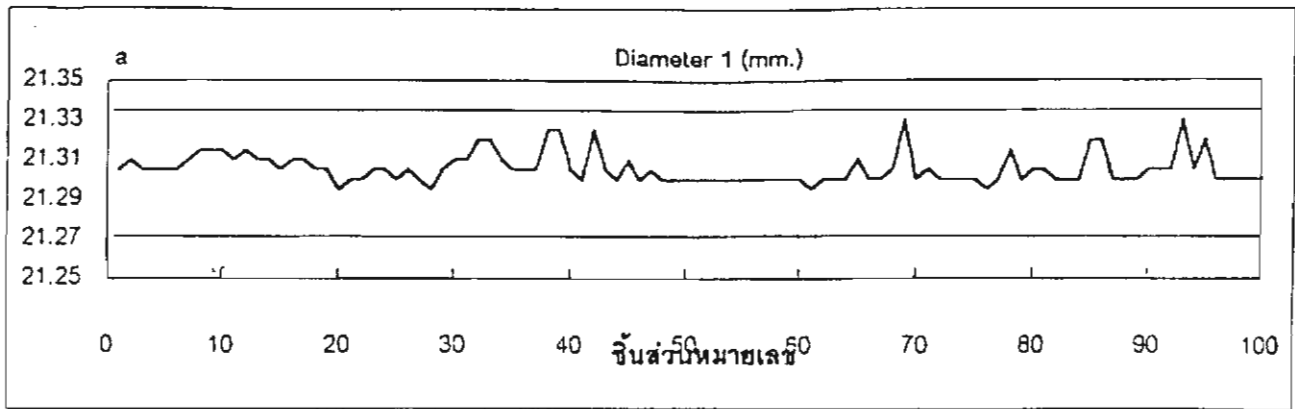
Appendix F. Test Result Run 1.



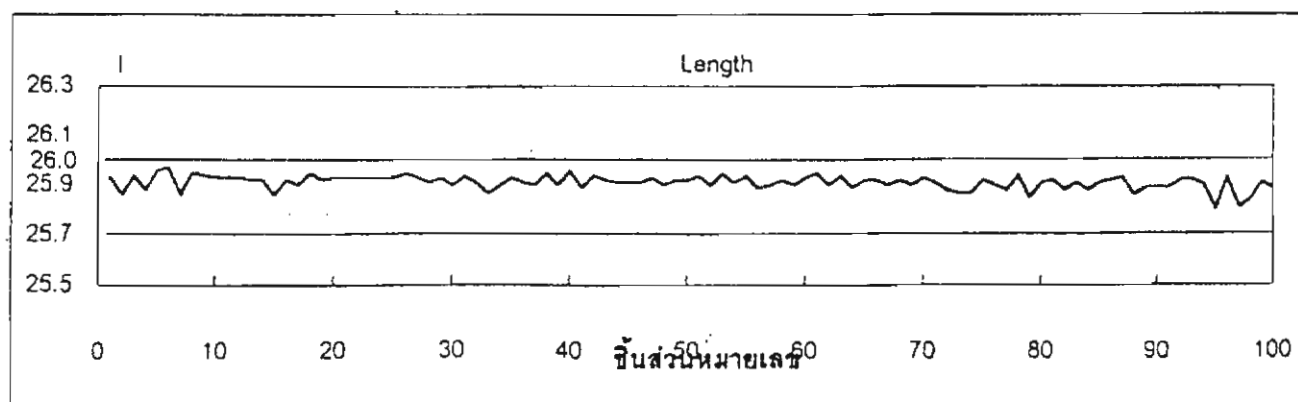
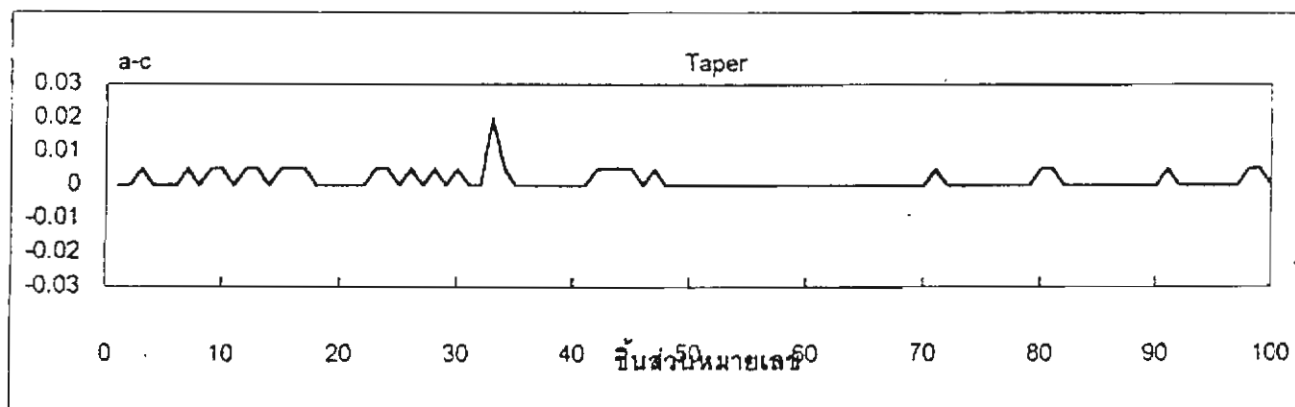
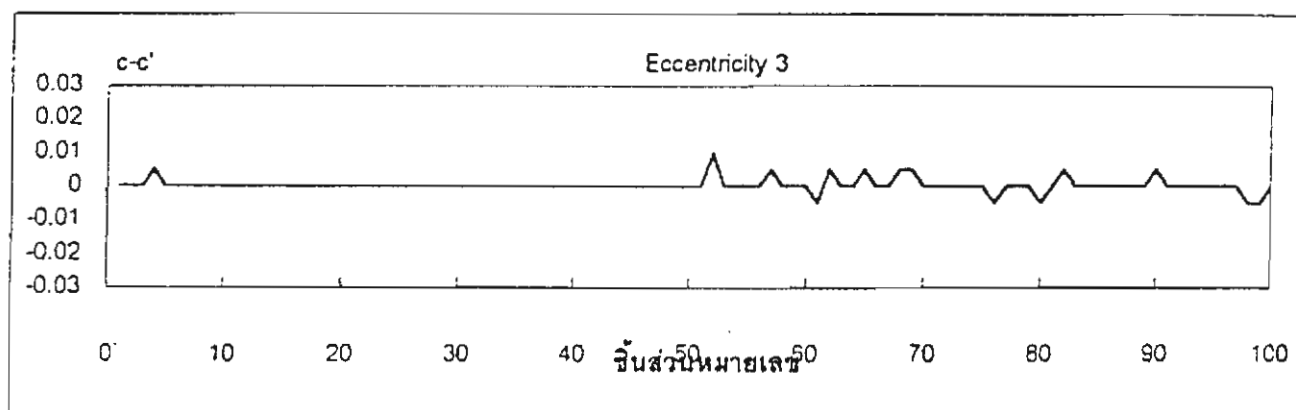
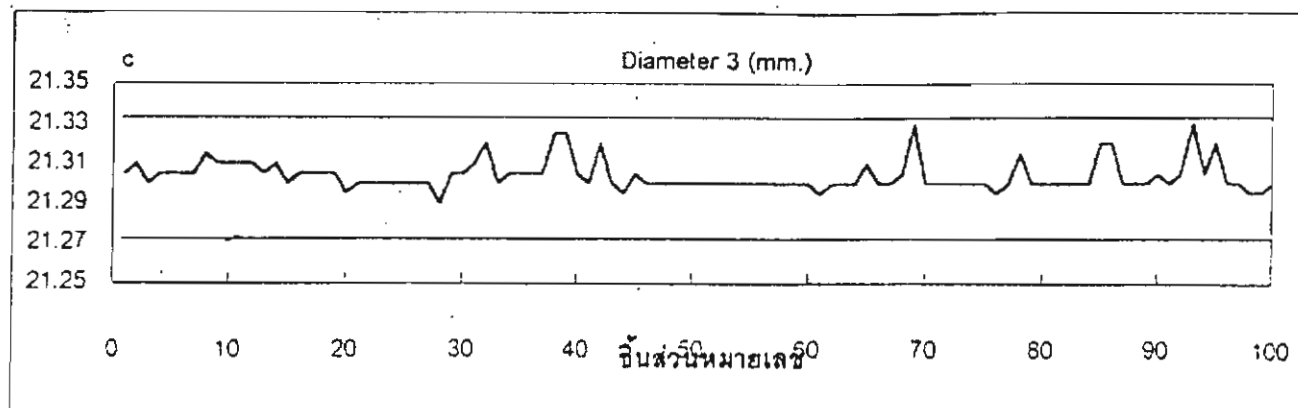
Appendix F. Test Result Run 1 (continue).



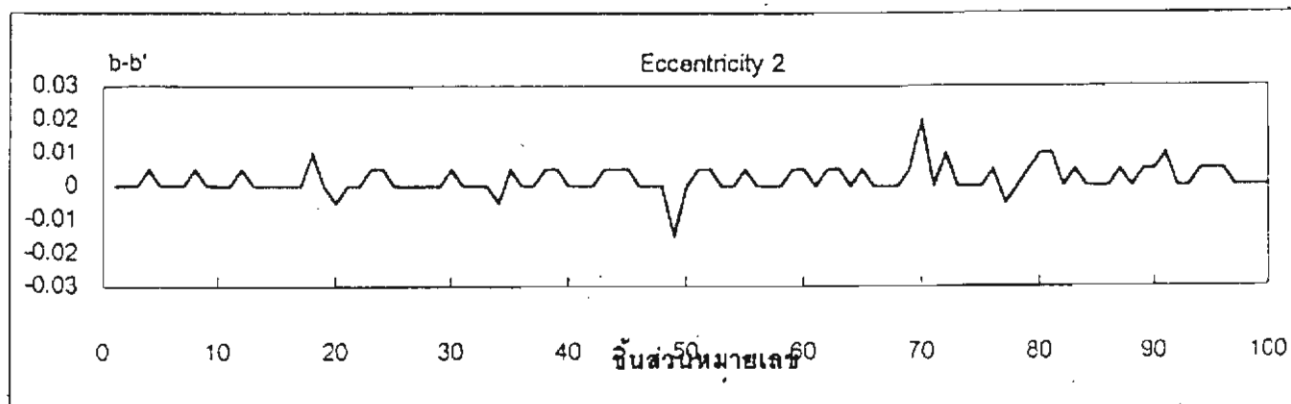
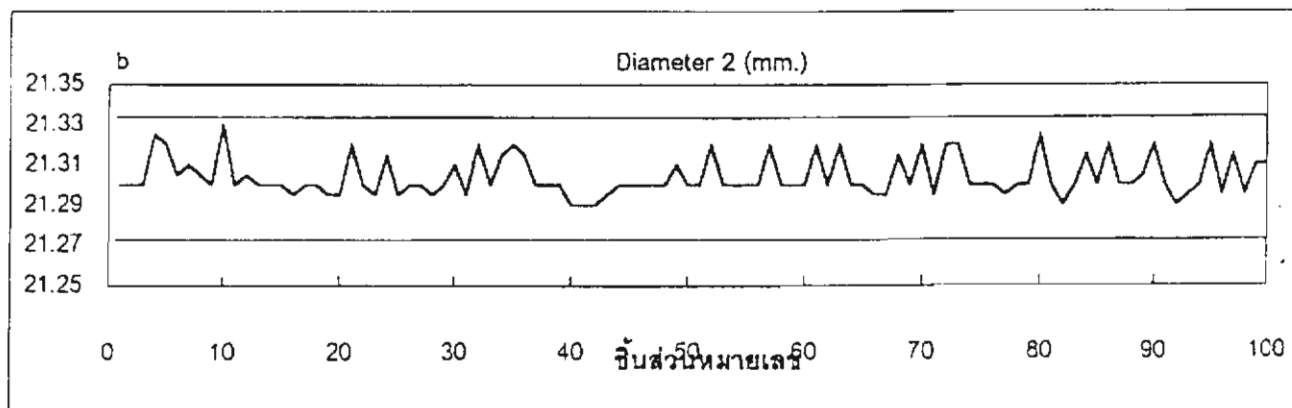
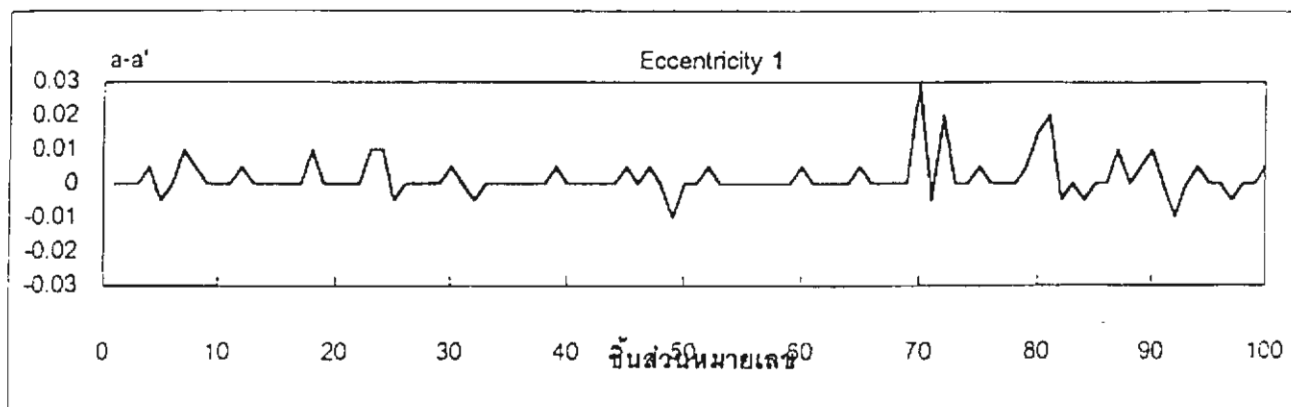
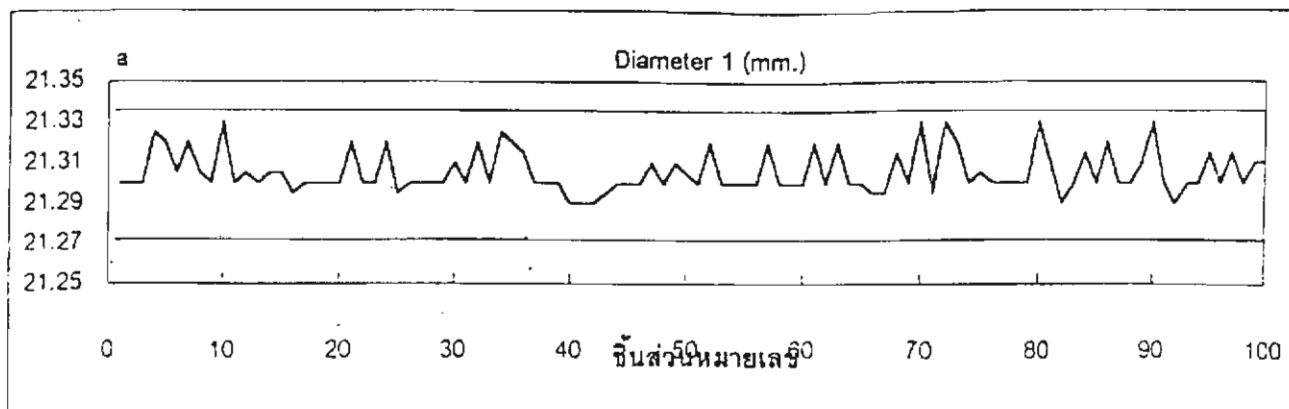
Appendix F. Test Result Run 2.



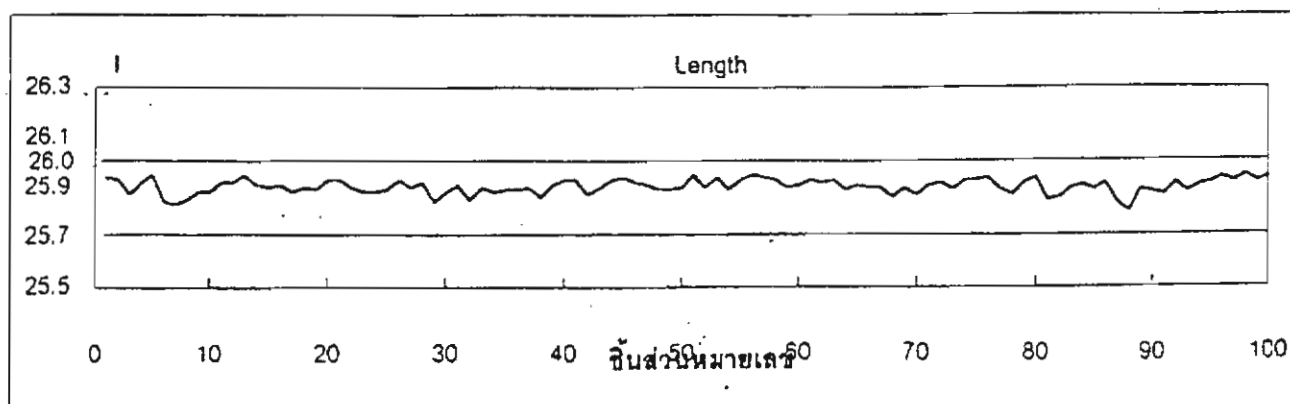
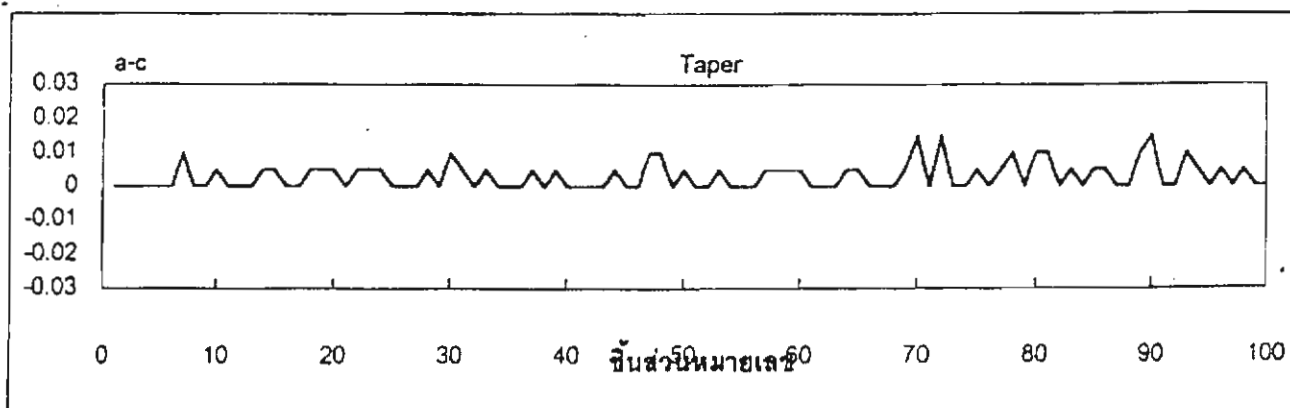
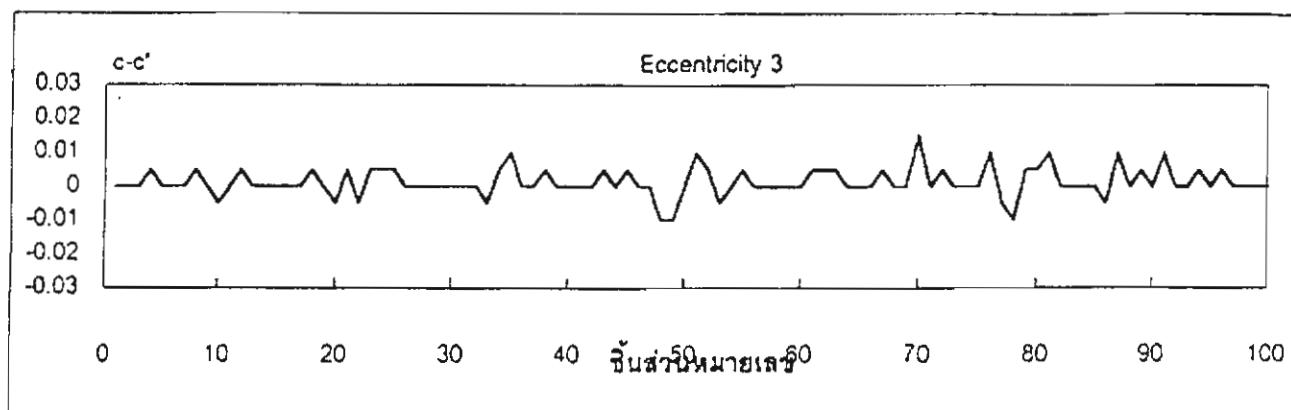
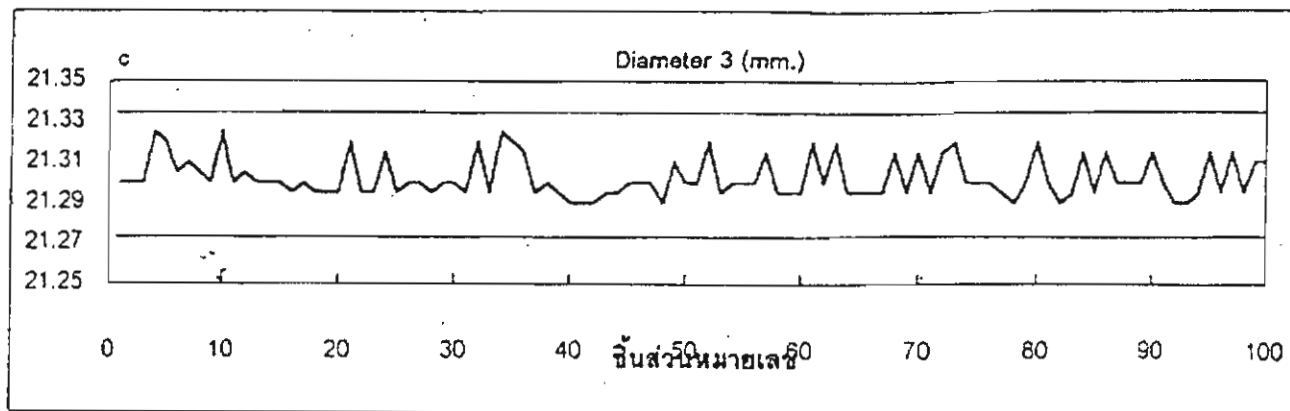
Appendix F. Test Result Run 2 (continue).



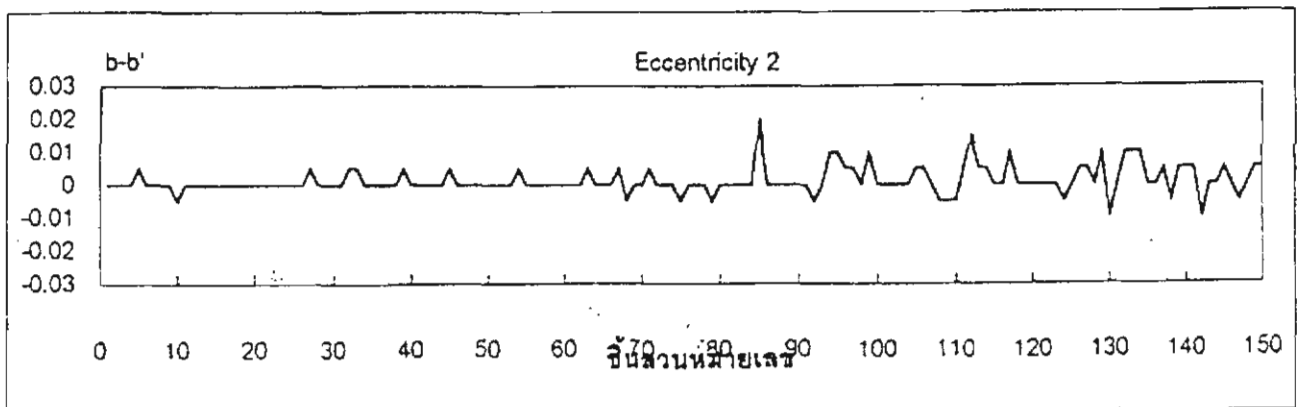
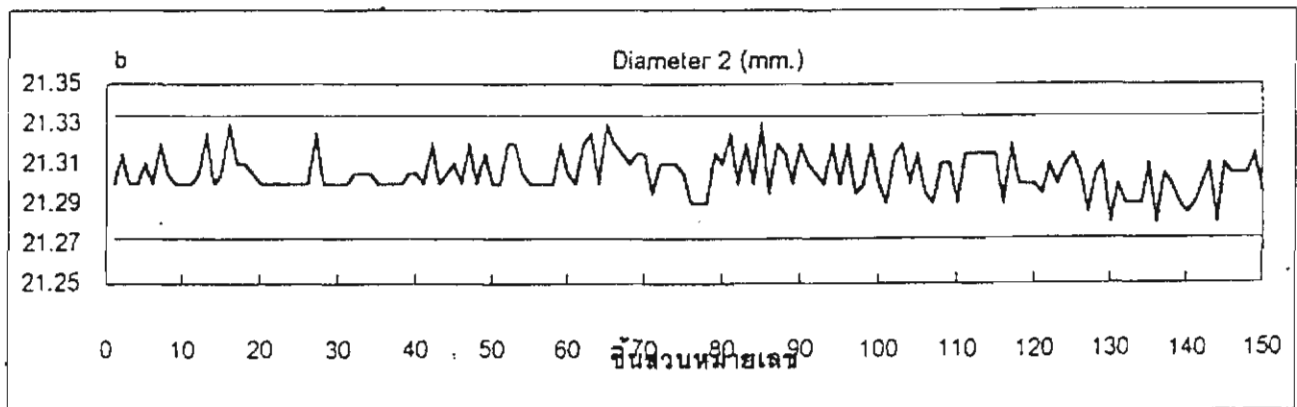
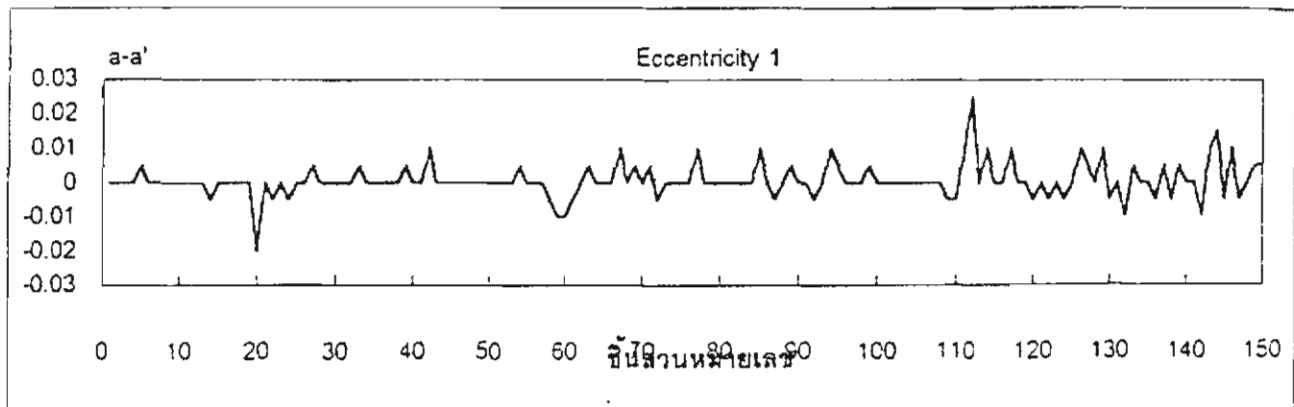
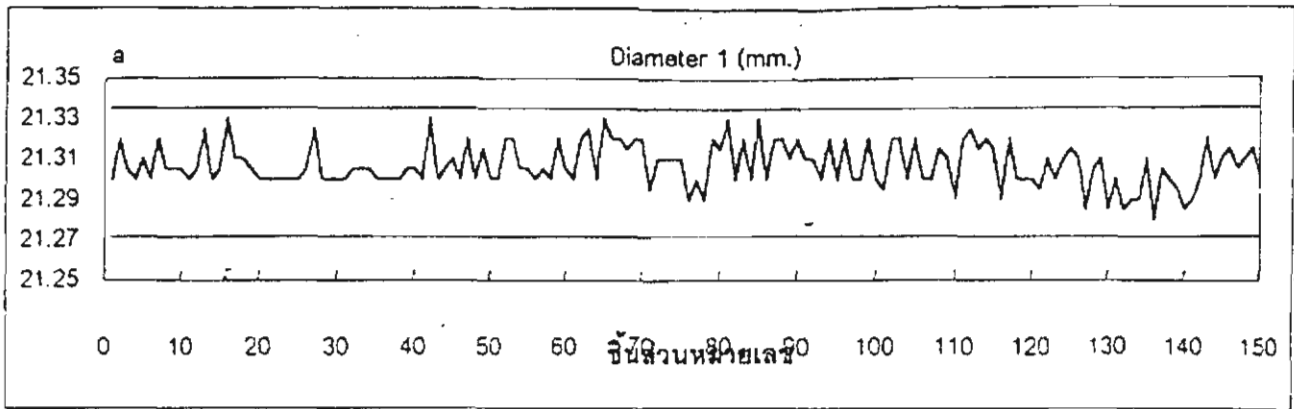
Appendix F. Test Result Run 3.



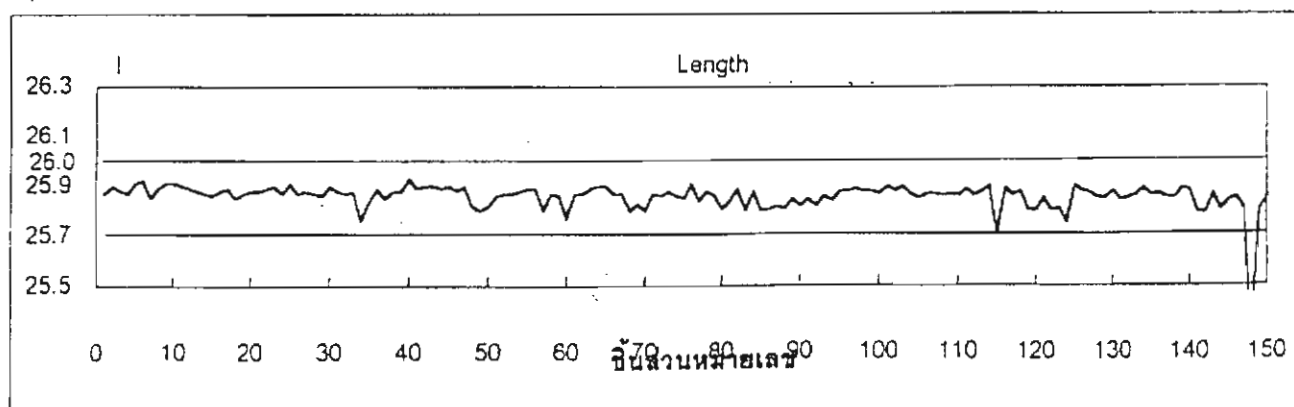
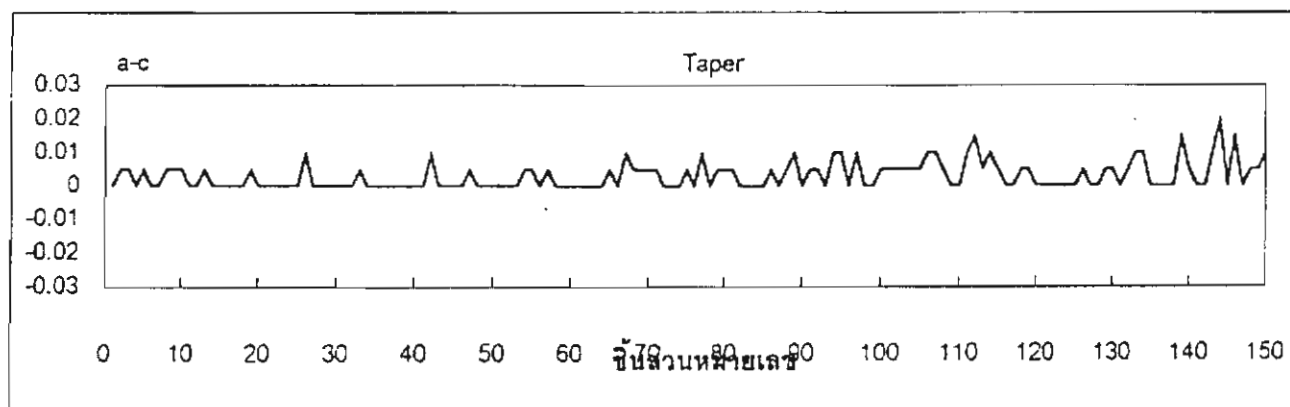
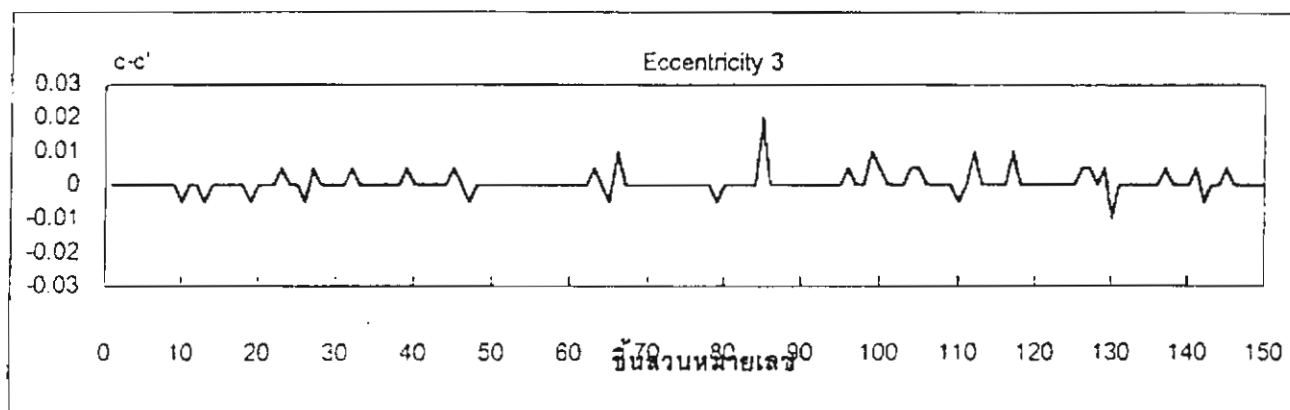
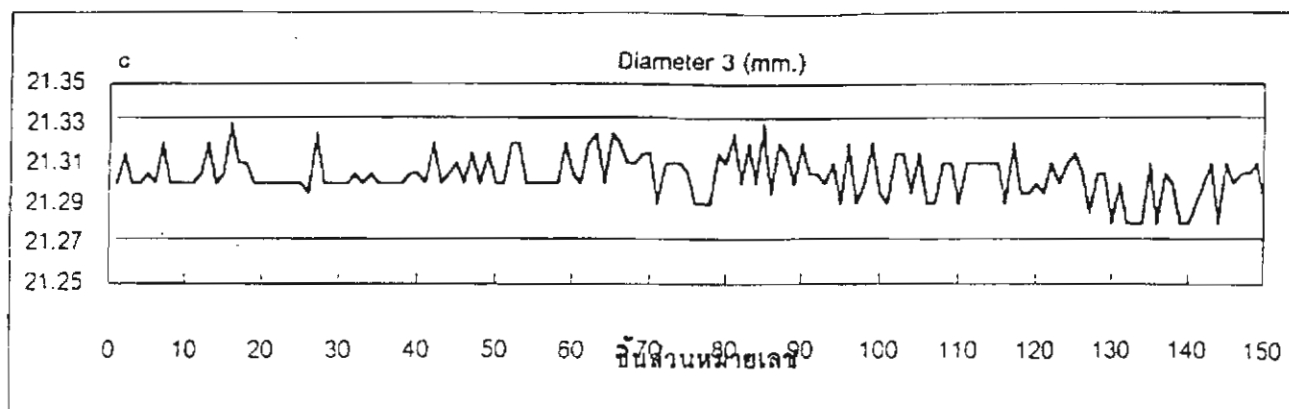
Appendix F. Test Result Run 3 (continue).



Appendix F. Test Result Run 4.

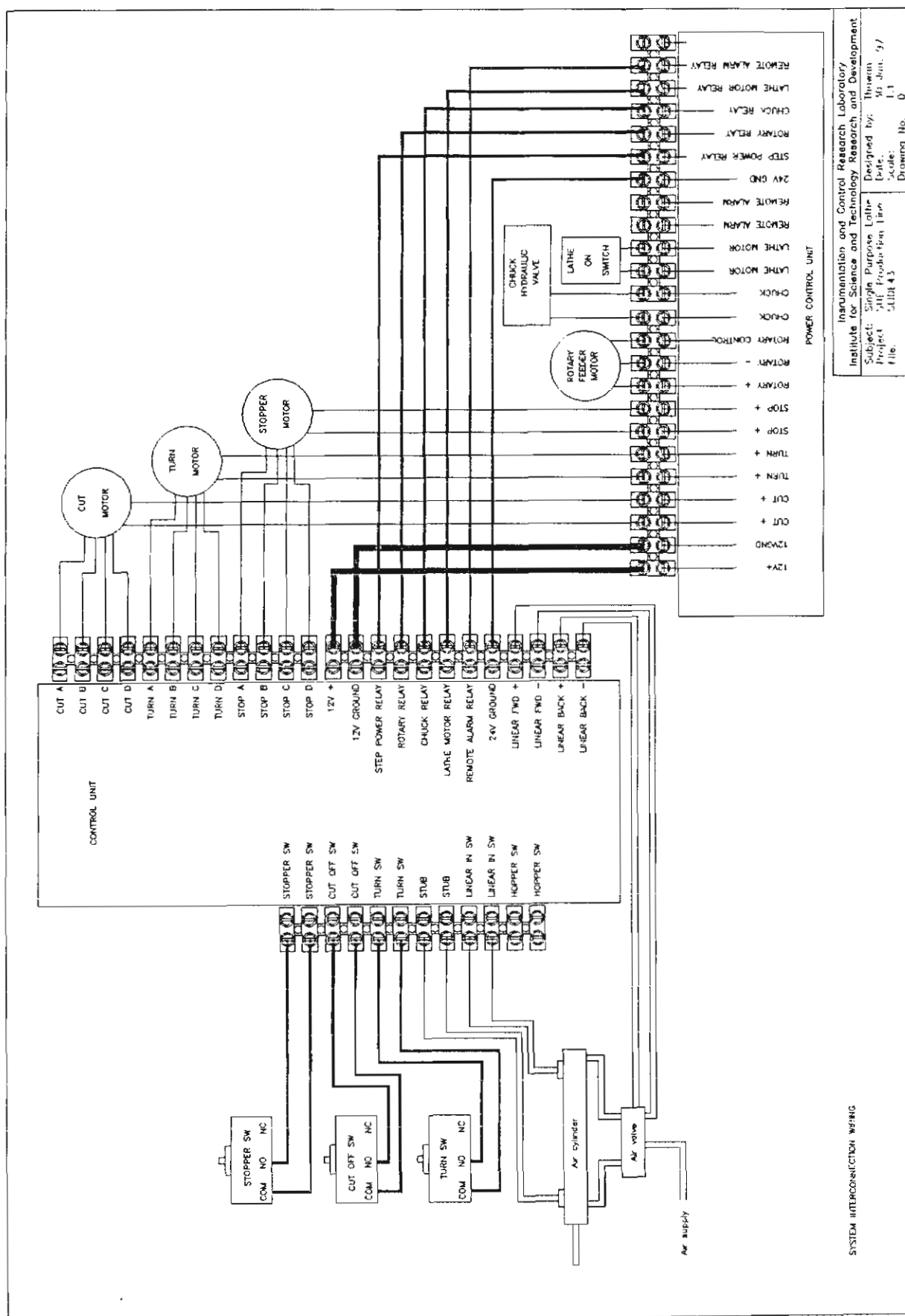


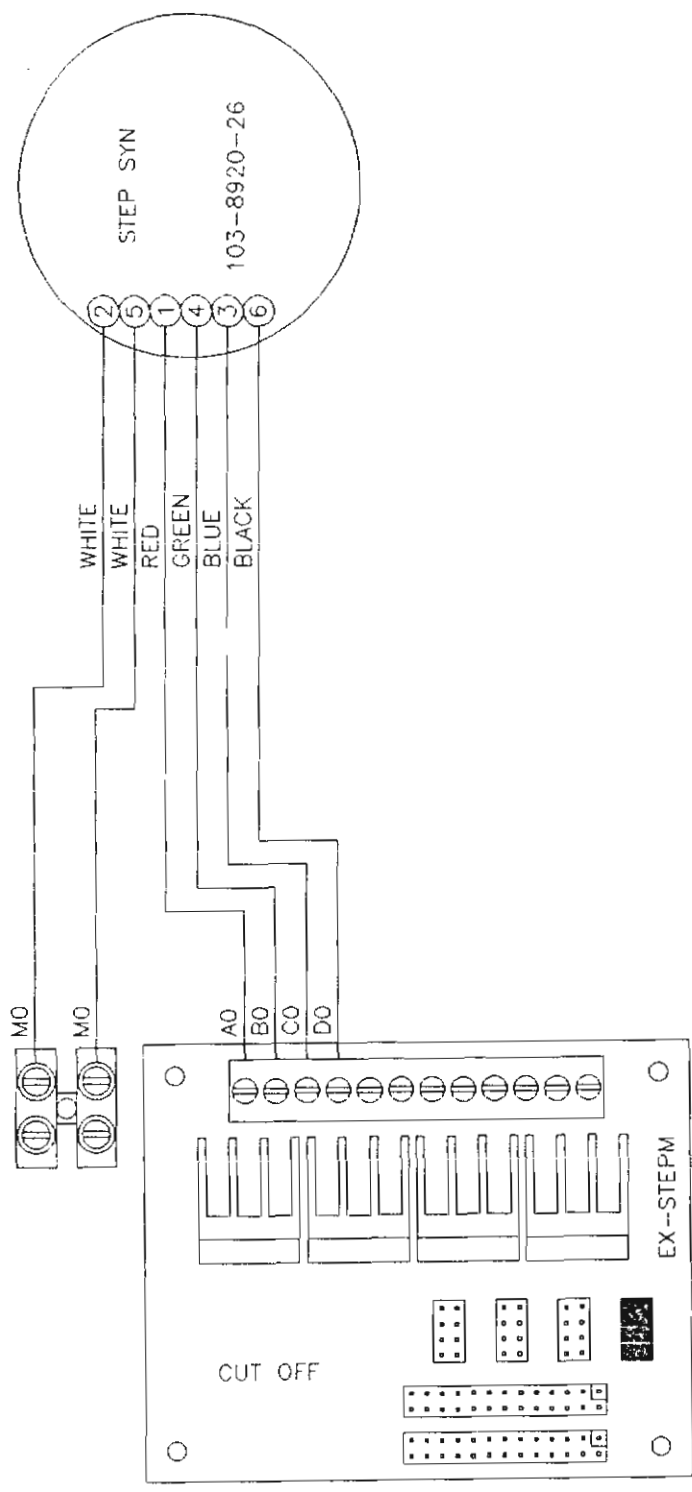
Appendix F. Test Result Run 4 (continue).



Appendix G. Drawings.

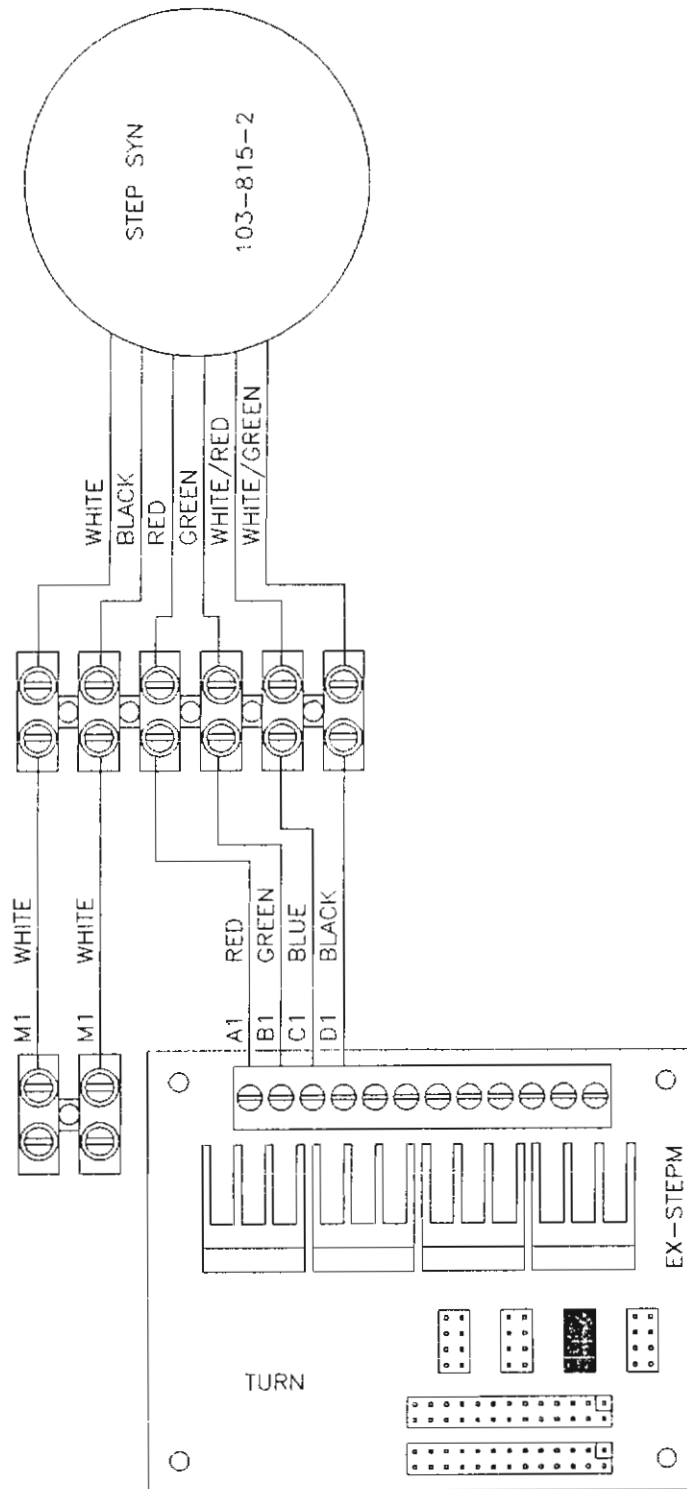
The technical drawings for the control system and mechanical parts are in the following pages:





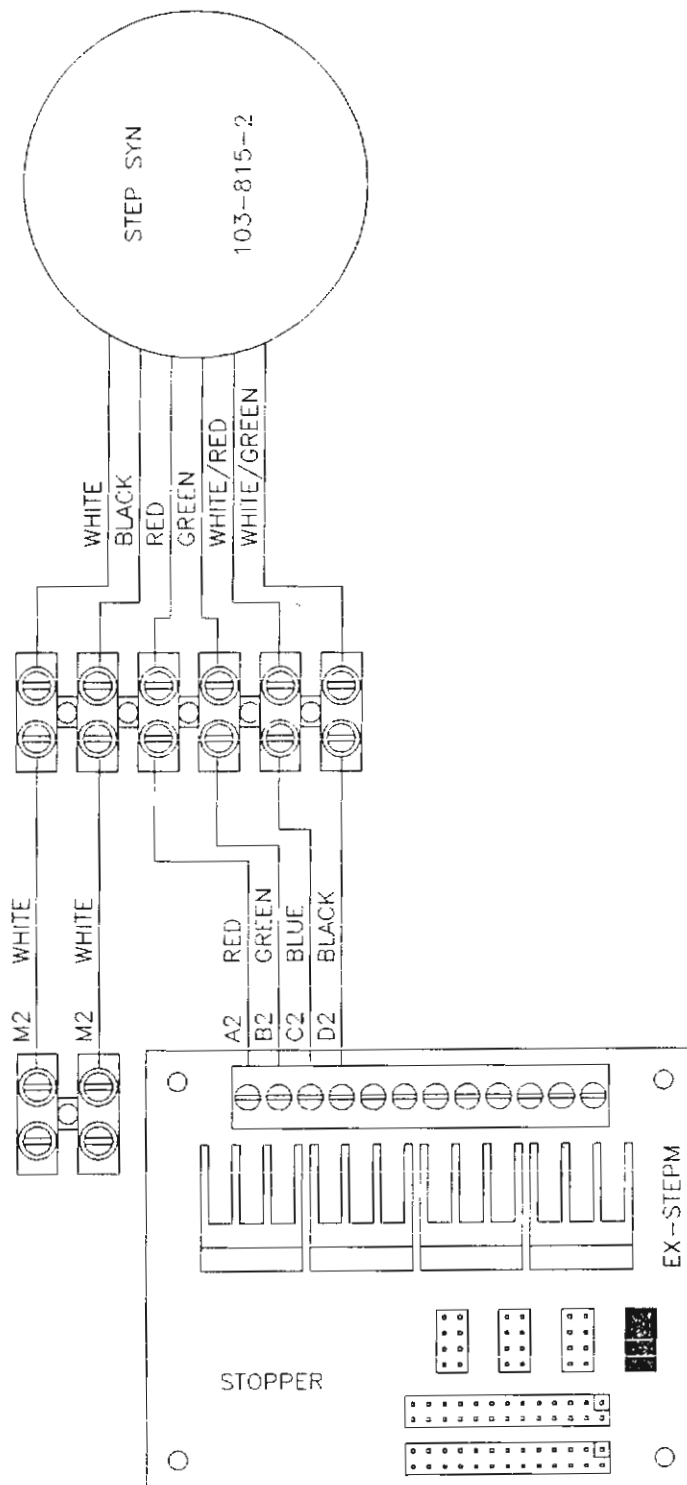
CROSS SLIDE MOTOR WIRING

Instrumentation and Control Research Laboratory			
Institute for Science and Technology Research and Development			
Subject: Single Purpose Lothe	Designed by: Thowan		
Project: SUE Production Line	Date: 28 Oct 96		
File: SUE31	Scale: 1:1		
	Drawing No.	0	



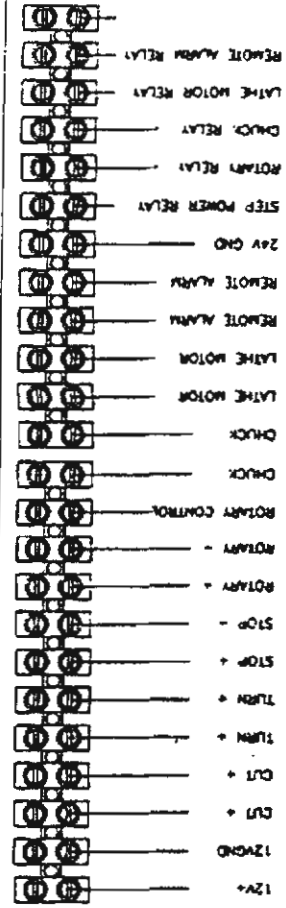
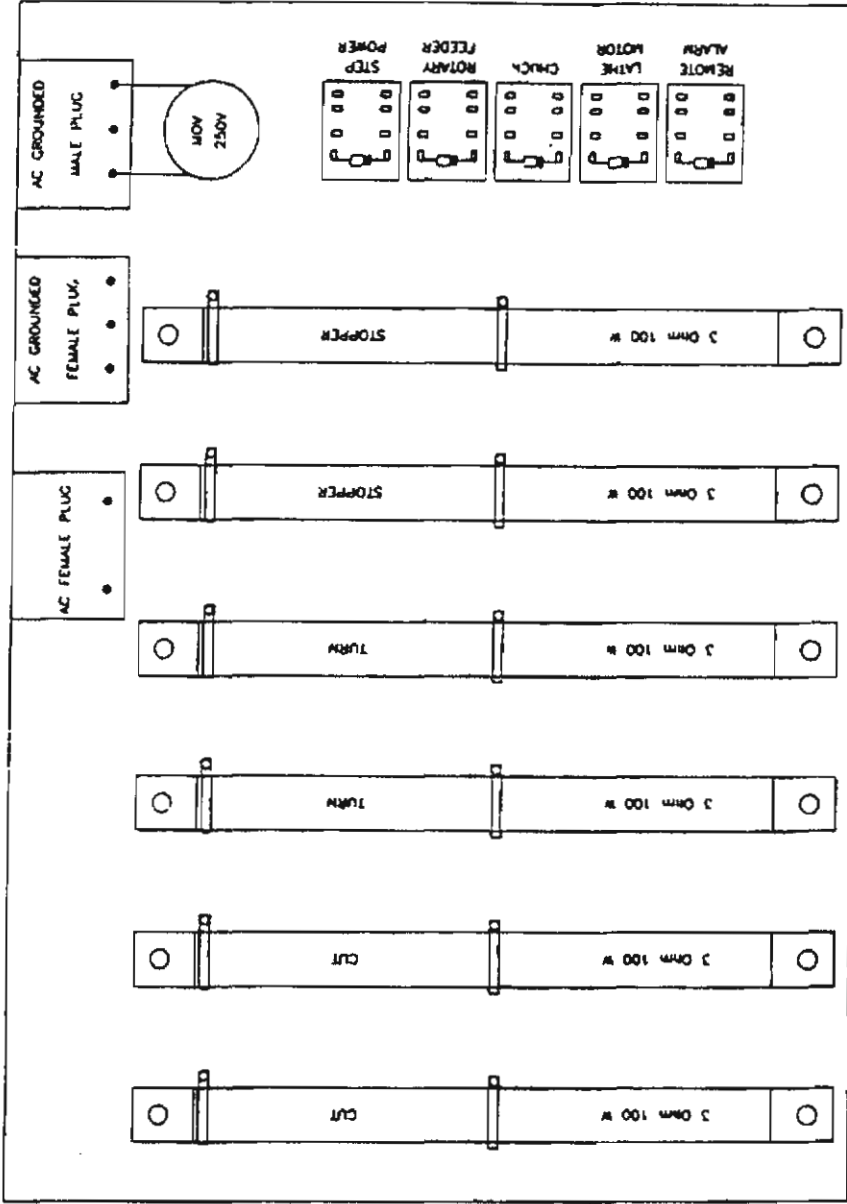
TURN SLIDE MOTOR WIRING

Instrumentation and Control Research Laboratory			
Institute for Science and Technology Research and Development			
Subject: Single Purpose Lothe	Designed by: Thrawn		
Project: SUC Production Line	Date: 26 Oct 96		
File: SUGL32	Scale: 1:1		
		Drawing No:	0



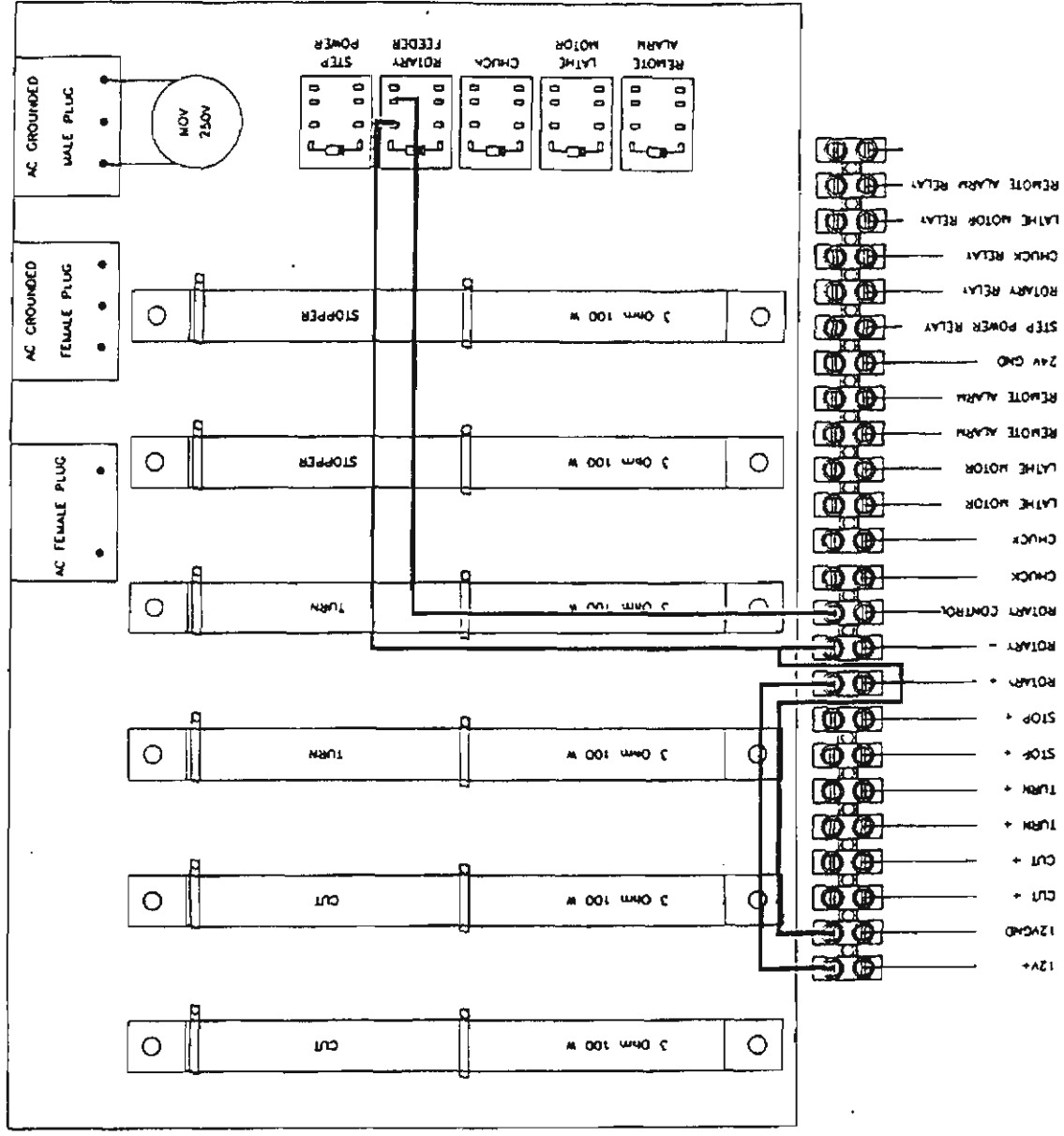
Institute for Science and Control Research Laboratory			
Subject: Single Purpose Lathe		Designed by: Thoren	
Project: SUE Production Line		Date: 26 Oct 96	
File: SUE133		Scale: 1:1	
		Drawing No: 0	

STOPPER MOTOR WIRING



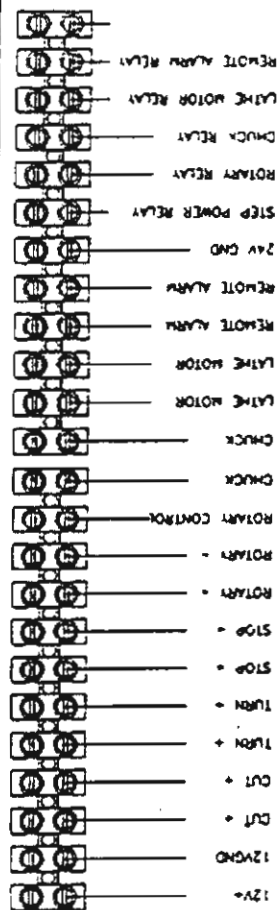
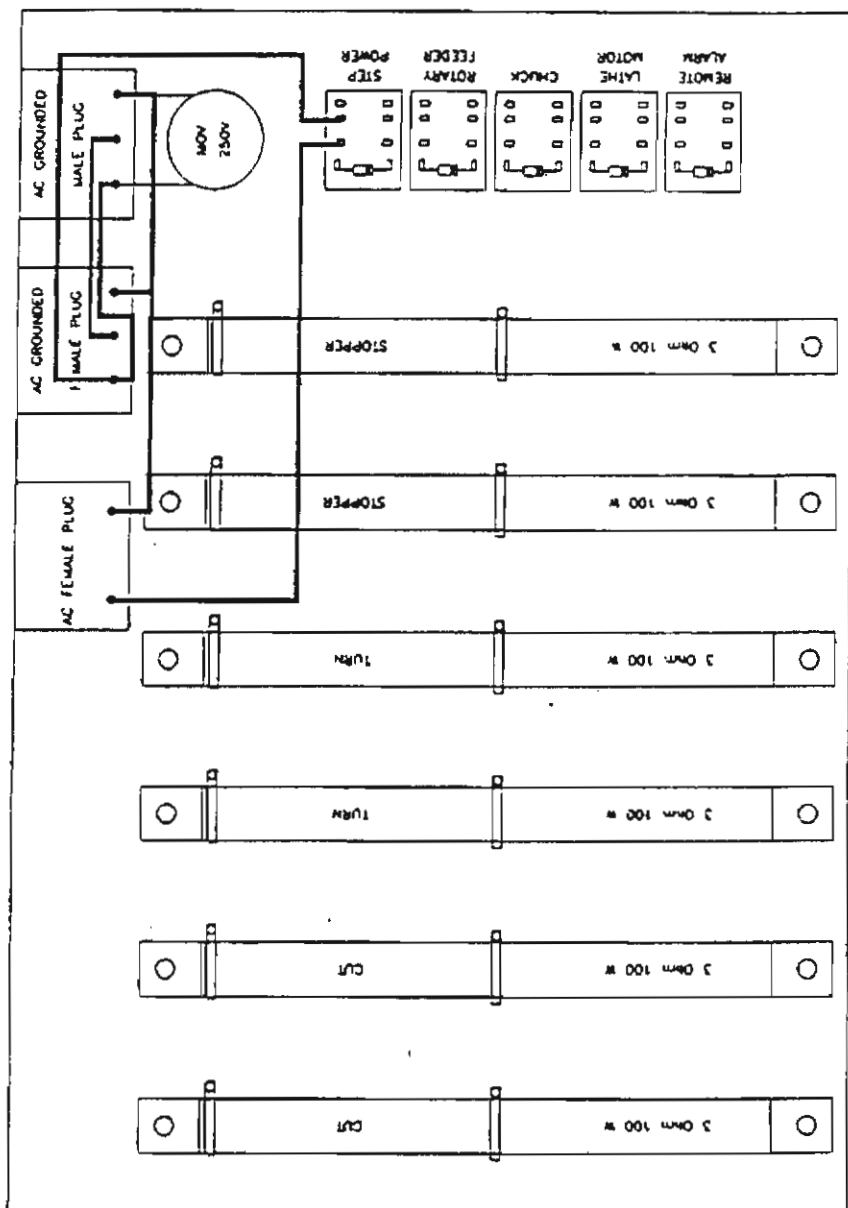
POWER CONTROL UNIT

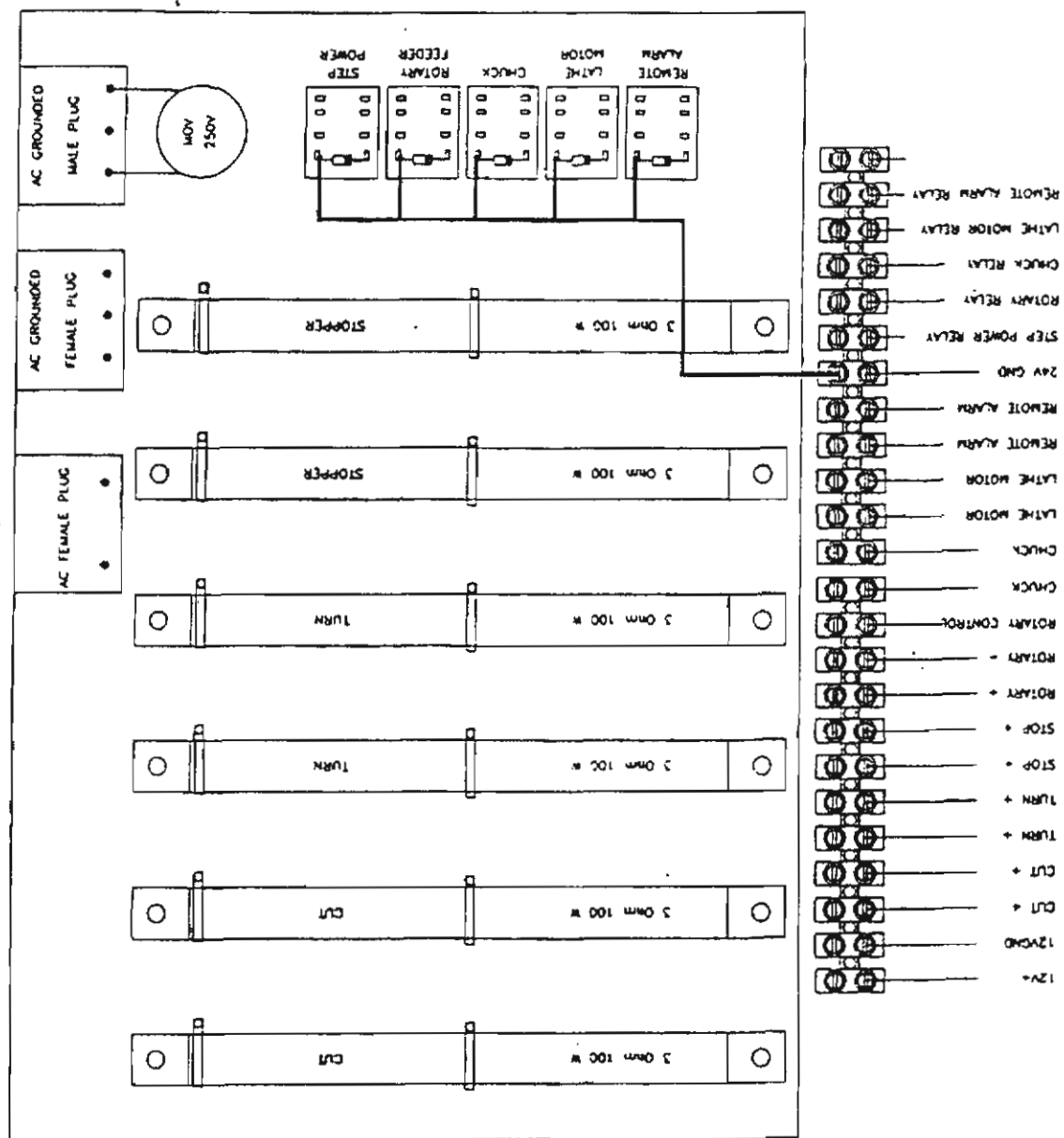
Instrumentation and Control Research Laboratory
 Institute for Science and Technology Research and Development
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SUE Production Line
 File: SLIDE42
 Designed by: Thawan
 Date: 26 Oct. 96
 Scale: 1:2
 Drawing No. 0



12V

POWER CONTROL UNIT

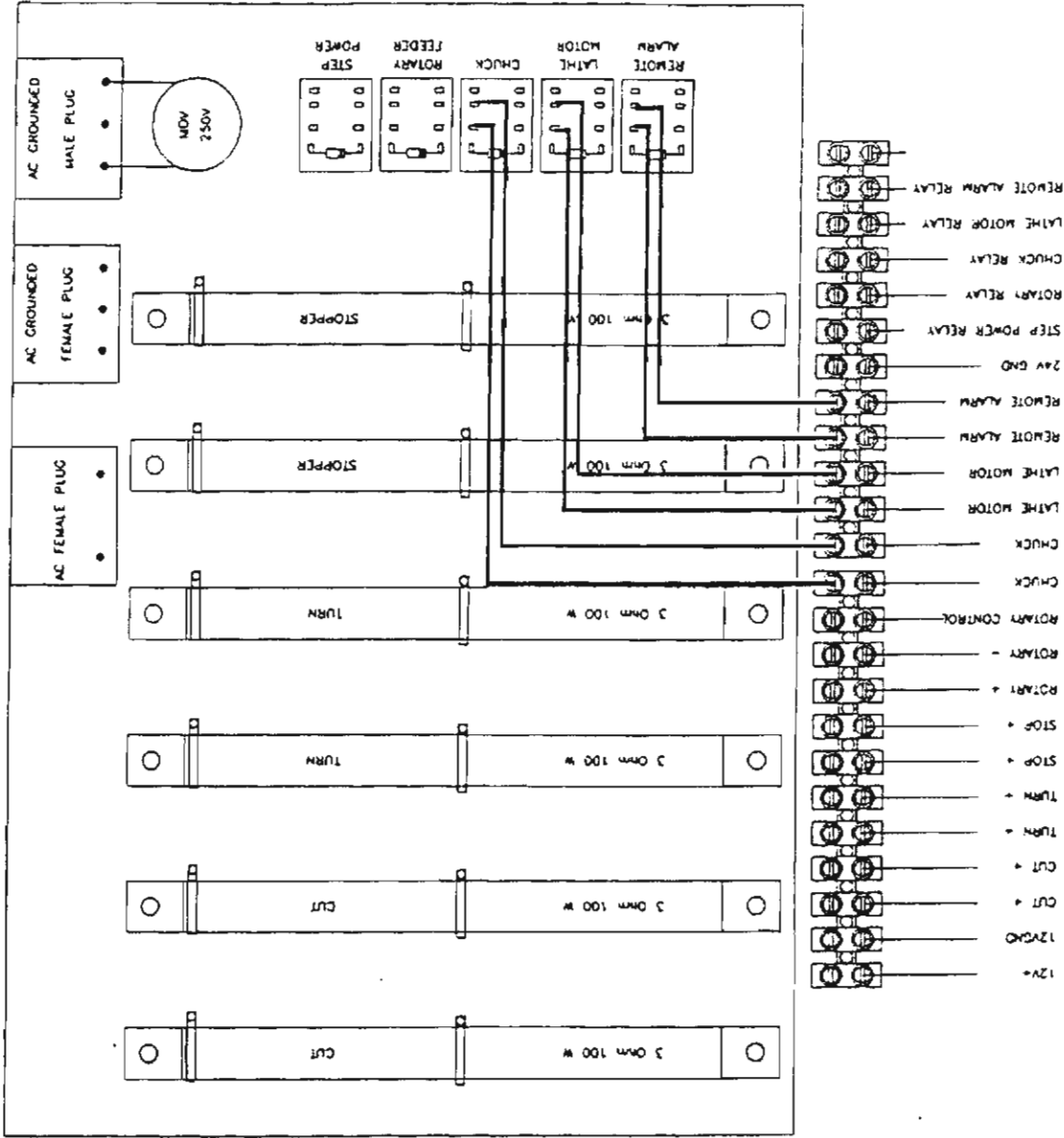




POWER CONTROL UNIT

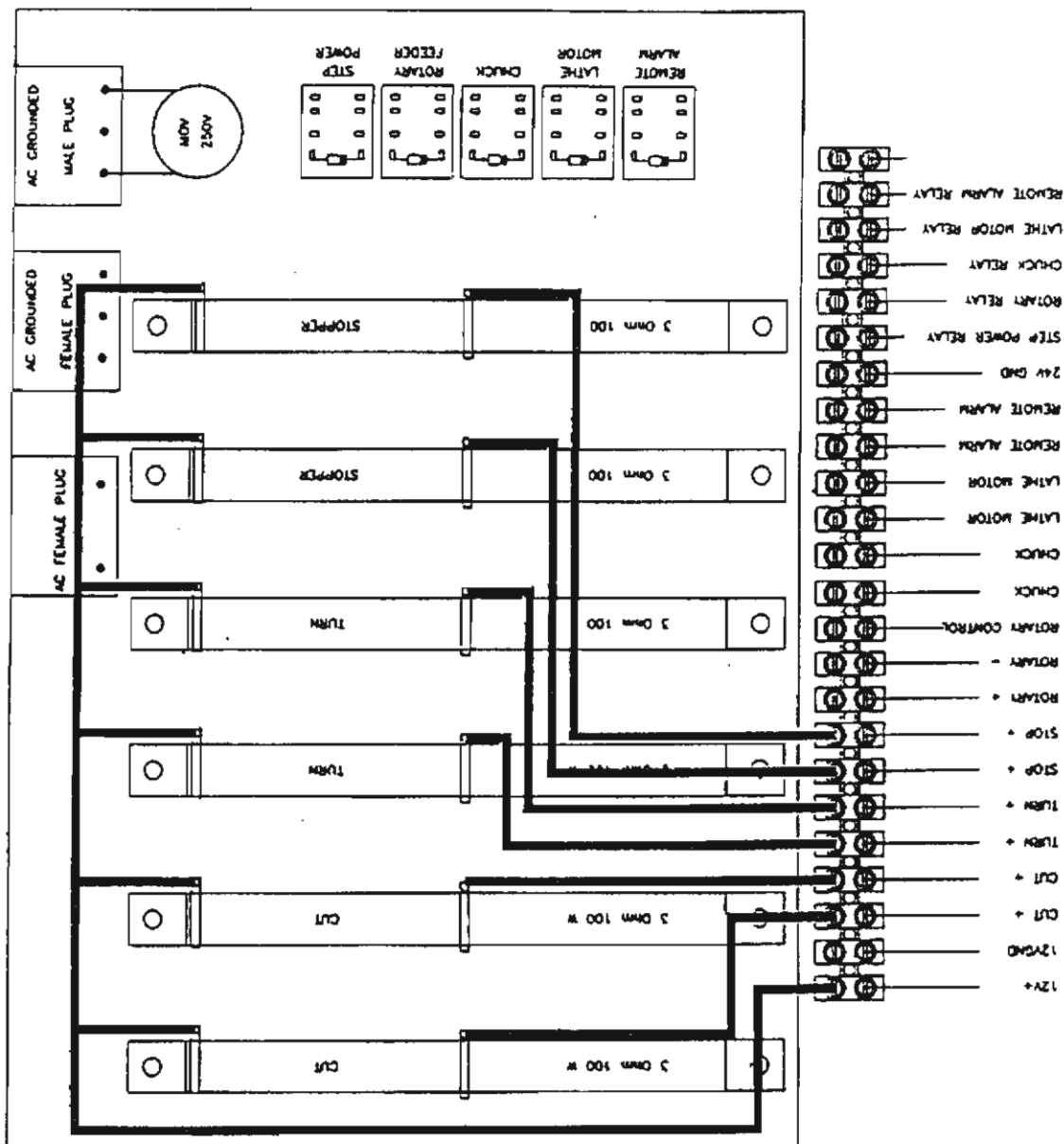
24V

Instrumentation and Control Research Laboratory	
Institute for Science and Technology Research and Development	
Subject: Single Purpose Lathe	Designed by: Thawan
Project: SUE Production Line	Date: 26 Oct 95
File: SLIDE 42	Scale: 1:2
	Drawing No. 0



POWER CONTROL UNIT

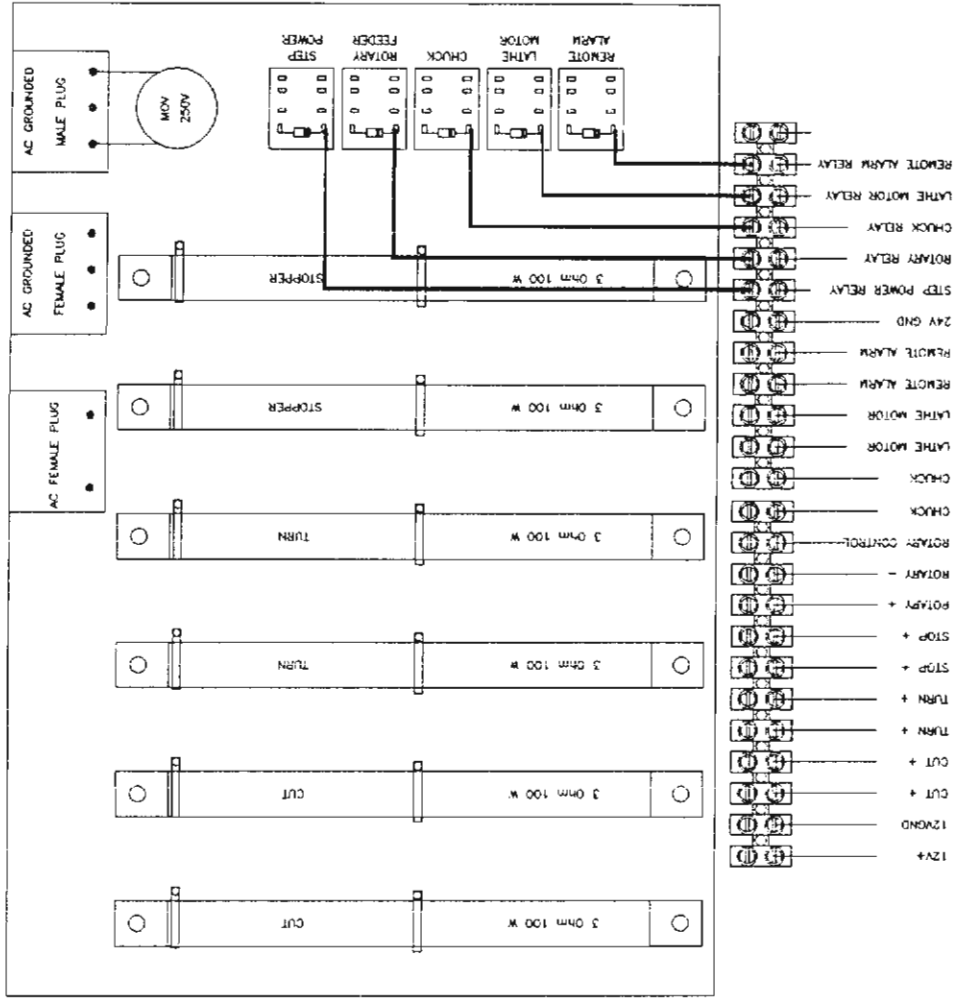
CONTROL



POWER CONTROL UNIT

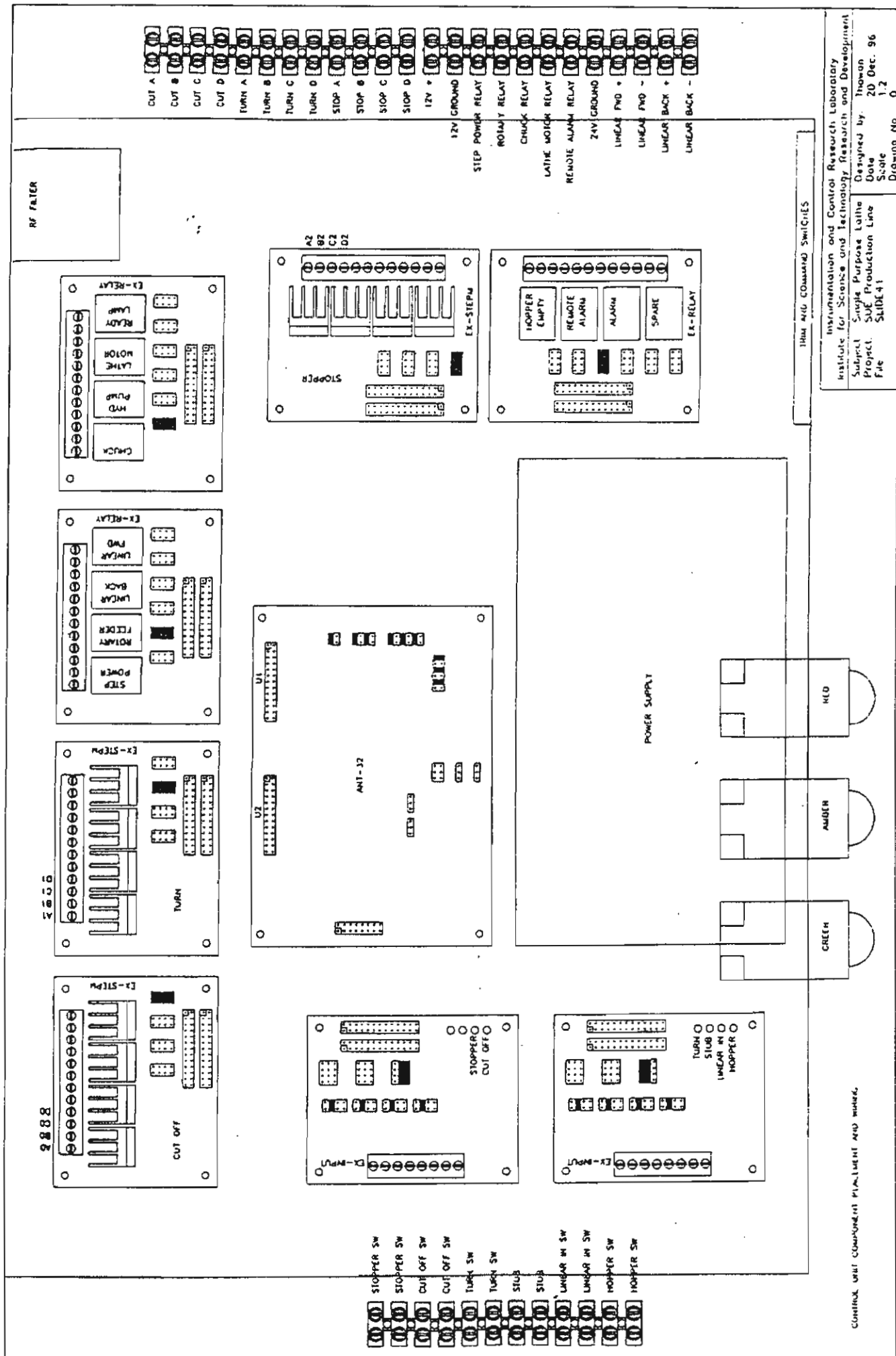
R

Institute for Science and Technology Research and Development	
Subject: Single Purpose Lathe	
Project: SUE Production Line	
File: SLIDE42	
Designed by: Thawon	Date: 26 Oct. 96
Scale: 1:2	Drawing No: 0



POWER CONTROL UNIT

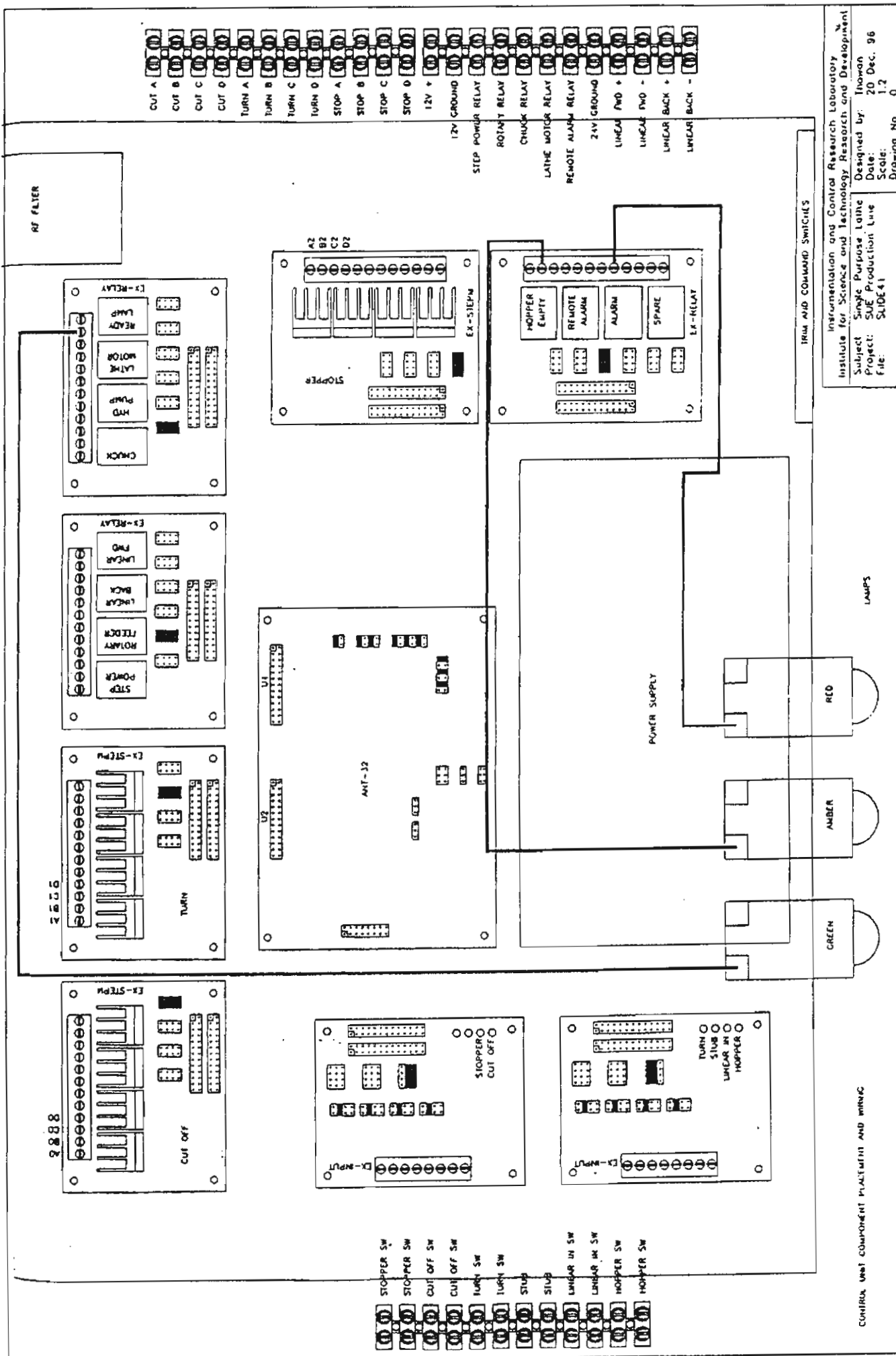
RELAY



THIRTY TWO COMMAND SWITCHES

Institute for Science and Control Research Laboratory
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SUE Production Line
 File: SLIDE 41
 Date: 20 Dec. 96
 Scale: 1:2
 Drawing No: 0

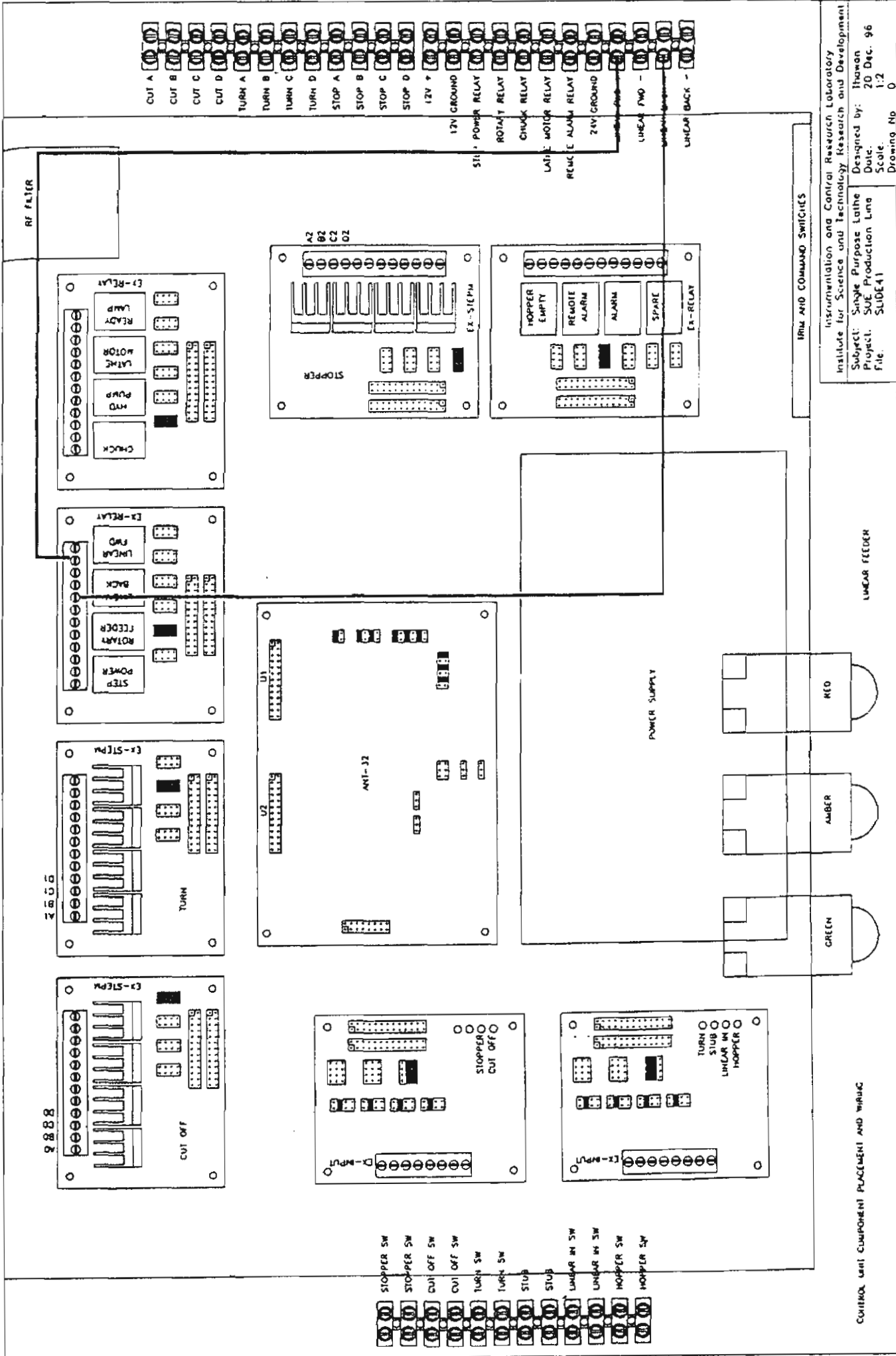
CONTROL UNIT COMPONENT PLACEMENT AND WIRING



CONTROL UNIT COMPONENT PLACEMENT AND WIRING

TRIM AND COMMAND SWITCHES

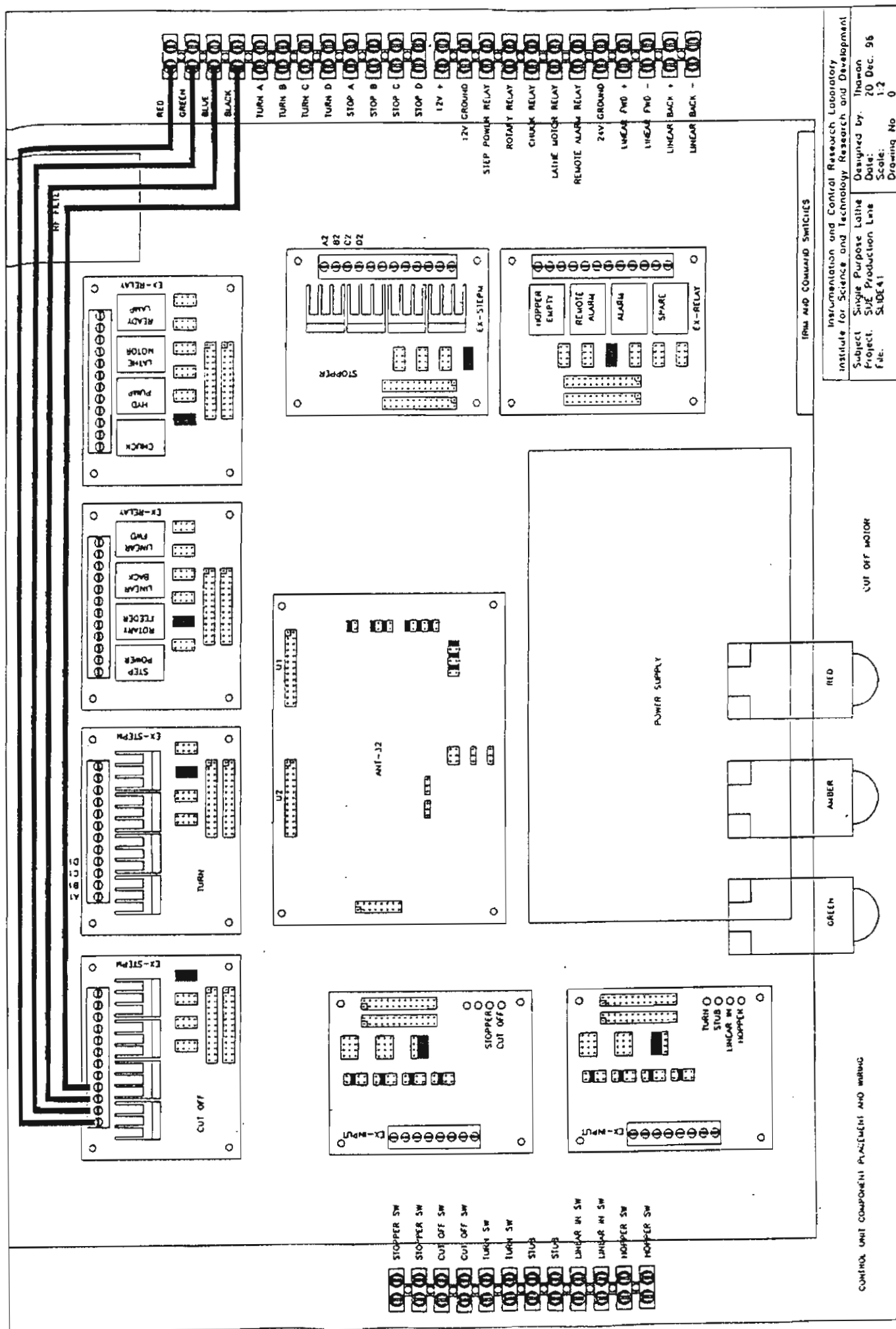
Information and Control Research Laboratory
 Institute for Science and Technology Research and Development
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SUE Production Line
 File: SLIDE 41
 Designed by: Thomas
 Date: 20 Dec. 96
 Scale: 1:2
 Drawing No. 0

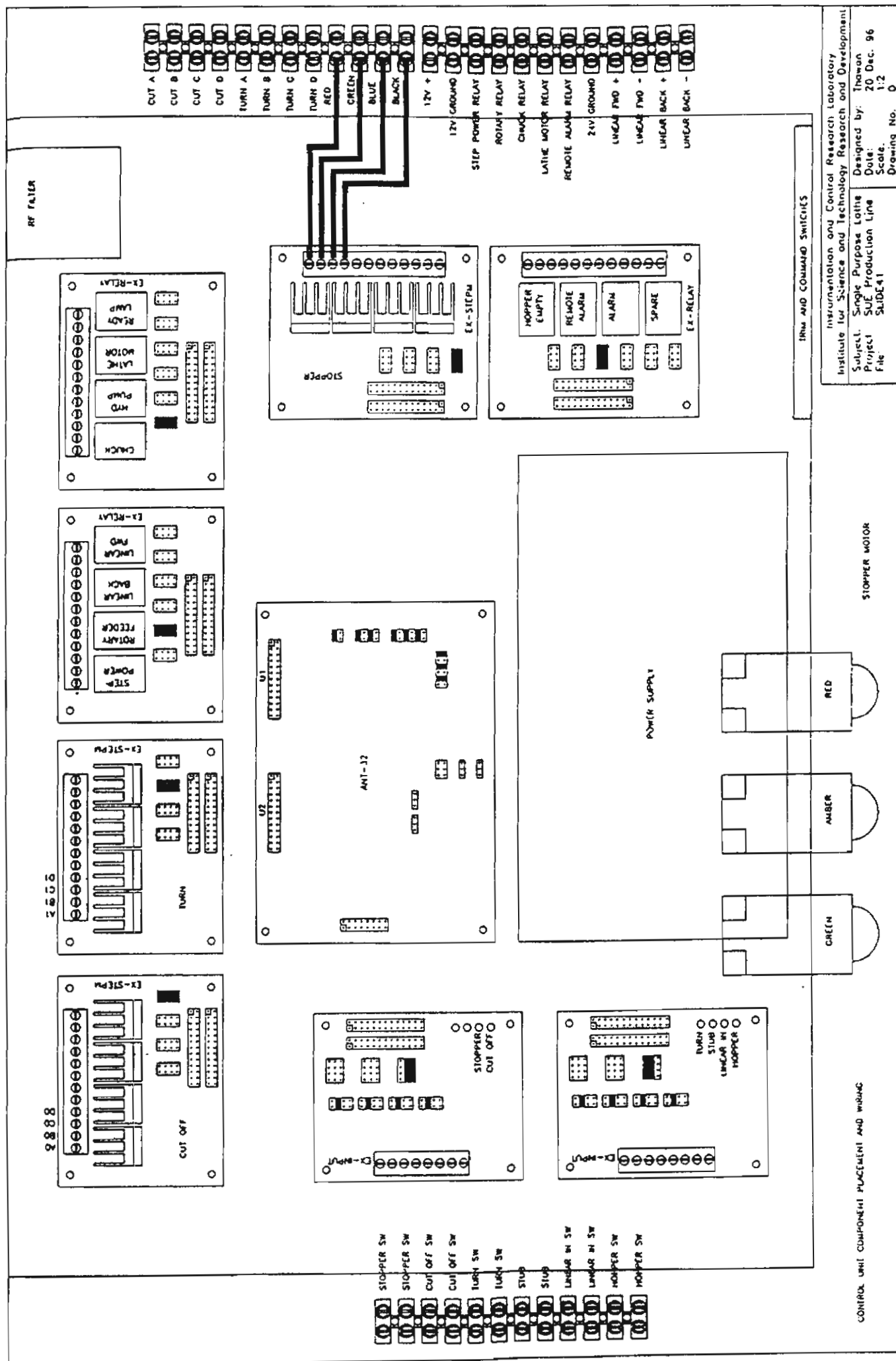


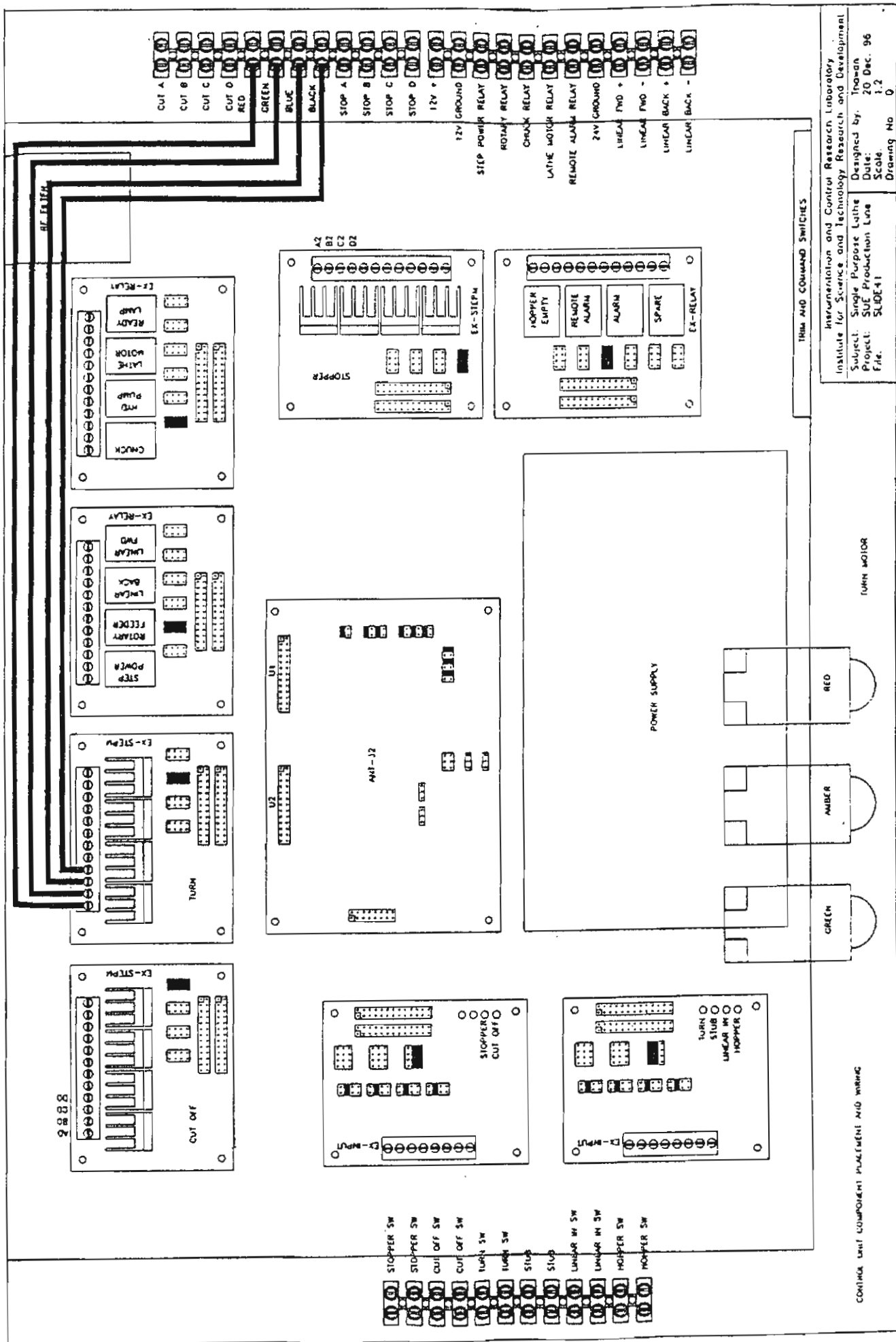
CONTROL UNIT COMPONENT PLACEMENT AND WIRING

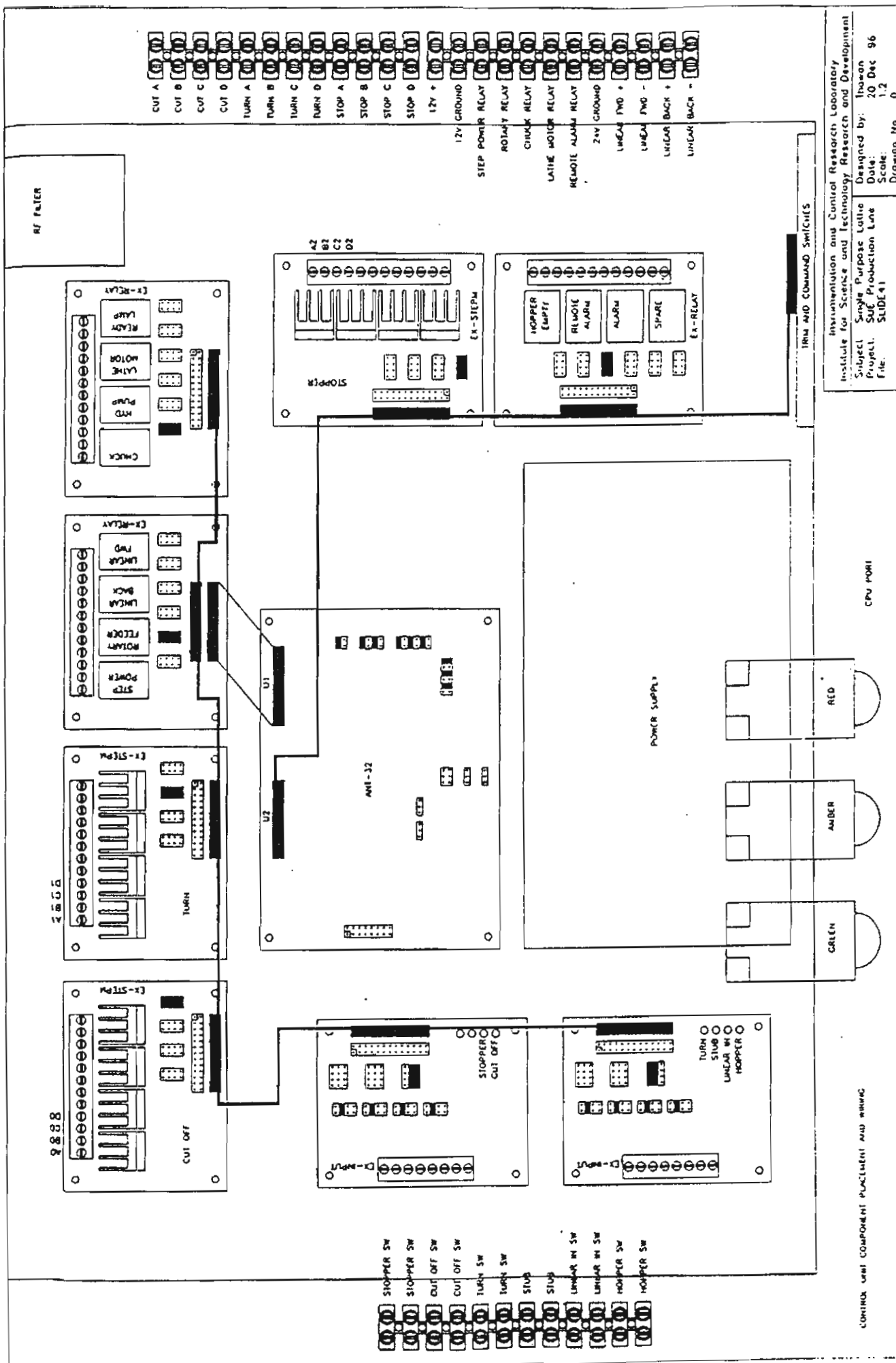
IRMA AND COMMAND SWITCHES

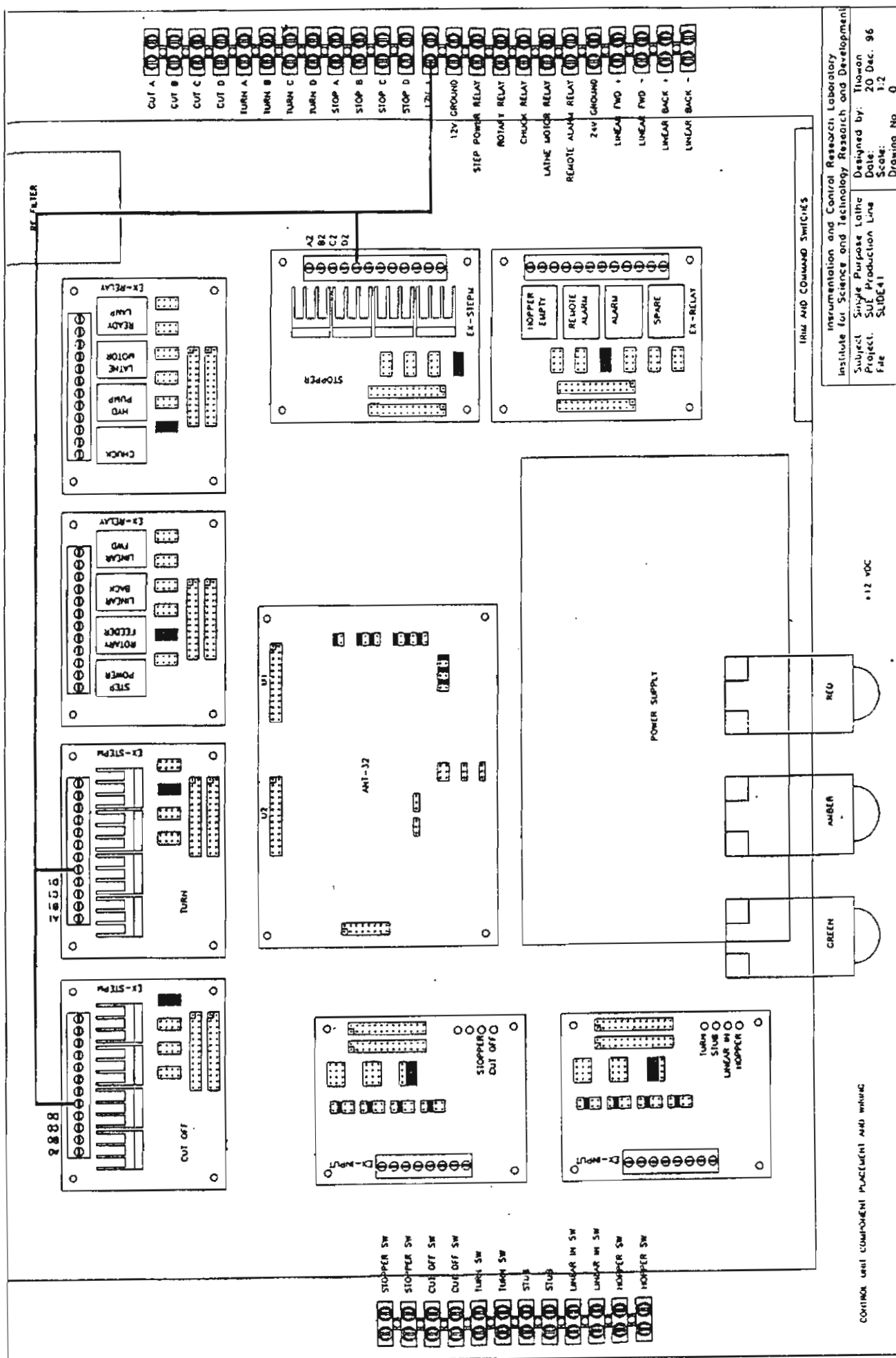
Institute for Science and Technology Research and Development
Subject: Single Purpose Lathe
Project: SUE Production Line
File: SLIDE41
Designed by: Hwan
Date: 20 Dec. 96
Scale: 1:2
Drawing No: 0

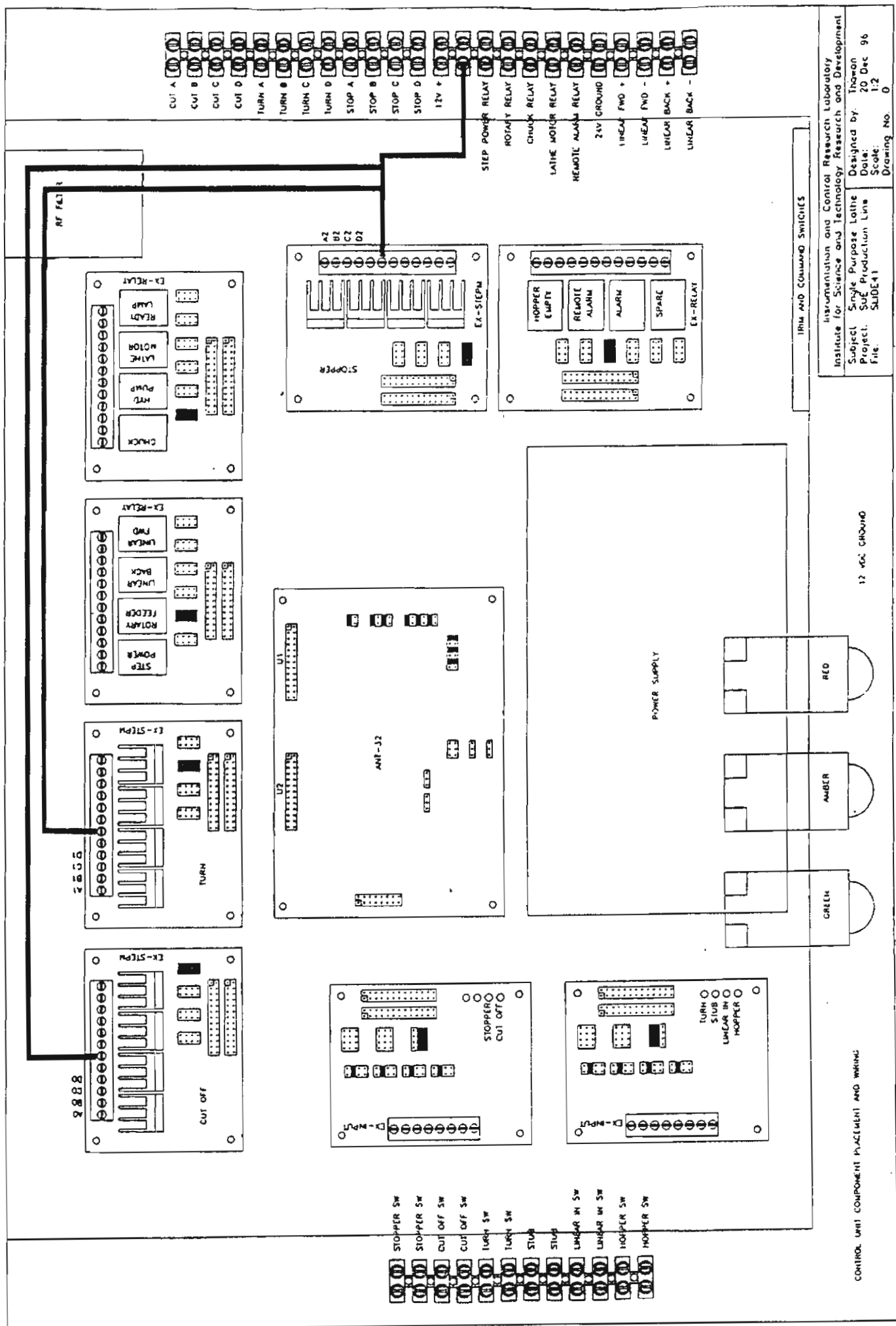




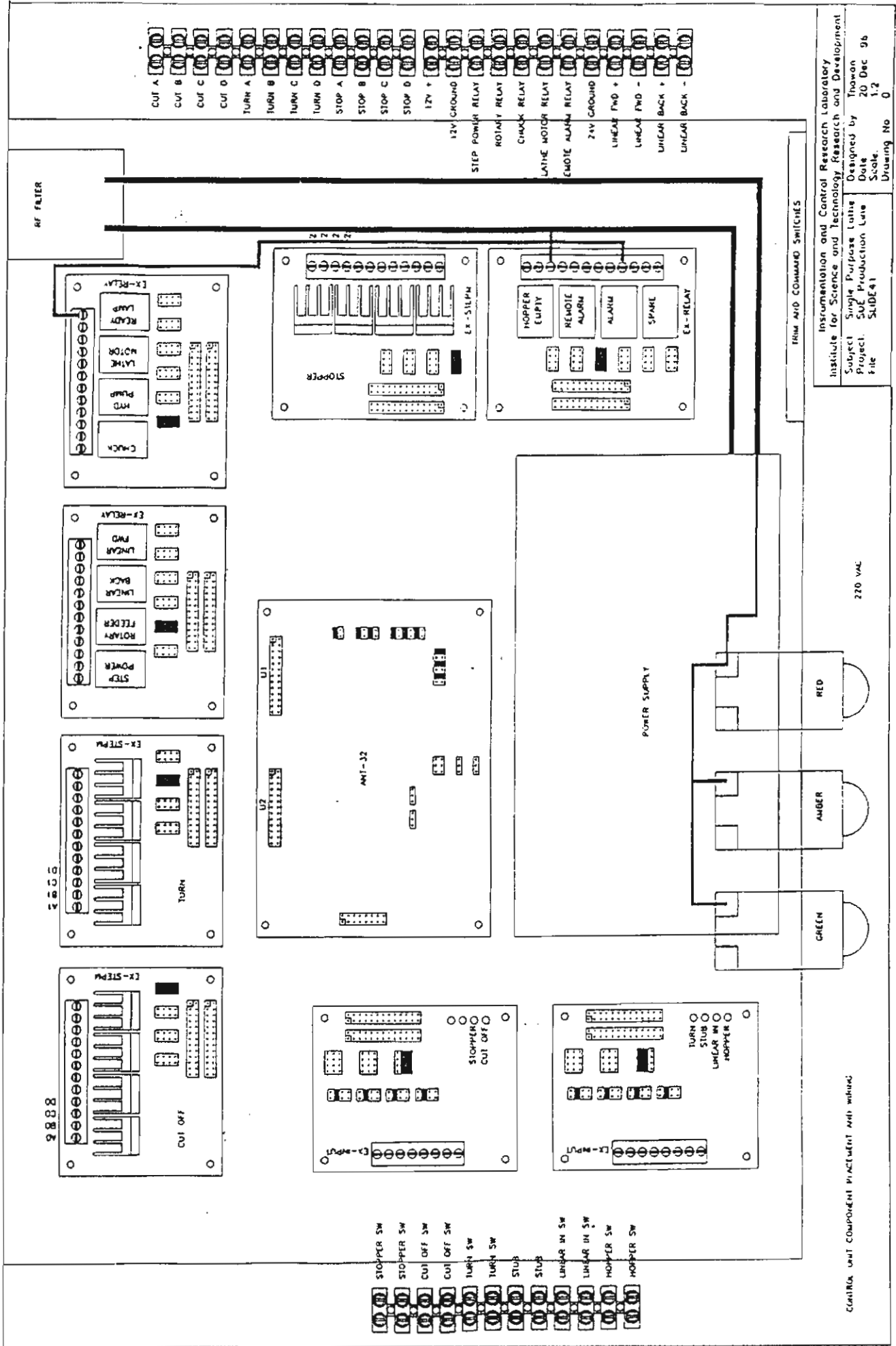


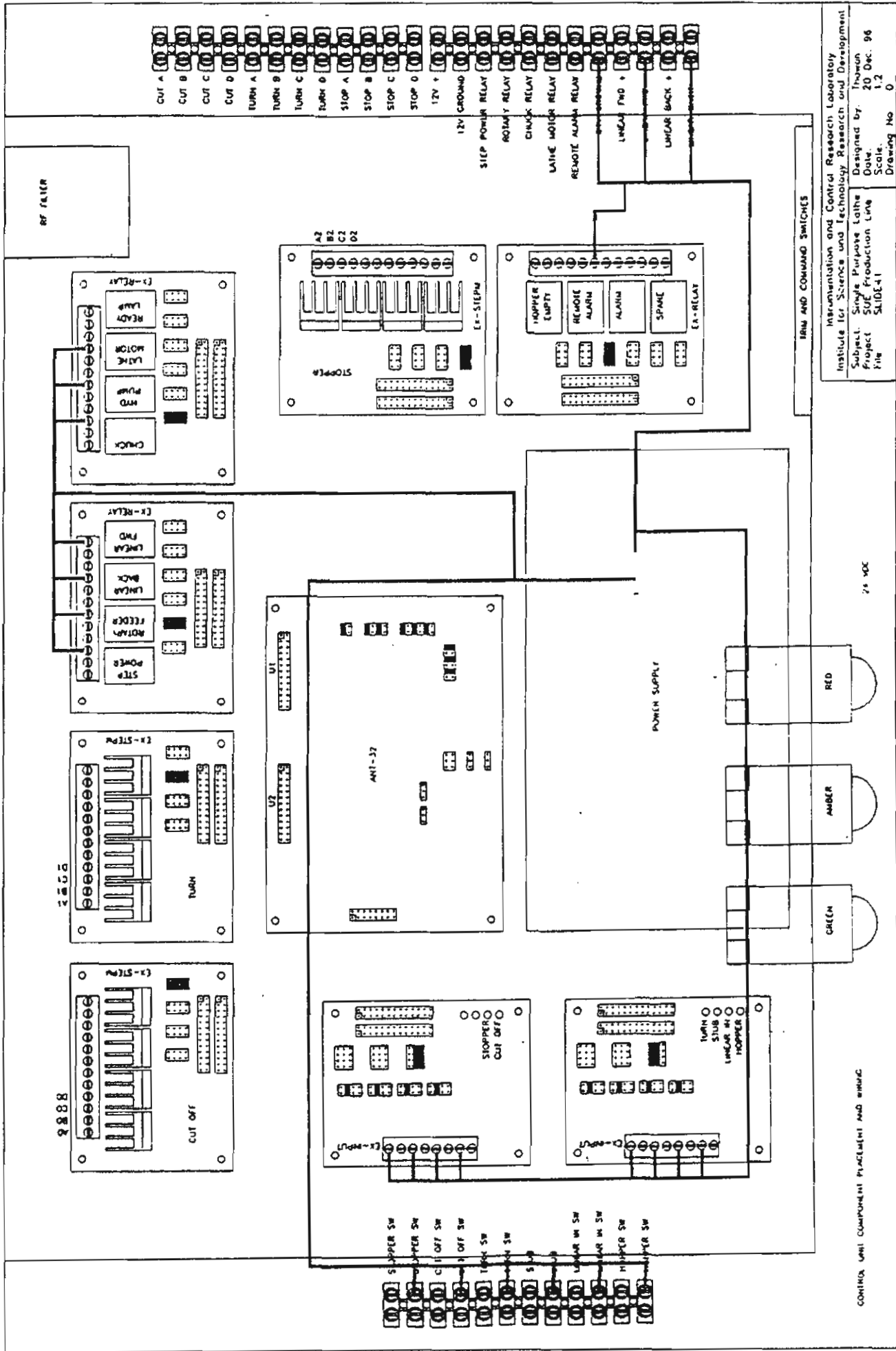






Instrumentation and Control Research Laboratory
 Institute for Science and Technology Research and Development
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SUE Production Line
 File: SLIDE41
 Date: 20 Dec 96
 Scale: 1:2
 Drawing No. 0

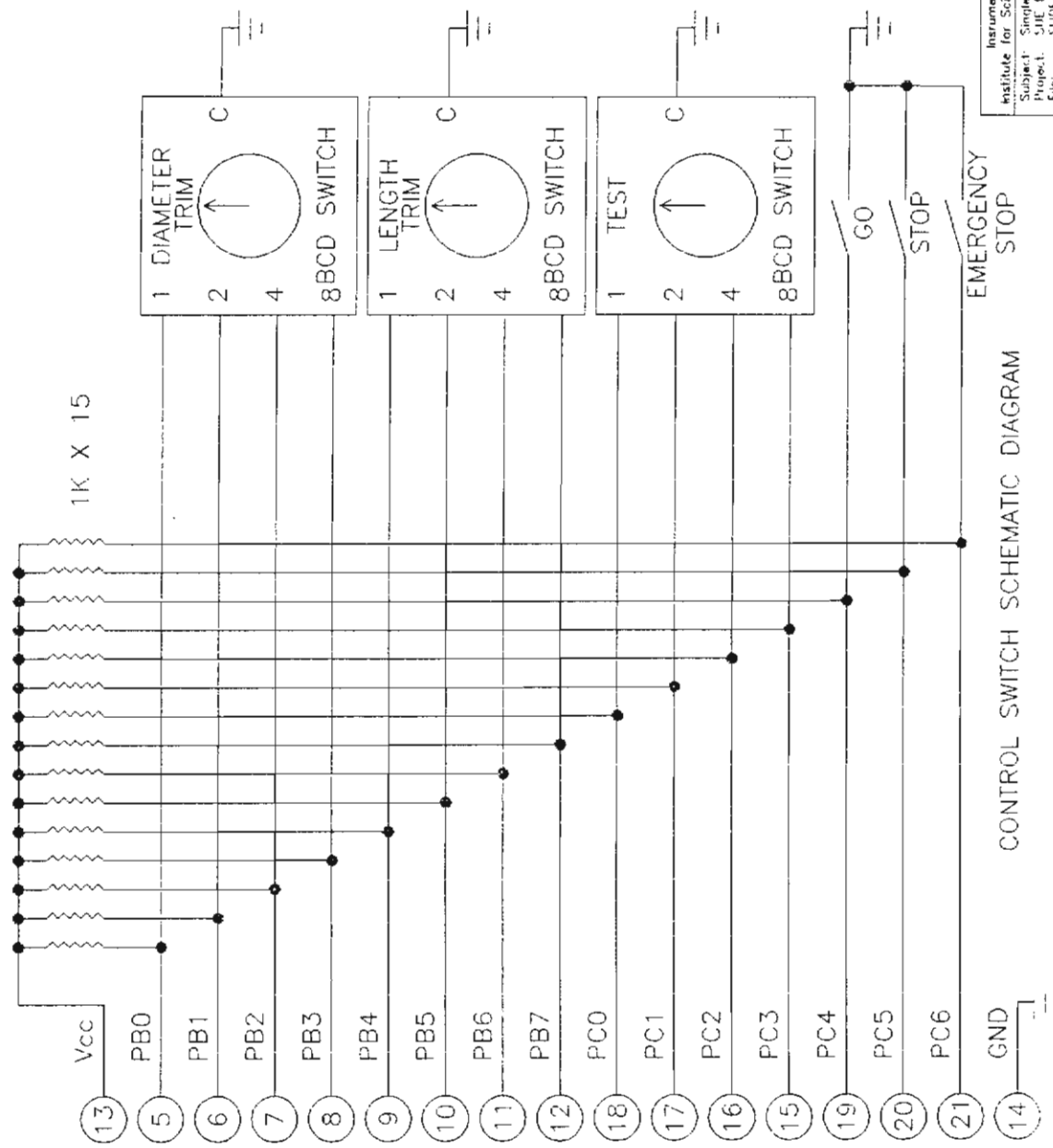




CONTROL UNIT COMPONENT PLACEMENT AND WIRING

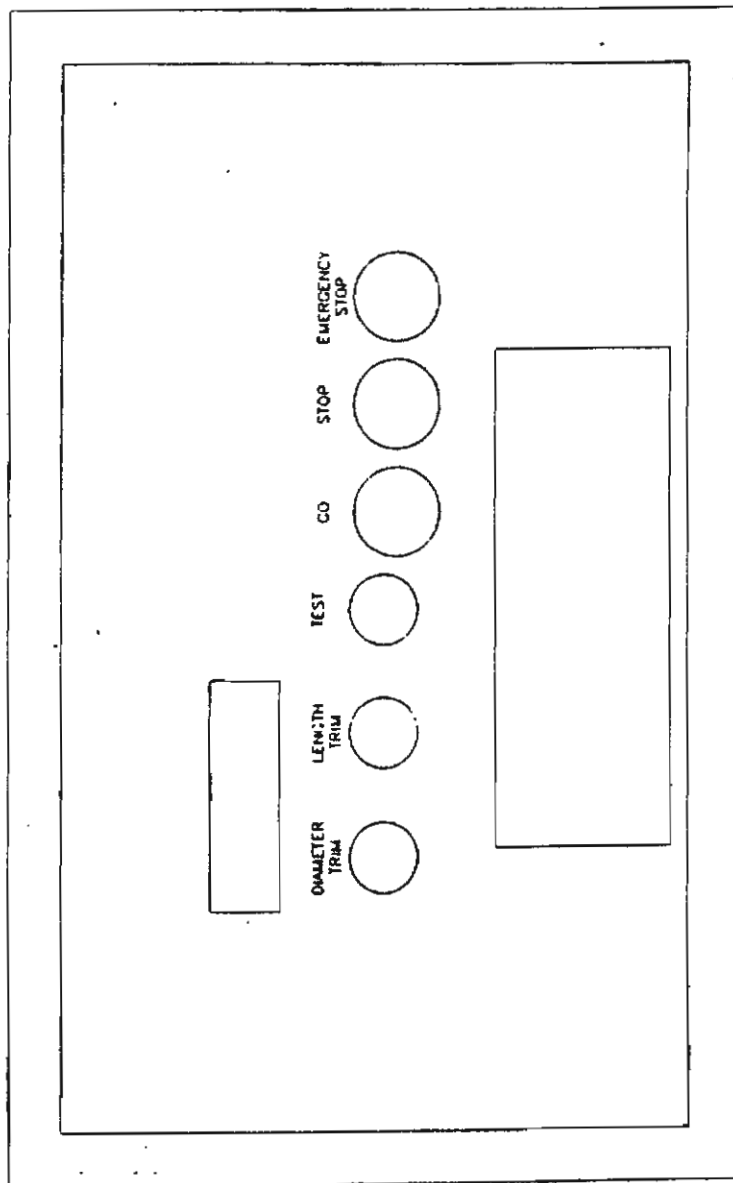
24 VDC

Interpretation and Control Research Laboratory
 Institute for Science and Technology Research and Development
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SPT Production Line
 File: SLIDE-1
 Drawn by: Inwon
 Date: 20 Dec. 96
 Scale: 1:2
 Drawing No: 0



Instrumentation and Control Research Laboratory
 Institute for Science and Technology Research and Development
 Subject: Single Purpose Lathes
 Project: SUE Production Line
 File: SUDL40A
 Designed by: Thawan
 Date: 15 Jan 97
 Scale: 1:1
 Drawing No.: 0

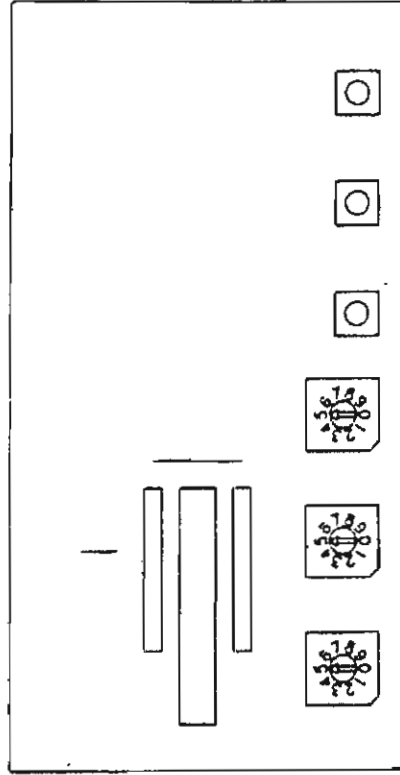
CONTROL SWITCH SCHEMATIC DIAGRAM



CONTROL SWITCH

FRONT PANNEL

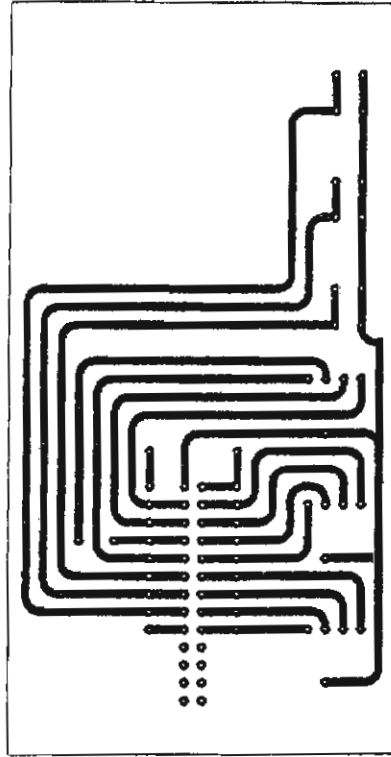
Instrumentation and Control Research Laboratory	
Institute for Science and Technology Research and Development	
Subject: Single Purpose Lathe	Designed by: Thaeon
Project: SUE Production Line	Date: 26 Oct. 98
File: SUE40	Scale: 1:1
	Drawing No. 0



CONTROL SWITCH

PART LAYOUT

Instrumentation and Control Research Laboratory Institute for Science and Technology Research and Development	
Subject: Single Purpose Lathe	Designed by: Thomson
Project: SUG Production Line	Date: 26 Oct. 96
File: SUG040	Scale: 1:1
	Drawing No. 0

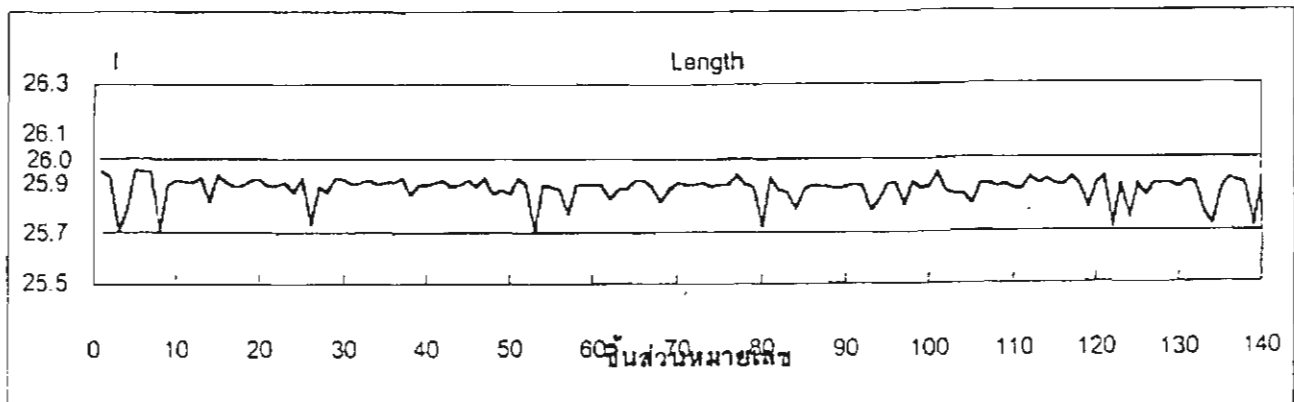
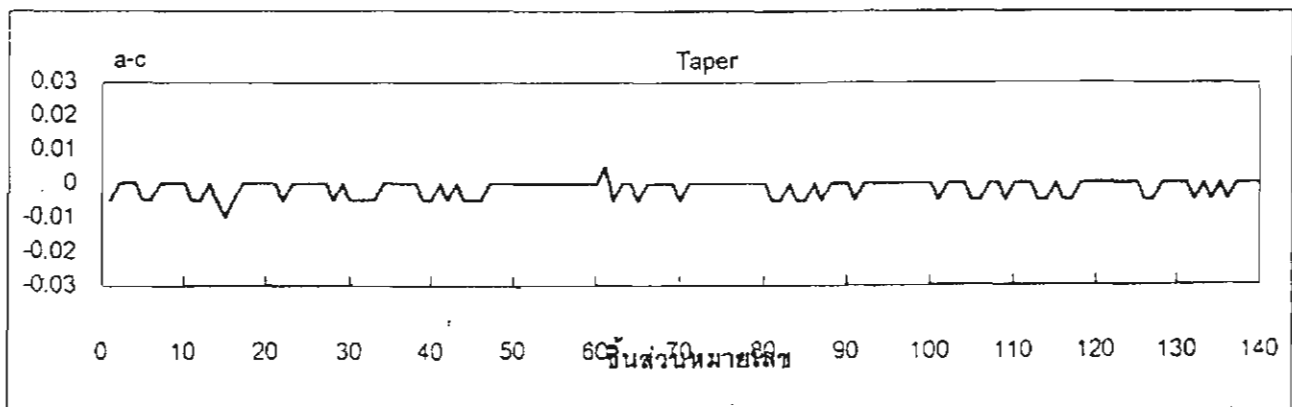
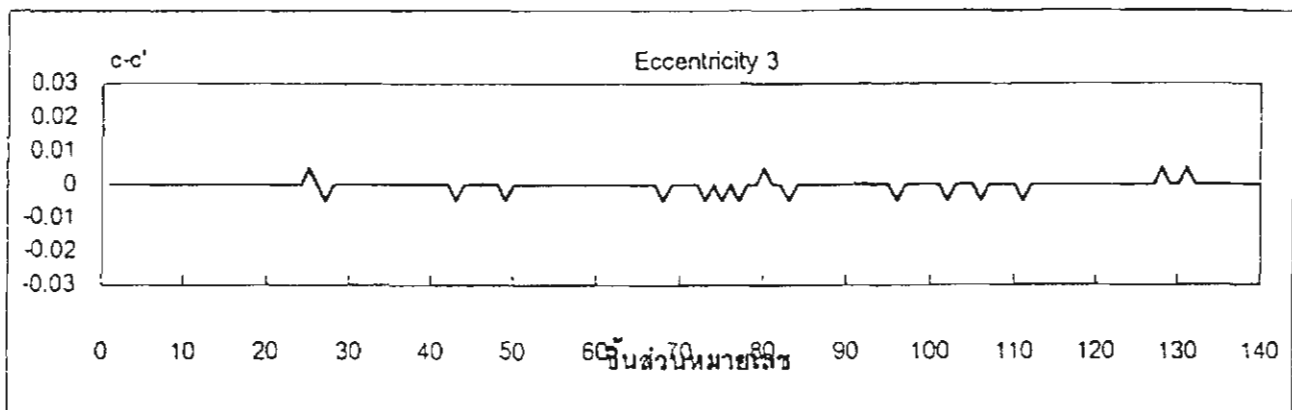
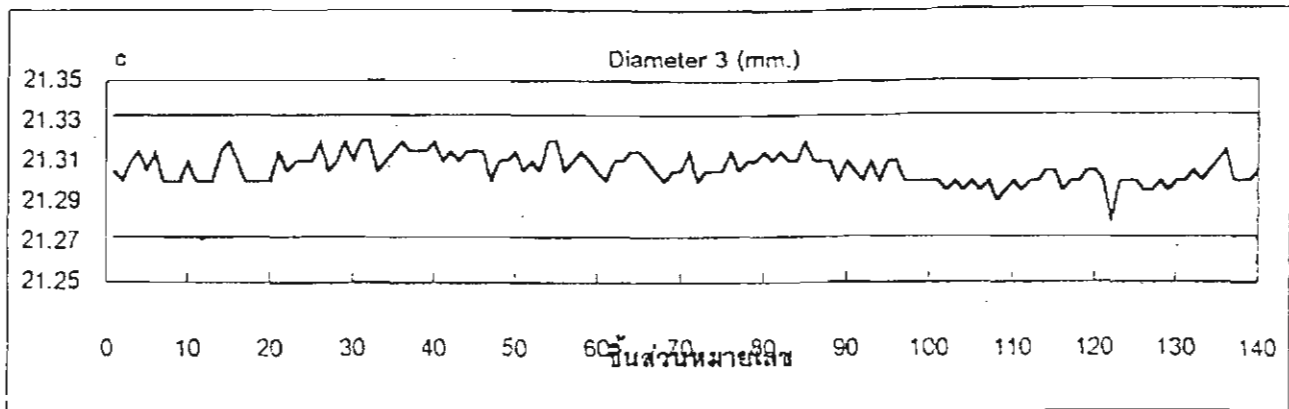


CONTROL SWITCH

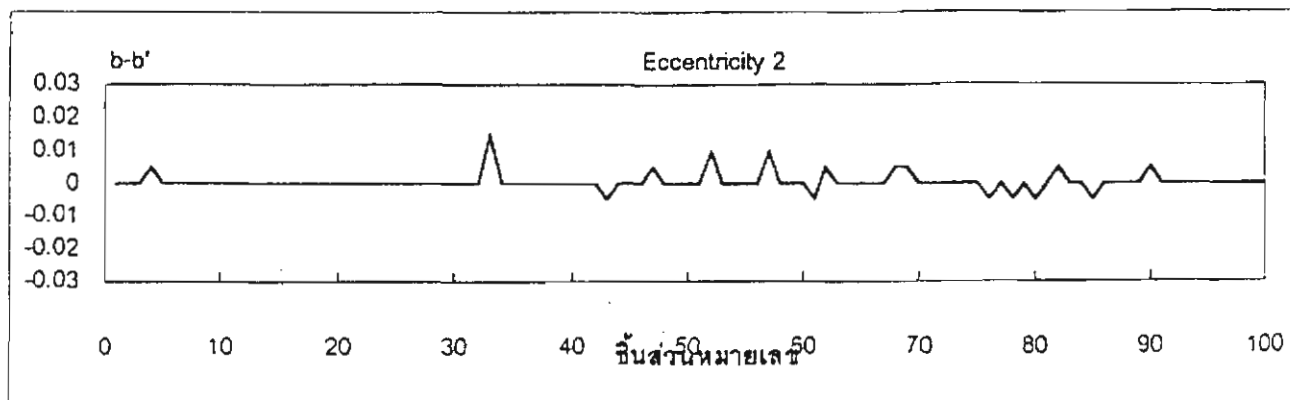
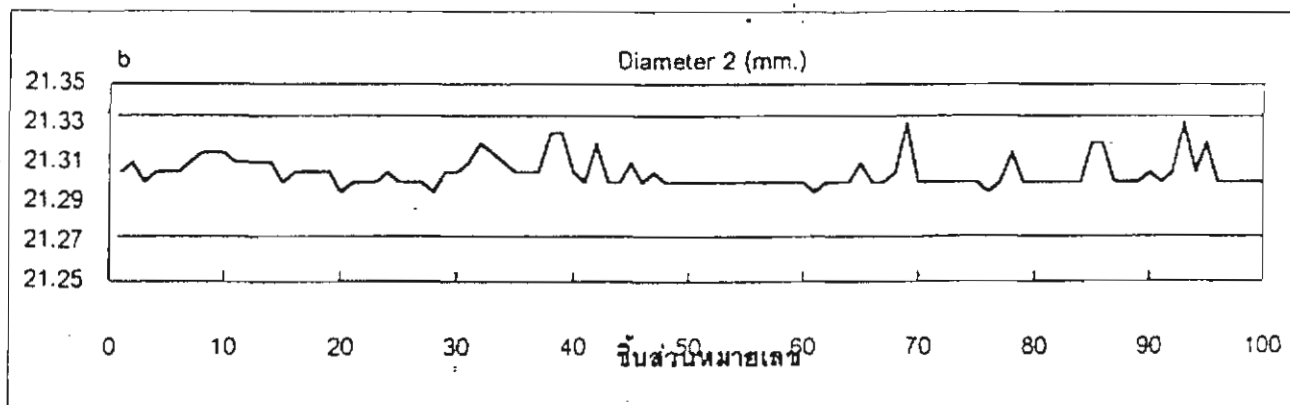
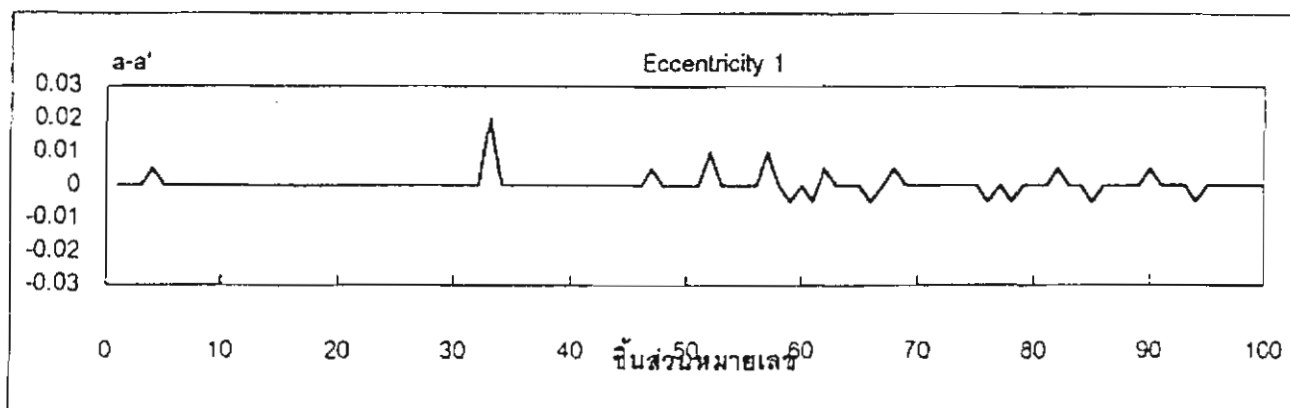
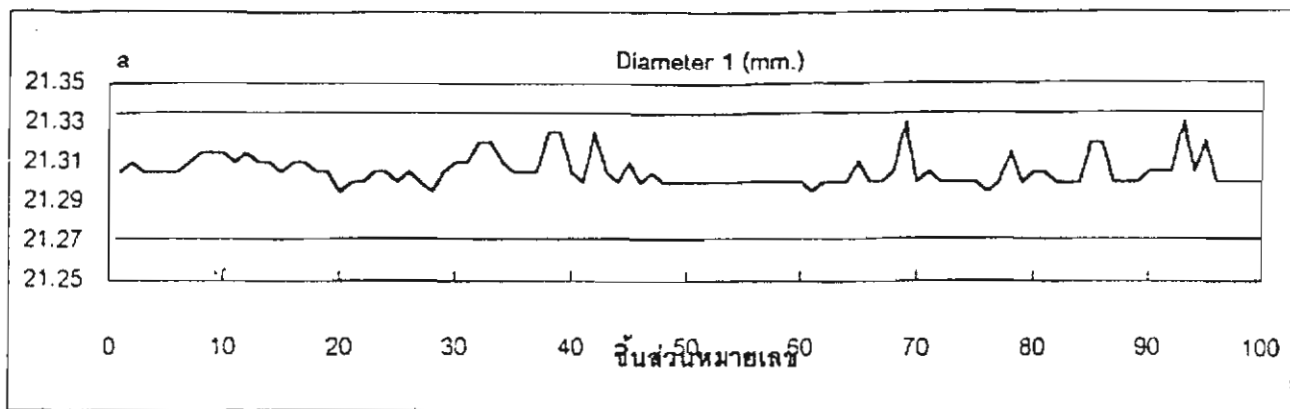
PCB

Instrumentation and Control Research Laboratory			
Institute for Science and Technology Research and Development			
Subject	Single Purpose Lattice	Designed by	Thawan
Project	SIC Production Line	Date:	26 Oct. 96
File:	SIDE40	Scale:	1:1
		Drawing No.	0

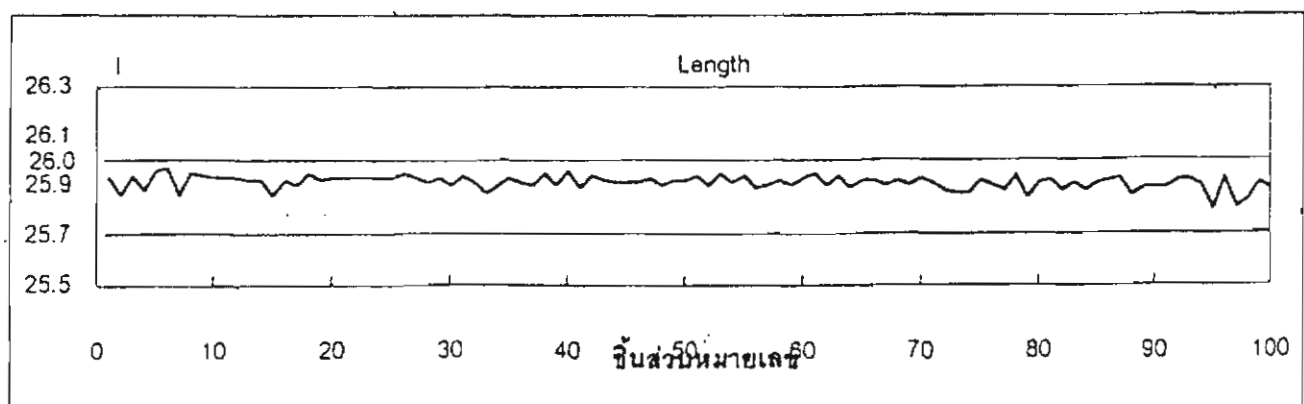
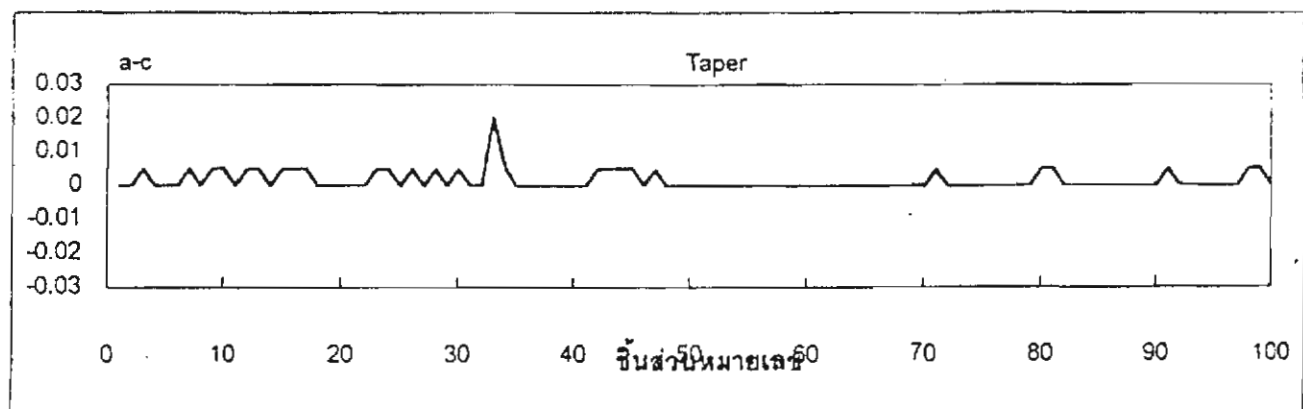
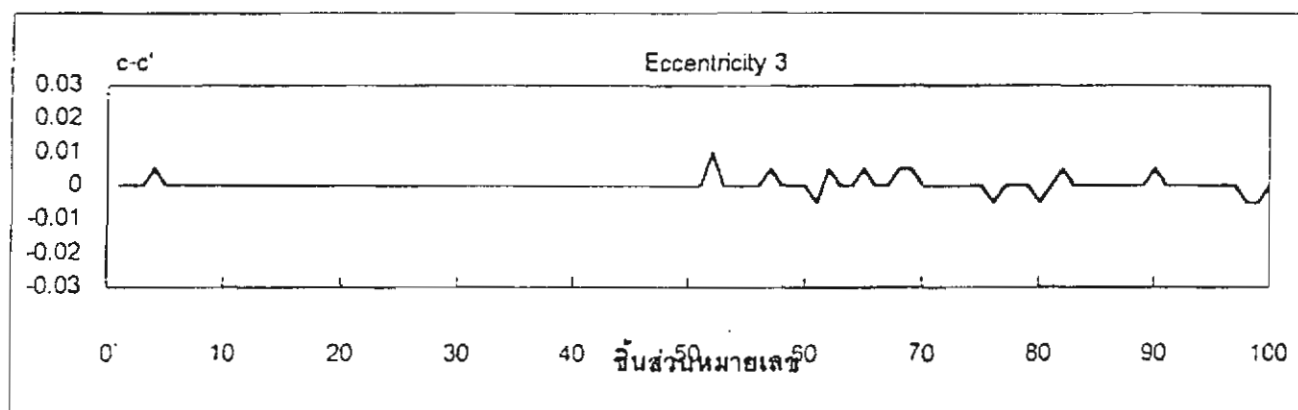
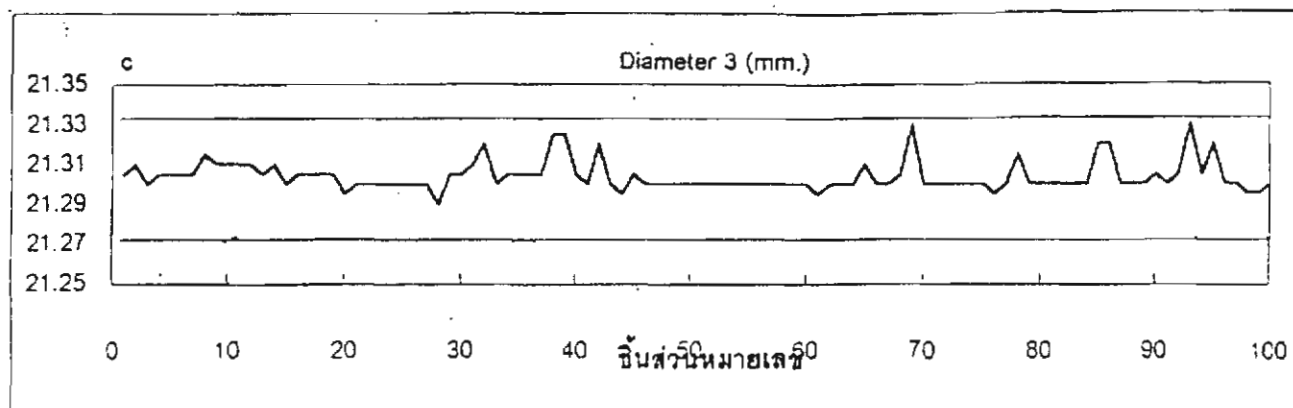
Appendix F. Test Result Run 1 (continue).



