



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สาขา

คณะ

เรื่อง การเพิ่มสมรรถนะของปั้มน้ำด้วยอินเวอร์เตอร์เพื่อใช้ในระบบป้องกันอัคคีภัย

Improvement of a Water Pump Performance with an Inverter for Using in
Fire Protection System

นามผู้วิจัย นายณัฐสมุทร เอกภาพสากล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(.....รองศาสตราจารย์สุรัชย์ รดาการ, Ph.D.....)

ประธานสาขาวิชา

(.....รองศาสตราจารย์เสรี เสวตเสริม, Ph.D.....)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(.....รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.....)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสันทิ มทวทยาสยเกษตรศาสตร

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเพิ่มสมรรถนะของปั้มน้ำด้วยอินเวอร์เตอร์เพื่อใช้ในระบบป้องกันอัคคีภัย

Improvement of a Water Pump Performance with an Inverter for Using in Fire Protection System

โดย

นายณัฐสมุทร เอกภาพสากล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

พ.ศ. 2555

ณัฐสมุทร เอกภาพสากล 2555: การเพิ่มสมรรถนะของปั้มน้ำด้วยอินเวอร์เตอร์เพื่อใช้ในระบบป้องกันอัคคีภัย ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย) สาขาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สุรชัย รดาการ, Ph.D. 48 หน้า

งานวิจัยนี้ศึกษาการเพิ่มความสามารถในระบบป้องกันอัคคีภัยโดยเพิ่มสมรรถนะของปั้มน้ำด้วยอินเวอร์เตอร์ เพื่อสามารถรองรับการใช้งานของหัวกระจายน้ำดับเพลิง 8 หัวเมื่อเกิดอัคคีภัยจากการทดลองเพิ่มอัตราไหลและความดันของปั้มน้ำซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ขนาด 3 แรงม้า ความถี่ 50 Hz ที่ความเร็วรอบ 2850 รอบต่อนาที ชุดอินเวอร์เตอร์ใช้ควบคุมการปรับเพิ่มความถี่และความเร็วรอบของมอเตอร์ เพื่อให้ปั้มน้ำสามารถเพิ่มอัตราการไหลและความดันมากขึ้นตามทฤษฎี Affinity Law ที่เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดคงที่ การทดลองมีการวัดอัตราไหลและความดันที่ความถี่ 50 Hz ขณะปิดหัวกระจายน้ำดับเพลิงหมด 8 หัว จากนั้นเปิดหัวกระจายน้ำดับเพลิงเพิ่มทีละหัว แล้ววัดความดันและอัตราไหลทุกครั้งมีการเปิดหัวกระจายน้ำดับเพลิงเพิ่ม จนครบ 8 หัว ทำการวัดอัตราไหลและความดัน ด้วยวิธีดังกล่าวซ้ำแบบเดิม แต่เพิ่มความถี่ขึ้นครั้งละ 10 Hz จาก 50 Hz จนถึง 90 Hz ผลการทดลองพบว่าปั้มน้ำสามารถเพิ่มอัตราการไหลและความดันจาก 146 gpm, 24 psi ที่ความถี่ 50 Hz เป็น 169 gpm, 31 psi ที่ความถี่ 60 Hz และเป็น 155 gpm, 29 psi ที่ความถี่ 70 Hz และผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดของ NFPA 13D, และ NFPA 13R ที่มีอัตราไหลไม่ต่ำกว่า 13 gpm ต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ทำงานทั้งหมดในระบบ, 104 gpm ต่อ 8 หัวกระจายน้ำดับเพลิง โดยมีความดันขั้นต่ำที่สามารถทำงานได้ 7 psi

จากงานวิจัยครั้งนี้พบว่า การเพิ่มความถี่ขึ้นไปที 60 Hz และ 70 Hz สามารถเพิ่มอัตราไหลและความดันของปั้มน้ำได้สอดคล้องกับทฤษฎีฯ แต่เมื่อเพิ่มความถี่ไปที่ 80 Hz และ 90 Hz แต่ไม่สามารถสร้างอัตราไหลและความดันได้ตามทฤษฎีฯ เนื่องจากกำลังแรงม้าของมอเตอร์ไม่เพียงพอ, ทางออกของน้ำหรือหัวกระจายน้ำดับเพลิงมีจำนวนน้อย, ขนาดท่อทางออกมีขนาดเล็กไม่สามารถรองรับอัตราไหลที่เพิ่มขึ้นได้

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

___/___/___

Natsamut Ekkaphapsakol 2012: Improvement of a Water Pump Performance with an Inverter for Using in Fire Protection System. Master of Engineering (Fire Protection Engineering), Major Field: Fire Protection Engineering, Faculty of Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Surachai Radagan, Ph.D. 48 pages.

This thesis studied the improving of the capacity of Fire Protection System by increasing a water pump performance with an inverter to be able to supply water for 8 sprinklers in the event of fire. In this research, the test of the rising of the flow rate and the pressure head consists of a water pump coupled with a Totally Enclosed Fan Cooled by a 3hp motor, 50 Hz of frequency at 2850 rounds per minute, and an inverter. The test used the inverter to increasingly control the frequency and speed of the motor for raising the flow rate and the pressure head of the water pump as a constant impeller diameter of Affinity law. As for the test method, there would be the measure of the flow rates and the pressure heads at 50 Hz of frequency when all sprinklers were closed, and then the flow rates and the pressure heads were measured right after each sprinkler was opened until all of them completed their job. There would be the same test loop with the addition of the frequency from 50 Hz to 90 Hz. After the operation, the result showed that the flow rate and the pressure head of water pump could be increased from 146 gpm, 24 psi at 50 Hz to be 169 gpm, 31 psi at 60 Hz, and 155 gpm, 29 psi at 70 Hz. Accordingly, the test result completely complies with NFPA 13D, and NFPA 13R specifying that the flow rate is not less than 13 gpm per sprinkler to the number of design sprinkler, 104 gpm per 8 sprinklers, and the minimum operating pressure of any sprinkler shall be 7 psi.

As a result, the rising of the frequency to be 60 Hz and 70 Hz could increase the flow rate and the pressure head of the water pump. However, the missions of 80 Hz and 90 Hz were not successful according to the Affinity law because the brake horse power is insufficient, the size of the limited discharge pipe is too small, and an amount of sprinkler is not enough for the increased flow rate.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____/____/____

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์สุรัชย์ รดาการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งในด้านคำปรึกษาและเนื้อหาวิชาการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ พร้อมทั้งจัดหาสถานที่ที่ใช้ในการทดลองในการวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำสนับสนุนเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณบิดา, มารดา และสถาบันวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ช่วยสนับสนุนด้านการเงินในการศึกษาการวิจัยนี้ และขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยทุกท่าน ที่เอื้ออำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ณัฐสมุทร เอกภาพสากล
พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญภาพ	(2)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	17
อุปกรณ์	17
วิธีการ	23
ผลและวิจารณ์	25
ผล	25
วิจารณ์	32
สรุปและข้อเสนอแนะ	33
สรุป	33
ข้อเสนอแนะ	34
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	35
ภาคผนวก	36
ภาคผนวก ก ตัวอย่างข้อมูลผลการทดลองปั้มน้ำ EBARA ที่ความถี่ 50 Hz-90Hz	37
ภาคผนวก ข ข้อมูลเฉลี่ยผลการทดลองปั้มน้ำ EBARA ที่ความถี่ 50 Hz-90Hz	44
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	48

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความดันที่ปั้มน้ำหรือเครื่องสูบน้ำสร้างได้	5
2	เสดสถิติรวม	8
3	ทิศทางการไหลของ ของไหลเมื่อออกจากใบพัดของเครื่องสูบน้ำเซนตริฟูกอล	10
4	มิเตอร์น้ำ	17
5	เนมเพลทของปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2	18
6	ปั้มน้ำยี่ห้อ EBARA ประกอบกับ TEFC Motor 3 hp @ 2850 rpm	18
7	อินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ ABB ควบคุมมอเตอร์ไม่เกิน 3 แรงม้า	19
8	อุปกรณ์วัดความดันน้ำ (Pressure Gauge)	19
9	ถังเก็บน้ำขนาด 3000 ลิตร	20
10	หัวกระจายน้ำดับเพลิง	20
11	บอลวาล์ว	21
12	8 หัวกระจายน้ำดับเพลิงและ 8 บอลวาล์ว	21
13	Piping Line	22
14	Branch Line	22
15	Single Line Diagram	23
16	รูปแบบการบันทึกการทดลอง	24
17	กราฟเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะของปั้มน้ำที่ความถี่ 50 Hz กับสมรรถนะปั้มน้ำจากโรงงานผู้ผลิต	25
18	กราฟเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะของปั้มน้ำที่ความถี่ 60 Hz กับสมรรถนะปั้มน้ำตามทฤษฎี	26
19	กราฟเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะของปั้มน้ำที่ความถี่ 70 Hz กับสมรรถนะปั้มน้ำตามทฤษฎี	27
20	หัวกระจายน้ำดับเพลิงทั้ง 8 หัวทำงานที่ความถี่ 70 Hz	28
21	กราฟเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะของปั้มน้ำที่ความถี่ 80 Hz กับสมรรถนะปั้มน้ำตามทฤษฎี	29

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
22	หัวกระจายน้ำดับเพลิงทั้ง 8 หัวทำงานที่ความถี่ 80 Hz	29
23	ค่า Maximum Chun Pressure 85 psi ที่ปั้มน้ำทำงานที่ความถี่ 80 Hz	30
24	กราฟเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะของปั้มน้ำที่ความถี่ 90 Hz กับสมรรถนะปั้มน้ำตามทฤษฎี	31
25	ค่า Maximum Chun Pressure 95 psi ที่ปั้มน้ำทำงานที่ความถี่ 90 Hz	31
26	กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของปั้มน้ำที่แต่ละความถี่ 50, 60, 70, 80, และ 90 Hz	32
ภาพผนวกที่		
ก1	ตัวอย่างผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M40-125/2.2 ที่ความถี่ 50Hz	39
ก2	ตัวอย่างผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M40-125/2.2 ที่ความถี่ 60Hz	40
ก3	ตัวอย่างผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M40-125/2.2 ที่ความถี่ 70Hz	41
ก4	ตัวอย่างผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M40-125/2.2 ที่ความถี่ 80Hz	42
ก5	ตัวอย่างผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M40-125/2.2 ที่ความถี่ 90Hz	43
ข1	ค่าเฉลี่ยผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M40-125/2.2 ที่ความถี่ 50Hz	45
ข2	ค่าเฉลี่ยผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M40-125/2.2 ที่ความถี่ 60Hz	45
ข3	ค่าเฉลี่ยผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M40-125/2.2 ที่ความถี่ 70Hz	46
ข4	ค่าเฉลี่ยผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M40-125/2.2 ที่ความถี่ 80Hz	46
ข5	ค่าเฉลี่ยผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M40-125/2.2 ที่ความถี่ 90Hz	47

