

ระบบให้น้ำอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะชำ ส่วนจิตรลดา



ปริกฤณานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริกฤณวิศกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

> ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033199

ปริญญาโท ประจำปีการศึกษา 2536

ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบให้น้ำอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะชำ ส่วนจิตรลดา

ผู้จัดทำ

1. นางสาวปภา พระศรีนวม

2. นางสาวสุวิมล บุญมิ่ง

3. นางสาวอารยา ไสลเพชร

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ภัทรชัย วิชัยยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์พิชิต กิตตินนท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ปรีชาเนต ศรีแก้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์โครงการ

เพื่อศึกษาออกแบบโครงสร้างและสร้างระบบให้น้ำอัตโนมัติในโรงเรียนให้ใช้งานได้อย่างสะดวก และมีประสิทธิภาพ

วิธีการดำเนินงาน

สร้างระบบให้น้ำอัตโนมัติ โดยมีลักษณะเป็นโครงสร้างเหล็กเคลื่อนได้ โดยมีความสามารถในการเคลื่อนที่ไป-กลับได้โดยอัตโนมัติ

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาความต้องการของผู้ใช้
2. ศึกษารายละเอียดของระบบการใช้น้ำที่เคยมีใช้อยู่แล้ว เพื่อนำมาปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้
3. วางแผนและออกแบบระบบทั้งหมด
4. เลือกวัสดุ-อุปกรณ์ในการสร้างให้เหมาะสม
5. สร้างโครงสร้างที่ให้น้ำ และติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆพร้อมทั้งทำการทดสอบงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่อง

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้รับความรู้ และสามารถนำระบบการให้น้ำแบบสวน ริงไป-กลับโดยอัตโนมัติ มา
ใช้ได้ในการโครงการสวนจิตรลดา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบให้น้ำอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะชำ ส่วนจิตรลดา

นางสาวบุปผา พระศรีนาม

นางสาวสุวิณี บุญมั่ง

นางสาวอารษา ไสลเพชร

นายภัทรชัย วิชัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษา

นายพิชิต กิตตินนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา

นายปรีชานันท์ ศรีแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2536

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อรายงานการศึกษาการออกแบบโครงสร้าง และ
สร้างระบบให้น้ำในโรงเรือนเพาะชำต้นกล้า ขนาด 6*8*2 เมตร ในโครงการส่วนจิตรลดา
โดยใช้หัวจ่ายน้ำแบบไมโครสปริงเกลอร์ ชนิดพ่นหมอก ซึ่งจะติดอยู่กับท่อพีอีและท่อพีอีนี้จะยึดติด
กับชุดโครงเหล็กโดยทำจากท่อประปา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 18.75 มิลลิเมตร ชุดโครงเหล็กจะ
แขวนอยู่บนรางรูปตัว C และ เคลื่อนที่ไปกลับตามความยาวของโรงเรือน จากการคำนวณจะได้
ความเร็วในการเคลื่อนที่ของชุดโครงเหล็กเท่ากับ 7.6 เมตร/วินาที ในการเคลื่อนที่หนึ่งรอบจะ
ให้น้ำแก่พืชได้ 4.324 ลิตร การเริ่มต้นการจ่ายน้ำ การเคลื่อนที่ไป-กลับ และสิ้นสุดการจ่ายน้ำ
จะถูกควบคุมโดยวงจรควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้รีเลย์(Relay)เป็นตัวตัดต่อการทำงานของแมค-
เนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic contactor) ซึ่งควบคุมทิศทางการทำงานของมอเตอร์ และตัดต่อ
การ ปิด-เปิดของวาล์วโซลินอยด์(Solenoid valve)

AUTOMATIC SPRINKLER SYSTEM

Buppha	Prasrinam	
Suwanee	Boonmung	
Araya	Salaipet	
Pattarachai	Vichaiya	Advisor
Pichit	Kittinon	Advisor
Preechanun	Srikeaw	Advisor

Abstract

The objective of this thesis is to study and design the structure of an automatic water supply system for the greenhouse at Suan Jidrada Project . The greenhouse is 6 metres wide , 8 metres in length and 2 metres in hight . The microsprinkler which is foggy type are attached to PE pipe . The set is fixed onto a boom which can be moving back and forth along the length of the greenhouse . The sprinkler system will supply 4.3 litres of water per 1 round . The movement of the boom is controled by electrical circuit . Timer can be used for the automatic turn on . The reset switch is used in order to stop the system . After the completion of the system's construction , the system will be installed at Suan Jidrada Project .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(ก)
สารบัญรูปภาพ	(ข)
สารบัญตาราง	(ง)
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ที่มาของโครงการ	2
บทที่ 3 ทฤษฎีการออกแบบ และการคำนวณ	3
3.1 โครงเหล็กระบบให้น้ำในโรงเรือนเพาะชำ	3
3.2 ระบบการจ่ายน้ำ	25
3.3 ระบบวงจรควบคุม	34
บทที่ 4 กวสร้างและการทดสอบ	42
4.1 การสร้าง	42
4.1.1 ระบบโครงสร้าง	42
4.1.2 ระบบวงจรควบคุม	45
4.2 การทดสอบ	48
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	52
ภาคผนวก	53
เอกสารอ้างอิง	68
กิตติกรรมประกาศ	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.1.1 แสดงการติดตั้งชุดโครงเหล็กในโรงเรือน	3
รูปที่ 3.1.2 แสดงถึงชุดโครงเหล็กที่ติดตั้งในโรงเรือน	4
รูปที่ 3.1.3 แสดงการกำหนด Node & Element บนโครงเหล็ก	9
รูปที่ 3.1.4 แสดงการแอนตัวในชั้นส่วนที่ 1	15
รูปที่ 3.1.5 แสดงแรงเฉือนที่เกิดบนโครงเหล็กในชั้นส่วนที่ 1	16
รูปที่ 3.1.6 แสดงโมเมนต์ที่เกิดบนโครงเหล็กในชั้นส่วนที่ 1	17
รูปที่ 3.3.1 แสดงลักษณะการทำงานของวงจรวัดคุม	35
รูปที่ 3.3.2 แสดงวงจรวัดคุมที่ออกแบบให้ใช้งานได้ตามที่กำหนดไว้	36
รูปที่ 3.3.3 แสดงโครงสร้างและวงจรของมอเตอร์	37
รูปที่ 3.3.4 แสดงลักษณะการหมุนของมอเตอร์ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา	37
รูปที่ 3.3.5 แสดงลักษณะการกลับทิศทาง การหมุนของมอเตอร์	38
รูปที่ 3.3.6 แสดงการส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังพู่เล่ย์	39
รูปที่ 4.4.1.ก ภาพแสดงโครงเหล็ก	42
รูปที่ 4.1.1.ข ภาพแสดงการต่อกำลังจากมอเตอร์ไปยังพู่เล่ย์	43
รูปที่ 4.1.1.ค ภาพแสดงการยึดสลิงติดกับชุดโครงเหล็ก	43
รูปที่ 4.1.1.ง ภาพแสดงชุดไมโครสปริงเกลอร์	44
รูปที่ 4.1.1.จ ภาพแสดงท่อ พีอี ที่ใช้ติดกับหัวสปริงเกลอร์	44
รูปที่ 4.1.2.ก แสดงวงจรวัดคุมใหม่ที่ได้ออกมาแล้ว	45
รูปที่ 4.1.2.ข ภาพแสดงวงจรวัดคุมทิศทาง การหมุนของมอเตอร์	46
รูปที่ 4.1.2.ค แสดงการต่อแมคเน็ติค คอนแทคเตอร์ เข้ากับมอเตอร์	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 และการปิด-เปิดของวาล์วโซลินอยด์
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 4.1.2.ง	ภาพแสดงการต่อแมคเนติก คอนเทคเตอร์	47
ภาคผนวกรูปที่		
รูปที่ ผ1	ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ของค่าเรโนลด์นัมเบอร์ ค่าความขรุขระสัมพันธ์ และ ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	62-
รูปที่ ผ2	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน	63



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า	
ตารางที่ 4.2.1	แสดงผลการทดสอบ	49
ตารางที่ 4.2.2	แสดงผลการทดสอบบวงจรควบคุมมอเตอร์ (1/4 แรงม้า)	50
ภาคผนวกตารางที่		
ตารางที่ ผ1	แสดงค่าต่างๆ ของท่อประปา	55
ตารางที่ ผ2	แสดงค่าโมเมนต์ความเฉื่อย I	56
ตารางที่ ผ3	แสดงค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น E	57
ตารางที่ ผ4	แสดงรายละเอียดของไมโครสปริงเกลอร์	58
ตารางที่ ผ5	แสดงรายละเอียดของปั๊มอัดโนมิติ	59
ตารางที่ ผ6	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานโดยประมาณ	60
ตารางที่ ผ7	แสดงค่าความขรุขระ e ของท่อชนิดต่างๆ	60
ตารางที่ ผ8	แสดงคุณสมบัติของน้ำ	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การสร้างโรงเรือนเพาะชำ เป็นวิธีการหนึ่ง ที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากโรงเรือนเพาะชำสามารถควบคุมและปรับสภาวะแวดล้อม ให้พอเหมาะกับความต้องการของพืชได้

ปัจจัยที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆคือ น้ำ แร่ธาตุและสภาวะแวดล้อม การให้น้ำที่ถูกต้องและพอเหมาะกับความต้องการของพืชเป็นปัจจัยที่สำคัญมากที่จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดีขึ้น ปัจจุบันการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้ามากขึ้น จึงได้มีการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้กับงานทางด้านเกษตรกรรม เพื่อเป็นการประหยัดแรงงานและมีความสะดวกในการปฏิบัติงาน ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบให้น้ำอัตโนมัติที่จะใช้ในโรงเรือนเพาะชำที่มีการควบคุมสภาวะแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ที่มาของโครงการ

เนื่องจากโครงการส่วนพระองค์ สวนจิตรลดา ได้ทำการจัดตั้งโครงการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เพื่อการพัฒนาวิจัย การรวบรวมพันธุ์ เก็บรักษาพันธุ์ และขยายพันธุ์พืชโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยเฉพาะพืชที่หายาก เช่น สมอไทย ชนุน พุดสวน มณฑา ยี่หุบและหวาย พืชเหล่านี้จะถูกนำไปเพาะปลูกเสียบติดกับต้นต่อที่เตรียมไว้ ซึ่งในระยะแรกของการขยายพันธุ์นี้ ต้นพืชยังทนต่อสภาพแวดล้อมได้น้อย จึงจำเป็นต้องมีโรงเรือนเพาะชำที่ควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมแก่พืชในช่วงนี้

ลักษณะการให้น้ำแก่พืชในระยะแรกของการขยายพันธุ์ ต้องทำให้พืชบอบช้ำและได้รับความกระทบกระเทือนแก่พืชน้อยที่สุด

ระบบให้น้ำอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะชำ มีความจำเป็นเนื่องจาก

1. ปัจจุบันมีการขาดแคลนบุคลากร เนื่องจากทางโครงการได้มีการขยายงานมากขึ้น
2. เพื่อศึกษา และพัฒนาเทคโนโลยี
3. เพื่อความสะดวกในการปฏิบัติงาน

ลักษณะการทำงานของระบบ

เป็นการให้น้ำโดยใช้หัว micro sprinkler ติดไว้กับโครง boom ที่ยาวตามความกว้างของโรงเรือน สามารถเคลื่อนที่ไป-กลับได้ ลักษณะทั้งหมดของระบบแสดงดังรูป

ที่ 2.1

ระบบให้น้ำอัตโนมัติ ประกอบด้วยประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ

1. ระบบโครงสร้างของชุดโครงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. ระบบการจ่ายน้ำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

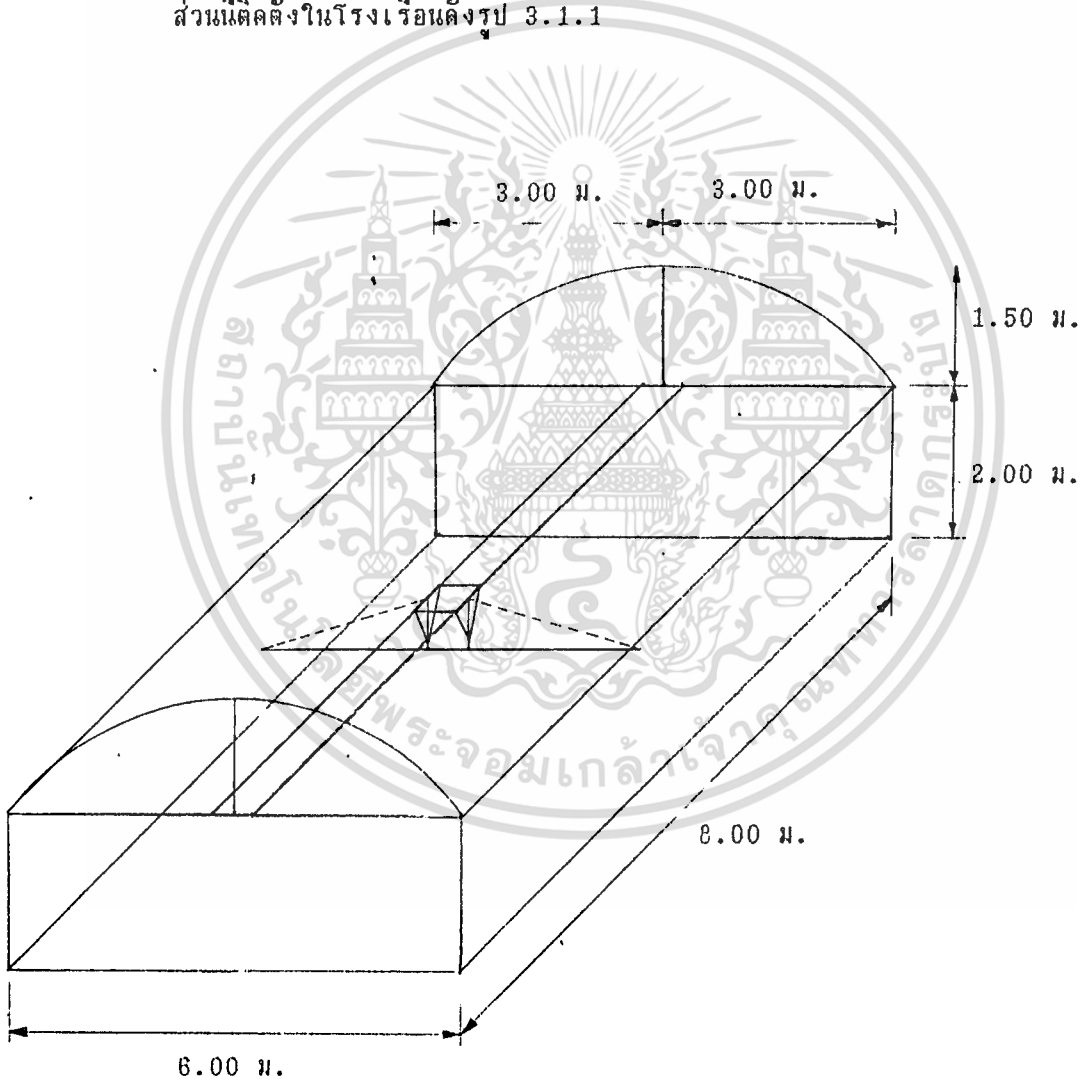
3. ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ไป-กลับ

บทที่ 3

ทฤษฎีการออกแบบและคำนวณ

3.1 โครงเหล็กระบบให้น้ำในโรงเรือนเพาะชำ

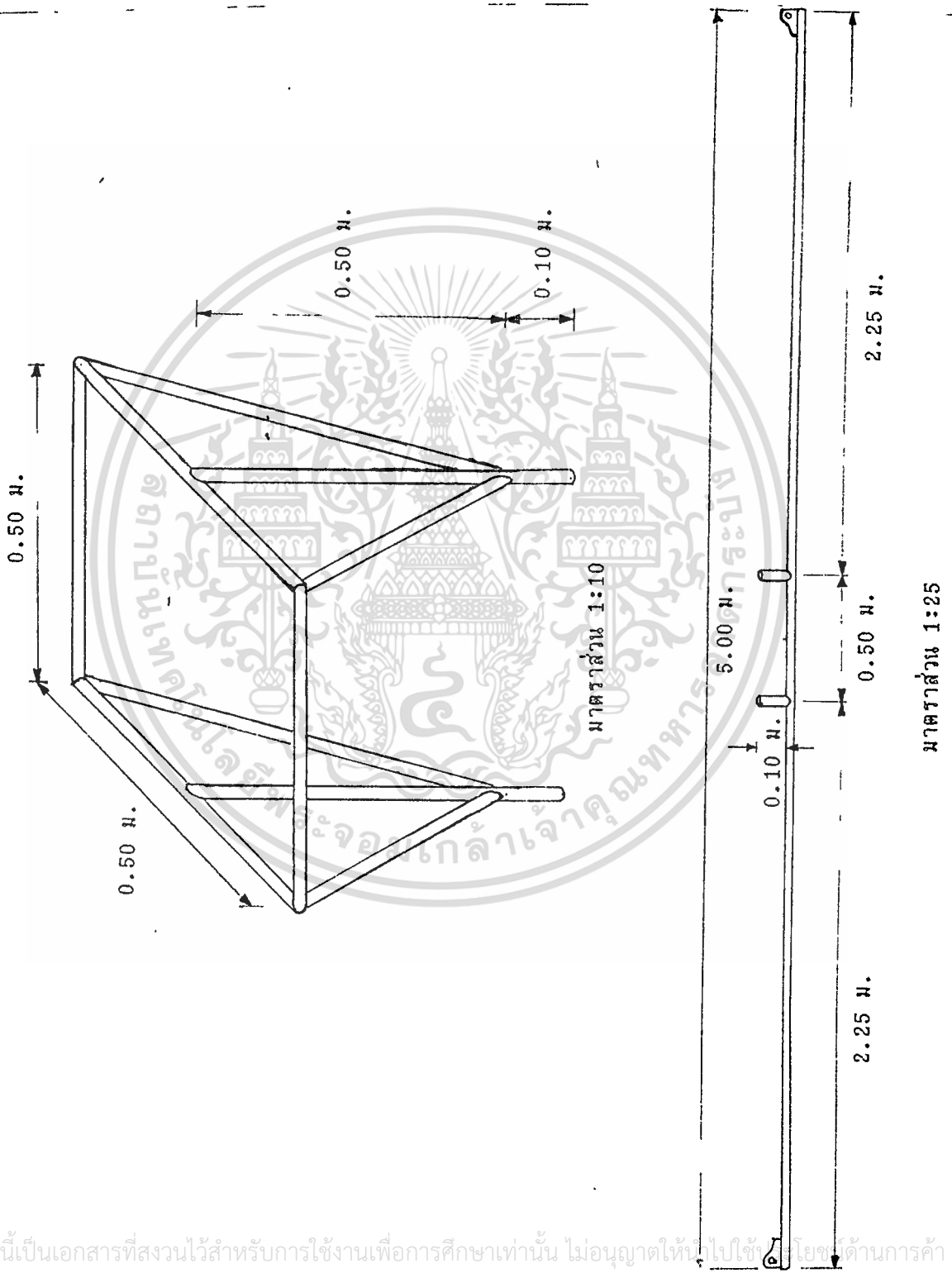
ส่วนนี้ติดตั้งในโรงเรือนดังรูป 3.1.1



มาตราส่วน 1:100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีก รูปที่ 3.1.1 แสดงการติดตั้งชุดโครงเหล็กในโรงเรือน

