แบบจำลองกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

PLANT MODEL OF EVAPORATION

โดย

น.ส.นันทวรรณ สุวรรณฤทธิ์ 35104213

นายบุญเกียรติ เอี้ยววงษ์เจริญ 35104235

น.ส.สุภัทสรณ์ จุติสงขลา 35104493

วัน เดือน ปี 1 ส.ค. 2540

เลขทะเบียน 037173

เลขเรียกหนังสือ T 338.66 น.424 ม.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

ภาควิชา : เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สาขาวิชา : วิศวกรรราการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

สถาบัน : เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง : แบบจำลองกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น

(PLANT MODEL OF EVAPORATION)

จัดทำโดย :

1. น.ส.นันทวรรณ สุวรรณฤทธิ์ 35104213
2. นายบุญเกียรติ เอี้ยววงษ์เจริญ 35104235
3. น.ส.สุภัทสรณ์ จุติสงขลา 35104493

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์)

หัวข้อปริญญานิพนธ์	แบบจำลองกระบวนการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น
	PLANT MODEL OF EVAPORATION
นักศึกษา	น.ส.นันทวรรณ สุวรรณฤทธิ์
	นายบุญเกียรติ เอี้ยววงษ์เจริญ
	น.ส.สุภัทสรณ์ จุติสงขลา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
ปีการศึกษา	2538

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบ "แบบจำลองการทำระเหยน้ำสับปะรด" ประกอบด้วยการออกแบบโครงสร้างส่วนต่างๆ ของแบบจำลอง พร้อมทั้งทำการเลือกอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการทำงานของระบบ ศึกษาและออกแบบการเชื่อมต่อสัญญาณทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ทั้งหมดจาก field ไปยัง DCS และออกแบบการควบคุมระบบโดยใช้เครื่อง uXL ของบริษัทโยโกกาวา

ABSTRACT

THIS PROJECT IS TO DESIGN A PINEAPPLE PLANT MODEL EVAPORATION , IT IS CONSIST OF DESIGNING THE STRUCTURES IN ALL PARTS OF THIS MODEL AND HOW TO CHOOSE THE APPROPRIATE INSTRUMENT WITH THIS SYSTEM . WE ALSO LEARN AND DESIGN THE ELETRICAL SIGNAL WIRING OF ALL INSTRUMENT FROMFIELD TO DCS AND FINALLY WE DESIGN THE CONTROL SYSTEM BY USING THE YOKOKAWA'S uXL

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
กระบวนการทำน้ำสับปะรดเข้มข้นแท้	3
การออกแบบถังต่างๆในกระบวนการ	9
การออกแบบระบบท่อ	27
พล็อตแพลน (PLOT PLAN)	45
การกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ (SPECIFICATION DATA SHEET)	47
แผนผังการเดินสายไฟ (WIRING DIAGRAM)	59
แผนผังการติดตั้งอุปกรณ์ (TYPICAL INSTALLATION)	75
แผนผังวงจรการทำงาน(LOOP DIAGRAM)	82
ระบบการควบคุมโดยใช้เครื่อง uXL	88
ผลการทดลองการควบคุมโดยใช้เครื่อง uXL	118
สรุปผลการทดลอง	126
ภาคผนวก ก.	127
บรรณานุกรม	148

บทนำ

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมต่างๆ ได้มีการขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้กระบวนการทางอุตสาหกรรมต่างๆ ได้ถูกพัฒนาตามขึ้นมาด้วย และเนื้อหาที่จะกล่าวถึงในโปรเจคนี้ก็เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทางอุตสาหกรรม นั่นคือ กระบวนการควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) และกระบวนการควบคุมความดัน (Pressure Control) โดยได้มีการนำกระบวนการทั้งสองมาประยุกต์เข้ากับการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้นด้วยวิธีการระเหย (Evaporation) ซึ่งจะมีการนำเสนอออกมาในรูปของแบบจำลองกระบวนการ (Plant model) โดยแบบจำลองของกระบวนการที่ออกแบบมานี้มิได้เป็นรูปแบบที่เกิดขึ้นจริงในอุตสาหกรรม แต่เป็นเพียงแนวทางหนึ่งที่สามารถพัฒนาต่อไปเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ เนื่องมาจากแบบจำลองนี้มีขนาดเล็กอุปกรณ์ตลอดจนกระบวนการผลิตจึงแตกต่างไปจากอุตสาหกรรมจริงบ้าง เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในหลายๆ ประการ อันได้แก่ พื้นที่ , ความสะดวก ,ความประหยัด ตลอดจนการลงทุน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทำการศึกษากระบวนการควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) และกระบวนการควบคุมความดัน (Pressure Control)

2. เพื่อทำการศึกษาและออกแบบโครงสร้างส่วนต่างๆ ของกระบวนการ

3. สามารถระบุ Specification ของอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในกระบวนการทั้งหมดให้เหมาะสมและตรงตามความต้องการได้

4. เพื่อทำการศึกษาและออกแบบการต่อเชื่อมสายของระบบเครื่องมือวัดทั้งหมด จาก field ไปยัง DCS

5. เพื่อทำการศึกษาการทำงานของเครื่อง uXL และสร้างการควบคุมระบบให้ทำงานตามต้องการได้

ขอบเขตของโครงงาน

1. ออกแบบโครงสร้างส่วนต่างๆ สำหรับกระบวนการทำระเหยน้ำสับปะรดที่มีปริมาตรขั้นต้นสูงสุด 30 ลิตร และปริมาตรต่ำสุด 15 ลิตร
   - ถังต่างๆ ที่ใช้ในระบบ
   - ระบบท่อ (Piping)

2. ระบุ Specification ของเครื่องมือวัดที่ใช้ในกระบวนการทั้งหมด

3. ออกแบบการเชื่อมต่อสายของระบบเครื่องมือวัดจาก field ไปยัง DCS

4. สร้างการควบคุมระบบโดยใช้เครื่อง uXL (DCS) ให้ทำงานตามขั้นตอนการทำงาน

5. ทดลองใช้การควบคุมโดยใช้เครื่อง uXL เพื่อดูสภาวะการทำงานของการควบคุมที่กำหนด

กระบวนการทำน้ำสับปะรดเข้มข้นแท้

เนื่องมาจากสาเหตุที่ว่า สารอาหารและวิตามินที่มีประโยชน์ต่าง ๆ ในน้ำสับปะรด โดยเฉพาะวิตามินซีจะสลายได้ง่ายที่อุณหภูมิสูง ดังนั้นการทำระเหยน้ำสับปะรดจึงต้องทำที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำ (100° c)คือที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 ° c เพื่อรักษาสารอาหารและวิตามินต่าง ๆ ในน้ำสับปะรดไว้ แต่ที่อุณหภูมิดังกล่าวในความดันบรรยากาศ การระเหยของน้ำจะเกิดขึ้นน้อยหรือแทบจะไม่เกิดขึ้นเลย แต่จากการศึกษาทางเทอร์โมไดนามิคพบว่าน้ำจะเดือดที่อุณหภูมิต่ำได้ ถ้ามีการลดความดันลง และจากตารางไอน้ำอิ่มตัวจะได้ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความดัน ดังต่อไปนี้

T °C	Pressure (kPa)	V_f (m^3/kg)	V_g m^3/kg)
60	19.940	0.001017	7.671
65	25.030	0.001020	6.197
70	31.190	0.001023	5.042

ขบวนการทำน้ำสับปะรดเข้มข้นแท้จะรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 65 ° C และควบคุมความดันโดยลดความดันลงมาที่ 25 kPa จากเหตุผลดังกล่าวนี้ในการออกแบบ (design) กระบวนการทำน้ำสับปรดเข้มข้นแท้ จึงต้องมีการควบคุมตัวแปร 2 ตัวแปร คือ

1. อุณหภูมิ (Temperature control)
2. ความดัน (Pressure control)

การควบคุมอุณหภูมิ (Temperature control)

เป็นการควบคุมอุณหภูมิของน้ำสับปะรดในถังทำระเหย ซึ่งได้รับการถ่ายเทความร้อนจากน้ำร้อนผ่านพื้นผิวการถ่ายเทความร้อน คือ ผนังของถังทำระเหย โดยในการควบคุมความร้อนในถังทำระเหยทำได้โดยการควบคุมปริมาณของน้ำหล่อเย็น (Cooling water) ซึ่งอธิบายการทำงานได้ดังนี้

ในถังทำระเหยจะใช้ temperature transmitter วัดอุณหภูมิของน้ำสับปะรดในถัง ซึ่งจะเป็นค่า PV (process variable) ให้กับเครื่องควบคุมอุณหภูมิโดยจะทำการตั้ง set point ไว้ที่ 65 ° C (อุณหภูมิที่ต้องการควบคุม) ซึ่งเครื่องควบคุมอุณหภูมิจะทำการประมวลผล แล้วจึงส่งสัญญาณควบคุม MV (manipulate variable) ไปควบคุม Final element แต่ในกระบวนการนี้จะทำการต่อ cascade กันระหว่าง Temperature control กับ Flow control โดยให้ Temperature

control เป็น primary control (Master control) และ Flow control เป็น secondary control (Slave control) ซึ่งตัว Differential pressure : DP จะทำการวัดอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำร้อนที่จะไปเข้า jacket เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับถังทำระเหย ซึ่งอัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นนี้จะเป็น PV ของ Flow control และการต่อ cascade กันนี้จะนำ MV ของ primary control มาเป็น set point ของ secondary control ดังนั้น set point ของ Flow control จะมาจากสัญญาณ MV ของ Temperature control ซึ่ง Flow control จะทำการประมวลผลส่งสัญญาณ MV ไปควบคุมการเปิด-ปิดวาล์วที่ปล่อยน้ำหล่อเย็นออกมา จากหลักการทำงานอธิบายได้ง่ายๆ ดังนี้

ในตอนเริ่มแรกอุณหภูมิของน้ำสับปะรดในถังทำระเหยจะต่ำกว่าค่า set point มาก ทำให้น้ำร้อนที่จะมาถ่ายเทความร้อนให้น้ำสับปะรดควรมีอุณหภูมิสูง ดังนั้นสัญญาณที่จะควบคุมการไหลของน้ำหล่อเย็นก็ควรมีค่าน้อย เพื่อทำให้วาล์วเปิดเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิในถังทำระเหยเริ่มสูงขึ้น สัญญาณที่ส่งออกไปจาก Temperature control เข้า Flow control จะทำให้วาล์วของน้ำหล่อเย็นเปิดมากขึ้น ทำให้น้ำร้อนที่จะไปถ่ายเทความร้อนให้น้ำสับปะรดนั้นอุณหภูมิลดลง การถ่ายเทความร้อนจึงเกิดขึ้นได้น้อยลงด้วย

ในถังทำระเหยจะมีใบพัดคอยกวนน้ำสับปะรดตลอดเวลา เพื่อช่วยให้การถ่ายเทความร้อนเกิดได้เร็วและทั่วถึงกว่า และยังช่วยให้น้ำสับปะรดระเหยเร็วขึ้นด้วย

<u>การควบคุมความดัน (Pressure control)</u>

ความดันในถังทำระเหยจะเป็นตัวแปรที่ถูกควบคุม (Controlled variable) Pressure transmitter : PT จะวัดค่าความดันในถังทำระเหยแล้วทำการส่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีสัดส่วนสัมพันธ์กับความดันที่วัดได้ไปยังเครื่องควบคุม Pressure Indicator and Control :PIC จากนั้นเครื่องควบคุมจะทำการเปรียบเทียบความดันที่วัดได้โดย PT กับค่า set point (25 kPa) ที่ตั้งไว้ ผลต่างที่ได้ (error) จะใช้ในการตัดสินใจของเครื่องควบคุม เพื่อส่งกริยาไปกระทำยัง Vacuum pump ซึ่งเป็นอุปกรณ์ควบคุมขั้นสุดท้าย โดย Vacuum pump จะทำการดูดอากาศออกจากถัง Condenser ซึ่งเชื่อมต่ออยู่กับถังทำระเหยให้มีความสัมพันธ์กับค่า error ของเครื่องควบคุม

ความดันในถังทำระเหยจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา เราจึงพบว่าถ้า PIC ส่งกริยาไปควบคุม vacuum pump โดยตรง จะทำให้ vacuum pumpต้องเปิด-ปิด อยู่ตลอด ซึ่งจะทำให้มอเตอร์พังเร็วขึ้น เราจึงอาจแก้ไขได้โดยการติดตั้งวาล์วควบคุม (control vale) เข้าไปในระบบ เพื่อควบคุมความดันในถังทำระเหยให้เป็นไปตามค่า set point ที่ตั้งไว้ แต่ control valve มีราคาแพง ดังนั้นในทางปฏิบัติจริงๆ เราจะติดตั้งโซลินอยด์วาล์วแบบ ON-OFF อนุกรมเข้ากับ vacuum pump

โดยโซลินอยด์วาล์วนี้จะทำหน้าที่ปิด-เปิด ตัวมันเองเสมือนการปิด-เปิดแทน vacuum pump เพื่อเป็นการควบคุมความดันในถังทำระเหยให้เป็นไปตามค่า set point ที่ต้องการ

<u>ขั้นตอนการทำงาน</u>

1. ระบบจะเริ่มทำงานเมื่อกดปุ่ม START โดยระบบจะสตาร์ทได้ก็ต่อเมื่อ LSL1 OFF และ LSH2 ON และ SV-2 OFF

2. LSL1 OFF AND LSH2 ON AND START ; ON THEN SV-1 ON , P003 ON (PIC-100 AUTO MODE)

(P003 เป็น vacuum pump เมื่อ ON จะดูดอากาศในถัง T-5 เพื่อปรับความดันในถังให้ต่ำลง และเป็นการปรับความดันในถัง T-1 ให้ต่ำลงด้วย ช่วยให้น้ำสับปะรดจากถัง T-2 ไหลเข้าสู่ถัง T-1 ได้ง่ายขึ้น)

3. เมื่อน้ำสับปะรดในถัง T-1 สูงถึงระดับ LSL3 ให้อุปกรณ์ต่อไปนี้ทำงาน

- P001 pump circulate น้ำร้อน
- P002 pump circulate น้ำหล่อเย็น
- M1 motor ของใบพัดกวนน้ำสับปะรด

4. LSL1 OFF OR LSH4 ON THEN SV-1 OFF

5.การเช็คความเข้มข้นของน้ำสับปะรดในถัง T-1 ทำได้ดังนี้

5.1 check กระแสที่มอเตอร์ M1 ใช้ โดยการทดลองเพื่อนำมา plot กราฟระหว่างความเข้มข้นของน้ำสับปะรดกับกระแสที่มอเตอร์ใช้ เพื่อหาว่า ความเข้มข้นที่เราต้องการนั้นได้ค่ากระแสเป็นเท่าไร เพื่อนำค่ากระแสมาใช้ควบคุมระบบต่างๆ ต่อไป

5.2 ใช้ level transmitter: LT เช็คระดับน้ำในถัง T-5 โดยถัง T-5 จะมีสเกลบอกระดับ โดยมีความสัมพันธ์กับปริมาตรของไอน้ำที่ต้องการกำจัดออกจากน้ำสับปะรดในถัง T-1

ในกระบวนการที่ทำการศึกษานี้ จะเลือกใช้วิธีที่ 5.2 ในการเช็คความเข้มข้นของน้ำสับปะรด

6. เมื่อเช็คความเข้มข้นได้ตามต้องการ (น้ำสับปะรดเข้มข้นแท้ 35%) สัญญาณจาก level transmitter :LT จะไปทำการปิดอุปกรณ์ต่อไปนี้

- TS005
- P003 (PIC-100 MAN MODE)

7. โดยสัญญาณจากการปิด P003 จะไปทำการเปิดวาล์ว SV-4 เพื่อเป็นการปรับความดันในถัง T-1 และยังไปทำการเปิด RI004 ,SV-3 โดยการเปิด SV-3 จะเป็นการระบายน้ำจากการ condensate ทิ้ง

8. ในกรณีที่ RIA004 (ตัวตรวจ RI004) ON แสดงว่า หลอด UV (RI004) ทำงาน ให้ทำการปล่อย product ได้โดยทันที

แต่ในกรณีที่หลอด UV ไม่ทำงานให้มีการแสดงของสัญญาณไฟ (alarm) และผู้ควบคุมต้องทำการ confirm จึงจะทำให้ SV-2 ON

RIA004 ON THEN SV-2 ON

ELSE ALARM

CONFIRM THEN SV-2 ON

9. เมื่อน้ำสับปะรดเข้มข้นไหลออกจากถัง T-1 หมด LSL3 จะ ON และส่งสัญญาณไปปิด SV-2 , SV-3 , SV-4 , M1 and RI004

<u>ขอบเขตของการทำงานในการผลิตน้ำสับปะรดเข้มข้น</u>

1. ปริมาณของน้ำสับปะรดเริ่มต้น

- Low limit 15 litter
- High limit 30 litter

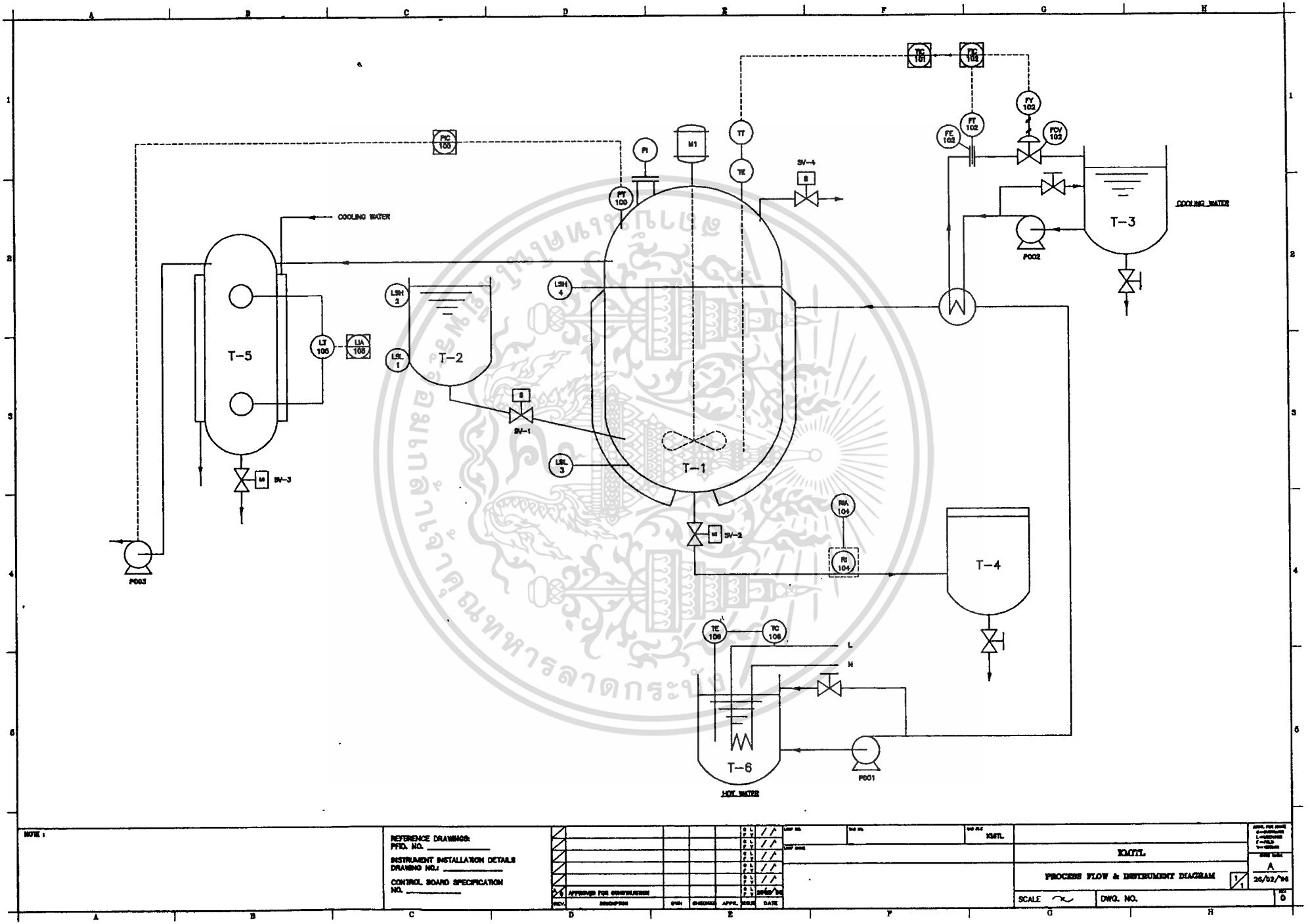
2. ความเข้มข้นสุดท้ายของน้ำสับปะรดที่ต้องการ 35%

3. กระบวนการจะควบคุมอุณหภูมิของน้ำสับปะรดไว้ที่ 65^{0} C ความดัน 25 kPa

<u>หมายเหตุ</u>

ส่วนของระบบต่อไปนี้จะอยู่นอกขอบเขตที่จะศึกษา

1. ส่วนระบายความร้อน Cooling water T-3
2. ส่วนของการฆ่าเชื้อโรคด้วยแสง UV T-4



COOLING WATER
T-5
T-2
T-1
T-3
T-4
T-6
HOT WATER
P003
P002
P001
SV-1
SV-2
SV-3
SV-4
LSH 2
LSL 1
LSH 4
LSL 3
LT 105
LIA 105
PIC 100
PT 100
PI
M1
TT
TE
TIC 101
FIC 102
FY 102
FCV 102
FT 102
FE 102
RIA 104
RI 104
TE 106
TC 106
L
N
NOTE :
REFERENCE DRAWINGS:
PFD. NO.
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.:
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO.
APPROVED FOR CONSTRUCTION
REV.
DESCRIPTION
DWN
CHECKED
APPR.
ISSUE
DATE
KMITL
PROCESS FLOW & INSTRUMENT DIAGRAM
1/1
A
26/02/96
SCALE
DWG. NO.
0

จากการศึกษาขั้นตอนและเงื่อนไขการทำงานของกระบวนการทำระเหยน้ำสับปะรดนำไปสู่การออกแบบในส่วนต่างๆ ของกระบวนการได้ดังนี้

- การออกแบบถังต่างๆ ในกระบวนการ
- การออกแบบระบบท่อ (PIPING)
- PLOT PLAN
- SPECIFICATION DATA SHEET
- WIRING DIAGRAM
- TYPICAL INSTALLATION
- LOOP DIAGRAM
- ระบบการควบคุมโดยใช้เครื่อง uXL

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การออกแบบถังต่าง ๆ ในกระบวนการ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การออกแบบถังในกระบวนการทำระเหยน้ำสับปะรด

ถังทำระเหย T-1	- ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำถัง
	- ลักษณะรูปร่างของถัง
	- ขนาดของถัง
	- ปริมาตรของถัง
	- ฉนวนกันความร้อน
ถังบรรจุน้ำสับปะรด T-2	- ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำถัง
	- ลักษณะรูปร่างของถัง
	- ขนาดของถัง
	- ปริมาตรของถัง
ถังบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด T-4	- ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำถัง
	- ลักษณะรูปร่างของถัง
	- ขนาดของถัง
	- ปริมาตรของถัง
ถังปรับความดัน T-5	- ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำถัง
	- ลักษณะรูปร่างของถัง
	- ขนาดของถัง
	- ปริมาตรของถัง
ถังน้ำร้อน T-6	- ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำถัง
	- ลักษณะรูปร่างของถัง
	- ขนาดของถัง
	- ปริมาตรของถัง
	- ฉนวนกันความร้อน

การออกแบบถังทำระเหย T-1

<u>ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำถัง</u> : Stainless Steell 316

นอกเหนือจากสแตนเลสแล้ว อาจใช้อะลูมิเนียม (Aluminum) แทนได้ วัสดุทั้ง 2 ชนิดเหมาะที่จะใช้กับอาหาร ไม่เป็นสนิม ทนต่อการกัดกร่อนและมีความปลอดภัย แต่ที่เลือกใช้สแตนเลสเพราะถังทำระเหย T-1 ต้องใช้กับความดันต่ำ ดังนั้นความแข็งแรงและความหนาจึงเป็นสิ่งสำคัญที่นำมาพิจารณาประกอบการออกแบบถัง ซึ่งสแตนเลสก็มีคุณสมบัติดังกล่าวดีกว่าอะลูมิเนียมโดยดูจากตาราง ก.1 และ ตาราง ก.2 ในภาคผนวก ก. ประกอบ พิจารณาที่ค่า Yield strength ของทั้งอะลูมิเนียมและสแตนเลส316 พบว่าค่า Yield strength ของอะลูมิเนียมแต่ละชนิดเป็น 34.475 MPa (5×10^3 psi) , 68.95 MPa (10×10^3 psi), 75 MPa (11×10^3 psi) และ 96.53 MPa (14×10^4 psi) ตามลำดับ ทุกค่า Yield strength ของอะลูมิเนียมมีค่าต่ำกว่าของสแตนเลส ดังนั้นความแข็งแรงของสแตนเลสก็จะมีมากกว่าอะลูมิเนียม หากนำสแตนเลสไปใช้ที่ความดันเดียวกับอะลูมิเนียมก็พบว่าต้องใช้อะลูมิเนียมหนากว่าสแตนเลสอีกด้วย

การเลือกใช้สแตนเลสเกรด 316 เพราะสแตนเลสเกรดนี้ทนการกัดกร่อนจากสารเคมีดีกว่าเกรดอื่นๆ และมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมแม้ในสภาพแวดล้อมที่อยู่ใกล้ทะเล อีกทั้งมีคุณสมบัติทางกล (Mechanical properties) เช่น Creep , stress-to-rupture , tensile strength ,etc. ที่ดีกว่าสแตนเลสเกรดอื่นๆ อีกด้วย [1]

ลักษณะรูปร่างของถัง

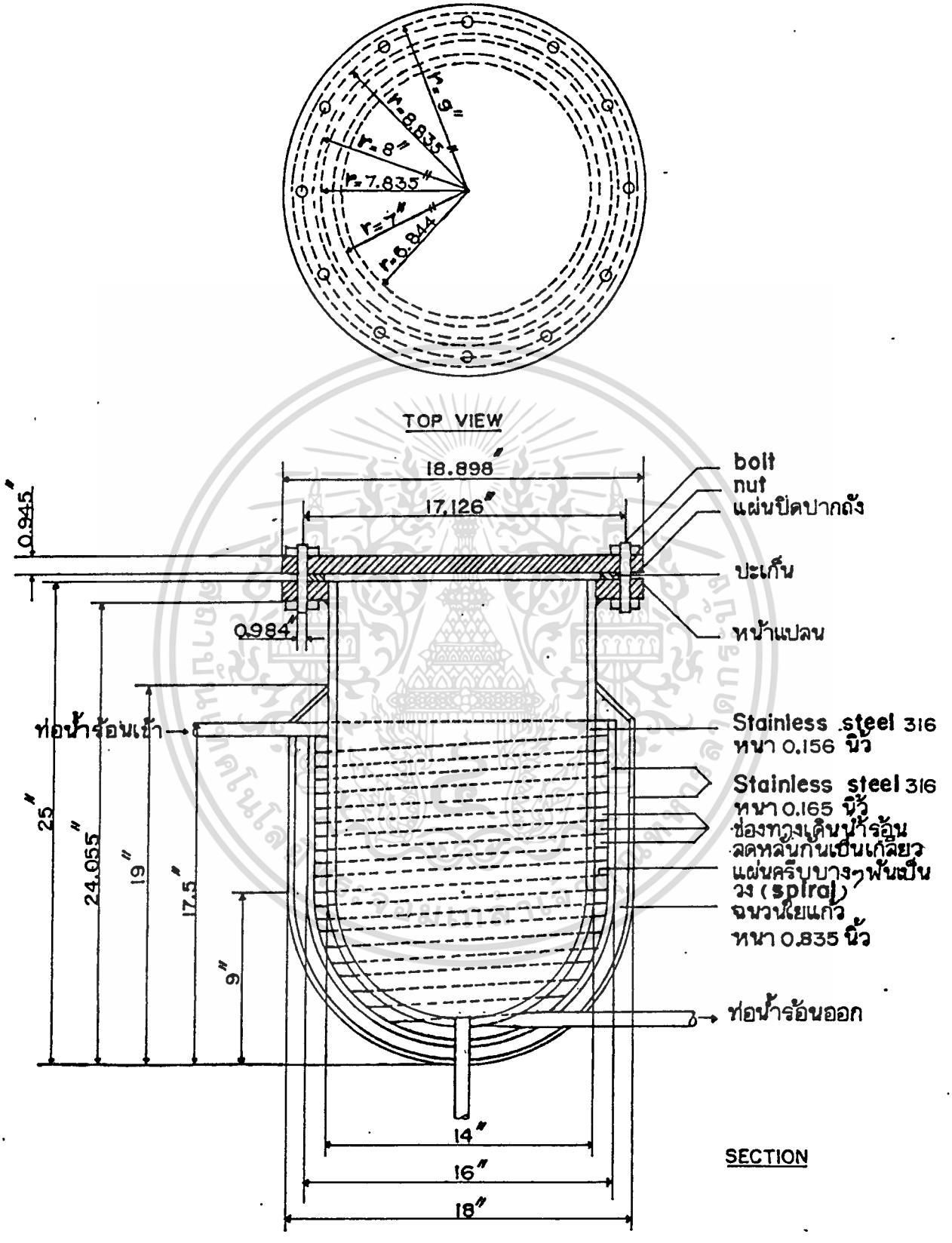
จากรูป 1.1 ลักษณะของถังเป็นถังสองชั้น ชั้นในใช้สำหรับบรรจุน้ำผลไม้ ชั้นนอกใช้เป็น jacket สำหรับบรรจุน้ำร้อน ถังนี้ถูกห่อหุ้มด้วยฉนวนและผิวนอกฉนวนมีสแตนเลสห่อหุ้มอีกทีหนึ่ง ภายใน jacket จะมีครีบบางๆ พันเป็นวงคล้ายสปริง (Spiral) เชื่อมติดอยู่ เพื่อใช้เป็นทางเดินของน้ำร้อน เมื่อน้ำร้อนถูกป้อนเข้าที่ทางเข้าก็จะไหลเวียนเป็นเกลียวอยู่รอบถังและไหลออกที่ทางออกของท่อน้ำร้อน โดยน้ำร้อนภายในท่อนี้จะถ่ายเทพลังงานให้กับน้ำผลไม้ที่อยู่ภายในถัง ส่วนรูปร่างของตัวถังนั้นจะเป็นทรงกระบอก (Cylinder) เชื่อมต่อกับส่วนก้นถังที่มีรูปร่างเป็นครึ่งทรงกลม (Hemisphere) และเป็นถังปิดใช้กับความดันที่ 25 kPa ด้านบนของถังต้องใช้สำหรับติดตั้งมอเตอร์ของใบพัดกวน ดังนั้นส่วนบนของถังจึงออกแบบให้มีลักษณะเรียบ เพื่อประโยชน์ในการติดตั้งมอเตอร์และอุปกรณ์อื่นๆ โดยจะทำการเชื่อมหน้าแปลน (Flange) ติดกับส่วนปากถัง และปิดส่วนบนของปากถังด้วยแผ่นปิดปากถัง (Cover plate)

<u>ขนาดของถัง</u>

พิจารณารูป 1.1 ประกอบ

---

1 อ้างอิงมาจากหนังสือชื่อ Properties of Steel ของ Philip D. Harvey หน้า 293



รูป1.1 ลักษณะรูปร่างและขนาดของถังทำระเหย T-1

ส่วนของตัวถังรูปทรงกระบอกชั้นใน	- เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	14.000	นิ้ว
	- เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	13.688	นิ้ว
	- ความหนา	0.156	นิ้ว
	- ความสูง	16.000	นิ้ว

(ดูตาราง ก.3 ในภาคผนวก ก. ประกอบการเลือกขนาด)

ส่วนของตัวถังรูปทรงกระบอกชั้นนอก	- เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	16.000	นิ้ว
	- เส้นผ่าศูย์กลางภายใน	15.670	นิ้ว
	- ความหนา	0.165	นิ้ว
	- ความสูง	8.500	นิ้ว

(ดูตาราง ก.3 ในภาคผนวก ก. ประกอบการเลือกขนาด)

ส่วนก้นถังรูปครึ่งทรงกลมชั้นใน	- รัศมีนอก	7.000	นิ้ว
	- รัศมีใน	6.844	นิ้ว
	- หนา	0.156	นิ้ว
ส่วนก้นถังรูปครึ่งทรงกลมชั้นนอก	- รัศมีนอก	8.000	นิ้ว
	- รัศมีใน	7.835	นิ้ว
	- หนา	0.165	นิ้ว

การกำหนดขนาดของถังข้างต้นอาศัยตาราง Standard ก็เพื่อง่ายและสะดวกต่อการสร้าง แต่ก็ได้อ้างอิงมาจากการคำนวณต่างๆ ดังนี้

พิจารณาตาราง ก.4 ในภาคผนวก ก. ซึ่งให้สมการในการคำนวณความหนาของถังโดยเมื่อต้องการหาความหนาของตัวถังรูปทรงกระบอก (cylinder) ก็สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$t = \frac{PR}{SE + 0.4P} \tag{1.1}$$

เมื่อ t = ความหนาของถัง หน่วย นิ้ว

P = ความดันที่ใช้งาน หน่วย ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)

S = ความเค้นของวัสดุที่ใช้ทำถัง หน่วย ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi)

E = สัมประสิทธิ์ของรอยเชื่อม

R = รัศมีวงนอกของถัง หน่วย นิ้ว

กำหนด

P = 3.262 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (25 กิโลปาสคาล,25 kPa)

S = 36,260 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (250 เมกะปาสคาล,25 MPa) โดยใช้ค่า Yield strength ของ stainless steel 316 แบบแผ่น plate ในตาราง ก.2 ในภาคผนวก ก.

E = 0.70

โดยเลือกรอยเชื่อมเป็นแบบ butt joint ชนิด c ในตาราง ก.5 ในภาคผนวก ก.

R = 7 นิ้ว

แทนค่าต่างๆ ลงในสมการ (1.1) จะได้

$$t = \frac{3.626 \text{ x } 7}{(36{,}260 \text{ x } 0.7) + (0.4 \times 3.626)}$$

= 0.001 นิ้ว

นำค่าความหนาที่ได้นี้คูณกับแฟกเตอร์ความปลอดภัย (safety factor) ซึ่งมีค่า 2 จะได้ความหนาที่น้อยที่สุดที่สามารถนำไปใช้งานคือ 0.002 นิ้ว

การคำนวณหาความหนาของส่วนก้นถังรูปครึ่งวงกลม (Hemisphere) จากสมการการคำนวณในตาราง ก.4 จะได้ว่า

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.8P} \tag{1.2}$$

แทนค่าต่างๆ ลงในสมการ (1.2) จะได้

$$t = \frac{3.626 \text{ x } 7}{(2\text{x}36{,}260\text{x}0.7) + (0.8\text{x}3.626)}$$

= 0.0005 นิ้ว

นำค่าความหนาที่ได้นี้คูณกับแฟกเตอร์ความปลอดภัย ซึ่งมีค่า 2 จะได้ความหนาที่น้อยที่สุดที่สามารถนำไปใช้งานคือ 0.001 นิ้ว

<u>ขนาดของหน้าแปลน</u> : ใช้หน้าแปลนแบบเสียบเชื่อมตามมาตรฐาน JIS B 2221-1977 ที่เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (O.D) ของท่อเป็น 14 นิ้ว (355.6 มิลลิเมตร) ดูตาราง ก.6 ในภาคผนวก ก. ประกอบการเลือกขนาด จะได้ค่าต่างๆ ดังนี้

d_0 = 14.0984 นิ้ว (358.1 มิลลิเมตร)

D = 18.8976 นิ้ว (480.0 มิลลิเมตร)

t = 0.945 นิ้ว (24.0 มิลลิเมตร)

C = 17.126 นิ้ว (435.0 มิลลิเมตร)

จำนวน bolt = 12 ตัว

h = 0.984 นิ้ว (25.0 มิลลิเมตร)

<u>ขนาดของแผ่นปิดปากถัง</u>: ความหนาจะเท่ากับความหนาของหน้าแปลน คือ 0.945 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับหน้าแปลนคือ 18.8976 นิ้ว ทำการยึด cover plate, ปะเก็น และหน้าแปลนด้วย bolts และ nuts

<u>ปริมาตรของถังชั้นในที่ใช้บรรจุน้ำผลไม้</u>: 49.59 ลิตร คำนวณได้จากสมการ

$$V = \frac{4\pi r^3}{6} + \pi r^2 h \qquad (1.3)$$

จากรูป 1.1

r = 6.844 นิ้ว (17.38376 เซนติเมตร)

h = 16 นิ้ว (40.64 เซนติเมตร)

แทนค่าลงในสมการ (1.3) จะได้

$$V = \left[\frac{4x\pi x(17.38376)^3}{6}\right] + \left[\pi x(17.38376)^2 x40.64\right]$$

= 49,585 ลูกบาศก์เซนติเมตร

= 49.59 ลิตร

ปริมาตรของ jacket บรรจุน้ำร้อน ; 10.16 ลิตร

คำนวณได้จากสมการ $V = \frac{4\pi}{6}\left(r_{out}^3 - r_{in}^3\right) + \pi\ h\left(r_{out}^2 - r_{in}^2\right)$ (1.4)

จากรูป r_{out} = 7.835 นิ้ว (19.9009 เซนติเมตร)

r_{in} = 7.000 นิ้ว (17.7800 เซนติเมตร)

h = 8.500 นิ้ว (2105900 เซนติเมตร)

แทนค่าลงในสมการ 1. 4 จะได้

$$V = \left[\frac{4\pi}{6}\left(19.9009^3 - 17.78^3\right)\right] + \left[\pi \text{ x } 21.59 \text{ x } \left(19.9009^2 - 17.78^2\right)\right]$$

= 4,735.23 + 5,420.56

= 10,155.79 ลูกบาศก์เซนติเมตร

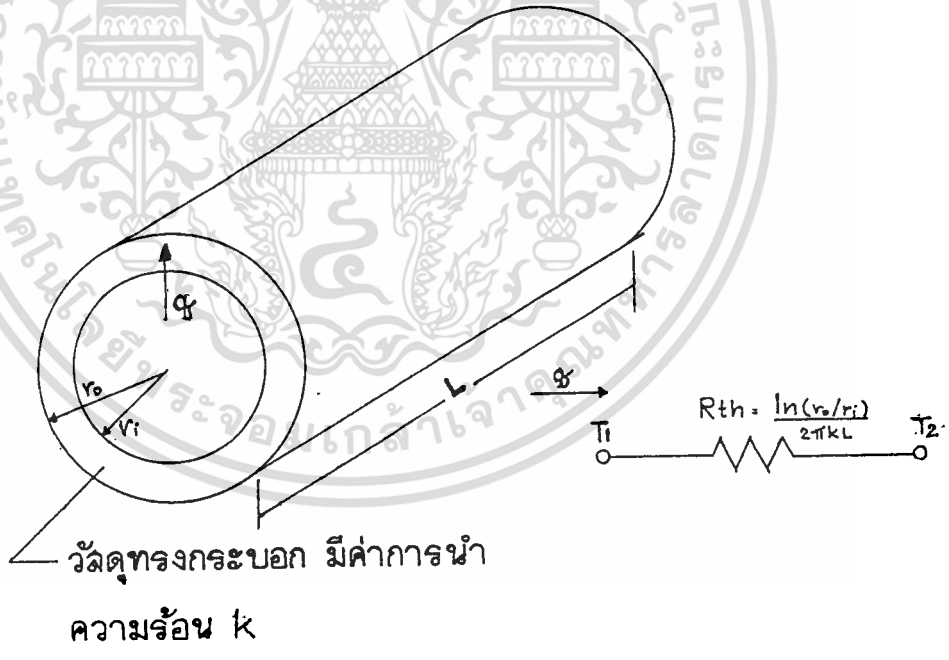
= 10.16 ลิตร

<u>ชนิดของฉนวนความร้อนที่ใช้</u> : ใยแก้ว (Glass wool)

เลือกชนิดของฉนวนโดยใช้ตาราง ก. 7 ในภาคผนวก ก. ประกอบ

<u>ความหนาของฉนวน</u> : 0.835 นิ้ว

ความสัมพันธ์ของอัตราการถ่ายเทความร้อนที่สูญเสียออกมาจากภายในถังกับการใช้ฉนวนใยแก้วความหนา 0.835 นิ้ว มีดังต่อไปนี้



รูป 1.2 การไหลของความร้อนแบบมิติเดียวผ่านทรงกระบอกและวงจรคล้ายคลึงทางไฟฟ้า

พิจารณารูป 1.2 จะได้ว่าสมการหาอัตราการถ่ายเทความร้อนแบบทรงกระบอกคือ

$$Q = \frac{2\pi L k(T1 - T2)}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} \qquad (1.5)^{(2)}$$

เมื่อ Q = อัตราการถ่ายเทความร้อน หน่วย W (J/s)

L = ความยาวของวัสดุทรงกระบอก หน่วย m

k = ค่าการนำความร้อนของวัสดุ หน่วย W/m°c

ซึ่งหาได้จากตาราง ก. 8 ในภาคผนวก ก.

T1 = อุณหภูมิด้านที่สูงกว่า หน่วย °C

T2 = อุณหภูมิด้านที่ต่ำกว่า หน่วย°C

r_o = รัศมีด้านนอกของวัสดุ หน่วย m

r_i = รัศมีด้านในของวัสดุ หน่วย m

สมการการถ่ายเทความร้อนแบบทรงกลม (sphere) คือ

$$Q = 4\pi k\left[\frac{r_i r_o}{r_o - r_i}\right](T1 - T2) \qquad (1.6)^{(3)}$$

ตัวแปรต่างๆ ในสมการ (1.6) มีความหมายเดียวกับตัวแปรในสมการ (1.5)

พิจารณาถังทำระเหย T-1 ในรูป 1.1 จะเป็นถังรูปทรงกระบอกเชื่อมติดกับถังรูปครึ่งทรงกลม ภายใน jacket จะบรรจุน้ำร้อนที่ต้องการรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 100°C แล้วหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วหนา 0.835 นิ้ว โดยกำหนดให้ที่ผิวฉนวนด้านนอกมีอุณหภูมิประมาณ 35 °C อัตราการถ่ายเทความร้อนที่มีการสูญเสียออกมาจากภายในถังได้มาจากค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนของทรงกระบอกรวมกับครึ่งหนึ่งของค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนแบบทรงกลม นั่นคือ

$$\text{อัตราการสูญเสียความร้อน} = \frac{2\pi Lk(T1 - T2)}{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)} + \frac{4\pi k}{2}\left[\frac{r_i r_o}{r_o - r_i}\right](T1 - T2) \qquad (1.7)$$

จากรูป 1.1 L = 8.5 นิ้ว (0.2159 เมตร)

k = 0.038 W/m°C

T1 = 100°C

r_o = 8.835 นิ้ว (0.22441 เมตร)

r_i = 8 นิ้ว (0.2032 เมตร)

แทนค่าต่างๆ ลงในสมการ (1.7) จะได้

2.3 อ้างอิงมาจากหนังสือชื่อ การถ่ายเทความร้อน ของ วีระ จันทร์วัฒนะ หน้า 31

$$\text{อัตราการสูญเสียความร้อน} = \frac{2x\pi \text{ x } 0.2159 \text{ x } 0.038 \text{ x } (100-35)}{\ln\left(\frac{0.22441}{0.2032}\right)} +$$

$$\frac{4x\pi}{2} \text{ x } 0.038 \text{ x} \left(\frac{0.2032x0.22441}{0.22441-0.2032}\right) x(100-35)$$

$$= 33.748 + 33.366$$

$$= 67.114 \text{ W.}$$

จากการคำนวณ แสดงให้เห็นว่าเมื่อหุ้มถังทำระเหย T-1 ด้วยฉนวนใยแก้วหนา 0.835 นิ้ว จะมีความร้อนถ่ายเทออกมาจากภายในถังด้วยอัตรา 67.114 W. ซึ่งการสูญเสียความร้อนนี้จะมีผลทำให้น้ำร้อนใน jacket มีอุณหภูมิลดลง และเพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำร้อนให้คงที่อยู่ที่ 100 °C ก็จะต้องมีการป้อนพลังงานเท่ากับ 67.114 W. ให้กับน้ำร้อนใน jacket ด้วยเช่นกัน ดังนั้น heater ที่ใช้สำหรับต้มน้ำจะต้องมีความสามารถในการป้อนกำลังงานส่วนนี้ให้กับน้ำร้อนใน jacket

การออกแบบถังบรรจุน้ำสับปะรด T-2

<u>ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำถัง</u> : stainless steel 316

<u>ลักษณะรูปร่างของถัง</u> : จากรูป 1.3 ลักษณะของถังเป็นถังชั้นเดียว ใช้สำหรับบรรจุน้ำผลไม้ ส่วนตัวถังมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก(cylinder)ส่วนก้นถังจะมีรูปร่างเป็นครึ่งทรงกลม (Hemisphere) มีความคล้ายคลึงกับถังทำระเหย T-1 แต่เป็นถังเปิด ใช้ที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ

<u>ขนาดของถัง</u> : พิจารณารูป 1.3 ประกอบ

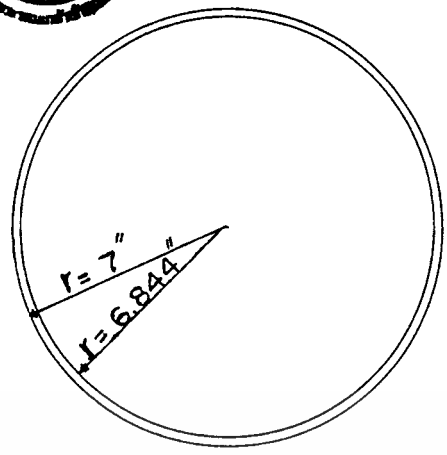
ส่วนตัวถังรูปทรงกระบอก

- เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 14 นิ้ว
- เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 13.688 นิ้ว
- ความหนา 0.156 นิ้ว
- ความสูง 12 นิ้ว

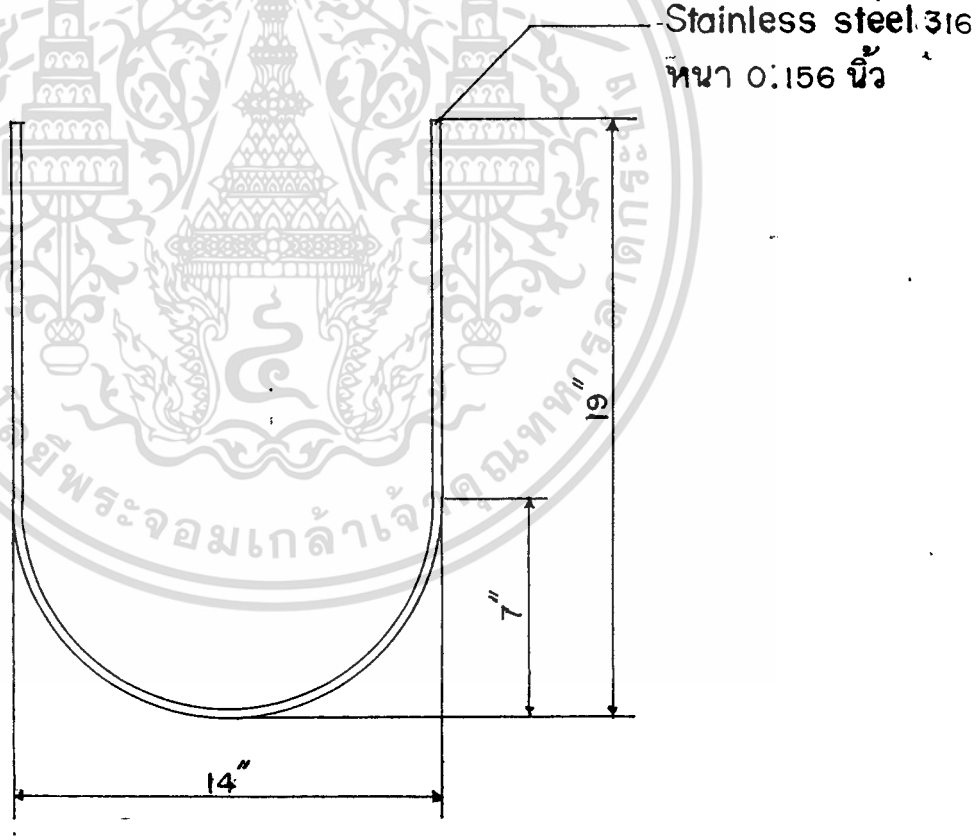
(ดูตาราง ก.3 ในภาคผนวก ก ประกอบการเลือกขนาด)

ส่วนก้นถังรูปครึ่งทรงกลม

- รัศมีวงนอก 7 นิ้ว
- รัศมีวงใน 6.844 นิ้ว
- ความหนา 0.156 นิ้ว



TOP VIEW



SECTION

รูป 1.3 ลักษณะรูปร่างและขนาดของถังบรรจุน้ำสับปะรด T-2

037173

<u>ปริมาตรของถัง</u> : 39.94 ลิตร

จากสมการ 1.3 $V = \frac{4\pi r^3}{6} + \pi r^2 h$

จากรูป 1.3 r = 6.844 นิ้ว (17.38376 เซนติเมตร)

h = 12 นิ้ว (30.48000 เซนติเมตร)

แทนค่าที่ได้ลงในสมการ (1.3) จะได้

$$V = \left[\frac{4x\pi x(17.38376)^3}{6}\right] + \left[\pi\ x(17.38376)^2 x30.48\right]$$

= 39,939.38 ลูกบาศก์เซนติเมตร

= 39.94 ลิตร

การออกแบบถังบรรจุผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด T-4

<u>ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำถัง</u> : Stainless steel 316