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

หน่วยอังกฤษ (U.S. unit)

ft (foot)	=	หน่วยของความยาว
ft ² (square foot)	=	หน่วยของพื้นที่
ft ³ (cubic foot)	=	หน่วยของปริมาตร
ft/s (foot per second)	=	หน่วยของความเร็ว
ft/s ² (foot per square second)	=	หน่วยของความเร่ง
ft ³ /s (cubic foot per second)	=	หน่วยของอัตราไหล
gpm (gallon per minute)	=	หน่วยของอัตราไหล
HP (horsepower)	=	หน่วยของกำลัง
Hz (hertz)	=	หน่วยของความถี่
lb (pound)	=	หน่วยของน้ำหนัก
lb/ft ³ (pound per cubic foot)	=	หน่วยของความหนาแน่น
psi (pound per square inch)	=	หน่วยของความดัน
rpm (round per minute)	=	หน่วยของความเร็รรอบ

หน่วยเมตริก (Metric unit)

bar	=	หน่วยของความดัน
kg (kilogram)	=	หน่วยของน้ำหนัก
kg/m ³ (kilogram per cubic meter)	=	หน่วยของความหนาแน่น
L/min (liter per minute)	=	หน่วยของอัตราไหล
m (meter)	=	หน่วยของความยาว
m ² (square meter)	=	หน่วยของพื้นที่
m ³ (cubic meter)	=	หน่วยของปริมาตร
m/s (meter per second)	=	หน่วยของความเร็ว
m/s ² (meter per square second)	=	หน่วยของความเร่ง
m ³ /s (round per minute)	=	หน่วยของความเร็รรอบ

การเพิ่มสมรรถนะของปั้มน้ำด้วยอินเวอร์เตอร์เพื่อใช้ในระบบป้องกัน อัคคีภัย

Improvement of a Water Pump Performance with an Inverter for Using in Fire Protection System

คำนำ

เหตุเพลิงไหม้เป็นภัยที่อันตรายซึ่งก่อให้เกิดความเสียหาย ต่อชีวิต ทรัพย์สิน สิ่งแวดล้อม ชื่อเสียงและความมั่นคง ปัจจุบันเหตุเพลิงไหม้ยังเป็นเหตุการณ์ที่ยากต่อการคาดการณ์ล่วงหน้า แต่สามารถหาวิธีการป้องกันเพื่อหยุดอันตรายจากอัคคีภัยได้

ประเทศไทยมีอาคารบ้านพักอาศัย สถานบันเทิง เช่น ผับขนาดเล็กเป็นจำนวนมาก ซึ่งสถานบันเทิงเหล่านั้นมีพื้นที่ใช้สอยไม่มากนัก โดยมีพื้นที่ใกล้เคียงกับบ้านพักอาศัย แต่มีผู้ใช้บริการจำนวนมาก ซึ่งปัจจุบันนี้ ยังไม่มีระบบป้องกันอัคคีภัยที่ได้ตามมาตรฐาน สำหรับสถานบันเทิงเหล่านั้น

เพื่อสร้างระบบป้องกันอัคคีภัยในบ้านพักอาศัยและสถานบันเทิงที่มีขนาดใกล้เคียงกับบ้านพักอาศัย จึงมีการวิจัย โดยใช้ปั้มน้ำสำหรับบ้านพักอาศัยซึ่งมีระบบอินเวอร์เตอร์ มาประยุกต์เป็นเครื่องสูบน้ำดับเพลิง และติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ในบ้านพักอาศัยและสถานบันเทิงตามมาตรฐาน NFPA 13D, NFPA 13R เพื่อสร้างความปลอดภัยจากอันตรายอันเกิดจากอัคคีภัย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมรรถนะของปั้มน้ำ ที่เหมาะสมในการจ่ายน้ำให้ระบบป้องกันอัคคีภัยเมื่อเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ โดยเพิ่มอินเวอร์เตอร์
2. เพื่อพัฒนาระบบป้องกันอัคคีภัยภายในอาคารบ้านพักอาศัยและสถานที่บนเชิงที่มีขนาดพื้นที่ใกล้เคียงกับบ้านพักอาศัย โดยประยุกต์การใช้งานอินเวอร์เตอร์ กับเครื่องสูบน้ำ ให้เป็นเครื่องสูบน้ำดับเพลิง และสามารถรองรับการทำงานของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

การตรวจเอกสาร

การพัฒนาเครื่องสูบน้ำเซนตริฟูกอลที่ใช้ตามบ้านพักอาศัย โดยการปรับความถี่และการหมุนความเร็วรอบของใบพัด เพื่อให้เครื่องสูบน้ำปรับอัตราไหลและความดันสูงขึ้นอย่างอัตโนมัติ โดยให้สูงขึ้นเพียงพอสำหรับเป็นเครื่องสูบน้ำดับเพลิง ในการจ่ายน้ำให้แก่หัวกระจายน้ำดับเพลิง เมื่อเกิดเหตุการณ์อัคคีภัยในบ้านพักอาศัย สอดคล้องกับการวิจัยของ นายบรรลือ รดาการ, 2552 ได้ทำวิจัยเรื่อง การเพิ่มสมรรถนะเครื่องสูบน้ำสำหรับบ้านพักอาศัยเพื่อรองรับการดับเพลิง โดยทดสอบสมรรถนะของเครื่องสูบน้ำที่ใช้ตามบ้านพักอาศัยทั่วไปขนาด 300 วัตต์ แล้วนำไปวิเคราะห์และเปรียบเทียบกับมาตรฐาน NFPA 13R แล้วจำลองความเร็วรอบของมอเตอร์ที่เพิ่มขึ้น โดยใช้สมการจากทฤษฎีความสัมพันธ์ของเครื่องสูบน้ำประเภทเซนตริฟูกอล จากเดิมความเร็วรอบที่ 1450 RPM ที่ความถี่ 50 Hz จำลองเพิ่มความเร็วรอบเป็น 1950 RPM ที่ความถี่ 65 Hz และ ความเร็วรอบ 2450 RPM ที่ความถี่ 82 Hz จนผ่านเกณฑ์มาตรฐาน NFPA 13R โดยผลวิจัยที่ได้ คือ รอบการหมุนของใบพัดและความถี่ ของเครื่องสูบน้ำ ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการดับเพลิงต่อหนึ่งหัวกระจายน้ำดับเพลิง คือ 2111 rpm ในช่วงความถี่ 71 Hz โดยมีอัตราไหลเกิน 49 L/M ที่ความดัน 14.8 PSI , และ รอบการหมุนของใบพัด และความถี่ ของเครื่องสูบน้ำ ที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในการดับเพลิงต่อสองหัวกระจายน้ำดับเพลิง คือ 3553 rpm ในช่วงความถี่ 119 Hz ขึ้นไป

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. คุณสมบัติของ ของไหล

ความหนาแน่น (Density, ρ)

ความหนาแน่น คืออัตราส่วนของมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

โดยที่ ρ = ความหนาแน่น (ft^3/lb)

m = มวล (lb)

V = ปริมาตร (ft^3)

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)

ความถ่วงจำเพาะ คืออัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของวัตถุต่อความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิมาตรฐาน โดยปกติใช้ 4 องศาเซลเซียส หรือ 39.2 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 1.0

ความหนืด (Viscosity, μ)

ความหนืด เป็นคุณสมบัติของของไหลที่เกิดความต้านทานต่อการไหล ความหนืดของของไหลจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ความดันไอ (Vapor Pressure)

ความดันไอเป็นความดันที่เกิดจากโมเลกุลในรูปไออึดตัว เหนือผิวหน้าของของเหลวที่อุณหภูมิที่กำหนดให้ เมื่อความดันไอของของเหลวเท่ากับความกดดันของบรรยากาศหรือความกดดันที่อยู่รอบๆของเหลว นั้นก็จะเดือด ความดันไอที่อุณหภูมิหนึ่งก็คือความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure) ซึ่งจะทำให้ของเหลวเดือดที่อุณหภูมินั้น ส่วนความดัน (Pressure) เป็นพลังงานที่ใช้ในการขับเพื่อส่งของเหลว

อัตราไหล (Q)

อัตราไหล เป็น ปริมาณของไหลที่ไหลผ่านจุดใดจุดหนึ่งในระบบ ณ เวลาที่กำหนด หากความหนาแน่นของของไหลคงที่ จะหาอัตราไหลได้จากสมการ

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (2)$$

โดย Q = อัตราไหล (gpm, ft³/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ (ft²)

V = ความเร็วของของไหล (fps)

เมื่อของเหลวที่อัดตัวไม่ได้ เช่น น้ำที่อยู่สูงในระดับหนึ่ง แรงโน้มถ่วงจะส่งผลให้ของเหลวนั้นมีพลังงานศักย์มากขึ้นกับค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลว นั้น พลังงานศักย์นี้เป็นพลังงานที่สามารถใช้งานได้ ยิ่งของเหลวถูกยกสูงขึ้นเท่าใดก็จะมีพลังงานศักย์มากขึ้นตาม

ไปด้วย ความดันที่ได้จากการยกกระดบน้ำ คือ ความดันศักย์ ยิ่งระดับน้ำอยู่สูงเท่าใด ความดันก็จะเพิ่มมากขึ้น ณ จุดปล่อยข้างล่าง

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันและความสูง

$$P = 0.433 h \quad (3)$$

โดย P = ความดัน (psi)

h = ความสูงของน้ำเหนือจุดที่คำนวณ (ft)

ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure) คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของบรรยากาศต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่บนผิวโลก โดยทั่วไปความดันบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเลจะอยู่ที่ 14.7psi หรือ 1 bar

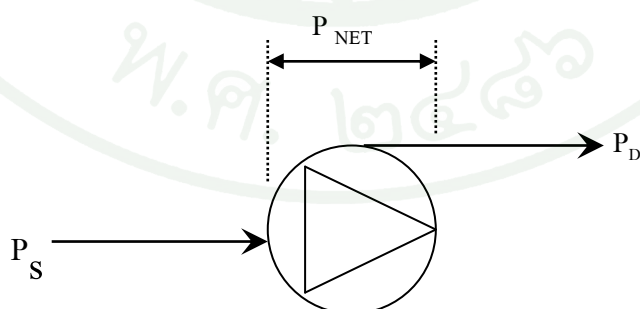
ความดันเกจ (Gauge Pressure) คือ ความดันที่อ่านค่าได้จากเกจความดัน

ความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure) คือผลบวกของความดันบรรยากาศและความดันเกจ

ความดันส่ง (Discharge Gauge) คือความดันที่อ่านได้จากเกจ ทางท่อส่ง

ความดันทางดูด คือความดันที่อ่านได้จากเกจ ทางท่อดูด ก่อนเข้าปั้มน้ำ

ความดันสุทธิ คือความดันที่ปั้มน้ำสร้างได้



ภาพที่ 1 ความดันที่ปั้มน้ำหรือเครื่องสูบน้ำสร้างได้

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันสุทธิ, ความดันส่ง และความดันทางดูด สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P_{NET} = P_D - P_S \quad (4)$$

โดย P_{NET} = ความดันสุทธิที่ปั๊มน้ำสร้างได้ (psi)