และชุดโครงเหล็กมีลักษณะ ดังรูป 3.1.2 วัสดุที่ใช้ทำชุดโครงเหล็กคือ ท่อน้ำประปา ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18.75 mm. เป็นส่วนใหญ่นอกจากส่วนประกอบด้านล่างใช้ท่อประปาขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20.31 mm. (ϕ in) จะแสดงให้เห็นดังรูปต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ขออนุญาต
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเป็นเอกสารหรือทำซ้ำโดยไม่ขออนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
 รูปที่ 3.1.2 แสดงถึงชุดโครงเหล็กที่ติดตั้งในโรงเรือน

และในระยะเวลา 7 เมตร ใช้เวลา 0.92 min (55.26 sec)

ในการคำนวณจะใช้โปรแกรม ไมโครพีบ เวอร์ชัน 3.2 ดังนั้นต้องเปลี่ยนกำลังงาน (Watts) ให้อยู่ในรูปของแรง (N) การวิเคราะห์โครงเหล็กจะคิดแรงที่เกิดจากน้ำหนักของตัวโครงเหล็กเองดังนั้น

$$\text{กำลังงาน; } P_{\text{total weight}} = 74.48 \text{ Watts}$$

$$\text{ระยะทาง; } S = 7 \text{ m (ใช้ระยะทางไปหรือกลับเท่ากัน)}$$

$$\text{เวลา; } t = 0.92 \text{ min (55.26 sec)}$$

จากสูตร

$$P = W/t \quad \text{----- A}$$

จาก $W = F \cdot S$ แทนในสมการ A

$$\text{จะได้ } P = (F \cdot S)/t$$

$$\text{ดังนั้น } F = Pt/s$$

$$\text{แทนค่า } F = (148.56 \text{ Watts}) * (55.26 \text{ sec}) / (7 \text{ m})$$

$$F = 1175.94 \text{ N}$$

นอกจากนี้ยังมีค่าต่าง ๆ ที่ต้องใช้ ดังต่อไปนี้

จากภาคผนวก ตารางที่ พ1

ท่อประปาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 27.2 มม หนา 20 มม

เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 25.2 มม

$$\text{และน้ำหนักของท่อ} = 1.24 * 10^{-2} \text{ kg/cm}$$

จากภาคผนวก ตารางที่ พ2

1. หน้าตัดของท่อประปาสามารถหาค่า I ได้จากสูตรต่อไปนี้

$$I = \pi (D_o^4 - D_i^4) / 64$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หน้าตัดของลวดสลิง สามารถหาค่า I ได้จากสูตรต่อไปนี้

$$I = \pi D^4 / 64$$

จากภาคผนวก ตารางที่ น3

จะได้ค่า

$$\text{โมดูลัสความยืดหยุ่นหรือ } E \text{ ของท่อประปา} = 2.07 \times 10^7 \text{ N/cm}^2$$

$$\text{และโมดูลัสความยืดหยุ่นหรือ } E \text{ ของลวดสลิง} = 1.24 \times 10^{10} \text{ N/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } I_{\text{ท่อประปา}} &= \pi (27.2^4 - 25.2^4) / 64 \\ &= 0.707 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เนื่องจาก } D_{\text{สลิง}} &= 0.625 \times 0.3125 \text{ cm} \\ &= 0.195 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } I_{\text{สลิง}} &= \pi (0.195)^4 / 64 \\ &= 1.86 \times 10^{-3} \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

นอกจากนี้ยังต้องคิณ้ำหนักของโครงเหล็กรองและน้ำหนักภายนอกที่จะต้องมา ติด

กับชุดโครงเหล็ก

$$\begin{aligned} \text{ความยาวของชุดโครงเหล็กทั้งหมด} &= 50 \times 4 + 65 \times 2 + 500 + 56 \times 2 \\ &= 942 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักของชุดโครงเหล็กทั้งหมด} &= 942 \times 1.24 \times 10^{-2} \\ &= 11.68 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{รวมน้ำหนักประกอบอื่น ๆ} = 11.68 + 20 = 32 \text{ kg (เป็นค่าประมาณ}$$

โดยคิณ้ำหนักให้มากที่สุดไว้ก่อน)

$$32 \times 9.81 = 313.92$$

$$\sim 314 \text{ N}$$

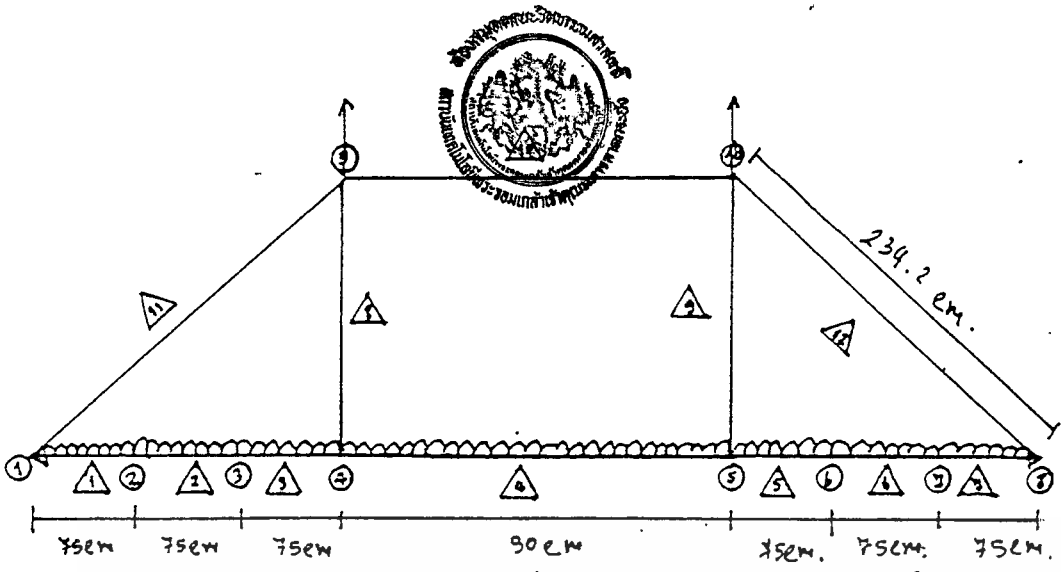
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติให้น้ำหนักของ ลงบนโครงเหล็กเป็น Uniform load (มีน้ำหนักกระทำลงสม่ำเสมอ) เพื่อง่ายต่อการคิดแทนของโครงเหล็กยาว 5 m ดังนั้น Uniform load = $313.92/500$
 $= 0.628 \text{ N/cm}$

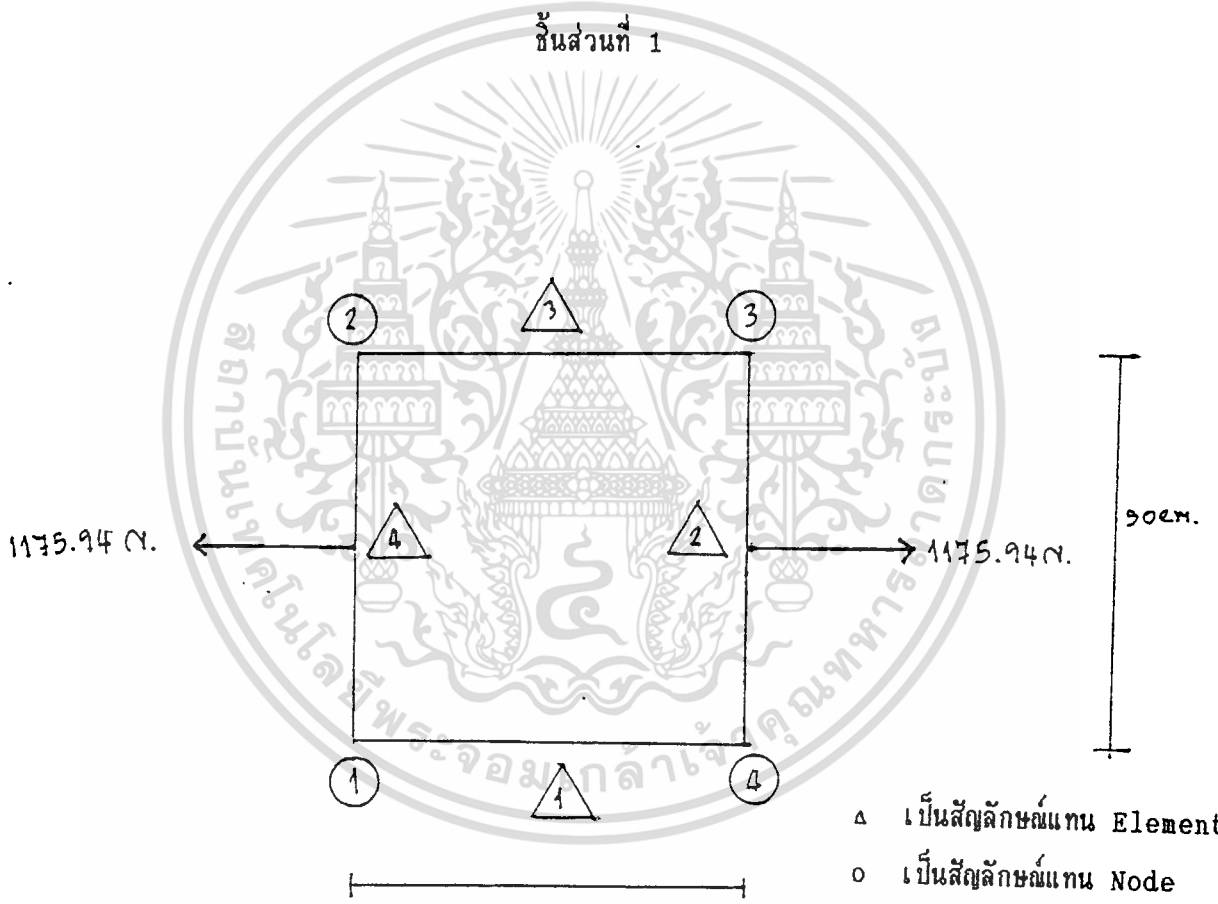
การวิเคราะห์จะแบ่งคิดเป็น 2 ส่วน และจะกำหนด Node กับ Element ดังต่อไปนี้ ให้ Node ใช้สัญลักษณ์วงกลมรอบตัวเลข ส่วน Element ใช้สัญลักษณ์สามเหลี่ยมรอบตัวเลข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชั้นส่วนที่ 1



△ เป็นสัญลักษณ์แทน Element
 ○ เป็นสัญลักษณ์แทน Node

ชั้นส่วนที่ 2

รูปที่ 3.1.3 แสดงการกำหนด Node & Element บนโครงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 02-20-1994          <DATA> P.1
PROJECT : project          FILENAME: project
AUTHORITY: JACKRIT PONGPRASERT          ENGINEER: araya salaipet
=====

```

```

*****
*                               *
*  STRUCTURE DATA             *
*                               *
*****

```

COORDINATE DATA (cm)			**BOUNDARY DATA**		
NODE	1-COOR	2-COOR	1-B	2-B	3-B
1	0.00	0.00	L	L	F
2	75.00	0.00			
3	150.00	0.00			
4	225.00	0.00	L	L	L
5	275.00	0.00	L	L	L
6	350.00	0.00			
7	425.00	0.00			
8	500.00	0.00	L	L	F
9	225.00	65.00	L	L	L
10	275.00	65.00	L	L	L

ELEMENT DATA				
ELEM	1-NODE	2-NODE	HINGE	MATERIAL
1	1	2		1
2	2	3		1
3	3	4		1
4	4	5		1
5	5	6		1
6	6	7		1
7	7	8		1
8	4	9		1
9	5	10		1
10	9	10		1
11	1	9		2
12	8	10		2

MATERIAL DATA			
MATE	E-MODULUS (n/cm ²)	AXIAL-AREA (cm ²)	INERTIA (cm ⁴)
1	2.070D+07	8.230D-01	7.070D-01
2	2.100D+03	3.068D-01	7.500D-03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

LOAD CASE #1 : force

UNIFORM LOAD DATA ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELEM	1-UNIFORM (n/cm)	2-UNIFORM (n/cm)

MICROFEAP-P1

DATE: 02-20-1994

<DATA> P.2

PROJECT : project

FILENAME: project

AUTHORITY: JACKRIT PONGPRASERT

ENGINEER: araya salaipet

LOAD CASE #1 : force

UNIFORM LOAD DATA

ELEM 1-UNIFORM 2-UNIFORM
(n/cm) (n/cm)

1	0.000D+00	-7.500D-01
2	0.000D+00	-7.500D-01
3	0.000D+00	-7.500D-01
4	0.000D+00	-7.500D-01
5	0.000D+00	-7.500D-01
6	0.000D+00	-7.500D-01
7	0.000D+00	-7.500D-01
8	0.000D+00	-7.500D-01
9	0.000D+00	-7.500D-01
10	0.000D+00	-7.500D-01



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROFEAP-P1

DATE: 02-20-1994

<COMB> P.1

PROJECT : project

FILENAME: project

AUTHORITY: JACKRIT PONGPRASERT

ENGINEER: araya salaipet