<u>ลักษณะรูปร่างของถัง</u> : จากรูป 1.4 ลักษณะของถังเป็นถังชั้นเดียว ใช้สำหรับบรรจุน้ำผลไม้เข้มข้นทำระเหยแล้ว ส่วนตัวถังที่มีรูปร่างเป็นทรงกระบอก (cylinder) เชื่อมต่อกับส่วนก้นถังที่มีรูปร่างเป็นครึ่งทรงกลม (Hemisphere) เป็นถังปิด เพราะน้ำผลไม้เข้มข้นที่นำมาบรรจุในถังนี้ได้ผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยแสง UV แล้ว

ขนาดของถัง : พิจารณารูป 1.4 ประกอบ

ส่วนของตัวถังรูปทรงกระบอก	-	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	14.000	นิ้ว
	-	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	13.688	นิ้ว
	-	ความหนา	0.156	นิ้ว
	-	ความสูง	12.000	นิ้ว

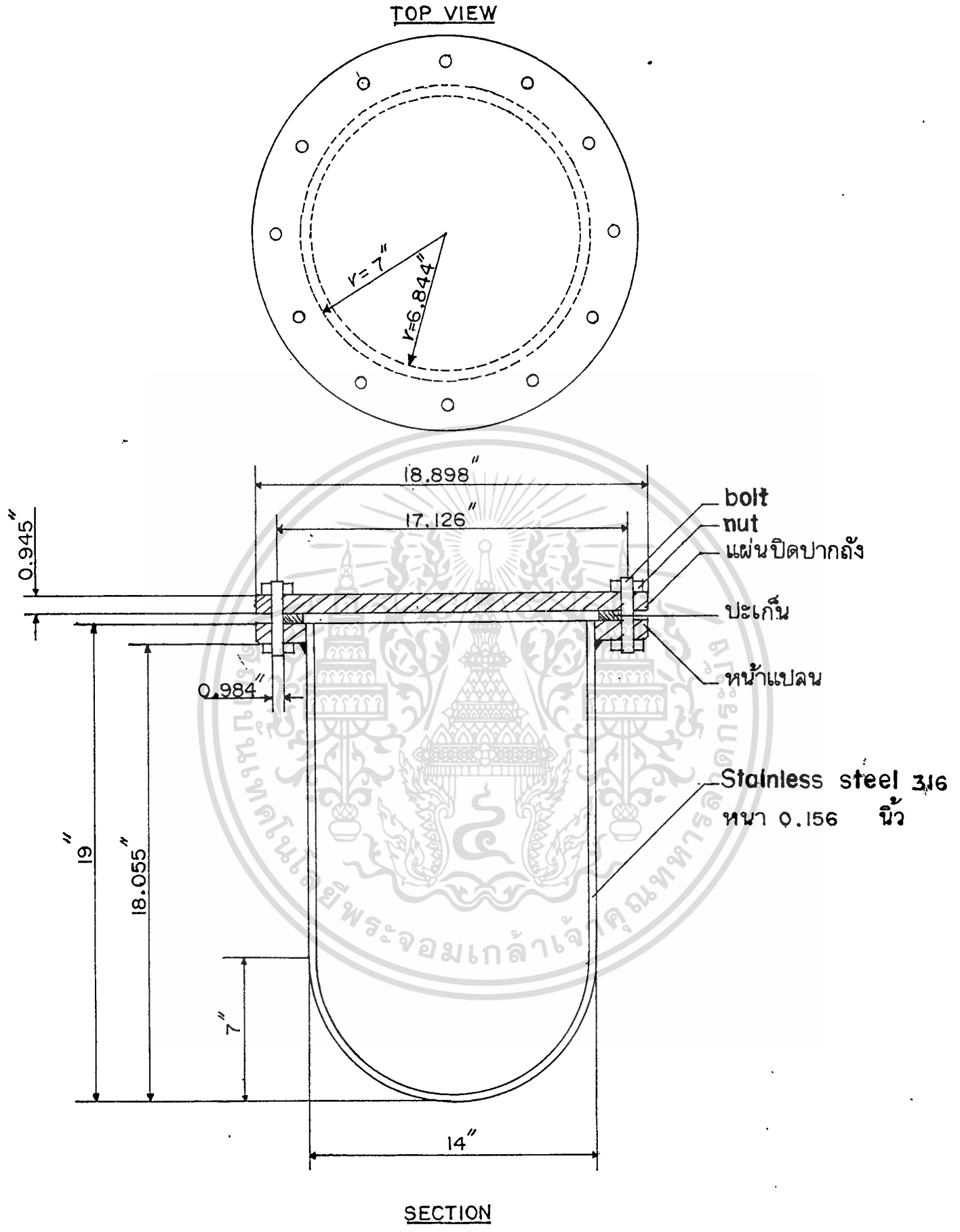
(ดูตาราง ก. 3 ในภาคผนวก ก. ประกอบการเลือกขนาด)

ส่วนก้นถังรูปครึ่งทรงกลม	-	รัศมีนอก	7.000	นิ้ว
	-	รัศมีใน	6.844	นิ้ว
	-	ความหนา	0.156	นิ้ว

<u>ขนาดหน้าแปลน</u> : ใช้หน้าแปลนแบบเสียบเชื่อม ตามมาตรฐาน JIS B 2221-1977 ที่เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (O.D.) ของท่อเป็น 14 นิ้ว (355.6 มิลลิเมตร)

(ดูตาราง ก. 6 ในภาคผนวก ก. ประกอบการเลือกขนาด จะได้ค่าต่างๆ ดังนี้

d_0 = 14.0984 นิ้ว (358.1 มิลลิเมตร)



รูป 1.4 ลักษณะรูปร่างและขนาดของถังบรรจุ

น้ำลับประรดเข้มข้น T-4

D	=	18.6976	นิ้ว (480.0 มิลลิเมตร)
t	=	0.9450	นิ้ว (24.0 มิลลิเมตร)
C	=	17.1260	นิ้ว (437.0 มิลลิเมตร)
จำนวน bolt	=	12	ตัว
h	=	0.9640	นิ้ว (25.0 มิลลิเมตร)

<u>ขนาดของแผ่นปิดปากถัง</u> : ความหนาจะเท่ากับความหนาของหน้าแปลนคือ 0.945 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางหน้าแปลนคือ 18.8976 นิ้ว ทำการยึด cover plate, ปะเก็น และหน้าแปลนด้วย bolt และ nuts

ปริมาตรของถัง : 39.94 ลิตร

จากสมการ 1.3 $V = \frac{4\pi r^3}{6} + \pi r^2 h$

จากรูป 1.4 r = 6.844 นิ้ว (17.38376 เซนติเมตร)

h = 12.000 นิ้ว (30.48000 เซนติเมตร)

แทนค่าที่ได้ลงในสมการ 1.3

จะได้ $V = \left[\frac{4 \times \pi \times (17.38376)^3}{6}\right] + \left[\pi \times (17.38376)^2 \times 30.48\right]$

= 39,939.38 ลูกบาศก์เซนติเมตร

= 39.93 ลิตร

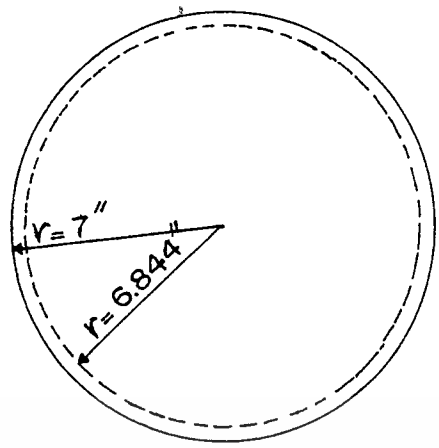
ถังปรับความดัน T-5

<u>ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำถัง</u> : Stainless steel 316

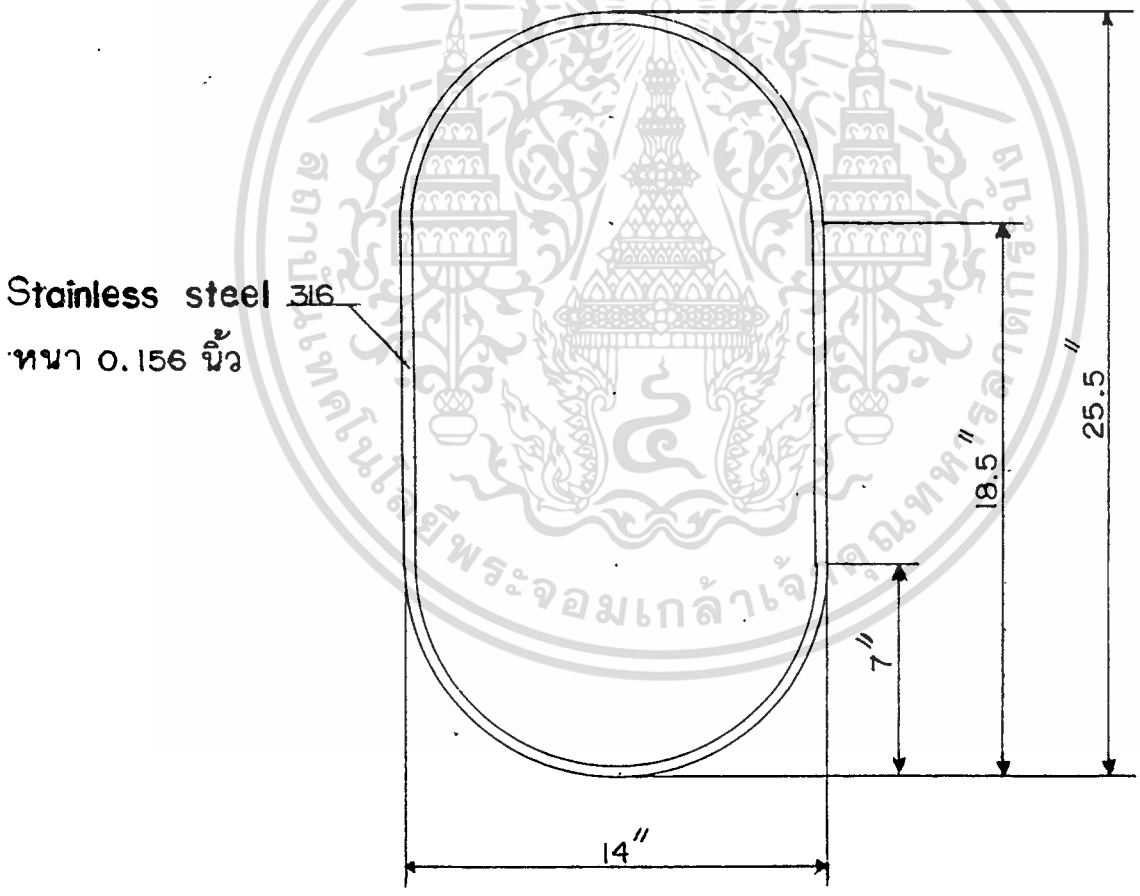
<u>ลักษณะรูปร่างของถัง</u> : จากรูป 1.5 ลักษณะของถังเป็นถังปิดใช้ที่ความดันต่ำ 25 KPa ส่วนของตัวถังมีรูปร่างทรงกระบอก (Cylinder) และเชื่อมปิดหัวท้ายตัวถังทรงกระบอกด้วยครึ่งทรงกลม (Hemisphere) ปริมาตรส่วนล่างของถังใช้เป็นที่กลั่นตัวของไอน้ำที่มาจากการทำระเหยในถัง T-1 ปริมาตรส่วนบนใช้สำหรับปรับความดันให้ต่ำลง

<u>ขนาดของถัง</u> : พิจารณารูป 1.5 ประกอบ

<u>ส่วนตัวถังรูปทรงกระบอก</u>	-	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	14.000 นิ้ว
	-	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	13.688 นิ้ว
	-	ความหนา	0.156 นิ้ว
	-	ความสูง	11.500 นิ้ว



TOP VIEW



SECTION

รูป1.5 ลักษณะรูปร่างและขนาดของถังปรับความดัน T-5

(พิจารณาตาราง ก.3 ในภาคผนวก ก. ประกอบการเลือกขนาด)

ส่วนของตัวถังรูปครึ่งทรงกลม	-	รัศมีภายนอก	7.000	นิ้ว
	-	รัศมีภายใน	6.844	นิ้ว
	-	ความหนา	0.156	นิ้ว

<u>ปริมาตรของถัง</u> : 49.74 ลิตร

จากสมการ $V = \frac{4}{3}\pi r^3 + \pi r^2 h$ (1.8)

จากรูป 1.5 $r = 6.844$ นิ้ว (17.38376 เซนติเมตร)

$h = 11.5$ นิ้ว (29.21000 เซนติเมตร)

แทนค่าลงในสมการ 1.8

จะได้ $V = \left[\frac{4\pi}{3} x (17.38376)^3\right] + \left[\pi x (17.38376)^2 x 29.21\right]$

= 49,736.13 ลูกบาศก์เซนติเมตร

= 49.74 ลิตร

ถังน้ำร้อน T-6

<u>ขนาดของวัสดุที่ใช้ทำถัง</u> : Stainless steel 316

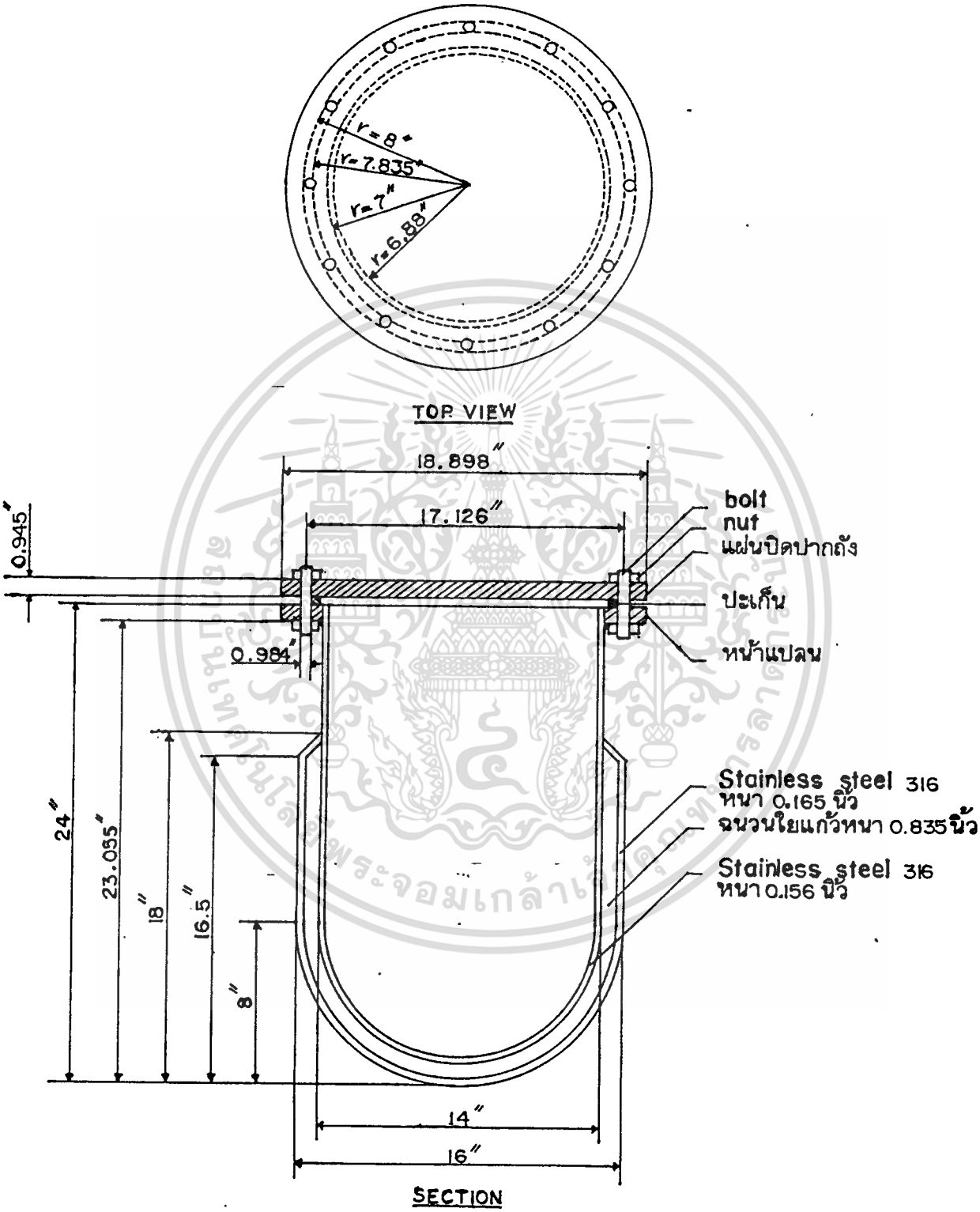
<u>ลักษณะรูปร่างของถัง</u> : จากรูป 1.6 ลักษณะของถังเป็นถังชั้นเดียว ใช้เป็นภาชนะสำหรับบรรจุน้ำร้อนที่ต้องใช้ในกระบวนการทำระเหย มีฉนวนกันความร้อนอยู่รอบนอกของตัวถังเพื่อรักษาอุณหภูมิภายในถังไว้ น้ำร้อนจากภายในถังนี้จะถูกปั๊มและส่งไปถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำผลไม้ในถังทำระเหย T-1 รูปร่างของตัวถังเป็นทรงกระบอก (Cylinder) เชื่อมต่อกับก้นถังรูปครึ่งทรงกลม (Hemisphere) ด้านบนมีแผ่นปิดปากถัง เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนภายในถัง

<u>ขนาดของถัง</u> : พิจารณารูป 1.6 ประกอบ

ส่วนของตัวถังรูปทรงกระบอกชั้นใน	-	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	14.000	นิ้ว
	-	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	13.688	นิ้ว
	-	ความหนา	0.165	นิ้ว
	-	ความสูง	16.000	นิ้ว

(ดูตาราง ก. 3 ในภาคผนวก ก. ประกอบการเลือกขนาด)

ส่วนตัวถังรูปทรงกระบอกภายนอก	-	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	16.000	นิ้ว



รูป 1.6 ลักษณะรูปร่างและขนาดของถังน้ำร้อน T-6

- เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15.670 นิ้ว
- ความหนา 0.156 นิ้ว
- ความสูง 8.500 นิ้ว

<u>ขนาดหน้าแปลน</u> : ใช้หน้าแปลนแบบเสียบเชื่อมตามมาตรฐาน JIS B 2221-1977 ที่เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (O.D) ของท่อเป็น 14 นิ้ว (355.6 มิลลิเมตร)

ดูตาราง ก. 6 ในภาคผนวก ก.ประกอบการเลือกขนาด จะได้ค่าต่างๆ ดังนี้

d_0	=	14.0984	นิ้ว	(358.1 มิลลิเมตร)
D	=	18.8976	นิ้ว	(480.0 มิลลิเมตร)
t	=	0.9450	นิ้ว	(24.0 มิลลิเมตร)
C	=	17.1260	นิ้ว	(435.0 มิลลิเมตร)
จำนวน bolt		12	ตัว	
h	=	0.9840	นิ้ว	(25.0 มิลลิเมตร)

ขนาดของแผ่นปิดปากถัง : ความหนาจะเท่ากับความหนาของหน้าแปลน คือ 0.945 นิ้ว (24 มิลลิเมตร) เส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับหน้าแปลนคือ 18.8976 นิ้ว ทำการยึด cover plate , ปะเก็น และหน้าแปลนด้วย bolt และ nuts

<u>ปริมาตรของถัง</u> : 49.59 ลิตร

อ้างอิงการคำนวณเหมือนการคำนาณของถัง T-1

ข้อสังเกตการกำหนดปริมาตรของถังน้ำร้อนต้องพิจารณาว่าปริมาตรที่กำหนดนี้จะต้องเพียงพอต่อการบรรจุน้ำที่อยู่ใน jacket ของถังทำระเหย T-1 และน้ำที่อยู่ในท่อหมุนเวียนของระบบและน้ำสำรองที่ต้องมีไว้เสมอภายในถัง T-6 เอง

ชนิดของฉนวนความร้อน : ใยแก้ว (Glass Wool)

เลือกชนิดของฉนวนโดยใช้ตาราง ก. 7 ในภาคผนวก ก. ประกอบ

ความหนาของฉนวน : 0.835 นิ้ว

การออกแบบระบบท่อ

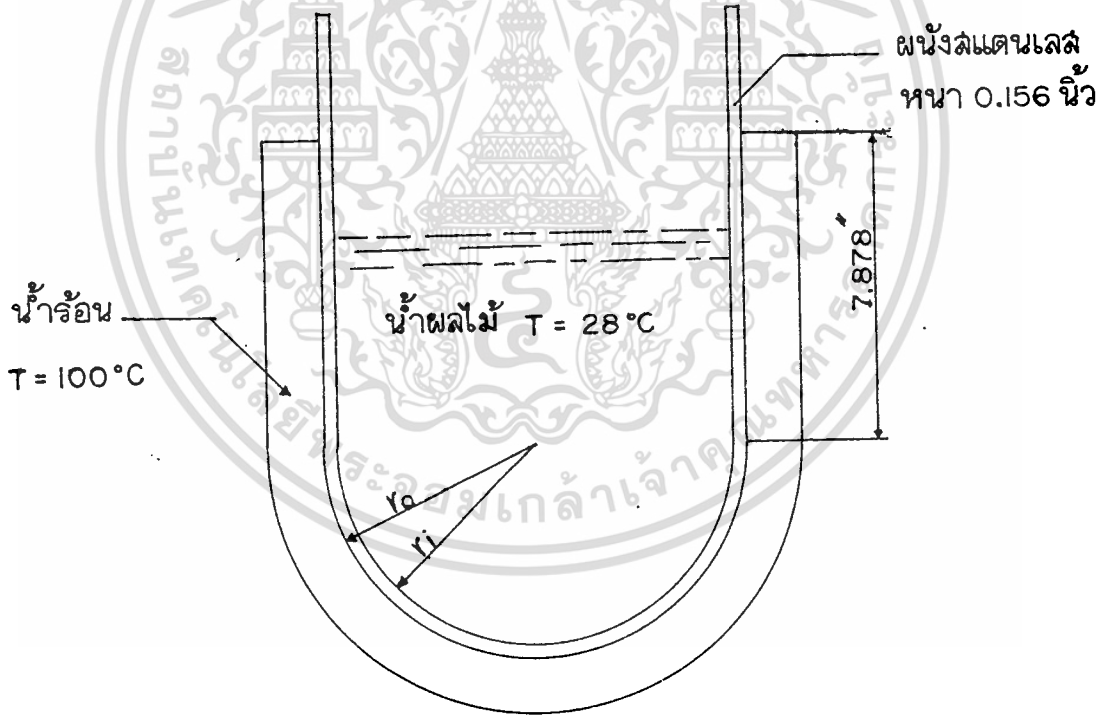
(PIPING)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การออกแบบและกำหนดขนาดของท่อ (Piping)

ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำท่อ	:	Stainless steel 316		
ขนาดของท่อ	:	ท่อไอน้ำขนาด	3.0	นิ้ว
		ท่อโหลดน้ำผลไม้เข้าขนาด	1.5	นิ้ว
		ท่อโหลดน้ำผลไม้ออกขนาด	1.5	นิ้ว
		ท่อน้ำร้อนขนาด	1.0	นิ้ว
		ท่อน้ำหล่อเย็นขนาด	1.0	นิ้ว

<u>การคำนวนอัตราการไหลของไอน้ำ</u>



รูป 1.8 แสดงระดับของน้ำสับปะรดภายในถังทำระเหย T-1
ก่อนจะเริ่มกระบวนการทำระเหย

จากรูป 1.8 สามารถคำนวณหาอัตราการถ่ายเทพลังงานความร้อนที่น้ำร้อนให้กับน้ำผลไม้ได้อัตราการถ่ายเทพลังงานความร้อนรูปทรงกระบอก หาได้จากสมการ 1.5 คือ

$$Q_1 = \frac{2\pi LK(T_1 - T_2)}{\ln\left(r_0/r_i\right)}$$

อัตราการถ่ายเทพลังงานความร้อนรูปทรงกลม หาได้จากสมการ 1.6 คือ

$$Q_2 = 4\pi K\left[\frac{r_i r_0}{r_o - r_i}\right](T_1 - T_2)$$

ดังนั้นอัตราการถ่ายเทพลังงานความร้อนของถังรูปทรงกระบอกเชื่อมกับถังครึ่งทรงกลม

คือ $Q_{รวม} = Q_1 + 1/2Q_2$

$$Q_{รวม} = \frac{2\pi Lk(T_1 - T_2)}{\ln\left(r_0/r_i\right)} + 2\pi K\left[\frac{r_i r_0}{r_0 - r_i}\right](T_1 - T_2) \quad (1.8)$$

$Q_{รวม}$ จากสมการ 1.8 คืออัตราการถ่ายเทพลังงานความร้อนทั้งหมดของน้ำร้อนนั่นเอง

เมื่อน้ำผลไม้ในถังทำระเหย T-1 มีอุณหภูมิถึงจุดเดือด คือ 65 ^{0}C ที่ 25 kPa พลังงานความร้อนที่ถ่ายเทมาจากน้ำร้อนใน jacket จะเป็นตัวที่ทำให้น้ำผลไม้เดือดและกลายเป็นไอ ซึ่งความสัมพันธ์ของพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทมาจากน้ำร้อนกับการเดือดกลายเป็นไอของน้ำในน้ำผลไม้ คือ

$$q = mL \quad (1.9)$$

เมื่อ q = พลังงานความร้อนของน้ำร้อน หน่วย kJ

m = มวลของน้ำร้อนที่ระเหยกลายเป็นไอ หน่วย kg

L = ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ มีค่า 2,259.36 kJ/kg

ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ของการถ่ายเทพลังงานความร้อนของน้ำร้อนต่อเวลามีค่าเท่ากับอัตราการถ่ายเทพลังงานความร้อนรวม คือ

$$Q_{รวม} = q / t \quad (1.10)$$

เมื่อ t = เวลา หน่วย วินาที

วิธีการคำนวณ เมื่อพิจารณากระบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะ ที่อุณหภูมิคงที่ 65 ^{0}C

จากสมการ 1.8

$$Q_{รวม} = \frac{2\pi Lk(T_1 - T_2)}{\ln\left(r_0/r_i\right)} + 2\pi K\left[\frac{r_i r_0}{r_0 - r_i}\right](T_1 - T_2)$$

จากรูป 1.8 $L = 7.878$ นิ้ว (0.2000 m)

$k_{stainless} = 16.3$ W/m k

เปิดหาค่า k ของสแตนเลส 316 ได้จากตาราง ก.10 ในภาคผนวก ก.

$T_1 = 100$ ^0C

$T_2 = 65$ ^0C

$r_0 = 7$ นิ้ว (0.1778 m)

$r_i = 6.844$ นิ้ว (0.1738 m)

แทนค่าลงในสมการ 1.8

$$\left[\frac{2\times\pi\times0.200\times16.3\times(100-65)}{\ln\left(0.1778/0.1738\right)}\right]+\left[2\times\pi\times16.3\left(\frac{0.1738\times0.1778}{0.1778-0.1738}\right)\times(100-65)\right]$$

$= 31.51 + 27.69$

$= 59.20$ kW

จากสมการ 1.9 $q = mL$

ตัวแปร m คือมวลของน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งต้องคำนวณหามาจากข้อกำหนดของกระบวนการทำระเหย คือ ให้ทำระเหยน้ำสับปะรด 30 ลิตร ที่มีเนื้ออยู่ 10% ให้มีความเข้มข้น 35%

- เมื่อเริ่มขบวนการทำระเหย

น้ำหนักของน้ำสับปะรด 30 ลิตร = 30 kg (แทน $\rho_{น้ำสับปะรด} = \rho_{น้ำ}$)

มวลของเนื้อ 10% = 0.1×30

= 3 kg

- เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการทำระเหย

เนื้อสับปะรดไม่สามาถระเหยได้จึงมีมวลเท่าเดิมคือ 3 kg

ดังนั้น เนื้อสับปะรด 35% มีค่าเป็น 3 kg

น้ำ 65% มีค่าเป็น 3/35×65 = 5.57 kg

เพราะฉะนั้นมวลสุดท้ายของน้ำสับปะรดในถังทำระเหย T-1 = 3+5.57

= 8.57 kg

มวลที่หายไปก็คือมวลของน้ำที่กลายเป็นไอมีค่า = 30 - 8.57

= 21.43 kg

แทนค่า m ลงในสมการ

จะได้ $q = 21.43\times2{,}259.36$

$= 48,418$ kJ

จากสมการ 1.10 $Q_{รวม} = q / t$

แทนค่าลงในสมการจะได้

$$59.20 = \frac{48,418}{t}$$

$$t = \frac{48,418}{59.20}$$

$= 817.87$ วินาที

จะได้อัตราการไหลของไอ $= \frac{21.43}{817.87}$

$= 0.0262$ kg / s

$= 94.328$ kg / hr

<u>การคำนวณอัตราการไหลของน้ำร้อน</u>

พิจารณาเมื่อเริ่มกระบวนการทำระเหยในถัง T-1 พลังงานความร้อนจากน้ำร้อนใน jacket จะถูกถ่ายเทให้กับน้ำผลไม้ 30 ลิตร (เนื้อ 10% น้ำ 90%) เพื่อให้อุณหภูมิของน้ำผลไม้เพิ่มขึ้นจาก 28 ^{0}C จนถึงจุดเดือดคือ 65 ^{0}C โดยความดันคงที่ตลอดกระบวนการคือ 25 kPa ซึ่งเราจะได้ความสัมพันธ์ของพลังงานความร้อนที่ถูกถ่ายเทให้กับน้ำผลไม้กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำผลไม้เมื่อความดันคงที่ เป็น

$$q = mC_p \Delta T \qquad (1.11)$$

เมื่อ q = พลังงานความร้อนของน้ำร้อน หน่วย kJ

m = มวลของน้ำผลไม้ หน่วย kg

C_p = ความร้อนจำเพาะของน้ำผลไม้ หน่วย kJ/ kg K

ΔT = ผลต่างของอุณหภูมิของน้ำผลไม้

จากรูป 1.8 $m = 30$ kg

$C_p = 3.925$ kJ /kg K

คำนวณจากสมการคำนวณหาความร้อนจำเพาะของน้ำผลไม้ของ Dickerson (1969) คือ

C_p = 1.675 + 0.025 (%ปริมาณน้ำ)) (1.12)[4]

$= 1.675 + 0.025(90)$

$= 3.925$ kJ /kg K

$= 37$

แทนค่าลงในสมการ 1.11 จะได้

$q = 30 \times 3.925 \times 37$

$= 4,356.75$ kJ

และได้ความสัมพันธ์ของอัตราการถ่ายเทพลังงานความร้อน (Q) กับค่าพลังงานความร้อนของน้ำร้อนที่ถ่ายเทให้กับน้ำผลไม้และเวลา เป็น

$$Q = q / t \qquad (1.13)$$

ถ้าเรากำหนดให้ช่วงเวลาที่น้ำผลไม้เริ่มเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจาก 28 ^{0}C ไปเป็น 65 ^{0}C เป็น 2 นาที

แทนค่าเวลาที่กำหนดนี้ลงในสมการ 1.13

จะได้ $$Q = \frac{4,356.75}{2 \times 60}$$

$= 36.31$ kW

ส่วนอัตราการไหลของน้ำร้อนที่ต้องป้อนเข้าสู่ jacket ก็สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$Q = WsHs - WsHc \qquad (1.14)^{(5)}$$

เมื่อ Q = อัตราการถ่ายเทพลังงานความร้อน หน่วย kW

Ws = อัตราการไหลของน้ำร้อน หน่วย kg / s

Hs = ค่าเอ็นโทรปีของน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C ความดันบรรยากาศ เปิดหาค่าได้จากตาราง ก. 11ในภาคผนวก ก.

Hc = ค่าเอ็นโทรปีของไอน้ำที่กลั่นตัวที่อุณหภูมิ 65 ^{0}C ความดัน 25 kPa เปิดหาค่าได้จากตาราง ก.11 เช่นกัน

จากตาราง ก.11 หาค่าเอ็นโทรปีได้ดังนี้

Hs = 419.04 kJ / kg

Hc = 272.06 kJ / kg

แทนค่าต่างๆ ลงในสมการ 1.14

จะได้ $36.31 = 419.04Ws - 272.06Ws$

$$Ws = \frac{36.31}{146.98}$$

$= 0.247$ kg / s

$= 889.25$ kg / hr

---

4 , 5 อ้างอิงมาจากหนังสือชื่อ วิศวกรรมแปรรูปอาหาร ของ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต หน้า 12 , 182

<u>การคำนวณขนาดของท่อไอน้ำ</u>

จากสูตร $Q = vA$ (1.15)

Q = อัตราการไหลในหน่วย m^3/hr

v = ความเร็วของของไหล(ไอน้ำ) หน่วย m/hr

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ หน่วย m^2

จากการคำนวณอัตราการไหลของไอน้ำในหัวข้อที่แล้วได้อัตราการไหลเป็น 94.328kg/hr สามารถคำนวณอัตราการไหล Q ในหน่วย m^3/hr ได้โดยนำค่า p ของไอน้ำอิ่มตัวที่ความดัน 25 kPa อุณหภูมิ 65 ^0C ไปหาร

โดยสามารถหาค่า p ของไอน้ำได้จากตาราง ก. 11 ในภาคผนวก ก. โดย

$p = 1 / Vg$

จากตาราง ก.11 จะได้ว่าที่อุณหภูมิ 65 ^0C ความดัน 25 kPa

จะมี $Vg = 6.197$ m^3/hr

$p = 0.1614$ kg/m^3

ดังนั้น $Q = 94.328/0.1614$

$= 584.436$ m^3/hr

กำหนด $r_{ท่อ} = 1.5$ นิ้ว

จะได้ $A = 0.005$ m^2

แทนค่าลงใน 1.15 จะได้

$584.436 = v\,(0.005)$

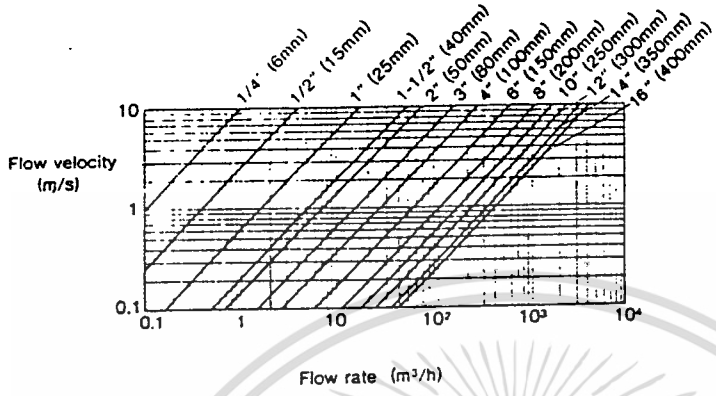
$v = 116{,}887.2$ m/hr

$= 32.47$ m/s

ความเร็วของไอน้ำที่คำนวณได้คือ 32.47 m/s ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการออกแบบโดยทั่วไป (นิยมที่ประมาณ 33 m/s)

ดังนั้นขนาดของท่อไอน้ำที่เลือกใช้คือ ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว

<u>การคำนวณขนาดของท่อของเหลว</u>



To select the meter size:
Find meter sizes within the velocity of 1 to 33 ft/sec (0.3 to 10 m/sec), (vertical scale) for a specified full-scale flow rate (horizontal scale). Select one meter size that is less or equal to the pipe size. When more than one meter size fits, select one that has its full-scale velocity between 3.3 and 10 ft/sec (1 and 3 m/sec).

รูป 1.10 กราฟแสดงขนาดท่อของของเหลว (TOSHIBA)

<u>การคำนวณขนาดของท่อน้ำร้อน</u>

จากอัตราการไหลของน้ำร้อน	Ws	=	889.25	kg/hr
หรือ		=	0.889	m^3/hr

จากรูป 1.10

เมื่อ	Flow velocity	=	3	m/s
	Flow rate	=	0.889	m^3/hr

จะได้ขนาดของท่อที่เหมาะสม คืออยู่ในช่วง 0.5-1.0 นิ้ว

ขนาดที่เลือกใช้คือ = 1.0 นิ้ว

<u>การคำนวณขนาดของท่อโหลดน้ำผลไม้เข้า</u>

กำหนดให้อัตราการไหลของน้ำผลไม้ในท่อ = 3,600 kg/hr

หรือ = 3.6 m^3/hr

จากรูป 1.10

เมื่อ Flow velocity = 3 m/s

Flow rate = 3.6 m^3/hr

จะได้ขนาดของท่อที่เหมาะสมคืออยู่ในช่วง 1.0-2.0 นิ้ว

ขนาดที่เลือกใช้คือ = 1.5 นิ้ว

<u>การคำนวณขนาดท่อโหลดน้ำผลไม้ออก</u>

กำหนดให้อัตราการไหลของน้ำผลไม้ในท่อ = 1,800 kg/hr

หรือ = 1.8 m^3/hr

จากรูป 1.10

เมื่อ Flow velocity = 3 m/s

Flow rate = 1.8 m^3/hr

จะได้ขนาดของท่อที่เหมาะสมคือในช่วง 1.0-2.0 นิ้ว

ขนาดที่เลือกใช้ = 1.5 นิ้ว

<u>การคำนวณขนาดของท่อน้ำหล่อเย็น</u>

กำหนดให้อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น = 1,800 kg/hr

หรือ = 1.8 m^3/hr

จากรูป1.10

เมื่อ Flow velocity = 3 m/s

Flow rate = 1.8 m^3/hr

จะได้ขนาดของท่อที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 1.0-2.0 นิ้ว

และขนาดที่เลือกใช้ = 1 นิ้ว

<u>เวลาในการทำงานของกระบวนการทำระเหยน้ำสับปะรดเข้มข้น (Working Time)</u>

เวลาในการทำงานของกระบวนการที่สั้นที่สุดคือ 41.52 นาที

แบ่งออกเป็น

1. เวลาในการต้มน้ำในถัง T-6 ให้เดือด 25.10 นาที
2. เวลาในการโหลดน้ำสับปะรดสู่ถังทำระเหย T-1 30 วินาที

3. เวลาในการต้มน้ำสับปะรดให้เดือด 2 นาที

4. เวลาในการระเหยน้ำทิ้งไปจำนวน 21.43 ลิตร 13.63 นาที

5. เวลาในการโหลดน้ำสับปะรดเข้มข้นสู่ถังบรรจุ T-4 17.14 วินาที

เวลาต่างๆ นี้ได้มาจากการคำนวณ ดังต่อไปนี้

<u>เวลาในการต้มน้ำในถัง T-6 ให้เดือด</u>

เมื่อทำการต้มน้ำจำนวน 30 ลิตรในถัง T-6 โดยใช้ Heater ขนาด 6 kW ให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 28 ^{0}C จนเดือดที่ 100 ^{0}C

จากสมการ 1.11 $q = mC_p\Delta T$

เมื่อ $m = 30$ kg

$C_{p_{น้ำ}} = 4.184$ kJ/kg K

ค่า Cp หาได้จากตาราง ก.12 ในภาคผนวก ก.

$\Delta T = 72$ K

แทนค่าลงในสมการ 1.11 จะได้

$q = 30 \times 4.184 \times 72$

$= 9{,}037.44$ kJ

แสดงว่าจะต้องให้พลังงานความร้อนแก่น้ำ 9,037.44 kJ

น้ำ 30 ลิตรจึงสามารถเพิ่มอุณหภูมิจนถึงจุดเดือดได้

จากสมการ 1.13 $Q = q/t$

เมื่อ Q = กำลังของ heater คือ 6 kW

$q = 9{,}037.44$ kJ

แทนค่าลงในสมการ 1.13 จะได้

$6 = 9{,}037.44/t$

$t = 9{,}037.44/6$

$t = 1{,}506.24$ วินาที

$= 25.10$ นาที

เวลาที่ใช้ในการต้มน้ำในถัง T-6 ให้เดือดคือ 25.10 นาที

<u>เวลาในการโหลดน้ำสับปะรดเข้าสู่ถังทำระเหย T-1</u>

จากอัตราการไหลของน้ำสับปะรดผ่านท่อขนาด 1.5 นิ้วที่ T = 28 ^{0}C คือ 3,600 kg/hr

ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการโหลดน้ำสับปะรด 30 ลิตรเข้าสู่ถังทำระเหย T-6 โดยผ่านท่อขนาดดังกล่าวจึงใช้เวลา [3,600/(1×36)]×30 = 30 วินาที

<u>เวลาในการต้มน้ำสับปะรดให้เดือด</u>

ได้กำหนดไว้แล้วในหัวข้อ " การคำนวณอัตราการไหลของน้ำร้อน" ใน หน้า 31-32 คือใช้เวลา 2 นาที

เวลาในการระเหยน้ำทิ้งไปจำนวน 21.43 ลิตร

ได้คำนวณแล้วในหัวข้อ " การคำนวณอัตราการไหลของไอน้ำ" ในหน้า 28-31 คือใช้เวลา 13.63 นาที

<u>เวลาในการโหลดน้ำสับปะรดเข้มข้นสู่ถังบรรจุ T-4</u>

อัตราการไหลของน้ำสับปะรดเข้มข้นผ่านท่อขนาด 1.5นิ้ว ที่ T = 65 ^{0}C คือ 1,500 kg/hr ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการโหลดน้ำสับปะรดเข้มข้น 8.57 นาที

โดยผ่านท่อขนาดดังกล่าวจึงใช้เวลา [3,600/1,800]×8.57 = 17.14 นาที

การคำนวณที่ได้แสดงมาตลอดในข้างต้น ได้ใช้คุณสมบัติต่างๆของน้ำแทนน้ำสับปะรด ดังนั้นค่าจริงของกระบวนการ เช่น จุดเดือดของน้ำสับปะรด , เวลาในการทำงาน(Working time) เป็นต้น จะแตกต่างจากที่ได้แสดงไว้ข้างต้นเล็กน้อย ซึ่งจุดเดือดของน้ำสับปะรดจะสูงกว่าของน้ำ และส่งผลให้ working time ของทั้งกระบวนการยาวนานขึ้น แต่ก็ไม่มากนัก ดังจะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำสับปะรดและของน้ำ ดังต่อไปนี้

จากสมการ $$\frac{\lambda v}{Rg}\left[\frac{1}{T_{Ao}}-\frac{1}{T_A}\right]=-\ln X_A \qquad (1.15)$$ [6]

เมื่อ λv = ความร้อนแฝงของการระเหยต่อหน่วยโมล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.0626 x 10^4 J/ mole

T_{AO} = จุดเดือดของน้ำบริสุทธิ์ (K) ซึ่งมีค่า 338.12 K (64.97^{o}C) ที่ 25 kPa

X_A = สัดส่วนโมลของน้ำในสารละลาย

T_A = จุดเดือดของสารละลาย (K)

Rg = ค่าคงที่ของก๊าซ 8.314 J/mole K

---

6 , 7 อ้างอิงมาจากหนังสือชื่อ วิศวกรรมแปรรูปอาหาร ของ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต หน้า 162 , 163

สมการ 1.15 นิยมใช้คำนวณเมื่อสารละลายมีความเข้มข้นสูงขึ้นเนื่องมาจากการระเหย หากสารละลายมีความเจือจางอาจใช้สมการ 1.15 หรือสมการต่อไปนี้

$$\Delta T_B = \frac{RgT_{A_o}{}^2 W_A m}{1000Lv} \qquad (1.16)$$ [7]

เมื่อ W_A = น้ำหนักโมเลกุลของตัวทำละลาย A (น้ำ)

L_v = ความร้อนแฝงของการระเหยต่อหน่วยมวลน้ำ

ΔT_B = ผลต่างของอุณหภูมิของสารละลายกับน้ำ

กำหนดให้องค์ประกอบโดยประมาณของน้ำสับปะรดดังนี้

คาร์โบไฮเดรท 10.8% โปรตีน 0.2% แคลเซียม 0.013%

ฟอสฟอรัส 0.009% เหล็กและวิตามิน 0.084% และน้ำ 88.7% [8]

ให้คาร์โบไฮเดรทมีผลต่อจุดเดือดมากที่สุด

: จุดเดือดเริ่มแรกของน้ำสับปะรดคำนวณจากสมการ 1.16 ดังนี้

คาร์โบไฮเดรท 10.8% = 10.8 g carbohydrate / 100 g. ของ product

= 10.8 / 0.887 = 12.176 g carbohydrate / 100 g. ของน้ำ

$$m = \frac{121.76g.carbohydrate / 1{,}000g.water}{162} = 0.752$$

ค่าน้ำหนักโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรท = 162

(เมื่อสูตรโมเลกุลของแป้งคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ และ n =1)

จากสมการ 1.16 จะได้

$$\Delta T_B = \frac{(8.314)(338.12)^2(18)(0.752)}{(4.0626x10^4)(1000)} = 0.317$$

นั่นคือ จุดเดือดเริ่มแรกของน้ำสับปะรดเป็น 65.287 °C ที่ 25 kPa

: เมื่อน้ำสับปะรดถูกทำให้เข้มข้น 35%คาร์โบไฮเดรทในน้ำสับปะรดจะเพิ่มขึ้นเป็น 33.45% ซึ่งสามารถคำนวณอุณหภูมิที่น้ำสับปะรดเข้มข้น 35% เดือดได้โดยใช้สมการ 1.15

$$X_A = \frac{(65/18)}{(65/18)+(33.45/162)} = 0.946$$

$$\frac{4.0626x10^4}{8.314}\left[\frac{1}{338.12} - \frac{1}{T_A}\right] = -\ln(0.946)$$

$$14.452 - 4{,}886.4566 / T_A = 0.0555$$

$$14.3965 = 4{,}886.4566 / T_A$$

$$T_A = 339.42 \text{ K}$$

$$= 66.27\ ^\circ C$$

---

8 อ้างอิงมาจากหนังสือชื่อ โภชนศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงใหม่) ของ ผศ. ค้วน ขาวหนู หน้า 475

Prepared by:
Valtek Springville
Springville, Utah

VALTEK CONTROL VALVES
Quotation

Page #: 1
Version C3.00D
Fri Mar 22, 1996

Customer Name: kmitl
Tag Number: Control Valve(cooling)
Project: evaporator

Quote/Rev: by prs
Disk ID: DEFAULT
Record #: 50

Model: Mark One

Size/Trim: 1" / .81 CV: 11.0
Body Material: Carbon Steel
End Connection: 316 SS Sep. flange
Flange Facing: 125-250 Ra (Std)
Trim Char.: Equal percent
Trim Type: Unbalanced
Seat Ring: 316 SS
Plug: 316 SS
Seat Retainer: 316 SS
Seat Material: Teflon (Class VI)

Pressure Class: 150#
Face To Face: Std-ANSI
Half Rings: Stainless steel
Gaskets: Teflon
Packing: TFE V-Ring (std)
Packing Style: Single
Lower Guide: G.L. Teflon
Upper Guide: G.L. Teflon

Bonnet: Standard
Bonnet Flange: Carbon steel
Clamps,gld flg: Hdware SS/CS Bolts
Body Bolting: Standard

Positioner: I/P 2000 Expl Prf

Actuator Type: Cylinder
Air Action: Open
Flow Direction: Over
Actuator Size: 25 sq in
Spring Size: Standard
Spring Action: Close (Plug to Seat)
Tubing/Fitting: 1/4" Stainless
Air Supply: 4.1 (BarG)
Signal: 4-20 ma/ Throttling

Pipe (in/out): 1"/1"
Schedule(up/dn): 40 /40

Other: Air Fltr-Nipple mt,Clean for Oxy Service,

	MAXIMUM	NORMAL	MINIMUM	
Temperature (C):	28.0	28.0	28.0	Fluid:-WATER-
Upstream (BarA):	2.50	2.50	2.50	Sp. gravity @ FlwT: 0.998
Downstream (BarA):	2.20	2.20	2.20	
Liq flw(1000 Kg/hr):	1.80	1.50	1.20	
Pressure drop:	0.300	0.300	0.300	(Max shutoff drop: 0.250)
Choke drop:	1.44	1.14	0.876	
Valve vel. (mps):	0.990	0.825	0.660	
Pipe vel. (mps):	0.900	0.750	0.600	
Valve Required Cv:	3.80	3.17	2.53	(Max CV is 11.0)
est. Percent open:	58%	53%	47%	
Total Noise (dBA):	<70	<70	<70	
Warnings:				

Quantity: 1

Prepared by:
Valtek Springville
Springville, Utah

VALTEK CONTROL VALVES
Sizing Data

Page #: 1
Version C3.00D
Fri Mar 22, 1996

Customer Name: kmitl
Tag Number: Control Valve(cooling)
Project: evaporator

Quote/Rev: by prs
Disk ID: DEFAULT
Record #: 50

Size/Trim: 1" / .81 CV: 11.0
Model: Mark One
Pressure Class: 150#
Packing: TFE V-Ring (std)
Trim Char.: Equal percent
Trim Type: Unbalanced

Pipe (in/out): 1"/1"
Schedule(up/dn): 40 /40
Seat Material: Teflon (Class VI)

Actuator Size: 25 sq in
Air Action: Open
Flow Direction: Over
Spring Action: Close (Plug to Seat)
Spring Size: Standard
Packing Style: Single
Air Supply: 4.1 (BarG)