P_D = ความดันส่ง (psi)

P_S = ความดันทางดูด (psi)

พลังงานสูญเสียเนื่องจากความฝืด (Friction Head Loss)

ความดันหรือพลังงานที่สูญเสียเนื่องจากความฝืด ในเส้นท่อดังกล่าว สามารถคำนวณได้จากสูตรของ Darcy-Weisbach

$$h_f = f \frac{LV^2}{2Dg} \quad (5)$$

โดย h_f = ความดันสูญเสียเนื่องจากความฝืด (ft)

f = สัมประสิทธิ์ของความฝืด

L = ความยาวท่อ (ft)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (ft)

V = ความเร็วของการไหลในท่อ (ft/s)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (ft/s^2)

ในทางปฏิบัติจริง นิยมหาค่าสัมประสิทธิ์ของความฝืด จาก Moody Diagram

สูตรของ Hazen-Williams เป็นอีกสูตร ที่สามารถใช้คำนวณหาความดันสูญเสียเนื่องจากความฝืดได้ โดยใช้กับของเหลวที่เป็นน้ำเท่านั้น

$$F_L = \frac{4.52Q^{1.85}}{C^{1.85}d^{4.87}} \quad (6)$$

โดย F_L = ความดันสูญเสียเนื่องจากความฝืด (psi)
 Q = อัตราการไหล (gpm)
 C = ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ความเรียบของผนังภายในท่อ
 d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (inch)

เสดความดัน (Pressure Head, H)

เสดความดัน เป็นความดันซึ่งบอกเป็นแท่งความสูงของของเหลวที่ก่อให้เกิดความดันที่
กำหนดบนผิวหน้าซึ่งรองรับแท่งของเหลว

$$H = \frac{P}{\nu} = \frac{P}{\rho g} \quad (7)$$

เมื่อ P = ความดัน (psi, ft, m, bar)
 H = เสดความดัน (psi, ft, m)
 ν = น้ำหนักจำเพาะ (N/m^3)
 ρ = ความหนาแน่นของของเหลว (ft^3/lb)
 g = ความเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (m^2/s)

เสดความเร็ว (Velocity Head, H_v)

ของไหลที่ไหลในท่อหรือทางน้ำ เปิดด้วยความเร็วใดๆนั้น มีพลังงานจลน์อยู่ พลังงาน
ส่วนนี้เมื่อบอกในรูปของเสด จะได้ตามสมการดังนี้

$$H_v = \frac{V^2}{2g} \quad (8)$$

โดย V = ความเร็วของการไหล

เฮดสถิตย (Static Head)

เฮดสถิตยเป็นความดันที่คิดเป็นแท่งความสูงของของเหลวที่กระทำต่อศูนย์กลางปั้มน้ำทั้งทางด้านดูดและด้านจ่ายในขณะที่ความเร็วของการไหลผ่านระบบเป็นศูนย์

เฮดสถิตยด้านจ่าย (Static Discharge Head)

เฮดสถิตยด้านจ่าย เป็นความดันที่ระยะแนวตั้งที่บอกเป็นแท่งความสูงของของเหลว จากศูนย์กลางปั้มน้ำถึงปลายของท่อจ่าย

เฮดสถิตยด้านดูด (Static Suction Head)

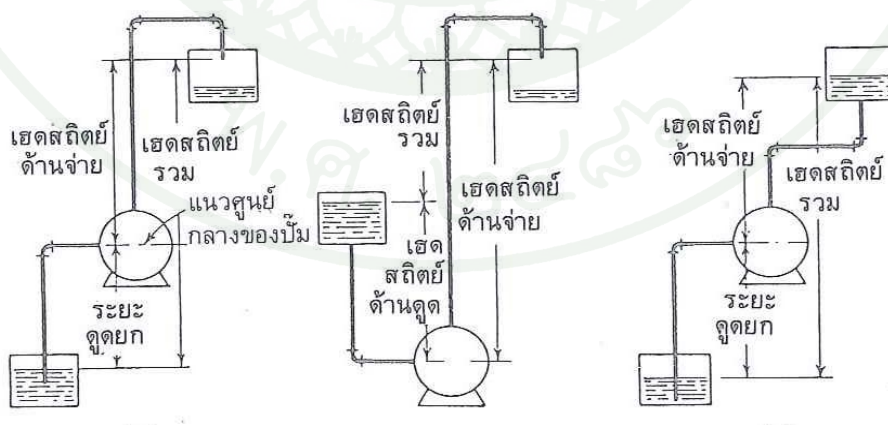
เฮดสถิตยด้านดูด เป็นความดันที่ระยะจากศูนย์กลางเครื่องสูบน้ำถึงระดับผิวของของเหลวที่ปลายท่อดูด

ระยะดูดยก (Static Suction Lift)

ระยะดูดยก เป็นความดันที่ระยะจากศูนย์กลางปั้มน้ำถึงระดับผิวของของเหลวที่อยู่ต่ำกว่าเครื่องสูบน้ำ ความดันจะเป็นลบ

เฮดสถิตยรวม (Total Static Head)

เฮดสถิตยรวม เป็นผลต่างทางพีชคณิตของเฮดสถิตยด้านจ่ายกับเฮดสถิตยด้านดูด



ภาพที่ 2 เฮดสถิตยรวม

ที่มา: วิทยุ (2529)

เสดความฝืด (Friction Head, H_f)

เสดความฝืดเป็นพลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากความฝืดระหว่างของเหลวกับผนังของท่อ และส่วนประกอบต่างๆ

เสดรวมของปั้มน้ำ (Total Dynamic Head, TDH)

เสดรวมของปั้มน้ำ = เสดสถิตย + เสดความฝืดรวม

2. ลักษณะและการทำงานของปั้มน้ำ

เครื่องสูบน้ำหรือปั้ม เป็นเครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวนั้นไหลผ่านระบบท่อปิดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ตามทิศทางที่ต้องการ เครื่องสูบน้ำสามารถจำแนกประเภทโดยพิจารณาหลักการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ (Volk, 1996) ได้แก่

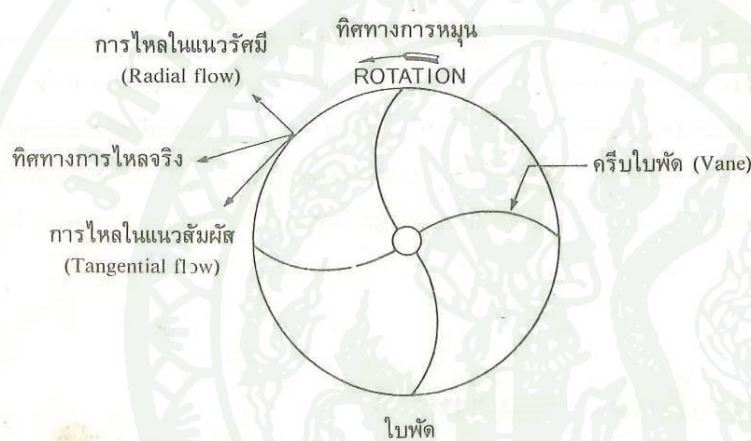
2.1 Positive Displacement Pump

ปั้มน้ำชนิดบีบอัด และส่งของไหลที่ละก้อน เป็นปั้มน้ำชนิดแทนที่ของเหลวในห้องสูบด้วยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องสูบ ทำงานโดยหลักการเพิ่มพลังงานให้ของเหลวเป็นระยะๆ โดยให้ชิ้นส่วนเคลื่อนที่ อัดหรือดันของเหลวภายในปริมาตรปิดให้มีความดันสูงขึ้น พอที่จะไหลผ่านช่องออกไปสู่ท่อได้โดยตรง เช่น เครื่องสูบน้ำลูกสูบ (Reciprocating Pump), เครื่องสูบน้ำโรตารี (Rotary Pump)

2.2 Dynamic Pump

ปั้มน้ำชนิดไดนามิกทำงานโดยอาศัยหลักการเพิ่มพลังงานให้กับของเหลวอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความเร็วแก่ของเหลวก่อน หลังจากนั้นจะลดความเร็วของ ของเหลวลงเพื่อเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานศักย์ เมื่อความเร็วของของเหลวที่ปากท่อทางส่งลดลง จะทำให้ของเหลวมีความดันเพิ่มมากขึ้น เครื่องสูบน้ำชนิดไดนามิกที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ แบบเซนตริฟูกอล

ปั๊มน้ำหรือเครื่องสูบน้ำแบบเซนตริฟูกอลทำงานโดยอาศัยการหมุนของใบพัดหรือที่เรียกว่าอิมเพลเลอร์ (Impeller) ที่ได้รับการถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ต้นกำลังหรือมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อใบพัดหมุนพลังงานจากเครื่องยนต์ก็จะถูกถ่ายทอดโดยการผลักดันของครีบบใบพัด (Vane) ต่อของเหลวที่อยู่รอบๆทำให้เกิดการไหลในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวง (Tangential Flow) เมื่อมีการไหลลักษณะดังกล่าว ก็จะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force) ซึ่งจะทำให้เกิดการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทาง (Radial Flow) ดังนั้นของเหลวที่ถูกใบพัดผลักดันออกไป ก็จะมีทิศทางการไหลที่เป็นผลรวมของแนวทั้งสอง



ภาพที่ 3 ทิศทางการไหลของ ของเหลวเมื่อออกจากใบพัดของเครื่องสูบน้ำเซนตริฟูกอล

ที่มา: วิบูลย์ (2529)

หลักการชลศาสตร์ เมื่อของเหลวถูกหมุนให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง ความกดดันของของเหลวจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของใบพัดมากขึ้น เมื่อความเร็วของใบพัดซึ่งหมุนอยู่ในสถานะปิดมากพอ ความกดดันที่จุดศูนย์กลางก็จะต่ำกว่าความกดดันของบรรยากาศ จึงกล่าวได้ว่า เครื่องสูบน้ำแบบอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่แท้จริง จะมีทางให้ของเหลวไหลเข้าหรือที่เรียกว่าทางดูด (Suction Opening) อยู่ที่ศูนย์กลางใบพัด ของเหลวที่ถูกดูดเข้าทางศูนย์กลาง เมื่อถูกผลักดันออกไปด้วยแรงผลักดันของครีบบใบพัดและแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ก็จะไหลออกมาตามแนวเส้นรอบวง ดังนั้นใบพัดจึงจำเป็นต้องอยู่ในตัวเรือนของเครื่องสูบน้ำ (Casing) เพื่อทำหน้าที่รวบรวมผนังของเหลวเหล่านี้ไปสู่ทางจ่าย (Discharge Opening) เพื่อต่อเข้ากับท่อส่งหรือระบบใช้งานต่อไป ในการรวบรวมของเหลวที่ถูกผลักดันออกมานี้ จำเป็นจะต้องเริ่มต้นที่จุดใดจุด