```

*****
*                                     *
*   COMBINATION                       *
*                                     *
*****

```

DISPLACEMENT COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 1

NODE	1-DISP (cm)	2-DISP (cm)	3-DISP (Rad)
1	0.0000D+00	0.0000D+00	-1.2161D-02
2	0.0000D+00	-6.7562D-01	-3.6033D-03
3	0.0000D+00	-4.7294D-01	7.6571D-03
4	0.0000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
5	0.0000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
6	0.0000D+00	-4.7294D-01	-7.6571D-03
7	0.0000D+00	-6.7562D-01	3.6033D-03
8	0.0000D+00	0.0000D+00	1.2161D-02
9	0.0000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
10	0.0000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 1

ELEM	MA HINGE	SECTION (cm)	AXIAL F. (n)	SHEAR (n)	MOMENT (n-cm)
1	1	0.00	0.0000D+00	6.3281D+01	-3.4180D-03
		75.00	0.0000D+00	7.0313D+00	2.6367D+03
2	1	0.00	0.0000D+00	7.0313D+00	2.6367D+03
		75.00	0.0000D+00	-4.9219D+01	1.0547D+03
3	1	0.00	0.0000D+00	-4.9219D+01	1.0547D+03
		75.00	0.0000D+00	-1.0547D+02	-4.7461D+03
4	1	0.00	0.0000D+00	1.8750D+01	-1.5625D+02
		50.00	0.0000D+00	-1.8750D+01	-1.5625D+02
5	1	0.00	0.0000D+00	1.0547D+02	-4.7461D+03
		75.00	0.0000D+00	4.9219D+01	1.0547D+03
6	1	0.00	0.0000D+00	4.9219D+01	1.0547D+03
		75.00	0.0000D+00	-7.0313D+00	2.6367D+03
7	1	0.00	0.0000D+00	-7.0313D+00	2.6367D+03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีโทษทางอาญาหากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

MICROFEAP-P1
 PROJECT : project
 AUTHORITY: JACKRIT PONGPRASERT

DATE: 02-20-1994

<COMB> P.2
 FILENAME: project
 ENGINEER: araya salaipet

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 1

ELEM	MA	HINGE	SECTION (cm)	AXIAL F. (n)	SHEAR (n)	MOMENT (n-cm)
7	1		75.00	0.0000D+00	-6.3281D+01	-3.4180D-03
8	1		0.00	0.0000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
			65.00	0.0000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
9	1		0.00	0.0000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
			65.00	0.0000D+00	0.0000D+00	0.0000D+00
10	1		0.00	0.0000D+00	1.8750D+01	-1.5625D+02
			50.00	0.0000D+00	-1.8750D+01	-1.5625D+02
11	2		0.00	0.0000D+00	-2.0952D-05	3.2714D-03
			234.20	0.0000D+00	-2.0952D-05	-1.6357D-03
12	2		0.00	0.0000D+00	2.0952D-05	-3.2714D-03
			234.20	0.0000D+00	2.0952D-05	1.6357D-03

SUPPORT REACTIONS <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 1

NODE	1-REACTION (n)	2-REACTION (n)	3-REACTION (n-cm)
1	5.8151D-06	6.3281D+01	0.0000D+00
4	0.0000D+00	1.2422D+02	-4.5898D+03
5	0.0000D+00	1.2422D+02	4.5898D+03
8	-5.8151D-06	6.3281D+01	0.0000D+00
9	-5.8151D-06	1.8750D+01	1.5625D+02
10	5.8151D-06	1.8750D+01	-1.5625D+02

MICROFEAP-P1
 PROJECT : project
 AUTHORITY: JACKRIT PONGPRASERT

DATE: 02-20-1994

<COMB> P.1
 FILENAME: project
 ENGINEER: araya salaipet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่*กรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลง*เนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 * COMBINATION *
 * *

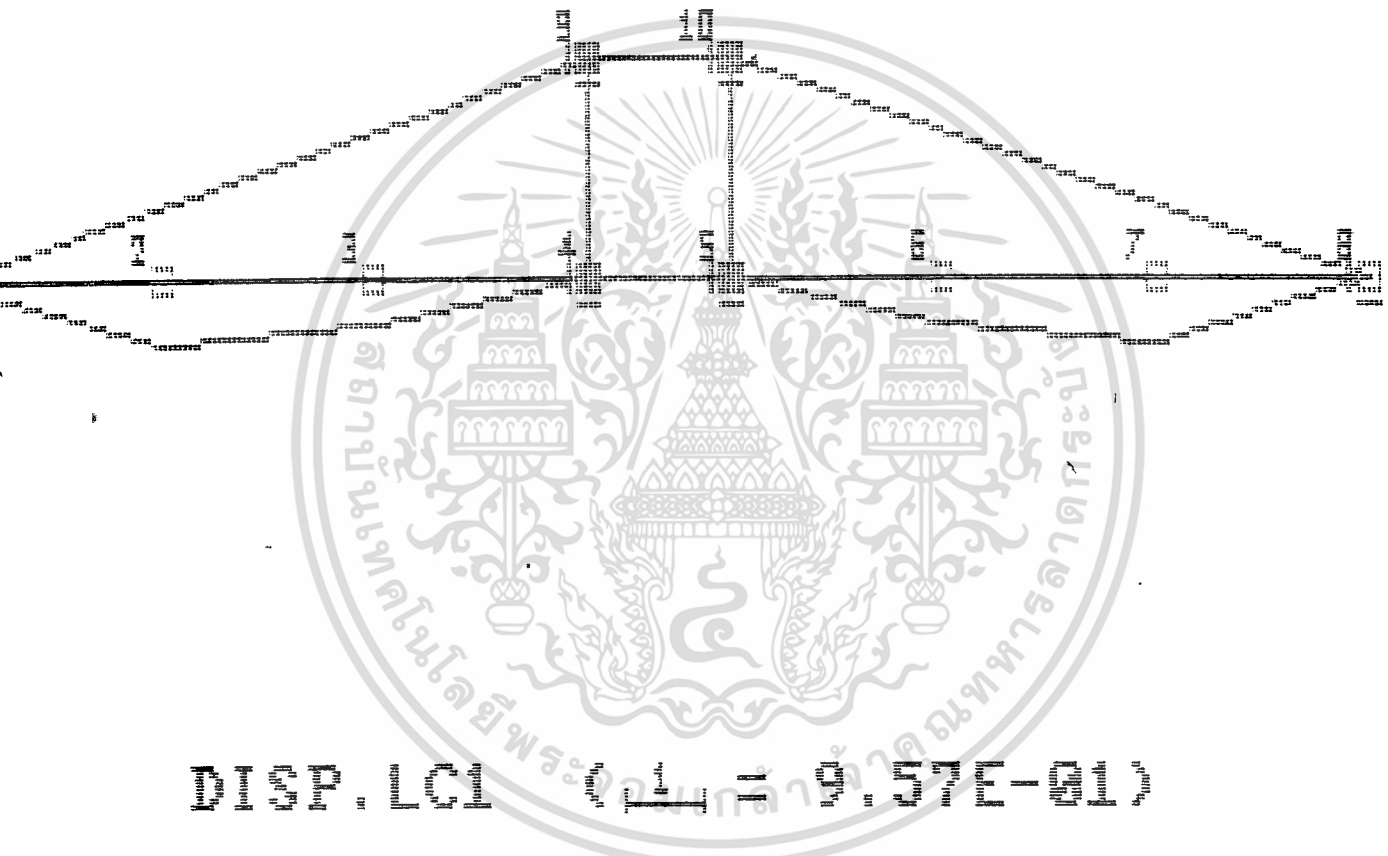
VOLUME OF MATERIALS <2D-FRAME SYSTEM>

SETS VOLUME
(cm³)

1.	5.5964D+02
2.	1.4371D+02



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DISP. LC1 (4) 9.57E-016

รูปที่ 3.1.4 แสดงการแอนติวบนโครงเหล็กในชั้นส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและตั้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SHEAR FORCE (k) = 1.49E+02

รูปที่ 3.1.5 แสดงแรงเฉือนที่เกิดบนโครงเหล็กในชั้นส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOMENT (หน่วย = $6.72 \text{ T} + 0.00$)

รูปที่ 3.1.6 แสดงโมเมนต์ที่เกิดบนโครงเหล็กในชั้นส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

=====

MICROFEAP-P1
PROJECT : project2
AUTHORITY: JACKRIT PONGPRASERT

DATE: 02-20-1994

<DATA> P.1
FILENAME: project2
ENGINEER: araya salaipet

=====

*
* STRUCTURE DATA *
*

COORDINATE DATA (cm)			**BOUNDARY DATA**		
NODE	1-COOR	2-COOR	1-B	2-B	3-B
1	0.00	0.00	L	L	F
2	0.00	50.00	L	L	F
3	50.00	50.00	L	L	F
4	50.00	0.00	L	L	F

ELEMENT DATA				
ELEM	1-NODE	2-NODE	HINGE	MATERIAL
1	1	4	1	1
2	4	3	1	1
3	2	3	1	1
4	1	2	1	1

MATERIAL DATA			
MATE	E-MODULUS (n/cm ²)	AXIAL-AREA (cm ²)	INERTIA (cm ⁴)
1	2.070D+07	8.230D-01	7.070D-01

LOAD CASE #1 : newton

CONCENTRATED LOAD DATA			
ELEM	1-POINT L. (n)	2-POINT L. (n)	DISTANCE (cm)
2	5.880D+02	0.000D+00	2.500D+01
4	-5.880D+02	0.000D+00	2.500D+01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

=====
MICROFEAP-P1          DATE: 02-20-1994          <COMB> P.1
PROJECT : project2    FILENAME: project2
AUTHORITY: JACKRIT PONGPRASERT    ENGINEER: araya salaipet
=====

```

```

*****
*                               *
*   COMBINATION                 *
*                               *
*****

```

DISPLACEMENT COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 2

NODE	1-DISP (cm)	2-DISP (cm)	3-DISP (Rad)
1	0.0000D+00	0.0000D+00	6.2775D-03
2	0.0000D+00	0.0000D+00	-6.2775D-03
3	0.0000D+00	0.0000D+00	6.2775D-03
4	0.0000D+00	0.0000D+00	-6.2775D-03

STRESS COMBINATION <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 2

ELEM	MA HINGE	SECTION (cm)	AXIAL F. (n)	SHEAR (n)	MOMENT (n-cm)
1	1	0.00	0.0000D+00	0.0000D+00	-3.6748D+03
		50.00	0.0000D+00	0.0000D+00	-3.6748D+03
2	1	0.00	0.0000D+00	5.8797D+02	-3.6748D+03
		50.00	0.0000D+00	-5.8797D+02	-3.6748D+03
3	1	0.00	0.0000D+00	0.0000D+00	3.6748D+03
		50.00	0.0000D+00	0.0000D+00	3.6748D+03
4	1	0.00	0.0000D+00	-5.8797D+02	3.6748D+03
		50.00	0.0000D+00	5.8797D+02	3.6748D+03

SUPPORT REACTIONS <2D-FRAME SYSTEM>

LOAD FACTOR : 2

NODE	1-REACTION (n)	2-REACTION (n)	3-REACTION (n-cm)
1	5.8797D+02	0.0000D+00	0.0000D+00
2	5.8797D+02	0.0000D+00	0.0000D+00
3	-5.8797D+02	0.0000D+00	0.0000D+00
4	-5.8797D+02	0.0000D+00	0.0000D+00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

VOLUME OF MATERIALS <2D-FRAME SYSTEM>

SETS	VOLUME (cm ³)

หาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

=====

MICROFEAP-P1	DATE: 02-20-1994	<COMB> P.2
PROJECT : project2		FILENAME: project2
AUTHORITY: JACKRIT PONGPRASERT		ENGINEER: araya salaipet

=====

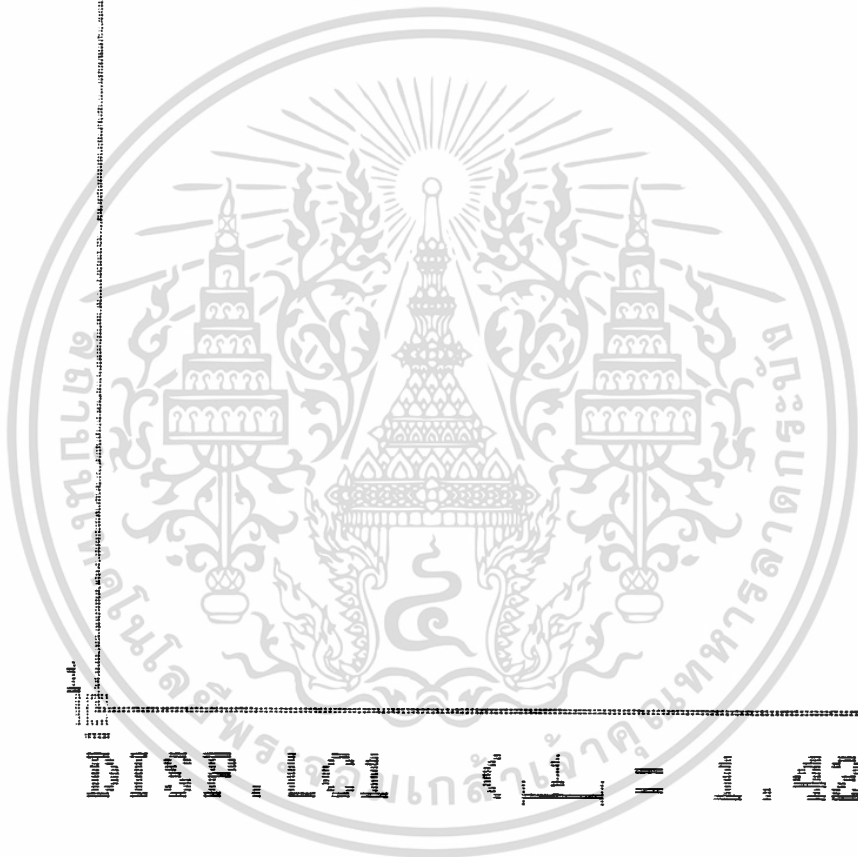
VOLUME OF MATERIALS <2D-FRAME SYSTEM>

SETS	VOLUME
	(cm ³)

1	1.6460D+02
---	------------



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PDF GENERATED BY 1.42E+000

รูปที่ 3.1.7 แสดงการแอนตัวบนโครงเหล็กในชั้นส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1.8 แสดงแรงเฉือนที่เกิดบนโครงเหล็กในชั้นส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1.9 แสดงโมเมนต์ที่เกิดบนโครงเหล็กในชั้นส่วนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการคำนวณ

ตามรูปที่ 3.1.4 แสดงการแอนตัวบนโครงเหล็กในชั้นส่วนที่ 1 จะเห็นว่าการเคลื่อนตัวลงในแนวแกน y ลงมา 0.675cm. ที่ node 2 ,7 และ 0.472cm. ที่ node 3,6 ตามรูปพิจารณาจากผลแล้วว่า ไม่มีผลต่อโครงเหล็กในชั้นส่วนแรกส่วน element อื่น ๆ เป็นส่วนที่มีระยะสั้นๆและมีการ fixed. ที่แน่นอนจึงไม่ต้องคำนึงถึงการแอนตัวมากนัก ส่วนเรื่องแรงและโมเมนต์ก็เกิดค่าเพียงเล็กน้อยยกเว้นที่จุด node 2,3,6 และ 7 ตามรูป 3.1.5แสดงแรงเฉือนที่เกิดบนโครงเหล็กและรูปที่ 3.1.6 จะเกิดแรง shear และ moment มากที่สุด แต่ก็ไม่มีผลที่จะทำให้โครงเหล็กไม่สามารถรับแรงดังกล่าวไม่ได้

ชั้นส่วนที่ 2 ตามรูปที่ 3.1.7 แสดงการแอนตัวบนโครงเหล็กซึ่งไม่มีการโคงตัว ส่วนค่าแรงและโมเมนต์ จะเกิดขึ้นใน element 2,4 เพียงเล็กน้อยซึ่งมีค่าความสมดุลในแนวแกน ทำให้ไม่มีผลต่อโครงเหล็ก

สรุปได้ว่าค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ โปรแกรมไมโครฟีบ สามารถนำมาวิเคราะห์โครงเหล็กได้ ซึ่งเห็นได้ว่าโครงเหล็กนี้ สามารถทนแรงดึงที่เกิดขึ้นได้ทำให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง

3.2 ระบบการจ่ายน้ำ

อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ

- ปัมและถังความดัน
- ถังพัก
- ตัวกรอง
- ท่อพีวีซี
- สายยาง

ปัม (pump)

ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้ของเหลว (เช่นน้ำ) เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านในระบบท่อปิดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ตามที่ต้องการ พลังงานที่นำมาเพิ่มให้แก่ของเหลวนั้น อาจได้มาจาก เครื่องยนต์ มอเตอร์ แรงลม แรงคน หรือพลังงานจากแหล่งอื่นๆก็ได้

ถังความดัน (pressure tank)

ทำหน้าที่กำหนดช่วงความดันที่ปัมจะจ่ายน้ำ

ถังพัก (tank)

ทำหน้าที่เก็บน้ำ หรือน้ำผสมปุ๋ยสำหรับส่งจ่ายให้แก่พืช

ตัวกรอง (filter)

ทำหน้าที่กรองเศษผง ฝุ่น ละออง ออกจากน้ำเหลวก่อนเข้าปัม

ท่อ (pipe)

ทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านน้ำจากปัมไปยังจุดต่างๆตามต้องการ

สายยาง (hose)

ทำหน้าที่เป็นตัวกลางส่งผ่านน้ำไปตามจุดที่ต้องการ แต่สามารถม้วนเก็บได้

การเลือกอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบจ่ายน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เนื่องจากปริมาณน้ำที่พืชต้องการกำหนดได้ไม่แน่นอน เพราะพืชแต่ละชนิดมีความไม่เท่ากัน ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ต้องการน้ำต่างกัน ฉะนั้นในการให้น้ำแก่พืชแต่ละครั้ง จะมีปริมาณมากน้อยเท่าไรจึงขึ้นอยู่กับระยะ

เวลาการให้น้ำ ซึ่งจะกล่าวถึงอีกครั้งหนึ่งในหัวข้อระบบควบคุมการเคลื่อนที่ไป-กลับของชุดจ่ายน้ำ จากที่กล่าวมาข้างต้นลักษณะการให้น้ำแก่พืชต้องทำให้ได้รับความกระทบกระเทือนน้อยที่สุด ดังนั้นหัวจ่ายน้ำควรจ่ายน้ำให้เป็นฝอยมากที่สุด หรือให้ในลักษณะพ่นหมอก ในระบบนี้เลือกใช้หัวจ่ายไมโครสปริงเกอร์ (micro sprinkler) ซึ่งมีข้อกำหนดดังตารางที่ พ2

เลือกใช้รุ่น blue ϕ 1 มม. รัศมีการจ่ายน้ำ 1.3 เมตร ความดัน 0.5 บาร์ อัตราการจ่ายน้ำ 23.5 ลิตรต่อชั่วโมง

สาเหตุที่เลือกใช้เพราะ

1. ใช้กับความดันไม่สูงมากนัก ซึ่งจะมีผลต่อการเลือกปั๊มได้ในราคาที่ประหยัดขึ้น
2. ลักษณะการจ่ายน้ำเป็นรัศมีครึ่งวงกลม เหมาะสำหรับการให้น้ำแบบเคลื่อนที่

ไป-กลับ

3. อัตราการจ่ายน้ำไม่สูงมาก ทำให้มีความยืดหยุ่นต่อปริมาณน้ำที่พืชต้องการ
- ในชุดโครงเหล็กจ่ายน้ำ ใช้หัวจ่ายน้ำทั้งหมด 6 หัว

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นอัตราการจ่ายน้ำ} &= 6 * 23.5 \\ &= 141 \text{ ลิตร/ชั่วโมง} \\ \text{หรือ} &= 141 / 1000 \\ &= 0.141 \text{ ลบ.ม./ชั่วโมง} \end{aligned}$$

การคำนวณหาความดันตก (pressure drop)

การหาความดันตกทั้งหมดในระบบ สามารถหาได้จากความสูญเสียรวม (Total head loss) ซึ่งอยู่ในรูปของความสูงของน้ำ ประกอบด้วยความสูญเสียจาก 2 ส่วน คือ

1. ความสูญเสียหลัก (Major Loss)
2. ความสูญเสียรอง (Minor Loss)

1. ความสูญเสียหลัก เป็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการที่ของไหลไหลผ่านภายใน

ระบบท่อ ถ้าการไหลของของไหลไหลที่ความเร็วเฉลี่ย "v" ผ่านความยาวท่อ "L" และท่อมมีขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เส้นผ่านศูนย์กลาง "D" สามารถหาความสูญเสียได้จากสมการของ Darcy-Weisbach ดังนี้

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$h_f = fLV^2 / (2gD) \quad \text{----- (3.2.1)}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของความฝืด f ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของท่อและลักษณะการไหลว่าเป็นแบบลามินา (lamina) หรือเทอร์บูเลนต์ (turbulent) ในกรณีที่เป็นการไหลแบบลามินา ค่าสัมประสิทธิ์ของความฝืดหาได้จากสูตร

$$f = 64/R_u \quad (\text{Lamina flow, } R_u < 2300) \quad \text{----- (3.2.2)}$$

$$R_u = \rho VD/\mu = VD/\nu \quad \text{----- (3.2.3)}$$

- เมื่อ
- ρ = ความหนาแน่นของของเหลว
 - V = ความเร็วของการไหล
 - D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อ
 - μ = Dynamic viscosity ของของเหลว
 - ν = Kinetic viscosity ของของเหลว

จะเห็นว่าในกรณีที่เป็นการไหลแบบลามินาค่าความสูญเสียจะขึ้นอยู่กับค่าเรโนลด์ นัมเบอร์ (renolds number) เพียงอย่างเดียวไม่ขึ้นกับค่าความขรุขระ (Roughness) ของผนังท่อ

เมื่อค่าเรโนลด์นัมเบอร์มีค่ามากกว่า 3000 การไหลจะเป็นแบบเทอร์บูเลนต์เสมอ ไม่ว่าผนังท่อจะเรียบสม่ำเสมอเท่าใดก็ตาม ในกรณีนี้ค่าสัมประสิทธิ์ของความฝืดจึงขึ้นอยู่กับทั้งค่าเรโนลด์นัมเบอร์ และอัตราส่วนระหว่างความขรุขระของผนังท่อต่อความยาวของเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน หากค่าสัมประสิทธิ์ความฝืดจาก moody diagram รูปที่ ผ1

2. ความสูญเสียรอง เป็นความสูญเสียที่เกิดจากของไหลไหลผ่าน ข้อเสี้ยว ข้อต่อ หรืออุปกรณ์ประกอบอื่นๆ โดย

$$h_e = KV^2/(2g) \quad \text{----- (3.2.4)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานำเข้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ใดๆ หากมีค่า K คือค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสีย ซึ่งมีค่าแตกต่างกันไปตามชนิดของอุปกรณ์ ดังไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ แสดงในรูปแบบที่ ผ2

การคำนวณหาความสูญเสียที่เกิดขึ้นในระบบ

1. ความสูญเสียหลัก

1.1 การสูญเสียในสายส่ง เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มม. ยาว 8 ม.