	MAXIMUM	NORMAL	MINIMUM	
Temperature (C):	28.0	28.0	28.0	Fluid: WATER
Upstream (BarA):	2.50	2.50	2.50	Sp. gravity @ FlwT: 0.998
Downstream (BarA):	2.20	2.20	2.20	
Liq flw(1000 Kg/hr):	1.80	1.50	1.20	
Vapor press. (BarA :	0.038	0.038	0.038	
Valve FL:	0.765	0.683	0.596	
Pressure drop:	0.300	0.300	0.300	(Max shutoff drop: 0.250)
Choke drop:	1.44	1.14	0.876	
Valve vel. (mps):	0.990	0.825	0.660	
Pipe vel. (mps):	0.900	0.750	0.600	
Valve Required Cv:	3.80	3.17	2.53	(Max CV is 11.0)
est. Percent open:	58%	53%	47%	
Total Noise (dBA):	<70	<70	<70	
Warnings:				

CONTACT FACTORY FOR CERTIFIED DRAWINGS

VALTEK Quik-Size Ver. C3.00D

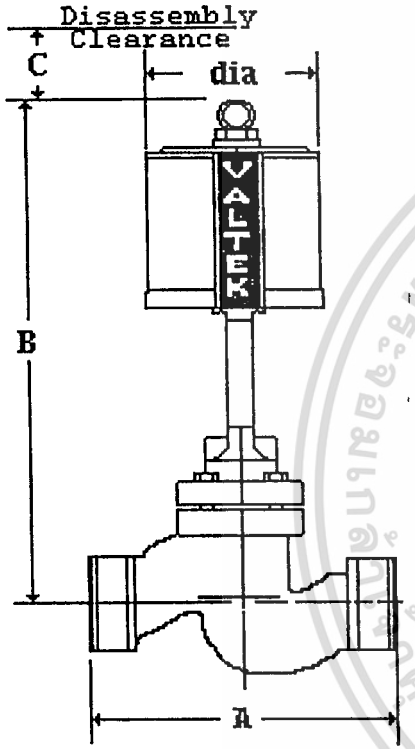


Diagram for illustrative purposes only

Tag No.: Control Valve(cooling)

Valve Style:	Mark One
Valve Size:	01.00"
Press Class:	150 lb
Face to Face:	ANSI B16.10
Actuator Size:	25in², dia=6.50"
Bonnet Type:	Standard
End Connection:	Sep Flange

Face to Face(A).....	216 mm
Height(B).....	465 mm
Disassembly Clearance	
Vertical(C).....	83 mm
Est Ship Weight.....	23 kg

FE Sizer - Shareware Version 1.11 - Flow Meter Sizing

TAG cool water | SERV tank 3 | LINE

Fluid Data

State LIQUID MASS-SG
Fluid WATER
Gf 20.60420
Pf1 250.000 kPa-g
Tf1 28.0 deg C
U 0.85075 cPoise
Fp 1.0000

Sizing Data

Wm 1800.0 kg/h
Wn 1500.0 kg/h
dPm 2500.0000 mm WC

Factors

Manometer NO
Drain/Vent NO
Wat Vap Corr NO
Sat Liq Corr NO
Quality Corr NO

Meter/Pipe Data

Meter Type ORIFICE PLATE
Meter Style:
CONCENTRIC
Tap Style:
FLANGE TAPS
Meter Mat'l 300+ SS
Nom Pipe Dia 25.4 mm
Schedule STD
Pipe I.D. 26.645 mm
Pipe Mat'l CARB STL
Calc:
CALCULATE FOR BORE
Standard:
ASME/ISO

Base Conditions

Tap Location UPSTREAM
Pb 101.32500 kPa-a
Tb 15.56 deg C
dP ref @ 20.0 deg C
Patm 101.32535 kPa-a

Calculated Results

Size Fact, SM 0.113052
Pipe Rd 23402
Disch Coef, C 0.605608
Bore Exp, Fad 1.000131
Pipe Exp, FaD 1.000088

Beta, β 0.42836
Bore 11.4134 mm
dPn 1736.1111 mm WC

β calc @ 83.33 % Max
dP Loss 1972.90 mm WC

FF-Sizer Shareware Version 1.11 - Flow Meter Sizing

TAG cool water | SERV tank 3 | LINE

Fluid Data

State LIQUID MASS-SG
Fluid WATER
Gf 20.60420
Pf1 250.000 kPa-g
Tf1 28.0 deg C
U 0.85075 cPoise
Fp 1.0000

Sizing Data

Wm 1800.0 kg/h
Wn 1500.0 kg/h
dPm 2500.0000 mm WC

Factors

Manometer NO
Drain/Vent NO
Wat Vap Corr NO
Sat Liq Corr NO
Quality Corr NO

Meter/Pipe Data

Meter Type INTEGRAL
Meter Style:
SQUARE-EDGED
Tap Style:
CORNER TAPS
Meter Mat'l 300+ SS
Nom Pipe Dia 25.4 mm
Schedule STD
Pipe I.D. 26.645 mm
Pipe Mat'l CARB STL
Calc:
CALCULATE FOR BORE
Standard:
FOXBORO IFOA

Base Conditions

Tap Location UPSTREAM
Pb 101.32500 kPa-a
Tb 15.56 deg C
dP ref @ 20.0 deg C
Patm 101.32535 kPa-a

Calculated Results

Size Fact, SM 0.113052
Pipe Rd 23402
Disch Coef, C 0.600610
Bore Exp, Fad 1.000131
Pipe Exp, FaD 1.000088

Beta, β 0.43007
Bore 11.4592 mm
dPn 1736.1111 mm WC

β calc @ 83.33 % Max
dP Loss 1969.57 mm WC

PLOT PLAN
(FIELD INSTRUMENT)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<u>ข้อกำหนดในการติดตั้งอุปกรณ์ภายใน Plant Model</u>

1. ขนาดของ Plant Model ไม่เกิน 1.5 m 2.5 m 1.5 m

2. ระยะห่างระหว่างถังแต่ละถังภายใน Plant Model

ควรมีค่าน้อยที่สุดประมาณ 0.3 m

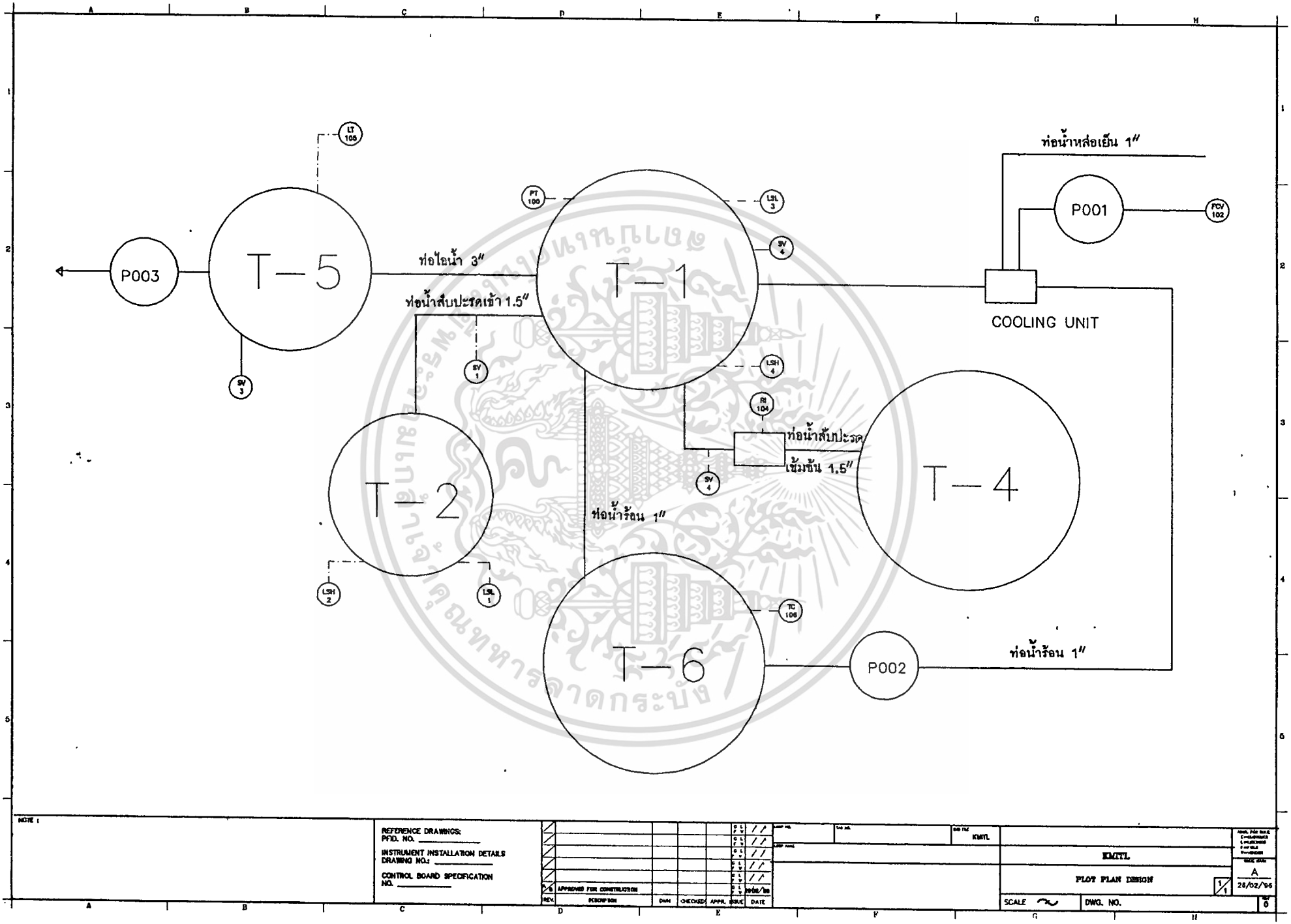
หรือมากที่สุดประมาณ 0.5 m

3. ถัง T-2 ซึ่งเป็นถังบรรจุน้ำสับปะรดที่จะป้อนสู่ถังทำระเหย T-1 จะต้องติดตั้งไว้สูงกว่าถังT-1เพราะการโหลดน้ำสับปะรดเข้าสู่ถังT-1
ต้องใช้แรงโน้มถ่วงของโลกร่วมกับการปรับความดันในถัง T-1 ให้ต่ำลง โดยการติดตั้งถัง T-2 ให้สูงกว่าถัง T-1 ประมาณ 0.15-0.30 m

4. ถัง T-4 ซึ่งเป็นถังบรรจุน้ำสับปะรดเข้มข้นที่ผ่านกระบวนการทำระเหยมาแล้ว ก็ต้องทำการติดตั้งไว้ต่ำกว่าถัง T-1 เพื่อต้องการโหลดน้ำสับปะรดออกจากถัง T-1 ตามแรงโน้มถ่วงของโลก แต่ถ้าหากใช้ Vacuum pump ดูดอากาศในถัง T-4 ให้มีความดันต่ำลง การโหลดน้ำสับปะรดออกจากถัง T-1 ก็จะง่ายขึ้น และไม่จำเป็นต้องติดตั้งถัง T-1 ไว้ต่ำกว่ามากนัก

5. ความยาวของท่อต่างๆ ในกระบวนการ

- ท่อไอน้ำ , ท่อโหลดน้ำผลไม้เข้าหรือออกจากถัง T-1 และท่อน้ำร้อนออกจากถัง T-1 ควรมีความยาวต่ำสุด 0.3 m และความยาวสูงสุดไม่เกิน 1.0 m
- ท่อน้ำร้อนเข้าสู่ถัง T-1 ความยาวต่ำสุด 0.5 m ความยาวสูงสุด 1.5 m



ท่อน้ำหล่อเย็น 1"
P001
FCV 102
COOLING UNIT
T-5
T-1
T-2
T-4
T-6
P003
P002
LT 105
PT 100
LSL 3
SV 4
SV 3
SV 1
LSH 4
RI 104
LSH 2
LSL 1
TC 106
ท่อไอน้ำ 3"
ท่อน้ำสับปะรดเข้า 1.5"
ท่อน้ำสับปะรด
เข้มข้น 1.5"
ท่อน้ำร้อน 1"
ท่อน้ำร้อน 1"
NOTE :
REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO.
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.:
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO.
APPROVED FOR CONSTRUCTION
REV.
DESCRIPTION
DWN
CHECKED
APPR.
ISSUE
DATE
KMITL
KMITL
PLOT PLAN DESIGN
SCALE
DWG. NO.
A
28/02/96
0

SPECIFICATION DATA SHEET

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Rev.	Date	Made	Checked	Approved
1	MAR.21,96			

INSTRUMENT SCHEDULE

Customer: KMITL Job No.: I-4J
Plant: EVAPORATOR Sheet: 1/1

Tag No.	Service	Operating Conditions: Fluid	Press.	Temp. (°C)	Flow (Kg/hr)	Liq. Sp.Gr.	Vapor (kg/m³)	Visc. (cP)	dP (kg/cm²)	Specifications: Instrument	Q'ty	Mfr.	Location	Signal (Kg/cm²)	Range	Size (inch)	Rating	Mat'l	Action set Point	Line Size Spec.	References and/or Remark	P&I No.
PIC-100	TANK-1	V VAPOR	25 Kpa (ABS)	65						L REMOTE SEAL D/P TRANSMITTER	1	YTH	F	I	KPa (ABS)	30	ANSI 300	SUS316				
										X POWER DISTRIBUTOR	1	YTH	R	R/V								
										IC CONTROLLER	1	YTH	P	V/I	0-50 KPa (ABS)							
										R RECORDER	1	YTH	P	V	0-100							
										CV PUMP	1		F	C		1-1/2	ANSI 300	CS				
TIC-101	TANK-1	L LIQUOR	25 Kpa (ABS)	65						T SENSOR TEMP. TRANSMITTER	1	YTH	F	I	0-100 C	1/2	ANSI 300	SUS316				
										X CONVERTER	1	YTH	R	R/V								
										IC CONTROLLER	1	YTH	P	V/I	0-100 C							
										R RECORDER	1	YTH		V	0-100 C							
FIC-102	TANK-6	L COOLING WATER	3 Bar	100						E ORIFICE PLATE	1	YTH	F	DP		1	ANSI 150	SUS316				
										T TRANSMITTER	1	YTH	F	I	0-1800 Kg/h							
										IC CONTROLLER	1	YTH	P	V/I	0-1800 Kg/h							
										R RECORDER	1	YTH	P	V	0-1800 Kg/h							
										Q COUNTER	1	HOKUYO	P	P	6 DIGITS							
										CV CONTROL VALVE	1	VALTEK	F	I		4	ANSI 150	CS				

CONTROL VALVES SPECIFICATION SHEET

(_____) (1 / 2)

CLIENT : KMITL
PROJECT
TITLE : EVAPORATOR
JOB NO. : I-4J
DOC NO. : (/)

REV :	1	2	3	4	
BY				MADE	
CHKD				CHKD	
APVD				APVD	
DATE				DATE	

1. AIR

	Min	Norm	Max
Supply Press		4 Bar	

Connection

2. ENCLOSURE
☐ Explosionproof, Class
■ Weatherproof

3. ELECTRICAL CONN.
■ 1/2" NPT
☐ With Flameproof Packing Type Sealing Terminater (Cable O.D.)
☐

4. COLOR
Standard Use

	F.C.	F.O.
Diaphragm Case		
Yoke		
Valve Body		

Emergency Use
(Noted as in Secondary Sheet)

	F.C.	F.O.
Diaphragm Case		
Yoke		
Valve Body		

5. MAX ALLOWABLE SOUND LEVEL 65 dBA

6. I/P POSITIONER
Supply ■ Included ☐ By Purchaser
Assembly ■ Included ☐
M.F.R. & Model No.

7. P/P POSITIONER
Supply ☐ Included ☐ By Purchaser
Assembly ☐ Included ☐
M.F.R. & Model No.

8. SOLENOID VALVE
Supply ☐ Included ☐ By Purchaser
Assembly ☐ Included ☐
M.F.R. & Model No.

9. LIMIT SWITCH
Supply ☐ Included ☐ By Purchaser
Assembly ☐ Included ☐
M.F.R. & Model No.

10. AIR SET
Supply ■ Included ☐ By Purchaser
Assembly ■ Included ☐
M.F.R. & Model No.

11. AIR TUBING

12. NAME PLATE
■ M.F.R. STD.
☐

13. BODY RATING
Conform to End Connection Rating

14. LIFTING BOLT
☐

15. NOTES Tag No. MAKED ON SS. Name Plate

CODE TABLE (Use your own code if necessary)

31. Body / Bonnet Type

A. Body Type
GST = Globe, Single- Seated Top Guide
GSTB = Globe, Single- Seated Top & Bottom Guide
GD = Globe, Double-Seated
CA = Dage
AN = Angle
BT = Butterfly
ER = Essentric Rotating Plug
BA = (Characterized) Ball
GT = Gate
3D = Three Way Diversion
3M = Three Way Mixing
DI = Diaphragm

B. Bonnet Type
SD = Standard
PE = Plain Extension
FE = Finned Extension
BS = Bellows Seal
DP = Double Packing

38. Plug Form & Characteristic

A. Plug Form
P=P-Port
V=V-Port
D=Disk
PS=Pin or Spline

b. Characteristic
EQ=Equal Percentage
L=Linear
Q=Quick Opening

39. Packing Material
T=Teflon
TA=Teflon-Asbestos
GA=Graphite-Asbestos
DU=Durametallic

42. Actuator Type
D=Diaphragm
CR=Cylinder, Spring Return
CL=Cylinder, Springless
EH=Electro-Hydraulic
M=Motor

45. Positioner
IPP=I/P Positioner
PP=P/P Positioner

47. Options & Accessories
SJ=Steam Jacket
SH=Side Handwheel
TH=Top Handwheel
AS=Air Set
SV=Solenoid Valve
LM=Limit Switch
TS=Travel Stop
SC=Speed Control
LB=Lubricator

MANUFACTURER

ISA FORM S20.50A

(CONTINUED) JOB NO. : I-4J (2/2)

CONTROL VALVES SPECIFICATION SHEET

DOC. NO. : (/)

( )

MADE BY :

16.	Revisions		1						
17.	Item No.								
18.	Quantity		1						
19.	Tag No.		FCV-102						
20.	Service		COOL WATER						
21.									
22.									
23.	Selected Cv		11						
24.	Input Signal (Close/Open)		4 /20	/		/		/	
25.	Max. Shutoff Pressure		2.5						
26.	Max. Throttling Diff. Pressure		0.3						
27.	Fail Position		Close , Open	Close, Open		Close, Open		Close, Open	
28.	Flow Tend to		Close, Open	Close, Open		Close, Open		Close, Open	
29.	Max. Sound Level (dBA)		70						
30.									
31.	Body / Bonnet Type (Code)		GST / SD	/		/		/	
32.	Body Size X Port Size		1X1	X		X		X	
33.	Connection Size / Rating		" JIS10KRF	/		/		/	
34.	Body Material		CS						
35.	Trim Material	Plug	316SS						
36.	Trim Material	Seat	316SS						
37.	Trim Material	Shaft / Guide	316SS	/		/		/	
38.	Plug Form / Characteristic (Code)		/ EQ	/		/		/	
39.	Packing Material (Code)		T						
40.	Tight Shutoff Requireed		CLASS IV						
41.									
42.	Actuator Type (Code)		CR						
43.									
44.									
45.	Positioner (Code)		IPP						
46.									
47.	Option & Accessories (Code)		AS						
48.									
49.									
50.	Notes								
51.									

52.	SIZING & NOISE CALCULATION DATA								
53.	Line Size / Class / Schedule		1"/ 304/ 10S	/	/	/	/	/	/
54.									
55.	Fluid Name / State		COOL WA		/		/		/
56.		Unit							
57.	Inlet Pressure	P1 Bar	2.5						
58.	Pressure Drop	ΔP	0.3						
59.	Outlet Pressure	P2	2.8						
60.	Flow Rate	Q,QN,W Kg/h	1200						
61.	Flash %	fl							
62.	Density	p Kg/m3	1000						
63.	Density	pf							
64.	Density	MW,pn,pg							
65.	Flowing Temperature	tf	28						
66.	Super Heat Temperature	tSH	as water						
67.	Viscosity	v	as water						
68.	Critical Pressure	Pc	as water						
69.	Vapor Pressure	Pv	as water						
70.	Specific Heat Ratio	K	as water						
71.	Compressibility Factor	Z	as water						
72.	Calculated	Cv	11						
73.	Required	Cv							
74.									

ISA FORM S20.50B

LEVEL SWITCH SPECIFICATION SHEET

(1 / 1)

CLIENT : KMITL
PROJECT TITLE : EVAPORATOR
JOB NO. : I-4J
DOC NO. : (/)

REV	1	2	3	4	
BY				MADE	
CHKD				CHKD	
APVD				APVD	
DATE				DATE	

1. Type
   - ☐ Capacitance Electrode
   - ☐ Conductivity Electrode
   - ■ Vibrating

2. Enclosure
   - ☐ Exp. Proof. Class
   - ■ Weather Proof
   - ☐

3. Power Supply 24 DC V± V Hz

4. Elect. Connection
   - Size ■ MFR.
   - With ☐ Flameproof Packing Type Sealing Terminator (Cable O D.)
   - ☐

5. Mounting
   - Detector MFR.
   - Amplifier MFR.

6. Output ■ Electrical on-off
   - ☐

7. Accuracy ■ M.F.R. STD.

8. Color
   - Detector ■ M.F.R. STD.
   - Amplifier ■ M.F.R. STD.

9. Switch
   - Type ☐ Snap ☐ Mercury ■ MFR.
   - Switch Form SPST Rating 250 Vac ,5 A.
   - Action (Code)
     - HO,LO=Open at Higher or Lower Level
     - HC,LC,=Close at Higher or Lower Level
     - FO=Open at Power Failure
     - FC=Close at Power Failure

10. Accessories
    - ☐ Special Cable m.
    - ■ MFR.

11. Name Plate

Rev. No.	Item No.	Q'ty	Tag No.	Service	Solid	Operation Pressure (Kg/cm²)	Operation Temp. (° C)	Process Conn. (Inch)	Sensing Element & Measuring Range (m.m.)	Switch Action	Model No.	Note No.
1	1	1	LSL-1	I'-2	Juice	ATM.	25 - 40	Tread NPT 1 1/2	SUS 316,50	LC		
1	2	1	LSH-2	I'-2	Juice	ATM	25-40	Tread NPT 1 1/2	SUS316,220	HC		
1	3	1	LSL-3	I'-1	Juice	ABS	65	Tread NPT 1 1/2	SUS316,50	LC		
1	4	1	LSH-4	I'-1	Juice	ABS	65	Tread NPT 1 1/2	SUS316,377	HC		

Notes :

MANUFACTURER

ISA FORM S20.27

ORIFICE PLATES SPECIFICATION SHEET

(1 / 1)

CLIENT : KMKITL
PROJECT
TITLE : EVAPORATOR
JOB NO. : I-4J
DOC NO. :

REV	1	2	3	4	
BY					MADE
CHKD					CHKD
APVD					APVD
DATE					DATE

1. TYPE (CODE): SE.
   SE = Sharp Edged Orifice Plate
   QE = Quadrant Edged Orifice Plate
   SE-RJ = S.E.O.P. with Ring Joint Gasket
   QE-RJ = Q.E.O.P. with Ring Joint Gasket

2. Code & Standard
   ☐ CSS M 5101 E
   ☐ ISA RP3.2
   ■ JIS Z 8762-1969 (ISO R541-1967)

3. Vent or Drain Hole Location (Code):
   T = Vent (Top) B = Drain (Bottom)

4. Ring Joint Gasket
   Type ■ Octagonal ☐ Oval
   Fastening ☐ Screw : Material Shall be Same to Plate Material
   ■ SUS 304

5. Reference DWG.

REFER THE PROCESS DATA IN ORDER TO CALCULATE ORIFICE SIZING

6. Model No.

Rev No.	Item No	Qty	Tag No.	Norm. Size & Rating	Type	Dimensions mm O.Dia (A) or Class	L Dia. (D2)	Quad. r. (R)	Plate t. (B)	Edge t. (C)	Materials Orifice Plate	R.J. Gasket	Vent or Drain Location	Dim "D"	Notes No
0	1	1	FE - 103	1" JIS10K	SE	*	*	*	*	*	SUS 316				

Notes :

* STATE BY VENDOR

MANUFACTURER

ISA FORM S20.21A

PRESSURE INST. (FILLED SYSTEM) SPECIFICATION SHEET

( ) (1/1)

CLIENT: KMITL
PROJECT
TITLE : EVAPORATOR
JOB NO : I-4J
DOC N :

REV	1	2	3	4	
BY					MADE
CHKD					CHKD
APVD					APVD
DATE					DATE

GENERAL	1 Function (code)	T=Trans., I = Indicator, C = Control, R = Record, B = Blind, S = Switch I
	2 Case Color	■ MFR STD ☐
	3 Mounting	☐ Yoke ☐ Flush ■ Surface
	4 Enclosure Class	■ Weather Proof ☐ Exp. Proof, Class ☐ For Use in Intrinsically Safe System
	5 Power Supply	V± V Hz
	6 Electric Connection	Size With ☐ Flame Proof Packing Type Sealing Terminator (Cable O.D.) ☐
	7 Air	Supply Pressure Connection
	8 Chart	☐ Circ. ☐ , Drive : ☐ 24 hr ☐ ☐ Elec. ☐ Spring ☐ For Chart Ranges, See Notes
XMTR	9 Transmitter Output	☐ 0.2-1.0 kg/cm2g ☐ ☐ 4 - 20 mA ☐
CONTROLLER	10 Control Modes (Code)	P = Prop. (Gain), I = Integral (Auto Reset), D = Derivative (Rate) Sub.: s = Slow, f = Fast
	11 Action (code)	D = Direct (Output Increases on Meas. Increase) R = Reverse (Output Decreases on Meas. Increase)
	12 Auto-Man. Switch	☐ None ☐ With ☐
	13 Manual Reg.	☐ None ☐ With ☐
	14 Setting	☐ Manual ☐ Remote ☐
	15 Output	☐ 0.2-1.0 kg/cm2g ☐
ELEMENT	16 Fill	☐ Liquid ☐ Vapor ■ Gas
	17 Compensation	■ Fully Compensated ☐ Case Compensated
	18 Range	☐ Fixed ■ Adjustable
	19 Bulb	Type: ☐ Plain Bendable with Adjustable Union, Union Size ☐ Mt'l : ☐ MFR STD ☐ , Extension ☐ MFR STD ☐ See Notes For Location, See Notes
	20 Capillary With Armor	☐ Stainless Steel (With Plastic Cover), Lenght ☐
	21 Well	☐ Drilled ☐ ☐ MFR STD for Details ☐ Refer to Attached DWG for Deta O.D. I.D.
	22 Alarm	HO,LO = Open at High or Low Alarm Condition HC,LC = Close at High or Low Alarm Condition
	23 Switches	Form Rating
ACCURAC'	24 Indicating	■ MFR STD ■ 0-50 KPa (ABS)
	25 Transmitter	☐ MFR STD ☐
	26 Control	☐ MFR STD ☐
	27 Options (Code) See Notes	AP = Air Purge Connection, OP = Overrange Protection UP = Underrange Protection
	28 Accessories	☐ MFR STD Accessories ☐ Filter-Reg. ☐ Supply Gage ☐ Output Gage ☐ Charts Month Supply ☐ Name Plate

Notes

MANUFACTURER

ISA FORM S20.11A

PRESSURE, DIFF. PRESSURE INSTRUMENTS SPECIFICATION SHEET

(1 / 2)

CLIENT : KMITL
PROJECT TITLE : EVAPORATOR
JOB NO. : I-4J
DOC NO. : (/)

REV	1	2	3	4	
BY					MADE
CHKD					CHKD
APVD					APVD
DATE					DATE

GENERAL	1. Type (Code)	CP=Diff. Pressure Inst., P=Pressure Inst.
	2. Function (Code)	T=Trans., I=Indicate, C=Control, R=Record, B=Blind, Q=Integrate
	3. Case Color	■ MFR. STD. ☐
	4. Mounting	☐ Yoke ☐ Flush ☐ Surface ■ Pipe 2"
	5. Enclosure Class	☐ Exp. Proof. Class ☐ Weather Proof ☐ For Use in Intrinsically Safe System ■ Water Proof JIS C0920
	6. Power Supply	24 V± V Hz
	7. Electric Connection	Size 1/2" NPT With ☐ Flame Proof Packing Type Sealing Terminator (Cable O.D.) ☐
	8. Air	Supply Pressure Connection
	9. Input (Code)	D=Direct Process Fluid, Connection P=Pneumatic ☐ 0.2-1.0 kg/cm2g ☐ DS=Diaphragm Seal, For Details See Notes
	10. Chart	☐ Circ. ☐ , Drive: ☐ 24 hr ☐ ☐ Elec. ☐ Spring ☐
	11. Scale (Code)	For Chart Ranges, See Notes UN=Uniform, SQ=Square Root
UNIT	12. Element Type (Code)	D=Diaphragm, B=Bourdon, BL=Bellows, H=Helix
	13. Range	■ Adjustable ☐ Fixed
	14. Diff. Inst. Body	Rating JIS10K
XMTR	15. Ttransmitter Output	■ 4-20 mA ☐ , ☐ 0.2-1.0 kg/cm2g ☐
CONTROLLER	16. Control Modes (Code)	P=Prop. (Gain), I=Integral (Auto Reset), D=Derivative (Rate) Sub: s=Slow, f=Fast
	17. Action (Code)	D=Direct (Output Increases on Meas. Increase) R=Reverse (Output Decreases on Meas. Increase)
	18. Auto-Man Switch	☐ None ☐ With ☐
	19. Manual Reg.	☐ None ☐ With ☐
	20. Set Point Adj.	☐ Manual ☐ Remote ☐
	21. Output	☐ 0.2-1.0 kg/cm2g ☐
ALARMS	22. Alarms (Code)	HO,LO=Open at High or Low Alarm Condition HC,LC=Close at High or Low Alarm Condition
	23. Switches	Form , Rating
	24. Indicating	☐ MFR. STD. ☐
ACCURACY	25. Transmitting	☐ MFR. STD. ■ ± 0.20%
	26. Control	☐ MFR. STD. ☐
OPTIONS	27. Options (Code) See Notes	AP=Air Purge Connection, IN=Integral Orifice, SJ=Steam Jacket BS=Bolts & Nuts Stainless, OP=Overrange Protection, JB=Junction Box UP=Underrange Protection
ACCESSORIES	28. Accessories	■ MFR. STD. Accessories ☐ Filter-Reg. ☐ Supply Gage ☐ Output Gage ☐ Chart Month Supply ☐ Valve Manifold ■ Name Plate

Notes :

MANUFACTURER

ISA FORM S20.20A

(CONTINUED) JOB NO. : I-4J (2/2)

PRESS., DIFF. PRESS. INST. SPECIFICATION SHEET DOC. NO. : (/)

( ) MADE BY :

Rev. No.	Item No.	Q'ty	Tag No.	Type	Func./ Alarms	Input	Element	Range	Supp./ Elev.	Scale		Material		Cont.		Model No.	Note No.
										Range	Type	Body	Elem.	Mode	Act.		
0	1	1	FT-102	DP	T	D	D	0~2500 mmH2O	-	0-1800 Kg/h	SQ	SUS 316	SUS 316L	-	-		1.
0	2	1	LT-105	DP	T	D	D	0~350 mmH2O	-	0-100 %	UN	SUS 316	SUS 316L	-	-		1.
0	3	1	PT-100	P	T	D	D	0-100 KPa	-	0-50 KPa	UN	SUS 316	SUS 316	-	-		1

Notes :

1. SUPPLY WITH CONDENSING POT 2. SUPPLY WITH AIR PURGE SET 3.SUPPLY BY VOLCANO

MANUFACTURER

ISA FORM S20.208

TEMPERATURE INST. (FILLED SYSTEM) SPECIFICATION SHEET

( ) (1 / 1)

CLIENT : KMITL
PROJECT
TITLE : EVAPORATER
JOB NO : I-4J
DOC NO :

REV	1	2	3	4	
BY					MADE
CHKD					CHKD
APVD					APVD
DATE					DATE

GENERAL	1	Function (code)	T=Trans., I = Indicator, C = Control, R = Record, B = Blind, S = Switch S
	2	Case Color	■ MFR STD ☐
	3	Mounting	☐ Yoke ■ Flush ☐ Surface
	4	Enclosure Class	■ Weather Proof ☐ Exp. Proof, Class ☐ For Use in Intrinsically Safe System
	5	Power Supply	V± V Hz
	6	Electric Connection	Size With ☐ Flame Proof Packing Type Sealing Terminator (Cable O.D.) ☐
	7	Air	Supply Pressure Connection
	8	Chart	☐ Circ. ☐ , Drive : ☐ 24 hr ☐ ☐ Elec. ☐ Spring ☐ For Chart Ranges. See Notes
XMTR	9	Transmitter Output	0.2-1.0 kg/cm2g 4 - 20 mA
CONTROLLER	10	Control Modes (Code)	P = Prop. (Gain), I = Integral (Auto Reset), D = Derivative (Rate) Sub.: s = Slow, f = Fast
	11	Action (code)	D = Direct (Output Increases on Meas. Increase) R = Reverse (Output Decreases on Meas. Increase)
	12	Auto-Man. Switch	☐ None ☐ With ☐
	13	Manual Reg.	☐ None ☐ With ☐
	14	Setting	☐ Manual ☐ Remote ☐
	15	Output	☐ 0.2-1.0 kg/cm2g ☐
ELEMENT	16	Fill	☐ Liquid ☐ Vapor ■ Gas ☐
	17	Compensation	■ Fully Compensated ☐ Case Compensated
	18	Range	☐ Fixed ■ Adjustable
	19	Bulb	Type: ☐ Plain Bendable with Adjustable Union, Union Size ☐ Mt'l : ☐ MFR STD ☐ , Extension ■ MFR STD ☐ See Notes For Location, See Notes
	20	Capillary With Armor	■ Stainless Steel (With Plastic Cover), Lenght ☐
	21	Well	☐ Drilled ☐ ■ MFR STD for Details ☐ Refer to Attached DWG for Deta O.D. I.D.
	22	Alarm	HO.LO = Open at High or Low Alarm Condition HC.LC = Close at High or Low Alarm Condition
	23	Switches	Form HO Rating 250V/5A
ACCURACY	24	Indicating	☐ MFR STD ☐
	25	Transmitter	☐ MFR STD ☐
	26	Control	☐ MFR STD ☐
	27	Options (Code) See Notes	AP = Air Purge Connection, OP = Overrange Protection UP = Underrange Protection
	28	Accessories	☐ MFR STD Accessories ☐ Filter-Reg. ☐ Supply Gage ☐ Output Gage ☐ Charts Month Supply ■ Name Plate

Notes

MANUFACTURER

ISA FORM S20.11A

THERMO ELEMENTS & WELLS SPECIFICATION SHEET

(1 / 2)

CLIENT : KMITL
PROJECT
TITLE : EVAPORATOR
JOB NO. : I-4J
DOC NO. : (/)

REV	0		
BY			
CHKD			
APVD			
DATE			

ASSEMBLY

1. Supply (Code) A=Complete Assembly
   B=Element & Head
   C=Element Only
   D=Well Only
   E= _____
2. Nipple Mat'l ☐ 304 SS ■ 316 SS
   Size ■ 1/2" SCH80 ☐ _____
3. Union ☐ None
   ■ With
   Mat'l ☐ Malleable Iron
   ■ 316 SS
4. Length "N" MFR. _____ mm.

ELEMENT

5. General ☐ Thermocouple _____
   ■ RTD. Pt100 Ohms at 0 C
   3 Wires
6. Standard & Class
   ■ JIS C1602/C1604 CLASS 0.15
   ☐ _____
7. Type ■ Bare Wire # mm.
   ■ Sheathed, Sheath Mat'l 316 SS
   O.D. Sheath 15 mm.
   Wire # mm.
   ■ Enclosed ☐ Exposed
8. Insulation ■ Beaded Insulators
   ☐ _____
9. Thermocouple Junction
   ☐ Grounded ☐ Ungrounded

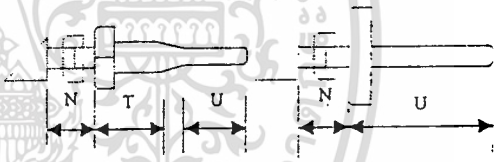
HEAD

10. Enclosure ☐ Explosion Proof, Class _____
    ■ Weather Proof
    ☐ _____
11. Material ☐ Cast Iron ■ Al. Alloy ☐ ____
12. Cover ■ Screw-Cap & Chain
    ☐ _____

13. Connection
    Conduit Side ☐ JIS PF 1/2 ■ 1/2 NPT ☐ _____
    Element Side ☐ JIS PF 1/2 ■ 1/2 NPT ☐ _____
14. Chain (&Plug) Material
    ■ 304 SS ☐ _____

WELL

15. Supply ■ Included ☐ None
16. Construction
    ☐ Tapered ■ Straight
    ■ Drilled ☐ Build-Up
    ☐ Closed End Tube
17. Dimension
    ■ MFR. STD. O.D. 22 mm. I.D. 16 mm.
    ☐ Refer to Attached DWG.
    DWG.NO. _____



Unit: mm.

OTHERS

17. Options ☐ Spring Loaded (for Sheathed Type)
    ☐ Hermetical Sealed
    ■ Grounded Terminal ■ Internal
    ☐ External
    ☐ Dual Conduit Conn. (for Dual Element)
    ☐ _____
18. Accessories ☐ Packing Type Sealing Adaptor
    ☐ Flame Proof ☐ Weather Proof
    Cable O.D. _____
19. Name Plate TAG No. _____
20. Model No. _____

Notes :

MANUFACTURER

(2/2)

JOB NO. : I-4J

THERMO ELEMENTS & THERMOWELLS DOC NO. : (/)

SPECIFICATION SHEET (CONTINUED) MADE BY. :

Rev. No.	Item No.	Qty	Tag No.	Service	Fluid	Op. Temp. (Deg.C)	Line Size & Class	Supply	Well connection	Well Mat'l	Well Dim L	Well Dim U	Note No.
1	1	1	TE-101	TANK-01	JUICE	65	1000	A	JIS10K25ARF	SUS 304	500	450	

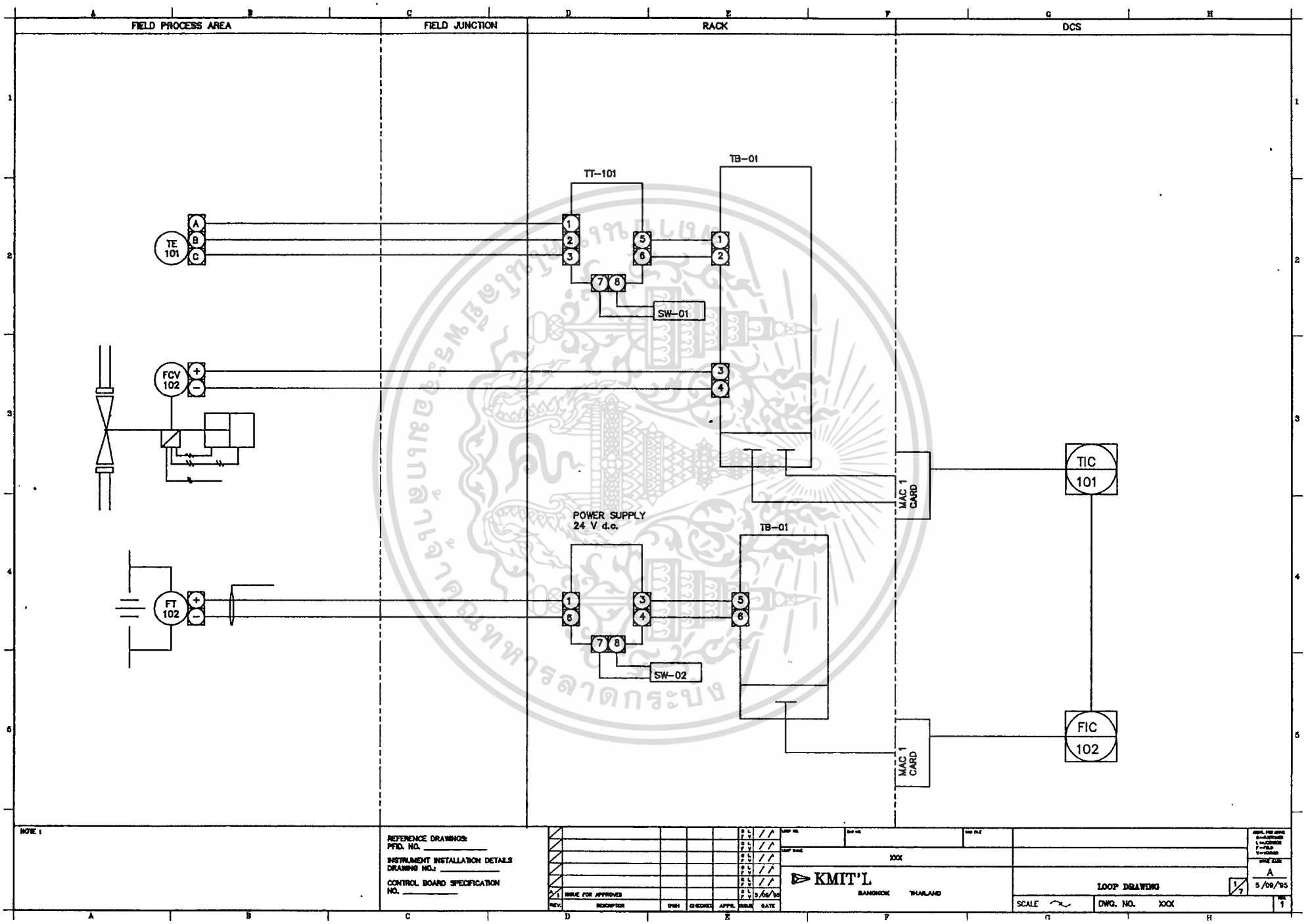
Notes

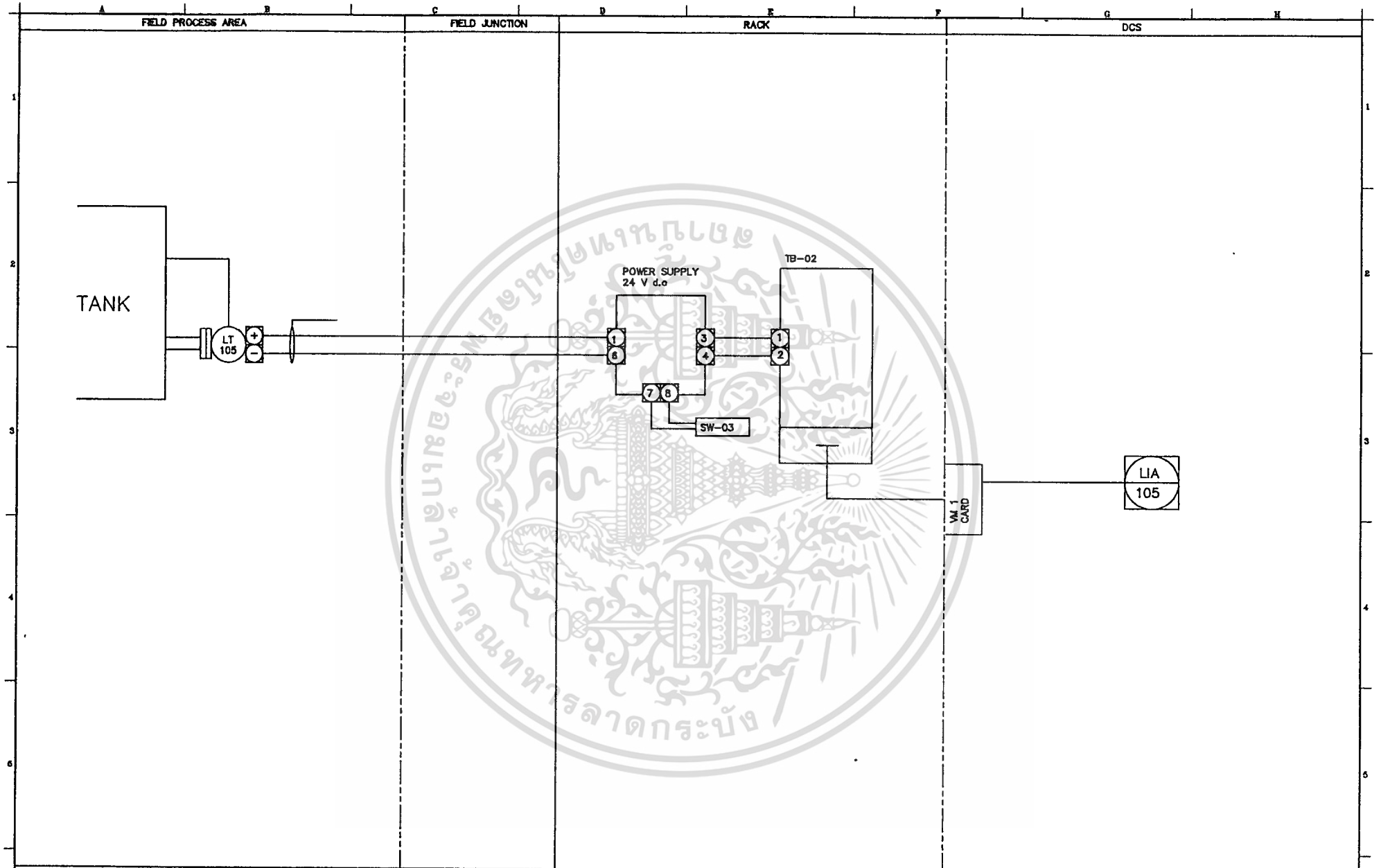
ISA FORM S20.11B

WIRING DIAGRAM

ของระบบ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


FIELD PROCESS AREA
FIELD JUNCTION
RACK
DCS
TT-101
TB-01
TE 101
A
B
C
1
2
3
5
6
7
8
SW-01
FCV 102
+
-
3
4
MAC 1 CARD
TIC 101
POWER SUPPLY 24 V d.c.
TB-01
FT 102
SW-02
FIC 102
NOTE :
REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO.
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.:
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO.
A/1 ISSUE FOR APPROVED
REV. DESCRIPTION DWN CHECKED APPR. ISSUE DATE
5/09/95
XXX
KMIT'L
BANGKOK THAILAND
LOOP DRAWING
1/7
A
5/09/95
SCALE
DWG. NO. XXX
1



NOTE :

REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO. _____
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.: _____
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO. _____