หนึ่งบนเส้นรอบวงของใบพัด ดังนั้นจะมีจุดหนึ่งซึ่งผนังภายในของเรือนเครื่องสูบน้ำเข้ามาชิดกับขอบของใบพัดมาก จุดดังกล่าวเรียกว่า ลิ้นของเรือนเครื่องสูบน้ำ (Tongue of the casing) จากลิ้นของตัวเรือนเครื่องสูบน้ำไปตามทิศทางการหมุนใบพัด จะมีของเหลวไหลออกมาเพิ่มขึ้นตามความยาวของเส้นรอบวงของใบพัดที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นช่องว่างซึ่งเป็นทางเดินของของเหลวระหว่างผนังของเรือนเครื่องสูบน้ำกับใบพัดก็ต้องเพิ่มขนาดขึ้นด้วย โดยอัตราการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดจะคงที่เพื่อให้ความเร็วของการไหลสม่ำเสมอซึ่งจะเป็นผลให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยลง ความเร็วของการไหลจะลดลงเนื่องจากพลังงานบางส่วนถูกเปลี่ยนมาเป็นพลังงานศักย์ (Potential Energy) ในรูปของความดัน (Pressure Head) แทน

โดยทั่วไปแล้วเครื่องสูบน้ำที่ใช้ตามบ้านพักอาศัย จะเป็นแบบ เทอร์ไบน์ (Turbine Type) ซึ่งเป็นเครื่องสูบน้ำประเภทเซนตริฟูกอล ลักษณะของเครื่องสูบน้ำแบบเทอร์ไบน์ มีลักษณะพิเศษที่ใบพัดจะเป็นแผ่นแบนกลมมีความหนา ครีบบางของใบพัดเกิดจากการเซาร่องบนขอบของแผ่นใบพัด ทำให้เกิดเป็นแผ่นครีบบางๆ และสั้นในแนวรัศมี (Radial Direction) ขณะที่ของเหลวไหลเข้ามาจากทางดูดสู่ช่องว่างระหว่างครีบบางของใบพัดมันจะถูกเหวี่ยงออกด้วยแรงหนีศูนย์กลาง แต่เนื่องจากผนังของเรือนเครื่องสูบน้ำปิดกั้นอยู่ ของเหลวดังกล่าวก็จะไหลย้อนกลับเข้ามาสู่ช่องว่างระหว่างใบพัดและถูกเหวี่ยงออกไปอีก ขบวนการดังกล่าวจะซ้ำกันอยู่อย่างนี้จนกว่าถึงช่องทางจ่าย (Discharge Opening) พลังงานที่ของเหลวได้รับนั้น จะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่ของเหลววิ่งเข้ามาสู่ช่องว่างระหว่างครีบบางของใบพัดและถูกเหวี่ยงออกไปซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2 ถึง 50 ครั้ง ถ้าจำนวนครั้งมาก พลังงานศักย์ของ ของเหลวก็จะมากตามไปด้วย

ปั้มน้ำหรือเครื่องสูบน้ำที่ใช้ในระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติจะเป็นชนิดไดนามิกแบบเซนตริฟูกอล เพราะว่าเครื่องสูบน้ำชนิดนี้ สามารถจ่ายน้ำได้ ในอัตราไหลต่างกันได้ โดยมี ความดันใกล้เคียงกัน

Affinity Law เป็นความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสูบและเฮด ของการทำงานของเครื่องสูบน้ำแบบเซนตริฟูกอล ซึ่งสามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ลักษณะ (Volk, 1996)

ลักษณะที่ 1. เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดคงที่ แต่มีการเปลี่ยนแปลงรอบความเร็ว

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (9)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 \quad (10)$$

$$\frac{Bhp_1}{Bhp_2} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^3 \quad (11)$$

ลักษณะที่ 2. เมื่อรอบความเร็วมีค่าคงที่ แต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดเปลี่ยนไป

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad (12)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \quad (13)$$

$$\frac{Bhp_1}{Bhp_2} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^3 \quad (14)$$

สมการทั้งสองลักษณะนี้ ใช้ได้กับเครื่องสูบน้ำเซนตริฟูกอลประเภท Radial Flow เท่านั้น

โดยที่ Q = อัตราไหล (usgpm)

N = ความเร็วรอบ (rpm)

BHP= แรงม้าเพลลา (hp)

H = แรงดันสุทธิ (psi)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดรอบนอก (inch)

3. อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

อินเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์, ส่วนมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการ

แปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์กับความถี่จะอยู่ในรูปสมการ (กฤษดา, 2544) ดังนี้

$$N = \frac{120 \times f}{P} \quad (15)$$

โดย N = ความเร็วรอบ (rpm)
 f = ความถี่ (Hz)
 P = จำนวนขั้ว

4. มาตรฐานการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

ในวิทยานิพนธ์นี้ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงตามมาตรฐาน NFPA13R, NFPA13D ซึ่งเป็นมาตรฐานสากล Nation Fire Protection Association (2007)

NFPA 13D = Standard for the Installation of Sprinkler System in One- and Two – Family Dwellings and Manufactured Homes

NFPA 13 R = Standard for the Installation of Sprinkler System in Residential Occupancies up to and Including Four Stories in Height

4.1 ระบบท่อและข้อต่อ

ท่อและข้อต่อต่างๆที่ใช้ในระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงต้องสามารถทนความดันได้ไม่ต่ำกว่า 175 psi (12.1 bar) ในส่วนของวัสดุของท่อและข้อต่อที่ใช้ในการทดลองของวิทยานิพนธ์นี้ จะเป็นชนิด Nonmetal โดยวัสดุที่ใช้สำหรับท่อในระบบกระจายน้ำดับเพลิง แบบ Nonmetallic Piping มีวัสดุ 2 ชนิด (Schultz, 1996) คือ

Specification for Chlorinated Polyvinyl Chloride (CPVC) Pipe ตามมาตรฐาน ASTM F442

Specification for Polybutylene (PB) Pipe ตามมาตรฐาน ASTM D 3309

ส่วนวัสดุที่ใช้สำหรับข้อต่อในระบบกระจายน้ำดับเพลิง แบบ Nonmetallic Piping มีวัสดุ 3 ชนิด (Schultz, 1996) คือ

Specification for Schedule 80 CPVC Threaded Fittings ตามมาตรฐาน ASTM F 437

Specification for Schedule 40 CPVC Socket-Type Fittings ตามมาตรฐาน ASTM F 438

Specification for Schedule 80 CPVC Socket-Type Fittings ตามมาตรฐาน ASTM F 439

4.2 ระดับอุณหภูมิของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในที่พักอาศัยที่อยู่ในระดับ Ordinary-temperature Rating ซึ่งมีระดับอุณหภูมิ ตั้งแต่ 135 -170 °F หรือ 57 – 77 °C จะติดตั้งในที่ที่อุณหภูมิสูงสุดโดยรอบเพดานไม่เกิน 100°F หรือ 38°C

ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในที่พักอาศัยที่อยู่ในระดับ Intermediate-temperature Rating ซึ่งมีระดับอุณหภูมิ ตั้งแต่ 175 -225 °F หรือ 79 – 107 °C จะติดตั้งในที่ที่อุณหภูมิสูงสุดโดยรอบเพดานอยู่ระหว่าง 101-150 °F หรือ 36-66 °C

4.3 การออกแบบระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

ปริมาณการจ่ายน้ำของหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ จะต้องจ่ายน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 18 gpm (68 L/min) ในหนึ่งหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ทำงานเดี่ยว และต้องจ่ายน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 13 gpm (49 L/min) ต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ทำงานทั้งหมดในระบบ สำหรับความดันของหัวกระจายน้ำดับเพลิงจะต้องไม่ต่ำกว่า 7 psi หรือ 0.5 bar ตามมาตรฐาน NFPA 13D

จำนวนหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

จำนวนหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติภายในห้อง ห้องหนึ่งมีได้มากที่สุด 2 หัว

สำหรับมาตรฐาน NFPA 13 D และ มีได้มากที่สุด 4 หัว สำหรับมาตรฐาน NFPA 13 R ภายในห้องที่มีเพดานเป็นแบบราบเรียบ หากห้องใดต้องการมีหัวกระจายน้ำดับเพลิงมากกว่าที่กำหนด จะต้องมีการคำนวณเพื่อพิสูจน์การทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงให้ได้ตามเกณฑ์ข้อกำหนด หัวกระจายน้ำดับเพลิงและอุปกรณ์ข้อต่อต่างๆ ต้องทนความดันได้ไม่ต่ำกว่า 175 PSI ตามมาตรฐาน NFPA13R, NFPA 13D

ปริมาณน้ำที่ต้องการ

ปริมาณน้ำของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง ได้จากปริมาณการจ่ายน้ำคูณจำนวนหัวกระจายน้ำดับเพลิง, แหล่งน้ำที่จ่ายให้ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงต้องจ่ายน้ำได้ ไม่ต่ำกว่า 30 นาที ตามมาตรฐาน NFPA13R, ไม่ต่ำกว่า 10 นาทีต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิงในพื้นที่จำกัด, และไม่ต่ำกว่า 7 นาทีสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิง 2 หัว ในพื้นที่จำกัด ตามมาตรฐาน NFPA13D

พื้นที่ครอบคลุมของหัวกระจายน้ำดับเพลิง

พื้นที่ครอบคลุมของ 1 หัวกระจายน้ำดับเพลิงไม่เกิน 13.4 ตารางเมตร หรือ 144 ตาราง

ฟุต

ระยะไกลสุดระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง จะต้องไม่เกิน 12 ฟุต หรือ 3.7 เมตร

ระยะไกลสุดระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิงถึงผนังกำแพง ไม่เกิน 6 ฟุต หรือ 1.8

เมตร

ระยะทางสั้นสุดระหว่างหัวกระจายน้ำดับเพลิง จะต้องอยู่ภายในระยะ 8 ฟุต หรือ 2.4

เมตร

ตำแหน่งการติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง

หัวกระจายน้ำดับเพลิงจะต้องติดตั้งให้ช่วงกระจายน้ำ อยู่ภายใน 1-4 นิ้ว หรือ 102-152 มิลลิเมตร จากเพดาน

ขนาดของท่อ

ขนาดของท่อสำหรับหัวกระจายน้ำดับเพลิง จะได้จากการคำนวณ Hydraulic Calculation, ขนาดท่อที่ไม่ใช่เหล็ก ต้องไม่ต่ำกว่า 3 / 4 นิ้ว และขนาดท่อเหล็กต้องไม่ต่ำกว่า 1 นิ้ว

4.4 ระบบของหัวกระจายน้ำดับเพลิง

ระบบเปียก (Wet Pipe System) คือท่อที่มีน้ำและความดันอยู่ภายใน พร้อมที่จะใช้งานได้เมื่อเกิดไฟไหม้ ระบบนี้ควรใช้กับท่อที่ทุกส่วนของท่ออยู่ในพื้นที่ ที่ไม่สามารถทำให้น้ำภายในท่อแข็งตัว ซึ่งเหมาะกับพื้นที่ ที่มีภูมิอากาศ ร้อน