$$\begin{aligned}
 \text{ความเร็วของการไหลในสายส่ง } V &= \text{อัตราการไหล/พื้นที่หน้าตัดสายส่ง} \\
 &= Q/(\pi D^2/4) \\
 &= 0.141/(\pi(0.01)^2/4) \\
 &= 1795.268 \quad \text{เมตร/ชั่วโมง} \\
 &= 0.499 \quad \text{เมตร/วินาที}
 \end{aligned}$$

จากตารางที่ พ8 ที่อุณหภูมิ 25° c $\nu = 0.906 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

จากสมการ (3.2.3)

$$\begin{aligned}
 R_u &= 0.499 \times 0.01 / (0.906 \times 10^{-6}) \\
 &= 5507.726
 \end{aligned}$$

เป็นการไหลแบบเทอร์บูเลนต์

กำหนดค่าความขรุขระ (e) = 0.0000015 เมตร

$$e/D = 0.0000015/0.01 = 0.00015$$

จากรูปที่ พ1 moody diagram ที่ $R_u = 5507.726$ $e/D = 0.00015$

ได้ $f = 0.038$

จากสมการ (3.2.1)

$$\begin{aligned}
 h_f &= 0.038(8)(0.499)^2/(0.01 \times 2 \times 9.81) \\
 &= 0.386 \quad \text{เมตร}
 \end{aligned}$$

1.2 การสูญเสียในท่อพีอี เส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มม. ยาว 6 ม.

$$\begin{aligned}
 \text{ความเร็วของการไหล } V &= 0.141/(\pi(0.015)^2/4) \\
 &= 797.897 \quad \text{เมตร/ชั่วโมง}
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 = 0.222 เมตร/วินาที
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_u = 0.222(0.015)/(0.906 \times 10^{-6})$$

$$= 3675.497 \quad \text{เป็นการไหลแบบเทอร์บูเลนต์}$$

$$\text{กำหนดค่าความขรุขระ (e)} = 0.0000015 \text{ เมตร } e/D = 0.0001$$

$$\text{จาก moody diagram ที่ } R_{\infty} = 33675.497$$

$$\text{ได้ } f = 0.042$$

จากสมการ (3.2.1)

$$h_f = 0.042(6)(0.222)^2 / (0.015 * 2 * 9.81)$$

$$= 0.042 \quad \text{เมตร}$$

1.3 การสูญเสียในท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 มม. ยาว 5 ม.

$$\text{ความเร็วของการไหล } V = 0.141 / \{ \pi (0.02)^2 / 4 \}$$

$$= 448.817 \quad \text{ม/ชม.}$$

$$= 0.125 \quad \text{ม/วินาที}$$

$$R_{\infty} = 0.125(0.02) / (0.906 * 10^{-8})$$

$$= 2759.38$$

$$\text{กำหนดค่าความขรุขระ (e)} = 0.0000015 \text{ เมตร } e/D = 0.000075$$

$$\text{จาก moody diagram ที่ } R_{\infty} = 2759.38 \quad \text{ได้ } f = 0.044$$

จากสมการ (3.2.1)

$$h_f = 0.044(5)(0.125)^2 / (0.02 * 2 * 9.81)$$

$$= 0.009 \quad \text{เมตร}$$

2. ความสูญเสียตรง

2.1 การสูญเสียเนื่องจากหัว micro sprinkler จำนวน 6 หัว ติดตั้งกับท่อพีวีซี

$$\text{จากรูปที่ ผ2 ได้ค่า } K = 3$$

จากสมการที่ (3.2.4)

$$h_f = 3(0.222)^2 / (2 * 9.81)$$

$$= 0.0075 \quad \text{เมตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{มีทั้งหมด 6 หัว } h_f = 6 * 0.0075$$

$$= 0.045 \quad \text{เมตร}$$

2.2 การสูญเสียเนื่องจากท่อเพิ่มขนาดจากสายยางเข้าท่อพีอี

$$\text{จากรูปที่ พ2 ได้ } K = 5.5$$

จากสมการที่ (3.2.4) ได้

$$\begin{aligned} h_f &= 5.5(0.499)^2 / (2*9.81) \\ &= 0.0698 \quad \text{เมตร} \end{aligned}$$

2.3 การสูญเสียจากท่อลดขนาดจากท่อพีวีซีเข้าสายยาง

$$\text{จากรูปที่ พ2 ได้ } K = 5.5$$

จากสมการที่ 3.2.4 จะได้

$$\begin{aligned} h_f &= 5.5(0.125)^2 / (2*9.81) \\ &= 0.004 \quad \text{เมตร} \end{aligned}$$

2.4 การสูญเสียที่เกิดจากข้องอแบบ Regular screwed จำนวน 6 ตัว

$$\text{จากรูปที่ พ2 ได้ค่า } K = 1.5$$

จากสมการที่ (3.2.4) จะได้

$$\begin{aligned} h_f &= 1.5(0.125)^2 / (2*9.81) \\ &= 0.001 \quad \text{เมตร} \end{aligned}$$

$$\text{ความสูญเสียทั้งหมด} = \text{ความสูญเสียหลัก} + \text{ความสูญเสียรอง}$$

$$= (0.386+0.042+0.009)+$$

$$(0.045+0.0698+0.0004+0.001)$$

$$= 0.557 \quad \text{เมตร}$$

$$\text{ดังนั้นความสูญเสียทั้งหมด} = 0.557 \quad \text{เมตร}$$

ในการเลือกปั๊มต้องเลือกที่บีบให้ความดันเพียงพอที่ micro sprinkler ทำงาน ซึ่ง

เท่ากับ 0.5 บาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

จากรายละเอียดของปั๊ม ตารางที่ พ5

ไม่ว่ากรณีใดๆ หงส้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกใช้ปั๊มรุ่น LSW-111EA ซึ่งส่งน้ำได้สูง 9 เมตร

ความกดดันที่ปล่อยให้แก่ micro sprinkler = 9 - 0.557

= 8.443 เมตร

จาก

น้ำสูง 10.197 เมตร เกือบเท่ากับความดัน 1 บาร์

น้ำสูง 8.443 เมตร เกือบเท่ากับความดัน = 8.443/10.197

= 0.828 บาร์

ความดันตกอื่นๆ 10%

ดังนั้นความดันที่หัว micro springer ได้รับ = 0.828 - (0.01*0.828)

= 0.745 บาร์

ดังนั้นจึงสามารถเลือกใช้ปืนรุ่น SLW-111EA ได้

การคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้

การคำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ ขึ้นอยู่กับ

1. อัตราการจ่ายน้ำของ micro springer ซึ่งเท่ากับ 23.5 ลิตรต่อชั่วโมง

2. ความเร็วที่ออกจากเกียร์ทด

ความเร็วที่ออกจากเกียร์ทด

มอเตอร์หมุน 1450 รอบต่อนาที

อัตราทด 1:30

ดังนั้น ความเร็วที่ออกจากเกียร์ทด = 1450/30 = 48.33 รอบต่อนาที

pulley มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร

pulley หมุน 1 รอบ ได้ระยะทาง $\pi(0.05) = 0.16$ เมตร

pulley หมุน 48.33 รอบได้ระยะทาง = 0.16*48.33 = 7.59 เมตร

นั่นคือ ในเวลา 1 นาที โครง boom จะวิ่งได้ระยะทาง 7.59 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ระยะทาง 7 เมตร ใช้เวลาในการวิ่ง $7/7.59 = 0.92$ นาที

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วในการเคลื่อนที่ของโครงเหล็ก = $7/0.92 = 7.6$ เมตรต่อวินาที

อัตราการให้น้ำของ sprinkler ต่อหัว 23.5 ลิตรต่อนาที

ใช้ทั้งหมด 6 หัว

เพราะฉะนั้น อัตราการให้น้ำทั้งหมดเท่ากับ $23.5 * 6 = 141$ ลิตรต่อชั่วโมง

$$= 141/60 = 2.35 \text{ ลิตรต่อนาที}$$

ในการเคลื่อนที่ไป 1 เทียว จะได้

$$\text{ปริมาณการจ่ายน้ำ} = \text{อัตราการจ่ายน้ำ} * \text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่}$$

$$= 2.35 * 0.92$$

$$= 2.162 \text{ ลิตร}$$

ดังนั้น ถ้า boom เคลื่อนที่ 1 รอบ (ไป-กลับ) จะได้

$$\text{ปริมาณการจ่ายน้ำ} = 2 * 2.162$$

$$= 4.324 \text{ ลิตร}$$

จะเห็นว่าในการเคลื่อนที่ 1 รอบ (ไป-กลับ) จ่ายน้ำให้กับต้นกล้า 4.324 ลิตร ถ้าต้องการให้น้ำแก่ต้นกล้าในปริมาณที่มากขึ้น สามารถทำได้โดยเพิ่มจำนวนรอบในการเคลื่อนชุดโครงเหล็ก ซึ่งถูกควบคุมโดยวงจรควบคุม

การเลือกปั๊ม

ปั๊มแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆคือ

1. ปั๊มธรรมดา
2. ปั๊มพร้อมถังความดัน

ปั๊มธรรมดา ไม่สามารถกำหนดช่วงความดันได้ นั่นคือจะทำงานที่ความดันใด ความดันหนึ่ง เมื่อต้องการใช้ต้องติดปั๊มทุกครั้ง

ปั๊มพร้อมถังความดัน เหมือนปั๊มธรรมดา แต่จะมีถังความดันความดันเพิ่มเข้ามา ซึ่ง ถังความดันจะเป็นตัวกำหนดช่วงความดันการทำงานของปั๊ม ปั๊มจะทำงานตามช่วงความดันที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า หนควได้ ปั๊มจะทำการจ่ายน้ำเมื่อถึงน้ำมีความดันอยู่ในช่วงที่กำหนด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของปั๊มพร้อมถังความดัน

สแตร์ทปั๊มครั้งเดียวปั๊มก็สามารถทำการจ่ายน้ำได้อีกในครั้งต่อไป ภายในช่วงความดันที่กำหนดให้ โดยไม่ต้องสแตร์ทปั๊มใหม่

จะเห็นว่าการให้น้ำภายในโรงเรือนจะให้น้ำ 2 ครั้งต่อวัน ซึ่งไม่ยุ่งยากที่จะเปิด-ปิดปั๊มในการให้น้ำแต่ละครั้ง จึงเลือกใช้ปั๊มแบบธรรมดาได้

แต่ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกปั๊มพร้อมถังความดัน เพราะจะต้องใช้น้ำในการทำ evaporative cooling เพื่อลดอุณหภูมิโรงเรือนด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ระบบวงจรควบคุม

วงจรควบคุมที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์สามารถออกแบบให้ควบคุมการทำงานอุปกรณ์ทางเครื่องจักรกลให้ทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ทำให้การใช้งานเครื่องจักรกลได้สะดวกยิ่งขึ้น และไม่ต้องใช้แรงงานในการควบคุมการทำงานมาก

ดังนั้น สำหรับโครงงานนี้ ได้นำเอาการออกแบบวงจรควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ควบคุมการให้น้ำแก่พืชในโรงเรือน เพื่อให้เกิดความสะดวกในการให้น้ำ โดยไม่จำเป็นต้องใช้คนควบคุมมาก ก็สามารถให้น้ำแก่พืชในโรงเรือนได้หมดภายในเวลาอันสั้น และ เพื่อเป็นการประยุกต์นำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่มาดัดแปลงใช้กับงานทางด้านเกษตรกรรมให้ดีขึ้น

วงจรควบคุม จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา หรือ ทวนเข็มนาฬิกา เพื่อที่จะดึงให้ลวดสลิงที่ติดกับโครง Boom ทำให้โครง Boom เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ และควบคุมการปิด-เปิด Solenoid valve ของปั้มน้ำเพื่อจ่ายน้ำให้แก่พืชในบริเวณที่โครง Boom เคลื่อนที่ไป

การทำงานของวงจรควบคุม

1. การให้น้ำแก่พืชจะเริ่มต้นขึ้นได้ 2 กรณีคือ

1.1 เมื่อกดสวิทช์เริ่มต้นการทำงาน

1.2 เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ที่ timer ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ว่าจะให้น้ำในช่วงเวลาใด

2. จำนวนรอบของการให้น้ำสามารถตั้งได้ที่ Thumb wheel switch โดยการนับจำนวนรอบนี้จะเริ่มนับเมื่อวงจรทำงาน มอเตอร์หมุนดึงลวดสลิงที่ติดกับโครง Boom ไปจนกระทั่งถึง limit switch 2 แล้วกลับมาที่จุดเริ่มต้นอีกครั้ง (ถึง Limit switch 1) ถือว่าเป็นหนึ่งรอบ จำนวนรอบสามารถตั้งได้ ตั้งแต่ 1-9 รอบ

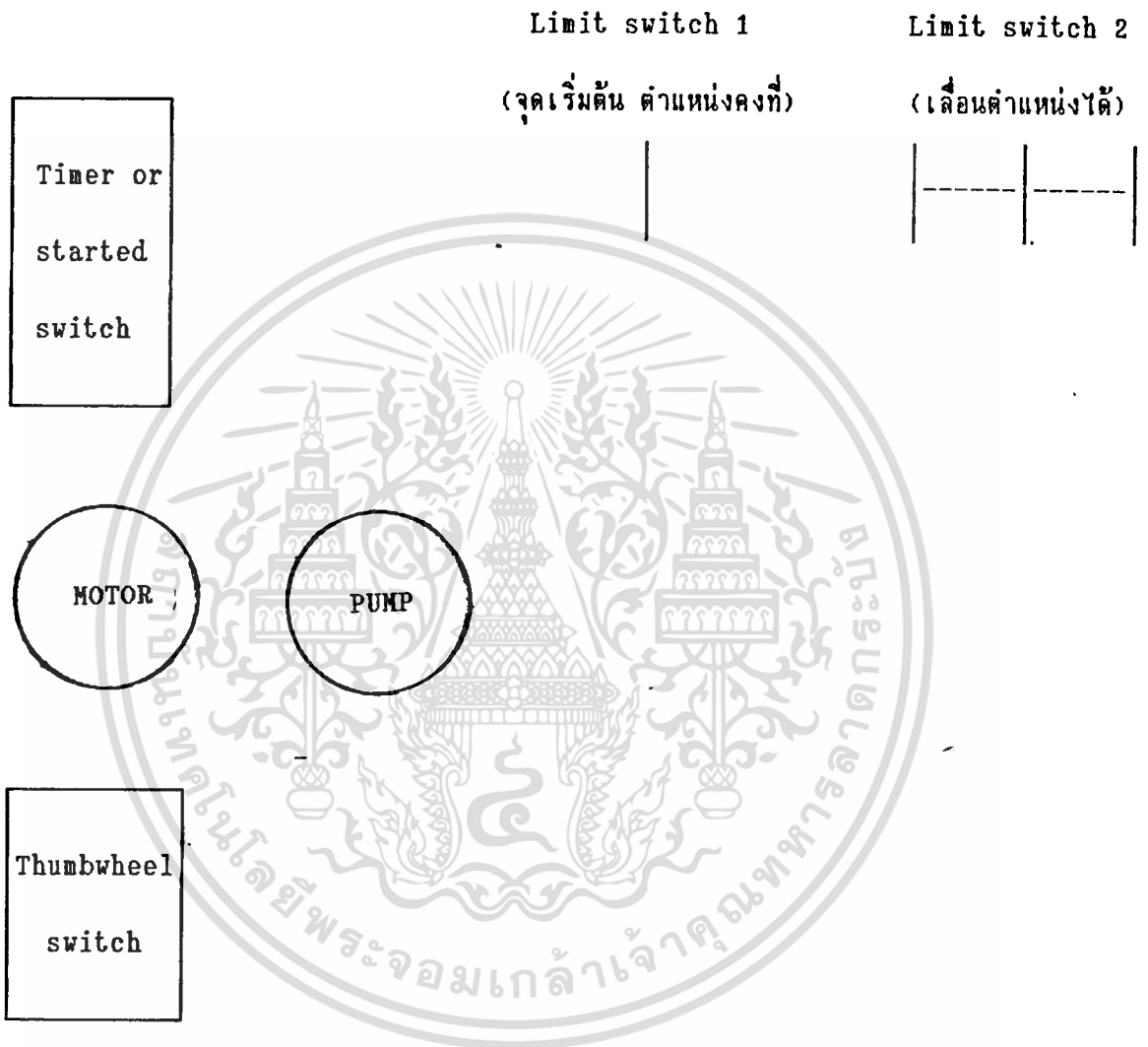
3. ปั้มน้ำจะทำงานเมื่อเริ่มต้นการทำงานของวงจรควบคุม และจะหยุดทำงานเมื่อจำนวนรอบการให้น้ำครบตามที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ หงสน์ อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ช่วงระยะการให้น้ำแก่พืชสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการเลื่อนตำแหน่งของ

Limit switch 2

ลักษณะการทำงานของวงจรควบคุมแสดงไว้ดังรูปที่ 3.3.1



รูปที่ 3.3.1 แสดงลักษณะการทำงานของวงจรควบคุม

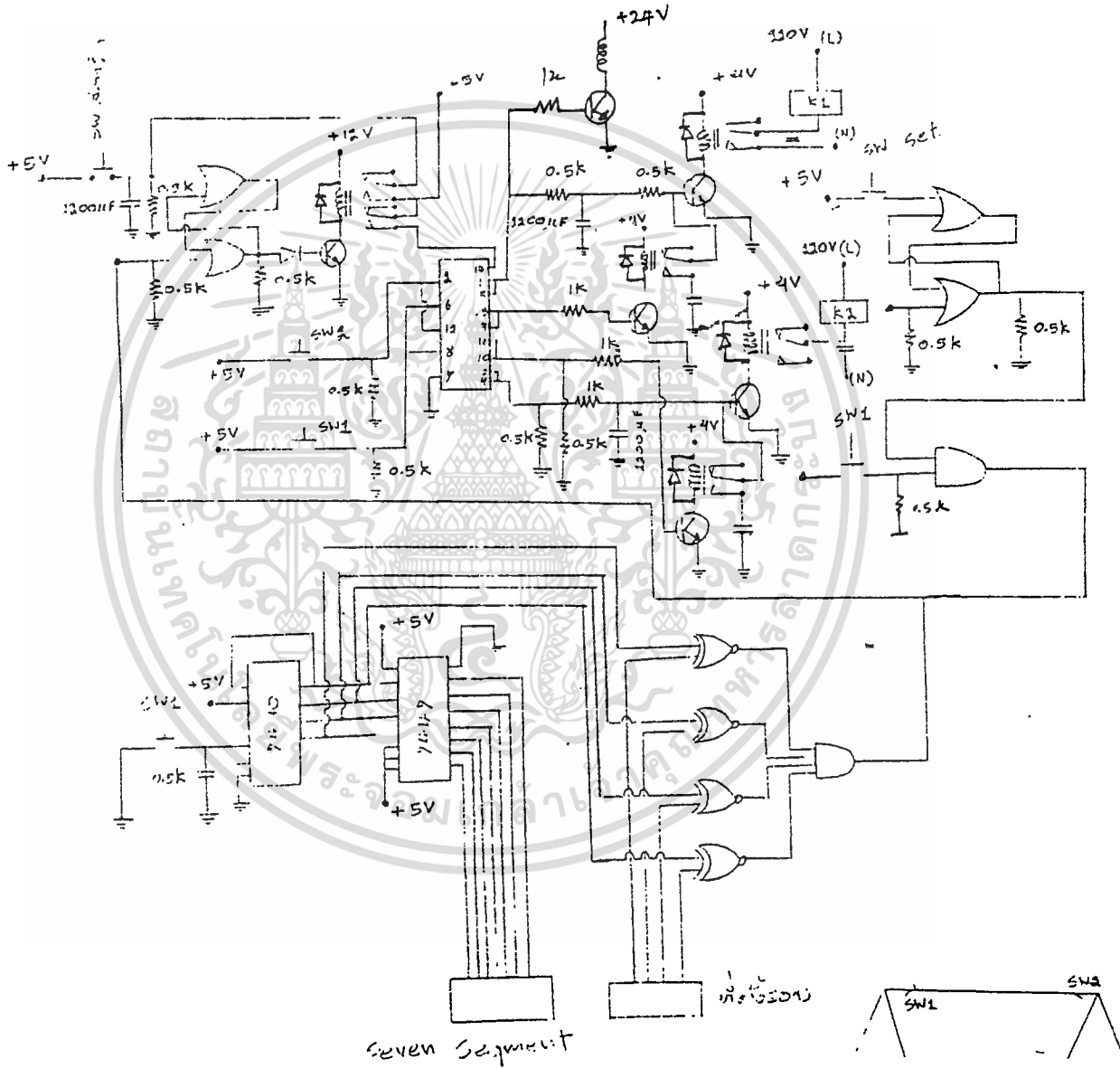
วงจรควบคุม แบ่งการทำงานที่สำคัญออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้ คือ