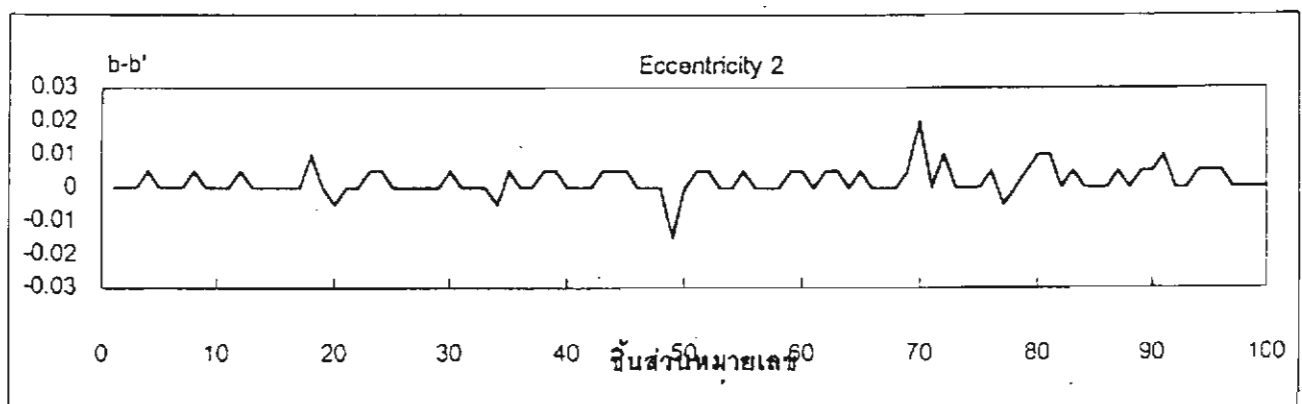
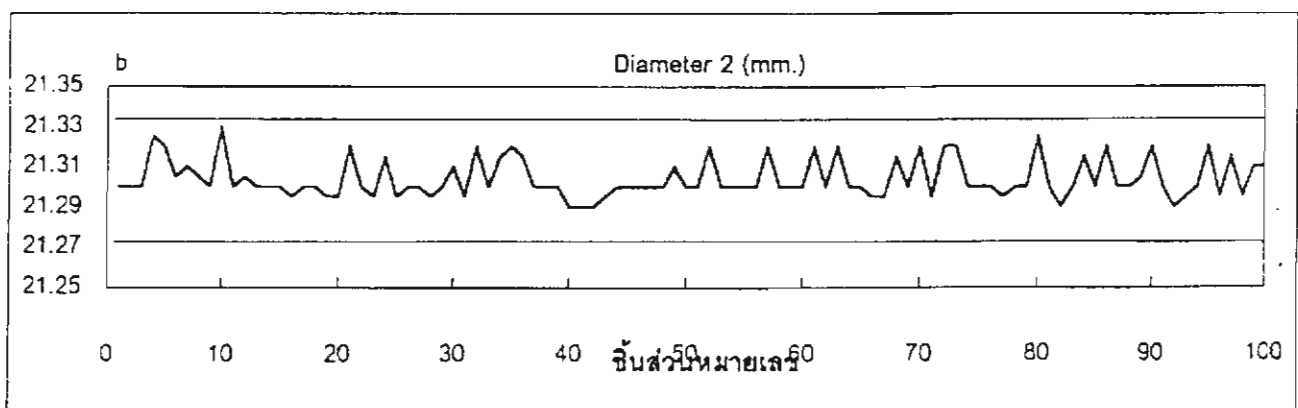
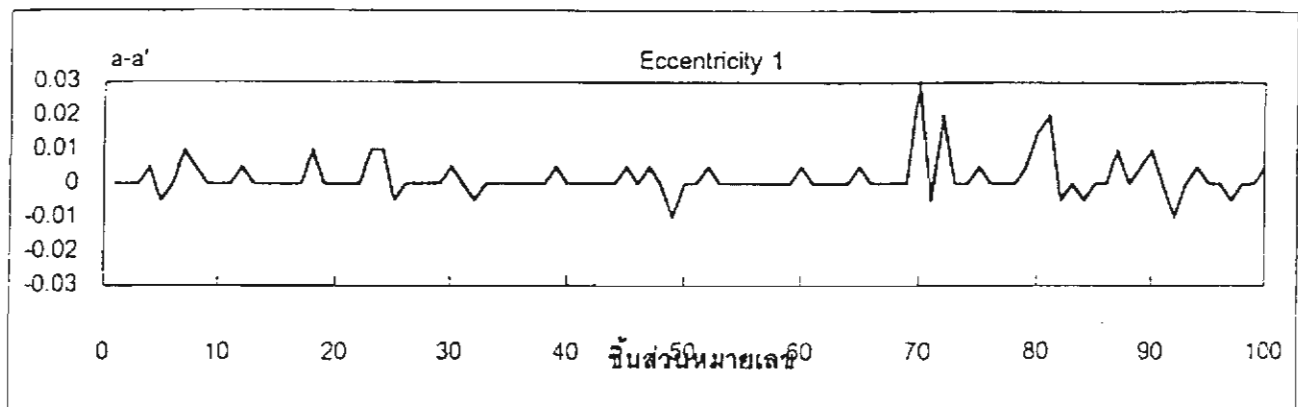
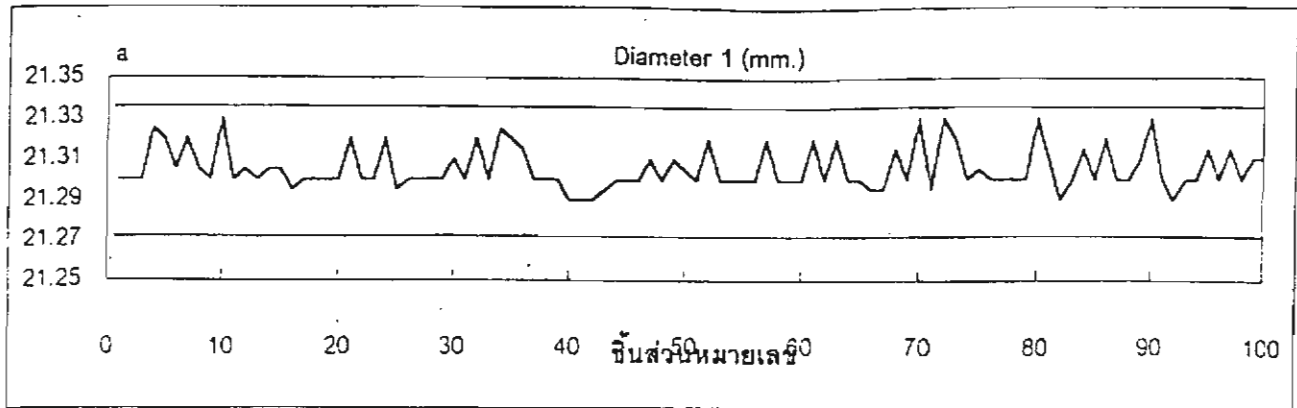
Appendix F. Test Result Run 2.



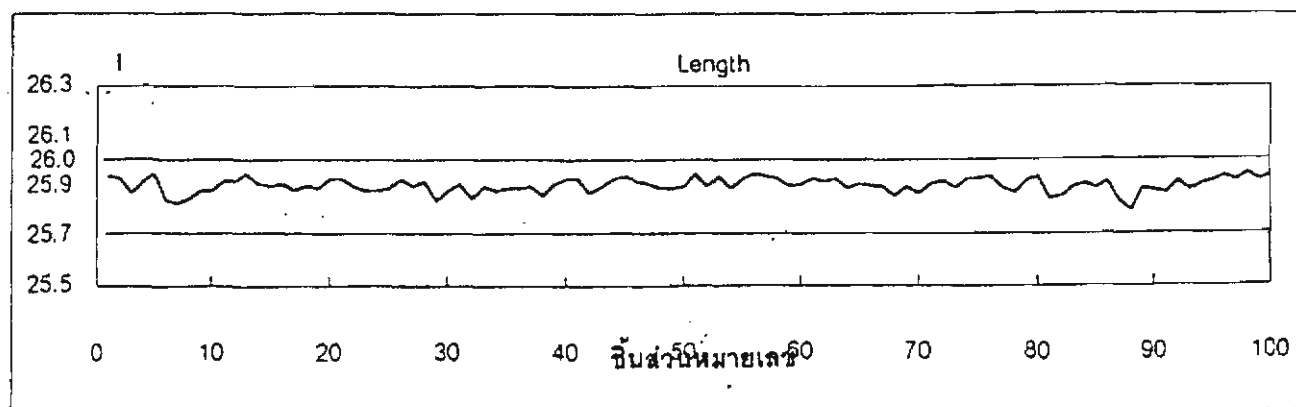
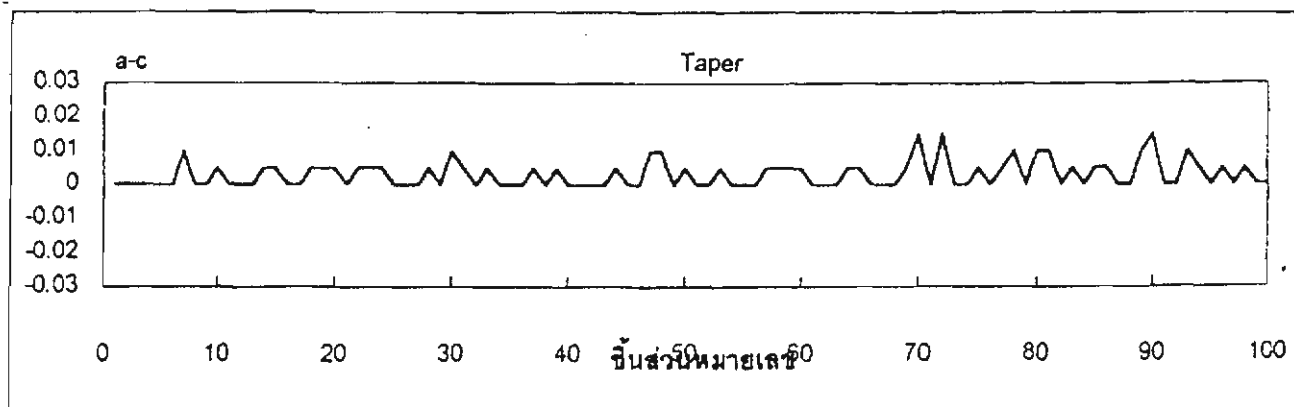
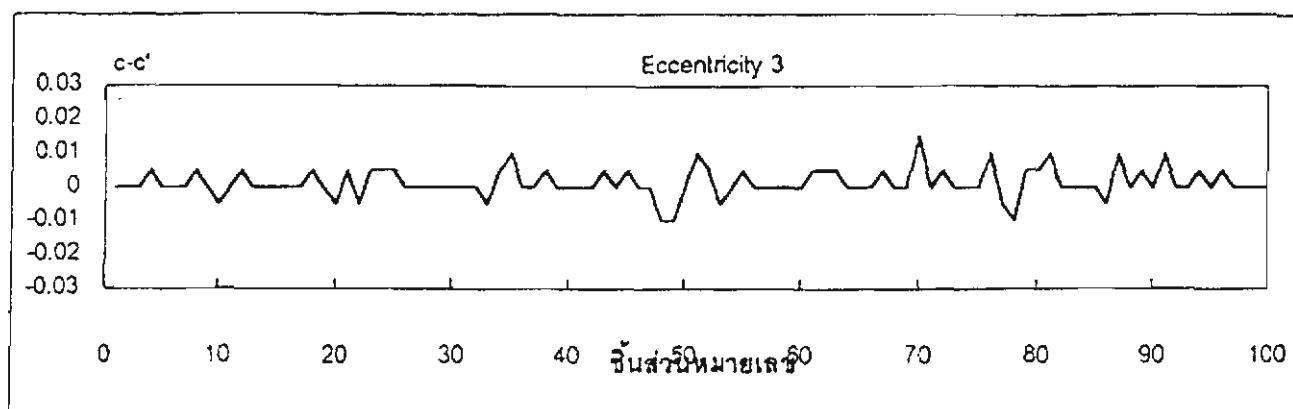
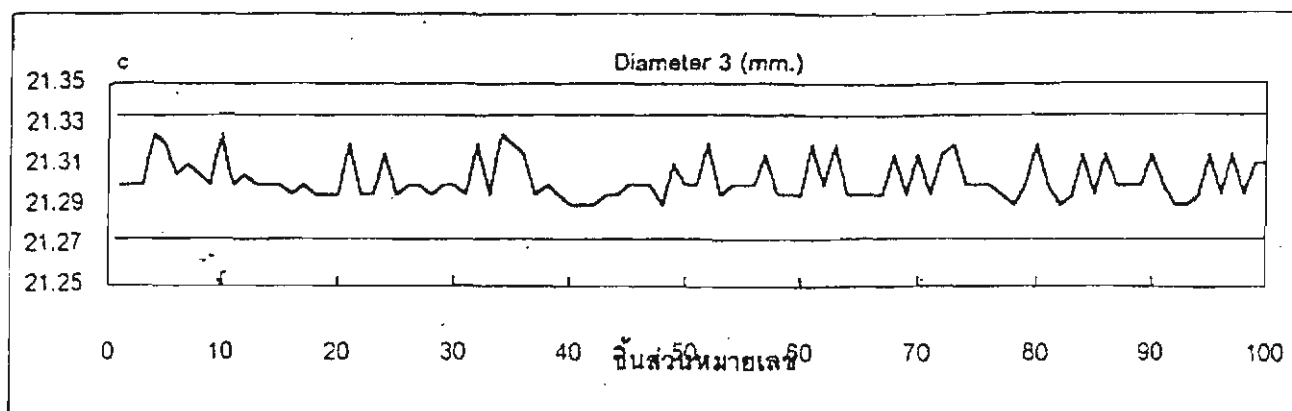
Appendix F. Test Result Run 2 (continue).



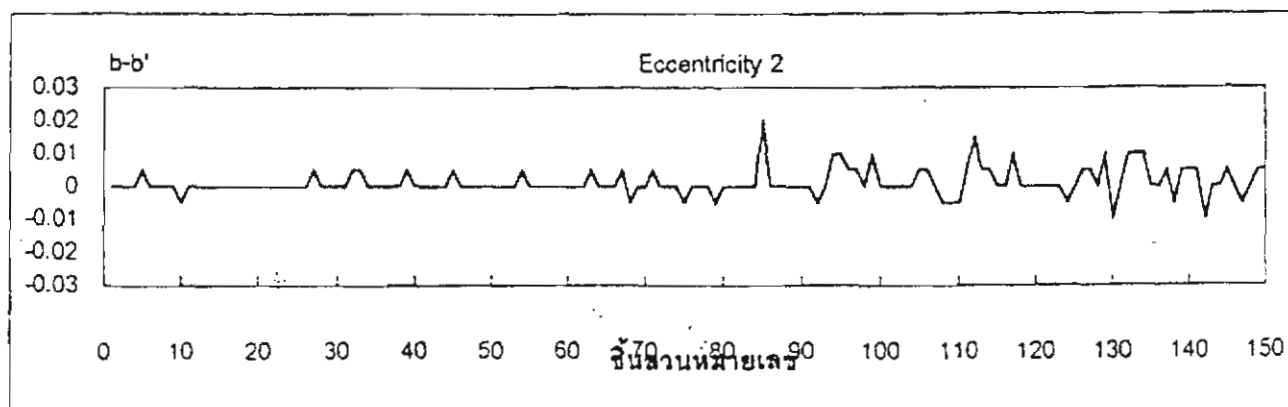
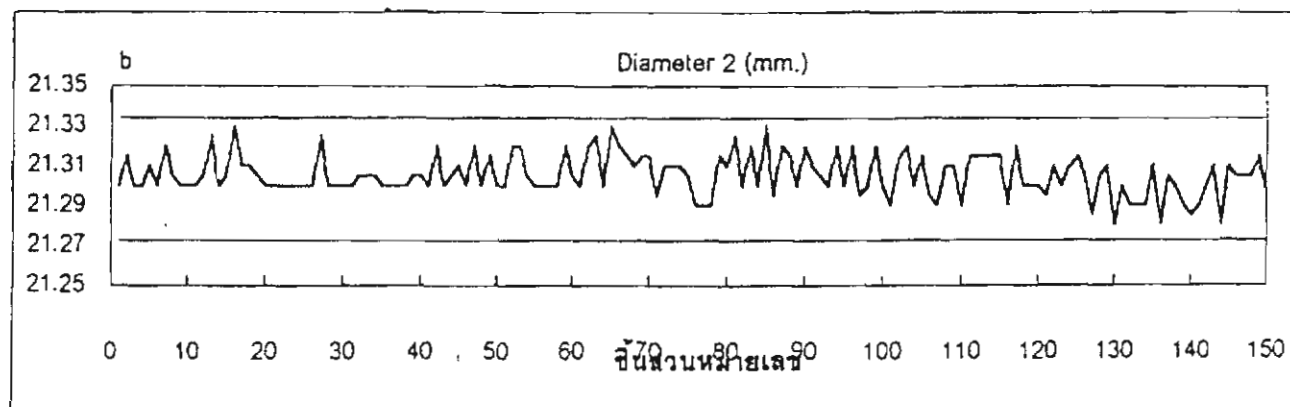
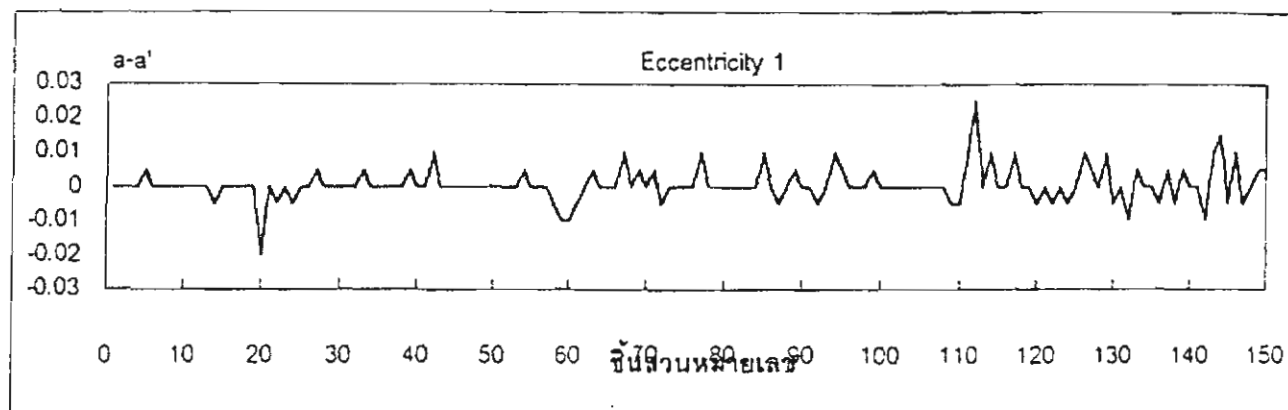
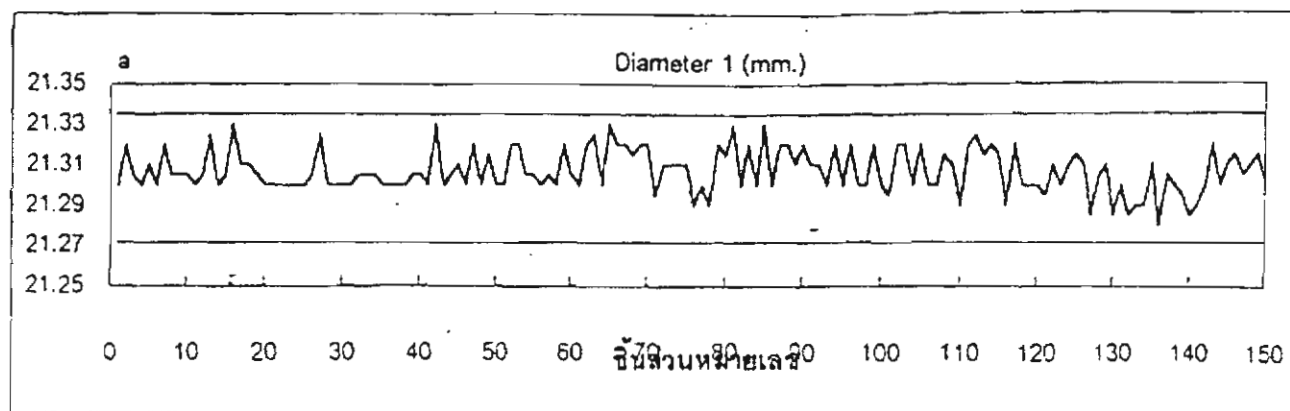
Appendix F. Test Result Run 3.



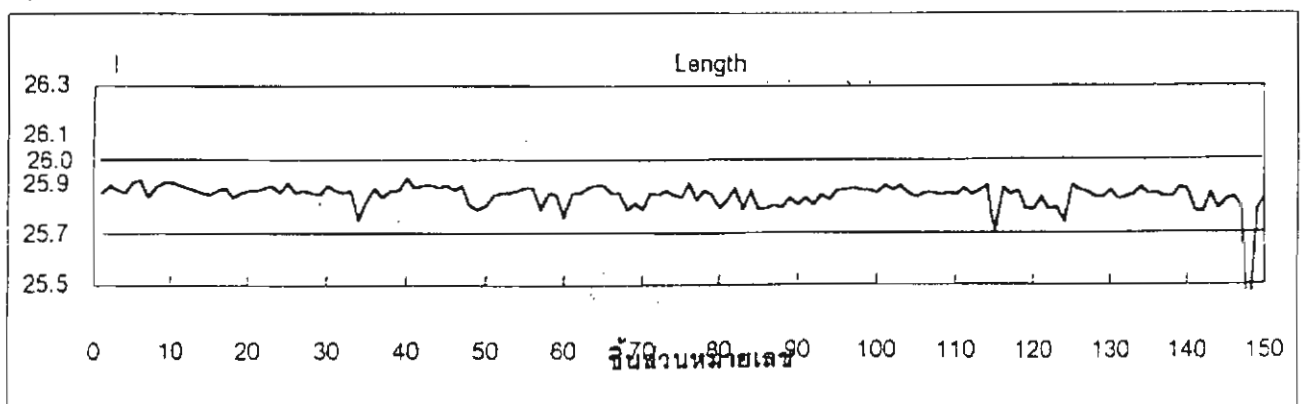
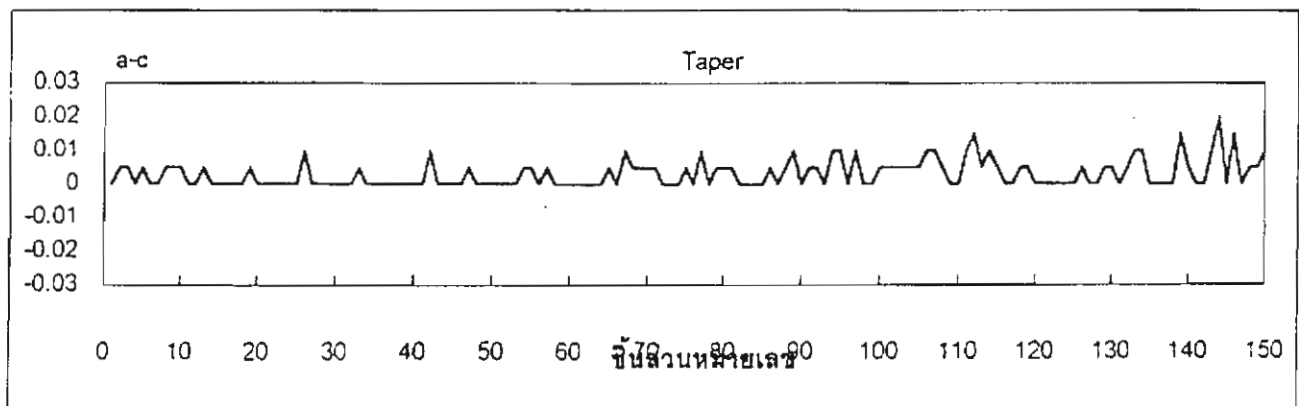
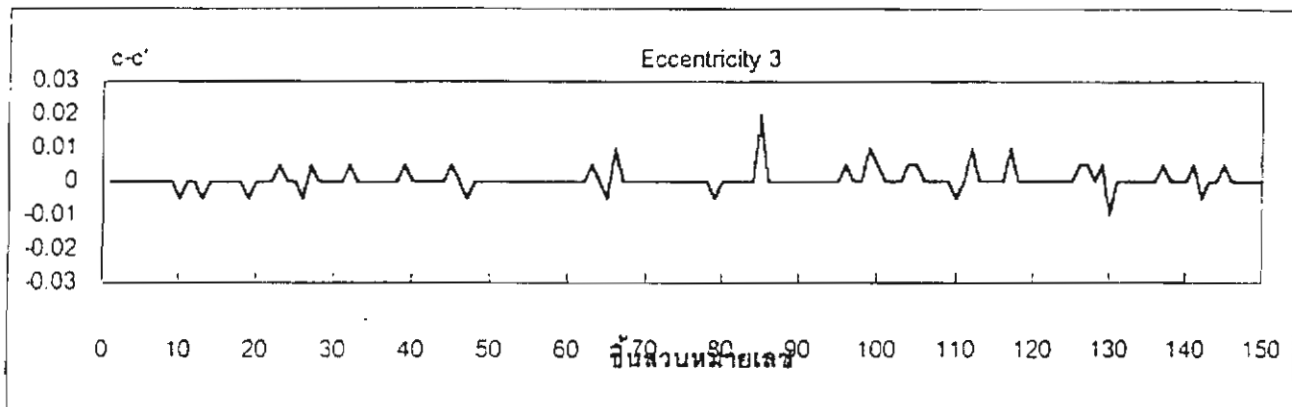
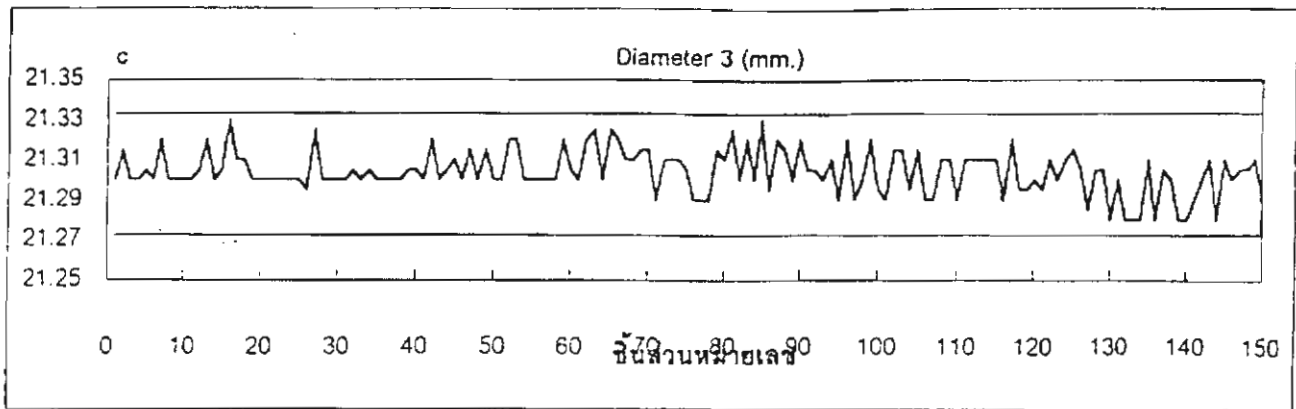
Appendix F. Test Result Run 3 (continue).



Appendix F. Test Result Run 4.

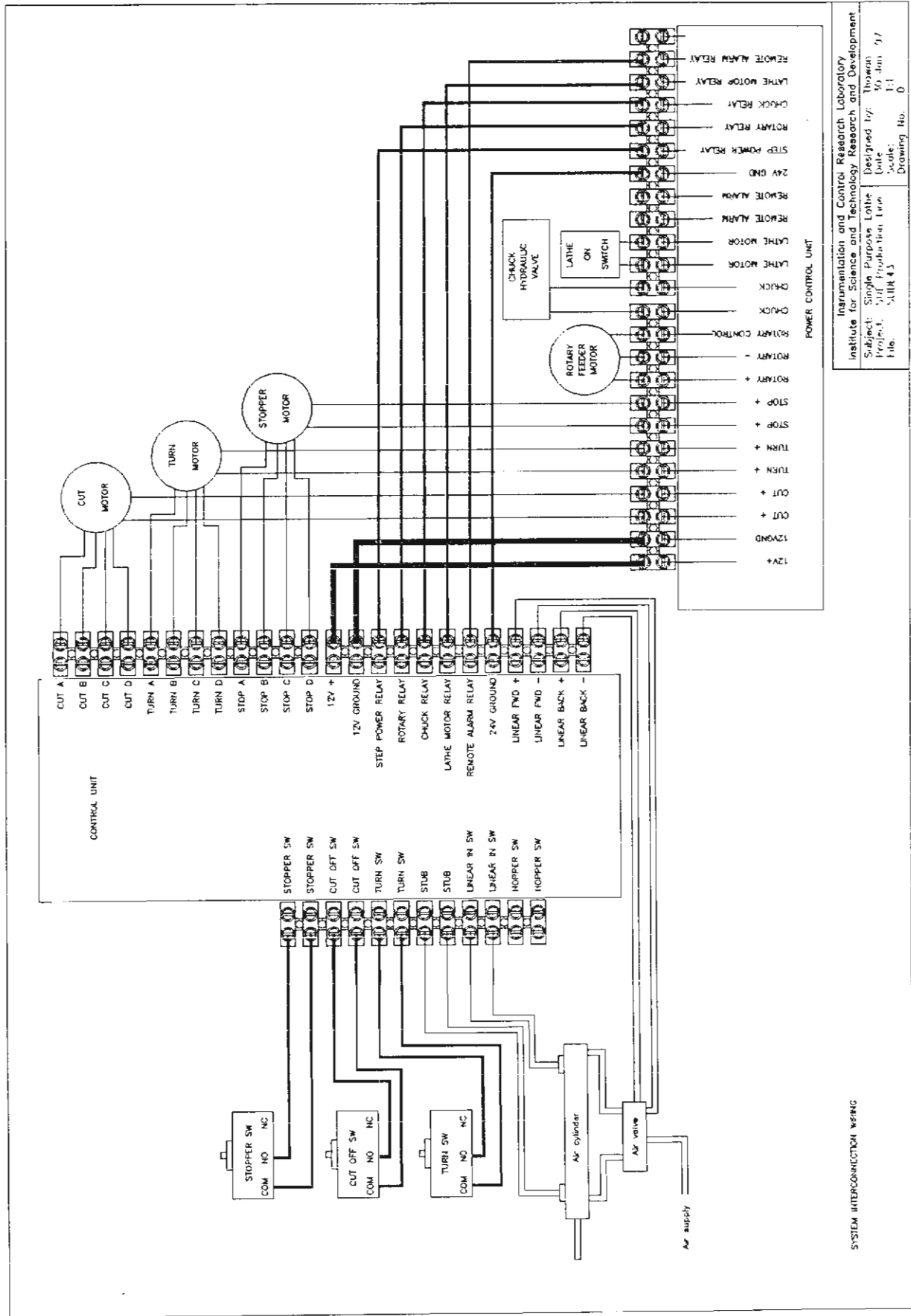


Appendix F. Test Result Run 4 (continue).



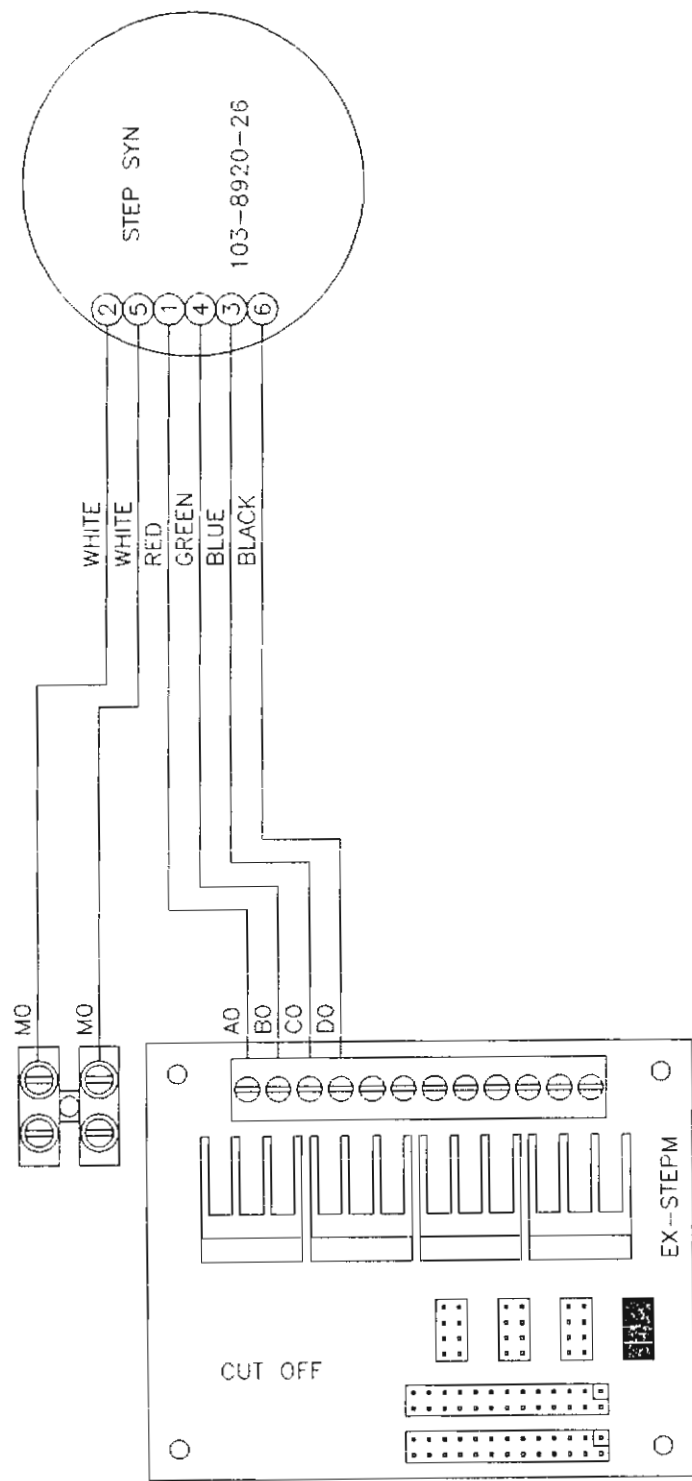
Appendix G. Drawings.

The technical drawings for the control system and mechanical parts are in the following pages:



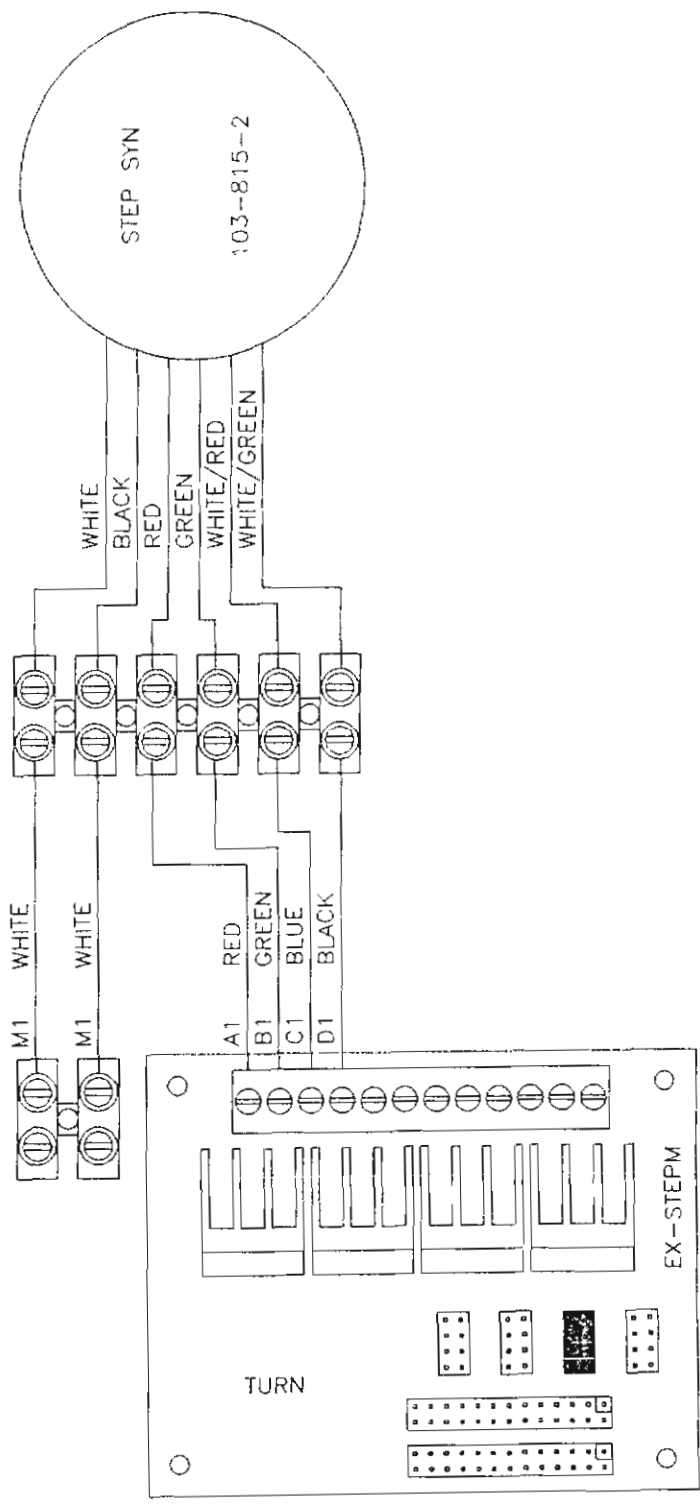
Instrumentation and Control Research Laboratory
 Institute for Science and Technology Research and Development
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: 501 Production Line
 File: 501R 43
 Date: 30 Jan '97
 Scale: 1:1
 Drawing No. 0

SYSTEM INTERCONNECTION WIRING



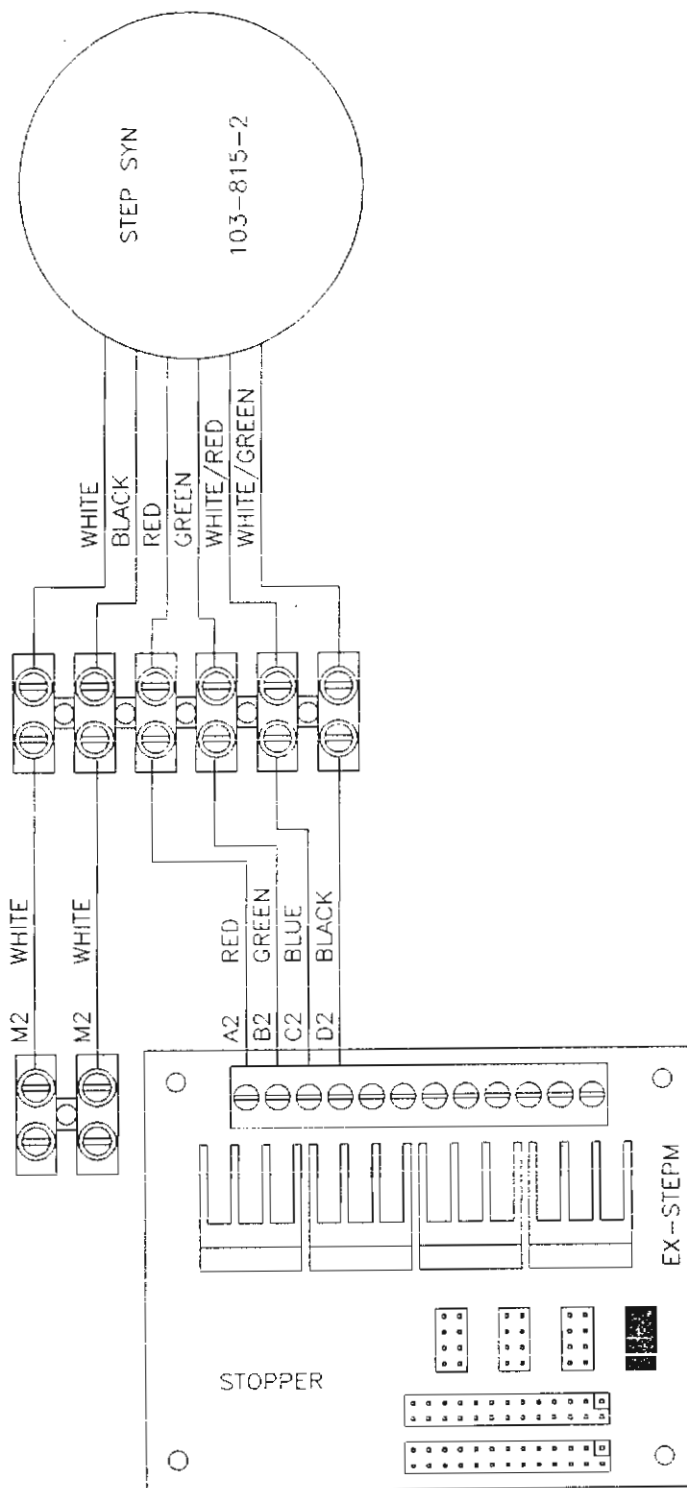
CROSS SLIDE MOTOR WIRING

Instrumentation and Control Research Laboratory	
Institute for Science and Technology Research and Development	
Subject: Single Purpose Lath	Designed by: Thawan
Project: SUG Production Line	Date: 28 Oct. 96
File: SLIDE31	Scale: 1:1
	Drawing No. 0



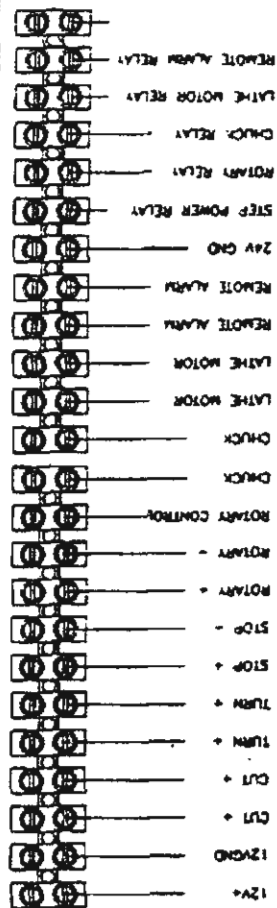
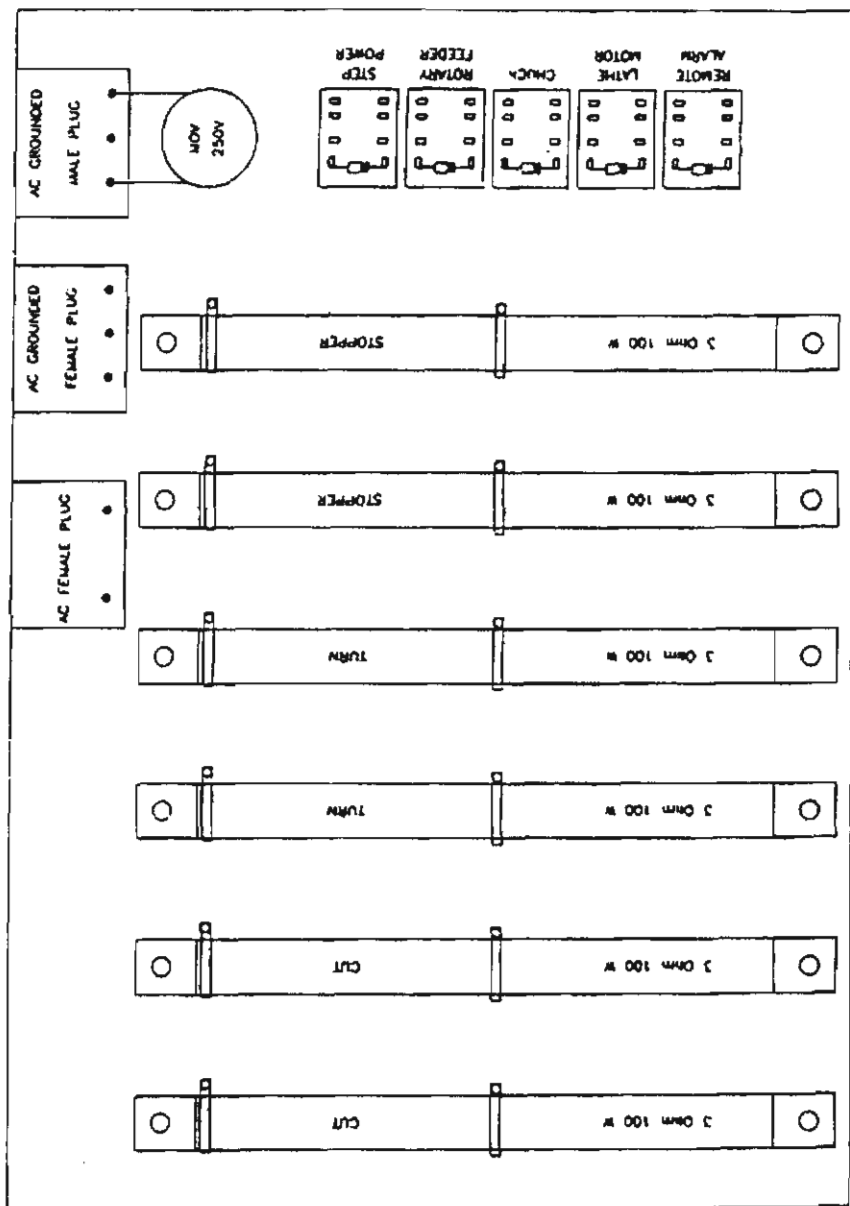
TURN SLIDE MOTOR WIRING

Instrumentation and Control Research Laboratory			
Institute for Science and Technology Research and Development			
Subject: Single Purpose Lath	Designed by: Thurn	20 Oct '96	
Project: SUT Production Line	Date: 20	11	
File: SUEE.12	Scale:	Drawing No. 0	



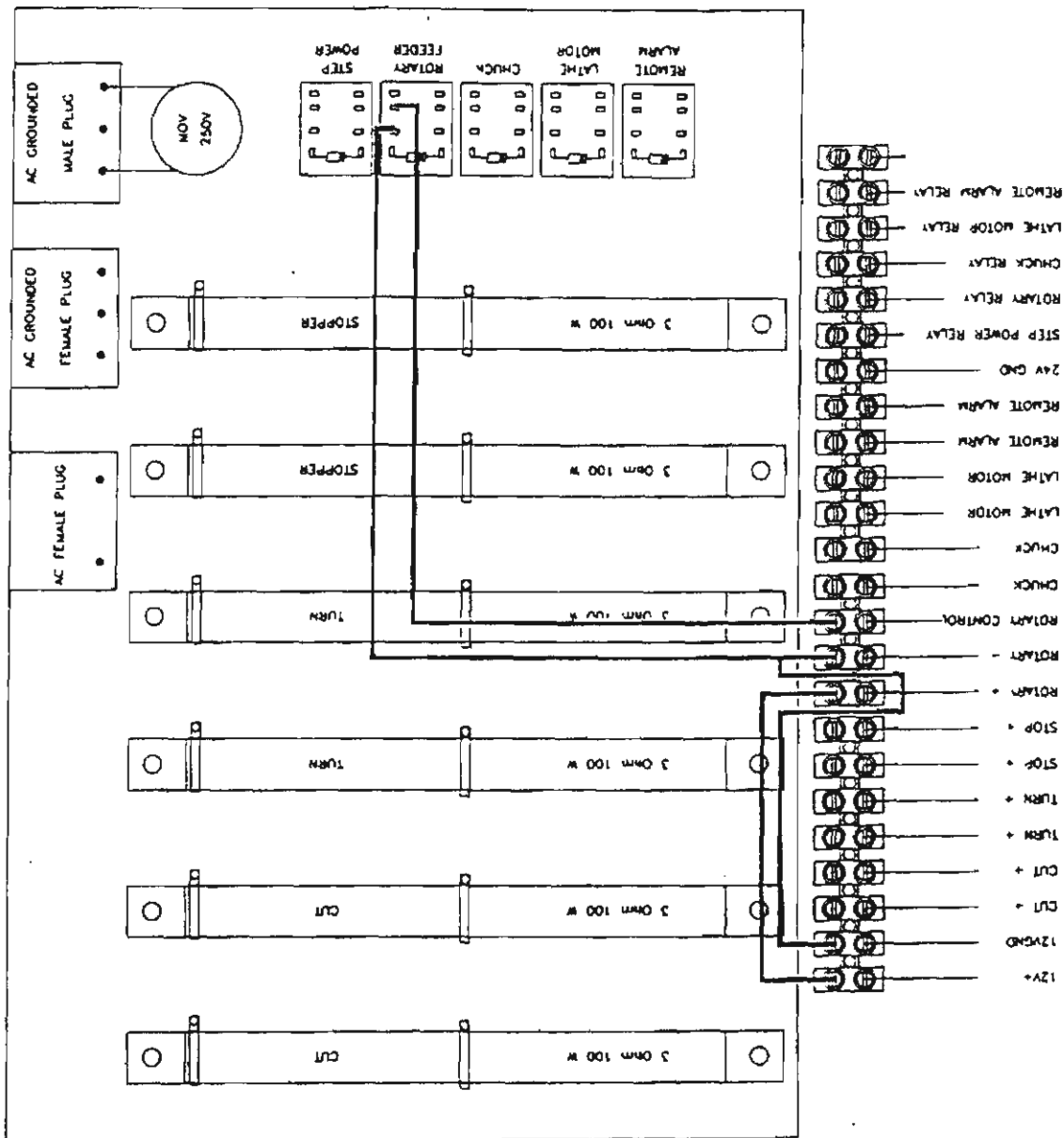
STOPPER MOTOR WIRING

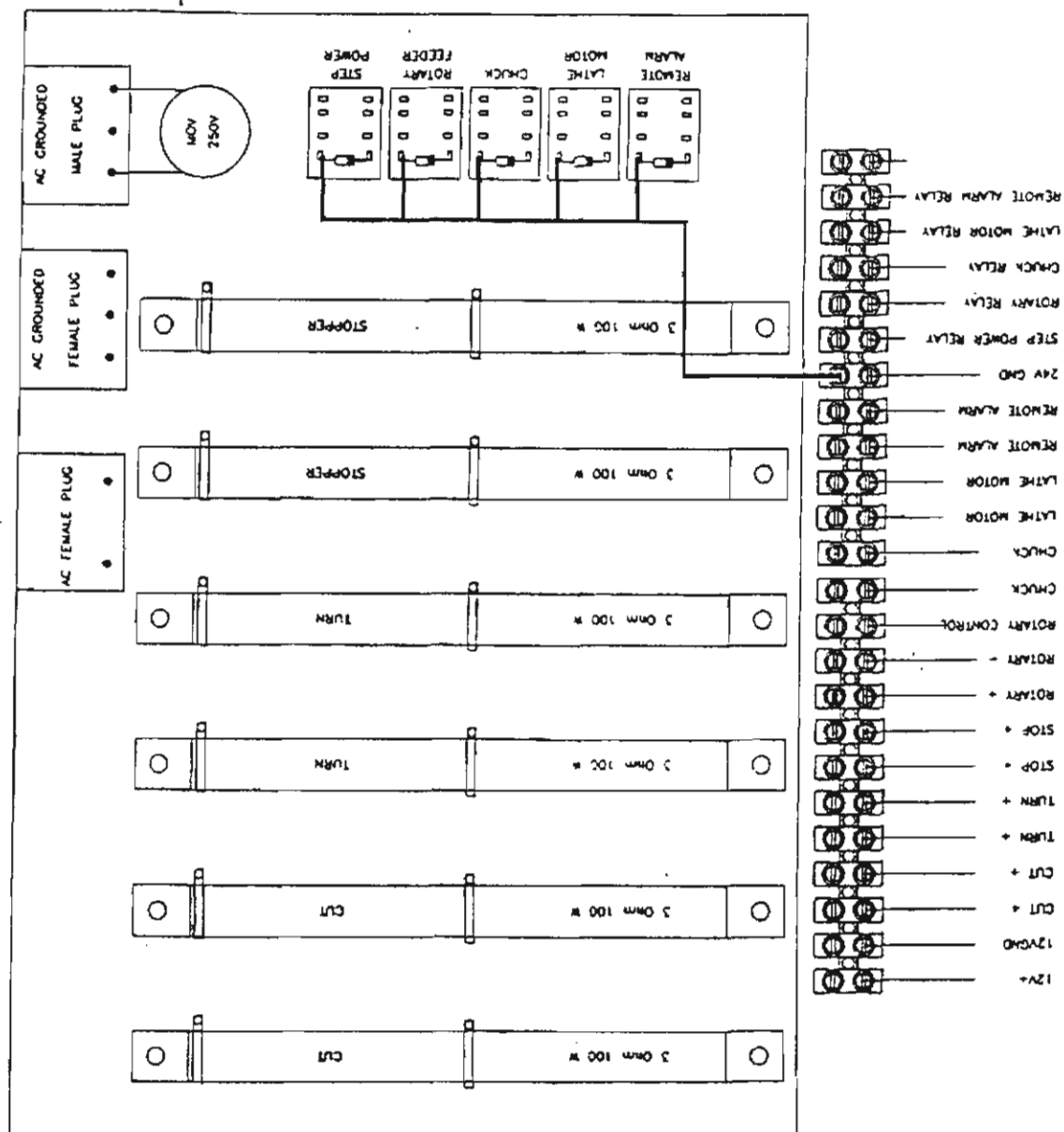
Instrumentation and Control Research Laboratory			
Institute for Science and Technology Research and Development			
Subject: Single Purpose Lathe	Designed by: Thawon	Date: 26 Oct '96	
Project: SUE Production Line	Scale: 1:1		
File: SLIDE 33	Drawing No: 0		



POWER CONTROL UNIT

Institute for Science and Control Research Laboratory
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SUE Production Line
 File: SLIDE42
 Designed by: Thawon
 Date: 26 Oct. 96
 Scale: 1:2
 Drawing No. 0

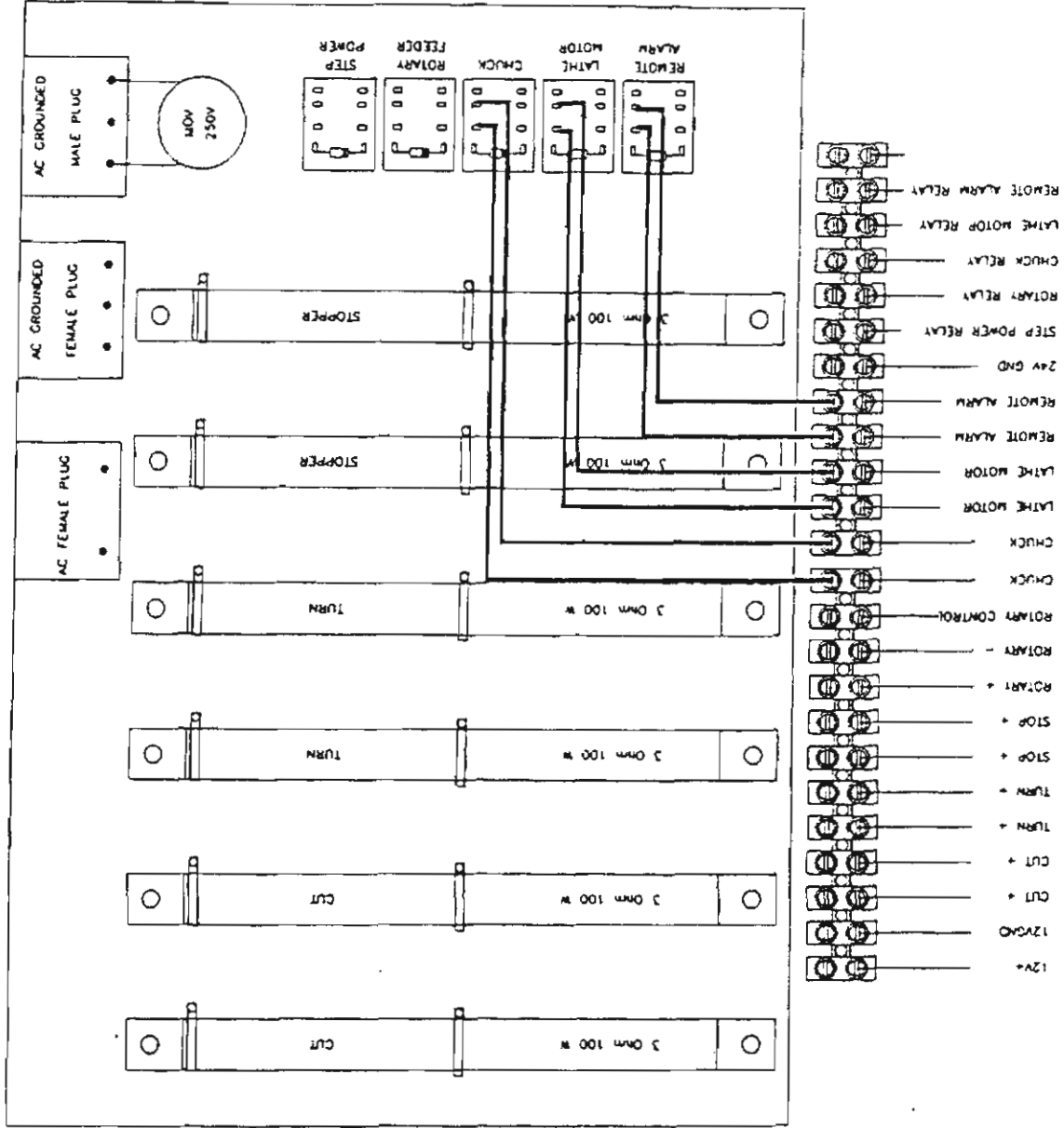




POWER CONTROL UNIT

444

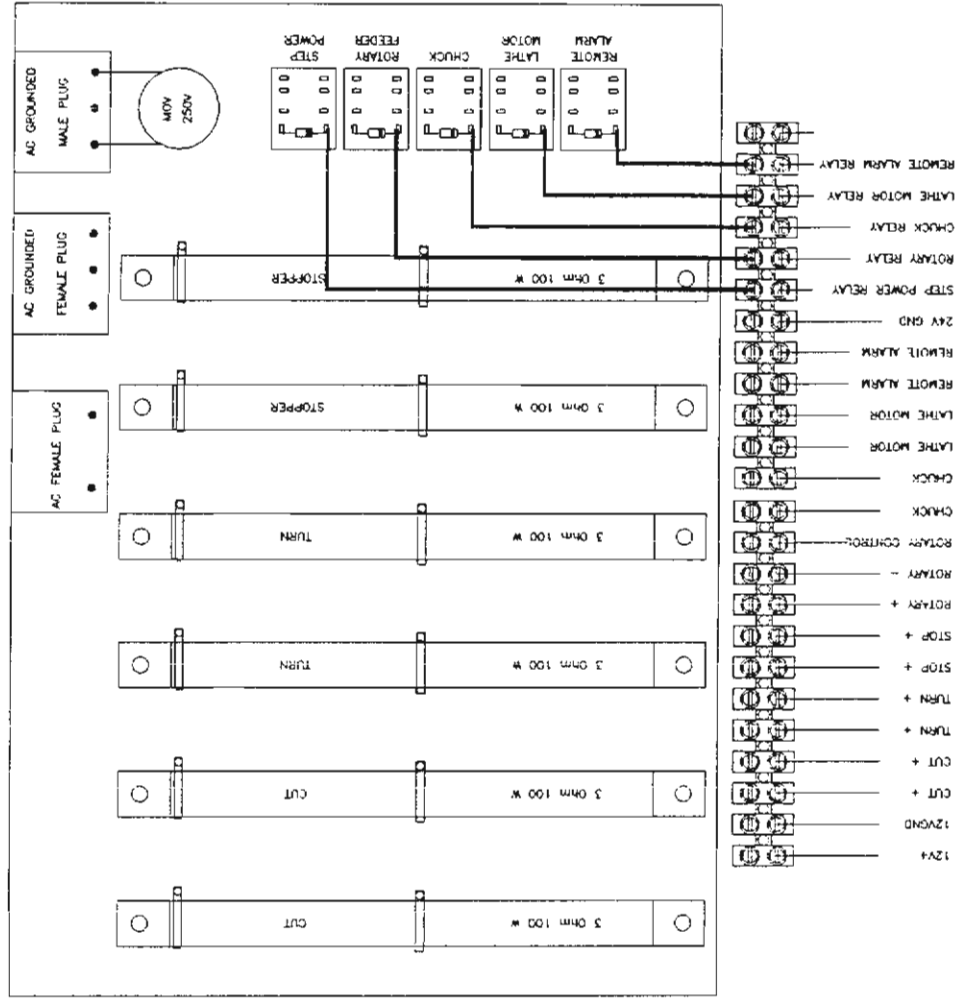
Instrumentation and Control Research Laboratory Institute for Science and Technology Research and Development	
Subject: Single Purpose Lathe	Designed by: Thawon
Project: SUE Production Line	Date: 26 Oct 96
File: SLIDE42	Scale: 1:2
	Drawing No. 0



POWER CONTROL UNIT

CONTROL

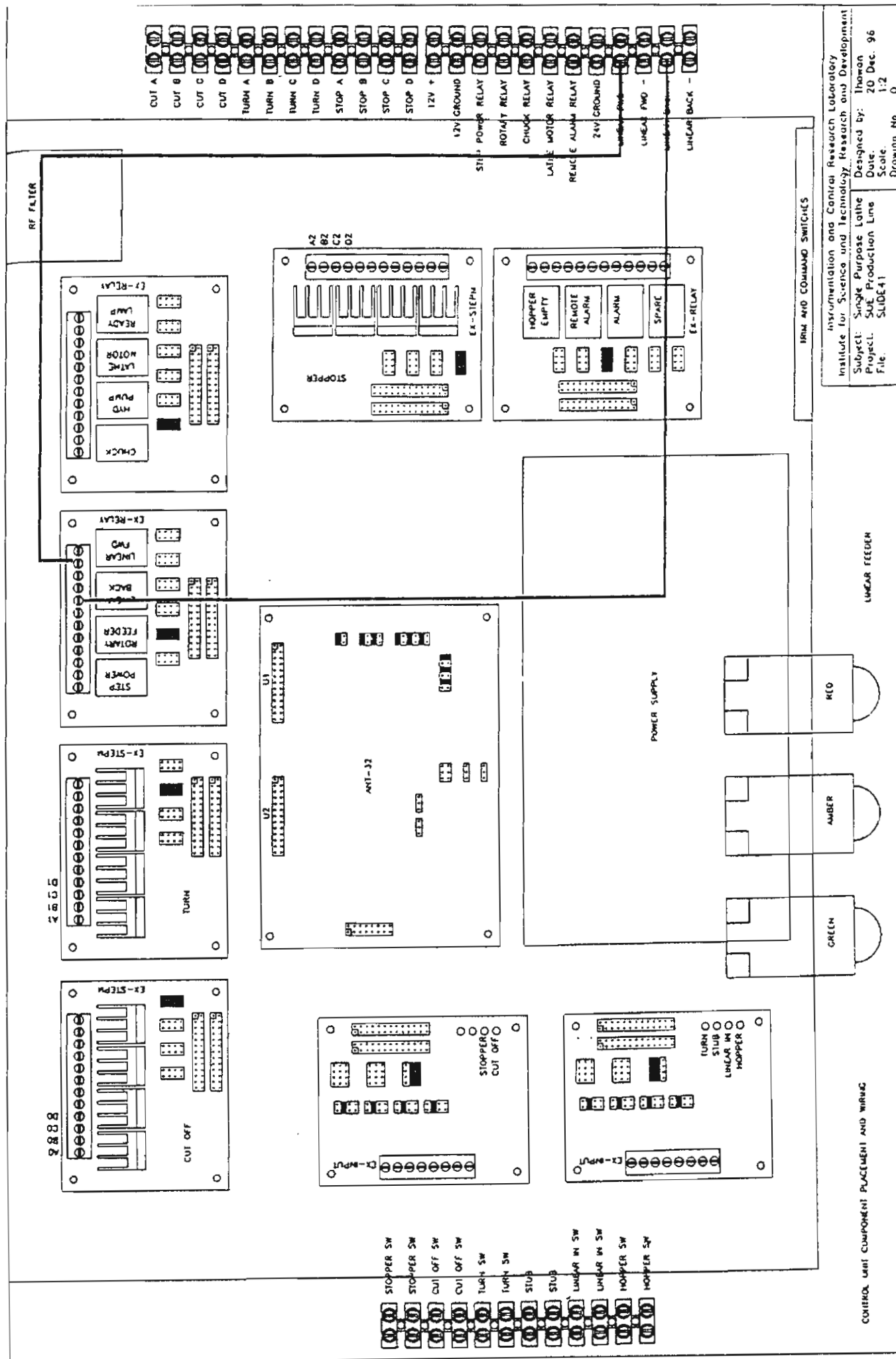
Instrumentation and Control Research Laboratory	
Institute for Science and Technology Research and Development	
Subject	Single Purpose Lathe
Project	SUE Production Line
File	SLIDE42
Designed by:	Thawon
Date	26 Oct 96
Scale	1:2
Drawing No	0

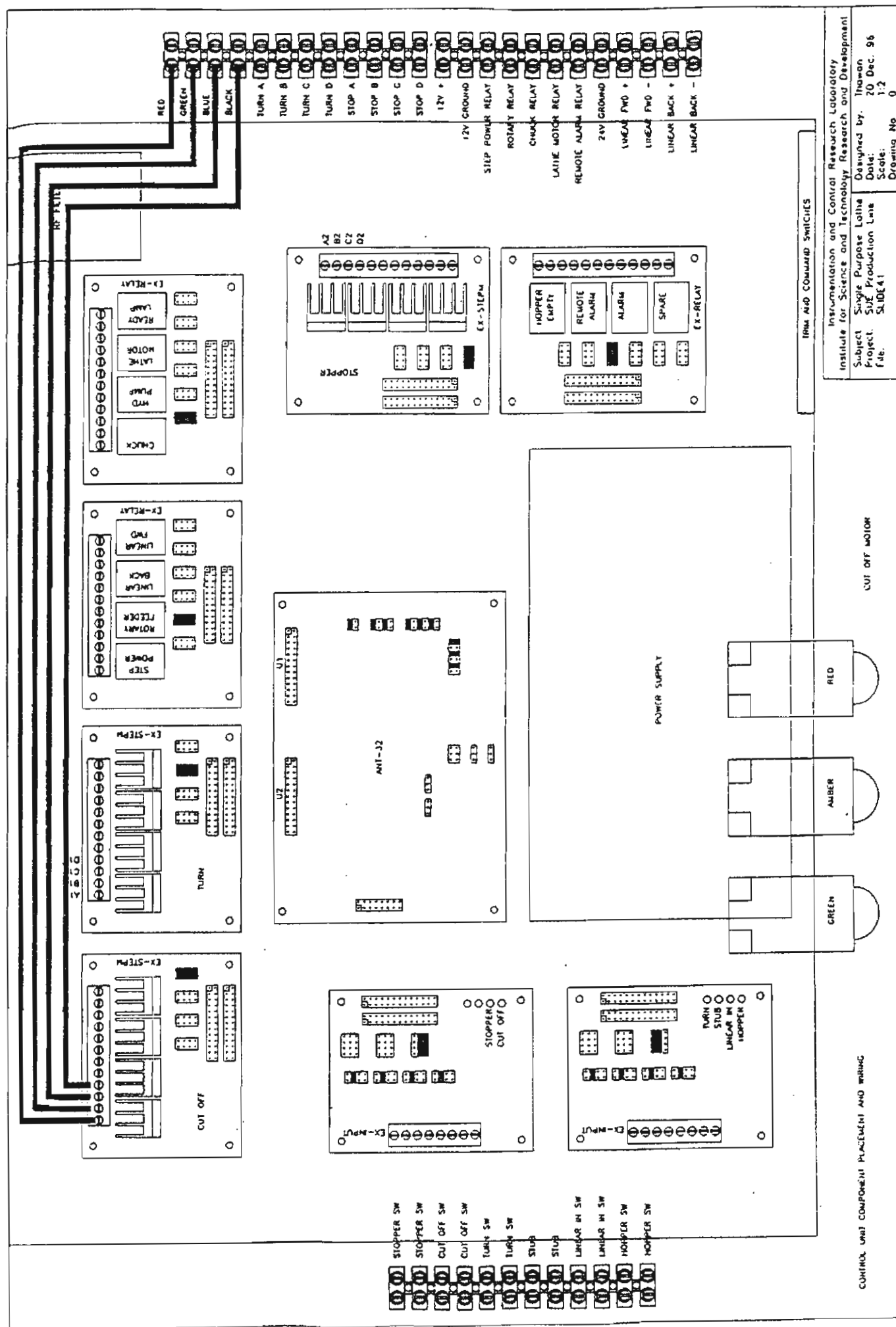


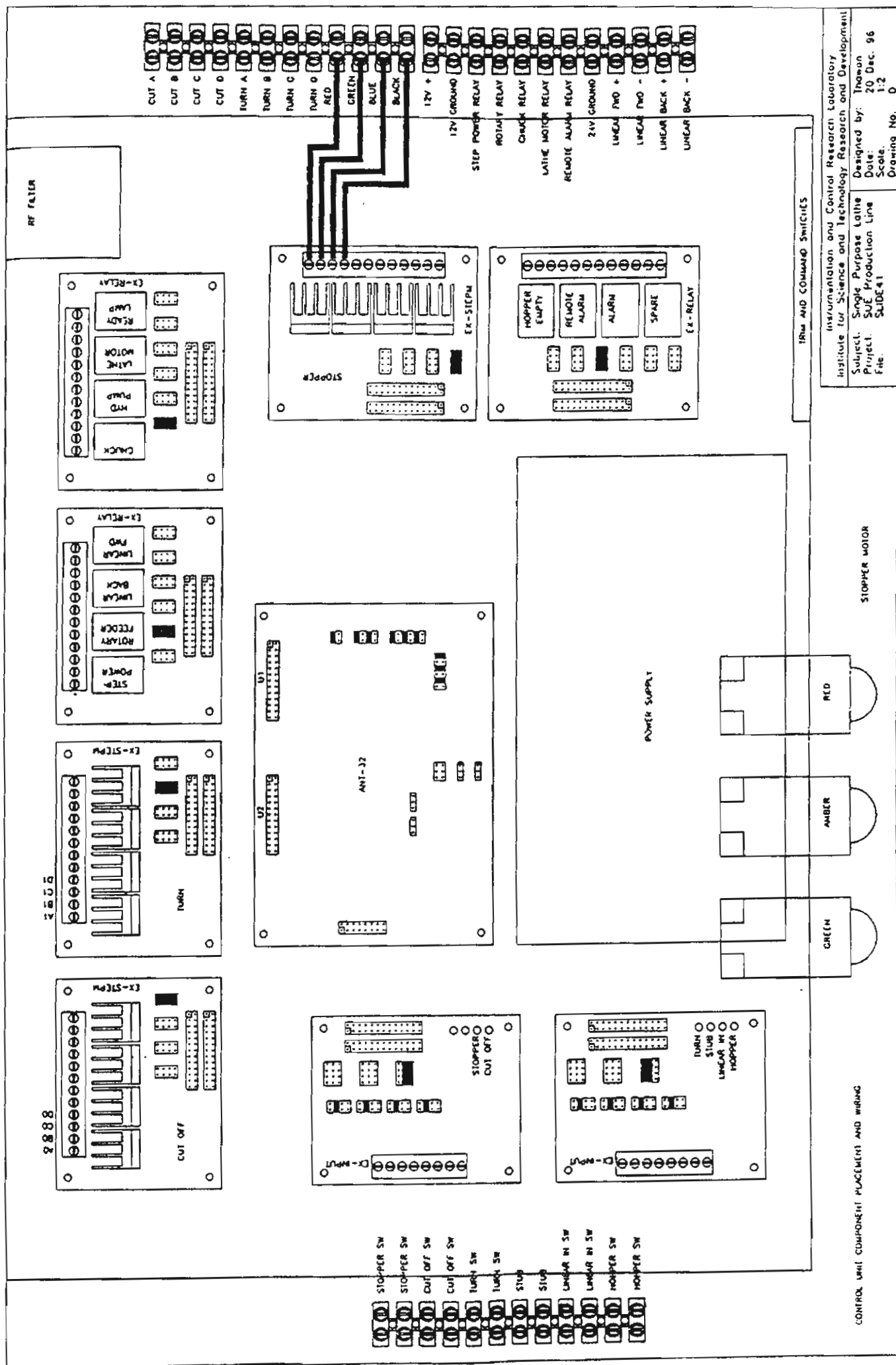
Instrumentation and Control Research Laboratory
 Institute for Science and Technology Research and Development
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SUE Production Line
 File: SLIDE42
 Date: 26 Oct. 96
 Scale: 1:2
 Drawing No. 0

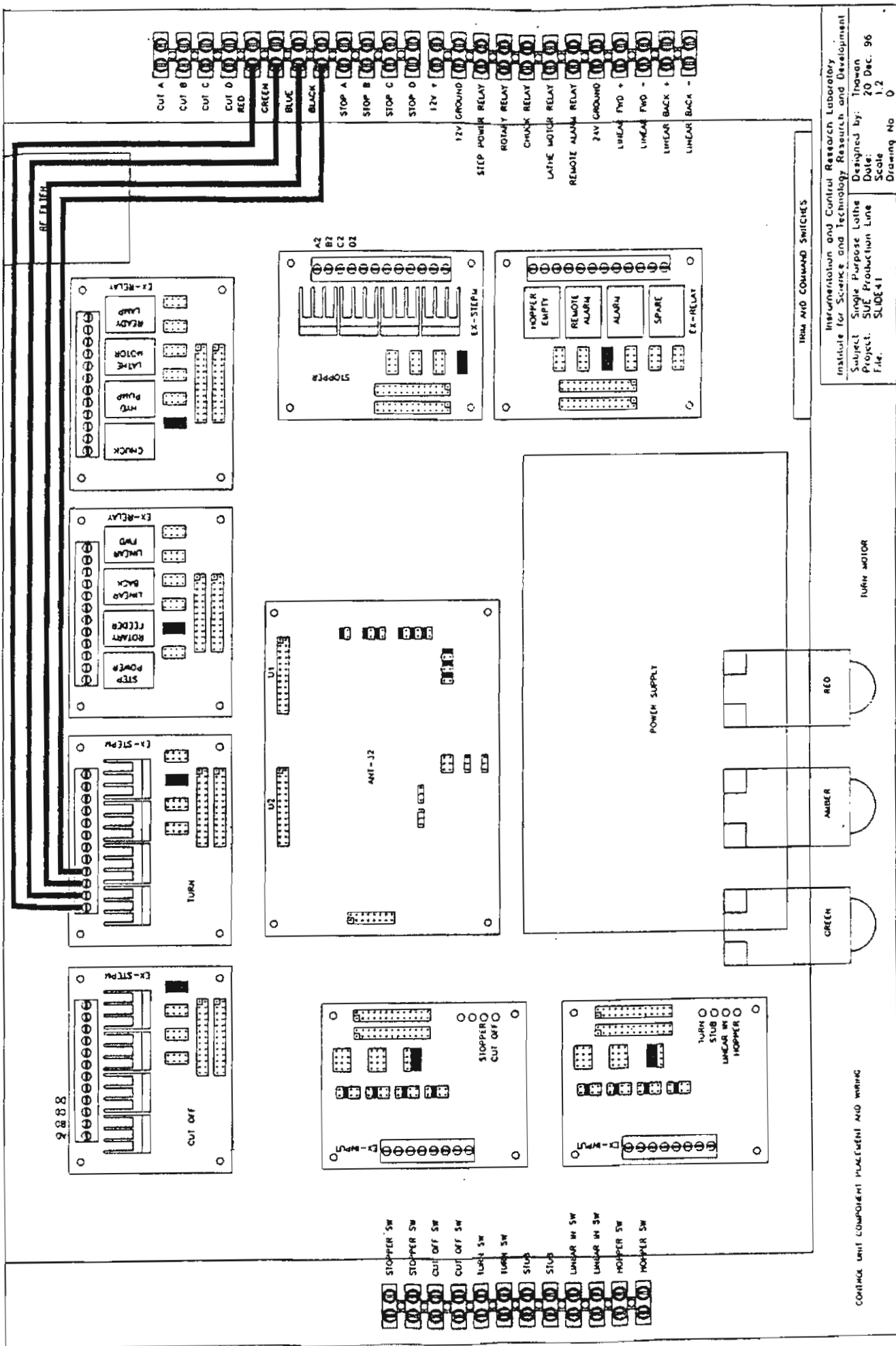
POWER CONTROL UNIT

SLIDE





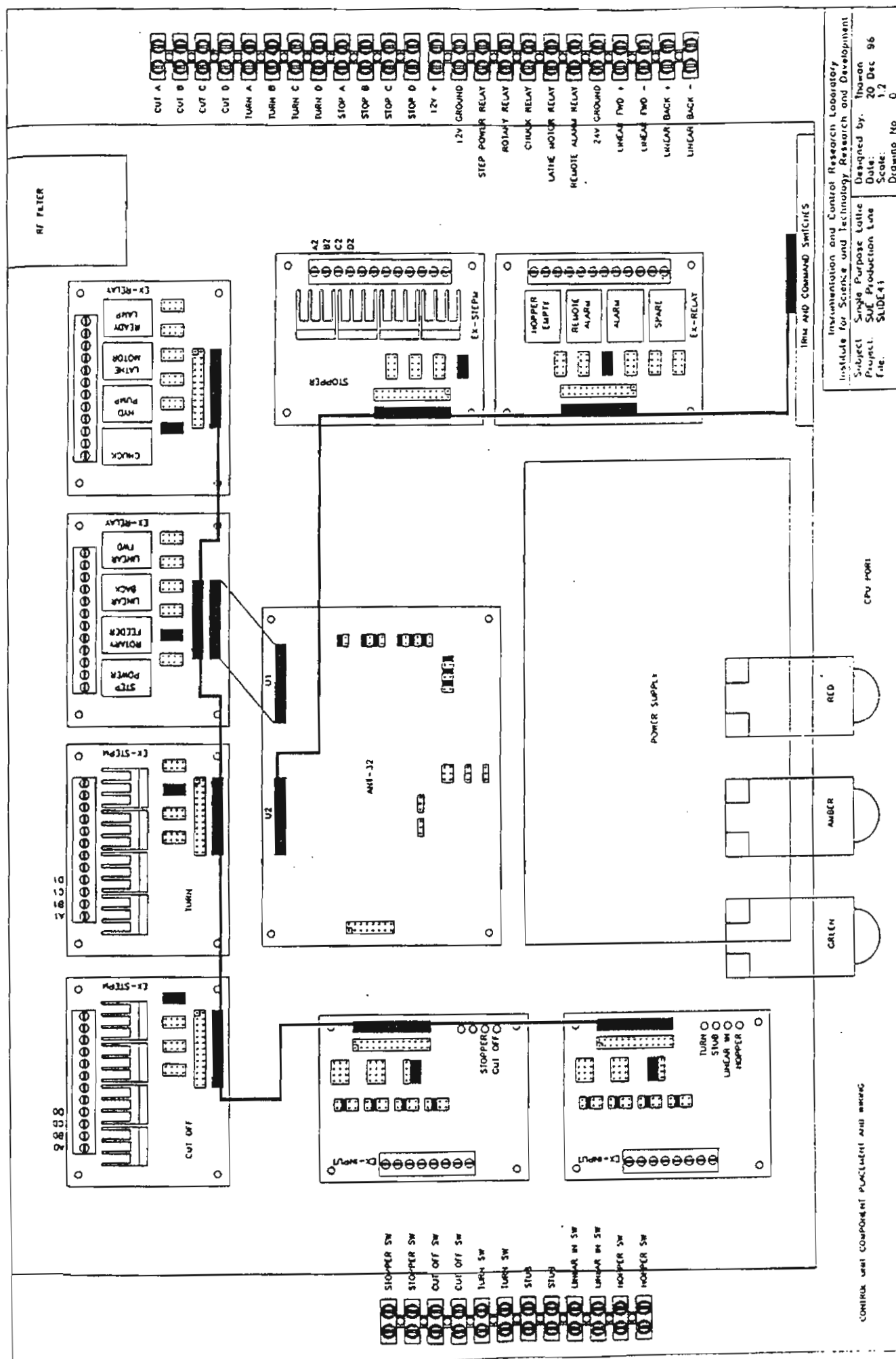


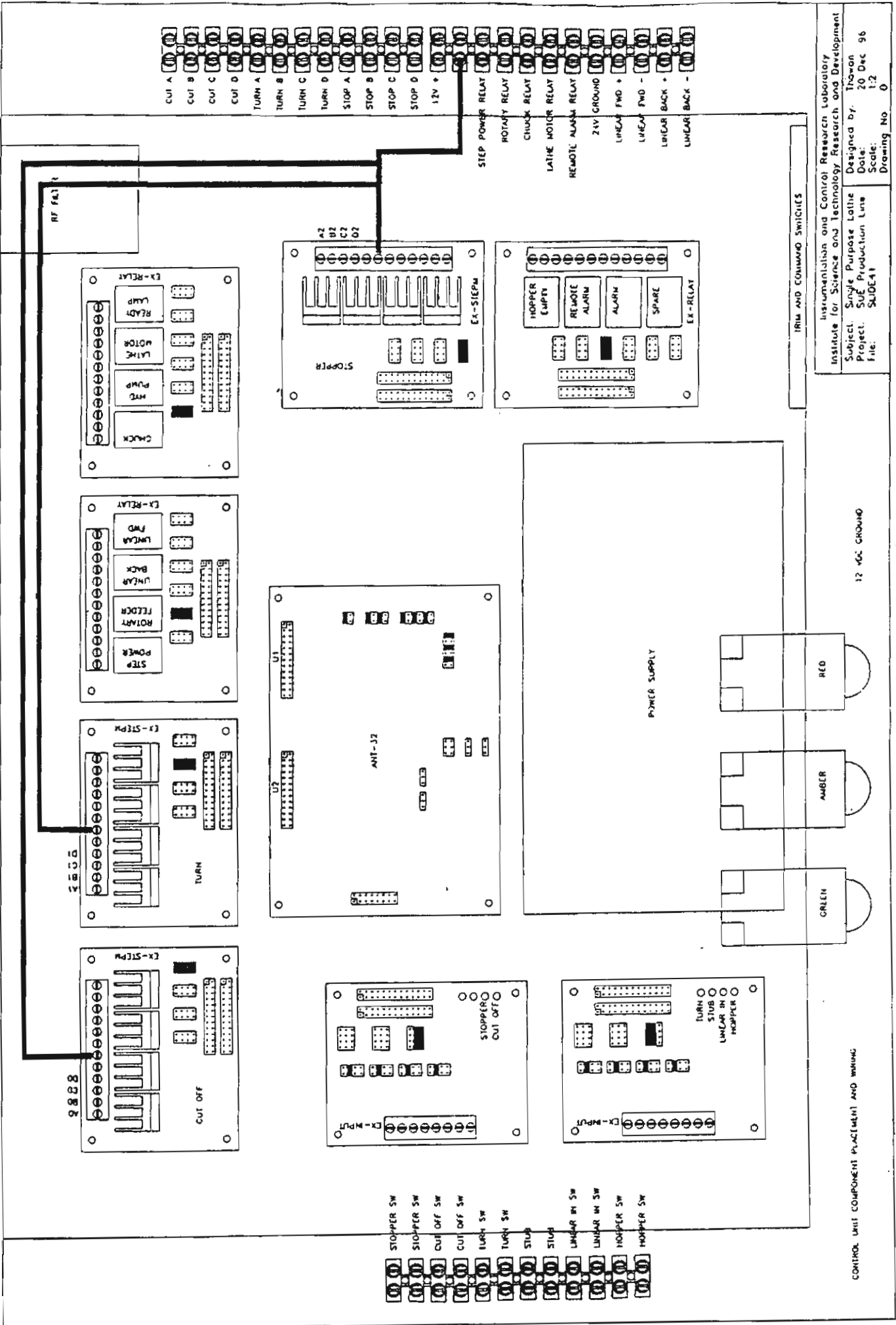


CONTROL UNIT COMPONENT PLACEMENT AND WIRING

TURN AND COMMAND SWITCHES

Institution and Control Research Laboratory
 Institute for Science and Technology Research and Development
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SUE Production Line
 File: SUE41
 Designed by: Inowan
 Date: 20 Dec. 96
 Scale: 1:2
 Drawing No: 0





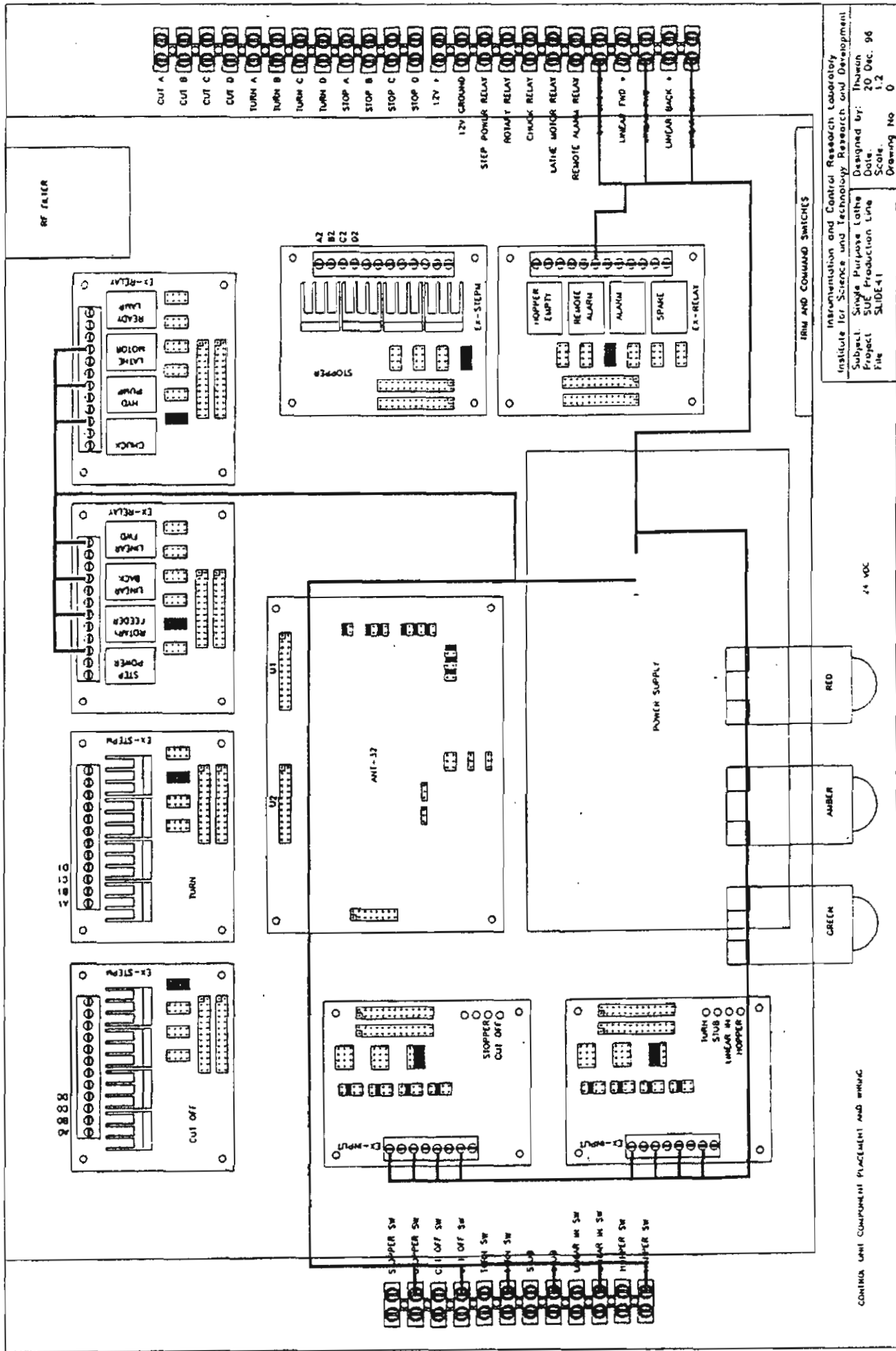
12V GROUND

Institute for Science and Control Research Laboratory
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SUE Production Line
 File: SUE41

12V GROUND

CONTROL UNIT COMPONENT PLACEMENT AND WIRING

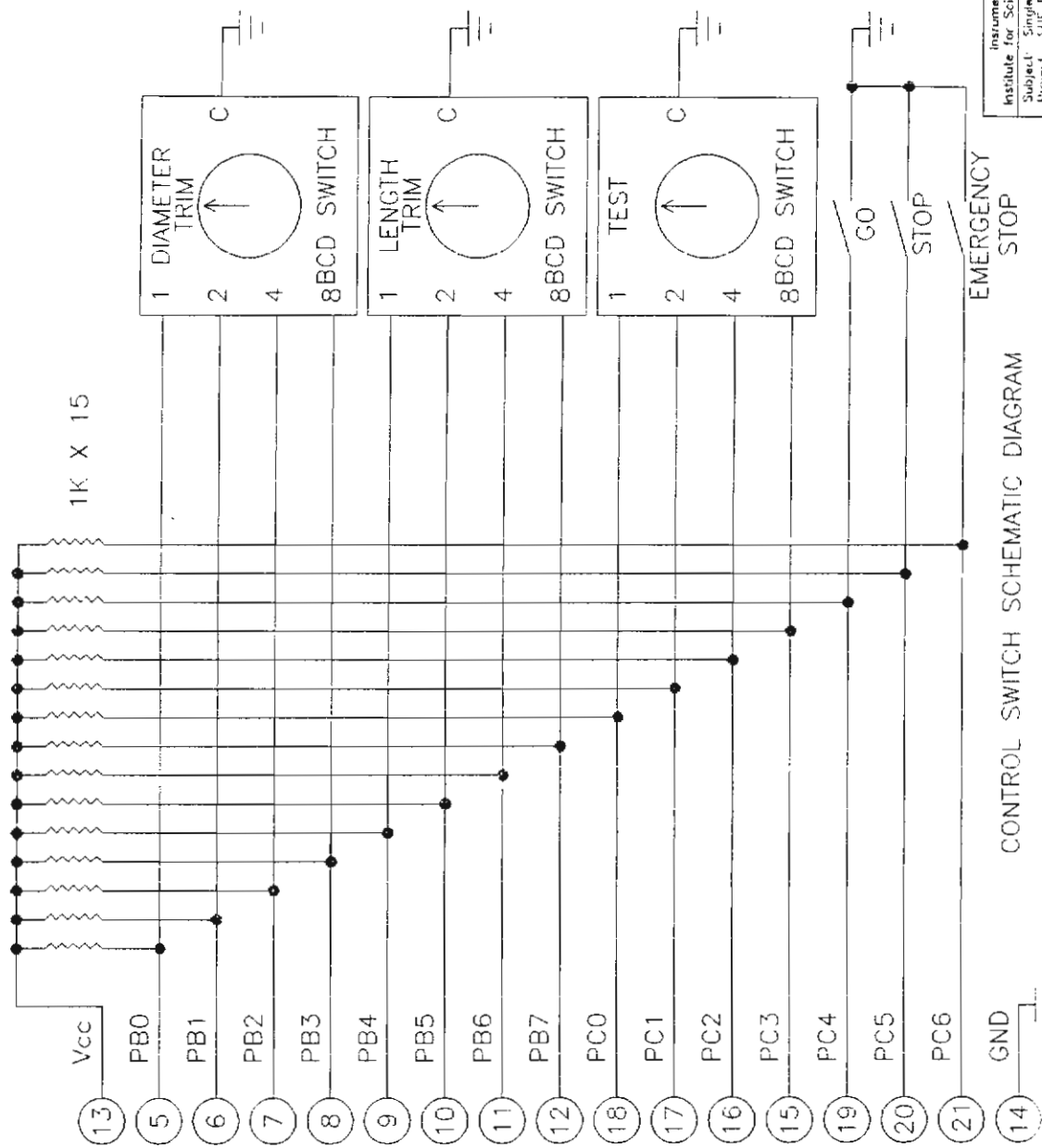
Designed by: Inwon
 Date: 20 Dec 96
 Scale: 1:2
 Drawing No: 0



CONTROL UNIT COMPONENT PLACEMENT AND WIRING

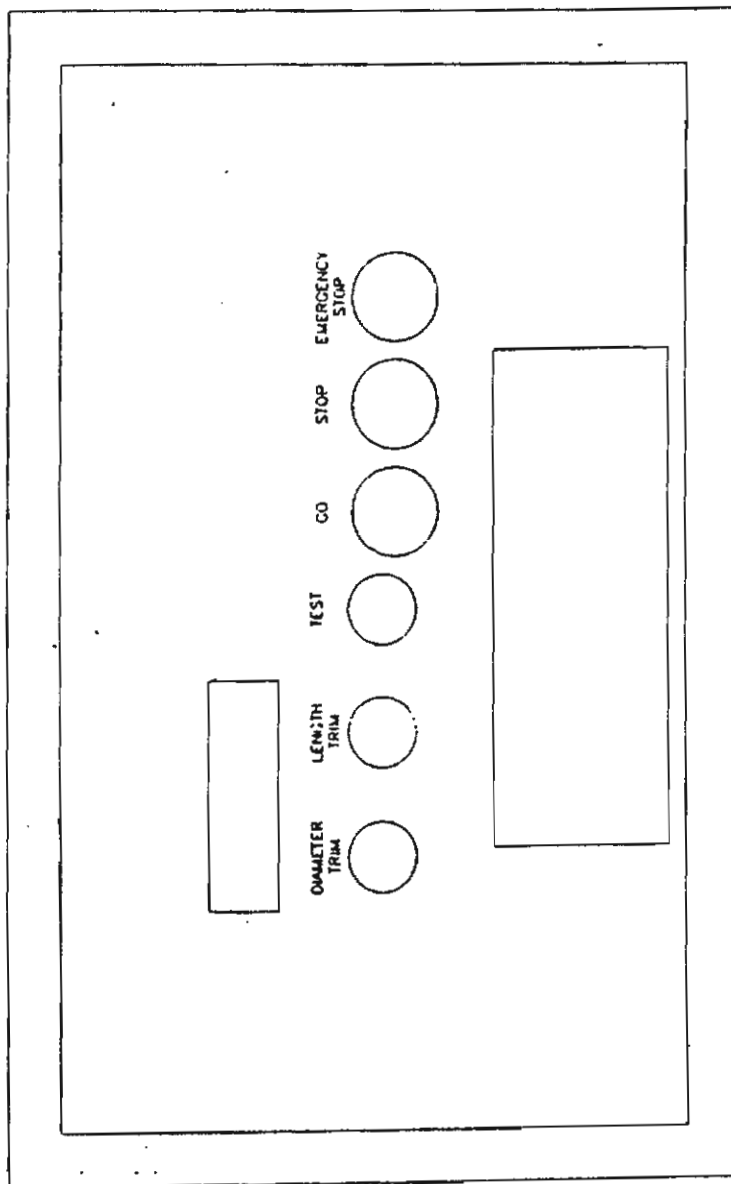
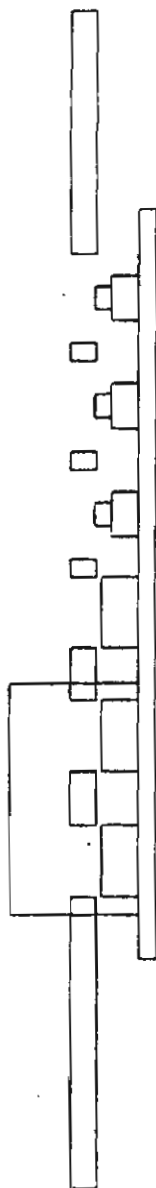
24 VDC

Instrumentation and Control Research Laboratory
 Institute for Science and Technology Research and Development
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SUE Production Line
 File: SLIDE-41
 Inspec: 20 Dec. 96
 Date: 1.2
 Score: 0
 Drawing No: 0



Instrumentation and Control Research Laboratory
 Institute for Science and Technology Research and Development
 Subject: Single Purpose Lathe
 Project: SLE640A
 Date: 15 Jan '97
 Scale: 1:1
 Drawing No: 0

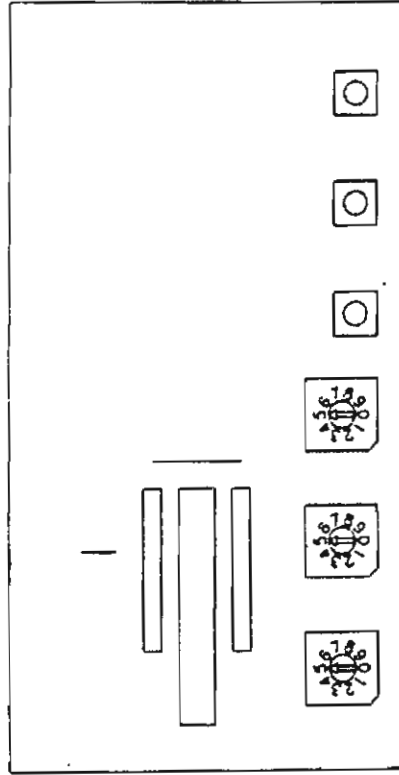
CONTROL SWITCH SCHEMATIC DIAGRAM



FRONT PANEL

CONTROL SWITCH

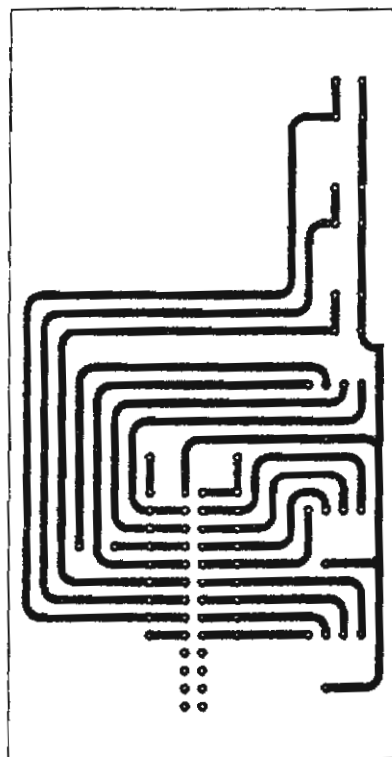
Institution and Control Research Laboratory	
Subject: Single Purpose Lathe	Designed by: Theron
Project: SUE Production Line	Date: 26 Oct. 98
File: SLIDE 40	Scale: 1:1
	Drawing No. 0



CONTROL SWITCH

PART LAYOUT

Institution and Control Research Laboratory	
Subject: Single Purpose Lathe	
Project: SUE Production Line	
File: SUE40	
Designed by: Thevon	Date: 26 Oct. 96
Scale: 1:1	Drawing No. 0



CONTROL SWITCH

PCB

Institute for Science and Technology Research and Development			
Subject	Single Purpose Lathe	Designed by	Thawan
Project	SUC Production Line	Date	26 Oct. 96
File	SLIDE40	Scale	1:1
		Drawing No.	0

โครงการ Transfer Line

TRF 6/3/TRFLINE

โครงการ Transfer Line TRF 6/3/TRFLINE

สรุปโครงการ

โครงการ Transfer Line เป็นโครงการปรับปรุงกระบวนการผลิตสไลด์เดอร์ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนหนึ่งในคอมเพรสเซอร์ โดยนำเอาสถานีนงานต่าง ๆ 3 สถานีคือ สถานีเจาะ สถานีลบคม และสถานีคว้านมารวมกันเป็นเครื่องจักรชุดเดียว มีกลไกขนถ่ายชิ้นงานระหว่างสถานีแทนการใช้พนักงาน ในการสร้างเครื่อง Transfer Line บางส่วนก็ใช้เครื่องจักรเก่าของโรงงานมาปรับปรุงใหม่

ทางด้านการดำเนินงาน บริษัท ชันโยฯ เป็นผู้ออกแบบและจัดสร้างระบบ Transfer Line ทั้งหมด โดยมีสำนักงานเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นผู้ให้คำปรึกษาในการออกแบบ ผลที่ได้จากโครงการ ช่วยให้ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตสูงขึ้น ใช้เนื้อที่ในการผลิตน้อยลง และลดค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงาน

โครงการนี้เป็นการออกแบบ และสร้างเครื่องจักรใหม่ โดยนำวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่มาสร้างเครื่องต้นแบบ การออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบไม่ได้ลอกเลียนเครื่องจักรที่มีขายอยู่แล้ว แต่เป็นการออกแบบเครื่องจักรโดยการดัดแปลงกลไกการทำงานของเครื่องจักรในโรงงานในรูปแบบต่าง ๆ มาประยุกต์ให้เหมาะสมกับแต่ละขั้นตอนของการทำชิ้นงาน เครื่องต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้นมายังจำเป็นต้องแก้ไขปรับปรุงในรายละเอียดเพื่อให้มีความแม่นยำสูงกว่าที่เป็นอยู่ จากนั้นจึงจะเข้าไปทดแทนในสายการผลิตจริง ความลำบากของการสร้างเครื่องต้นแบบคือ การสร้างชิ้นส่วนที่นำมาประกอบต้องใช้ช่างฝีมือที่มีความเชี่ยวชาญมาก แม้กระนั้นผลงานที่ออกมาก็ยังไม่ได้ตามข้อกำหนด ผลจากการค้นคว้าวิจัยได้เพิ่มขีดความสามารถของทีมงานในด้านการออกแบบ และการสร้างเครื่องจักรขึ้นใช้เอง พื้นฐานทางด้านเทคโนโลยีที่ได้จากโครงการนี้เป็นการเริ่มต้นสำหรับการพึ่งตนเองทางด้านเทคโนโลยี SUE ยังจะทำการพัฒนาและปรับปรุงต่อไปให้สามารถทำงานได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

บทนำ

โครงการ Transfer Line เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิตชิ้นส่วนสไลด์เตอร์ของคอมเพรสเซอร์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ใช้เนื้อที่ในการผลิตน้อยลง เพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และลดค่าใช้จ่ายในการผลิตชิ้นงาน โดยการรวมสถานีงานที่แยกกันอยู่ 3 สถานี มารวมกันอยู่ในเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว และทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ

ในการผลิตสไลด์เตอร์มีขั้นตอนการผลิตมากถึง 42 ขั้นตอนด้วยกัน และมี 11 ขั้นตอนที่อยู่ในส่วนของการผลิตด้วยเครื่อง Transfer Line ที่จัดสร้างขึ้น แต่เดิมนั้นต้องใช้เครื่องหลายเครื่องในการผลิตสไลด์เตอร์ แบ่งเป็นเครื่องเจาะ 5 เครื่อง (สถานีที่ 1) เครื่องลบคม 1 เครื่อง (สถานีที่ 2) และเครื่องคว้าน 2 เครื่อง (สถานีที่ 3) ใช้พนักงานในการผลิต 5 คน มีกำลังการผลิตชิ้นงานรวม 2,500 ชิ้น/กะ หลังจากพัฒนาเป็นเครื่อง Transfer Line แล้ว จะกลายเป็นเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว ใช้พนักงานดูแล 1 คน และมีอัตราการผลิตชิ้นงาน 3,500 ชิ้น/กะ

ระบบการผลิตของเครื่อง Transfer Line เป็นระบบทำงานแบบอัตโนมัติทั้งหมด ควบคุมการทำงานด้วย Programmable Logic Controller (PLC) โดยประกอบด้วยส่วนสำคัญต่างๆ 4 ส่วนคือ

- 1) แขนกล (Transfer Arm) ทำหน้าที่ขนถ่ายชิ้นงานระหว่างสถานี
- 2) เครื่องเจาะ (Drilling Machine) ประกอบด้วยหัวเจาะ 6 หัว
- 3) เครื่องลบคม (Chamfering Machine) ประกอบด้วยหัวลบคม 12 หัว
- 4) เครื่องคว้าน (Boring Machine) ประกอบด้วยหัวคว้าน 6 หัว

ในการทำงานของเครื่องจะเป็นการผลิตชิ้นงานครั้งละ 6 ชิ้น โดยเคลื่อนไปตามสถานีต่างๆ ซึ่งมีแขนกลที่ทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ ชิ้นงานที่ออกจากเครื่อง TRANSFER LINE จะส่งต่อไปยังกระบวนการอื่นอีก 13 ขั้นตอนก็จะได้สไลด์เตอร์ที่สมบูรณ์

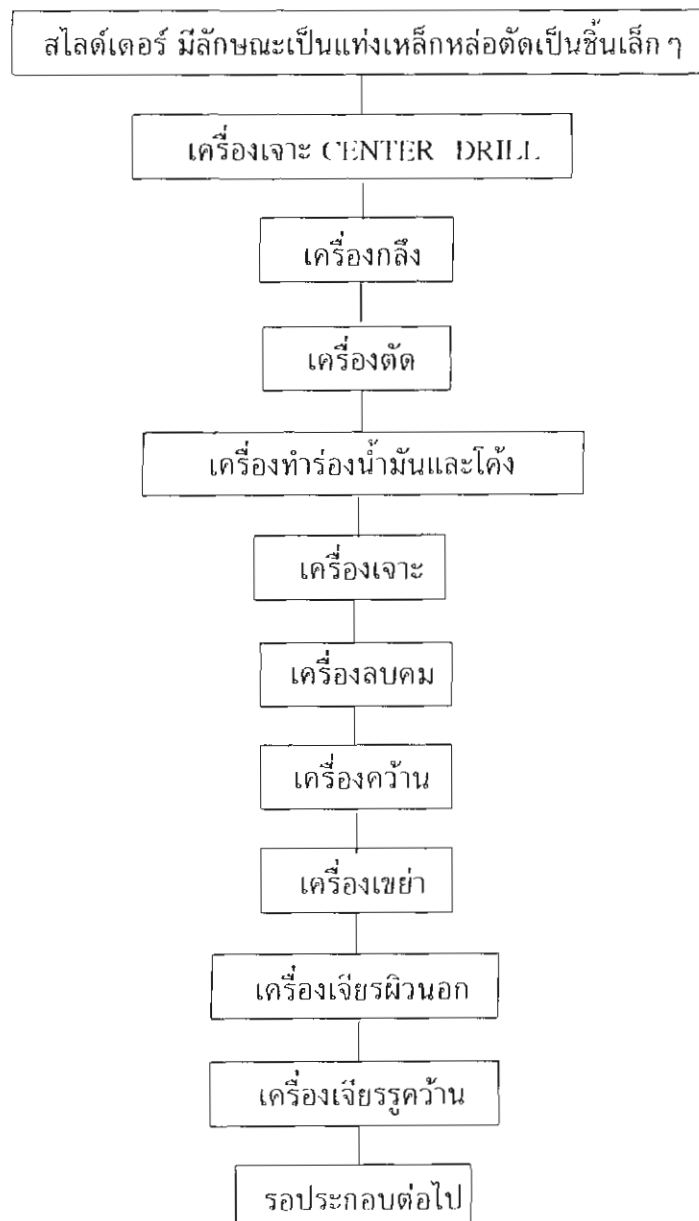
สารบัญ

	หน้า
1. หลักการทำงาน	3-4
1.1 การผลิตชิ้นงานสไลด์เดอร์อย่างสมบูรณ์	3-4
1.2 การผลิตชิ้นงานสไลด์เดอร์ในส่วนของการเจาะ, การลบและการคว้านในปัจจุบัน	3-5
1.3 การผลิตชิ้นงานสไลด์เดอร์จากเครื่อง TRANSFER LINE	3-7
1.4 กระบวนการทำงานของเครื่อง TRANSFER LINE	3-9
2. การออกแบบและพัฒนา	3-14
2.1 Transfer Arm	3-15
2.2 Drilling Machine	3-17
2.3 Chamfering Machine	3-20
2.4 Boring Machine	3-22
3. การติดตั้งและทดสอบการทำงาน	3-24
3.1 การติดตั้งชุดโครงสร้างและชุดควบคุม	3-24
4. ผลการดำเนินโครงการ	3-26
5. ภาคผนวก	
5.1 แบบเครื่อง TRANSFER LINE บัญชีแสดง Part ของเครื่อง TRANSFER LINE	
5.2 คู่มือการผลิต สไลด์เดอร์ หัวข้อ การเจาะรู, การลบคมรูเจาะ และการคว้านรูสำหรับใส่เพลลาข้อเหวี่ยง	
5.3 แบบระบบควบคุม	
5.3.1 แบบระบบควบคุมเครื่อง TRANSFER LINE - แบบไฟฟ้า	
5.3.2 แบบระบบควบคุมเครื่อง TRANSFER LINE - โปรแกรม PLC	
5.3.3 แบบระบบควบคุมเครื่อง TRANSFER LINE - แบบไฮดรอลิก-นิวเมติก	
5.4 ผลการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการ	
5.4.1 ผลการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการเจาะ ของเครื่องเจาะที่ใช้ในปัจจุบัน	
5.4.2 ผลการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการเจาะ ของเครื่อง TRANSFER LINE	

1. หลักการทำงาน

1.1 การผลิตชิ้นงาน สไลด์เดอร์ อย่างสมบูรณ์

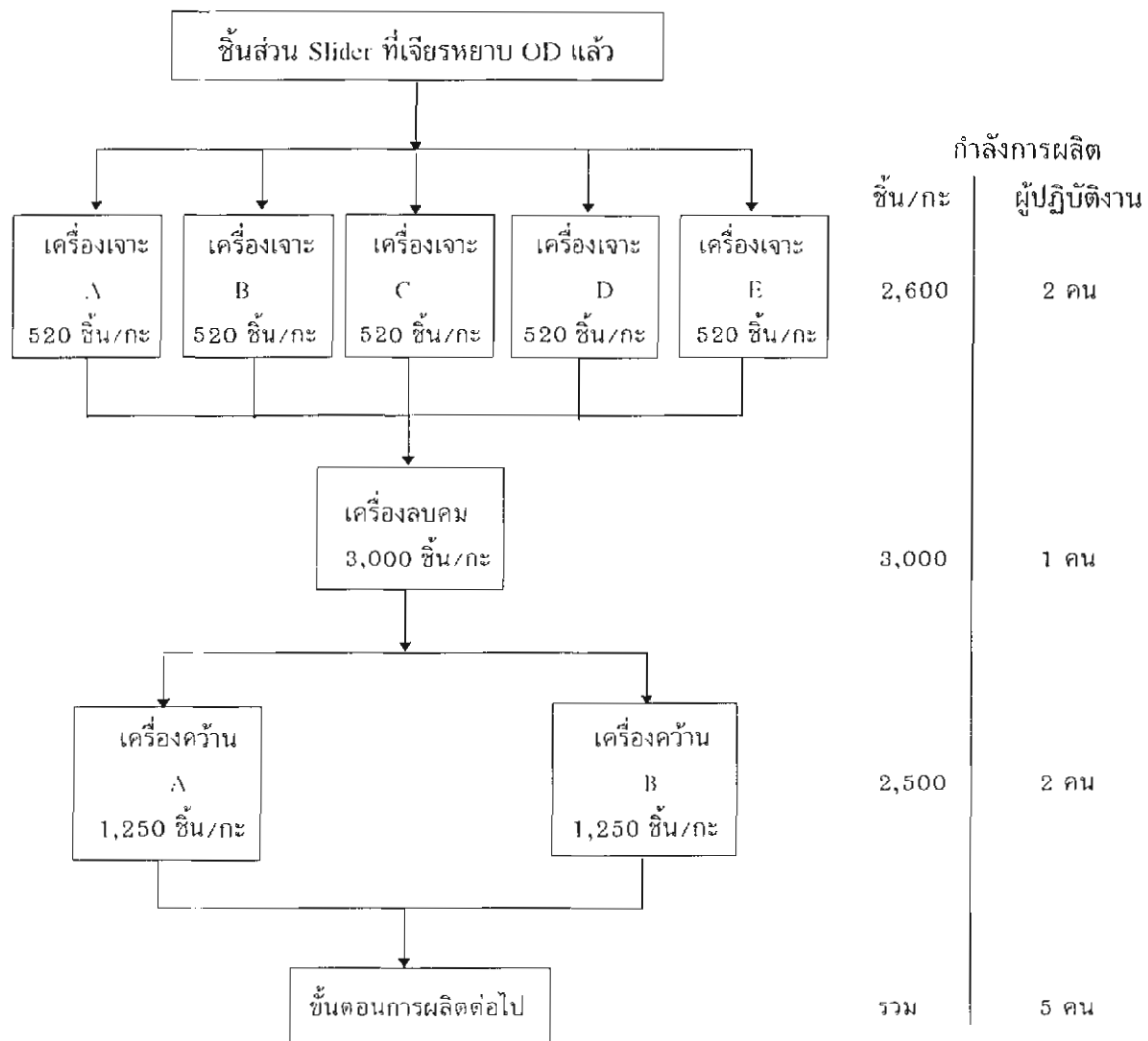
กระบวนการผลิตชิ้นส่วนสไลด์เดอร์ของคอมเพรสเซอร์ในตู้เย็นชั้นโย มีทั้งหมด 42 ขั้นตอนด้วยกัน โดยเริ่มจากนำแท่งเหล็กหล่อมากลึงปอกผิว และตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ตามขนาดที่กำหนด จากนั้นจึงนำมากลึงร่องน้ำมันและโค้งที่หัวท้าย ซึ่งสไลด์เดอร์ที่ได้จะเป็นชิ้นงานที่จะนำไปเข้าสู่ Transfer Line ที่จัดสร้างขึ้น ซึ่งมีการทำงาน 11 ขั้นตอนด้วยกัน เมื่อชิ้นงานออกจากชุด Transfer Line แล้วก็จะเข้ากระบวนการต่าง ๆ อีก 13 ขั้นตอน จะได้สไลด์เดอร์ที่สมบูรณ์ แผนภาพการผลิตชิ้นส่วน Slider ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนภาพแสดงการผลิตสไลด์เดอร์ที่สมบูรณ์

1.2 การผลิตชิ้นงาน สไลด์เดอร์ ในส่วนของการเจาะ, การลบคม และการคว้านในปัจจุบัน

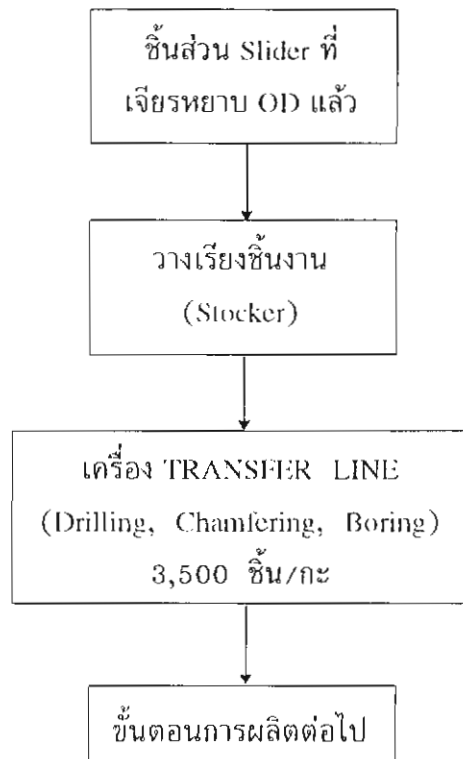
กระบวนการทำงานของเครื่องเจาะ เครื่องลบคม และเครื่องคว้าน มีขั้นตอนการทำงานดังรายละเอียดที่แสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แผนภูมิแสดงกระบวนการเจาะรู ลบคม และคว้านรูเจาะชิ้นส่วนสไลด์เดอร์ในปัจจุบัน

ปัญหาในการทำงานของระบบเก่า คือ ปัญหาคุณภาพชิ้นงานไม่ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งขนาดรูของชิ้นงานต้องมีความถูกต้องแม่นยำสูงมาก

กระบวนการเจาะรู ลบคมรูเจาะ และคว้านรูเจาะ ในปัจจุบันใช้เครื่องจักร 3 สถานีด้วยกัน คือเครื่องเจาะ (5 เครื่อง) กำลังผลิต 520 ชิ้น/กะ/เครื่อง เครื่องลบคม (1 เครื่อง) กำลังการผลิต 3,000 ชิ้น/กะ/เครื่อง และเครื่องคว้านรูเจาะ (2 เครื่อง) กำลังการผลิต 1,250 ชิ้น/กะ/เครื่อง การทำงานเป็นแบบ Manual ใช้ Operator ทั้งหมดจับชิ้นงานเข้าและออกจาก Jig ของเครื่องจำนวน 5 คน โดยการทำงาน 2 กะ ซึ่งกระบวนการ 3 ขั้นตอนนี้ทำให้เกิดของเสียจากการผลิตคิดเป็น 50% ของจำนวนของเสียในสายการผลิตสไลด์เตอร์ทั้งสายการผลิต ซึ่งมีของเสียอยู่ประมาณ 2% แนวทางในการแก้ไขคือ การพัฒนาเครื่องจักรให้มีความแม่นยำสูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของระบบโดยรวม กระบวนการทำงานของเครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้ประกอบด้วย การเจาะ การลบคม และการคว้านอัดโน้มติ ดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 แผนภูมิแสดงกระบวนการเจาะรู ลบคมรูเจาะ และคว้านรูเจาะชิ้นส่วนสไลด์เตอร์ ในระบบ Transfer Line ที่วิจัยและจัดสร้างขึ้น

1.3 การผลิตชิ้นงานสไลด์เดอร์จากเครื่อง TRANSFER LINE

จากการที่บริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล อิเล็กทริก มีความต้องการขยายกำลังการผลิต จึงจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรตั้งนั้นจึงได้คิดริเริ่มในการวิจัยเครื่องจักรที่เป็นระบบอัตโนมัติสมบูรณ์แบบขึ้นเป็นระบบ Transfer Line ซึ่งมีกำลังการผลิตประมาณ 3,500 ชิ้น/กะ

การทำงานของชุด Transfer Line ที่ได้ออกแบบขึ้นมาใหม่นี้เป็นการทำงานแบบอัตโนมัติที่สมบูรณ์แบบ ทั้งการทำงานของแต่ละสถานีและการขนย้ายชิ้นงานระหว่างสถานีการทำงาน

ชิ้นงานที่ Stocker จะถูกมือจับ ของชุดขนย้ายชิ้นงาน (Transfer Arm) จับชิ้นงานมาไว้ที่ตำแหน่งเจาะที่ละ 6 ชิ้นงาน แล้วเริ่มทำการเจาะ มือจับที่ประกอบอยู่กับรางเลื่อนที่อยู่ด้านบนของชุดเครื่องจักรจะทำการจับชิ้นงานแล้วเคลื่อนย้ายชิ้นงานจากตำแหน่งของชุดเจาะไปยังชุดลบคมชิ้นงาน

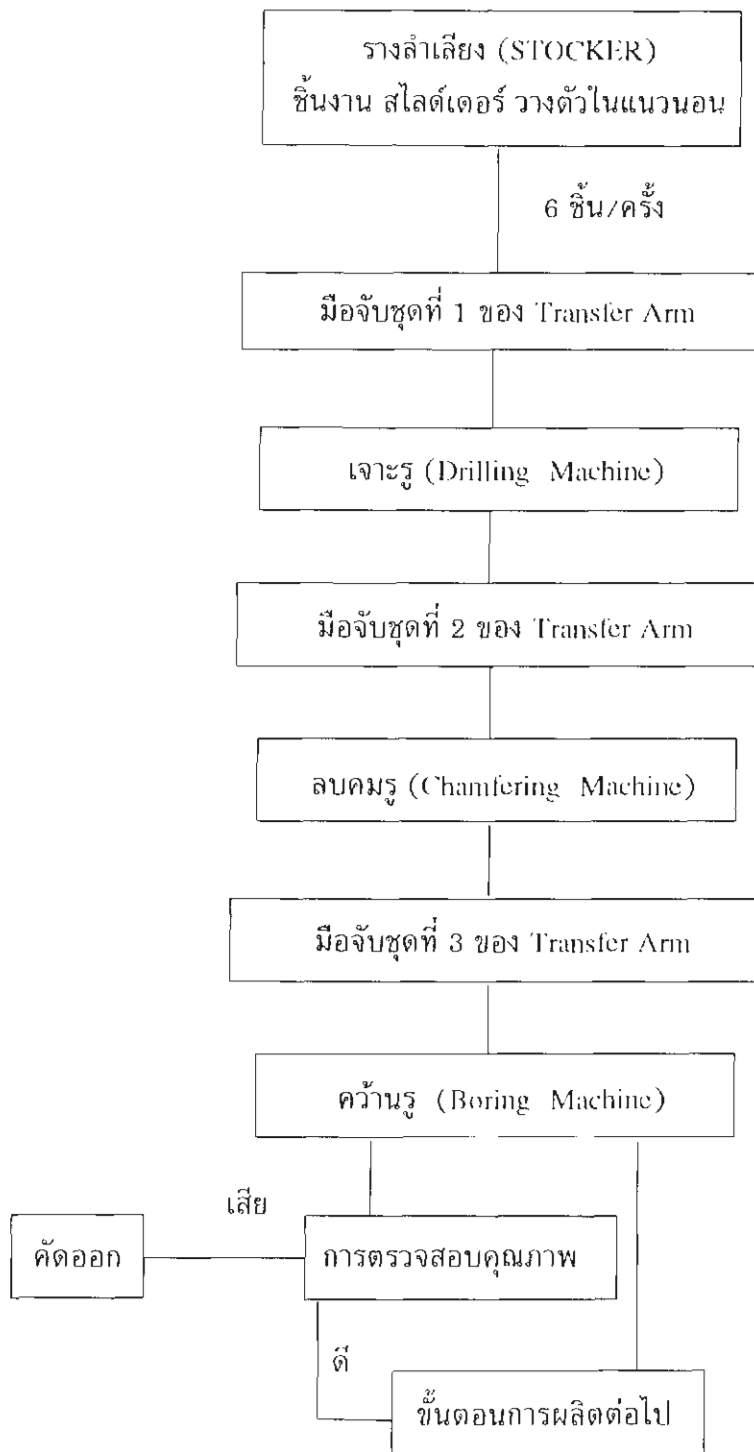
หลังจากกระบวนการเจาะเสร็จสิ้นลง มือจับจะจับและย้ายชิ้นงานจากตำแหน่งเจาะไปยังตำแหน่งลบคม พร้อมกับหยิบชิ้นงานใหม่เข้ามาที่ตำแหน่งเจาะด้วย ชุดหัวลบคมมี 2 ชุด ในการลบคม หัวลบคมจะเคลื่อนที่เข้าไปหาชิ้นงานทั้ง 2 ด้านของรู เพื่อลบคมที่เกิดจากการเจาะ

เมื่อชิ้นงานผ่านกระบวนการลบคมแล้ว มือจับจะเคลื่อนที่ไปจับชิ้นงานเพื่อเคลื่อนย้ายไปยังตำแหน่งคว้าน จังหวะนี้มือจับอีกชุดก็จะจับชิ้นงานจากชุดเจาะมาที่ Jig ของชุดลบคมพร้อม ๆ กันไปด้วย

การทำงานทั้งหมดเป็นการทำงานในลักษณะต่อเนื่อง โดยมีการควบคุมจากเครื่อง PLC ในลักษณะของ Open Loop Mode

ส่วนขั้นตอนการทำงานของเครื่อง TRANSFER LINE แสดงในรูปที่ 1.4

ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง Transfer Line



รูปที่ 1.4 แสดงขั้นตอนการทำงานของเครื่อง Transfer Line

1.4 กระบวนการทำงานของเครื่อง TRANSFER LINE

ก. กระบวนการป้อนชิ้นงานเข้าสู่เครื่อง Transfer Line

วัตถุประสงค์ :

เพื่อทำการป้อนชิ้นงานสไลด์เดอร์ครั้งละ 6 ชิ้นเข้าสู่กระบวนการเจาะ

กระบวนการ :

ชิ้นงานสไลด์เดอร์ที่บรรจุอยู่ภายใน STOCKER ทั้ง 6 ชุด เป็นชิ้นงานที่พร้อมเข้าสู่กระบวนการผลิต ลักษณะของ STOCKER เป็นแมกกาซีนในแนวตั้ง มีมุมเอียงประมาณ 15 องศา เพื่อให้ชิ้นงานสไลด์เดอร์เคลื่อนที่ออกจากแมกกาซีนได้ ชิ้นงานสไลด์เดอร์ที่จะถูกลำเลียงออกมาในแนวนอน ซึ่งสายลำเลียงจะมีทั้งหมด 6 สายการลำเลียง และชิ้นงานสไลด์เดอร์ทั้ง 6 ชิ้นจากสายลำเลียง จะถูกจับด้วยมือจับทั้ง 6 ชุดของ Transfer Arm ตำแหน่งที่ชิ้นงานสไลด์เดอร์ถูกจับคือบริเวณหัว-ท้ายของชิ้นงาน เพื่อเข้าสู่กระบวนการเจาะ (Drilling) ในขั้นตอนต่อไป ลักษณะของชิ้นงานสไลด์เดอร์เป็นเหล็กหล่อตันทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 21.3 mm ความยาว 25 mm.