ระบบท่อแห้ง (Dry Pipe System) คือท่อที่ไม่มีน้ำและความดันอยู่ภายใน ระบบนี้จะโดนติดตั้งในพื้นที่ ที่สามารถทำให้น้ำภายในท่อแข็งตัวได้ ส่วนมากจะโดนติดตั้งในพื้นที่ ที่มีอากาศหนาว

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง
2. มิเตอร์น้ำ 1 ชุด
3. ปั๊มน้ำ (Water Pump) 1 เครื่อง
4. ชุดควบคุม (อินเวอร์เตอร์) 1 เครื่อง
5. อุปกรณ์วัดความดันน้ำด้านดูด 1 ตัว และด้านจ่าย 1 ตัว (Pressure Gauge)
6. ถังเก็บน้ำ 3000 ลิตร 1 ถัง
7. หัวกระจายน้ำดับเพลิง 8 หัว (Sprinkler)
8. ท่อน้ำ พีวีซี หนา 13.5 มม. ขนาด 2.5, 2, 1 นิ้ว
9. บอลวาล์ว ขนาด 1 นิ้ว



ภาพที่ 4 มิเตอร์น้ำ



ภาพที่ 5 เนมเพลทของปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2

อัตราไหล	12-42 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง (52.8-184 แกลลอนต่อนาที)
ความดัน	25.5-13 เมตร
กำลังขับเคลื่อน	2.2-2.8 กิโลวัตต์ (3-3.75 แรงม้า)
ระบบไฟ	380 โวลต์/3เฟส/ ความถี่ 50Hz



ภาพที่ 6 ปั้มน้ำหือ EBARA ประกอบกับ TEFC Motor 3 hp @ 2850 rpm



ภาพที่ 7 อินเวอร์เตอร์ ยี่ห้อ ABB ควบคุมมอเตอร์ไม่เกิน 3 แรงม้า



ภาพที่ 8 อุปกรณ์วัดความดันน้ำ (Pressure Gauge)



ภาพที่ 9 ถังเก็บน้ำขนาด 3000 ลิตร



ภาพที่ 10 หัวกระจายน้ำดับเพลิง



ภาพที่ 11 บอลวาล์ว



ภาพที่ 12 8 หัวกระจายน้ำดับเพลิงและ 8 บอลวาล์ว



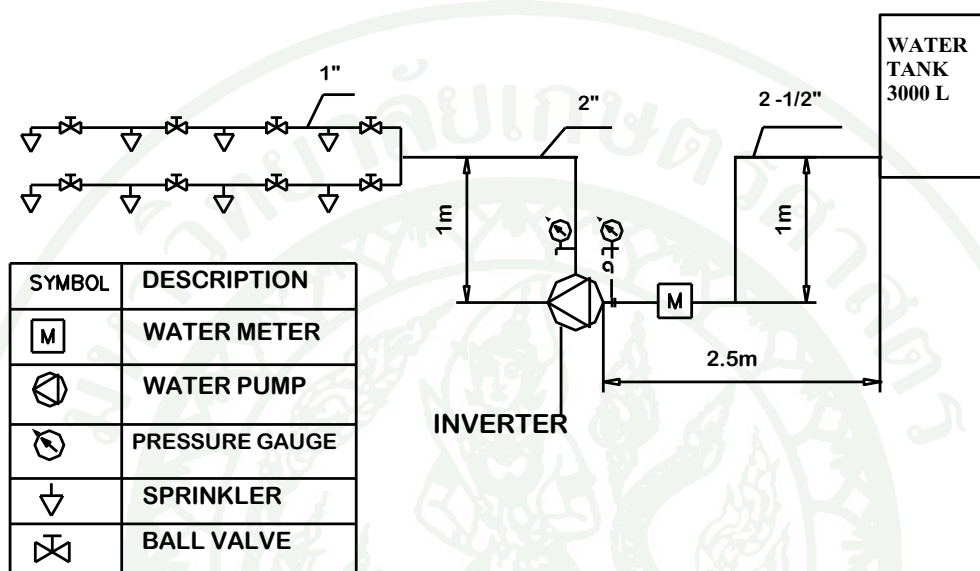
ภาพที่ 13 Piping Line



ภาพที่ 14 Branch Line

วิธีการ

1. ออกแบบระบบในการทดสอบ



ภาพที่ 15 Single Line Diagram

2. ทดสอบเพิ่มสมรรถนะของปั้มน้ำโดยการเปิดวาล์วน้ำให้น้ำไหลออกจากหัวกระจายน้ำดับเพลิง ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ปิดหัวกระจายน้ำดับเพลิงทุกหัว ให้อยู่ในสภาพไม่มีการไหล และเปิดระบบให้ปั้มน้ำทำงาน เป็นเวลา 30 วินาที จึงบันทึกค่าความดันที่ Pressure Gauge ทั้งด้านดูดและด้านจ่าย

ขั้นตอนที่ 2 เปิดระบบให้ปั้มน้ำทำงาน แล้วเปิดบอลวาล์วให้หัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ละหัวทำงาน โดยเริ่มจากเปิดหัวเดียวเป็นเวลา 30 วินาที แล้วบันทึกค่าความดันที่ Pressure Gauge ทั้งด้านดูดและด้านจ่าย และบันทึกปริมาณน้ำที่ไหลผ่านมิเตอร์น้ำ

ขั้นตอนที่ 3 เปิดระบบให้ปั้มน้ำทำงาน แล้วเปิดบอลวาล์วให้หัวกระจายน้ำดับเพลิง 2 หัวทำงาน จนครบช่วงเวลา 30 วินาที จะบันทึกค่าความดันที่ Pressure Gauge ทั้งด้านดูดและด้านจ่าย และบันทึกปริมาณน้ำที่ไหลผ่านมิเตอร์น้ำ ต่อจากนั้นจะเปิดหัวกระจายน้ำดับเพลิงเพิ่มอีกหนึ่งหัว

ไปจนกระทั่งครบ 8 หัว ในทุกๆช่วงเวลา 30 วินาที พร้อมทั้งบันทึกค่าความดันที่ Pressure Gauge ทั้งด้านดูดและด้านจ่าย และบันทึกปริมาณน้ำที่ไหลผ่านมิเตอร์น้ำ

ขั้นตอนที่ 4 ทดลองเหมือนตามขั้นตอนที่ 1-3 แต่เพิ่มความถี่ขึ้นครั้งละ 10 Hz จากความถี่เริ่มต้นที่ 50 Hz

ขั้นตอนที่ 5 ทดลองซ้ำๆ ตามขั้นตอนที่ 1-4 เป็นจำนวน 4 รอบ โดยทดลอง 2 รอบ ที่ความถี่ 90 Hz

3. เก็บรวบรวมข้อมูลในการทดลองเพิ่มสมรรถนะปั้มน้ำด้วยอินเวอร์เตอร์ โดยบันทึกค่าเวลา, ความดัน, ปริมาณน้ำ, ความถี่ ลงในแบบตารางบันทึกการทดลอง

Frequency _____ Hz

No. of Sprinkler	Net Pressure (psi)	Q (cu.m)	Δ Q (cu.m)	GPM	Remark
0					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

ภาพที่ 16 รูปแบบการบันทึกการทดลอง

4. นำข้อมูลที่บันทึกได้มาแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอัตราไหล

5. วิเคราะห์ข้อมูลในการทดลอง จากกราฟเพื่อเปรียบเทียบกับทฤษฎี Affinity Law เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดคงที่, และกราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของปั้มน้ำที่แต่ละความถี่ 50, 60, 70, 80, และ 90Hz

6. สรุปผลการทดลอง

ผลและวิจารณ์

ผล

เนื่องจากมิเตอร์น้ำ วัดปริมาณเป็นลูกบาศก์เมตร และได้จับเวลาในการทดลองเป็นช่วงเวลาระยะ 30 วินาที ดังนั้นหน่วยของอัตราไหล จะเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อ 30 วินาที เพื่อสอดคล้องกับหน่วยมาตรฐานของอัตราไหล จึงเปลี่ยนหน่วยเป็น แกลลอนต่อนาที (GPM) ดังนี้

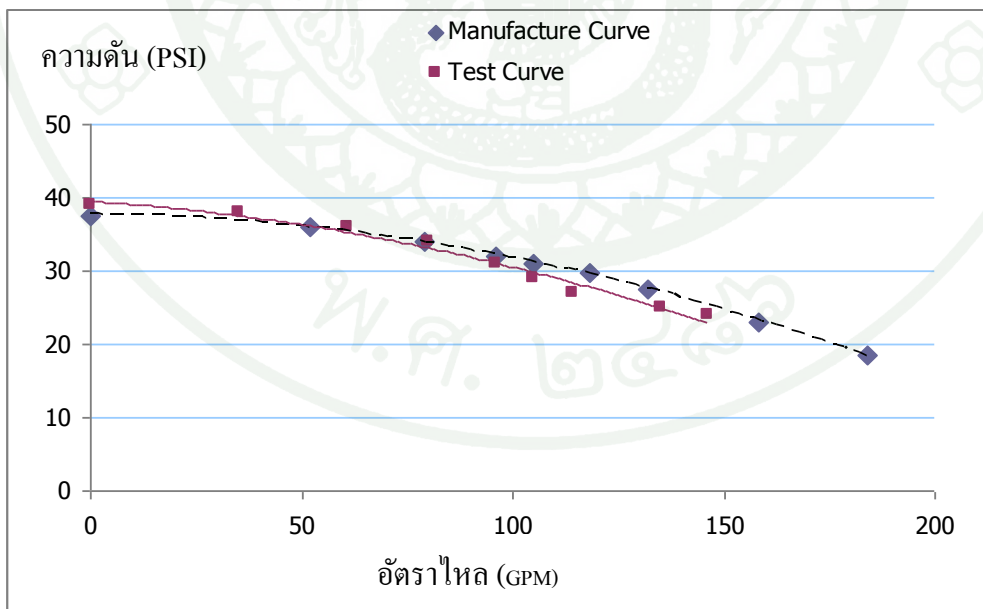
$$1 \text{ ลูกบาศก์เมตร} = 1000 \text{ ลิตร (L)}$$

$$1 \text{ แกลลอน (Gallon)} = 3.7852 \text{ ลิตร (L)}$$

1000 ลิตร	x แกลลอน	x 60 วินาที	= แกลลอนต่อนาที (GPM)
30 วินาที	3.7852 ลิตร	นาที	

(16)