1. วงจรสตาร์ท แบ่งเป็น - การสตาร์ทด้วยปุ่มกด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
- สตาร์ทด้วยการตั้งเวลาที่ timer
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรกลับทิศมอเตอร์ พร้อมวงจรหน่วงเวลาการกลับทิศของมอเตอร์

3. วงจรควบคุมการทำงานของ Solenoid valve ป้อนเมื่อเริ่มต้นการทำงาน
4. วงจรหยุดการทำงาน (Reset) เพื่อให้การให้น้ำแก่พืชเริ่มจากจุดเริ่มต้นเสมอ
5. วงจรนับและเปรียบเทียบจำนวนรอบ ให้ได้ตามที่กำหนดไว้

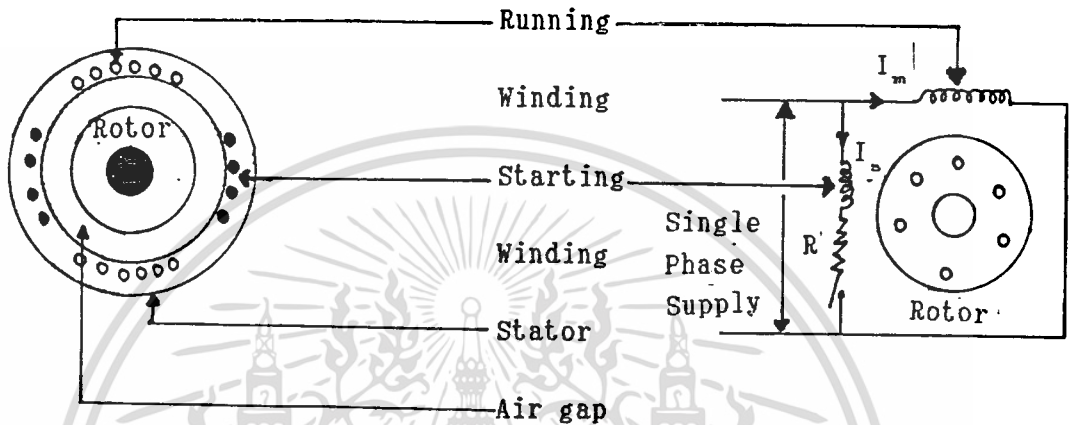


รูปที่ 3.3.2 แสดงวงจรควบคุมที่ออกแบบให้ใช้งานได้ตามที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

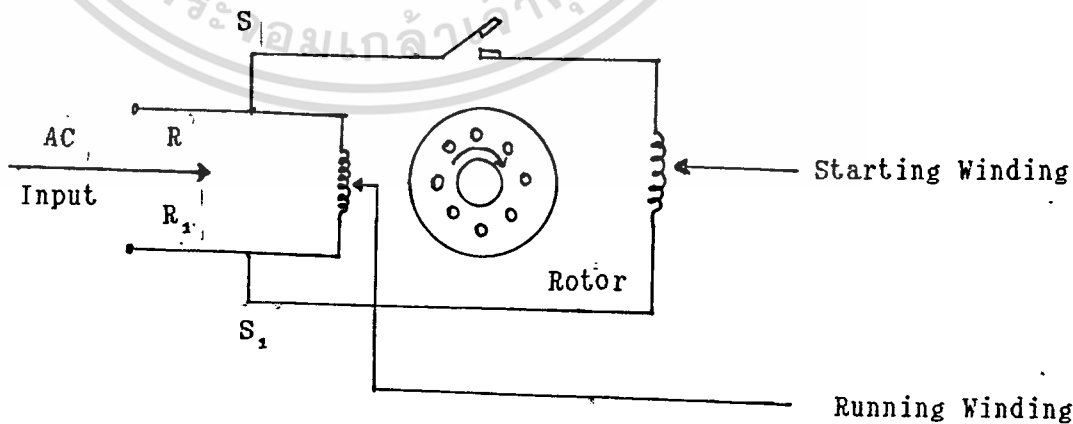
อุปกรณ์สำคัญที่ต้องควบคุมการทำงานโดยวงจรควบคุม

1. มอเตอร์ มอเตอร์ที่เลือกใช้เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวชนิด Split Phase Motor ขนาด 1/4 แรงม้า จำนวนรอบ 1450 rpm ใช้ไฟ AC 220 โวลต์ 4 pole โดยโครงสร้างและวงจรของมอเตอร์ชนิดนี้แสดงดังรูปที่ 3.3.3

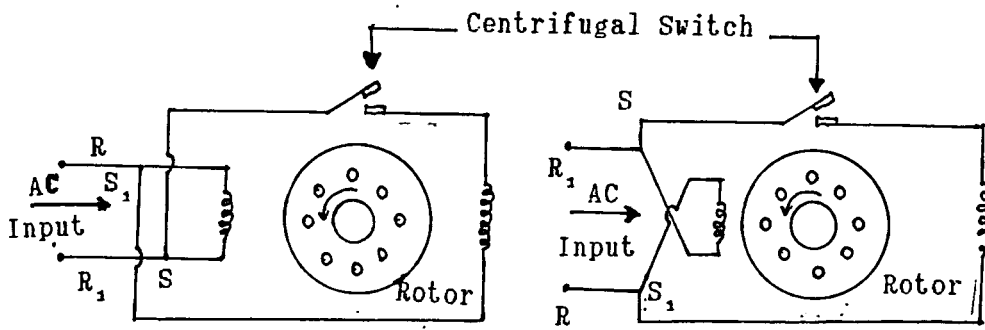


รูปที่ 3.3.3 แสดงโครงสร้างและวงจรของมอเตอร์

การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้ทำได้โดยการกลับทิศทางกระแสที่เข้าขดลวด running winding หรือ starting winding แสดงดังรูปที่ 3.3.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.3.4 แสดงลักษณะการหมุนของมอเตอร์ในทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.

ข.

รูปที่ 3.3.5 แสดงลักษณะการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์

ก. การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยกลับทิศทางการไหลของกระแสในขดลวด Starting winding

ข. การกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยกลับทิศทางการไหลของกระแสในขดลวด Running winding

2. Solenoid valve ของปั๊ม ใช้น้ำไฟ AC 24 โวลต์ , กระแส 19 แอมป์ ในการที่เลือกใช้ Solenoid valve เนื่องจาก ปั๊มต้องสูบน้ำจ่ายให้กับหัว Sprinkler ด้วยความดันคงที่ตลอดเวลาการให้น้ำ แต่ในการให้น้ำแกพืชนั้นไม่ต้องให้ตลอดเวลา ดังนั้นที่ช่องทางจ่ายน้ำของปั๊มจึงจำเป็นต้องติดตั้ง Solenoid valve เพื่อให้สามารถควบคุมการจ่ายน้ำได้โดยกระแสไฟจากวงจรควบคุม

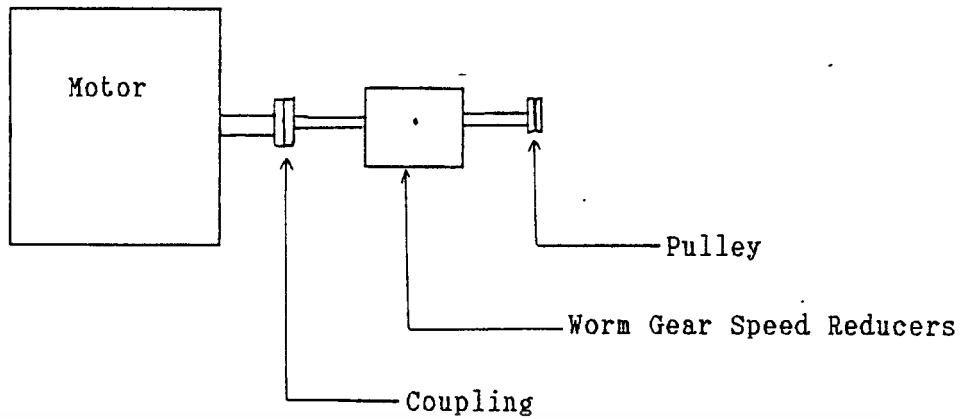
ขั้นตอนการคำนวณ

- แรงดึงที่ต้องใช้สำหรับเลือกมอเตอร์

การส่งกำลังจากมอเตอร์มายังพู่เล่ย์ที่ใช้ดึงลวดสลิงที่ติดอยู่กับโครง boom เพื่อ

ให้โครง boom เคลื่อนที่ แสดงดังรูปที่ 3.3.6

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3.6 แสดงการส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังพูลเลย์

- น้ำหนักทั้งหมดที่ล้อทั้ง 4 จะต้องรับไว้ ประมาณเท่ากับ 20 กิโลกรัม
- จำนวนรอบของมอเตอร์ 1450 rpm
- เกียร์ทด มีอัตราทด 30 : 1
- พูลเลย์ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm

$$\begin{aligned} \text{จำนวนรอบของพูลเลย์} &= 1450 / 30 \text{ rpm} \\ &= 48.33 \text{ rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะทางที่ได้เมื่อพูลเลย์ หมุนไป 1 รอบ} &= \pi D \text{ cm} \\ &= \pi(5) = 15.71 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นระยะทางที่ได้เมื่อพูลเลย์หมุนไป 48.33 rpm} &= 15.71 * 48.33 \\ &= 759.26 \text{ cm/min} \end{aligned}$$

$$\text{เนื่องจากระยะทางในการเคลื่อนที่ไป-กลับ 1 รอบ} = 14 \text{ เมตร}$$

$$\text{ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไป-กลับ 1 รอบ} = 14 / 7.5926$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{จากสูตรการแรงเสียดทาน} \quad f = \mu * N \quad \text{เมื่อ}$$

f : แรงเสียดทาน มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

μ : สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (ค่าที่จะใช้คำนวณเลือกจากค่าที่ให้ไว้

ในตารางที่ ผ6 ในที่นี้เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต

สำหรับเหล็กกล้ากับเหล็กหล่อเท่ากับ 0.1)

N : น้ำหนักของวัตถุ มีหน่วยเป็น นิวตัน โดย $N = mg$

m : มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

g : ค่าคงที่แรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 9.81 m/s^2

แทนค่าในสมการจะได้

$$f = 0.1 * (20 * 9.81)$$

$$\text{แรงเสียดทานรวมทั้งหมด} = 19.62 \text{ N}$$

เมื่อระยะทางในการเคลื่อนที่เท่ากับ 14 เมตร

ดังนั้น จากสมการ $w = f * m$ เมื่อ

w : งานที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็น จูล (J)

m : ระยะทางในการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น เมตร (m)

$$w = 19.62 * 14 \text{ J}$$

$$= 274.68 \text{ J}$$

เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ไป-กลับ 1 รอบ เท่ากับ 1.844 นาที

เพราะฉะนั้น กำลังงานที่ต้องใช้ในการดึงโครง boom จะต้องมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 $274.68 / (1.844 * 60) = 2.48 \text{ วัตต์}$
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก สำหรับมอเตอร์ขนาด 1/4 แรงม้า กำลังงานที่ต้องการจากมอเตอร์ต้อง

$$\begin{aligned} \text{ไม่เกิน } 1/8 \text{ แรงม้า} &= 746/8 \\ &= 93.25 \text{ วัตต์} \end{aligned}$$

ดังนั้น มอเตอร์ที่เลือกไว้จึงสามารถใช้ได้เนื่องจากกำลังงานที่ได้จากมอเตอร์มากกว่ากำลังงานที่ต้องการใช้ในการดึงโครงเหล็ก (boom) มาก

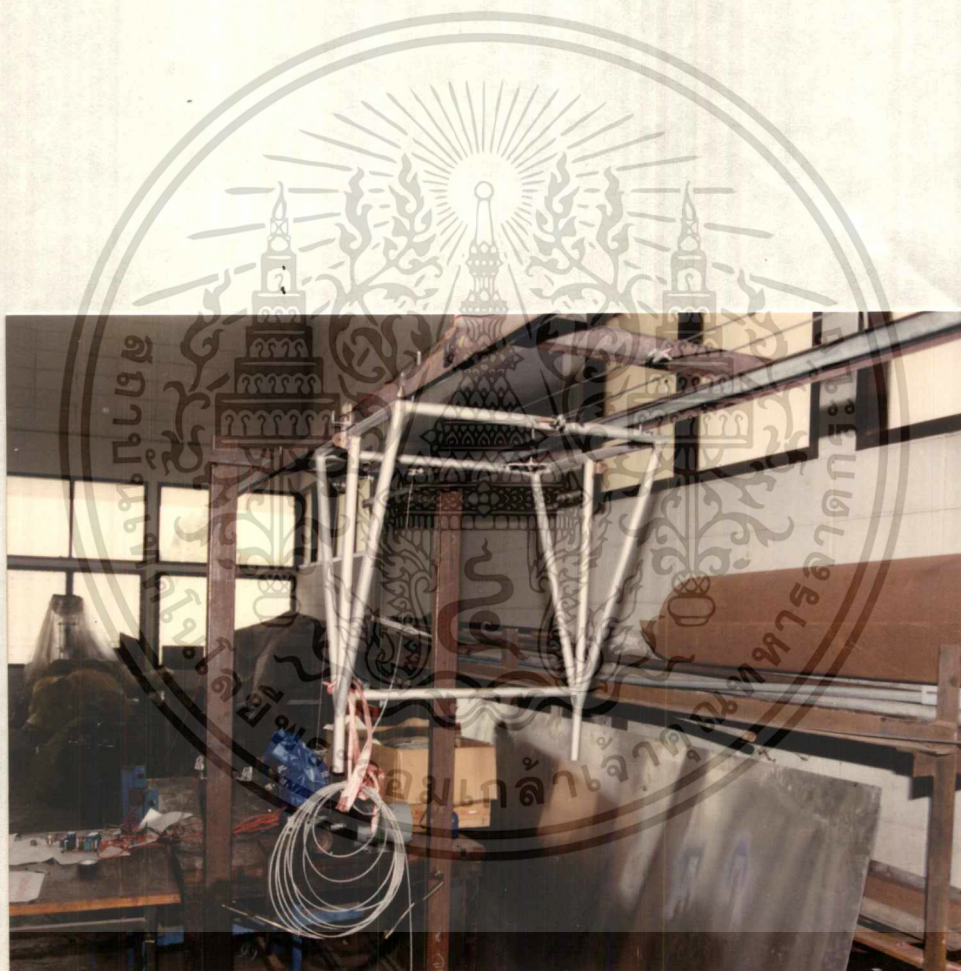


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

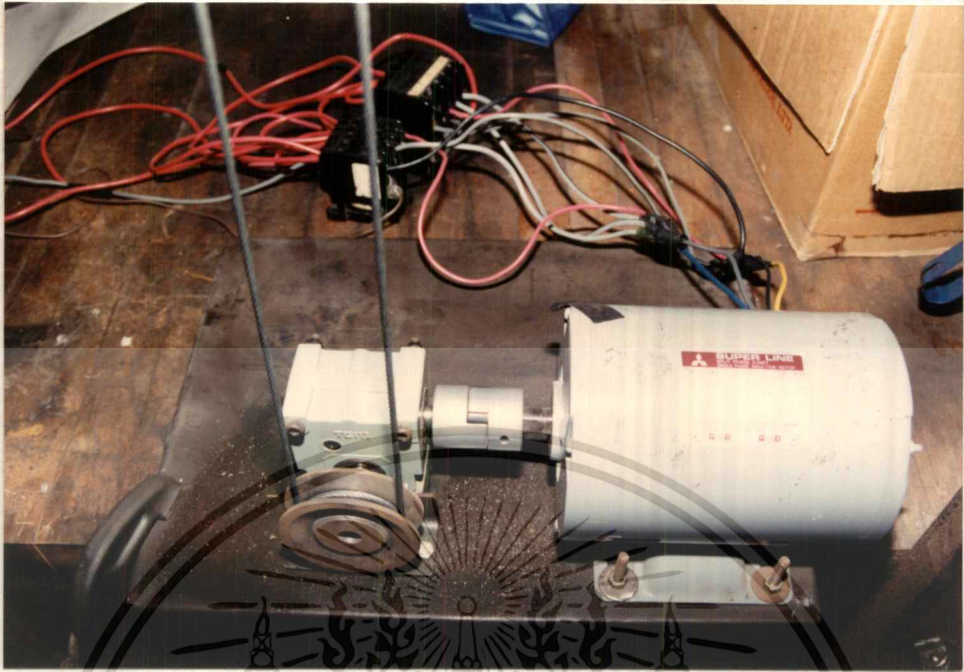
บทที่ 4 การปฏิบัติงานและการทดสอบ

4.1 ผลการปฏิบัติงาน

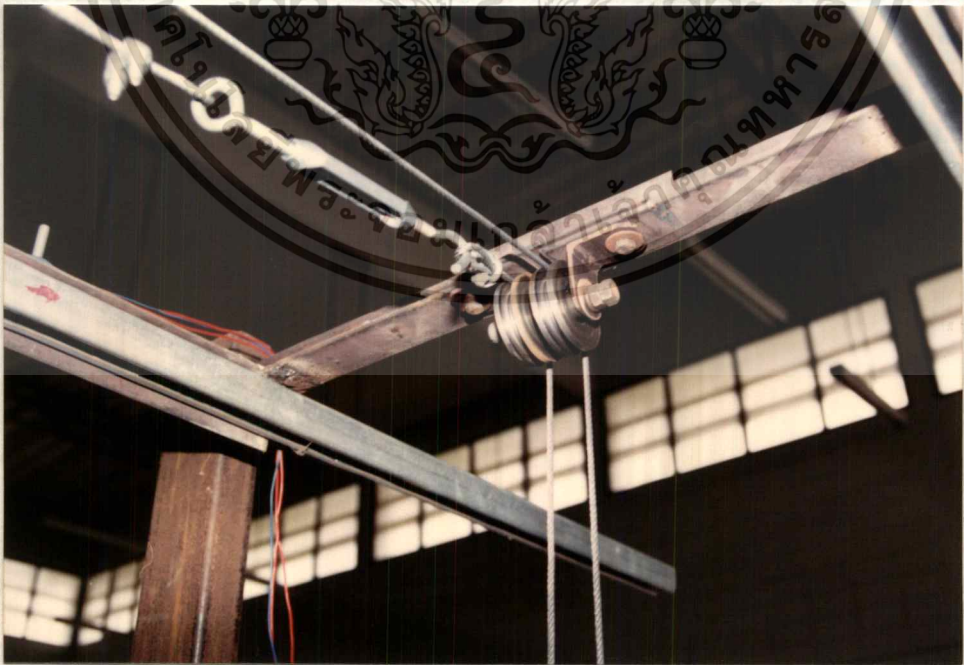
4.1.1 ระบบโครงเหล็ก ได้ทำการสร้างโดยใช้ท่อประปาเป็นวัสดุหลักดังภาพที่ 4.1.1ก.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4.1.1ก. ภาพแสดงระบบโครงเหล็กที่ใช้ในการทดสอบ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