รูปที่ 1.5 แสดงชุด STOCKER

ข. กระบวนการเจาะชิ้นงาน

วัตถุประสงค์ :

เพื่อทำการเจาะชิ้นงานสไลด์เดอร์ในแนวตั้งฉากกับด้านยาวของชิ้นงาน โดยให้รูเจาะมีขนาด 13.4 mm. พิกัดความเผื่อไม่เกิน 0.1 mm.

กระบวนการ :

ชิ้นงานสไลด์เดอร์ที่ถูกยึดโดยมือจับชุดที่ 1 ของ Transfer Arm เคลื่อนเข้าหา Jig ของชุด V-Block เพื่อวางชิ้นงานสไลด์เดอร์ในตำแหน่งที่เหมาะสม หลังจากนั้น Clamp ของ V-Block จะดันชิ้นงานสไลด์เดอร์ให้เข้าร่อง Jig ซึ่งมี Plate กันชิ้นงานสไลด์เดอร์ไว้ให้แน่นมือจับชุดที่ 1 ของ Transfer Arm จะปล่อยชิ้นงานสไลด์เดอร์ หลังจากนั้นชุด Transfer Arm จะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ระดับเดิม หัวเจาะจะอยู่กับที่ Jig ของ V-Block ซึ่งเป็นตัวจับชิ้นงานสไลด์เดอร์จะวิ่งเข้าหาหัวเจาะด้วยกระบอกสูบไฮดรอลิกที่ดันชุด Jig อยู่ หัวเจาะจะเริ่มทำการเจาะชิ้นงานจากการสั่งงานของชุดควบคุมมอเตอร์ และหยุดทำงานเมื่อได้รับสัญญาณไฟฟ้าจาก Limit Switch หลังจากนั้น Jig ของชุด V-Block จะเคลื่อนที่ถอยคืนสู่ตำแหน่งเดิมก่อนทำการเจาะ จากนั้นมือจับชุดที่ 2 ของ Transfer Arm จะเคลื่อนที่เข้าหา Jig ของชุด V-Block และจับชิ้นงานสไลด์เดอร์ไว้แน่นพร้อมๆ กันนั้น Clamp ของชุด V-Block และ Plate จะถอยกลับสู่ตำแหน่งเดิมและปล่อยออก มือจับจะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ระดับเดิม Transfer Arm จะย้ายชิ้นงานไปสู่กระบวนการลบคมต่อไป



รูปที่ 1.6 แสดง JIG ของชุด V-Block ของ Drilling Machine

ค. กระบวนการลบคม

วัตถุประสงค์ :

เพื่อทำการลบคมที่ผิวชิ้นงานของรูเจาะ

กระบวนการ :

ชิ้นงานสไลด์เดอร์ที่ถูกยึดโดยมือจับชุดที่ 2 ของ Transfer Arm จะเคลื่อนที่ในแนวระดับไปยังตำแหน่งที่ตรงกับ V-Block ลักษณะ JIG ของ V-Block วางหงายขึ้น และมีชุดลูกสูบไฮดรอลิกเป็นตัวขับเคลื่อน JIG ชุด V-Block ให้ยกตัวสูงขึ้นเพื่อรองรับชิ้นงานสไลด์เดอร์ มือจับจับชิ้นงานตลอดการทำงาน หัวลบคมทั้ง 2 ชุดจะเคลื่อนที่เข้าหาชุด V-Block ที่ละข้างในแนวตั้งฉากกับด้านยาวของสไลด์เดอร์ เพื่อลบคมของชิ้นงานที่เกิดจากการเจาะ หัวลบคมจะเริ่มลบคมชิ้นงานจากการขับเคลื่อนของมอเตอร์ และหยุดทำงานเมื่อได้รับสัญญาณไฟฟ้าจาก Limit switch ชุด V-Block จะอยู่กับที่ซึ่งมีการลบคมข้างละ 4 mm. เมื่อลบคมเสร็จ มือจับ ชุดที่ 2 จะปล่อยชิ้นงานสไลด์เดอร์ลงที่ Jig ของ V-Block และมือจับชุดที่ 3 จะเคลื่อนที่มาจับชิ้นงานสไลด์เดอร์ เพื่อย้ายชิ้นงานสไลด์เดอร์ไปสู่กระบวนการคว้านต่อไป



รูปที่ 1.7 แสดงดอกกัดของ Chamfering Machine

ง. กระบวนการคว้าน

วัตถุประสงค์ :

เพื่อขยายรูเจาะให้มีขนาดกว้างขึ้นจาก 13.4 mm. เป็น 14 mm. ค่าพิถีความเผื่อไม่เกิน 0.015 mm.

กระบวนการ :

ชิ้นงานสไลด์เดอร์ที่ถูกยึดโดยมือจับชุดที่ 3 ของ Transfer Arm ทำการเคลื่อนที่มายังตำแหน่งที่ตั้งไว้ หลังจากนั้น JIG ของ V-Block จะเคลื่อนที่เข้าหาสไลด์เดอร์พร้อมกับ plate กันชิ้นงานจะเคลื่อนที่เข้าหาสไลด์เดอร์ ในตำแหน่งตรงกันข้าม ชุดมือจับของ Transfer Arm จะปล่อยชิ้นสไลด์เดอร์ หลังจากนั้นชุด Transfer Arm จะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ระดับเดิม JIG ของชุด V-Block จะเคลื่อนที่เข้าหาหัวคว้าน (Boring) โดยกระบอกลูกสูบไฮดรอลิค หัวคว้านจะเริ่มทำการคว้านจากการขับของมอเตอร์ และหยุดทำงานเมื่อได้รับสัญญาณไฟฟ้าจาก Limit Switch หลังจากนั้น JIG ของชุด V-Block จะเคลื่อนที่ถอยคืนสู่ตำแหน่งเดิมก่อนทำการคว้าน Clamp ของชุด V-Block และ plate กันชิ้นงานจะถอยคืนไปที่ตำแหน่งเดิมเพื่อนำไปผลิตต่อไป ทำให้ชิ้นงานตกจาก JIG เข้าสู่รางลำเลียงชิ้นงาน



รูปที่ 1.8 แสดง JIG ของชุด V-Block ของ Boring Machine

จ. กระบวนการนำชิ้นงานออก

วัตถุประสงค์ :

เพื่อนำชิ้นงานสไลด์เตอร์ออกจากเครื่อง Transfer Line

กระบวนการ :

หลังจากทำการคว้านแล้ว ชิ้นงานสไลด์เตอร์จะถูกปล่อยออกจาก JIG เข้าสู่รางลำเลียงทั้ง 6 ราง หลังจากผ่านกระบวนการเจาะ ลบคม และคว้าน จะเกิดรอยยุบเล็กน้อยซึ่งเป็นผลมาจากการจับยึดชิ้นงาน ชิ้นงานสไลด์เตอร์ที่ออกจากเครื่อง Transfer Line จะผ่านกระบวนการเจียร ทำให้รอยยุบของชิ้นงานลบไป

ฉ. กระบวนการตรวจสอบชิ้นงาน

วัตถุประสงค์ :

เพื่อตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานสไลด์เตอร์และทำการแก้ไข

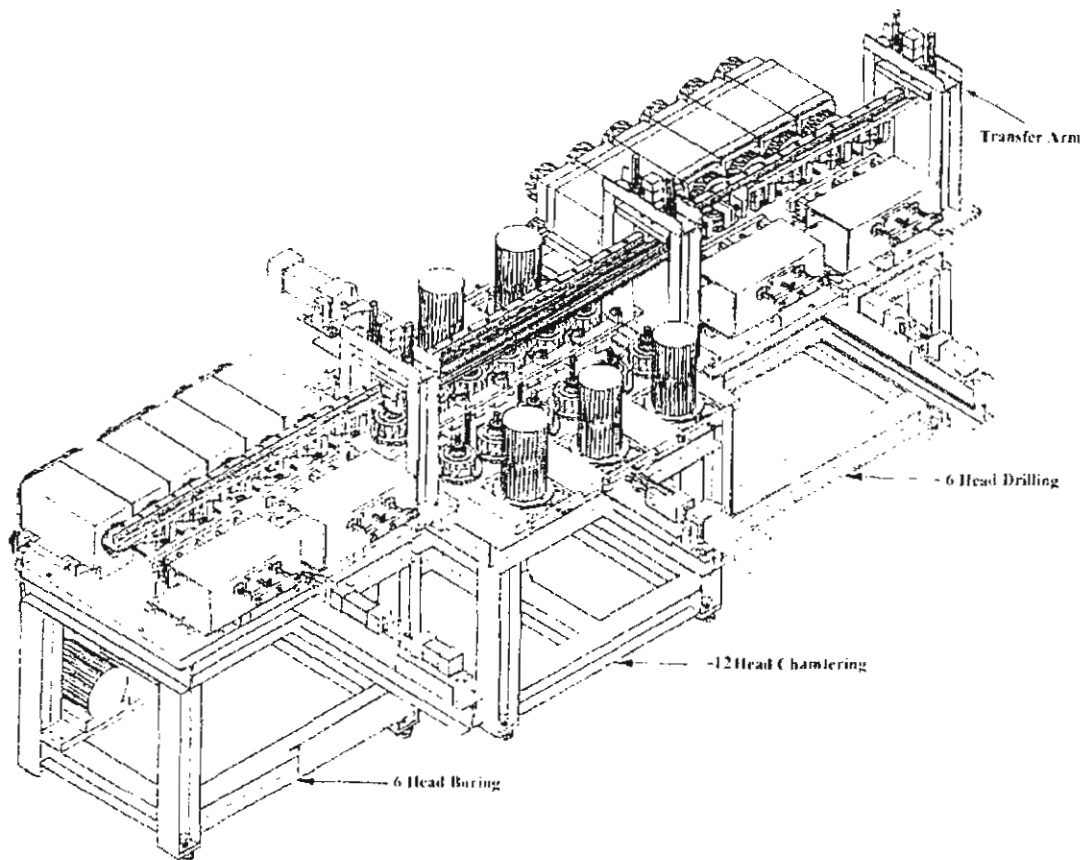
กระบวนการ :

ชิ้นงานสไลด์เตอร์จะถูกตรวจสอบคุณภาพโดยการวัดขนาดของรูด้วยเวอร์เนีย ขณะที่เริ่มทำการตั้งเครื่องเพื่อให้ชิ้นงานที่ผลิตได้ตามมาตรฐาน หลังจากนั้นจะมีการสุ่มตรวจสอบเป็นระยะ ชิ้นงานจะถูกตรวจสอบด้วยความถี่ที่มากขึ้น ตามเงื่อนไขของอายุการใช้งานของหัวเจาะ ดอกกัด และมิดคว้าน ซึ่งอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่ต้องเปลี่ยนนี้ทราบได้จากข้อมูลทางด้านสถิติ และสเปคของอุปกรณ์

ตาราง แสดงปัญหาและแนวทางในการแก้ไขชิ้นงานสไลด์เตอร์

ลักษณะของเสีย	สาเหตุของเสีย	สาเหตุจากอุปกรณ์	การแก้ไข
คว้านเหลือ ผิวเจาะ	• รูเจาะใหญ่ • ผิวรูเจาะหยาบมาก • ตำแหน่ง Chamfer รูเจาะและรูคว้านเยื้องกัน • รูเจาะเอียง	• ดอกสว่านและ Jig เอียง • เครื่องสั่น • Feed ไม่ตรง • Jig ไม่ตรงศูนย์กัน • เครื่องแอ่น, แท่นเจาะแอ่น	• ออกแบบให้หัวเจาะและ Jig แข็งแรงขึ้น • Feed แบบไฮดรอลิคเข้าเครื่องเจาะ
เจียรผิวในเหลือ ผิวคว้าน	• รูคว้านใหญ่ ควบคุมขนาดไม่ได้ • ผิวคว้านหยาบไป	• การ Set มิดคว้านไม่ได้ คว้านครั้งเดียว ลึก 0.3 mm ไม่ได้	• คว้าน 2 ครั้ง แบบหยาบและละเอียด Cutting depth คว้านละเอียด 0.05 mm

2. การออกแบบและพัฒนา



รูปที่ 2.1 เครื่อง Transfer Line

โครงสร้างของเครื่อง Transfer Line แบ่งได้เป็น 4 ชุดหลักดังนี้

1. ชุด Transfer Arm
2. ชุด Drilling Machine
3. ชุด Chamfering Machine
4. ชุด Boring Machine

2.1 ชุด Transfer Arm

เป็นเครื่องจักรที่ทำหน้าที่

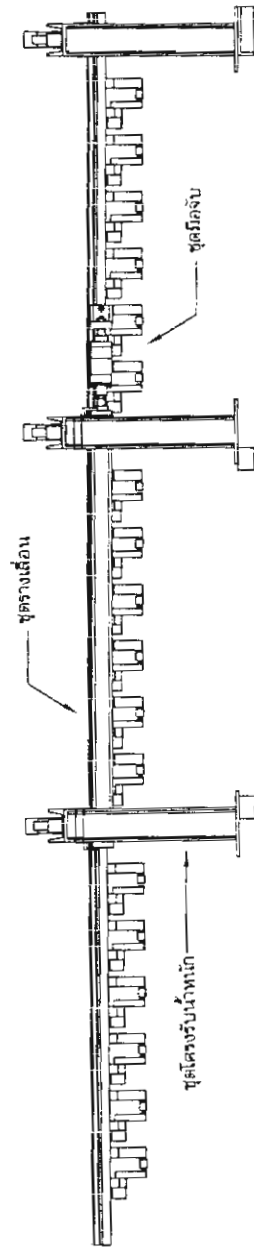
ได้แก่ สถานีเจาะ สถานีลบคม และสถานีคว้าน โดยชุด Transfer Line มีลักษณะเป็นรางยาวซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

1. ชุดรางเลื่อน : ทำหน้าที่เป็นตัวย้ายชิ้นงานจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ซึ่งมีกระบอกลูกสูบไฮดรอลิกที่ยึดติดกับฐานเป็นตัวดันให้ชุดรางเลื่อนเคลื่อนที่ในแนวราบ นอกจากนี้ยังมีชุดควบคุมรางเลื่อนให้เคลื่อนที่ขึ้น-ลง ได้ในแนวตั้งเพื่อให้มีอกกล (มือจับ) จับชิ้นงาน สไลด์เดอร์ ที่ JIG ของสถานีต่างๆ ได้ด้วย
 2. ชุดมือจับ (มือจับ) : ชุดมือจับถูกแบ่งเป็น 3 ชุด (18 ตัว) และติดตั้งเข้ากับชุดรางเลื่อน ชุดมือกลแต่ละตัวประกอบด้วย JIG 2 ตัว (JIG ทางซ้ายและ JIG ทางขวา) ซึ่ง JIG ทั้ง 2 ตัวจะมีเดือยโลหะ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16.8 mm หนา 5 mm ยื่นออกมาจากปลายด้านล่างสุดของ JIG เดือยจะเข้าประกบชิ้นงานที่บริเวณร่องหัว-ท้ายของชิ้นงานสไลด์เดอร์ โดยการเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานของ JIG ทางด้านซ้าย ซึ่งมีกระบอกลูกสูบนิวเมติกเป็นตัวดันให้ชุด JIG ทางซ้ายเคลื่อนที่ได้ ส่วน JIG ทางขวาจะอยู่กับที่ โดยปรกติแล้วในการทำงานอย่างต่อเนื่องชิ้นงานจะถูกจับด้วย มือจับ ทั้ง 18 ตัว (จับชิ้นงานสไลด์เดอร์ 18 ชิ้น)
 3. ชุดโครงรับน้ำหนัก : เป็นชุดรับน้ำหนักของรางเลื่อน (Transfer Arm) ซึ่งประกอบด้วยโครงรับน้ำหนัก (Frame) ซึ่งมี 6 ลำ จำนวน 6 ต้น และฐานรับน้ำหนัก (Support Base) ประจําเสาแต่ละต้นที่บริเวณฐานด้านล่างของเสา
- การควบคุม : ใช้ PLC ในการควบคุมกระบอกลูกสูบไฮดรอลิก และกระบอกลูกสูบนิวเมติก

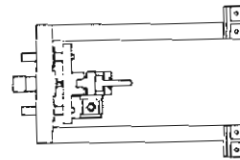
COMP TO	QTY

TRANSFER ARM

FRONT VIEW



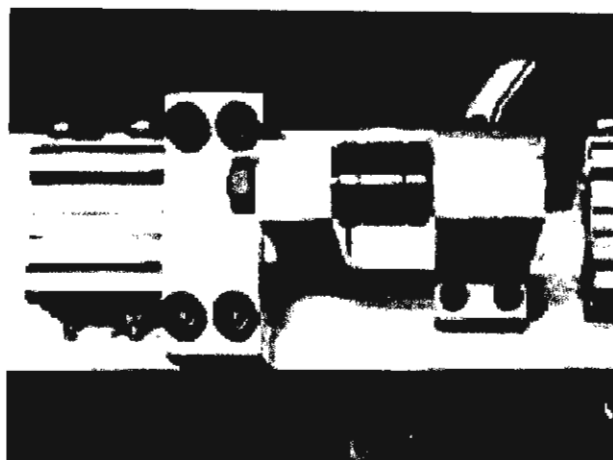
SIDE VIEW



DATE	BY	DESIGNED	CHECKED	APPROVED	DATE	SCALE
		15/10/22	11/10/22		15/10/22	1:1
		15/10/22	11/10/22		15/10/22	1:1
		15/10/22	11/10/22		15/10/22	1:1
		15/10/22	11/10/22		15/10/22	1:1
		15/10/22	11/10/22		15/10/22	1:1
		15/10/22	11/10/22		15/10/22	1:1
		15/10/22	11/10/22		15/10/22	1:1
		15/10/22	11/10/22		15/10/22	1:1
		15/10/22	11/10/22		15/10/22	1:1

COMPRESSOR FACTORY
SAFETY UNIVERSAL ELECTRIC PUBLIC COMPANY LIMITED

เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์ปอเรชั่น จำกัด



รูปที่ 2.2 แสดงชุด มือจับ ของ Transfer Arm

2.2 Drilling Machine

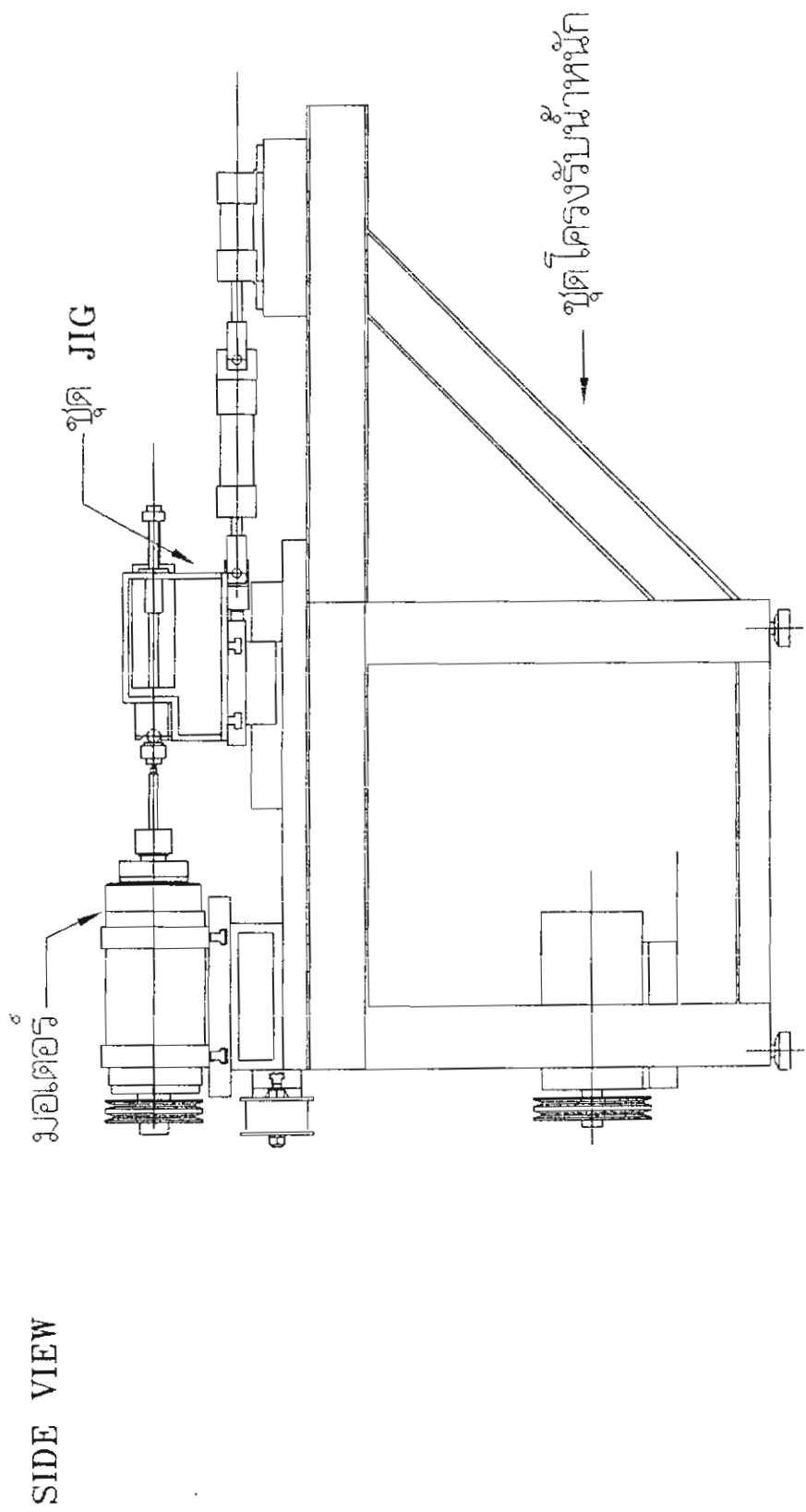
เป็นชุดเครื่องจักรที่ทำหน้าที่เจาะชิ้นงานสไลด์เดอร์ โครงสร้างของเครื่อง
เจาะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ชุดหัวเจาะ : ทำหน้าที่เป็นชุดเครื่องจักรเจาะชิ้นงานครั้งละ 1 ชิ้นงาน/
หัว ซึ่งชุดหัวเจาะประกอบด้วยหัวเจาะ 6 หัว มอเตอร์ 3
ตัว และสายพาน (V-Belt) ซึ่งมอเตอร์ 1 เครื่องจะทำการ
ควบคุมการหมุนของหัวเจาะ 2 หัว ในเวลาเดียวกัน โดยใช้
สายพานเป็นตัวส่งกำลังความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ขับ
ประมาณ 955 รอบ/นาที และความเร็วรอบของหัวเจาะ
610 รอบ/นาที ลักษณะของดอกสว่านที่ใช้เจาะทำจาก
เหล็ก High Speed ขนาด 13.4 mm
 2. ชุด JIG : ทำหน้าที่จับชิ้นงานให้อยู่กับที่ขณะทำการเจาะ ชุด JIG
จะประกอบด้วยตัว V-Block 6 ตัว และ Clamp ทาง
ด้านซ้าย-ขวาตัว V-Block 1 ตัว ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัว
วางชิ้นงาน ชุด JIG ตัวอยู่บนรางเลื่อน (BALL RAIL)
และสามารถเคลื่อนที่เข้าหาหัวเจาะ โดยกระบอกลูกสูบ
ไฮดรอลิคด้วยความเร็วตัดของการป้อนชิ้นงานเข้าชุดหัว
เจาะ 25 m/min
 3. ชุดโครงรับน้ำหนัก : เป็นโครงที่รับน้ำหนักของเครื่อง ซึ่งประกอบด้วยแท่น
รับน้ำหนักของชุดหัวเจาะและชุด JIG และสามารถปรับ
ระดับของฐานรับน้ำหนักได้ด้วยสกรูปรับระยะที่ฐานได้
- การควบคุม : ใช้ PLC ในการควบคุมกระบอกลูกสูบไฮดรอลิค และ
กระบอกลูกสูบนิวเมติก

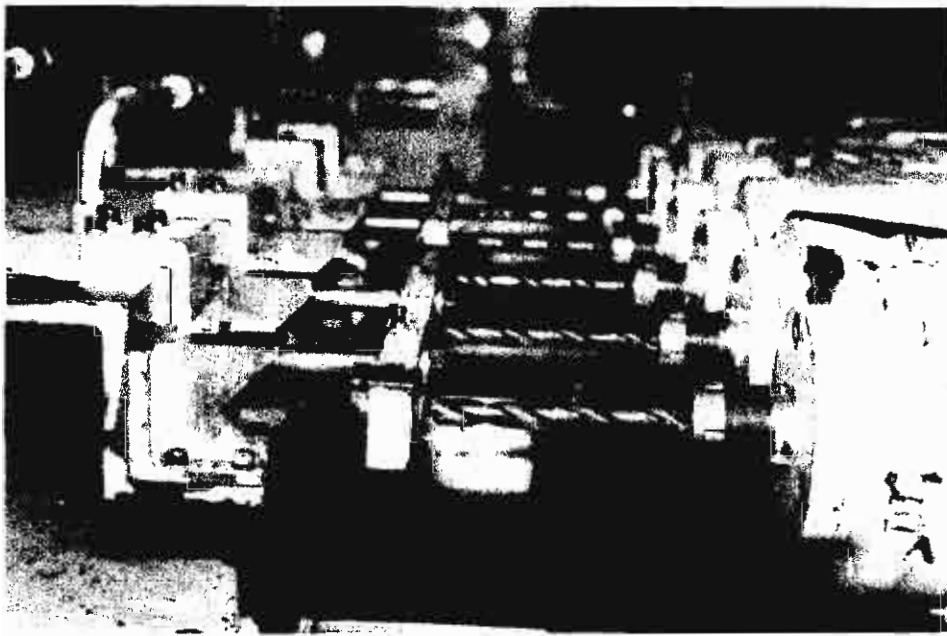
DO NOT SCALE THIS DRAWING

COPY TO	QTY

DRILLING MACHINE



DESIGNED	DRAWN	CHECKED	APPROVED	MATERIAL	SCALE
SCC 12/02/39	SCC 12/02/39			TOLERANCE TOL	SCAL
REVISION	MACHINE NAME	ITEM NO	ITEM	DWG NO	QTY
MR	6 HEAD DRILLING	ASSY	6 HEAD DRILLING	DWG	QTY
DATE	PART NAME	ASSY	6 HEAD DRILLING	DWG	QTY



รูปที่ 2.3 แสดงชุดหัวเจาะ 6 หัวของเครื่อง Drilling Machine

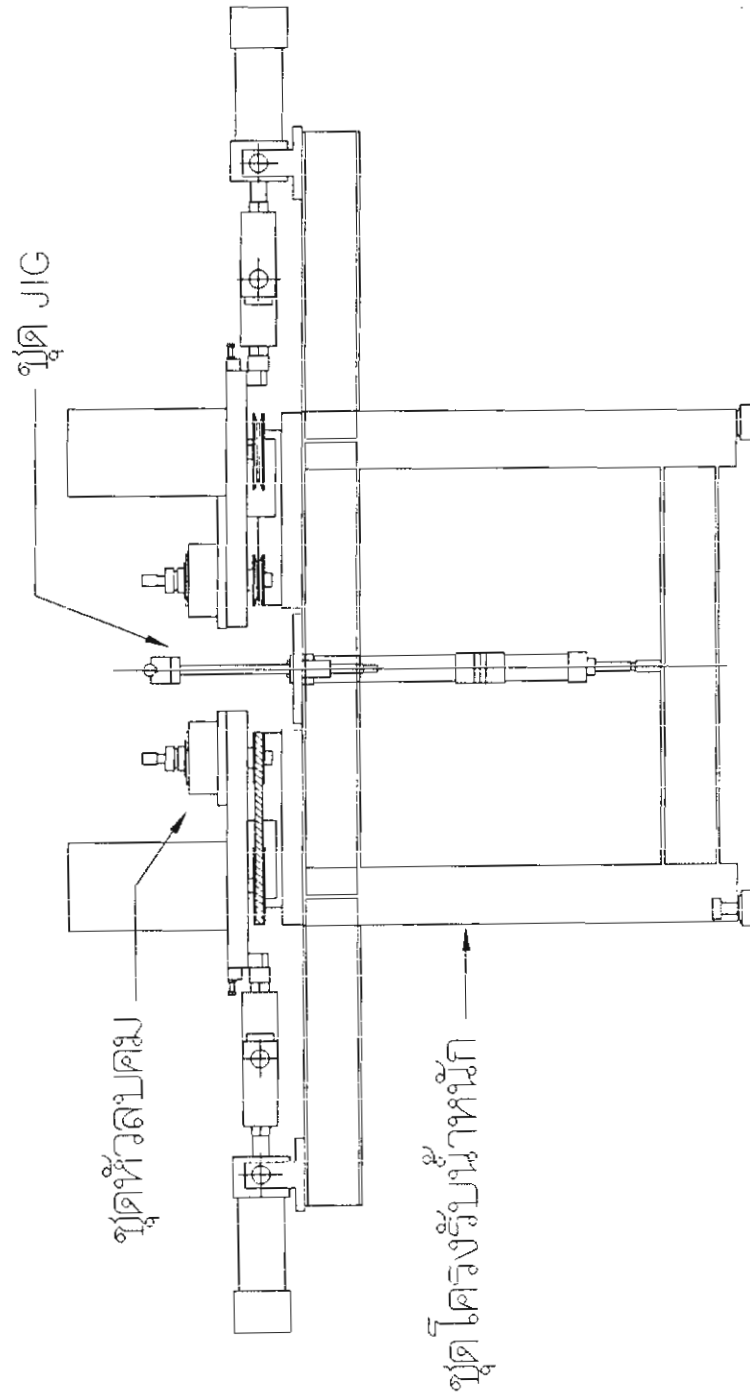
2.3 ชุด Chamfering Machine

เป็นชุดเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ลบคมชิ้นงานสไลด์เดอร์ที่ผ่านการเจาะหัวสไลด์เดอร์จะถูกลบคมที่ด้านหน้าและด้านหลังของรูเจาะ โครงสร้างของเครื่อง Chamfering Machine ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ชุดหัวลบคม : ทำหน้าที่ลบคมชิ้นงาน ทางด้านหน้าและหลังของชิ้นงานสไลด์เดอร์ ซึ่งชุดหัวลบคมประกอบด้วย หัวลบคม 12 หัว มอเตอร์ 6 ตัว และสายพาน (V-Belt) มอเตอร์ 1 เครื่อง จะทำการควบคุมการหมุนของหัวลบคม 2 หัว โดยใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลัง ความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้ขับ 1410 รอบ/นาที และความเร็วรอบของหัวลบคม 902 รอบ/นาที ลักษณะของดอกสว่านที่ใช้เป็นดอกกัด (End Mill) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 mm ซึ่งชุดหัวลบคมเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงานสไลด์เดอร์ในแนวราบโดยกระบอกลูกสูบไฮดรอลิค ซึ่งความเร็วตัดของหัวลบคมเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาชิ้นงาน 62 m/min
 2. ชุด JIG : ทำหน้าที่ประคองชิ้นงานสไลด์เดอร์ให้อยู่กับที่ ขณะที่ชุด JIG ประกอบด้วย V-Block 6 ตัว Clamp ทางด้านซ้าย-ขวา เพื่อใช้ยึดชิ้นงาน กระบอกลูกสูบไฮดรอลิค เป็นตัวดันให้ชุด V-Block เคลื่อนที่ขึ้นไปหาชิ้นงานสไลด์เดอร์ด้วย ในขณะที่ทำการลบคม ชุดมือจับ ของ Transfer Arm จะจับยึดชิ้นงานตลอดเวลา
 3. ชุดโครงรับน้ำหนัก : เป็นตัวรับน้ำหนักของชุดหัวลบคม, ชุด JIG ซึ่งประกอบด้วย โครงด้านข้างและด้านล่าง (Frame) และสามารถปรับระดับของฐานรับน้ำหนักได้ด้วยสกรูปรับระยะที่ฐานได้
- การควบคุม : - ใช้วงจรไฟฟ้าในการควบคุมมอเตอร์และมี Limit Switch เป็นตัวส่งสัญญาณให้กับวงจรไฟฟ้า
- ใช้วงจร PLC ในการควบคุมกระบอกลูกสูบไฮดรอลิคที่ขับเคลื่อนชุดหัวลบคมในแนวราบ
- ใช้วงจร PLC ในการควบคุมกระบอกลูกสูบไฮดรอลิคที่ขับเคลื่อนชุด JIG ในแนวดิ่ง
- เวลาที่ใช้ในการลบคมประมาณ 9 วินาที

COPY TO QTY	

CHAMFERING MACHINE



DATE	CHK	REVISION	PART NAME	ASST DMC	FILE NO.	OSF NO.	DATE	NAME	APPROVED	APPROVED	DATE	QTY

SANJO UNIVERSAL ELECTRIC PUBLIC COMPANY LIMITED

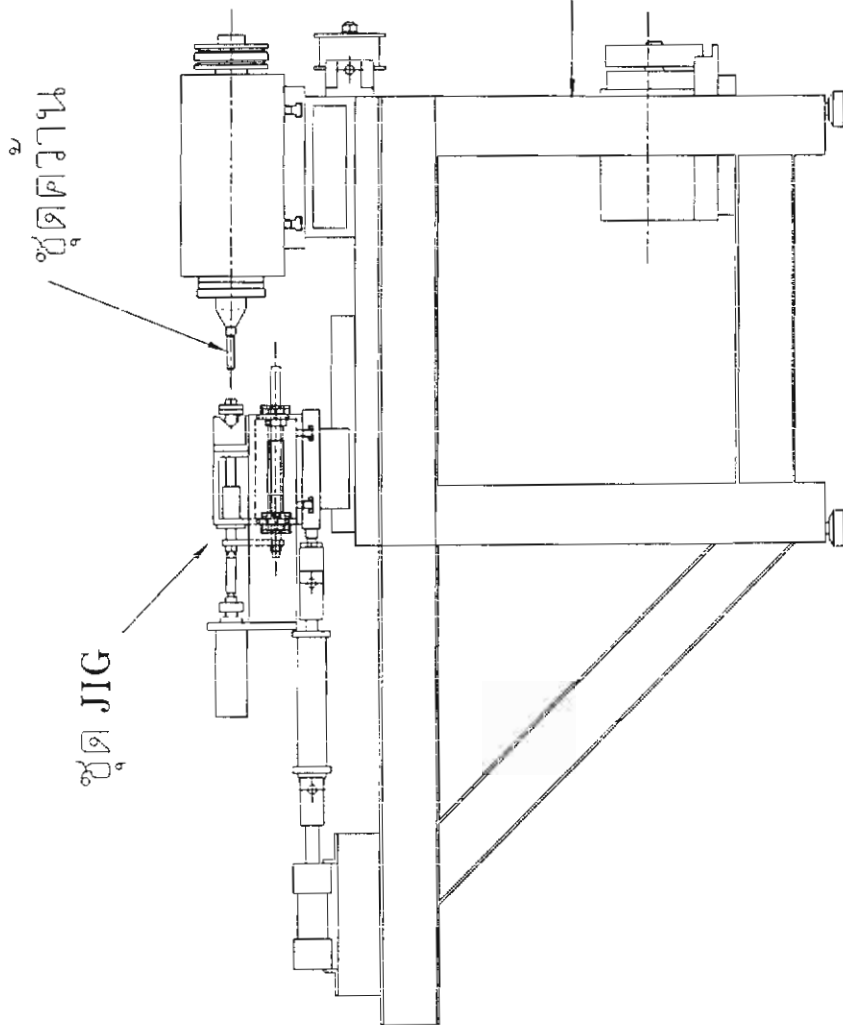
CF-00-151

2.4 Boring Machine

เป็นชุดเครื่องจักรที่ทำหน้าที่คว้านชิ้นงานสไลด์เดอร์ ให้มีรูที่ผ่านการเจาะและลบคมให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งโครงสร้างใหญ่ๆ ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. ชุดหัวคว้าน : ทำหน้าที่คว้านชิ้นงานสไลด์เดอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งชุดหัวคว้านประกอบด้วย หัวคว้าน 6 หัว, มอเตอร์ 3 ตัว และสายพาน (V-Belt) ซึ่งมอเตอร์ 1 เครื่อง จะทำการหมุนหัวเจาะ 2 หัวในเวลาเดียวกัน โดยใช้สายพานเป็นตัวส่งกำลัง ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ใช้ขับ 1410 รอบ/นาที ระยะการเคลื่อนที่ของมิดกัต 0.04 mm ต่อการหมุน 1 รอบ ลักษณะของมิดกัตของชุดหัวคว้านเป็นมิดกัต 2 ใบ ซึ่งชุดมิดกัตทั้ง 2 อยู่บนแกนและทิศทางเดียวกัน มิดกัตตัวแรกจะมีขนาดความหนาของใบพัดมากกว่ามิดกัตตัวที่สองอยู่ 50 ไมครอนสาเหตุที่มีมิดกัต 2 ตัว เนื่องจากมิดกัตตัวแรกจะคว้านงานก่อนและมิดกัตตัวที่สองจะช่วยคว้านให้ผิวของรูเจาะเรียบขึ้น
 2. ชุด JIG : ทำหน้าที่จับชิ้นงานให้อยู่กับที่ขณะทำการคว้าน ชุด JIG จะประกอบด้วยตัว V-Block 6 ตัว และ Clamp ชิ้นงานทางด้านซ้าย-ขวา ต่อ V-Block 1 ตัว เพื่อทำหน้าที่รองรับชิ้นงาน สไลด์เดอร์ ชุด JIG ตั้งอยู่บนรางเลื่อน (Ball Rail) และสามารถเคลื่อนที่เข้าหาชุดหัวคว้าน โดยกระบอกลูกสูบไฮดรอลิคด้วยความเร็วตัดของการป้อนชิ้นงานชุดหัวคว้าน 83 m/min ชุด V-Block จะเอียงทำมุมเพื่อให้ชิ้นงาน สไลด์เดอร์ ตกลงไปบนรางลำเลียงได้
 3. ชุดโครงสร้างรับน้ำหนัก : เป็นโครงสร้างที่รับน้ำหนักของเครื่อง ซึ่งประกอบด้วยแท่นรับน้ำหนักของชุดหัวคว้าน และชุด JIG และสามารถปรับระดับฐานรับน้ำหนักได้ด้วยสกรูปรับระยะที่ฐานได้
- การควบคุม : - ใช้วงจรไฟฟ้าในการควบคุมมอเตอร์และมี Limit Switch เป็นตัวส่งสัญญาณให้กับวงจรไฟฟ้า
- ใช้ PLC ในการควบคุมกระบอกลูกสูบไฮดรอลิคที่ชุดจับ JIG
- เวลาที่ใช้ในการคว้านประมาณ 16 วินาที

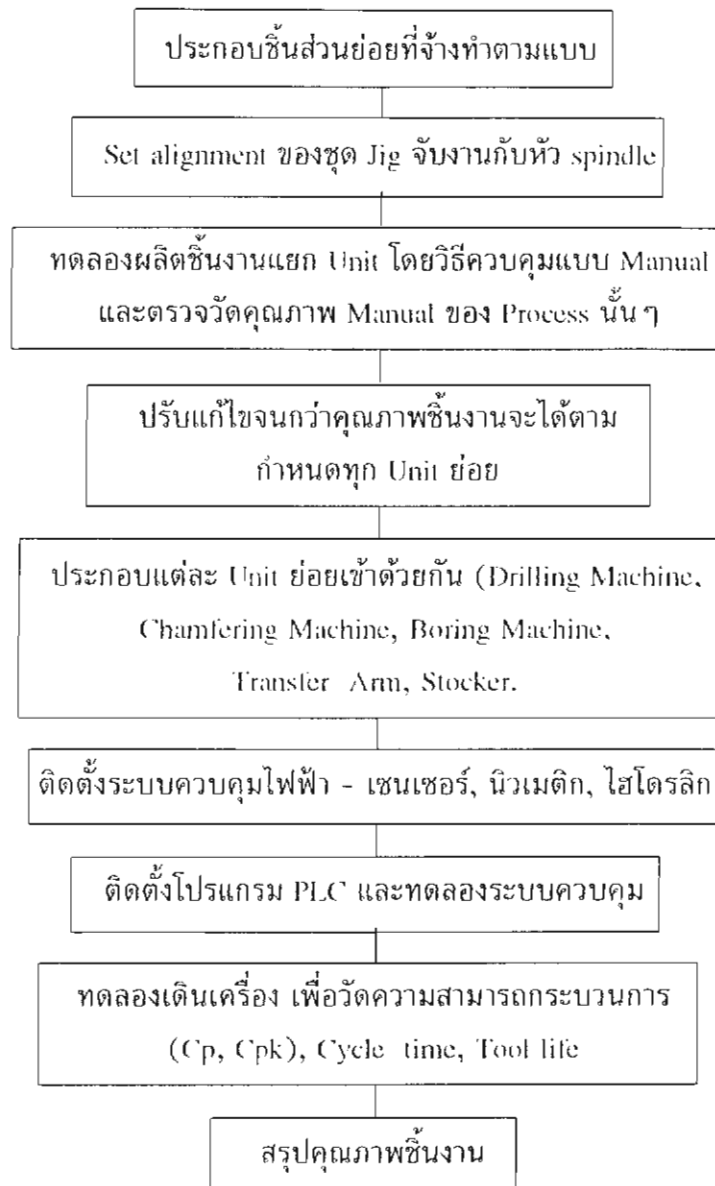
BORING MACHINE



NO.	DWG. NO.	PART NAME	QTY	MATERIAL	REMARK
		DESIGNED BY _____	CHECKED BY _____	MATERIAL _____	SCALE _____
		DESIGNED DATE _____	DESIGNED DATE _____	ILLUSTRATION DATE _____	NO. _____
		MACHINE NAME _____	M/C _____	ITEM NO. _____	QTY _____
		PART NAME _____	PART NO. _____	DWG. NO. _____	QTY _____
		FILE NO. _____	DWG. NO. _____		DATE _____

3. การติดตั้งและทดสอบการทำงาน

พื้นที่ในการติดตั้งเครื่อง Transfer Line ที่น้อยสุดประมาณ 2x5 m เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้ การติดตั้งเครื่องเริ่มจาก ติดตั้งโครงรับน้ำหนักของชุดหัวเจาะ ชุดหัวลบคม และชุดคว้าน แล้วจึงเริ่มติดตั้งชุดต่างๆ ตามลำดับ ซึ่งพอจะสรุปได้จากรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการติดตั้งเครื่อง Transfer Line

3.1 การติดตั้งชุดโครงสร้างและชุดควบคุม

1. การติดตั้งชุดหัวเจาะ

ติดตั้งชุดหัวเจาะและ JIG ซึ่งจะติดตั้งตามความยาวของเครื่องจักร โดยวางตรงกันข้าม หัวเจาะจะมี 6 หัวแยกกันอิสระ และชุด JIG จะมี 2 ชุด ซึ่งตั้งอยู่บนรางเดียวกัน set Alignment ให้ศูนย์กลางตำแหน่งรูเจาะ ตรงกับศูนย์กลางของตำแหน่งของหัวเจาะแต่ละหัว

โดยมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางในแนวราบของหัวเจาะ 175 ± 0.1 mm. และความสูงจากฐานยึด 209 ± 0.05 mm. ส่วนระยะต่างๆ ที่ติดตั้งสามารถดูได้จากแบบ ข้อควรระวังคือ

- ระยะห่างระหว่างหัว bore ต้องได้ตามที่กำหนด
- ต้องเน้นเรื่องค่าความขนานของ base and center drill
- เมื่อประกอบชุดจับดอกสว่านกับหัว bore ค่า runout ต้องไม่เกิน $+0.01$ mm.

2. การติดตั้งชุดลบคม

ติดตั้งชุดหัวลบคมและ JIG ซึ่งจะติดตั้งตามความยาวของเครื่องจักร โดยวางตรงกันข้าม หัวลบคมจะมี 12 หัว วางเรียงแถวตามยาวด้านซ้าย 6 หัว, ด้านขวา 6 หัว Set Alignment ให้ศูนย์กลางตำแหน่งรูที่ถูกเจาะแล้วตรงกับศูนย์กลางของตำแหน่งของหัวลบคมแต่ละหัว โดยมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางในแนวราบของหัวลบคม 175 ± 0.1 mm.

3. การติดตั้งชุดคว้าน

ติดตั้งชุดหัวคว้านและ JIG จะติดตั้งตามความยาวของเครื่องจักร โดยวางตรงกันข้ามเช่นเดียวกันกับชุดหัวเจาะ set Alignment ให้ศูนย์กลางตำแหน่งรูคว้านตรงกับศูนย์กลางของตำแหน่งของหัวคว้านแต่ละหัว โดยมีระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางในแนวราบของหัวคว้าน 175 ± 0.1 mm.

4. การติดตั้งชุด Transfer Arm

ติดตั้งชุดฐานรับน้ำหนักของ Transfer Arm ตามระยะที่ระบุไว้ในแบบ

5. การติดตั้งระบบควบคุม

ทำการติดตั้งระบบควบคุมไฟฟ้า, นิวเมติก, ไฮดรอลิก ดำเนินการติดตั้งตามแบบ

ในการติดตั้งเครื่อง TRANSFER LINE ให้เป็นระบบอัตโนมัติ สิ่งที่จะระบุได้ว่าการติดตั้งเครื่องได้ตามมาตรฐานคือการตรวจวัดคุณภาพชิ้นงานที่ขั้นตอนต่างๆ ซึ่งมาตรฐานในแต่ละขั้นตอนอ้างอิงจากคู่มือการผลิต

4. ผลการดำเนินงาน

ได้ทำการออกแบบชุดโครงสร้างของเครื่อง TRANSFER LINE ซึ่งประกอบด้วยสถานีย่อย 5 สถานี คือ

1. ชุด STOCKER
2. ชุด TRANSFER ARM
3. ชุด DRILLING
4. ชุด CHAMFERING
5. ชุด BORING

นอกจากนี้ได้ทำการออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องจักรซึ่งประกอบด้วยระบบไฟฟ้า ระบบไฮดรอลิก ระบบนิวเมติก และระบบการหล่อเย็น ให้ปฏิบัติงานได้สัมพันธ์กันตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ จากนั้นได้จัดสร้างระบบเครื่องจักรและระบบควบคุม โดยนำเอาเครื่องจักรที่มีอยู่แล้วบางส่วนมาปรับปรุงใช้งานและนำมาประกอบกันเป็นชุดเครื่องจักร ซึ่งต้องใช้เวลาใน

การทดสอบและปรับแต่งเครื่องจักรเป็นอย่างมากเพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานที่ต้องมีความแม่นยำสูงในระดับไมครอน

ผลที่ได้จากโครงการ คือได้เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตสไลด์เตอร์แบบอัตโนมัติ ซึ่งมีความสามารถในการผลิตชิ้นงานได้ 3,500 ชิ้น/กะ โดยใช้พนักงานดูแลเครื่องเพียง 1 คน จากเดิมซึ่งมีอัตราการผลิตชิ้นงานเพียง 2,500 ชิ้น/กะ และต้องใช้พนักงานดูแล 5 คน นอกจากนี้ยังช่วยลดพื้นที่ในการทำงานลง เนื่องจากได้รวมการทำงานของเครื่องจักร 3 สถานี (8 เครื่อง) ไว้ในเครื่องเดียวกัน

ภาคผนวก 5.1 แบบโครงสร้างเครื่อง Transfer Line

แบบโครงสร้างของเครื่อง Transfer Line ประกอบด้วย ชิ้นส่วนย่อย ๆ ซึ่งแสดงเป็นรูปภาพประกอบและ Part Number ของชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ชุด Stocker ร่องลำเลียงชิ้นงาน 6 ราง
2. ชุด Transfer Arm ประกอบด้วยส่วนรางเลื่อนและมือจับ 3 ชุด
3. ชุด Drilling Machine ประกอบด้วยหัวเจาะ 6 หัว
4. ชุด Chamfering Machine ประกอบด้วยหัวลบคม 12 หัว
5. ชุด Boring Machine ประกอบด้วยหัวคว้าน 6 หัว

DO NOT SCALE THIS DRAWING

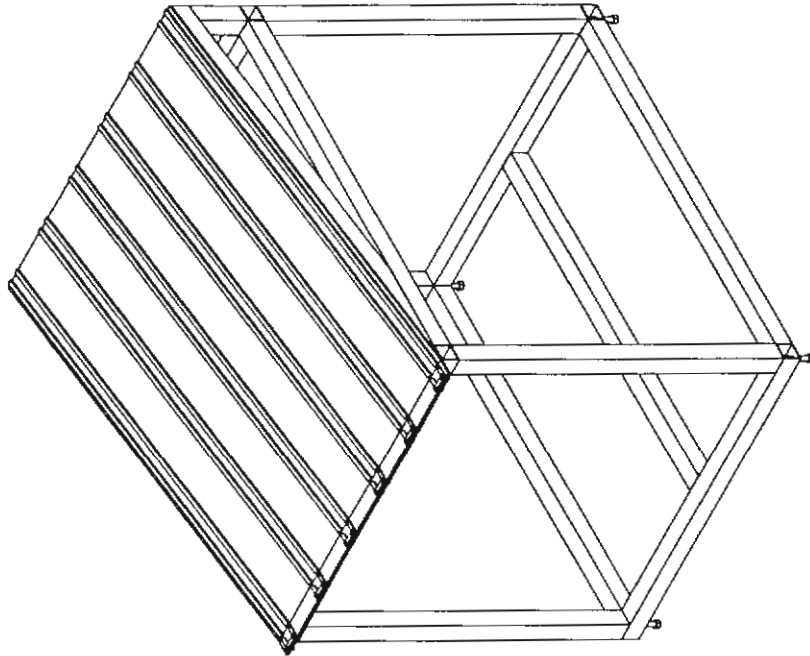
COPY TO	Q'TY

แสดงรายการชิ้นส่วนของ
STOCKER

7	AN ARTICLE	NUT M6*P1	5		
6	AN ARTICLE	COUNTERSUNK HEAD SCREW	12		
5	AN ARTICLE	NUT M12*P1.75	4		
4	AN ARTICLE	SCREW M12*L75*P1.75	4		
3	AN ARTICLE	SCREW M6*L25	6		
2	4M221308-03	FRAME	1		
1	3M221308-02	STOPPER	6	SS41	
NO.	DWG. NO.	PART NAME	Q'TY	MATERIAL	REMARK

DO NOT SCALE THIS DRAWING

STOCKER



COPY TO	QTY

เอกสารปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลด์เบสคอนกรีต จำกัด

	C	DESIGNED	DRAWN	CHECKED	APPROVED	MATERIAL	MAT	SCALE
	B	SCC	SCC			TOLERANCE	TOL	
	A	15/02/39	15/02/39			TOX.1		
		MACHINE NAME	STOCKER			ITEM NO	ITEM	QTY
DATE	MK	REVISION	PART NAME	STOCKER		DWG NO	DWG	QTY

COMPRESSOR FACTORY
SANYO UNIVERSAL ELECTRIC PUBLIC COMPANY LIMITED

FILE NO.: FILE

DISK NO.: DISK

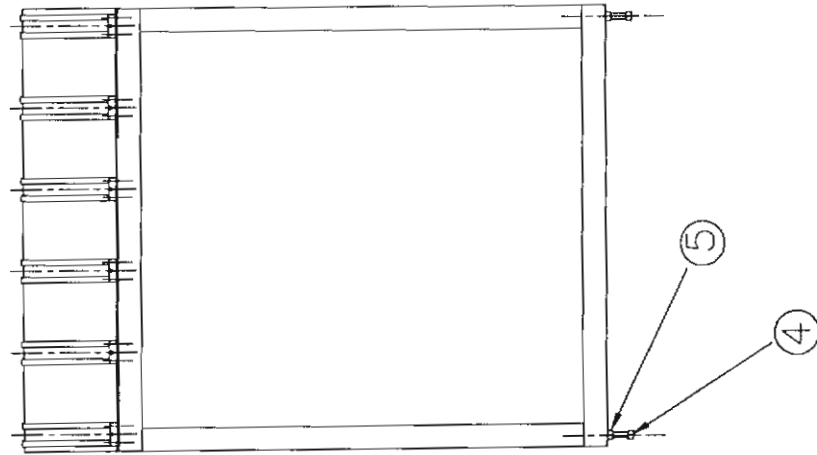
00/00-98

CF-QI-F51

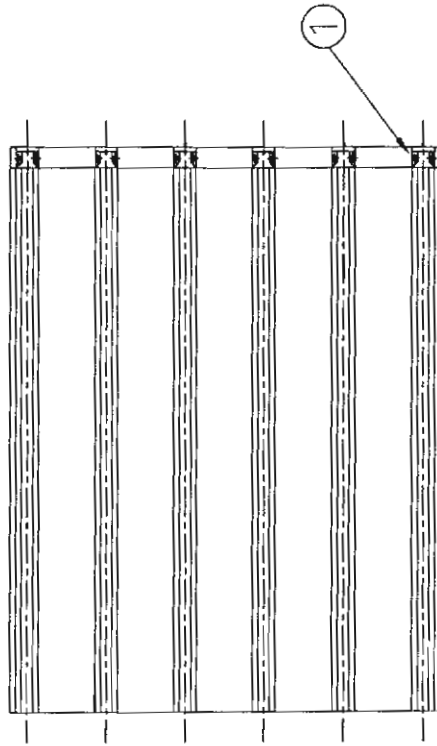
DO NOT SCALE THIS DRAWING

ภาพแสดงชิ้นส่วนประกอบของ STOCKER

FRONT-VIEW



TOP-VIEW



COPY TO	QTY

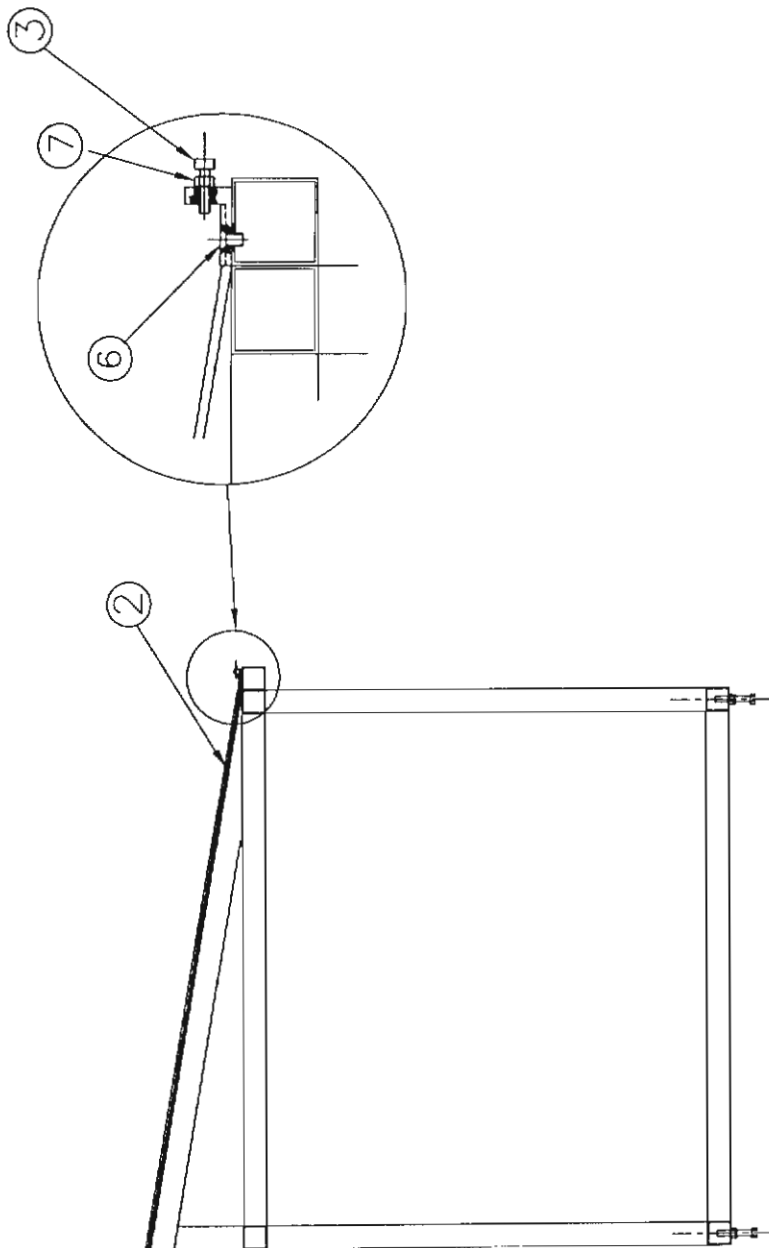
เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์เทคเนคัลโปรดักส์ จำกัด

C	DESIGNED	DRAWN	CHECKED	APPROVED	MATERIAL	MAT	SCALE
B	SCC	SCC			TOLERANCE	TOL	
A	15/02/39	15/02/39					
DATE	REVISION	PART NAME	STOCKER	STOCKER	ITEM NO	ITEM	QTY
MK					DWG NO	DWG	QTY

DO NOT SCALE THIS DRAWING

ภาพแสดงชิ้นประกอบของ STOCKER (ต่อ)

SIDE-VIEW



COPY TO	QTY

เอกสารปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี

บริษัท พรีเมียร์โกลด์เบิ้ลเคอรี่เปอโรจัน

C	DESIGNED	DRAWN	CHECKED	APPROVED	MATERIAL	MAT	SOA
B	SCC 15/02/39	SCC 15/02/39			TOLERANCE	TOL	
A	MACHINE NAME	STOCKER			ITEM NO	ITEM	QTY
DATE	WK	REVISION	PART NAME	STOCKER	DWG NO	DWG	QTY

COMPRESSOR FACTORY
SANYO UNIVERSAL ELECTRIC PUBLIC COMPANY LIMITED

FILE NO.: FILE

DISK NO.: DISK

CF-QI-F51

Drawn: 004, 27/03/00 00

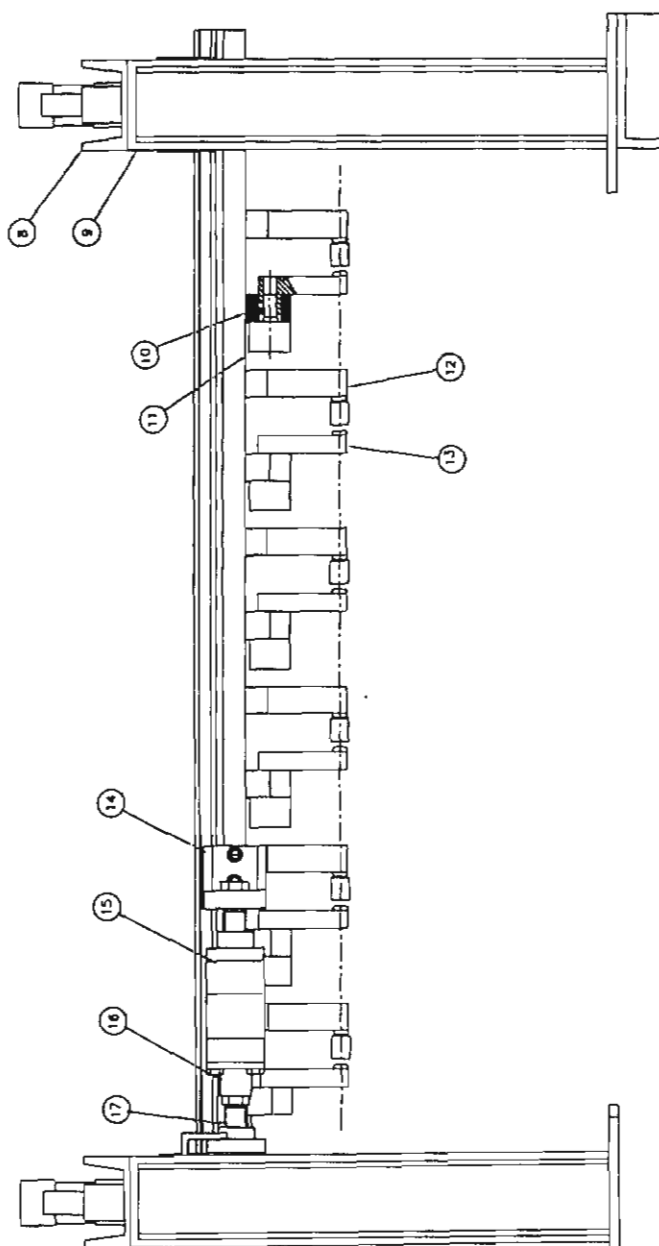
COPY TO	DATE

แสดงรายการชิ้นส่วนของ TRANSFER ARM

24	3M221307-18	PLATE SUPPORT BALL RAIL3	1	SS41	
23	4M221307-17	BASE FOR HYDRAULIC (BACK)	1	SS41	
22	3M221307-16	PLATE SUPPORT BALL RAIL2	1	SS41	
21	4M221307-15	BASE FOR HYDRAULIC (FRON)	1	SS41	
20	3M221307-14	PLATE SUPPORT BALL RAIL1	1	SS41	
19	4M221307-13	SUPPORT BASE 2	4	SS41	
18	3M221307-12	SUPPORT BASE 1	2	SS41	
17	AN ARTICLE	LONG HYDRAULIC CYL.	1		"PNEUMAX" BORE40 ST 1210
16	4M221307-11	CONNECTOR	1	S45C	
15	AN ARTICLE	SHORT HYDRAULIC CYL.	1		"PNEUMAX" BORE40 STROKES
14	4M221307-10	SUPPORT FOR PUSH	1	S45C	
13	3M221307-09	JIG LEFT	18	SCM4	
12	3M221307-08	JIG RIGHT	18	SCM4	
11	AN ARTICLE	CYL. FOR CLAMP	18		"B-TAC"20-CQ2B32-100
10	3M221307-07	SUPPORT CYL. CLAMP	18	SCM4	
9	4M221307-06	FRAME	6	U-BEAM 4"	
8	3M221307-05	U-BEAM FOR LIFT	3	U-BEAM 4"	
7	4M221307-04	PLATE LOCK	6	SS41	
6	AN ARTICLE	BALL RAIL	1		1605-304-31 (#35)
5	AN ARTICLE	RUNNER BLOCK	3		1622-394-10 (#35)
4	3M221307-03	PLATE SUPPORT RUNNER BLOCK1	3	SS41	
3	AN ARTICLE	LINEAR BUSHING	6		"NB" SMF25G WUU
2	4M221307-02	SHAFT	6	STD.PART	M/C FROM STD.PART
1	AN ARTICLE	HYDRAULIC CYL. FOR LIFT	3		"PNEUMAX"BORE40 ST50
NO.	DWG. NO.	PART NAME	Q'TY	MATERIAL	REMARK

DO NOT SEAL THIS ENVELOPE

ภาพแสดงขั้นตอนการโอนทรัพย์สิน

[illegible]

DO NOT SCALE THIS DRAWING

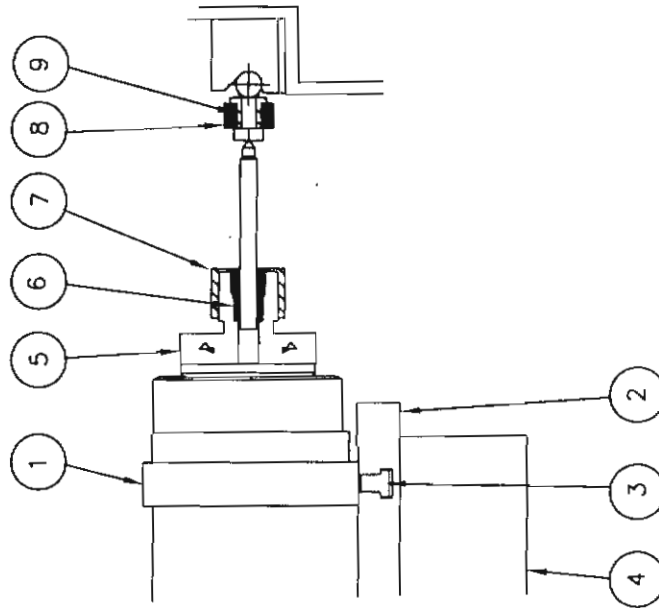
COPY TO	Q'TY

แสดงรายการชิ้นส่วนของ DRILLING MACHINE

40	AN ARTICLE	T-SLOT FOR M12 x P1.75			
39	4M221301-23	SCREW CONNECTOR	1	S45C	
38	4M221301-22	SUPPORT FRAME	4	SS41	
37	AN ARTICLE	SCREW ADJ.FRAME	4		M20 x P2.5
36	3M221301-21	BASE FOR MOTER	1	SS41	
35	AN ARTICLE	MOTOR	3		BLAKE MOTOR 2.2KW 6P
34	AN ARTICLE	V-BELT	6		MITSUBOSHI A80 L = 2032
33	3M221301-20	FRAME	1	H-BEAM	
32	3M221301-19	BASE	1	SS41	
31	3M221301-18	BASE FOR ADJ. BELT	3	SS41	
30	AN ARTICLE	SCREW ADJ.BELT	3		M16 x P2
29	4M221301-17	GUIDE SCREW	3	SS41	
28	4M221301-16	SHAFT LOCK	3	S45C	
27	AN ARTICLE	BEARING	6		"SKF"6303
26	4M221301-15	CONTACT ADJ. BELT	3	S45C	
25	3M221301-14	PULLEY	9	S45C	
24	AN ARTICLE	HYDRAULIC ST 35	1		"B-TAC" 70H SD40B 35LB
23	AN ARTICLE	CHEVIS	1		"B-TAC" T 40
22	AN ARTICLE	HYDRAULIC ST 75	1		"B-TAC" 70H SD40B 75CA
21	AN ARTICLE	ROD END EYE	2		"B-TAC" Y 40
20	4M221301-13	PLATE GUIDE CLAMP	2	S45C	
19	4M221301-12	ROD FOR CLAMP	4	SK4	50-55Hrc
18	4M221301-11	BAS FOR HYDRAULIC	1	SS41	
17	AN ARTICLE	T-SLOT FOR M10	8		
16	3M221301-10	PLATE FOR JIG	2	SS41	
15	AN ARTICLE	RUNNER BLOCK	2		"STAR" #45 1622-494-10
14	AN ARTICLE	BALL RAIL	2		"STAR" #45 L363 1605-404-31
13	AN ARTICLE	HYDRAULIC FOR CLAMP	2		"B-TAC" 70H SD40B 40FA
12	AN ARTICLE	LINEAR BUSHING	4		"NB" SMF 16G WUU
11	3M221301-09	BOX FOR JIG	2	SS41	
10	3M221301-08	V-BLOCK	6	SK4	50-55Hrc
9	4M221301-07	GUIDE BUSH	6	CARBIDE	
8	4M221301-06	PLATE FOR CLAMP	2	S45C	
7	4M221301-05	SCREW LOCK	6	SCM4	40-45HRC
6	AN ARTICLE	COLLET	6		"BIG" MODEL NBS16
5	3M221301-04	FLANGE FOR LOCK DRILL	6	SK4	50-55Hrc
4	3M221301-03	BOX SUPPORT BORING	3	SS41	
3	AN ARTICLE	T-SLOT FOR M14 x P2	24		
2	3M221301-02	BASE FOR BORING	1	SS41	
1	AN ARTICLE	BORING	6		USB 60 AN 3300 RPM
NO.	DWG. NO.	PART NAME	Q'TY	MATERIAL	REMARK

DO NOT SCALE THIS DRAWING

ภาพแสดงชิ้นประกอบของ DRILLING MACHINE



DATE	WK	REVISION	PART NAME	ASSY & HEAD DRILLING	CHECKED	APPROVED	MATERIAL	MAT	SCALE
							TOLERANCE TOL.1		
							ITEM NO	ITEM	QTY
							DWG NO	DWG	QTY

CF-Q1-F51

SANTO UNIVERSAL ELECTRIC PUBLIC COMPANY LIMITED
COMPRESSOR FACTORY

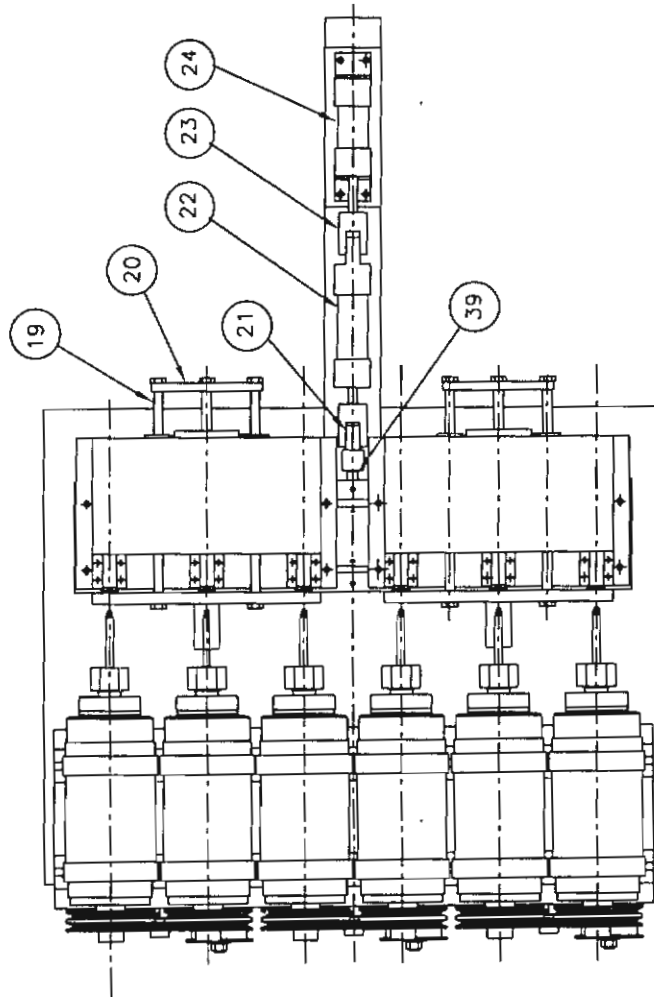
FILE NO.: FILE
DISK NO.: DISK

00/09-94

DO NOT SCALE THIS DRAWING

COPY TO	QTY

ภาพแสดงชิ้นประกอบของ DRILLING MACHINE (ต่อ)



เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบิลเคอร์เปอเรชั่น จำกัด

		Ⓐ		DESIGNED SCC 12/02/39	DRAWN SCC 12/02/39	CHECKED	APPROVED	MATERIAL	MAT	SCALE
		Ⓐ						TOLERANCE	TOL	
		Ⓐ		MACHINE NAME & HEAD DRILLING				ITEM NO	ITEM	QTY
DATE	WK	REVISION	PART NAME	ASSY & HEAD DRILLING				DWG NO	DWG	QTY

FILE NO : FILE DISK NO : DISK 00/09-94

CF-QJ-F51

COMPRESSOR FACTORY
SANTO UNIVERSAL ELECTRIC PUBLIC COMPANY LIMITED

FILE NO.: FILE

DISK NO.: DISK

00/09-94

DO NOT SCALE THE DRAWING

COPY NO	QTY

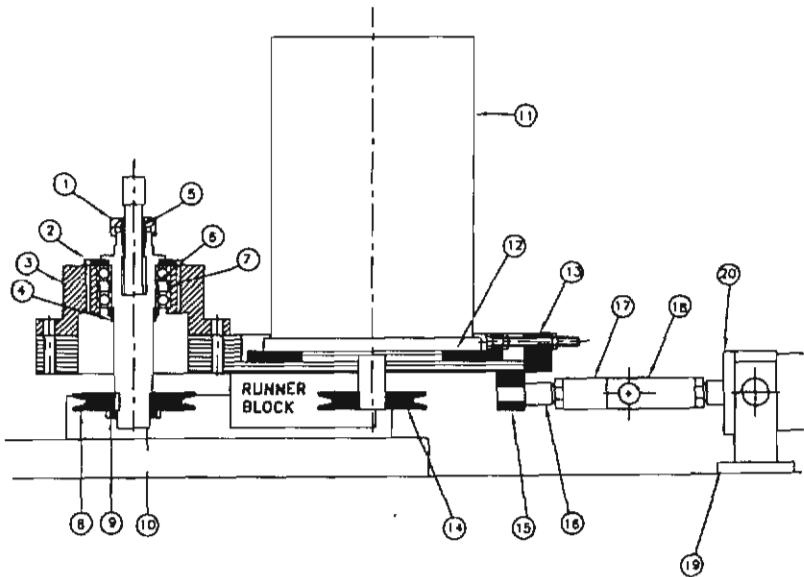
แสดงรายการชิ้นส่วนของ CHAMFERING MACHINE

36	4M221306-22	CONNECTOR	1	SS41	
35	AN ARTICLE	AIR CYL.ST50	1		10A-5 FB TYPE BORE 40 ST50
34	AN ARTICLE	AIR CYL. ST 120	1		10A-5 FB TYPE BORE 40 ST120
33	AN ARTICLE	LINEAR BUSHING	2		SMF 16 W
32	3M221306-21	PLATE SUPPORT SLIDE SHAFT	1	SS41	
31	4M221306-20	PUSH ROD	2	SCM4	
30	4M221306-19	PLATE SUPPORT V-BLOCK	1	SS41	
29	4M221306-18	V-BLOCK	6	SCM4	
28	4M221306-17	BASE SUPPORT FRAME	4	SS41	
27	AN ARTICLE	SCREW SUPPORT FRAME	4		
26	3M221306-16	FRAME	1		
25	3M221306-15	BASE BUTTOM	1	SS41	
24	AN ARTICLE	RUNNER BLOCK	4		#45 1622-494-10
23	AN ARTICLE	V-BELT	6		SPA L=957
22	AN ARTICLE	BALL RAIL	4		#45 1605-404-31 L= 300
21	3M221306-14	BASE	2	SS41	
20	AN ARTICLE	HYD. CYL TA TYPE	2		BORE 63 ST.136 70/H6
19	4M221306-13	CYLINDER SUPPORT	4	S45C	
18	AN ARTICLE	CHEVIS	2		"SMC" FOR BORE 63
17	AN ARTICLE	ROD END EYE	2		"SMC" FOR BORE 63
16	4M221306-12	SCREW CONNECTOR	2	S45C	
15	4M221306-11	PLATE SUPPORT BASE	2	S45C	
14	4M221306-10	MOTOR SHAFT PULLEY	6	S45C	
13	4M221306-09	PLATE SUPPORT SLIDE	6	S45C	
12	3M221306-08	PLATE FOR MOTOR	6	SS41	
11	AN ARTICLE	MOTOR	6		"MITSUBISHI"FF165 90L 1410RPM
10	3M221306-07	SHAFT	12	SCM4	55-60 Hrc
9	AN ARTICLE	NUT	12		M30 x 1.5
8	4M221306-06	SPINDLE PULLEY	12	S45C	
7	4M221306-05	INNER SPACER	12	S45C	
6	AN ARTICLE	BEARING	24		"SKF"6008-2RS1
5	AN ARTICLE	COLLET	12		"BIG" NBC16-D
4	4M221306-04	LOCK NUT	12		
3	3M221306-03	HOUSING	12	S45C	
2	4M221306-02	BEARING CLAMP PLATE	12	SS41	
1	AN ARTICLE	SCREW LOCK COLLET	12		"BIG"NB16
NO.	DWGNO.	PARTNAME	QTY	MAT	REMARK

DO NOT SCALE THIS DRAWING

COPY TO	QTY

ภาพแสดงชิ้นส่วนประกอบของ
CHAMFERING MACHINE



DESIGNED	DRAWN	CHECKED	APPROVED	MATERIAL	UNIT	SCALE
BYC	BYC	BYC	BYC	FOR ENHANCE	FOR	
30/05/38	30/05/38	30/05/38	30/05/38	FOR ENHANCE	FOR	
MACHINE NAME & HEAD SHAPING	ITEM NO	ITEM	ITEM	ITEM	ITEM	QTY
DATE	REV	REVISION	PART NAME/ASSEMBLY CHAMFERING	DATE	NO	QTY

07-0-F31

COMPRESSOR FACTORY
SAFETY UNIVERSAL ELECTRIC PUBLIC COMPANY LIMITED

FILE NO.: FILE

DISK NO.: DISK

05/08/38

DO NOT SCALE THIS DRAWING

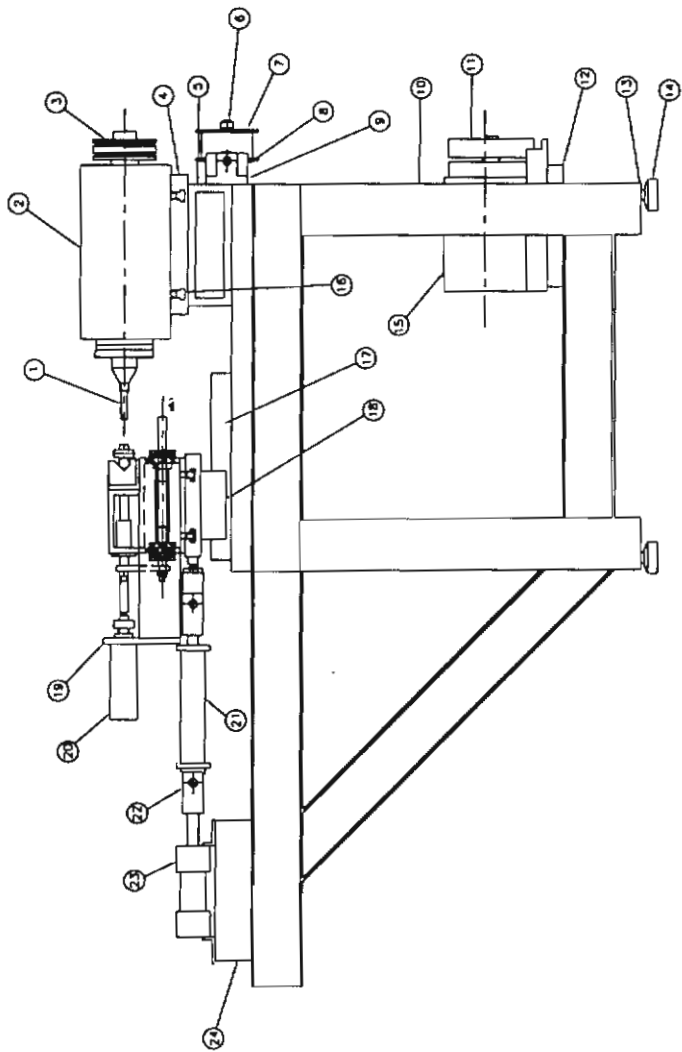
COPY TO	QTY

แสดงรายการชิ้นส่วนของ
BORING MACHINE

47	4M 221305-33	ROD GUIDE	6	SK4	50-55HRC
46	4M 221305-32	PLATE SUPPORT GUIDE	2	S45C	
45	AN ARTICLE	LINEAR BUSHING	6		
44	3M 221305-31	BOX JIG	2	S45C	
43	AN ARTICLE	SPRING	2		
42	4M 221305-30	STOPPER SPRING BACK	2	SS41	
41	4M 221305-29	STOPPER SPRING (FRON)	2	SS41	
40	4M 221305-28	SUPPORT BUSH BACK	2	SS41	
39	4M 221305-27	BUSH SUPPORT STOPPER GUIDE	2	OILLESS	
38	AN ARTICLE	T-SLOT	4		
37	3M 221305-26	PLATE FOR JIG	1	SS41	
36	4M 221305-25	BUSH	2	OILLESS	
35	4M 221305-24	STOPPER FOR GUIDE	2	SK4	50-55HRC
34	4M 221305-23	SUPPORT BUSH FRON	2	S45C	
33	4M 221305-22	PLATE CLAMP	2	SS41	
32	4M 221305-21	ATTACH CLAMP	5	CABIDE	
31	3M 221305-20	V-BLOCK	6	SK4	50-55HRC
30	AN ARTICLE	ROD END EYE2	1		
29	AN ARTICLE	CHEVIS	1		
28	4M 221305-19	PLATE GUIDE CLAMP	2	S45C	
27	4M 221305-18	PLATE SIDE	4	SS41	
26	4M 221305-17	RDO PUSH CLAMP	4	S45C	40-45 HRC
25	3M 221305-16	BASE	1	SS41	
24	4M 221305-15	BASE SUPPORT HYD.ST35	1	SS41	
23	AN ARTICLE	HYDRAULIC CYL.B40 ST35	1		
22	AN ARTICLE	LOD END EYE	1		
21	AN ARTICLE	HYDRAULIC CYL.B40 ST75	1		
20	AN ARTICLE	AIR CYLINDER BORE 40 ST40	2		
19	4M 221305-14	SUPPORT CYLINDER CLAMP	2	SS41	
18	AN ARTICLE	RUNNER BLOCK	2		
17	AN ARTICLE	BALL RAIL	2		
16	AN ARTICLE	T-SLOT	24		
15	AN ARTICLE	MOTOR	3		
14	4M 221305-13	BASE SUPPORT HIGHT	4	SS41	
13	AN ARTICLE	SCREW ADJUST HIGHT	4	SS41	
12	3M 221305-12	BASE SUPPORT MOTOR	1	SS41	
11	4M 221305-11	PULLEY FOR MOTOR	3	S45C	
10	3M 221305-10	FRAME	1		
9	4M 221305-09	SCREW ADJUST BELT	3	S45C	
8	4M 221305-08	BASE ADJUST BELT	3	S45C	
7	4M 221305-07	ROLLER	3	S45C	
6	4M 221305-06	SUPPORT FOR ROLLER ADJ.BELT	3	S45C	
5	3M 221305-05	BOX SUPPORT PLATE SPINDEL	3	S45C	
4	3M 221305-04	PLATE SUPPORT SPINDLE	1	S45C	
3	4M 221305-03	PULLEY	6	S45C	
2	AN ARTICLE	SPINDLE	6		
1	3M 221305-02	BORING BAR	6	SK4	60-65 HRC
NO.	DWG. NO.	PART NAME	Q'TY	MATERIAL	REMARK

DO NOT SCALE THIS DRAWING

ภาพแสดงชิ้นส่วนประกอบของ BORING MACHINE



DATE	REVISED	DATE	CHKD	APPROVED	MATERIAL	SCALE
	15/03/20	15/03/20			100% DIMS	1:1
	15/03/20	15/03/20			100% DIMS	1:1
	15/03/20	15/03/20			100% DIMS	1:1

FILE NO: 204557

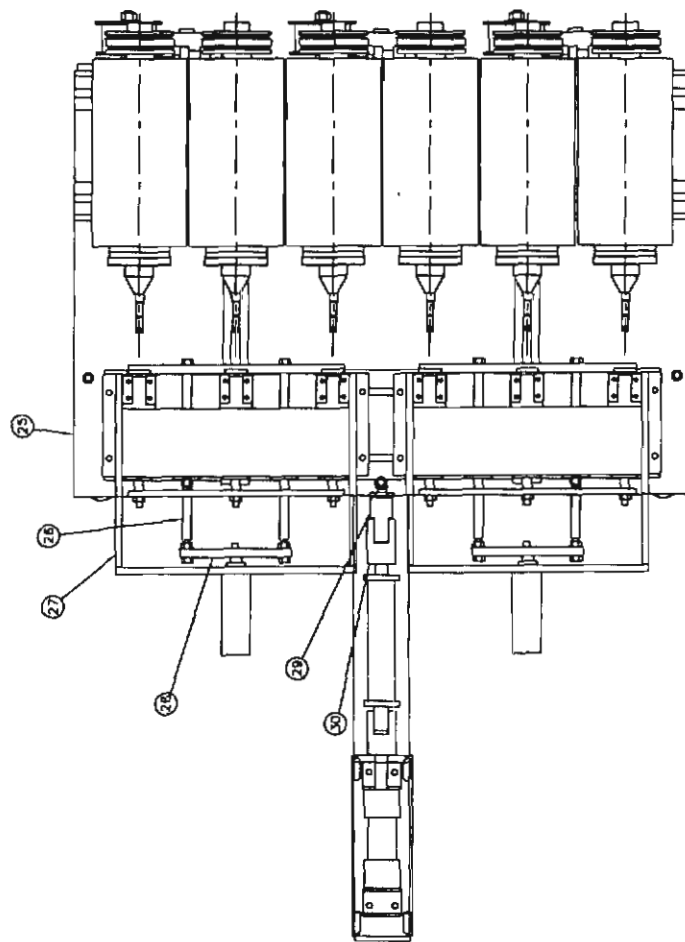
COMPRESSOR FACTORY

SAVO UNIVERSAL ELECTRIC PUBLIC COMPANY LIMITED

CP-08-751

ISO 8015 SCALE 1:100

ภาพแสดงชิ้นประกอบของ BORING MACHINE (ต่อ)



DATE	BY

DATE	REV	REVISION	DATE	BY	SCALE

COMPRESSOR FACTORY
SANGHVI ELECTRIC PUBLIC COMPANY LIMITED

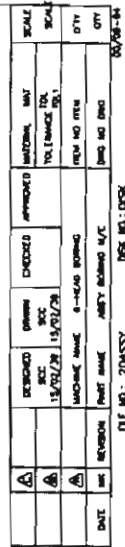
8-0-751

FILE NO.: 20455Y

DATE NO.: DSK

02/08/94

City			
County			



COMMISSION FACTORY
SARNO LAMONGAN ELECTRIC PUBLIC COMPANY LIMITED

151-0-0

ภาคผนวก 5.2 คู่มือการผลิตสไลด์เดอร์ หัวข้อ การเจาะรู การลบคมรูเจาะ
และการคว้านรู สำหรับใส่เพลลาข้อเหวี่ยง

การผลิต สไลด์เดอร์ ทางโรงงานใช้ข้อกำหนดตามมาตรฐานต่าง ๆ ดังนี้

1. กระบวนการเจาะ

- เครื่องเจาะตั้งโต๊ะอัตโนมัติ	ใช้ข้อกำหนด	AID-410 (22-05)
- JIG	ใช้ข้อกำหนด	NO.2G-1354-1g2
- ดอกสว่าน	ใช้ข้อกำหนด	4T 223-2

2. กระบวนการลบคม

- เครื่องกลึงตั้งโต๊ะ	ใช้ข้อกำหนด	TMB-25 (22-06)
- JIG	ใช้ข้อกำหนด	NO2G 2343-1g1
- ดอกกัด	ใช้ข้อกำหนด	JIS B 4211 20Ø

3. กระบวนการคว้าน

- เครื่องคว้านละเอียด	ใช้ข้อกำหนด	MF-B-3505 (22-084)
- จิกจับงานคว้าน	ใช้ข้อกำหนด	NO OC 2286-1g1
- มีดคว้าน	ใช้ข้อกำหนด	B-020 GUIDE — MAT'L

บริษัท อินโดนีเซีย เซล อีเลกทริก จำกัด (มหาชน) ฝ่าย โรงงานคอนกรีตเสริมเหล็ก หมวด MACHINE 2	คู่มือทางเทคนิค หมายเลขเอกสาร CF - PD - T25 บทที่ 6 หน้า 5	เรื่อง คู่มือการติดตั้ง ส่วนสุดท้าย 0 ทบทวนครั้งที่ 3 วันที่ 1/6/1996	ตำแหน่งงานที่ใช้อาคาร เครื่องเจาะ	ผู้จัดทำเอกสาร

เจาะรู

หมายเลขแบบ 22 - 05 ชื่อชิ้นงาน SLIDER วัสดุ FC - 25 ความเร็ว HRB - 88 - 98	รายละเอียดของเครื่องจักร, เครื่องมือ, และอุปกรณ์อื่น ๆ <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:30%;">ชื่อ</th> <th style="width:30%;">ข้อกำหนด</th> <th style="width:40%;">ชื่อผู้ผลิต, ผู้ขาย,</th> </tr> <tr> <td>เครื่องเจาะตั้งโต๊ะ</td> <td>AFD - 410</td> <td rowspan="3">TOKYO SANYO</td> </tr> <tr> <td>จิกเจาะ</td> <td>NO. 2G 1354 - 1G2</td> </tr> <tr> <td>ดอกสว่าน (2ชุด)</td> <td>AT 223 - 2</td> </tr> <tr> <td>สลีฟ (SLEEP) จับดอกสว่าน</td> <td>2 - 1</td> <td></td> </tr> </table>	ชื่อ	ข้อกำหนด	ชื่อผู้ผลิต, ผู้ขาย,	เครื่องเจาะตั้งโต๊ะ	AFD - 410	TOKYO SANYO	จิกเจาะ	NO. 2G 1354 - 1G2	ดอกสว่าน (2ชุด)	AT 223 - 2	สลีฟ (SLEEP) จับดอกสว่าน	2 - 1	
ชื่อ	ข้อกำหนด	ชื่อผู้ผลิต, ผู้ขาย,												
เครื่องเจาะตั้งโต๊ะ	AFD - 410	TOKYO SANYO												
จิกเจาะ	NO. 2G 1354 - 1G2													
ดอกสว่าน (2ชุด)	AT 223 - 2													
สลีฟ (SLEEP) จับดอกสว่าน	2 - 1													

13.4 ± 0.1

13.4 ± 0.1

การตรวจวัดขนาด			
เครื่องมือวัด	ความถี่	จำนวน	วิธีการทำงาน
เมื่อเริ่มงาน, หลังเปลี่ยนดอก	ความถี่	จำนวน	
ขณะปฏิบัติงาน	"	2 / 50	
ทุกชิ้น	"	ทุกชิ้น	

รายการ	การรับเครื่องจักร	การตรวจวัดขนาด	วิธีการทำงาน
ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	อัตราป้อน (มม/รอบ)	ความลึก (มม)	ความถี่
610		25	1. ความถี่ 13.4 ± 0.1
			2. ระยะ A - A' ≤ 0.5
			3. ระยะ B - B' ≤ 0.1
			4. รอบเส้น, ความแม่นยำในรูเจาะตามด

วิธีรับงานในลักษณะงานให้ชน Stopper

น. รีดชิ้นงานให้ชน

กดส. / จะรับงาน

คลายส. / จะรับงานออกจากจิก

ตรวจสอบ, รับงานตามวิธีกำหนด

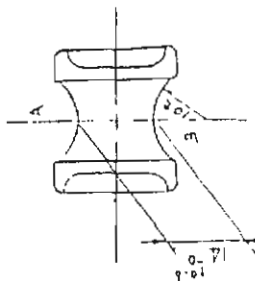
CHEN SHEET. NO 17

บริษัท อินโดนีเซียแอร์ไลน์ จำกัด (มหาชน)	คู่มือทางเทคนิค	เรื่อง	คู่มือการผลิต	ตำแหน่งงานที่ใช้เอกสาร	ผู้จัดทำเอกสาร
ฝ่าย วิศวกรรมการบิน	หมายเลขเอกสาร	CF - PD - T25	ส่วนชุดที่ 0	เครื่องกลึง	
หมวด MACHINE 2	วันที่ 6	หน้า 6	ทบทวนครั้งที่ 3	วันที่ 1/6/1996	

หมายเลขชิ้นงาน 22 - 06 ชื่อชิ้นงาน SLIDER รหัส FC - 25 ความเร็ว HRB - 68 - 98	

ลบคมขอบรูเจาะ

รายละเอียดของเครื่องจักร, เครื่องมือ, และอุปกรณ์อื่น ๆ			
ชื่อ	ข้อกำหนด	ชื่อผู้ผลิต, ผู้ขาย,	หมายเหตุ
เครื่องกลึงตั้งโต๊ะ	TMB - 25	TEITAI - TAIWAN	
จิ๊ก	NO. 2G 2343 - IG1	TOKYO SANYO	
คอกัดลบคม	JIS B 4211 ϕ 20		



ขนาดเส้น 1:1.0~1:4.6

วันที่	รายละเอียดการปฏิบัติงาน	การปรับเครื่องจักร			ด้านหน้าเครื่องจักร	การตรวจวัดขนาด		ข้อควรระวังในการใช้งาน
		ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	อัตราป้อน (มม/รอบ)	ความลึก (มม)		เครื่องมือวัด	ความถี่	
1	ลบคมขอบรูเจาะ	902	ด้วยมือ	62	1. ความกว้าง 14 ± 0.6 2. ขอบลบคมต้องไม่มีรอยแตก และจะต้องไม่เอียงศูนย์	เวอร์เนีย	เครื่องมือวัด	1. จะต้องเป็นของดี, ปรับรับ หรือปรับรับเมื่อลบคมเสร็จแล้ว
2	ตรวจสอบชิ้นงาน							ขนาด
3	ตรวจสอบชิ้นงาน							ขนาด
4	ตรวจสอบชิ้นงาน							ขนาด
5	ตรวจสอบชิ้นงาน							ขนาด

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท สหวิทย์ เทคโนโลยี จำกัด

บริษัท ชีโนบีเวอร์เซล อิลเลทริก จำกัด (มหาชน)	คู่มือทางเทคนิค	เรื่อง คู่มือการติดตั้ง	ตำแหน่งงานที่เชื่อมต่อสาร	ผู้จัดทำ/รับส่ง
ฝ่าย โรงงานคอมพิวเตอร์	หมายเลขเอกสาร	CF - PD - T25	เครื่องควบรูป (BORE)	
หมวด MACHINE 2	หน้า 6	หน้า 8	วันที่ 1/6/1996	

หมายเหตุ: 22 - 06 ชื่อชิ้นงาน SLIDER วัสดุ FC - 25 ความแข็ง HRB - 88 - 93	

ความรูเจาะ

รายละเอียดของเครื่องจักร, เครื่องมือ, และอุปกรณ์อื่น ๆ			
ชื่อ	ชื่อกำหนด	ชื่อผู้ผลิต, ผู้ขาย,	หมายเหตุ
เครื่องควบรูป	MFB - 3505	HOWA	
จักรรับชิ้นงาน	NO. QC 2286 - 1G1	TOKYO SANYO	
มีดกลึง	B - 020		
หัวรับมีด (BORING BAR)			

Technical drawing showing a boring bar assembly. The drawing includes a cross-section view of the bar with dimensions: 14.0-0.020, 14.0-0.025, and 14.0-0.025. Labels include 'A', 'B', 'C', 'D', 'E', 'F', 'G', 'H', 'I', 'J', 'K', 'L', 'M', 'N', 'O', 'P', 'Q', 'R', 'S', 'T', 'U', 'V', 'W', 'X', 'Y', 'Z', 'AA', 'AB', 'AC', 'AD', 'AE', 'AF', 'AG', 'AH', 'AI', 'AJ', 'AK', 'AL', 'AM', 'AN', 'AO', 'AP', 'AQ', 'AR', 'AS', 'AT', 'AU', 'AV', 'AW', 'AX', 'AY', 'AZ', 'BA', 'BB', 'BC', 'BD', 'BE', 'BF', 'BG', 'BH', 'BI', 'BJ', 'BK', 'BL', 'BM', 'BN', 'BO', 'BP', 'BQ', 'BR', 'BS', 'BT', 'BU', 'BV', 'BW', 'BX', 'BY', 'BZ', 'CA', 'CB', 'CC', 'CD', 'CE', 'CF', 'CG', 'CH', 'CI', 'CJ', 'CK', 'CL', 'CM', 'CN', 'CO', 'CP', 'CQ', 'CR', 'CS', 'CT', 'CU', 'CV', 'CW', 'CX', 'CY', 'CZ', 'DA', 'DB', 'DC', 'DD', 'DE', 'DF', 'DG', 'DH', 'DI', 'DJ', 'DK', 'DL', 'DM', 'DN', 'DO', 'DP', 'DQ', 'DR', 'DS', 'DT', 'DU', 'DV', 'DW', 'DX', 'DY', 'DZ', 'EA', 'EB', 'EC', 'ED', 'EE', 'EF', 'EG', 'EH', 'EI', 'EJ', 'EK', 'EL', 'EM', 'EN', 'EO', 'EP', 'EQ', 'ER', 'ES', 'ET', 'EU', 'EV', 'EW', 'EX', 'EY', 'EZ', 'FA', 'FB', 'FC', 'FD', 'FE', 'FF', 'FG', 'FH', 'FI', 'FJ', 'FK', 'FL', 'FM', 'FN', 'FO', 'FP', 'FQ', 'FR', 'FS', 'FT', 'FU', 'FV', 'FW', 'FX', 'FY', 'FZ', 'GA', 'GB', 'GC', 'GD', 'GE', 'GF', 'GG', 'GH', 'GI', 'GJ', 'GK', 'GL', 'GM', 'GN', 'GO', 'GP', 'GQ', 'GR', 'GS', 'GT', 'GU', 'GV', 'GW', 'GX', 'GY', 'GZ', 'HA', 'HB', 'HC', 'HD', 'HE', 'HF', 'HG', 'HH', 'HI', 'HJ', 'HK', 'HL', 'HM', 'HN', 'HO', 'HP', 'HQ', 'HR', 'HS', 'HT', 'HU', 'HV', 'HW', 'HX', 'HY', 'HZ', 'IA', 'IB', 'IC', 'ID', 'IE', 'IF', 'IG', 'IH', 'II', 'IJ', 'IK', 'IL', 'IM', 'IN', 'IO', 'IP', 'IQ', 'IR', 'IS', 'IT', 'IU', 'IV', 'IW', 'IX', 'IY', 'IZ', 'JA', 'JB', 'JC', 'JD', 'JE', 'JF', 'JG', 'JH', 'JI', 'JJ', 'JK', 'JL', 'JM', 'JN', 'JO', 'JP', 'JQ', 'JR', 'JS', 'JT', 'JU', 'JV', 'JW', 'JX', 'JY', 'JZ', 'KA', 'KB', 'KC', 'KD', 'KE', 'KF', 'KG', 'KH', 'KI', 'KJ', 'KL', 'KM', 'KN', 'KO', 'KP', 'KQ', 'KR', 'KS', 'KT', 'KU', 'KV', 'KW', 'KX', 'KY', 'KZ', 'LA', 'LB', 'LC', 'LD', 'LE', 'LF', 'LG', 'LH', 'LI', 'LJ', 'LK', 'LL', 'LM', 'LN', 'LO', 'LP', 'LQ', 'LR', 'LS', 'LT', 'LU', 'LV', 'LW', 'LX', 'LY', 'LZ', 'MA', 'MB', 'MC', 'MD', 'ME', 'MF', 'MG', 'MH', 'MI', 'MJ', 'MK', 'ML', 'MM', 'MN', 'MO', 'MP', 'MQ', 'MR', 'MS', 'MT', 'MU', 'MV', 'MW', 'MX', 'MY', 'MZ', 'NA', 'NB', 'NC', 'ND', 'NE', 'NF', 'NG', 'NH', 'NI', 'NJ', 'NK', 'NL', 'NM', 'NN', 'NO', 'NP', 'NQ', 'NR', 'NS', 'NT', 'NU', 'NV', 'NW', 'NX', 'NY', 'NZ', 'OA', 'OB', 'OC', 'OD', 'OE', 'OF', 'OG', 'OH', 'OI', 'OJ', 'OK', 'OL', 'OM', 'ON', 'OO', 'OP', 'OQ', 'OR', 'OS', 'OT', 'OU', 'OV', 'OW', 'OX', 'OY', 'OZ', 'PA', 'PB', 'PC', 'PD', 'PE', 'PF', 'PG', 'PH', 'PI', 'PJ', 'PK', 'PL', 'PM', 'PN', 'PO', 'PP', 'PQ', 'PR', 'PS', 'PT', 'PU', 'PV', 'PW', 'PX', 'PY', 'PZ', 'QA', 'QB', 'QC', 'QD', 'QE', 'QF', 'QG', 'QH', 'QI', 'QJ', 'QK', 'QL', 'QM', 'QN', 'QO', 'QP', 'QQ', 'QR', 'QS', 'QT', 'QU', 'QV', 'QW', 'QX', 'QY', 'QZ', 'RA', 'RB', 'RC', 'RD', 'RE', 'RF', 'RG', 'RH', 'RI', 'RJ', 'RK', 'RL', 'RM', 'RN', 'RO', 'RP', 'RQ', 'RR', 'RS', 'RT', 'RU', 'RV', 'RW', 'RX', 'RY', 'RZ', 'SA', 'SB', 'SC', 'SD', 'SE', 'SF', 'SG', 'SH', 'SI', 'SJ', 'SK', 'SL', 'SM', 'SN', 'SO', 'SP', 'SQ', 'SR', 'SS', 'ST', 'SU', 'SV', 'SW', 'SX', 'SY', 'SZ', 'TA', 'TB', 'TC', 'TD', 'TE', 'TF', 'TG', 'TH', 'TI', 'TJ', 'TK', 'TL', 'TM', 'TN', 'TO', 'TP', 'TQ', 'TR', 'TS', 'TT', 'TU', 'TV', 'TW', 'TX', 'TY', 'TZ', 'UA', 'UB', 'UC', 'UD', 'UE', 'UF', 'UG', 'UH', 'UI', 'UJ', 'UK', 'UL', 'UM', 'UN', 'UO', 'UP', 'UQ', 'UR', 'US', 'UT', 'UU', 'UV', 'UW', 'UX', 'UY', 'UZ', 'VA', 'VB', 'VC', 'VD', 'VE', 'VF', 'VG', 'VH', 'VI', 'VJ', 'VK', 'VL', 'VM', 'VN', 'VO', 'VP', 'VQ', 'VR', 'VS', 'VT', 'VU', 'VV', 'VW', 'VX', 'VY', 'VZ', 'WA', 'WB', 'WC', 'WD', 'WE', 'WF', 'WG', 'WH', 'WI', 'WJ', 'WK', 'WL', 'WM', 'WN', 'WO', 'WP', 'WQ', 'WR', 'WS', 'WT', 'WU', 'WV', 'WW', 'WX', 'WY', 'WZ', 'XA', 'XB', 'XC', 'XD', 'XE', 'XF', 'XG', 'XH', 'XI', 'XJ', 'XK', 'XL', 'XM', 'XN', 'XO', 'XP', 'XQ', 'XR', 'XS', 'XT', 'XU', 'XV', 'XW', 'XX', 'XY', 'XZ', 'YA', 'YB', 'YC', 'YD', 'YE', 'YF', 'YG', 'YH', 'YI', 'YJ', 'YK', 'YL', 'YM', 'YN', 'YO', 'YP', 'YQ', 'YR', 'YS', 'YT', 'YU', 'YV', 'YW', 'YX', 'YY', 'YZ', 'ZA', 'ZB', 'ZC', 'ZD', 'ZE', 'ZF', 'ZG', 'ZH', 'ZI', 'ZJ', 'ZK', 'ZL', 'ZM', 'ZN', 'ZO', 'ZP', 'ZQ', 'ZR', 'ZS', 'ZT', 'ZU', 'ZV', 'ZW', 'ZX', 'ZY', 'ZZ'.

เลขที่	รายละเอียด และกรรมวิธีการผลิต	การปรับเครื่องจักร			การตรวจวัดขนาด		วิธีการระงับในการทำงาน	
		ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)	อัตราป้อน (มม/รอบ)	ความลึก (มม)	ความกว้าง (มม)	ความถี่ (Hz)		
1	ใช้แปรงทำความสะอาดจุดก่อนใส่ชิ้นงาน	1200	0.04	83	14 - 0.020	14 - 0.025	1. จะต้องมี 10.0 - 10.0 มม. อยู่ใน 1.0 มม. ทุกครั้ง	1. จะต้องมี 10.0 - 10.0 มม. อยู่ใน 1.0 มม. ทุกครั้ง
2	ใช้แปรงทำความสะอาดจุดก่อนใส่ชิ้นงาน	1200	0.04	83	14 - 0.020	14 - 0.025	2. จะต้องมี 10.0 - 10.0 มม. อยู่ใน 1.0 มม. ทุกครั้ง	2. จะต้องมี 10.0 - 10.0 มม. อยู่ใน 1.0 มม. ทุกครั้ง
3	กดสวิตช์เดินเครื่องควบรูป	1200	0.04	83	14 - 0.020	14 - 0.025	3. จะต้องมี 10.0 - 10.0 มม. อยู่ใน 1.0 มม. ทุกครั้ง	3. จะต้องมี 10.0 - 10.0 มม. อยู่ใน 1.0 มม. ทุกครั้ง
4	ตรวจสอบชิ้นงานตามข้อกำหนด	1200	0.04	83	14 - 0.020	14 - 0.025	4. จะต้องมี 10.0 - 10.0 มม. อยู่ใน 1.0 มม. ทุกครั้ง	4. จะต้องมี 10.0 - 10.0 มม. อยู่ใน 1.0 มม. ทุกครั้ง
5	ตรวจสอบชิ้นงานตามข้อกำหนด	1200	0.04	83	14 - 0.020	14 - 0.025	5. จะต้องมี 10.0 - 10.0 มม. อยู่ใน 1.0 มม. ทุกครั้ง	5. จะต้องมี 10.0 - 10.0 มม. อยู่ใน 1.0 มม. ทุกครั้ง

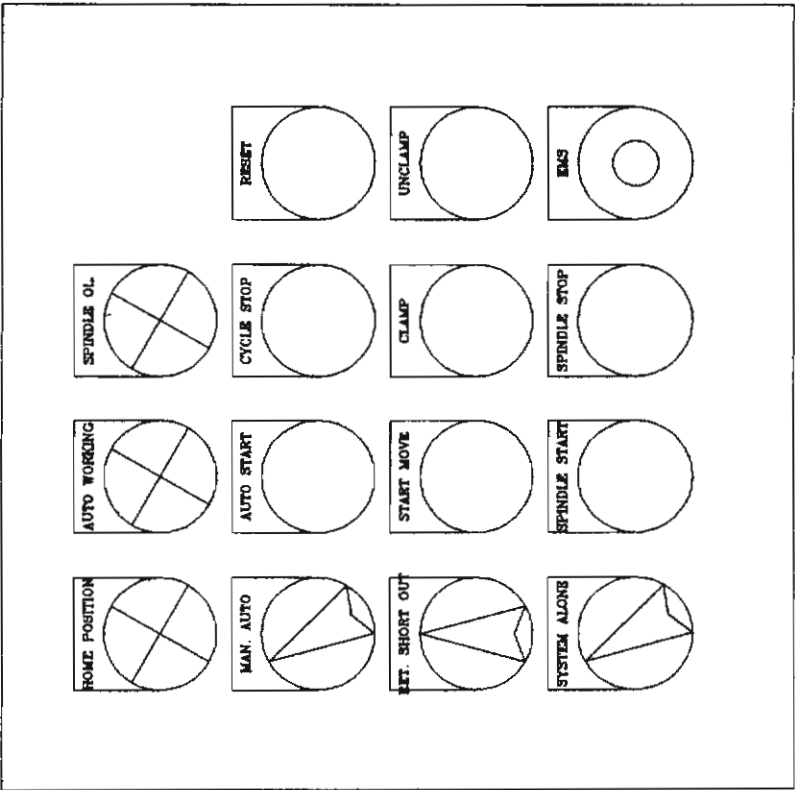
CHUN SHEET. NO 19
 93 EP CONTROL
 ตำแหน่งที่ 1.

ภาคผนวก 5.3 แบบระบบควบคุม

ภาคผนวกที่ 5.3.1 แบบระบบควบคุมเครื่อง TRANSFER LINE - ไฟฟ้า

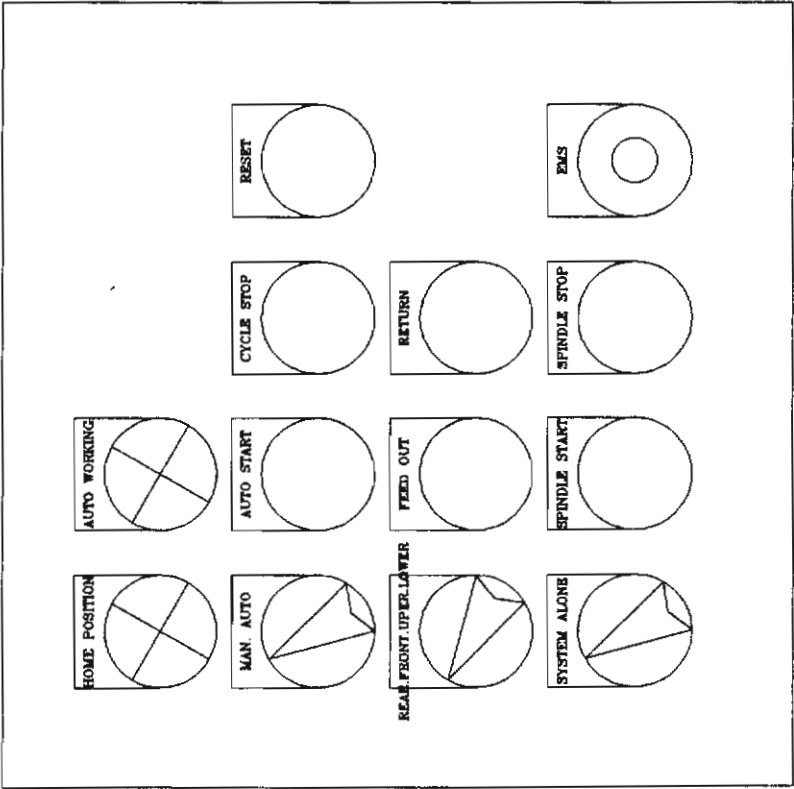


DRILING

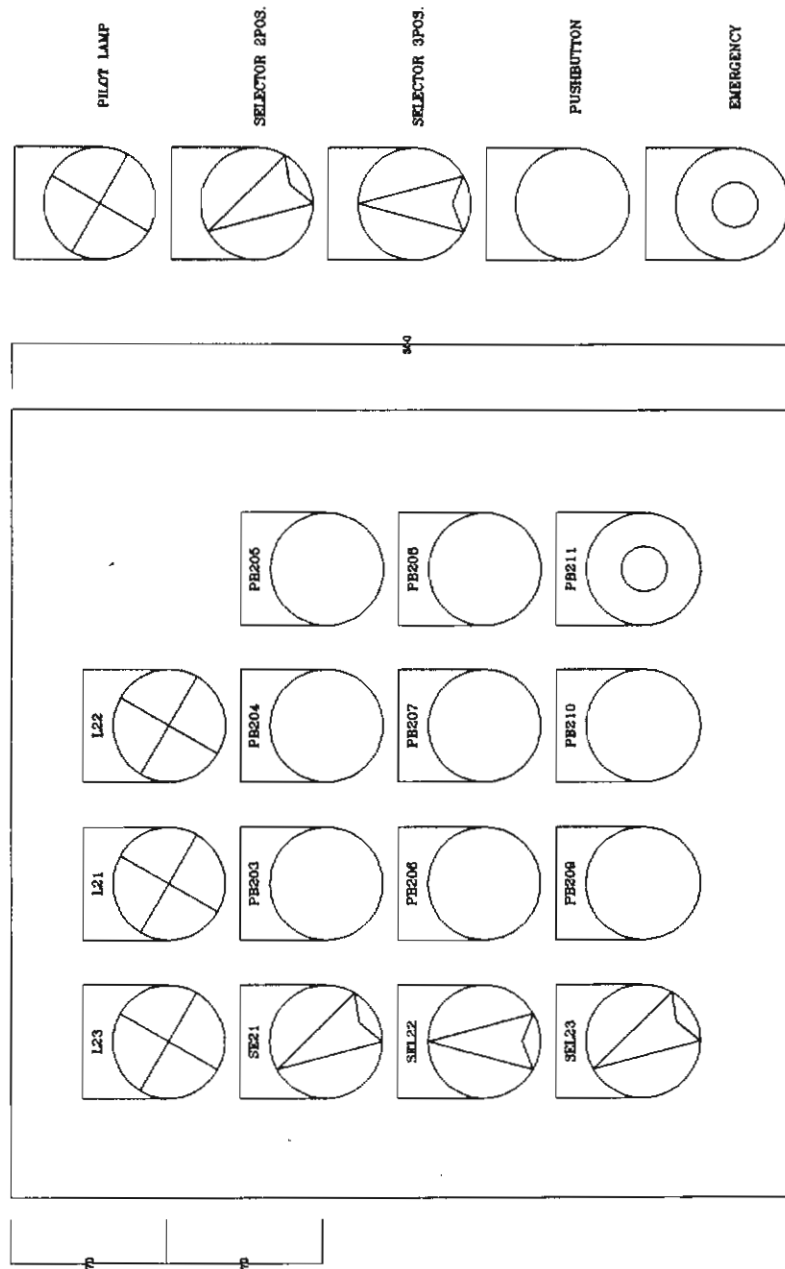
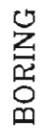


COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	CONTROL PANEL
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.LTD.	DATE 17/02/98	FACTORY AUTOMATION CENTRE
				DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	TEL 882-2768315-24 FAX 882-2768089
						DATE	REV.
						DATE	PAGE 2

CHAMFERING

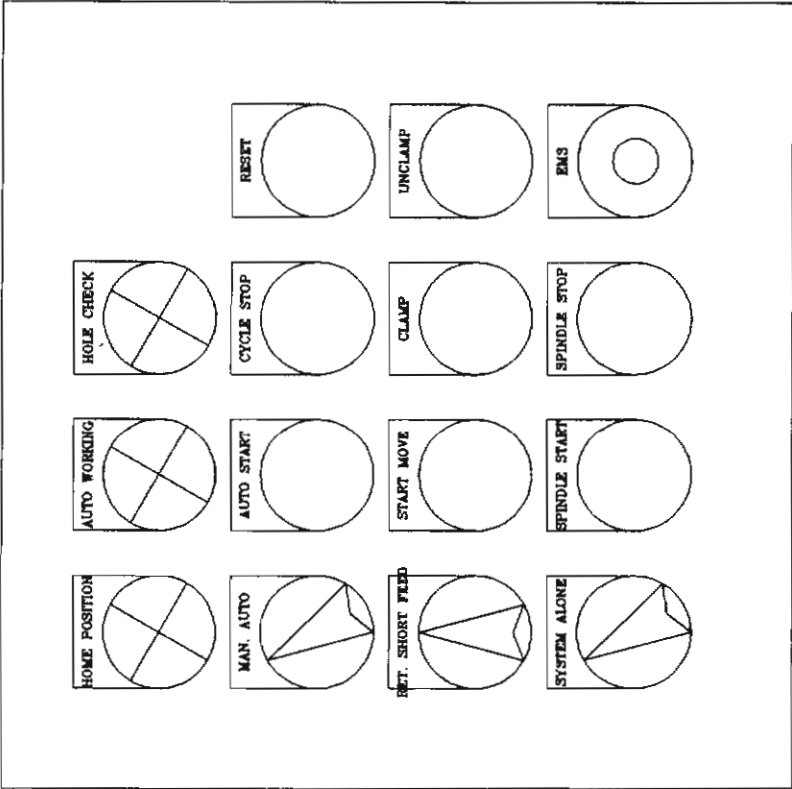


COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	CONTROL PANEL	DATE	17/02/88	FACTORY AUTOMATION CENTRE
				OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.LTD.			TEL 862-2768315-24 FAX 862-2768089		
		A3		DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	DRW./FILE NO.SUN9804	REV.	DATE	PAGE 4



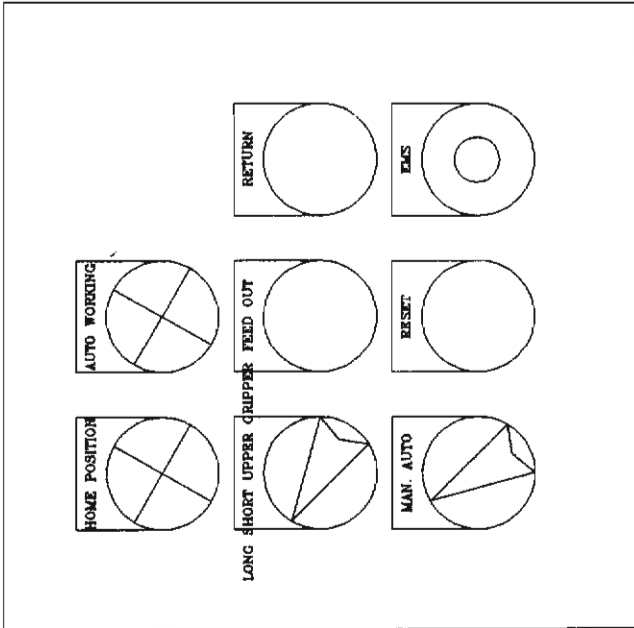
COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	CONTROL PANEL
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.LTD.		DATE 17/02/88
				DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	DRW./FILE NO.SUN9805
							REV. DATE
							PAGE 5

BORING



COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	CONTROL PANEL
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.LTD.	DATE	17/02/88
				DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	DATE
						DRW./FILE NO.SUN0806	REV. DATE
							PAGE 6

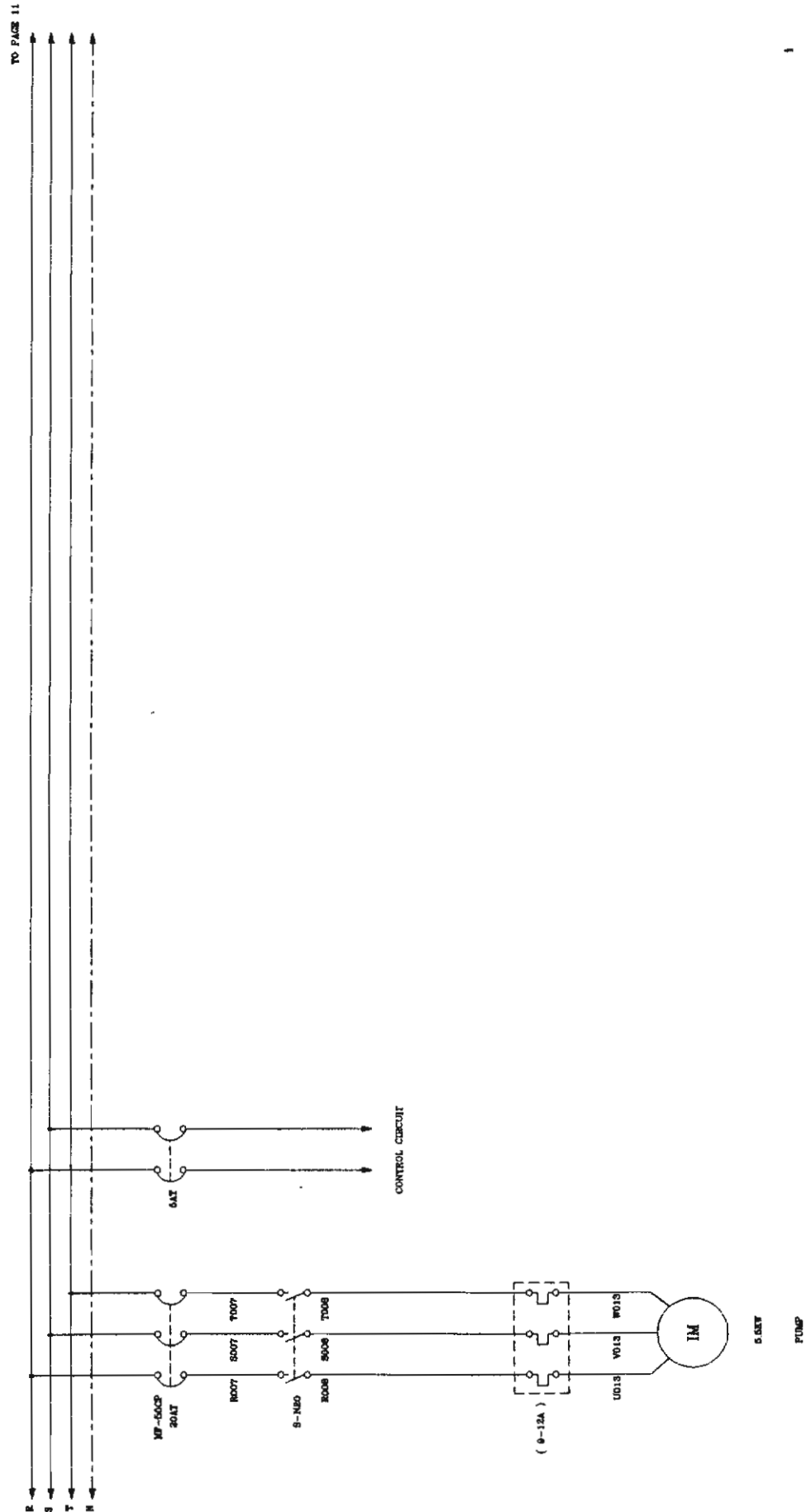
TRANSFER ARM.