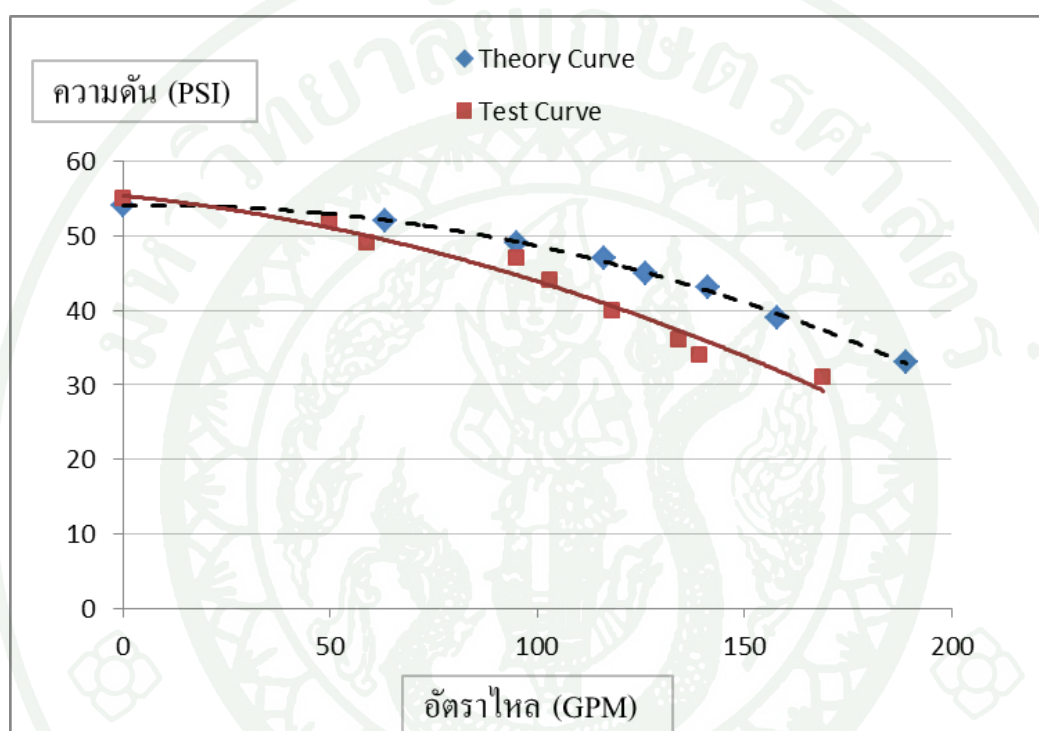
1. ผลการทดลองเพิ่มสมรรถนะปั้มน้ำที่ ความถี่ 50 Hz



ภาพที่ 17 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะของปั้มน้ำที่ความถี่ 50 Hz กับสมรรถนะปั้มน้ำจากโรงงานผู้ผลิต

2. ผลการทดลองเพิ่มสมรรถนะปั้มน้ำที่ ความถี่ 60 Hz

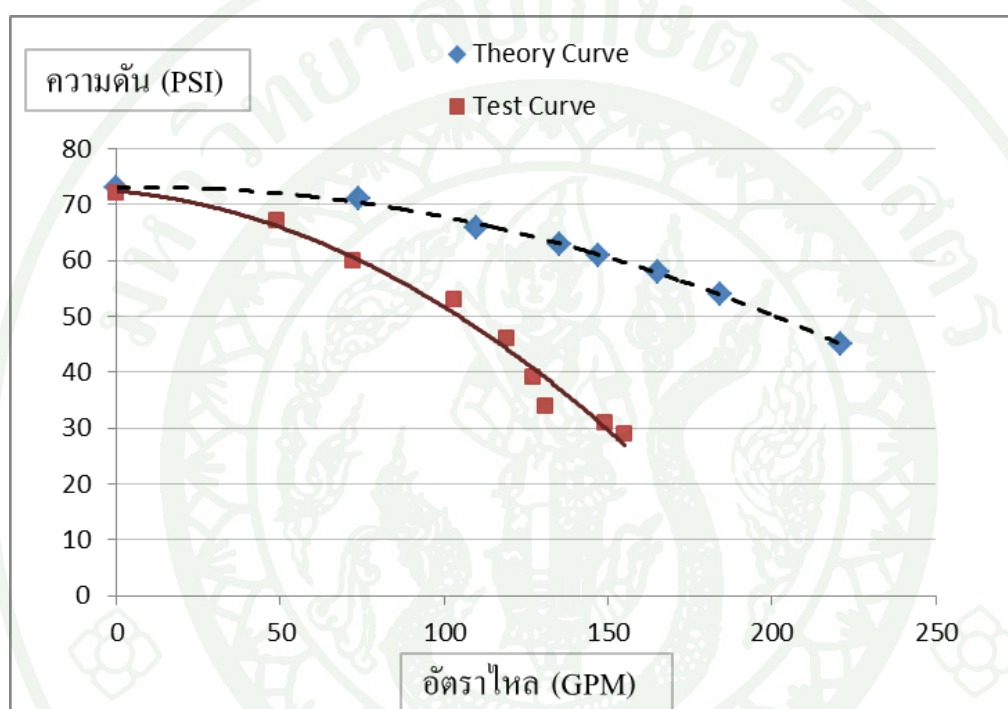
$$\text{ความเร็วรอบ} = \frac{120 \times 60\text{Hz}}{2 \text{ Pole}} = 3600 \text{ rpm}$$



ภาพที่ 18 กราฟเปรียบเทียบสมรรถนะของปั้มน้ำที่ความถี่ 60 Hz กับสมรรถนะปั้มน้ำตามทฤษฎี

3. ผลการทดลองเพิ่มสมรรถนะปั้มน้ำที่ ความถี่ 70 Hz

$$\text{ความเร็วรอบ} = \frac{120 \times 70 \text{ Hz}}{2 \text{ Pole}} = 4200 \text{ rpm}$$



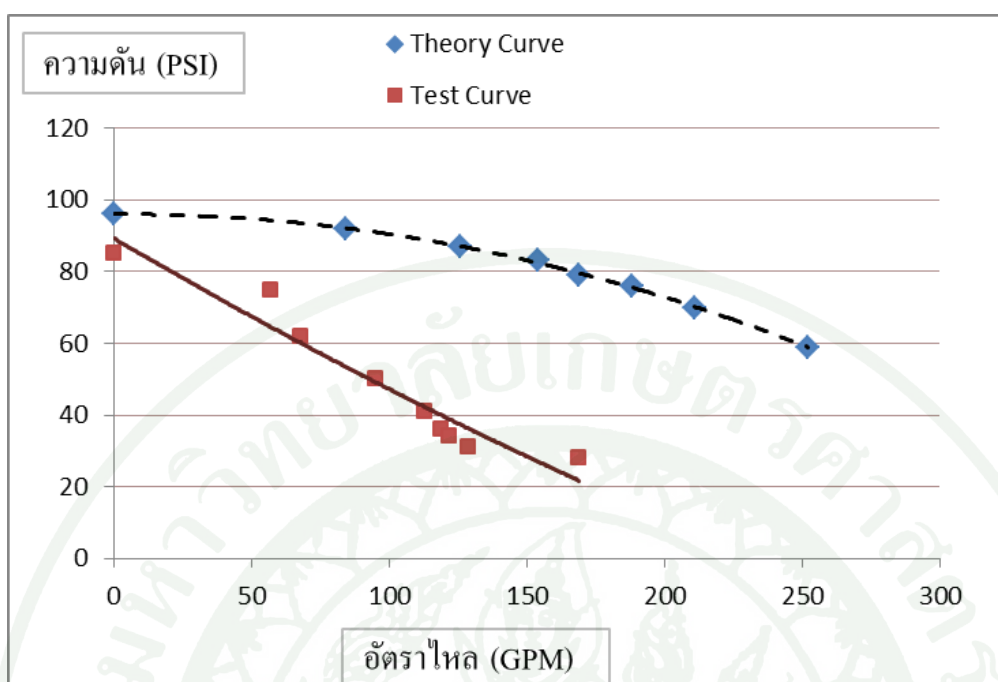
ภาพที่ 19 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะของปั้มน้ำที่ความถี่ 70 Hz กับสมรรถนะปั้มน้ำตามทฤษฎี



ภาพที่ 20 หัวกระจายน้ำดับเพลิงทั้ง 8 หัวทำงานที่ความถี่ 70 Hz

4. ผลการทดลองเพิ่มสมรรถนะปั้มน้ำที่ ความถี่ 80 Hz

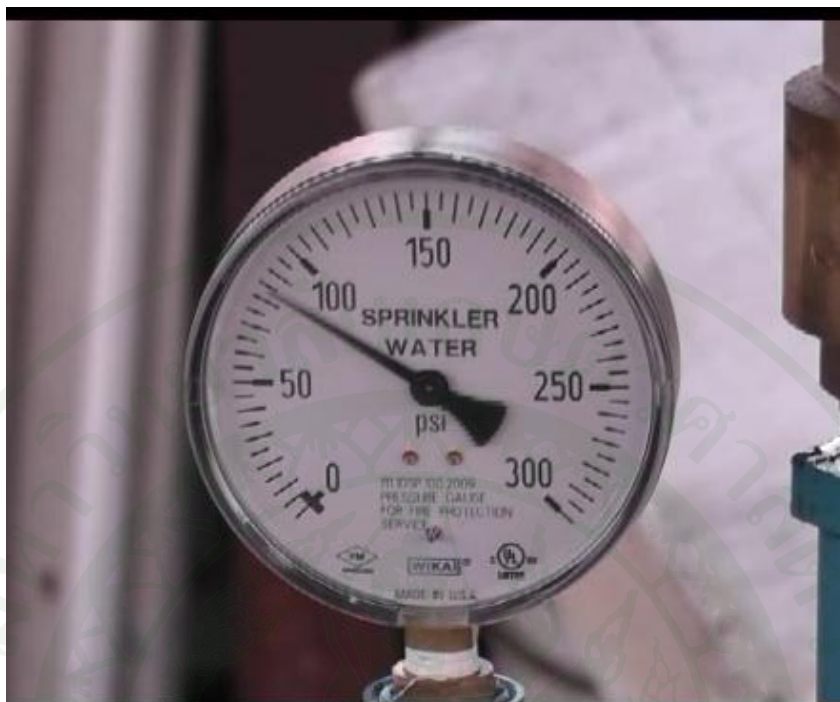
$$\text{ความเร็วรอบ} = \frac{120 \times 80 \text{ Hz}}{2 \text{ Pole}} = 4800 \text{ rpm}$$



ภาพที่ 21 กราฟเปรียบเทียบสมรรถนะของปั้มน้ำที่ความถี่ 80 Hz กับสมรรถนะปั้มน้ำตามทฤษฎี



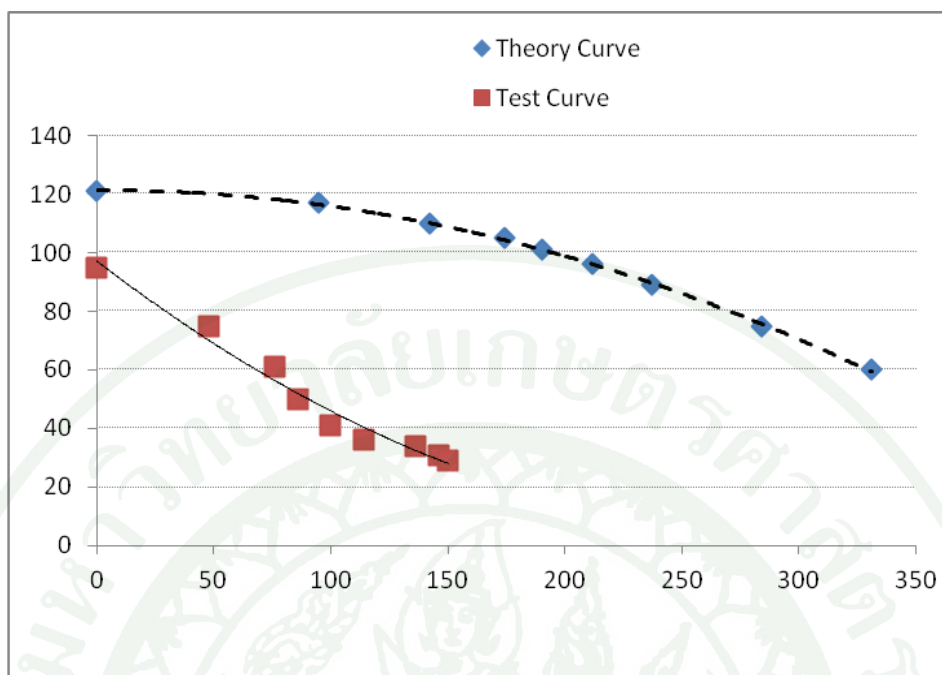
ภาพที่ 22 หัวกระจายน้ำดับเพลิงทั้ง 8 หัวทำงานที่ความถี่ 80 Hz