REV.	DESCRIPTION	DWN	CHECKED	APPR.	ISSUE	DATE
A/1	ISSUE FOR APPROVED					5/09/95

XXX

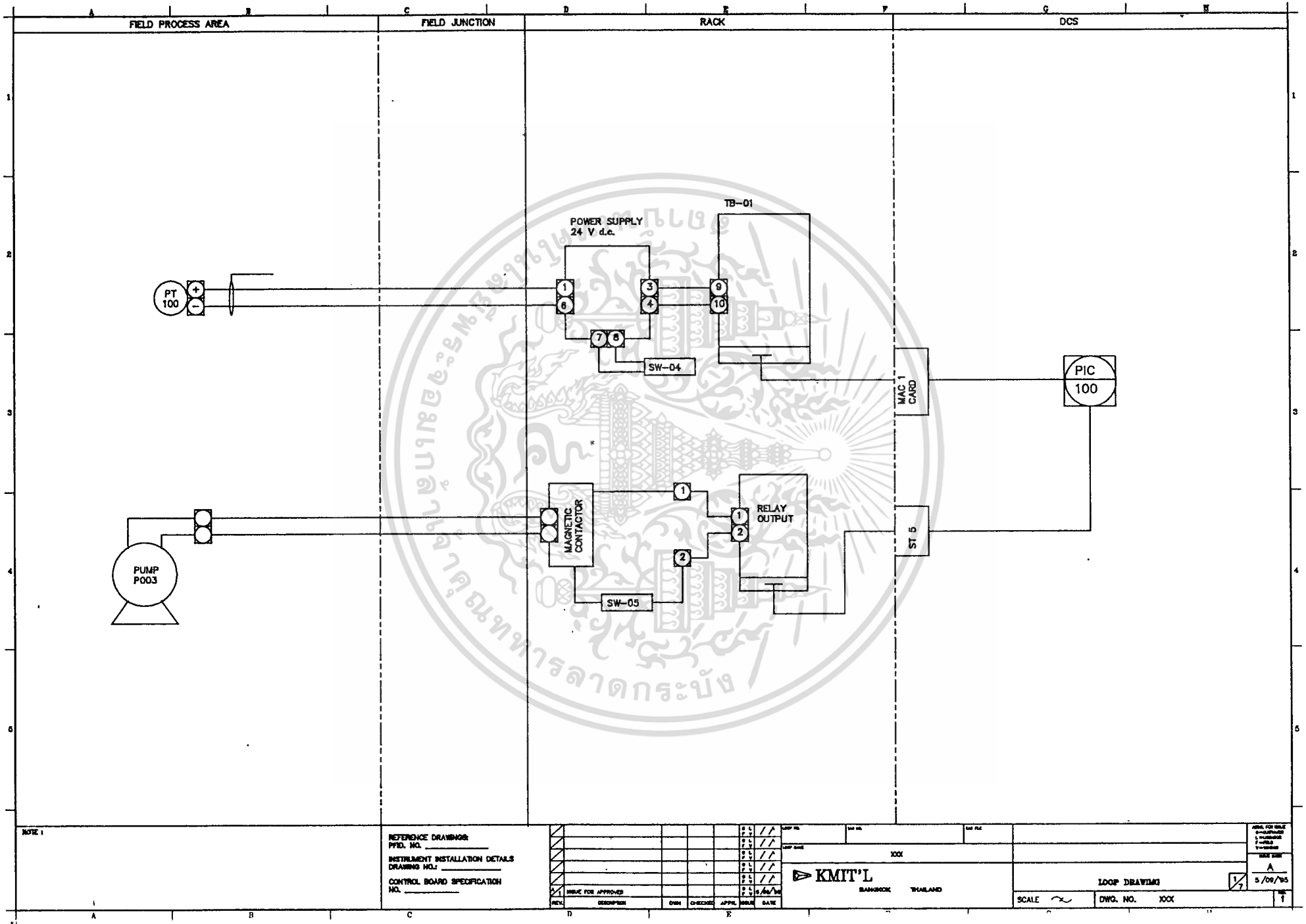
KMIT'L
BANGKOK THAILAND

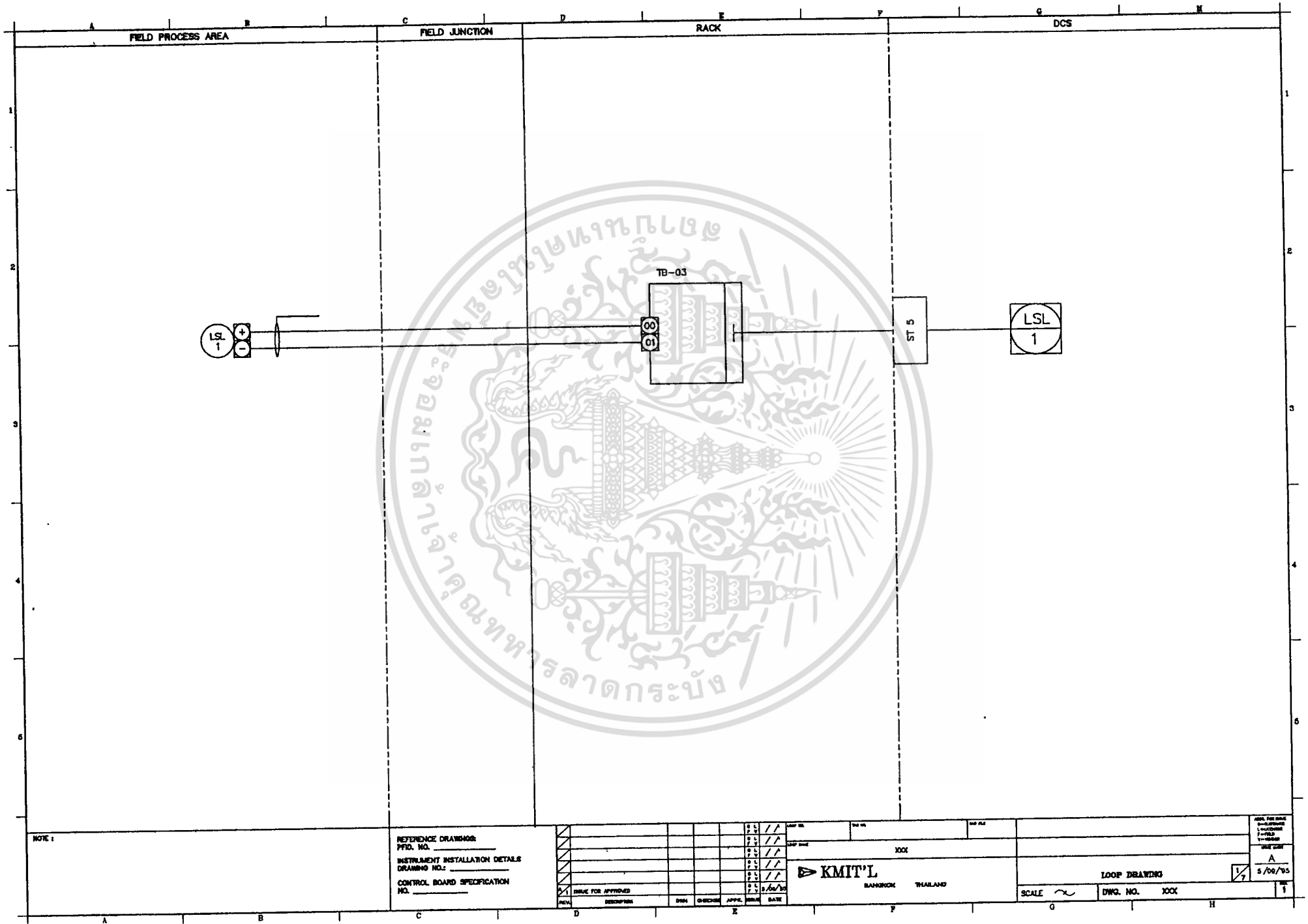
LOOP DRAWING

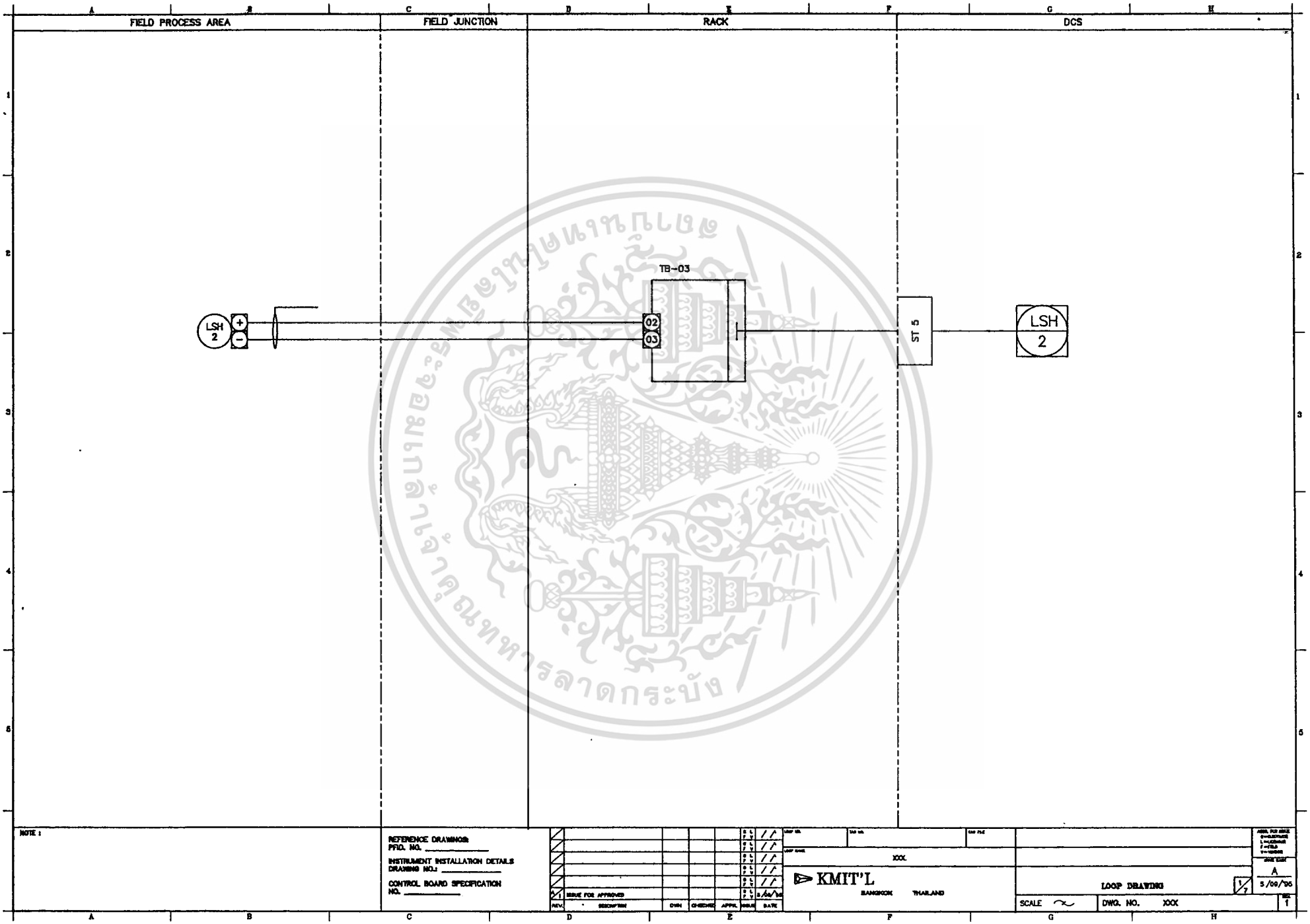
SCALE

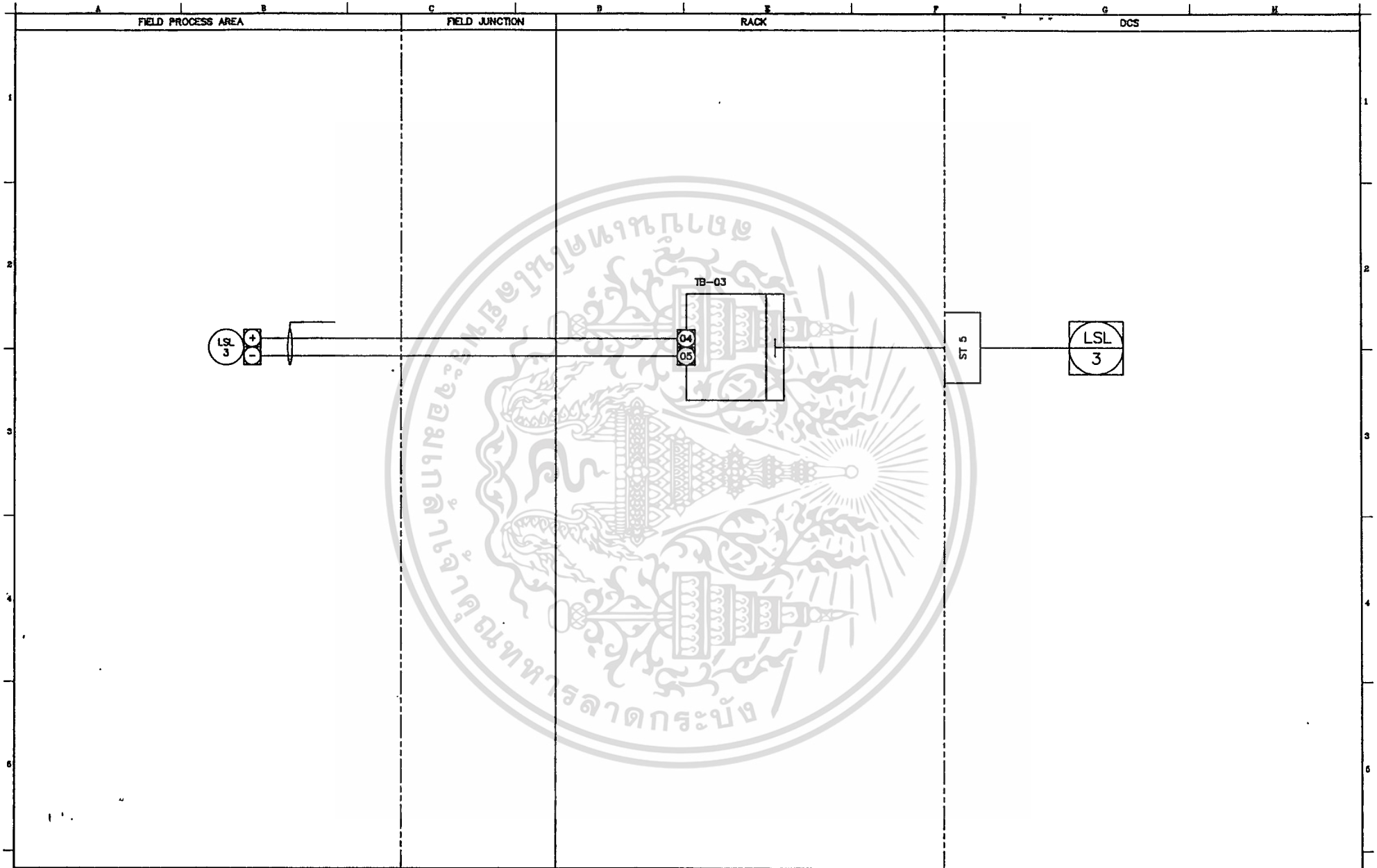
DWG. NO. XXX

A
5/09/95
1


FIELD PROCESS AREA
FIELD JUNCTION
RACK
DCS
TB-01
POWER SUPPLY
24 V d.c.
PT
100
SW-04
MAC 1
CARD
PIC
100
MAGNETIC
CONTACTOR
RELAY
OUTPUT
ST 5
PUMP
P003
SW-05
NOTE :
REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO.
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.:
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO.
ISSUE FOR APPROVED
REV.
DESCRIPTION
DWN
CHECKED
APPR.
ISSUE
DATE
XXX
KMIT'L
BANGKOK THAILAND
LOOP DRAWING
SCALE
DWG. NO. XXX
A
5/09/95


FIELD PROCESS AREA
FIELD JUNCTION
RACK
DCS
TB-03
LSL 1
+
-
00
01
ST 5
LSL 1
NOTE :
REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO.
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.:
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO.
ISSUE FOR APPROVED
REV.
DESCRIPTION
DWN
CHECKED
APPR.
ISSUE
DATE
5/09/95
XXX
KMIT'L
BANGKOK THAILAND
LOOP DRAWING
SCALE
DWG. NO. XXX
A
5/09/95
1/7
1


FIELD PROCESS AREA
FIELD JUNCTION
RACK
DCS
TB-03
LSH 2
02
03
ST 5
LSH 2
NOTE :
REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO.
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.:
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO.
ISSUE FOR APPROVED
REV.
DESCRIPTION
DWN
CHECKED
APPR.
ISSUE
DATE
XXX
KMIT'L
BANGKOK THAILAND
LOOP DRAWING
SCALE
DWG. NO. XXX
A
5/09/95
1



NOTE :

REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO. _____
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.: _____
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO. _____

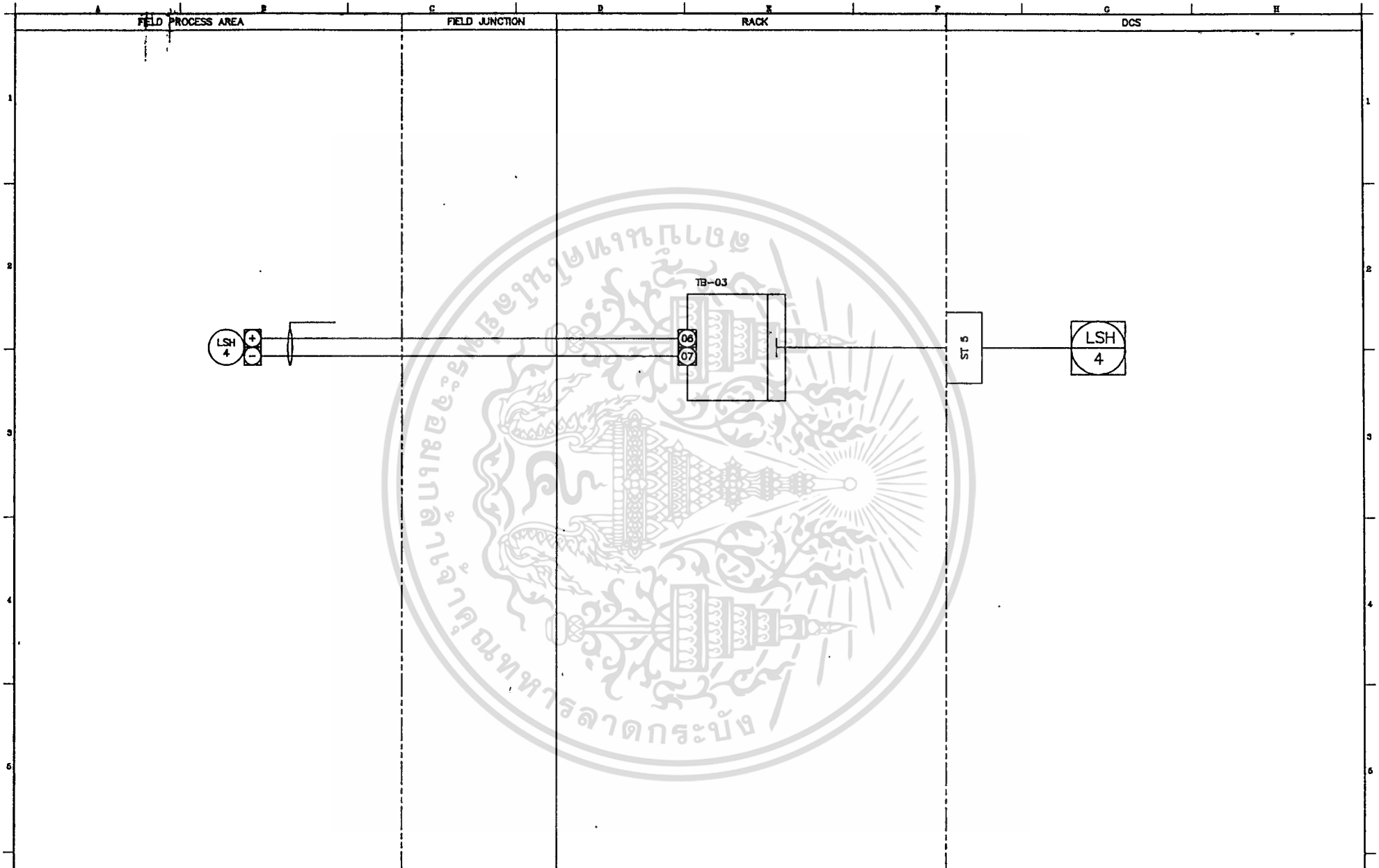
REV.	DESCRIPTION	DWN	CHECKED	APPR.	ISSUE	DATE
A/1	ISSUE FOR APPROVED					5/09/95

XXX

KMIT'L
BANGKOK THAILAND

LOOP DRAWING

SCALE ~ | DWG. NO. XXX | 1/7 | A | 5/09/95 | 1



NOTE :

REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO. _____
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.: _____
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO. _____

REV.	DESCRIPTION	DWN	CHECKED	APPR.	ISSUE	DATE
A/1	ISSUE FOR APPROVED					5/06/95

LOOP NO. | DWG NO. | DWG FILE

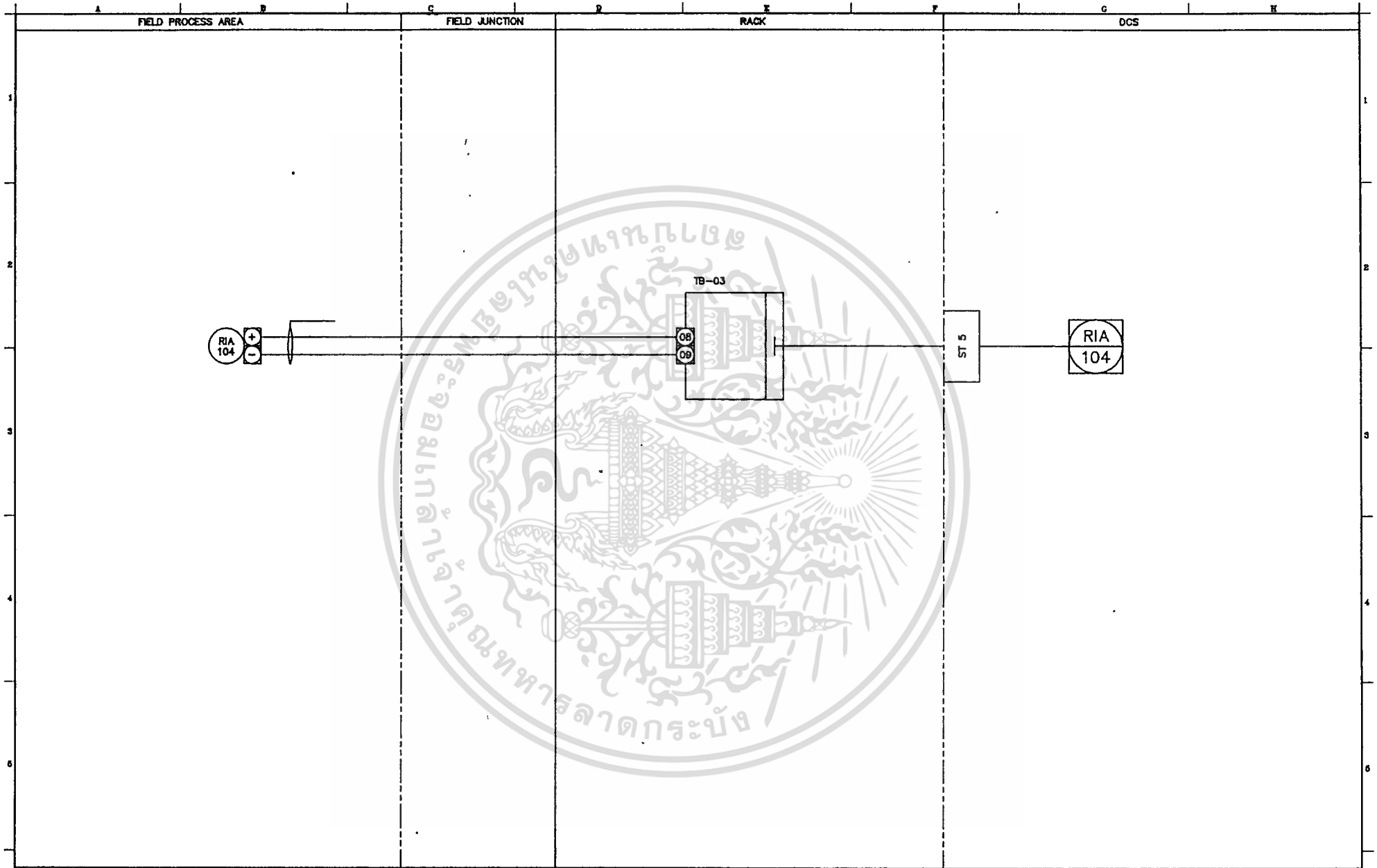
LOOP NAME: XXX

KMIT'L
BANGKOK THAILAND

LOOP DRAWING

SCALE ~ | DWG. NO. XXX | 1/7 | A | 5/06/95 | NO. 1

สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น
ห้องสมุดเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



NOTE :

REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO. _____
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS DRAWING NO.: _____
CONTROL BOARD SPECIFICATION NO. _____

REV.	DESCRIPTION	DWN	CHECKED	APPR.	ISSUE	DATE
1	ISSUE FOR APPROVED					5/08/95

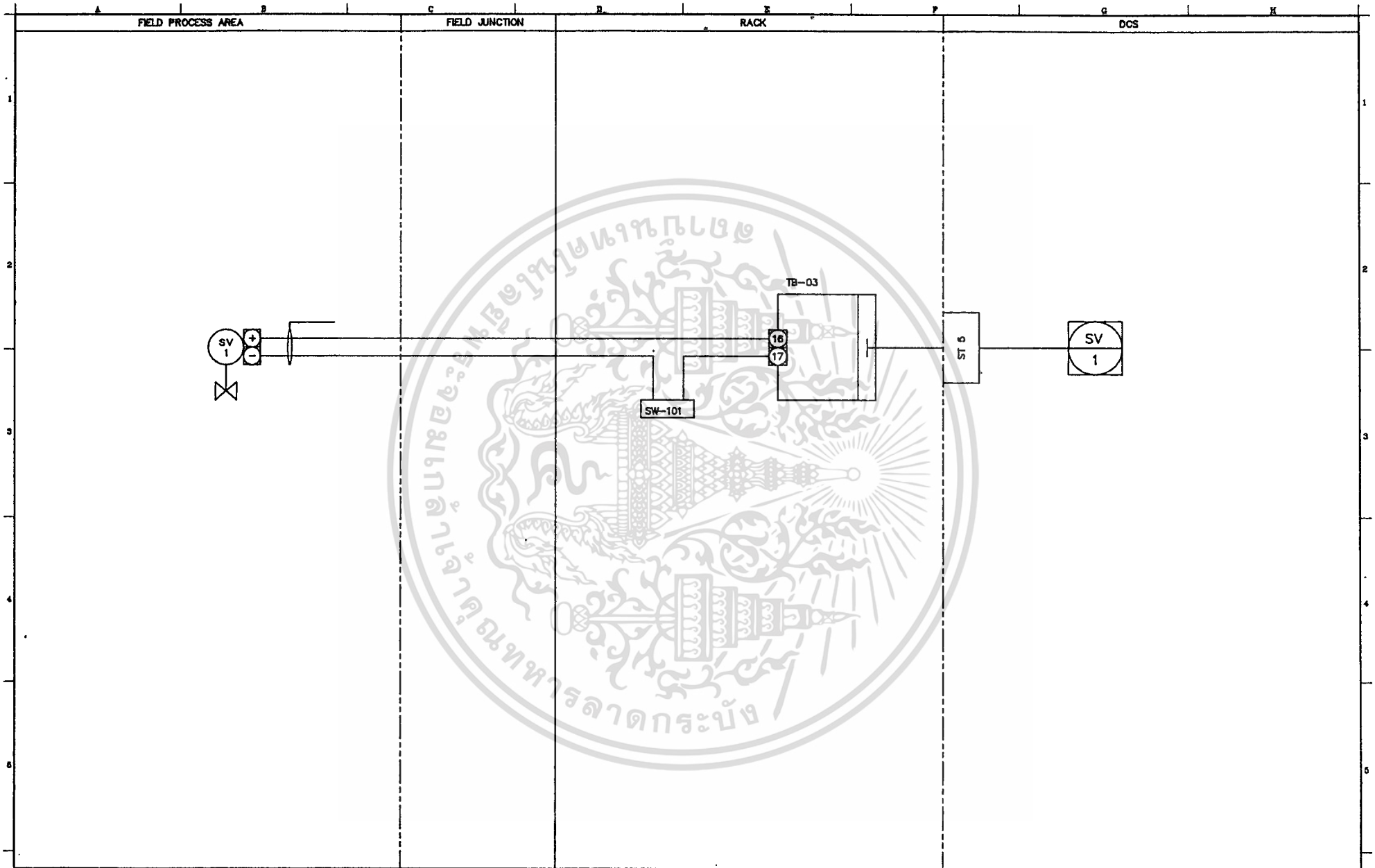
LOOP NO. | TAG NO. | SAG FILE

LOOP NAME: XXX

KMIT'L
BANGKOK THAILAND

LOOP DRAWING

SCALE ~ | DWG. NO. XXX | 1/7 | A | 5/08/95 | SHT 1



NOTE :

REFERENCE DRAWINGS:
PFD. NO. _____

INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.: _____

CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO. _____

REV.	DESCRIPTION	DRN	CHECKER	APPR.	ISSUE	DATE
1	ISSUE FOR APPROVED					

XXX

KMIT'L
BANGKOK THAILAND

LOOP DRAWING

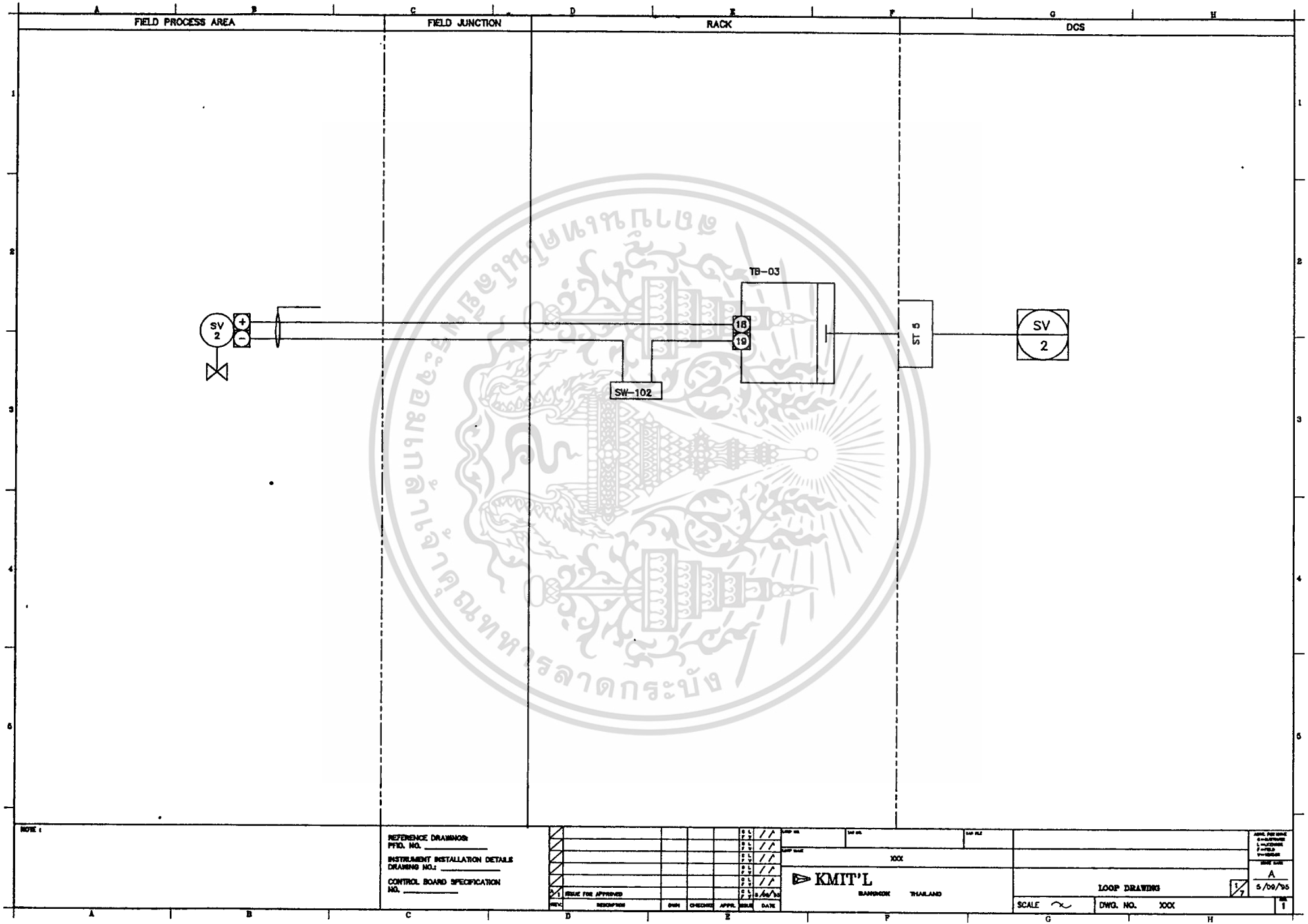
1/7

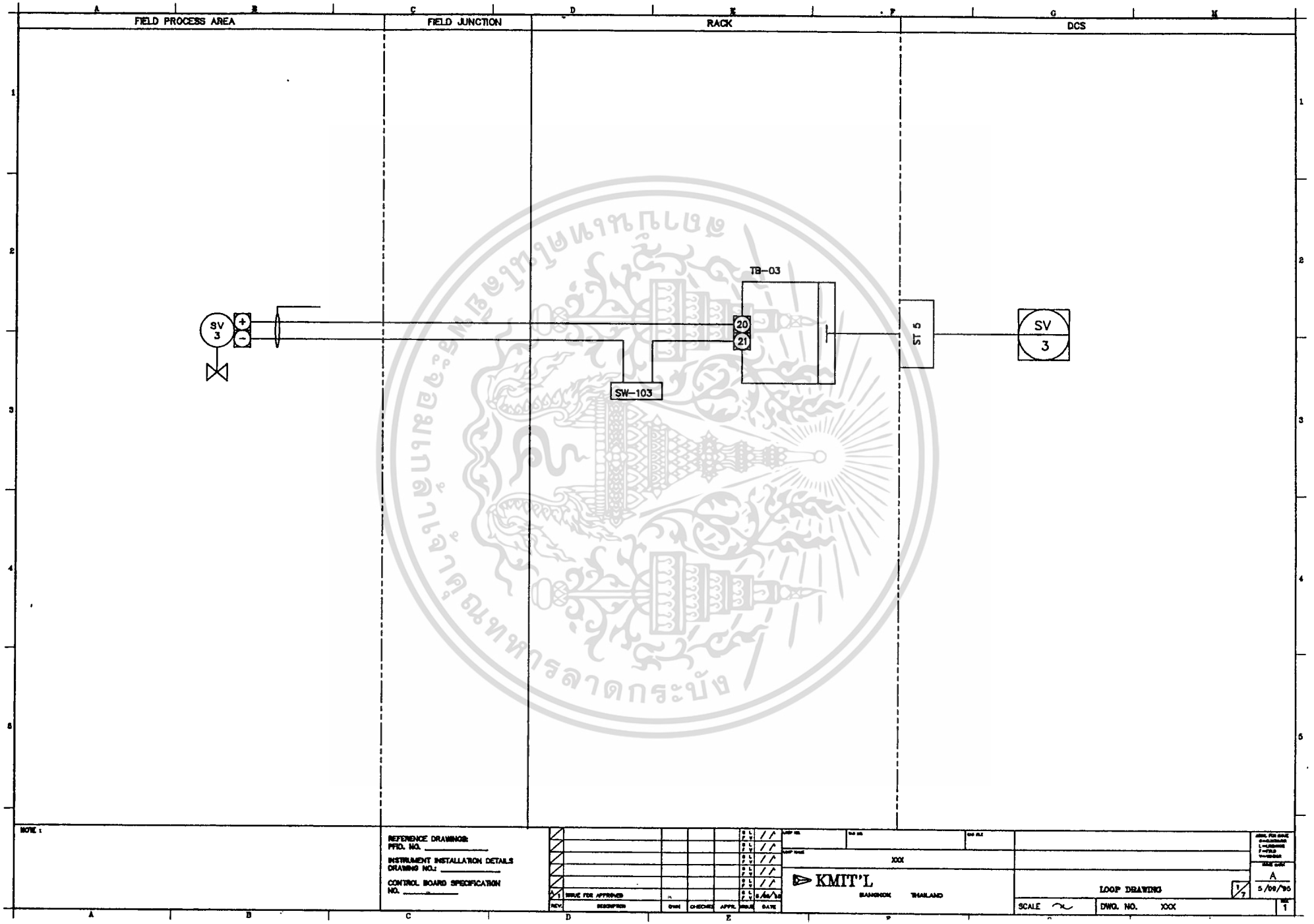
A
5/09/95

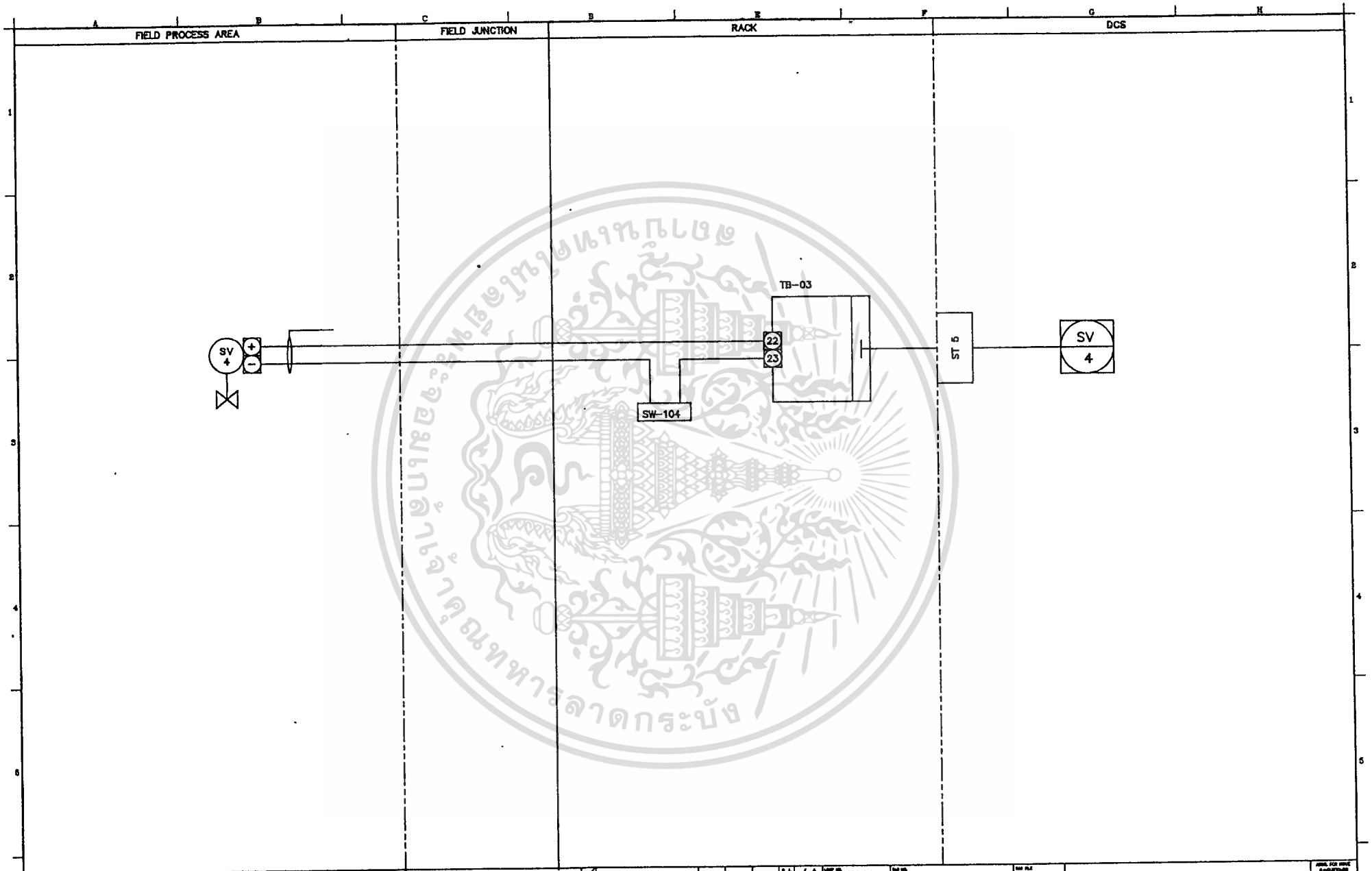
SCALE ~

DWG. NO. XXX

NO. 1


FIELD PROCESS AREA
FIELD JUNCTION
RACK
DCS
SV 2
+
−
TB-03
18
19
SW-102
ST 5
SV 2
NOTE :
REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO.
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.:
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO.
ISSUE FOR APPROVED
REV.
DESCRIPTION
DWN
CHECKED
APPR.
ISSUE
DATE
XXX
KMIT'L
BANGKOK THAILAND
LOOP DRAWING
SCALE
DWG. NO. XXX
A
5/09/95
1


FIELD PROCESS AREA
FIELD JUNCTION
RACK
DCS
SV 3
+
-
TB-03
20
21
SW-103
ST 5
SV 3
NOTE :
REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO.
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.:
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO.
A 1 ISSUE FOR APPROVED
REV. DESCRIPTION DWN CHECKED APPR. ISSUE DATE
XXX
KMIT'L
BANGKOK THAILAND
LOOP DRAWING
SCALE
DWG. NO. XXX
A
5/09/95
1/7
1



NOTE :

REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO. _____
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.: _____
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO. _____

REV.	DESCRIPTION	DWN	CHECKED	APPR.	ISSUE	DATE
A	ISSUE FOR APPROVED					5/09/95

XXX

KMIT'L
BANGKOK THAILAND

LOOP DRAWING

SCALE

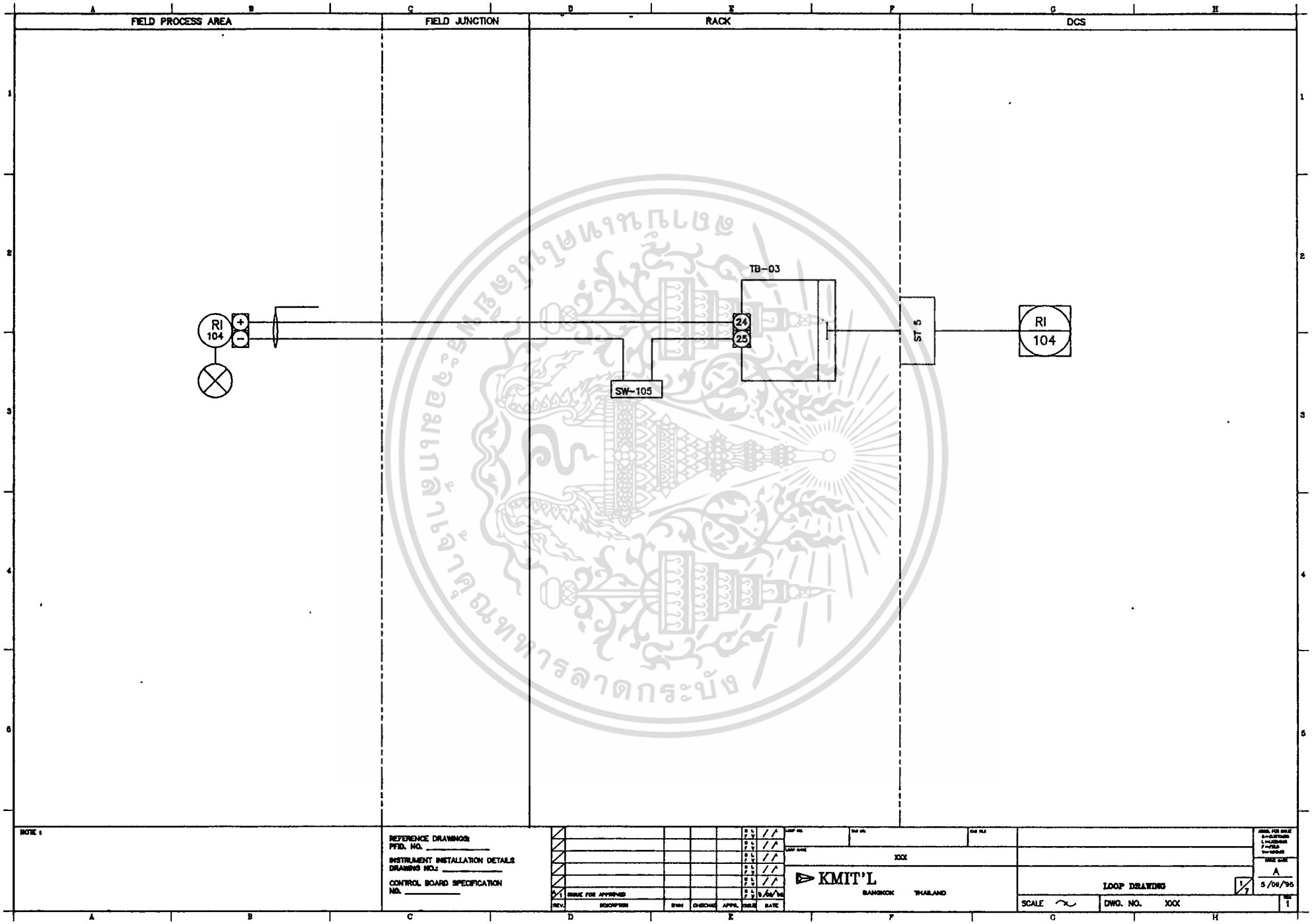
DWG. NO. XXX

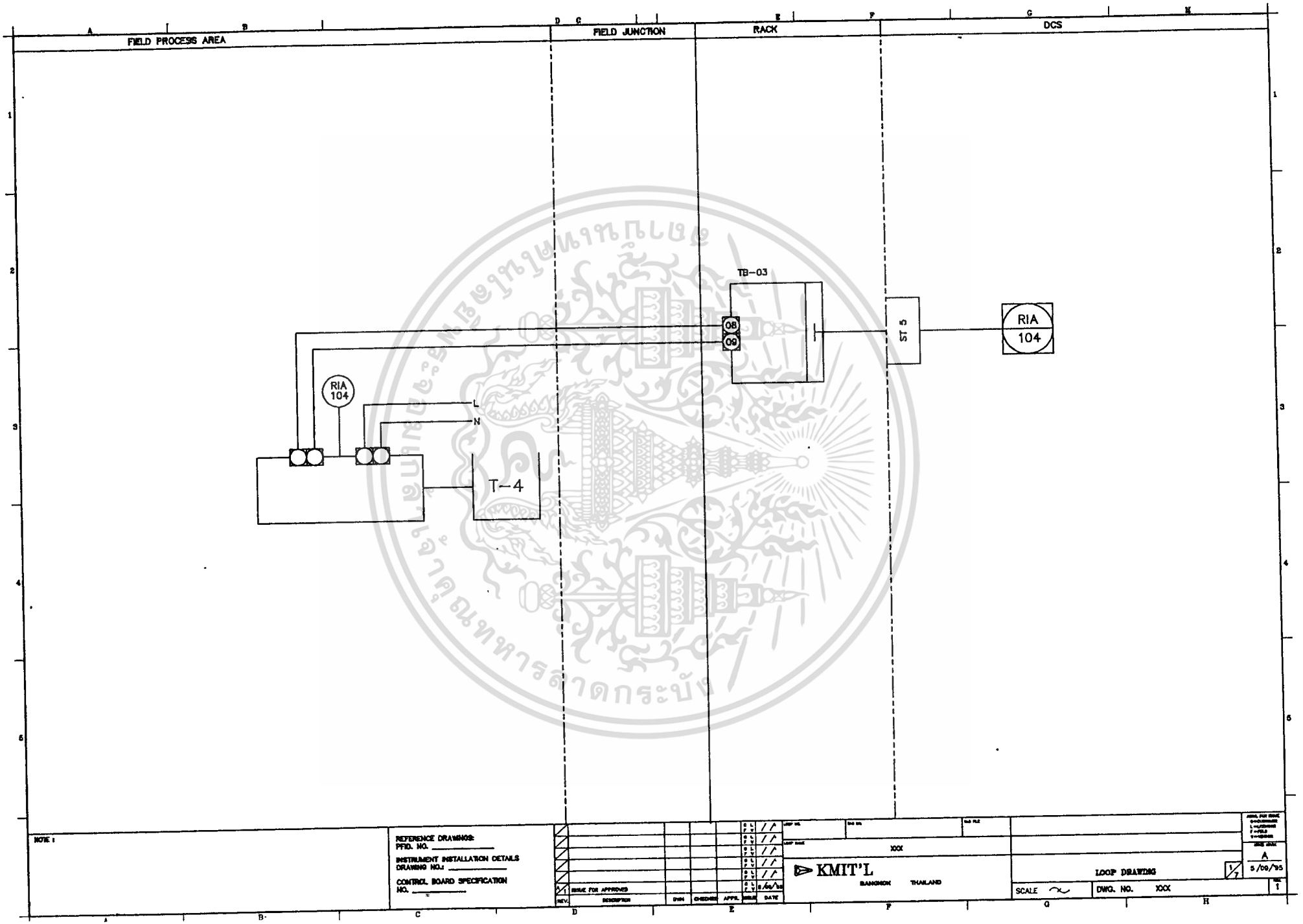
1/7

A

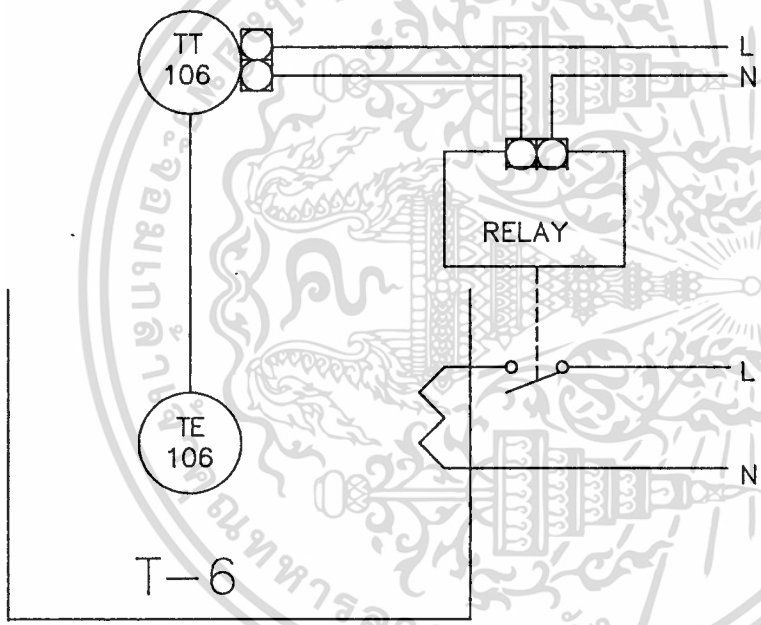
5/09/95

1


FIELD PROCESS AREA
FIELD JUNCTION
RACK
DCS
RI
104
+
−
TB-03
24
25
SW-105
ST 5
RI
104
NOTE :
REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO.
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.:
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO.
ISSUE FOR APPROVED
REV.
DESCRIPTION
DWN
CHECKED
APPR.
ISSUE
DATE
XXX
KMIT'L
BANGKOK THAILAND
LOOP DRAWING
SCALE
DWG. NO. XXX
A
5/09/95
1


FIELD PROCESS AREA
FIELD JUNCTION
RACK
DCS
TB-03
08
09
ST 5
RIA
104
RIA
104
L
N
T-4
NOTE :
REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO.
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.:
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO.
ISSUE FOR APPROVED
REV.
DESCRIPTION
DWN
CHECKED
APPR.
DATE
XXX
KMIT'L
BANGMOD THAILAND
LOOP DRAWING
SCALE
DWG. NO. XXX
A
5/09/95
1/7

FIELD PROCESS AREA



NOTE :

REFERENCE DRAWINGS:
PFID. NO. _____
INSTRUMENT INSTALLATION DETAILS
DRAWING NO.: _____
CONTROL BOARD SPECIFICATION
NO. _____

REV.	DESCRIPTION	DWN	CHECKED	APPR.	ISSUE	DATE
A/1	ISSUE FOR APPROVED					5/09/95

XXX

KMIT'L
BANGKOK THAILAND

LOOP DRAWING

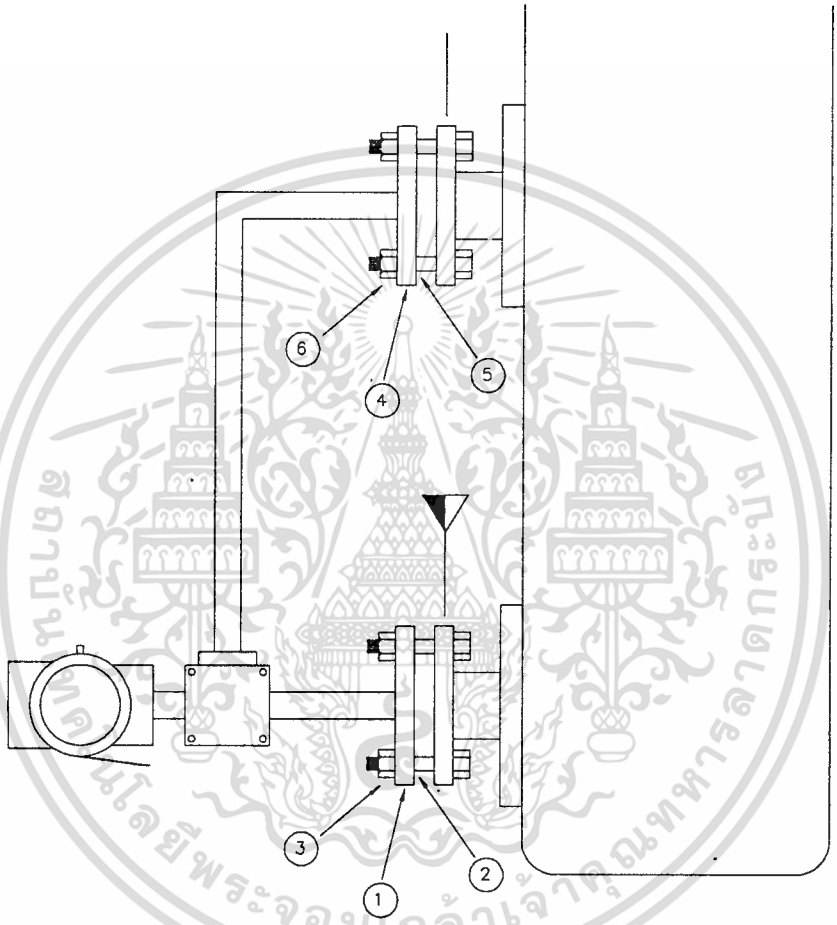
SCALE ~ DWG. NO. XXX

A
5/09/95
1/7
1

TYPICAL INSTALLATION

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

NO.	TAG NO.	FLUID NAME	PIPING SIZE	PIPING CLASS	STEAM TRACE	REMARKS



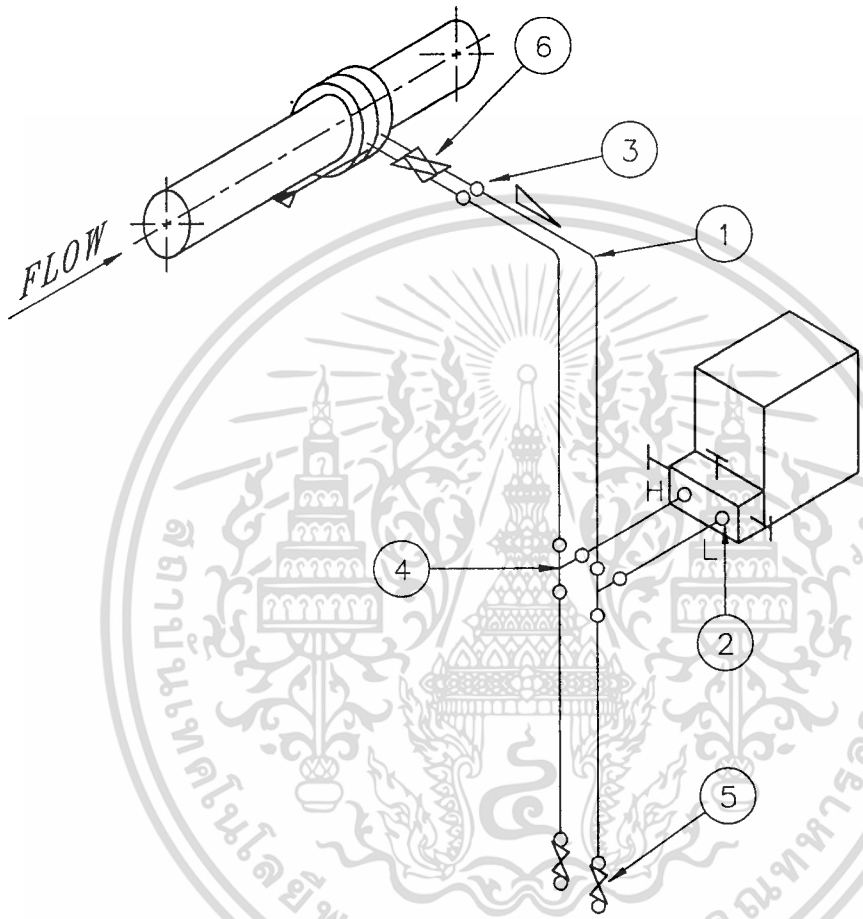
NO.	PARTS NO.	QUANTITY	DESCRIPTION	SIZE/RATING	MATERIAL	AMOUNT	REMARKS
3			BOLT & NUT	5/8"X3"(M16X76)	304 SS		
2			GASKET		TEFLON 2.5T		
1			FLANG	3' ANSI 150RF	304 SS		
3			BOLT & NUT	5/8"X3"(M16X76)	304 SS		
2			GASKET		TEFLON 2.5T		
1			FLANG	3' ANSI 150RF	304 SS		

INSTRUMENT PROCESS HOOK-UP

KMIT

DRAW	CHECK	APPROVAL	LOOP NO.	CAD FILE HOOK-4	TAG NO.	SHEET NO.
			DATE	DWG. NO.		