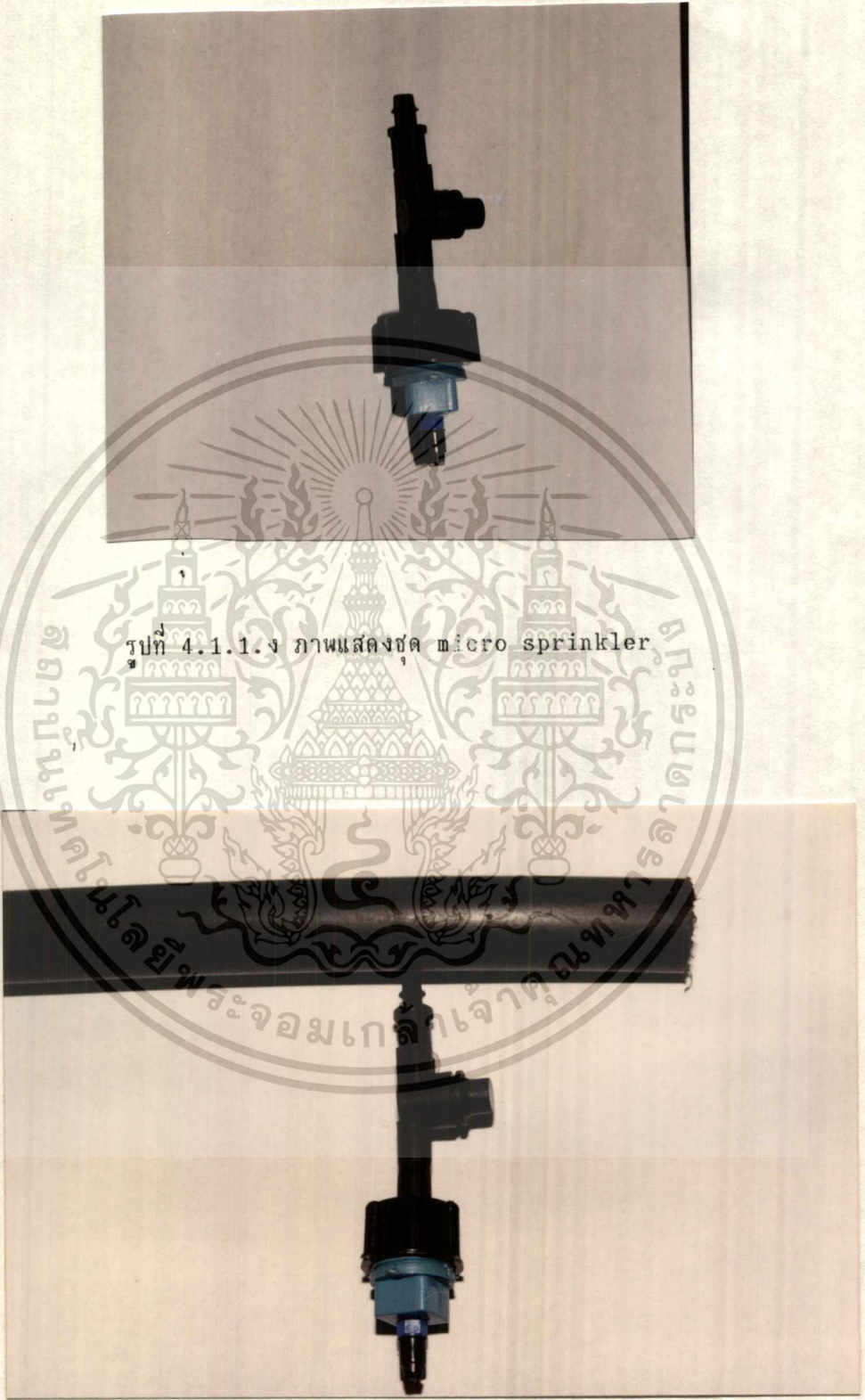


รูปที่ 4.1.1. ข ภาพแสดงการต่อกำลังจากมอเตอร์ไปยังพูลเลย์



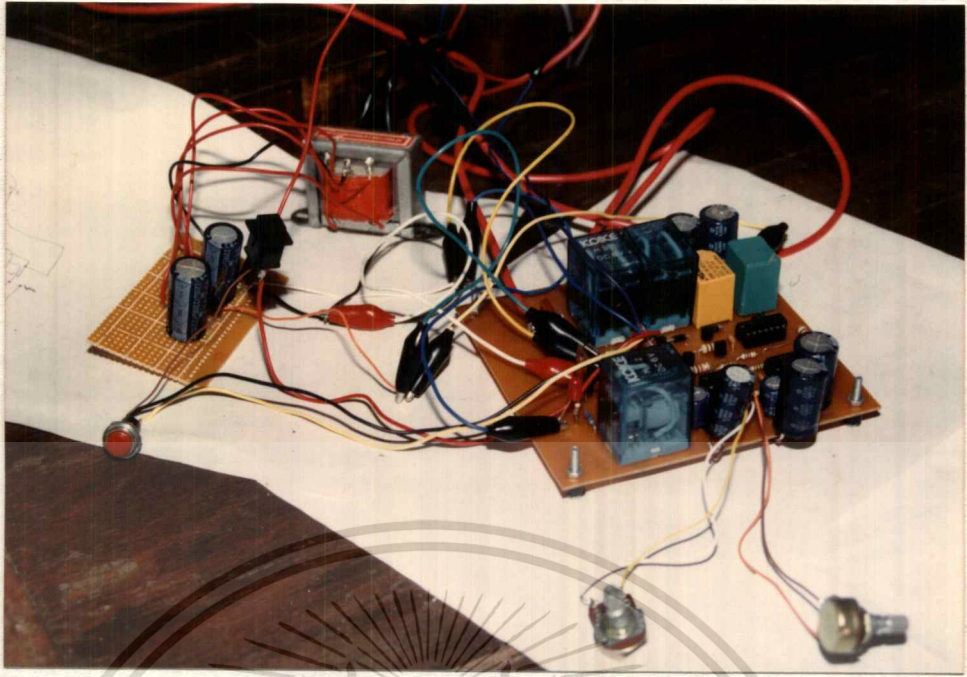
รูปที่ 4.1.1. ค ภาพแสดงการยึดลวดสลิงติดกับชุดโครงเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

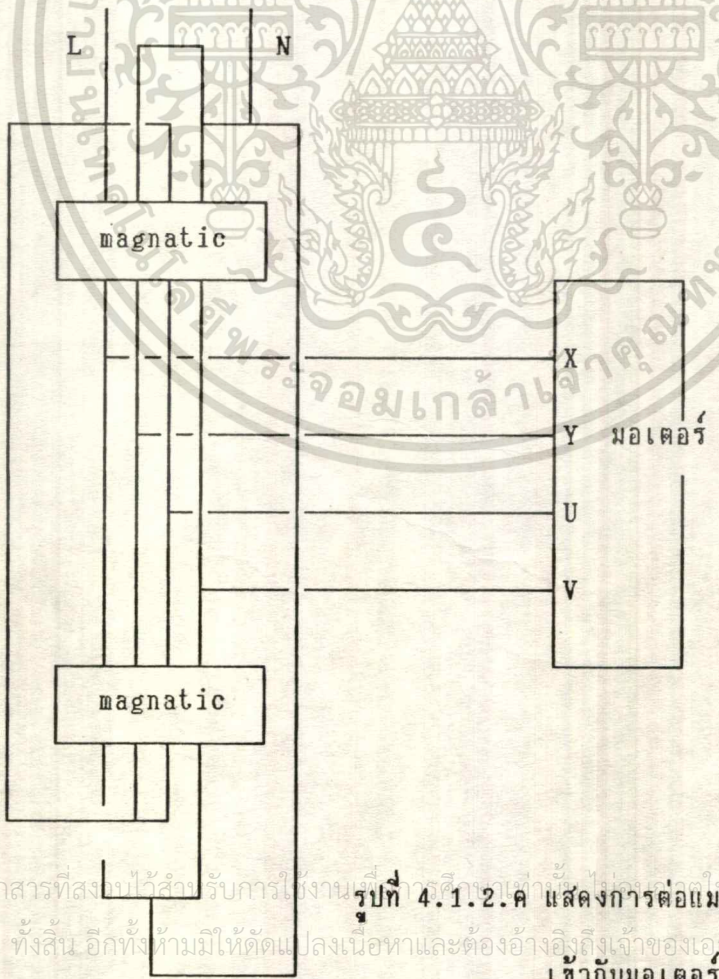


รูปที่ 4.1.1.จ ภาพแสดงชุด micro sprinkler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
 รูปที่ 4.1.1.จ ภาพแสดงท่อพีอี ที่ใช้ติดกับ micro sprinkler

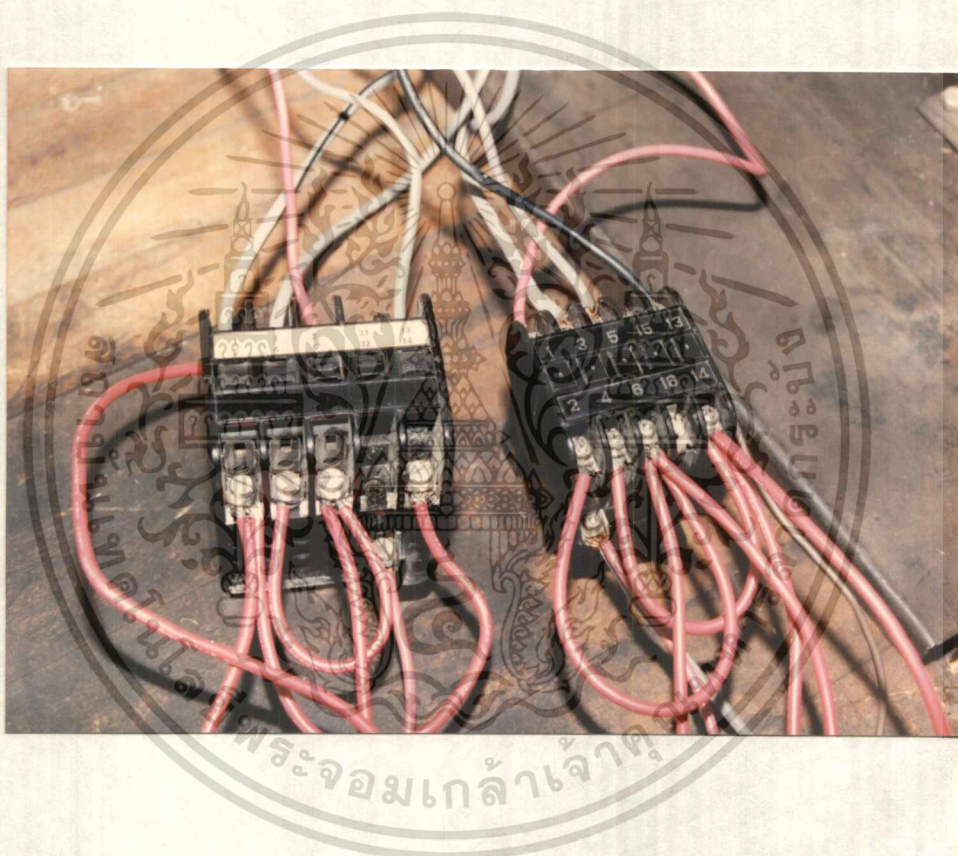


รูปที่ 4.1.2. ข ภาพแสดงวงจรควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์และการ
เปิด-ปิด ของวาล์วโซลินอยด์ (Solenoid valve)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ทางศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
รูปที่ 4.1.2. ค แสดงการต่อแม่เหล็ก คอนแทคเตอร์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
เข้ากับมอเตอร์

ในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์จะทำได้โดยการรับสัญญาณการทำงานจากรีเลย์ (Relay) แล้วส่งสัญญาณมายังแมคเนติก คอนแทคเตอร์ (Magnetic contactor) ซึ่งต่ออยู่กับมอเตอร์ ลักษณะการต่อแมคเนติก คอนแทคเตอร์ กับมอเตอร์แสดงไว้ดังรูปที่ 4.1.2.ค



รูปที่ 4.1.2.ง ภาพแสดงการต่อแมคเนติก คอนแทคเตอร์
(Magnetic contactor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบ

วิธีการทดสอบ

1. กำหนดให้ระยะทางในการเคลื่อนที่ต่อหนึ่งรอบของโครงเหล็ก(boom)เท่ากับ 300 เซนติเมตร โดยการเคลื่อนที่หนึ่งรอบ หมายถึง เมื่อโครงเหล็กเคลื่อนที่ไปและกลับมายังจุดเริ่มต้น
 2. ติดตั้งลิมิตสวิตช์ 1(limit switch 1)ไว้ที่จุดเริ่มต้น และ ลิมิตสวิตช์ 2(limit switch 2) ไว้ที่ระยะห่างจากลิมิตสวิตช์ 1 เท่ากับ 150 เซนติเมตร
 3. ต่อวงจรควบคุมเข้ากับ Megnatic contactor และ มอเตอร์
 4. ทดสอบการทำงานของวงจรควบคุมโดยให้โครงเหล็กเคลื่อนที่ไป-กลับ 10 รอบ บันทึกผลการทำงานของวงจรควบคุมในตารางที่ 4.2.1โดยใช้เครื่องหมาย / แทนการทำงานของวงจรควบคุมที่ถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ และ เครื่องหมาย X แทนการทำงานของวงจรควบคุมที่ผิดไปจากที่ออกแบบไว้
 5. วัดระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของโครงเหล็ก ในแต่ละรอบ บันทึกผลในตารางที่
- 4.1.2
6. ทำการทดสอบซ้ำอีก 9 ครั้ง พร้อมบันทึกผลการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.1 แสดงผลการทดสอบ

ครั้งที่	ผลการทดสอบ										
	รอบที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

หมายเหตุ ✓ ใช้ได้ , X ใช้ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.2

ตารางแสดงผลการทดสอบวงจรถบคอมมอเตอร์ AC (1/4 HP)

N	t (s)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	24	23	24	24	23	24	24	24	24	24
2	24	24	23	24	23	24	24	24	24	24
3	23	24	24	24	23	24	24	24	24	24
4	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
5	24	24	23	23	24	24	24	24	23	24
6	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
7	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24
8	23	24	24	23	24	24	24	24	24	24
9	24	24	23	24	24	24	24	24	24	24
10	24	24	23	24	24	24	24	24	24	24

N = จำนวนครั้งที่ทดสอบ

t (s) = เวลาในการเคลื่อนที่ไป-กลับ/เที่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปจากตารางจะเห็นว่าเวลาที่ใช้ไม่คงที่อยู่ในช่วง 24 ถึง 25 วินาทีเนื่องจากลวดสลิงเกิดการห่อน เมื่อมอเตอร์หมุนไปเป็นระยะเวลาหนึ่ง หรืออาจเกิดจากการจับเวลาผิดพลาด เพราะมีเวลาหน่วงของมอเตอร์ (เมื่อลิมิตสวิตซ์ทำงานมอเตอร์จะไม่หมุนกลับทันที) ส่วนช่วงเวลาที่มีการกวัดแน่นลวดสลิงใหม่ และฟังเสียงการหมุนของมอเตอร์ ทำให้การจับเวลาถูกต้องยิ่งขึ้น ดังนั้นจะเห็นว่า ความผิดพลาดเกิดจากช่วงของการหน่วงของมอเตอร์ทำให้จับเวลาผิดพลาด แต่จะเห็นได้ว่าการทำงานของวงจรถูกต้อง สังเกตได้จากในตารางครั้งที่ 6 ถึง 10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

โครงการนี้เป็น การสร้างระบบให้น้ำอัตโนมัติในโรงเรือนเพาะชำ ขนาด 6*8*2 เมตร ซึ่งลักษณะการให้น้ำเป็นแบบพ่นหมอก โดยใช้หัวไมโครสปริงเกอร์จำนวน 6 หัว ติดติดกับชุดโครงเหล็ก (boom) ซึ่งชุดโครงเหล็กนี้เป็นแบบแขนและเคลื่อนที่ไปกลับได้บนรางรูปตัว C ตามแนวความยาวของโรงเรือน ปริมาณการให้น้ำแก่พืชต่อการเคลื่อนที่ของชุดโครงเหล็กหนึ่งรอบเท่ากับ 4.324 ลิตร ซึ่งการเคลื่อนที่ไป-กลับ และการให้น้ำถูกควบคุมโดยวงจรควบคุม มีขอบเขตการใช้งาน ดังนี้