ภาพที่ 23 ค่า Maximum Chun Pressure 85 psi ที่ปั้มน้ำทำงานที่ความถี่ 80 Hz

5. ผลการทดลองเพิ่มสมรรถนะปั้มน้ำที่ ความถี่ 90 Hz

$$\text{ความเร็วรอบ} = \frac{120 \times 90 \text{ Hz}}{2 \text{ Pole}} = 5400 \text{ rpm}$$

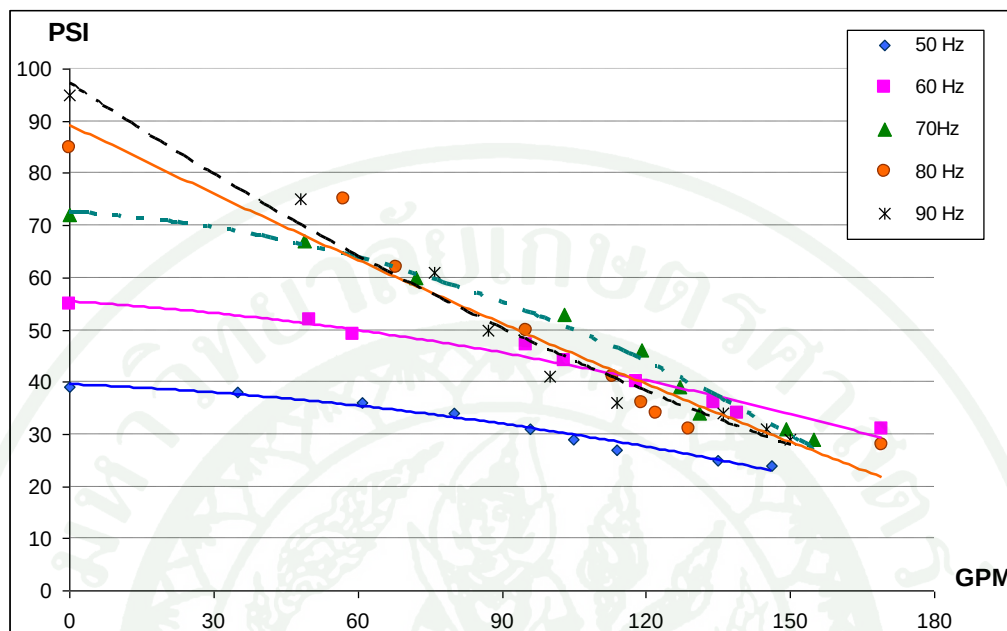


ภาพที่ 24 กราฟเปรียบเทียบระหว่างสมรรถนะของปั้มน้ำที่ความถี่ 90 Hz กับสมรรถนะปั้มน้ำตามทฤษฎี



ภาพที่ 25 ค่า Maximum Chun Pressure 95 psi ที่ปั้มน้ำทำงานที่ความถี่ 90 Hz

6. เปรียบเทียบผลทดลองเพิ่มสมรรถนะปั้มน้ำที่ ความถี่ 50, 60, 70, 80, และ 90Hz



ภาพที่ 26 กราฟเปรียบเทียบผลการทดสอบของปั้มน้ำที่แต่ละความถี่ 50, 60, 70, 80, และ 90Hz

วิจารณ์

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้ใช้ปั้มน้ำประกอบแบบ closed couple กับมอเตอร์ 3 แรงม้า เมื่อเพิ่มความถี่ให้กับมอเตอร์เพื่อเพิ่มสมรรถนะของปั้มน้ำให้มีอัตราไหลและความดันเพิ่มขึ้น ต้องคำนึงถึงขนาดแรงม้าของมอเตอร์ด้วย ดังนั้นการเพิ่มความถี่จึงต้องคำนวณขนาดแรงม้าของมอเตอร์ ให้เป็นตามทฤษฎี Affinity Law และควรใช้ ปั้มน้ำประกอบกับมอเตอร์ แบบ Flexible coupling เพื่อต่อการเปลี่ยนขนาดมอเตอร์ นอกจากนั้นการเพิ่มความถี่มากขึ้น อัตราไหลจะแปรผันตามความถี่ที่เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องขยายขนาดท่อทางด้านจ่ายให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น เพื่อรองรับอัตราไหลที่มากขึ้นด้วย

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ในการศึกษาการทดลองการเพิ่มสมรรถนะปั้มน้ำขนาด 3 แรงม้าด้วยอินเวอร์เตอร์ โดยการปรับรอบการหมุนของใบพัดปั้มน้ำให้สูงขึ้น ด้วยวิธีการเพิ่มความถี่ให้กับมอเตอร์ จากเดิมความเร็วรอบในการหมุนของใบพัดอยู่ที่ 2850 rpm ที่ 50 Hz ปรับเพิ่มเป็น 3600 rpm ที่ 60 Hz, 4200 rpm ที่ 70 Hz, 4800 rpm ที่ 80 Hz, และ 5400 rpm ที่ 90 Hz จากการวิเคราะห์ ได้นำข้อมูลการทดลองมาสร้างเป็นกราฟเพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกราฟการทดลองกับกราฟตามทฤษฎี Affinity Law และวิเคราะห์เปรียบเทียบกราฟการทดลองเพิ่มความถี่ที่ 50 Hz ถึง 90Hz จะเห็นว่าที่ความถี่ 50 Hz ถึง 60Hz กราฟการทดลองใกล้เคียงกับกราฟตามทฤษฎีฯ แต่กราฟทดลองที่ความถี่ 80 Hz และ 90 Hz มีความดันต่ำกว่ากราฟทฤษฎีฯ เนื่องจากกำลังที่ใช้ขับเคลื่อนปั้มน้ำมีกำลังไม่เพียงพอในการสร้างความดัน ในส่วนกราฟเปรียบเทียบที่ความถี่ช่วงต่างๆ ตามภาพที่ 25 จะเห็นได้ว่าเส้นกราฟที่ความถี่มากขึ้น เช่น 60Hz และ 70Hz เป็นไปตามลักษณะของเซนตริฟูกอลปั้ม โดยความดันสูงกว่าเส้นกราฟที่ความถี่ 50Hz ในด้านอัตราไหลมีการเพิ่มไม่มากนักเนื่องจากจำกัดทางออกของน้ำและหัวกระจายน้ำดับเพลิงมีจำนวนเท่าเดิม แต่ในส่วนเส้นกราฟที่ความถี่ 80Hz และ 90Hz เส้นกราฟทั้งสองเส้นเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างไปจากเส้นกราฟความถี่ 50, 60, 70 Hz เนื่องจาก กำลังแรงม้าที่ใช้ขับเคลื่อนปั้มน้ำไม่เพียงพอ, ทางออกของน้ำหรือหัวกระจายน้ำดับเพลิงมีจำนวนน้อย, และท่อทางออกมีขนาดเล็กเกินไปไม่สามารถรองรับอัตราไหลที่เพิ่มขึ้นเมื่อความถี่ 80Hz และ 90Hz จากข้อจำกัดดังกล่าวส่งผลให้เส้นกราฟทั้งสองเส้น มีลักษณะเปลี่ยนไปเป็นเหมือนลักษณะของ ปั้มน้ำชนิดบีบอัด

ในส่วนอัตราไหลและความดันในการทดลองเพิ่มสมรรถนะปั้มน้ำ เมื่อเปิดหัวกระจายน้ำดับเพลิงทั้ง 8 หัว มีอัตราไหล 169 gpm, 31 psi ที่ความถี่ 60Hz มากกว่าอัตราไหล 146 gpm, 24 psi ที่ความถี่ 50 Hz และมากกว่าอัตราไหล 13 gpmต่อหัวกระจายน้ำดับเพลิง (104gpmต่อ 8 หัวกระจายน้ำดับเพลิง), และ 7 psi ตาม NFPA 13R, NFPA 13D

ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยการเพิ่มสมรรถนะปั้มน้ำด้วยอินเวอร์เตอร์ เพื่อเพิ่มอัตราไหลและความดัน โดยการเพิ่มความถี่ ให้มอเตอร์มีความเร็วรอบการหมุนใบพัดของปั้มน้ำมากขึ้น

จากการทดลองสามารถสร้างอัตราไหลและความดันได้มากขึ้น เมื่อเพิ่มความถี่ที่สูงกว่าความถี่ปกติ 50 Hz การทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับปั้มน้ำสำหรับบ้านพักอาศัยได้ โดยการเลือกปั้มน้ำและขนาดมอเตอร์ ที่ใช้ต้องคำนึงถึงอัตราไหล, ความดัน และขนาดแรงม้าของมอเตอร์ ที่ความถี่ปกติ 50 Hz และเมื่อเพิ่มความถี่มากกว่า 50 Hz ต้องสามารถรองรับอัตราไหล, ความดัน และขนาดแรงม้าของมอเตอร์ ที่เพิ่มขึ้นได้ด้วย นอกจากนี้ ยังต้องคำนึงถึงขนาดท่อทางออกของปั้มน้ำ ต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอรองรับอัตราไหลที่เพิ่มขึ้น เมื่อความถี่เพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษฎา วิสวธีรานนท์. 2544. **INVERTER** หลักการทำงานและเทคนิคการใช้งาน. พิมพ์ครั้งที่ 6.
โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วิบูลย์ บุญขจรโรกุล. 2529. **ปั๊มและระบบสูบน้ำ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Nation Fire Protection Association. 2007a. **NFPA 13D Standard for the Installation of Sprinkler System in One- and Two Family Dwelling and Manufacture Homes 2007 Edition.**

Nation Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

Nation Fire Protection Association. 2007b. **NFPA 13R Standard for the Installation of Sprinkler System in Residential Occupancies up to and Including Four Stories in Height 2007 Edition.** Nation Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.

Schultz, G.R. 1996. **Automatic Sprinkler Systems Seminar Workbook.** Gage Babcock & Associates, The United State of America.