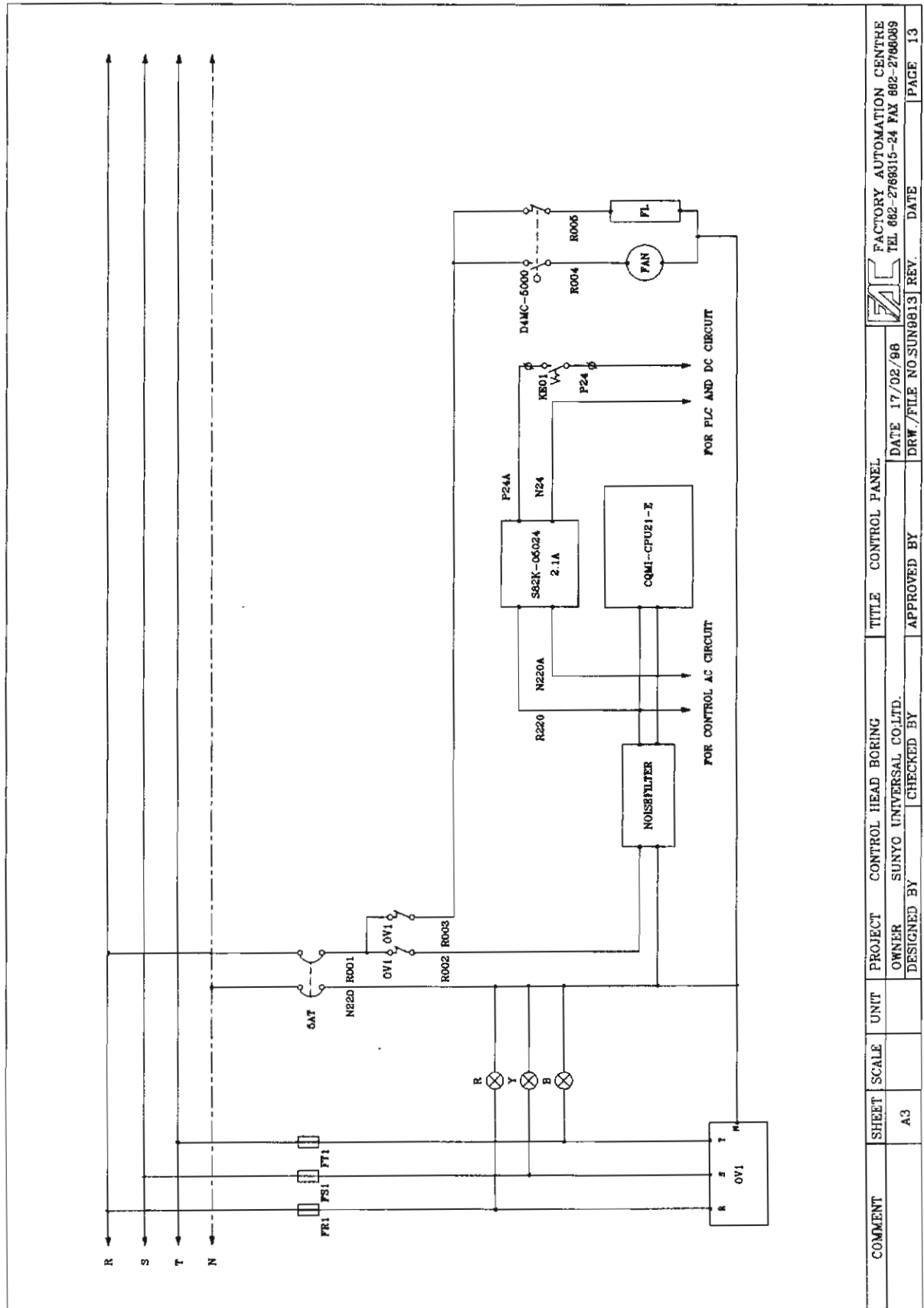
COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	CONTROL PANEL
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.,LTD.	DATE	17/02/98
				DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	DATE
							10



COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORRING	TITLE	POWER DDAIGRAME
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.LTD		DATE 30/03/98
				DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	FILE NO. SUN9811
						REV.	DATE
						PAGE	11

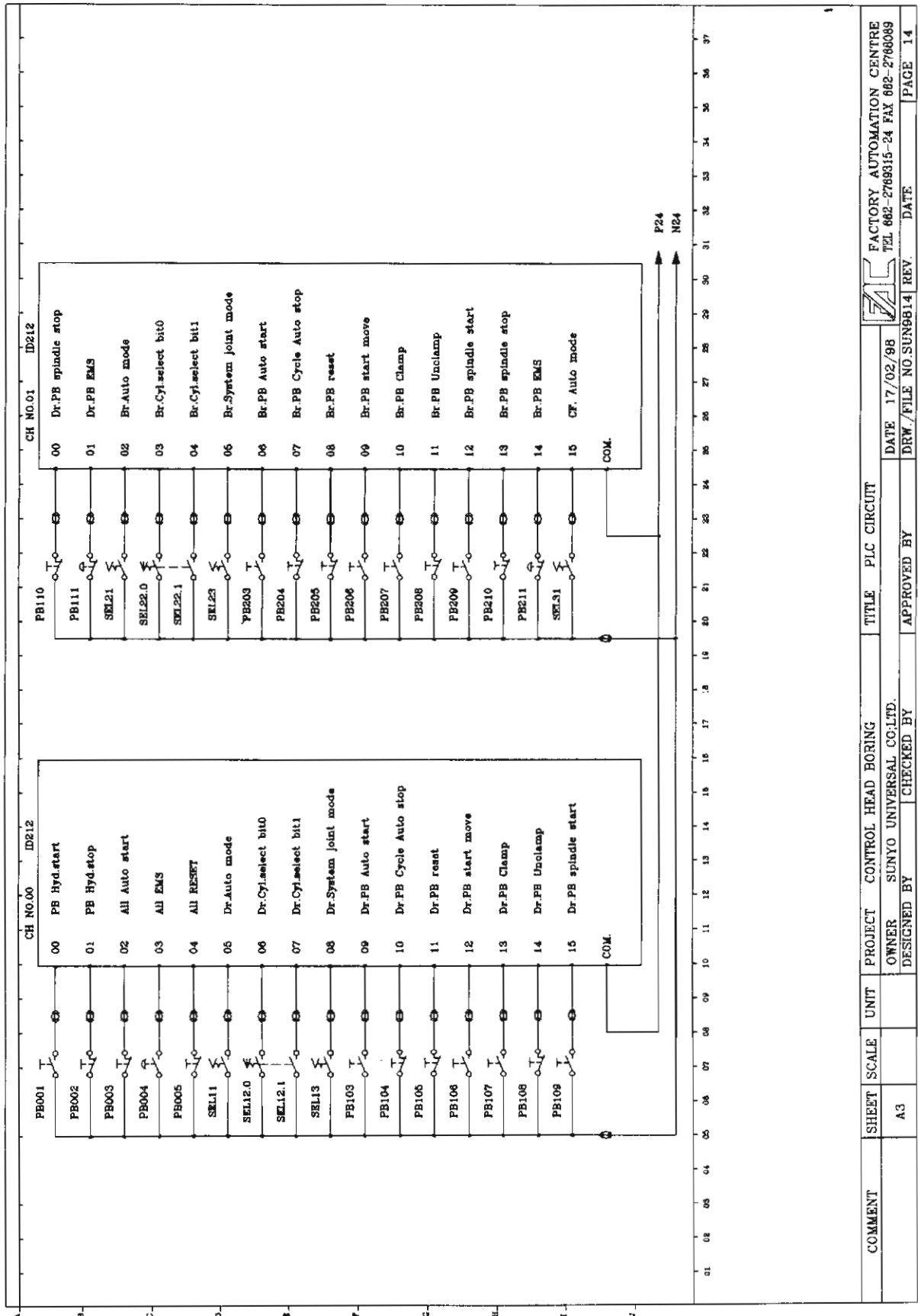


COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	POWER DDAIGRAM
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO. LTD	DATE	30/03/98
				DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	FILE NO. SUN9612
						REV.	DATE
							PAGE 12



COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	CONTROL PANEL	DATE	17/02/98	DATE	17/02/98	REV.	DATE	PAGE	13
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.LTD.	DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY							

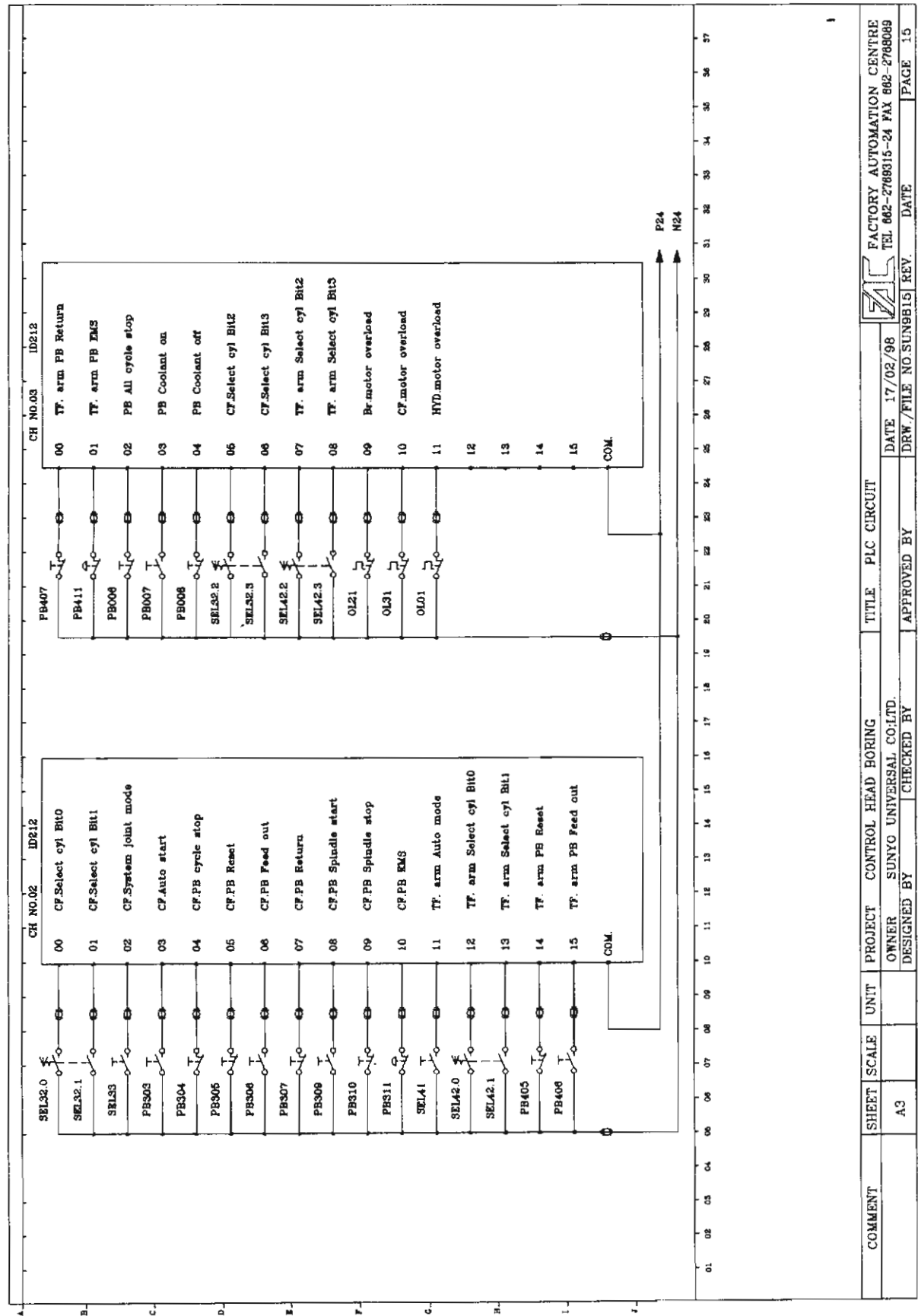
FACTORY AUTOMATION CENTRE
TEL 882-2769315-24 FAX 882-2769089
DRW./FILE NO.SUN9813

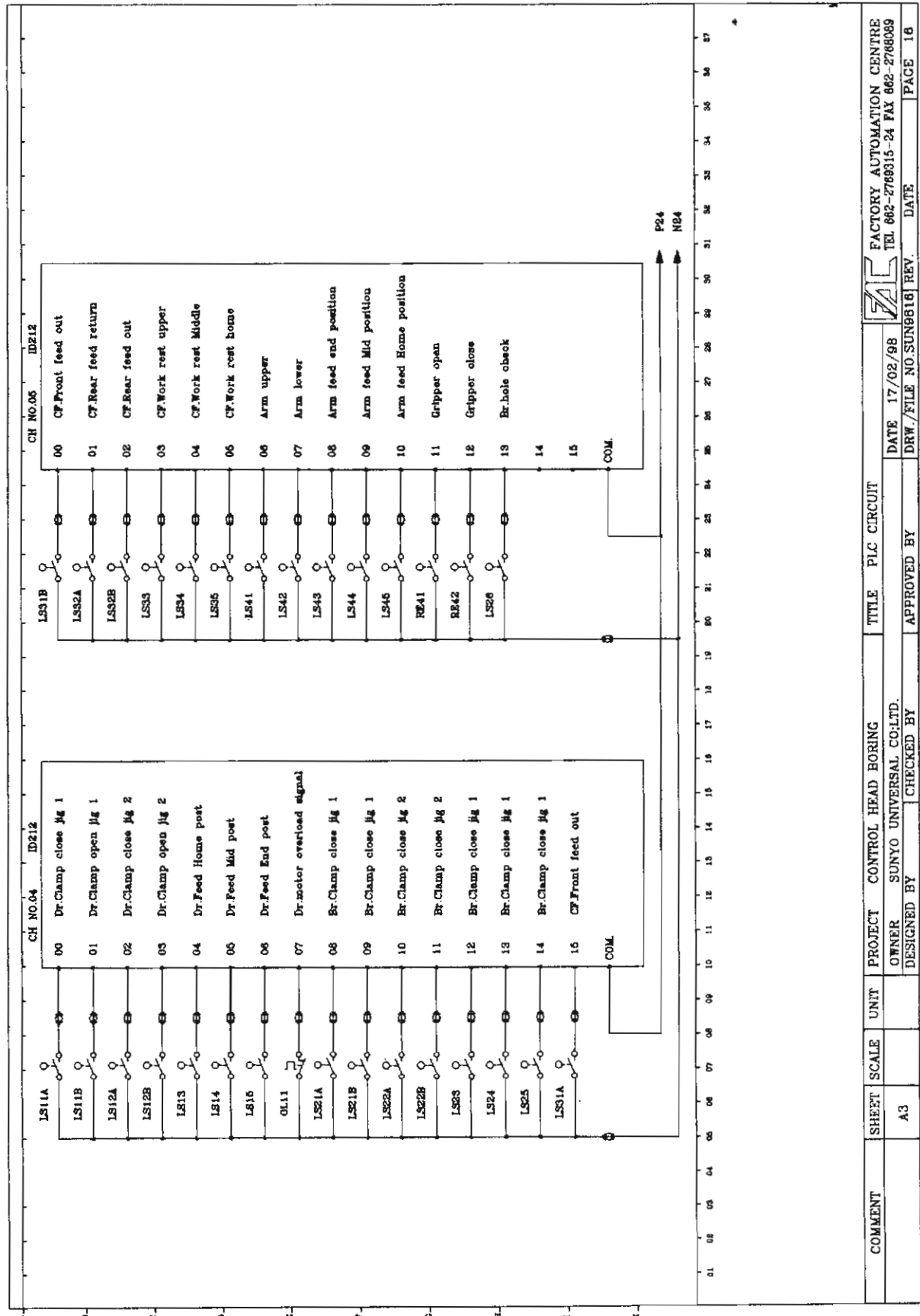


COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	PLC CIRCUIT
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.LTD.		
				DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	
				DATE	17/02/98	DATE	17/02/98
				DRW./FILE NO	SUN8B14	REV.	DATE
						PAGE	14

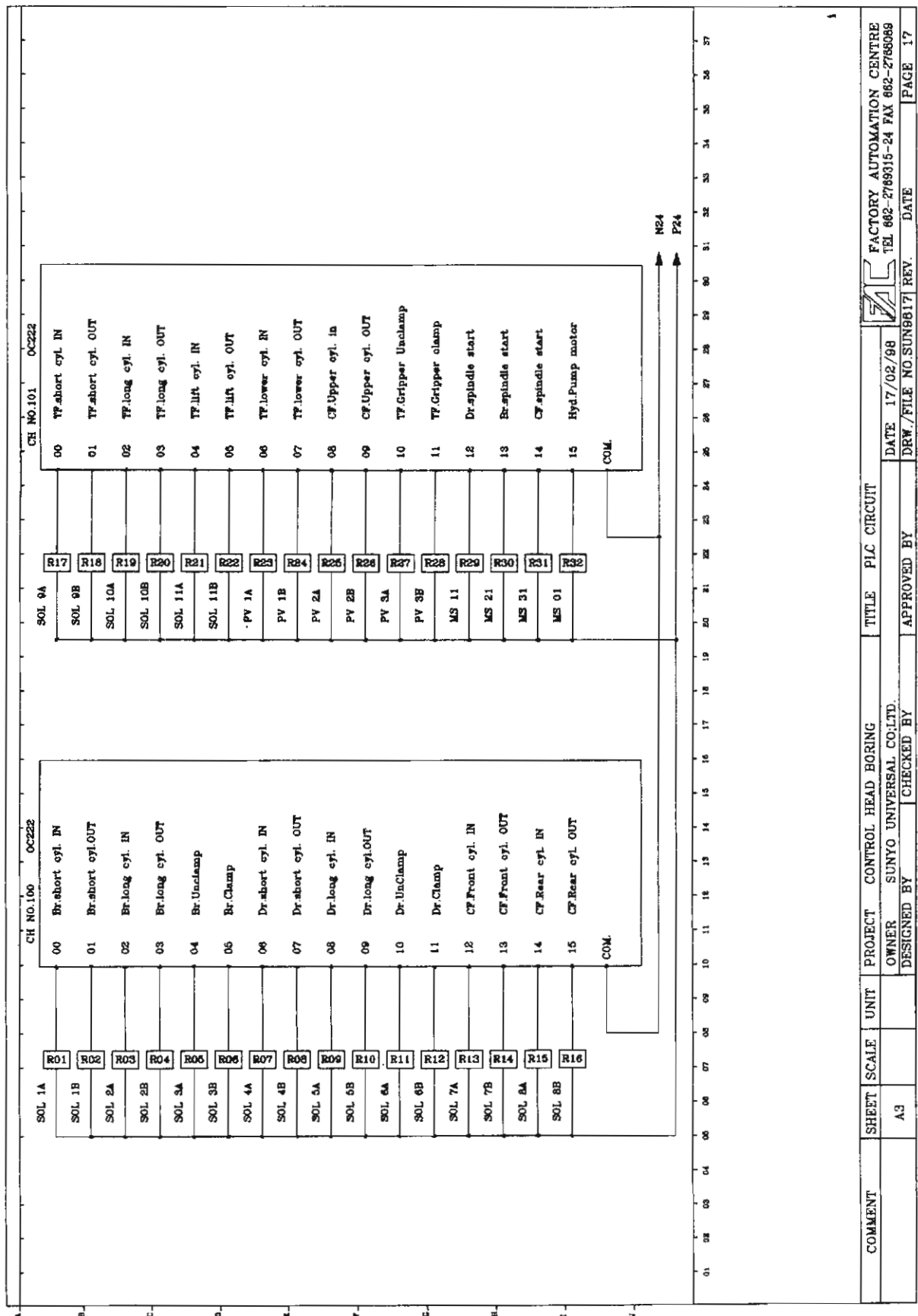


FACTORY AUTOMATION CENTRE
TEL 662-2769315-24 FAX 662-2769089

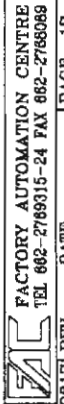




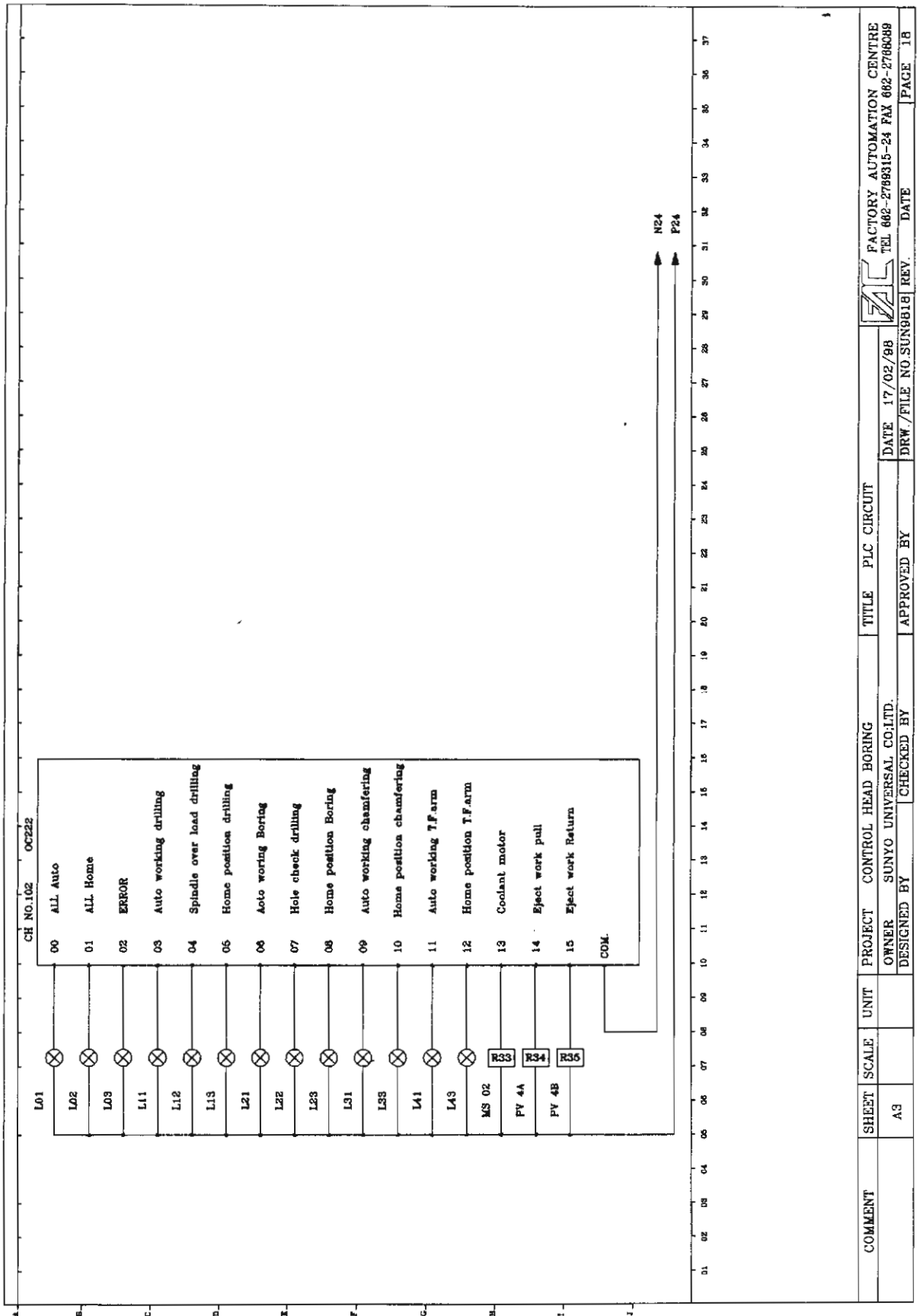
COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	PLC CIRCUIT	DATE	17/02/98	DATE	17/02/98	REV.	DATE	REV.	PAGE	16
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.LTD.	APPROVED BY		DRW./FILE NO	SUN9816	REV.						
				DESIGNED BY		CHECKED BY										



COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	PLC CIRCUIT
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.LTD.		
				DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	
				DATE	17/02/98	DATE	17/02/98
				DRW./FILE NO.	SUN9617	REV.	DATE
							PAGE 17



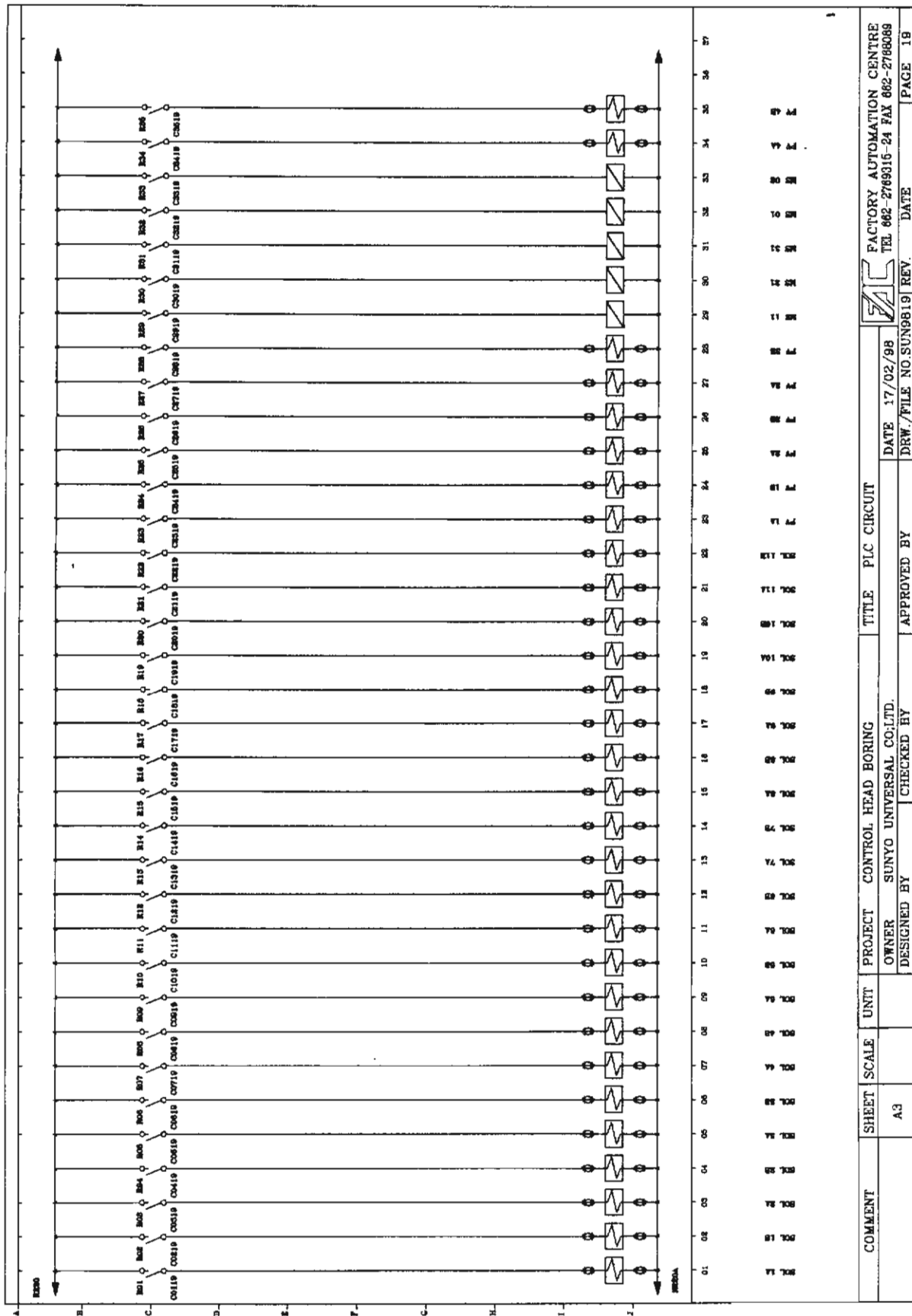
FACTORY AUTOMATION CENTRE
TEL 662-2769315-24 FAX 662-2769088



COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	PLC CIRCUIT
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.LTD.		
				DESIGNED BY	CHECKED BY	APPROVED BY	
				DATE	17/02/98	DATE	17/02/98
				DRW./FILE NO	SUN8818	REV.	DATE
							PAGE 18



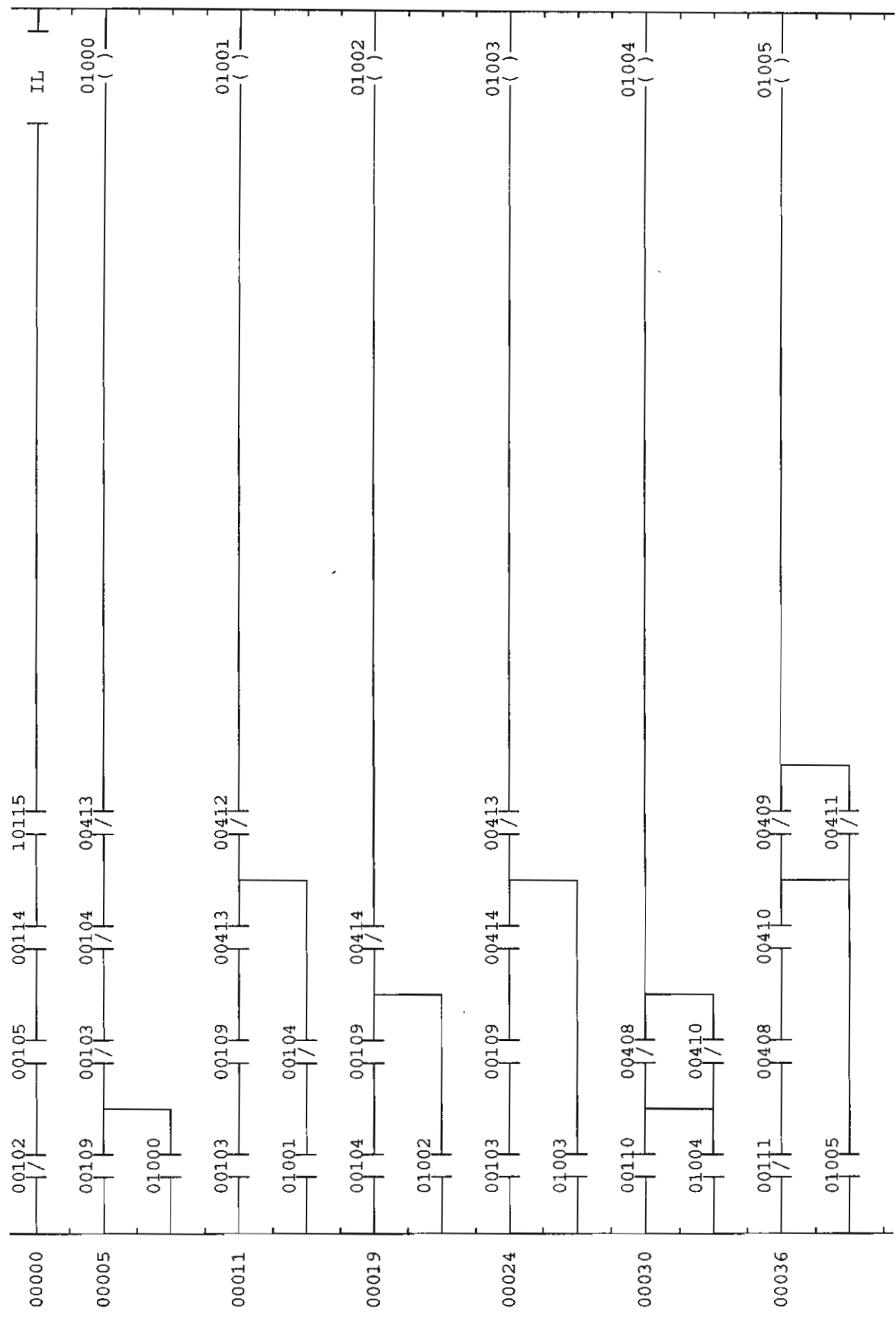
FACTORY AUTOMATION CENTRE
TEL 662-2768315-24 FAX 662-2768089

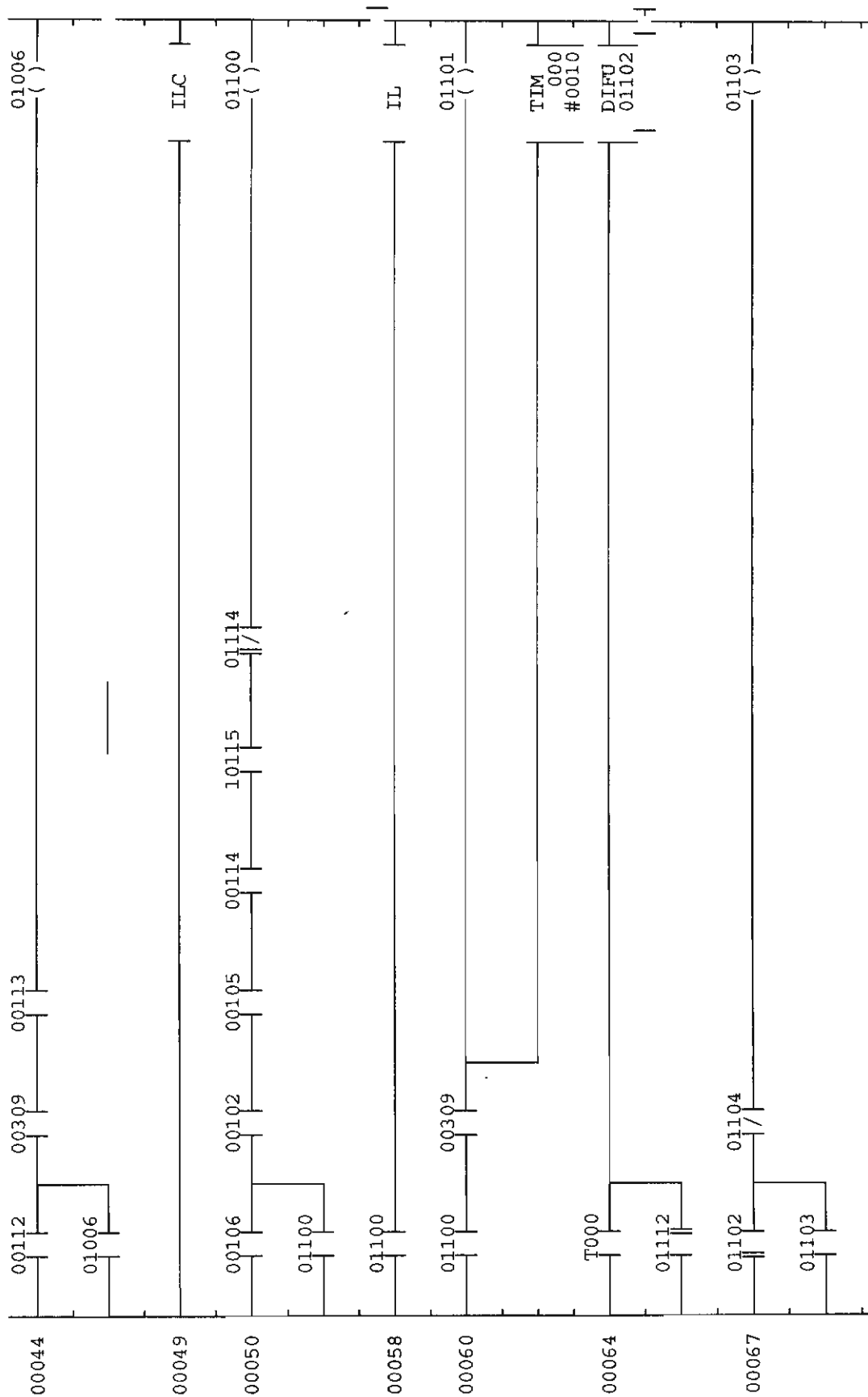


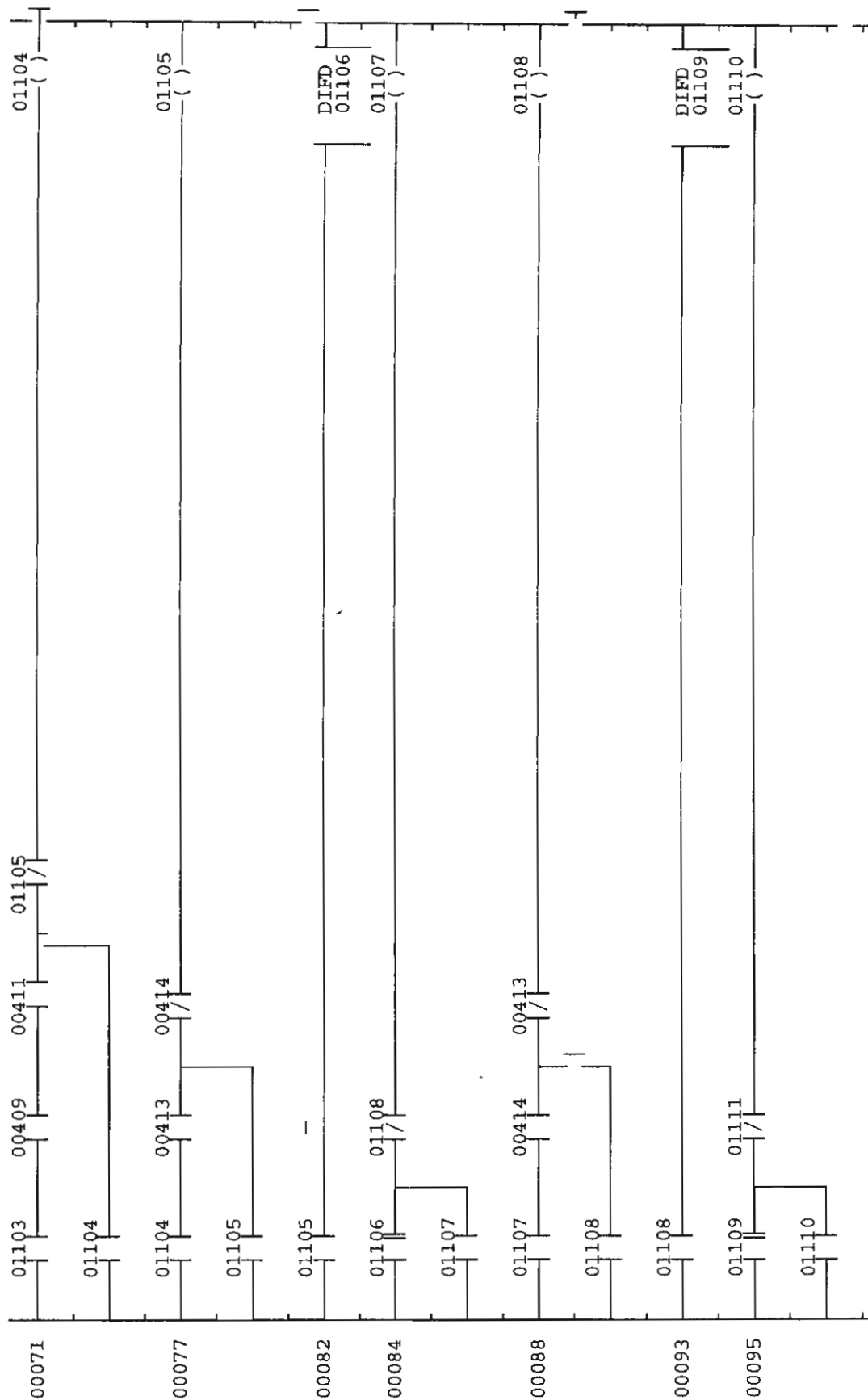
COMMENT	SHEET	SCALE	UNIT	PROJECT	CONTROL HEAD BORING	TITLE	PLC CIRCUIT
	A3			OWNER	SUNYO UNIVERSAL CO.,LTD.	DATE	17/02/98
				DESIGNED BY		DRW./FILE NO	SUN9819
				CHECKED BY		REV.	DATE
				APPROVED BY		PAGE	18

FACTORY AUTOMATION CENTRE
TEL. 662-2769316-24 FAX 662-2769089

ภาคผนวกที่ 5.3.2 แบบระบบควบคุมเครื่อง TRANSFER LINE - โปรแกรม PLC







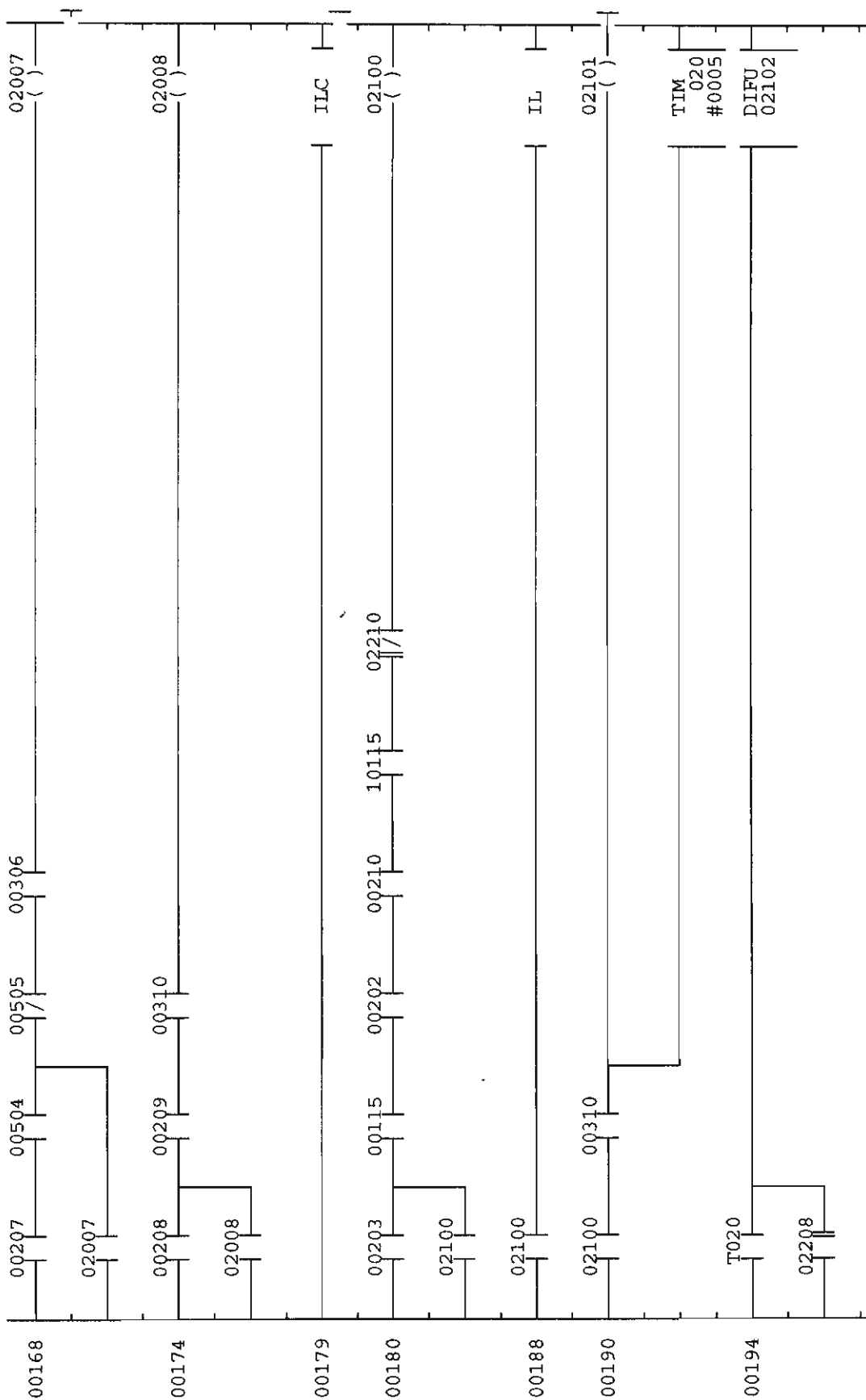
00099	01110	00413	00412	01111	()
	01111				
00104	01111			DIFD	01112
00106	00007	00114	01114	01113	()
	01113				
00111	01112	01113		DIFU	01114
00114				ILC	
00115	01110			10206	()
00117	00408	00410	00412	10208	()
00121	00115	00202	00210	10115	IL
00126	00206	00501	00502	00200	()
	02000				

03/28/98

< < < ***** TRANSFERING ***** > > >

เอกสารปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์ปอเรชั่น จำกัด

00132	00207	00502	00501	00200	02001
	02001				
00138	00206	00415	00500	00201	02002
	02002				
00144	00207	00500	00415	00201	02003
	02003				
00150	00206	00504	00503	00305	02004
	02004				
00156	00207	00503	00504	00305	02005
	02005				
00162	00206	00505	00504	00306	02006
	02006				



< < < ***** TRANSFERING ***** > > >

00197	02102	00415	00503	00505	00500	02103	()
	02103						
00204	02103					DIFD	02104
00206	02104	02106				02105	()
	02105						
00210	02105	00500	00415			02106	()
	02106						
00215	02106					DIFD	02107
00217	02107	02109				02108	()
	02108						
00221	02108	00415	00501	00502		02109	()
	02109						
00227	02109					DIFD	02110

00229	02110	02112	02111	()
	02111			
00233	02111	00502	00501	02112
	02112			
00238	02112			DIFD 02113
00240	02113	02115		02114
	02114			
00244	02114	00415	00501	02115
	02115		00504	
00250	02115			DIFD 02200
00252	02200	02202		02201
	02201			

03/28/98

< < < ***** TRANSFERING ***** > > >

เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์เปอเรชั่น จำกัด

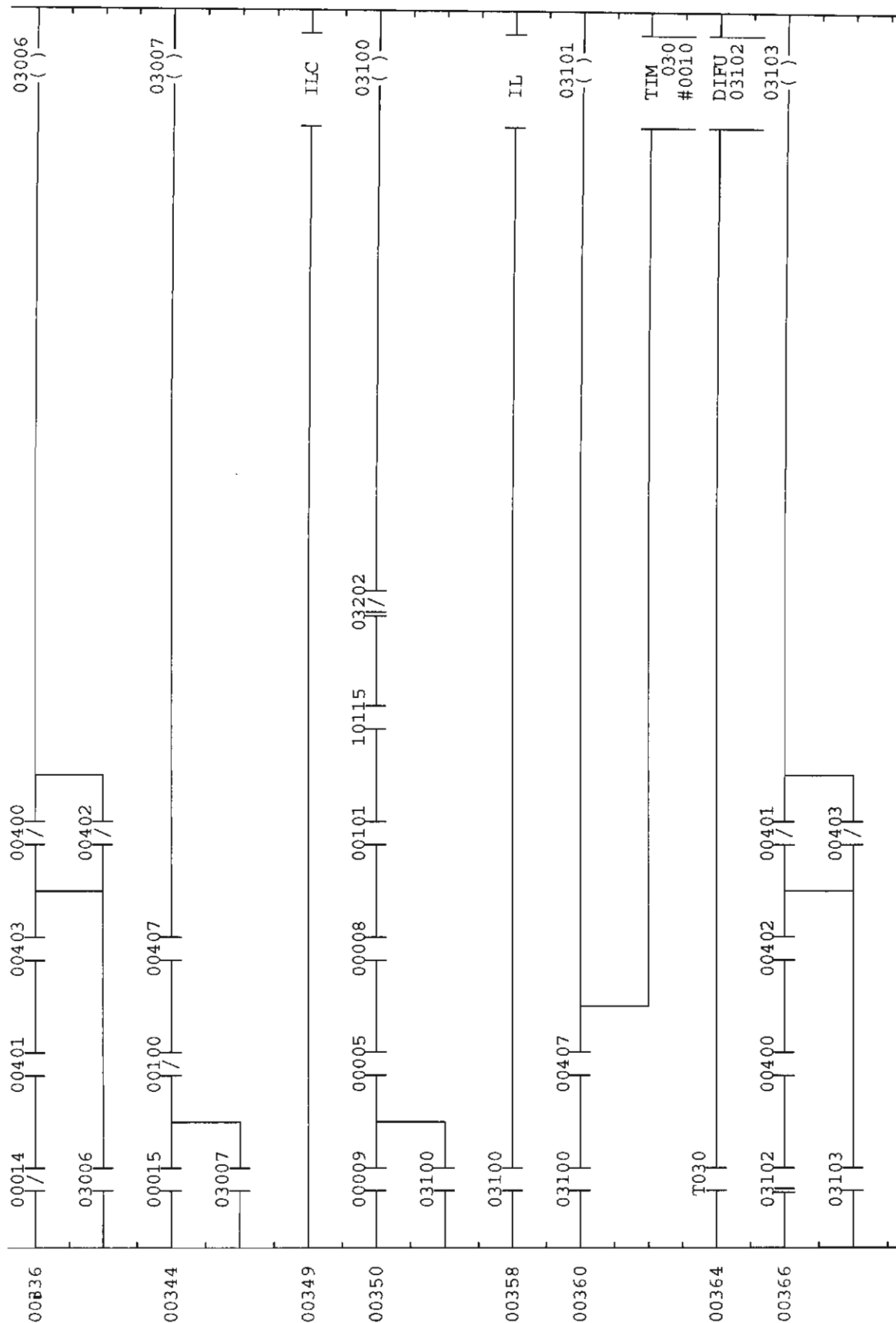
00256	02201	00415	00501	00503	02202	()
	02202					
00262	02202				DIFD	02203
00264	02203	02205			02204	()
00267	02204	00415	00501	00504	02205	()
	02205					
00273	02205				DIFD	02215
00275	02215	02207			02206	()
00278	02206	00415	00501	00505	02207	()
	02207					
00284	02207				DIFD	02208
00286	00204	00210	02210		02209	()
	02209					

The diagram shows the timing of several signals relative to a common clock. The signals are:

- DIFU (Data Input/Output Full):** Active low, indicated by a bubble on the signal line. It transitions from high to low at the start of the first data transfer cycle.
- ILC (Instruction Latch Control):** Active low, indicated by a bubble. It transitions from high to low at the start of the first instruction latch cycle.
- IL (Instruction Latch):** Active low, indicated by a bubble. It transitions from high to low at the start of the second instruction latch cycle.
- Address/Bus:** The bus is multiplexed between address and data. Address cycles are labeled with 00005, 00012, 03000, 00012, 03001, 00012, 03002, 00012, 03004, 00013, and 03005. Data cycles are labeled with 02208, 02209, 00101, 10115, 00404, 00405, 00406, 00407, 00408, 00409, 00410, 00411, 00412, 00413, 00414, 00415, 00416, 00417, 00418, 00419, 00420, 00421, 00422, 00423, 00424, 00425, 00426, 00427, 00428, 00429, 00430, 00431, 00432, 00433, 00434, 00435, 00436, 00437, 00438, 00439, 00440, 00441, 00442, 00443, 00444, 00445, 00446, 00447, 00448, 00449, 00450, 00451, 00452, 00453, 00454, 00455, 00456, 00457, 00458, 00459, 00460, 00461, 00462, 00463, 00464, 00465, 00466, 00467, 00468, 00469, 00470, 00471, 00472, 00473, 00474, 00475, 00476, 00477, 00478, 00479, 00480, 00481, 00482, 00483, 00484, 00485, 00486, 00487, 00488, 00489, 00490, 00491, 00492, 00493, 00494, 00495, 00496, 00497, 00498, 00499, 00500, 00501, 00502, 00503, 00504, 00505, 00506, 00507, 00508, 00509, 00510, 00511, 00512, 00513, 00514, 00515, 00516, 00517, 00518, 00519, 00520, 00521, 00522, 00523, 00524, 00525, 00526, 00527, 00528, 00529, 00530, 00531, 00532, 00533, 00534, 00535, 00536, 00537, 00538, 00539, 00540, 00541, 00542, 00543, 00544, 00545, 00546, 00547, 00548, 00549, 00550, 00551, 00552, 00553, 00554, 00555, 00556, 00557, 00558, 00559, 00560, 00561, 00562, 00563, 00564, 00565, 00566, 00567, 00568, 00569, 00570, 00571, 00572, 00573, 00574, 00575, 00576, 00577, 00578, 00579, 00580, 00581, 00582, 00583, 00584, 00585, 00586, 00587, 00588, 00589, 00590, 00591, 00592, 00593, 00594, 00595, 00596, 00597, 00598, 00599, 00600, 00601, 00602, 00603, 00604, 00605, 00606, 00607, 00608, 00609, 00610, 00611, 00612, 00613, 00614, 00615, 00616, 00617, 00618, 00619, 00620, 00621, 00622, 00623, 00624, 00625, 00626, 00627, 00628, 00629, 00630, 00631, 00632, 00633, 00634, 00635, 00636, 00637, 00638, 00639, 00640, 00641, 00642, 00643, 00644, 00645, 00646, 00647, 00648, 00649, 00650, 00651, 00652, 00653, 00654, 00655, 00656, 00657, 00658, 00659, 00660, 00661, 00662, 00663, 00664, 00665, 00666, 00667, 00668, 00669, 00670, 00671, 00672, 00673, 00674, 00675, 00676, 00677, 00678, 00679, 00680, 00681, 00682, 00683, 00684, 00685, 00686, 00687, 00688, 00689, 00690, 00691, 00692, 00693, 00694, 00695, 00696, 00697, 00698, 00699, 00700, 00701, 00702, 00703, 00704, 00705, 00706, 00707, 00708, 00709, 00710, 00711, 00712, 00713, 00714, 00715, 00716, 00717, 00718, 00719, 00720, 00721, 00722, 00723, 00724, 00725, 00726, 00727, 00728, 00729, 00730, 00731, 00732, 00733, 00734, 00735, 00736, 00737, 00738, 00739, 00740, 00741, 00742, 00743, 00744, 00745, 00746, 00747, 00748, 00749, 00750, 00751, 00752, 00753, 00754, 00755, 00756, 00757, 00758, 00759, 00760, 00761, 00762, 00763, 00764, 00765, 00766, 00767, 00768, 00769, 00770, 00771, 00772, 00773, 00774, 00775, 00776, 00777, 00778, 00779, 00780, 00781, 00782, 00783, 00784, 00785, 00786, 00787, 00788, 00789, 00790, 00791, 00792, 00793, 00794, 00795, 00796, 00797, 00798, 00799, 00800, 00801, 00802, 00803, 00804, 00805, 00806, 00807, 00808, 00809, 00810, 00811, 00812, 00813, 00814, 00815, 00816, 00817, 00818, 00819, 00820, 00821, 00822, 00823, 00824, 00825, 00826, 00827, 00828, 00829, 00830, 00831, 00832, 00833, 00834, 00835, 00836, 00837, 00838, 00839, 00840, 00841, 00842, 00843, 00844, 00845, 00846, 00847, 00848, 00849, 00850, 00851, 00852, 00853, 00854, 00855, 00856, 00857, 00858, 00859, 00860, 00861, 00862, 00863, 00864, 00865, 00866, 00867, 00868, 00869, 00870, 00871, 00872, 00873, 00874, 00875, 00876, 00877, 00878, 00879, 00880, 00881, 00882, 00883, 00884, 00885, 00886, 00887, 00888, 00889, 00890, 00891, 00892, 00893, 00894, 00895, 00896, 00897, 00898, 00899, 00900, 00901, 00902, 00903, 00904, 00905, 00906, 00907, 00908, 00909, 00910, 00911, 00912, 00913, 00914, 00915, 00916, 00917, 00918, 00919, 00920, 00921, 00922, 00923, 00924, 00925, 00926, 00927, 00928, 00929, 00930, 00931, 00932, 00933, 00934, 00935, 00936, 00937, 00938, 00939, 00940, 00941, 009

03/28/98

< < < ***** TRANSFERING ***** > > >



The diagram illustrates the timing relationships for the 3100 series of devices. It shows the clock signal (00374) and the data inputs/outputs (03104-03112) for the 3100 series of devices. The clock signal (00374) is a square wave. The data inputs/outputs (03104-03112) are shown as waveforms that change at specific times relative to the clock signal. The diagram is divided into sections for different pins: 00374, 00376, 00380, 00387, 00389, 00393, 00398, and 00400. Each section shows the clock signal and the corresponding data input/output waveforms. The data inputs/outputs are labeled with their pin numbers and the data input/output type (DIFD, 03104, 03105, 03106, 03107, 03108, 03109, 03110, 03111, 03112). The diagram shows that the data inputs/outputs change at specific times relative to the clock signal, indicating a synchronous design.

***** TRANSFERING ***** > > >

เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบิลเคอร์เปอเรชั่น จำกัด

00404	03111	00406	00405	03112	()
	03112				
00409	03112			DIFD	03113
00411	03113	03115		03114	()
	03114				
00415	03114	00405	00404	03115	()
	03115				
00420	03115			DIFD	03200
00422	00010	00101	03202	03201	()
	03201				
00427	03200	03201		DIFU	03202
00430				ILC	
00431	00211	00301	10115	IL	

00435	00215	00212	00212	00509	04000
	04000				
00441	00300	00510	00212	00508	04001
	04001				
00447	00215	00508	00213	00509	04002
	04002				
00453	00300	00509	00213	00510	04003
	04003				
00459	00215	00506	00307	00507	04004
	04004				
00465	00300	00507	00307	00506	04005
	04005				

03/28/98

***** TRANSFERING ***** > > >

เอกสารปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์เปอเรชั่น จำกัด

00503	04103	00507	00510	04104	()
	04104				
00508	04104			DIFD	04105
00510	04105	04107		04106	()
	04106				
00514	04106	00510	00512	04107	()
	04107				
00519	04107			DIFD	04108
00521	04108	04110		04109	()
	04109				
00525	04109	00512	00506	04110	()
	04110				
00530	04110			DIFD	04111

00471	00215	00511	00308	00512	04006
	04006				()
00477	00300	00512	00308	00511	04007
	04007				()
00483					IIC
00484	00211	00301			TIM
					040
00487	T040				#0005
					IL
00489	T040	10212			DIFU
					04100
00492	04100	00506	00507		04101
	04101				()
00497	04101				DIFD
					04102
00499	04102	04104			04103
	04103				()

03/28/98

***** TRANSFERING ***** > > >

เอกสารปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์เปอเรชั่น จำกัด

00532	04111	04113	04112	()
	04112			
00536	04112	00506	00509	04113
	04113			()
00541	04113			DIFD
				04114
00543	04114	04200		04115
	04115			()
00547	04115	00509	00510	04200
	04200			()
00552	04200			DIFD
				04201
00554	04201	04203		04202
	04202			()

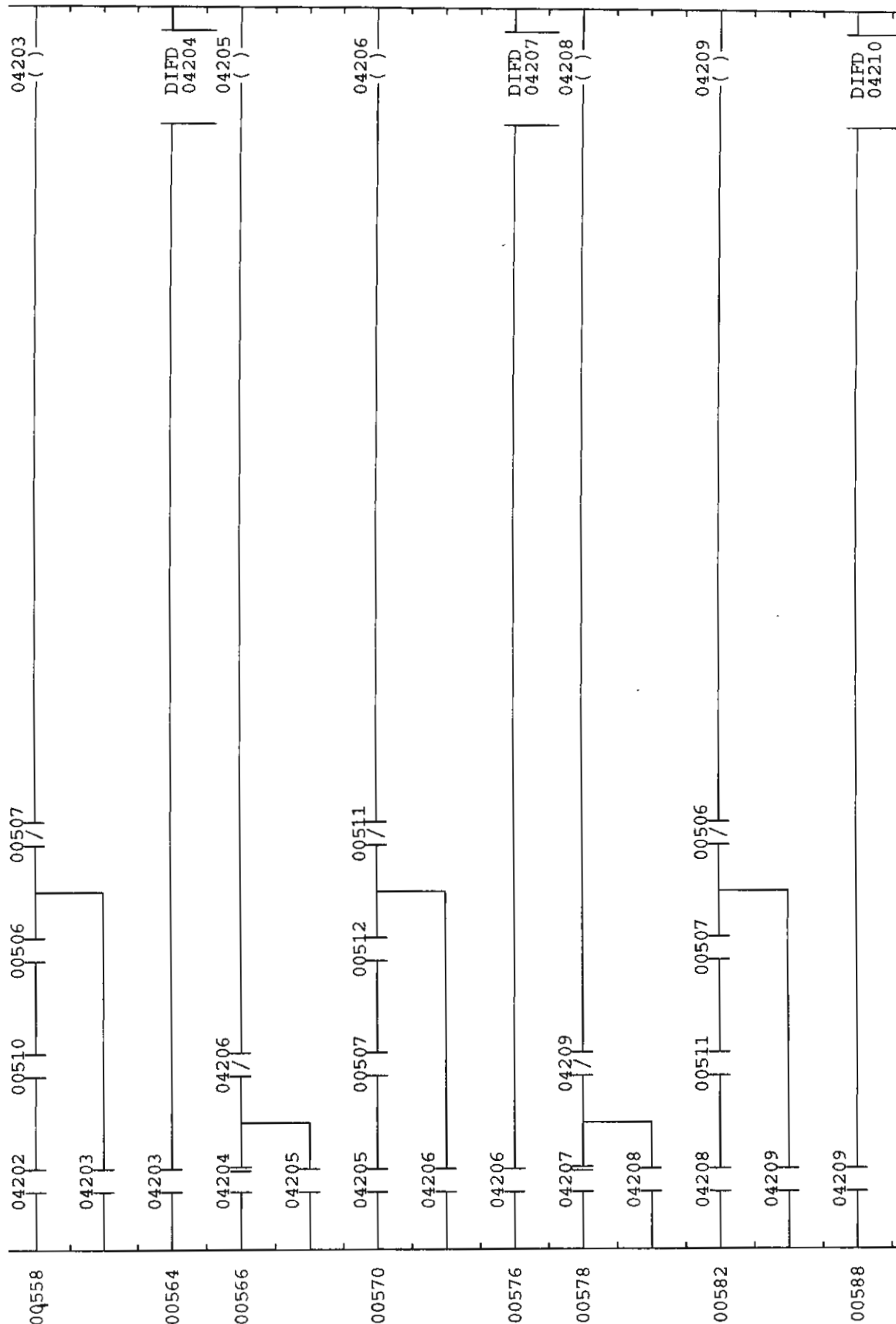
03/28/98

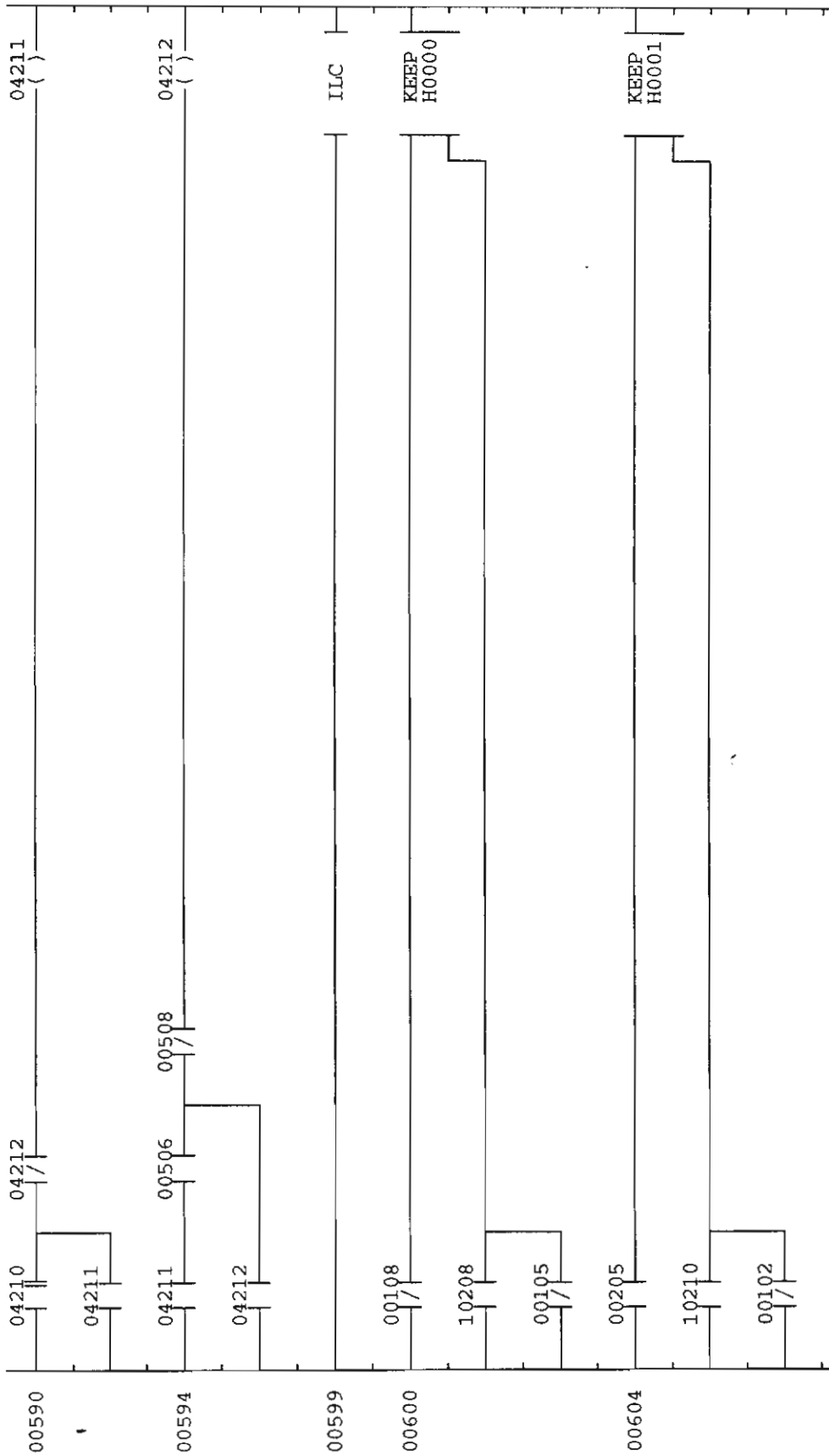
> > >

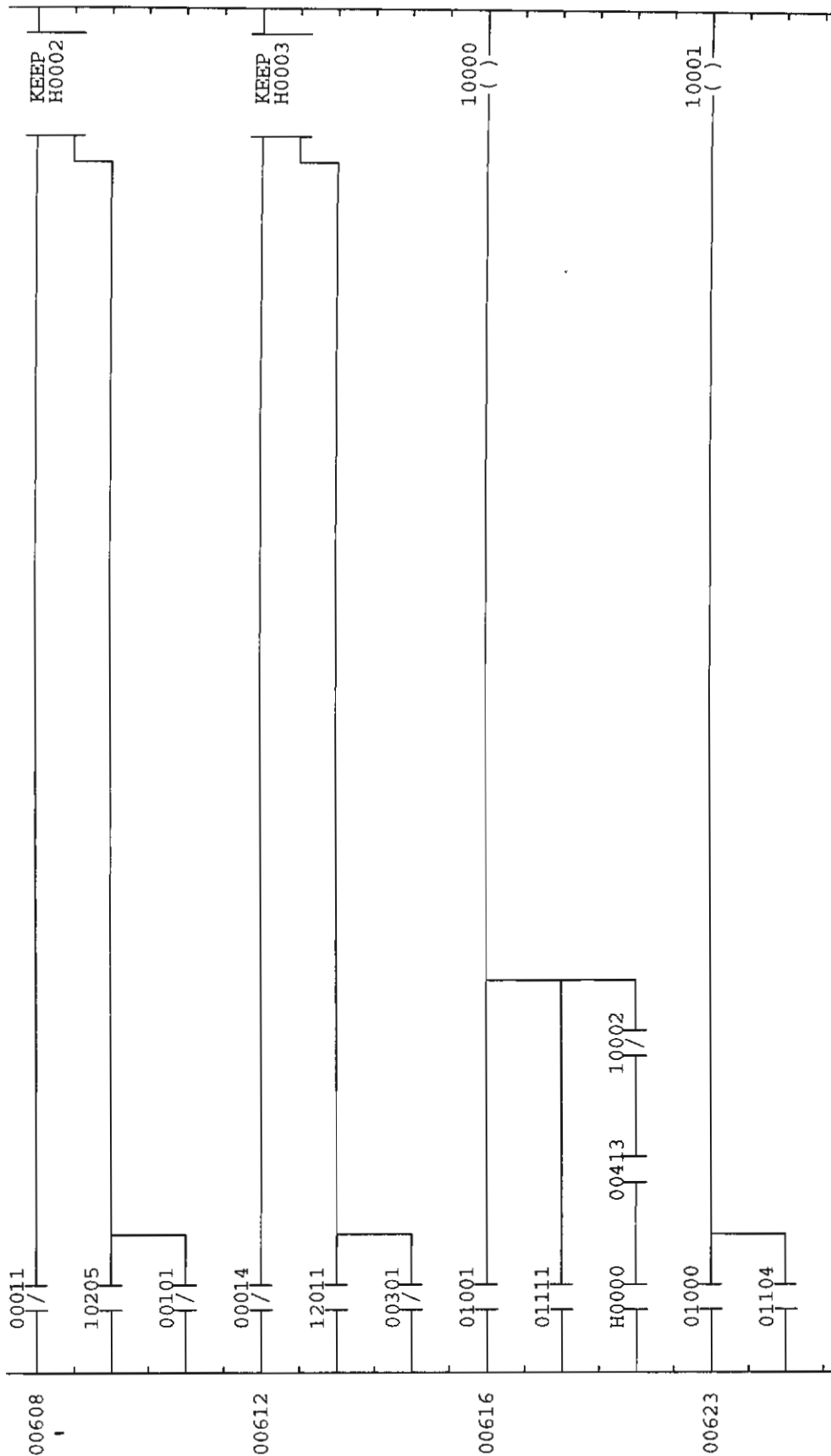
***** TRANSFERING *****

< < <

เอกสารปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคอร์ปอเรชั่น จำกัด



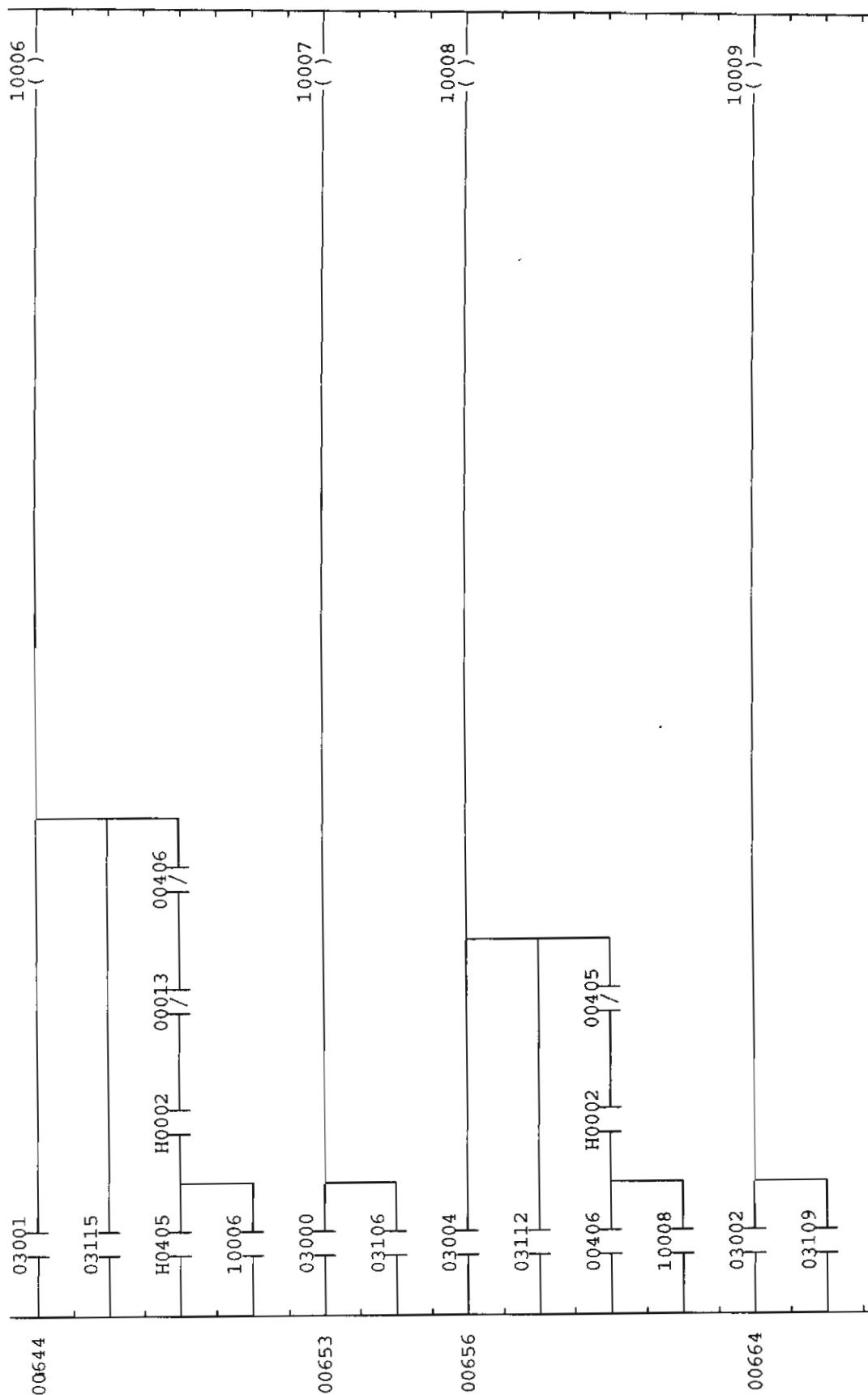




03/28/98

< < < ***** TRANSFERING ***** ^ ^ ^

00626	01003	10002
	01108	()
	H0000	
	00413	
00632	01002	10003
	01105	()
00635	01005	10004
	01103	()
00638	01004	10005
	00408	()
	H0000	
	00410	



03/28/98

***** TRANSFERING ***** > > >

เอกสารปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์เปอร์เรชั่น จำกัด

00667	03006		10010
	H0002	00400	
		00402	
00673	03005		10011
	03103		
00676	02003		10012
	02112		
	H0001	00501	
00682	02002		10013
	02109		
00685	02001		10014
	02106		
	H0001	00415	

03/28/98

< < < ***** TRANSFERING ***** > > >

เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกละบอลคอร์ปอเรชั่น จำกัด

00691	02000	10015
	02103	()
00694	04003	10100
	04104	()
00697	04002	10101
	04200	()
	H0003 00509	
00703	04001	10102
	04113	()
00706	04000	10103
	04212	()
	H0003 00506	

03/28/98

< < ***** TRANSFERING ***** > > >

เอกสารปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์ปอเรชั่น จำกัด

00712	04005	10104
	04110	()
	04209	
00716	04004	10105
	04101	()
	04203	
00720	25314	10106
		()
00722	25314	10107
		()
00724	02005	10108
	02205	()
	H0001	
	00504	
00730	02004	10109
	02202	()

03/28/98

***** TRANSFERING ***** > > >

เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์เปอเรชั่น จำกัด

00733	04007	10110	()
	04206		
	H0003	00512	//
00739	04006	10111	()
	04107		
00742	03007	10112	()
			H0002
	03101		
00746	01006	10113	()
			H0000
	01101		
00750	02008	10114	()
			H0001
	02101		
00754	00000	10115	()
			00001
	10115		
			00311

03/28/98

***** TRANSFERING ***** > > >

เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบิลคอร์ปอเรชั่น จำกัด

00759	03100								10203
									()
00761	00407								10204
	//								()
00763	10112	00404	00400	00402					10205
	//								()
00768	00513								10207
	//								()
00770	02100								10209
									()
00772	10114	00505	00415	00501					10210
	//								()
00777	T040								10211
									()
00779	00506	00511	00508						10212
									()
00783	02006								10400
									()
	02115								
00786	02007								10401
									()
	02207								
	H0001	00505							
		//							

< < < ***** TRANSFERING ***** > > >

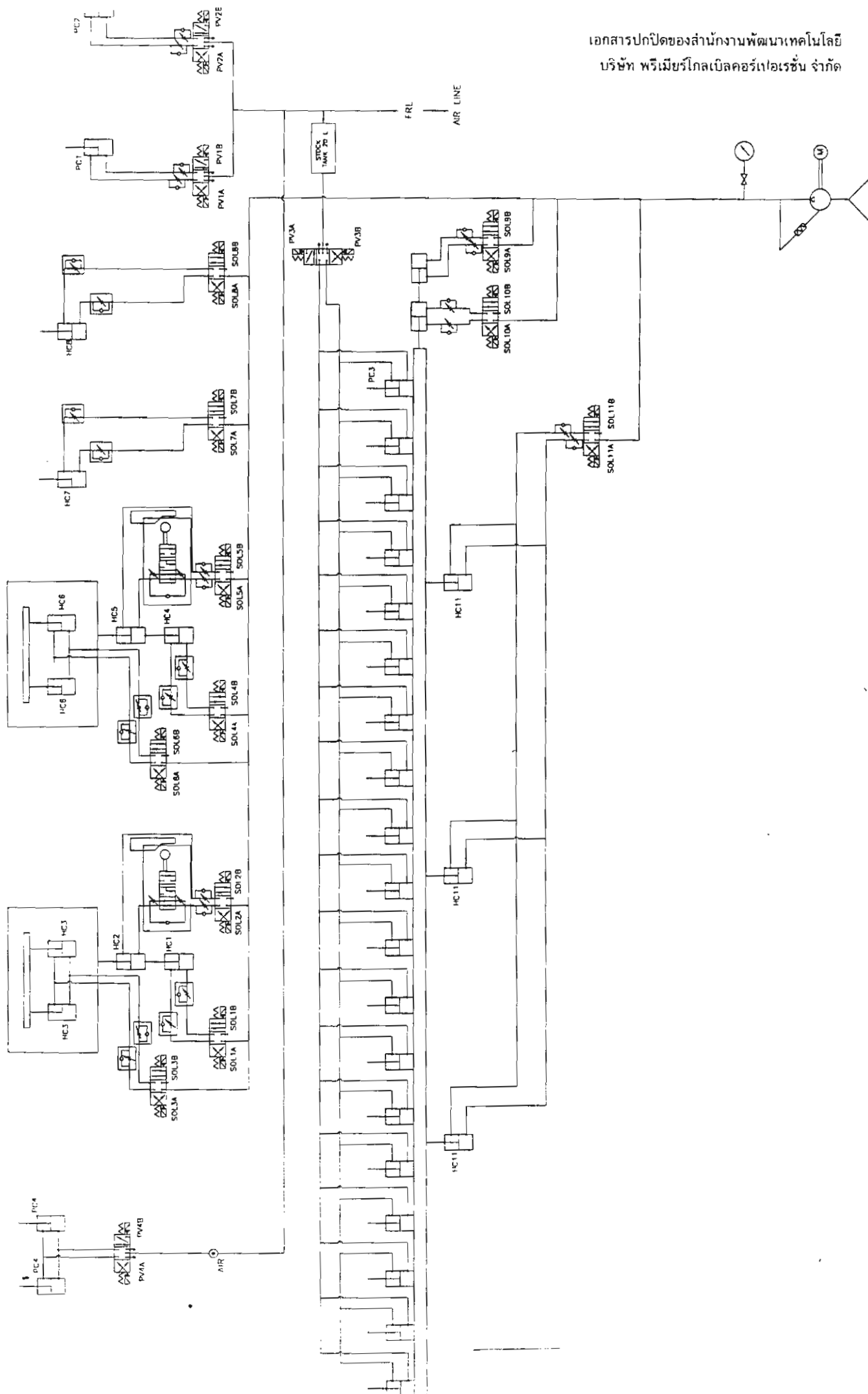
00792 |-----| END |

END

เอกสารปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์เปอร์เรชั่น จำกัด

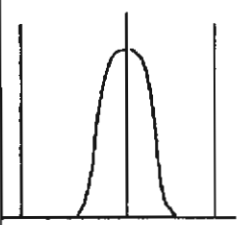
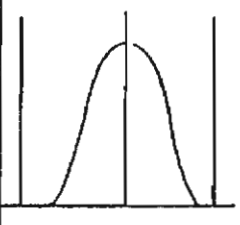
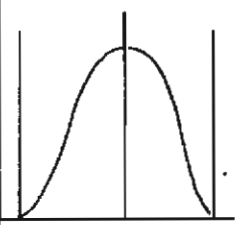
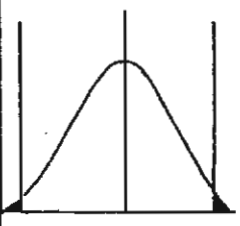
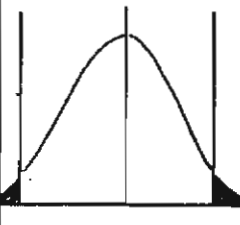
ภาคผนวกที่ 5.3.3 แบบระบบควบคุมเครื่อง TRANSFER LINE - ไฮโดรลิค-นิวเมติก

เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคอร์เปอเรชั่น จำกัด

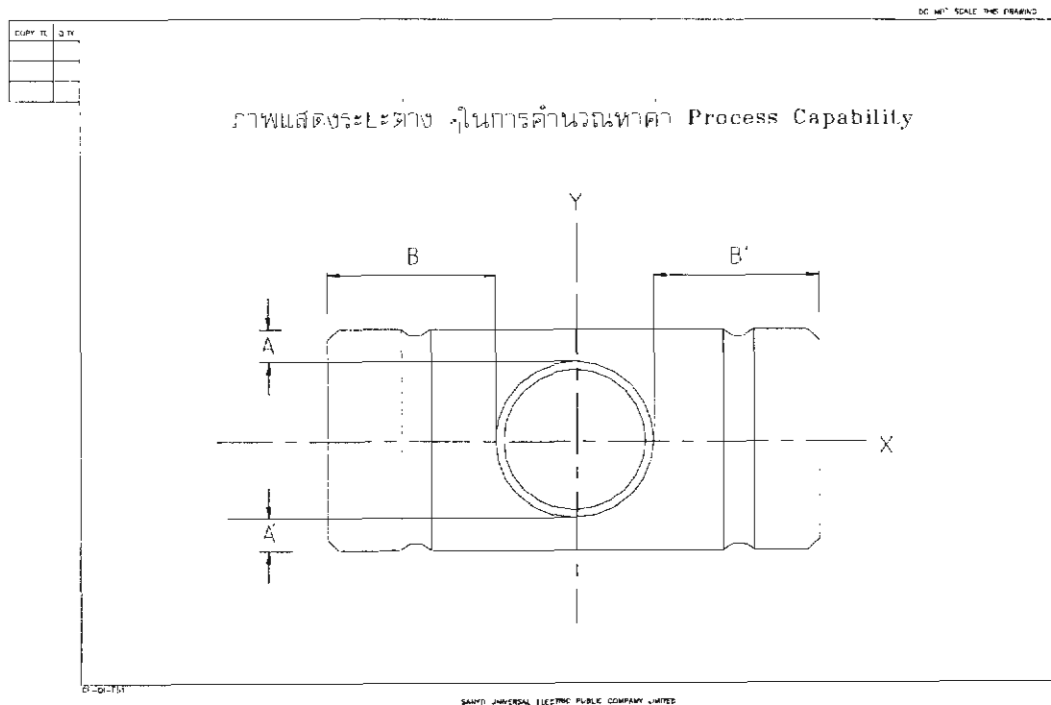


ภาคผนวก 5.4 ผลการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการเจาะ

ความสัมพันธ์ ระหว่าง ค่าตัวเลขธรรมชาติของ C_p กับ ความสามารถของกระบวนการ

No	ค่า C_p หรือ C_{pk}	การแจกแจงข้อมูล กับค่าของ SPEC.	สรุปผล	การปรับปรุงแก้ไข
1	$C_p > 1.67$	LSL USL 	- ความสามารถของ กระบวนการสูงมาก เกินความจำเป็น	- ไม่ต้องกังวล ถึงแม้ว่า การกระจาย ของข้อมูลจะเพิ่มขึ้น แต่ควรพิจารณา ในเรื่องความคุ้มค่าในเรื่องของการ ลงทุน (เช่น หาวิธีในการลดต้นทุน การผลิต เป็นต้น)
2	$1.33 < C_p < 1.67$	LSL USL 	- ความสามารถของ กระบวนการมีเพียง พอต่อการผลิต	- เป็นสภาพที่ต้องการดูแลรักษา ระดับนี้ให้คงไว้
3	$1.00 < C_p < 1.33$	LSL USL 	- ความสามารถของ กระบวนการยังไม่ พอเพียงต่อการผลิต	- เป็นสภาพที่จำเป็นต้องมีการควบคุม ในการผลิต (อาจจะมี DEFECT ในกรณี ที่ C_p เข้าใกล้ 1)
4	$0.67 < C_p < 1.00$	LSL USL 	- ความสามารถของ กระบวนการต่ำ	- จะเกิดข้อเสียจากการผลิต - เป็นสภาพที่จำเป็นต้องมีการควบคุม ในกระบวนการและต้องมีการสุ่มวัด อย่างสม่ำเสมอ
5	$C_p < 0.67$	LSL USL 	- ความสามารถของ กระบวนการต่ำมาก	- จำเป็นต้องมีการปรับปรุงการควบคุม ความสามารถของกระบวนการ ให้เพิ่มขึ้นและควรมีการทบทวน ค่าของ SPEC (ถ้าจำเป็น)

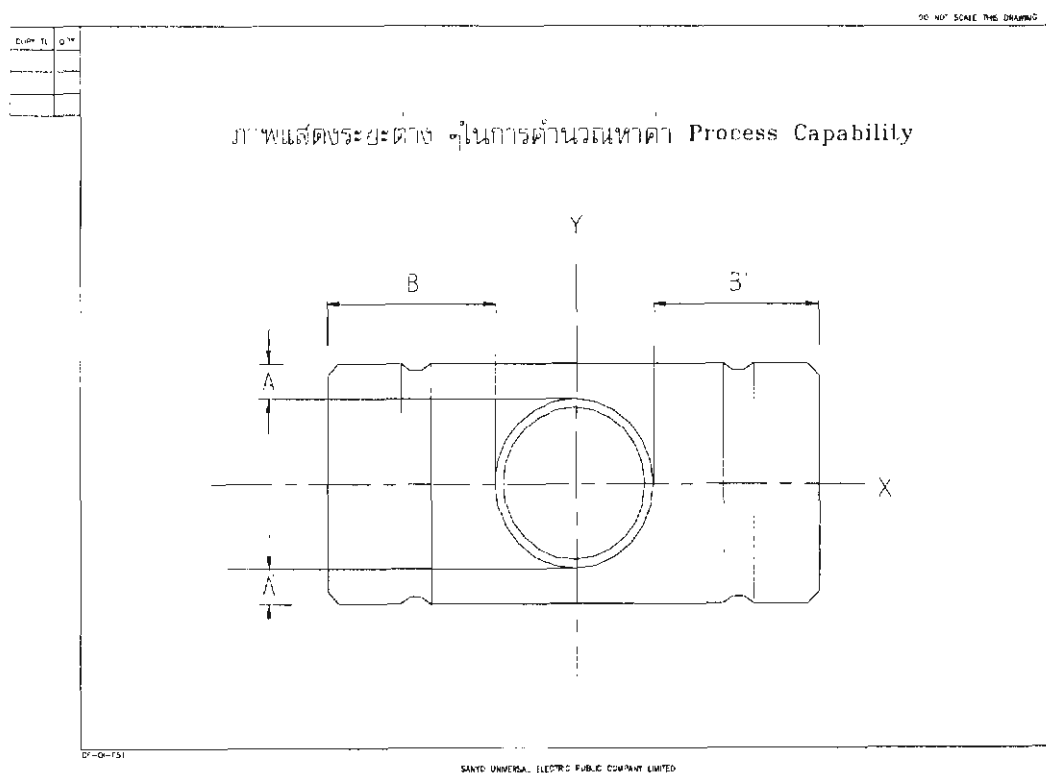
ภาคผนวกที่ 5.4.1 ผลการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการเจาะ
ของเครื่องเจาะที่ใช้ในปัจจุบัน (PROCESS CAPABILITY)



DRILLING (MANUAL)

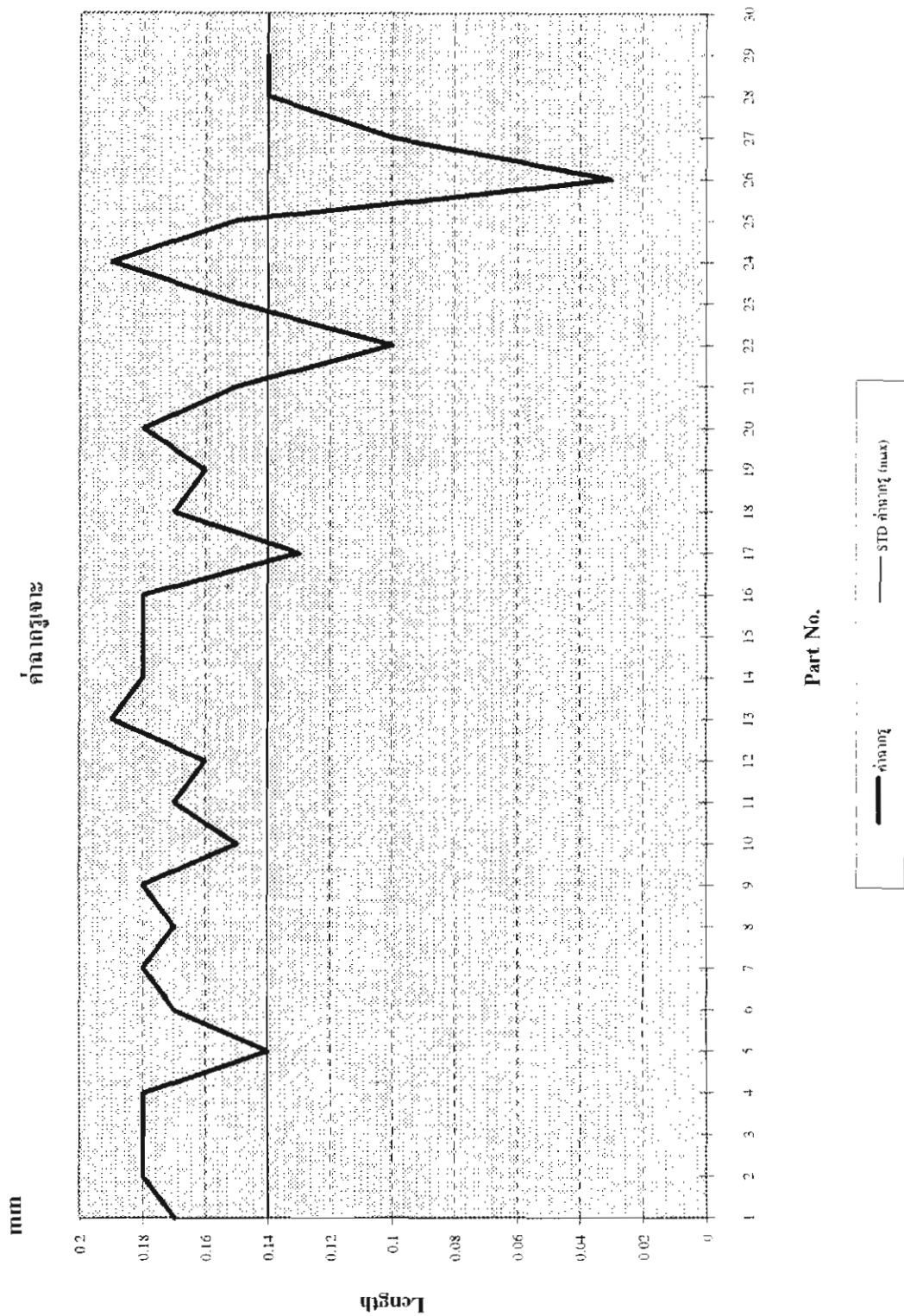
No.	DIM			
	R	B'	B-B'	ID
1	5.90	5.80	0.10	13.35
2	5.75	5.90	0.15	13.35
3	5.90	5.80	0.10	13.40
4	5.90	5.80	0.10	13.45
5	5.90	5.80	0.10	13.40
6	5.85	5.90	0.05	13.40
7	5.75	5.90	0.15	13.40
8	5.75	5.85	0.10	13.40
9	5.80	5.90	0.10	13.45
10	5.75	5.90	0.15	13.35
11	5.85	5.75	0.10	13.40
12	5.80	5.90	0.10	13.40
13	5.90	5.80	0.10	13.40
14	5.90	5.80	0.10	13.40
15	5.90	5.80	0.10	13.40
16	5.80	5.85	0.05	13.40
17	5.80	5.85	0.05	13.40
18	5.80	5.85	0.05	13.40
19	5.75	5.90	0.15	13.40
20	5.80	5.85	0.05	13.40
21	5.90	5.80	0.10	13.40
22	5.90	5.85	0.05	13.40
23	5.90	5.85	0.05	13.40
24	5.75	5.90	0.15	13.40
25	5.90	5.80	0.10	13.40
26	5.80	5.80	0.00	13.40
27	5.90	5.85	0.05	13.40
28	5.80	5.90	0.10	13.40
29	5.85	5.80	0.05	13.40
30	5.80	5.85	0.05	13.40
Average	-	-	0.088	13.400
STD deviation	-	-	0.040	0.020
UCL	-	-	0.600	13.500
MEAN	-	-	0.300	13.400
LCL	-	-	0.000	13.300
Cp	-	-	3.880	1.610
k	-	-	0.710	0.020
Cpk	-	-	1.140	1.580

ภาคผนวกที่ 5.4.2 ผลการตรวจสอบความสามารถของกระบวนการเจาะ
ของเครื่อง TRANSFER LINE (PROCESS CAPABILITY)

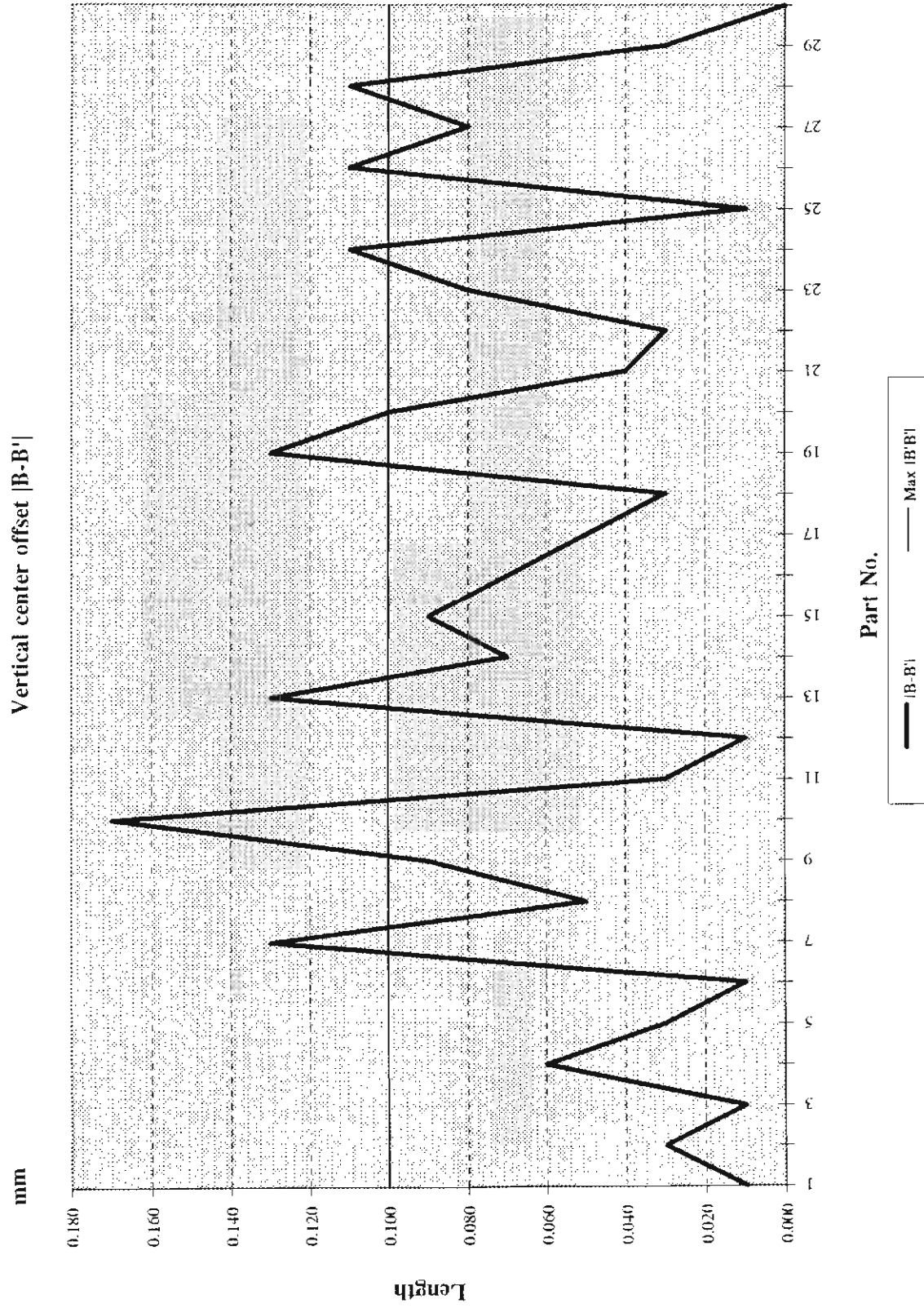


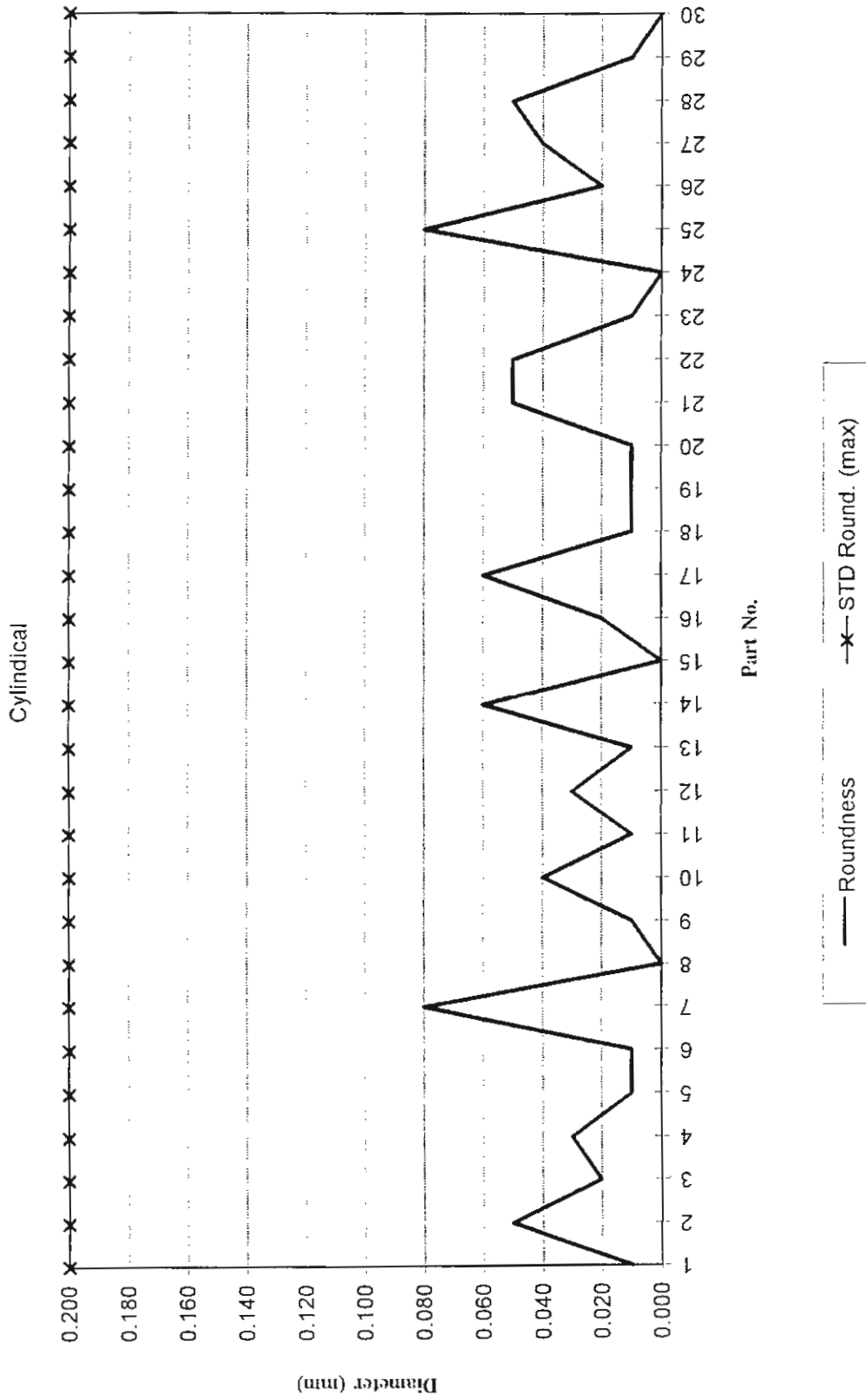
DRILLING STATION 1

No.	DIM				
	B	B'	B-B'	LDx	LDy
1	4.01	4.02	0.01	13.39	13.40
2	3.98	4.01	0.03	13.31	13.36
3	4.03	4.02	0.01	13.39	13.37
4	3.95	4.01	0.06	13.42	13.39
5	4.07	4.10	0.03	13.38	13.39
6	3.98	3.97	0.01	13.38	13.39
7	3.93	4.06	0.13	13.30	13.38
8	3.95	4.00	0.05	13.38	13.38
9	4.00	4.09	0.09	13.39	13.40
10	3.92	4.09	0.17	13.34	13.38
11	4.06	4.03	0.03	13.39	13.38
12	3.98	3.99	0.01	13.36	13.39
13	3.95	4.08	0.13	13.39	13.38
14	4.01	4.08	0.07	13.39	13.33
15	4.07	3.98	0.09	13.33	13.33
16	4.01	4.08	0.07	13.37	13.35
17	4.04	4.09	0.05	13.3	13.36
18	4.05	4.02	0.03	13.25	13.26
19	3.97	4.10	0.13	13.36	13.35
20	3.96	4.06	0.10	13.32	13.33
21	4.03	4.07	0.04	13.31	13.26
22	4.01	4.04	0.03	13.32	13.27
23	3.98	4.06	0.08	13.29	13.28
24	3.97	4.08	0.11	13.28	13.28
25	3.95	3.94	0.01	13.25	13.33
26	3.95	4.06	0.11	13.25	13.27
27	4.07	3.99	0.08	13.34	13.30
28	4.05	3.94	0.11	13.31	13.26
29	4.08	4.05	0.03	13.29	13.3
30	-	-	-	-	-
Average	-	-	0.063	13.337	13.340
STD deviation	-	-	0.046	0.049	0.049
UCL	-	-	0.100	13.500	13.500
MEAN	-	-	0.050	13.400	13.400
LCL	-	-	0.000	13.300	13.300
Cp	-	-	0.365	0.680	0.682
k	-	-	0.267	0.628	0.603
Cpk	-	-	0.268	0.253	0.270

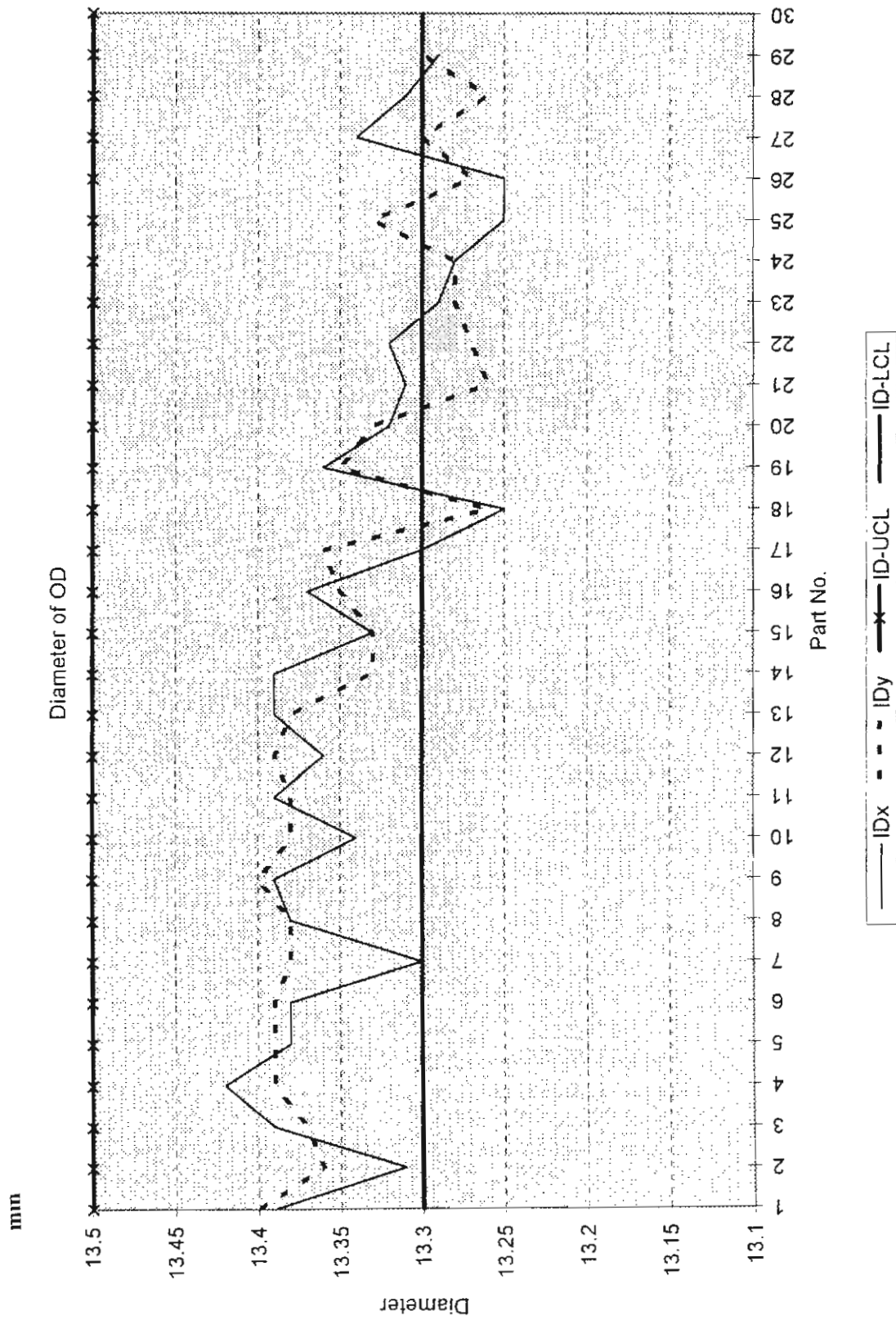


DRILLING STATION I





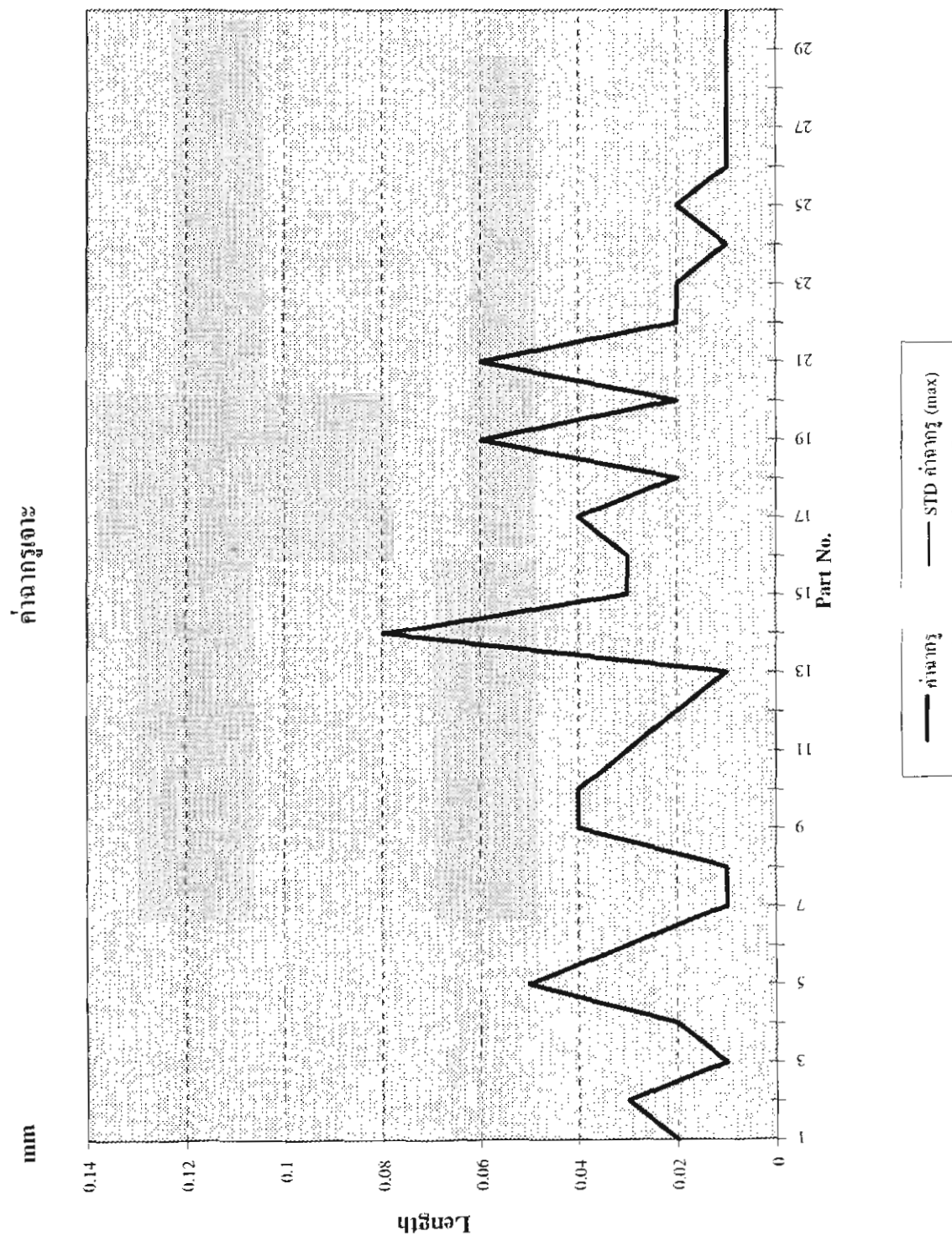
DRILLING STATION I



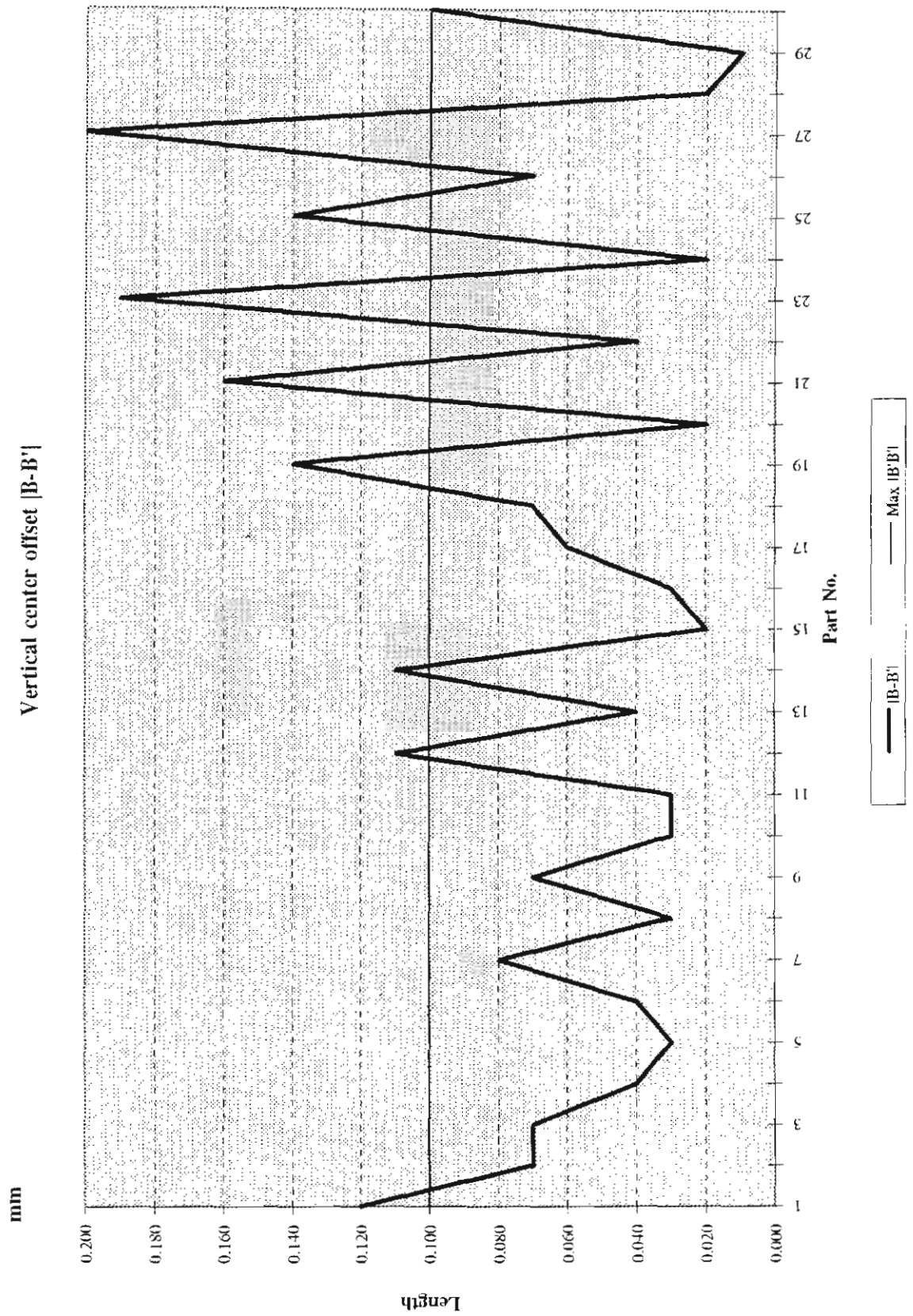
DRILLING STATION 1

DRILLING STATION 2

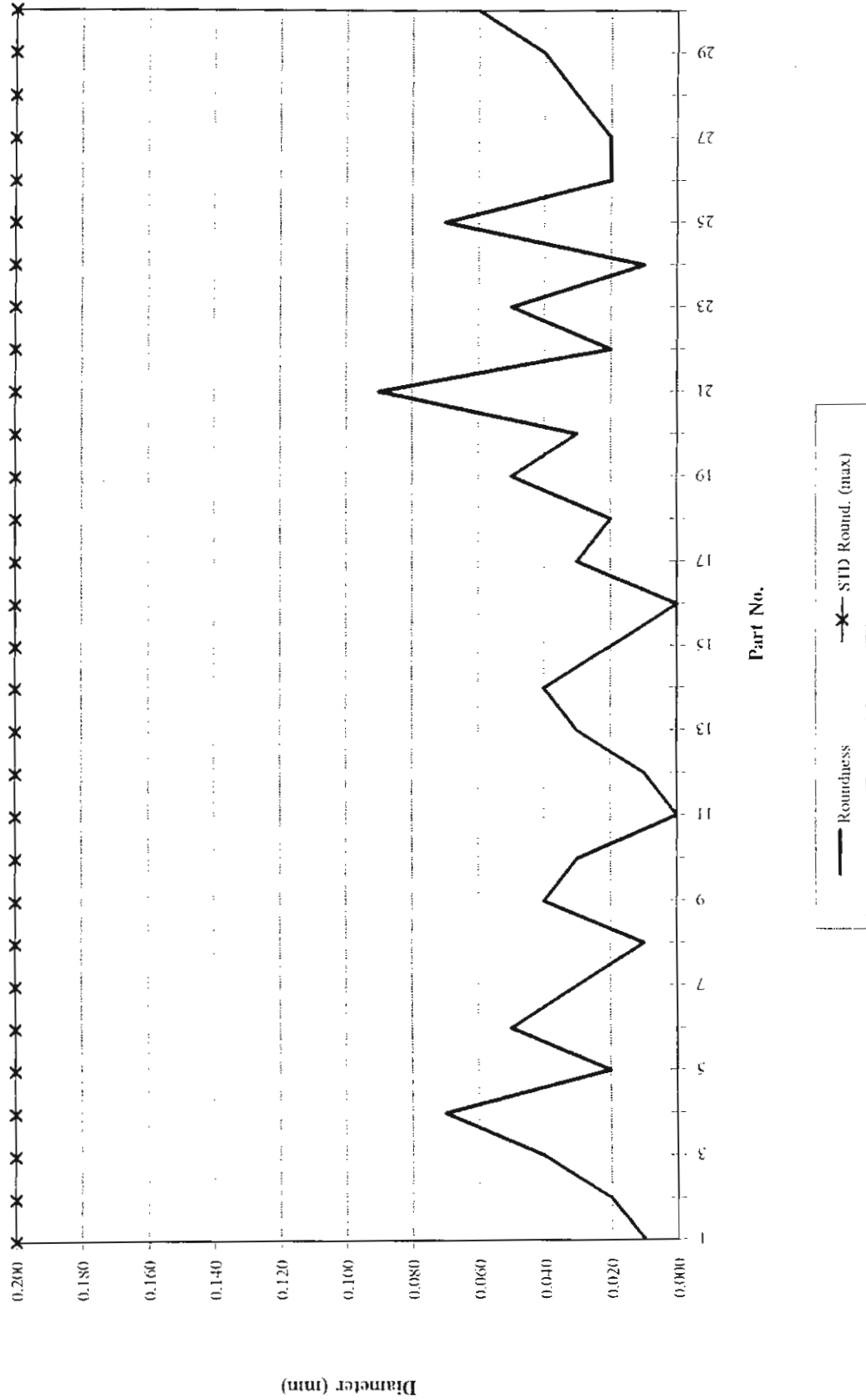
No.	DIM				
	B	B'	B-B'	IDx	IDy
1	3.94	4.06	0.120	13.35	13.34
2	4.04	3.97	0.070	13.35	13.33
3	4.05	3.98	0.070	13.34	13.38
4	3.99	4.03	0.040	13.34	13.41
5	4.03	4.00	0.030	13.32	13.34
6	3.98	4.02	0.040	13.34	13.39
7	4.04	3.96	0.080	13.35	13.32
8	3.95	3.98	0.030	13.34	13.35
9	4.03	3.96	0.070	13.35	13.39
10	4.01	3.98	0.030	13.32	13.35
11	4.03	4.00	0.030	13.36	13.36
12	3.97	4.08	0.110	13.34	13.35
13	3.98	3.94	0.040	13.33	13.36
14	3.96	4.07	0.110	13.36	13.40
15	4.00	4.02	0.020	13.38	13.36
16	4.03	4.06	0.030	13.34	13.34
17	4.09	4.03	0.060	13.33	13.36
18	4.06	4.13	0.070	13.3	13.32
19	3.92	4.06	0.140	13.28	13.33
20	4.09	4.07	0.020	13.29	13.32
21	4.12	3.96	0.160	13.28	13.37
22	4.02	4.06	0.040	13.28	13.30
23	4.15	3.96	0.190	13.36	13.31
24	4.06	4.08	0.020	13.31	13.30
25	4.10	3.96	0.140	13.28	13.35
26	4.10	4.03	0.070	13.31	13.29
27	4.14	3.94	0.200	13.32	13.34
28	3.98	3.96	0.020	13.32	13.29
29	4.09	4.10	0.010	13.28	13.32
30	4.03	3.93	0.100	13.32	13.38
Average	-	-	0.072	13.326	13.345
STD deviation	-	-	0.053	0.028	0.032
UCL	-	-	0.100	13.500	13.500
MEAN	-	-	0.050	13.400	13.400
LCL	-	-	0.000	13.300	13.300
Cp	-	-	0.315	1.180	1.041
k	-	-	0.440	0.743	0.550
Cpk	-	-	0.177	0.303	0.468



DRILLING STATION2

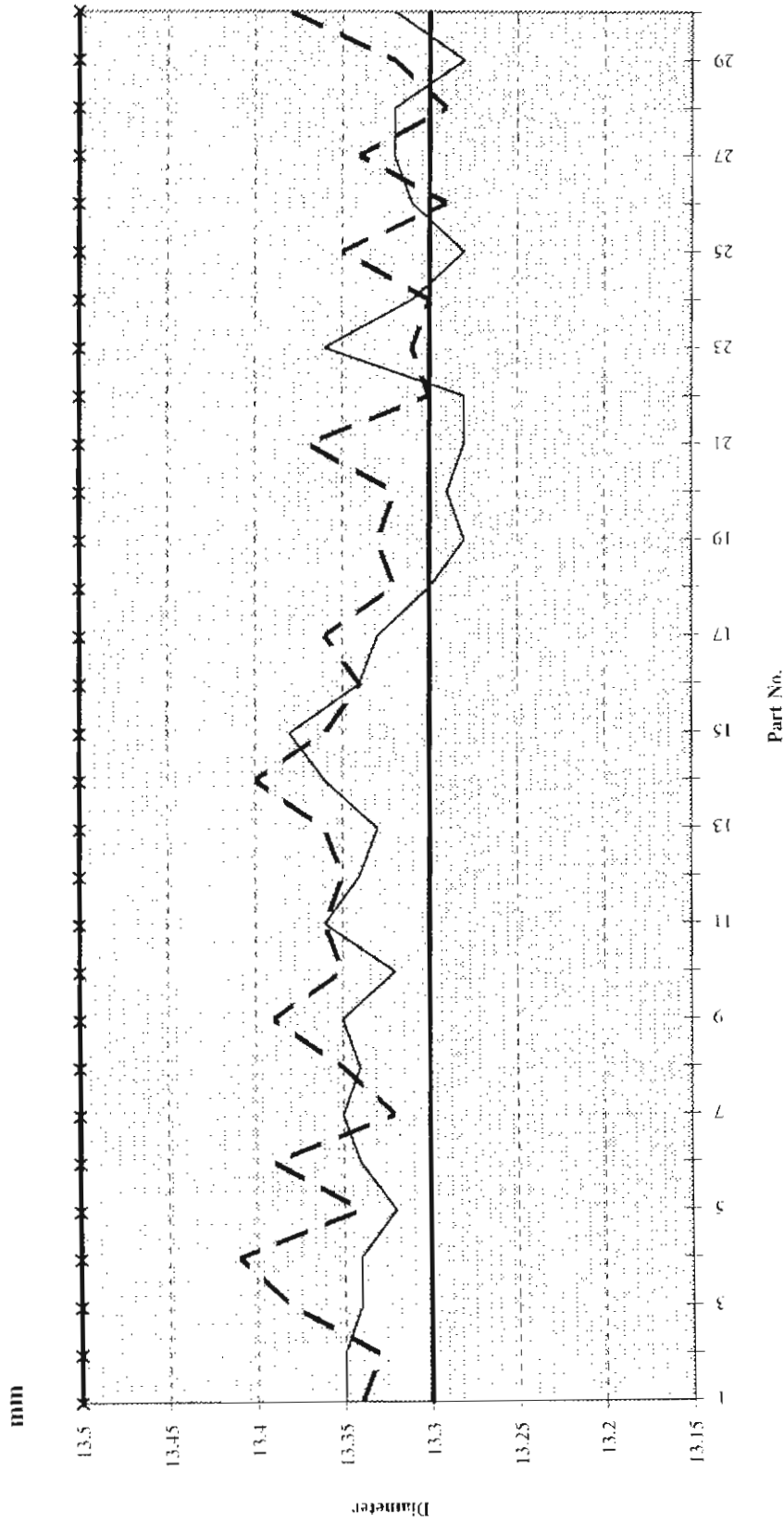


Cylindrical



DRILLING STATION 2

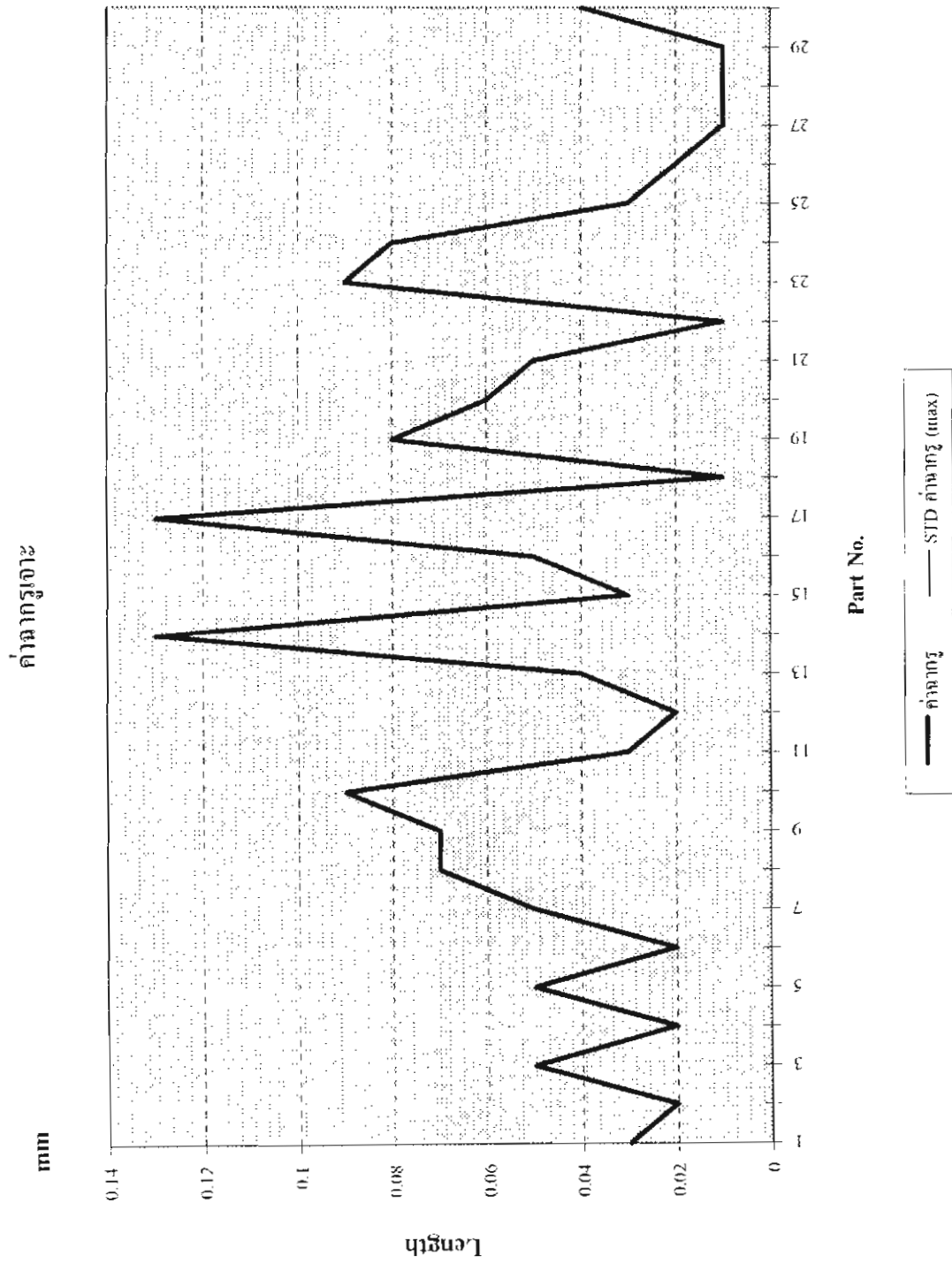
Diameter of OD



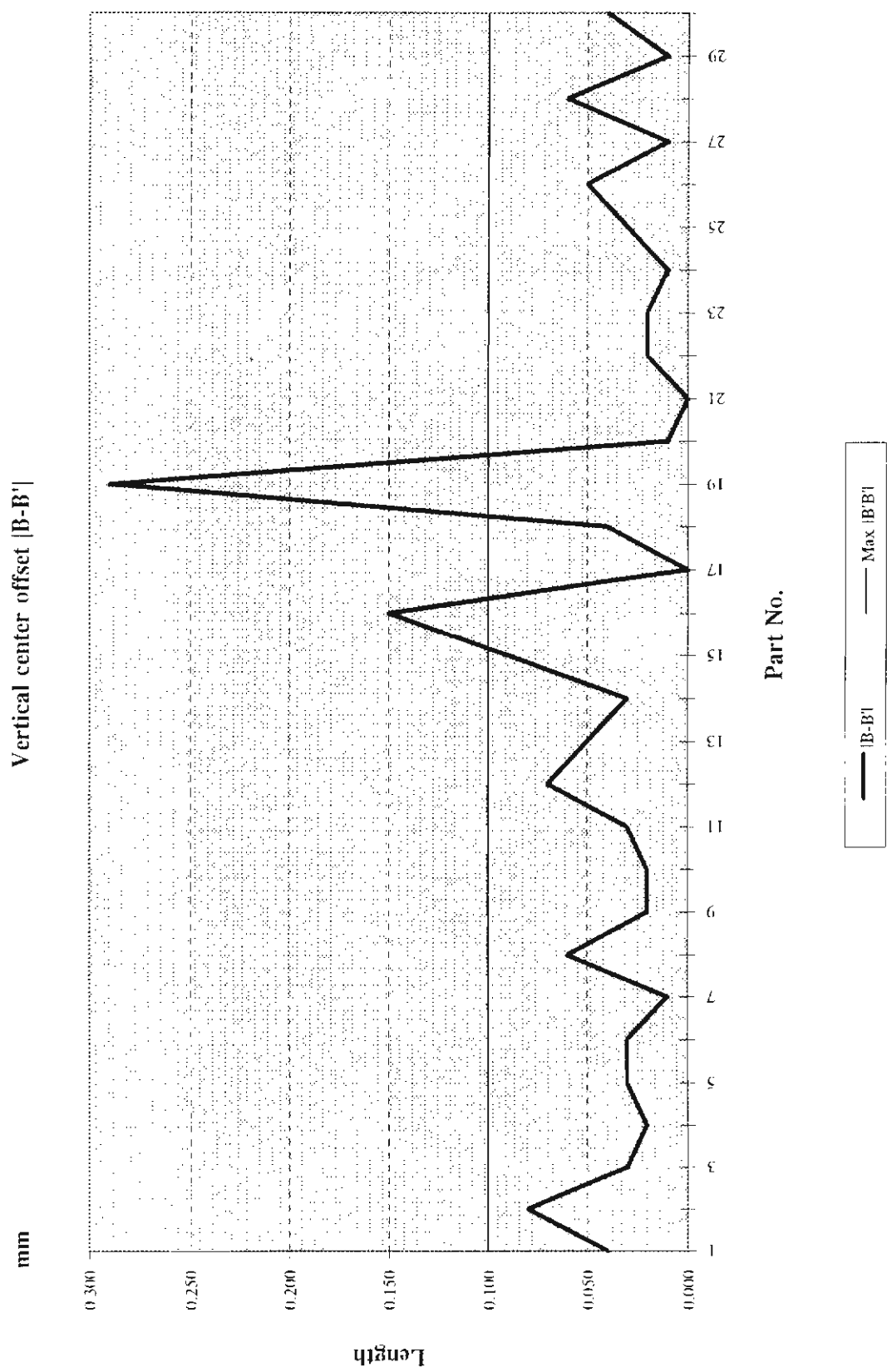
DRILLING STATION 2

DRILLING STATION 3

No.	DIM				
	B	B'	B-B'	IDx	IDy
1	4.02	3.98	0.04	13.37	13.3
2	3.98	4.06	0.08	13.29	13.39
3	3.99	3.96	0.03	13.37	13.37
4	3.98	4.00	0.02	13.35	13.36
5	3.94	3.97	0.03	13.29	13.33
6	4.02	3.99	0.03	13.37	13.39
7	4.00	3.99	0.01	13.36	13.37
8	4.01	3.95	0.06	13.28	13.27
9	3.99	4.01	0.02	13.36	13.32
10	4.07	4.09	0.02	13.34	13.34
11	3.97	4.00	0.03	13.32	13.35
12	3.93	4.00	0.07	13.37	13.35
13	4.00	4.05	0.05	13.39	13.40
14	4.01	4.04	0.03	13.34	13.34
15	3.98	4.07	0.09	13.35	13.35
16	3.93	4.08	0.15	13.36	13.28
17	4.09	4.09	0.00	13.30	13.29
18	3.98	4.02	0.04	13.33	13.33
19	4.01	4.30	0.29	13.33	13.33
20	4.01	4.00	0.01	13.33	13.32
21	3.98	3.98	0.00	13.29	13.34
22	3.96	3.98	0.02	13.29	13.39
23	4.07	4.09	0.02	13.34	13.34
24	4.09	4.10	0.01	13.29	13.39
25	4.06	4.09	0.03	13.36	13.30
26	3.98	4.03	0.05	13.32	13.34
27	4.00	4.01	0.01	13.30	13.29
28	4.07	4.01	0.06	13.27	13.34
29	4.05	4.06	0.01	13.32	13.33
30	4.02	4.06	0.04	13.29	13.34
Average	-	-	0.045	13.329	13.339
STD deviation	-	-	0.056	0.033	0.034
UCL	-	-	0.100	13.500	13.500
MEAN	-	-	0.050	13.400	13.400
LCL	-	-	0.000	13.300	13.300
Cp	-	-	0.299	0.996	0.974
k	-	-	0.100	0.710	0.607
Cpk	-	-	0.269	0.289	0.383