1. สามารถควบคุมโครงเหล็ก ให้เคลื่อนที่ไป-กลับ ได้เองโดยอัตโนมัติ
2. การจ่ายน้ำจะจ่ายน้ำให้แก่พืชได้เอง เมื่อเริ่มต้นการทำงานและจะหยุดจ่ายน้ำ

เมื่อสิ้นสุดการทำงาน

3. สามารถควบคุมโครงเหล็ก ให้กลับมาที่จุดเริ่มต้นได้หลังการให้น้ำทุกครั้ง
4. ผู้ใช้สามารถเพิ่มปริมาณการให้น้ำแก่พืชได้ตามความต้องการ

เนื่องเมื่อทำการสร้างและทดสอบวงจรได้เกิดสัญญาณรบกวน (noise) จาก Magnetic Contactor ซึ่งได้พยายามหาวิธีป้องกันแล้ว แต่ยังไม่สามารถป้องกันสัญญาณรบกวน (noise) ได้ จึงทำให้ไม่สามารถนำวงจรนี้ไปเปรียบเทียบกับวงจรแบบอื่นได้ พร้อมกับนี้ วงจรรีเซ็ตซึ่งเดิมต้องการให้รีเซ็ตได้ทั้งเมื่อชุดโครงเหล็กเคลื่อนที่ไปและกลับในรอบสุดท้ายของการให้น้ำ แต่เนื่องจากมีสัญญาณรบกวน (noise) ทำให้ทำได้เพียงมีสัญญาณรีเซ็ตเฉพาะขณะเคลื่อนที่กลับของชุดโครงเหล็กในรอบสุดท้ายเพียงอย่างเดียว

ข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น 1. เนื่องจากในโครงการนี้ระบบวงจรควบคุมใช้การออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งใช้ gate และ Flipflop มาเกี่ยวข้อง ทำให้มีอุปกรณ์หลายชิ้นในการออกแบบเพื่อที่จะนำไปใช้

งานหนึ่งๆ ได้ แต่ถ้าเปลี่ยนมาใช้ microprocessor การควบคุมจะทำได้โดยการเขียนโปรแกรมและสามารถควบคุมให้ทำงานได้หลายๆ อย่าง แต่ในเรื่องของราคาแล้วจะแพงกว่าแบบแรกประมาณ 3 เท่า

2. สำหรับวงจรที่ได้ออกแบบนี้ ได้นำเอา RS Flipflop มาใช้ซึ่งมีสถานะที่ไม่ทราบสถานะแน่นอนทำให้เกิดสัญญาณรบกวนได้โดยง่าย ข้อบกพร่องของระบบควบคุมทั้งหมดเกิดจากสัญญาณรบกวนเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นถ้าต้องแก้ไขวงจรที่ได้ออกแบบไว้แล้วนี้ให้ทำงานตามที่ต้องการแล้วจำเป็นต้องเลือกใช้ Flipflop แบบอื่นที่มีคุณสมบัติดีกว่า RS Flipflop และต้องพยายามออกแบบวงจรให้กันสัญญาณรบกวนให้ได้ โดยเฉพาะวงจรที่เกี่ยวกับระบบดิจิทัล เช่น วงจรนับและเปรียบเทียบจำนวนรอบ เป็นต้น

3. การตั้งเวลาการให้น้ำในแต่ละวัน อาจคิดแปลงเอาวงจรของนาฬิกาปลุกแบบเข็มหรือแบบดิจิทัล มาใช้ได้ โดยนาฬิกาปลุกต้องมีคุณสมบัติดังนี้ คือ เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ต้องมีสัญญาณสตาร์ทเข้ามาในวงจรในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และสัญญาณนี้ต้องหมดไปก่อนที่โครงเหล็กจะวิ่งไปถึง สวิตช์ 2 (Limit switch 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ตารางที่ ผ1 แสดงค่าต่างๆของท่อประปา

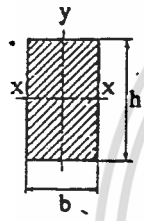
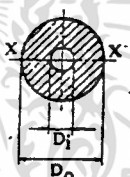
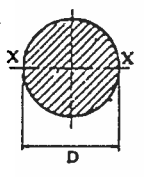
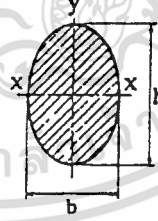
CARBON STEEL TUBES FOR GENERAL STRUCTURAL PURPOSE JIS G 3444

Outer diameter mm	Thickness mm	Weight kg/m	Performance			
			Minimum yield stress N/mm ²	Minimum tensile strength N/mm ²	Modulus of section cm ³	Radius of gyration cm
21.7	2.0	0.572	1.238	0.807	0.360	0.700
27.2	2.0	1.241	1.583	1.28	0.500	0.880
	2.3	1.41	1.797	1.41	1.00	0.880
34.0	2.3	1.80	2.271	2.00	1.70	1.12
42.7	2.3	2.20	2.919	2.67	2.80	1.41
	2.8	2.76	3.510	3.02	3.50	1.41
48.8	2.3	2.83	3.346	2.80	2.70	1.64
	2.8	3.16	4.023	3.68	4.50	1.62
	3.2	3.80	4.884	4.40	5.80	1.61
60.8	2.3	2.30	4.208	3.70	1.80	2.06
	3.2	4.32	6.780	5.27	7.84	2.03
	4.0	6.57	7.100	5.85	9.41	2.00
76.3	2.8	5.05	6.468	43.7	11.5	2.80
	3.2	5.77	7.380	48.2	12.8	2.80
	4.0	7.13	9.080	58.8	16.8	2.56
89.1	2.8	6.86	7.380	70.7	15.0	2.06
	3.2	8.78	8.630	78.8	17.0	2.06
	4.0	10.28	10.88	87.0	19.8	2.04
107.8	2.3	7.70	8.882	120	22.8	3.01
	4.0	16.0	12.36	146	28.8	3.46
114.3	3.0	11.9	16.17	177	34.8	3.42
	3.2	12.77	17.17	172	35.2	3.83
	3.6	15.25	18.82	182	33.6	3.82
	4.0	18.2	18.82	234	41.8	3.80
	4.5	19.8	18.12	263	46.6	3.85
139.8	3.6	12.1	18.40	367	51.1	4.82
	4.0	12.4	17.97	384	58.3	4.80
	4.5	16.0	18.19	420	62.7	4.79
	5.0	18.8	20.22	480	62.9	4.76
168.2	4.5	17.8	22.72	734	88.8	5.82
	5.0	18.8	25.16	800	87.8	5.87
	6.0	23.6	20.01	962	118	5.83
	7.0	27.3	24.79	1080	132	5.80
190.7	4.5	20.7	28.32	1140	120	6.80
	5.0	22.9	28.17	1260	132	6.87
	6.0	27.2	24.82	1480	166	6.83
	7.0	31.7	40.40	1710	179	6.80
214.3	4.5	23.6	28.94	1680	188	7.49
	5.0	31.5	39.81	2100	203	7.44
	6.0	36.9	46.03	2520	233	7.40
	7.0	41.7	62.26	3000	263	7.37
237.4	4.5	35.7	46.27	4210	319	8.24
	5.0	45.6	67.37	480	363	8.21
	6.0	51.2	65.19	5400	411	8.18
	7.0	67.4	73.08	6110	457	8.14
316.8	6.0	46.2	58.81	7100	462	11.1
	7.0	63.8	64.80	8200	462	11.0
	8.0	81.3	78.04	9400	481	11.0
	9.0	98.7	87.81	10800	488	10.8
354.6	6.3	64.3	88.12	10500	580	12.4
	8.0	84.6	97.26	12200	742	12.3
	9.0	94.4	96.03	14700	829	12.3
	12.0	162	128.8	18100	1080	12.2
406.4	8.0	86.2	112.4	27200	1080	14.1
	12.0	117	148.7	33900	1420	14.0
	16.0	164	186.2	37400	1840	13.8
	18.0	182	231.2	43800	2140	13.7
457.2	9.0	98.8	128.7	31800	1400	16.6
	12.0	132	167.8	41600	1820	16.7
	16.0	174	221.8	54000	2360	16.6
	18.0	206	261.8	62900	2750	16.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ พ2 แสดงค่าโมเมนต์ความเฉื่อย I

- I_x คือโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกน x-x
- J คือโมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วรอบแกนศูนย์กลาง
- $Z = I/c$ คือโมดูลัสหน้าตัดของรูปเหลี่ยมรอบแกน x-x
- $Z' = J/c$ คือโมดูลัสหน้าตัดเชิงขั้ว
- $k = \sqrt{I/A}$ คือรัศมีจอร์แดน

 $I_x = \frac{bh^3}{12}$ $Z_x = \frac{bh^2}{6}$ $k_x = \frac{h}{\sqrt{12}}$ $Z' = \frac{2b^2h}{9} \text{ (สำหรับการบิด)}$	 $I_x = \frac{\pi}{64}(D_o^4 - D_i^4)$ $Z_x = \frac{\pi}{32} \left[\frac{D_o^4 - D_i^4}{D_o} \right]$ $k_x = \sqrt{\frac{D_o^2 + D_i^2}{16}}$ $J = \frac{\pi}{32}(D_o^4 - D_i^4)$ $Z'_x = \frac{\pi}{16} \left[\frac{D_o^4 - D_i^4}{D_o} \right]$
 $I_x = \frac{\pi D^4}{64}$ $Z_x = \frac{\pi D^3}{32}$ $k_x = \frac{D}{4}$ $J = \frac{\pi D^4}{32}$ $Z' = \frac{\pi D^3}{16}$	 $I_x = \frac{\pi bh^3}{64}$ $Z_x = \frac{\pi bh^2}{32}$ $k_x = \frac{h}{4}; k_y = \frac{b}{4}$ $J = \frac{\pi bh}{64}(h^2 + b^2)$ $Z' = \frac{\pi b^2 h}{16} \text{ (สำหรับการบิด)}$ $A = \pi bh/4$




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ พ3 แสดงค่าโมดูลัสความยืดหยุ่น E

วัสดุ	โมดูลัสความยืดหยุ่น E		โมดูลัสความแข็งแรง G		อัตราส่วน ปัวซอง ν	น้ำหนักจำเพาะ ρ		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in. ³	lb/ft. ³	kN/m. ³
Aluminum(all alloys)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Beryllium copper	18.0	124.0	7.00	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Brass	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Carbon steel	30.0	207.0	11.50	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Cast iron, gray	14.5	100.0	6.00	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Copper	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Douglas fir	1.6	11.0	0.60	4.1	0.330	0.016	28	4.3
Glass	6.7	46.2	2.70	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.00	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Lead	5.3	36.5	1.90	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesium	6.5	44.8	2.40	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molybdenum	48.0	331.0	17.00	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel metal	26.0	179.0	9.50	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Nickel silver	18.5	127.0	7.00	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Nickel steel	30.0	207.0	11.50	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Phosphor bronze	16.1	111.0	6.00	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Stainless steel (18-8)	27.6	190.0	10.60	73.1	0.305	0.280	484	76.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗4 รายละเอียดของของ micro sprinkler

microfic						
colour	φ mm	pression	180°	140°*2	360°	
couluer		druck	Radius	Radius	Radius	Discharge
farbe		pressione	Portee	portee	Portee	lt/h
Colore		bar	m.	m.	m.	
Blue		0.5	1.3	1.2	1.4	23.5
Bleu	1.0	1.0	1.7	1.6	1.9	33.3
Blau		1.5	2.0	1.9	2.3	40.7
Green		0.5	1.7	1.6	1.8	39.7
Ven	1.3	1.0	2.2	2.1	2.4	60.2
Grum		2.0	2.4	2.8	3.3	47.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ5 แสดงรายละเอียดของปั๊มแบบอัตโนมัติ

ปั๊มน้ำแบบอัตโนมัติพร้อมถัง(AUTOMATIC, NORMAL & SMALL TANK)

มีขนาด 115-250 วัตต์ ใช้ไฟ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต

รายละเอียด	LSW-111EA	LSW-120EA	LSW-151EA	LSW-251EA	LSW-252EA
มอเตอร์(วัตต์)	115	125	150	250	250
ระยะดูด (ม.)	9	9	9	9	9
ส่งน้ำสูง (ม.)	9	9	10	14	14
ปริมาณน้ำ (ลิตร/นาที)	18 ที่ 9 ม.	20 ที่ 9 ม.	23 ที่ 9 ม.	36 ที่ 9 ม.	34 ที่ 9 ม.
สวิตช์ความดัน กก/ซม ² .	(เปิด) 1.0 (ปิด) 1.6	(เปิด) 1.0 (ปิด) 1.6	(เปิด) 1.1 (ปิด) 1.8	(เปิด) 1.6 (ปิด) 2.4	(เปิด) 1.6 (ปิด) 2.4
ท่อดูด มม.(นิ้ว)	20(3/4)	20(3/4)	20(3/4)	25(1)	25(1)
ท่อส่ง มม.(นิ้ว)	20(3/4)	20(3/4)	20(3/4)	25(1)	25(1)
น้ำหนัก (กก.)	15.5	19.0	19.0	29.0	22.0
จำนวนก๊อกน้ำที่ใช้ พร้อมกันได้	2 ถึง 3	3 ถึง 4	4 ถึง 6	6 ถึง 7	6 ถึง 7
ราคา (บาท)	3500	4000	4300	5200	4900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปเผยแพร่ภายนอก
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานโดยประมาณ

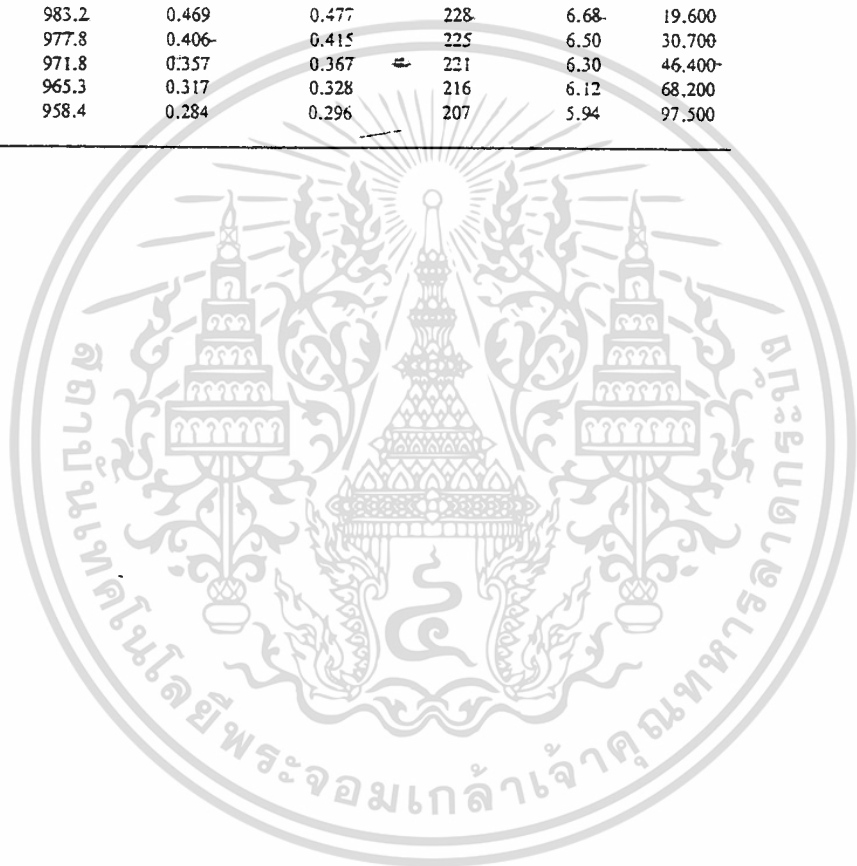
วัสดุ	สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน			
	สถิต f		สถิต f_0	
	แห้ง	เปียก	แห้ง	เปียก
เหล็กกล้า กับ เหล็กกล้า	.15-.20	0.10	.10-.15	0.05
เหล็กกล้า กับ เหล็กหล่อ	.18-.25	0.10	.15-.20	0.05
เหล็กหล่อ กับ เหล็กหล่อ	.22-.26	0.16	.15-.20	0.10

ตารางที่ ๗7 แสดงค่าความขรุขระ e ของท่อชนิดต่างๆ

ชนิดของท่อ	ค่าความขรุขระ e (ม)
1. ท่อเรียบทองแดง, อะลูมิเนียม ทองแดง, พลาสติก, แก้ว, ไฟเบอร์กลาส	0.0000015
2. เหล็กหล่อ	0.000254
3. เหล็กกล้าวไนซ์	0.000125
4. แผ่นไม้	0.000016
5. คอนกรีต	0.000122