Volk, M.W. 1996. **Pump Characteristic and Applications.** Marcel Dekker, Inc. The United State of America.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก

ตัวอย่างข้อมูลผลการทดลองปั้มน้ำ EBARA ที่ความถี่ 50 Hz-90Hz

ตารางข้อมูลการทดสอบเพิ่มสมรรถนะปั้มน้ำด้วยอินเวอร์เตอร์ ทำการทดสอบให้ปั้มน้ำทำงาน โดยปิดบอลวาล์วทุกตัว ให้อยู่ในสภาพไม่มีการไหล และค่อยๆเปิดบอลวาล์วทีละบอลวาล์วจาก 1 วาล์ว จนครบทั้ง 8 วาล์ว เพื่อให้หัวกระจายน้ำดับเพลิงทำงานจาก 1 หัวจนกระทั่งครบ 8 หัว และเพิ่มความถี่จาก 50 Hz เพิ่มขึ้นครั้งละ 10 Hz แล้วทำการเก็บข้อมูล ความดัน, และปริมาณน้ำ ทุกๆช่วงเวลา ช่วงเวลาละ 30 วินาที จากการทดลองพบว่า ค่าความดันด้านดูดไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งได้ความดันที่ 0 psi



Frequency 50 Hz

No. of Sprinkler	Net Pressure (psi)	Q (cu.m)	ΔQ (cu.m)	GPM	Remark
0	39	9.740			
1	38	9.820	0.080	42.260	
2	37	9.925	0.105	55.466	
3	35	10.185	0.260	137.346	
4	33	10.385	0.200	105.650	
5	30	10.508	0.123	64.975	
6	29	10.752	0.244	128.893	
7	27	11.000	0.248	131.006	
8	25	11.254	0.254	134.176	

0	39	11.600			
1	37	11.770	0.170	89.803	
2	36	11.800	0.030	15.848	
3	35	11.930	0.130	68.673	
4	32	12.220	0.290	153.193	
5	30	12.390	0.170	89.803	
6	29	12.580	0.190	100.368	
7	27	12.860	0.280	147.911	
8	25	13.200	0.340	179.606	

0	39	13.400			
1	38	13.450	0.050	26.413	
2	36	13.580	0.130	68.673	
3	34	13.780	0.200	105.650	
4	32	13.950	0.170	89.803	
5	30	14.180	0.230	121.498	
6	28	14.380	0.200	105.650	
7	26	14.620	0.240	126.780	
8	25	14.900	0.280	147.911	

0	39	15.130			
1	38	15.150	0.020	10.565	
2	36	15.250	0.100	52.825	
3	34	15.380	0.130	68.673	
4	32	15.560	0.180	95.085	
5	30	15.780	0.220	116.215	
6	27	16.020	0.240	126.780	
7	25	16.280	0.260	137.346	
8	24	16.520	0.240	126.780	

ภาพผนวกที่ ก1 ตัวอย่างผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2 ที่ความถี่ 50 Hz

Frequency 60 Hz

No. of Sprinkler	Net Pressure (psi)	Q (cu.m)	ΔQ (cu.m)	GPM	Remark
0	55	16.280			
1	50	16.350	0.070	36.978	
2	48	16.450	0.100	52.825	
3	46	16.580	0.130	68.673	
4	45	16.770	0.190	100.368	
5	37	16.965	0.195	103.009	
6	35	17.165	0.200	105.650	
7	33	17.380	0.215	113.574	
8	31	17.700	0.320	169.041	
0	55	17.720			
1	50	17.812	0.092	48.599	
2	49	17.900	0.088	46.486	
3	47	18.090	0.190	100.368	
4	44	18.285	0.195	103.009	
5	40	18.490	0.205	108.292	
6	37	18.720	0.230	121.498	
7	34	18.960	0.240	126.780	
8	32	19.280	0.320	169.041	
0	55	19.325			
1	53	19.380	0.055	29.054	
2	49	19.500	0.120	63.390	
3	46	19.670	0.170	89.803	
4	43	19.880	0.210	110.933	
5	39	20.150	0.270	142.628	
6	36	20.380	0.230	121.498	
7	34	20.700	0.320	169.041	
8	31	21.060	0.360	190.171	
0	55	21.150			
1	53	21.210	0.060	31.695	
2	50	21.330	0.120	63.390	
3	47	21.490	0.160	84.520	
4	43	21.690	0.200	105.650	
5	40	21.920	0.230	121.498	
6	37	22.230	0.310	163.758	
7	34	22.470	0.240	126.780	
8	32	22.810	0.340	179.606	

ภาพผนวกที่ ก2 ตัวอย่างผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2 ที่ความถี่ 60 Hz

Frequency 70 Hz

No. of Sprinkler	Net Pressure (psi)	Q (cu.m)	ΔQ (cu.m)	GPM	Remark
0	70	22.810			
1	65	22.910	0.100	52.825	
2	60	23.060	0.150	79.238	
3	53	23.250	0.190	100.368	
4	46	23.430	0.180	95.085	
5	41	23.660	0.230	121.498	
6	35	23.910	0.250	132.063	
7	30	24.190	0.280	147.911	
8	28	24.480	0.290	153.193	

0	72	24.480			
1	67	24.560	0.080	42.260	
2	60	24.720	0.160	84.520	
3	53	24.920	0.200	105.650	
4	46	25.150	0.230	121.498	
5	38	25.380	0.230	121.498	
6	34	25.630	0.250	132.063	
7	31	25.925	0.295	155.834	
8	29	26.240	0.315	166.399	

0	72	26.260			
1	66	26.350	0.090	47.543	
2	60	26.470	0.120	63.390	
3	52	26.660	0.190	100.368	
4	45	26.870	0.210	110.933	
5	36	27.100	0.230	121.498	
6	33	27.340	0.240	126.780	
7	31	27.600	0.260	137.346	
8	29	27.880	0.280	147.911	

0	72	28.400			
1	67	28.470	0.070	36.978	
2	61	28.570	0.100	52.825	
3	54	28.790	0.220	116.215	
4	47	29.030	0.240	126.780	
5	38	29.270	0.240	126.780	
6	34	29.515	0.245	129.422	
7	32	29.780	0.265	139.987	
8	30	30.075	0.295	155.834	

ภาพผนวกที่ ก3 ตัวอย่างผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2 ที่ความถี่ 70 Hz

Frequency		80 Hz			
No. of Sprinkler	Net Pressure (psi)	Q (cu.m)	ΔQ (cu.m)	GPM	REMARK
0	85	30.27			
1	75	30.360	0.090	47.543	
2	62	30.480	0.120	63.390	
3	49	30.645	0.165	87.162	
4	36	30.850	0.205	108.292	
5	34	31.100	0.250	132.063	
6	31	31.330	0.230	121.498	
7	29	31.560	0.230	121.498	
8	25	31.910	0.350	184.888	

0	39	32.000			
1	37	32.120	0.120	63.390	
2	36	32.250	0.130	68.673	
3	35	32.400	0.150	79.238	
4	32	32.600	0.200	105.650	
5	30	32.830	0.230	121.498	
6	29	33.080	0.250	132.063	
7	27	33.350	0.270	142.628	
8	25	33.640	0.290	153.193	

0	85	33.640			
1	74	33.735	0.095	50.184	
2	62	33.865	0.130	68.673	
3	46	34.030	0.165	87.162	
4	40	34.250	0.220	116.215	
5	36	34.485	0.235	124.139	
6	34	34.725	0.240	126.780	
7	31	35.010	0.285	150.552	
8	29	35.350	0.340	179.606	

0	86	35.405			
1	75	35.480	0.075	39.619	
2	61	35.630	0.150	79.238	
3	50	35.810	0.180	95.085	
4	41	36.030	0.220	116.215	
5	36	36.260	0.230	121.498	
6	34	36.500	0.240	126.780	
7	31	36.750	0.250	132.063	
8	29	37.060	0.310	163.758	

ภาพผนวกที่ ก4 ตัวอย่างผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2 ที่ความถี่ 80 Hz

Frequency 90 Hz

No. of Sprinkler	Net Pressure (psi)	Q (cu.m)	ΔQ (cu.m)	GPM	REMARK
0	95	37.11			
1	75	37.200	0.090	47.543	
2	61	37.320	0.120	63.390	
3	50	37.475	0.155	81.879	
4	41	37.680	0.205	108.292	
5	36	37.920	0.240	126.780	
6	34	38.175	0.255	134.704	
7	31	38.435	0.260	137.346	
8	29	38.705	0.270	142.628	

0	95	38.860			
1	75	38.950	0.090	47.543	
2	61	39.115	0.165	87.162	
3	49	39.285	0.170	89.803	
4	41	39.460	0.175	92.444	
5	36	39.650	0.190	100.368	
6	34	39.910	0.260	137.346	
7	31	40.200	0.290	153.193	
8	29	40.495	0.295	155.834	

ภาพผนวกที่ ก5 ตัวอย่างผลทดสอบปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2 ที่ความถี่ 90 Hz



ภาคผนวก ข

ข้อมูลเฉลี่ยผลการทดลองปั้มน้ำ EBARA ที่ความถี่ 50 Hz-90Hz

Frequency 50 Hz

No. of Sprinkler	Net Pressure (psi)	GPM	REMARK
0	39	0	
1	38	35	
2	36	61	
3	34	80	
4	31	96	
5	29	105	
6	27	114	
7	25	135	
8	24	146	

ภาพผนวกที่ ข1 ค่าเฉลี่ยผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2 ที่ความถี่ 50 Hz

Frequency 60 Hz

No. of Sprinkler	Net Pressure (psi)	GPM	REMARK
0	55	0	
1	52	50	
2	49	59	
3	47	95	
4	44	103	
5	40	118	
6	36	134	
7	34	139	
8	31	169	

ภาพผนวกที่ ข2 ค่าเฉลี่ยผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2 ที่ความถี่ 60 Hz

Frequency 70 Hz

No. of Sprinkler	Net Pressure (psi)	GPM	REMARK
0	72	0	
1	67	49	
2	60	72	
3	53	103	
4	46	119	
5	39	127	
6	34	131	
7	31	149	
8	29	155	

ภาพผนวกที่ ข3 ค่าเฉลี่ยผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2 ที่ความถี่ 70 Hz

Frequency 80 Hz

No. of Sprinkler	Net Pressure (psi)	GPM	REMARK
0	85	0	
1	75	57	
2	62	68	
3	50	95	
4	41	113	
5	36	119	
6	34	122	
7	31	129	
8	28	169	

ภาพผนวกที่ ข4 ค่าเฉลี่ยผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2 ที่ความถี่ 80 Hz

Frequency		90	Hz
No. of Sprinkler	Net Pressure (psi)	GPM	REMARK
0	95	0	
1	75	48	
2	61	76	
3	50	87	
4	41	100	
5	36	114	
6	34	136	
7	31	145	
8	29	150	

ภาพผนวกที่ ข5 ค่าเฉลี่ยผลทดลองปั้มน้ำ EBARA รุ่น 3M 40-125/2.2 ที่ความถี่ 90 Hz

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นายณัฐสมุทร เอกภาพสากล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	9 มิถุนายน 2523
สถานที่เกิด	อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
ประวัติการศึกษา	ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-