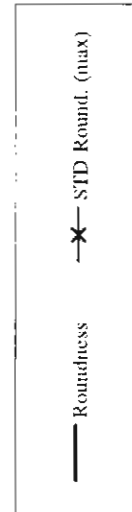
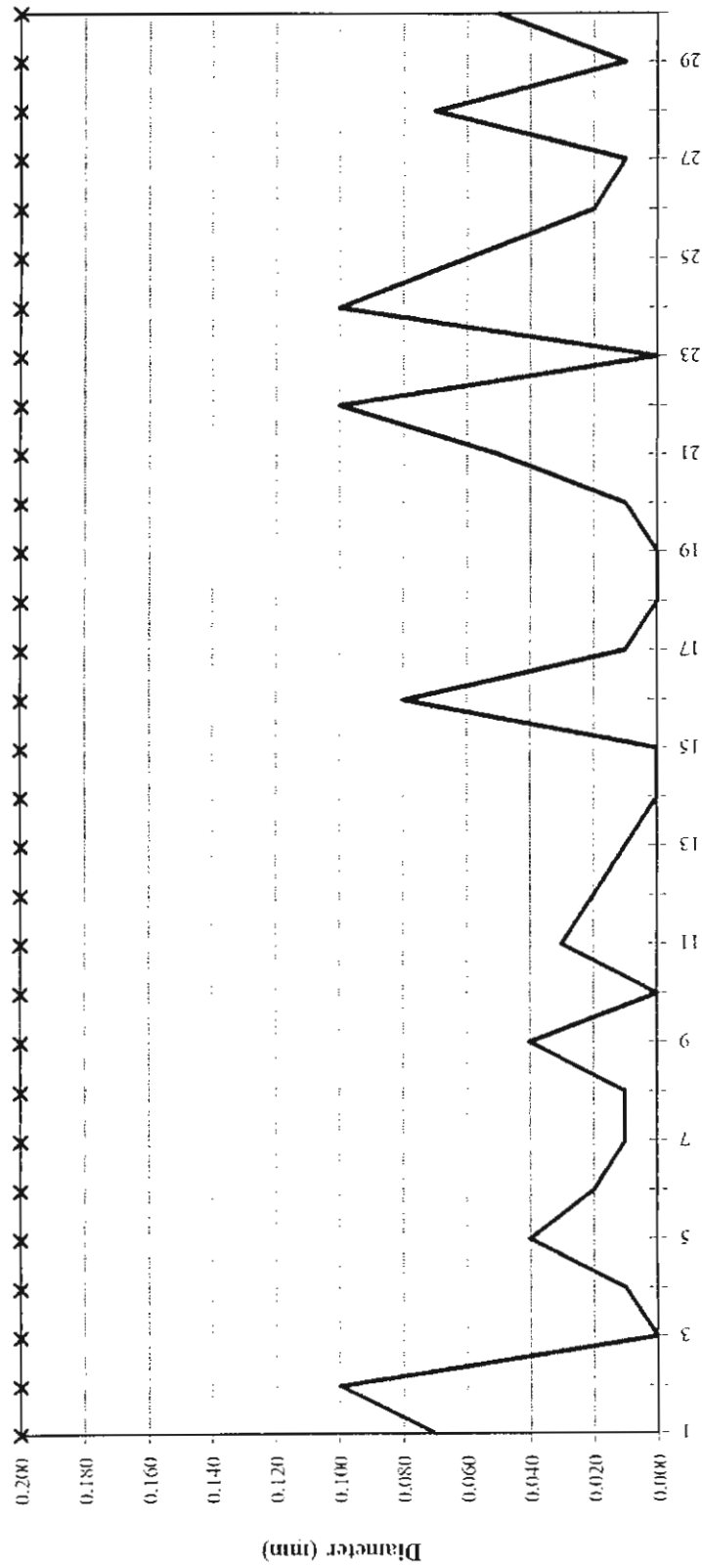


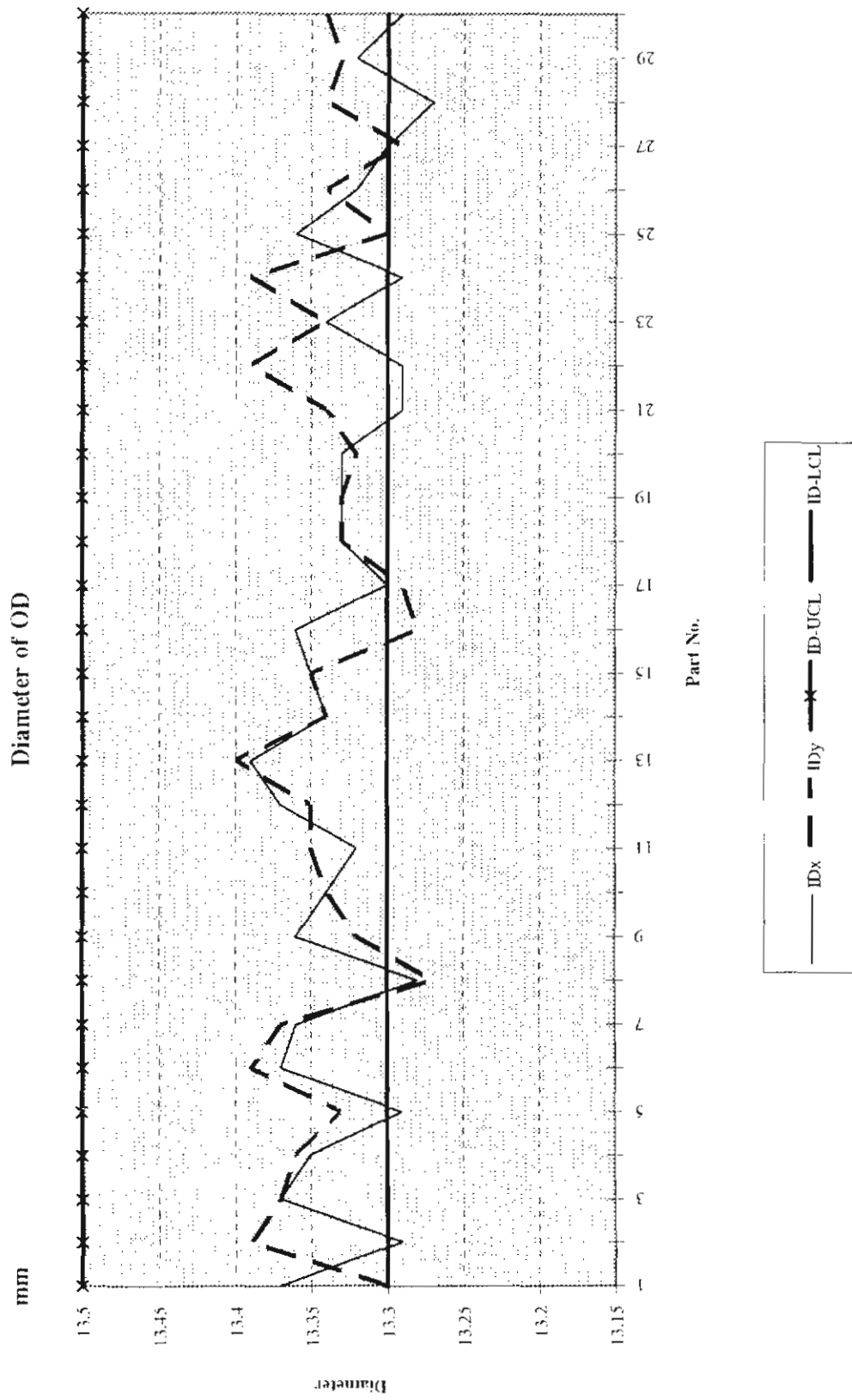
DRILLING STATION 3



DRILLING STATION 3

Cylindrical

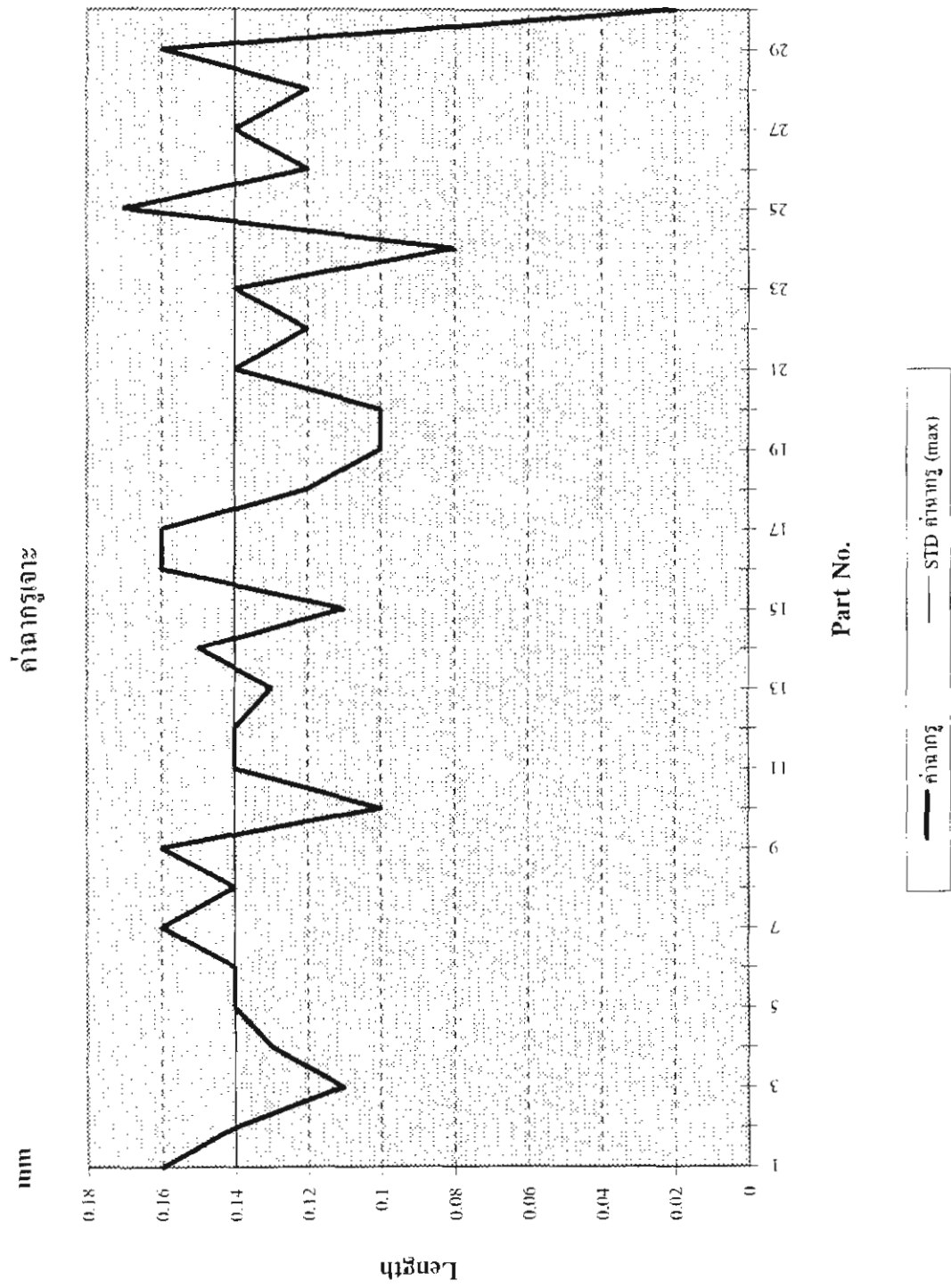




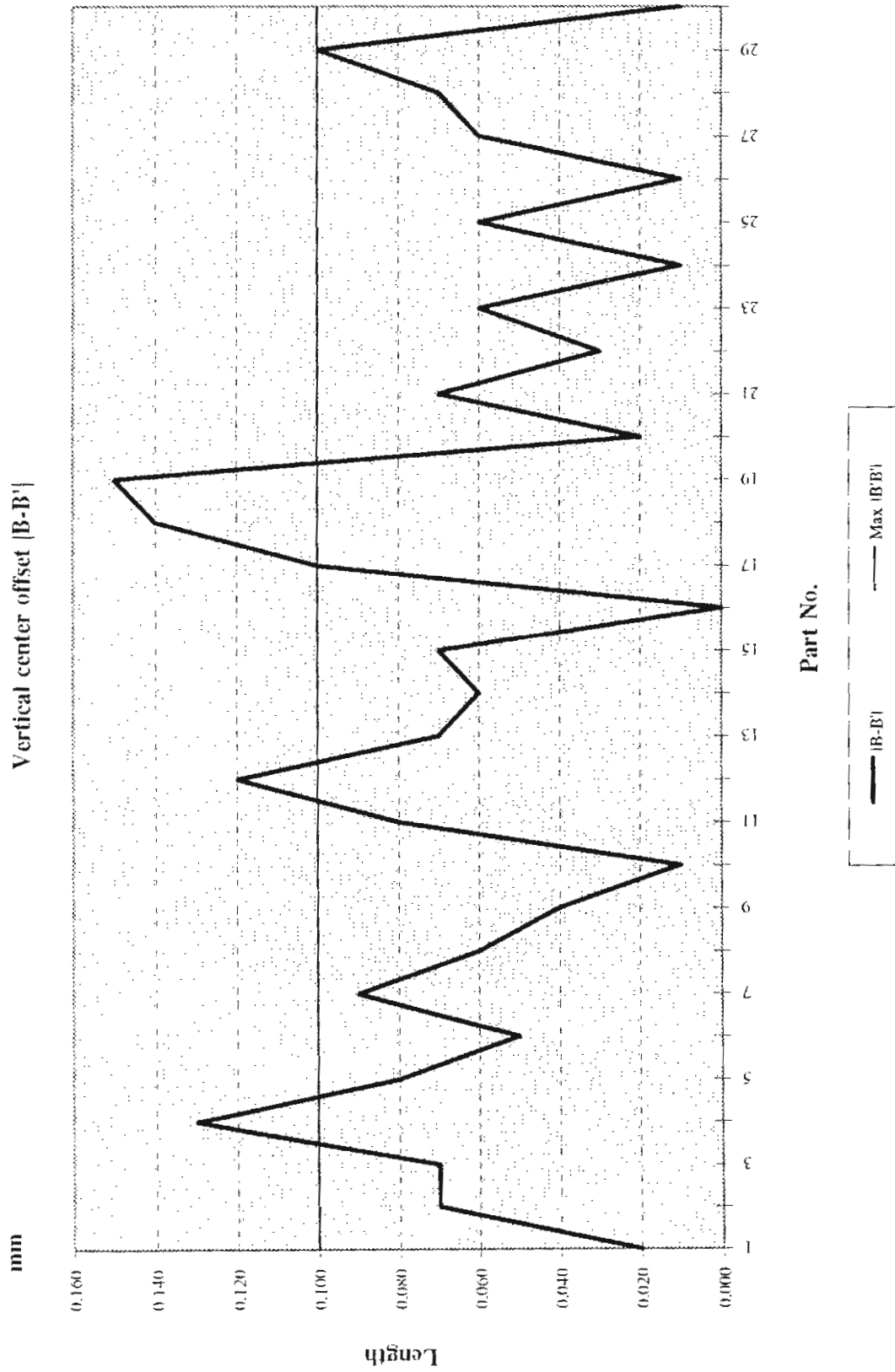
DRILLING STATION 3

DRILLING STATION 4

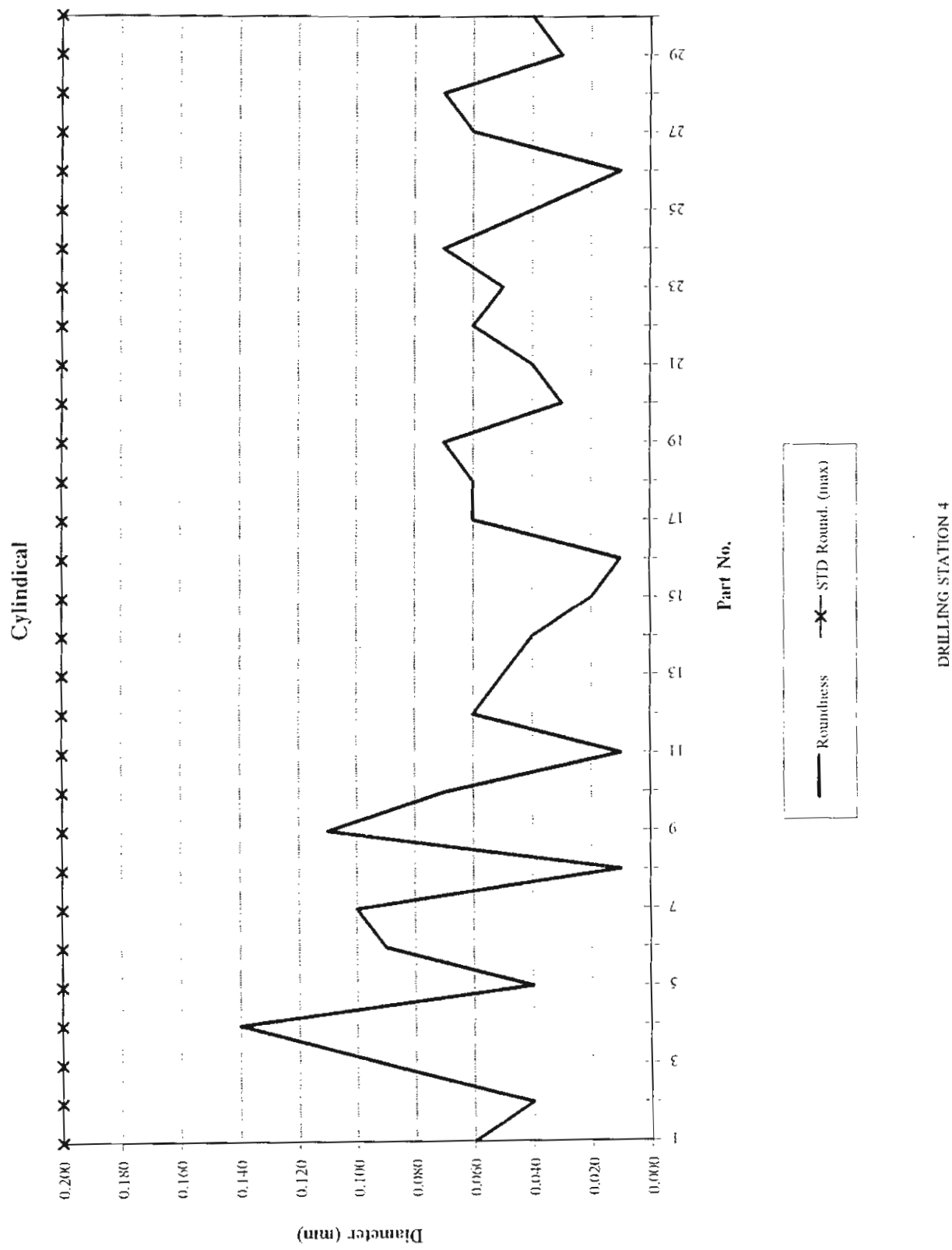
No.	DIM				
	B	B'	B-B'	IDx	IDy
1	4.02	4.00	0.02	13.34	13.28
2	3.94	4.01	0.07	13.37	13.33
3	3.93	4.00	0.07	13.27	13.36
4	3.97	4.10	0.13	13.36	13.22
5	4.00	4.08	0.08	13.38	13.34
6	4.05	4.00	0.05	13.30	13.39
7	3.93	4.02	0.09	13.25	13.35
8	4.07	4.01	0.06	13.36	13.37
9	4.00	4.04	0.04	13.36	13.25
10	4.05	4.06	0.01	13.37	13.30
11	4.13	4.05	0.08	13.22	13.21
12	3.94	4.06	0.12	13.33	13.39
13	4.03	4.10	0.07	13.31	13.26
14	4.10	4.16	0.06	13.30	13.34
15	4.00	4.07	0.07	13.32	13.34
16	4.01	4.01	0.00	13.33	13.32
17	4.09	3.99	0.10	13.34	13.28
18	3.96	4.10	0.14	13.26	13.32
19	4.00	4.15	0.15	13.36	13.29
20	4.00	3.98	0.02	13.26	13.29
21	4.02	4.09	0.07	13.29	13.25
22	4.00	4.03	0.03	13.29	13.23
23	4.09	4.03	0.06	13.35	13.30
24	4.00	4.01	0.01	13.28	13.21
25	4.00	4.06	0.06	13.38	13.34
26	4.05	4.04	0.01	13.28	13.27
27	3.94	4.00	0.06	13.31	13.25
28	4.01	4.08	0.07	13.19	13.26
29	4.00	4.10	0.10	13.30	13.33
30	4.05	4.04	0.01	13.27	13.23
Average	-	-	0.064	13.311	13.297
STD deviation	-	-	0.040	0.049	0.053
UCL	-	-	0.100	13.500	13.500
MEAN	-	-	0.050	13.400	13.400
LCL	-	-	0.000	13.300	13.300
Cp	-	-	0.417	0.686	0.631
k	-	-	0.273	0.890	1.033
Cpk	-	-	0.303	0.075	-0.021

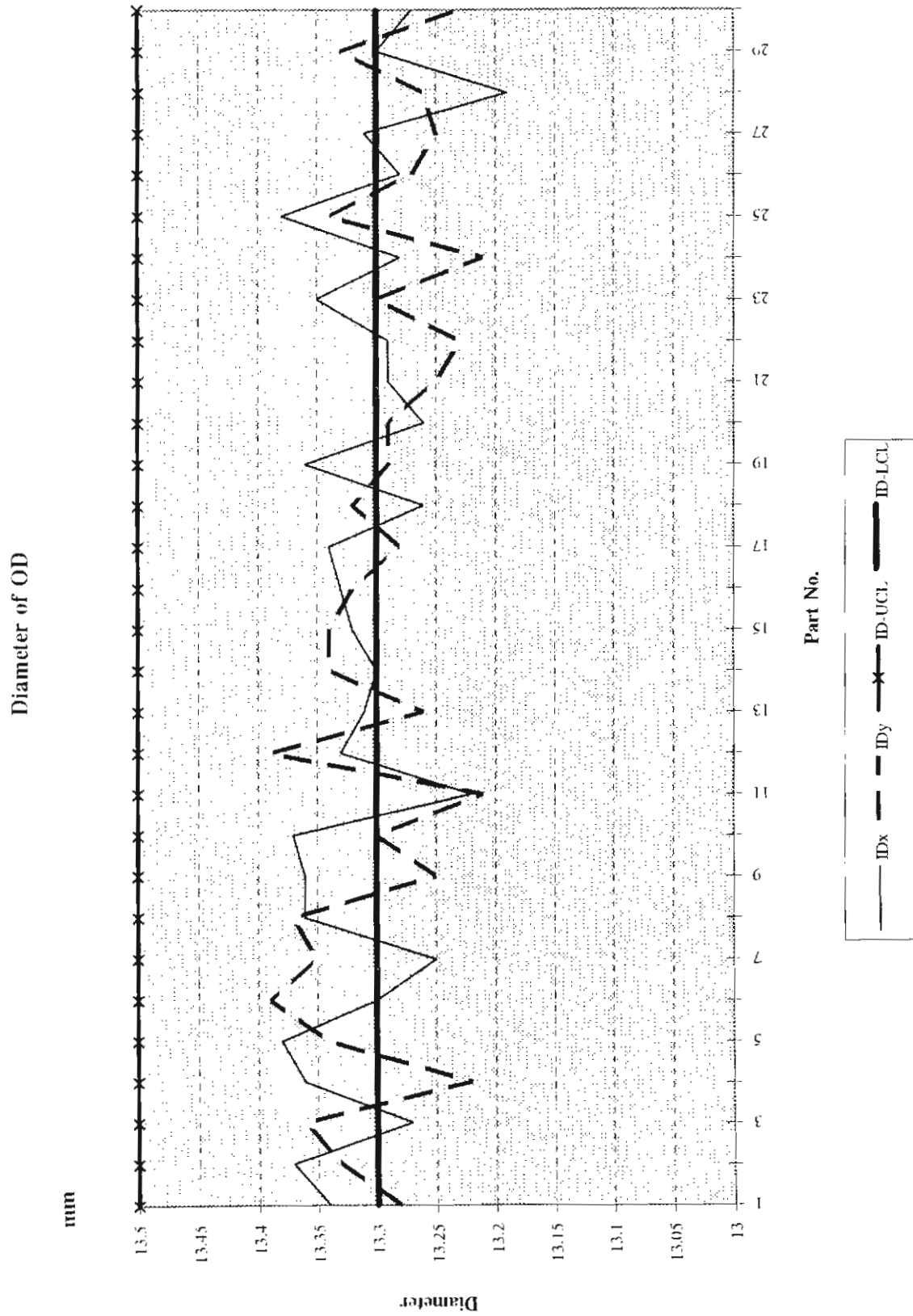


DRILLING STATION 4



DRILLING STATION 4

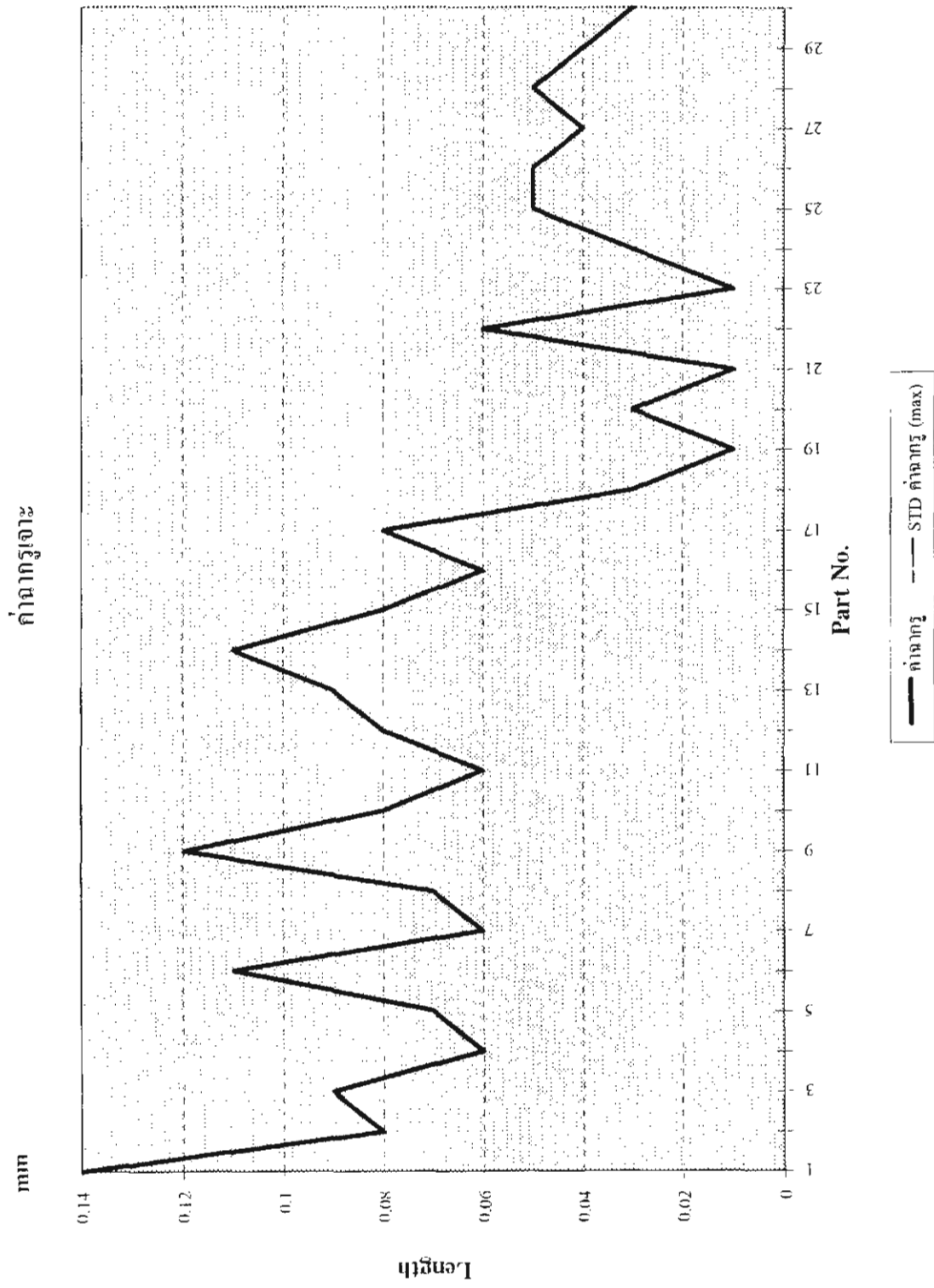




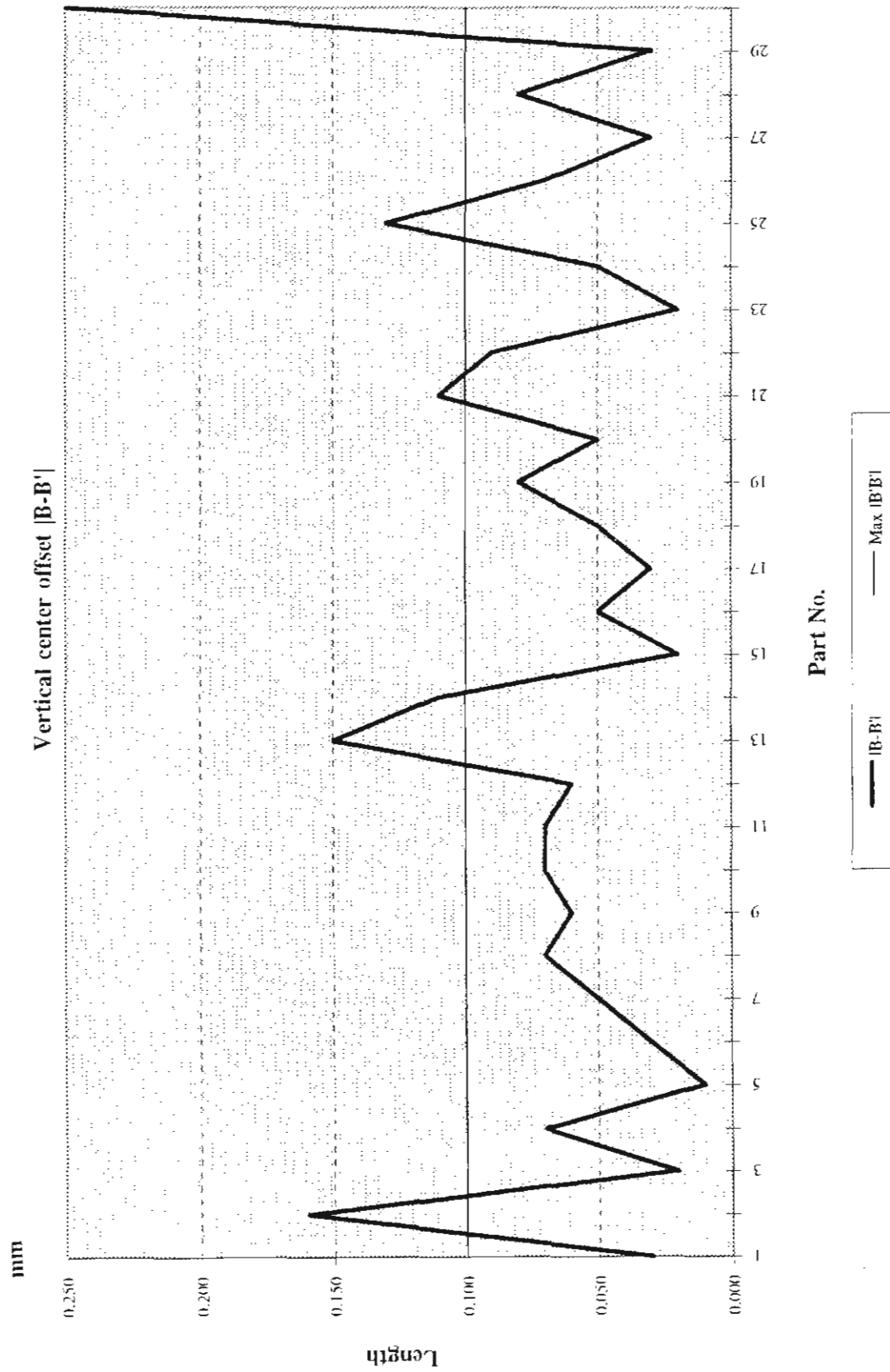
DRILLING STATION 4

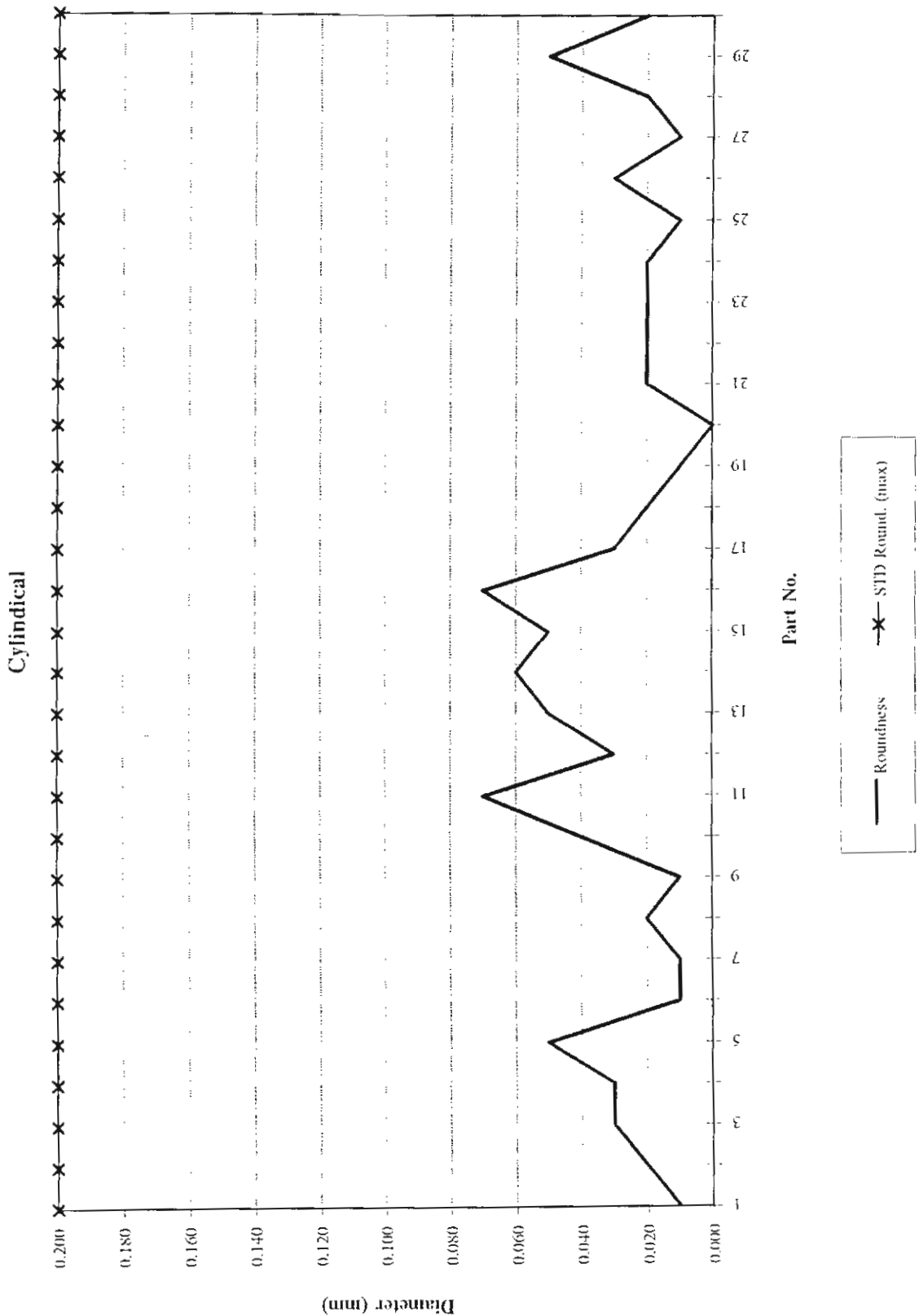
DRILLING STATION 5

No.	DIM				
	B	B'	B-B'	IDx	IDy
1	3.97	3.94	0.03	13.49	13.50
2	3.98	3.82	0.16	13.48	13.50
3	3.95	3.97	0.02	13.46	13.49
4	3.92	3.99	0.07	13.46	13.43
5	3.99	4.00	0.01	13.48	13.43
6	3.99	3.96	0.03	13.48	13.47
7	3.95	4.00	0.05	13.44	13.45
8	4.02	3.95	0.07	13.40	13.38
9	4.02	3.96	0.06	13.39	13.38
10	4.01	3.94	0.07	13.39	13.43
11	3.91	3.98	0.07	13.34	13.41
12	3.93	3.99	0.06	13.43	13.46
13	4.06	3.91	0.15	13.37	13.42
14	4.05	3.94	0.11	13.38	13.32
15	3.97	3.99	0.02	13.35	13.40
16	4.00	3.95	0.05	13.44	13.37
17	3.98	4.01	0.03	13.40	13.43
18	4.02	3.97	0.05	13.35	13.33
19	4.05	3.97	0.08	13.34	13.35
20	3.98	4.03	0.05	13.32	13.32
21	4.03	3.92	0.11	13.35	13.37
22	3.94	4.03	0.09	13.34	13.32
23	4.02	4.04	0.02	13.34	13.36
24	3.98	4.03	0.05	13.32	13.30
25	4.08	3.95	0.13	13.32	13.33
26	4.07	4.00	0.07	13.35	13.32
27	3.93	3.96	0.03	13.32	13.31
28	4.03	3.95	0.08	13.33	13.35
29	4.03	4.00	0.03	13.31	13.36
30	3.90	4.15	0.25	13.33	13.31
Average	-	-	0.070	13.383	13.387
STD deviation	-	-	0.051	0.059	0.062
UCL	-	-	0.100	13.500	13.500
MEAN	-	-	0.050	13.400	13.400
LCL	-	-	0.000	13.300	13.300
Cp	-	-	0.326	0.569	0.541
k	-	-	0.400	0.167	0.133
Cpk	-	-	0.196	0.474	0.468

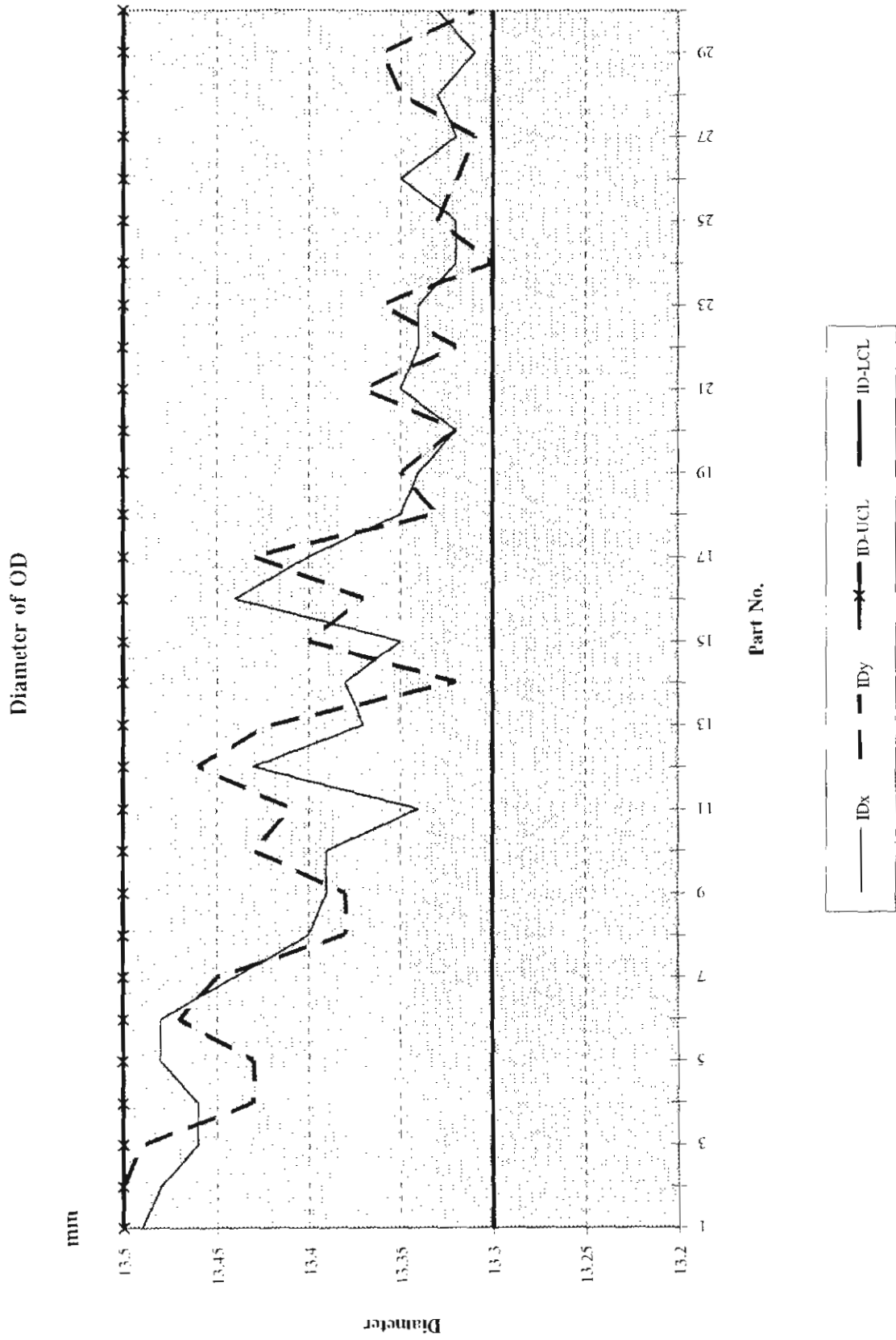


DRILLING STATION 5





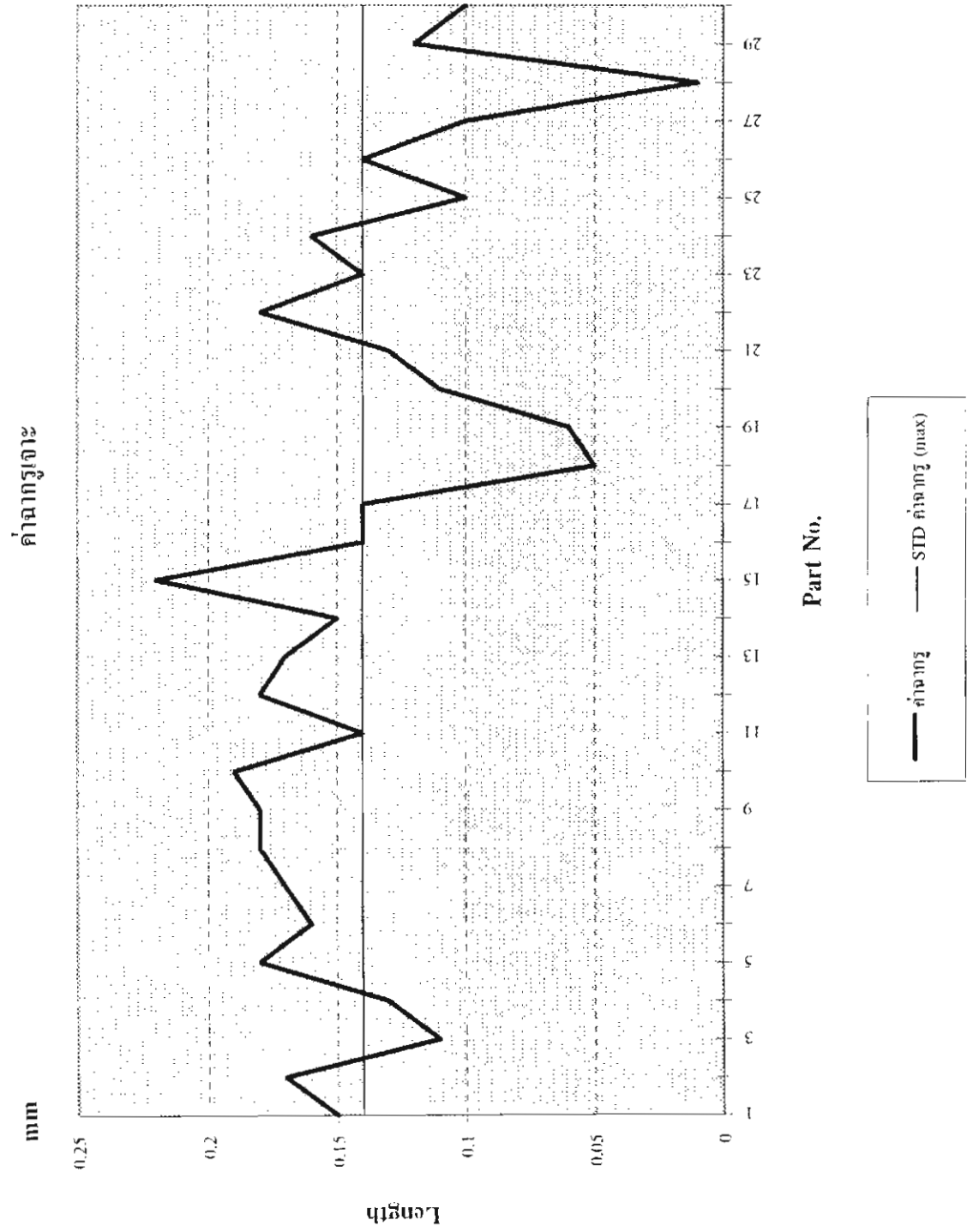
DRILLING STATION 5

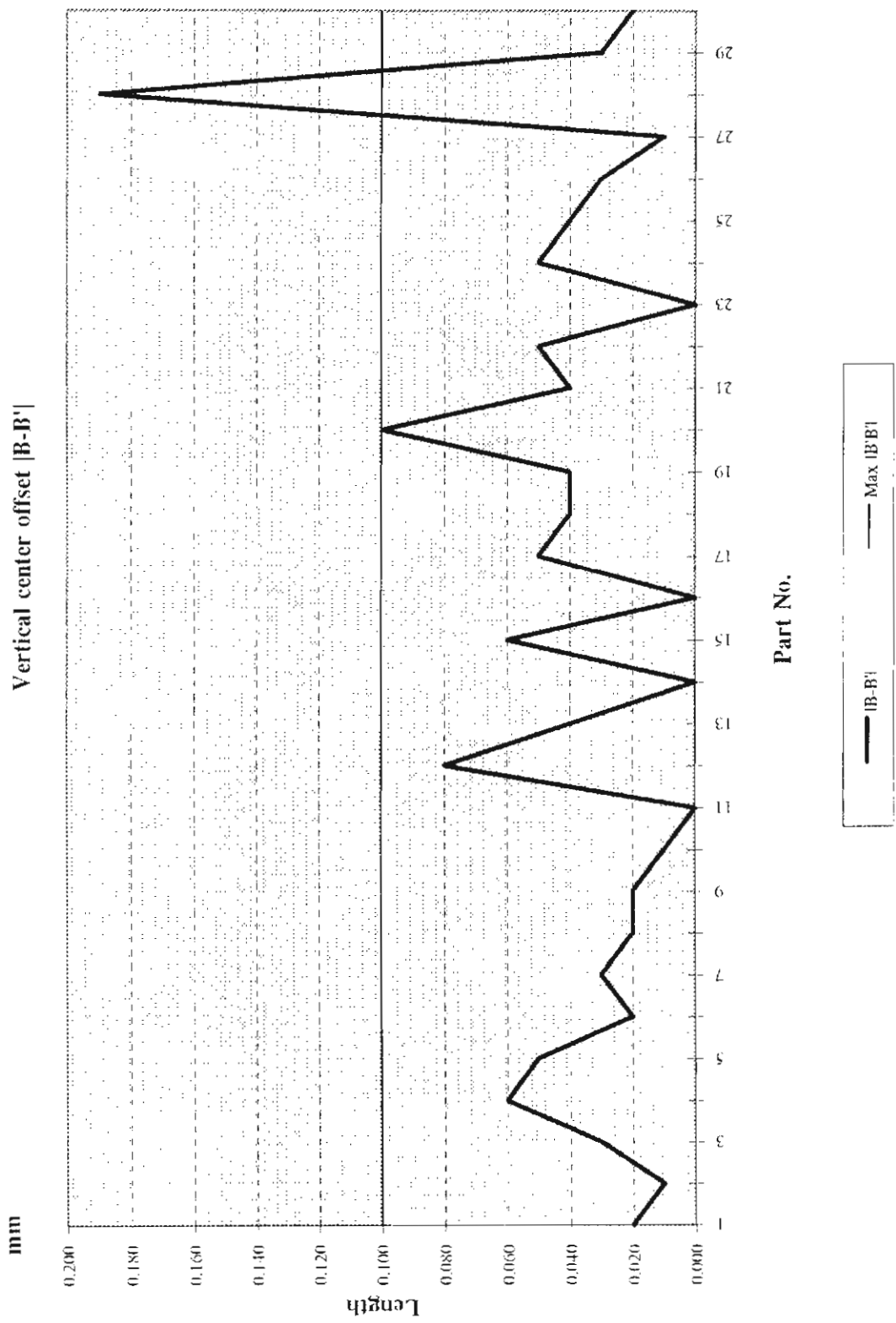


DRILLING STATION 5

DRILLING STATION 6

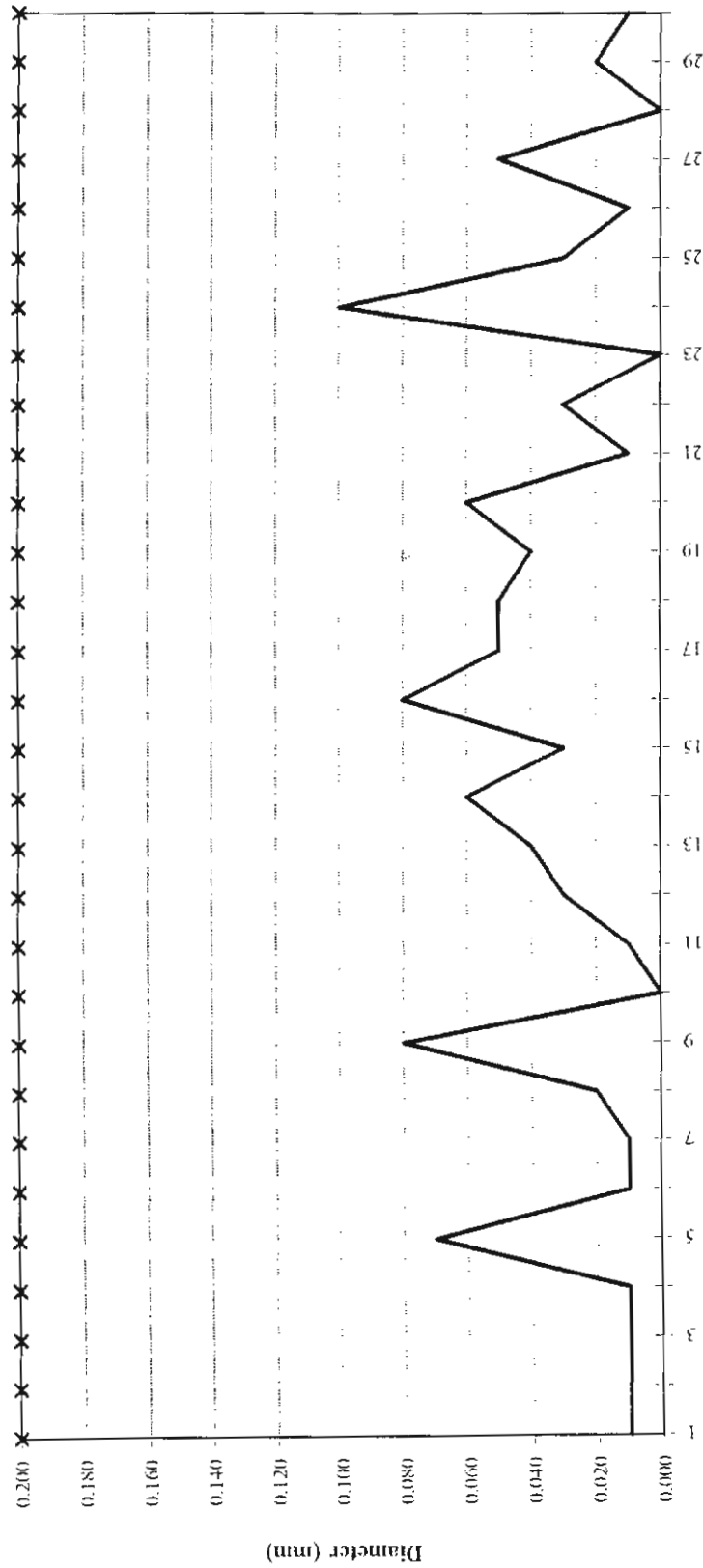
No.	DIM				
	B	B'	B-B'	IDx	IDy
1	3.98	4.00	0.02	13.38	13.39
2	3.99	4.00	0.01	13.33	13.34
3	4.02	4.05	0.03	13.39	13.38
4	4.03	3.97	0.06	13.40	13.39
5	4.05	4.00	0.05	13.30	13.37
6	4.01	3.99	0.02	13.36	13.37
7	4.05	4.02	0.03	13.38	13.39
8	4.05	4.03	0.02	13.38	13.40
9	4.02	4.00	0.02	13.31	13.39
10	4.02	4.01	0.01	13.36	13.36
11	4.06	4.06	0.00	13.38	13.39
12	3.99	4.07	0.08	13.35	13.38
13	4.00	4.04	0.04	13.35	13.39
14	3.98	3.98	0.00	13.40	13.34
15	3.95	4.01	0.06	13.33	13.36
16	4.05	4.05	0.00	13.36	13.28
17	4.03	4.08	0.05	13.37	13.32
18	4.03	4.07	0.04	13.34	13.29
19	4.05	4.09	0.04	13.39	13.35
20	4.00	4.10	0.10	13.31	13.37
21	4.00	4.04	0.04	13.34	13.33
22	4.03	4.08	0.05	13.35	13.38
23	4.09	4.09	0.00	13.31	13.31
24	4.04	4.09	0.05	13.25	13.35
25	4.06	4.10	0.04	13.36	13.39
26	4.12	4.09	0.03	13.34	13.33
27	4.08	4.07	0.01	13.34	13.39
28	4.00	4.19	0.19	13.31	13.31
29	4.06	4.09	0.03	13.32	13.34
30	4.08	4.10	0.02	13.32	13.33
Average	-	-	0.038	13.347	13.357
STD deviation	-	-	0.037	0.034	0.033
UCL	-	-	0.100	13.500	13.500
MEAN	-	-	0.050	13.400	13.400
LCL	-	-	0.000	13.300	13.300
Cp	-	-	0.447	0.970	1.003
k	-	-	0.240	0.530	0.430
Cpk	-	-	0.340	0.456	0.572





DRILLING STATION 6

Cylindrical

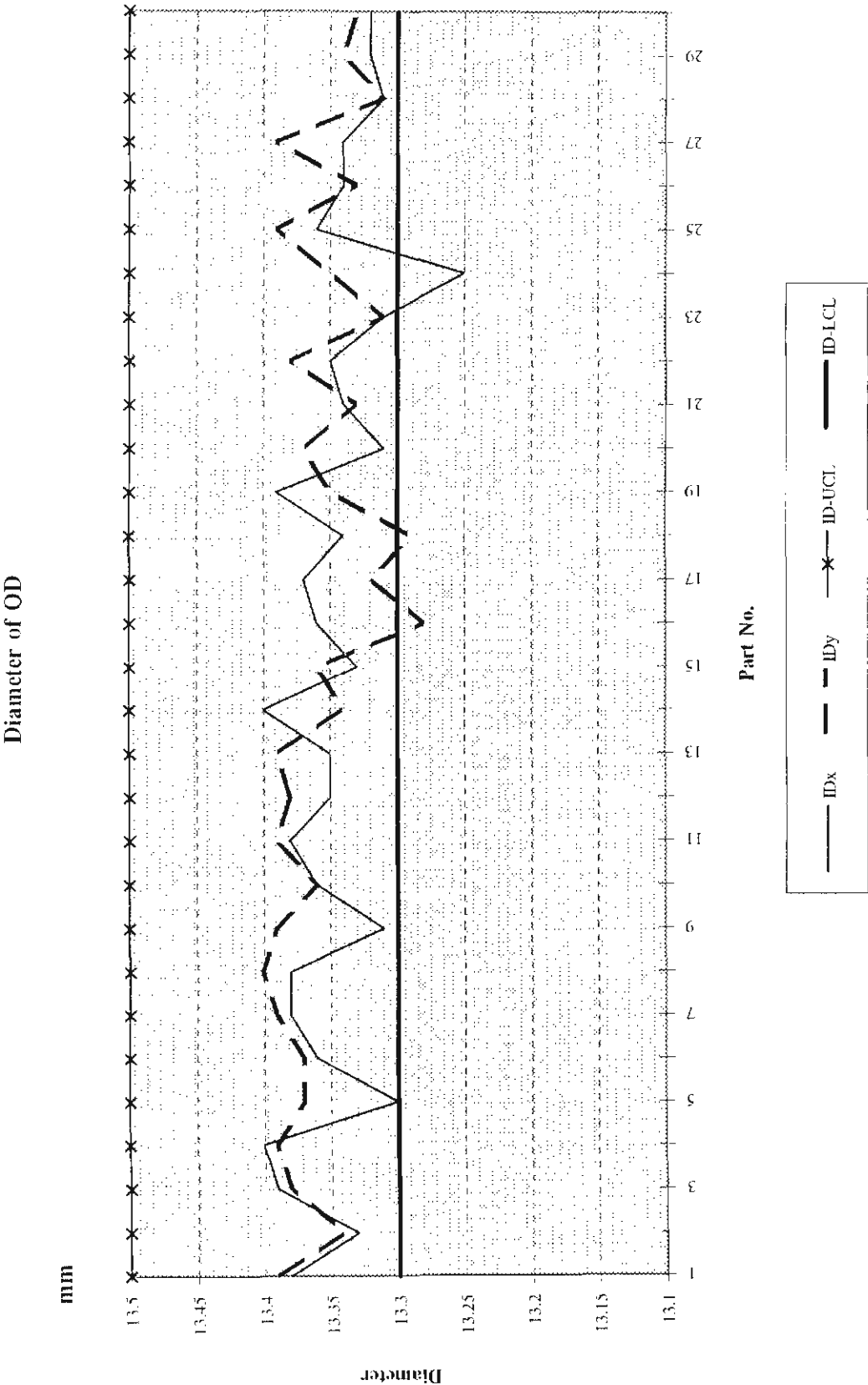


Part No.

Roundness

STD Round (max)

DRILLING STATION 6



วิเคราะห์ผลการตรวจวัดความสามารถของกระบวนการเจาะ 6 STATION

1. ค่า IDx, IDy ที่วัดได้อยู่ภายใน Range (lower-upper) ที่กำหนดทั้งหมด แต่ถ้าพิจารณาจากค่า Cp ที่ได้ มีเพียงบางค่าเท่านั้นที่มีค่า $C_p \geq 1$ ซึ่งยอมรับได้แต่หัวเจาะอื่นๆ มีค่า $C_p < 1$ ซึ่งมีจำนวนข้อมูลทั้งสิ้น 30 จำนวน/station ถ้ามีการเก็บข้อมูลมากกว่านี้จะได้ค่า Cp ที่แท้จริงได้แน่นอนขึ้น แต่ทั้งนี้ก็ถือได้ว่า ค่า IDx, IDy ที่ได้อยู่ในกรณีที่ยังสามารถทดลองในขั้นตอน Boring ต่อได้เพราะค่า Data อยู่ใน Range

2. ค่า IB-B'1 ที่ได้ 90% อยู่ใน Range (lower - upper) แต่ค่า Cp ไม่อยู่ใน Range ที่ยอมรับได้เนื่องจากค่าที่วัดอาจเกิดความผิดพลาดจากการวัด เช่นเครื่องมือวัด และในส่วนของเครื่องจักร ก็มีปัญหาของ V-Block ที่ยังไม่ได้ตามแบบมาตรฐาน ทำให้ Set ค่า IB-B'1 ไม่ได้ แต่ในการวัดครั้งนี้ก็เป็นการวัด เพื่อตรวจสอบเบื้องต้นว่าค่าต่างๆ ได้เข้าสู่ค่าที่ต้องการเมื่อชิ้นงานเสร็จจากการ Boring หรือไม่ ในความเป็นจริงงานเหล่านี้เมื่อทำงานครบตามขั้นตอน Boring แล้ว ค่า IB - B'1 อาจจะอยู่ใน Range ก็ได้แต่ก็ค่อนข้างยาก

หมายเหตุ

1. ในการวัดค่าการเยื้องเนื่องจากการเจาะจะทำการวัดในแนวระดับ IB-B'1 เท่านั้น เนื่องจากในการติดตั้งเครื่อง Transfer Line ได้ทำการปรับระดับในแนวแกนนี้ได้แม่นยำแล้ว แต่ในการวัดค่าการเยื้องเนื่องจากการเจาะในแนวระนาบ IA-A'1 นั้น ไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์เพื่อหาค่า Cp ได้ เนื่องจากยังไม่สามารถทำการปรับระยะในแนวระนาบได้อย่างแม่นยำ
2. การวัดค่า IDx, IDy ของชิ้นงานใช้เวอร์เนียร์ที่มีความละเอียด 0.02 mm.

แนวทางการปรับปรุง

1. ทำการ Set V Block ของชุด TF (Drilling) ใหม่เพื่อให้ค่า IB-B'1 ที่มีค่า $C_p > 1$
2. ทำการแก้ไขค่า Idx, Idy ใหม่ให้ค่า $C_p > 1$ ก่อนทำการทดลอง Process ต่อไป

โครงการ Automatic Part Feeder and Caulking

TRF 6/4/FEEDCLK

โครงการ Automatic Part Feeder and Caulking

TRF 6/4/FEEDCLK

สรุปโครงการ

บริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล อีเล็คทริก จำกัด (มหาชน) ได้ให้สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีเป็นผู้ปรับปรุงการผลิตชิ้นส่วนคอมเพรสเซอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้สูงขึ้น รวมทั้งความปลอดภัยในการทำงานด้วย โครงการเครื่องป้อนและยัดชิ้นงานอัตโนมัติ เป็นโครงการหนึ่งซึ่งเป็นการพัฒนาเครื่องจักรใหม่ ให้สามารถประกอบแผ่นยึดอุปกรณ์ของคอมเพรสเซอร์โดยอัตโนมัติ แทนระบบเดิมซึ่งต้องใช้พนักงาน 2 คนและเครื่องจักร 2 เครื่อง ในการประกอบชิ้นงาน ทำให้ขาดความคล่องตัวและมีประสิทธิภาพต่ำ นอกจากนี้ยังอาจเกิดอันตรายได้ง่ายหากขาดความระมัดระวังในการป้อนชิ้นงานเข้าสู่เครื่องจักร

การประกอบแผ่นยึดอุปกรณ์แบบเดิม ประกอบด้วย 2 กระบวนการหลักคือ การทำเกลียวในและการยัดหมุด เริ่มจากการนำแผ่นยึดอุปกรณ์มาทำเกลียวใน 2 รู ด้วยเครื่องทำเกลียวใน จากนั้นจึงนำชิ้นงานที่ได้ไปประกอบกับหมุดยัดด้วยเครื่องยัดหมุด ในกระบวนการยัดหมุดนี้จำเป็นต้องมีความระมัดระวังสูงเพราะอาจเกิดอันตรายได้ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีจึงได้ออกแบบเครื่องจักรใหม่ ซึ่งรวมเอาเครื่องยัดหมุดและเครื่องทำเกลียวในเข้าไว้ด้วยกัน และสร้างชุดป้อนชิ้นงาน คือแผ่นยึดอุปกรณ์และหมุดยัดเป็นแบบอัตโนมัติด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

ในการดำเนินงานที่ผ่านมา ได้ออกแบบและจัดสร้างเครื่องป้อนและยัดชิ้นงานอัตโนมัติซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างเครื่องจักร ชุดแท่นหมุน ชุดยัดหมุด ชุดทำเกลียว เครื่องป้อนแผ่นยึดอุปกรณ์ เครื่องป้อนหมุดยัด ชุดถอดและทำความสะอาดชิ้นงาน และโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

ผลที่ได้จากโครงการนี้คือ ได้เครื่องจักรที่สามารถทำงานโดยอัตโนมัติ และรวมเอาการทำงาน 2 ขั้นตอน คือการยัดหมุดและการทำเกลียวมาไว้ในเครื่องจักรเดียวกัน และช่วยให้พนักงานมีความปลอดภัยในการทำงานมากขึ้น นอกจากนี้เครื่องยัดชิ้นงานยังลดระดับของเสียงในโรงงานลงเป็นอย่างมาก

เครื่องต้นแบบที่ได้สร้างขึ้นยังต้องพัฒนาต่อไป เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำให้สูงขึ้น เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดเล็ก มีรูปทรงที่ยากต่อการลำเลียงและจับยึด ทำให้การออกแบบและสร้างเครื่องจักรที่มีความแม่นยำสูงทำได้ยาก โดยเฉพาะยังหาช่างที่มีประสบการณ์สูงมาทำชิ้นส่วนอุปกรณ์แต่ละชิ้นได้ยาก จำเป็นต้องแก้ไขในรายละเอียดบ่อยครั้ง และยังคงต้องปรับปรุงต่อไปอีกระยะหนึ่ง

บทนำ

คอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญส่วนหนึ่งในการผลิตตู้เย็น ซึ่งบริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล อิเล็กทริก จำกัด (มหาชน) ต้องการปรับปรุงสายการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น รวมทั้งเพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงานด้วย โดยให้สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีเป็นผู้ศึกษาและออกแบบระบบผลิตอัตโนมัติเข้ามาใช้งาน ในส่วนของการผลิตแผ่นยึดอุปกรณ์คอมเพรสเซอร์ แทนระบบเดิมที่ต้องใช้เครื่องจักร 2 เครื่องและพนักงาน 2 คนในการผลิตชิ้นงาน

ในการปฏิบัติงานแบบเดิมจะเริ่มจากการนำเอาแผ่นยึดอุปกรณ์ (Plate Support) มาทำเกลียวใน (Tapping) จำนวน 2 รูต่อชิ้นงาน 1 ชิ้น ในขั้นตอนนี้จะต้องทำ 2 ครั้งด้วยกันเพราะเครื่องจักรที่ใช้จะทำได้เพียงครั้งละ 1 รูเท่านั้น หลังจากที่ทำเกลียวในแล้ว ก็จะนำไปย่ำหมุดซึ่งเป็นตัวรองสปริง โดยพนักงานจะนำเอาแผ่นยึดอุปกรณ์วางไว้บนเครื่องย่ำหมุด ซึ่งมีหมุดย่ำรองอยู่ด้านล่างของแผ่น แล้วจึงกดให้เครื่องย่ำหมุดทำงาน ก็จะได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์

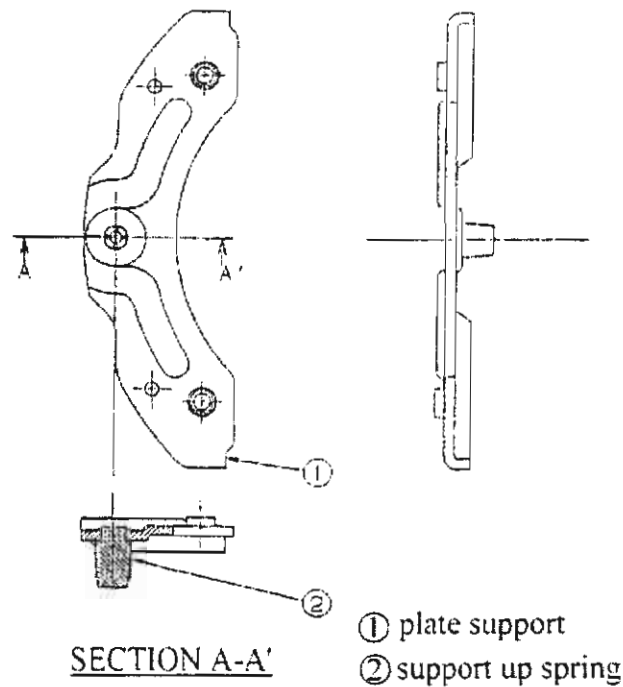
จะเห็นได้ว่า ในกระบวนการผลิตดังกล่าวจำเป็นต้องใช้พนักงาน 2 คน ในการทำงาน อีกทั้งการใช้เครื่องจักรเหล่านี้อาจเกิดอันตรายได้ง่าย หากขาดความระมัดระวังในการป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องย่ำ การแก้ไขปรับปรุงด้านประสิทธิภาพและความปลอดภัยของกระบวนการผลิตชิ้นงานนี้ สามารถทำได้โดยออกแบบเครื่องจักรใหม่ที่สามารถทำงานเป็นระบบอัตโนมัติ โดยมีเครื่องจักรทั้งสองอย่างคือ เครื่องย่ำหมุดและเครื่องทำเกลียว รวมอยู่ในชุดเดียวกัน มีระบบป้อนชิ้นงานและหมุดย่ำอัตโนมัติ ช่วยให้พนักงานไม่จำเป็นต้องเข้าไปใกล้เครื่องจักรขณะทำงาน นับเป็นการเพิ่มความปลอดภัยให้กับพนักงาน อีกทั้งยังมีข้อดี คือ ใช้พนักงานเพียงคนเดียวในการควบคุมเครื่องจักรเท่านั้น

สารบัญ

	หน้า
1. หลักการทำงาน	4-4
2. การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ	4-7
2.1 ลักษณะเครื่องจักร	4-7
2.2 การออกแบบของแต่ละสถานีงาน	4-9
2.3 การออกแบบโปรแกรม PLC	4-14
3. ผลการดำเนินงาน	4-16
4. ภาคผนวก	
4.1 แบบชุดโครงสร้างหลัก	
4.2 แบบชุดจิ๊ก	
4.3 แบบชุดแท่นหมุน	
4.4 แบบชุดลิ้อคตำแหน่งของแท่นหมุน	
4.5 แบบชุดป้อนแผ่นยึด	
4.6 แบบชุดป้อนหมุดย้ำ	
4.7 แบบชุดย้ำหมุด	
4.8 แบบชุดตัดแปะเกลียว	
4.9 แบบชุดถอดชิ้นงานออกจากจิ๊ก	
4.10 แบบชุดทำความสะอาดจิ๊ก	
4.11 ผังโปรแกรม PLC (Ladder Diagram)	

1. หลักการทำงาน

เครื่องป้อนและย้าชิ้นงานอัตโนมัติ (Automatic Feeder and Caulking) เป็นเครื่องจักรที่ออกแบบ เพื่อใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วนของคอมเพรสเซอร์ (Compressor) โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำการประกอบชิ้นงานทั้ง 2 ชั้นเข้าด้วยกัน คือ หมุดย้า (Support up Spring) และแผ่นยึดอุปกรณ์ (Plate Support) ด้วยเครื่องย้า (Caulking) ที่หมุดย้าให้ติดแน่นกับแผ่นยึดอุปกรณ์และทำการตัดเกลียวคู่ที่แผ่นยึดอุปกรณ์

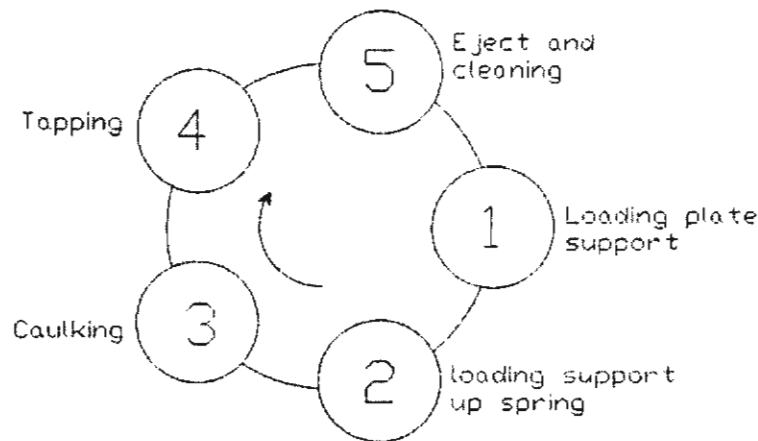


รูปที่ 1.1 ลักษณะของแผ่นยึดอุปกรณ์ที่ประกอบหมุดย้าแล้ว

จากรูปที่ 1.1 แสดงลักษณะของแผ่นยึดอุปกรณ์ (หมายเลข 1) และหมุดย้า (หมายเลข 2) โดยกระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนด้วยกันคือ

- 1.1 ป้อนแผ่นยึดอุปกรณ์เข้าจิ๊ก
- 1.2 ป้อนหมุดย้าเข้าจิ๊ก
- 1.3 ย้าหมุดด้วยเครื่องย้าหมุด
- 1.4 ทำเกลียวในตัวเครื่องทำเกลียว
- 1.5 ถอดชิ้นงานและทำความสะอาดจิ๊ก

ลักษณะของเครื่องจักรจะแบ่งออกเป็นสถานีงาน 5 สถานี โดยตัวจักรจะอยู่บนแท่น Rotary Table ซึ่งจะหมุนไปในทิศทางเข็มนาฬิกา ใช้ Gear Motor ในการขับเคลื่อนที่ความเร็วรอบประมาณ 28 รอบต่อนาที และควบคุมการหยุดทำงานในแต่ละขั้นตอนด้วยเบรกไฟฟ้า ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านท้ายของมอเตอร์ การทำงานของเครื่องจักรโดยรวมมีลักษณะดังรูปที่ 1.2



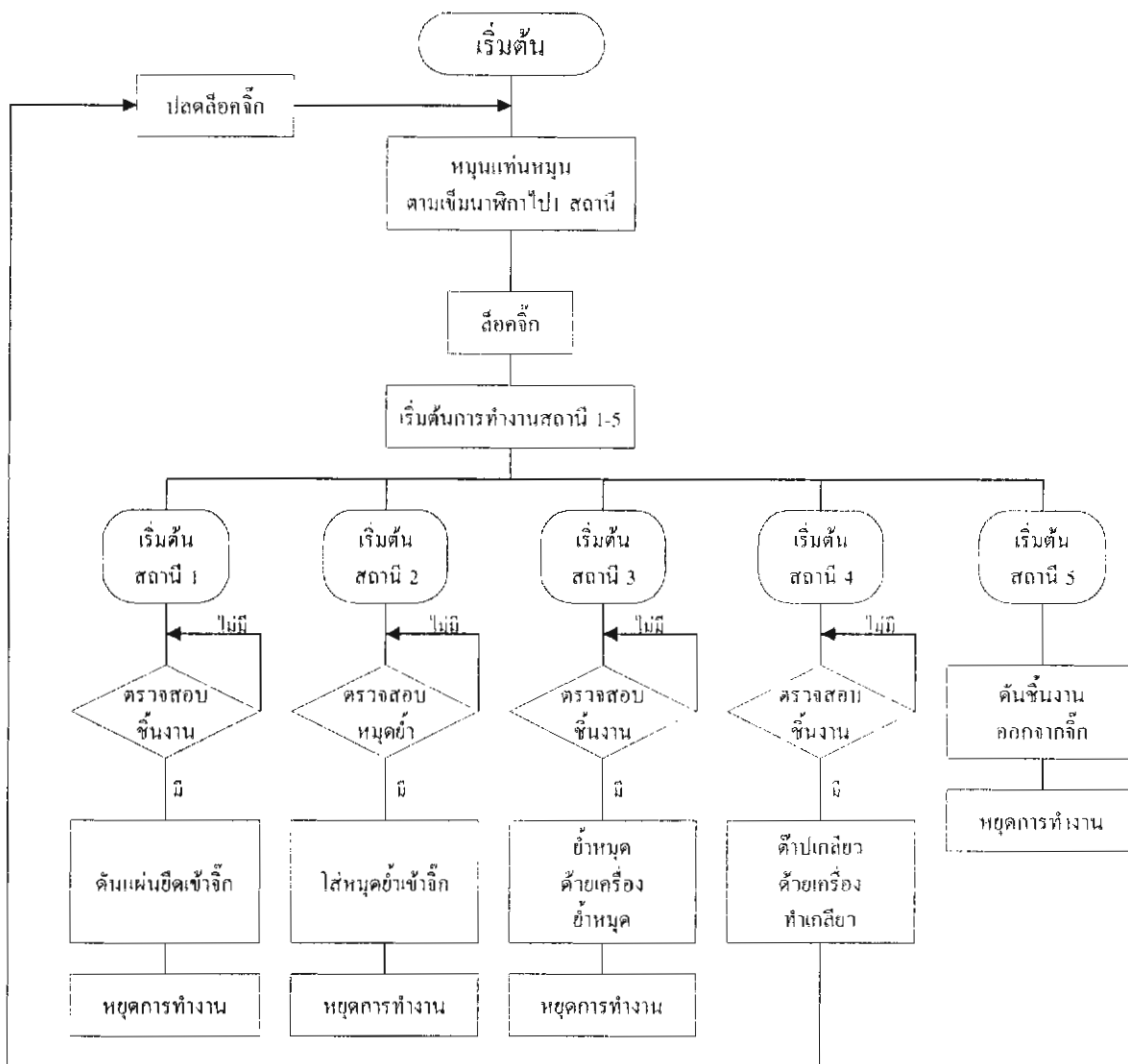
รูปที่ 1.2 การทำงานของเครื่องจักรโดยรวม

การทำงานจะเริ่มจากการป้อนแผ่นยึดอุปกรณ์เข้าสู่จักรในสถานีที่ 1 จากนั้นแท่นหมุนจะหมุนตามเข็มนาฬิกาไปยังสถานีที่ 2 ซึ่งเป็นสถานีที่ป้อนหมุดยาลงไปบนแผ่นยึดอุปกรณ์ แล้วจึงหมุนต่อไปยังสถานีที่ 3 ซึ่งเป็นสถานีย้ำหมุดด้วยเครื่องย้ำจนหมุดยาดัดแน่นเข้ากับแผ่นยึดอุปกรณ์ เมื่อเลื่อนไปยังสถานีที่ 4 ก็จะทำเกลียวในจำนวน 2 รูด้วยเครื่องต๊าปเกลียวคู่ จากนั้นชิ้นงานสำเร็จก็จะเลื่อนต่อไปยังสถานีที่ 5 เพื่อถอดและลำเลียงชิ้นงานลงสู่ตะกร้าชิ้นงานต่อไป และขณะเดียวกันก็จะทำความสะอาดจักรด้วยลมแรงดันสูง เพื่อเตรียมใช้งานต่อไป

การทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องด้วย PLC จะมีขั้นตอนการทำงานแบ่งเป็น 6 ส่วนด้วยกันคือ

- ควบคุมการหมุนของ Rotation Table
- ควบคุมการป้อนแผ่นยึดอุปกรณ์เข้าจักรที่ Station 1
- ควบคุมการป้อนหมุดยาลงเข้าจักรที่ Station 2
- ควบคุมการย้ำหมุดที่ Station 3
- ควบคุมการต๊าปเกลียวที่ Station 4
- ควบคุมการถอดชิ้นงานและทำความสะอาดจักรที่ Station 5

โดยมีผังการทำงานของโปรแกรมแสดงไว้ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 แสดงผังการทำงานของโปรแกรมเครื่องป้อนและย้ายชิ้นงานอัตโนมัติ

2. การออกแบบและพัฒนาเครื่องมือ

2.1 ลักษณะเครื่องจักร ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน คือ

2.1.1 โครงสร้างหลักของเครื่องซึ่งประกอบไปด้วย Square Tube เป็นโครงสร้างหลักที่ยึดส่วนประกอบต่างๆ เข้าอยู่ด้วยกัน

2.1.2 Rotary Table คือ แท่นหมุนชุดจิ๊กเพื่อนำชิ้นงานไปประกอบเข้ากับหมุดย้ำและทำเกลียวใน

2.1.3 ชุด Assembly ประกอบไปด้วย สถานีประกอบชิ้นงานและทำเกลียวใน สามารถแบ่งออกเป็น 5 สถานีด้วยกัน คือ

ก. สถานีป้อนแผ่นยึดอุปกรณ์เข้าจิ๊ก

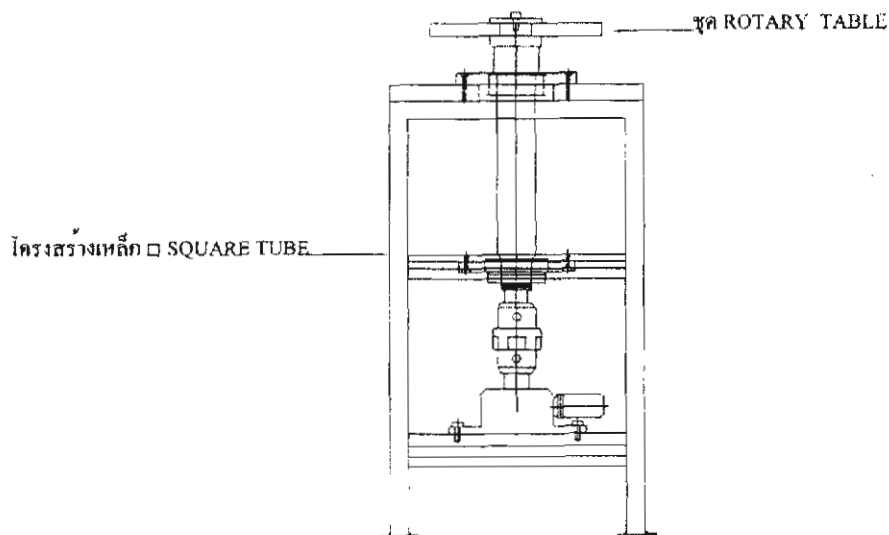
ข. สถานีป้อนหมุดย้ำเข้าจิ๊ก

ค. สถานีย้ำหมุดย้ำเข้ากับแผ่นยึดอุปกรณ์

ง. สถานีต๊าปเกลียวใน

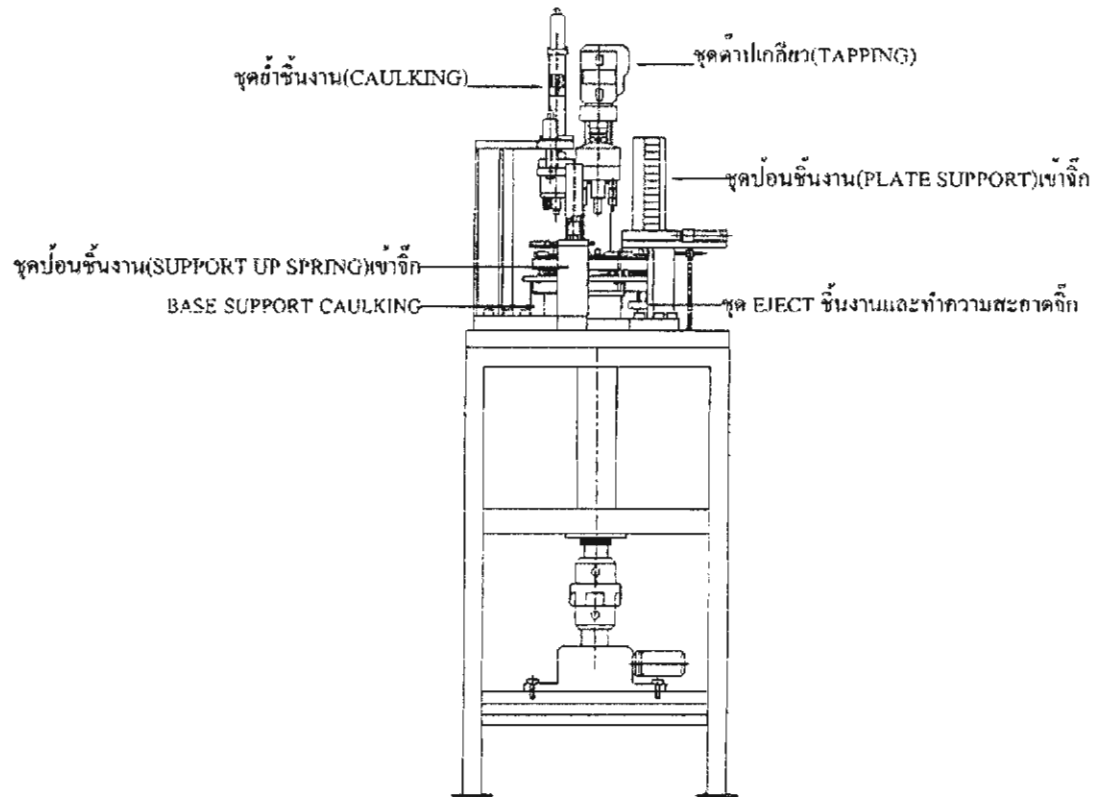
จ. สถานีถอดชิ้นงานและทำความสะอาดจิ๊ก

2.1.4 ชุด Control ซึ่งจะเป็นเครื่องควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ โดยใช้ Programmable Logic Controller (PLC)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างหลักและ Rotary Table ของเครื่อง Automatic Feeder and Caulking

ส่วนประกอบชุด Assembly ของเครื่อง Automatic Feeder and Caulking สามารถแสดง
ได้ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบชุด Assembly ของเครื่อง Automatic Feeder and Caulking

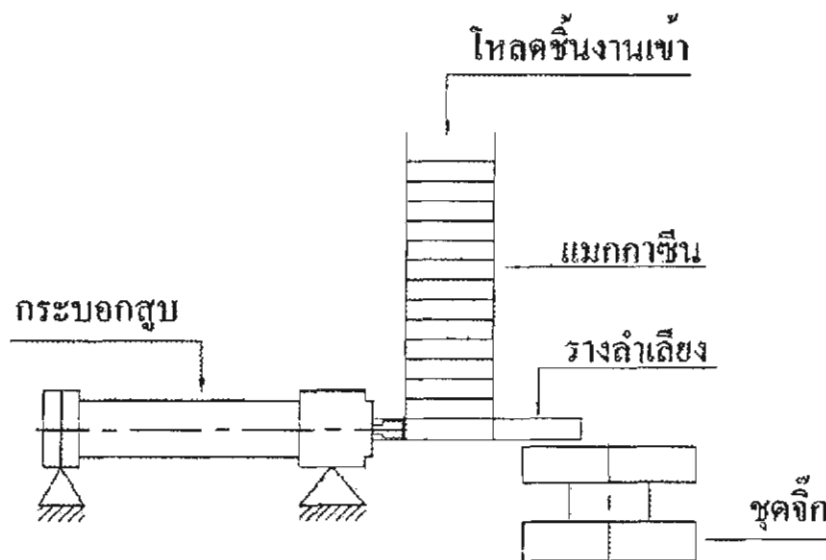
เครื่องป้อนและย่ำชิ้นงานอัตโนมัติ (Automatic Feeder and Caulking) ได้ถูกออกแบบให้มีการทำงานแบบ Cycle (รอบการทำงาน) โดยการใช้ Rotary Table ที่สามารถหมุนในแนวแกน xy โดยใช้ Gear Motor เป็นตัวขับเคลื่อนที่ และควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ ซึ่งในการหมุนจะเป็นในลักษณะตามเข็มนาฬิกา นอกจากนี้ที่ Rotary Table ยังประกอบด้วยชุด Jig จับยึดชิ้นงาน 5 ชุด โดยชุดจิ๊กจะมีสปริงเป็นตัวรองรับ (Support) สำหรับการทำงาน 1 รอบ (Cycle) จะประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) การป้อนแผ่นยึดอุปกรณ์ (Plate Support) เข้าจิ๊ก
- 2) การป้อนหมุดย่ำ (Support up Spring) เข้าจิ๊ก
- 3) การย่ำหมุด (Caulking) ด้วยเครื่องย่ำหมุด
- 4) การทำเกลียวใน (Tapping) ด้วยเครื่องทำเกลียว
- 5) การถอดชิ้นงานและทำความสะอาดจิ๊ก

2.2 การออกแบบของแต่ละสถานีงาน

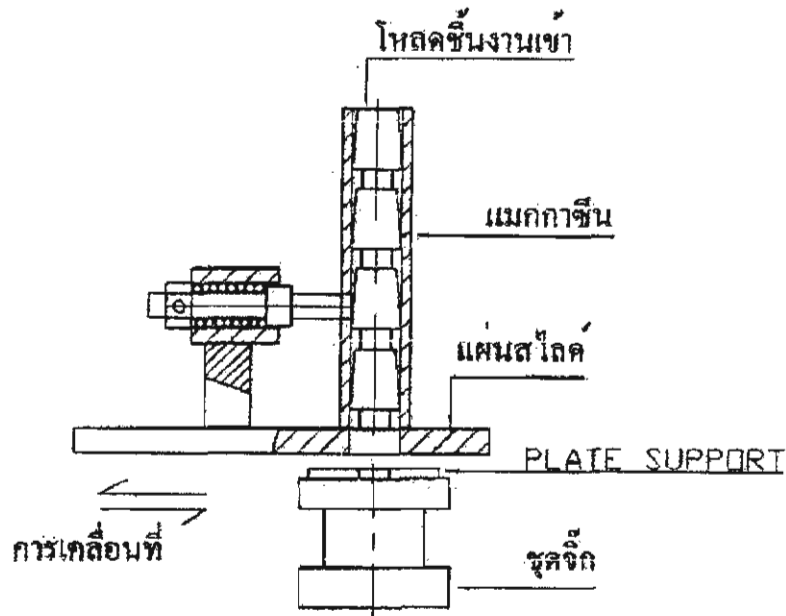
เมื่อชิ้นงานผ่าน 5 ขั้นตอนการทำงานแล้ว จะถูกส่งลงตะกร้าและนำไปใช้ในการประกอบ Compressor ต่อไป โดยชิ้นงานจะถูกส่งเข้าเครื่องเพื่อทำงานอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และในแต่ละขั้นตอนจะมีวิธีการดังนี้

2.2.1 การป้อนแผ่นยึดอุปกรณ์ (Plate Support) เข้าจิ๊ก เป็นระบบการป้อนชิ้นงานในขั้นตอนที่ 1 โดยพนักงานนำชิ้นงานป้อนเข้าสู่แมกกาซีนจำนวนหลาย ๆ ชิ้น ในลักษณะที่หงายขึ้น หลังจากนั้นชิ้นงานจะถูกส่งผ่านไปยังจิ๊ก โดยใช้กระบอกลูกสูบทำหน้าที่ดันชิ้นงานให้เคลื่อนที่ผ่านรางลำเลียงเข้าสู่จิ๊ก (อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน) ซึ่งลักษณะการป้อนชิ้นงานจะแตกต่างไปจากระบบเดิมที่ใช้การป้อนด้วยมือทีละ 1 ชิ้น โดยการป้อนจะมีลักษณะดังรูป 2.3



รูปที่ 2.3 การป้อนแผ่นยึดอุปกรณ์เข้าจิ๊ก

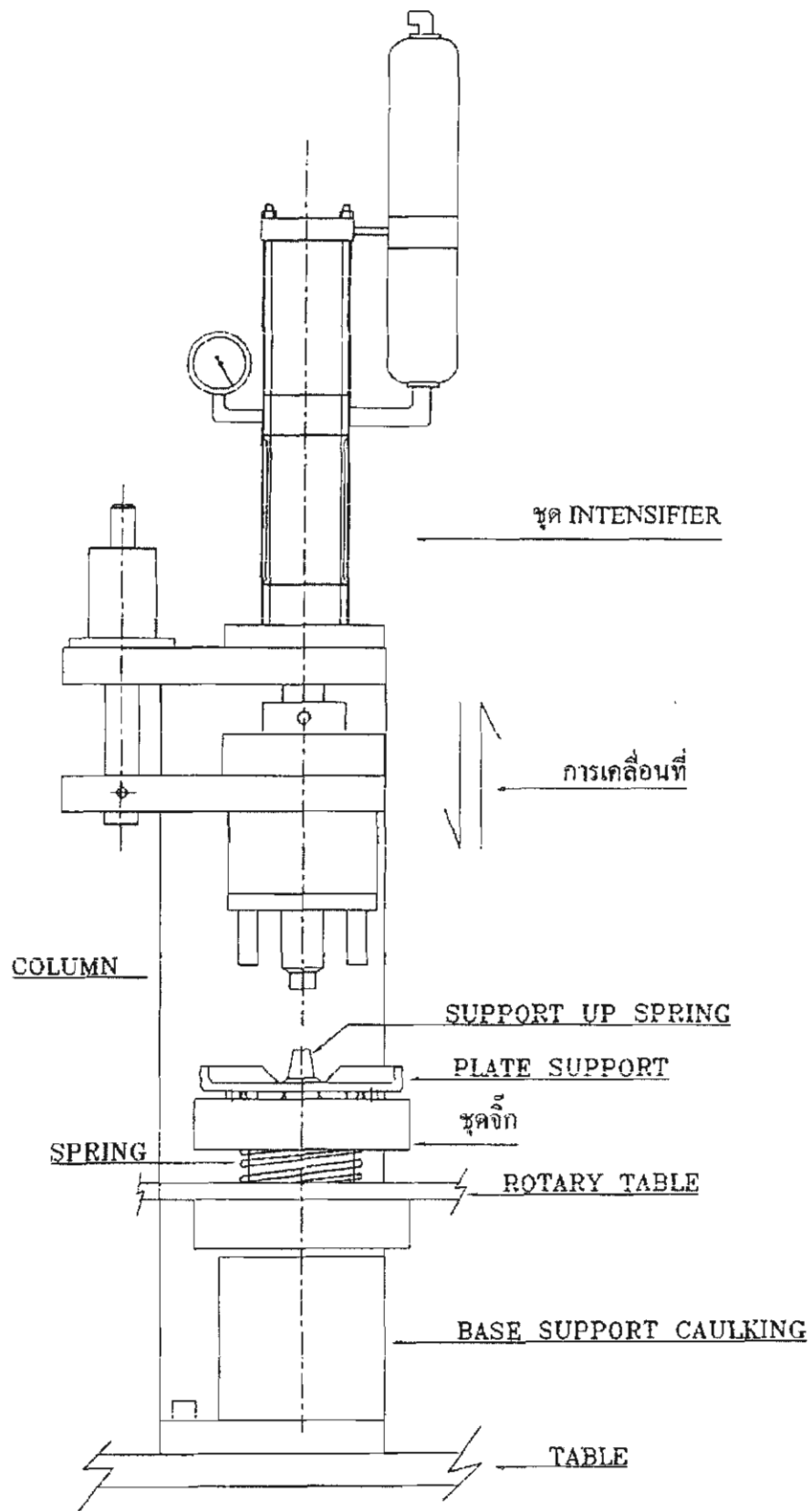
2.2.2 การป้อนหมุดย้ำ (Support up Spring) เข้าจิ๊ก เป็นระบบการป้อนชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2 โดยพนักงานนำชิ้นงานป้อนเข้าสู่แมกกาซีนจำนวนหลาย ๆ ชิ้น ในลักษณะที่คว่ำลง เพื่อให้สามารถประกอบเข้ากับแผ่นยึดอุปกรณ์ (Plate Support) ได้พอดี หลังจากนั้นชิ้นงานจะถูกส่งไปยังจิ๊ก โดยใช้กระบอกลูกสูบเป็นตัวดันให้ตัวหมุดย้ำสวมเข้าพอดีบนแผ่นยึดอุปกรณ์ที่หงายขึ้นอยู่บนจิ๊ก ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การป้อนหมดย้ำเข้าจิก

2.2.3 การย้ำหมุด (Caulking) ด้วยเครื่องย้ำหมุด เป็นระบบการทำงานในขั้นตอนที่ 3 โดยจะทำหน้าที่ยึดชิ้นงาน Support up Spring กับ Plate Support ให้แน่นติดกัน โดยการยึดด้วยแรงกด ซึ่งมีโครงสร้างและการทำงานประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

- แท่น Caulking เป็นเครื่องมือที่ส่งแรงกด เพื่อย้ำชิ้นงาน Support up Spring โดยใช้ชุด Intensifier (ระบบที่ใช้ลมไปควบคุมน้ำมัน) เป็นตัวกดชิ้นงาน Support up Spring ที่ประกอบเข้ากับ Plate Support และอยู่บน Jig
- จิก (Jig) เป็นอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานที่เป็น Plate Support และ Support up Spring โดยหัวย้ำจะติดอยู่กับ Jig และมีลักษณะเป็นกากบาท ซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนได้ถ้ามีการชำรุดในขณะทำงานที่ชุด Intensifier เคลื่อนที่ลง จะกดชุด Jig ที่ติดอยู่กับ Rotary Table ให้ยุบตัวลงตามแรงที่ถูกกด โดยจิกจะมีสปริงรองรับอยู่ช่วงกลาง
- ชุด Support Caulking อยู่ใต้ Rotary Table โดยชุด Support Caulking จะทำหน้าที่รับแรงโดยตรงขณะที่ชุด Intensifier กดย้ำชิ้นงาน ทำให้ Rotary Table ไม่รับแรงกดโดยตรง โดยชุด Intensifier ที่ใช้มีขนาด 2 Tons ระยะชัก 100 mm.



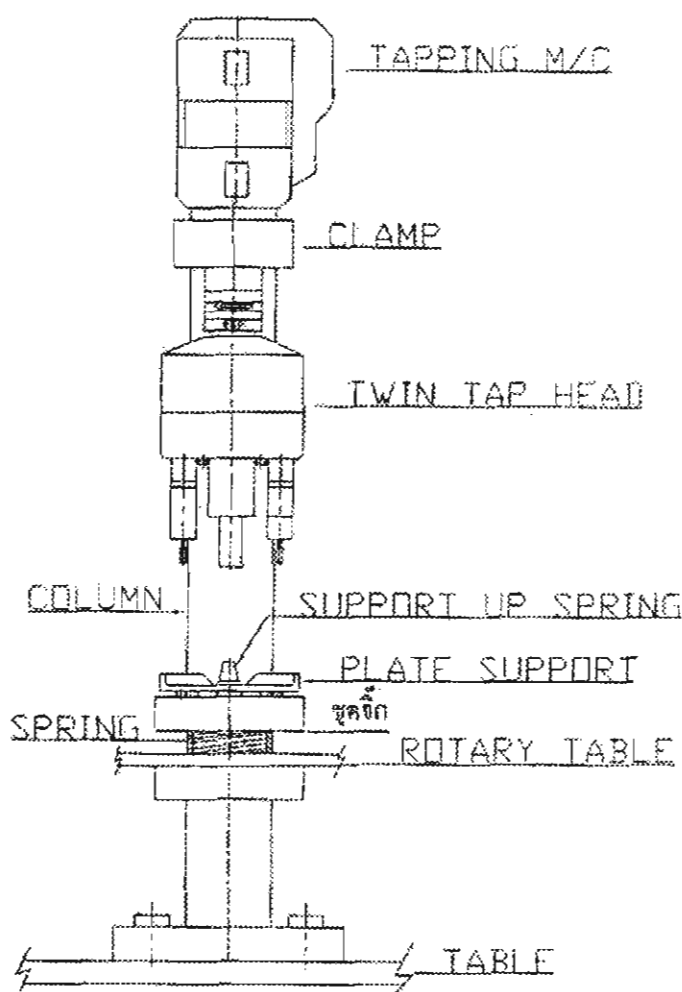
รูปที่ 2.5 การย้ำชิ้นงาน (Caulking)

2.2.4 การทำเกลียวใน (Tapping) ด้วยเครื่องต๊าปเกลียวเป็นการทำงานในขั้นตอนที่ 4 โดยทำหน้าที่ต๊าปเกลียวที่แผ่นยึดอุปกรณ์ (Plate Support) ทั้ง 2 รู ซึ่งมีโครงสร้างและการทำงาน ต่อไปนี้

- แท่น Tapping ประกอบด้วย Column ซึ่งใช้สำหรับยึดชุดต๊าปเกลียว ซึ่งมีหัวต๊าป 2 หัว ขนาด M5 x 0.8 mm โดยจะทำการต๊าปเกลียวพร้อมกันที่ละ 2 รู ซึ่งสามารถปรับระยะห่างระหว่างศูนย์กลางของหัวต๊าปได้ โดยระหว่างศูนย์กลางประมาณ 82 mm. ระยะความลึกที่ใช้ในการทำเกลียว 8 มม. ความเร็วรอบในการต๊าปเกลียว 580 รอบ/นาที และมีชุดกดชิ้นงานขณะทำการต๊าปเกลียว ซึ่งยึดติดอยู่กับหัวต๊าปเกลียว ทำให้ชิ้นงานไม่เคลื่อนที่ ทำให้ชิ้นงานไม่เสียหายและยืดอายุการใช้งานของดอกต๊าปเกลียว

- ชุดหล่อเย็น ซึ่งใช้สำหรับระบายความร้อนขณะทำการต๊าปเกลียว เพื่อยืดอายุการใช้งานของดอกต๊าปเกลียว โดยน้ำมันหล่อเย็นที่ใช้จะเป็น Cutting Oil ซึ่งการทำงานของชุดหล่อเย็นจะทำงานเฉพาะช่วงที่ชุดต๊าปเกลียวเคลื่อนที่ลงต๊าปเกลียวเท่านั้น

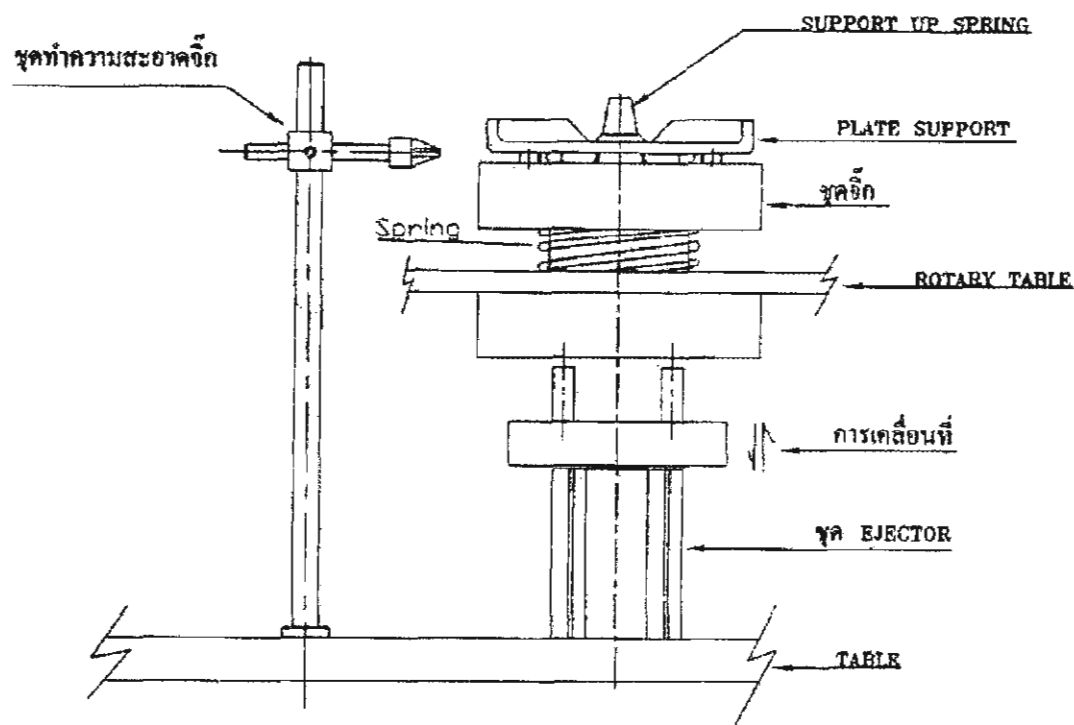
- จิก (Jig) ที่จับยึดชิ้นงานหลังจากที่ Caulking ติดกัน เป็นชิ้นเดียวกัน ก็จะถูกชุดกดชิ้นงานที่ติดกับหัวต๊าปเกลียวกดชิ้นงานไม่ให้มีการเคลื่อนที่ขณะต๊าปเกลียว



รูปที่ 2.6 การต๊าปเกลียว (Tapping)

2.2.5 การถอดชิ้นงานและทำความสะอาดจิ๊ก เป็นการทำงานในขั้นตอนที่ 5 ในการทำงานของเครื่อง โดยชิ้นงานที่ประกอบเสร็จแล้วจะถูกนำออกจาก Jig และถูกส่งไปยัง ตะกร้ารองรับชิ้นงาน เพื่อนำสู่กระบวนการผลิต Compressor ต่อไป ซึ่งมีโครงสร้างและการทำงานต่อไปนี้

- ชุด Ejector จะประกอบด้วย Compact Cylinder 1 ตัว และแกน 2 แกน สำหรับดันชิ้นงานออกจากจิ๊กในแนวตั้งฉาก โดยที่ด้านปลายของแกน Eject จะมียลักษณะเป็นมุมเอียง เพื่อให้ชิ้นงานสามารถตกลงสู่รางลำเลียงได้ต่อไป
- รางลำเลียงชิ้นงาน จะทำหน้าที่รับชิ้นงานที่ออกจากจิ๊ก ส่งต่อไปยัง ตะกร้าเก็บชิ้นงาน เพื่อใช้กับกระบวนการผลิต Compressor ต่อไป
- ชุดทำความสะอาด Jig จะทำงานก็ต่อเมื่อมีชิ้นงานที่ผ่านการตีบเกลียว และ Eject ชิ้นงานออกแล้ว กรณีที่ไม่มีชิ้นงาน เครื่องตีบจะไม่ทำงาน และชุดทำความสะอาดจะไม่ทำงานด้วย การทำความสะอาดจิ๊กก็เพื่อกำจัดเศษโลหะที่ตกค้าง เพื่อเตรียม Jig ให้พร้อมสำหรับการทำงานใน Cycle ต่อไป



รูปที่ 2.7 Eject ชิ้นงาน และทำความสะอาดจิ๊ก

2.3 การออกแบบโปรแกรม PLC

การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องด้วย PLC มีขั้นตอนการทำงานของแต่ละส่วนเป็นดังนี้ (ดูรายละเอียดของผังการทำงานโปรแกรม PLC ในรูปที่ 2.8)

ควบคุมการหมุนของ Rotation Table เมื่อสัญญาณอินพุตจากปุ่ม Start หรือจากสัญญาณ Pulse ของ Station ที่ 4 (ซึ่งเป็น Station ที่ทำงานสุดท้าย) ก็จะสั่งให้ Motor หมุนไปจนถึงตำแหน่งของ Proximity ที่ตรวจสอบ Station Motor จะหยุดหมุนพร้อมกับสั่งให้ Jig Lock Station ทำงานจนกว่าจะมีสัญญาณอินพุตชุดใหม่ Jig ก็จะปลด Lock และ motor จะหมุนต่อไปเหมือนเดิม

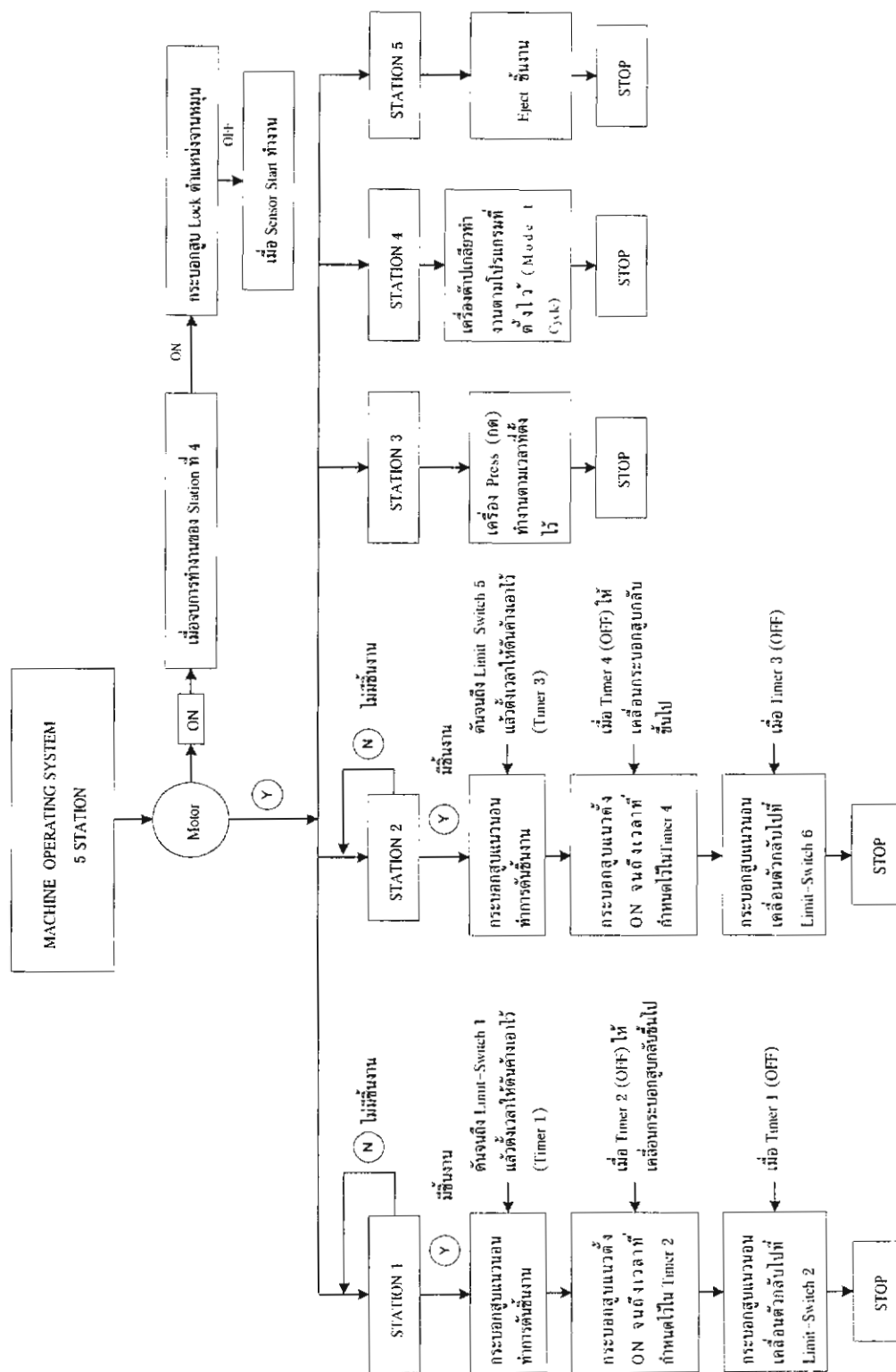
ควบคุมการทำงานของ Station ที่ 1 เมื่อ Jig Lock Station ทำงานและมีชิ้นงานมาป้อนแล้วกระบอกสูบแนวนอนก็จะดันชิ้นงานเข้ามาจนถึง Limit Switch#1 ด้วยเวลาที่กำหนดไว้ใน TIM1 และเมื่อ Limit Switch#1 ทำงานก็จะทำให้กระบอกสูบของแนวตั้งทำงานด้วยตามเวลาที่กำหนดไว้ใน TIM2 แล้วก็จะหยุดการทำงานของกระบอกสูบแนวตั้งและกระบอกสูบแนวนอนตามลำดับ เมื่อกระบอกสูบแนวนอนหยุดทำงานก็จะถอยกลับไปทำให้ Limit#2 ทำงานอีกครั้งเป็นอันสิ้นสุดการทำงาน

ควบคุมการทำงานของ Station ที่ 2 ก็จะมีหน้าที่การทำงานที่เหมือนกับ Station ที่ 1 ทุกประการ

ควบคุมการทำงานของ Station ที่ 3 เมื่อ Jig Lock Station เรียบร้อยแล้วเครื่อง Press จะทำงานตามเวลาที่กำหนดไว้ใน TIM 5 แล้วก็จะหยุดการทำงาน

ควบคุมการทำงานของ Station ที่ 4 เมื่อ Jig Lock Station ทำงานส่งผลให้เครื่อง Synchro tapper ทำงานใน mode 1 cycle คือ เคลื่อนที่ลงและขึ้นโดยอัตโนมัติ โดยมี Limit-Switch ภายในของเครื่อง Synchro tapper เป็นตัวกำหนดระยะของการเคลื่อนที่ พร้อมกับ Motor แบบ 3Ø ทำงานแบบหมุนไปและกลับโดยใช้ Magnetic-1 และ 2 ช่วยกลับเฟสของ Motor และ Clutch แบบ Fast และ Brake ภายในของเครื่อง Synchro tapper โดยใช้ชุดคำสั่งของ PLC สั่งงานอีกด้วย และนอกจากนี้ยังมี Safety จากเครื่อง Synchro tapper ด้วยโดยการใช้ Thermo Switch ตรวจสอบเช็คการทำงานของเครื่องไม่ให้ Overload มากเกินไปด้วย และเมื่อสิ้นสุดการทำงานทั้งหมดก็จะส่งสัญญาณไปสั่งให้ Station ทำการหมุนในรอบต่อไป

ควบคุมการทำงานของ Station ที่ 5 เมื่อ Jig Lock Station ทำงานก็จะสั่งให้เครื่องทำการ Eject ชิ้นงานตามเวลาที่กำหนดไว้ใน TIM 7



รูปที่ 2.8 แสดงผังการทำงานของโปรแกรม PLC ที่ใช้ควบคุมเครื่องจักร

3. ผลการดำเนินงาน

โครงการนี้บริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล อิเล็กทริก จำกัด (มหาชน) ได้มอบหมายให้สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี ดำเนินการออกแบบและจัดสร้างเครื่องป้อนและย้ายชิ้นงานอัตโนมัติ ต่อมาบริษัทชันโยฯ เห็นว่าควรเพิ่มระบบตัดปเก็ลยวเข้าไปด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และลดขั้นตอนในการทำงาน จึงได้ออกแบบระบบใหม่โดยมีการทำงานแบ่งเป็น 5 สถานี คือป้อนแผ่นยึด ป้อนหมุดย้ำ ย้ายชิ้นงาน ตัดปเก็ลยว ถอดชิ้นงานและทำความสะอาดจิ๊ก

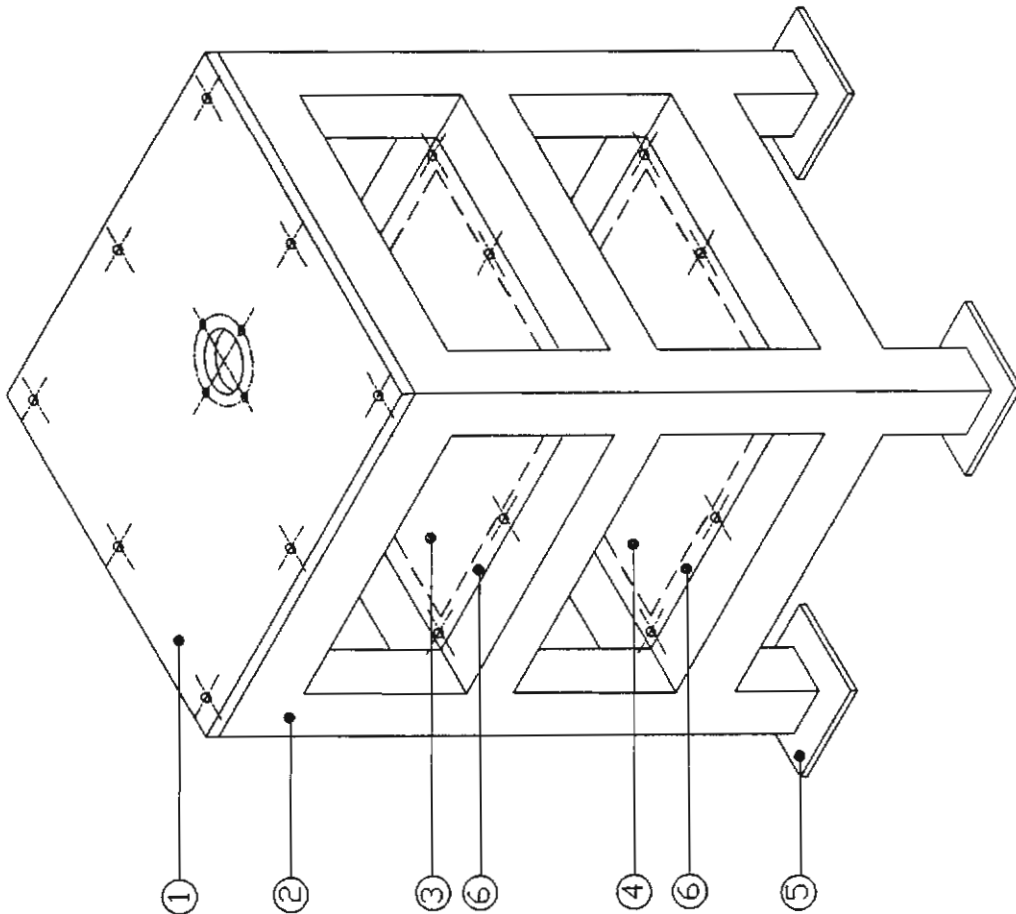
ในการดำเนินงาน ได้มีการปรับปรุงแก้ไขแบบเครื่องจักร 2 ส่วนหลักคือ จิ๊กจับชิ้นงาน และเครื่องป้อนชิ้นงาน โดยได้แก้ไขแบบจิ๊กเพื่อให้เหมาะสมกับแผ่นยึดอุปกรณ์ (Plate Support) แบบใหม่ ซึ่งมีรูสำหรับช่วยล๊อคตำแหน่ง 2 รู เพื่อแก้ปัญหาระบบจิ๊กแบบเดิมซึ่งจับชิ้นงานได้ไม่พอดี อันเนื่องมาจากขนาดของแผ่นยึดอุปกรณ์ที่อาจไม่กระชับเข้ากับจิ๊กได้ทุกตัว เพราะความคลาดเคลื่อนของขนาดในกระบวนการผลิตแผ่นยึดอุปกรณ์ การเจาะรูบนแผ่นยึดอุปกรณ์ อีก 2 รู ช่วยให้สามารถล๊อคตำแหน่งได้แม่นยำกว่า และแก้ปัญหาความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงานได้

สำหรับเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ ได้นำระบบการป้อนชิ้นงานแบบแมกกาซีนมาใช้ ซึ่งให้ความปลอดภัยมากกว่าระบบการทำงานเดิม โดยเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติที่ออกแบบใหม่นี้ ประกอบด้วยชุดป้อนชิ้นงาน 2 ชุดด้วยกันคือ ชุดป้อนแผ่นยึดอุปกรณ์และชุดป้อนหมุดย้ำ

ผลสำเร็จของโครงการนี้ นอกจากจะได้เครื่องจักรที่สามารถป้อนและย้ายชิ้นงานอัตโนมัติ และให้ความปลอดภัยแก่พนักงาน การเพิ่มระบบตัดปเก็ลยว ยังช่วยลดขั้นตอน ลดระยะเวลา และเพิ่มความสะดวกในการทำงานด้วย

ภาคผนวก 4.1
แบบชุดโครงสร้างหลัก

- Base Support Assembly
- Upper Plate Support
- Structure
- Middle Plate Support
- Lower Plate Support
- Plate Support Structure
- Support Detail 3,4



6	SUPPORT DETAIL 3, 4	2	S45C	-
5	PLATE SUPPORT STRUCTURE	1	STEEL	-
4	LOWER PLATE SUPPORT	1	S45C	-
3	MIDDLE PLATE SUPPORT	1	S45C	-
2	STRUCTURE	1	STEEL	-
1	UPPER PLATE SUPPORT	1	S45C	-
ITEM	PART NAME	QTY	MATERIAL	REMARK
ITEM NO.	QTY.	MATERIAL	NOTE	
PRJ. NAME : Automatic feeder and caulking		DRAWN. BJ	CHECKED	SCALE NTS
		DESIGNED. PI	DATE 30/1/98	NO.



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

DESCRIPTION

BASE SUPPORT ASSEMBLY

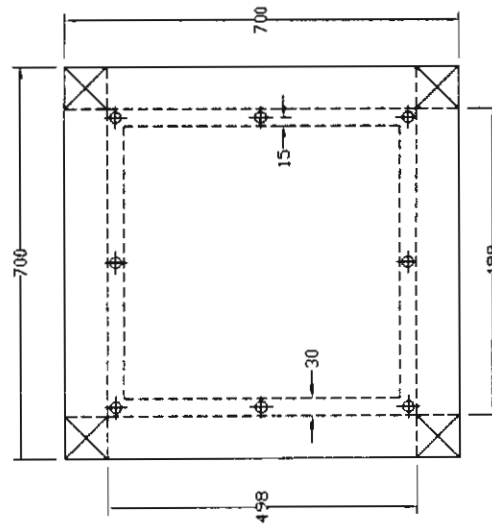
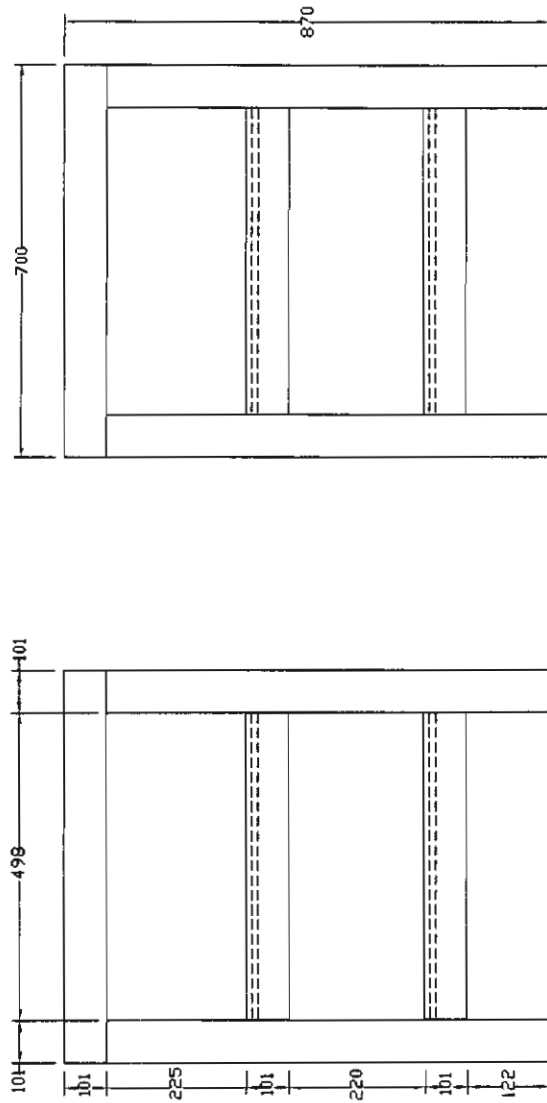
PRJ. NO.

TRF6/4/FEEDCLK



 TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE	RDE JOB		DESCRIPTION UPPER PLATE SUPPORT	PRJ.NO. TRF6/4/FEEDCLK	ITEM NO. QTY. 1	MATERIAL S45C CHECKED	NOTE
	DRAWING NO.						
	DRAWING FILE.						
PREMIER GROUP OF COMPANIES BASE SUPPORT ASSEMBLY-D1			PRJ.NAME : Automatic Feeder and Caulking				
			DRAWN. PC DESIGNED. BJ		SCALE 1:10 DATE 17/11/87 NO.		

DETAIL 2



SQUARE TUBE 101x101x6 MM.



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

BASE SUPPORT ASSEMBLY-D2

DESCRIPTION

STRUCTURE

PRJ.NO.

TRP6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME :
Automatic Feeder
and Caulking

QTY. 1

DRAWN. PC
DESIGNED. BJ

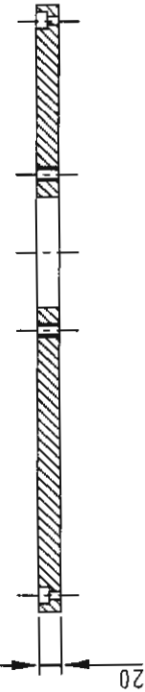
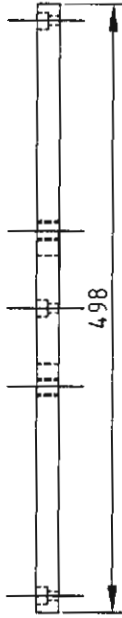
MATERIAL Steel

CHECKED
DATE 13/11/97

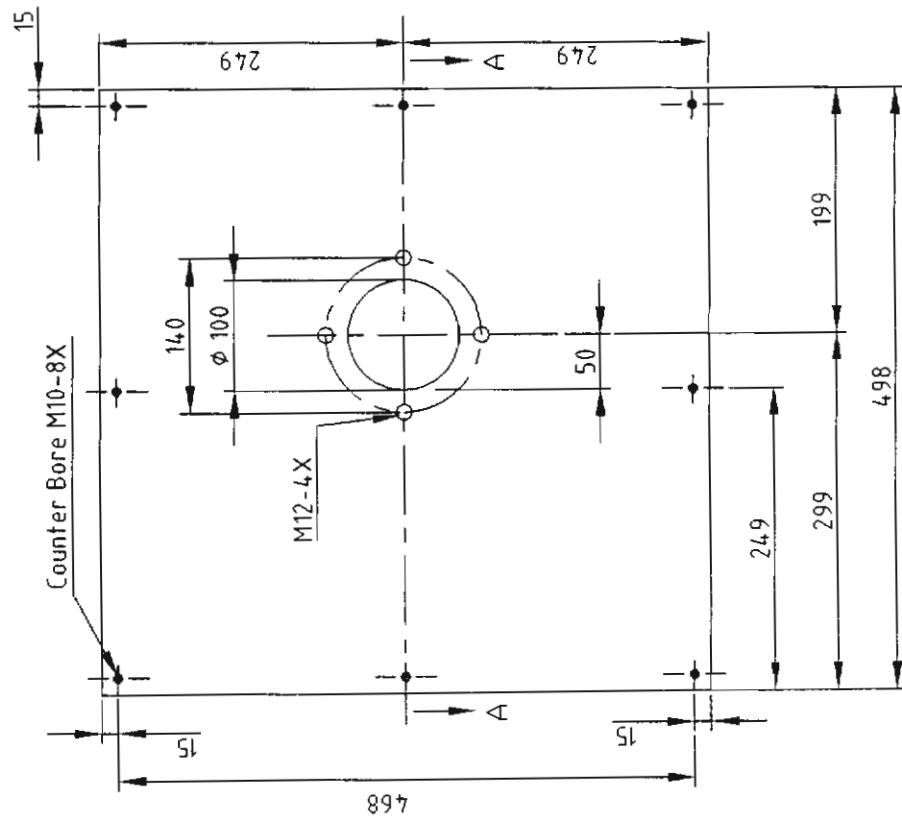
NOTE

SCALE NTS
NO.