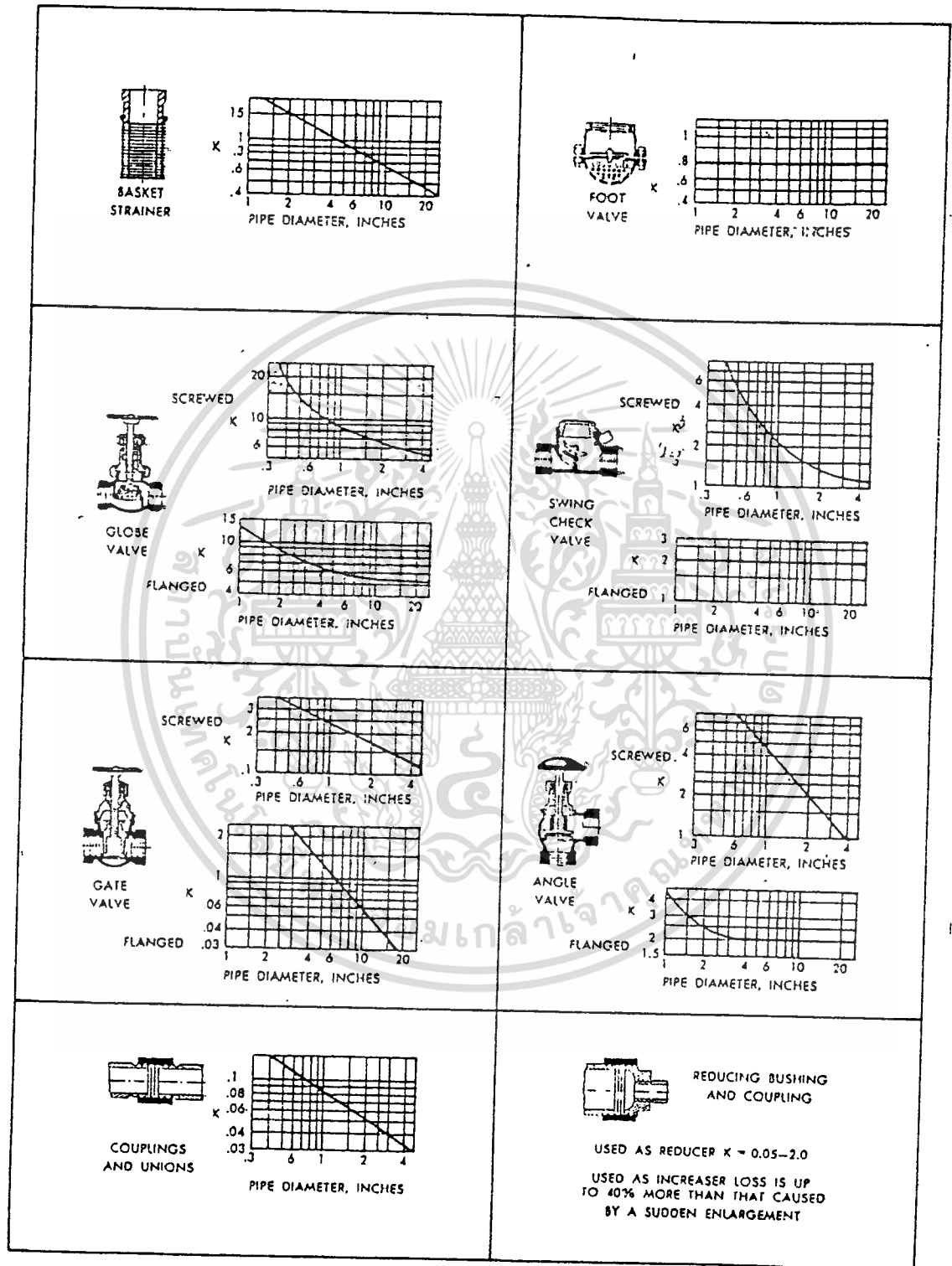
ตารางที่ ๗8 แสดงคุณสมบัติของน้ำ

Temperature, °C	Density ρ , kg/m ³	Viscosity μ , (N · s/m ²) × 10 ⁻³	Kinematic viscosity ν , m ² /s × 10 ⁻⁶	Bulk modulus κ , Pa × 10 ⁷	Surface tension σ , N/m × 10 ⁻²	Vapor pressure, Pa
0	999.9	1.792	1.792	204	7.62	588
5	1000.0	1.519	1.519	206	7.54	882
10	999.7	1.308	1.308	211	7.48	1,176
15	999.1	1.140	1.141	214	7.41	1,666
20	998.2	1.005	1.007	220	7.36	2,447
30	995.7	0.801	0.804	223	7.18	4,297
40	992.2	0.656	0.661	227	7.01	7,400
50	988.1	0.549	0.556	230	6.82	12,220
60	983.2	0.469	0.477	228	6.68	19,600
70	977.8	0.406	0.415	225	6.50	30,700
80	971.8	0.357	0.367	221	6.30	46,400
90	965.3	0.317	0.328	216	6.12	68,200
100	958.4	0.284	0.296	207	5.94	97,500



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ พ2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

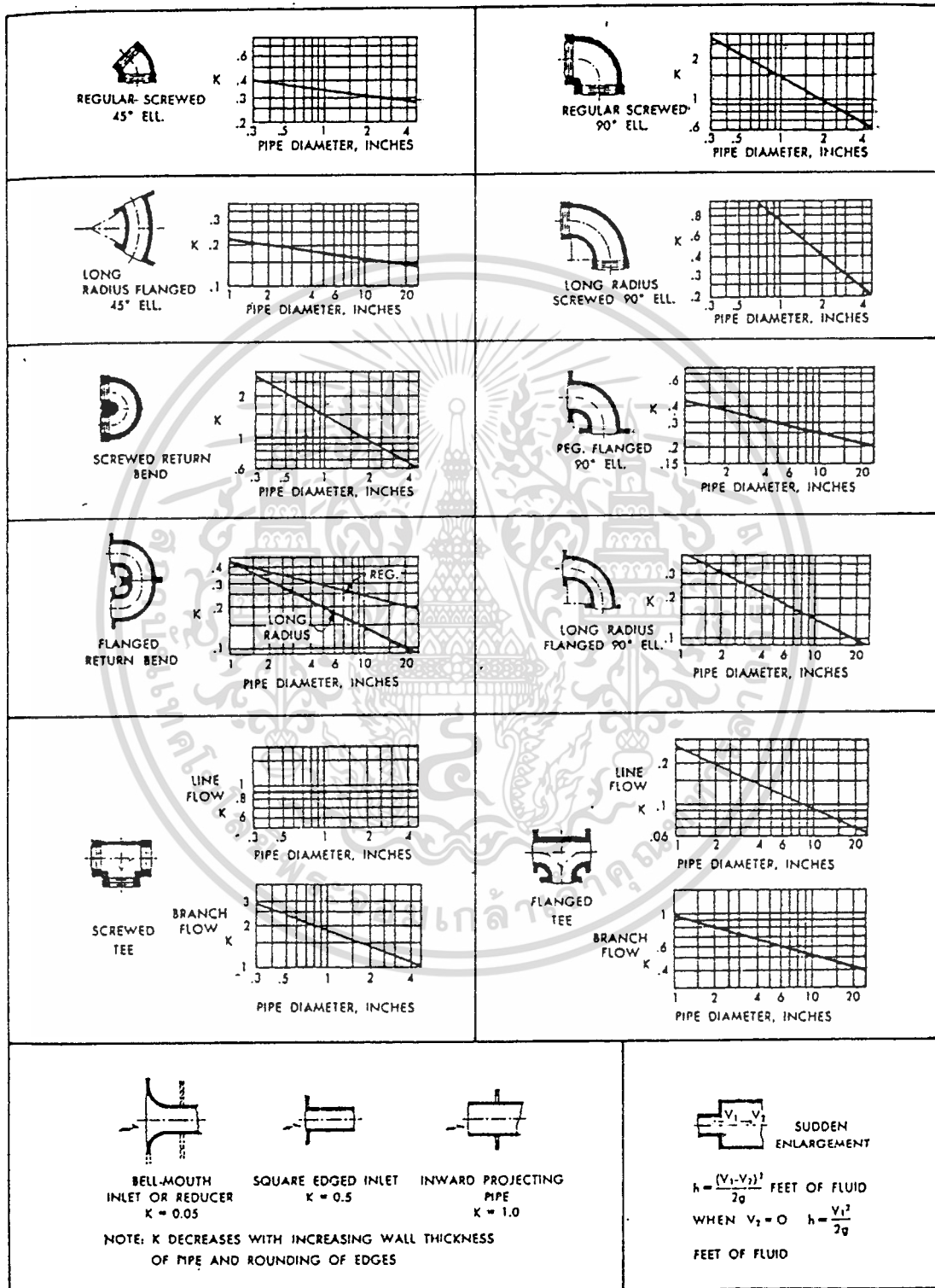
รูปที่ พ2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (ต่อ)

Use the equation $h_e = kv^2/2g$ unless otherwise indicated. Energy loss E_L equals h_e head loss in feet..

	<p>Perpendicular square entrance:</p>	<p>$k = 0.50$ if edge is sharp.</p>														
	<p>Perpendicular rounded entrance:</p>	<table border="1"> <tr> <td>$R/d =$</td> <td>0.05</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.25</td> <td>0.17</td> <td>0.08</td> <td>0.05</td> <td>0.04</td> </tr> </table>	$R/d =$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	$k =$	0.25	0.17	0.08	0.05	0.04		
$R/d =$	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4											
$k =$	0.25	0.17	0.08	0.05	0.04											
	<p>Perpendicular reentrant entrance:</p>	<p>$k = 0.8$</p>														
	<p>Additional loss due to skewed entrance:</p>	<p>$k = 0.505 + 0.303 \sin \alpha + 0.226 \sin^2 \alpha$</p>														
	<p>Suction pipe in sump with conical mouthpiece:</p>	<p>$E_L = D + \frac{5.6Q}{\sqrt{2gD'}} - \frac{v^2}{2g}$</p>														
	<p>Without mouthpiece:</p>	<p>$E_L = 0.53D + \frac{4Q}{\sqrt{2gD'}} - \frac{v^2}{2g}$</p>														
	<p>Width of sump shown: $3.5D$</p>															
	<p>Strainer bucket:</p>	<p>$k = 10$ with foot valve $k = 5.5$ without foot valve</p>														
	<p>Standard Tee, entrance to minor line</p>	<p>$k = 1.8$</p>														
	<p>Sudden expansion:</p>	<p>$E_L = \left(1 - \frac{v_2}{v_1}\right)^2 \frac{v_1^2}{2g}$</p>														
	<p>or</p>	<p>$E_L = \left(\frac{v_1}{v_2} - 1\right)^2 \frac{v_2^2}{2g}$</p>														
	<p>Sudden contraction:</p>	<table border="1"> <tr> <td>$(d/D)^2 =$</td> <td>0.01</td> <td>0.1</td> <td>0.2</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.42</td> <td>0.33</td> <td>0.25</td> <td>0.15</td> </tr> </table>	$(d/D)^2 =$	0.01	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	$k =$	0.5	0.5	0.42	0.33	0.25	0.15
$(d/D)^2 =$	0.01	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8										
$k =$	0.5	0.5	0.42	0.33	0.25	0.15										

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ พ2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (ต่อ)



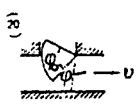
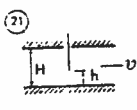



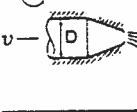
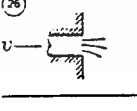
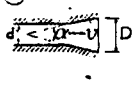
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ พ2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (ต่อ)

	Conusor:	$E_L = k(v_1^2 - v_2^2)/2g$																														
		<table border="1"> <tr> <td>$\alpha^\circ =$</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.20</td> <td>0.28</td> <td>0.32</td> <td>0.35</td> </tr> </table>	$\alpha^\circ =$	20	40	60	80	$k =$	0.20	0.28	0.32	0.35																				
$\alpha^\circ =$	20	40	60	80																												
$k =$	0.20	0.28	0.32	0.35																												
	Diffusor:	$E_L = k(v_1^2 - v_2^2)/2g$																														
		<table border="1"> <tr> <td>$\alpha^\circ =$</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>60</td> <td>80</td> <td>100</td> <td>120</td> <td>140</td> </tr> <tr> <td>k for $D = 3d$</td> <td>0.12</td> <td>0.16</td> <td>0.39</td> <td>0.80</td> <td>1.0</td> <td>1.06</td> <td>1.04</td> <td>1.04</td> <td>1.04</td> </tr> <tr> <td>$D = 1.5d$</td> <td>0.12</td> <td>0.16</td> <td>0.39</td> <td>0.96</td> <td>1.22</td> <td>1.16</td> <td>1.10</td> <td>1.06</td> <td>1.04</td> </tr> </table>	$\alpha^\circ =$	6	10	20	40	60	80	100	120	140	k for $D = 3d$	0.12	0.16	0.39	0.80	1.0	1.06	1.04	1.04	1.04	$D = 1.5d$	0.12	0.16	0.39	0.96	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04
$\alpha^\circ =$	6	10	20	40	60	80	100	120	140																							
k for $D = 3d$	0.12	0.16	0.39	0.80	1.0	1.06	1.04	1.04	1.04																							
$D = 1.5d$	0.12	0.16	0.39	0.96	1.22	1.16	1.10	1.06	1.04																							
	Sharp elbow:	$k = 67.6 \times 10^{-4} (\alpha^\circ)^{2.17}$																														
	Bends:	$k = (0.13 + 1.85(r/R)^{0.5}) \sqrt{\alpha^\circ/180^\circ}$																														
	Close return bend:	$k = 2.2$																														
	Gate valve:	<table border="1"> <tr> <td>$e/D =$</td> <td>0</td> <td>1/4</td> <td>3/8</td> <td>1/2</td> <td>5/8</td> <td>3/4</td> <td>7/8</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.15</td> <td>0.26</td> <td>0.81</td> <td>2.06</td> <td>5.52</td> <td>17.0</td> <td>97.8</td> </tr> </table>	$e/D =$	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	$k =$	0.15	0.26	0.81	2.06	5.52	17.0	97.8														
$e/D =$	0	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8																									
$k =$	0.15	0.26	0.81	2.06	5.52	17.0	97.8																									
	Globe valve:	$k = 10$ when fully open fully open																														
	Rotary valve:	<table border="1"> <tr> <td>$\alpha^\circ =$</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>40</td> <td>50</td> <td>60</td> <td>70</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.05</td> <td>0.29</td> <td>1.56</td> <td>5.47</td> <td>17.3</td> <td>52.6</td> <td>206</td> <td>485</td> <td>∞</td> </tr> </table>	$\alpha^\circ =$	5	10	20	30	40	50	60	70	80	$k =$	0.05	0.29	1.56	5.47	17.3	52.6	206	485	∞										
$\alpha^\circ =$	5	10	20	30	40	50	60	70	80																							
$k =$	0.05	0.29	1.56	5.47	17.3	52.6	206	485	∞																							
	Check valves:	<table> <tr> <td>Swing type</td> <td>$k = 2.5$</td> <td>When fully open</td> </tr> <tr> <td>Ball type</td> <td>$k = 70.0$</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lift type</td> <td>$k = 12.0$</td> <td></td> </tr> </table>	Swing type	$k = 2.5$	When fully open	Ball type	$k = 70.0$		Lift type	$k = 12.0$																						
Swing type	$k = 2.5$	When fully open																														
Ball type	$k = 70.0$																															
Lift type	$k = 12.0$																															
	Angle valve:	$k = 5.0$ if fully open																														

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ พ2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (ต่อ)

	<p>Segment gate in rectangular conduit:</p> $k = 0.8 + 1.3 \left[\left(\frac{1}{n} \right) - n \right]^2$ <p>where $n = \varphi/\varphi_0 =$ the rate of opening with respect to the central angle.</p>										
	<p>Sluice gate in rectangular conduit:</p> $k = 0.3 + 1.9 \left[\left(\frac{1}{n} \right) - n \right]^2$ <p>where $n = h/H$.</p>										
	<p>Measuring nozzle:</p> $E_L = 0.3 \Delta p \quad \text{for } d = 0.8D$ $E_L = 0.95 \Delta p \quad \text{for } d = 0.2D$ <p>where Δp is the measured pressure drop.</p>										
	<p>Venturi meter:</p> $E_L = 0.1 \Delta p \quad \text{to} \quad 0.2 \Delta p$ <p>where Δp is the measured pressure drop.</p>										
	<p>Measuring orifice, square edged:</p> $E_L = \Delta p \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right)$ <p>where Δp is the measured pressure drop.</p>										
	<p>Confusor outlet:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>$d/D =$</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.8</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>5.5</td> <td>4</td> <td>2.55</td> <td>1.1</td> </tr> </table>	$d/D =$	0.5	0.6	0.8	0.9	$k =$	5.5	4	2.55	1.1
$d/D =$	0.5	0.6	0.8	0.9							
$k =$	5.5	4	2.55	1.1							
	<p>Exit from pipe into reservoir:</p> $k = 1.0$										
	<p>Diffusor outlet for $D/d > 2$:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>$\alpha^\circ =$</td> <td>8</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>$k =$</td> <td>0.05</td> <td>0.18</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> </tr> </table>	$\alpha^\circ =$	8	15	30	45	$k =$	0.05	0.18	0.5	0.6
$\alpha^\circ =$	8	15	30	45							
$k =$	0.05	0.18	0.5	0.6							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. นรินทร์ เนาว์ประทีป, "การลดสัญญาณรบกวน" พลิกร์เซนเตอร์ การพิมพ์, 2532
2. น.ต. ชวิชัย เลื่อนฉวี, พ.ศ. อนุรักษ์เดือนศิริ "ดิจิทัลเทคโนโลยี"
พิมพ์ครั้งที่ 4, 2532, ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์
3. ร.ศ. สัมพันธ์ หาญทะเล, "เครื่องกลไฟฟ้า 2", ครั้งที่ 10, 2531
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ธนบุรี
4. วิชาญ ก่องดาวง, "หลักการและเทคนิคการซ่อมสร้างเครื่องขยาย", 2528,
ห้างหุ้นส่วนจำกัด นำอักษรการพิมพ์
5. บริษัทแสงชัยมีเตอร์ จำกัด "คู่มือการใช้ Counter, Timer, Sensor & Switch อัตโน
มิติ เล่ม 3"
6. พงศ์ สุวรรณปิฎก, "มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง กระแสสลับ" ครั้งที่ 2, 2525
สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์
7. ดร. วิจิตร อึ้งอาภรณ์, "การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2" บริษัทเอ็นเคซูเคชั่นจำกัด
พิมพ์ครั้งที่ 10, 2521
8. 46 เรื่องน่ารู้เทคนิคเครื่องกล, จัดพิมพ์โดยบริษัทเอ็มแอนด์อี จำกัด, พิมพ์ที่ หจก.นำ
อักษรการพิมพ์
9. Louis Nashelsky, "Introduction To Digital Technology"
10. รศ.ดร. วิบูลย์ บุญชูโรกุล, "ปั๊มและระบบสูบน้ำ"
11. รศ.ดร. วิบูลย์ บุญชูโรกุล, "หลักการชลประทาน"
12. ดร. วิจิตร อึ้งอาภรณ์, "การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1" บริษัทเอ็นเคซูเคชั่นจำกัด
พิมพ์ครั้งที่ 10, 2521

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
13. ทักทิว, ตารางเหล็กสำหรับผู้รับเหมาก่อสร้างและวิศวกร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาเนพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงไปได้ด้วยคำแนะนำจาก

อาจารย์ ภักทรชัย วิชัยยะ

อาจารย์ พิเชิต กิตตินนท์

อาจารย์ ปรีชานันท์ ศรีแก้ว

คุณ บุญช่วย กิ่งสวัสดิ์

คุณ พิชรา ชัยลิขิตเจริญ

เพื่อน ๆ จาก ภาควิชา วิศวกรรม ระบบควบคุม, อิเล็กทรอนิกส์, ไฟฟ้ากำลัง, และ
โทรคมนาคม รวมทั้ง ผู้ที่มีส่วนร่วมและช่วยเหลือจนทำให้ปริญญาเนพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไป
ได้ด้วย ทางผู้จัดทำขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ทางคณะผู้จัดทำหวังว่าปริญญาเนพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านไม่มากก็น้อย
คุณความดีของปริญญาเนพนธ์ฉบับนี้ขอมอบแต่ ท่านอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาทราบ
จนวันสุดท้ายของการเรียน

วันที่ 8 เมษายน พ.ศ. 2537

คณะผู้จัดทำ

น.ส.บุปผา พระศรีงาม

น.ส.สุภาณี บุญมั่ง

น.ส.อารยา ไสลเพชร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้