NO.	TAG NO.	FLUID NAME	PIPING SIZE	PIPING CLASS	STEAM TRACE	REMARKS



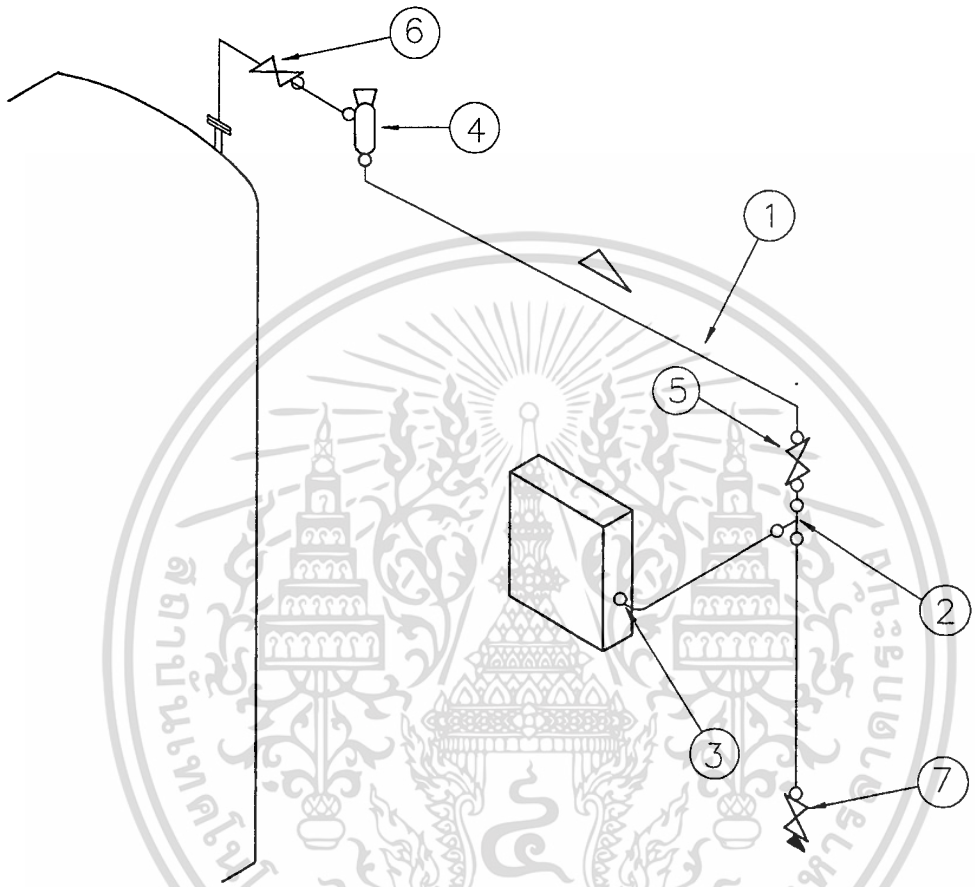
ITEM	PARTS NO.	QUANTITY	DESCRIPTION	SIZE/RATING	MATERIAL	AMOUNT	REMARKS
6		2	GLOBE VALVE	1/2"	FCMB35-13C		
5		2	GLOBE VALVE	1/2"	FCMB35-13C		
4		2	TEE	1/2"	SCH 80		
3		2	MALE CONNECTOR	1/2"	BASS		
2		2	MALE CONNECTOR	1/2"	BASS		
1		2	PIPE	1/2"	SCH 80		

INSTRUMENT PROCESS HOOK-UP

KMIT

DRAW	CHECK	APPROVAL	LOOP NO.	CAD FILE HOOK-5	TAG NO.	SHEET NO.
			DATE	DWG NO.		

NO.	TAG NO.	FLUID NAME	PIPING SIZE	PIPING CLASS	STEAM TRACE	REMARKS



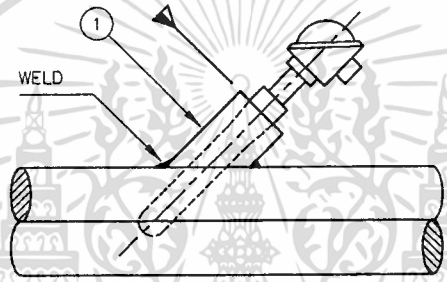
ITEM	PARTS NO.	QUANTITY	DESCRIPTION	SIZE/RATING	MATERIAL	AMOUNT	REMARKS
7		2	GLOBE VALVE	1/2"	FCMB35-13C		
6		2	GLOBE VALVE	1/2"	FCMB35-13C		
5		2	GLOBE VALVE	1/2"	FCMB35-13C		
4		1	CONDENSING POT		SCH 40 (W/PLUG)		
3		2	MALE CONNECTOR	1/2"	BASS		
2		1	TEE	1/2"	SCH 80		
1		1	PIPE	1/2"	SCH 80		

INSTRUMENT PROCESS HOOK-UP

KMIT

DRAW	CHECK	APPROVAL	LOOP NO.	CAD FILE HOOK-6	TAG NO.	SHEET NO.
			DATE	DWG NO.		

NO.	TAG NO.	FLUID NAME	PIPING SIZE	PIPING CLASS	STEAM TRACE	REMARKS



ITEM	PART	QTY	DESCRIPTION	SIZE/RATING	MATERIAL	AMOUNT	REMARK
1		1	CONNECTION	NPT 1"	SUS 304		

TYPICAL INSTALLATION FOR RTD TEMPERATURE SENSOR

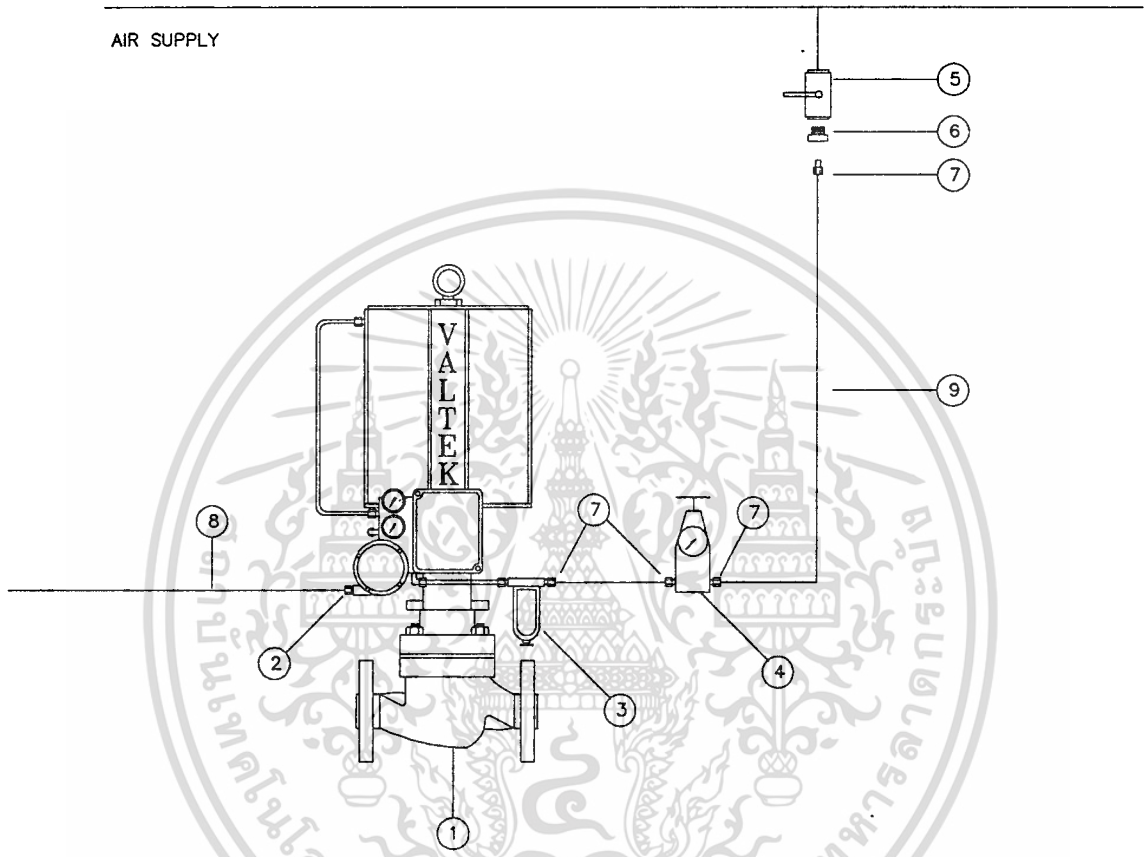
KMIT.

BANGKOK THAILAND

HOOK-3

DWG. NO.

NO.	TAG NO.	FLUID NAME	PIPING SIZE	PIPING CLASS	STEAM TRACE	REMARKS
1		HOT WATER	1"			
2		STEAM	3"			



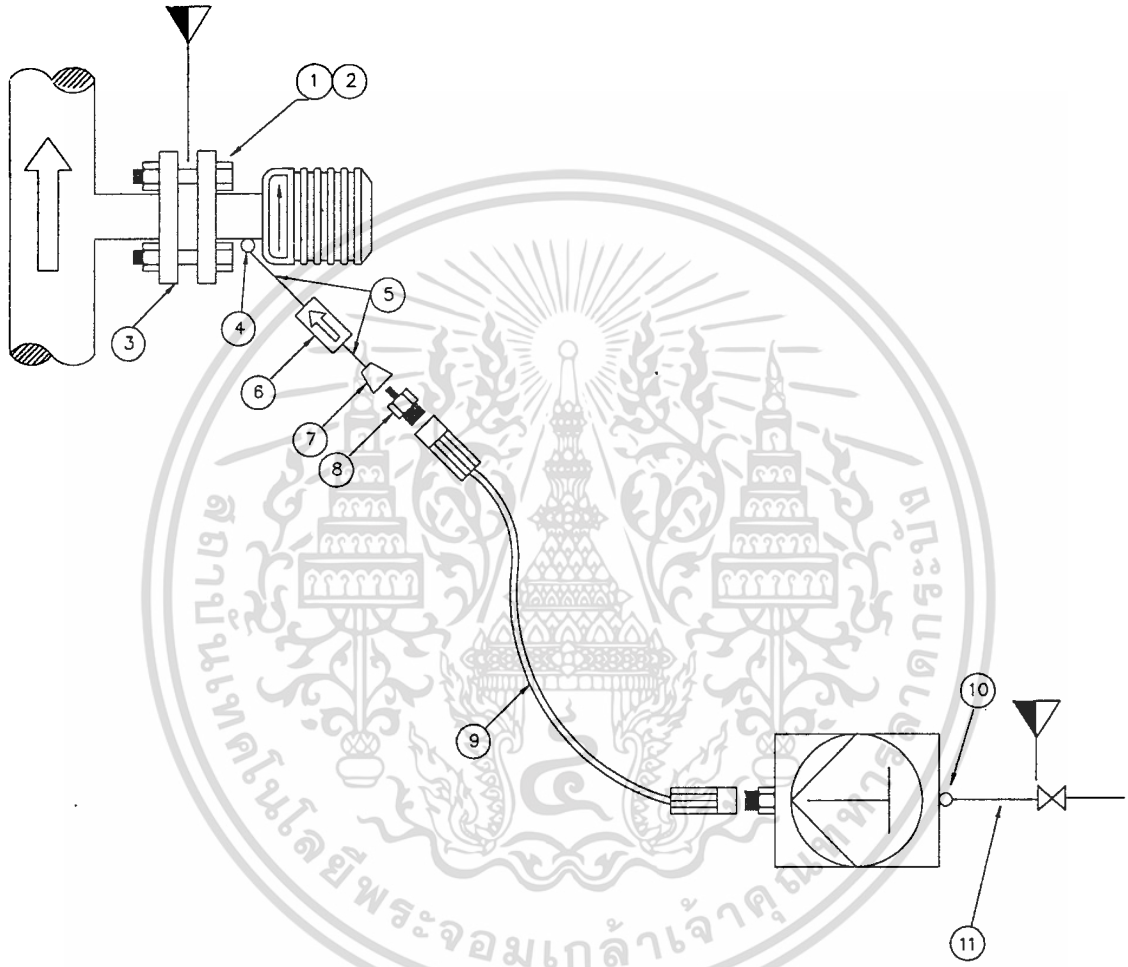
ITEM	PART	QTY	DESCRIPTION	SIZE/RATING	MATERIAL	AMOUNT	REMARK
9		1	COPPER TUBE	1/4"			
8		1	CABLE	SEE CABLE AND F.I.W.D			
7		4	MALE CONNECTOR	1/4			
6		1	BUSHING	1/2"-1/4"			
5		1	BALL VALVE	1/2"			
4		1	AIR REGULATOR	0-7 Kg/cm2			
3		1	AIR FILTER				
2		1	CABLE GLAND				
1		1	CONTROL VALVE	SEE CONTROL VALVE SPEC			

TYPICAL INSTALLATION MAIN AIR SUPPLY FOR VALTEK CONTROL VALVE

KMIT

DRAW	CHECK	APPROVAL	LOOP NO.	CAD FILE HOOK-2	TAG NO.	SHEET NO.
			DATE	DWG.NO.		

NO.	TAG NO.	FLUID NAME	PIPING SIZE	PIPING CLASS	STEAM TRACE	REMARKS
1						
2						
3						
4						
5						
6						



NO.	PARTS NO.	QUANTITY	DESCRIPTION	SIZE/RATING	MATERIAL	AMOUNT	REMARKS
11		1M	PIPE	7/8"ANSI 150 RF	SCH 80		
10		1	MALE CONNECTOR	7/8"NPT ANSI150 RF			
9		1	WASCHING CABLE	ANSI1450 RF			
8		1	MALE TO MALE CONNECTOR	1/2"X7/8" ANSI 1450 RF.	BASS		
7		1	REDUCER	1/4"X1/2" ANSI 1450RF	304SS		
6		1	CHECK VALVE	1/4"SWAGELOK ANSI1450RF	304SS		
5			TUBE	1/4 D.O. ANSI1450RF	304SS		
4		1	MALE CONNECTOR	1/4 NPT	304SS		
3		1	FLANG	3"ANSI 150RF	304SS		
2		1	GASKET	ANSI 150RF	TEFLON2.5T		
1		4	BOLT & NUT	5/8"X2 3/4"(M16X70)	304SS		

TYPICAL INSTALLATION FOR K-PATENTS

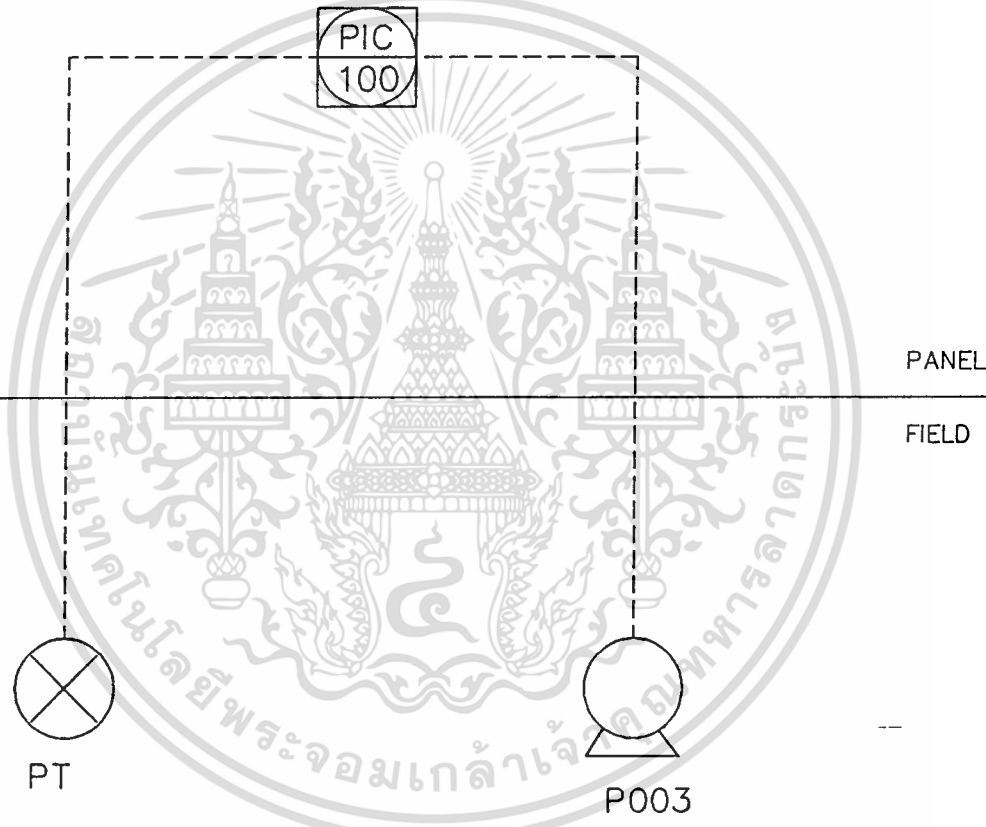
KMIT

DRAW	CHECK	APPROVAL	LOOP NO.	CAD FILE HOOK-1	TAG NO.	SHEET NO.
			DATE	DWG NO.		

LOOP DIAGRAM

INSTRUMENT LOOP DIAGRAM

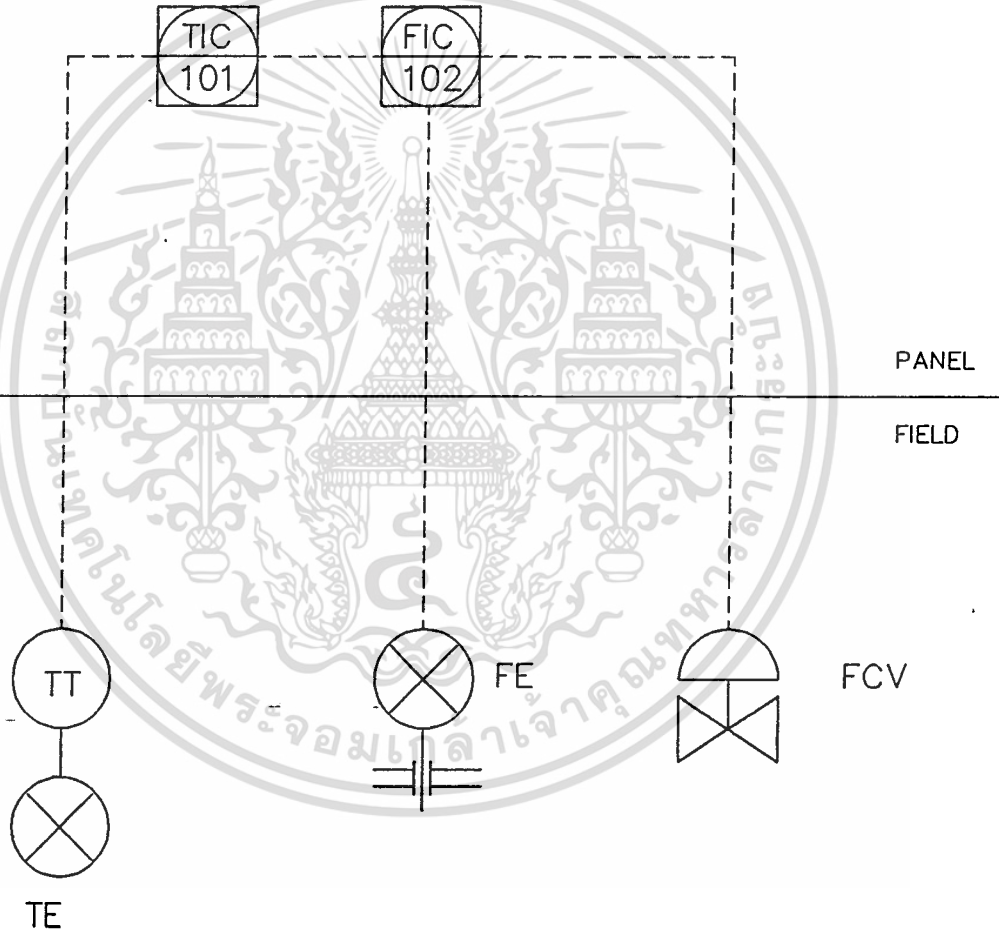
TAG NO.		TAG NO.	
PT	PRESSURE TRANSMITTER		
P003	VACUMM PUMP		
PIC-100	PRESSURE INDICATOR CONTROLLER		



			DWG NO.

INSTRUMENT LOOP DIAGRAM

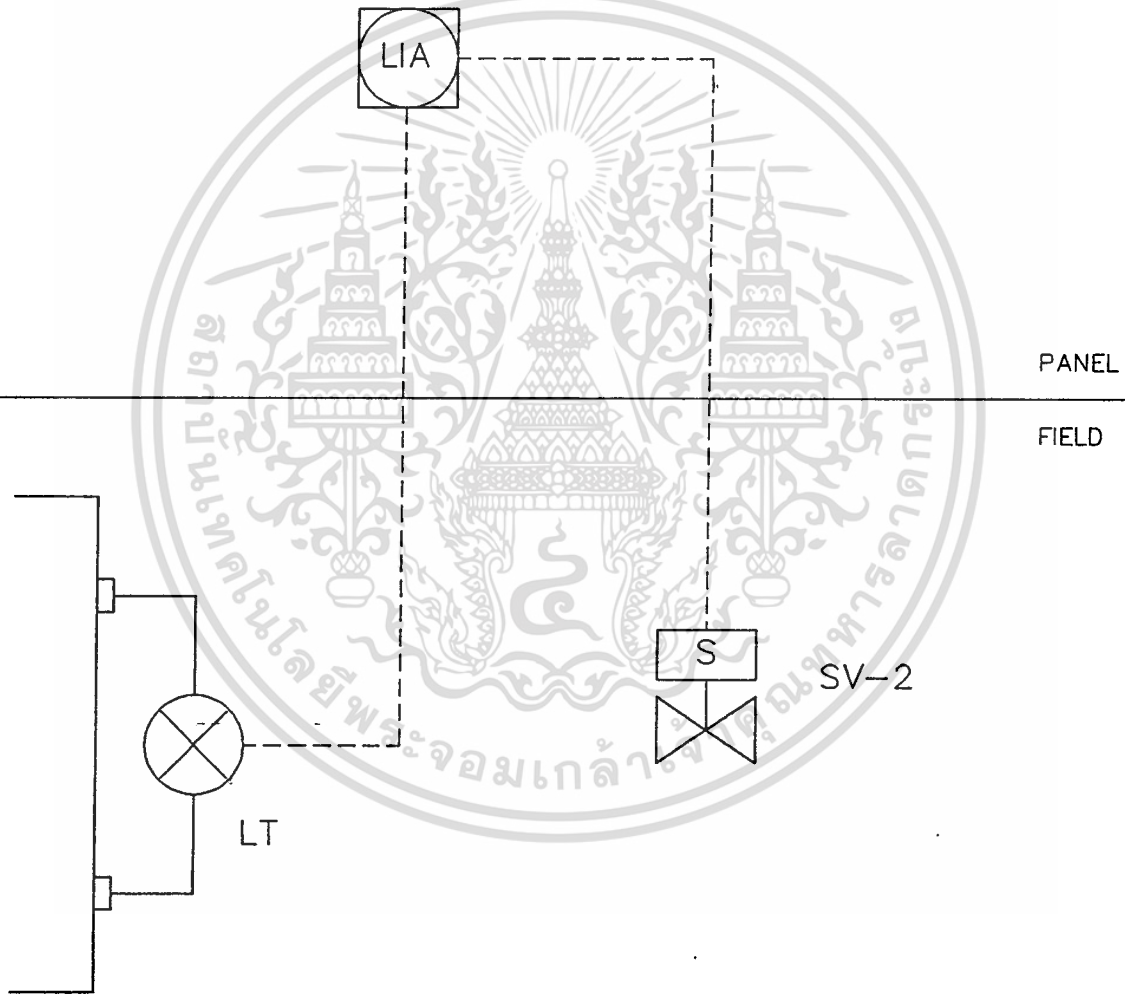
TAG NO.		TAG NO.	
TE	TEMPERATURE ELEMENT	FE	FLOW ELEMENT
TT	TEMPERATURE TRANSMITTER	FCV	FLOW CONTROL VALVE
TIC	TEMPERATURE INDICATOR CONTROLLER		
FIC	FLOW INDICATOR CONTROLLER		



DWG NO.

INSTRUMENT LOOP DIAGRAM

TAG NO.		TAG NO.	
S	SOLENOID VALVE		
LT	LEVEL TRANSMITTER		
LIA	LEVEL INDICATOR ALARM		



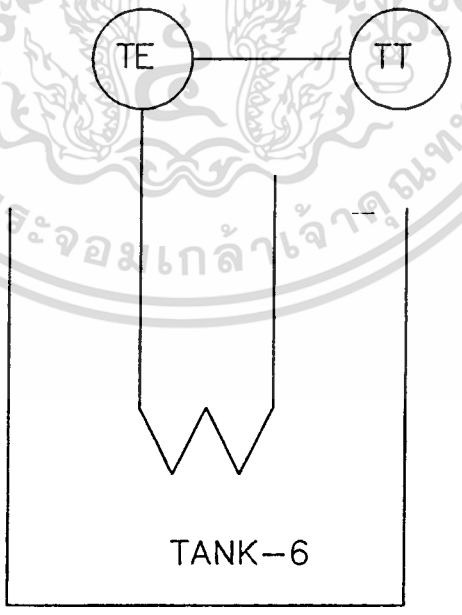
			DWG NO.

INSTRUMENT LOOP DIAGRAM

TAG NO.		TAG NO.	
TE	TEMPERATURE ELEMENT		
TT	TEMPERATURE TRANSMITTER		

PANEL

FIELD



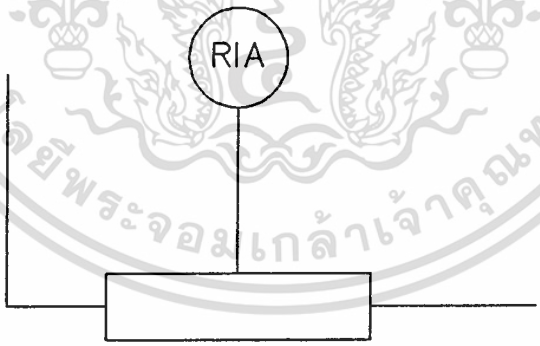
DWG NO.

INSTRUMENT LOOP DIAGRAM

TAG NO.		TAG NO.	
RIA	RADIATION INDICATOR ALARM		

PANEL

FIELD



DWG NO.

ระบบการควบคุม
โดยใช้เครื่อง uXL

การพัฒนาการควบคุมไปสู่ระบบการควบคุมแบบ DCS

ระบบการควบคุมได้รับการพัฒนาเรื่อยมาตั้งแต่ปี พ.ศ 2473 จนกระทั่งถึงปัจจุบันนี้ก็ด้วยจุดประสงค์หลักคือเพื่อตอบสนองต่อปัจจัยพื้นฐาน อันได้แก่ ความปลอดภัย ความซับซ้อนของระบบการควบคุม ปริมาณการผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์ การแข็งขันทางการตลาด และการตอบสนองความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีที่กำลังเปลี่ยนไป อันได้แก่เทคโนโลยีทางด้านอิเลคโทรนิคส์และคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีทางด้านการสื่อสาร ตลอดจนเทคโนโลยีทางด้านวัสดุเป็นต้น โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์มีการประมาณกันว่าทุกๆ 10 ปี ความสามารถของคอมพิวเตอร์จะเพิ่มขึ้นเป็น 10 เท่า ทั้งในแง่ทางด้านความจุและความเร็วในการประมวลผล ดังนั้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าวมา ทางบริษัทผู้ผลิตจึงได้พัฒนาระบบการควบคุมกระบวนการผลิตจากระบบการควบคุมแบบนิวเมติกส์ (ระบบลม) ระบบควบคุมด้วย analog eletronics controller ไปสู่ระบบการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ตามลำดับ ครั้งแรกได้นำระบบควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้เฉพาะงานเฝ้าคุม (Monitoring) ขบวนการผลิต แล้วจึงพัฒนาไปสู่ระบบ Supervisory Process Control (หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Set Point Control) เรื่อยไปถึง Direct Digital Control (DDC) จนกระทั่งกลายมาเป็นระบบการควบคุมแบบ Distributed Control System (DCS) ดังเช่นปัจจุบัน

DCS มีข้อดีดังนี้

1. DCS ใช้ Microprocessor จำนวนหลายตัวในการทำงานขนานกันไปในละส่วนของระบบดังนั้นจึงเป็นระบบที่มีความเชื่อถือได้สูงได้มากขึ้น

2. ใน DCS ตัว Operator เป็นผู้เรียกข้อมูลเข้าหา แทนที่จะเดินเข้าไปหาเครื่องวัดคุมที่ติดตั้งอยู่บนแผงควบคุม

3. ใน DCS มีระบบ Back up ที่เชื่อถือได้สูง ทำให้การควบคุมอุปกรณ์การผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่จำเป็นต้องกลับมาทำ Manual เมื่อตัวควบคุมเกิดขัดข้อง เพราะมันมีตัวสำรองทำงานแทนได้ทันที

4. ใน DCS มีการควบคุม (Algolithm) ให้เลือกมากแบบ

5. ใน DCS สามารถซ้อนการควบคุมขึ้นสูงไปอีกได้หลายระดับจากการควบคุมแบบพื้นฐานได้โดยตรงเพื่อทำงานสอดคล้องกับรูปแบบการผลิตที่ใหญ่ขึ้นได้โดยง่าย เช่น การผลิตในระบบ FMS (Flexible Manufacturing System) , FA (FactoryAutomation) , CIM (Computor Intergrated ManuFacturing) เหล่านี้เป็นต้น

6. ตัว Continous Controller ใน DCS เป็นชนิดหลายลูป เช่น 8 Loop , 16 Loop , 64 Loop เป็นต้น ในขณะที่แบบธรรมดาจะมีเพียงหนึ่ง Loop เท่านั้น

7. การทำงานของ Operator ควบคุม สั่งการติดตามการผลิตได้จาก Man Machine Interface ที่เตรียมไว้ในห้องควบคุม

8. การกำหนดค่าต่างๆ ใน DCS จะทำจากแป้นอักษรของ Keybord ไม่ต้องไปที่ตัวควบคุม

9. DCS กินเนื้อที่ในการติดตั้งน้อยกว่าเพราะยุบแผงควบคุมแบบเดิมลงในจอ CRT

สิ่งที่จำเป็นต้องทราบในการควบคุมแบบ DCS

1. แนวความคิดโดยทั่วไปของกระบวนการและการควบคุม
2. นิยามของตัวแปรที่ใช้ในการควบคุม เช่น

   PV (Process Variable หรือ Controlled Variable)

   SV (Setpoint Variable)

   MV(Manipulated Variable)

   DV (Deviation Variable)
3. ความหมายและวิธีการควบคุม

   Feed Back Control

   Feed Forward Control

   Sequence Control
4. โครงสร้างสถาปัตยกรรมของระบบการควบคุมด้วย DCS

การควบคุมกระบวนการโดย DCS

(DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM)

จาก P & I DIAGRAM และขั้นตอนการทำงานของกระบวนการ สามารถสร้างระบบการควบคุม โดยใช้ DCS ได้ดังนี้

วิธีการสร้างระบบการทำงาน

1. สร้าง Feedback Control Instrument Specification
2. สร้าง Loop Connection
3. สร้าง Graphic Panel
4. สร้าง Overview Panel
5. สร้าง Control Group Panel
6. สร้าง Trend Record Definition
7. สร้าง Sequence Element Instrument Specification
8. สร้าง Sequence Relation Specification
9. สร้าง Sequence Calc. Specification
10. สร้าง Announciator Message Specification
11. สร้าง Operator Guide Message Specification
12. สร้าง ความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของ Insrument ในรูป Sequence Table

SYSTEM BUIDER MANU

การสร้างส่วนต่าง ๆ จะกระทำที่ System Builder Manu ใน Engineering Mode โดยการกำหนด Unit ของ Field Control Unit จากนั้นจึงเลือกทำใน Mode File หรือ Tarket แล้วจึงทำการเลือกหัวข้อที่เราต้องการสร้างส่วนต่างๆ ซึ่งสามารถจะกระทำได้ก็ต่อเมื่อกุญแจอยู่ในตำแหน่ง ENG เท่านั้น

แสดงได้ดังนี้

```
■LIT-105   LEVEL   INDICATE NR                                  S1  MAR.20 96 18:15
System Builder Menu                                    UNIT:01( File )

   System Configuration Builder          FCU Builder

      Unit Configuration                    Control Unit Definition
                                            Feedback Control Inst. Spec.
   OPS Builder                              Loop Connection Definition
                                            SEQ Element Specification
      OPS System Definition                 SEQ Control Inst. Spec.
      Trend Definition                      SEQ Relation Specification
      Overview Assignment                   SEQ Calc. Specification
      Control Group Assignment              SEQ Message Specification
      BASIC Scheduler                       SEQ Table Specification
      Function Key Definition               ANN Message Specification
      Operation Mark Definition             OP. Guide Message Spec.
      Message Request Spec
      Graphic Panel

[redacted]  [redacted]  [redacted]  [redacted]  [redacted]  [redacted]  [redacted]  [redacted]
```

Functional Unit	Instrument Model	Description of Instrument
Input indicators	PVI	Input indicator
	PVI-DV	Input indicator with deviation alarm
Controllers	PID	PID controller
	PI_HLD	Sampling PI controller
	PID_BSW	PID controller with batch switch
	ONOFF	Two-position ON/OFF controller
	ONOFF_C	Three-position ON/OFF controller
	PID_TP	Time proportioning ON/OFF controller
	PD_MR	PD controller with manual reset
	PI_BLEND	Blending PI controller
Manual loaders	MLD	Manual loader
	MLD_PVI	Manual loader with input indicator
	MLD_SW	Auto/manual station
Velocity limiter	VELLIM	Velocity limiter
Ratio set unit	RATIO	Ratio set unit
Signal selector	AS_H,AS_M,AS_L	Autoselector
	SS_H,SS_M,SS_L	Signal selector
	SS_DUAL	Dual signal selector
Selector switches	SW_33	Selector switch : three-pole, three-position
	SW_91	Selector switch : one-pole, nine position
	DSW_14	Data set switch, 14-data
Data set units	DSET	Data set unit
	DSET_PVI	Data set unit with input indicator
Program set units	PG_L13	13-zone program set unit
	PG_S13	13-step program set unit
Computing unit	LAG	First order lag unit
	LD	First order lead unit
	LDLAG	Lead/lag unit
	DLAY	Dead time unit
	DLAY_C	Dead time compensation unit
	AVE_M	Moving average unit
	AVE_C	Cumulative average unit
	FUNC	Line segment function unit
	CALCU	Calculation unit
Representative alarm unit	ALM_R	Representative alarm unit
Batch set unit	BSETU	Batch set unit
Batch data set unit	BDSET_1	One-batch data set unit
	BDSET_2	Two-batch data set unit
Batch data acquisition unit	BDA	Batch data acquisition unit
Motor control units	MC_2	Two-position motor control unit
	MC_3	Three-position motor control unit
Unit data link	UDL	Unit data link : for linking MFC□ - MFC□
Yewseries80 units	SLCD	Indicating controller
	SLPC	Programmable indicating controller
	SLMC	Progrmmable indicating controller with pulse width output
	SMST_111	Auto/manual station (with push-button setpoint setting)
	SMST_121	Auto/manual station (with manipulated output lever)
	SMRT	Ratio set station
Yewseries BCS units	SBSD	Batch set station
	SLCC	Blending controller
	SLBC	Batch controller
	STLD	Totalizer

รูป 1.1 รายชื่อ uXL Instrument สำหรับ Standard Feedback Control

วิธีการสร้าง Feedback Control Instrument Specification

1. ตรวจดูว่าในระบบหรือกระบวนการต้องการตัว Instrument กี่ตัวอะไรบ้าง ซึ่งใน DCS จะมี Instrument ให้เลือกใช้จากรายชื่อ uXL Instrument สำหรับ Standard Feedback Control ตามรูป 1.1

2. ทำการสร้างหรือเลือกใช้ Instrument ขึ้นมาจาก Feedback Instrument Spec. ให้ครบตามต้องการ ซึ่งจากในกระบวนการนี้มีการเลือกใช้ Instrument ดังนี้

1.	Controller แบบ PID	2	ตัว
2.	Controller แบบ ONOFF	1	ตัว
3.	ตัวจำลองสัญญาณ (LAG)	3	ตัว
4.	ตัว Indicator	1	ตัว
5.	ตัว Set data	1	ตัว

3. จากกระบวนการ พิจารณาการทำงานของแต่ละ Instrument และกำหนดค่าต่างๆ ของ Instrument เช่น direct / reverse Action , High scan / Low scan , limit ของการควบคุม (High - Low ของค่า PV)

4. ในกระบวนการเลือกใช้ Instrument ตามที่กำหนดข้างต้นใน Loop 0062 - 0069 ซึ่งแสดงการสร้างได้ดังนี้

S1 MAR.19 96 20:43

Feedback Instrument Spec (Overview) SL= 5857 UNIT:01(File) PAGE:004/004

Loop	Tag No.	Tag comment	Type	HI	LO	Unit	In	OC	DR	Scan
0061	SLPC-1	SLPC CONTROLLER	SLPC	100.0	0.0		LNR	0		Y L
0062	PIC-100	PRESSURE CONTROL	ONOFF	100.0	0.0	%	LNR		R	Y H
0063	PSM-100	PRESSURE SIM.	LAG	100.0	0.0	%				Y H
0064	TIC-101	REACTOR TEMP CNT	PID	100.0	0.0	DEGC	LNR	0	R	Y L
0065	TSM-101	REACTOR TEMP SIM	DLAY	100.0	0.0	DEGC				Y L
0066	FIC-102	JACKET FLOW CNT	PID	100.0	0.0	%	LNR	0	R	Y H
0067	FSM-102	JACKET FLOW CNT	LAG	100.0	0.0	%				Y H
0068	PDS-103	PROCESS DATA SET	BDSET-1							Y L
0069	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
0070	LIC-0070	LEVEL TEST	PID	100.0	0.0	%	LNR	0	R	Y L
0071	FIC-0070	FLOW TEST	PID	100.0	0.0	%	LNR	0	R	Y L
0072	SW-3	TEST SWITCH	SW-33							Y L
0073	LAG1	TEMP LAG 1	LAG	100.0	0.0	%				Y L
0074	LAG2	TEMP LAG 2	LAG	100.0	0.0	%				Y L
0075		(U01)								
0076	PIC-0077	PRESSURE CONTROL	PID	100.0	0.0	%	LNR	0	R	Y L
0077	TIC-0077	TEMP CON on-off	PID-TP	100.0	0.0	%	LNR		R	Y L
0078	TIC-0078	TEMP CON PID	PID	100.0	0.0	%	LNR	0	R	Y L
0079	LIC-0079	LEVEL CONL. PG80	PID	100.0	0.0	%	LNR	0	R	Y H
0080	FIC-0080	FLOW CONL.PAGE80	PID	100.0	0.0	%	LNR	0	R	Y L

Quit LP Conn Detail Write Enter Mo Set

I/O	Input						Output					
	Type						Type					
Contents / Card type	Card	Nest Position	Card Position	Channel or Terminal Number	Input Open Check	Function	Card	Nest Position	Card Position	Channel or Terminal Number	Input Open Check	Function
MAC2	M	1	1,3	01 to 08	0	Voltage input (1 to 5V DC)	M	1	1,3	01 to 08	0	Outputs 4 to 20 mA DC
PAC	P	1	1	01 to 08	0	Pulse train input	P	1	1	01 to 08	0	Outputs 4 to 20 mA DC
VM1	V	1	1 to 8	01 to 16	0	Voltage input (1 to 5V DC)						
VM2	V	1	1 to 8	01 to 08	0	Voltage input (1 to 5V DC)	V	1	1 to 8	09 to 16	0	Outputs 1 to 5V DC
PM1	P	1	1 to 8	01 to 16	0	Pulse train input						
LCU	L	1	1,2	01 to 04	0	Reads voltage input (1 to 5V DC) via LCU	L	1	1,2	01 to 04	0	Outputs 4 to 20 mA DC
LCS	Y	1	2,4,6	01 to 08	(Note1) 0 to 3	Connection with SLxx						
VM4							V	1	1 to 8	01 to 16	0	Outputs 1 to 5 V DC to external instrument via VM4

Note 1: 0 SLXX PV Input
1 AUX1
2 AUX2 } SLPC Aux. Input
3 AUX3

Note 2: For contact I/O, use data connection

ตาราง 1.2 Terminal Configuration of Process Connection

	Symbol on the Panel	Model	Card Name	Can be Used in Control Unit	Can be Used in I/O Nest MEXU
	PS	PS3□	Power supply card	O	O
	NP	NP5□	Processor card	O	–
*1	LC	LC5□	RL bus I/F card	O	–
	NE	NE5□	NE bus I/F card	O	–
*2	MAC	MAC2	Multipoint analog control I/O card	O	–
*2	PAC	PAC	Multipoint pulse train input/analog output card	O	–
*2	LCU	LCU	Loop communications card	O	–
*2	LCS	LCS	Loop communications card (for YS-80)	O	–
	ST2	ST2	Multipoint status I/O card (16 inputs and 16 outputs)	O	O
	ST3	ST3	Multipoint status Input card (32 inputs)	O	O
	ST4	ST4	Multipoint status Output .ard (32 outputs)	O	O
	ST5	ST5	Multipoint status I/O card (32 inputs and 32 outputs)	O	O
	ST6	ST6	Multipoint status Input card (64 inputs)	O	O
	ST7	ST7	Multipoint status Output card (64 outputs)	O	O
	PB5	PB5	Multipoint pushbutton Input card (16 in puts)	O	–
	PM1	PM1	Multipoint pulse train Input card (16 points)	O	O
	VM1	VM1	Multipoint Analog Input card (16 points)	O	O
	VM2	VM2	Multipoint Analog I/O card (8 inputs and 8 outputs)	O O	O
	VM4	VM4	Multipoint Analog Output card (16 outputs)	O	–
	PB6	PB6	Interrupt Input card (16 inputs)	O	O
	RS2	RS2	RS-232C card	O	O
	RS3	RS3	RS-232C/422 card	O	O
	GB1	GB1	GP-IB card	O	O
	PX1	PX1	PLC interface card	O	O
	MF1	MF1	Remote I/O interface card	O	O
	AN5	AN5	Isolating analog input card	O	O
	NIS	NIAS	NE bus interface card	–	O
	TV3	TV3	Color TV/Switch input card	O	O
	BC1	BC1	BRAIN/Signal Conditioner Communication card	O	–
*3	AD5	AD5	A/D conversion card	O	–
*3	MX2	MX2	Non-isolating Multiplexer card (mv, thermocouple inputs)	O	–
*3	MX3	MX3	Isolatiolating Multiplexer card (mv, thermocouple inputs)	O	–
*3	MX4	MX4	Non-isolating Multiplexer card (DC voltage inputs)	O	–
*3	MX5	MX5	Isolating Multiplexer card (DC voltage inputs)	O	–
*3	MX6	MX6	Non-isolating Multiplexer card (RTS inputs)	O	–

Note

*1 : Can be installed on the MFCN field control unit only.
*2 : Cannot be installed on the MFMU field montoring unit
*3 : Can be installed on the MFMU field monitoring unit only.