SECTION A-A



DETAIL 3



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.
BASE SUPPORT ASSEMBLY-D3

DESCRIPTION

MIDDLE PLATE SUPPORT

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME :
Automatic Feeder
and Coupling

QTY. 1

DRAWN. PC
DESIGNED. BJ

MATERIAL S45C

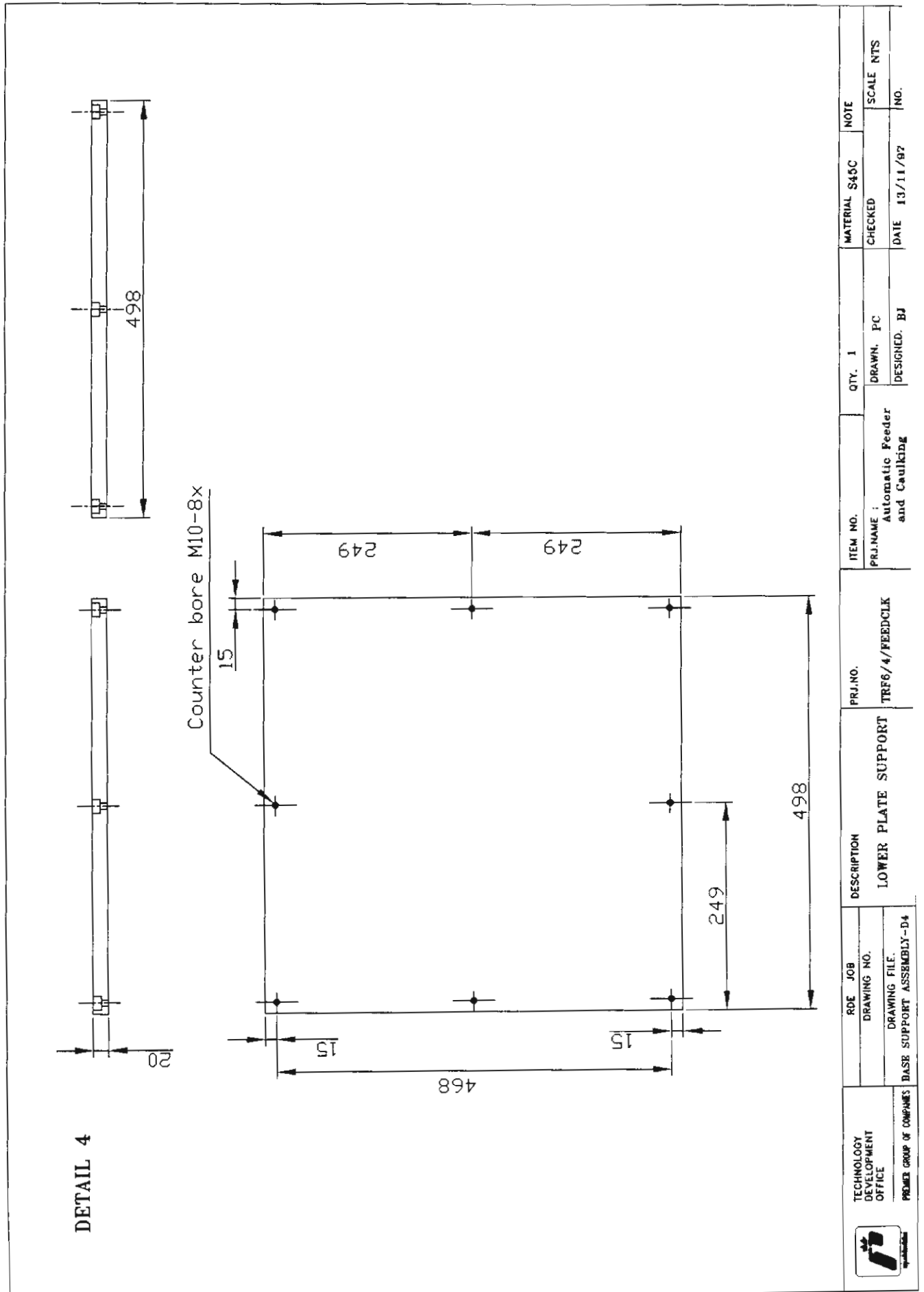
CHECKED

DATE 13/11/07

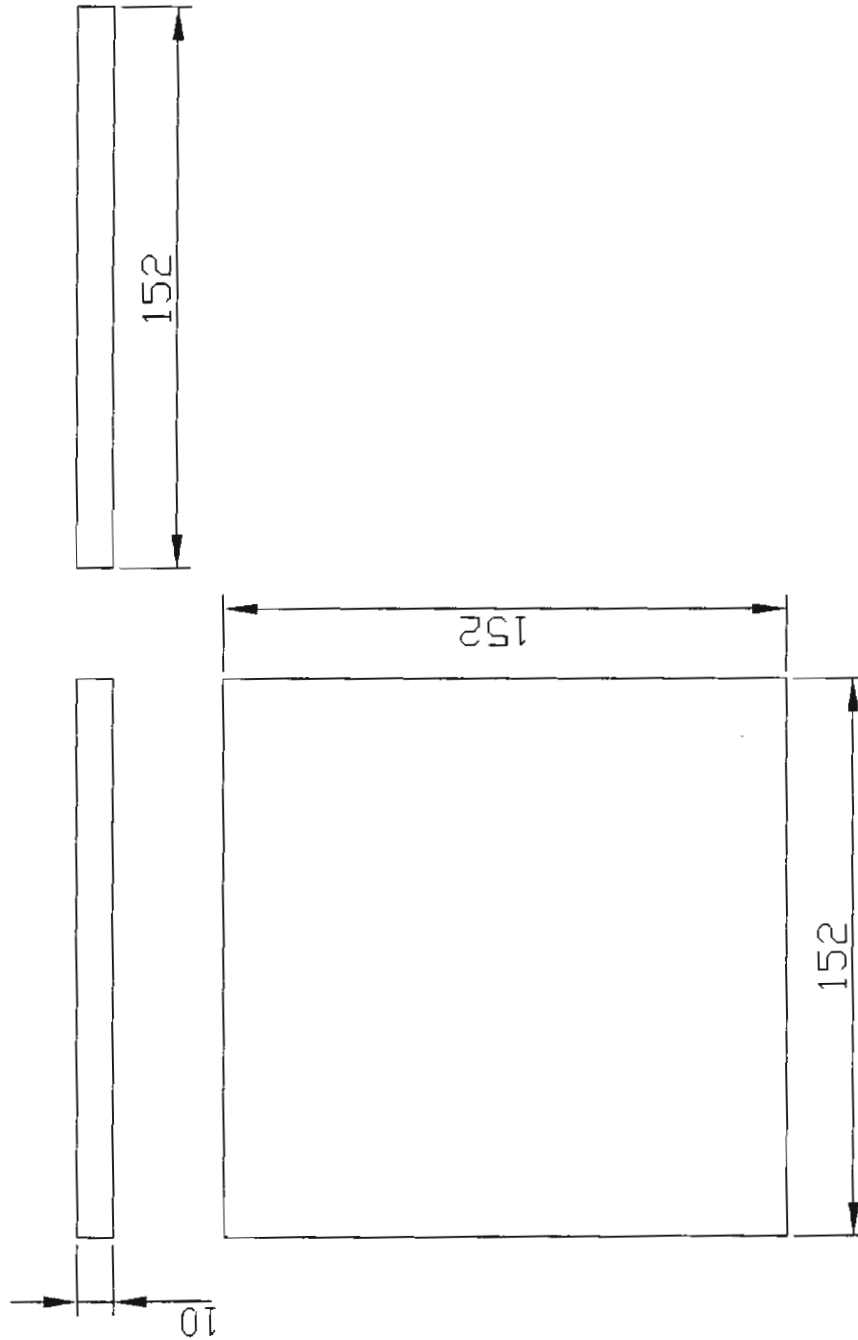
NOTE

SCALE NTS

NO.



DETAIL 5



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE

HAASE SUPPORT ASSEMBLY-D5

DESCRIPTION

PLATE SUPPORT STRUCTURE

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME :
Automatic Feeder
and Caulking

QTY.

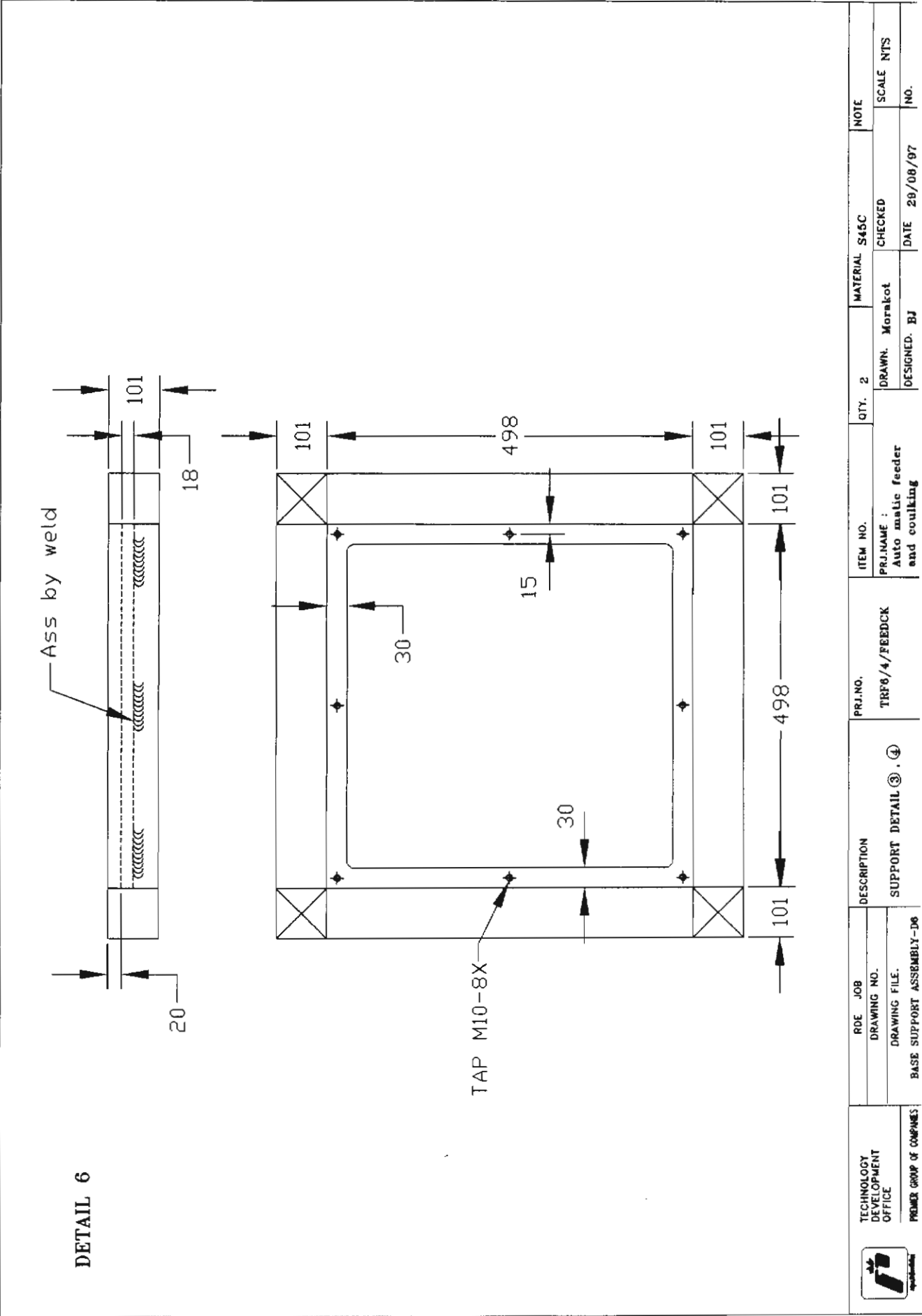
4
DRAWN. PC
DESIGNED. BJ

MATERIAL Steel

CHECKED
DATE 13/11/07

NOTE

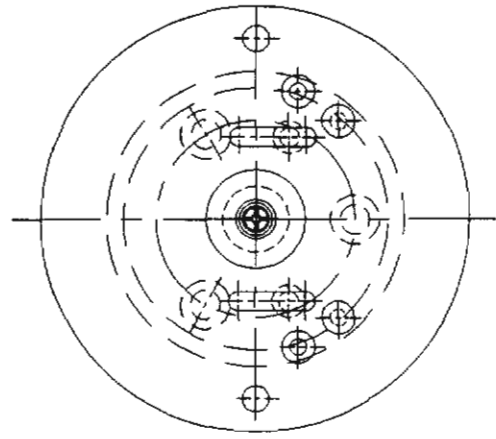
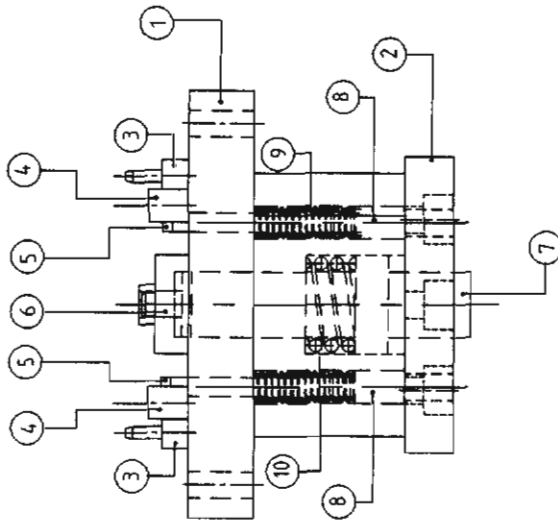
SCALE NTS
NO.



ภาคผนวก 4.2

แบบชุดจิ๊ก

- Jig Assembly
- Upper Jig
- Lower Jig
- Locating Pin
- Work Support
- Plate Ejector
- Caulking Punch
- Punch Holder
- Plate Ejector Holder



10	SPRING	5	-	-	-	-	-
9	SPRING	10	-	-	-	-	-
8	PLATE EJECTOR HOLDER	10	S45C	-	-	-	-
7	PUNCH HOLDER	5	SKD11	-	-	-	-
6	CAULKING PUNCH	5	STEEL	-	-	-	-
5	PLATE EJECTOR	10	SKD11	-	-	-	-
4	WORK SUPPORT	10	SKD11	-	-	-	-
3	LOCATING PIN	10	SKD11	-	-	-	-
2	LOWER JIG	5	S50C	-	-	-	-
1	UPPER JIG	5	SKD11	-	-	-	-
ITEM	PART NAME	QTY	MATERIAL	REMARK	NOTE	SCALE	NTS
ITEM NO.	QTY. 5	DRAWN. BJ	CHECKED	DATE 30/1/98	NO.		
PRJ NAME : Automatic feeder and caulking							
DESIGNED. PI							



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

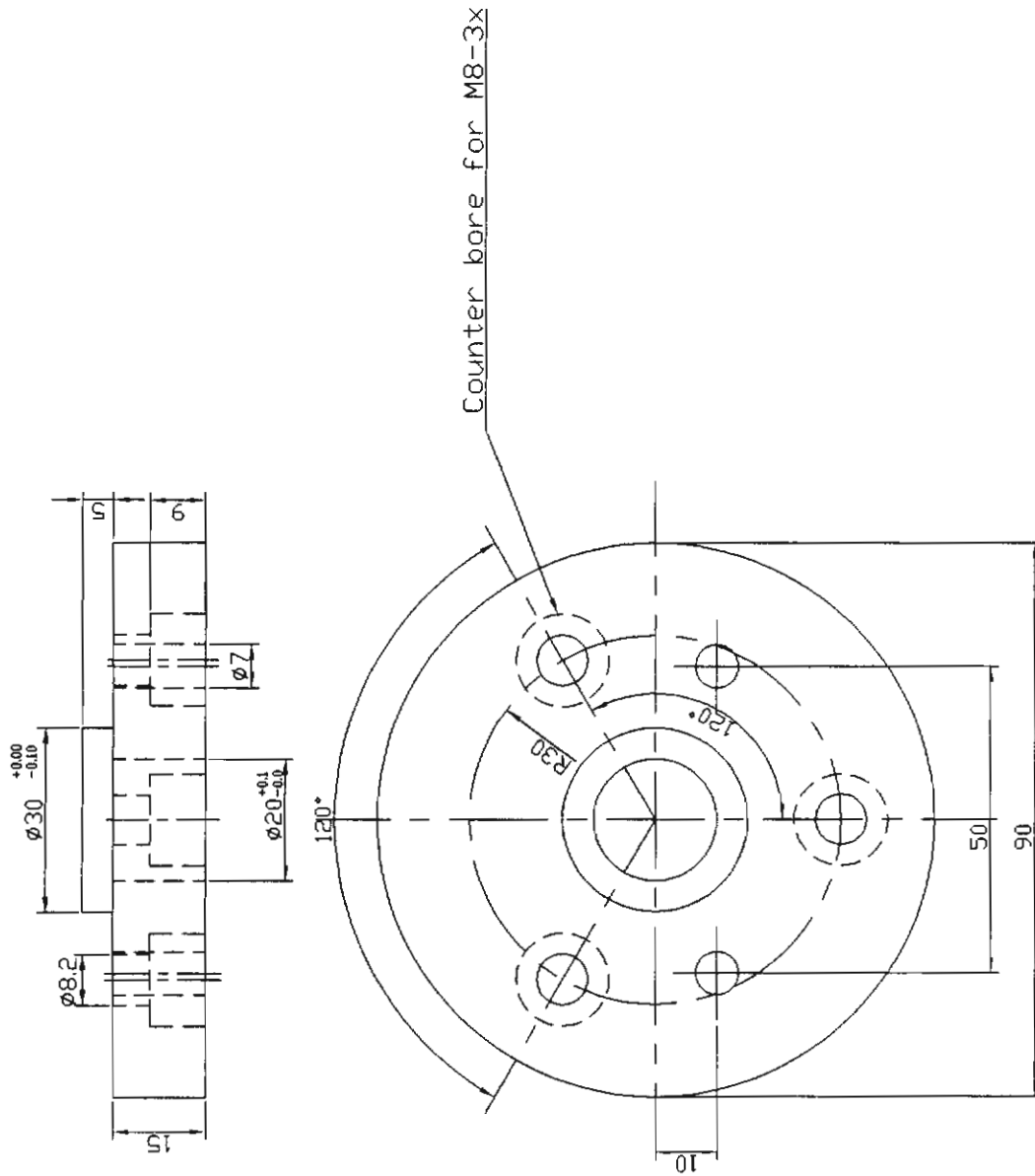
RDE JOB
DRAWING NO.

DESCRIPTION

JIG ASSEMBLY

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

DETAIL 2



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE
JIG ASSEMBLY-D2

DESCRIPTION

LOWER JIG

PRJ.NO.

TR79/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME : Automatic fender
and Caulking

QTY. 6

DRAWN. PC

DESIGNED. PI

MATERIAL

SS6C

CHECKED

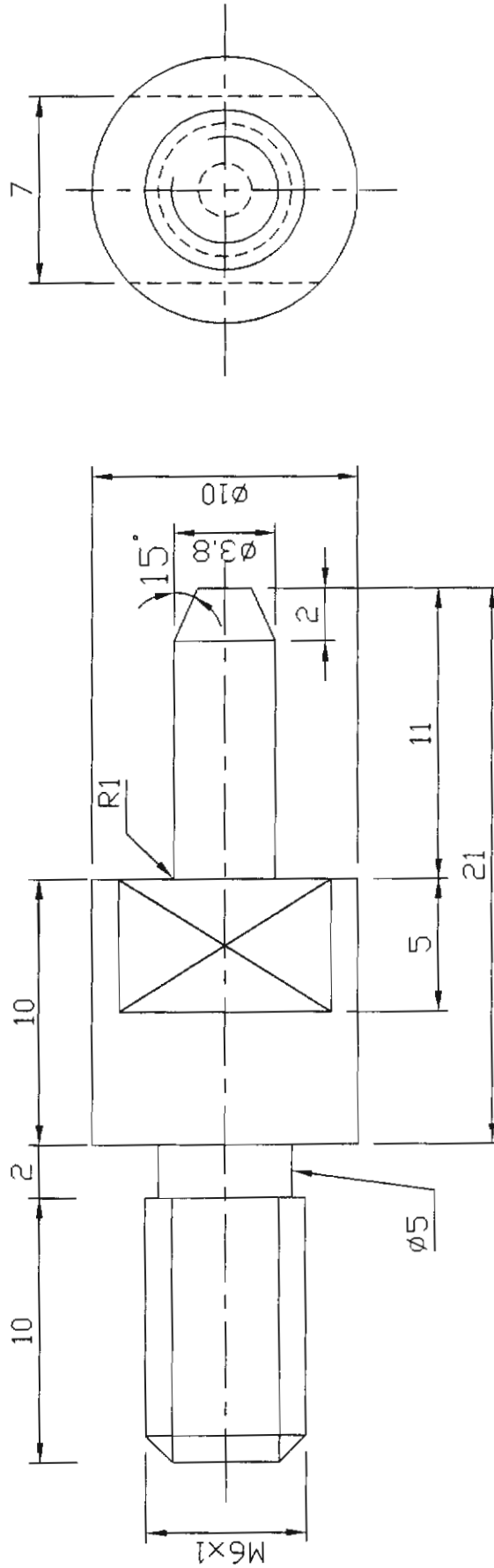
DATE 12/11/97

NOTE

SCALE NTS

NO.

DETAIL 3



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

R/OE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

JIG ASSEMBLY-D3

DESCRIPTION

LOCATING PIN

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME :
Automatic feeder
and Cautking

QTY. 10

DRAWN. PC
DESIGNED. PI

MATERIAL SKD 11

CHECKED
DATE 13/11/97

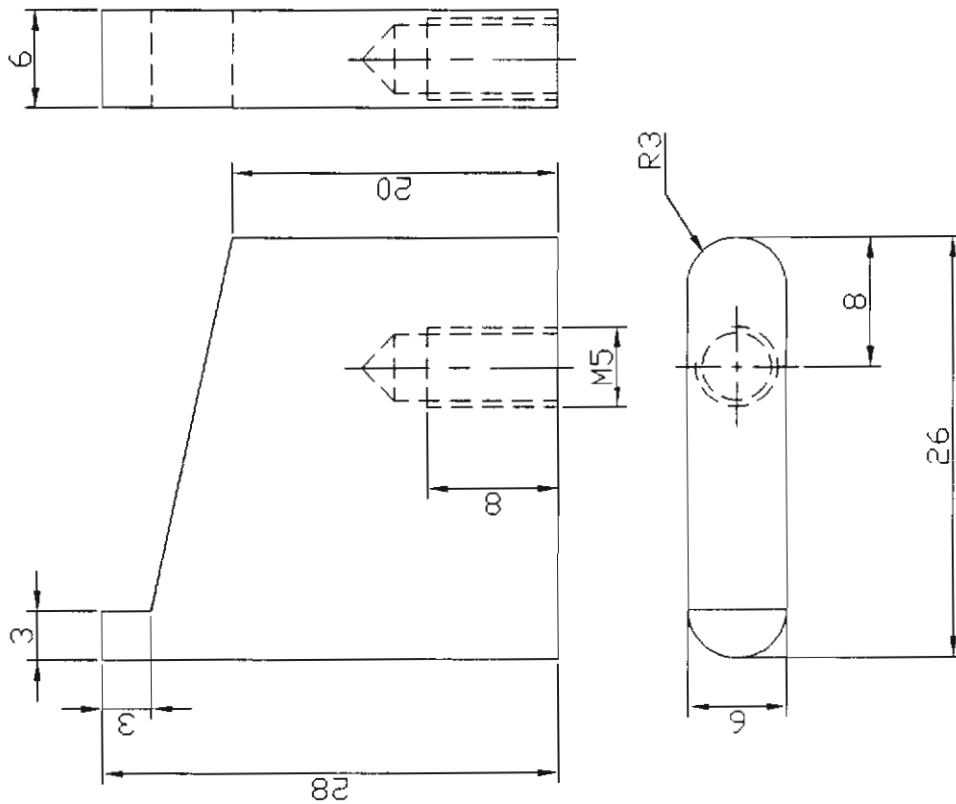
NOTE HFC60

SCALE NTS
NO.

เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท ฟรีเมียร์โกลเบลคคอร์ปอเรชั่น จำกัด

 TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE	RDE JOB		PRJ. NO. DESCRIPTION WORK SUPPORT TRF6/4/FEEDCLK	ITEM NO.	QTY. 10	MATERIAL SKD II	NOTE HRC60
	DRAWING NO.						
	DRAWING FILE.						
JIG ASSEMBLY-D4		PRJ. NAME : Automatic feeder and Caulking		DRAWN. PC	CHECKED	SCALE NTS	
				DESIGNED. PI	DATE 13/11/97	INO.	

DETAIL 5

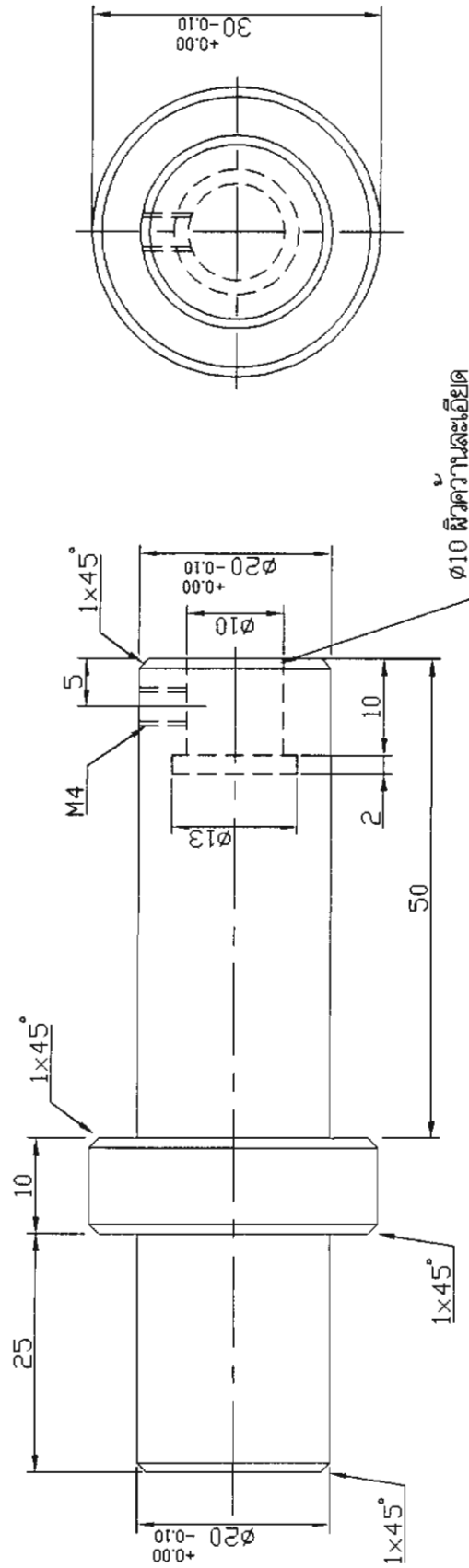


 TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE PREMIER GROUP OF COMPANIES	RDE JOB DRAWING NO.		DESCRIPTION PLATE EJECTOR	PRJ.NO. TRF6/4/FEEDCLK	ITEM NO. PRJ.NAME : Automatic Feeder and Coupling	QTY. 10	MATERIAL	SKD II	NOTE HRC60
	DRAWING FILE.								
	JIG ASSEMBLY-D5								
					DRAWN. PC		CHECKED		SCALE NTS
					DESIGNED. PI		DATE 17/11/97		NO.



 TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE PREMIER GROUP OF COMPANIES	RDE JOB DRAWING NO.	DESCRIPTION CAULKING PUNCH	PRJ.NO. TRFE/4/FEEDCLK	ITEM NO. QTY. 5	MATERIAL STEEL	NOTE			
	DRAWING FILE. JTG ASSEMBLY-D6						PRJ.NAME : Automatic feeder and Caulking	CHECKED	SCALE NTS
							DESIGNED. PI	DATE 3/12/97	NO.

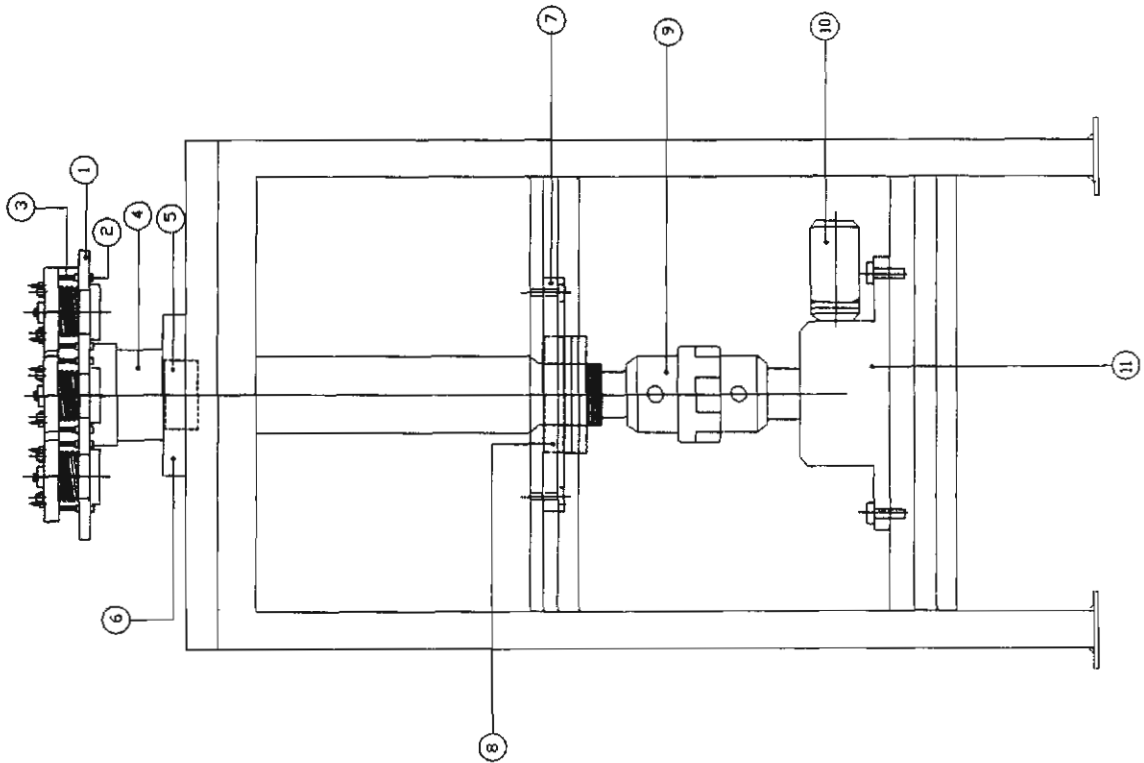
DETAIL 7



	TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE	RDE JOB DRAWING NO. DRAWING FILE. LITG ASSEMBLY-V-17	DESCRIPTION PUNCH HOLDER	PRJ.NO. TRF6/4/FEEDBCK	ITEM NO.	QTY. 5	MATERIAL	SKD 11	NOTE	
					PRJ.NAME : Automatic Feeder and Coupling		DRAWN. PC		CHECKED	SCALE NTS
							DESIGNED. RT	DATE 17/11/07	NO.	

ภาคผนวก 4.3
แบบชุดแท่นหมุน

- Rotary Table Assembly
- Dimension of install ratary table assembly
- Rotary Table
- Housing Linear Bush LM8Uu. THK
- Shaft
- Drive Shaft
- Upper Shaft Flange Support
- Lower Shaft Flange Support



ITEM	ITEM NO.	QTY.	PART NAME	MATERIAL	QTY.	MATERIAL	REMARK
11	WORM GEAR "TSF" MODEL:KO-RU-FN 60(1/4HP)	1					-
10	MOTOR "ELECTRODRIVE" 1/4HP 220/380V FLANGEMOUNT AND BRAKE NAB 32-34	1					-
9	COUPLING	1					-
8	BEARING NO. 32305 J2	1					SKF
7	LOWER SHAFT FLANGE SUPPORT	1					S45C
6	UPPER SHAFT FLANGE SUPPORT	1					S45C
5	BEARING NO. 32307 J2	1					SKF
4	DRIVE SHAFT	1					SCM4
3	SHAFT	10					THK SF8
2	HOUSING LINEAR BUSH LM8 Uu. THK	10					S45C
1	ROTARY TABLE	1					S45C
PRJ NAME : Automatic feeder and rotation	DRAWN. BJ	CHECKED	DATE ๑๐/๑/๖๖	SCALE	NTS	NO	



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

ROTARY TABLE ASSEMBLY

DESCRIPTION

ROTUTARY TABLE ASSEMBLY

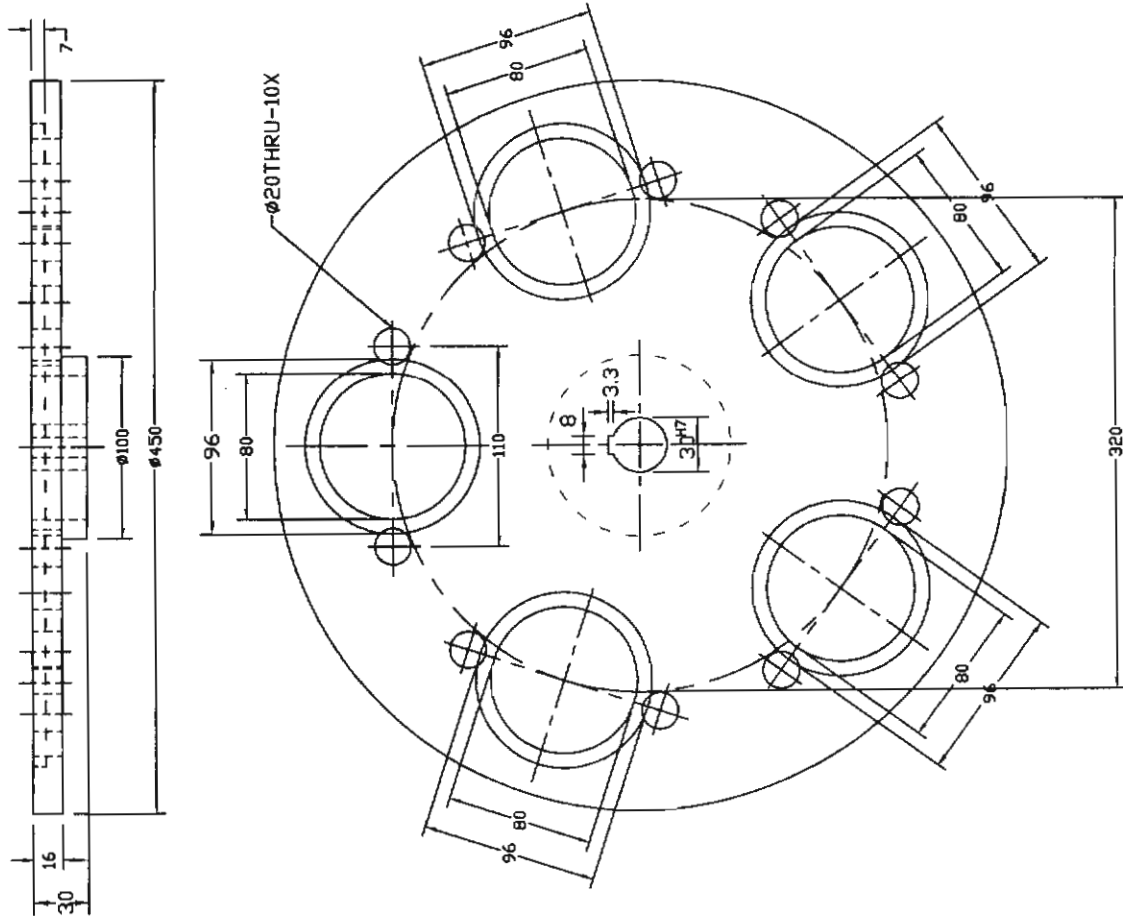
PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK



 TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE	RDE JOB	DESCRIPTION	PRJ. NO.	ITEM NO.	QTY.	MATERIAL	NOTE	
	DRAWING NO.	Dimension of install rotary table assembly	TRF8/4/FEEDCLK	PRJNAME : Automatic Feeder and Caulking		DRAWN. VUTICHAJ DESIGNED. BJ	CHECKED	SCALE NTS
	DRAWING FILE.					DATE 13/11/97	NO.	
PREMIER GROUP OF COMPANIES		ROTARY TABLE ASSEMBLY-1						

DETAIL 1



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PREMIER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

ROTARY TABLE ASSEMBLY-D1

DESCRIPTION
ROTARY TABLE

PRJ. NO.
TRF8/4/FEEDCLK

ITEM NO.
Automatic Feeder
and Caulking

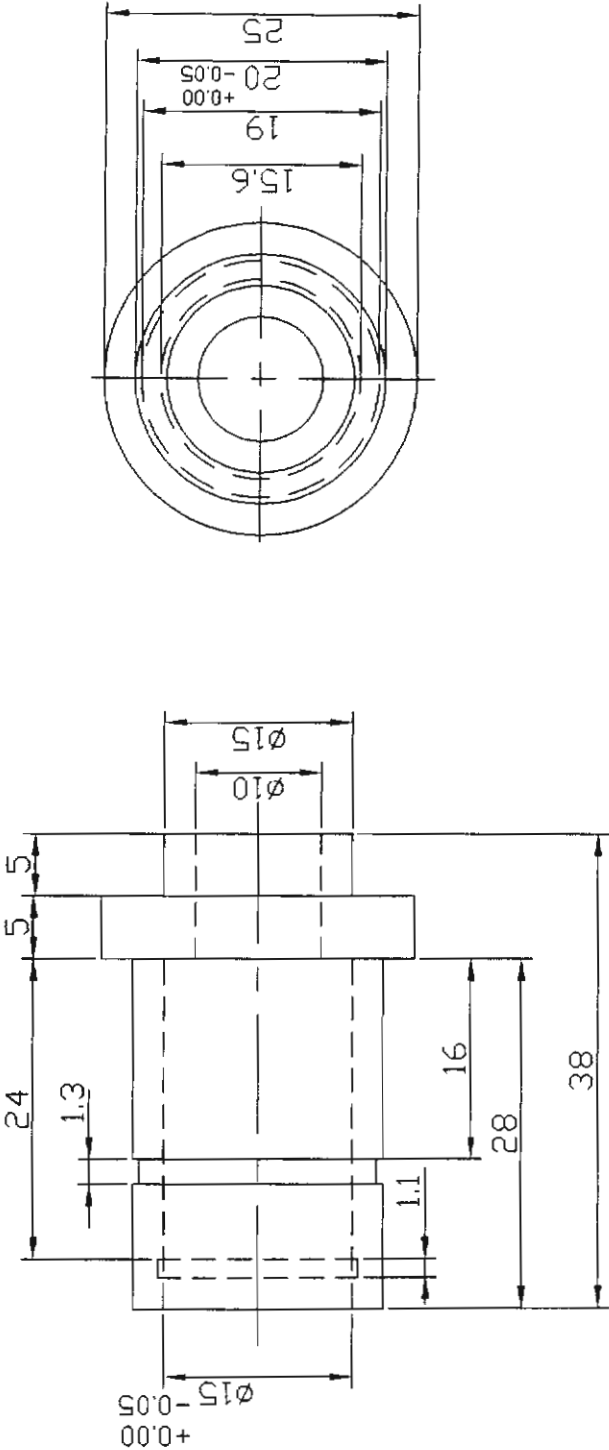
QTY. 1
DRAWN. PC
DESIGNED. BJ

MATERIAL S45C
CHECKED

DATE 19/11/97
NO.

SCALE NTS

DETAIL 2



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

ROTARY TABLE ASSEMBLY-D2

DESCRIPTION

Housing linear Bush
LM 8 Uu. THK.

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJNAME :
Automatic feeder
and Caulking

QTY. 10

DRAWN. PC
DESIGNED. PI

MATERIAL S 45C

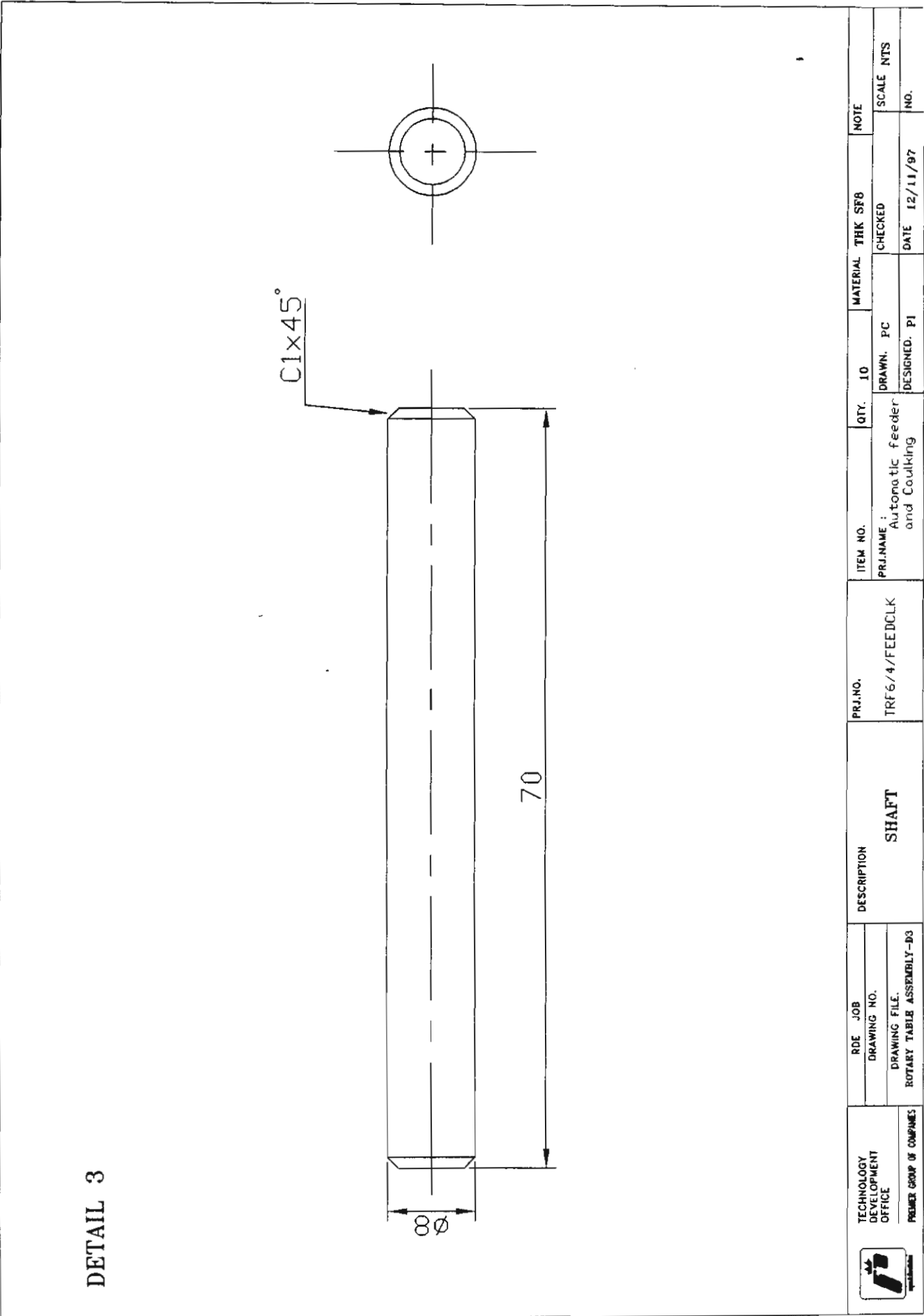
CHECKED

NOTE

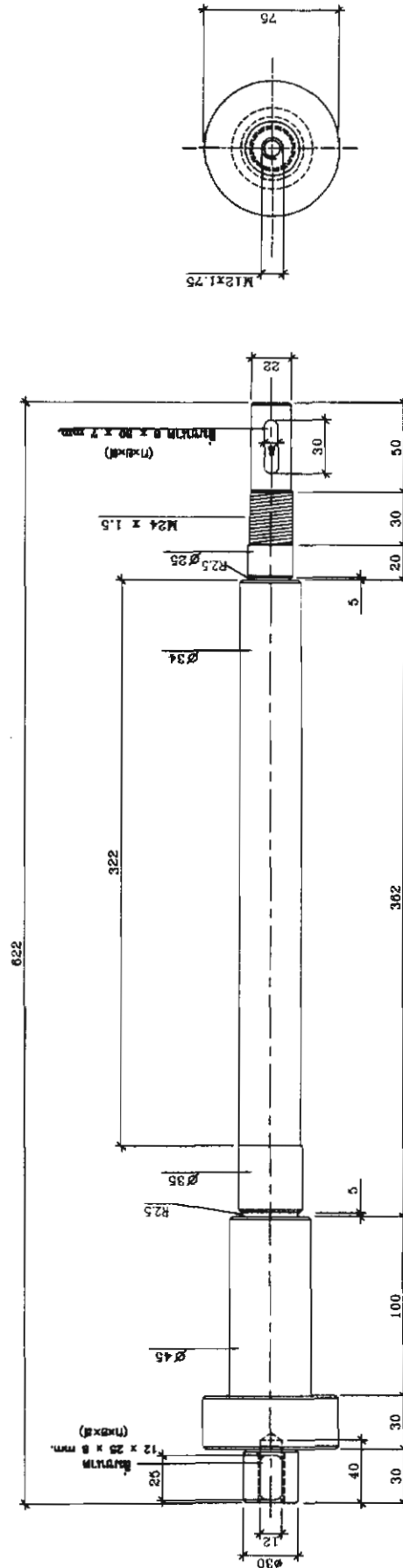
SCALE NTS

NO.

DATE 12/11/97

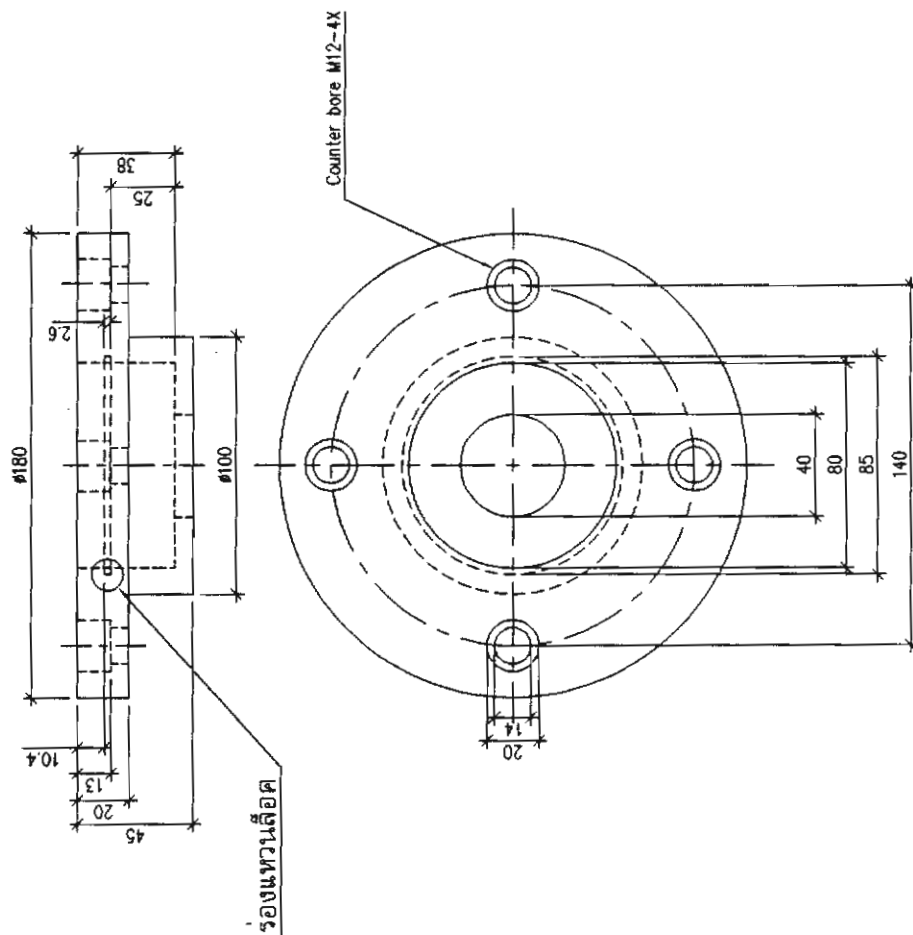


DETAIL 4



 TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE PREMIER GROUP OF COMPANIES	RDE JOB		DESCRIPTION DRIVE SHAFT	PRJ.NO. TRF8/4/FEEDCLK	ITEM NO. PRJNAME : Automatic Feeder and Caulking	QTY. 1	MATERIAL SCM 4	NOTE	
	DRAWING NO.								
	DRAWING FILE.								
	ROTARY TABLE ASSEMBLY-D4								
							CHECKED	SCALE NTS	
							DESIGNED. BJ	DATE 17/11/97	NO.

DETAIL 6



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE
PREMIER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
ROTARY TABLE ASSEMBLY-D6

DESCRIPTION
UPPER SHAFT FLANGE SUPPORT

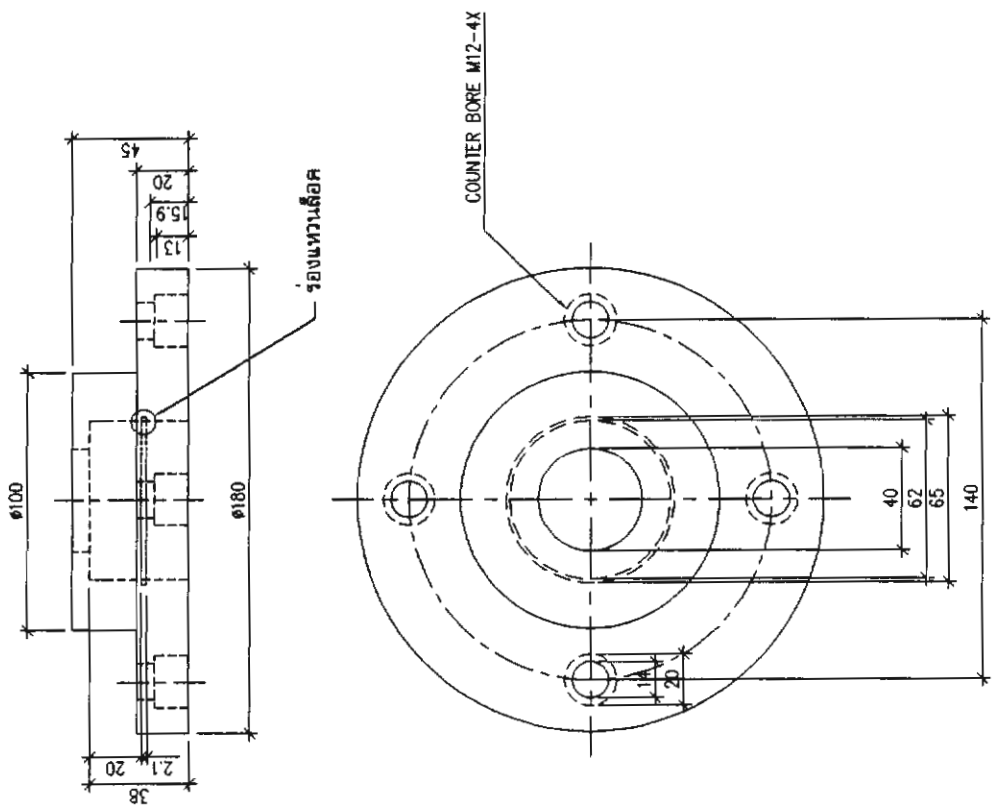
PRJ.NO.
TRP6/4/FEEDCLK

ITEM NO.
PRJNAME :
Automatic Feeder
and Caulking

QTY. 1
DRAWN. PC
DESIGNED. BJ

MATERIAL S45C
CHECKED
DATE 14/11/97

NOTE
SCALE NTS
NO.



DETAIL 7



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE
PRIMEER GROUP OF COMPANIES

RDC JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
ROTARY TABLE ASSEMBLY-D7

DESCRIPTION
LOWER SHAFT FLANGE SUPPORT

PRJ.NO.
TRF8/4/FEEDCLK

ITEM NO.
PRJNAME :
Automatic Feeder
and Caulking

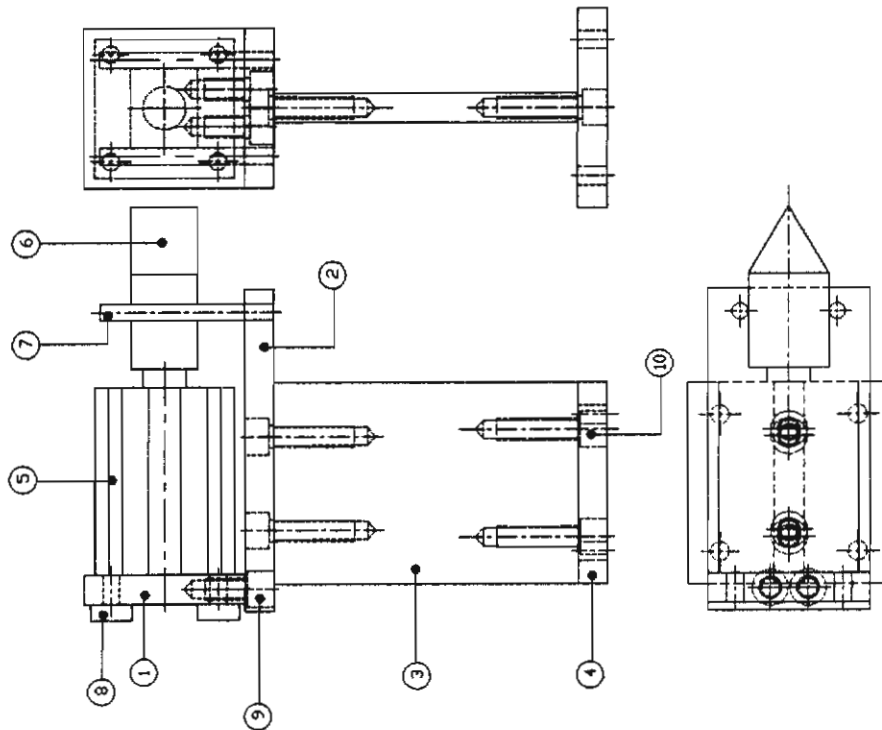
QTY. 1
DRAWN. PC
DESIGNED. BJ

MATERIAL S45C
CHECKED
DATE 17/11/97

NOTE
SCALE NTS
NO.

ภาคผนวก 4.4
แบบชุดล็อกตำแหน่งของแท่นหมุน

- Stopper Assembly
- Plate For Locking Cylinder
- Plate For locking Upper Stopper
- Plate For Locking Middle Stopper
- Plate For Locking Lower Stopper
- Stopper Head For rotary Table
- Shaft Lock Position Moving For Stopper Head



ITEM	PART NAME	QTY	MATERIAL	REMARK
10	SOCKET HEAD CAP SCREW M8x25	4	STEEL	-
9	SOCKET HEAD CAP SCREW M8x20	2	STEEL	-
8	SOCKET HEAD CAP SCREW M8x30	4	STEEL	-
7	SHAFT LOCK POSITION MOVING OF STOPPER HEAD	2	S45C	-
6	STOPPER HEAD FOR ROTARY TABLE	1	S45C	-
5	COMPACT CYLINDER CD02B40-40DC	1	-	-
4	PLATE FOR LOCKING LOWER STOPPER	1	S45C	-
3	PLATE FOR LOCKING MIDDLE STOPPER	1	S45C	-
2	PLATE FOR LOCKING UPPER STOPPER	1	S45C	-
1	PLATE FOR LOCKING CYLINDER	1	S45C	-



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

RDE JOB
DRAWING NO.

DESCRIPTION

STOPPER ASSEMBLY

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

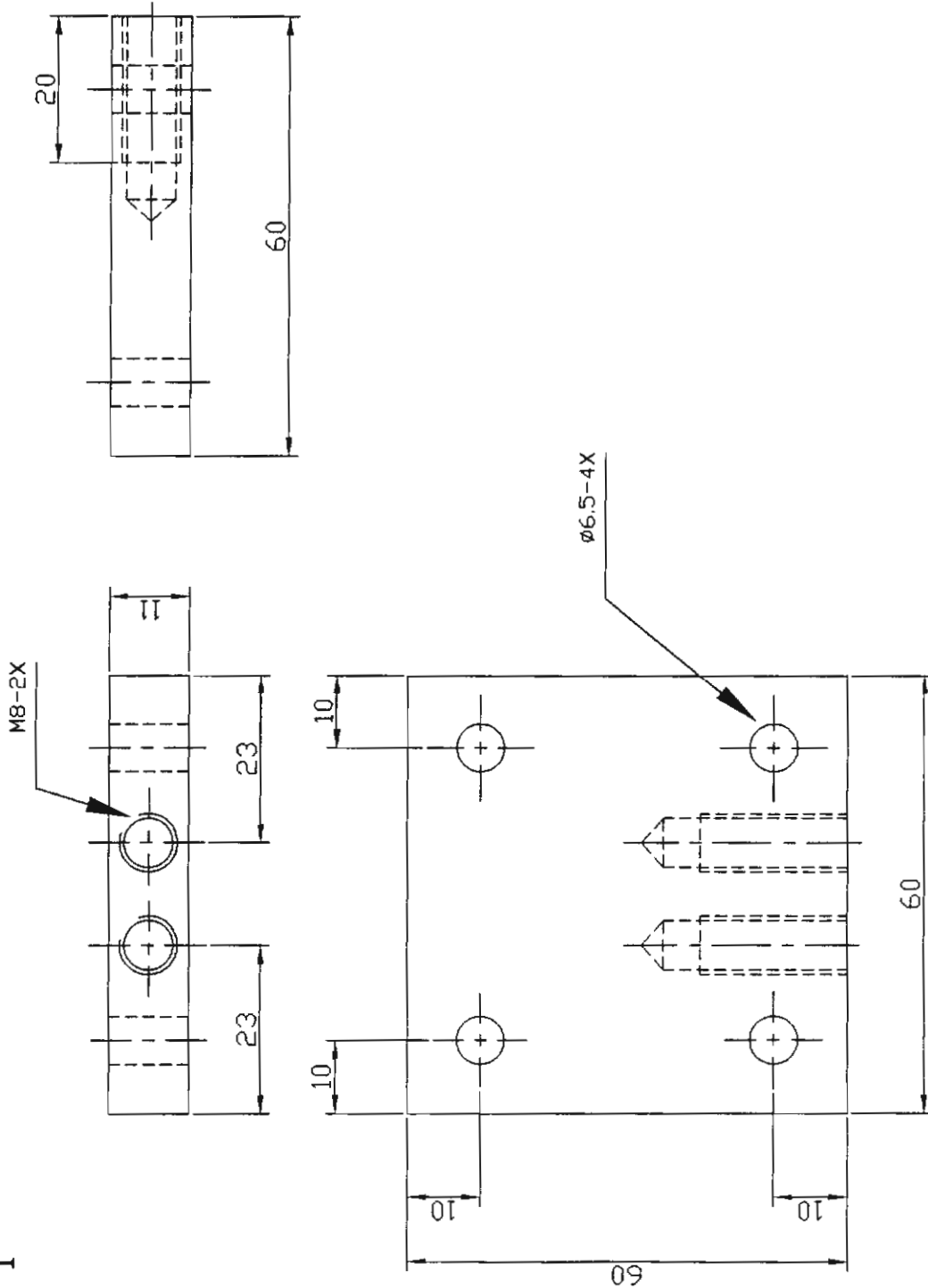
PRJ.NAME : Automatic
feeder and
coupling

DRAWN. BJ
DESIGNED. PJ

CHECKED
DATE 18/2/98

SCALE NTS
NO.

DETAIL 1



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE
PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
STOPPER ASSEMBLY-D1

DESCRIPTION
PLATE FOR LOCKING CYLINDER

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic Feeder
and Coupling

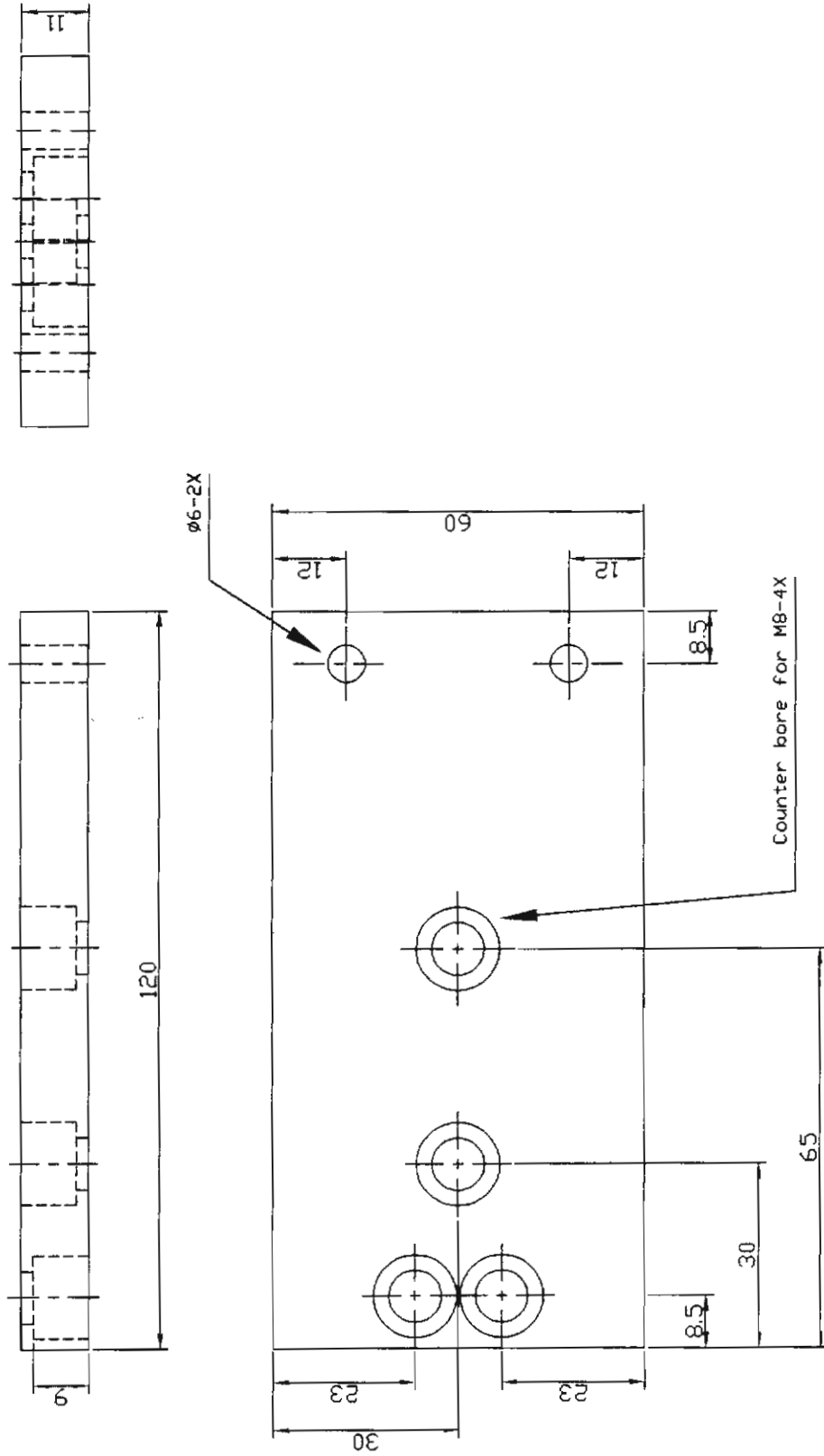
QTY. 1
DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

MATERIAL S45C
CHECKED

NOTE
SCALE NTS
NO.

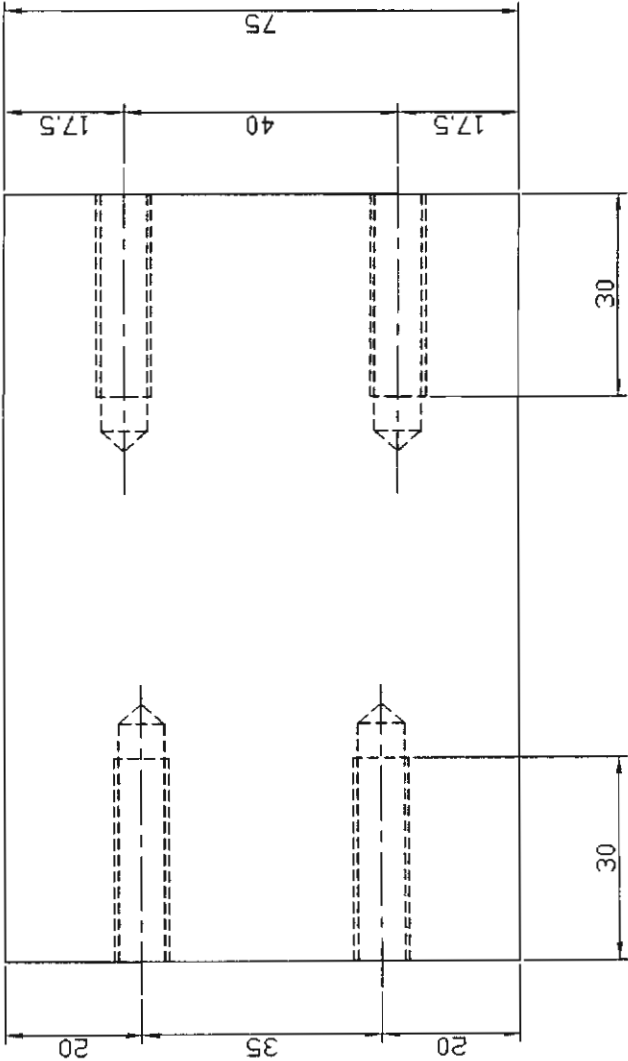
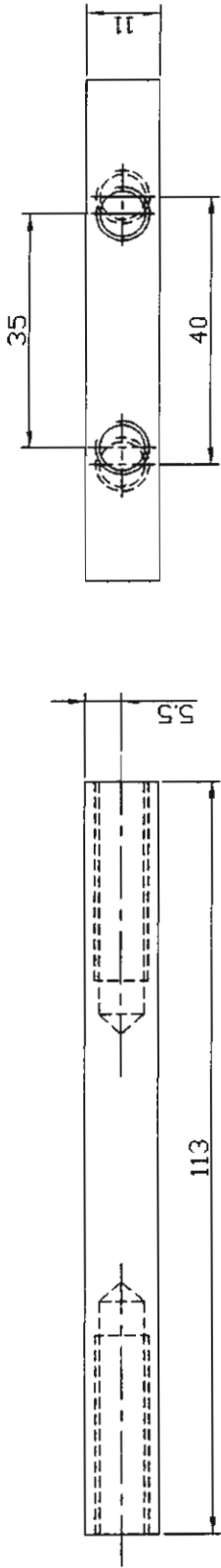
DATE 16/2/98

DETAIL 2



	TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE		RDE JOB		DESCRIPTION	PRJ.NO.	ITEM NO.	QTY. 1	MATERIAL	S45C	NOTE
	DRAWING NO.										
	DRAWING FILE:										
	STOPPER ASSEMBLY-D2										
			PLATE FOR LOCKING UPPER STOPPER		TRF6/4/FEEDCLK		PRJ.NAME : Automatic Feeder and Couling		DRAWN: BJ	CHECKED	SCALE NTS
							DESIGNED: PI		DATE	18/2/98	NO.

DETAIL 3



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE
PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
STOPPER ASSEMBLY-DS

DESCRIPTION
PLATE FOR LOCKING MIDDLE STOPPER

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

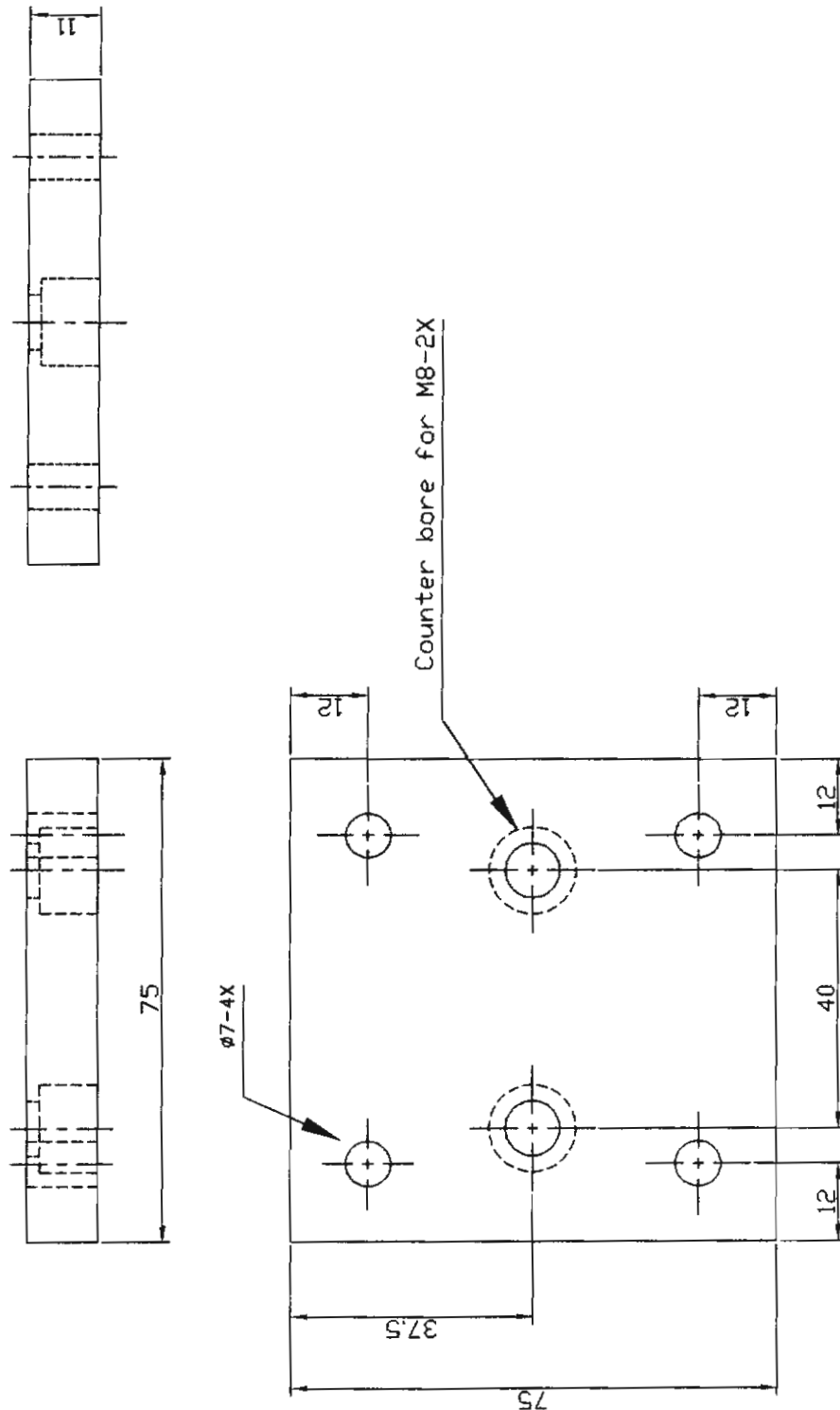
ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic feeder
and Cauding

QTY. 1
DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

MATERIAL S45C
CHECKED
DATE 16/2/98

NOTE
SCALE NTS
NO.

DETAIL 4



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.
STOPPER ASSEMBLY-D4

DESCRIPTION

PLATE FOR LOCKING LOWER STOPPER

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME : Automatic feeder
and Caulking

QTY. 1

DRAWN. BJ

MATERIAL

S45C

NOTE

CHECKED

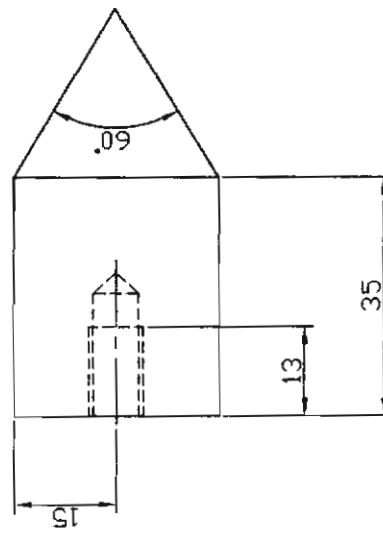
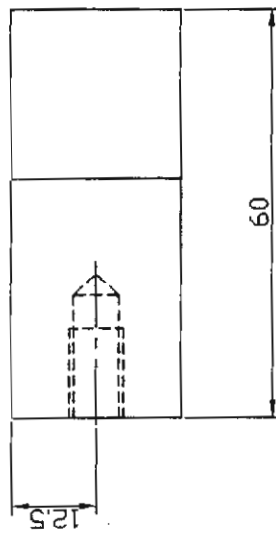
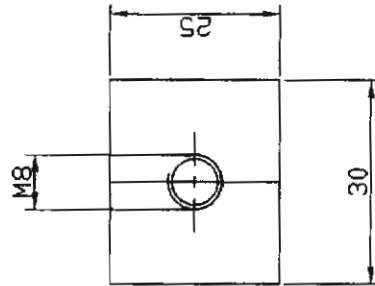
SCALE NTS

NO.

DATE 10/2/98

DESIGNED. PI

DETAIL 6



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE
PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
STOPPER ASSEMBLY-D6

DESCRIPTION
STOPPER HEAD FOR ROTARY TABLE

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

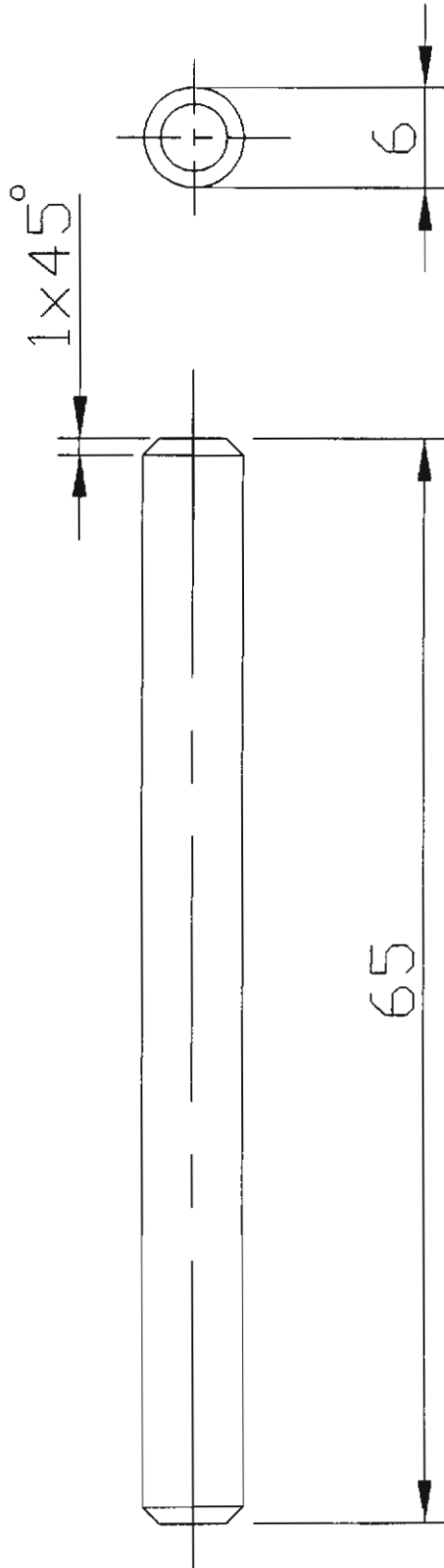
ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic feeder
and Couling

QTY. 1
DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

MATERIAL S45C
CHECKED
DATE 16/2/98

NOTE
SCALE NTS
NO.

DETAIL 7



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMEER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE

STOPPER ASSEMBLY-D7

DESCRIPTION

SELF LOCK POSITION MOVING
FOR STOPPER HEAD

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME : Automatic Feeder
and Cauting

QTY. 2

DRAWN. BJ

DESIGNED. PI

MATERIAL

S45C

NOTE

CHECKED

SCALE NTS

NO.

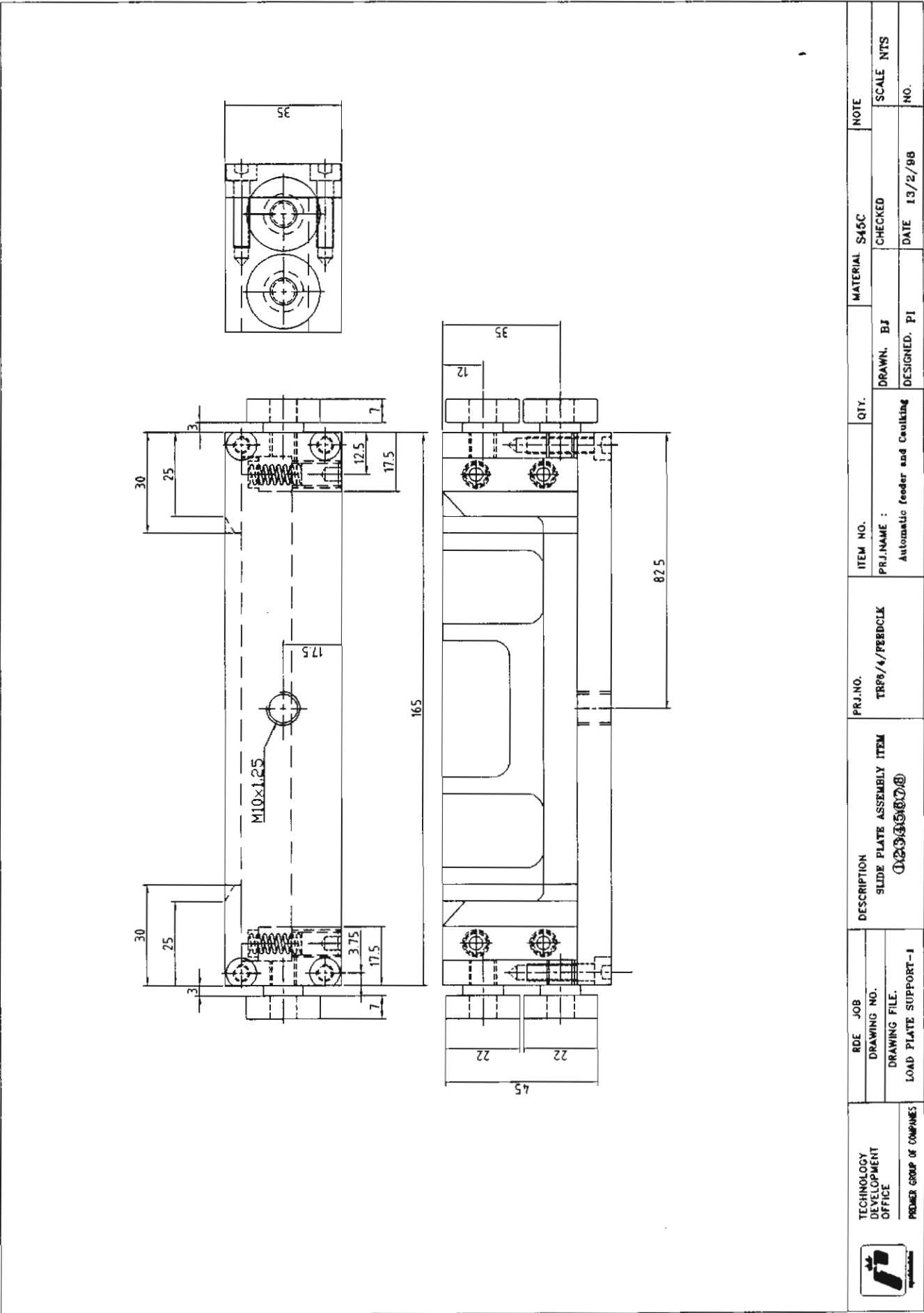
DATE 18/2/98

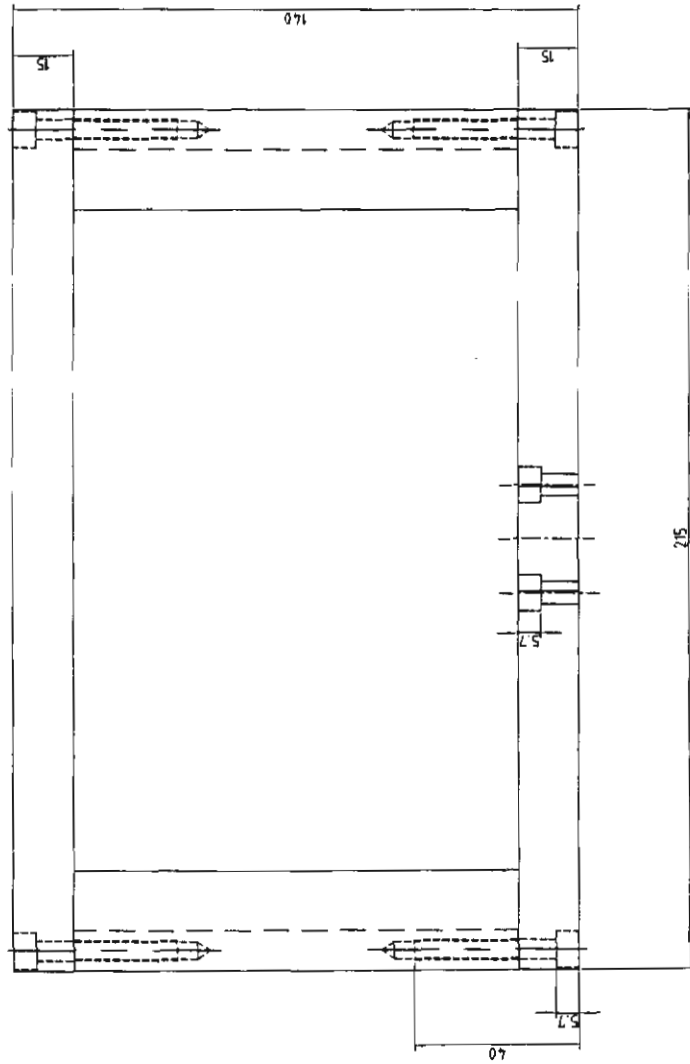
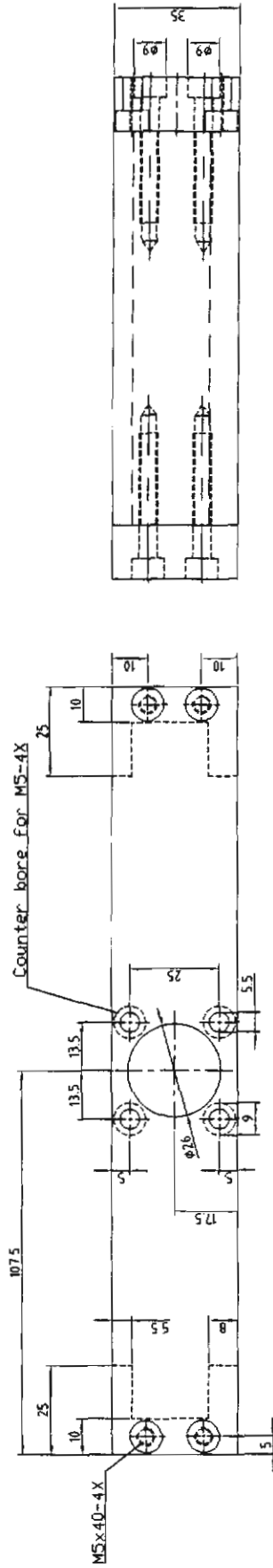
ภาคผนวก 4.5
แบบชุดปั๊มนแผ่นยึด

- Load Plate Support Assembly
- Slide Plate Assembly
- Plate Slide For Bearing Assembly
- Slide Plate
- Plate For Locking Bearing And Spring
- Plate For Cylinder
- Shaft For Locking Bearing
- Plate Slide For Bearing
- Plate for locking compact cylinder
- Plate Stopper for Moving

		PRJ.NO. TRF6/4/FEEDCLK	
DESCRIPTION LOAD PLATE SUPPORT ASSEMBLY		ROE JOB DRAWING NO. DRAWING FILE. LOAD PLATE SUPPORT	
TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE PROJECT GROUP OF COMPANIES		PRJ.NO. TRF6/4/FEEDCLK	

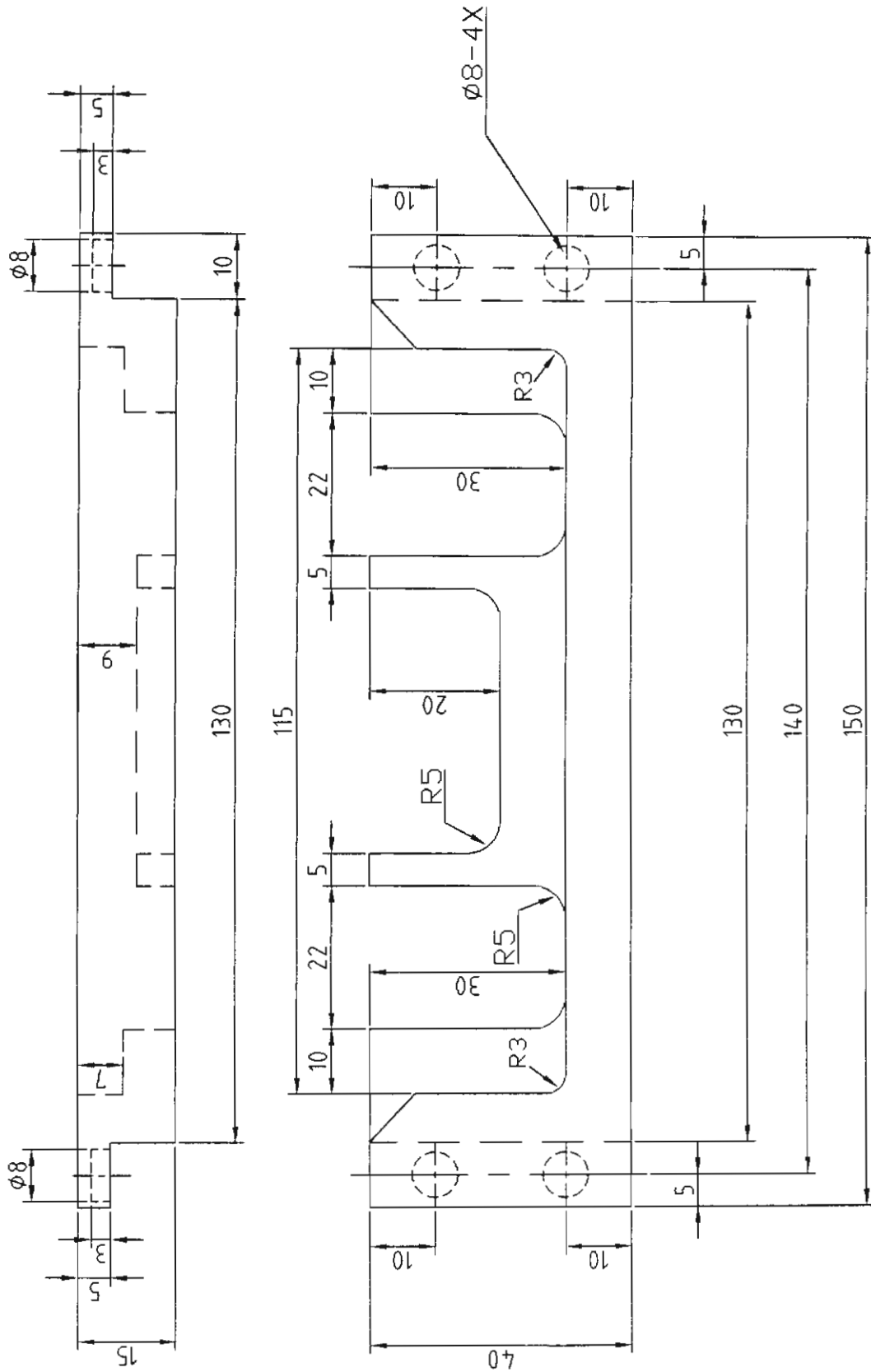
ITEM	PART NAME	QTY.	MATERIAL	REMARK
14	COMPACT CYLINDER MODEL:CDQ2B20-50DM	4	STAINLESS	SMC
13	CYLINDER MODEL: CM2RA25-75	1	STAINLESS	SMC
12	SOCKET HEAD CAP SCREW M5x30	4	STEEL	-
11	PLATE STOPPER FOR MOVING	1	S45C	-
10	PLATE FOR LOCKING COMPACT CYLINDER	1	S45C	-
9	PLATE SLIDE FOR BEARING	2	S45C	-
8	BALL BEARING NO. 608-2RS1/QE6	4	-	-
7	SHAFT FOR LOCKING BEARING	4	S45C	-
6	SOCKET HEAD CAP SCREW M5x25	4	STEEL	-
5	SET SCREW DOG POINT AND INTERNAL HEXAGON	4	STEEL	-
4	COMPRESSION SPRING	4	-	-
3	PLATE FOR CYLINDER	1	S45C	-
2	PLATE FOR LOCKING BEARING AND SPRING	2	S45C	-
1	SLIDE PLATE	1	S45C	-





 TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE	RDE JOB		DESCRIPTION PLATE SLIDE FOR BAERING ASSEMBLY ITEM ⑨ ⑩ ⑪	PRJ.NO. TRF6/4/FEEDCLK	ITEM NO. PRJ.NAME : Automatic feeder and caulking	QTY. DRAWN. BJ DESIGNED. PI	MATERIAL S45C	NOTE
	DRAWING NO. DRAWING FILE: LOAD PLATB SUPPORT-2							
PRIMER GROUP OF COMPANIES								

DETAIL 1



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE
PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
LOAD PLATE SUPPORT-D1

DESCRIPTION
SLIDE PLATE

PRJ.NO.
TRF6/4/FEECLK

ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic feeder
and caulking

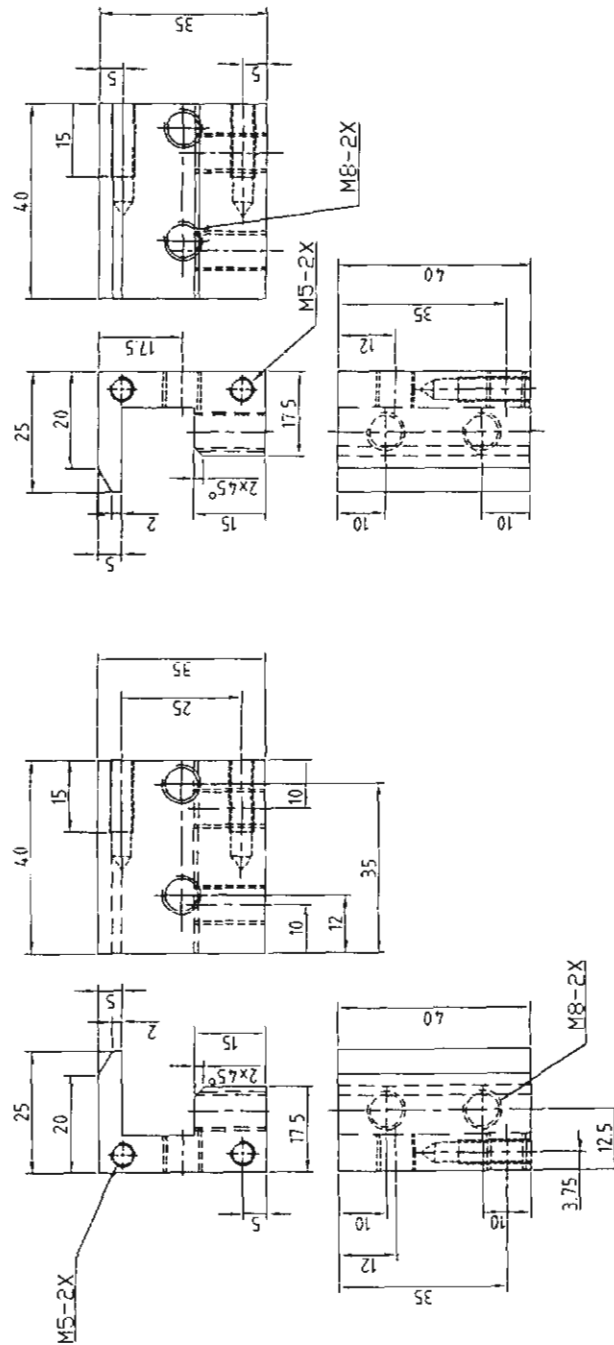
QTY. 1
DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

MATERIAL S45C
CHECKED

DATE 12/2/98
SCALE NTS
NO.

NOTE

DETAIL 2



RIGHT

LEFT



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PREMIER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.
LOAD PLATE SUPPORT-D2

DESCRIPTION

PLATE FOR LOCKING BEARING AND SPRING

PRJ.NO.

TRPM/4/TREDCX

ITEM NO.

PRJ.NAME :Automatic
feeder and
coupling

QTY. 1

DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

MATERIAL S45C

CHECKED

DATE 12/9 /58

NOTE

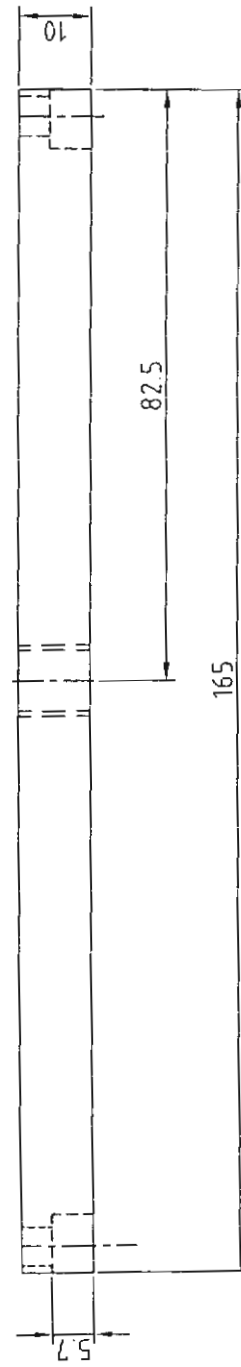
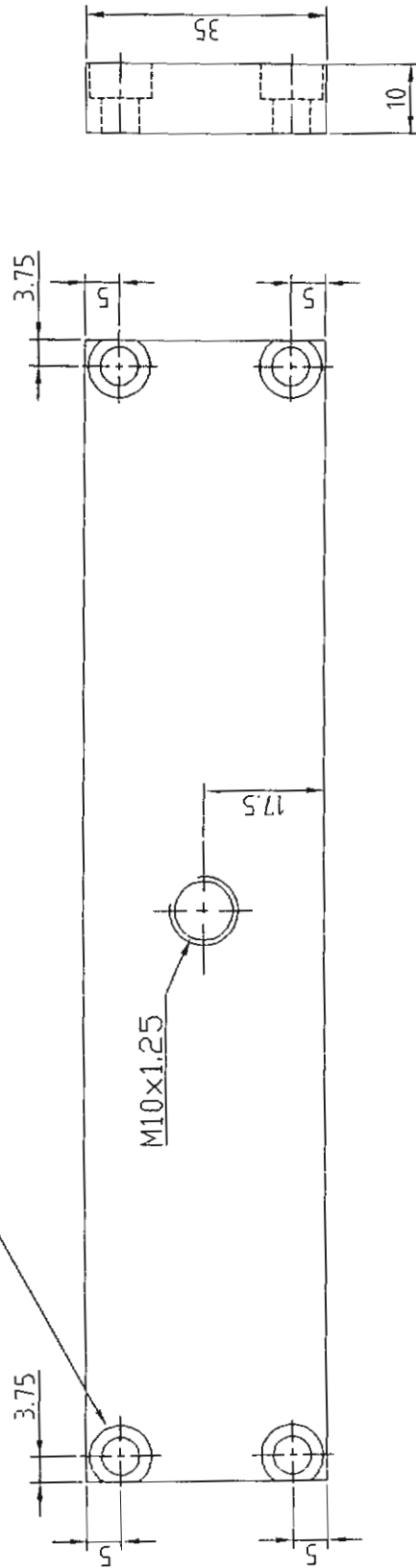
SCALE

NTS

NO.

DETAIL 3

COUNTER BORE FOR M5-4X



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE
LOAD PLATE SUPPORT-D3

DESCRIPTION

PLATE FOR CYLINDER

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLX

ITEM NO.

Automatic
feeder and
coulking

QTY. 1

DRAWN. BJ

MATERIAL S45C

CHECKED

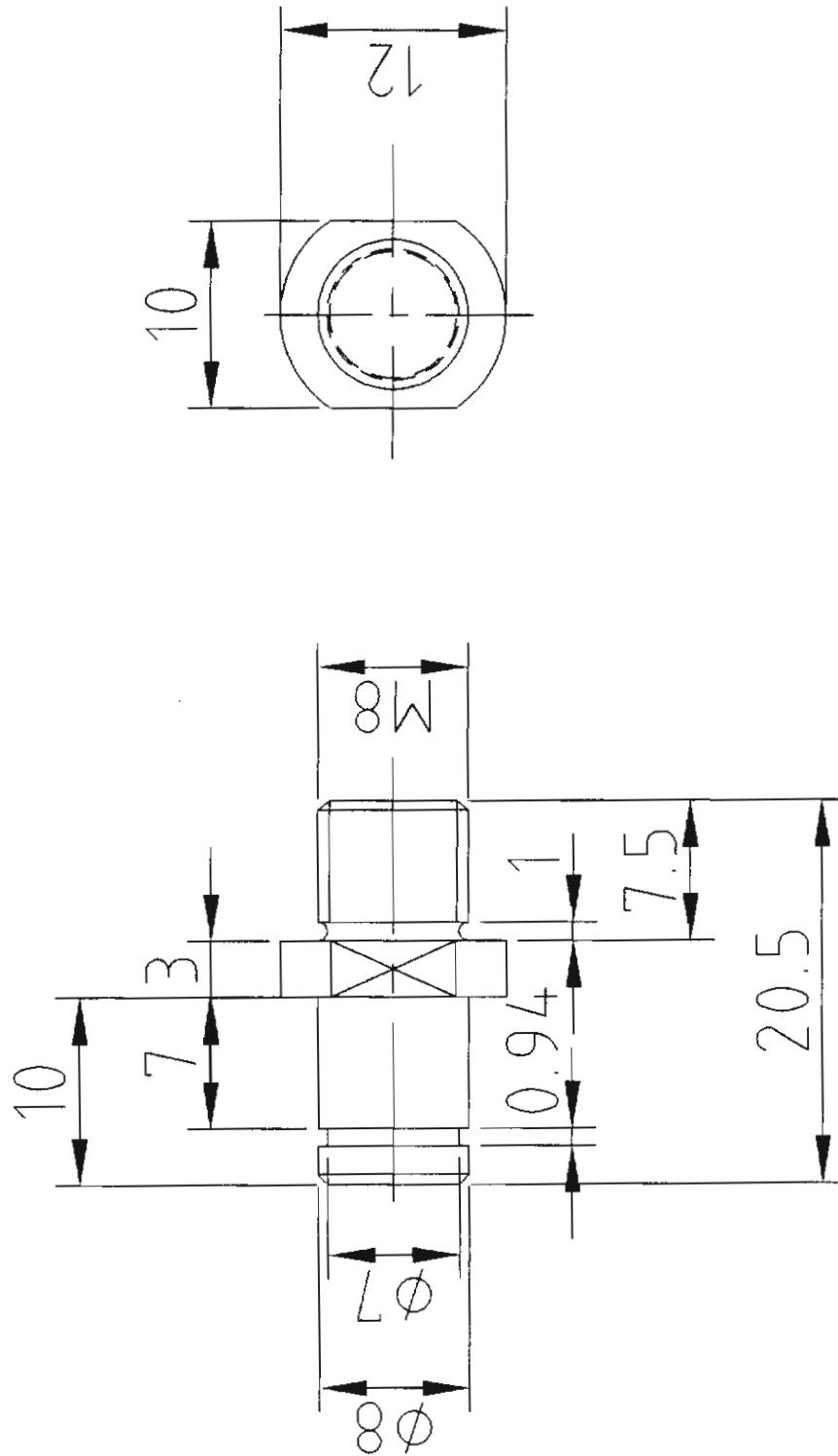
DATE 12/2/98

NOTE

SCALE NTS

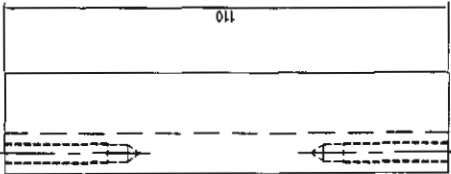
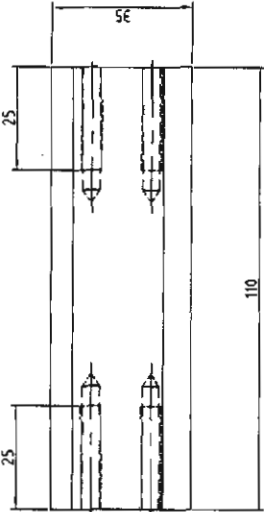
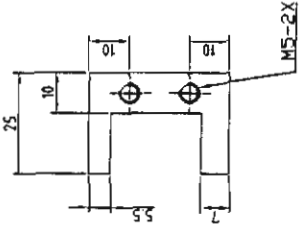
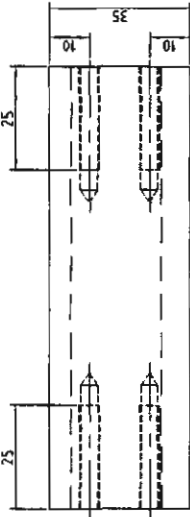
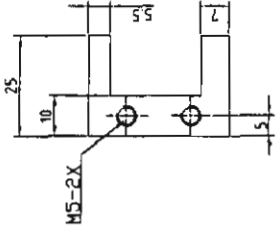
NO.

DETAIL 7



 TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE PREMIER GROUP OF COMPANIES	RDE JOB		PRJ.NO. TRF6/4/FEEDCLK	DESCRIPTION SHAFT FOR LOCKING BEARING	ITEM NO.	QTY. 4	MATERIAL S45C	NOTE
	DRAWING NO.							
	DRAWING FILE. LOAD PLATE SUPPORT-D7							
			PRJ.NAME : Automatic feeder and Caulking		DRAWN. BJ DESIGNED. PJ		CHECKED DATE 13/2/98	SCALE NTS NO.

DETAIL 9



LEFT

RIGHT



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE
PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
LOAD PLATE SUPPORT-D9

DESCRIPTION
PLATE SLIDE FOR BARING

PRJ.NO.
TRF5/4/FEEDCLK

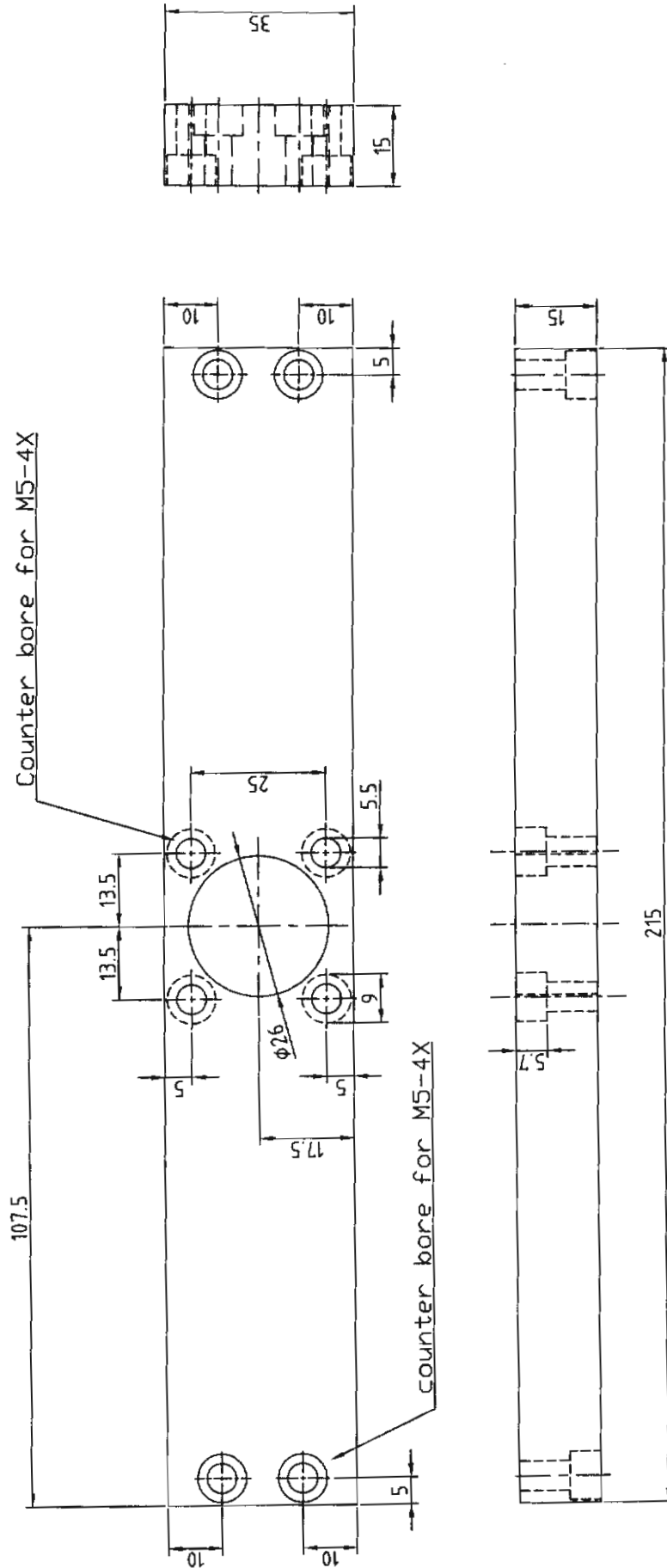
ITEM NO.
PRJNAME : Automatic
Feeder and
caulking

QTY. 1
DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

MATERIAL S45C
CHECKED
DATE 12/2/98

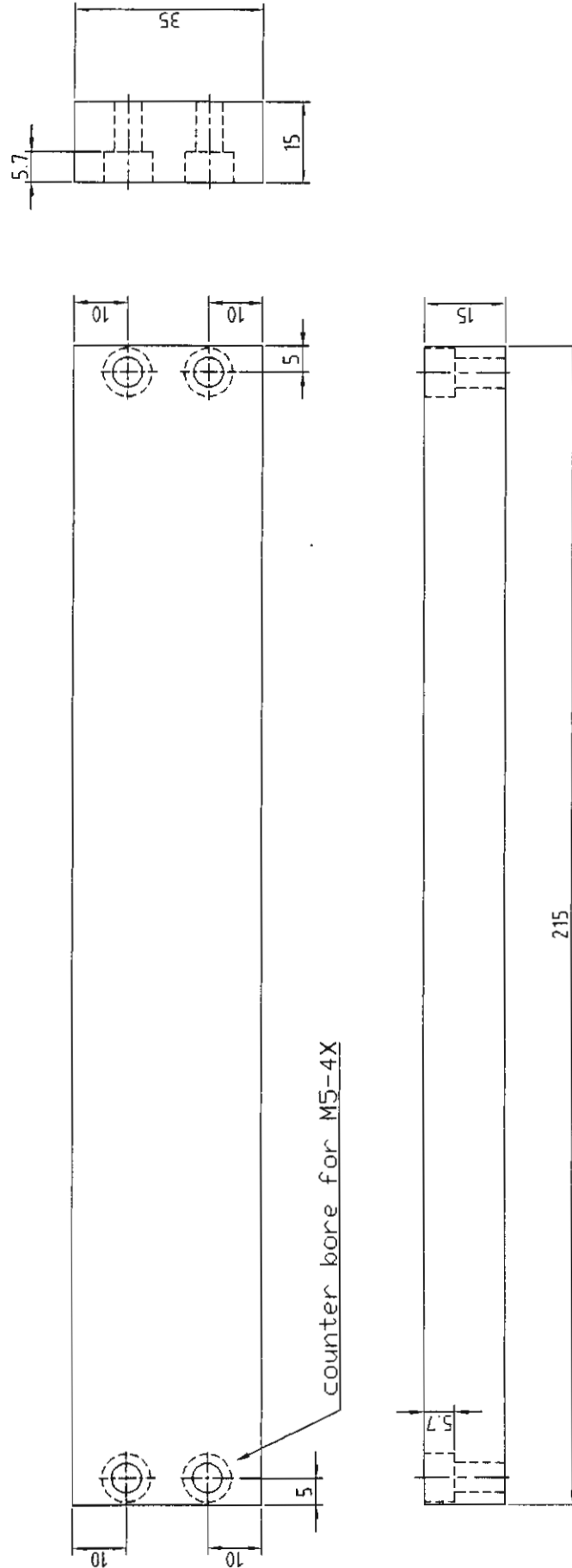
NOTE
SCALE NTS
NO.

DETAIL 10



 PREMIER GROUP OF COMPANIES	TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE	RDE JOB	DESCRIPTION	PRJ.NO.	ITEM NO.	QTY. 1	MATERIAL S45C	NOTE
		DRAWING NO.	PLATE FOR LOCKING COMPACT CYLINDER	TRF6/4/FEEDCLK	PRJ.NAME : Automatic feeder and caulking		DRAWN. BJ	SCALE NTS
		DRAWING FILE.						CHECKED
	LOAD PLATE SUPPORT-D10							DATE 12/2/98

DETAIL 11



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE
PREMIER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE:
LOAD PLATE SUPPORT-D11

DESCRIPTION
PLATE STOPPER FOR MOVING

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.
PRJNAME : Automatic
feeder and
coultling

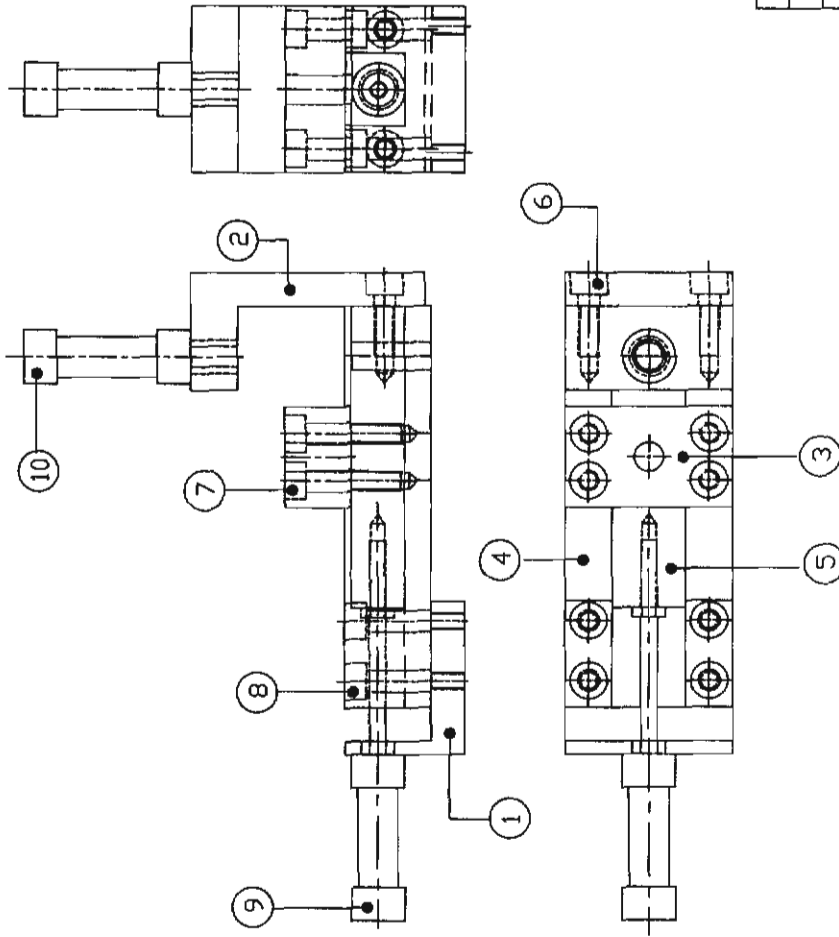
QTY. 1
DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

MATERIAL S45C
CHECKED
DATE 12/2/98

NOTE
SCALE NTS
NO.

ภาคผนวก 4.6
แบบชุดปั๊นท์หมุดย้า

- Support up spring assembly
- Plate for locking cylinder Model : CDJ2D16-30-A73L
- Plate for locking cylinder Model : CDJ2B16-30R-B
- Plate for insert support up spring
- Plate for moving
- Plate for moving support up spring



ITEM	ITEM NO.	QTY.	PART NAME	MATERIAL	CHECKED	SCALE	NTS
10	CYLINDER MODEL:CDJ2B16-30R-B	1	-	-			
9	CYLINDER MODEL:CDJ2D16-30-A73L	1	-	-			
8	SOCKET HEAD CAP SCREW M6x30	4	STEEL				
7	SOCKET HEAD CAP SCREW M6x25	4	STEEL				
6	SOCKET HEAD CAP SCREW M6x15	2	STEEL				
5	PLATE FOR MOVING	1	S45C				
4	PLATE FOR MOVING SUPPORT UP SPRING	1	S45C				
3	PLATE FOR INSERT SUPPORT UP SPRING	1	S45C				
2	PLATE FOR LOCKING CYLINDER	1	S45C				
1	PLATE FOR LOCKING CYLINDER	1	S45C				



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

LOAD SUPPORT UP SPRING

DESCRIPTION
SUPPORT UP SPRING ASSEMBLY

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

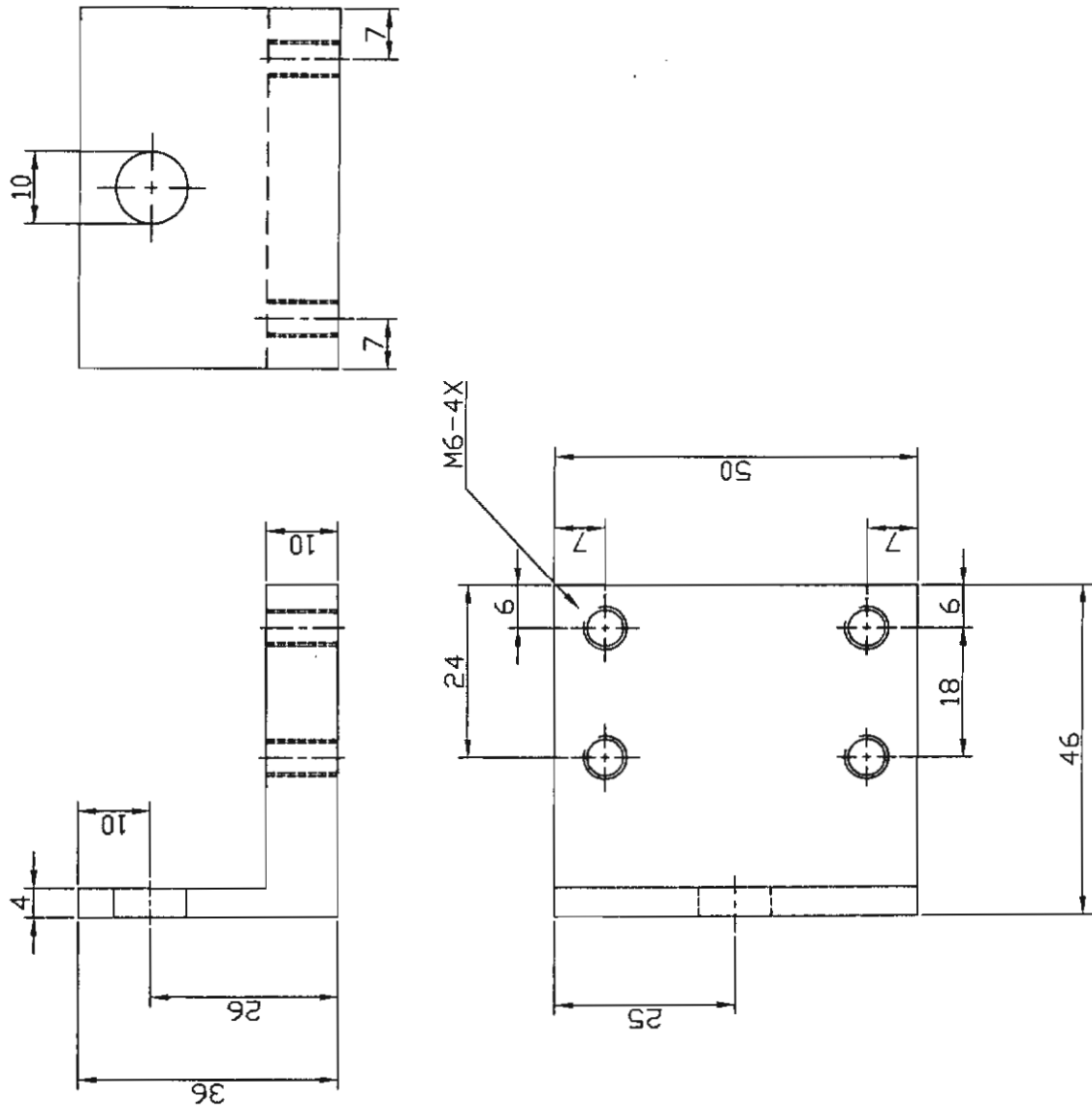
PRJ.NAME : Automatic
Feeder and
caulking

DRAWN. BJ
DESIGNED. pi

DATE 20/2/98

NO.

DETAIL 1



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

MEMBER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE,
LOAD SUPPORT UP SPRING-D1

DESCRIPTION
PLATE FOR LOCKING CYLINDER
Model : CUPED16-30-473L

PRJ. NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ. NAME : Automatic feeder
and Caulking

QTY. 1

MATERIAL S45C

NOTE

SCALE NTS

NO.

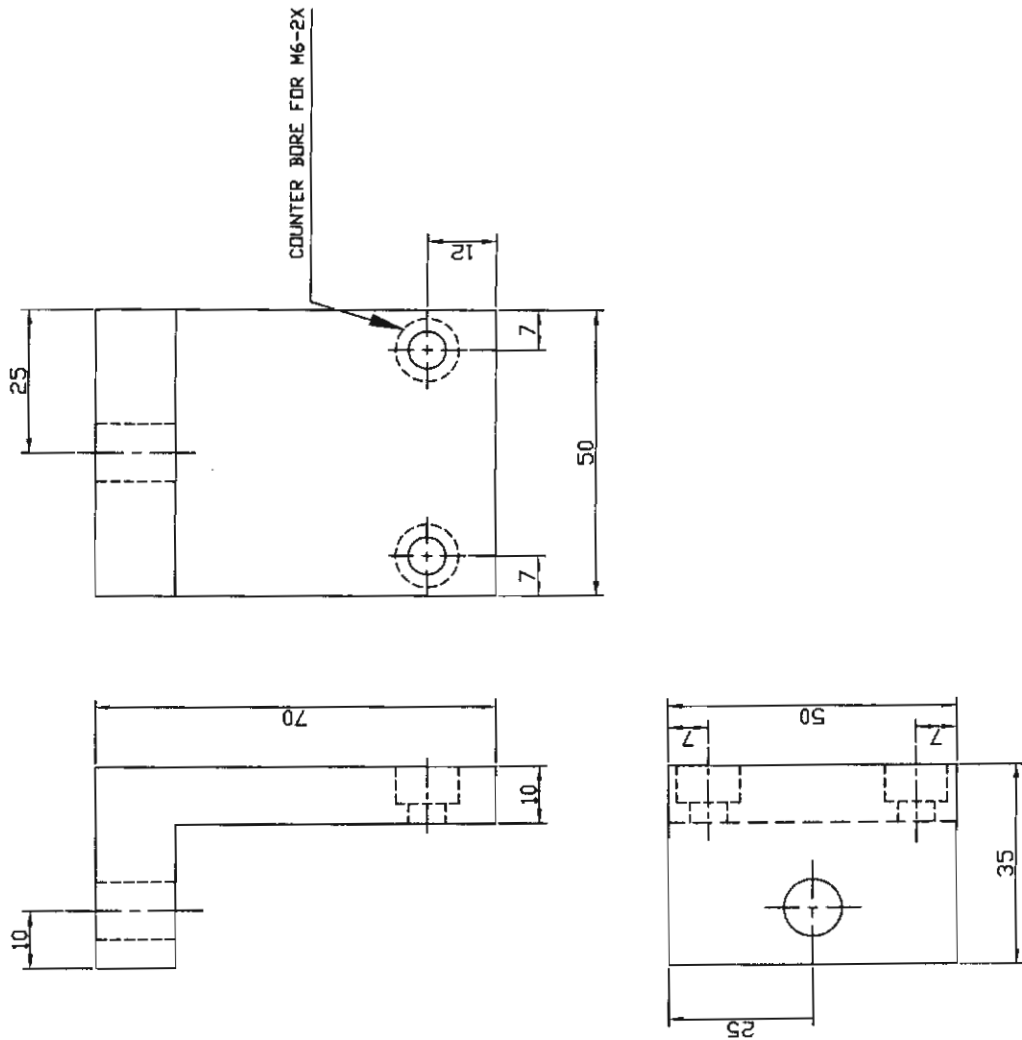
DATE 14/2/98

DESIGNED. PJ

CHECKED

DRAWN. BJ

DETAIL 2



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

LOAD SUPPORT UP SPRING-D2

DESCRIPTION

PLATE FOR LOCKING CYLINDER
Model : CD22B10-308-B

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ NAME : Automatic Feeder
and Cautling

QTY. 1

DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

MATERIAL S45C

CHECKED

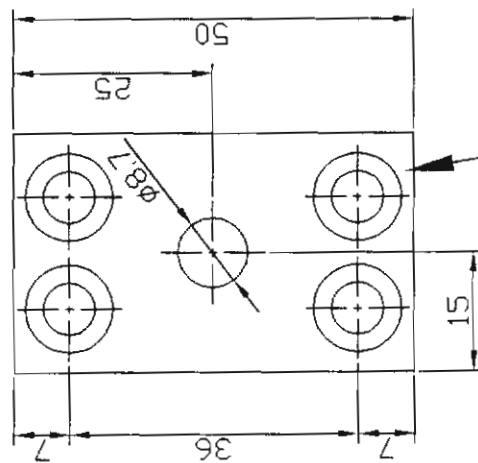
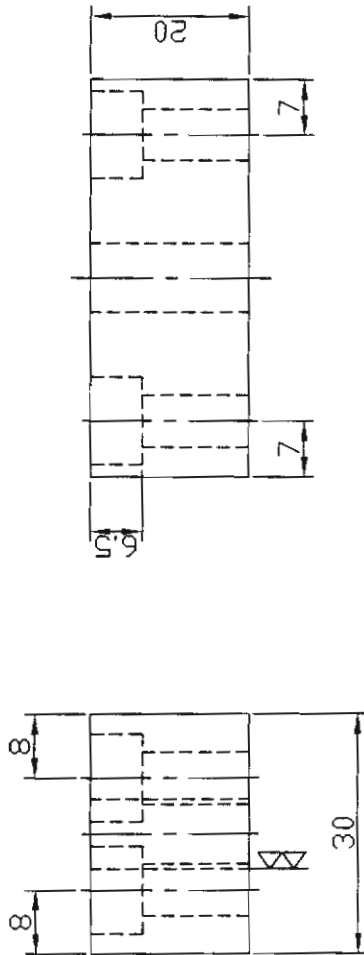
NOTE

SCALE NTS

NO.

DATE 14/2/98

DETAIL 3



Counter bore for M6-4X



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE
PREMIER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
LOAD SUPPORT UP SPRING-D3

DESCRIPTION
PLATE FOR INSERT SUPPORT UP SPRING

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic Feeder
and Coupling

QTY. 1
DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

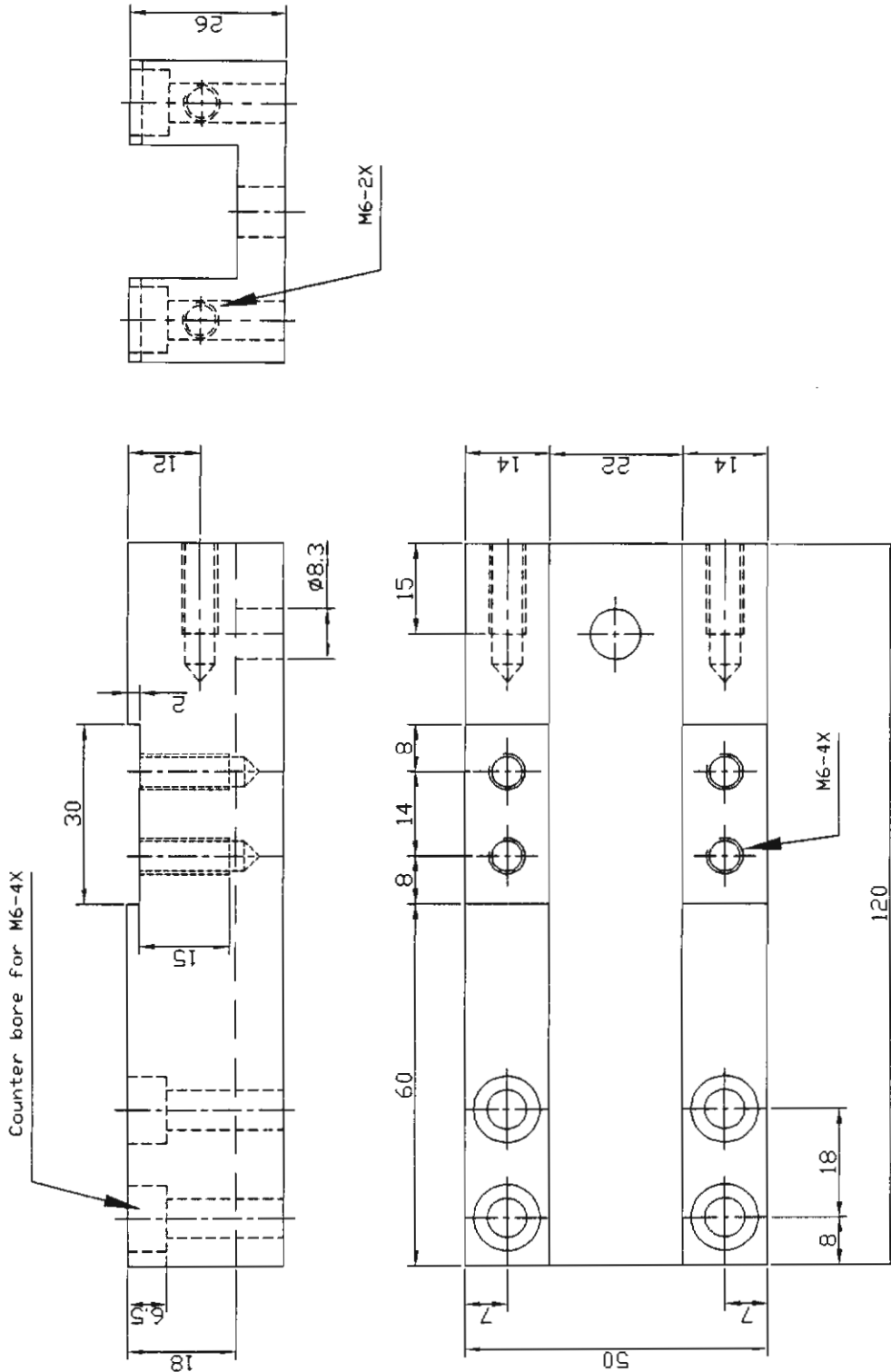
MATERIAL S45C

NOTE

CHECKED
DATE 14/2/88

SCALE NTS
NO.

DETAIL 4



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
LOAD SUPPORT UP SPRING-D4

DESCRIPTION
PLATE FOR MOVING

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDBLK

ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic Feeder
and Couling

QTY. 1
DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

MATERIAL S45C
CHECKED

DATE 14/2/98

NOTE
SCALE NTS
NO.

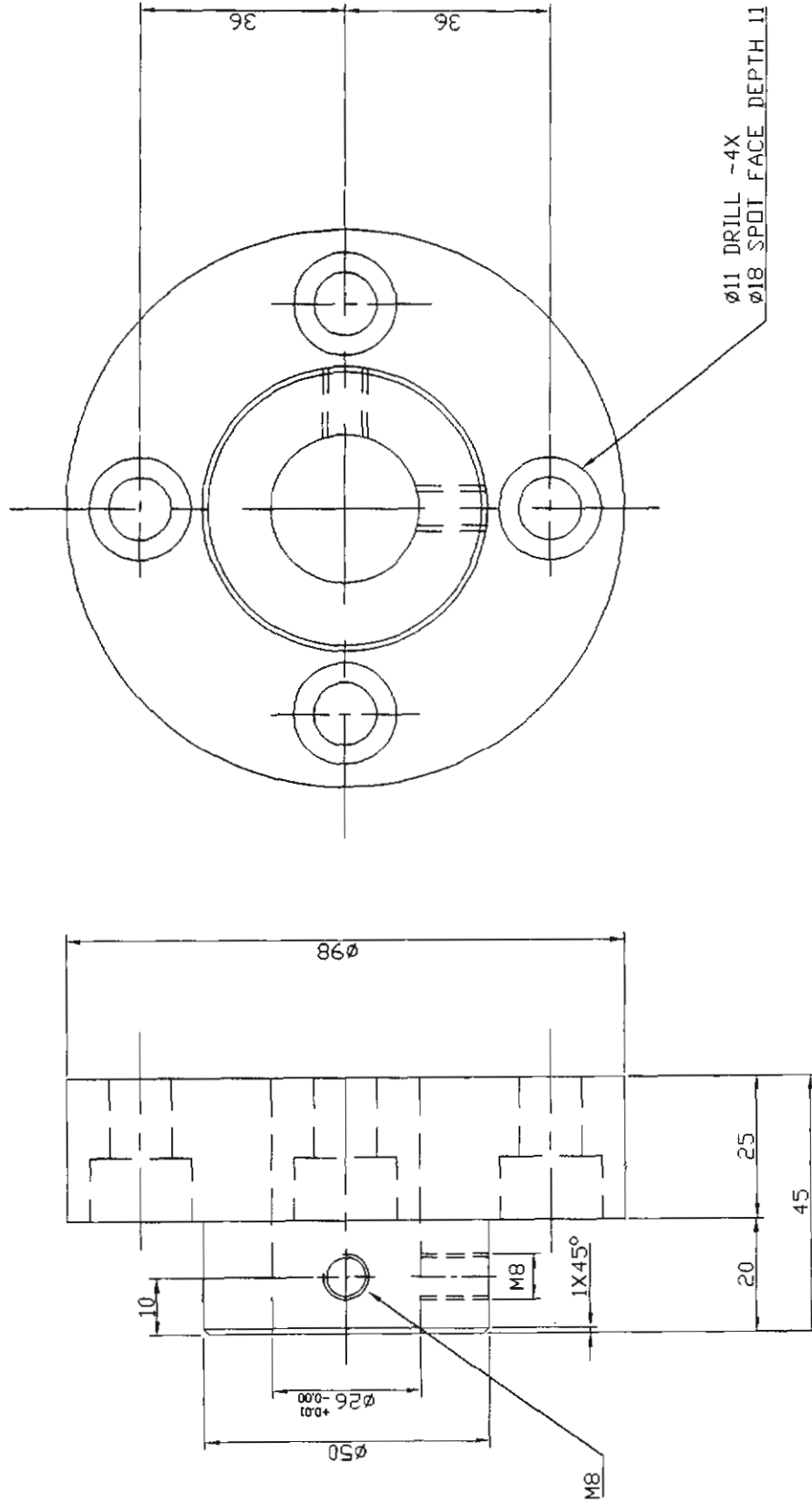
-

ภาคผนวก 4.7

แบบชุดย้าหมด

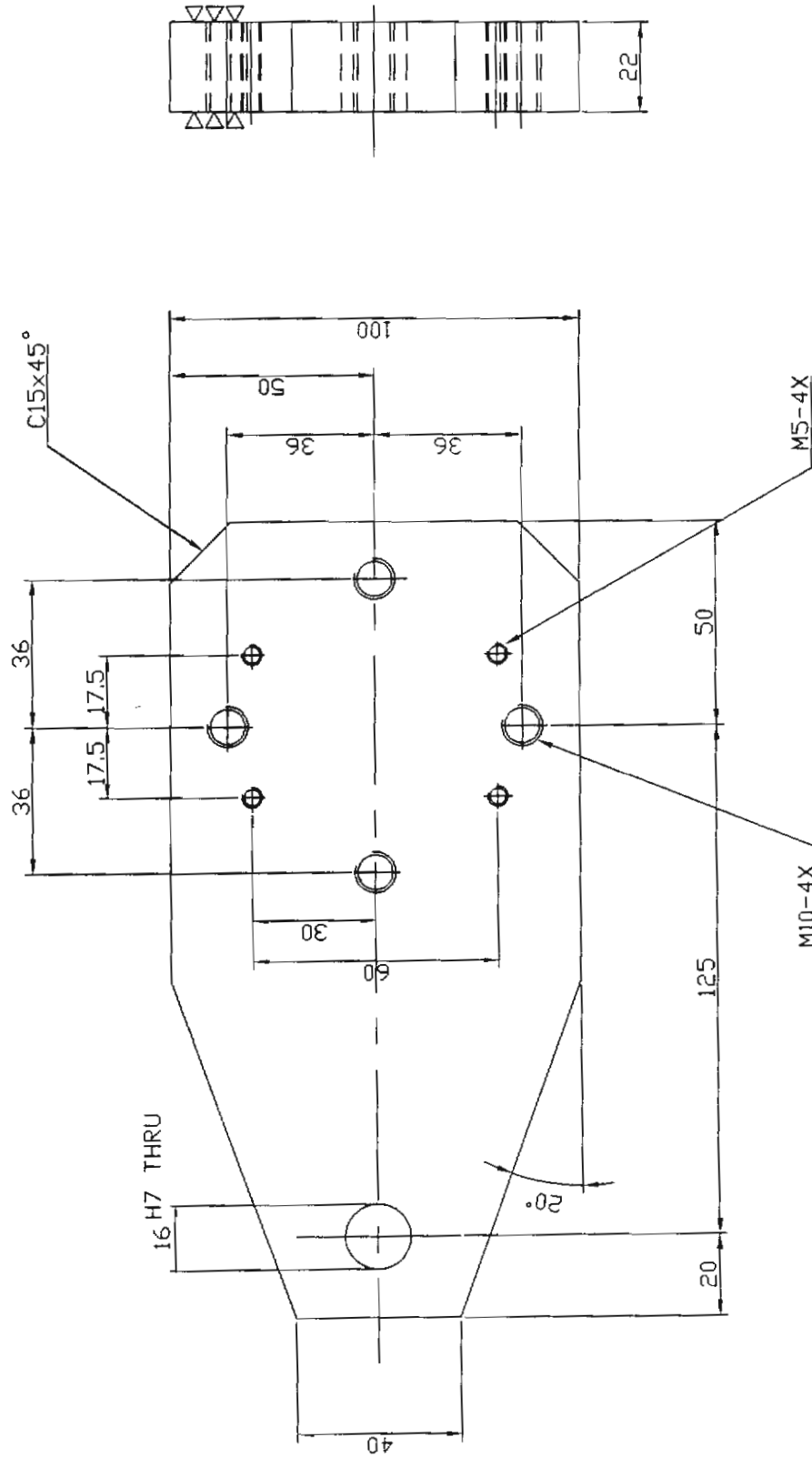
- Caulking assembly
- Flange joint
- Plate
- Pin holder
- Plate
- Pusher pin
- Caulking punch
- Punch holder
- Slide Bush SM 20 W
- Column (Caulking)
- Intensifier
- Base support caulking
- Intensifier shaft
- Block

DETAIL 1



 TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE	RDE JOB		DESCRIPTION FLANGE JOINT	ITEM NO. PRJ. NO. TRF6/4/FEEDCLK	QTY. J PRJ. NAME : Automatic feeder and Caulking	MATERIAL 345C CHECKED DATE 26/11/97	NOTE SCALE NTS NO.	
	DRAWING NO.							DRAWN. BJ DESIGNED. PJ
	DRAWING FILE. CAULKING ASSEMBLY-D1							
PRIMER GROUP OF COMPANIES								

DETAIL 2



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE
CAULKING ASSEMBLY-B2

DESCRIPTION

PLATE

ITEM NO.