ตาราง 1.3 ชนิดต่างๆ ของ Card

วิธีการสร้าง Loop Connection

1. ดูว่า Instrument ในระบบทำการเชื่อมต่อสัญญาณกันอย่างไร และดูรูปแบบของ Instrument แต่ละตัวว่าต้องการสัญญาณใดบ้าง

2. นำตัว Block Diagram ของแต่ละตัวมาเปรียบเทียบกับการเชื่อมต่อแล้วให้พิจารณาว่าสัญญาณของตัวใด ขาใด (IN , OUT , SET , SUB) ต่ออยู่กับขาใดของ Instrument ตัวใด

3. ถ้ารับสัญญาณมาจากภายนอกหรือส่งสัญญาณออกไปภายนอก ต้องกำหนด Card ที่สัญญาณเข้าหรือออกให้ถูกต้องเหมาะสม ซึ่งหลักการกำหนดคือ

Card division (-1) - Card position - Channel number - Auxiliary เช่น

M - 1 - 3 - 04 - 0 การกำหนดโดยดูจากตาราง 1.2

และสัญญาณที่เข้าหรือออก ต้องเลือกใช้ Card ให้เหมาะสมโดยดูจากตาราง 1.3

S1 MAR.19 96 20:4

Feedback Instr Spec (Loop Conn) UNIT:01(File) LOOP:062/08

No./Scan	Type	Tag No.	Tag Comment	
%LP0062	UNUHF	PIC-100	PRESSURE CONTROL	
Y	IN=[redacted]	OUT=[redacted]	SET=[redacted]	SUB=[redacted]
%LP0063	LAG	PSM-100	PRESSURE SIM.	
Y	IN=MV (PIC-100)	OUT=	SET=	SUB=
%LP0064	PID	TIC-101	REACTOR TEMP CNT	LDU=
Y	IN=PV (TSM-101)	OUT=SET (FIC-102)	SET=	SUB=
%LP0065	DLAY	TSM-101	REACTOR TEMP SIM	
Y	IN=PV (FSM-102)	OUT=	SET=	SUB=
%LP0066	PID	FIC-102	JACKET FLOW CNT	LDU=
Y	IN=PV (FSM-102)	OUT=	SET=OUT (TIC-101)	SUB=
%LP0067	LAG	FSM-102	JACKET FLOW CNT	
Y	IN=MV (FIC-102)	OUT=	SET=	SUB=
%LP0068	BDSET-1	PDS-103	PROCESS DATA SET	
Y	J01=SV (PIC-100)	J02=I (PSM-100)	J03=I (TSM-101)	J04=I (FSM-102
	J05=I (LLS-105)	J06=SV (TIC-101)	J07=P (TIC-101)	J08=I (TIC-101
	J09=D (TIC-101)	J10=P (FIC-102)	J11=I (FIC-102)	J12=D (FIC-102
	J13=SV (LTS-105)	J14=PH (LIT-105)		
%LP0069	PVI	LIT-105	LEVEL INDICATE	
Y	IN=PV (LTS-105)	OUT=	SET=	SUB=

[redacted]

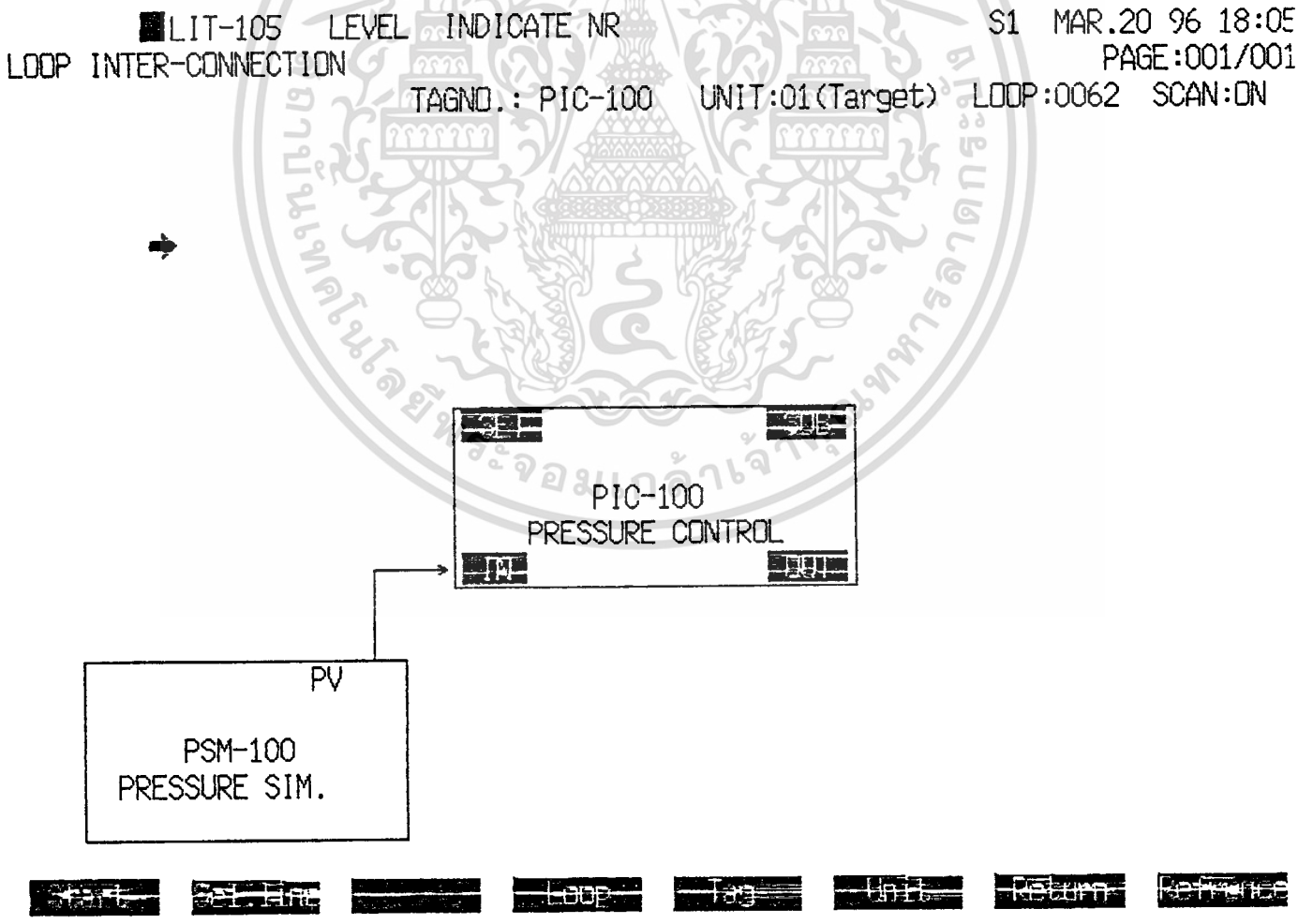
Loop Connection Status Display Panel

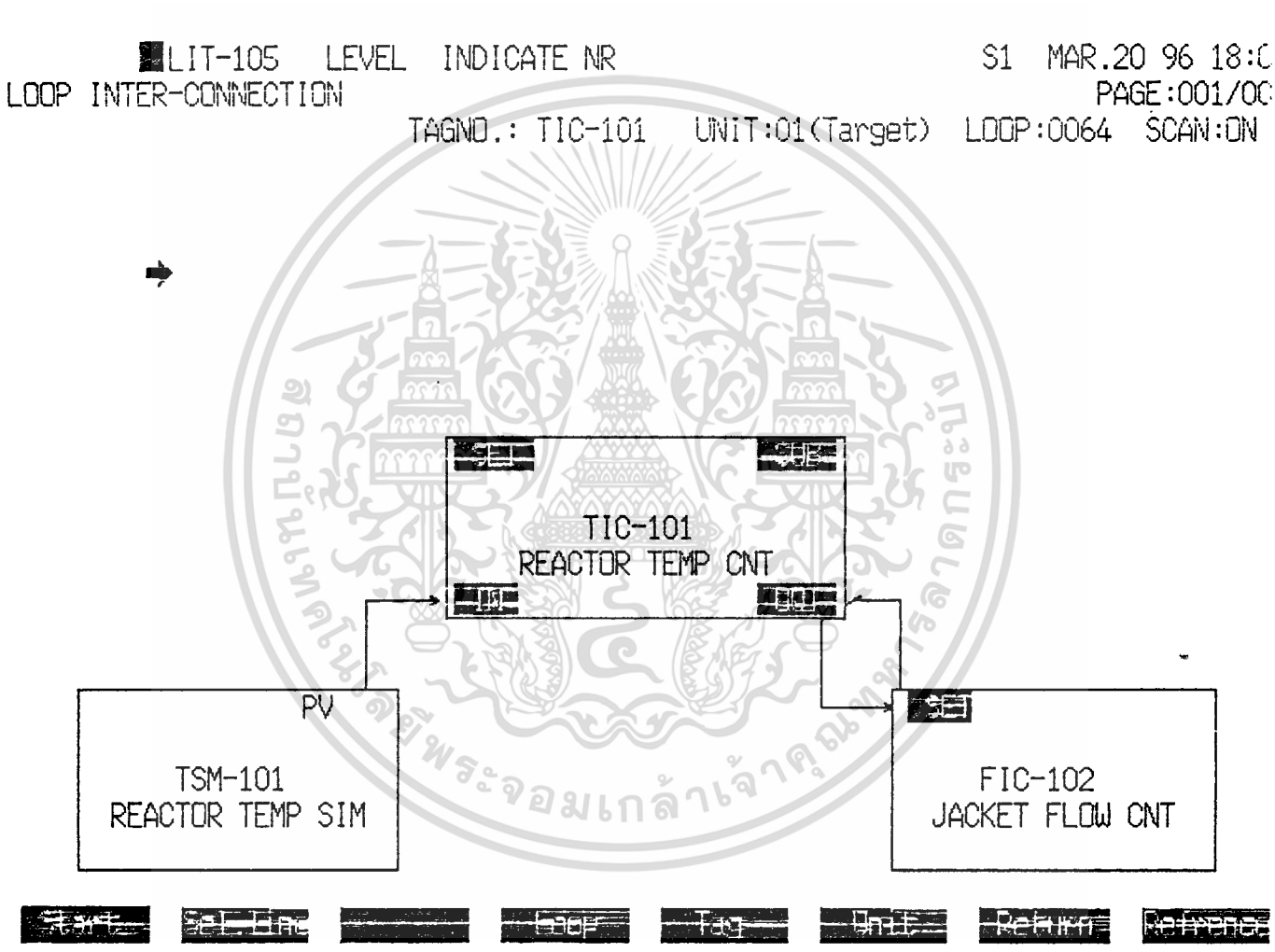
ในหน้านี้เป็นการแสดงให้เห็นว่า Feedback Instrument ที่เรากำหนดต่อกันในลักษณะอย่างไร ซึ่งแสดงเป็น Diagram ของ tag ที่กำหนดกับ tag ที่เกี่ยวข้องโดยสามารถกำหนดได้ 2 วิธี คือ

1. กำหนดหมายเลข tag เช่น TIC-101
2. กำหนดหมายเลข unit และหมายเลข loop เช่น unit 01 : loop0062

การแสดง Diagram ของการต่อ Loop ของ Feedback Instrument แต่ละตัวนั้นระบบจะทำการค้นหาใน Softwaer ซึ่งรวมทั้งพื้นที่ที่เก็บข้อมูลในการควบคุมของทั้ง Sequencial control และ Feedback control

ซึ่งจากการสร้าง Loop Connect ในหน้า Engineering จะได้ Diagram ของการต่อ Loop ดังนี้




LIT-105 LEVEL INDICATE NR
S1 MAR.20 96 18:0
LOOP INTER-CONNECTION
PAGE:001/00
TAGNO.: TIC-101 UNIT:01(Target) LOOP:0064 SCAN:ON
TIC-101
REACTOR TEMP CNT
PV
TSM-101
REACTOR TEMP SIM
FIC-102
JACKET FLOW CNT
Start
Sel Line
Loop
Tag
Unit
Return
Reference

วิธีการสร้าง Graph Panel

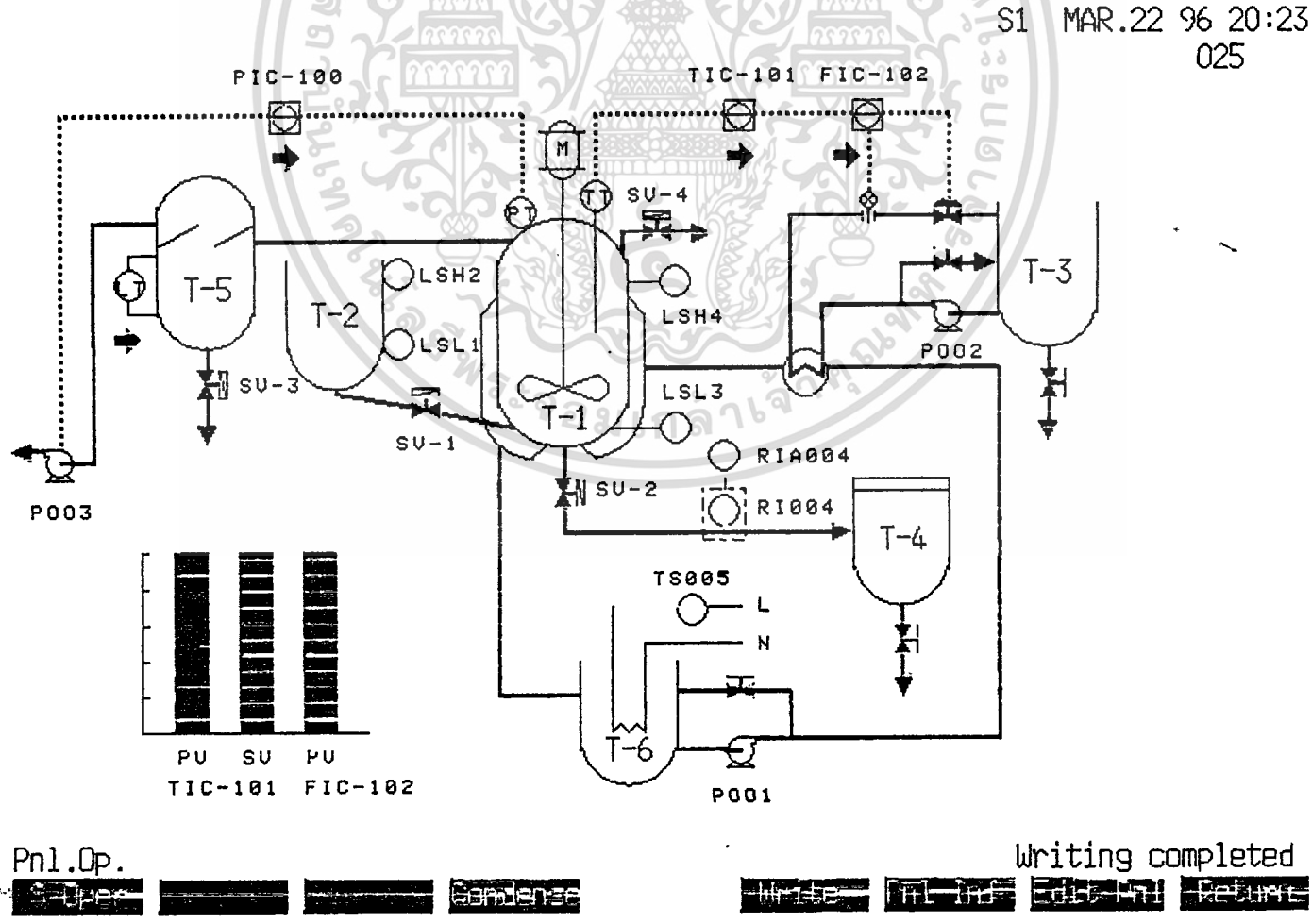
1. วาดโครงร่างของตัว Graphic Panel จาก P & I Diagram ลงใน Spec. Sheet จนได้ขนาดที่พอเหมาะ

2. แบ่งแต่ละส่วนของโครงสร้างเป็นส่วนย่อยดังนี้

   1. Pattern Block (valve , pump , transmitter)
   2. ส่วนของถัง
   3. ส่วนของท่อน้ำ
   4. ส่วนของสัญญาณ
   5. ส่วนของข้อมูลที่นำแสดง

3. ทำการวาดแต่ละส่วนที่ได้แบ่งไว้บนจอ Graphic Builder ตามตำแหน่งที่ต้องการจนหมดทุกส่วน โดยเริ่มจากการสร้าง Primative แต่ละตัว แล้วสร้าง Primative ที่เหลือจนเสร็จเป็น 1 Segment แล้วสร้าง Segment ที่เหลือจนเสร็จเป็น 1 Panel

ซึ่งสามารถวาดได้ดังนี้



4. ไปที่ Panel Information แล้วสร้าง Face Plate ใส่ Instrument ลงใน Soft Key Def. หรือกำหนดให้ Soft Key สามารถเรียกหน้าต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในหน้า Graphic ได้ โดยกำหนดดังนี้

S1 MAR.20 96 18:41
025

Panel Information

Panel No.	Comment	Date	Sector
025	[redacted]	96-03-19 21:42	27/160

User Program
[redacted]

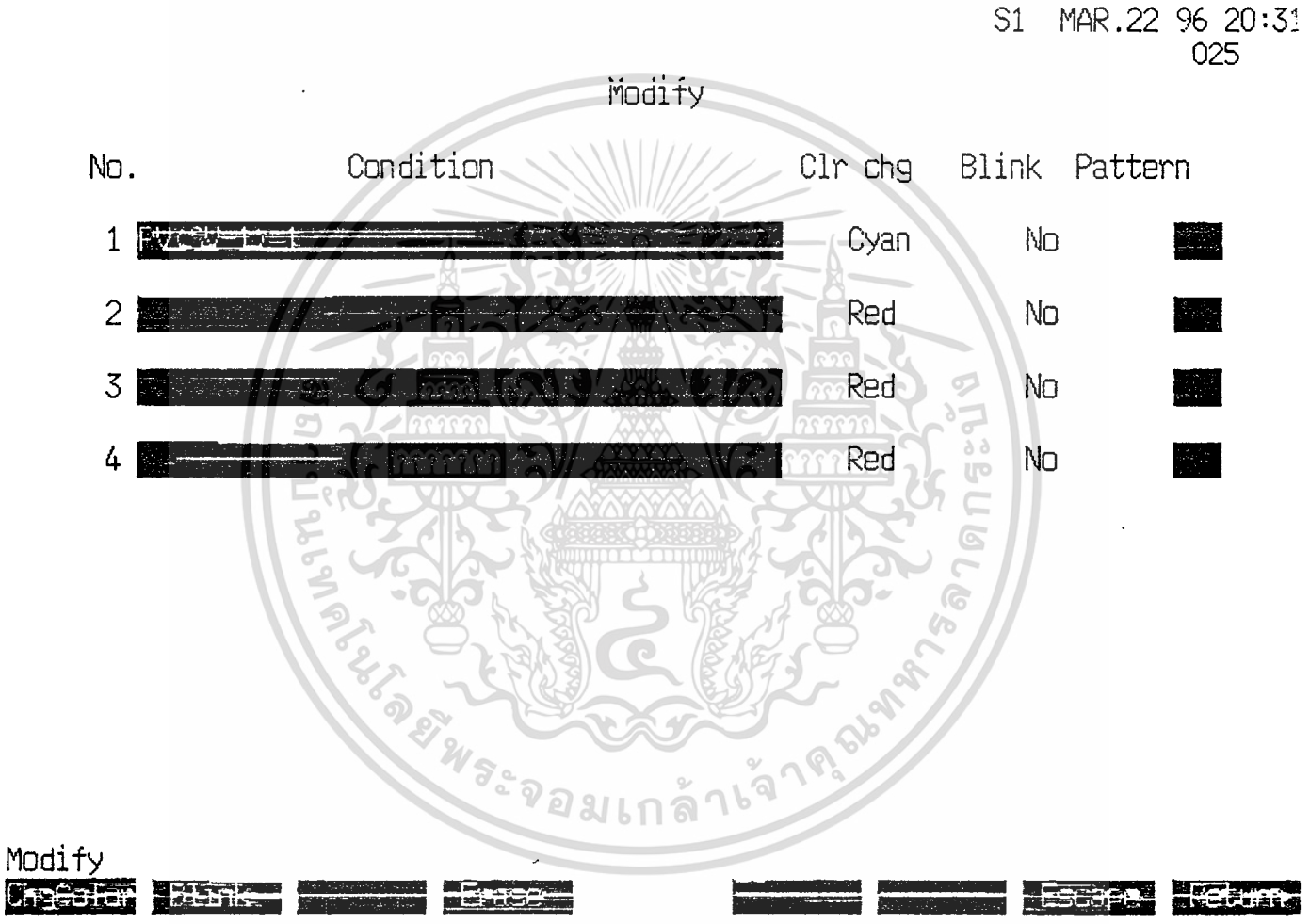
Soft Key Def.

	Label	Attribs	Contents
F1	.OV0005	Panel	%OV0005
F2	.CG0017	Panel	%CG0017
F3	.CG0018	Panel	%CG0018
F4			
F5			
F6			
F7			
F8	INSTR	Instr	

Pnl.Info
[redacted] Pattern [redacted] Escape Return

5. ในหน้า Graphic เราสามารถ Modified แต่ละ primative ให้มีการเปลี่ยนสีหรือมีการเตือน (กระพริบ) เมื่อตรงกับเงื่อนไขที่เรากำหนดขึ้น เช่น ให้ Solenoid valve (SV-1) เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีฟ้า เมื่อมีสัญญาณมาเปิด Valve (เมื่อ Valve เปิด Valve ในหน้า Graphic จะเปลี่ยนเป็นสีฟ้า) เป็นการทำให้ Operator ทราบสถานะการทำงานของแต่ละอุปกรณ์ได้

ซึ่งแสดงการ Modified ได้ดังนี้



วิธีการสร้าง Overview Panel

1. พิจารณาว่าในระบบนั้นมี Panel หรือ Instrument ใดที่เกี่ยวข้องด้วยทั้งหมดที่เป็นไปได้

2. พิจารณาว่าในส่วนใดไม่ควรนำมาแสดงและส่วนใดควรแสดงก่อนหลัง

3. จัด Panel หรือ Instrument ที่ต้องการทั้งหมดลงใน Overview Panel Definition

(Overview ใน 1 หน้าประกอบด้วยบล็อกย่อยๆ 28 บล็อก โดยในแต่ละบล็อกสามารถกำหนดข้อความต่างๆ เพื่อเป็น comment และบอกให้ทราบว่าใน Process มีอะไรอยู่บ้าง มีตัวควบคุมอะไรบ้าง , กลุ่มของตัวควบคุมอยู่ที่หน้าใดหรือ Graphic ของกระบวนการอยู่ที่หน้าใด และบล็อกที่ถูกกำหนดเป็นตัวควบคุมสามารถเปลี่ยนสีได้เมื่อเกิด alarm รวมทั้งพลิกไป Panel ตามที่มีอยู่ใน บล็อกได้)

แสดงได้ดังนี้

LIT-105 LEVEL INDICATE NR S1 MAR.20 96 18:27
Overview Panel Definition PAGE:005/016
P Name %OV0005
Panel Comment [redacted]

	Cmnt/Tag/Pnl Related Panel		Cmnt/Tag/Pnl Related Panel		Cmnt/Tag/Pnl Related Panel		Cmnt/Tag/Pnl Related Panel
1	*BATCH PROCESS 1	8	*BATCH PROCESS 2	15		22	
2	%CG0017 %CG0017	9	%CG0018 %CG0018	16		23	
3	PIC-100 PIC-100	10	TIC-101 TIC-101	17		24	
4	%TG0012 %TG0012	11	FIC-102 FIC-102	18		25	
5	%GR0025 %GR0025	12	%TG0013 %TG0013	19		26	
6	%TG0090 %TG0090	13	LIT-105 LIT-105	20		27	
7		14	%TG0025 %TG0025	21		28	

Comment : *

[redacted]

วิธีสร้าง Control Group Panel

1. ดูว่า Instrument แต่ละตัวในกระบวนการมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

2. ลำดับขั้นตอนการทำงานของ Instrument แต่ละตัวสัมพันธ์กันอย่างไร ซึ่ง Instrument ที่เกี่ยวข้องกันควรแสดงไว้ใกล้เคียงกันเพื่อง่ายต่อการดำเนินการ

3. พิจารณาว่าต้องการแสดง Instrument อะไรบ้าง

4. นำสิ่งที่ควรจะแสดงและ Instrument ที่สัมพันธ์กันมาสร้างอยู่ใน Control Group เดียวกันใน Control Group Panel Definition

(Control Group Panel ใช้แสดงลักษณะเฉพาะของแต่ละ Instrument เราเรียก Instrument Face Plate ซึ่งแสดงสถานะของกระบวนการใน 1 หน้า แสดงได้ 8 tag และสามารถปรับแต่งค่าที่ Face Plate ได้ ในขณะที่กำลังแสดงค่าต่างๆ ในกระบวนการอยู่ ซึ่งโดยส่วนใหญ่เป็นกระบวนการแบบต่อเนื่องซึ่งเมื่อเรียกหน้านี้ขึ้นมาดูคล้ายกับว่าเรายืนอยู่หน้า Panel Board ที่ประกอบด้วย Instrument ต่างๆ)

แสดงได้ดังนี้

S1 MAR.28 96 23:42

Control Group Panel Definition

PAGE:003/060

Panel	%CG0017		%CG0019		%CG0021		%CG0023	
Comment	[redacted]							
Tag No./ Trend Point	1	BSS-106	1	LAG-0004	1		1	
	2	CDS-107	2		2		2	
	3	TM-100	3		3		3	
	4	PIC-100	4		4		4	
	5	PSM-100	5		5		5	
	6	*%TG0012,1,2,3	6		6		6	
	7		7		7		7	
	8	PDS-103	8		8		8	
Panel	%CG0018		%CG0020		%CG0022		%CG0024	
Comment	BATCH PROCESS 2							
Tag No./ Trend Point	1	*%TG0013,1,2,3	1		1		1	
	2	TSM-101	2		2		2	
	3	TIC-101	3		3		3	
	4	FIC-102	4		4		4	
	5	FSM-102	5		5		5	
	6	*%TG0013,6,7,8	6		6		6	
	7	LIT-105	7		7		7	
	8	%AN0005U01	8		8		8	

Trend Recording Pts: *[Tag No.] *%TGnnnn[,p1,p2,p3] (Pen No. pi=1-8)

[redacted]

วิธีการสร้าง Trend Record Definition

ใช้สำหรับบันทึกข้อมูลของกระบวนการมี 4 ประเภท ดังนี้

1. Turnning Trend

2. Real Time Trend เป็นการบันทึกค่าจากกระบวนการโดยมีช่วงเวลาของการบันทึกถึง 4 ชั่วโมง 10 นาที ช่วงเวลา sampling 10 นาที ทำให้สามารถย้อนกลับไปดูข้อมูลของกระบวนการได้ 4 ชั่วโมง 10 นาที

3. Historical Trend การบันทึกข้อมูลลักษณะนี้สำหรับการดูข้อมูลย้อนกลับไปเป็นเวลานาน (ได้ถึง 250 ชั่วโมง) ข้อมูลนี้จะถูกเก็บไว้ใน hard disk ส่วนข้อมูลก่อนหน้านี้จะถูกลบออกไป

4. Batch Trend เป็นฟังก์ชั่นการบันทึกข้อมูลของกระบวนการแบบ Batch จะเริ่มต้นด้วยการรับคำสั่งสตาร์จจากภายนอก เช่นมาจาก Control Unit โดยการบันทึกจะมีการกำหนดช่วงเวลาที่แน่นอนและข้อมูลจะถูกเก็บไว้ใน hard disk โดยปราศจากการลบ แต่จะถูกลบเมื่อมีการใช้คำสั่งสตาร์จ Batch อีกครั้ง

พิจารณาจากตาราง 1.4

Name	Data Sampling system	Recording Time		Data Sampling period	Number of Recording Points		Recording Pen Assignment	Trend Panel Display Page	
					Type S	Type E Type A		Type S	Type E Type A
Real-time trend	Rotary system	250 minutes		10 seconds	128 points	128 points	Trend panel	Page 1 to 16	Page 1 to 16
Historical trend (Note)	Rotary system	25 hours		1 minute	256 points	521 points	Trend configuration defination builder	Page 17 to 48	Page 17 to 48
		50 hours		2 minutes					
		125 hours		5 minutes					
		250 hours		10 minutes					
Batch trend (Note)	Batch system	Reference pattern not provided	Reference pattern provided		128 points	256 points	Trend configuration builder	Page 81 to 96	Page 81 to 112
		25 hours	12.5 hours	1 minutes					
		50 hours	25 hours	2 minutes					
		125 hours	62.5 hours	5 minutes					

ตาราง 1.4 ชนิดต่างๆ ของ Trend

วิธีการสร้าง Trend Record Panel

1. พิจารณาว่าสัญญาณที่จะทำการบันทึกมีค่าอะไรบ้าง เป็นค่าของ Instrument ตัวใด
2. ดูว่าสัญญาณในส่วนใดควรจะอยู่กับสัญญาณอะไร
3. ทำการสร้าง Pen Assignment ใน Trend Record Definition ให้ครบตามที่ทำไว้

โดยในกระบวนการจะทำการบันทึกค่าต่าง ๆ ใน Historical trend ดังนี้

Comment

LIT-105 LEVEL INDICATE NR S1 MAR.20 96 18:25

Trend Record Definition (Pen Assignment) PAGE:002/012

Type	HISTORY	Scan Period 1M	Time Span 25H	No.of Pens 128
Panel	%TG0025	%TG0027	%TG0029	%TG0031
Comment	[illegible]			
Pens	1 PV (PIC-100) 2 SV (PIC-100) 3 MV (PIC-100) 4 PV (TIC-101) 5 SV (TIC-101) 6 MV (TIC-101) 7 PV (FIC-102) 8 MV (FIC-102)	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8
Panel	%TG0026	%TG0028	%TG0030	%TG0032
Comment				
Pens	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8	1 2 3 4 5 6 7 8

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]

วิธีการสร้าง Sequence Element Instrument specification

1. พิจารณาดูว่าในกระบวนการต้องการใช้ Internal Switch กี่ตัว มีตัว Timer / Counter หรือไม่ มีการใช้ DI (Digital Input) หรือ DO (Digital output)

2. สำหรับ Internal Switch (%Swnnnn) มีตั้งแต่ %SW0000 - %SW0511 แต่ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ตั้งแต่ %SW0256 - %SW0511

3. พิจารณาว่า switch ที่เราเลือกใช้มีกี่สภาวะ ต้องการให้แสดงสภาวะอะไรบ้าง โดยกำหนดที่ Operation Mark Definition

โดยในกระบวนการมีการเลือกใช้ Internal Switch ดังนี้

S1 MAR.21 96 13:54

Sequence Element Spec (Int SW) SpareLsts= 5857 UNIT:01(File) PAGE:018/052

	Int SW	Tag No.	Tag Comment	Cmnt No	D/R	Level	
	%SW0340		(U01)	1	D	3	
	%SW0341		(U01)	1	D	3	
	%SW0342		(U01)	1	D	3	
	%SW0343		(U01)	1	D	3	
	%SW0344		(U01)	1	D	3	
	%SW0345		(U01)	1	D	3	
	%SW0346		(U01)	1	D	3	
	%SW0347		(U01)	1	D	3	
	%SW0348		(U01)	1	D	3	
	%SW0349		(U01)	1	D	3	
	%SW0350	ESW-0015	BATCH START	7	D	3	
	%SW0351		(U01)	1	D	3	
	%SW0352	PRS-0027	PROCESS SELECTOR	9	R	3	
	%SW0353	ISW-005A	B. STARTPAGE 083	0	D	3	
	%SW0354	ISW-005B	B. STOP PAGE 083	0	D	3	
	%SW0355	[illegible]	START BATCH	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
	%SW0356	CDS-107	START DISCHARG	3	D	3	
	%SW0357		(U01)	1	D	3	
	%SW0358		(U01)	1	D	3	
	%SW0359		(U01)	1	D	3	

Enter | INT.SW | DI | DO | [illegible] | Timer | Enter No | Set

และกำหนดให้มีสัญญาณ DI ซึ่งมาจาก Level Switch เป็นการเช็คระดับน้ำในถัง T-1 ,T-2 และสัญญาณการตอบกลับจากการเปิดของ Pump และ หลอด UV (RI004)

ส่วนสัญญาณ DO จะทำการส่งไปเปิด Solenoid Valve และอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งกำหนดดังนี้

S1 MAR.21 96 13:57

Sequence Element Spec (DI) Spare Lists = 5857 UNIT:01(File) PAGE:001/026

DI	Tag No.	Tag Comment	Cmnt No	D/R	Level
%DI0000		(U01)	1	D	3
%DI0001		(U01)	1	D	3
%DI0002		(U01)	1	D	3
%DI0003		(U01)	1	D	3
%DI0004		(U01)	1	D	3
%DI0005		(U01)	1	D	3
%DI0006		(U01)	1	D	3
%DI0007		(U01)	1	D	3
%DI0008		(U01)	1	D	3
%DI0009		(U01)	1	D	3
%DI0010		(U01)	1	D	3
%DI0011		(U01)	1	D	3
%DI0012		(U01)	1	D	3
%DI0013		(U01)	1	D	3
%DI0014		(U01)	1	D	3
%DI0015		(U01)	1	D	3
%DI0016	LSL-1	LSL-1 ON	1	D	3
%DI0017	LSH-2	LSH-2 ON	1	D	3
%DI0018	LSL-3	LSL-3 ON	1	D	3
%DI0019	LSH-4	LSH-4 ON	1	D	3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

S1 MAR.21 96 14:00

Sequence Element Spec (DO) SpareLsts= 5857 UNIT:01(File) PAGE:001/026

	DO	Tag No.	Tag Comment	Cmnt No	D/R	Level	
	%DO0000		(U01)	1	D	3	
	%DO0001		(U01)	1	D	3	
	%DO0002		(U01)	1	D	3	
	%DO0003		(U01)	1	D	3	
	%DO0004		(U01)	1	D	3	
	%DO0005		(U01)	1	D	3	
	%DO0006		(U01)	1	D	3	
	%DO0007		(U01)	1	D	3	
	%DO0008		(U01)	1	D	3	
	%DO0009		(U01)	1	D	3	
	%DO0010		(U01)	1	D	3	
	%DO0011		(U01)	1	D	3	
	%DO0012		(U01)	1	D	3	
	%DO0013		(U01)	1	D	3	
	%DO0014		(U01)	1	D	3	
	%DO0015		(U01)	1	D	3	
	%DO0016		(U01)	1	D	3	
	%DO0017	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	[redacted]	
	%DO0018	SV-3	SV-3 ON	1	D	3	
	%DO0019	SV-4	SV-4 ON	1	D	3	

[redacted] [redacted] [redacted] [redacted] [redacted] [redacted] [redacted] [redacted]

วิธีการสร้าง Sequence Relation Expression Definition (%RLnnnn)

1. พิจารณาว่ามีเงื่อนไขใดบ้างที่ต้องการใช้เป็นความสัมพันธ์ในทางคณิตศาสตร์เพื่อทำให้เกิดการทำงานใน Sequence

2. ทำการสร้างเงื่อนไขการเปรียบเทียบระหว่าง X กับ Y ใน Sequence ซึ่งสามารถเปรียบเทียบได้ดังนี้

EQ : X = Y

GT : X > Y

GE : X > Y

LT : X < Y

LE : X < Y

ซึ่งในกระบวนการกำหนดใช้ %RLnnnn ดังนี้

S1 MAR.21 96 14:04

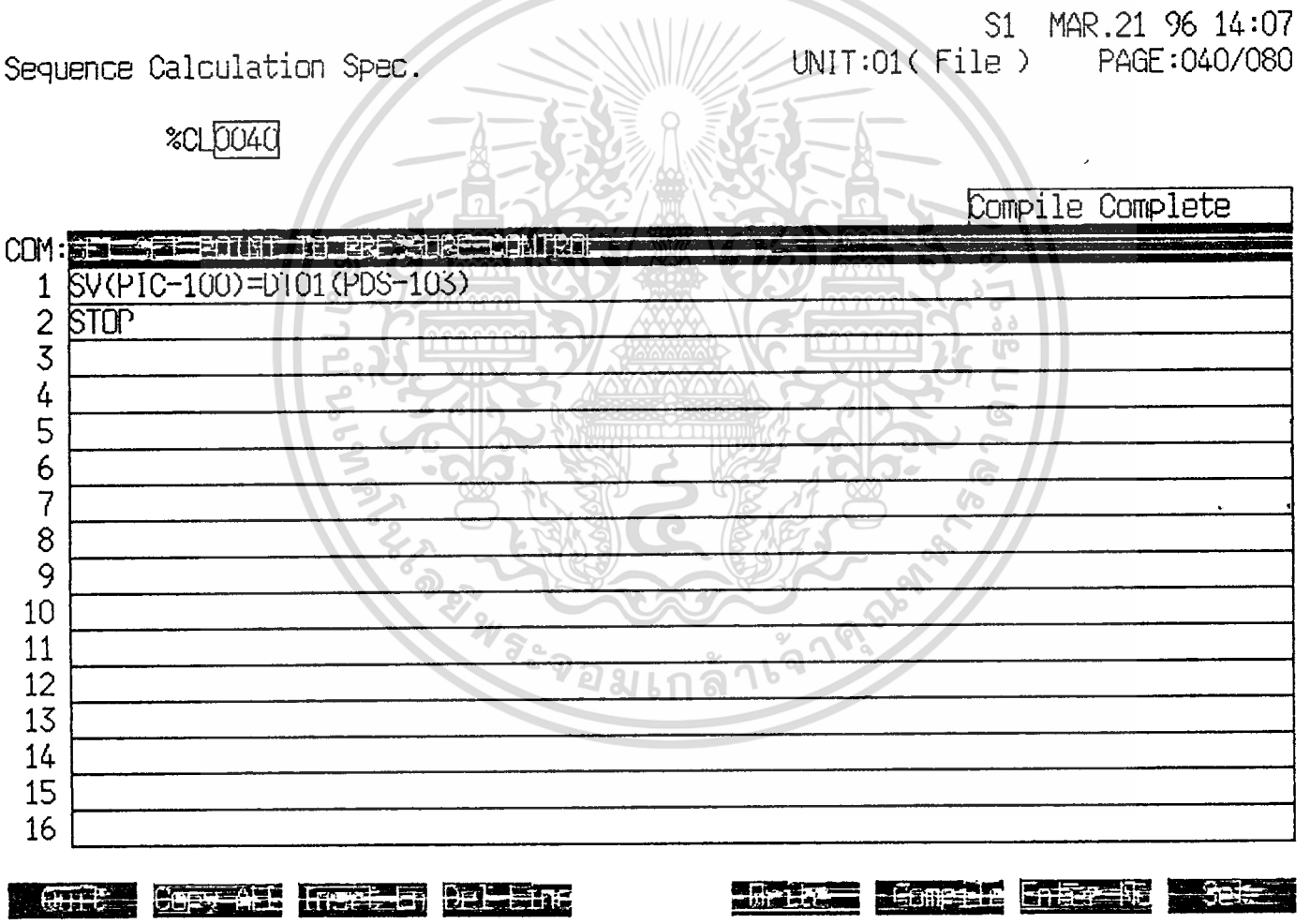
Sequence Relational Expression Spec. UNIT:01(File) PAGE:001/004

No.	Comment	X	:	Y
%RL0001	REACTOR TEMP CNT	DV (TIC-0011)	:	-5.0
%RL0002	REACTOR TEMP CNT	DV (TIC-0011)	:	5.0
%RL0003			:	
%RL0004			:	
%RL0005	REACTOR TEMP CNT	[redacted]	:	[redacted]
%RL0006	LEVEL INDICATE	PV (LIT-105)	:	80.0
%RL0007			:	
%RL0008			:	
%RL0009			:	
%RL0010			:	
%RL0011			:	
%RL0012			:	
%RL0013			:	
%RL0014			:	
%RL0015			:	
%RL0016			:	
%RL0017			:	
%RL0018			:	
%RL0019			:	
%RL0020			:	

[redacted]

วิธีการสร้าง Sequence Computation Expression Specification (%CLnnnn)

ใช้ในการคำนวนเพื่อเป็นการกำหนดเงื่อนไขการทำงานในตาราง Sequence แต่ในกระบวนการนี้ใช้เพื่อการ set ค่าให้กับตัวควบคุมและกำหนดค่า PID ต่างๆ โดยใช้ Instrument ที่ชื่อ Batch Data Set Unit เป็นตัวเก็บค่าที่ต้องการจะกำหนดเพื่อใหระบบทำงานตามเงื่อนไขของ Sequence ซึ่งจะกำหนด %CLnnnn ดังนี้



S1 MAR.21 96 14:08

Sequence Calculation Spec. UNIT:01(File) PAGE:041/080

%CL 0041

Compile Complete

COM: [illegible]

1	I(PSM-100)=DT02(PDS-103)
2	I(TSM-101)=DT03(PDS-103)
3	I(FSM-102)=DT04(PDS-103)
4	I(LLS-105)=DT05(PDS-103)
5	STOP
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	

Write Copy-ALL Insert-Ln Del-Line Write Compile Enter-No Set

วิธีการสร้าง Operator Guide Message Specification (%OGnnnn)

เป็นข้อความที่เตือนหรือบอกในกระบวนการซึ่งจะเกิดเมื่อเงื่อนไขเป็นจริง

1. พิจารณาดูว่าในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ มีขั้นตอนใดบ้างที่สำคัญ อยากที่จะให้มีการเตือนหรือบอกแก่ Operator ว่าในขณะนี้กระบวนการกำลังดำเนินการถึงขั้นตอนใดอยู่

2. เขียนข้อความที่อยากให้แสดงในแต่ละขั้นตอน ซึ่งกำหนดว่าห้ามเกิน 50 ตัวอักษร และสามารถเลือกสีที่ต้องการให้แสดงข้อความได้อีกด้วย

ซึ่งในกระบวนการต้องการให้มี %OGnnnn ดังนี้

S1 MAR.21 96 14:17

Operation Guide Message Spec. UNIT:01(File) PAGE:001/005

No.	Message	Rel.Disp.	Col
%OG0001	[illegible]	%CG0016	G
%OG0002	LOADING MATERIAL IN THE REACTOR	%CG0017	M
%OG0003	HEATING MATERIAL IN THE REACTOR	%CG0017	C
%OG0004	EVAPORIZING THE PROCESS IN THE REACTOR	%CG0017	Y
%OG0005	PROCESS FINISH PREPARE DISCHARGE	%CG0017	R
%OG0006	DISCHARGE PRODUCT FROM THE REACTOR	%CG0017	W
%OG0007	BATCH PROCESS STOP	%CG0017	B
%OG0008	.OG0008		G
%OG0009	.OG0009		G
%OG0010	.OG0010		G
%OG0011	BATCH REACTOR PROCESS HEATING STARTED	%CG0001	R
%OG0012	BATCH REACTOR PROCESS REACTING STARTED	%CG0001	M
%OG0013	BATCH REACTOR PROCESS COOLING STARTED	%CG0001	C
%OG0014	BATCH REACTOR PROCESS BATCH ENDED	%CG0001	G
%OG0015	ANSWERBACK SIGNAL RECEIVED, VALVE IS NORMAL	%CG0016	G
%OG0016	ANSWERBACK SIGNAL NOT RECEIVED, VALVE IS ABNORMAL	%CG0016	R
%OG0017	.OG0017		G
%OG0018	.OG0018		G
%OG0019	.OG0019		G
%OG0020	.OG0020		G

RED:R
GREEN:G
YELLOW:Y
BLUE:B
MAGENTA:M
CYAN:C
WHITE:W

			ST005															
			Rule no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Symbol	Step no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11		12	13	
			Comment																
	c01	BSS-106	Batch process start	Y								N							
	c02	LSL-1	LSL-1 on	N			Y												
	c03	LSH-2	LSH-2 on	Y		N													
	c04	LSL-3	LSL-3 on	Y		Y	N					Y			N				
	c05	LSH-4	LSH-4 on	N								N			Y				
	c06	TM-001,HI	Timer stop		Y														
	c07	%RL 0005,GT	DV (TIC-101) >-5					Y											
	c08	LIT-105,3,HI	Level trans alarm						Y										
	c09	P 003 A	P003 stop							Y									
	c10	RI 004 A	RI 004 on								Y						N		
	c11	%RL 0006,LT	DV (TIC-101) < 5										Y						
	c12	CDS-107	Start discharge															Y	
	A01	%OG 0001	Batch process start	Y															
	A02	%RQ 0030	Start B trend	Y															
	A03	HT 001,H	Heater on	Y					N										
	A04	TM-001	Start timer	Y															
	A05	%CL 0040	SV (PIC 100)		Y														
	A06	%CL 0041	set I parameter		Y														
	A07	PIC 100,S,AUT	PIC 100 control		Y														
	A08	SV-1,H	SV-1 on		Y		N								N				
	A09	%OG 0002	Material load		Y														
	A10	P 001,H	P 001 on			Y							N						
	A11	P 002,H	P002 on			Y							N						
	A12	M1,H	M1 start			Y						N							
	A13	%CL 0042	SV (TIC 101)			Y													
	A14	TIC 101,S,AUT	TIC 101 control			Y													
	A15	PIC 102,S,AUT				Y													
	A16	PIC 102,S,CAS	PIC 102 cascade			Y													
	A17	%OG 0003	Heat material			Y													
	A18	%OG 0004	evaporation					Y											
	A19	%CL 0043	set LIT 105					Y											
	A20	LTS 105,S,AUT						Y											
	A21	PIC 100,MV,0	Stop CNT pressure						Y										
	A22	%OG 0005	Proess finish						Y										
	A23	%CL 0050	set SV (TIC 101)							Y									
	A24	SV-4,H	SV-4 on							Y		N							
	A25	SV-3,H	SV-3 on							Y		N							
	A26	RI 004,H	RI 004 on							Y		N							
	A27	%CL 0044	set LIT =0							Y									
	A28	SV-2,H	SV-2 on								Y	N						Y	
	A29	%OG 0006	discharge								Y							Y	
	A30	%AN 0005,HI	discharge by switch														Y		
	A31	%RQ 0031	Stop B trend										Y						
	A32	%OG 0007	Batch process stop										Y						
			then	1	3	4	5	6	7	8	9	10	1		5		13	9	
			else				1				12				4				

วิธีการสร้าง Sequence Table

1. กำหนดว่าจะทำการสร้าง Sequence Table ที่หน้าใด และกำหนดโหมดการทำงานของตาราง Sequence

2. พิจารณาขั้นตอนการทำงานของกระบวนการและทำการเช็ค Interlock ต่างๆ ซึ่งสัมพันธ์กับการทำงานของอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ

3. เขียน Condition และ Action ที่เกิดขึ้น ให้ทำตามขั้นตอนการทำงาน โดยการทำงานจะเกิดขึ้นตามลำดับก่อนหลังเป็น step

จากขั้นตอนการทำงานสามารถเขียน Sequence Table ได้ดังนี้

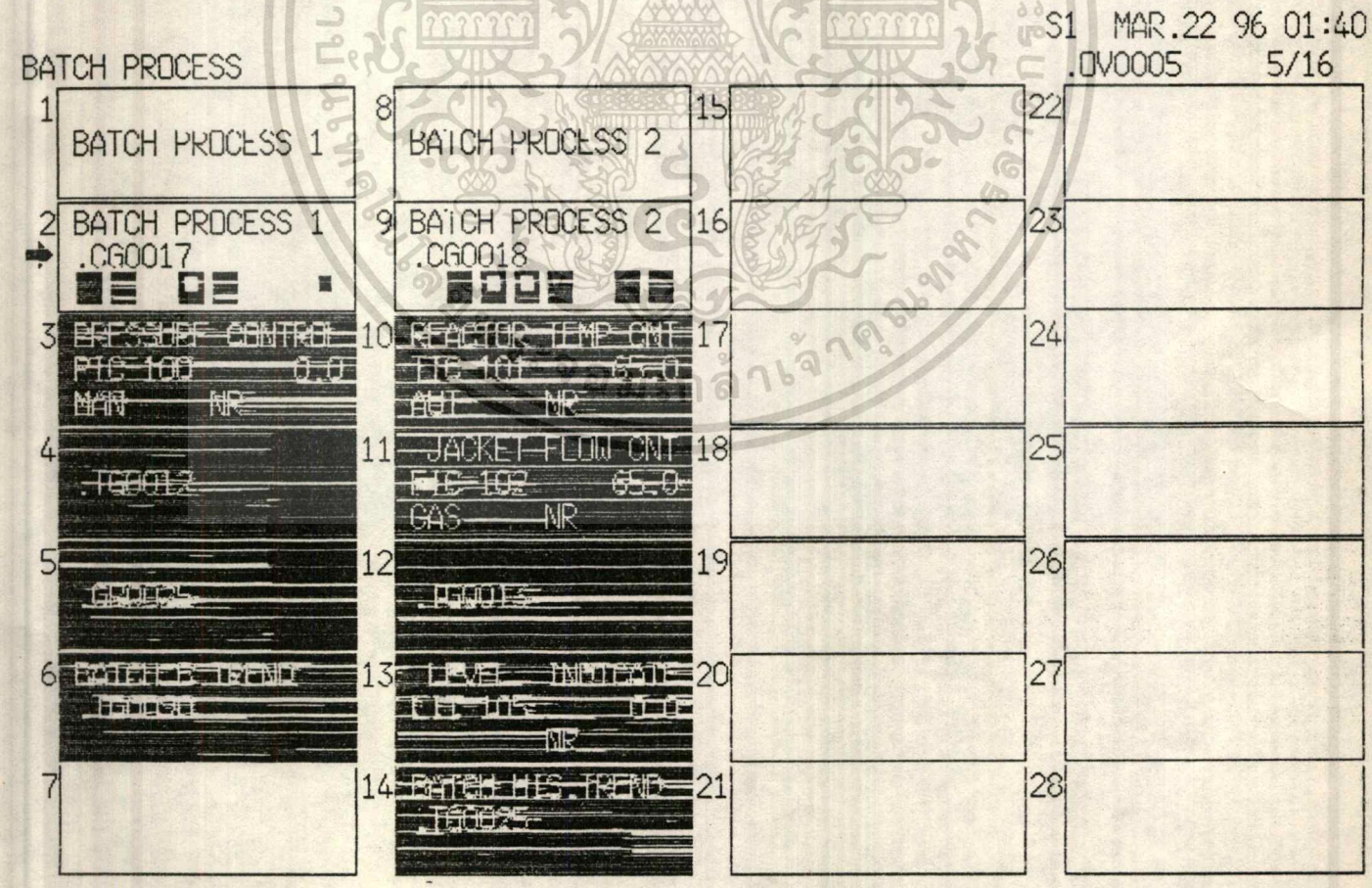
```
                                                                  S1  MAR.28 96 23:11
Sequence Table Spec.(Sheet Detail)                  UNIT:01(Target)     PAGE:005/040
   %ST0005  Y LT              < >                  |1... 5... 9...13...17...21...25...29...
                                            STEP    |1234 5678 90.. 01.. 123. .... .... ...3
-------------------------------------------------------------------------------------------
C01 BSS-106          BATCH START                    |Y... .... N... .... .... .... .... ....
C02 LSL-1            LSL 1 ON                       |N..Y .... .... .... .... .... .... ....
C03 LSH-2            LSH 2 ON                       |Y.N. .... .... .... .... .... .... ....
C04 LSL-3            LSL 3 ON                       |Y.YN .... Y... .N.. .... .... .... ....
C05 LSH-4            LSH 4 ON                       |N... .... N... .Y.. .... .... .... ....
C06 TM-100,HI                                       |.Y.. .... .... .... .... .... .... ....
C07 %RL0005,GT       DV(TIC-101) > -5               |.... Y... .... .... .... .... .... ....
C08 LIT-105,S,HI     LEVEL TRANS.ALARM              |.... .Y.. .... .... .... .... .... ....
-------------------------------------------------------------------------------------------
A01 %OG0001          BATCH PROCESS START            |Y... .... .... .... .... .... .... ....
A02 %RQ0030          START B. TREND                 |Y... .... .... .... .... .... .... ....
A03 HT001,H          HEATER ON                      |Y... .N.. .... .... .... .... .... ....
A04 TM-100           START TIMMER                   |Y... .... .... .... .... .... .... ....
A05 %CL0040          SV(PIC-100)                    |.Y.. .... .... .... .... .... .... ....
A06 %CL0041          SET I PARAMETER                |.Y.. .... .... .... .... .... .... ....
A07 PIC-100,S,AUT    PIC-100 CONTROL                |.Y.. .... .... .... .... .... .... ....
A08 [illegible]      [illegible]                    |[illegible]
                                            THEN    |2345 6789 01.. .5.. .39. .... .... ....
                                            ELSE    |...1 ...2 .... .4.. .... .... .... ....

[illegible] [illegible] [illegible] [illegible]                [illegible] [illegible] [illegible] [illegible]
```

ผลการทดลอง

จากการสร้างส่วนต่างๆ ของการควบคุมระบบการทำน้ำผลไม้ดังกล่าว จะนำโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาทำการทดสอบการใช้งาน ซึ่งการใช้งานจะใช้การ Simulate สัญญาณที่เกิดจาก Transmittter และสัญญาณที่ไป ควบคุม Final Element โดยใช้ Instrument ที่ชื่อว่า LAG และการดูว่าโปรมแกรมทำงานได้ตามขั้นตอนหรือไม่นั้นจะดูจากการสว่างของไฟที่ไปควบคุมการเปิด - ปิดของอุปกรณ์พวก pump ,motor , solenoid valve ที่ card ST5 และได้ทำการใช้การโยกสวิทช์ที่ card ST5 เป็นสัญญาณที่ส่งมาจาก Level Switch ต่างๆ

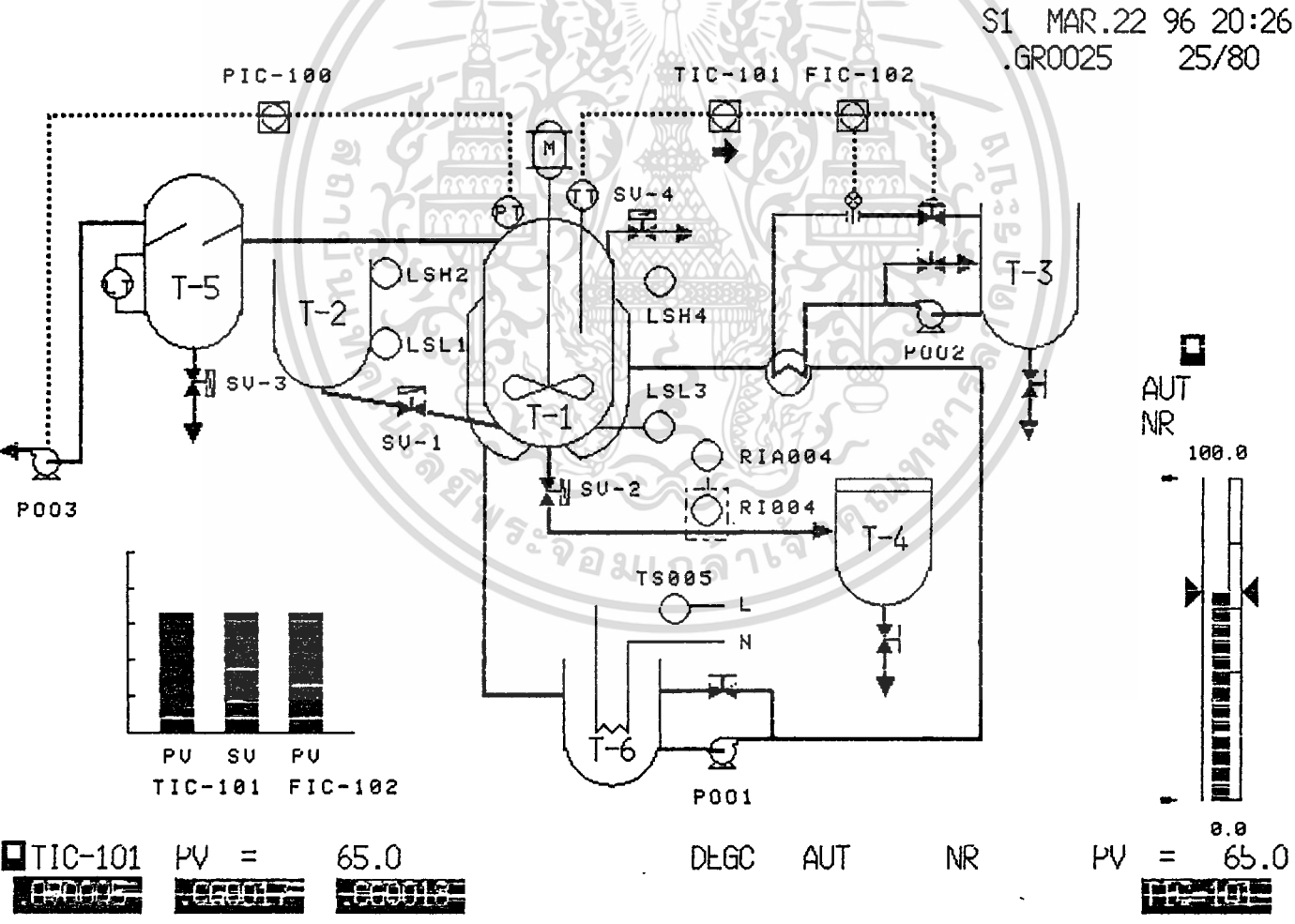
การทดสอบการทำงานจะดูการควบคุมของตัว Controller ว่าทำงานตามขั้นตอนการทำงานที่เราต้องการหรือไม่ ซึ่งขั้นตอนการทำงานเราได้กำหนดขึ้นในการทำ Sequence Table พร้อมกับการดูว่ามี Operator Guide แสดงเหตุการณ์ตรงกับการทำงานของตัว Controller และอุปกรณ์อื่นๆ หรือไม

โดยสามารถมองภาพโดยรวมของกระบวนการนี้ได้จากหน้า Overview Panel



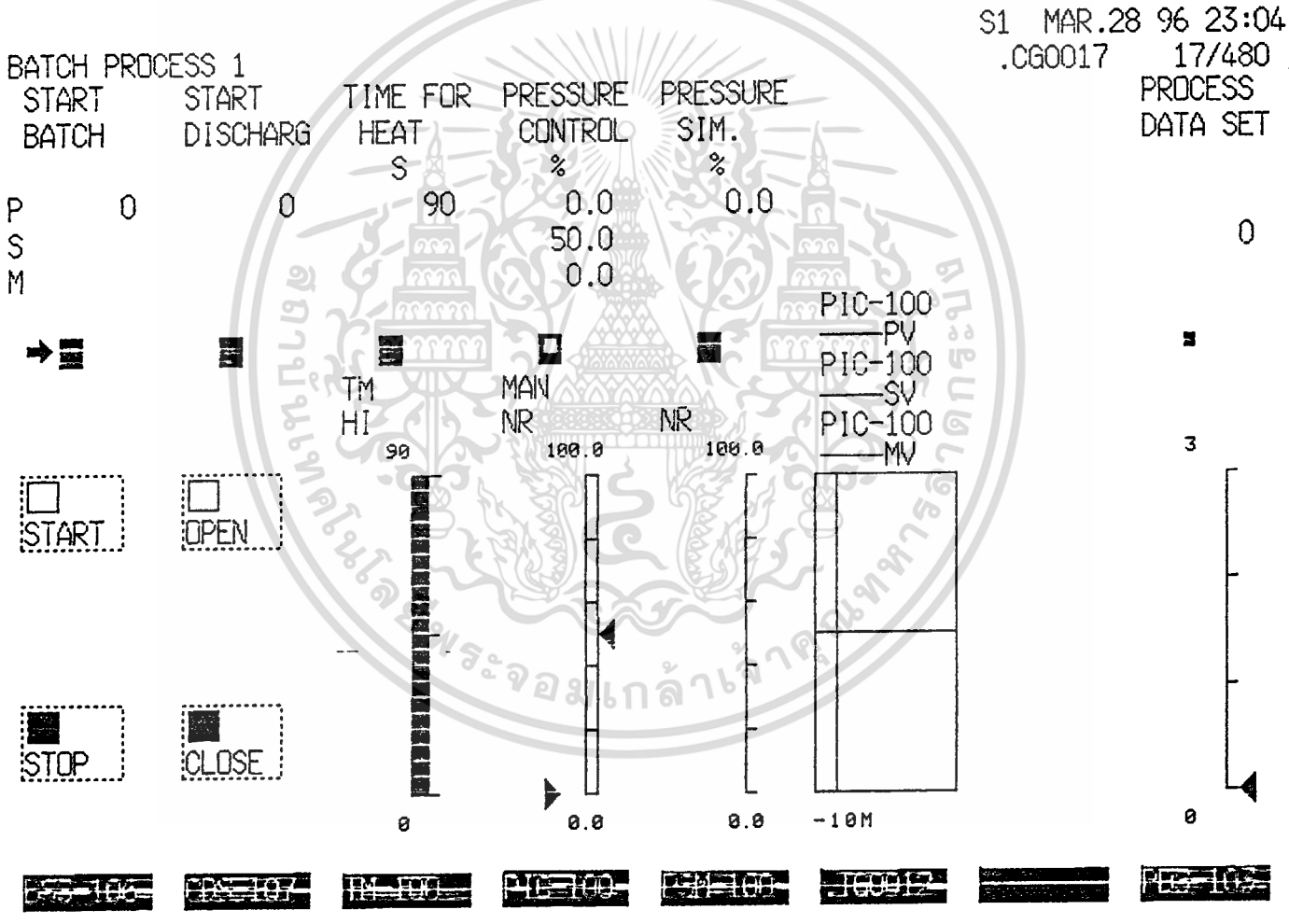
จากหน้า Overview Panel ซึ่งสามารถมองภาพรวมของกระบวนการได้แล้ว ถ้าเราต้องการทราบว่าในกระบวนมีอุปกรณ์ใดบ้างที่เกี่ยวข้องกับการทำงานและมีตัวควบคุมกี่ตัวที่ใช้ในการควบคุมให้กระบวนการทำงานได้ตามขั้นตอนที่เรากำหนด เราสามารถดูได้จากหน้า Graphic ซึ่งจะแสดงรายละเอียดเป็นรูปภาพเป็นการเขียนสัญลักษณ์ตามมาตรฐาน โดยในหน้านี้สามารถเรียก Instrument Face Plate ของตัวควบคุมและ Instrument อื่นๆ ที่สำคัญได้โดยการเลื่อน cursor เลือก Instrument ที่ต้องการแล้วจึงทำการกด Enter และยังสามารถเรียกหน้าอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการได้โดยการกด Soft Key ให้ตรงกับหน้าที่ต้องการจะดู

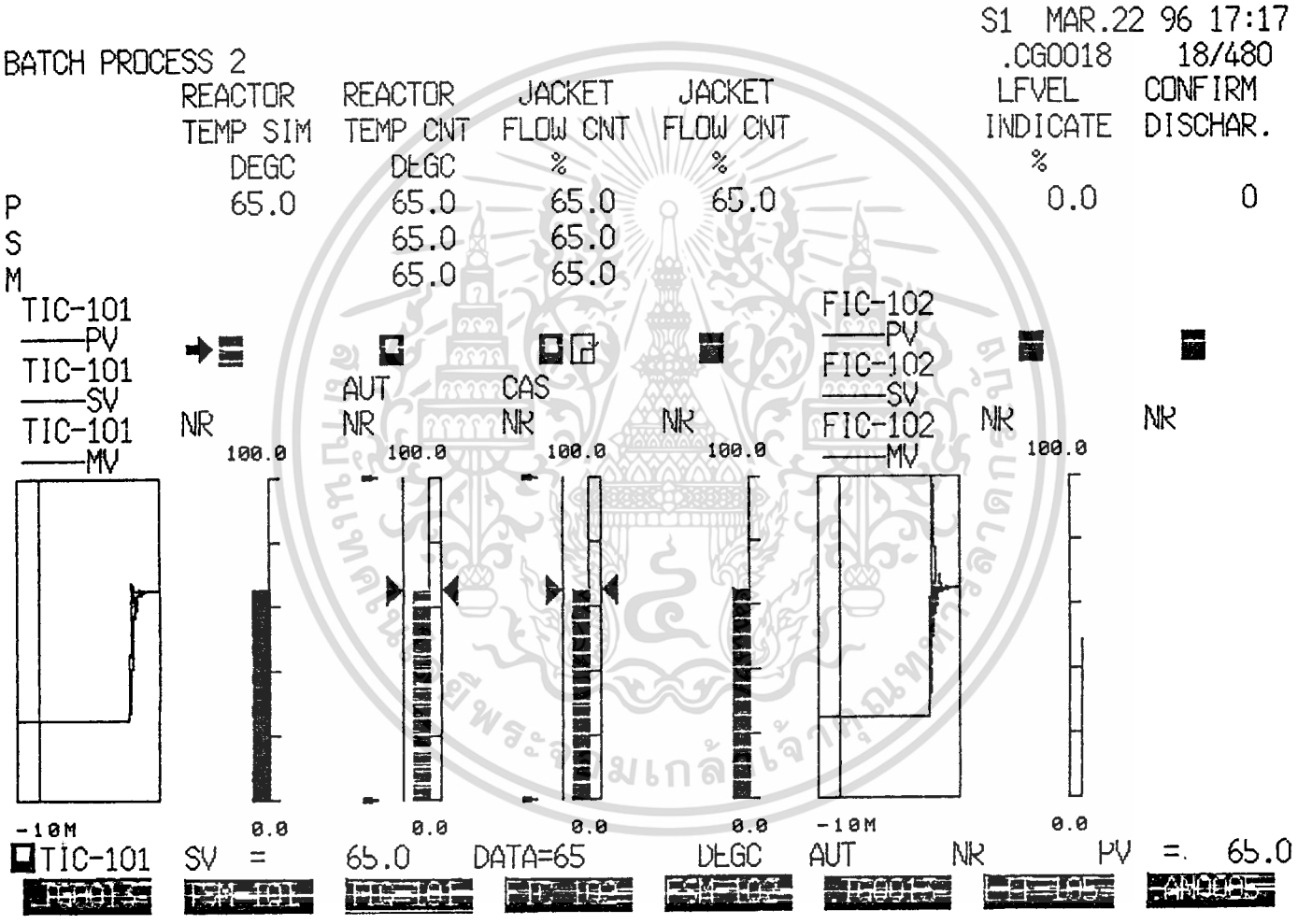
ซึ่งจากกระบวนการแสดง Graphic Panel ในหน้า .GR0025 ได้ดังนี้



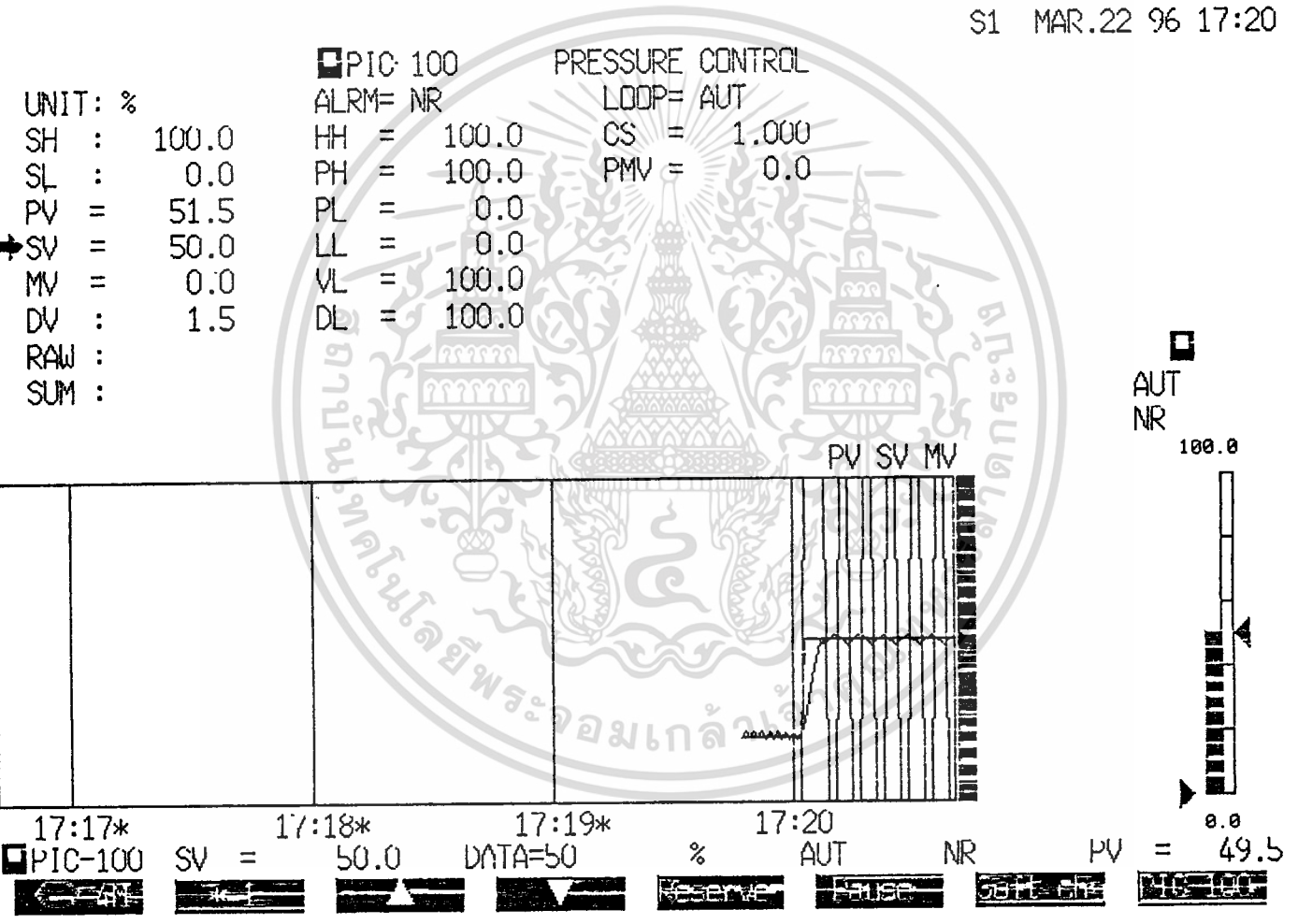
การทำงานของ Instrument แต่ละตัวจะแสดงในหน้า Control Group ที่ 17 , 18 (.CG0017 - .CG0018) ซึ่งกระบวนการจะเริ่มได้จากการกด Switch Start Batch (BSS-106) จึงทำให้กระบวนการเริ่มทำงานตามขั้นตอนที่เราได้สร้างขึ้น ซึ่ง Operator สามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงของอุปกรณ์ต่างๆ ได้จากหน้านี้

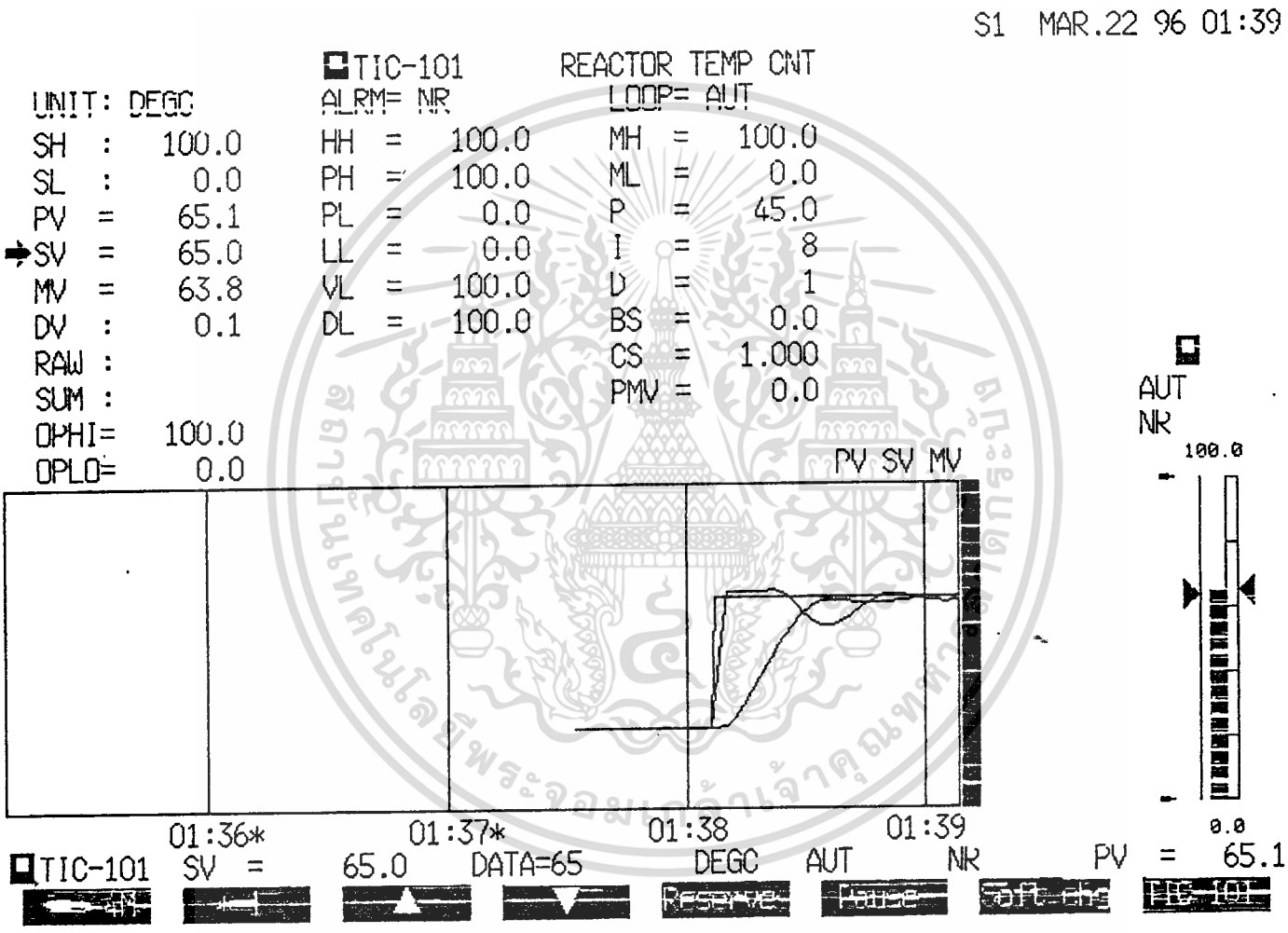
แสดงการทำงานของหน้า Control Group ได้ดังนี้




S1 MAR.22 96 17:17
BATCH PROCESS 2
.CG0018 18/480
REACTOR TEMP SIM DEGC
REACTOR TEMP CNT DEGC
JACKET FLOW CNT %
JACKET FLOW CNT %
LFVEL INDICATE %
CONFIRM DISCHAR.
P 65.0 65.0 65.0 65.0 0.0 0
S 65.0 65.0
M 65.0 65.0
TIC-101 PV
TIC-101 SV
TIC-101 MV
FIC-102 PV
FIC-102 SV
FIC-102 MV
AUT
CAS
NR NR NR NR NR NR
100.0 100.0 100.0 100.0 100.0
-10M 0.0 0.0 0.0 0.0 -10M 0.0
TIC-101 SV = 65.0 DATA=65 DEGC AUT NR PV = 65.0

ในส่วนของ Instrument แต่ละตัว ถ้าเราต้องการดูรายละเอียดและดูกราฟการทำงาน สามารถเรียกดูได้ที่หน้า Turnning Panel ซึ่งที่หน้านี้จะเป็นหน้าที่แก้ไขเปลี่ยนค่า Control Parameter (P ,I ,D) ได้หรือการเปลี่ยน Parameter อื่นๆ ก็สามารถกระทำได้ที่หน้านี้




S1 MAR.22 96 01:39
TIC-101 REACTOR TEMP CNT
UNIT: DEGC
ALRM= NR
LOOP= AUT
SH : 100.0
SL : 0.0
PV = 65.1
SV = 65.0
MV = 63.8
DV : 0.1
RAW :
SUM :
OPHI= 100.0
OPLO= 0.0
HH = 100.0
PH = 100.0
PL = 0.0
LL = 0.0
VL = 100.0
DL = 100.0
MH = 100.0
ML = 0.0
P = 45.0
I = 8
D = 1
BS = 0.0
CS = 1.000
PMV = 0.0
PV SV MV
AUT
NR
100.0
0.0
01:36*
01:37*
01:38
01:39
TIC-101 SV = 65.0 DATA=65 DEGC AUT NR PV = 65.1
Reserve
Pause
Soft chg
TIC-101

การเช็ค Sequence Table

โดยเราสามารถเช็ค Step การทำงานของ Sequence Table ได้โดยใช้ฟังก์ชั่น Process Report Function ในส่วนของ Sequence Table Status Report

เป็นการรายงานสถานะของ sequence table จะแสดง sequence table ใน control unit ที่หน้าจอ แสดงสภาวะการ scan แสดงเงื่อนไขที่เป็นจริงโดยใช้สีเป็นตัวบ่งบอก

1. เมื่อสถานะของ Condition signal ตรงกับเงื่อนไขตามตรรกของ rule ที่กำหนด

Y : มีสีแดง (red)

N : มีสีแดง (red)

2. เมื่อสถานะของ Condition signal ผิดไปจากเงื่อนไขตามตรรกของ rule ที่กำหนด

Y : มีสีฟ้า (cyan)

N : มีสีฟ้า (cyan)

นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบสถานะภาพของเงื่อนไข rule number ต่างๆ ได้จากสีของแถบที่อยู่บนแนวกึ่งกลางจอภาพที่เรียกว่า Satisfied Status of rule ได้โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เมื่อ satisfied status of rule มีสีแดง แสดงถึง rule no. นั้นกำลังถูก execute โดยเงื่อนไขทางตรรกสอดคล้องตรงกับสถานะของ condition signal ในขณะนั้น

2. เมื่อ satisfied status of rule มีสีเขียว แสดงถึง rule no. นั้นกำลังถูก execute แต่ action signal ยังไม่ถูก action เพราะว่าเงื่อนไขทางตรรกไม่สอดคล้องตรงกับสถานะของ condition signal ในขณะนั้น

3. เมื่อ satisfied status of rule มีสีเหลือง แสดงถึง rule no. นั้น ยังไม่ถึงคิวที่จะถูก execute

ดังแสดงได้ดังนี้

```
                                                                    S1  MAR.28 96 23
    .ST0005 Y T                                  1... 5... 9...13...17...21...25...29
    UN01        BATCH PROCESS            STEP|1234 5678 90.. 01.. 123. .... .... .
C01 BSS-106             BATCH START          |Y... .... N... .... .... .... .... .
C02 LSL-1               LSL 1 ON             |N..Y .... .... .... .... .... .... .
C03 LSH-2               LSH 2 ON             |Y.N. .... .... .... .... .... .... .
C04 LSL-3               LSL 3 ON             |Y.YN .... Y... .N.. .... .... .... .
C05 LSH-4               LSH 4 ON             |N... .... N... .Y.. .... .... .... .
C06 TM-100   ,HI                             |.Y.. .... .... .... .... .... .... .
C07 %RL0005,GT          DV(TIC-101) > -5     |.... Y... .... .... .... .... .... .
C08 LIT-105 ,S,HI       LEVEL TRANS.ALARM    |.... .Y.. .... .... .... .... .... .
C09 P003A               P003 STOP            |.... ..Y. .... .... .... .... .... .
C10 RI004A              RI004 ON             |.... ...Y .... .... .N.. .... .... .
C11 CDS-107             START DISCHARGE      |.... .... .... .... ..Y. .... .... .
C12 %RL0006,LT                               |.... .... .Y.. .... .... .... .... .
C13                                          |
-------------------------------------------------------------------------------------
A01 %OG0001             BATCH PROCESS START  |Y... .... .... .... .... .... .... ..
A02 %RQ0030             START B. TREND       |Y... .... .... .... .... .... .... .
A03 HT001    ,H         HEATER ON            |Y... .N.. .... .... .... .... .... ..
A04 TM-100              START TIMMER         |Y... .... .... .... .... .... .... ..
                                        THEN|2345 6789 01.. .5.. .39. .... .... ..
                                        ELSE|...1 ...2 .... .4.. .... .... .... ..
```

History Soft chg Unit Stop

สรุปผลการทดลอง

จากการ Simulate สัญญาณจากภายในเครื่อง และ Start Batch โดยใช้ Switch BSS-106 กระบวนการสามารถทำงานได้ตามขั้นตอนที่เรากำหนดขึ้น แต่เนื่องจากในการทำงานเป็นการ Simulateสัญญาณ ไม่สามารถรับสัญญาณมาจากกระบวนการจริงๆ ได้เนื่องจากไม่ได้มีการสร้าง Plant ของจริงขึ้น ทำให้ในการทดลองต้องมีการโยกสวิทช์แทน Digital input ที่เข้ามาและดูการติดหรือดับของ LED แทนการส่งสัญญาณไปสั่งให้อุปกรณ์ภายนอกทำงาน ซึ่งในช่วงแรกของการทำงานจะขึ้นอยู่กับการโยกสวิทช์ของผู้ทดลองในการสั่งให้มีการทำงานตามกระบวนการที่ต้องการ ต่อจากนั้นเราจึงใช้เงื่อนไขในกระบวนการทำให้เกิด Action ในกระบวนการถัดมา

จากผลการทดลองระบบสามารถทำงานได้ตามขั้นตอนการทำงานของกระบวนการที่เราสร้างและมีความเป็นไปได้ที่จะนำ Program ที่เราสร้างขึ้นไปใช้งานในกรณีที่เราสร้าง Plant ขึ้น แต่ค่า Parameter ต่างๆ ต้องปรับให้เหมาะสมกับกระบวนการที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถแก้ไขได้ที่หน้า Turnning Panel

ภาคผนวก ก.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตาราง ก. 1

Strength of Materials

Material	Shear ($\times 10^3$ psi)	Ultimate ($\times 10^3$ psi)	Yield ($\times 10^3$ psi)
Aluminum (anneal)			
2SO	9.0	13.0	5.0
17SO	18.0	26.0	10.0
24SO	18.0	25.0	11.0
Alclad	16.0	32.0	14.0
Asbestos	5.0	—	—
Brass (anneal)			
Gilding metal	30.0	38.0	14.0
Comm. bronze	32.0	41.0	15.0
Red	34.0	46.0	18.0
Cartridge	35.0	54.0	22.0
Yellow	35.0	54.0	22.0
Bronze (anneal) high silicon (3%)	45.0	63.0	30.0
Cardboard			
Soft	4.0	—	—
Hard	8.0	—	—
Cellulose acetate	10.0	—	—
Cloth	8.0	—	—
Copper (anneal) electrolytic	22.0	32.0	10.0
Fiber			
Hard	28.0	—	—
Phenol	25.0	—	—
Inconel (anneal)			
Hot-rolled	65.0	95.0	45.0
Cold-rolled	63.0	90.0	37.0
High T.S.	85.0	156.0	108.0
Lead, commercial	2.0	—	—
Leather			
Soft	9.0	—	—
Hard	14.0	—	—
Magnesium (annealed)	21.0	36.0	22.0
Hard rolled	20.0	37.0	27.0
Mica	10.0	—	—
Monel			
Soft	50.0	75.0	35.0
Hard	65.0	110.0	100.0
Monel-K			
Annealed	75.0	120.0	60.0
Cold-worked	100.0	160.0	120.0
Nickel, rolled	52.0	63.0	20.0
Nickel-silver			
Annealed	56.0	60.0	30.0
Hard	80.0	85.0	74.0
Paper			
Bristol	6.5	—	—
Soft	4.0	—	—
Hard	5.0	—	—
Rubber, hard	20.0	—	—
Steel (annealed)			
0.10C	35.0	56.0	—
0.20C	42.0	69.0	—
0.30C	52.0	85.0	—
0.40C	70.0	100.0	—
0.50C	80.0	110.0	—
1.00C	110.0	125.0	—
SAE			
2320	98.0	160.0	—
2340	125.0	—	—
3130	110.0	—	—
3140	130.0	—	—
3250	165.0	—	—
4130	115.0	—	—
Soft	55.0	90.0	
Hard	90.0	12.5	
Stainless steel, No. 302	56.0	74.0	30.0

ตาราง ก.2

Mechanical Properties

AISI Type 316: Representative Tensile Properties (Ref 6)

Condition	Tensile strength MPa	Tensile strength ksi	Yield strength(a) MPa	Yield strength(a) ksi	Elongation(b), %	Reduction in area, %	Hardness	Endurance limit MPa	Endurance limit ksi
Sheet									
Annealed	580	84	290	42	50	...	79 HRB	270	39
Strip									
Annealed	580	84	290	42	50	...	79 HRB	270	39
Wire, 1.6-mm (0.062-in.) diam									
Annealed	620	90	240	35	55	...	...	...	...
Soft tempered	689	100	515	75	50	...	...	...	...
Spring tempered	1585	230	...	...	...	...	...	...	...
Wire, 13-mm (0.50-in.) diam									
Annealed	550	80	240	35	60	70	78 HRB	...	...
Soft tempered	620	90	415	60	50	65	83 HRB	...	...
Spring tempered	1105	160	...	...	...	...	...	...	...
Wire									
Spring tempered	1034	150	...	...	...	...	...	...	...
Plate									
Annealed	565	82	250	36	55	...	149 HB	270	39
Bar									
Annealed	550	80	240	35	60	70	149 HB	260	38
Annealed and cold drawn	620	90	415	60	45	65	190 HB	275	40

(a) 0.2% offset. (b) In 50 mm (2 in.), except for wire. For wire, gage length is 4 × diam for 3.18-mm (0.125-in.) diam and larger; for smaller diameters, the gage length is 254 mm (10 in.)

ตาราง ก.3

Pipe Data

Carbon and Alloy Steel—Stainless Steel

Identification, wall thickness and weights are extracted from ANSI B36.10 and B39.19. The notations STD, XS, and XXS indicate Standard, Extra Strong, and Double Extra Strong pipe respectively.

Transverse internal area values listed in "square feet" also represent volume in cubic feet per foot of pipe length.

NOP 31.10.05 PORN

OMINAL IPE SIZE NCHES)	OUTSIDE DIAM. (INCHES)	IDENTIFICATION: Steel: Iron Pipe Size	IDENTIFICATION: Steel: Sched. No.	IDENTIFICATION: Stainless Steel Sched. No.	WALL THICK-NESS (t) (INCHES)	INSIDE DIAM-ETER (d) (INCHES)	AREA OF METAL (SQUARE INCHES)	TRANSVERSE INTERNAL AREA: (a) (Square Inches)	TRANSVERSE INTERNAL AREA: (A) (Square Feet)	WEIGHT PIPE (POUNDS PER FOOT)	WEIGHT WATER (POUNDS PER FOOT OF PIPE)
1/8	0.405	...	...	10S	0.049	0.307	0.0548	0.0740	0.00051	0.19	0.032
		STD	40	40S	0.068	0.269	0.0720	0.0568	0.00040	0.24	0.025
		XS	80	80S	0.095	0.215	0.0925	0.0364	0.00025	0.31	0.016
1/4	0.540	...	...	10S	0.065	0.410	0.0970	0.1320	0.00091	0.33	0.057
		STD	40	40S	0.088	0.364	0.1250	0.1041	0.00072	0.42	0.045
		XS	80	80S	0.119	0.302	0.1574	0.0716	0.00050	0.54	0.031
3/8	0.675	...	...	10S	0.065	0.545	0.1246	0.2333	0.00162	0.42	0.101
		STD	40	40S	0.091	0.493	0.1670	0.1910	0.00133	0.57	0.083
		XS	80	80S	0.126	0.423	0.2173	0.1405	0.00098	0.74	0.061
1/2	0.840	...	...	5S	0.065	0.710	0.1583	0.3959	0.00275	0.54	0.172
		...	...	10S	0.083	0.674	0.1974	0.3568	0.00248	0.67	0.155
		STD	40	40S	0.109	0.622	0.2503	0.3040	0.00211	0.85	0.132
		XS	80	80S	0.147	0.546	0.3200	0.2340	0.00163	1.09	0.102
		...	160	...	0.187	0.466	0.3836	0.1706	0.00118	1.31	0.074
		XXS	...	...	0.294	0.252	0.5043	0.050	0.00035	1.71	0.022
3/4	1.050	...	...	5S	0.065	0.920	0.2011	0.6648	0.00462	0.69	0.288
		...	...	10S	0.083	0.884	0.2521	0.6138	0.00426	0.86	0.266
		STD	40	40S	0.113	0.824	0.3326	0.5330	0.00371	1.13	0.231
		XS	80	80S	0.154	0.742	0.4335	0.4330	0.00300	1.47	0.188
		...	160	...	0.219	0.612	0.5698	0.2961	0.00206	1.94	0.128
		XXS	...	...	0.308	0.434	0.7180	0.148	0.00103	2.44	0.064
1	1.315	...	...	5S	0.065	1.185	0.2553	1.1029	0.00766	0.87	0.478
		...	...	10S	0.109	1.097	0.4130	0.9452	0.00656	1.40	0.409
		STD	40	40S	0.133	1.049	0.4939	0.8640	0.00600	1.68	0.375
		XS	80	80S	0.179	0.957	0.6388	0.7190	0.00499	2.17	0.312
		...	160	...	0.250	0.815	0.8365	0.5217	0.00362	2.84	0.230
		XXS	...	...	0.358	0.599	1.0760	0.282	0.00196	3.66	0.122
1-1/4	1.660	...	...	5S	0.065	1.530	0.3257	1.839	0.01277	1.11	0.797
		...	...	10S	0.109	1.442	0.4717	1.633	0.01134	1.81	0.708
		STD	40	40S	0.140	1.380	0.6685	1.495	0.01040	2.27	0.649
		XS	80	80S	0.191	1.278	0.8815	1.283	0.00891	3.00	0.555
		...	160	...	0.250	1.160	1.1070	1.057	0.00734	3.76	0.458
		XXS	...	...	0.382	0.896	1.534	0.630	0.00438	5.21	0.273
1-1/2	1.900	...	...	5S	0.065	1.770	0.3747	2.461	0.01709	1.28	1.066
		...	...	10S	0.109	1.682	0.6133	2.222	0.01543	2.09	0.963
		STD	40	40S	0.145	1.610	0.7995	2.036	0.01414	2.72	0.882
		XS	80	80S	0.200	1.500	1.068	1.767	0.01225	3.63	0.765
		...	160	...	0.281	1.338	1.429	1.406	0.00976	4.86	0.608
		XXS	...	...	0.400	1.100	1.885	0.950	0.00660	6.41	0.42
2	2.375	...	...	5S	0.065	2.245	0.4717	3.958	0.02749	1.61	1.72
		...	...	10S	0.109	2.157	0.7760	3.654	0.02538	2.64	1.58
		STD	40	40S	0.154	2.067	1.075	3.355	0.02330	3.65	1.45
		XS	80	80S	0.218	1.939	1.477	2.953	0.02050	5.02	1.28
		...	160	...	0.344	1.687	2.190	2.241	0.01556	7.46	0.97
		XXS	...	...	0.436	1.503	2.656	1.774	0.01232	9.03	0.77

- Continued -

ected from Technical Paper No. 410, *Flow of Fluids*, with permission of Crane Co.

ตาราง ก.3 (ต่อ)

Pipe Data

Carbon and Alloy Steel—Stainless Steel

NOMINAL PIPE SIZE (INCHES)	OUTSIDE DIAM. (INCHES)	IDENTIFICATION Steel: Iron Pipe Size	IDENTIFICATION Steel: Sched. No.	IDENTIFICATION Stainless Steel Sched. No.	WALL THICKNESS (t) (INCHES)	INSIDE DIAMETER (d) (INCHES)	AREA OF METAL (SQUARE INCHES)	TRANSVERSE INTERNAL AREA (a) (Square Inches)	TRANSVERSE INTERNAL AREA (A) (Square Feet)	WEIGHT PIPE (POUNDS PER FOOT)	WEIGHT WATER (POUNDS PER FOOT OF PIPE)
2-1/2	2.875	...	...	5S	0.083	2.709	0.7280	5.764	0.04002	2.48	2.50
		...	...	10S	0.120	2.635	1.039	5.453	0.03787	3.53	2.36
		STD	40	40S	0.203	2.469	1.704	4.788	0.03322	5.79	2.07
		XS	80	80S	0.276	2.323	2.254	4.238	0.02942	7.66	1.87
		...	160	...	0.375	2.125	2.945	3.546	0.02463	10.01	1.54
		XXS	...	...	0.552	1.771	4.028	2.464	0.01710	13.69	1.07
3	3.500	...	...	5S	0.083	3.334	0.8910	8.730	0.06063	3.03	3.78
		...	...	10S	0.120	3.260	1.274	8.347	0.05796	4.33	3.62
		STD	40	40S	0.216	3.068	2.228	7.393	0.05130	7.58	3.20
		XS	80	80S	0.300	2.900	3.016	6.605	0.04587	10.25	2.86
		...	160	...	0.438	2.624	4.205	5.408	0.03755	14.32	2.35
		XXS	...	...	0.600	2.300	5.466	4.155	0.02885	18.58	1.80
3-1/2	4.000	...	...	5S	0.083	3.834	1.021	11.545	0.08017	3.48	5.00
		...	...	10S	0.120	3.760	1.463	11.104	0.07711	4.97	4.81
		STD	40	40S	0.226	3.548	2.680	9.886	0.06870	9.11	4.29
		XS	80	80S	0.318	3.364	3.678	8.888	0.06170	12.50	3.84
4	4.500	...	...	5S	0.083	4.334	1.152	14.75	0.10245	3.92	6.39
		...	...	10S	0.120	4.260	1.651	14.25	0.09898	5.61	6.18
		STD	40	40S	0.237	4.026	3.174	12.73	0.08840	10.79	5.50
		XS	80	80S	0.337	3.826	4.407	11.50	0.07986	14.98	4.98
		...	120	...	0.438	3.624	5.595	10.31	0.0716	19.00	4.47
		...	160	...	0.531	3.438	6.621	9.28	0.0645	22.51	4.02
		XXS	...	...	0.674	3.152	8.101	7.80	0.0542	27.54	3.38
5	5.563	...	...	5S	0.109	5.345	1.868	22.44	0.1558	6.36	9.72
		...	...	10S	0.134	5.295	2.285	22.02	0.1529	7.77	9.54
		STD	40	40S	0.258	5.047	4.300	20.01	0.1390	14.62	8.67
		XS	80	80S	0.375	4.813	6.112	18.19	0.1263	20.78	7.88
		...	120	...	0.500	4.563	7.953	16.35	0.1136	27.04	7.09
		...	160	...	0.625	4.313	9.696	14.61	0.1015	32.96	6.33
		XXS	...	...	0.750	4.063	11.340	12.97	0.0901	38.55	5.61
6	6.625	...	...	5S	0.109	6.407	2.231	32.24	0.2239	7.60	13.97
		...	...	10S	0.134	6.357	2.733	31.74	0.2204	9.29	13.75
		STD	40	40S	0.280	6.065	5.581	28.89	0.2006	18.97	12.51
		XS	80	80S	0.432	5.761	8.405	26.07	0.1810	28.57	11.29
		...	120	...	0.562	5.501	10.70	23.77	0.1650	36.39	10.30
		...	160	...	0.719	5.187	13.32	21.15	0.1469	45.35	9.16
		XXS	...	...	0.864	4.897	15.64	18.84	0.1308	53.16	8.16
8	8.625	...	...	5S	0.109	8.407	2.916	55.51	0.3855	9.93	24.06
		...	...	10S	0.148	8.329	3.941	54.48	0.3784	13.40	23.61
		...	20	...	0.250	8.125	6.57	51.85	0.3601	22.36	22.47
		...	30	...	0.277	8.071	7.26	51.16	0.3553	24.70	22.17
		STD	40	40S	0.322	7.981	8.40	50.03	0.3474	28.55	21.70
		...	60	...	0.406	7.813	10.48	47.94	0.3329	35.64	20.77
		XS	80	80S	0.500	7.625	12.76	45.66	0.3171	43.39	19.78
		...	100	...	0.594	7.437	14.96	43.46	0.3018	50.95	18.83
		...	120	...	0.719	7.187	17.84	40.59	0.2819	60.71	17.59
		...	140	...	0.812	7.001	19.93	38.50	0.2673	67.76	16.68
		XXS	...	...	0.875	6.875	21.30	37.12	0.2578	72.42	16.10
		...	160	...	0.906	6.813	21.97	36.46	0.2532	74.69	15.80
10 (Cont.)	10.750	...	...	5S	0.134	10.482	4.36	86.29	0.5992	15.19	37.39
		...	...	10S	0.165	10.420	5.49	85.28	0.5922	18.65	36.95
		...	20	...	0.250	10.250	8.24	82.52	0.5731	28.04	35.76
		...	30	...	0.307	10.136	10.07	80.69	0.5603	34.24	34.96
		STD	40	40S	0.365	10.020	11.90	78.86	0.5475	40.48	34.20

- Continued -

ected from Technical Paper No. 410, *Flow of Fluids Through Valves, Fittings and Pipe*, Crane Co.

ตาราง ก.3 (ต่อ)

Pipe Data

Carbon and Alloy Steel—Stainless Steel

NOMINAL PIPE SIZE (INCHES)	OUTSIDE DIAM. (INCHES)	IDENTIFICATION Steel Iron Pipe Size	Steel Sched. No.	Stainless Steel Sched. No.	WALL THICKNESS (t) (INCHES)	INSIDE DIAMETER (d) (INCHES)	AREA OF METAL (SQUARE INCHES)	TRANSVERSE INTERNAL AREA (a) (Square Inches)	(A) (Square Feet)	WEIGHT PIPE (POUNDS PER FOOT)	WEIGHT WATER (POUNDS PER FOOT OF PIPE)
10 (Cont.)	10.750	XS	60	80S	0.500	9.750	16.10	74.66	0.5185	54.74	32.35
		...	80	...	0.594	9.562	18.92	71.84	0.4989	64.43	31.13
		...	100	...	0.719	9.312	22.63	68.13	0.4732	77.03	29.53
		...	120	...	0.844	9.062	26.24	64.53	0.4481	89.29	27.96
		XXS	140	...	1.000	8.750	30.63	60.13	0.4176	104.13	26.06
		...	160	...	1.125	8.500	34.02	56.75	0.3941	115.64	24.59
12	12.75	...	...	5S	0.156	12.438	6.17	121.50	0.8438	20.98	52.65
		...	...	10S	0.180	12.390	7.11	120.57	0.8373	24.17	52.25
		...	20	...	0.250	12.250	9.82	117.86	0.8185	33.38	51.07
		...	30	...	0.330	12.090	12.87	114.80	0.7972	43.77	49.74
		STD	...	40S	0.375	12.000	14.58	113.10	0.7854	49.56	49.00
		...	40	...	0.406	11.938	15.77	111.93	0.7773	53.52	48.50
		XS	...	80S	0.500	11.750	19.24	108.43	0.7528	65.42	46.92
		...	60	...	0.562	11.626	21.52	106.16	0.7372	73.15	46.00
		...	80	...	0.688	11.374	26.03	101.64	0.7058	88.63	44.04
		...	100	...	0.844	11.062	31.53	96.14	0.6677	107.32	41.66
		XXS	120	...	1.000	10.750	36.91	90.76	0.6303	125.49	39.33
		...	140	...	1.125	10.500	41.08	86.59	0.6013	139.67	37.52
		...	160	...	1.312	10.126	47.14	80.53	0.5592	160.27	34.89
14 (Cont.)	14.00	...	...	5S	0.156	13.688	6.78	147.15	1.0219	23.07	63.77
		...	...	10S	0.188	13.624	8.16	145.78	1.0124	27.73	63.17
		...	10	...	0.250	13.500	10.80	143.14	0.9940	36.71	62.03
		...	20	...	0.312	13.376	13.42	140.52	0.9758	45.61	60.89
		STD	30	...	0.375	13.250	16.05	137.88	0.9575	54.57	59.75
		...	40	...	0.438	13.124	18.66	135.28	0.9394	63.44	58.64
14 (Cont.)	14.00	XS	...	...	0.500	13.000	21.21	132.73	0.9217	72.09	57.46
		...	60	...	0.594	12.812	24.98	128.96	0.8956	85.05	55.86
		...	80	...	0.750	12.500	31.22	122.72	0.8522	106.13	53.18
		...	100	...	0.938	12.124	38.45	115.49	0.8020	130.85	50.04
		...	120	...	1.094	11.812	44.32	109.62	0.7612	150.79	47.45
		...	140	...	1.250	11.500	50.07	103.87	0.7213	170.28	45.01
		...	160	...	1.406	11.188	55.63	98.31	0.6827	189.11	42.60
16	16.00	...	...	5S	0.165	15.670	8.21	192.85	1.3393	27.90	83.57
		...	...	10S	0.188	15.624	9.34	191.72	1.3314	31.75	83.08
		...	10	...	0.250	15.500	12.37	188.69	1.3103	42.05	81.74
		...	20	...	0.312	15.376	15.38	185.69	1.2895	52.27	80.50
		STD	30	...	0.375	15.250	18.41	182.65	1.2684	62.58	79.12
		XS	40	...	0.500	15.000	24.35	176.72	1.2272	82.77	76.58
		...	60	...	0.656	14.688	31.62	169.44	1.1766	107.50	73.42
		...	80	...	0.844	14.312	40.14	160.92	1.1175	136.61	69.73
		...	100	...	1.031	13.938	48.48	152.58	1.0596	164.82	66.12
		...	120	...	1.219	13.562	56.56	144.50	1.0035	192.43	62.62
		...	140	...	1.438	13.124	65.78	135.28	0.9394	223.64	58.64
		...	160	...	1.594	12.812	72.10	128.96	0.8956	245.25	55.83
18	18.00	...	...	5S	0.165	17.670	9.25	245.22	1.7029	31.43	106.26
		...	...	10S	0.188	17.624	10.52	243.95	1.6941	35.76	105.71
		...	10	...	0.250	17.500	13.94	240.53	1.6703	47.39	104.21
		...	20	...	0.312	17.376	17.34	237.13	1.6467	58.94	102.77
		STD	...	...	0.375	17.250	20.76	233.71	1.6230	70.59	101.18
		...	30	...	0.438	17.124	24.17	230.30	1.5990	82.15	99.84
		XS	...	...	0.500	17.000	27.49	226.98	1.5763	93.45	98.27
		...	40	...	0.562	16.876	30.79	223.68	1.5533	104.67	96.93
		...	60	...	0.750	16.500	40.64	213.83	1.4849	138.17	92.57
		...	80	...	0.938	16.124	50.23	204.24	1.4183	170.92	88.50
		...	100	...	1.156	15.688	61.17	193.30	1.3423	207.96	83.76
		...	120	...	1.375	15.250	71.81	182.66	1.2684	244.14	79.07
		...	140	...	1.562	14.876	80.66	173.80	1.2070	274.22	75.32
		...	160	...	1.781	14.438	90.75	163.72	1.1369	308.50	70.88

- Continued -

Extracted from Technical Paper No. 410, *Flow of Fluids*, with permission of Crane Co.