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

QTY. 1

PRJ.NAME :
Automatic feeder
and Caulking

DRAWN. BJ

DESIGNED. PI

MATERIAL S45C

CHECKED
DATE 26/11/97

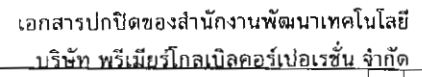
NOTE

SCALE NTS

NO.

Technical drawing of a circular plate with the following specifications:

- Overall Dimensions:** The plate has a diameter of 125 mm.
- Central Features:** There is a central circular hole with a diameter of 30 mm. Surrounding this central hole are four smaller circular holes, each with a diameter of 19 mm, arranged in a square pattern.
- Outer Features:** There are four larger circular holes, each with a diameter of 14 mm, arranged in a square pattern around the central hole. The distance between the centers of these outer holes is 17.5 mm.
- Drill Holes:** There are four drill holes, each with a diameter of 9 mm, located at the corners of the plate. The distance from the center of the plate to the center of each drill hole is 30 mm.
- Material and Finish:** The material is MS (Mild Steel) and the depth of the holes is 15-4X.
- Other Dimensions:** The distance between the centers of the four 19 mm holes is 30 mm. The distance between the centers of the four 14 mm holes is 17.5 mm.



	TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE		RDE JOB DRAWING NO.		DESCRIPTION PIN HOLDER	ITEM NO.	QTY. 1	MATERIAL S45C		NOTE
	PRIMER GROUP OF COMPANIES		DRAWING FILE.			PRJ. NO.	Automatic feeder and Caulking	DRAWN. BJ	CHECKED	SCALE NTS
			CAULKING ASSEMBLY-DS			TRF6/4/FEEDCLK		DESIGNED. PI	DATE 28/11/97	NO.

[illegible]

Technical drawing of a mechanical part, showing top and side views.

Top View Dimensions:

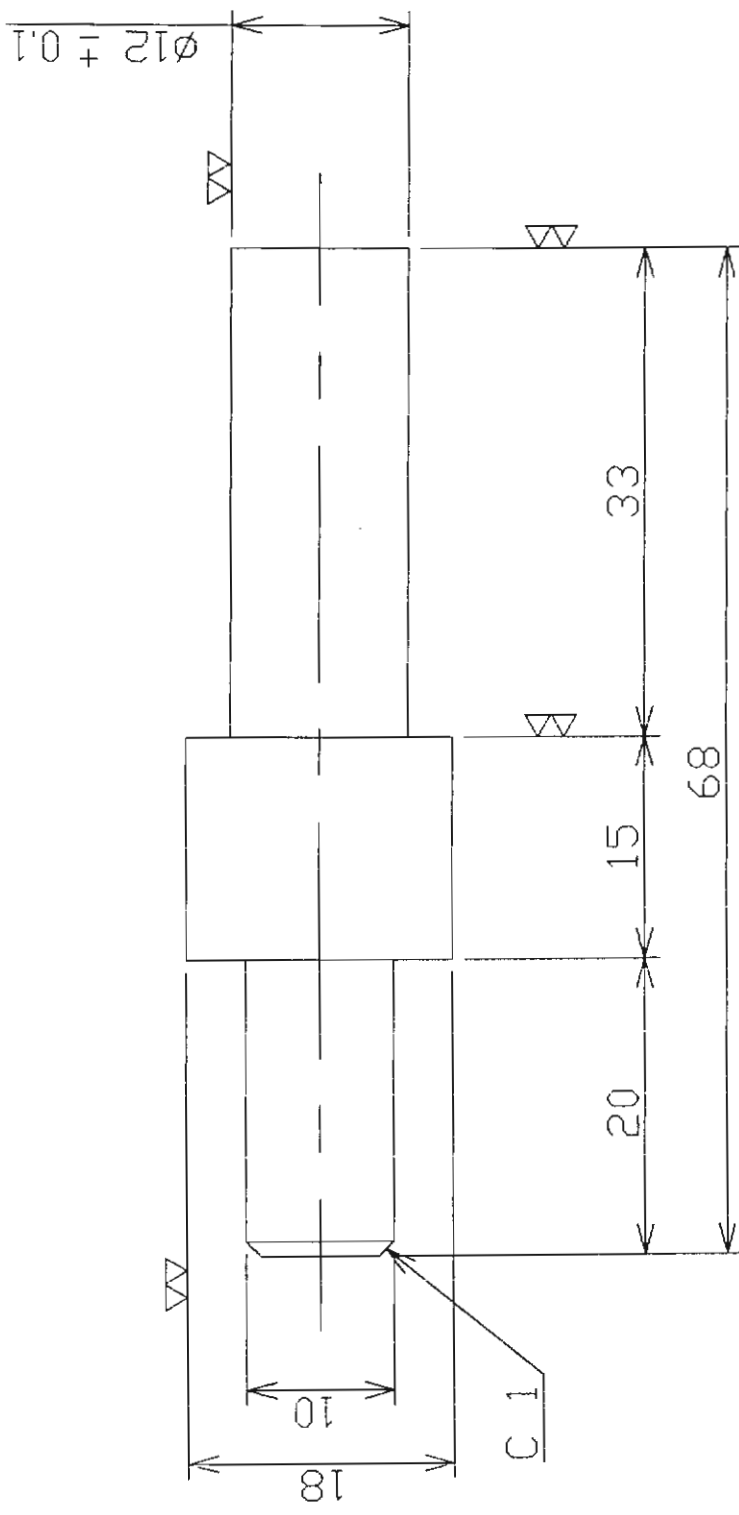
- Outer diameter: 30 ± 0.1
- Distance between hole centers (horizontal): 37
- Distance between hole centers (vertical): 37
- Hole diameter: 12.5 ± 0.1
- Feature: $\phi 12.5^{+0.1}_{-0.0} - 2X$
- Feature: $\phi 6$ DRILL
- Feature: $\phi 9.5$ SPOT FACE 6 DEPTH

Side View Dimensions:

- Overall diameter: $\phi 90$
- Length: 10
- Chamfer: $1 \times 45^\circ$
- Section diameter: $\phi 30$

	TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE	RDE JOB DRAWING NO. DRAWING FILE. CAULKING ASSEMBLY-D4	DESCRIPTION	P/PLATE TRF6/4/FEEDCLK	QTY.: PRJ.NAME : Automatic Feeder and Caulking	DRAWN. BJ DESIGNED. PI	MATERIAL	S45C	NOTE
	PREMIER GROUP OF COMPANIES						CHECKED	SCALE	NTS
							DATE	26/11/97	NO.

DETAIL 5



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
CAULKING ASSEMBLY - D5

DESCRIPTION
PUSHER PIN

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

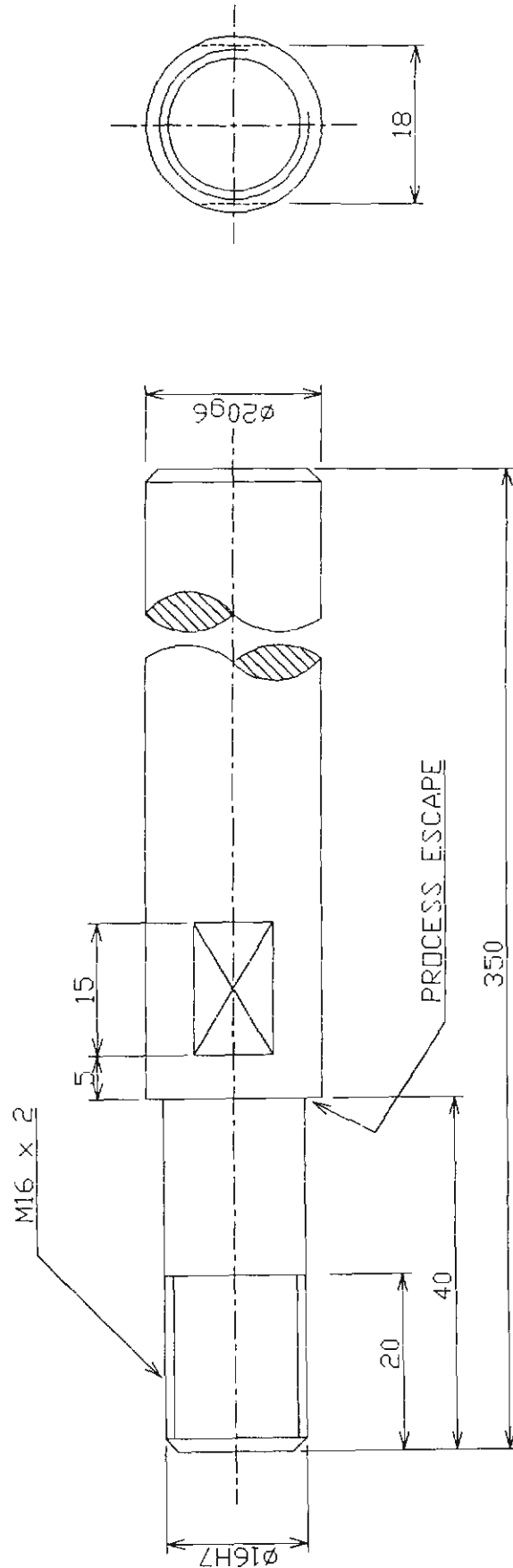
ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic Feeder
and Caulking

QTY. 2
DRAWN. PC
DESIGNED. PI

MATERIAL
S45C
CHECKED
DATE 23/2/88

NOTE
SCALE NTS
NO.

DETAIL 7



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PREMIER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

CAULKING ASSEMBLY-D7

DESCRIPTION
PUNCH HOLDER

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic Feeder
and Caulking

QTY. 1

MATERIAL
DRAWN. PC
DESIGNED. DI

sho ft thk sf 20

NOTE

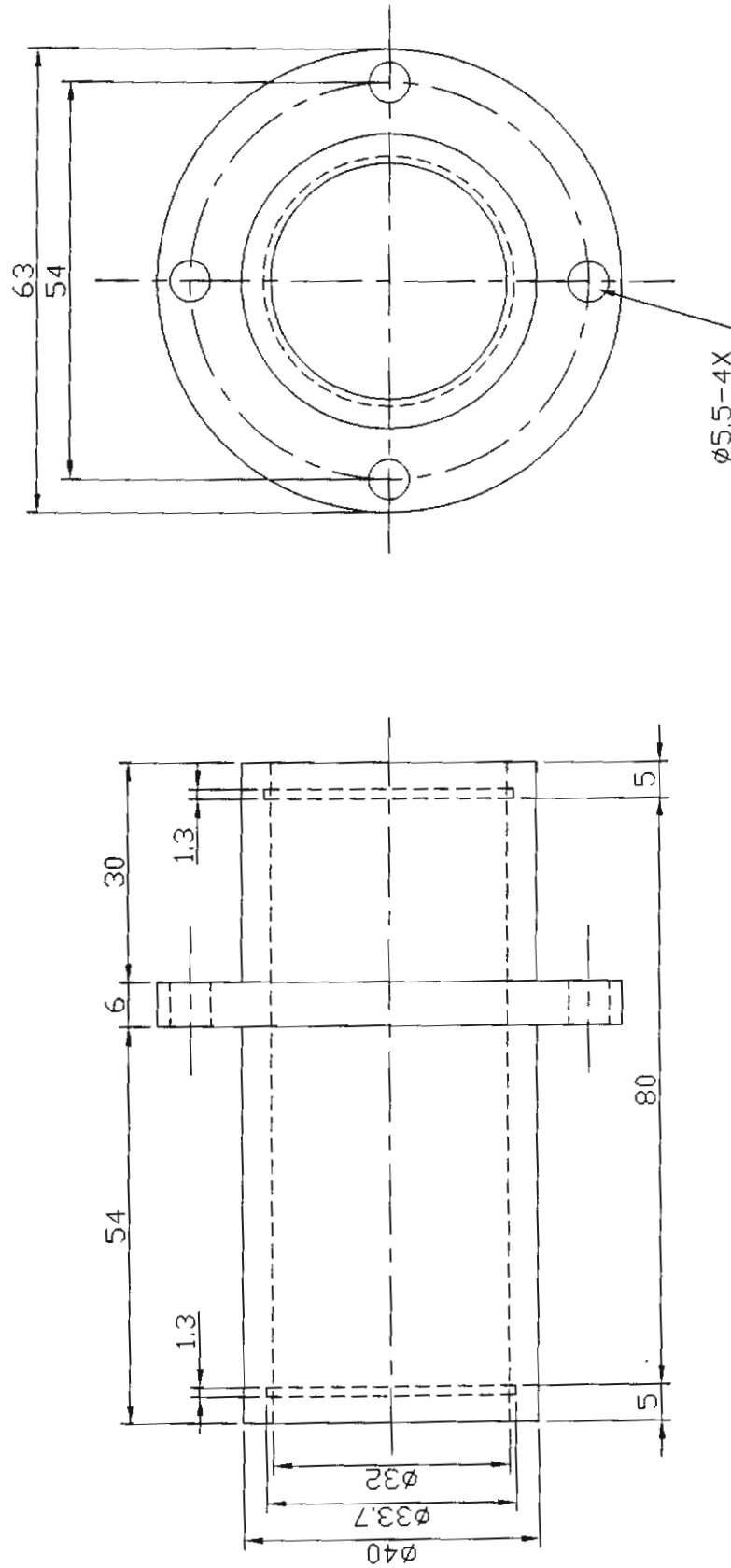
CHECKED

SCALE NTS

DATE

mm

DETAIL 8



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE
CAULKING ASSEMBLY-D8

DESCRIPTION

Slide Bush SM 20 W.

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME : Automatic Feeder
and Caulking

QTY. 1

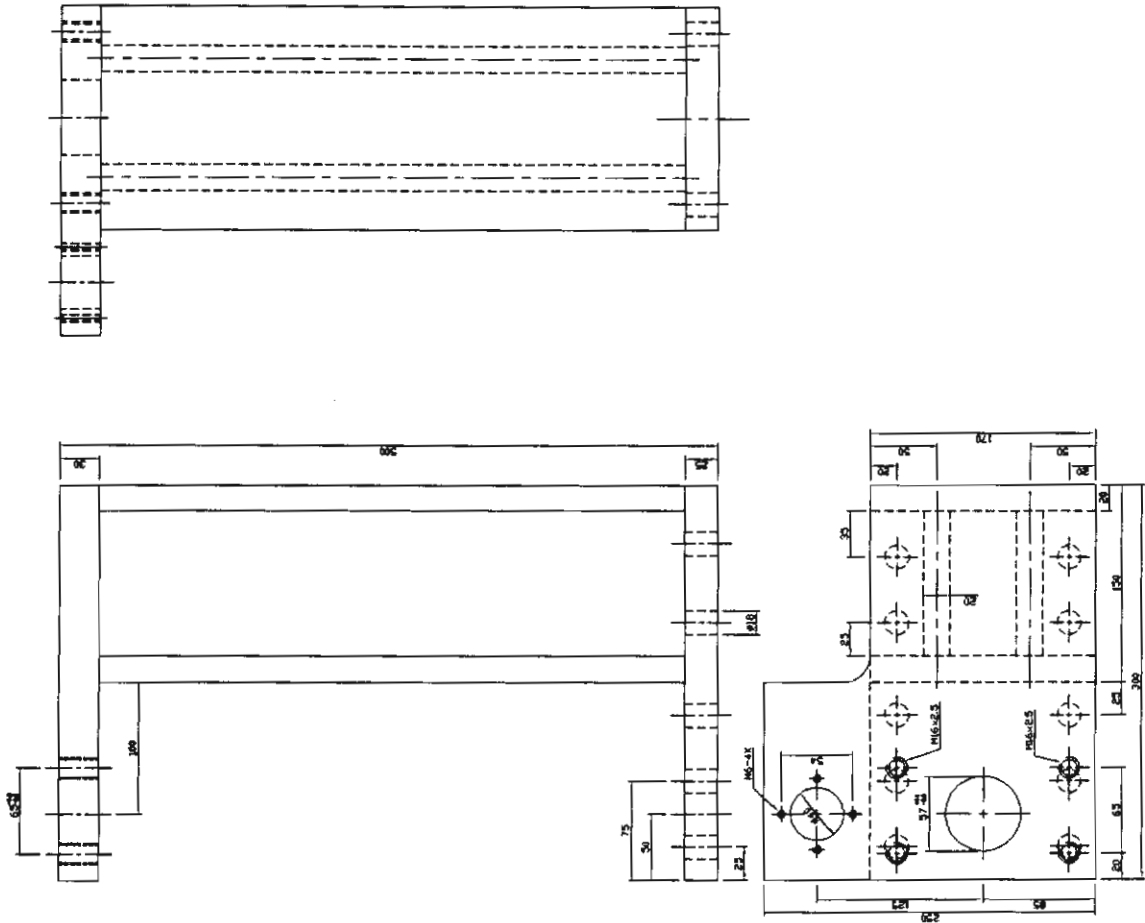
DRAWN. PC
DESIGNED. BJ

MATERIAL

S45C
CHECKED

NOTE

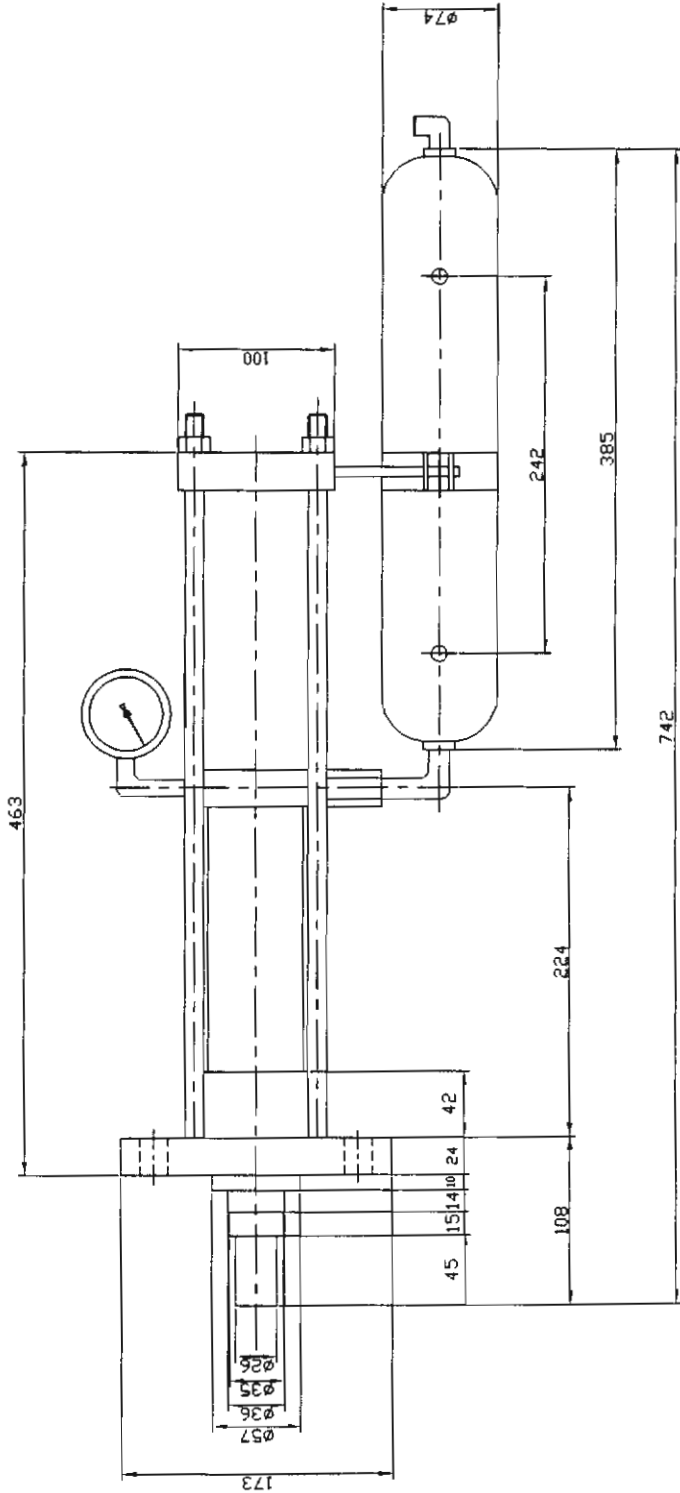
SCALE NTS
DATE 17/11/97
NO.



DETAIL 9

	TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE	RDE JOB	DESCRIPTION	PRJ.NO.	ITEM NO.	QTY. 1	MATERIAL	S45C	NOTE	
	PREMIER GROUP OF COMPANIES	DRAWING NO. DRAWING FILE. CAULKING ASSEMBLY-D0	COLUMN (CAULKING)	TRF6/4/FEECLK	PRJ.NAME : Automatic feeder and Couking	DRAWN. PC	DESIGNED. PJ	CHECKED	SCALE NTS	
									DATE 23/2/08	NO.

DETAIL 10



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMEER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
CAULKING ASSEMBLY-D10

DESCRIPTION
INTENSIFIER

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

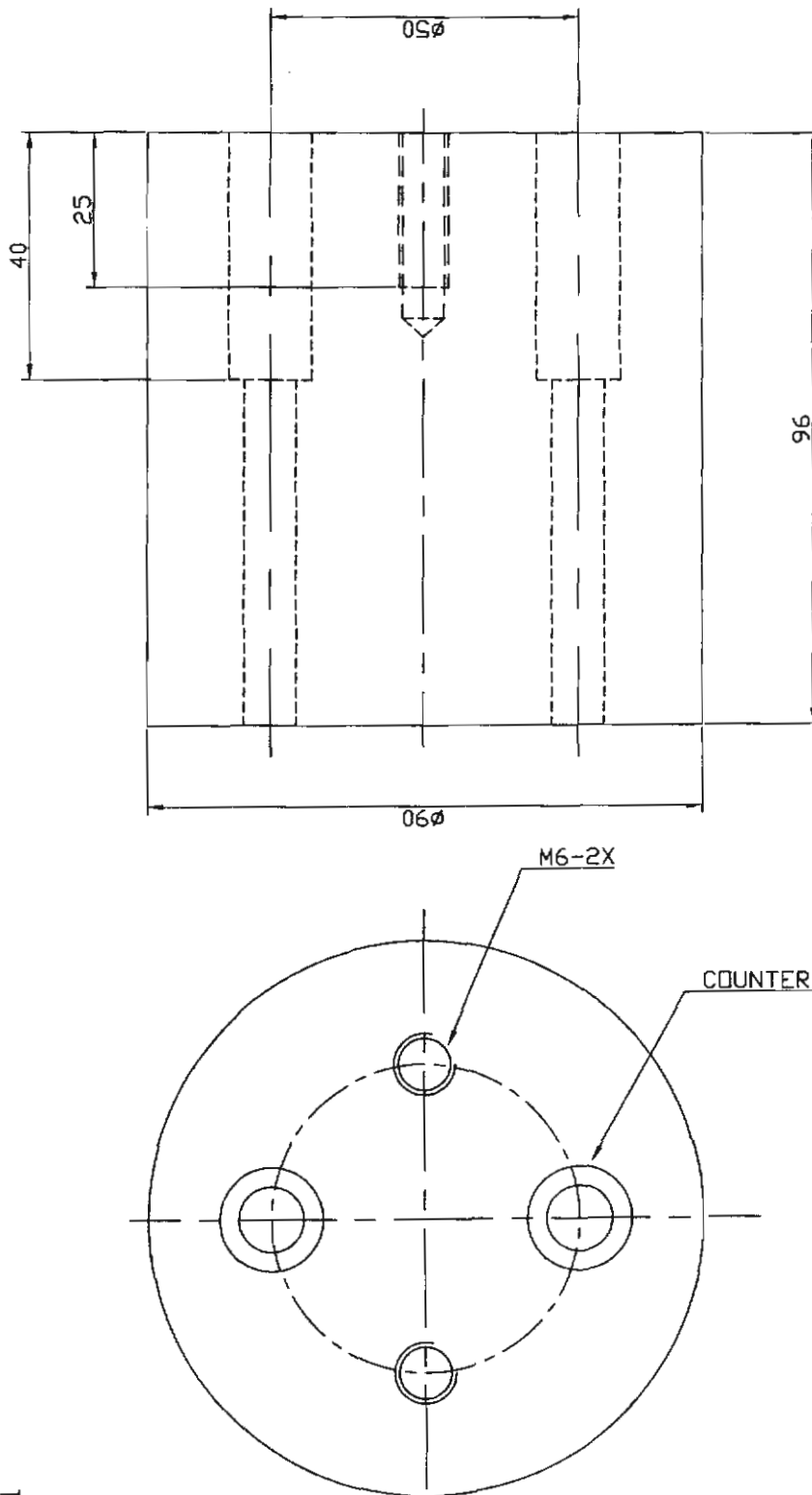
ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic Feeder and
Caulking

QTY. 1

MATERIAL S45C
DRAWN. BJ
DESIGNED. PJ

NOTE
CHECKED
DATE 26/1/41
SCALE NTS
NO.

DETAIL 11



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMEER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

CAULKING ASSEMBLY-D11

DESCRIPTION

BASE SUPPORT CAULKING

ITEM NO.

PRJ.NO.
TRF64/FEEDCLX

QTY. 1

PRJ.NAME : Automatic Feeder
and Caulking

DRAWN. BJ

DESIGNED. PI

CHECKED

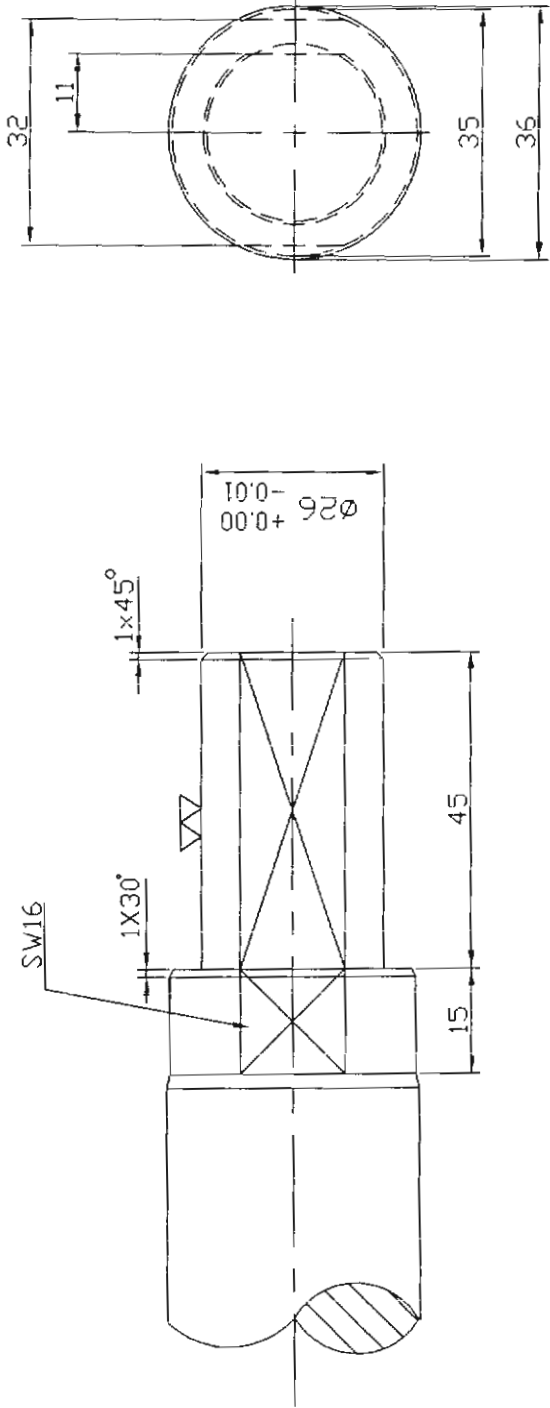
DATE 23/2/98

NOTE

SCALE NTS

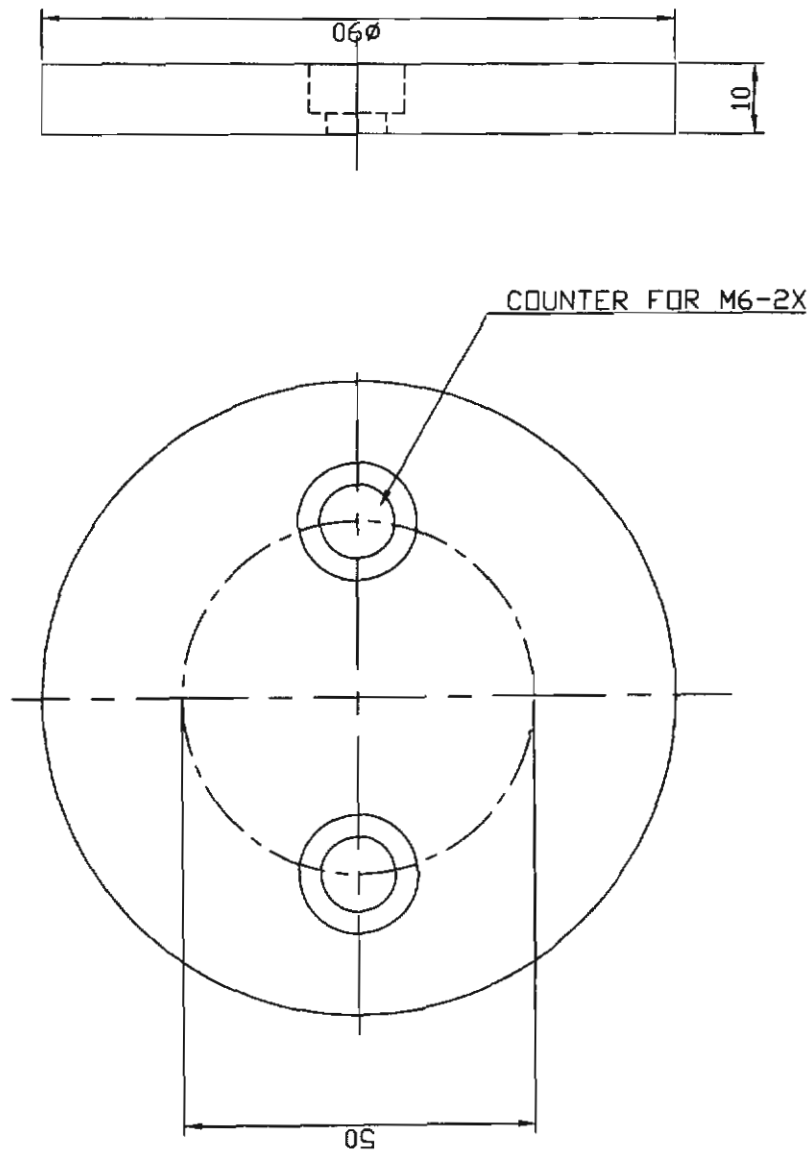
NO.

DETAIL 12



 TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE PREMIER GROUP OF COMPANIES	RDE JOB DRAWING NO.		DESCRIPTION INTENSIFIER SHAFT	ITEM NO.	QTY. 1	MATERIAL S45C		NOTE	
	DRAWING FILE.					DRAWN. BJ	CHECKED		SCALE NTS
	CAULKING ASSEMBLY-D12								
	PRJ.NO.								
TRFE/4/FEEDBLK									

DETAIL 13



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

CAULKING ASSEMBLY-D13

DESCRIPTION

BLOCK

ITEM NO.

PRJ.NO.
TR6/4/FEEDCLX

QTY.1

PRJ.NAME : Automatic Feeder
and Caulking

DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

MATERIAL S45C

CHECKED

DATE 23/2/98

NOTE

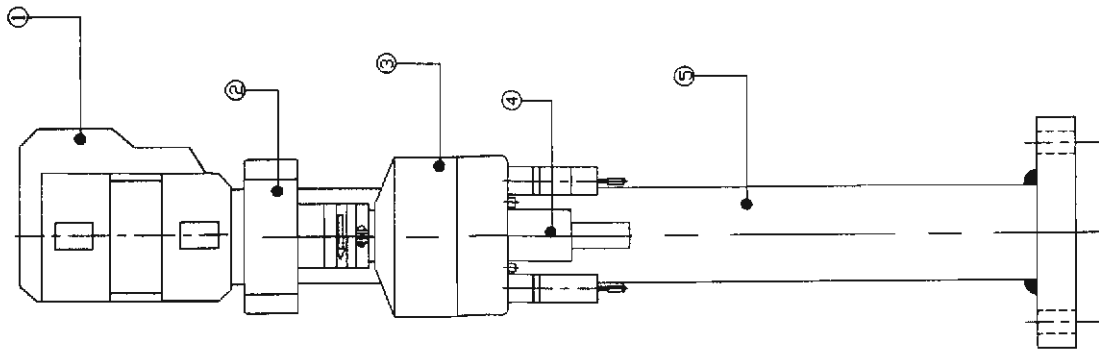
SCALE NTS

NO.

-

ภาคผนวก 4.8 แบบชุดตีป่าเกลียว

- Tapping assembly
- Tapping M/C
- Clamp for Tapping
- Twin tap head
- Clamp pin unit
- Clamp pin
- Clamp holder
- Spacer
- Clamp holder
- Column (Tapping)



เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลบอลเวิลด์กรุ๊ป จำกัด

ITEM	PART NAME	QTY.	MATERIAL	REMARK
5	COLUMN(tapping)	1	S45C	-
4.4	CLAMP HOLDER	2	S45C	-
4.3	SPACER	1	S45C	-
4.2	CLAMP HOLDER	1	S45C	-
4.1	CLAMP PIN	1	S45C	-
4	CLAMP PIN UNIT	1	S45C	-
3	TWIN TAP HEAD	1	-	-
2	CLAMP FOR TAPPING	1	S50C	-
1	TAPPING M/C	1	-	-



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PREMIER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE,
TAPPING ASSEMBLY

DESCRIPTION

TAPPING ASSEMBLY

PRJ.NO.

TRF5/4/FEEDECLK

ITEM NO.

PRJ.NAME : Automatic
feeder and
caulking

DRAWN. BJ

DESIGNED. PT

CHECKED

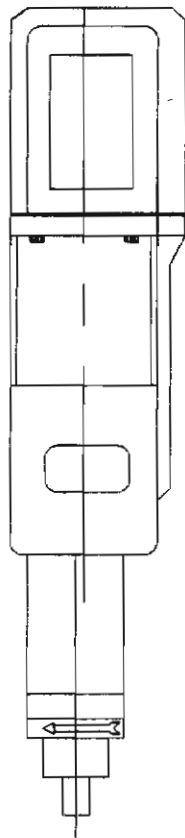
DATE 23/2/08

NOTE

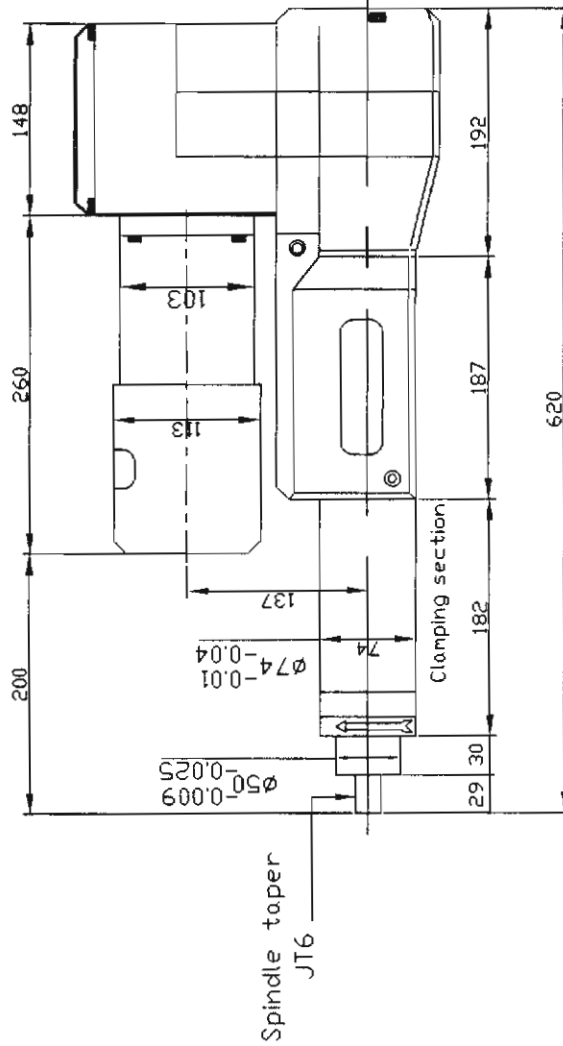
SCALE NTS

NO.

DETAIL 1



Lead hole for drive cable(G 1/2)
Lead hole for control cable(G 1/2)



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMEER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
TAPPING ASSEMBLY-D1

DESCRIPTION

TAPPING M/C

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME : AUTOMATIC
FEEDER AND
CAULKING

QTY. 1

DRAWN. BJ
DESIGNED.

MATERIAL

CHECKED

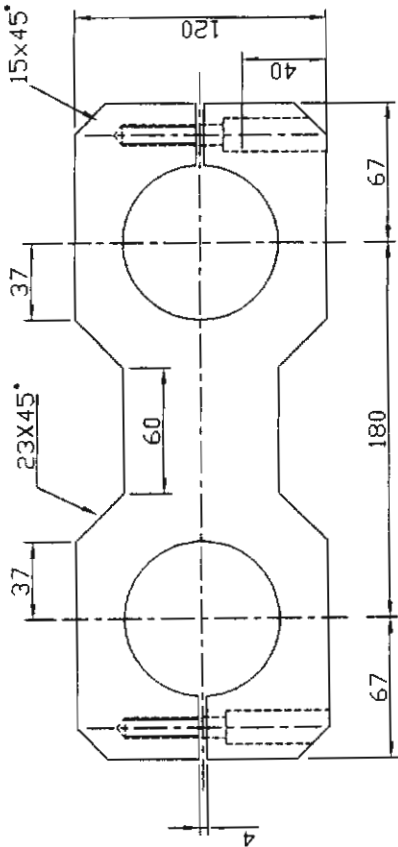
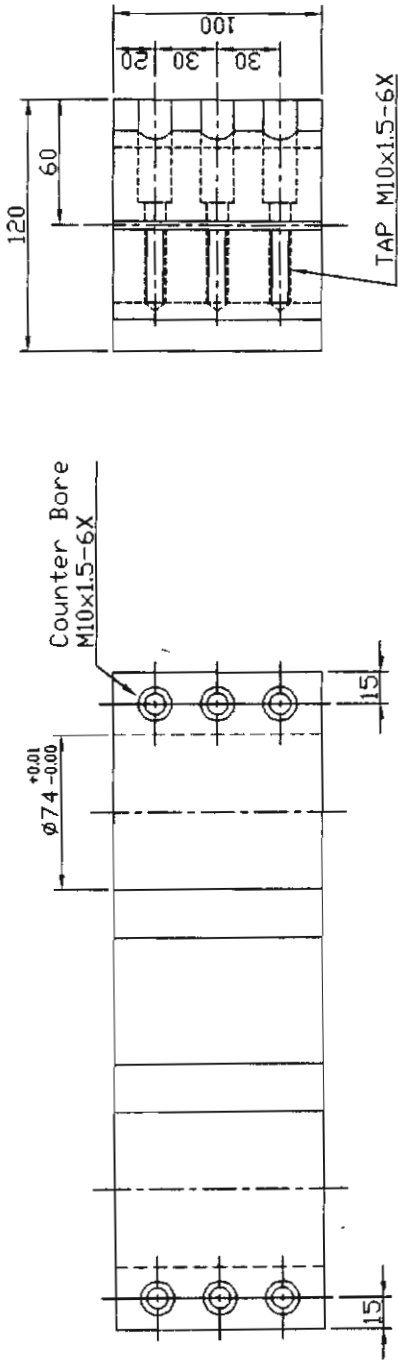
DATE 20/1/41

NOTE

SCALE

NO.

DETAIL 2



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

R&D JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
TAPPING ASSEMBLY-D2

DESCRIPTION
CLAMP FOR TAPPING

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.
PRJNAME :
Automatic feeder
and Caulking

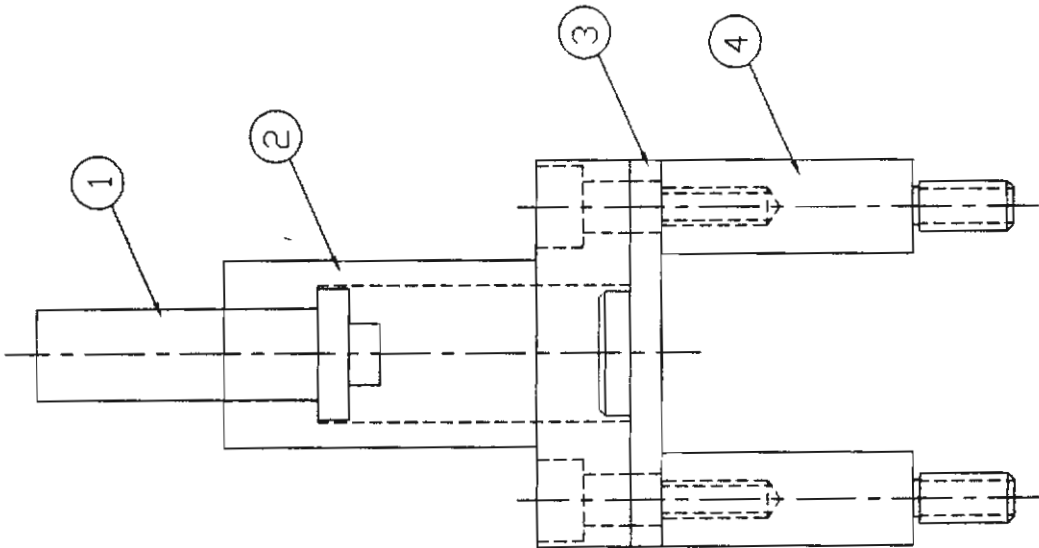
QTY. 1

MATERIAL S50C

NOTE

SCALE NTS

NO.



DETAIL 4



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE.

TAPPING ASSEMBLY-D4

DESCRIPTION

CLAMP PIN UNIT

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME :Automatic feeder
and Couling

QTY. 1

DRAWN. PC

DESIGNED. BI

MATERIAL

CHECKED

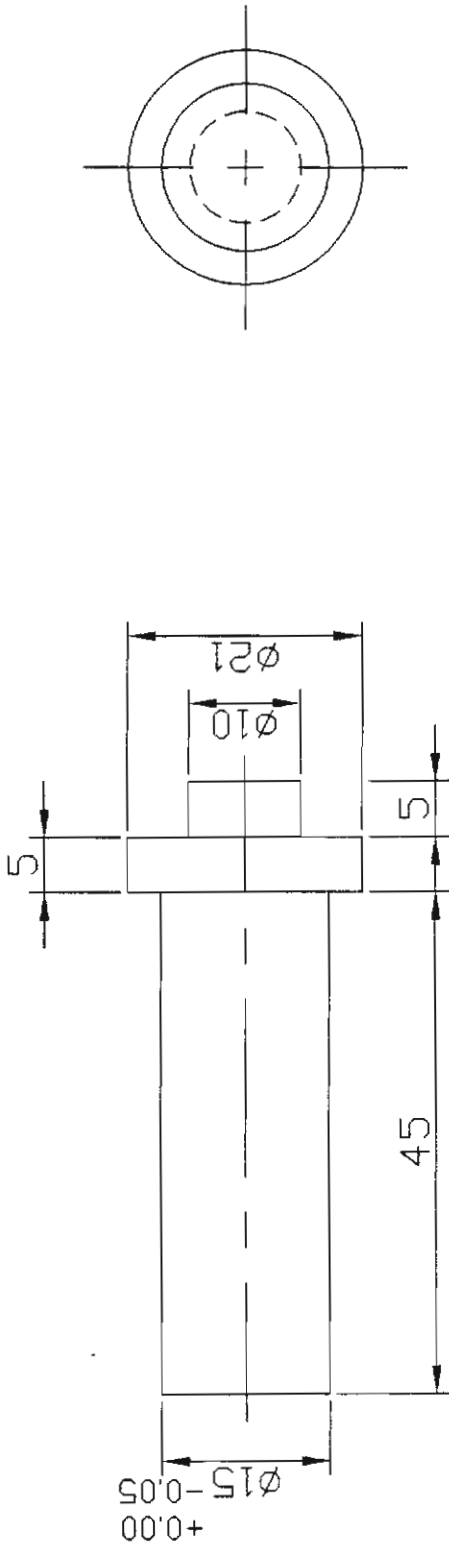
DATE

NOTE

SCALE NTS

mm

DETAIL 4.1



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

R&D JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
TAPPING ASSEMBLY-4.1

DESCRIPTION
clamp pin

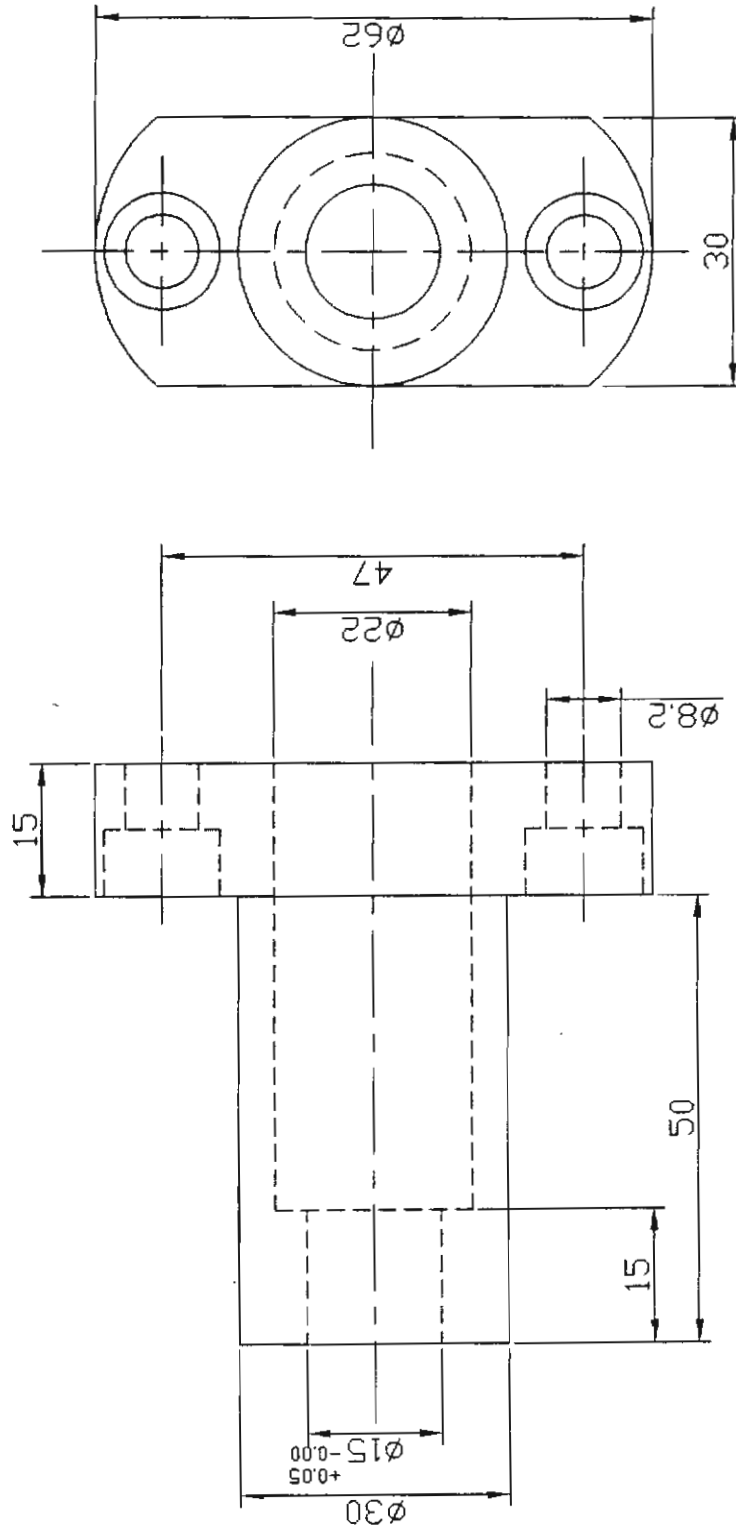
PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic feeder
and Cuckling

QTY. 1
DRAWN. PC
Inchuan

MATERIAL S45C
CHECKED
DATE

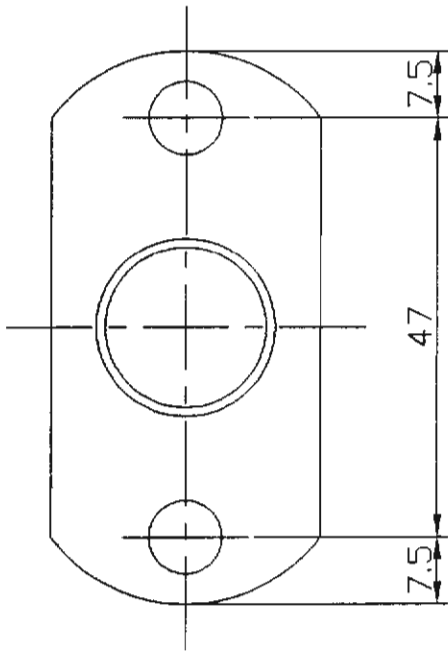
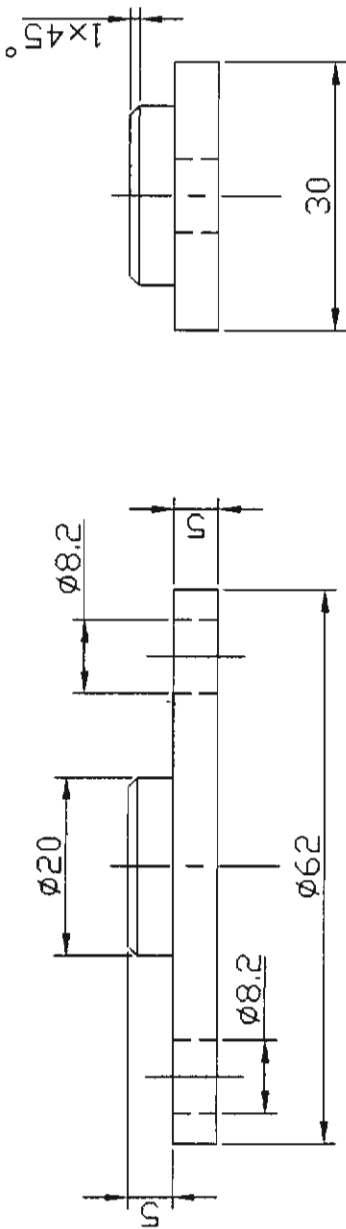
NOTE
SCALE NTS



DETAIL 4.2

	TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE	RDE JOB		DESCRIPTION clamp holder	PRJ. NO. TRF6/4/FEEDCLK	ITEM NO.	QTY. 1	MATERIAL	S45C	NOTE
	DRAWING NO.		PRJ. NAME : Automatic Feeder and Caulking			DRAWN. PC	CHECKED	SCALE NTS		
	DRAWING FILE.					DESIGNED. 99	DATE 99. 12. 22	1/10		
PRIMER GROUP OF COMPANIES				TAPPING ASSEMBLY-D4.2						

DETAIL 4.3



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

R/OE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE

TAPPING ASSEMBLY - NA 9

DESCRIPTION

spacer

PRJ. NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ. NAME : Automatic feeder
and Coupling

QTY. 1

DRAWN. PC
DESIGNED. NV

MATERIAL S45C

CHECKED

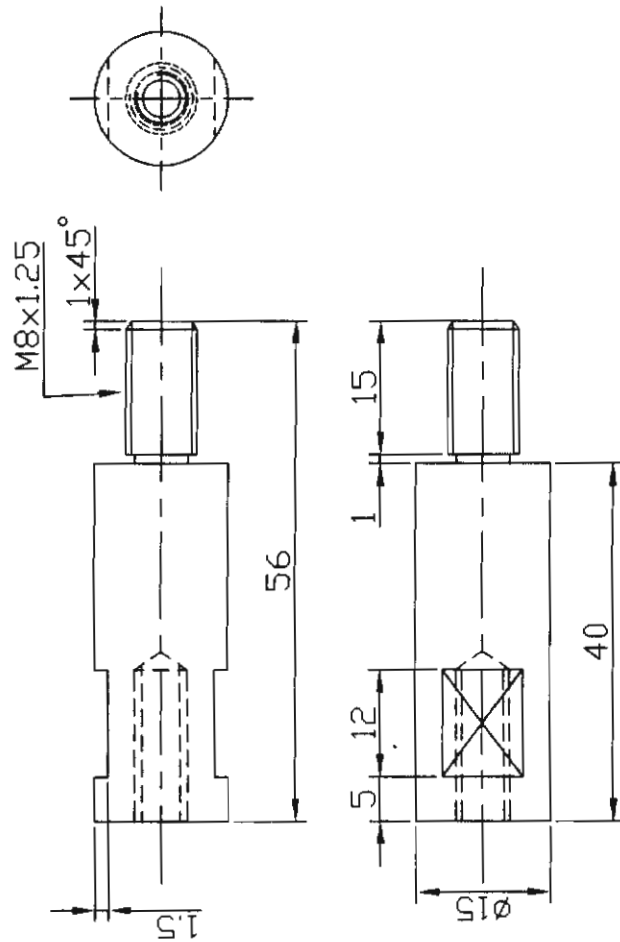
DATE 11/11/10

NOTE

SCALE NTS

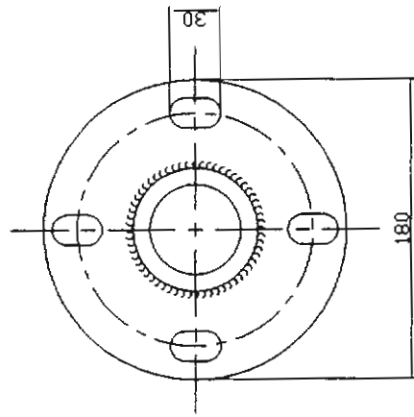
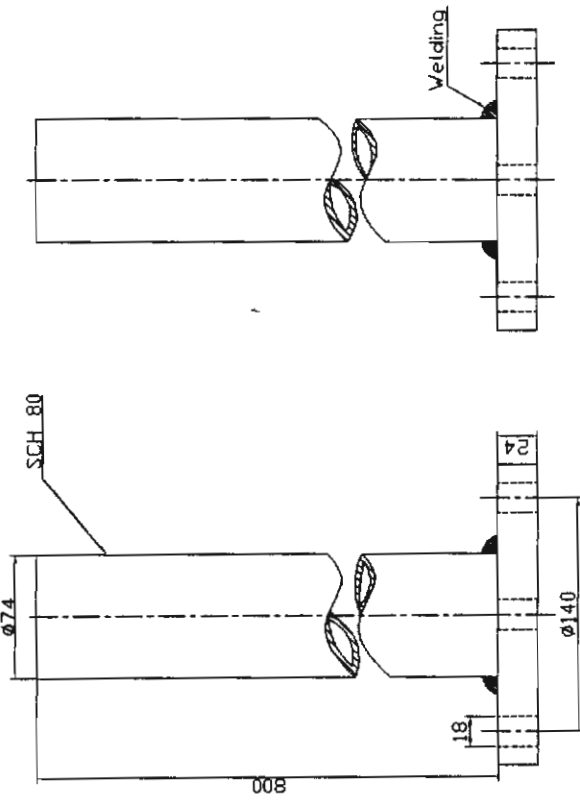
NO.

DETAIL 4.4



	TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE	RDE JOB		DESCRIPTION clamp holder	PRJ.NO. TRF6/4/FEEDCLK	ITEM NO.	QTY. 2	MATERIAL S45C	NOTE
	PREMIER GROUP OF COMPANIES	DRAWING NO.							
		DRAWING FILE.							
		TAPPING ASSEMBLY-D4.4							

DETAIL 5



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE
PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE
TAPPING ASSEMBLY-DS

DESCRIPTION
COLUMN(TAPPING)

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic feeder
and Coking

QTY. 1

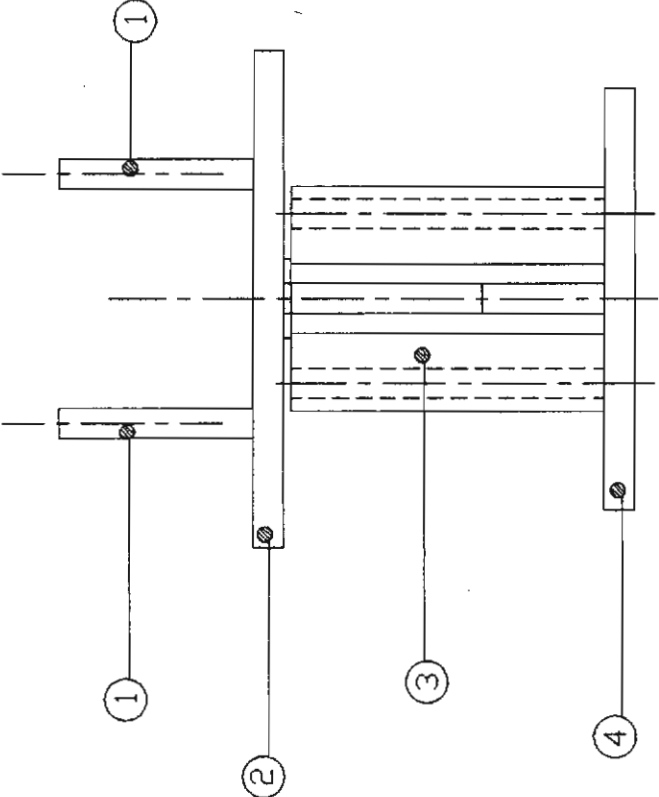
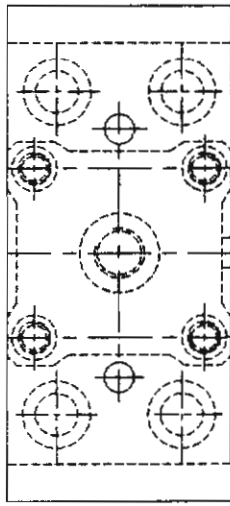
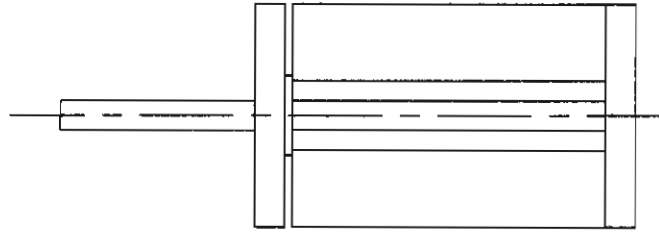
MATERIAL
DRAWN. PC
INSP/EN

NOTE
CHECKED
DATE

SCALE NTS

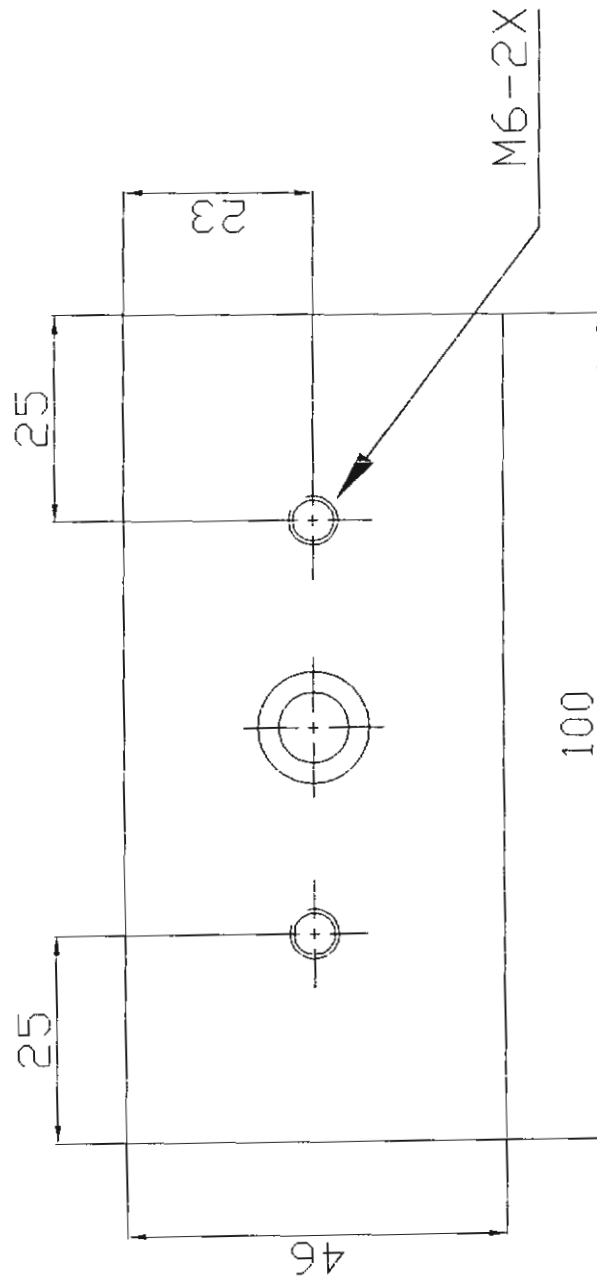
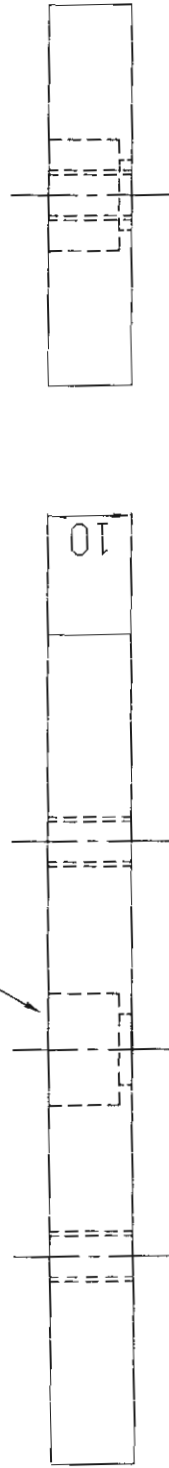
ภาคผนวก 4.9
แบบชุดถอดชิ้นงานออกจากจิ๊ก

- Ejector assembly
- Ejector pin
- Plate for locking ejector pin
- Plate for locking compact cylinder and table

			RDE JOB DRAWING NO.	DESCRIPTION EJECTOR ASSEMBLY	PRJ.NO. TRF6/4/FEEDCLK	ITEM 4	PLATE FOR LOCKING COMPACT CYLINDER AND TABLE	1	S45C	-	
			TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE				DRAWING FILE.	SCALE NTS			
PRJ.NAME : Automatic feeder and							ITEM NO.	QTY.	MATERIAL	CHECKED	DATE
EJECTOR PIN							1	2	S45C	S45C	REMARK
COMPACT CYLINDER MODEL CDQ2B32-40D							1	1	-	SMC	-
PLATE FOR LOCKING EJECTOR PIN							1	1	S45C	-	-

DETAIL 2

counter bore for M8



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

JOB NO.
DRAWING NO.
DRAWING FILE
EJECTOR ASSEMBLY-D2

DESCRIPTION
PLATE FOR LOCKING
EJECTOR PIN

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.
PRJ.NAME : Automatic
feeder and
mulching

QTY. 1

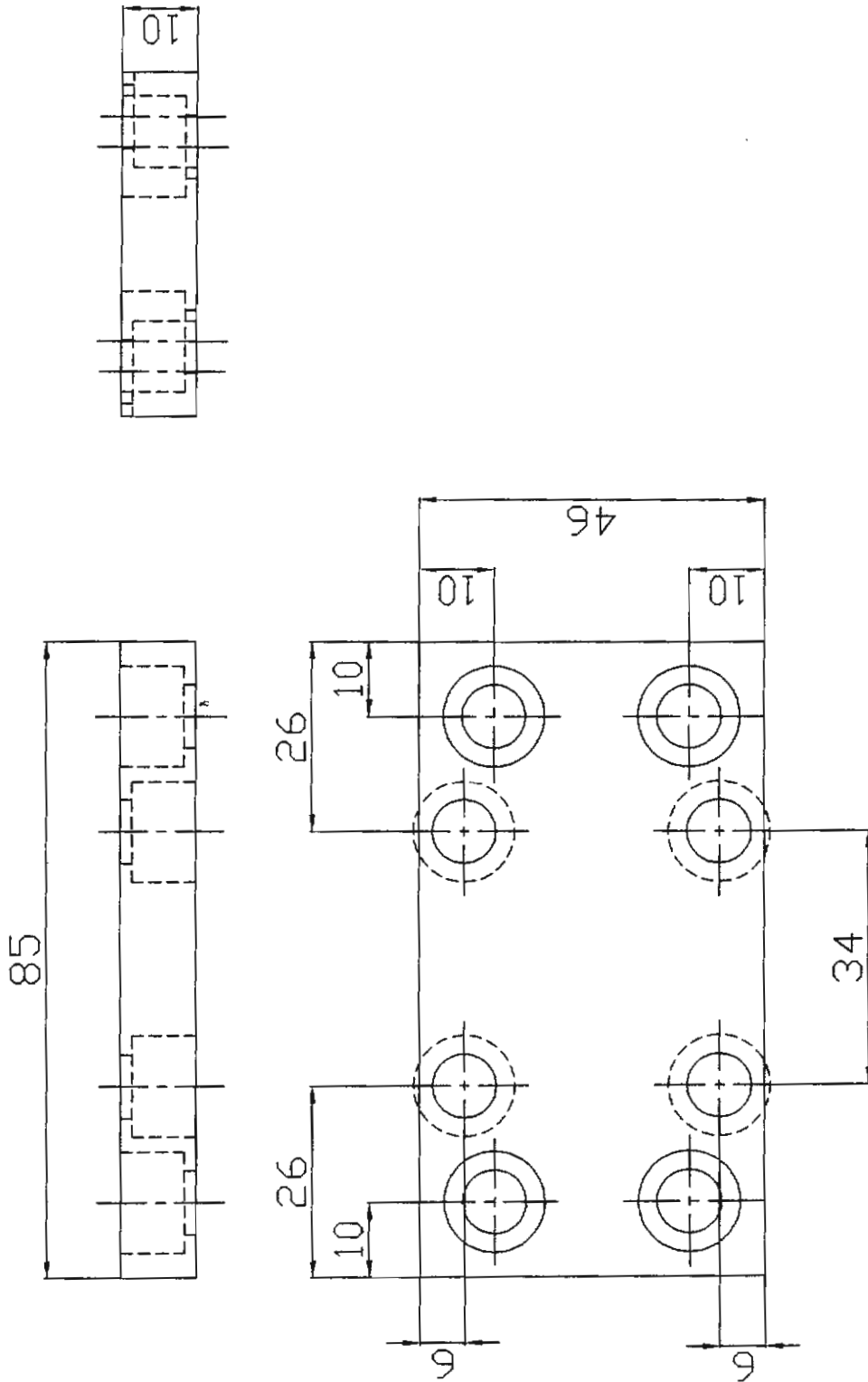
MATERIAL
S45C

DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

CHECKED
DATE 11/10/14

NOTE
SCALE NTS
NO.

DETAIL 4



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RCE JOB
DRAWING NO.

DRAWING FILE
EJECTOR ASSEMBLY-D4

DESCRIPTION

PLATE FOR LOCKING COMPACT
CYLINDER AND TABLE

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME : Automatic
feeder and
rotation

QTY. 1

Automatic
feeder and
rotation

MATERIAL S45C

CHECKED

DATE

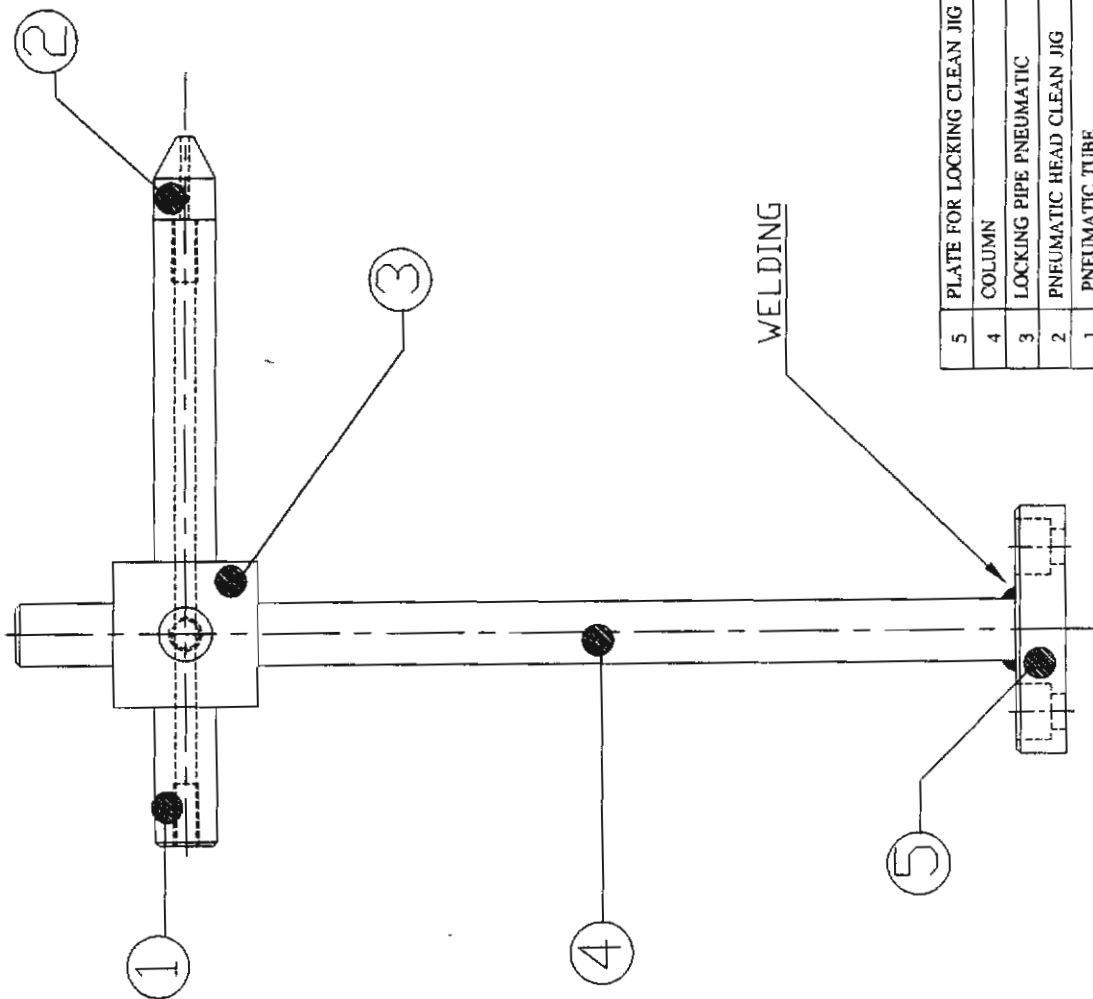
NOTE

SCALE NTS

mm

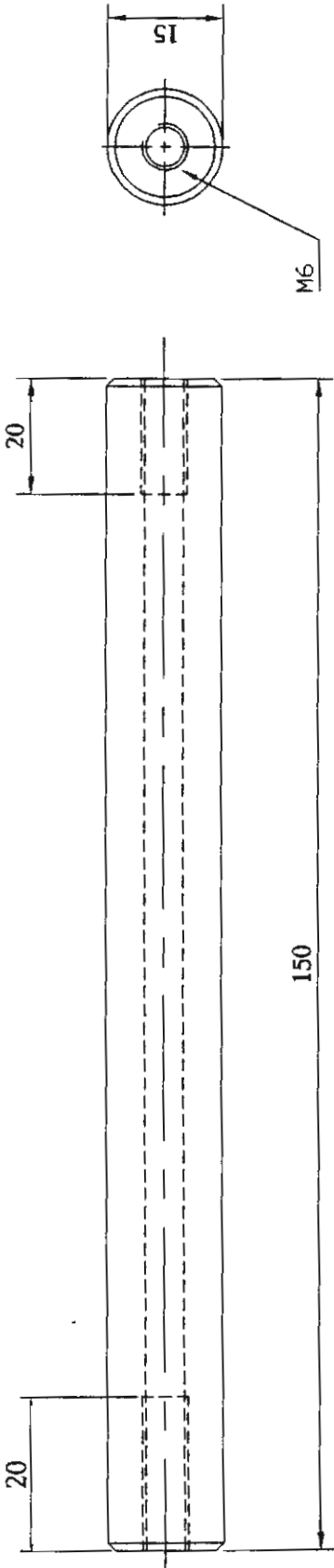
ภาคผนวก 4.10
แบบชุดทำความสะอาดจิก

- Clean jig assembly
- Pneumatic pipe
- Pneumatic head clean jig
- Locking pipe pneumatic and column
- Column
- Plate for locking clean jig assembly with table



ITEM	ITEM NO.	QTY.	PART NAME	MATERIAL	QTY	MATERIAL	REMARK
5			PLATE FOR LOCKING CLEAN JIG ASSEMBLY WITH TABLE		1	STEEL	-
4			COLUMN		1	STEEL	-
3			LOCKING PIPE PNEUMATIC		1	STEEL	-
2			PNEUMATIC HEAD CLEAN JIG		1	STEEL	-
1			PNEUMATIC TUBE		1	STEEL	-
EDCLK	PRJNAME : Automatic feeder and		DRAWN. BJ	CHECKED		SCALE	NTS

DETAIL 1



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PRIMER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
CLEAN JIG ASSEMBLY-D1

DESCRIPTION

PNEUMATIC PIPE

PRJ.NO.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME : Automatic
feeder and

QTY. 1

DRAWN. BJ

DESIGNED

MATERIAL

STEEL

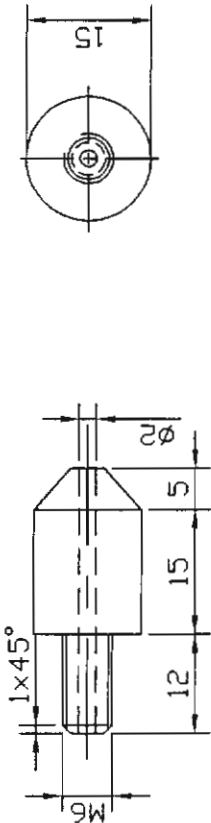
CHECKED

DATE

NOTE

SCALE NTS

DETAIL 2



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

RDE - JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.

DESCRIPTION
PNEUMATIC HEAD CLEAN JIG

PRJ.NO.
TRF6/4/FFFF01 K

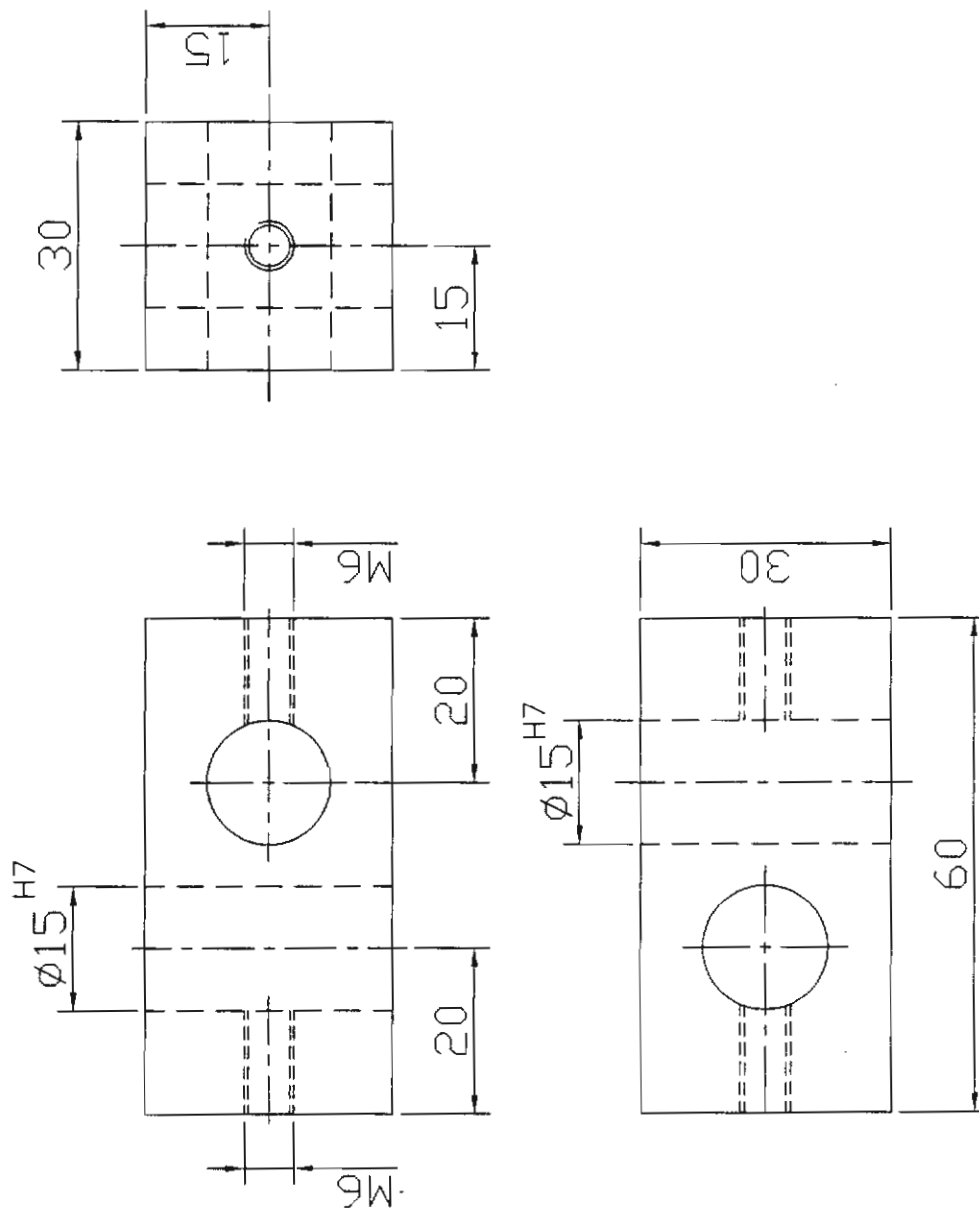
ITEM NO.
QTY. 1
PRJNAME : Automatic

MATERIAL
STEEL
DRAWN. BJ

CHECKED

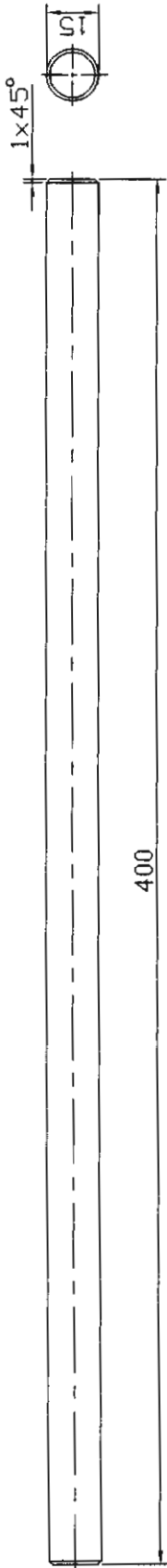
NOTE
SCALE NTS

DETAIL 3



 TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE PREMIER GROUP OF COMPANIES	RCE JOB	DESCRIPTION LOCKING PIPE PNEUMATIC AND COLUMN TRF6/4/FEEDCLK	PRJ.NO. TRF6/4/FEEDCLK	ITEM NO.	QTY. 1	MATERIAL	STEEL	NOTE		
	DRAWING NO.			PRJNAME : Automatic feeder and coupling		DRAWN. BJ	CHECKED		SCALE	NTS
	DRAWING FILE.					DESIGNED. PI	DATE		18/2/08	NO.
	CLEAN JIG ASSEMBLY-D3									

DETAIL 4



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE
PREMIER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
CLEAN JIG ASSEMBLY-D4

DESCRIPTION
COLUMN

PRJ.NO.
TRF6/4/FEEDCLK

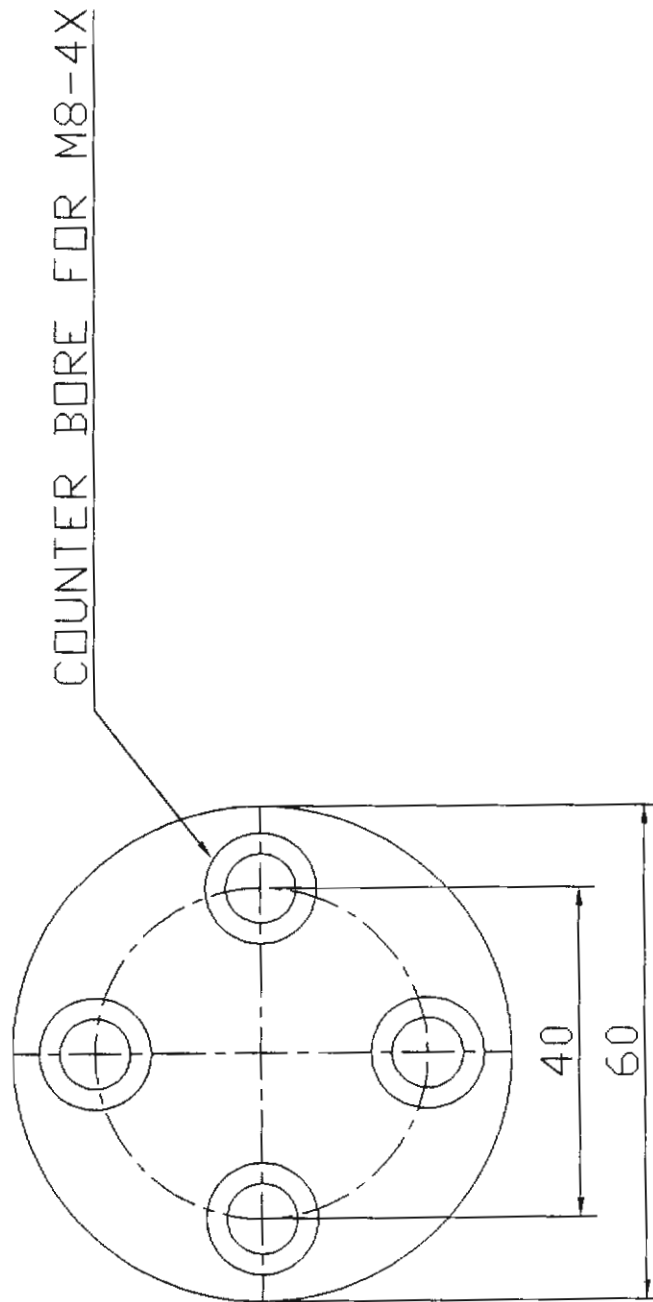
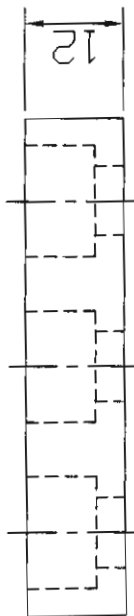
ITEM NO.
QTY. 1
PRJ.NAME : Automatic
feeder and
colling

MATERIAL
STEEL
DRAWN. BJ
DESIGNED. PI

CHECKED
DATE 18/2/98

NOTE
SCALE NTS
NO.

DETAIL 5



TECHNOLOGY
DEVELOPMENT
OFFICE

PREMIER GROUP OF COMPANIES

RDE JOB
DRAWING NO.
DRAWING FILE.
CLEAN JIG ASSEMBLY-D6

DESCRIPTION

PLATE FOR LOCKING CLEAN
JIG ASSEMBLY WITH TABLE

PRJ.NC.

TRF6/4/FEEDCLK

ITEM NO.

PRJ.NAME : Automatic
feeder and

QTY. 1

MATERIAL

STEEL
DRAWN. BJ
REFERENCE -

CHECKED

NOTE

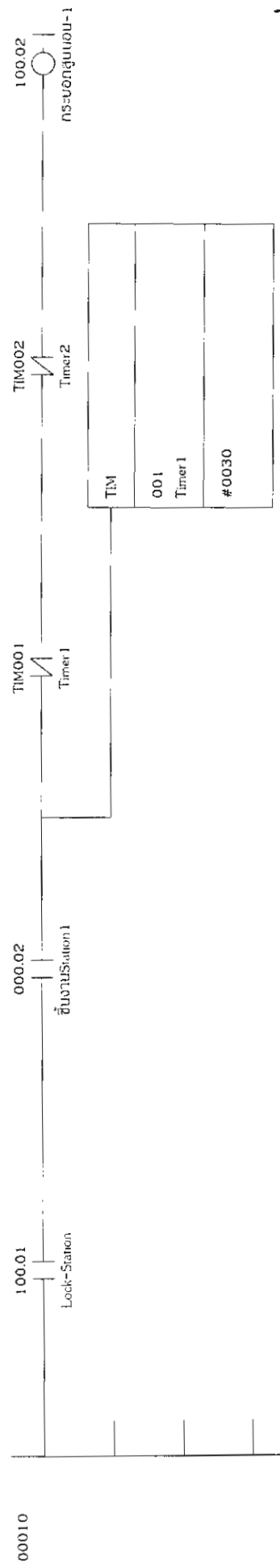
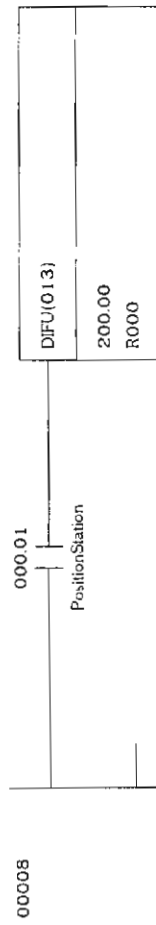
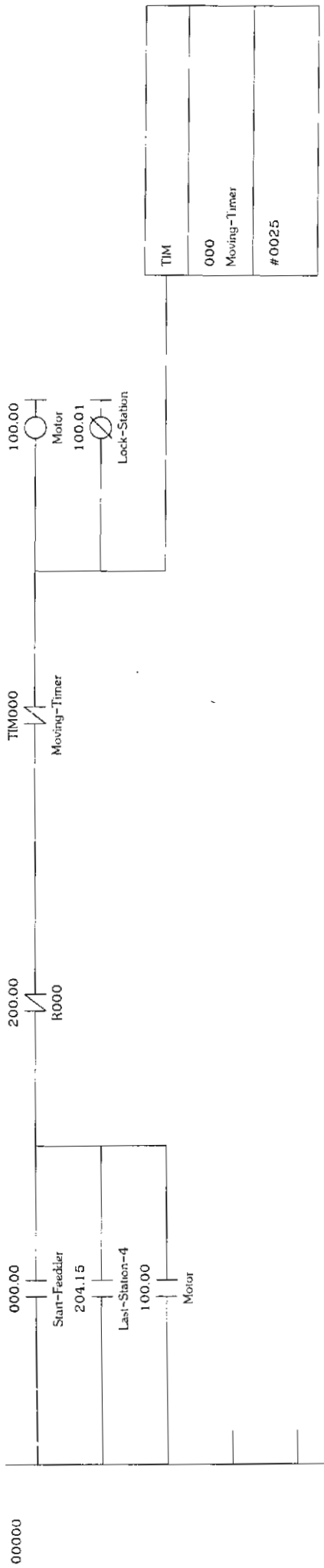
SCALE NTS

ภาคผนวก 4.11
ผังโปรแกรม PLC (Ladder Diagram)

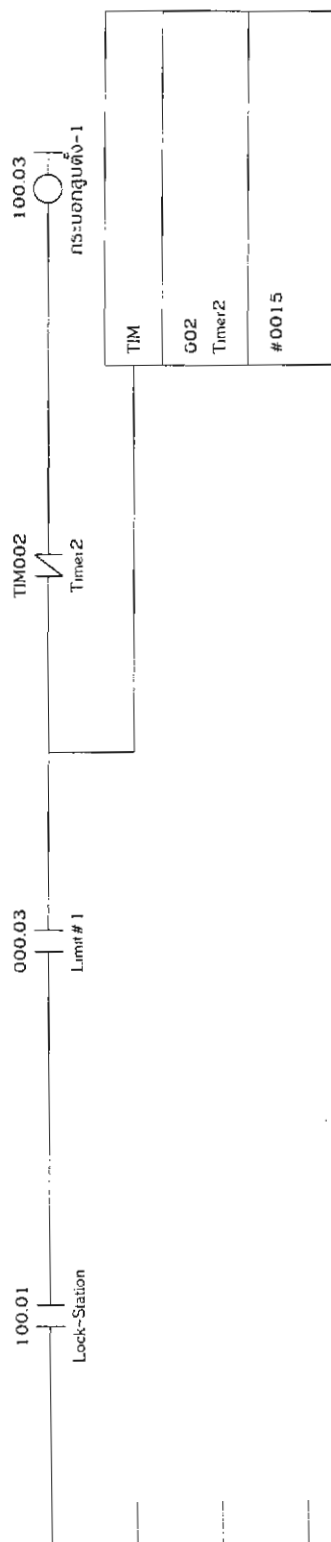
OMRON - SYSWIN	
Project Name	FEEDV100.SWP
PLC Type	CQM1
Company	TDO/PGC
Plant	SUE
Project	Auto Feeder Caulking
Version	1.00
Promotion	PLC-OMRON-CQM1
Date	1/16/98 9:56:36 AM

Contents

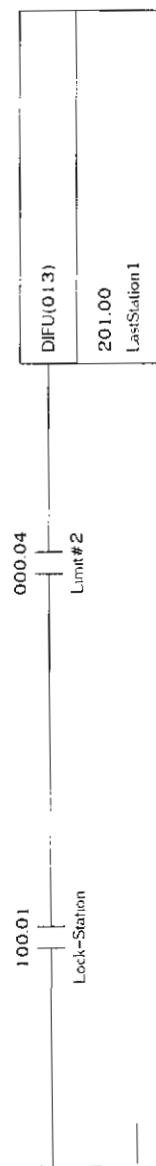
Main 1 -



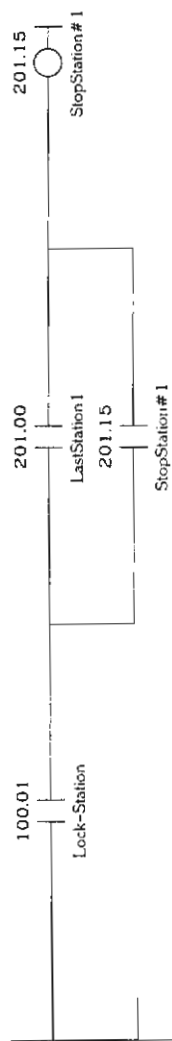
00016



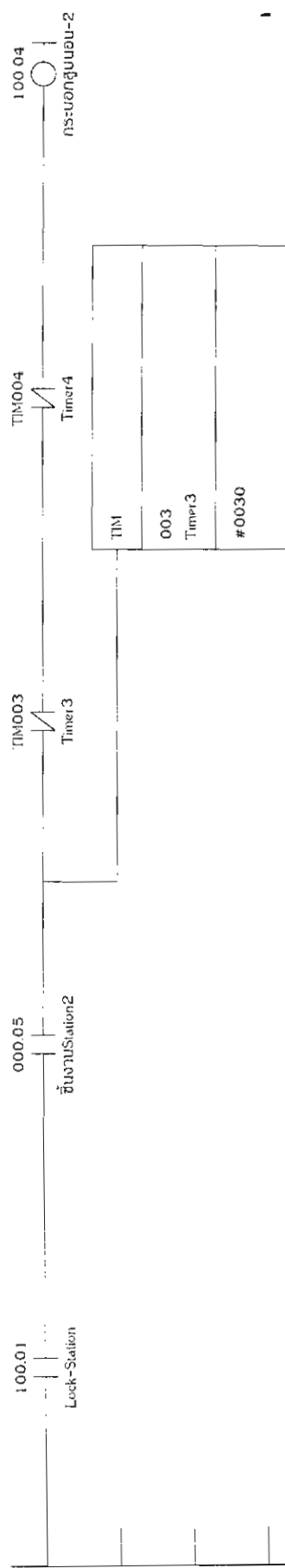
00025



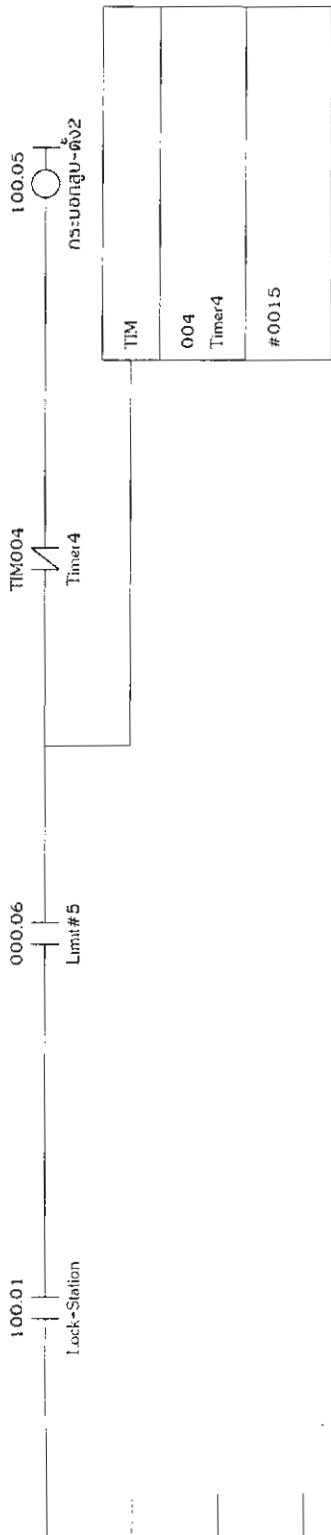
00026



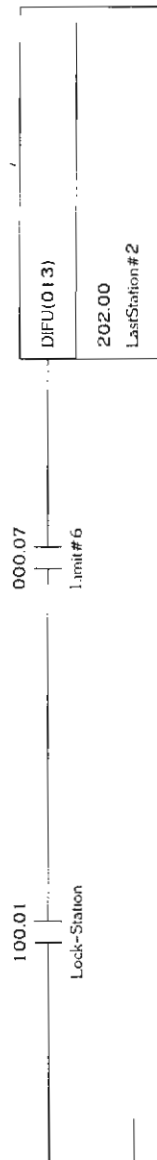
00033



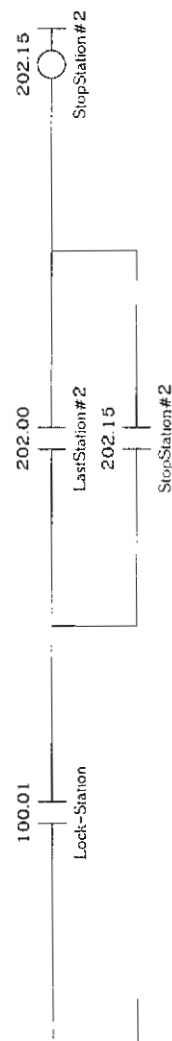
00041



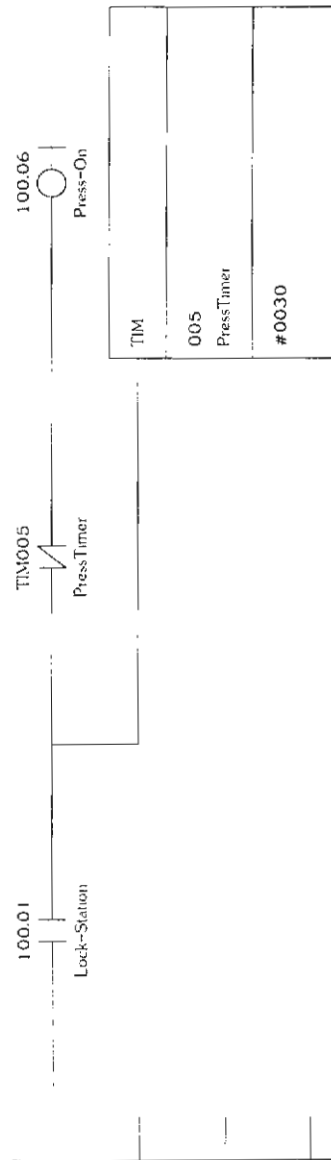
00048



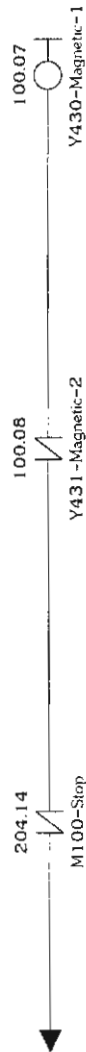
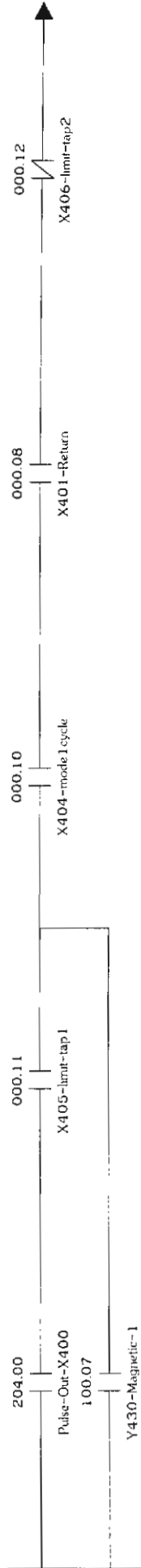
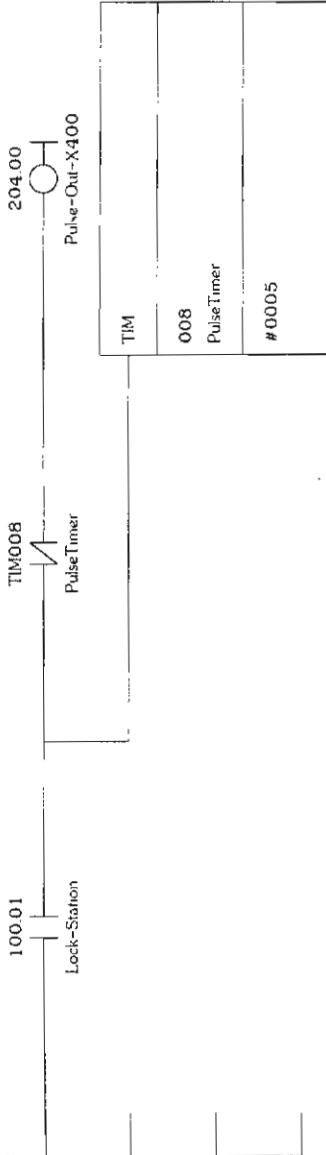
00051



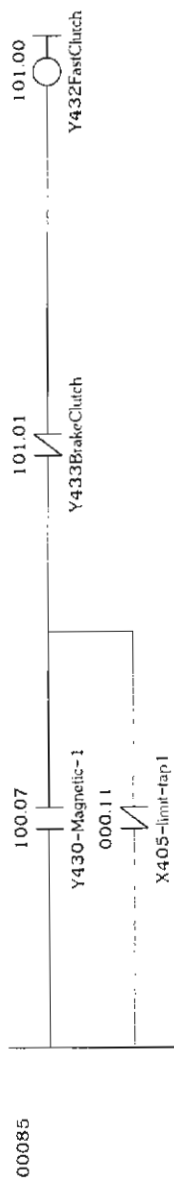
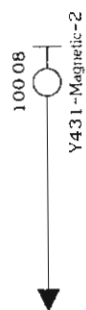
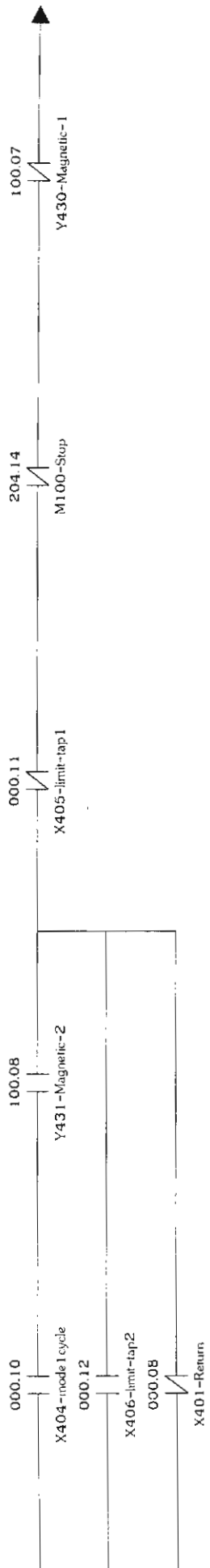
00056



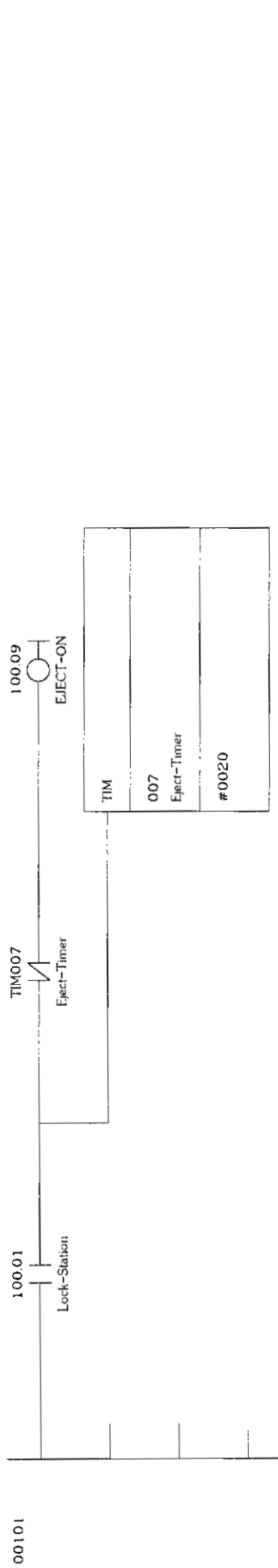
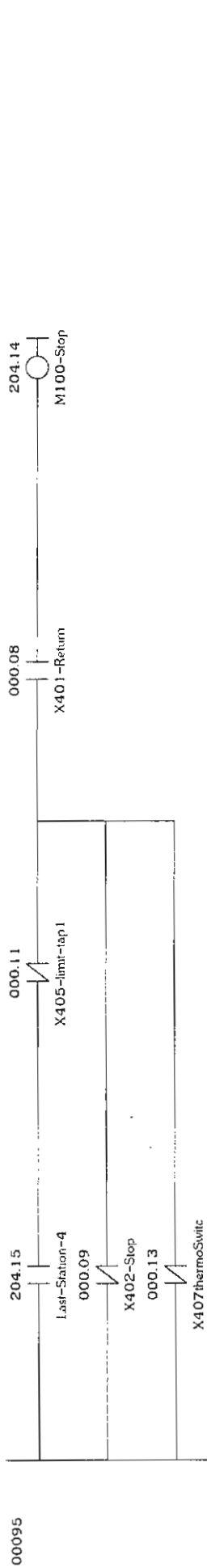
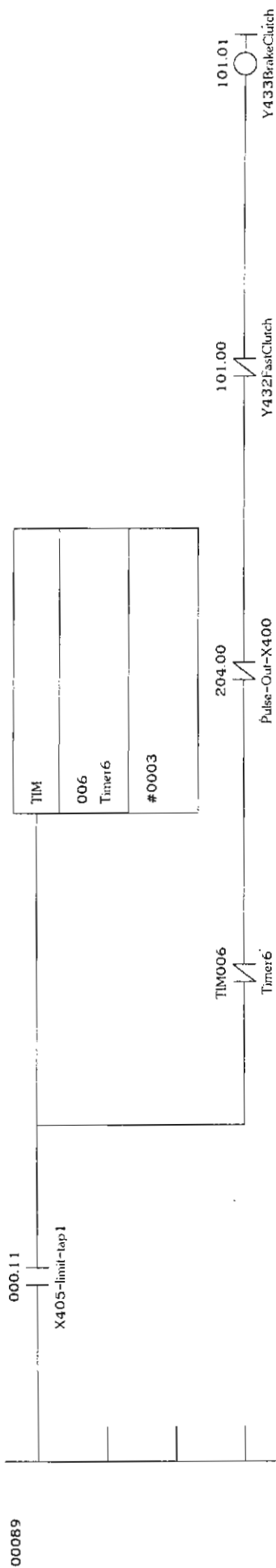
00062



เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท ฟรีเมียร์โกลเบลคอร์เปอเรชั่น จำกัด



เอกสารปกปิดของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบิลคอร์เปอร์เรชั่น จำกัด



โครงการ Thermoforming of Inner Liner of Refrigerator

TRF 6/5/THFRM

โครงการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปถังในตู้เย็น

TRF 6/5/THFRM

สรุปโครงการ

บริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล อิเล็กทริก จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทที่ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าหลายชนิด ตู้เย็นเป็นผลิตภัณฑ์หลักสำคัญที่ทำรายได้ให้กับบริษัท และมีกำลังผลิตประมาณ 100,000 ตู้/เดือน การขึ้นรูปถังในตู้เย็นนับเป็นกระบวนการหนึ่งในการผลิตตู้เย็นที่ต้องควบคุมคุณภาพและลดของเสียจากการผลิตให้น้อยที่สุด แต่เนื่องจากเครื่องขึ้นรูปถังในตู้เย็นที่ใช้อยู่เดิมเป็นระบบเก่าซึ่งใช้งานมานานกว่า 20 ปีแล้ว และจำเป็นต้องใช้แผ่นพลาสติกวัตถุดิบประเภท HIPS และ ABS ความหนา 4 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นความหนาที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาชิ้นงานเสียเนื่องจากผนังโครงในตู้เย็นหลังขึ้นรูปบางเกินไป แต่ถ้านำมาปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปถังในตู้เย็นให้ดีขึ้น ก็สามารถลดความหนาของพลาสติกวัตถุดิบได้ก็จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้อย่างมาก โครงการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปถังในตู้เย็นมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อดัดแปลงกระบวนการเดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และสามารถปรับลดความหนาของพลาสติกวัตถุดิบที่ใช้ให้บางที่สุดโดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาชิ้นงานเสียเกินกว่า 5 % ของจำนวนการผลิตทั้งหมด เป้าหมายในการลดความหนาของแผ่นพลาสติกคือให้มีความหนา 3.8 มิลลิเมตรเป็นอย่างน้อย

โครงการนี้ได้เริ่มขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2536 เริ่มจากการศึกษาสาเหตุของปัญหาที่ทำให้ต้องใช้พลาสติกวัตถุดิบที่มีความหนามากถึง 4 มิลลิเมตร และพบว่าสาเหตุสำคัญมาจาก ระบบการควบคุมอุณหภูมิแบบเดิมซึ่งใช้เทคนิคการควบคุมโดยใช้การปรับค่าเวลาควบคุมการเปิดปิดฮีตเตอร์ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้การควบคุมอุณหภูมิขาดเสถียรภาพในการปรับแต่งอุณหภูมิให้สม่ำเสมอตลอดทุกช่วงเวลาการทำงานจึงได้สร้างชุดแสดงผลอุณหภูมิจริงด้วยคอมพิวเตอร์ เรียกว่า RTMS (Realtime Thermal Monitoring System) มาใช้ในการศึกษาลักษณะความแปรปรวนของอุณหภูมิภายในเตา และพบปัญหาของอุณหภูมิที่แปรปรวนบริเวณข้างเตา จึงได้สร้างชุดปิดลมเข้าเตาขึ้นมาแก้ปัญหาดังกล่าว ขณะเดียวกันก็ได้สร้างชุดควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติขึ้นมาใช้งาน จำลองการควบคุมอุณหภูมิการขึ้นรูปโดยช่างผู้ชำนาญการมาเป็นระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งต้องควบคุมอุณหภูมิจึง 154 จุด และได้ทดสอบการใช้งานจนสามารถใช้งานได้จริงได้ ปัจจุบันได้ติดตั้งระบบเสร็จสมบูรณ์ที่บริษัท ชันโยฯ (กบินทร์บุรี)

ผลสรุปของโครงการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปถังในตู้เย็น นับว่าประสบความสำเร็จในการดำเนินงานโดยบรรลุวัตถุประสงค์ที่วางไว้ จากการทดสอบพบว่าระบบใหม่สามารถลดความหนาของพลาสติกวัตถุดิบได้เหลือ 3.8 มิลลิเมตร โดยพนักงานชันโยก็สามารถใช้งานในระบบใหม่ได้สะดวกขึ้น และช่วยลดของเสียจากกระบวนการผลิตลงเหลือ 3.9%

บทนำ

โครงการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปถังในตู้เย็น (Thermofforming of Inner Liner of Refrigerator) เป็นโครงการร่วมมือระหว่างสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี (Technology Development Office, TDO) บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์เปอร์เรชั่น จำกัด ที่จะสร้างและพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิตถังในตู้เย็นให้กับ บริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล อีเล็คทริก จำกัด (มหาชน) (Sanyo Universal Electric Public Company Limited, SUE) ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตตู้เย็น โทร และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ส่งขายทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยได้ทุนสนับสนุนส่วนหนึ่งจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว) (The Thailand Research Fund, TRF) ฝ่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการผลิตและบริการ และอีกส่วนหนึ่งจาก บริษัท ชันโยฯ

โครงการนี้มุ่งเน้นที่จะช่วยให้การผลิตถังในตู้เย็นมีคุณภาพสูง ลดการสูญเสียของผลผลิต ลดวัตถุดิบพลาสติกจำพวก HPS และ ABS ที่ใช้ฉีดแผ่นวัสดุ โดยการลดความหนาของแผ่นวัสดุที่ใช้ผลิต ในส่วนของ TDO ได้ทำการศึกษาข้อมูลในแต่ละขั้นตอนการผลิต จนสามารถนำผลสรุปมาวิเคราะห์ และดำเนินการแก้ปัญหาที่เตาให้ความร้อน โดยจัดสร้างชุดแสดงผลอุณหภูมิจริง (Real Time Thermal Monitoring System, RTMS) ซึ่งเป็นระบบตรวจวัดอุณหภูมิภายในเตา สร้างชุดควบคุมอุณหภูมิต้นแบบ ควบคุมอุณหภูมิเตา Final Heat

การควบคุมอุณหภูมิเตา Final Heat เป็นการสร้างอุณหภูมิเพื่อกำหนดให้แผ่นวัสดุยืดมากหรือน้อยตาม Design ของ Mould เนื่องจากเตา Final Heat มีการควบคุมอุณหภูมิ 154 โซน ถ้าการควบคุมอุณหภูมิมีประสิทธิภาพ คือ ทุกๆ โซนถูกควบคุมให้มีอุณหภูมิที่พอเหมาะต่อการยืดตัวของแผ่นวัสดุ ก็จะทำให้ถังในตู้เย็นมีความหนาสม่ำเสมอทั่วทั้งใบ ซึ่งเป็นแนวทางในการลดความหนาแผ่นวัสดุลงได้

ในระบบเดิม การควบคุมอุณหภูมิใช้วิธีการตั้งเวลาให้มีการเปิด-ปิดระบบไฟฟ้าเข้า Heater แต่ละโซน โดยสามารถควบคุมระดับของอุณหภูมิ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของเวลา 9 ระดับ เวลา หรือ 90% กล่าวคือ เมื่อต้องการให้มีอุณหภูมิสูงที่โซนใด ก็ตั้งเวลา ON ไว้ให้นานที่โซนนั้น เป็นต้น แต่มีข้อเสียว่า เมื่อแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนไปตามความต้องการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าทั่วไป หรือเวลากลางวัน-กลางคืน แรงดันไฟฟ้าจะมากและน้อยตามไปด้วย ทำให้ค่าอุณหภูมิเปลี่ยนไป Heater ได้รับแรงดันไฟฟ้ามากก็จะร้อนเร็ว และอุณหภูมิสูงตามไปด้วย การควบคุมความหนา-บาง ของแผ่นวัสดุจึงทำได้ยาก

ชุดควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ หลังจากได้สร้างเสร็จและนำไปติดตั้งที่กบินทร์บุรี สามารถลดความหนาของแผ่นพลาสติกจาก 4 มิลลิเมตรเหลือ 3.8 มิลลิเมตรและลดเปอร์เซ็นต์ของเสียจากระบบเดิม 9-15% เหลือ 3.9% จุดเด่นของชุดควบคุมอุณหภูมินี้ คือ เมื่อสร้าง Pattern ของอุณหภูมิในการขึ้นรูปได้ตามต้องการแล้ว สามารถขึ้นรูปได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนค่าของอุณหภูมิอีกเลย

สารบัญ

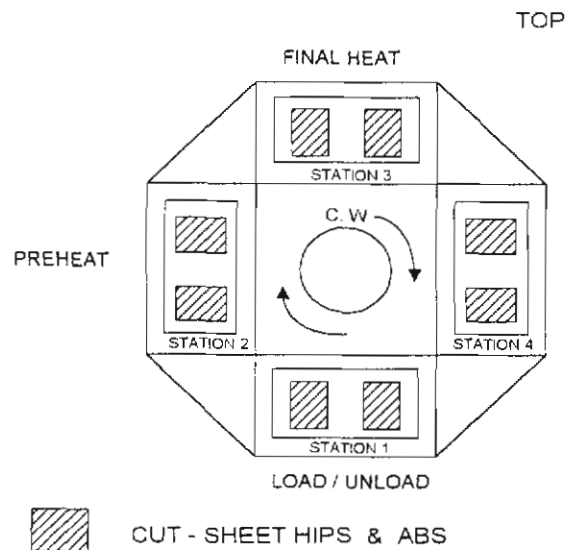
หน้า -

1. หลักการทำงาน	5-4
1.1 หลักการทำงานของเครื่องขึ้นรูปถังในตู้เย็นในกระบวนการผลิตตู้เย็น	5-4
1.2 หลักการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิแบบตั้งเปอร์เซ็นต์ไทม์เมอร์ (ระบบเดิม)	5-5
1.3 หลักการทำงานของระบบแสดงผลอุณหภูมิแบบเวลาจริง (RTMS)	5-6
1.4 หลักการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิแบบป้อนกลับ APC (ระบบใหม่)	5-7
1.5 ข้อแตกต่างระหว่างระบบควบคุมอุณหภูมิแบบเดิม (Manual) และแบบใหม่ (Auto)	5-7
2. การออกแบบและพัฒนาระบบ	5-8
2.1 การออกแบบระบบควบคุมของเครื่องขึ้นรูปถังในตู้เย็น	5-8
2.2 การออกแบบระบบบังลมเข้าเตา	5-9
2.3 การออกแบบระบบตรวจสอบ Heater	5-9
2.4 การออกแบบระบบปรับอากาศสำหรับชุดควบคุมอุณหภูมิ	5-10
2.5 การออกแบบระบบแสดงผลอุณหภูมิแบบใช้เข็ม	5-10
3. การติดตั้งและทดสอบการทำงาน / วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	5-12
3.1 การติดตั้งและทดสอบการทำงาน	5-12
3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	5-13
4. ประเมินผลโครงการ	5-14
4.1 เปรียบเทียบผลจากการใช้ระบบควบคุมแบบ Auto และ Manual	5-14
4.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ	5-15
5. ภาคผนวก	
5.1 โปรแกรมการแสดงผลอุณหภูมิจริงจากชุด RTMS	
5.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จากการใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ	
5.3 เปรียบเทียบผลจากการใช้ระบบควบคุมแบบ Auto และ Manual	
6. คู่มือการใช้งาน	

1. หลักการทำงาน

1.1 หลักการทำงานของเครื่องขึ้นรูปถังในตู้เย็นในกระบวนการผลิตตู้เย็น

เครื่องขึ้นรูปถังในตู้เย็นมีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน คือ (ดูรูปที่ 1.1)



รูปที่ 1.1 แสดงตำแหน่งของส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องขึ้นรูปถังในตู้เย็น

หมายเลข 1. ตำแหน่งเตา Loading/Unloading มีพนักงานคอยดูแลการใส่แผ่นวัสดุเข้าไป และนำชิ้นงานที่ขึ้นรูปเป็นถังในตู้เย็นแล้วออกมาจาก Clamp ที่ใช้เป็นตัวจับยึดขอบทั้ง 4 ด้าน เรียกตำแหน่งนี้ว่า *Station 1*

หมายเลข 2. ตำแหน่งเตา Preheat มีลักษณะเป็นถาด 2 ถาด ขนาด กว้าง x ยาว x สูง = 1,500 x 2,000 x 300 มม. เรียง Heater ไว้ที่ถาดบน 20 เส้น ที่ถาดล่าง 19 เส้น วางคว่ำหน้าเข้าหากัน ระยะห่างระหว่างถาดประมาณ 50 ซม. Heater ให้ความร้อนเส้นละ 2,500 Watts ควบคุมการทำงานโดยแบ่งออกเป็นเตาละ 3 โซน แต่ละโซนสามารถเลือกปรับระดับอุณหภูมิได้อิสระ ด้วยการตั้งเปอร์เซ็นต์ไทมเมอร์ เรียกตำแหน่งนี้ว่า *Station 2*

หมายเลข 3. ตำแหน่งเตา Final Heat มีลักษณะเหมือนเตา Preheat แต่ใช้ Heater แผ่นขนาด กว้าง x ยาว = 4.5 x 12 ซม. จำนวน 154 แผ่น แต่ละถาดวางเรียงตามความยาว 14 แผ่น มี 11 แถว Heater ที่วางเรียงตามความยาว 14 แผ่น ต้องจอร์ไฟฟ้าขนานไว้ทุกๆ 2 แผ่น ให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อิสระ 77 โซน ดังนั้น ปุ่มปรับเลือกการทำงานของ Heater จะมี 77 ปุ่มเช่นเดียวกัน วางเรียงตัวเป็นลักษณะ 7 Column 11 Row. เรียกตำแหน่งนี้ว่า *Station 3*

หมายเลข 4. ตำแหน่งขึ้นรูปแผ่นวัสดุที่อุณหภูมิมาแล้วจากทั้งเตา Preheat และ Final Heat ประกอบด้วย Mould 2 ลักษณะ คือ Female Mould อยู่ด้านบน Male Mould อยู่ด้านล่าง เคลื่อนเข้าหากัน โดยมีตำแหน่ง Clamp จับแผ่นวัสดุเป็นแผ่นประกบปากโมลด์ทั้งสอง มีระบบ Vacuum Pressure สำหรับดูดแผ่นวัสดุขึ้น Female Mould โดยมีระบบ Cooling ชี้นงานก่อนถอดโมลด์ เรียกตำแหน่งนี้ว่า Station 4

แผ่นวัสดุที่อยู่ใน Clamp จะเคลื่อนที่ไปและหยุดที่ Station ต่างๆ ทั้ง 4 Station ด้วยเวลาที่เท่ากัน โดยวิธีหมุนตามเข็มนาฬิกา อยู่บนแกน ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

- นำแผ่นวัสดุวางลงใน Clamp ที่เปิดรออยู่
- รอสัญญาณเสียง Buzzer จากการตั้งเวลาให้หมุน เมื่อ Buzzer ดัง
- Clamp ทำการล็อกแผ่นวัสดุ เพื่อรอให้แกนหมุน
- แผ่นวัสดุที่ถูกยึดอยู่บน Clamp จะหมุนเลื่อนไปเข้าเตา Preheat
- แผ่นวัสดุอุณหภูมิที่เตา Preheat รอการหมุน
- แผ่นวัสดุเคลื่อนไปเข้าเตา Final Heat
- แผ่นวัสดุอุณหภูมิที่เตา Final Heat รอการหมุน
- แผ่นวัสดุเลื่อนไปตำแหน่ง Forming
- Female Mould เลื่อนลงมาประกบ Clamp
- Vacuum ดูดแผ่นวัสดุเข้าไปใน Female Mould
- Male Mould เลื่อนขึ้นซ้อน Female Mould ระบบ Vac ที่ Male Mold จะดูด แผ่นวัสดุให้แนบกับ Mould
- Female Mould เลื่อนกลับที่
- Cooling ชี้นงานที่อยู่บน Male Mould
- ลมแทรกระหว่างชี้นงานกับ Male Mould
- Male Mould เลื่อนลง กลับที่ เป็นการถอดโมลด์
- ชี้นงานเลื่อนมาที่ตำแหน่ง Unloading
- Clamp ล็อกชี้นงานเปิด
- หยิบชี้นงานออกตรวจสอบ
- ใส่แผ่นวัสดุใหม่ลงใน Clamp

1.2 หลักการทำงานระบบควบคุมอุณหภูมิแบบตั้งเปอร์เซ็นต์ไทมเมอร์ (ระบบเดิม)

เตา Final Heat ระบบเดิม ควบคุมด้วยการตัด-ต่อระบบไฟฟ้าเข้า Heater โดยการตั้งเวลา ON-OFF คิดเป็นเปอร์เซ็นต์จาก 20 วินาที เช่น ถ้าตั้ง Timer ไว้ที่ 90% หมายความว่าในเวลา 20 วินาที จะ ON 18 วินาที OFF 2 วินาที ทั้งหมดมี 154 โชน 1 Cycle Time ใช้เวลาตั้งแต่ 80 ถึง 90 วินาที การตั้ง % Timer จึงถือว่าการควบคุมอุณหภูมิเตาวิธีหนึ่ง ถ้าต้องการให้อุณหภูมิสูงที่โชนใดก็ตั้ง % Timer สูงที่โชนนั้น การตั้ง % Timer มีตั้งแต่ 0 % ถึง 90%

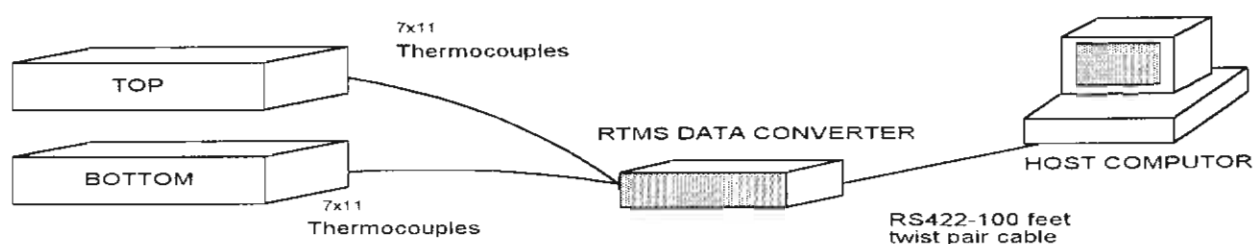
ข้อเสียของวิธีนี้ คือ ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าสูงหรือต่ำ จะมีผลต่อ Heater ทำให้อุณหภูมิ Heater ขึ้นสูงและลดต่ำตามไปด้วย จึงเป็นการยากที่จะควบคุมการกระจายของอุณหภูมิให้สม่ำเสมอได้

1.3 หลักการทำงานของระบบแสดงผลอุณหภูมิแบบเวลาจริง (RTMS)

TDO ได้เข้าร่วมแก้ปัญหาเกี่ยวกับ SUE เพื่อควบคุมการกระจายของอุณหภูมิให้มีความสม่ำเสมอ แม้ว่าแรงดันไฟฟ้าจะเกิน (Overvoltage) หรือจะตก (Undervoltage) ก็ตาม อันจะเป็นแนวทางในการปรับ ลด ความหนาแผ่นวัสดุ ต่อไป

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีฯ (TDO) ได้ทำการศึกษาการกระจายของอุณหภูมิของเตา Final Heat (Station 3) จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าปัญหาหลักของการขึ้นรูปและไม่ได้ความสม่ำเสมอของชิ้นงาน เนื่องจากอุณหภูมิภายในเตาขึ้นรูปมีความแปรปรวนสูง ทำให้รูปแบบการกระจายตัวของอุณหภูมิไม่คงที่ จึงทำให้ความหนาของถังในไม่มีความสม่ำเสมอ จากปัญหาดังกล่าว TDO ได้เสนอโครงการสร้างชุดวัดและแสดงผลอุณหภูมิในเตาแบบเวลาจริง เพื่อที่จะอ่านอุณหภูมิได้พร้อมๆ กันกับการบันทึกอุณหภูมิโดยอัตโนมัติ ข้อมูลที่ได้เป็นประโยชน์อย่างมากในการพัฒนากระบวนการขึ้นรูปถังในให้มีความสม่ำเสมอ ชุดวัดและแสดงผลอุณหภูมิด้วยคอมพิวเตอร์ที่ทาง TDO ได้ออกแบบและสร้างขึ้น เรียกว่า Real-Time Thermal Monitoring System (RTMS) ระบบนี้จะทำหน้าที่เป็นระบบตรวจวัดและแสดงผลอุณหภูมิเตาขึ้นรูป Thermoforming จำนวน 154 ช่องสัญญาณ ตัววัดอุณหภูมิใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K จำนวน 154 ตัว ต่อเข้ากับวงจร RTMS Data Converter เพื่อแปลงเป็นข้อมูลดิจิตอลส่งผ่านพอร์ทอนุกรมชนิด 20 mA current loop ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ซึ่งจะทำหน้าที่รับข้อมูลดังกล่าวไปแสดงค่าอุณหภูมิในลักษณะของ Color Shade และ Temperature Distribution Contour

โครงสร้างการทำงานและลักษณะของเครื่อง RTMS ที่ TDO ได้พัฒนาขึ้นมีลักษณะเครื่องต้นแบบ ดังรูปที่ 1.2



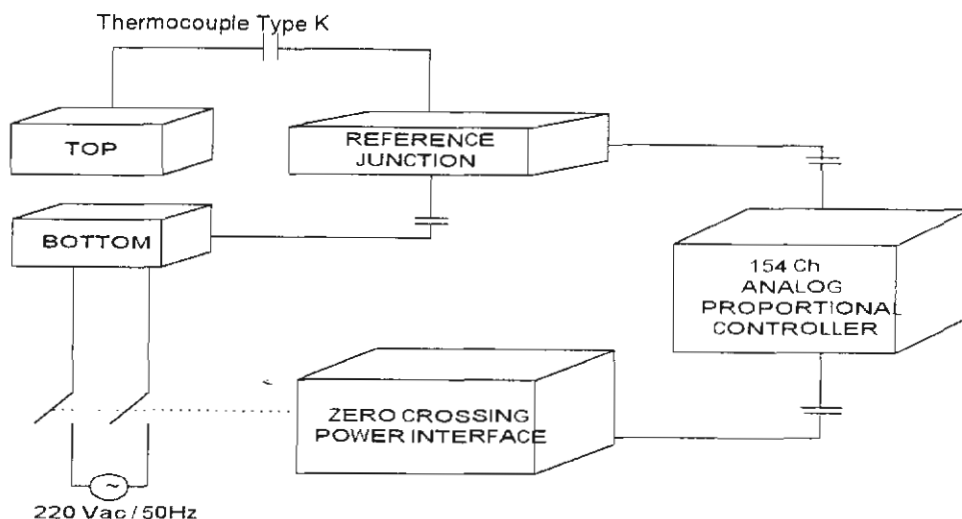
รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างการทำงานและเครื่องต้นแบบ RTMS

โครงสร้างการทำงานของ RTMS มีส่วนประกอบหลักอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วน hardware ซึ่งมีหน้าที่หลักในการแปลงสัญญาณจากเทอร์โมคัปเปิลให้เป็นข้อมูลดิจิตอล และส่งข้อมูลดังกล่าวไปยังคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ซึ่งจะมี software ทำหน้าที่ประมวลและแสดงผลข้อมูลจาก hardware บนจอคอมพิวเตอร์ (ดูรายละเอียดโปรแกรมการแสดงผลอุณหภูมิจริงจากชุด RTMS ในภาคผนวก 5.1)

1.4 หลักการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิแบบป้อนกลับ APC (ระบบใหม่)

ข้อมูลที่ได้จากระบบตรวจวัดอุณหภูมิเตาขึ้นรูป Final Heat แบบเวลาจริง (RTMS) พบ - ว่าค่าอุณหภูมิภายในเตาด้านล่างและด้านบนมีการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าที่ตั้งไว้อยู่ตลอดเวลา เนื่องจากชุดควบคุมอุณหภูมิของเตาเดิมเป็นแบบลูปเปิด (Open-Loop) ดังนั้น TDO จึงได้ออกแบบและสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิขึ้นใหม่ โดยมีระบบการป้อนกลับ (Feedback-Control) แบบ Analog Proportional Controller พร้อมกับสร้างชุดบังลมเข้าเตา เพื่อลดความแปรปรวนของอุณหภูมิในเตาก่อนขึ้นรูปเป็นถังในตู้เย็น

โครงสร้างการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิแบบ Analog Proportional Controller แสดงดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบ Feedback-Control

จากโครงสร้างการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ Analog Proportional Controller ในรูปที่ 1.3 จะเห็นว่าชุดควบคุมจะมีส่วนประกอบหลัก คือ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิวงจรชดเชยรอยต่ออ้างอิง (Reference Junction) วงจรควบคุมอุณหภูมิเป็นสัดส่วน (Analog Proportional Controller) อุปกรณ์ตัดต่อแรงดันไฟฟ้าชนิด zero-crossing detector สำหรับควบคุม Heater โดย Sensor จะวัดอุณหภูมิมาชดเชยกับรอยต่ออ้างอิงแล้วแปลงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อเข้าสู่วงจรควบคุมอุณหภูมิเป็นสัดส่วน แล้วทำการควบคุมตามค่าที่ตั้งไว้ในวงจร เพื่อทำการตัดต่อแรงดันไฟฟ้าสำหรับจ่ายเข้าที่ Heater

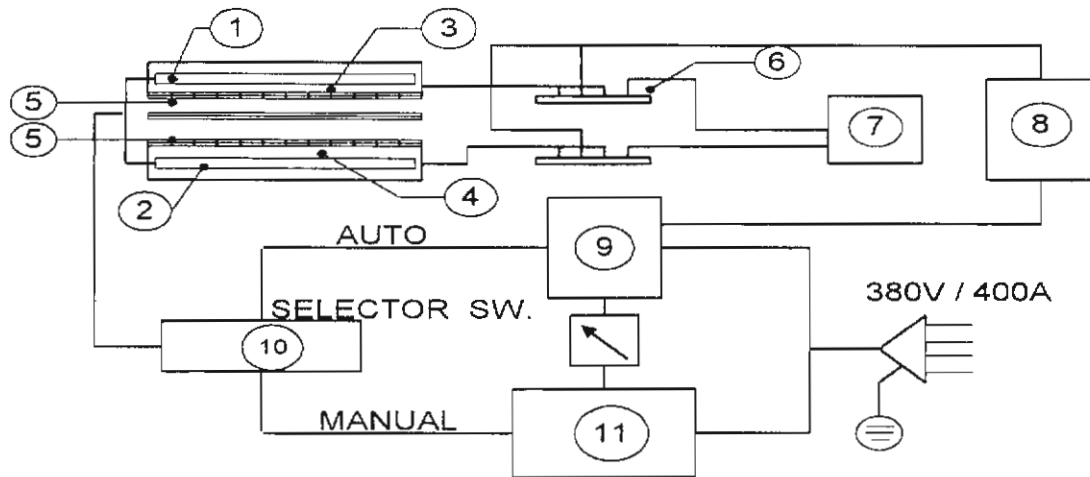
1.5 ข้อแตกต่างระหว่างระบบควบคุมแบบเดิม (Manual) และแบบใหม่ (Auto)

1. ระบบ Manual การควบคุมเป็นแบบ Open Loop ส่วน Auto เป็นแบบ Closed Loop
2. เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าของโรงงานในแต่ละวัน ระบบ Manual จะมีการปรับ Selector บ่อยครั้ง ซึ่งมากกว่าของระบบ Auto
3. การปรับแต่งอุณหภูมิของระบบ Auto มีความละเอียดมากกว่าระบบ Manual
4. ลักษณะ Pattern อุณหภูมิของระบบ Auto มีความคงที่มากกว่าของระบบ Manual

2. การออกแบบและพัฒนาระบบ

2.1 การออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิของเครื่องขึ้นรูปถังในตู้เย็น

ชุดการควบคุมแบบเดิม(Manual)และแบบใหม่(Auto) สามารถนำมาพัฒนาใช้งานร่วมกันได้ดังแสดงในภาพไดอะแกรม (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 แสดงไดอะแกรมลักษณะโครงสร้างของระบบควบคุมแบบ Manual และ Auto

จากไดอะแกรมแสดงลักษณะโครงสร้างของระบบ อธิบายได้ดังนี้

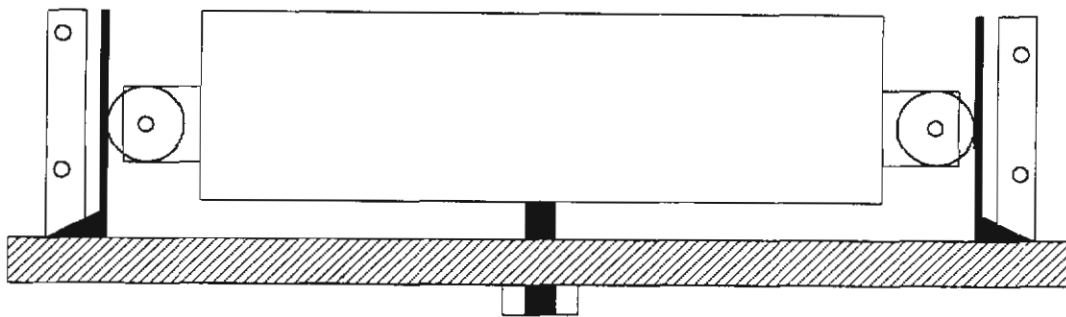
1. แผ่นให้ความร้อนของเตาบน Top Plate มี 7 X 11 แผ่น
2. แผ่นให้ความร้อนของเตาล่าง Bottom Plate มี 7 X 11 แผ่น
3. และ 4. Sensor รับสัญญาณอุณหภูมิที่แผ่น Heater แต่ละแผ่น ทั้งเตาบนและเตาล่าง
5. Sensor รับสัญญาณอุณหภูมิที่อากาศใกล้แผ่นวัสดุ เพื่อแสดงผลอุณหภูมิจริงบนจอภาพคอมพิวเตอร์
6. Reference Junction ทำด้วยแผ่นทองแดง ใช้เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างสาย T/C กับ Compensate Wire เพื่อเป็นจุดอ้างอิงอุณหภูมิให้สามารถวัดได้อย่างถูกต้องมากขึ้น มี 2 ชุด
7. ชุดแสดงผลอุณหภูมิจริง RTMS แปลงสัญญาณอุณหภูมิจากเตาแสดงผลบนจอ Monitor เป็นจอสี
8. ตู้ติดตั้งแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ส่งสัญญาณไป ON-OFF Solidstate Relay
9. ตู้ติดตั้ง Solidstate Relay เป็นชุดตัด-ต่อ ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ Heater เป็นชุดของระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ
10. จุดเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ Heater ระหว่างระบบเดิมกับระบบอัตโนมัติ
11. ตู้ติดตั้ง Magnetic Contactor เป็นชุดตัด-ต่อระบบไฟฟ้าเข้า Heater เป็นชุดของระบบควบคุมอุณหภูมิเดิม

ดังนั้นผู้ใช้สามารถที่จะเลือกใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบ Manual หรือ Auto ได้ นอกจากนี้ได้ออกแบบและพัฒนาส่วนประกอบต่างๆ เพิ่มเติมคือ

2.2 การออกแบบชุดบังลมเข้าเตา

เนื่องจากการทำงานของเครื่องขึ้นรูปถังในตู้เย็น เตาที่ใช้ในการให้ความร้อนกับแผ่น - พลาสติกมีลักษณะเป็นเตาเปิด กระแสลมร้อนลอยตัวออกมาภายนอกเตาได้ทุกทิศทาง และ กระแสลมจากภายนอกที่พัดผ่านทำให้เกิดการแปรปรวนของอุณหภูมิภายในเตาเช่นกัน ทำให้ยากต่อการควบคุมอุณหภูมิ ดังนั้น ทาง TDO จึงได้ออกแบบชุดบังลมเข้าเตา เพื่อช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในเตาให้มีความคงที่

การปิดเตาเพื่อบังลมจะเป็นประโยชน์ต่อการผลิต สามารถลดการใช้พลังงานที่สูญเสียไป และเป็นประโยชน์ในการทำ Pattern ของการตั้งอุณหภูมิของเตา เพื่อใช้ในการ Control ต่อไป และทาง SUE ก็ต้องการให้มีการสร้างชุดปิดเตาถาวร โดยไม่ให้เกิดขวางการทำงานของพนักงาน และของเครื่องจักร ทั้งต้องสะดวกในการบำรุงรักษา จึงได้ออกแบบสร้างชุดปิดเตาตามาติดตั้ง ใช้อย่างถาวรดังแสดงในรูป 2.2



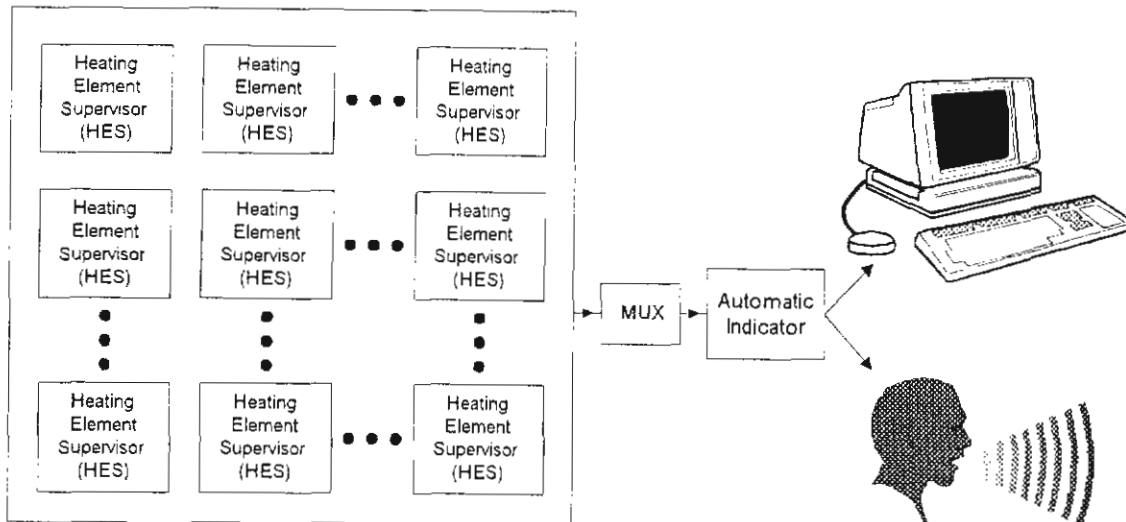
รูปที่ 2.2 แสดงแบบโครงสร้างของชุดบังลมเข้าเตา

2.3 การออกแบบชุดตรวจสอบ Heater (Heater Failure Detector)

วัตถุประสงค์เพื่อเป็นชุดแสดงผล เมื่อ Heater โซนใดโซนใดโซนหนึ่งไม่ทำงาน โดยจะแสดงไฟกระพริบ และมีออดสัญญาณเตือน ซึ่งทำการติดตั้งที่ตู้ Main Junction มีลักษณะเป็นแผง PCB จำนวน 154 แผ่น มี LED เป็นหลอดไฟแสดงผลที่ฝ่าตู้ จำนวน 154 จุด เพื่อแสดงตำแหน่งของ Heater ที่บกพร่อง

ชุดตรวจสอบข้อบกพร่องของ Heater (Heating Element Supervisor, HES) อาศัยหลักการตรวจสอบกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน Heater กับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับ Heater ต้องเป็นไปตามกฎของโอห์ม กล่าวคือ เมื่อให้ความต้านทานไฟฟ้ามีค่าคงที่ (ความต้านทานไฟฟ้าของ Heater) ถ้าป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับ Heater จะต้องตรวจไม่พบกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน Heater ซึ่งจะแสดงผลโดยอาศัยไดโอดเปล่งแสงหรือหลอดไฟ เมื่อใดก็ตามที่ตรวจพบว่าเมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับ Heater แล้วแต่ไม่สามารถตรวจพบกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน Heater ได้ แสดงว่า Heater ขาด ไดโอดเปล่งแสงหรือหลอดไฟก็จะกระพริบเพื่อแจ้งให้กับผู้ดูแลมาทำการตรวจสอบ ในรูปที่ 2.3 ในกรอบสี่เหลี่ยม คือ HES Panel ซึ่งประกอบไปด้วย HES ทั้งหมด 154 ตัว เพื่อใช้แสดงผลให้กับผู้ตรวจสอบ โดยเรียง HES เป็นแบบเมตริกซ์ขนาด 14x11 ซึ่งในเฟสแรกจะดำเนินการเฉพาะส่วนนี้ก่อน

ในเฟสต่อไป ถ้าต้องการให้มีการแสดงผลแบบอัตโนมัติ เช่น การส่งเสียงเตือนภัย การรายงานโดยใช้เสียงพูด การรายงานข้อมูลผ่านทางเครื่องพิมพ์เพื่อนำวันที่ เดือน ปี และเวลาไปทำการเก็บเป็นฐานข้อมูล หรือการแจ้งข้อมูลเข้าไปในระบบ Network ผ่านทางไมโครคอมพิวเตอร์ ก็สามารถนำเอา Heater ทั้ง 154 โซน มาทำการเชื่อมต่อกับส่วนแสดงผลอัตโนมัติ (Automatic Indicator) โดยผ่านทาง Multiplexer ได้



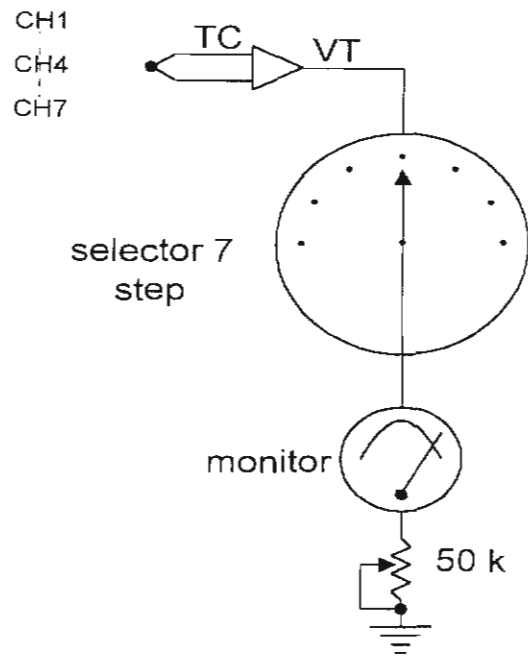
รูปที่ 2.3 ไดอะแกรมการทำงานของระบบตรวจสอบข้อบกพร่องของ Heater

2.4 การสร้างห้องปรับอากาศให้ชุดควบคุมอุณหภูมิ(กว้างxยาวxสูง=1.9x3.9x3.15ม.)