NOP

ตาราง ก.3 (ต่อ)

Pipe Data

Carbon and Alloy Steel—Stainless Steel

OMINAL IPE SIZE NCHES)	OUTSIDE DIAM. (INCHES)	IDENTIFICATION Steel Iron Pipe Size	Steel Sched. No.	Stainless Steel Sched. No.	WALL THICK-NESS (t) (INCHES)	INSIDE DIAM-ETER (d) (INCHES)	AREA OF METAL (SQUARE INCHES)	TRANSVERSE INTERNAL AREA (a) (Square Inches)	(A) (Square Feet)	WEIGHT PIPE (POUNDS PER FOOT)	WEIGHT WATER (POUNDS PER FOOT OF PIPE)
20	20.00	...	...	5S	0.188	19.624	11.70	302.46	2.1004	39.78	131.06
		...	...	10S	0.218	19.564	13.55	300.61	2.0876	46.06	130.27
		...	10	...	0.250	19.500	15.51	298.65	2.0740	52.73	129.42
		STD	20	...	0.375	19.250	23.12	290.04	2.0142	78.60	125.67
		XS	30	...	0.500	19.000	30.63	283.53	1.9690	104.13	122.87
		...	40	...	0.594	18.812	36.15	278.00	1.9305	123.11	120.46
		...	60	...	0.812	18.376	48.95	265.21	1.8417	166.40	114.92
		...	80	...	1.031	17.938	61.44	252.72	1.7550	208.87	109.51
		...	100	...	1.281	17.438	75.33	238.83	1.6585	256.10	103.39
		...	120	...	1.500	17.000	87.18	226.98	1.5762	296.37	98.35
		...	140	...	1.750	16.500	100.33	213.82	1.4849	341.09	92.66
		...	160	...	1.969	16.062	111.49	202.67	1.4074	379.17	87.74
22	22.00	...	...	5S	0.188	21.624	12.88	367.25	2.5503	43.80	159.14
		...	...	10S	0.218	21.564	14.92	365.21	2.5362	50.71	158.26
		...	10	...	0.250	21.500	17.08	363.05	2.5212	58.07	157.32
		STD	20	...	0.375	21.250	25.48	354.66	2.4629	86.61	153.68
		XS	30	...	0.500	21.000	33.77	346.36	2.4053	114.81	150.09
		...	60	...	0.875	20.250	58.07	322.06	2.2365	197.41	139.56
		...	80	...	1.125	19.75	73.78	306.35	2.1275	250.81	132.76
		...	100	...	1.375	19.25	89.09	291.04	2.0211	302.88	126.12
		...	120	...	1.625	18.75	104.02	276.12	1.9175	353.61	119.65
		...	140	...	1.875	18.25	118.55	261.59	1.8166	403.00	113.36
		...	160	...	2.125	17.75	132.68	247.45	1.7184	451.06	107.23
24	24.00	...	...	5S	0.218	23.564	16.29	436.10	3.0285	55.37	188.98
		...	10	10S	0.250	23.500	18.65	433.74	3.0121	63.41	187.95
		STD	20	...	0.375	23.250	27.83	424.56	2.9483	94.62	183.95
		XS	...	...	0.500	23.000	36.91	415.48	2.8853	125.49	179.87
		...	30	...	0.562	22.876	41.39	411.00	2.8542	140.68	178.09
		...	40	...	0.688	22.624	50.31	402.07	2.7921	171.29	174.23
		...	60	...	0.969	22.062	70.04	382.35	2.6552	238.35	165.52
		...	80	...	1.219	21.562	87.17	365.22	2.5362	296.58	158.26
		...	100	...	1.531	20.938	108.07	344.32	2.3911	367.39	149.06
		...	120	...	1.812	20.376	126.31	326.08	2.2645	429.39	141.17
		...	140	...	2.062	19.876	142.11	310.28	2.1547	483.12	134.45
		...	160	...	2.344	19.312	159.41	292.98	2.0346	542.13	126.84
26	26.00	...	10	...	0.312	25.376	25.18	505.75	3.5122	85.60	219.16
		STD	...	...	0.375	25.250	30.19	500.74	3.4774	102.63	216.99
		XS	20	...	0.500	25.000	40.06	490.87	3.4088	136.17	212.71
28	28.00	...	10	...	0.312	27.376	27.14	588.61	4.0876	92.26	255.07
		STD	...	...	0.375	27.250	32.54	583.21	4.0501	110.64	252.73
		XS	20	...	0.500	27.000	43.20	572.56	3.9761	146.85	248.11
		...	30	...	0.625	26.750	53.75	562.00	3.9028	182.73	243.53
30	30.00	...	...	5S	0.250	29.500	23.37	683.49	4.7465	79.43	296.18
		...	10	10S	0.312	29.376	29.10	677.76	4.7067	98.93	293.70
		STD	...	...	0.375	29.250	34.90	671.96	4.6664	118.65	291.18
		XS	20	...	0.500	29.000	46.34	660.52	4.5869	157.53	286.22
		...	30	...	0.625	28.750	57.68	649.18	4.5082	196.08	281.31
32	32.00	...	10	...	0.312	31.376	31.06	773.19	5.3694	105.59	335.05
		STD	...	...	0.375	31.250	37.26	766.99	5.3263	126.66	332.36
		XS	20	...	0.500	31.000	49.48	754.77	5.2414	168.21	327.06
		...	30	...	0.625	30.750	61.60	742.64	5.1572	209.43	321.81
		...	40	...	0.688	30.624	67.68	736.57	5.1151	230.08	319.18

- Continued -

tracted from Technical Paper No. 410, *Flow of Fluids*, with permission of Crane Co.

ตาราง ก.3 (ต่อ)

Pipe Data

Carbon and Alloy Steel—Stainless Steel

NOMINAL PIPE SIZE (INCHES)	OUTSIDE DIAM. (INCHES)	IDENTIFICATION			WALL THICK-NESS (t) (INCHES)	INSIDE DIAM-ETER (d) (INCHES)	AREA OF METAL (SQUARE INCHES)	TRANSVERSE INTERNAL AREA		WEIGHT PIPE (POUNDS PER FOOT)	WEIGHT WATER (POUNDS PER FOOT OF PIPE)
		Steel		Stainless Steel Sched. No.				(a) (Square Inches)	(A) (Square Feet)		
		Iron Pipe Size	Sched. No.								
34	34.00	...	10	...	0.344	33.312	36.37	871.55	6.0524	123.65	377.67
		STD	...	...	0.375	33.250	39.61	868.31	6.0299	134.67	376.27
		XS	20	...	0.500	33.000	52.62	855.30	5.9396	178.89	370.63
		...	30	...	0.625	32.750	65.53	842.39	5.8499	222.78	365.03
		...	40	...	0.688	32.624	72.00	835.92	5.8050	244.77	362.23
36	36.00	...	10	...	0.312	35.376	34.98	982.90	6.8257	118.92	425.92
		STD	...	...	0.375	35.250	41.97	975.91	6.7771	142.68	422.89
		XS	20	...	0.500	35.000	55.76	962.11	6.6813	189.57	416.91
		...	30	...	0.625	34.750	69.46	948.42	6.5862	236.13	417.22
		...	40	...	0.750	34.500	83.06	934.82	6.4918	282.35	405.09

ected from Technical Paper No. 410, *Flow of Fluids*, with permission of Crane Co.

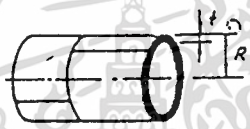
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตาราง ก.4

การหาความหนาของถัง
การคำนวณโดยคิดจากความดันภายใน
(สูตรคิดจากมิติภายนอกถัง)

P = DESIGN PRESSURE OR MAX. ALLOWABLE WORKING PRESSURE PSI
S = STRESS VALUE OF MATERIAL PSI
E = JOINT EFFICIENCY
R = OUTSIDE RADIUS, INCHES
D = OUTSIDE DIAMETER, INCHES
t = WALL THICKNESS, INCHES
C.A. = CORROSION ALLOWANCE, INCHES

A



CYLINDRICAL SHELL (LONG SEAM)[1]

$$t = \frac{PR}{SE + 0.4P} \qquad P = \frac{SEt}{R - 0.4t}$$

1. Usually the stress in the long seam is governing. See page 7.
2. When the wall thickness exceeds one half of the inside radius or P exceeds 0.385 SE, the formulas given in the Code Appendix 1-2 shall be applied.

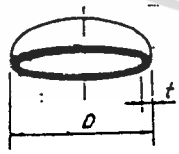
B

SPHERE and HEMISPHERICAL HEAD

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.8P} \qquad P = \frac{2SEt}{R - 0.8t}$$

1. For heads without a straight flange, use the efficiency of the head to shell joint if it is less than the efficiency of the seams in the head.
2. When the wall thickness exceeds 0.356 R or P exceeds 0.665 SE, the formulas given in the Code Appendix 1-3, shall be applied.

C



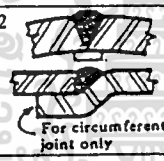
2:1 ELLIPSOIDAL HEAD

$$t = \frac{PD}{2SE + 1.8P} \qquad P = \frac{2SEt}{D - 1.8t}$$

1. For ellipsoidal heads, where the ratio of the major and minor axis is other than 2:1, see Code Appendix 1-4(c).

ตาราง ก.5

ตารางแสดงประสิทธิภาพ (E) ของรอยเชื่อม

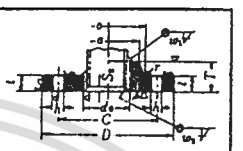
TYPES CODE UW-12		JOINT EFFICIENCY, E a. When the Joint: Fully Radio-graphed	b. Spot Examined	c. Not Examined
1	Butt joints as attained by double-welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surface. Backing strip if used shall be removed after completion of weld.	1.00	0.85	0.70
2 	Single-welded butt-joint with backing strip which remains in place after welding	0.90	0.80	0.65
3	Single-welded butt joint without use of backing strip	—	—	0.60
4	Double-full fillet lap joint	—	—	0.55
5	Single-full fillet lap joint with plug welds	—	—	0.50
6	Single full fillet lap joint without plug welds	—	—	0.45

ตาราง ก.6

JIS 5kg/cm²

หน้าแปนแบบเสียบเชื่อม

JIS B 2221-1977 W=Kg/Ea



เรียก	O.D ของท่อ	d_0	D	t	T	a	b	r	BOLT C	BOLT No	BOLT h	BOLT เรียก	ω_1	ω_2	W SO	W ชนิดบอด
10	17.3	17.8	75	9	—	—	—	—	55	4	12	M10	5	2.5	0.27	0.28
15	21.7	22.2	80	9	—	—	—	—	60	4	12	M10	5	3	0.3	0.32
20	27.2	27.7	85	10	—	—	—	—	65	4	12	M10	5	3	0.37	0.41
25	34	34.5	95	10	—	—	—	—	75	4	12	M10	5	3	0.45	0.52
32	42.7	43.2	115	12	—	—	—	—	90	4	15	M12	6	3	0.78	0.91
40	48.6	49.1	120	12	—	—	—	—	95	4	15	M12	6	3	0.83	0.99
50	60.5	61.1	130	14	—	—	—	—	105	4	15	M12	6	3	1.07	1.38
65	76.3	77.1	155	14	—	—	—	—	130	4	15	M12	6	4	1.49	2.01
80	89.1	90	180	14	—	—	—	—	145	4	19	M16	6	4	1.99	2.70
(90)	101.6	102.6	190	14	—	—	—	—	155	4	19	M16	6	4	2.09	3.05
100	114.3	115.4	200	16	—	—	—	—	165	8	19	M16	7	4	2.39	3.74
125	139.8	141.2	235	16	—	—	—	—	200	8	19	M16	7	4	3.23	5.28
150	165.2	166.6	265	18	—	—	—	—	230	8	19	M16	7	5	4.41	7.67
200	216.3	218	320	20	—	—	—	—	280	8	23	M20	8.5	6	6.33	12.5
250	267.4	269.5	385	22	—	—	—	—	345	12	23	M20	10	6	9.45	19.8
300	318.5	321	430	22	—	—	—	—	390	12	23	M20	10	6	10.3	24.9
350	355.6	358.1	480	24	—	—	—	—	435	12	25	M22	12	7	14	34.0
400	406.4	409	540	24	—	—	—	—	495	16	25	M22	13	7	16.9	43.4
450	457.2	460	605	24	40	495	500	5	555	16	25	M22	12	7	24.8	54.6
500	508	511	655	24	40	546	552	5	605	20	25	M22	12	7	26.9	64.2
550	558.8	562	720	26	42	597	603	5	665	20	27	M24	12	7	34.1	83.9
600	609.6	613	770	26	44	648	654	5	715	20	27	M24	12	7	37.5	96.4
650	660.4	664	825	26	48	702	708	5	770	24	27	M24	12	7	42.8	111
700	711.2	715	875	26	48	751	758	5	820	24	27	M24	12	7	45.4	125
750	762	766	945	28	52	802	810	5	880	24	33	M30	12	7	57.4	156
800	812.8	817	995	28	52	854	862	5	930	24	33	M30	13	8	60.8	174
900	914.4	919	1095	30	56	956	964	5	1030	24	33	M30	13	8	75.3	218
1000	1016	1021	1195	32	60	1058	1066	5	1130	28	33	M30	14	9	88.5	287
1200	1219.2	1224	1420	34	64	1275	1285	5	1350	32	33	M30	14	9	120	432
1350	1371.6	1376	1575	34	64	1430	1440	5	1505	32	33	M30	15	10	139	533
1500	1524	1528	1730	36	68	1583	1595	5	1660	36	33	M30	15	10	172	681

วิธีเรียก FLANGE 5K-15SO

ตาราง ก.7

ฉนวนที่ใช้กับอุณหภูมิสูง

Accepted maximum temp, F	Material classification	Density, lb/cu ft	Thermal conductivity (k factor), Btu/hr-sq ft-deg F per in.
2300	Alumina/silica ceramic fiber	3-12	0.31 @ 300F; 0.82 @ 1000F
1800	Mineral fiber (rock and slag)	16-24	0.59 @ 400F; 0.75 @ 1000F
1600	Expanded silica (perlite)	4-14	0.33 @ OF; 1.13 @ 1000F
1200	Calcium silicate	11-13	0.42 @ 300F; 0.60 @ 700F
1000	Felted glass fiber (no binder)	4.5	0.35 @ 300F; 0.71 @ 800F
800	Cellular glass	7.5-9	0.55 @ 300F; 1.04 @ 800F
400	Glass wool (organic binder)	0.5-3	0.35 @ 300F
Cements and fillers			
1800	*Mineral fiber cement (rock, glass, or slag)*	*24-30*	*0.55 @ 200F; 0.80 @ 600F*
1200	*Mineral fiber fill (rock, glass, or slag)*	*10-12*	*0.26 @ 100F; 0.65 @ 600F*

* Values for temperature, density, and conductivity are approximate. For specific design problems, consult the insulation manufacturer for recommended design data

ตาราง ก.8

คุณสมบัติของอโลหะ

Substance	Temperature, °C	k, W/m·°C	ρ, kg/m³	C kJ/kg·°C	α, m²/s × 10⁷
		Insulating material			
Asbestos:					
Loosely packed	-45	0.149			
	0	0.154	470–570	0.816	3.3–4
	100	0.161			
Asbestos-cement boards	20	0.74			
Sheets	51	0.166			
Felt, 40 laminations/in	38	0.057			
	150	0.069			
	260	0.083			
20 laminations/in	38	0.078			
	150	0.095			
	260	0.112			
Corrugated, 4 plies/in	38	0.087			
	93	0.100			
	150	0.119			
Asbestos cement	—	2.08			
Balsam wool, 2.2 lb/ft³	32	0.04	35		
Cardboard, corrugated	—	0.064			
Celotex	32	0.048			
Corkboard, 10 lb/ft³	30	0.043	160		
Cork, regranulated	32	0.045	45–120	1.88	2.5–5
Ground	32	0.043	150		
Diatomaceous earth (Sil-o-cel)	0	0.061	320		
Felt, hair	30	0.036	130–200		
Wool	30	0.052	330		
Fiber, insulating board	20	0.048	240		
Glass wool, 1.5 lb/ft³	23	0.038	24	0.7	22.6
Insulex, dry	32	0.064			
		0.144			
Kapok	30	0.035			
Magnesia, 85%	38	0.067	270		
	93	0.071			
	150	0.074			
	204	0.080			
Rock wool, 10 lb/ft³	32	0.040	160		
Loosely packed	150	0.067	64		
	260	0.087			
Sawdust	23	0.059			
Silica aerogel	32	0.024	140		
Wood shavings	23	0.059			

† Adapted to SI units from A. I. Brown and S. M. Marco, "Introduction to Heat Transfer," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1968.

ตาราง ก.9

ตารางแปลงหน่วย (แบบที่ 1)

พื้นที่	ft^2	in^2	m^2	cm^2	mm^2
	1	144	0.09291	929.034	9.29×10^{3}
	6.944×10^{-3}	1	6.451×10^{-4}	6.4516	645.1625
	10.7639	1550	1	1×10^{4}	1×10^{6}
	1.0764×10^{-3}	0.155	1×10^{-4}	1	100
	1.076×10^{-5}	1.55×10^{-2}	1.55	.01	1

น้ำหนัก	pound	ounce	kilogram	gram	grain
	1	16	0.45359	453.592	7000
	0.0625	1	0.02834	28.349	437.5
	2.205	32.15	1	1000	15.432×10^{3}
	2.2205×10^{-3}	0.03527	0.001	1	15.432
	0.01736	0.02083	64.8×10^{-6}	0.0648	1

กำลัง	kilowatt	horsepower*	ft lbs/sec	ft lbs/min	ft lbs/hr	Btu/sec	Btu/min	Btu/hr
	1	1.3415	738	44.268×10^{3}	2.656×10^{6}	0.948	56.9	3413
	0.7455	1	550	33×10^{3}	1.98×10^{6}	0.707	42.44	2544
	13.55×10^{-4}	18.18×10^{-4}	1	60	3600	12.84×10^{-4}	0.0771	4.62
* U.S.	22.59×10^{-6}	0.303×10^{-6}	0.01667	1	60	21.41×10^{-6}	12.84×10^{-4}	0.0771
(U.S. horsepower × 1.014 =	0.376×10^{-6}	0.505×10^{-6}	2.78×10^{-4}	0.01667	1	0.357×10^{-6}	21.41×10^{-6}	12.84×10^{-4}
metric horsepower	1.055	1.416	778	46.7×10^{3}	2.802×10^{-6}	1	60	3600
metric horsepower × 0.9863 =	0.01759	0.02359	12.98	778	46.7×10^{3}	0.01667	1	60
U.S. horsepower)	2.931×10^{-4}	3.932×10^{-4}	0.2163	12.98	778	$2.778-10^{-4}$	0.01667	1

พลังงาน	kilowatt-hours	horsepower-hours	foot pounds	Btu	kilogram-meters	kilogram-calories	loules
	1	1.342	2.655×10^{6}	3415	367.1×10^{3}	860.238	3.6×10^{6}
	0.7457	1	1.98×10^{6}	2546.5	273.746×10^{3}	641.477	2.685×10^{6}
	0.376×10^{-6}	0.505×10^{-6}	1	1.286×10^{-3}	0.13826	3088	1.3562
	2.928×10^{-4}	3.929×10^{-4}	778	1	107.5	0.2519	1054.8
	2.723×10^{-6}	3.653×10^{-6}	7.233	9.302×10^{-3}	1	23.43×10^{-4}	9.804
	1.623×10^{-3}	1.558×10^{-3}	3087.35	3.9683	426.843	1	4185.829
	3.6×10^{6}	2.684×10^{6}	0.7373	1054.8	0.10194	4186	1

ความเร็ว	cm/sec	meter/sec	meter/min	kilometer/hr	feet/sec	feet/min	mile/hour
	1	0.01	0.6	0.036	0.03281	1.9685	0.02237
	100	1	60	3.6	3.281	196.85	2.2369
	1.667	0.01667	1	0.06	0.05468	3.281	0.03728
statute mile/hour × 0.8684 = knot	27.78	0.2778	16.67	1	0.91134	54.681	0.62137
knot × 1.1516 = statute mile/hour	30.48	0.3048	18.29	1.0973	1	60	0.68182
feet/sec × 0.5921 = knot	0.508	5.08×10^{-3}	0.3048	0.01829	0.01667	1	0.01136
knot × 1.689 = feet/sec	44.704	0.44704	26.82	1.6093	1.4667	88	1

ความยาว	foot	inch	meter	centimeter	milimeter	micron	angstrom
	1	12	0.3048	30.48	304.8006	3.048×10^{5}	3.048×10^{9}
	0.08333	1	0.0254	2.54	25.4	2.54×10^{4}	2.54×10^{8}
	3.28083	39.37	1	100	1000	1×10^{6}	1×10^{10}
1 statute mile 5280 feet	0.03281	0.3937	0.01	1	10	1×10^{4}	1×10^{8}
1609 meters = 0.8684 nautical mile	3.281×10^{-3}	0.03937	0.001	0.1	1	1000	1×10^{7}
1 nautical mile = 6081 feet	3.281×10^{-6}	3.937×10^{-5}	1×10^{-6}	1×10^{-4}	1×10^{-3}	1	1×10^{4}
1852 meters = 1.1516 statue mile	3.281×10^{-10}	3.937×10^{-9}	1×10^{-10}	1×10^{-8}	1×10^{-7}	1×10^{-4}	1

ตาราง ก.9 (ต่อ)

ความดัน	atm	bar	Kp/cm^2	psi	inches Hg	microns Hg	torr (mm Hg)
	1	1.01325	1.0332	14.696	29.921	760×10^3	760
	0.98692	1	1.01971	14.504	29.53	750.059×10^3	750.059
1 atm = 33.93 Feet of Water	0.96784	0.98067	1	14.223	28.959	735.56×10^3	735.56
	0.06805	0.06895	0.07031	1	2.036	51.715×10^3	51.715
PSIG lb/in^2 Gage	0.03342	0.03364	0.03453	0.49116	1	2.54×10^3	2.54
PSIA lb/in^2 absolute	1.3158×10^{-6}	1.3332×10^{-6}	1.3595×10^{-6}	19.337×10^{-6}	39.37×10^{-6}	1	1×10^{-3}
PSIA PSIG plus atmospheric pressure.	1.3158×10^{-3}	1.3332×10^{-3}	1.3595×10^{-3}	19.337×10^{-3}	39.37×10^{-3}	1×10^3	1

ปริมาตร	$meter^3$	$foot^3$	gallon*	liter	quart	$inch^3$	cc
	1	35.31	264.2	1000	1056.8	61.023	1×10^6
*U.S. gallon	28.317×10^{-3}	1	7.4805	28.317	29.92	1728	28.317×10^3
(U.S. gallon × 0.83267 = British	3.785×10^{-3}	0.1337	1	3.785	4	231	3785
Imperial gallon	1×10^{-3}	0.03531	0.2642	1	1.057	61.023	1000
British Imperial gallon × 1.	9.463×10^{-4}	0.03342	0.25	0.9463	1	57.75	946.25
20095 = U.S. gallon	0.05787	5.787×10^{-4}	43.29×10^{-4}	0.01639	0.01732	1	16.387
U.S. gallon water = 8.3453	1×10^{-6}	35.31×10^{-6}	2.642×10^{-4}	1×10^{-3}	10.568×10^{-4}	0.06102	1
pounds							
British Imperial gallon water 10.0							
pounds							
U.S. fluid ounce = 29.5737							
centimeters ^{3}							
British Imperial fluid ounce							
28.413 centimeters^3)							

ความหนาแน่น	$pound/inch^3$	$pound/ft^3$	pound/gallon	$kg/meter^3$	$gram/cm^3$
	1	1728	231	27.68×10^3	27.6797
	5.787×10^{-4}	1	0.1337	16.018	0.01602
	4.33×10^{-3}	7.48	1	119.8257	0.11983
	3.613×10^{-5}	0.06243	8.3438×10^{-4}	1	1000
	0.03613	62.43	0.83438	0.001	1

การไหล	gal/hr	gal/min	cu ft/hr	cu ft/min	liters/hr	liters/min	cc/min
	1	0.01667	0.1337	2.228×10^{-3}	3.7848	0.06308	63.08
	60	1	8.022	0.1337	227.1	3.7848	3784.8
	7.48	0.1247	1	0.01667	28.32	0.472	472
	448.8	7.48	60	1	0.47195	28.32	28.32×10^3
	0.26418	4.403×10^{-3}	0.03531	5.886×10^{-4}	1	0.01667	16.67
	15.8502	264.18×10^{-3}	2.11887	0.03531	60	1	1000
	4.403×10^{-6}	264.2×10^{-6}	0.5886×10^{-6}	35.3145×10^{-6}	16.67×10^{-6}	0.001	1

แปลงค่าอุณหภูมิ

Locate known temperature in center column. If known temperature is in °C, read °F equivalent in right-hand column. If known temperature is in °F, read °C equivalent in left-hand column. For temperatures not given in table, or to convert to other temperature scales, use the following:

	Temperature Scale: Water Boiling Point	Water Freezing Point	Absolute Zero
°F (Fahrenheit)	212°F	32°F	−459
°C (Celsius or Centigrade)	100°C	0°C	−273
°K (Kelvin-absolute)	373°K	273°K	0
°R (Reaumur)	80°R	0°R	−218
°Rank (Rankine)	671° Rank	491° Rank	0

$°C = (°F-32)\frac{5}{9}$

$°F = \frac{9}{5}°C+32$

°R = 8°C

°K = °C+273

°Rank = °F+459.67

ตาราง ก.9 (ต่อ)

ตารางแปลงหน่วย(แบบที่ 2)

METRIC TECH	X	=	ENGLISH UNIT	X	= SI UNIT
ความเร่ง					
m/s^2				1.0	m/s^2
m/s^2	3.281		ft/s^2	0.3048	m/s^2
พื้นที่					
cm^2				100	mm^2
cm^2	0.1550		in^2	645.2	mm^2
m^2				1.0	m^2
m^2	10.76		ft^2	0.09290	m^2
พลังงาน					
kcal				4.187	KJ
kcal	3.968		Btu	1.055	KJ
kg_f-m				9.807	J
kg_f-m	7.233		ft-lb_f	1.356	J
kW-h				3.600	MJ
kW-h	3412.		Btu	1.055×10^{-3}	MJ
แรงบิด					
kg_f-m	9.807				N.m
kg_f-m	86.80		lb_f-in	0.1130	N.m
kg_f-m	7.233		lb_f-ft	1.356	N.m
แรง					
kg_f				9.807	N
kg_f	2.205		lb_f	4.448	N
ความยาว					
μm				1.0	μm
μm	39.37		micro-inch	0.0254	μm
mm				1.0	mm
mm	0.03937		in	25.4	mm
mm	0.003281		ft	304.8	mm
m				1.0	m
m	3.281		ft	0.3048	m
m	1.094		yd	0.9144	m
มวล					
g				1.0	g
g	0.03527		oz	28.35	g
kg				1.0	kg
kg	2.205		lb	0.4536	kg
tonne,Mg				1.0	tonne,Mg
tonne,Mg	1.102		U.S.ton. (2000lb)	0.9072	tonne,Mg

ตาราง ก.9 (ต่อ)

METRIC TECH	X	=	ENGLISH UNIT	X	= SI UNIT
มวล/เวลา					
kg/h				0.00027778	kg/s
kg/h	0.03674		lb/min	0.00756	kg/s
มวล/ปริมาตร					
kg/dm^3,kg/L				1000.	kg/m^3
kg/dm^3,kg/L	62.43		lb/ft^3	16.02	kg/m^3
กำลัง					
kcal/h				1.163	W
kcal/h	3.968		Btu/h	0.2931	W
HP metric				0.7355	kW
HP metric	0.9863		HP($500^{ft}s^{-lb}$)	0.7457	kW
Mcal/h				1.163	kW
Mcal/h	0.3307		Ton refr.	3.517	kW
ความดัน					
mm w.g. 4°C				0.009806	kPa
mm w.g. 4°C	0.03937		in H_2O 39.2°F	0.2491	kPa
mm Hg 0°C				0.1333	kPa
mm Hg 0°C	0.03937		in Hg 32°F	3.386	kPa
kg_f/cm^2				98.07	kPa
kg_f/cm^2	14.22		psi	6.895	kPa
mH_2O	3.281		ft H_2O	2.989	kPa
พลังงานในหน่วย					
Enthalpy					
kcal/kg				4.187	KJ/kg
kcal/kg	1.800		Btu/lb	2.326	KJ/kg
ความร้อนจำเพาะ					
kcal/kg °C				4.187	KJ/kg
kcal/kg °C	1.0		Btu/lb°F	4.187	KJ/kg °C
อัตราของไอน้ำ					
kg/kW.h				1.0	kg/kW.h
kg/kW.h	1.644		lb/h-HP	0.6083	kg/kW.h
kg/Mcal				0.8598	kg/kW.h
kg/Mcal	6.666		lb/h-Ton	0.1290	kg/kW.h
ช่วงอุณหภูมิ					
°C				1.0	K
°C	1.8		°F	0.5556	°C
ค่าการนำความร้อน					
kcal/m-h°C				1.163	W/m°C
kcal/m-h °C	8.064		$Btu.in/tf^2.h°F$	0.1442	W/m°C
kcal/m-h °C	0.6720		$Btu.ft/tf^2.hF$	1.731	W/m°C

ตาราง ก.9 (ต่อ)

METRIC TECH	X	=	ENGLISH UNIT	X	= SI UNIT
ค่าความต้านทานความร้อน					
m^2.°C.h/kcal				0.8598	m^2 °C/W
m^2.°C.h/kcal	4.882		ft^2h°F/Btu	0.1761	m^2 °C/W
สัมประสิทธิ์การพาความร้อน					
kcal/m^2.h°C				1.163	W/m^2°C
kcal/m^2.h°C	0.2048		Btu/ft^2.h°F	5.678	W/m^2°C
ความเร็ว					
m/s				1.0	m/s
m/s	3.281		ft/s	0.3048	m/s
m/s	196.9		ft/min	0.00508	m/s
ความหนืด					
cP				1.0	mPa-s
cP	2.089×10^{-5}		$lb_f s/ft^2$	47880.	mPa-s
cSt				1.0	mm^2/s
cSt	1.076×10^{-5}		ft^2/s	92903.	mm^2/s
ปริมาตร					
mm^3				$1.[illegible]\times10^{-6}$	L
mm^3	6.102×10^{-5}		in^3	0.01639	L
L				1.0	L
L	0.03531		ft^3	28.32	L
m^3				1.0	m^3
m^3	1.308		yd^3	0.7646	m^3
L	0.2642		U.S.gal	3.785	L
L	2.113		U.S.pint	0.4732	L
mL, cm^3				1.0	mL
mL, cm^3	0.03381		U.S.oz.	29.57	mL
ปริมาตร/เวลา					
m^3/h				0.2778	L/s
m^3/h	0.5886		ft^3/min	0.4719	L/s
m^3/h	4.403		U.S.gal/min	0.06309	L/s
L/h				2.778×10^{-6}	L/s
L/h	4.403×10^{-3}		U.S.gal/min	0.06309	L/s
(m^3/h)					
(1000 kcal/h)	1.780		cfm/ton	0.1342	L/s-kW
อุณหภูมิ					
°C				°C+273.15	K
°C	(°C×1.8)+32		°F		(°F−321):1.8

ตาราง ก.10

Physical Properties

AISI Type 316: Thermal Treatment Temperatures

Treatment	Temperature range °C	°F
Forging, start	1150-1260	2100-2300
Forging, finish	925 min	1700 min
Annealing(a)	1010-1120	1850-2050
Hardening(b)	...	...

(a) Follow with rapid quenching. Thin sections, such as sheet or strip may be air cooled. Forgings should be water quenched. (b) Hardenable by cold work only

AISI Type 316: Thermal Conductivity (Ref 6)

Temperature °C	°F	Thermal conductivity W/m·K	Btu/ft·h·°F
100	212	16.3	9.4
500	930	21.5	12.4

AISI Type 316: Selected Physical Properties (Ref 6)

Melting range	1370-1400 °C (2500-2550 °F)
Density	8.0 g/cm³ (0.29 lb/in.³)
Specific heat at 0-100 °C (32-212 °F)	500 J/kg·K (0.12 Btu/lb·°F)
Electrical resistivity at 20 °C (68 °F)	74 nΩ·m

AISI Type 316: Average Coefficients of Linear Thermal Expansion (Ref 6)

Temperature range °C	°F	Coefficient μm/m·K	μin./in.·°F
0-100	32-212	16.0	8.9
0-315	32-600	16.2	9.0
0-540	32-1000	17.5	9.7
0-650	32-1200	18.5	10.3
0-815	32-1500	20.0	11.1

ตาราง ก.11

คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของน้ำ[n]

ไอน้ำอิ่มตัว : ตารางอุณหภูมิ

		ปริมาตรจำเพาะ m³/kg		พลังงานภายใน kJ/kg			เอนทาลปี kJ/kg			เอนโทรปี kJ/kg K		
Temp. °C T	Press. kPa P	Sat. Liquid v_f	Sat. Vapor v_g	Sat. Liquid u_f	Evap. u_{fg}	Sat. Vapor u_g	Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Evap. s_{fg}	Sat. Vapor s_g
0.01	0.6113	0.001 000	206.14	.00	2375.3	2375.3	.01	2501.3	2501.4	.0000	9.1562	9.1562
5	0.8721	0.001 000	147.12	20.97	2361.3	2382.3	20.98	2489.6	2510.6	.0761	8.9496	9.0257
10	1.2276	0.001 000	106.38	42.00	2347.2	2389.2	42.01	2477.7	2519.8	.1510	8.7498	8.9008
15	1.7051	0.001 001	77.93	62.99	2333.1	2396.1	62.99	2465.9	2528.9	.2245	8.5569	8.7814
20	2.339	0.001 002	57.79	83.95	2319.0	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	.2966	8.3706	8.6672
25	3.169	0.001 003	43.36	104.88	2304.9	2409.8	104.89	2442.3	2547.2	.3674	8.1905	8.5580
30	4.246	0.001 004	32.89	125.78	2290.8	2416.6	125.79	2430.5	2556.3	.4369	8.0164	8.4533
35	5.628	0.001 006	25.22	146.67	2276.7	2423.4	146.68	2418.6	2565.3	.5053	7.8478	8.3531
40	7.384	0.001 008	19.52	167.56	2262.6	2430.1	167.57	2406.7	2574.3	.5725	7.6845	8.2570
45	9.593	0.001 010	15.26	188.44	2248.4	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	.6387	7.5261	8.1648
50	12.349	0.001 012	12.03	209.32	2234.2	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	.7038	7.3725	8.0763
55	15.758	0.001 015	9.568	230.21	2219.9	2450.1	230.23	2370.7	2600.9	.7679	7.2234	7.9913
60	19.940	0.001 017	7.671	251.11	2205.5	2456.6	251.13	2358.5	2609.6	.8312	7.0784	7.9096
65	25.03	0.001 020	6.197	272.02	2191.1	2463.1	272.06	2346.2	2618.3	.8935	6.9375	7.8310
70	31.19	0.001 023	5.042	292.95	2176.6	2469.6	292.98	2333.8	2626.8	.9549	6.8004	7.7553
75	38.58	0.001 026	4.131	313.90	2162.0	2475.9	313.93	2321.4	2635.3	1.0155	6.6669	7.6824
80	47.39	0.001 029	3.407	334.86	2147.4	2482.2	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	6.5369	7.6122
85	57.83	0.001 033	2.828	355.84	2132.6	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1343	6.4102	7.5445
90	70.14	0.001 036	2.361	376.85	2117.7	2494.5	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	6.2866	7.4791
95	84.55	0.001 040	1.982	397.88	2102.7	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	6.1659	7.4159
100	0.101 35	0.001 044	1.6729	418.94	2087.6	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3069	6.0480	7.3549
105	0.120 82	0.001 048	1.4194	440.02	2072.3	2512.4	440.15	2243.7	2683.8	1.3630	5.9328	7.2958
110	0.143 27	0.001 052	1.2102	461.14	2057.0	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	5.8202	7.2387
115	0.169 06	0.001 056	1.0366	482.30	2041.4	2523.7	482.48	2216.5	2699.0	1.4734	5.7100	7.1833
120	0.198 53	0.001 060	0.8919	503.50	2025.8	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	5.6020	7.1296
125	0.2321	0.001 065	0.7706	524.74	2009.9	2534.6	524.99	2188.5	2713.5	1.5813	5.4962	7.0775
130	0.2701	0.001 070	0.6685	546.02	1993.9	2539.9	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	5.3925	7.0269
135	0.3130	0.001 075	0.5822	567.35	1977.7	2545.0	567.69	2159.6	2727.3	1.6870	5.2907	6.9777
140	0.3613	0.001 080	0.5089	588.74	1961.3	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	5.1908	6.9299
145	0.4154	0.001 085	0.4463	610.18	1944.7	2554.9	610.63	2129.6	2740.3	1.7907	5.0926	6.8833
150	0.4758	0.001 091	0.3928	631.68	1927.9	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	4.9960	6.8379
155	0.5431	0.001 096	0.3468	653.24	1910.8	2564.1	653.84	2098.6	2752.4	1.8925	4.9010	6.7935
160	0.6178	0.001 102	0.3071	674.87	1893.5	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	4.8075	6.7502
165	0.7005	0.001 108	0.2727	696.56	1876.0	2572.5	697.34	2066.2	2763.5	1.9925	4.7153	6.7078
170	0.7917	0.001 114	0.2428	718.33	1858.1	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	4.6244	6.6663
175	0.8920	0.001 121	0.2168	740.17	1840.0	2580.2	741.17	2032.4	2773.6	2.0909	4.5347	6.6256
180	1.0021	0.001 127	0.194 05	762.09	1821.6	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	4.4461	6.5857
185	1.1227	0.001 134	0.174 09	784.10	1802.9	2587.0	785.37	1997.1	2782.4	2.1879	4.3586	6.5465
190	1.2544	0.001 141	0.156 54	806.19	1783.8	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	4.2720	6.5079
195	1.3978	0.001 149	0.141 05	828.37	1764.4	2592.8	829.98	1960.0	2790.0	2.2835	4.1863	6.4698
200	1.5538	0.001 157	0.127 36	850.65	1744.7	2595.3	852.45	1940.7	2793.2	2.3309	4.1014	6.4323
205	1.7230	0.001 164	0.115 21	873.04	1724.5	2597.5	875.04	1921.0	2796.0	2.3780	4.0172	6.3952
210	1.9062	0.001 173	0.104 41	895.53	1703.9	2599.5	897.76	1900.7	2798.5	2.4248	3.9337	6.3585
215	2.104	0.001 181	0.094 79	918.14	1682.9	2601.1	920.62	1879.9	2800.5	2.4714	3.8507	6.3221
220	2.318	0.001 190	0.086 19	940.87	1661.5	2602.4	943.62	1858.5	2802.1	2.5178	3.7683	6.2861
225	2.548	0.001 199	0.078 49	963.73	1639.6	2603.3	966.78	1836.5	2803.3	2.5639	3.6863	6.2503
230	2.795	0.001 209	0.071 58	986.74	1617.2	2603.9	990.12	1813.8	2804.0	2.6099	3.6047	6.2146
235	3.060	0.001 219	0.065 37	1009.89	1594.2	2604.1	1013.62	1790.5	2804.2	2.6558	3.5233	6.1791
240	3.344	0.001 229	0.059 76	1033.21	1570.8	2604.0	1037.32	1766.5	2803.8	2.7015	3.4422	6.1437
245	3.648	0.001 240	0.054 71	1056.71	1546.7	2603.4	1061.23	1741.7	2803.0	2.7472	3.3612	6.1083
250	3.973	0.001 251	0.050 13	1080.39	1522.0	2602.4	1085.36	1716.2	2801.5	2.7927	3.2802	6.0730
255	4.319	0.001 263	0.045 98	1104.28	1496.7	2600.9	1109.73	1689.8	2799.5	2.8383	3.1992	6.0375
260	4.688	0.001 276	0.042 21	1128.39	1470.6	2599.0	1134.37	1662.5	2796.9	2.8838	3.1181	6.0019
265	5.081	0.001 289	0.038 77	1152.74	1443.9	2596.6	1159.28	1634.4	2793.6	2.9294	3.0368	5.9662
270	5.499	0.001 302	0.035 64	1177.36	1416.3	2593.7	1184.51	1605.2	2789.7	2.9751	2.9551	5.9301

[n] คัดแปลงจาก Joseph H. Keenan, Frederick G. Keyes, Philip G. Hill, and Joan G. Moore, *Steam Tables*, (New York: John Wiley & Sons, Inc., 1969).

ตาราง ก.11 (ต่อ)

ไอน้ำอิ่มตัว : ตารางอุณหภูมิ

Temp. °C T	Press. MPa P	ปริมาตรจำเพาะ m³/kg Sat. Liquid v_f	Sat. Vapor v_g	พลังงานภายใน kJ/kg Sat. Liquid u_f	Evap. u_{fg}	Sat. Vapor u_g	เอนทาลปี kJ/kg Sat. Liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. Vapor h_g	Sat. Liquid s_f	Evap. s_{fg}	Sat. Vapor s_g
275	5.942	0.001 317	0.032 79	1202.25	1387.9	2590.2	1210.07	1574.9	2785.0	3.0208	2.8730	5.8938
280	6.412	0.001 332	0.030 17	1227.46	1358.7	2586.1	1235.99	1543.6	2779.6	3.0668	2.7903	5.8571
285	6.909	0.001 348	0.027 77	1253.00	1328.4	2581.4	1262.31	1511.0	2773.3	3.1130	2.7070	5.8199
290	7.436	0.001 366	0.025 57	1278.92	1297.1	2576.0	1289.07	1477.1	2766.2	3.1594	2.6227	5.7821
295	7.993	0.001 384	0.023 54	1305.2	1264.7	2569.9	1316.3	1441.8	2758.1	3.2062	2.5375	5.7437
300	8.581	0.001 404	0.021 67	1332.0	1231.0	2563.0	1344.0	1404.9	2749.0	3.2534	2.4511	5.7045
305	9.202	0.001 425	0.019 948	1359.3	1195.9	2555.2	1372.4	1366.4	2738.7	3.3010	2.3633	5.6643
310	9.856	0.001 447	0.018 350	1387.1	1159.4	2546.4	1401.3	1326.0	2727.3	3.3493	2.2737	5.6230
315	10.547	0.001 472	0.016 867	1415.5	1121.1	2536.6	1431.0	1283.5	2714.5	3.3982	2.1821	5.5804
320	11.274	0.001 499	0.015 488	1444.6	1080.9	2525.5	1461.5	1238.6	2700.1	3.4480	2.0882	5.5362
330	12.845	0.001 561	0.012 996	1505.3	993.7	2498.9	1525.3	1140.6	2665.9	3.5507	1.8909	5.4417
340	14.586	0.001 638	0.010 797	1570.3	894.3	2464.6	1594.2	1027.9	2622.0	3.6594	1.6763	5.3357
350	16.513	0.001 740	0.008 813	1641.9	776.6	2418.4	1670.6	893.4	2563.9	3.7777	1.4335	5.2112
360	18.651	0.001 893	0.006 945	1725.2	626.3	2351.5	1760.5	720.5	2481.0	3.9147	1.1379	5.0526
370	21.03	0.002 213	0.004 925	1844.0	384.5	2228.5	1890.5	441.6	2332.1	4.1106	.6865	4.7971
374.14	22.09	0.003 155	0.003 155	2029.6	0	2029.6	2099.3	0	2099.3	4.4298	0	4.4298

ตาราง ก.12

คุณสมบัติของของแข็งและของเหลวชนิดต่าง ๆ[a]

ของแข็ง	C_p, kJ/kg K	ρ, kg/m³	ของเหลว	C_p, kJ/kg K	ρ, kg/m³
Aluminum	0.900	2700	Ammonia	4.800	602
Copper	0.386	8900	Ethanol	2.456	783
Granite	1.017	2700	Freon-12	0.977	1310
Graphite	0.711	2500	Mercury	0.139	13 560
Iron	0.450	7840	Methanol	2.550	787
Lead	0.128	11 310	Oil (light)	1.800	910
Rubber (soft)	1.840	1100	Water	4.184	997
Silver	0.235	10 470			
Tin	0.217	5730			
Wood (most)	1.760	350–700			

[a]ค่าที่ 25°C

บรรณานุกรม

Yokokawa Eletric Corporation , "Instruction Manual,uXL Models MOPS and MOPL , Operator Station , Operator Manual" , IM 34A6H51-01E , 3rd Edition

Yokokawa Eletric Corporation , "Instruction Manual,uXL Model MOPS and MOPL , Operator Station , Graphic Builder" , IM 34A6H62-01E ,1st Edition

Yokokawa Eletric Corporation , "Instruction Manual,uXL Model MFCN ,Field Control Unit Function Manual" , IM 34A6B21-01E , 1st Edition

Philip D. Harvey , Engineering Properties of steel , American society for metals , Inc. , Ohio 1982

Fisher Control , Control valve Handbook , Fhish Control Company , Inc. , Lowa , 1977

รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต . วิศวกรรมแปรรูปอาหาร: การถนอมอาหาร พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: โอ. เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์, 2535

พงษ์ธร จรัญญากรณ์ . เทอร์โมไดนามิกส์ . กรุงเทพมหานคร: หจก . เอช-เอ็น การพิมพ์ , 2521

ที กรุ๊ฟ อ๊อฟ เอ็นจิเนียร์ . ตารางท่อสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างและวิศวกร. กรุงเทพมหานคร : ที กรุ๊ฟ อ๊อฟ เอ็นจิเนียร์

วีระ จันทร์วัฒนะ. การถ่ายเทความร้อน พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพมหานคร , 2528

เอ็มแอนด์อี คู่มือวิศวกรเครื่องกล (ฉบับปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติม) พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: เอเชียเพรส จำกัด , 2535

กิติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จมิได้ถ้าขาดบุคคลที่ให้ความช่วยเหลือหลายๆ ท่าน คือ

อาจารย์ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์

อาจารย์ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์

อาจารย์ธนิตย์ ตรีสุวรรณวัฒน์

อาจารย์ประเสริฐ เชี่ยวประกอบกิจ

ผู้จัดทำขอขอบคุณสำหรับคำแนะนำ คำปรึกษา หนังสือ และความเอื้อเฟื้อของอาจารย์ทุกท่านที่ทำให้โครงงานสำเร็จลงได้ด้วยดีและขอขอบคุณคำแนะนำจาก พี่หนุ่ม และพี่ๆ คอนโทรลโลจิกที่ช่วยให้คำแนะนำในการวาด Autocad และสุดท้ายขอขอบคุณบิดา มารดาที่ให้โอกาสศึกษา ขอบใจเพื่อนๆ และน้องๆ ที่ให้ใช้คอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์และให้กำลังใจในการทำโครงงานครั้งนี้