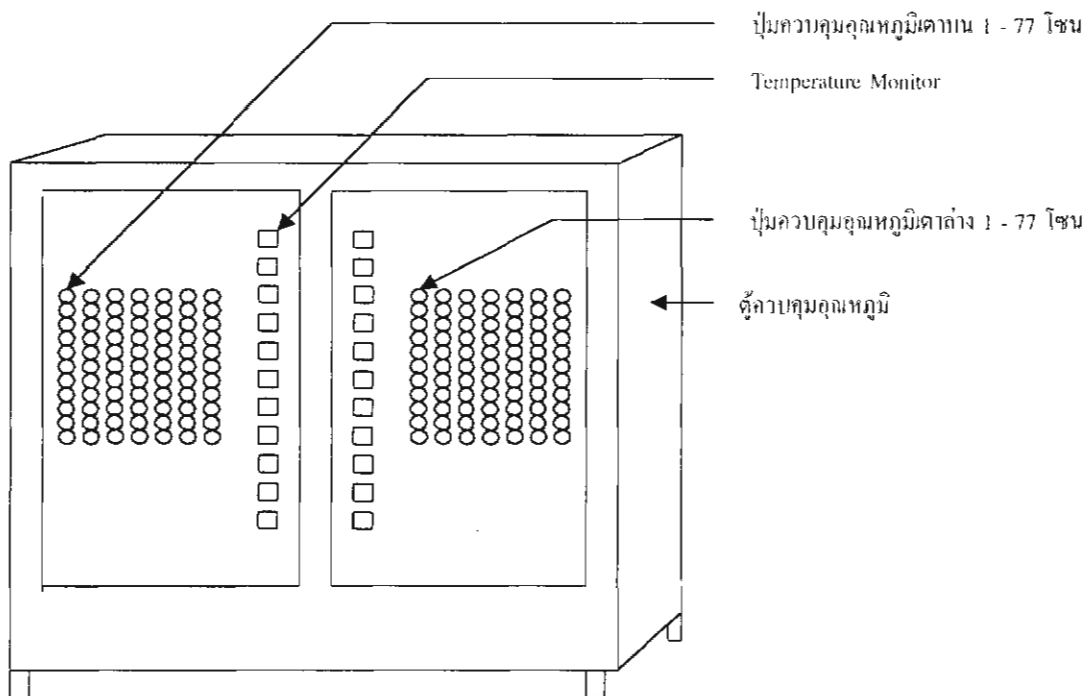
วัตถุประสงค์เพื่อให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีอายุการใช้งานยืนนาน ได้ทำการออกแบบสร้างเสร็จเมื่อเดือนมีนาคม 2538 ห้องปรับอากาศประกอบด้วย เครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 Btu/HR ภายในมีตู้ควบคุมอุณหภูมิและตู้ RTMS พร้อมคอมพิวเตอร์ใช้แสดงผลอุณหภูมิ หลังจากย้ายชุดควบคุมอุณหภูมิไปที่กบินทร์บุรี ก็พบว่าไม่จำเป็นต้องใช้ห้องปรับอากาศอีก เนื่องจากบริเวณที่ติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิเป็นห้องโล่งกว้าง มีการถ่ายเทอากาศดี

2.5 การออกแบบชุดแสดงผลอุณหภูมิแบบใช้เข็ม Analog Temperature Monitoring

วัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นชุดแสดงผลอุณหภูมิของ Heater แบบมิเตอร์เข็ม เพิ่มเติมจากการตรวจสอบของระบบ RTMS (ในกรณีที่ระบบ RTMS ไม่สามารถทำงานในขณะนั้น) โดยติดตั้งจอสำหรับอ่านตัวเลขที่ฝ้าตู้ควบคุมอุณหภูมิ จำนวน 22 จอ มีสวิทช์เลือก 22 สวิทช์ แบ่งเป็นเดาบน 11 ชุด อยู่ข้างซ้าย และอีก 11 ชุดอยู่ข้างขวา แต่ละชุดจะต่อเข้ากับ Sensor 7 ตำแหน่งสามารถแสดงผลได้ที่ละตำแหน่ง โดยสวิทช์ 1 ตัว เลือกอ่านได้ทั้ง 7 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5



รูปที่ 2.4 ไดอะแกรมวงจรแสดงการทำงานของ Analog Temperature Monitoring



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของการติดตั้งชุด Analog Temperature Monitor

3. การติดตั้งและทดสอบการทำงาน/วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.1 การติดตั้งและทดสอบการทำงาน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

โครงการสร้างชุดแสดงผลอุณหภูมิเตา (RTMS) ของ Final Heat ด้วย Personal Computer โครงการนี้ได้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ และจัดทำซอฟต์แวร์ให้สามารถวัดและแสดงผลอุณหภูมิด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เพื่อจะได้ทราบค่าของอุณหภูมิที่เตาขณะปฏิบัติการเพื่อสะดวกในการปรับแต่งอุณหภูมิตามความต้องการของผู้ใช้ และแสดงผลของอุณหภูมิในลักษณะของเจดิสี่ที่แตกต่างกันบนหน้าจอ นอกจากนี้ ยังมีซอฟต์แวร์ที่สามารถแสดงผลอุณหภูมิเป็นตัวเลขตามตำแหน่งของ CURSOR อีกด้วย ซึ่งจะทำให้เห็นภาพรวมว่าอุณหภูมิ ณ จุดต่างๆ เป็นไปตามความต้องการหรือไม่ ผู้คุมงานจะตัดสินใจได้อย่างแม่นยำว่าจะต้องปรับแต่งอุณหภูมิจุดไหนให้มากขึ้นน้อยได้ตามต้องการ

จากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์หลังจากสร้างชุดแสดงผลอุณหภูมิและนำไปติดตั้งทดลองใช้ในระยะแรก พบว่าอุณหภูมิภายในเตามีความแปรปรวนตลอดเวลา โดยเฉพาะบริเวณขอบทั้ง 4 ด้าน มีความแตกต่างถึง $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่มีผลต่อการขึ้นรูป ทำให้ความหนาบางของชิ้นงานไม่สม่ำเสมอ จำเป็นจะต้องลดความแปรปรวนในส่วนนี้ก่อน โดยทำการปรับปรุงเตาในระบบเดิมให้เป็นเตาปิด จากนั้นจึงทำการควบคุมอุณหภูมิภายในเตา ซึ่งมีผลทำให้ความแปรปรวนของอุณหภูมิภายในเตาลดลง โดยตั้งสมมติฐานไว้ 2 สาเหตุใหญ่ๆ คือ

3.1.1 เกิดจากลม เนื่องจากลักษณะเตาของเครื่องขึ้นรูปถังไน เป็นเตาเปิด ลมจึงเป็นสาเหตุใหญ่ รวมทั้งกระแสลมร้อนภายในเตาพยายามหนีออกและลมพัดจากภายนอกเข้าไป เมื่อทดลองใช้แผ่นวัสดุฉนวนกันความร้อนปิดทางลมเข้าเตา สามารถทำให้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเตาลดลง 5°C ขอบผลิตภัณฑ์จะบางลงสม่ำเสมอขึ้น

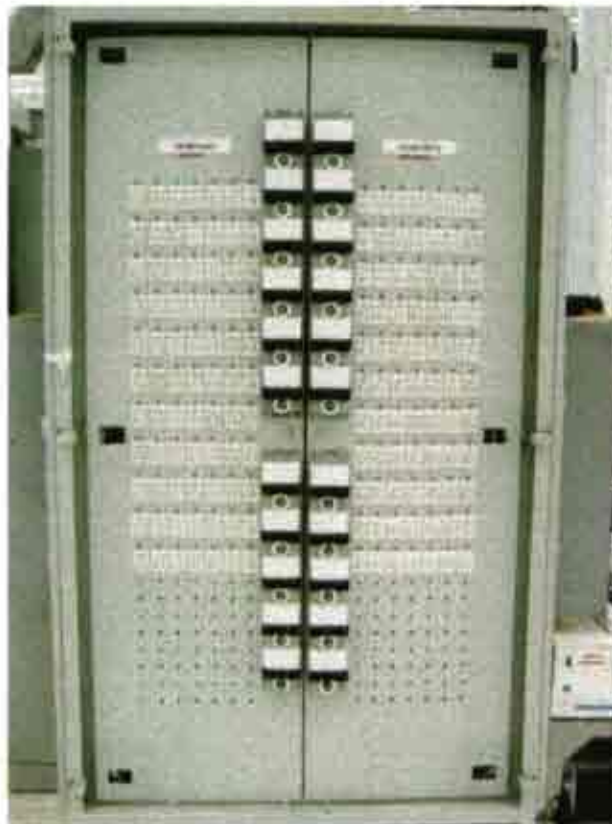
3.1.2 เกิดจากระบบไฟฟ้าที่เป็น Over Voltage ในช่วงกลางคืนที่ไม่มีการใช้ไฟ และช่วงพัก ทำให้ Heater มีอุณหภูมิสูงขึ้นมาก

ดังนั้น จึงแก้ไขปัญหาดังกล่าวเหล่านี้ก่อน โดยออกแบบสร้าง Shutter เปิด-ปิดเตา เพื่อให้เตาเป็นลักษณะเตาปิด ขณะแผ่นวัสดุฉนวนความร้อนและจะเปิดเมื่อแผ่นวัสดุเลื่อนไปเข้าแม่พิมพ์ เพื่อขึ้นรูปถังไน ดังนั้น ระหว่างเดือนมิถุนายน 2537 เป็นต้นมา ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลอุณหภูมิเปรียบเทียบระหว่างเตาเปิดกับเตาปิด จนกระทั่งมั่นใจว่าการสร้างเตาปิดช่วยลดความแปรปรวนของอุณหภูมิภายในเตาลงได้มาก โดยมีค่าแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุด $\pm 10^{\circ}\text{C}$ จึงได้ทำการออกแบบสร้างชุดปิดลมเข้าเตาอย่างถาวร ซึ่งการติดตั้งชุดปิดลมเข้าเตานั้นได้ดำเนินการพร้อมกับการสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิ ในการติดตั้งชุดปิดเตานั้นได้ทำการออกแบบและแก้ไขหลายครั้ง เพื่อให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุด จนสามารถนำไปติดตั้งเพื่อใช้งานอย่างถาวรได้ ส่วนปัญหาที่เกิดจากระบบไฟฟ้า ได้ทำการสร้างเตาจำลองแบบของจริง โดยมีขนาด 32 โซน เพื่อทดลองควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปให้มีค่าอยู่ในช่วง $\Delta t \pm 5^{\circ}\text{C}$ แม้ว่าแรงดันไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลง

โครงการสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิเตา Final Heat แบบอัตโนมัติ ได้ดำเนินการต่อเนื่องกับการแก้ปัญหาที่มีสาเหตุจากลม และระบบไฟฟ้า เมื่อสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิเตาและทดสอบ

จนได้ผลเป็นที่พอใจแล้ว จึงได้ออกแบบติดตั้งในระบบใช้งานจริง โดยทำการติดตั้งและทดสอบทั้งระบบที่ SUE อุดมสุข จนถึงปลายปี 2539 ก่อนที่ SUE จะย้ายไปที่นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี ถึงในที่ขึ้นรูปได้ด้วยระบบใหม่นี้ มีคุณภาพดีเป็นที่ยอมรับโดยไม่ต้องปรับ Condition บ่อย เนื่องจากการกระจายของอุณหภูมิสม่ำเสมอ

หลังจากนั้นได้ติดตั้งและทดสอบระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ เมื่อวันที่ 28-31 ม.ค. 2540 ที่ SUE กบินทร์บุรี ในช่วงที่มีการย้ายเครื่องจักร ไปที่นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี ทาง TDO ได้ทำการปรับปรุงและติดตั้งระบบทั้งหมด พัฒนาระบบแสดงผลอุณหภูมิจริงให้สะดวกต่อการใช้งานและซ่อมบำรุง วางตำแหน่งของตู้ควบคุมอุณหภูมิ และตู้ติดตั้ง Solid State Relay ให้สอดคล้องกับ Lay Out ของเครื่องขึ้นรูป และระบบไฟฟ้า จากนั้นจึงทำการทดลองการขึ้นรูปถึงในอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งเมื่อวันที่ 30 กรกฎาคม 2540 ทาง SUE กบินทร์บุรีก็สามารถใช้ระบบควบคุมอุณหภูมินี้ขึ้นรูปถึงในตู้เย็นในสายการผลิตได้



รูปที่ 3.1 แสดงตู้ควบคุมอุณหภูมิพร้อมปุ่มปรับและชุดแสดงผลแบบเข็มที่ติดตั้งเสร็จแล้ว

3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (จากผลการใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ)

หลังจากที่ได้ย้ายเครื่องจักรไปผลิตที่ SUE กบินทร์บุรีและทำการติดตั้งปรับปรุงระบบต่างๆ เรียบร้อยแล้ว เมื่อวันที่ 30 - 31 กรกฎาคม 2540 จึงได้ทำการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ ซึ่งข้อมูลที่นำมาใช้วิเคราะห์ได้จากการทดลองในสายงานผลิต โดยในสภาพการ

ทำงานจริงเก็บข้อมูลทางด้านอุณหภูมิเตาทั้งเตาบนและเตาล่างจาก 20 โซน และข้อมูลทางด้านความหนาของแผ่น ทั้งนี้เพื่อต้องการ วิเคราะห์ผลของการใช้ชุด Control แบบ Auto ต่อการกระจายของอุณหภูมิภายในเตาและต่อความหนาของแผ่นวัสดุที่ขึ้นรูป ผลการทดลองในครั้งนี้ สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเตา ทั้งเตาบนและเตาล่างในแต่ละโซนค่อนข้างจะคงที่ หากไม่นับช่วงแรกของวันที่ 30/7/97 ที่ยังปรับอุณหภูมิไม่เข้าที่แล้ว ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิเตาบนจะไม่เกิน 5°C (SD 2.92-4.17) และ สำหรับเตาล่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิจะไม่เกิน 6°C (SD 4.44-5.47) ส่วนความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานได้ 1.41 มิลลิเมตร โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.15 ความหนาเฉลี่ยของส่วนที่บางที่สุดได้ 1.11 มิลลิเมตร และส่วนที่หนาที่สุดได้ 2.25 มิลลิเมตร (ดูรายละเอียดในภาคผนวกที่ 5.2)

4. ประเมินผลโครงการ

4.1 เปรียบเทียบผลจากการใช้ระบบควบคุมแบบ Auto และ Manual

เนื่องจากตั้งแต่วันที่ 30/7/97 บริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล อีเล็คทริก จำกัด (มหาชน) ได้เปลี่ยนมาใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบ Auto แทนระบบ Manual ในกระบวนการขึ้นรูปถังในตู้เย็น ดังนั้น หลังจากที่ได้ดำเนินการผลิตมาได้ระยะหนึ่ง ในวันที่ 11/9/97 ทาง TDO ได้ทำการประเมินผลโครงการโดยการสำรวจความคิดเห็น และความพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตตั้งแต่ระดับพนักงานผู้ปฏิบัติงาน จนถึงผู้บริหารของโรงงาน และรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบผลจากการใช้ระบบควบคุมแบบ Auto และ Manual ว่าส่งผลต่อการปฏิบัติงานอย่างไรบ้าง

ผลการประเมินจะแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อดังต่อไปนี้ คือ

1. ผลการสำรวจความคิดเห็นและความพอใจของผู้ปฏิบัติงานในการผลิต
2. ผลจากการวิเคราะห์ของเสียที่เกิดจากการขึ้นรูปถังในระบบ Manual และระบบ Auto สำหรับรายละเอียดของผลการประเมินใน 2 หัวข้อนี้ ได้แสดงไว้ในภาคผนวกที่ 5.3

สรุปผลการประเมิน

จากผลการประเมินโครงการเมื่อพิจารณาจากความคิดเห็น การรับรู้ และความพอใจของผู้ปฏิบัติงานตั้งแต่ระดับบริหาร หัวหน้างาน จนถึงพนักงานควบคุมเครื่อง โดยการสัมภาษณ์ สรุปว่าจุดที่แตกต่างของระบบควบคุมแบบ Auto และ Manual ก็คือ ระบบ Auto สามารถควบคุมอุณหภูมิของการขึ้นรูปให้คงที่ได้ดีกว่า ทำให้การปรับเครื่องทำได้ง่าย การทำงานมีความคล่องตัว และสะดวกสบายขึ้น ลดปัญหาการติดขัดของเครื่อง และลดปริมาณของเสียลงได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น และพนักงานมีความพึงพอใจ แม้ว่าพนักงานจะคุ้นเคยกับการทำงานในระบบ Manual ก็ตาม แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบ Auto พนักงานก็เกิดความรู้สึกที่เห็นคุณค่าของการเปลี่ยนแปลง และไม่เกิดความรู้สึกต่อต้าน ผู้บริหารและหัวหน้างานก็มีความพึงพอใจ และมีทัศนคติที่ดีต่อการวิจัยพัฒนาและเห็นว่า สามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นได้

ในแง่ข้อมูลตัวเลข ที่สามารถเก็บข้อมูลได้คือ ปริมาณของเสีย ซึ่งพบว่าระบบ Auto สามารถช่วยลดของเสียลงได้เหลือเฉลี่ย 3.9% จากระบบ Manual เดิม 9-15% และของเสียใน

ทุกลักษณะมีสัดส่วนลดลง โดยเฉพาะของเสียที่มีลักษณะจับซึ่งมีสัดส่วนของเสียลดลงมากที่สุดถึง 90-92% อย่างไรก็ดี หากทางโรงงานมีการเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้น ก็น่าจะเห็นแนวทางของการลดของเสียได้มากขึ้น ซึ่งจากตัวเลขของเสียที่ลดลงดังกล่าว สามารถคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลงได้เฉลี่ย 140,400 บาทต่อเดือน

4.2 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

โครงการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปถังในตู้เย็นนี้ ทาง TDO ได้ทำการปรับปรุงจากระบบ Manual ไปเป็นระบบ Auto พร้อมกับชุดแสดงผลและบันทึกอุณหภูมิด้วยคอมพิวเตอร์ โดยพัฒนาโปรแกรมสำหรับแสดงผลและวิเคราะห์อุณหภูมิด้วย ซึ่งได้ใช้เป็นแนวทางในการลดความหนาของแผ่นพลาสติกจาก 4 มิลลิเมตร เป็น 3.8 มิลลิเมตร นอกจากนี้ ยังได้สร้างชุดแสดงผลอุณหภูมิแบบใช้เข็มและชุดตรวจสอบ Heater เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์สนับสนุนเพิ่มเติมด้วย สำหรับประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการนี้ คือ

1. สามารถแสดงผลอุณหภูมิภายในเตาได้ โดยแสดงเจดสีบนจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งระบบเดิมสังเกตจากเตา โดยดูจากสีของ Heater
 2. เพิ่มลักษณะการเป็นเตาปิดที่ตำแหน่ง Final Heat ด้วยระบบของ Shutter
 3. สามารถตรวจสอบข้อบกพร่องของ Heater และรู้ตำแหน่ง Heater ที่บกพร่องด้วยชุดตรวจสอบ Heater Failure Detector
 4. สามารถควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบอัตโนมัติ เพื่อรักษาลักษณะความเป็น Pattern ให้มีความคงที่แน่นอนมากกว่าเดิม โดยมีค่า $\Delta T = \pm 5^\circ\text{C}$
 5. พัฒนาเครื่องมือที่สามารถบันทึกอุณหภูมิเพื่อนำมาวิเคราะห์ และใช้เป็นข้อมูลในการลดความหนา
 6. สามารถลดความหนาจากเดิม 4 มิลลิเมตร เป็น 3.8 มิลลิเมตร จากข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตของเครื่อง BROWN-E สามารถทำการขึ้นรูปถังในตู้เย็นได้ชั่วโมงละประมาณ 80 ใบ (การขึ้นรูปครั้งหนึ่ง จะได้ 2 ใบ ใช้เวลาประมาณ 90 วินาที/ครั้ง) เพราะฉะนั้น ใน 1 เดือนจะได้ประมาณ 57,600 ใบต่อ 1 เครื่อง
- ดังนั้น โครงการนี้ลดความหนาได้ 0.2 มิลลิเมตร คิดเป็นเงิน 5.54 บาทต่อแผ่นสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ ประมาณ 300,000 บาทต่อเดือนต่อเครื่อง
7. สามารถลดเปอร์เซ็นต์ของเสียลงได้จากระบบเดิม 9-15 % เหลือ 3.9 % เมื่อใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ คำนวณเป็นค่าใช้จ่ายที่ลดลงได้เฉลี่ย 140,400 บาทต่อเดือน
- หมายเหตุ** (คำนวณจากราคาของวัสดุเมื่อเริ่มทำโครงการ)

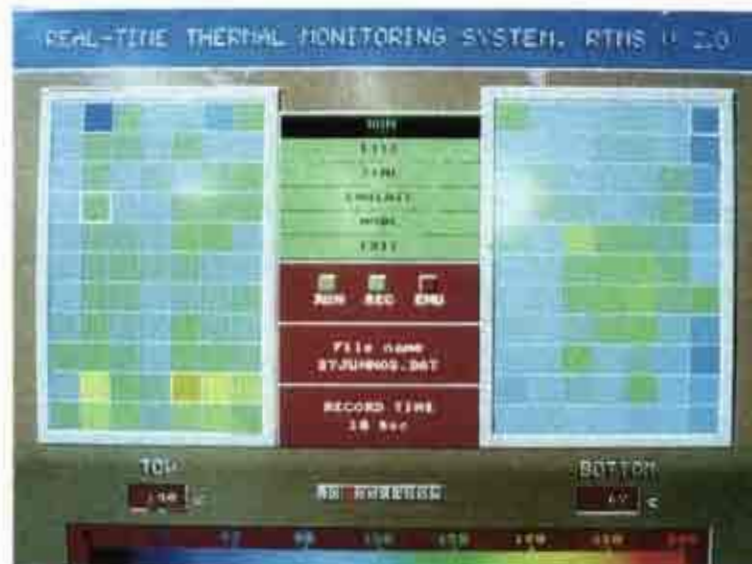
ภาคผนวก 5.1
โปรแกรมการแสดงผลอุณหภูมิจริงจากชุด RTMS

โปรแกรมการแสดงผลอุณหภูมิจริงจากชุด RTMS

โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมแสดงผลอุณหภูมิด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งนักวิจัยของ TDO ได้ออกแบบและจัดสร้างขึ้น โดยมีจุดประสงค์ที่จะนำข้อมูลจากวงจรชุด RTMS มาแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์โดยใช้ระดับสีในการแสดงผลแทนข้อมูลตัวเลขเพื่อให้เห็นภาพรวมของอุณหภูมิที่จุดต่างๆ ทั้งหมดภายในเตา และหากต้องการทราบอุณหภูมิที่จุดใดก็สามารถเลื่อนจุดสังเกตไปยังจุดนั้นเพื่อแสดงค่าอุณหภูมิ ณ จุดนั้นได้ นอกจากการแสดงผลข้อมูลแล้ว ยังสามารถเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ภายหลังได้ด้วย

การแสดงผล สามารถทำได้ 2 โหมด คือ

โหมด 1 การแสดงผลแบบจุดต่อจุด โดยข้อมูลอุณหภูมิแต่ละจุดที่รับเข้ามาจากวงจร RTMS จะถูกแสดงเป็นพื้นที่ของสีบนจอภาพในทันที การแสดงผลแบบนี้จะทำได้เร็ว ตัวอย่างการแสดงผลบนจอภาพดังรูป



จากรูปเป็นการแสดงการกระจายของอุณหภูมิในลักษณะของเจดสี โดยมีสเกลของระดับสีเทียบกับอุณหภูมิในช่วงต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้ทราบค่าอุณหภูมิ ณ จุดนั้นได้คร่าวๆ หากต้องการทราบค่าอุณหภูมิที่แน่นอนเป็นตัวเลขในแต่ละจุดก็เพียงแต่เลื่อนกรอบสี่เหลี่ยมเล็กๆ สีขาวที่บอกตำแหน่งไปยังจุดนั้นและอ่านค่าอุณหภูมิ ณ จุดนั้นได้จากช่องสีน้ำตาลข้างใต้กรอบภาพที่แสดงเจดสี จากรูปกรอบภาพเจดสีทางด้านซ้ายจะแสดงการกระจายของอุณหภูมิเตาด้านบนของเตา Final Heat ส่วนกรอบภาพเจดสีด้านขวาแสดงการกระจายของอุณหภูมิเตาล่างของเตา Final Heat

โหมด 2 การแสดงผลแบบกระจายตำแหน่งของอุณหภูมิ โดยข้อมูลอุณหภูมิที่รับเข้ามาจากวงจร RTMS จะถูกนำมาคำนวณเพื่อให้เห็นภาพการเปลี่ยนแปลงของ pattern ของอุณหภูมิภายในเตาอย่างต่อเนื่อง และสามารถสังเกตได้ง่ายจากการเคลื่อนไหวของเจดสี



ภาคผนวก 5.2
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ
จากการใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จากการใช้ชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

ที่มาของงาน :

สืบเนื่องมาจากโครงการปรับปรุงกระบวนการขึ้นรูปถังในตู้เย็น มีการเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลเป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องมีการนำสถิติเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่น่ามาใช้วิเคราะห์ได้จากการทดลองในสายงานการผลิต โดยการเก็บข้อมูลทางด้านอุณหภูมิเตาทั้งเตาบนและเตาล่างจาก 20 โซน และข้อมูลทางด้านความหนาของแผ่น ทั้งนี้เพื่อต้องการวิเคราะห์ผลของการใช้ชุด Control แบบ Auto ต่อการกระจายของอุณหภูมิภายในเตาและต่อความหนาของแผ่นวัสดุที่ขึ้นรูป

วัตถุประสงค์ :

1. เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองโดยใช้ชุดควบคุมแบบ Auto มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการสถิติ เพื่อดูการกระจายของอุณหภูมิภายในเตาทั้งเตาบนและเตาล่าง
2. เพื่อดูการกระจายของความหนาของแผ่นวัสดุที่ขึ้นรูปและหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความหนา

แผนการทดลอง

1. ทำการทดลองโดยเก็บข้อมูลใน 3 ลักษณะ
 - วันที่ 30/7/97 ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 9.18 - 21.00 น. โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิ และเก็บชิ้นงานเพื่อวัดความหนาด้วยจำนวน 11 ชิ้นงานโดยเก็บเป็นช่วงๆ
 - วันที่ 31/7/97 ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 8.18-12.08 น. โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิ และเก็บตัวอย่างชิ้นงานเพื่อวัดความหนาจำนวน 6 ชิ้นงาน โดยเก็บ 3 ชั่วโมง ชั่วโมงละ 2 ชิ้นงาน
 - วันที่ 31/7/97 ทำการเก็บข้อมูลแบบต่อเนื่องตั้งแต่ 15.40 - 15.58 น. โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิ และเก็บตัวอย่างชิ้นงานจำนวน 12 ชิ้นงาน
2. นำข้อมูลอุณหภูมิที่เก็บบันทึกโดย Data logger มาวิเคราะห์
 - 2.1 ดูการกระจายของอุณหภูมิในแต่ละโซน ทั้งของเตาบนและเตาล่างในชุดข้อมูลที่เก็บโดย 3 ลักษณะตามข้อ 1.
 - 2.2 จากข้อมูลของวันที่ 31/7/97 ที่ทำการเก็บข้อมูลแบบต่อเนื่องตั้งแต่ 15.40 - 15.58 น. และเก็บตัวอย่างจำนวน 12 ชิ้นงาน นำ 12 ชิ้นงานนี้มาทำการวัดความหนาเพื่อดูความสม่ำเสมอของความหนา และหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนากับอุณหภูมิของการขึ้นรูป

วิเคราะห์ผลการทดลอง

1. ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของเตา

จากกราฟที่ 1 และกราฟที่ 2 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่โซนต่างๆ 20 โซน ของเตาบนและเตาล่าง เส้นกราฟ 4 เส้น แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ใช้ขึ้นรูปชิ้นงานดังนี้

กราฟ A เป็นค่าเฉลี่ยของ 11 ชิ้นงาน ที่ทดลองผลิตโดยใช้ระบบ Auto ควบคุม อุณหภูมิเมื่อวันที่ 30/7/97 ระหว่าง 9.18 - 21.00 น.

กราฟ B เป็นค่าเฉลี่ยของ 6 ชิ้นงาน ที่ควบคุมโดยระบบ Auto เมื่อวันที่ 31/7/97 ระหว่าง 8.18 - 12.08 น.

กราฟ C เป็นค่าเฉลี่ยของ 12 ชิ้นงาน ที่เก็บตัวอย่างแบบต่อเนื่องเมื่อวันที่ 31/7/97 ระหว่าง 15.40 - 15.58 น. (ควบคุมโดยระบบ Auto)

กราฟ D เป็นค่าเฉลี่ยของตัวอย่างทั้งหมด 29 ชิ้นงาน (A+B+C)

จากกราฟที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเตาบนเส้นกราฟ 4 เส้นมีลักษณะเป็น Pattern เดียวกัน และมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในแต่ละโซนที่ใกล้เคียงกันมาก จนเกือบจะเป็น จุดเดียวกัน ยกเว้นโซนที่ 5, 7, 8, 9, 10 และ 19

จากกราฟที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเตาล่าง เส้นกราฟ 4 เส้นยังคงมี pattern เป็นแบบเดียวกัน แต่อุณหภูมิเฉลี่ยของกราฟ A จะสูงกว่ากราฟ C และกราฟ B ส่วนกราฟ D ซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของตัวอย่างทั้งหมด 29 ชิ้นงานจะอยู่ระหว่างกราฟ A กับ B และ ใกล้เคียงกับกราฟ C มาก

2. ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอุณหภูมิของเตา

กราฟที่ 3 และกราฟที่ 4 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอุณหภูมิ ของเตาบนและเตาล่าง

จากกราฟที่ 3 พิจารณาค่า SD ของเตาบน จะเห็นว่าค่า SD ของเส้นกราฟ ทั้ง 4 เส้น ไม่เกิน 5°C ยกเว้นใน โซนที่ 5, 6, 7, 9, 10, 11, 16, 19 ค่า SD ที่สูงมากๆ มาจากเส้นกราฟ A ของวันที่ 30/7 ซึ่งเป็นวันแรกของการทดลองเปลี่ยนจากระบบควบคุม อุณหภูมิแบบ Manual มาเป็น Auto แต่เส้นกราฟ B และ C ของวันที่ 31/7 ค่า SD จะลดลงอย่างมาก สำหรับกราฟ B มีโซนที่ 19 เท่านั้นที่ SD มากกว่า 5 คือ มีค่า SD 9.06 ส่วน กราฟ C มีโซนที่ 5 และ 6 ที่ SD มากกว่า 5 เล็กน้อยคือ 6.52 และ 5.82 ตามลำดับ

ค่าเฉลี่ยของ SD ทั้งเตา (ทุกโซน) กราฟ A มี SD เฉลี่ยทุกโซน 12.10 กราฟ B 3.75 และกราฟ C 2.97 ซึ่งแสดงว่า การปรับอุณหภูมิของ Auto เมื่อปรับให้เข้า ที่แล้ว การเบี่ยงเบนของอุณหภูมิจะน้อยมากไม่เกิน 5°C (กราฟ B และ C) ซึ่งการเบี่ยง เบนของอุณหภูมิที่สูงไปอย่างมากในช่วงแรกของกราฟ A เกิดจากช่วงเวลา 11.42 - 14.06 น. ของวันที่ 30/7 ซึ่งหลังจากนั้นค่า SD ก็ลดลง ค่าเฉลี่ยของ SD ในช่วงต่อมาของ วันที่ 30/7 และวันที่ 31/7 ลดลงมากจนมีค่า SD ไม่เกิน 5°C (ดูข้อมูลในตารางที่ 7)

จากกราฟที่ 4 แสดงค่า SD ของอุณหภูมิของเตาล่าง ซึ่งก็เป็นเช่นเดียวกับ เตาบนนั่นคือ กราฟ A ของวันที่ 30/7 จะมีบางโซนที่มีค่าการกระจายของอุณหภูมิ (SD)

สูงคือ โซนที่ 4, 7, 8, 18 และ SD จะลดลง ในกราฟ B และ C นั้นแสดงว่าการปรับอุณหภูมิในช่วงแรกของวันที่ 30/7 ยังไม่เข้าที่ซึ่งค่าเฉลี่ยของ SD ที่สูงในวันที่ 30/7 (กราฟ A) เกิดขึ้นในช่วง 9.18 - 11.06 น. และ 11.42 - 14.06 น. ซึ่งเป็นช่วงแรกของการเปลี่ยนระบบ Manual เป็น Auto หลังจากนั้นช่วง 15.51 - 18.08 และ 18.30 - 21.00 น. ของวันที่ 30/7 ตลอดจนถึงวันที่ 31/7 ค่า SD เฉลี่ยของเตาล้างก็ลดลงจนมีค่าไม่เกิน 6°C (ดูตารางที่ 7) ซึ่งหากเปรียบเทียบระหว่างการกระจายของอุณหภูมิ (ค่า SD) ของเตาบนกับเตาล้าง จะเห็นว่า หากไม่นับช่วงที่การปรับอุณหภูมิไม่เข้าที่ใน 2 ช่วงแรกของวันที่ 30/7 (9.18 - 11.06 และ 11.42 - 14.06 น.) แล้ว ค่าเฉลี่ยของ SD ของเตาบนจะน้อยกว่าเตาล้างทุกช่วง แสดงว่าการควบคุมการกระจายของอุณหภูมิของเตาบนจะดีกว่าเตาล้าง

ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของผลการทดลองวันที่ 30/7 และ 31/7 ที่เก็บข้อมูลจากชิ้นงานทดลองรวม 29 ชิ้นงาน สามารถสรุปได้ว่าการใช้ระบบ Auto สามารถควบคุมอุณหภูมิของเตาทั้งเตาบนและเตาล้างให้อยู่ใน Pattern ของอุณหภูมิที่ต้องการได้ โดยที่เมื่อปรับระบบให้เข้าที่แล้วค่า SD เฉลี่ยของเตาบนและเตาล้าง จะไม่เกิน 5°C และ 6°C ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

3. ความหนาของชิ้นงาน

จากกราฟที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยความหนาของชิ้นงานจากอุณหภูมิโซนต่างๆ ทั้ง 20 โซน จากเส้นกราฟทั้ง 4 เส้น พบว่าความหนาเฉลี่ยส่วนใหญ่จะอยู่ระหว่าง 1-1.5 มม. ยกเว้นโซนที่ 10 และ 20 ซึ่งเป็นด้านล่างของตัวถังในตู้เย็น มีความหนาระหว่าง 2 - 2.5 มม. และโซนที่ 1 ซึ่งเป็นด้านบนของตัวถังในตู้เย็น มีความหนาเฉลี่ย 1.5-2 มม. ค่าความหนาเฉลี่ยของทั้งถังไม่เกิน 1.5 มม. (ค่าเฉลี่ยความหนาของกราฟ A, B, C 1.38, 1.44 และ 1.43 มม. ตามลำดับ)

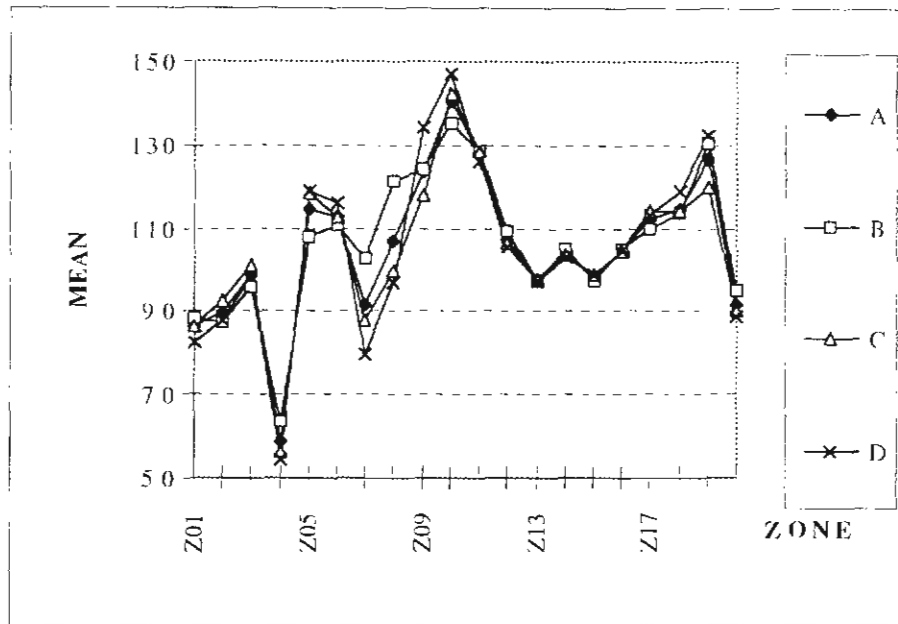
กราฟที่ 6 แสดงค่า SD ของความหนา จากกราฟทั้ง 4 เส้น ค่า SD ของความหนามีค่าไม่เกิน 0.2 มม. ยกเว้นในโซนที่ 1, 10, 11 และ 20 ซึ่งไม่อาจสรุปได้ว่าเกิดจากการปรับอุณหภูมิเตาที่ยังไม่เข้าที่ เนื่องจากไม่ได้เกิดกับเส้นกราฟ A และค่า SD เฉลี่ยของเส้นกราฟ A ทั้งเส้น คือ 0.12 น้อยกว่าเส้นกราฟ B และ C ซึ่งมีค่า SD เฉลี่ย 0.16 และ 0.14 ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

เมื่อพยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนาของชิ้นงานที่ได้จากการขึ้นรูป พบว่าไม่ได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear Correlation) ต่อกัน ไม่ว่าจะเป็นพิจารณาจากอุณหภูมิของเตาบนหรือเตาล้าง แสดงว่าน่าจะมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้องด้วย จึงยังไม่อาจสรุปสมการที่เกี่ยวข้องกับความหนาให้ชัดเจนได้ เนื่องจากไม่ได้ศึกษาปัจจัยอื่นร่วมด้วยในการทดลองนี้

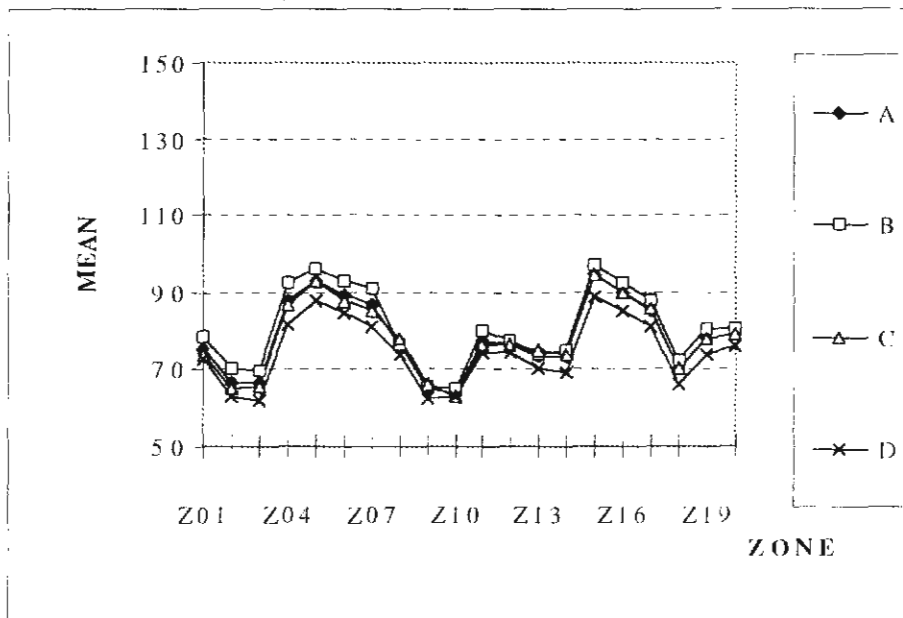
สรุปผลการทดลอง

การทดลองนี้ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้ระบบควบคุมแบบ Auto แทนระบบการควบคุมแบบ Manual ที่ใช้ในการขึ้นรูปถังในตู้เย็น โดยทำการทดสอบและเก็บข้อมูล ในวันที่ 30/7/97 และ 31/7/97 ซึ่งก่อนหน้านี้ใช้ระบบ Manual ในการผลิตผลการทดลองในครั้งนี้ สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเตา ทั้งเตาบนและเตาล่างในแต่ละโซนจะค่อนข้างคงที่ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน หากไม่นับช่วงแรกของวันที่ 30/7/97 ที่ยังปรับอุณหภูมิไม่เข้าที่แล้ว ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิเตาบนจะไม่เกิน 5°C (SD 2.92-4.17) และสำหรับเตาล่างค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอุณหภูมิจะไม่เกิน 6°C (SD 4.44-5.47) ส่วนความหนาเฉลี่ยของชิ้นงานทั้ง 29 ชิ้นงาน ได้ 1.41 มิลลิเมตร โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.15 ความหนาเฉลี่ยของส่วนที่บางที่สุดได้ 1.11 มิลลิเมตร และส่วนที่หนาที่สุดได้ 2.25 มิลลิเมตร

กราฟที่ 1 แสดงค่า MEAN ของอุณหภูมิเตาบน



กราฟที่ 2 แสดงค่า MEAN ของอุณหภูมิเตาล่าง



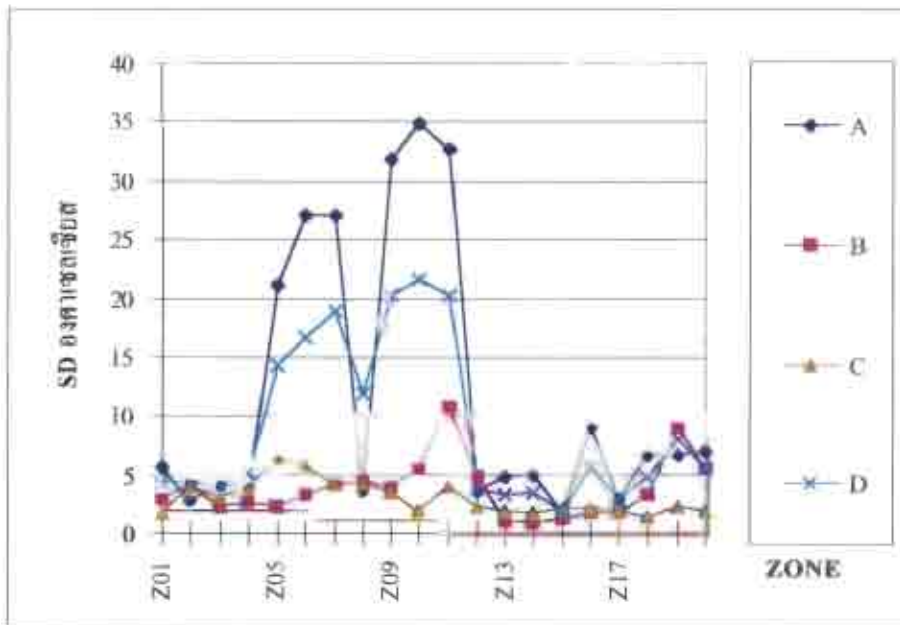
A = ค่าเฉลี่ยของ 11 ชิ้นงาน ของวันที่ 30/7/97

B = ค่าเฉลี่ยของ 6 ชิ้นงาน ของวันที่ 31/7/97

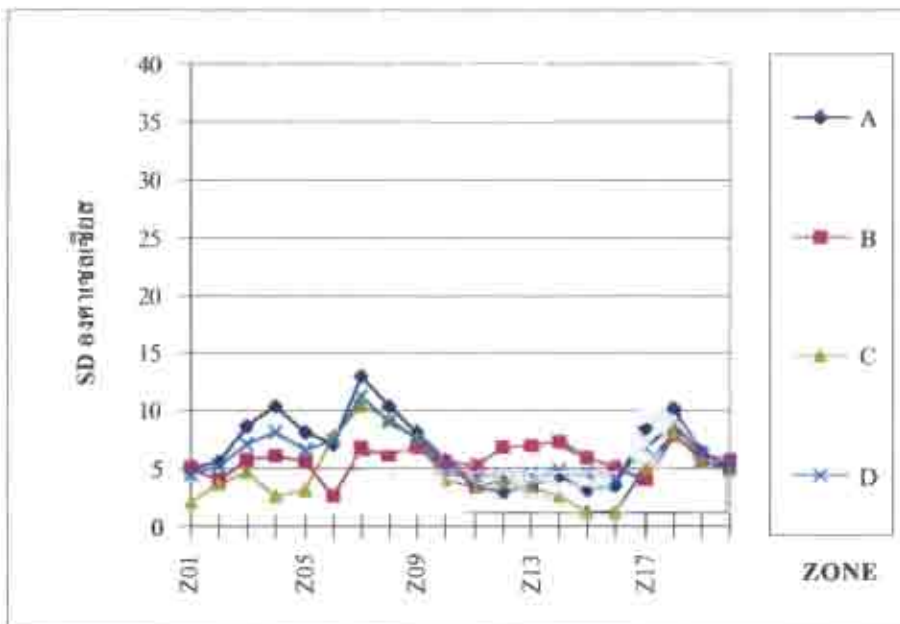
C = ค่าเฉลี่ยของ 12 ชิ้นงาน ทำแบบต่อเนื่องของวันที่ 31/7/97

D = ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลทั้งหมด 29 ชิ้นงาน

กราฟที่ 3 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอุณหภูมิเตาบน



กราฟที่ 4 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของอุณหภูมิเตาล่าง



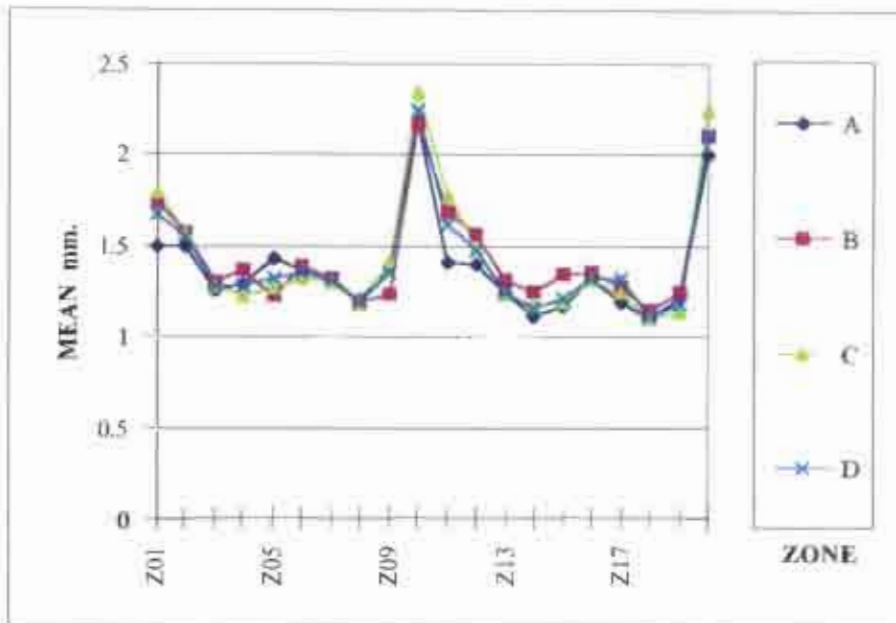
A = ค่าเฉลี่ยของ 11 ชิ้นงาน ของวันที่ 30/7/97

B = ค่าเฉลี่ยของ 6 ชิ้นงาน ของวันที่ 31/7/97

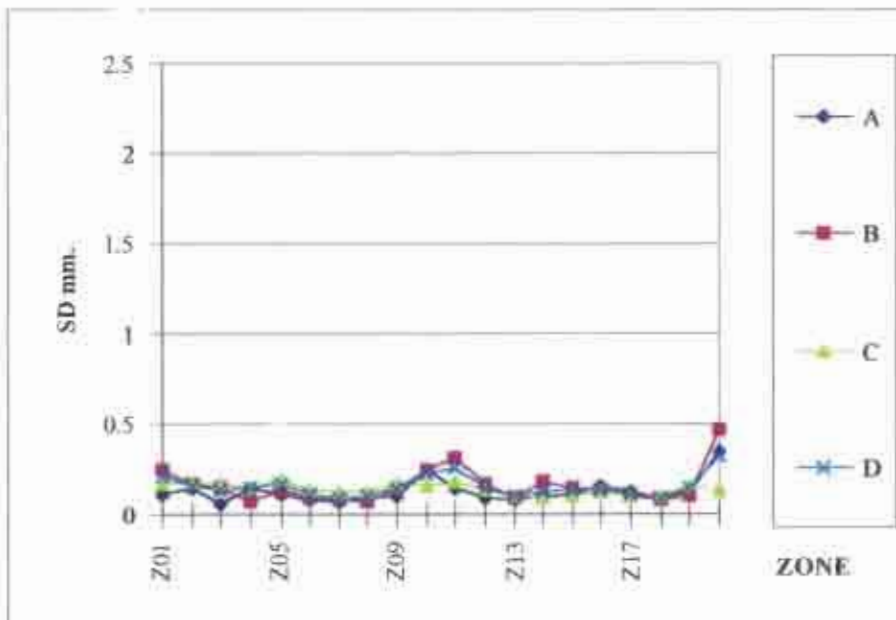
C = ค่าเฉลี่ยของ 12 ชิ้นงาน ทำแบบต่อเนื่องของวันที่ 31/7/97

D = ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลทั้งหมด 29 ชิ้นงาน

กราฟที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย (MEAN) ของความหนาแผ่นชิ้นงาน



กราฟที่ 6 แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของความหนาชิ้นงาน



A = ค่าเฉลี่ยของ 11 ชิ้นงาน ของวันที่ 30/7/97

B = ค่าเฉลี่ยของ 6 ชิ้นงาน ของวันที่ 31/7/97

C = ค่าเฉลี่ยของ 12 ชิ้นงาน ทำแบบต่อเนื่องของวันที่ 31/7/97

D = ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลทั้งหมด 29 ชิ้นงาน

ตารางที่ 1

แสดงค่า MEAN ของอุณหภูมิเตาบน

ZONE	A	B	C	D
Z01	88.45	82.33	86.17	86.24
Z02	87.36	87.67	92.42	89.52
Z03	95.82	98.17	101.33	98.59
Z04	63.18	54.5	56.17	58.48
Z05	108	119	118.42	114.59
Z06	110.64	116	112.58	112.55
Z07	102.64	79.5	87.58	91.62
Z08	121.18	96.67	99.58	107.17
Z09	124.18	134	117.83	123.59
Z10	135.09	147	142.42	140.59
Z11	128.64	126.17	128.58	128.1
Z12	109.36	105.33	106.5	107.34
Z13	97.18	97.5	98.08	97.62
Z14	105.18	103	103.5	104.03
Z15	97.27	99	98.58	98.17
Z16	104.82	104.67	104.42	104.62
Z17	109.82	113.17	114	112.24
Z18	113.55	118.83	113.92	114.79
Z19	130.45	132.17	120	126.48
Z20	94.82	88.67	90.08	91.59
Avg	106.38	105.17	104.61	105.40

A = ค่าเฉลี่ยของ 11 ชิ้นงาน ของ วันที่ 30/7/97
B = ค่าเฉลี่ยของ 6 ชิ้นงาน ของ วันที่ 31/7/97

ตารางที่ 2

แสดงค่า MEAN ของอุณหภูมิเตาล่าง

ZONE	A	B	C	D
Z01	78.27	73	74	75.41
Z02	70	63.17	65.17	66.59
Z03	69.91	61.67	65.5	66.38
Z04	92.55	81.67	87	88
Z05	96.09	87.83	92.92	93.07
Z06	93.18	84.67	87.83	89.21
Z07	91.09	81.33	85.42	86.72
Z08	76.18	73.83	77.83	76.38
Z09	65.36	62.33	65.83	64.93
Z10	65	62.83	62.92	63.69
Z11	80.27	74.33	76.5	77.48
Z12	77.27	74.5	76.5	76.38
Z13	73.73	70	74.67	73.34
Z14	74.64	69	73.75	73.1
Z15	97	88.83	94.67	94.34
Z16	92.45	85.33	90	89.97
Z17	87.91	81	85.5	85.48
Z18	72.27	66	70.33	70.17
Z19	80.45	73.83	78.08	78.1
Z20	80.55	75.83	79.08	78.97
Avg	80.71	74.55	78.18	78.39

C = ค่าเฉลี่ยของ 12 ชิ้นงาน ทำแบบต่อ เนื่อง ของวันที่ 31/7/97
D = ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลทั้งหมด 29 ชิ้นงาน

ตารางที่ 3

แสดงค่าSDของอุณหภูมิเตาบน

ZONE	A	B	C	D
Z01	5.59	2.94	1.64	4.36
Z02	2.69	4.13	3.94	4.23
Z03	4.02	2.23	2.99	4.06
Z04	3.92	2.51	3.66	5.12
Z05	21.19	2.28	6.52	14.34
Z06	27.05	3.22	5.82	16.75
Z07	27.14	4.14	4.03	18.94
Z08	3.54	4.37	4.29	11.86
Z09	31.83	4	3.46	20.18
Z10	34.92	5.4	1.88	21.55
Z11	32.74	10.7	3.92	20.25
Z12	3.53	4.84	2.28	3.67
Z13	4.85	1.05	1.83	3.18
Z14	5	0.89	1.78	3.34
Z15	1.74	1.26	1.98	1.85
Z16	9.1	1.63	2.07	5.63
Z17	2.89	1.72	1.91	2.96
Z18	6.67	3.25	1.31	4.78
Z19	6.65	9.06	2.13	7.96
Z20	6.94	5.47	1.93	5.56
Avg	12.10	3.75	2.97	9.03

A = ค่าเฉลี่ยของ 11 ชิ้นงาน
ของวันที่ 30/7/97

B = ค่าเฉลี่ยของ 6 ชิ้นงาน ของ
วันที่ 31/7/97

ตารางที่ 4

แสดงค่าSDของอุณหภูมิเตาล่าง

ZONE	A	B	C	D
Z01	5.08	5.06	2.13	4.57
Z02	5.46	3.97	3.64	5.16
Z03	8.58	5.79	4.68	7.13
Z04	10.42	6.06	2.59	8.07
Z05	8.22	5.56	3.2	6.57
Z06	7.12	2.58	7.73	7.36
Z07	12.94	6.77	10.38	11.17
Z08	10.47	6.05	9.27	9.04
Z09	8.18	6.89	7.59	7.54
Z10	5.78	5.53	4.01	4.98
Z11	3.26	5.2	3.23	4.28
Z12	2.97	6.83	4.03	4.35
Z13	3.44	6.99	3.23	4.5
Z14	4.25	7.29	2.56	4.82
Z15	3.16	5.85	1.15	4.42
Z16	3.5	5.01	1.28	4.07
Z17	8.46	3.95	5.07	6.71
Z18	10.15	7.72	8.15	8.89
Z19	6.41	5.98	5.58	6.28
Z20	4.93	5.67	4.87	5.18
Avg	6.64	5.74	4.72	6.25

C = ค่าเฉลี่ยของ 12 ชิ้นงาน ทำแบบต่อเนื่อง
ของวันที่ 31/7/97

D = ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลทั้งหมด
29 ชิ้นงาน

ตารางที่ 5

แสดงค่า MEAN ความหนาชั้นงาน

ZONE	A	B	C	D
Z01	1.5	1.74	1.79	1.67
Z02	1.5	1.57	1.58	1.55
Z03	1.26	1.3	1.28	1.28
Z04	1.29	1.37	1.22	1.28
Z05	1.43	1.22	1.27	1.32
Z06	1.37	1.39	1.32	1.35
Z07	1.3	1.32	1.3	1.31
Z08	1.2	1.19	1.18	1.19
Z09	1.39	1.23	1.41	1.36
Z10	2.18	2.17	2.35	2.25
Z11	1.41	1.69	1.77	1.62
Z12	1.4	1.56	1.5	1.48
Z13	1.24	1.31	1.23	1.25
Z14	1.11	1.25	1.17	1.16
Z15	1.17	1.34	1.19	1.21
Z16	1.32	1.35	1.31	1.32
Z17	1.19	1.28	1.25	1.32
Z18	1.1	1.15	1.1	1.11
Z19	1.21	1.24	1.13	1.18
Z20	2	2.1	2.25	2.12
Avg	1.38	1.44	1.43	1.42

A = ค่าเฉลี่ยของ 11 ชั้นงาน
ของวันที่ 30/7/97

B = ค่าเฉลี่ยของ 6 ชั้นงาน
ของวันที่ 31/7/97

ตารางที่ 6

แสดงค่าSDของความหนาแผ่นชั้นงาน

ZONE	A	B	C	D
Z01	0.11	0.24	0.17	0.21
Z02	0.14	0.17	0.18	0.16
Z03	0.06	0.14	0.17	0.13
Z04	0.14	0.07	0.15	0.14
Z05	0.11	0.13	0.19	0.17
Z06	0.08	0.09	0.13	0.11
Z07	0.07	0.08	0.12	0.09
Z08	0.09	0.07	0.12	0.1
Z09	0.1	0.13	0.17	0.15
Z10	0.24	0.24	0.16	0.22
Z11	0.14	0.31	0.18	0.26
Z12	0.09	0.17	0.13	0.14
Z13	0.08	0.09	0.1	0.1
Z14	0.1	0.18	0.09	0.12
Z15	0.11	0.14	0.1	0.13
Z16	0.16	0.13	0.12	0.13
Z17	0.12	0.1	0.1	0.11
Z18	0.09	0.08	0.1	0.09
Z19	0.12	0.1	0.16	0.14
Z20	0.34	0.47	0.13	0.32
Avg	0.12	0.16	0.14	0.15

C = ค่าเฉลี่ยของ 12 ชั้นงาน ทำแบบต่อ
เนื่องของวันที่ 31/7/97

D = ค่าเฉลี่ยจากข้อมูลทั้งหมด
29 ชั้นงาน

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบระหว่างค่าเฉลี่ยของ SD ของเตาบนและเตาล่าง ที่
ช่วงเวลาต่าง ๆ ของการทดลอง วันที่ 30-31/7/97

Ave SD	วันที่ 30/7/97				วันที่ 31/7/97		
	9.18-11.06	11.42-14.08	15.51-18.08	18.30-21.00	8.18-10.20	11.52-12.08	15.30-15.55
เตาบน	5.96	11.6	3.93	4.17	4.07	2.92	3.98
เตาล่าง	9.83	7.06	4.77	5.04	5.16	4.44	5.47

ตารางที่ 8 แสดงเวลาที่เก็บตัวอย่างชิ้นงานทั้ง 29 ชิ้น

Date	No.	Time
30/7/97	No.1	9:54:30 - 9:56:00
	No.2	10:03:35 - 10:05:00
	No.3	10:13:30 - 10:15:00
	No.4	10:32:40 - 10:34:10
	No.5	11:00:40 - 11:02:10
	No.6	12:02:00 - 12:03:30
	No.7	14:01:30 - 14:03:00
	No.8	16:03:00 - 16:04:30
	No.9	18:03:10 - 18:04:40
	No.10	20:00:00 - 20:01:30
	No.11	21:30:00 - 21:31:30
31/7/97	No.1	8:22:30 - 8:24:00
	No.2	8:24:00 - 8:25:30
	No.3	10:03:10 - 10:04:40
	No.4	10:04:40 - 10:06:10
	No.5	12:02:30 - 12:04:00
	No. 6	12:04:00 - 12:05:30
	Test 1	15:40:30 - 15:42:00
	Test 2	15:42:00 - 15:43:30
	Test 3	15:43:30 - 15:45:00
	Test 4	15:45:00 - 15:46:30
	Test 5	15:46:30 - 15:48:00
	Test 6	15:48:00 - 15:49:30
	Test 7	15:49:30 - 15:50:45
	Test 8	15:50:45 - 15:52:10
	Test 9	15:52:10 - 15:53:20
	Test 10	15:53:20 - 15:54:30
	Test 11	15:54:30 - 15:55:50
	Test 12	15:55:50 - 15:57:20

ภาคผนวก 5.3

เปรียบเทียบผลจากการใช้ระบบควบคุมแบบ Auto และ Manual

เปรียบเทียบผลจากการใช้ระบบควบคุมแบบ Auto และ Manual

ที่มาของงาน

เนื่องจากตั้งแต่วันที่ 30/7/97 โรงงานชั้นโยยูนีเวอร์แซลอิเล็กทรอนิกส์ ได้เปลี่ยนมาใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบ Auto แทนระบบ Manual ในกระบวนการขึ้นรูปถังในตู้เย็น ดังนั้น หลังจากที่ได้ดำเนินการผลิตมาได้ระยะหนึ่งในวันที่ 11/9/97 ทาง TDO จึงได้ทำการประเมินผลโครงการโดยการสำรวจความคิดเห็น และความพอใจของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตตั้งแต่ระดับพนักงานผู้ปฏิบัติงาน จนถึงผู้บริหารของโรงงาน และรวบรวมข้อมูลต่างๆ เพื่อดูว่าส่งผลต่อการปฏิบัติงานอย่างไรบ้าง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลความคิดเห็น การรับรู้ (perception) และความพอใจของผู้ปฏิบัติงานของ SUE ต่อผลของโครงการ
2. เปรียบเทียบข้อมูลจากการผลิตโดยใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิแบบ Auto และ Manual

แผนการทำงาน

1. วางแผนการประเมินผล รูปแบบและหัวข้อที่จะประเมินผล โดยรูปแบบที่จะประเมินผลจะใช้การสัมภาษณ์ - ผู้ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการขึ้นรูปถังในตู้เย็นรวม 10 คน ได้แก่ ผู้ช่วยผู้อำนวยการผลิต, ผู้จัดการผลิต, หัวหน้าหมวด กะเข้าและกะบ่าย, หัวหน้าหน่วย กะเข้าและกะบ่าย และพนักงานควบคุมเครื่อง กะเข้า 2 คน และกะบ่าย 2 คน (ดูรายละเอียดใน organization ของ Line Thermoforming)

สำหรับหัวข้อของแบบสอบถามมีทั้งหมด 17 หัวข้อ เป็นคำถามสำหรับระดับพนักงาน 13 หัวข้อ และระดับผู้บริหาร 17 หัวข้อ รูปแบบคำถามทั้งหมดเป็นคำถามเปิด

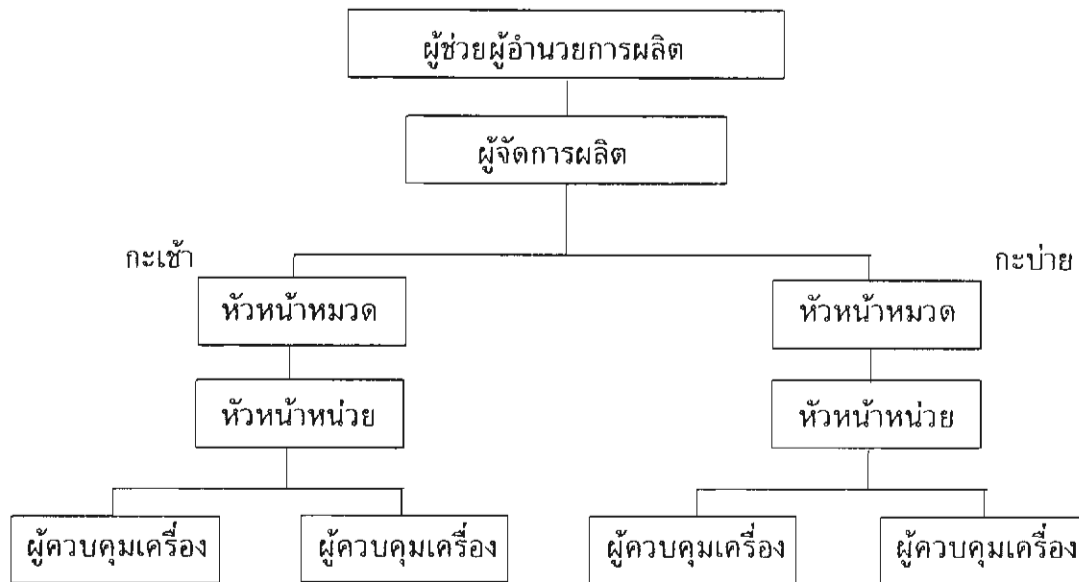
2. รวบรวมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลจากการใช้ระบบ Auto เปรียบเทียบกับ Manual ได้แก่ ตัวเลขของเสีย แล้วนำมาสรุปข้อมูลเปรียบเทียบผล

ผลการประเมิน

ผลการประเมินจะแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อดังต่อไปนี้ คือ

1. ผลการสำรวจความคิดเห็นและความพอใจของผู้ปฏิบัติงานในการผลิต
2. ผลจากการวิเคราะห์ของเสียที่เกิดจากการขึ้นรูปถังในระบบ Manual และระบบ Auto
 1. ผลการสำรวจความคิดเห็นและความพอใจของผู้ปฏิบัติงานในการผลิต

1.1 Organization ของ Line Thermoforming



1.2 สรุปผลการสัมภาษณ์และความคิดเห็นในประเด็นต่างๆ ที่ทำการสำรวจเปรียบเทียบระหว่างการใช้ระบบ Auto และระบบ Manual สรุปคำตอบจากระดับผู้บริหาร (ผช.ผอ.ผลิต, ผจก.ผลิต), หัวหน้างาน (หัวหน้าหมวด, หัวหน้าหน่วย) และพนักงานควบคุมเครื่อง

ประเด็น	ผู้บริหาร	หัวหน้างาน	พนักงานควบคุมเครื่อง
1. ปริมาณงาน (work Load)	ปริมาณงานไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใช้ระบบ Auto กับ ระบบ Manual		
2. ความสะอาดและความคล่องตัวในการผลิต	ระบบ Auto ช่วยให้คล่องตัวมากขึ้น ไม่ต้องปรับไฟบ่อยๆ	ระบบ Auto ปรับง่ายกว่า ถ้าเครื่องไม่รวน	ระบบ Auto มีความคล่องตัวมากกว่าเดิม การปรับไฟง่ายกว่า
3. จุดที่ทำให้การผลิตหรือการทำงานติดขัด	มีปัญหาสาย Thermocouple พ้นถึงทำให้หลุดออกมา 1 ครั้ง ใน 1 เดือนที่ผ่านมา ต้องเรียก TDO มาแก้ไข	ปัญหาติดขัดระบบ Manual จะมีมากกว่า Auto ไม่ติดขัด	ทางด้านระบบไฟของระบบ Auto ไม่มีปัญหา ส่วนมากการติดขัด เป็นที่ตัวเครื่องจักร
4 การใช้ในสภาวะปกติและสภาวะเร่ง	การทำงานเป็นปกติไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งระบบ Auto และ Manual		
5. ขาดเสีย	ระบบ Auto จะลดของเสียลงได้เล็กน้อย	ระบบ Auto ขาดเสียน้อยกว่า Manual เพราะระบบไฟนิ่งกว่า	ของเสียประมาณ 30% ต่อวัน แต่ระบบ Auto มีของเสียน้อยกว่า

ประเด็น	ผู้บริหาร	หัวหน้างาน	พนักงานควบคุมเครื่อง
6. เวลาที่ใช้ในการผลิตและตั้งเครื่อง	ไม่มีข้อมูล	ระบบ Auto และ Manual ใช้เวลาไม่ต่างกัน	ใช้ตามปกติตั้งเครื่อง 1/2 ชม. cycletime 75 sec
7. การเสียของเครื่องจักร	การเสียส่วนมากเกิดจากเครื่องจักร ไม่ได้เกิดจากระบบไฟ ปัญหาการเสียของเครื่องจักรเช่น ลูกสูบ จานหมุน ส่วนระบบไฟไม่ค่อยจะเสีย ถ้าเสียจะเป็นการเสียเล็กๆ น้อยๆ เช่น ฟิวส์ขาด		
8. การบำรุงรักษาเครื่อง	มีการตรวจสอบเดือนละครั้ง	ทาง Maintenance เป็นผู้ทำการตรวจสอบ	ทางฝ่ายผลิตจะทำความสะอาดเครื่องทุกสัปดาห์ โดยการกวาดเช็ดถู บริเวณรอบๆ กะเข้าทำทุกวันจันทร์ กะบ่ายทำทุกวันศุกร์
9. อุบัติเหตุที่เกิด	ไม่เคยเกิดอุบัติเหตุเลย นอกจากอุบัติเหตุเล็กๆ น้อยๆ เช่น โดน clamp ร้อนจากความไม่ระมัดระวัง		
10. เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ของการใช้ระบบ Auto กับระบบ Manual	ระบบ Auto ทำให้พนักงานทำงานสะดวกสบายขึ้น	<u>ระบบ Manual</u> ข้อดี : ค่อนข้าง ข้อเสีย : เครื่องรวนแล้วปรับเข้าที่ยาก <u>ระบบ Auto</u> ข้อดี : ปรับแล้วไฟจะนิ่ง (อุณหภูมิคงที่) ของเสียน้อยลง ข้อเสีย : ถ้ารวนแล้ว บางทีก็ปรับไม่ได้ ต้อง set ใหม่	ข้อเสียของระบบ Manual คือต้องปรับบ่อยเพราะไฟ (อุณหภูมิ) ไม่นิ่ง ซึ่งระบบ Auto จะมีข้อดีคือไฟนิ่ง ทำให้การปรับอุณหภูมิง่ายกว่า
11. โดยสรุประบบที่ทำให้ประสิทธิภาพของงานดีกว่า	ระบบ Auto ทำให้ประสิทธิภาพของงานดีกว่าพนักงานทำงานสะดวกสบายมากขึ้น	ระบบ Auto ทำให้การทำงานดีกว่า เนื่องจากไม่ต้องปรับเครื่องบ่อยๆ	ระบบ Auto ดีกว่าเนื่องจากการปรับอุณหภูมิให้คงที่ง่ายกว่า

ประเด็น	ผู้บริหาร	หัวหน้างาน	พนักงานควบคุมเครื่อง
12. จุดที่อยากให้ปรับปรุงสำหรับระบบ Auto ในปัจจุบัน	1. มีระบบไฟแสดงการทำงานของ heater 2. มีระบบจับแผ่นเข้า-ออก 3. มีระบบ Insulation ป้องกันความร้อนสูญเสียเพื่อใช้ความร้อนจาก heater ได้เต็มที่	1. ปรับปรุงการใช้ clamp ให้เปิดได้ 90 องศา 2. มีสัญญาณไฟในส่วน preheat แสดงการติด-ดับ	1. มีการปิดไฟบางเตาที่ไม่ใช้งาน 2. ใช้โปรแกรมในการควบคุมระบบไฟ
13. ความรู้สึกของผู้ปฏิบัติงาน : ความเครียด, ความวิตกกังวล, ความสะดวกสบาย, ความพึงพอใจ	พนักงานมีความสะดวกสบายขึ้นมาก และมีความพอใจค่อนข้างมาก	ไม่ค่อยเครียด และไม่กังวล มีความสบายใจพอควร และชอบระบบ Auto มากกว่า	เครียดน้อย ไม่กังวล ไม่เบื่อ สบายใจ สรุปรโดยรวม ชอบระบบ Auto มากกว่า
คำถามเฉพาะสำหรับผู้บริหาร			
14. ความพอใจของผู้บริหารต่อการทำงานของพนักงานหลังการใช้ระบบ Auto	- ประสิทธิภาพการทำงาน of พนักงานค่อนข้างมาก - ขวัญและกำลังใจของพนักงานค่อนข้างมาก - มีความพอใจค่อนข้างมาก		
15. เครื่องเก่าควรมีการพัฒนาต่อไปหรือไม่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการซื้อเครื่องใหม่กับการพัฒนาเครื่องเก่า	ควรมีการพัฒนาต่อไป เพราะเป็นการสร้าง know-how และเป็นการพัฒนาบุคลากรด้วย		

ประเด็น	ผู้บริหาร	หัวหน้างาน	พนักงานควบคุมเครื่อง
16. ผู้บริหารมีส่วนร่วมในการวิจัยและพัฒนาอย่างไร	1. สนับสนุนโครงการ 2. ให้ข้อเสนอแนะ		
17. เรื่องที่ควรพัฒนาต่อไป เช่น การลดคนในการทำงาน	จำนวนคนขณะนี้ลดน้อยที่สุดแล้วคือ 2 คน ถ้าลดเหลือ 1 คนจะต้องใช้ Robot ป้อนงานแทนคนซึ่งจะทำให้ลดคนลงได้		

2. ผลจากการวิเคราะห์ของเสียที่เกิดจากการขึ้นรูปถังในระบบ Manual และระบบ Auto จากกราฟที่ 7, 8 และ 9 แสดง % ของเสีย ชนิดต่างๆ ที่เกิดจากการขึ้นรูป ถัง ในตู้เย็นในเดือนมิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม ตามลำดับ เปรียบเทียบกราฟทั้ง 3 นี้ จะเห็นว่า ในเดือนสิงหาคม ซึ่งใช้ระบบควบคุมแบบ Auto มี % ของเสียทุกชนิดลดลงจากเดือนมิถุนายน และเดือนกรกฎาคม ที่ใช้ระบบควบคุมแบบ Manual อย่างชัดเจน

จากกราฟที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบของเสียรวมจากการผลิตในเดือนมิถุนายน กรกฎาคมและเดือนสิงหาคม จะเห็นว่า ปริมาณของเสียรวมจากการใช้ระบบ Auto ในเดือนสิงหาคม ลดลงอย่างมากจากเดือนมิถุนายน ซึ่งมีของเสียรวม 15.3% และเดือนกรกฎาคม ซึ่งมีของเสียรวม 8.6% เหลือเพียง 3.9% ในเดือนสิงหาคม ซึ่งเปลี่ยนมาใช้ระบบ Auto คิดเป็นสัดส่วนที่ลดลงจากเดือนมิถุนายน และกรกฎาคม 82.1% และ 73.9% ตามลำดับ (ดูข้อมูลในตารางที่ 13)

เมื่อพิจารณาลักษณะของเสียแต่ละชนิด คือ ถังที่มีลักษณะจิบ, ลักษณะจากการตูดไม่ลงของเครื่อง, ลักษณะถังที่บางเกินไป และถังที่เสียจากการทดลองแผ่นเพื่อปรับอุณหภูมิในช่วงแรกของการตั้งเครื่อง จะเห็นว่า ในเดือนสิงหาคม ซึ่งใช้ระบบ Auto ปริมาณของเสียทุกลักษณะดังกล่าว มีปริมาณลดลงจากเดือนมิถุนายน และกรกฎาคม ซึ่งใช้ระบบ Manual โดยเฉพาะลักษณะจิบ ซึ่งมีสัดส่วนของการลดลงอย่างมากจากเดือนมิถุนายน 5.7% และกรกฎาคม 3.5% ลดลงมาเหลือ 0.6% ในเดือนสิงหาคม สัดส่วนการลดลงจากเดือนมิถุนายน และกรกฎาคม 92.7% และ 90.2% ตามลำดับ สำหรับของเสียจากลักษณะอื่นๆ ก็มีสัดส่วนที่ลดลงในเดือนสิงหาคมอย่างมาก ดังรายละเอียดในตารางที่ 13

จากตัวเลขดังกล่าว ของเสียรวมจากการใช้ระบบ Auto ในเดือนสิงหาคม ลดลงจากเดิมที่ใช้ระบบ Manual เฉลี่ย 8 % (เฉลี่ยจากของเสียรวมในเดือนกรกฎาคมและมิถุนายน) ซึ่งหากการประเมินจากตัวเลขการขึ้นรูปถังในเดือนมิถุนายน กรกฎาคมและสิงหาคม เฉลี่ย 500 แผ่นต่อวัน เมื่อคิดราคาของแผ่นพลาสติก 117 บาทต่อแผ่น (ข้อมูล

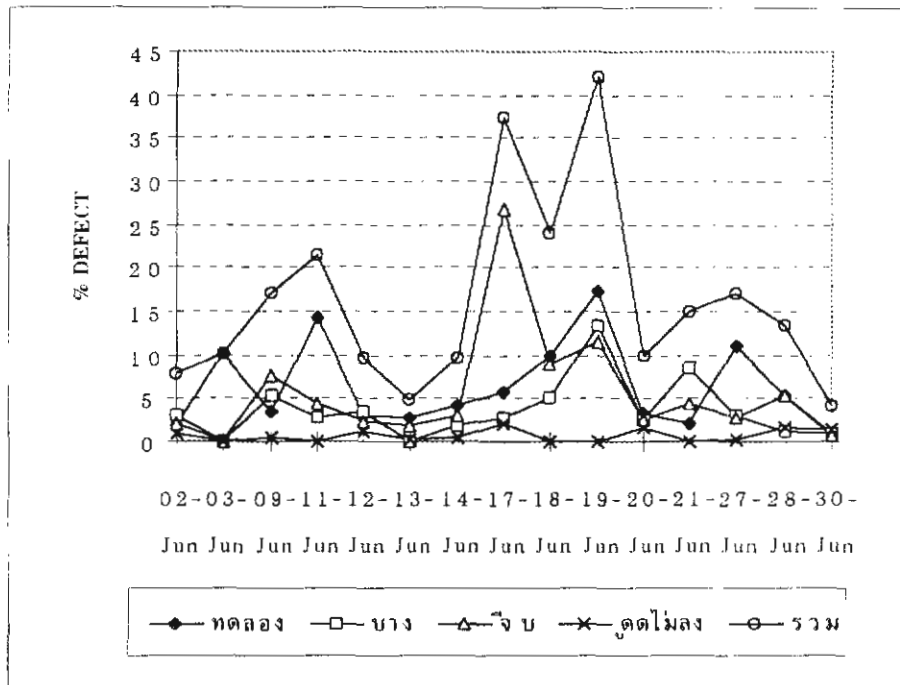
เมื่อเริ่มต้นทำโครงการ) จะสามารถลดค่าใช้จ่าย จากการลดของเสีย โดยใช้ระบบ Auto ได้เฉลี่ย 4,680 บาทต่อวัน หรือ 140,000 บาทต่อเดือน

สรุป

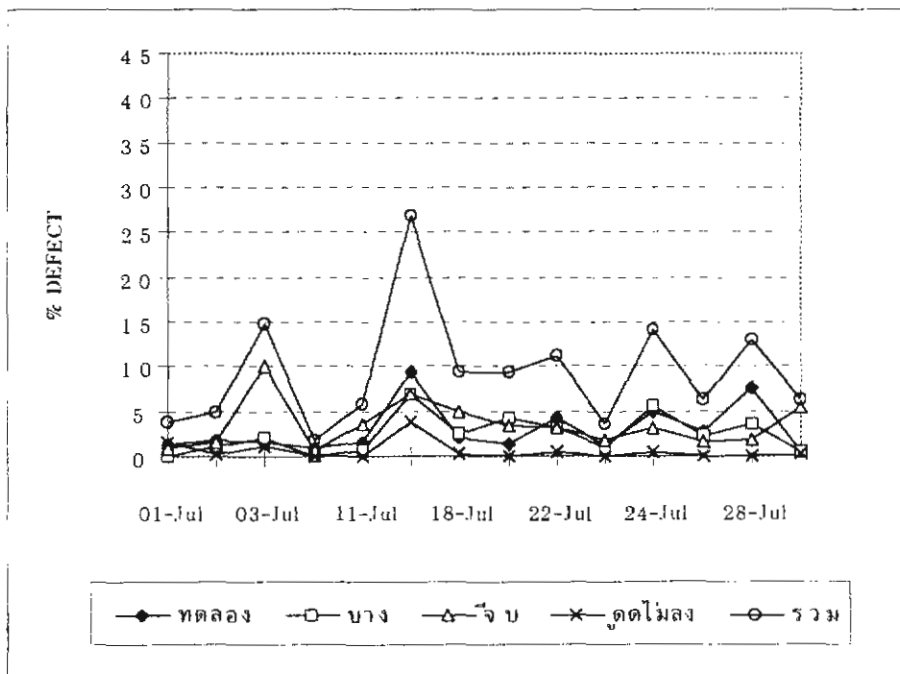
จากผลการประเมินโครงการเมื่อพิจารณาจากความคิดเห็น การรับรู้ และความพอใจของผู้ปฏิบัติงานตั้งแต่ระดับบริหาร หัวหน้างาน จนถึงพนักงานควบคุมเครื่อง โดยการสัมภาษณ์ สรุปว่าจุดที่แตกต่างของระบบควบคุมแบบ Auto และ Manual ก็คือ ระบบ Auto สามารถควบคุมอุณหภูมิของการขึ้นรูปให้คงที่ได้ดีกว่า ทำให้การปรับเครื่องทำได้ง่าย การทำงานมีความคล่องตัว และสะดวกสบายขึ้น ลดปัญหาการติดขัดของเครื่อง และลดปริมาณของเสียลงได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น และพนักงานมีความพึงพอใจ แม้ว่าพนักงานจะคุ้นเคยกับการทำงานในระบบ Manual ก็ตามแต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบ Auto พนักงานก็เกิดความรู้สึกที่เห็นคุณค่าของการเปลี่ยนแปลง และไม่เกิดความรู้สึกต่อต้าน ผู้บริหารและหัวหน้าก็มีความพึงพอใจ และมีทัศนคติที่ดีต่อการวิจัยพัฒนาและเห็นว่าสามารถปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นได้

ในแง่ข้อมูลตัวเลข ที่สามารถเก็บข้อมูลได้คือ ปริมาณของเสีย ซึ่งพบว่าระบบ Auto สามารถช่วยลดของเสียลงได้เฉลี่ย 3.9% จากระบบ Manual เดิม 9-15% คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถลดลงได้เฉลี่ย 4,680 บาทต่อวันหรือ 140,000 บาทต่อเดือน และของเสียในทุกลักษณะมีสัดส่วนลดลง โดยเฉพาะของเสียที่มีลักษณะจับซึ่งมีสัดส่วนของเสียลดลงมากที่สุดถึง 90-92% อย่างไรก็ดี หากทางโรงงานมีการเก็บข้อมูลเพิ่มขึ้น ก็น่าจะเป็นแนวทางของการลดของเสียได้มากขึ้น รวมทั้งข้อมูลอื่นๆ เช่น ปริมาณการใช้ไฟฟ้าปริมาณการใช้วัตถุดิบ ซึ่งเกิดจากความสามารถของระบบ Auto ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ส่งผลให้สามารถควบคุมความหนาของชิ้นงานและของเสียได้ แต่ขณะนี้เนื่องจากทางโรงงานไม่ได้แยกบัญชีค่าไฟเฉพาะของ Line ผลิตนี้จาก Line ผลิตอื่น จึงทำให้ไม่สามารถจะประเมินตัวเลขในจุดนี้ได้ ซึ่งอาจจะต้องมีการวางแผนติดตามผลในระยะยาวต่อไป

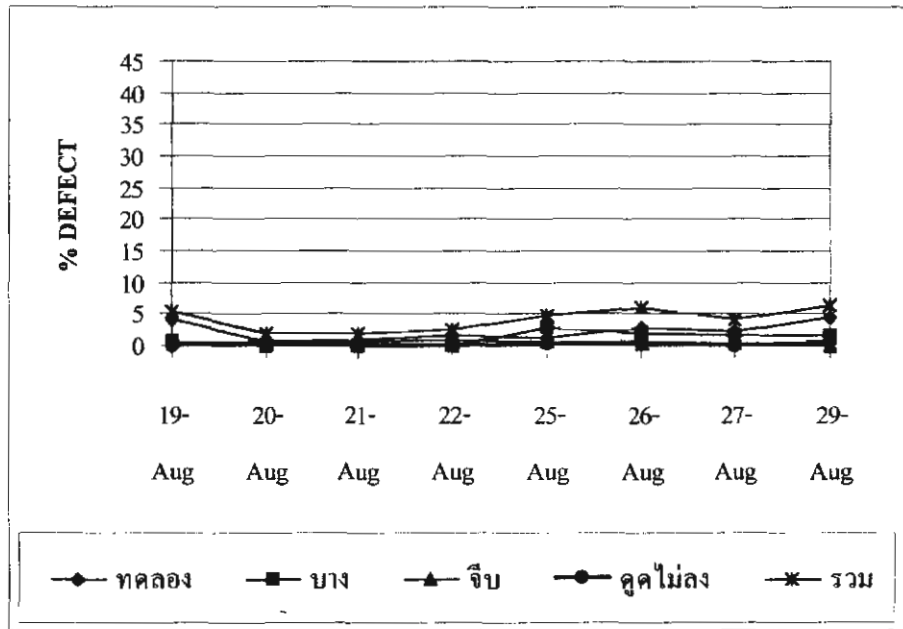
กราฟที่ 7 แสดง % ของเสียที่เกิดจากการขึ้นรูปด้วยระบบ Manual (เดือนมิถุนายน)



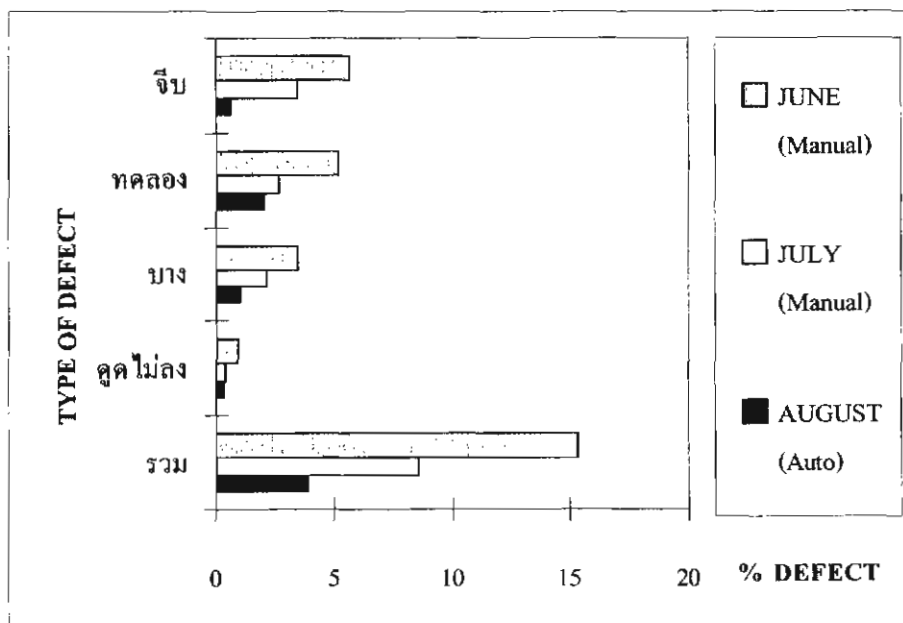
กราฟที่ 8 แสดง % ของเสียที่เกิดจากการขึ้นรูปด้วยระบบ Manual (เดือนกรกฎาคม)



กราฟที่ 9 แสดง % ของเสียที่เกิดจากการขึ้นรูป ด้วยระบบ Auto (เดือนสิงหาคม)



กราฟที่ 10 แสดง % ของเสียที่เกิดจากการขึ้นรูป ด้วยระบบ Manual และ Auto



ตารางที่ 9 ของเสียจากการขึ้นรูปถังในของเครื่อง BROWN 4 โดยใช้ระบบ
MANUAL (เดือนมิถุนายน)

วันที่	จำนวน แผ่น	ของเสีย									
		ทดลอง		บาง		จีบ		ตูดไม่ลง		รวม	
		จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)
02-Jun-97	460	8	1.7	14	3.0	10	2.2	4	0.9	36	7.8
03-Jun-97	49	5	10.2	-	-	-	-	-	-	5	10.2
09-Jun-97	560	19	3.4	30	5.4	43	7.7	3	0.5	95	17.0
11-Jun-97	70	10	14.3	2	2.9	3	4.3	-	-	15	21.4
12-Jun-97	620	18	2.9	21	3.4	14	2.3	7	1.1	60	9.7
13-Jun-97	480	13	2.7	-	-	9	1.9	1	0.2	23	4.8
14-Jun-97	360	15	4.2	7	1.9	11	3.1	2	0.6	35	9.7
17-Jun-97	432	25	5.8	12	2.8	116	26.9	9	2.1	162	37.5
18-Jun-97	200	20	10.0	10	5.0	18	9.0	-	-	48	24.0
19-Jun-97	376	65	17.3	50	13.3	43	11.4	-	-	158	42.0
20-Jun-97	520	17	3.3	13	2.5	13	2.5	9	1.7	52	10.0
21-Jun-97	232	5	2.2	20	8.6	10	4.3	-	-	35	15.1
27-Jun-97	435	48	11.0	13	3.0	12	2.8	1	0.2	74	17.0
28-Jun-97	480	25	5.2	6	1.3	25	5.2	8	1.7	64	13.3
30-Jun-97	492	5	1.0	5	1.0	3	0.6	7	1.4	20	4.1
รวม	5766	298	-	203	-	330	-	51	-	882	-
% ของเสียต่อ จำนวนแผ่น		5.2		3.5		5.7		0.9		15.3	

ตารางที่ 10 ของเสียจากการขึ้นรูปถังในของเครื่อง BROWN 4 โดยใช้ระบบ
MANUAL (เดือนกรกฎาคม)

วันที่	จำนวน แผ่น	ของเสีย									
		ทดลอง		บาง		จีบ		ตูดไม่ลง		รวม	
		จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)
01-Jul-97	510	7	1.4	-	-	4	0.8	8	1.6	19	3.7
02-Jul-97	495	9	1.8	6	1.2	8	1.6	1	0.2	24	4.8
03-Jul-97	630	10	1.6	12	1.9	64	10.2	7	1.1	93	14.8
04-Jul-97	520	5	1.0	-	-	4	0.8	-	-	9	1.7
11-Jul-97	610	10	1.6	4	0.7	22	3.6	-	-	36	5.9
17-Jul-97	215	20	9.3	15	7.0	15	7.0	8	3.7	58	27.0
18-Jul-97	515	10	1.9	13	2.5	25	4.9	1	0.2	49	9.5
21-Jul-97	550	8	1.5	24	4.4	19	3.5	-	-	51	9.3
22-Jul-97	589	25	4.2	19	3.2	19	3.2	3	0.5	66	11.2
23-Jul-97	590	6	1.0	5	0.8	10	1.7	-	-	21	3.6
24-Jul-97	450	22	4.9	25	5.6	14	3.1	2	0.4	63	14.0
25-Jul-97	411	11	2.7	9	2.2	6	1.5	-	-	26	6.3
28-Jul-97	454	35	7.7	16	3.5	8	1.8	-	-	59	13.0
29-Jul-97	509	2	0.4	2	0.4	27	5.3	1	0.2	32	6.3
รวม	7048	180	-	150	-	245	-	31	-	606	-
% ของเสียต่อ จำนวนแผ่น		2.6		2.1		3.5		0.4		8.6	

ตารางที่ 11 ของเสียจากการขึ้นรูปถังในของเครื่อง BROWN 4 โดยใช้ระบบ AUTO
(เดือนสิงหาคม)

วันที่	จำนวน แผ่น	ของเสีย									
		ทดลอง		บาง		จีบ		ดุดไม่ลง		รวม	
		จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)	จำนวน ชิ้น	(%)
19-Aug-97	299	12	4.0	2	0.7	2	0.7	-	-	16	5.4
20-Aug-97	630	5	0.8	-	-	4	0.6	4	0.6	13	2.1
21-Aug-97	650	7	1.1	-	-	5	0.8	1	0.2	13	2.0
22-Aug-97	649	10	1.5	-	-	6	0.9	1	0.2	17	2.6
25-Aug-97	587	7	1.2	17	2.9	4	0.7	1	0.2	29	4.9
26-Aug-97	584	17	2.9	12	2.1	2	0.3	4	0.7	35	6.0
27-Aug-97	325	7	2.2	5	1.5	1	0.3	-	-	13	4.0
29-Aug-97	345	15	4.3	5	1.4	-	-	2	0.6	22	6.4
รวม	4069	80	-	41	-	24	-	13	-	158	-
% ของเสีย ต่อ จำนวนแผ่น		2.0		1.0		0.6		0.3		3.9	

ตารางที่ 12 แสดง % ของเสียที่เกิดจากการขึ้นรูปถังในตู้เย็นโดยเครื่อง BROWN 4
เปรียบเทียบระหว่างเดือนมิถุนายน, กรกฎาคม และสิงหาคม

เดือน	% ของเสีย				
	ทดลอง	บาง	จีบ	ดุดไม่ลง	รวม
มิ.ย. (Manual)	5.2	3.5	5.7	0.9	15.3
ก.ค. (Manual)	2.6	2.1	3.5	0.4	8.6
ส.ค. (Auto)	2.0	1.0	0.6	0.3	3.9

ตารางที่ 13 แสดงสัดส่วนของเสียของเดือนสิงหาคม ที่ลดลง เมื่อใช้ระบบ Auto
เปรียบเทียบกับเดือนกรกฎาคมและมิถุนายน ที่ใช้ระบบ Manual

เดือน	ทดลอง		บาง		จีบ		คูลไม่ลง		รวม	
	จำนวน ของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วน % ที่ลดลง จากเดือน	จำนวน ของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วน % ที่ลดลง จากเดือน	จำนวน ของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วน % ที่ลดลง จากเดือน	จำนวน ของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วน % ที่ลดลง จากเดือน	จำนวน ของเสีย (ชิ้น)	สัดส่วน % ที่ลดลง จากเดือน
ส.ค.	80	-	41	-	24	-	13	-	158	-
ก.ค.	180	55.6	150	72.7	245	90.2	31	58.1	606	73.9
มิ.ย.	298	73.2	203	79.8	330	92.7	51	74.5	882	82.1

6. คู่มือการใช้งาน

TDO

Part	8	Manual of Operation	Page	-
Section	0	สารบัญ		1

สารบัญ

	หน้า
6.1 ลักษณะทั่วไป	2
6.2 ลักษณะโครงสร้างของระบบและหลักการทำงาน	2
6.3 หลักการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ	3
6.3.1 Sensor	4
6.3.2 Reference Junction Box	4
6.3.3 Temp. Control 154 Channels	6
6.3.4 Solidstate Relay	6
6.4 Specification	7
6.5 Operating Procedure	8
6.5.1 การปรับตั้งอุณหภูมิ	8
6.5.1.1 ลักษณะของปุ่มปรับ (ตารางเทียบเคียงอุณหภูมิ)	8
6.5.1.2 ตำแหน่งการเรียงตัวของปุ่มปรับอุณหภูมิ	10
6.5.1.3 หมายเลขของ Heater ตามการเรียงตัวภายในเตา	10
6.5.2 ขั้นตอนปฏิบัติงานที่ตู้ Control	11
6.5.3 ขั้นตอนปฏิบัติงานที่ตู้ Solidstate Relay	13
6.6 การบำรุงรักษา	14
6.7 ข้อควรระวัง	14
6.8 ระบบความปลอดภัย	14

TDO

Part	6	Manual of Operation	Page
Section	8.1, 8.2	ลักษณะทั่วไป, โครงสร้าง	2

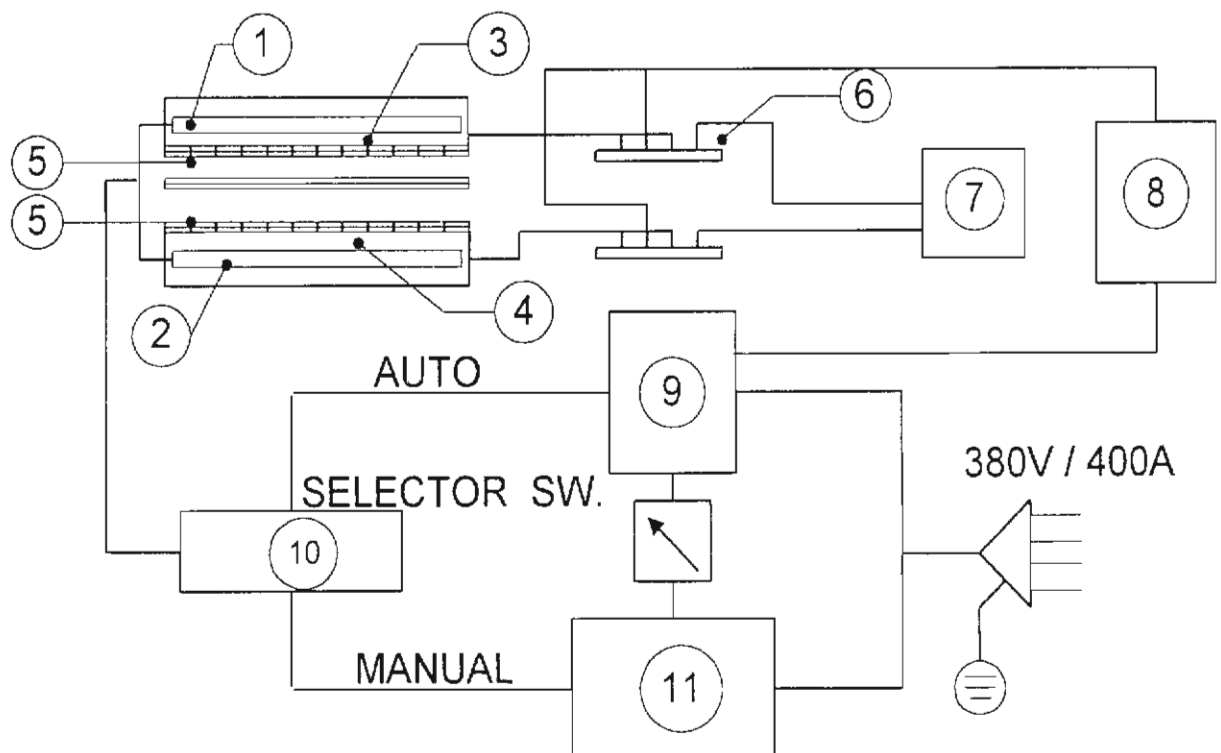
Manual of Operations

ชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

6.1 ลักษณะทั่วไป

ชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ เป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการควบคุมอุณหภูมิเตาอัตโนมัติสำหรับขึ้นรูปถังในตู้เย็น จำนวน 154 วงจร แยกการควบคุมเป็นอิสระต่อกัน สามารถปรับตั้งอุณหภูมิค่าต่าง ๆ ตามความเหมาะสมของการใช้งาน มีค่า $\Delta t = \pm 5^{\circ}\text{C}$ ชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติใช้ร่วมกันกับชุดแสดงผลอุณหภูมิจริง เพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในเตา

6.2 ลักษณะโครงสร้างของระบบ



รูปที่ 6.1 ไดอะแกรมแสดงลักษณะโครงสร้างของระบบชุดควบคุมอุณหภูมิ

TDO

Part	6	Manual of Operation	Page	-
Section	6.2, 6.3	โครงสร้าง Sensor	3	

จากไดอะแกรมรูปที่ 6.1 แสดงลักษณะโครงสร้างของระบบอธิบายได้ดังนี้

- 1) แผ่นให้ความร้อนของเตาอบ Top Plate มี 7 x 11 แผ่น
- 2) แผ่นให้ความร้อนของเตาล่าง Bottom Plate มี 7 x 11 แผ่น
- 3) และ 4) Sensor สำหรับรับสัญญาณอุณหภูมิที่แผ่น Heater แต่ละแผ่น ทั้งเตาบนและเตาล่าง จำนวน 154 โซน เพื่อใช้ในระบบควบคุมอุณหภูมิ
- 5) Sensor รับสัญญาณอุณหภูมิของอากาศใกล้แผ่นวัสดุ เพื่อแสดงผลอุณหภูมิจริงบนจอคอมพิวเตอร์
- 6) Reference Junction ทำด้วยแผ่นทองแดง ใช้เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างสาย T/C กับ Compensate Wire
- 7) ชุดแสดงผลอุณหภูมิจริง RTMS แปลงสัญญาณอุณหภูมิจากเตาแสดงผลบนจอ Monitor เป็นจอสี
- 8) ตู้อัดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิประกอบด้วย แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ส่งสัญญาณไป ON-OFF Solidstate Relay
- 9) ตู้อัดตั้ง Solidstate Relay เป็นชุดตัด-ต่อ ระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้ Heater เป็นชุดของระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ
- 10) จุดเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับ Heater ระหว่างระบบเดิม กับระบบอัตโนมัติ
- 11) ตู้อัดตั้ง Magnetic Contactor เป็นชุดตัด-ต่อระบบไฟฟ้าเข้า Heater ของระบบควบคุมอุณหภูมิเดิม

6.3 หลักการทำงานของชุดควบคุมอุณหภูมิ

เมื่อปรับปุ่มควบคุมอุณหภูมิที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ แบ่งออกเป็นเตาบน และเตาล่าง แต่ละ 77 ปุ่ม ซึ่งมีสเกล 0-10 เทียบเคียงอุณหภูมิ 0°C - 250°C ให้อยู่ในตำแหน่ง Set Point หรือตำแหน่งที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป ทั้ง 154 ปุ่ม จะมีผลทำให้อุณหภูมิของ Heater แต่ละโซน เมื่อ Heat ถึงอุณหภูมิที่ต้องการ ก็จะรักษาสภาพอุณหภูมินั้นไว้ให้คงที่ โดยมีค่า $\Delta t \pm 5^{\circ}\text{C}$

TDO

Part	6	Manual of Operation	Page
Section	6.3	โครงสร้าง Sensor	4

รูปที่ 6.2 แสดงลักษณะของตู้ควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งมีปุ่มปรับสเกลอยู่ที่ฝ่าตู้ด้านซ้าย และฝ่าตู้ด้านขวา ซ้ายละ 77 ปุ่ม และมี Monitor แสดงอุณหภูมิของ Heater Monitor 1 ตัว แสดงอุณหภูมิได้ 7 โซน ใช้ Selector Switch 7 ช่อง



รูปที่ 6.2 ลักษณะโครงสร้างของระบบชุดควบคุมอุณหภูมิ

6.3.1 SENSOR มีลักษณะเป็นสาย Thermocouple Type K. เชื่อมปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน โดยสอดปลายหัว Sensor เข้ากับชุดจับปลาย Sensor ซึ่งระยะห่างระหว่างชุดเท่าๆ กัน ติดตั้งอยู่บนตะแกรงภายในเตาทั้งเตาบนและเตาล่าง โดยมี 77 x 2 ตำแหน่ง ทั้งเตาบนและเตาล่าง รับสัญญาณอุณหภูมิจากอากาศภายในเตามาแสดงผลบนจอคอมพิวเตอร์ และอีก 77 x 2 ตำแหน่ง ทั้งเตาบนและเตาล่าง รับสัญญาณอุณหภูมิจาก HEATER มาเข้าสู่ชุดควบคุม

6.3.2 Reference Junction Box

แผ่นทองแดงขนาดกว้าง x ยาว x หนา = 37.5 x 61 x 5 ซม. จำนวน 2 แผ่น แบ่งออกเป็น 2 ส่วน สำหรับรับสายสัญญาณจากเตาบน จำนวน 154 ช่องสัญญาณมาแผ่นทองแดงบน และรับสายสัญญาณจากเตาล่าง จำนวน 154 ช่องสัญญาณมาแผ่นทองแดงล่าง สายสัญญาณ 154 ช่องแบ่งออกเป็น สายสัญญาณอุณหภูมิระหว่างตะแกรงมาที่ชั้นงาน 77 ช่อง (RTMS) และระหว่างตะแกรงมายัง Heater 77 ช่อง ดูรูปที่ 6.3 และ 6.4

TDO

Part	6	Manual of Operation	Page
Section	6.3	Reference Junction Box	5



รูปที่ 6.3 แสดงลักษณะของแผ่นทองแดงที่ใช้เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างสาย
Thermocouple กับ Compensate Wire



รูปที่ 6.4 แสดงลักษณะของ Connector ที่ Reference junction

TDO

Part	6	Manual of Operation	Page
Section	6.3	Solidstate Relay	6

6.3.3 Temp. Control 154 Channels ชุดควบคุมอุณหภูมิ 154 ช่องสัญญาณ รับสัญญาณอุณหภูมิที่มาจากเตา ผ่านชุดอ้างอิงสัญญาณอุณหภูมิ Reference Junction Box ส่งมายังแผ่นวงจร แต่ละแผ่น ทำการควบคุมการทำงานของ Solidstate Relay เพื่อตัด-ต่อแรงดันแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 6.5

6.3.4 Solidstate Relay ทำหน้าที่ตัด-ต่อ แรงดันแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปสู่ Heater ภายในเตา จำนวน 154 ตัว แบ่งออกเป็นเตาส่วนบน 77 ตัว และเตาส่วนล่าง 77 ตัว

Solidstate Relay จะรับสัญญาณจากชุดคอนโทรลให้ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิของ Heater แต่ละตัว ให้เป็นไปตามค่าอุณหภูมิที่ปรับตั้งไว้ทั้ง 154 วงจร



รูปที่ 6.5 ตู้ติดตั้ง Solidstate Relay

TDO

Part	0	Manual of Operation	Page
Section	0.4	SPECIFICATION	7

6.4. SPECIFICATION

- Power Supply to Controller Board
220 VAC 50 Hz 10 Amp. $\pm 10\%$ at Zero to full load
ใช้ Voltage Stabilizer ควบคุมแรงดัน
Range 0-300 VAC Fuse 3 Amp.
ขนาด 5 KW. Voltage Regulation $\pm 5\%$
- Solidstate Relay ควบคุมแรงดัน 240 VAC , 10 Amp.
- Power Supply to Heater (Final Heat)
380/220 VAC 50 Hz 3 Phase 4-wire 250 Amp.
- Thermocouple Type "K" 0.5 mm²
- Panel Control 0-250 °C
 $\Delta t \pm 5^{\circ}C$
- Operation Temperature 0-50 °C
- Relative Humidity 0-95% (RH)

790

Part	6	Manual of Operation	Page	-
Section	6.5	OPERATING PROCEDURE		8

6.5 OPERATING PROCEDURE

6.5.1 การปรับตั้งอุณหภูมิ

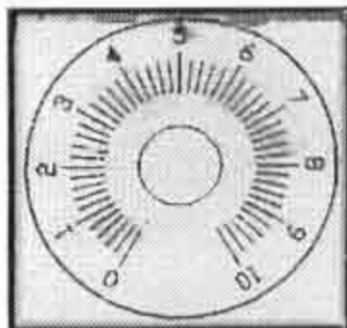
6.5.1.1 ปุ่มปรับอุณหภูมิ จำนวน 154 ปุ่ม แบ่งออกเป็นปุ่มควบคุมอุณหภูมิเตาบนและเตาล่าง โดยแยกไว้ 77 ปุ่มด้านซ้าย ควบคุมอุณหภูมิเตาบน และอีก 77 ปุ่มด้านขวา ควบคุมอุณหภูมิเตาล่าง

ดูรูปที่ 6.6 ลักษณะของปุ่มปรับอุณหภูมิ จำนวน 154 ปุ่ม บนแผงตู้ควบคุมอุณหภูมิ

ตารางที่ 6.5 ตารางเทียบเคียงอุณหภูมิกับ
สเกลของปุ่ม

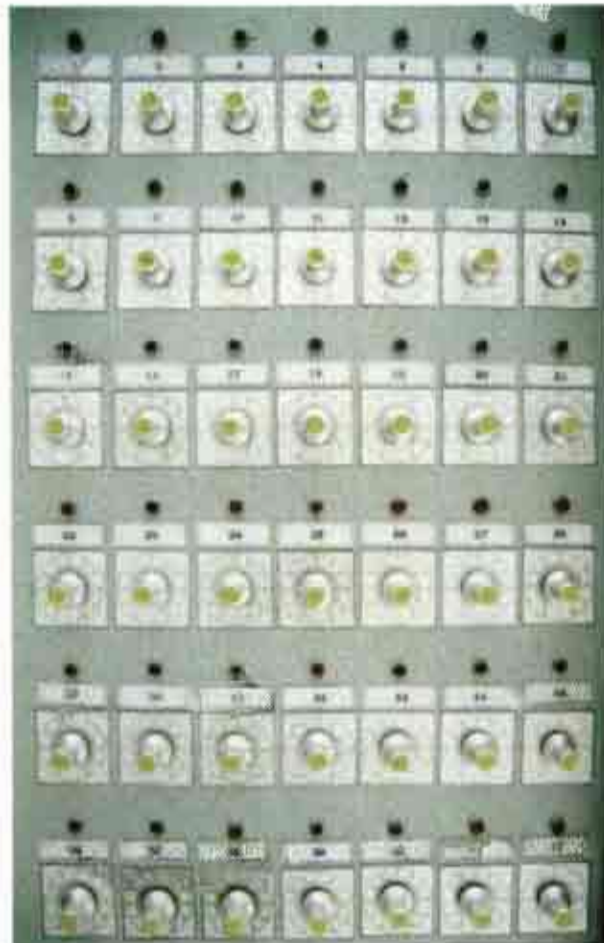
SCALE	EQV. to
0-1	≈ 25 °C
1-2	≈ 25 - 50 °C
2-3	≈ 50 - 75 °C
3-4	≈ 75 - 100 °C
4-5	≈ 100 - 125 °C
5-6	≈ 125 - 150 °C
6-7	≈ 150 - 175 °C
7-8	≈ 175 - 200 °C
8-9	≈ 200 - 225 °C
9-10	≈ 225 - 250 °C

สเกล 0-10 ช่องใหญ่ ช่องละ 25 °C



TDO

Part	5	Manual of Operation	Page
Section	6.5	OPERATING PROCEDURE	9

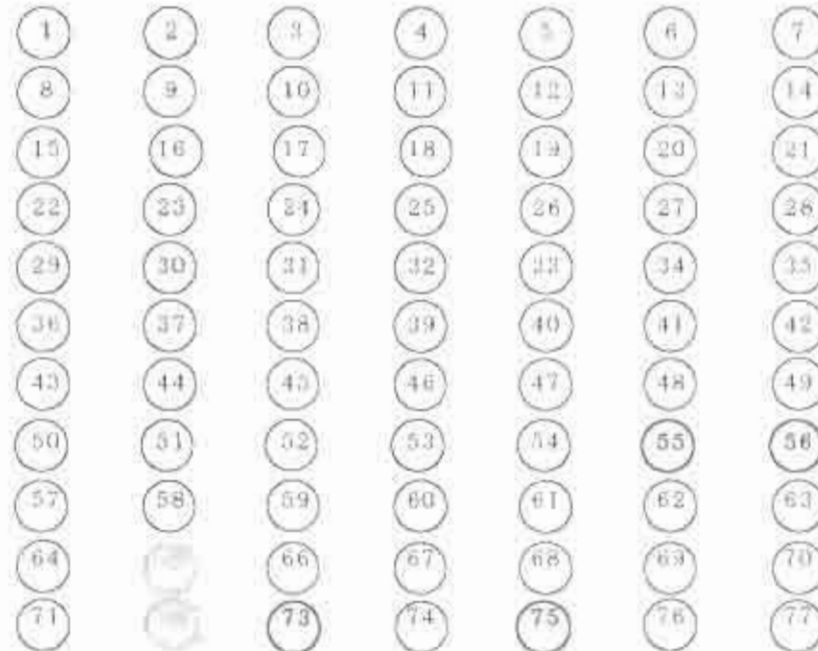


รูปที่ 6.6 ปุ่มปรับอุณหภูมิบนแผงตู้ควบคุม

TDD

Part	8	Manual of Operation	Page
Section	6.5	OPERATING PROCEDURE	16

6.5.1.2 ตำแหน่งการเรียงตัวของปุ่มปรับอุณหภูมิบนแผงตู้ควบคุม



6.5.1.3 หมายเลขของ Heater ตามการเรียงตัวภายในเตา

	Column 1	Column 2	Column 3	Column 4	Column 5	Column 6	Column 7
Row 1	1	12	23	34	45	56	67
Row 2	2	13	24	35	46	57	68
Row 3	3	14	25	36	47	58	69
Row 4	4	15	26	37	48	59	70
Row 5	5	16	27	38	49	60	71
Row 6	6	17	28	39	50	61	72
Row 7	7	18	29	40	51	62	73
Row 8	8	19	30	41	52	63	74
Row 9	9	20	31	42	53	64	75
Row 10	10	21	32	43	54	65	76
Row 11	11	22	33	44	55	66	77

TDO

Part	6	Manual of Operation	Page
Section	6.5	OPERATING PROCEDURE	11

6.5.2 ขั้นตอนปฏิบัติงานที่ตู้ Control

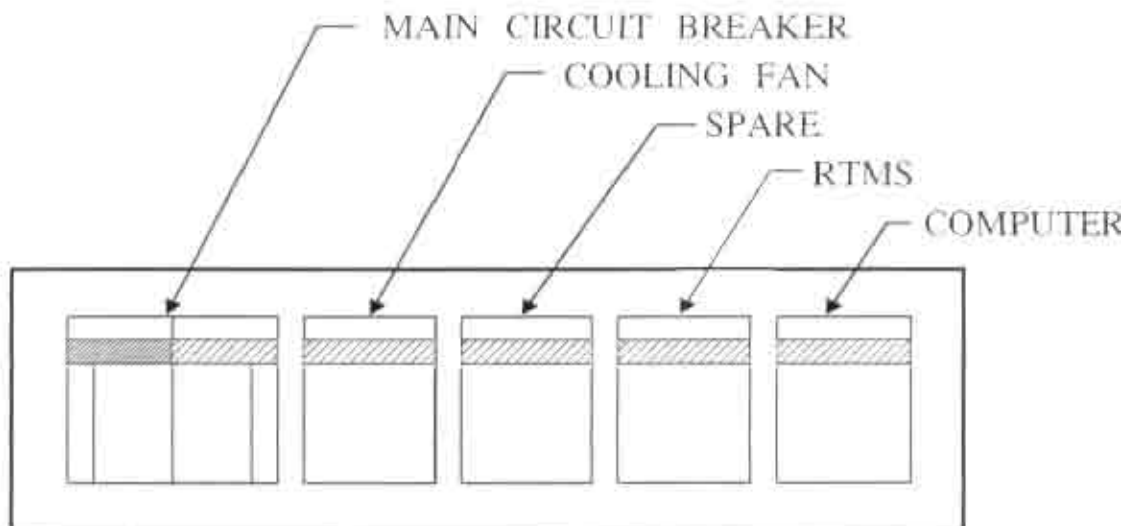
ขั้นตอนที่ 1 ON MAIN CIRCUIT BREAKER ของ Power supply เข้าวงจรควบคุม
ดูรูปที่ 6.7 และ 6.8



รูปที่ 6.7 ตู้ Power ของชุดควบคุมอุณหภูมิ

TDO

Part	8	Manual of Operation	Page
Section	8.5	OPERATING PROCEDURE	12



รูปที่ 6.8 แผง Circuit Breaker ตัด Power ของชุดควบคุมอุณหภูมิ

ขั้นตอนที่ 2 ON CIRCUIT BREAKER เครื่อง Voltage stabilizer จะได้ยินเสียง Buzzer ดังขึ้นจึงกดปุ่ม RESET เสียงจะเงียบ เข็มหน้าปัดแสดงขนาดแรงดันจะชี้ที่ 220 V. แสดงว่าขณะนี้ชุดควบคุมเริ่มทำงานแล้ว ดูรูปที่ 6.9



รูปที่ 6.9 แผงหน้าปัด Voltage Stabilizer

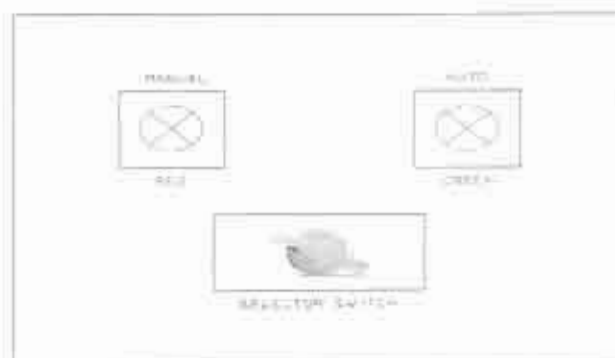
TDO

Part	ที่	Manual of Operation	Page
Section	6.5	OPERATING PROCEDURE	13

- ขั้นตอนที่ 3 ON SWITCH ควบคุมอุณหภูมิเตาบนและเตาล่าง ที่ตู้ POWER ทั้ง 22 สวิตช์
 1 สวิตช์ จะจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปที่ 1 PCB ใหญ่ (1 PCB ใหญ่ประกอบด้วย 7 PCB เล็ก) ควบคุมอุณหภูมิ 7 CHANNELS หรือ HEATER 7 โซน
- ขั้นตอนที่ 4 ปรับตั้งอุณหภูมิที่ปุ่มปรับตาม Pattern ที่เลือกไว้ ทั้ง 154 ปุ่ม ชุดควบคุม อุณหภูมิจะทำงานตามที่ปรับตั้งไว้ทั้ง 154 วงจร ใช้เวลา Heat up จนถึง Set Point ประมาณ 15 นาที ถึง 30 นาที
- ขั้นตอนที่ 5 ON CIRCUIT BREAKER พัดลมระบายความร้อน (ดู Specification) ดูรูปที่ 6.7
- ขั้นตอนที่ 6 ON CIRCUIT BREAKER ชุดควบคุมการทำงานของ RTMS กดสวิตช์ ON POWER กดสวิตช์ RESET มีไฟสีแดงโชว์ที่ตำแหน่ง NORMAL เครื่องเริ่มทำงาน
- ขั้นตอนที่ 7 ON CIRCUIT BREAKER เครื่องคอมพิวเตอร์ เข้าโปรแกรม RTMS แสดง ผลอุณหภูมิจริงบนหน้าจอ

6.5.3 ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ตู้ Solidstate Relay

- ขั้นตอนที่ 1 ON MAIN CIRCUIT BREAKER ภายในตู้ Solidstate Relay เป็นระบบ 380 V 3 ϕ 4 WIRE
- ขั้นตอนที่ 2 ON CIRCUIT BREAKER ภายในตู้ทั้งสองตัว เปิดพัดลมระบายอากาศ
- ขั้นตอนที่ 3 “ON” DC Power Supply ที่มุมล่างด้านซ้ายภายในตู้
- ขั้นตอนที่ 4 ปรับปุ่มเลือกจาก Manual มา Auto ที่ติดอยู่ผิวด้านซ้ายของตู้ Solidstate Relay ระบบควบคุมอุณหภูมิจะทำงานอัตโนมัติ (ดูรูปที่ 6.10)



รูปที่ 6.10 แผงหน้าปัทม์ ปุ่มปรับเลือก Manual → Auto

TDO

Part	0	Manual of Operation	Page
Section	6.6, 6.7, 6.8	ELECTRICAL SYSTEM	14

6.6 การบำรุงรักษา

- 6.6.1 แผ่นวงจรชุดควบคุมอุณหภูมิ สามารถถอดเปลี่ยนได้ทุกชิ้น
- 6.6.2 ถอด FILTER เพื่อป้องกันฝุ่นที่ตู้ SSR มาทำความสะอาดทุกเดือน
- 6.6.3 ถอดเปลี่ยน HEATER ที่ชำรุด , เสียหาย ก่อนใช้งานทุกครั้ง
- 6.6.4 ขันน็อตสล็อตคอนเนคเตอร์ทุกตัวให้แน่นอยู่เสมอ

6.7 ข้อควรระวัง

- 6.7.1 ห้ามสลับเฟสระบบไฟฟ้ากำลังที่จ่ายเข้าสู่ชุดควบคุมอุณหภูมิเตา ทั้งที่ Magnetic Contactor และที่ Solid State Relay เพราะจะทำให้เกิด Short Circuit ได้
- 6.7.2 อย่าให้แผ่นวัสดุชิ้นงาน หรือแผ่นพลาสติกละลาย ตกลงมาปิดปลายสาย Thermocouple ของชุด Sensor ที่อยู่บนตะแกรงด้านล่าง ซึ่งจะทำให้ค่าอุณหภูมิที่แสดงผลและความคุมมีค่าเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากวัสดุจนวนความร้อนมาคลุมหัว Sensor
- 6.7.3 ชุดควบคุมอุณหภูมิควรอยู่ในห้องควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 30°C
- 6.7.4 ไม่ควรเปิดฝาดูชุดควบคุมอุณหภูมิทั้งไว้ ขณะทำงาน

6.8 ระบบความปลอดภัย

- 6.8.1 มี ISOLATED TRANSFORMER ป้องกันวงจรควบคุมจากกระแสไฟไม่คงที่
- 6.8.2 มีชุด Voltage Stabilizer ควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่ สำหรับวงจรควบคุมอุณหภูมิที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ
- 6.8.3 มีระบบ Grounding Protection ป้องกันกระแสไฟรั่วสู่โครงตู้ควบคุมและชุดแสดงผล
- 6.8.4 มีระบบป้องกัน Over current ภายในชุดควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ แยกอิสระต่อกันแต่ละจุด โดยใช้ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกัน