



การศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยโปรแกรมควบคุม



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการงานวิศวกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม

พุทธศักราช 2563

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสยาม



The Study of Automatic Control System in Wastewater Treatment System by

Controllable Program



Mr. Kongsak Jinawan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Engineering Management

Graduate School Siam University

2020



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสยาม
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ปริญญา

การจัดการงานวิศวกรรม
(สาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย
(คณะ)

เรื่อง การศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยโปรแกรมควบคุม
The Study of Automatic Control System in Wastewater Treatment System by Controllable
Program

ผู้แต่ง นาย คงศักดิ์ จินาวลัย
Mr. Kongsak Jinawan

ประธานกรรมการ.....
(ศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา)

อาจารย์ที่ปรึกษาที่หลัก.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย วิจิรวณิช)

อาจารย์ที่ปรึกษาที่ร่วม.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาทิตย์ ไสตรโยม)

กรรมการ.....
(รองศาสตราจารย์ ศันสนีย์ สุภาภา)

กรรมการ.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทงจิตร)

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุทธชัย บรรเทงจิตร)

ผู้อำนวยการหลักสูตร

วันที่ 13 เดือน ๕ พ.ศ. 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง : การศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติในระบบบำบัดน้ำเสียด้วย
โปรแกรมควบคุม

โดย : นาย กงศักดิ์ จินาวัลย์

ชื่อปริญญา : วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : การจัดการงานวิศวกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา :
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ธิวัตรนิช)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม :
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ โสตรโณ)

13 / 12 / 63

การศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (พีแอลซี) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการสั่งการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพและรวดเร็วทดแทนระบบเดิมซึ่งการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้คนเป็นผู้ติดตามการทำงานของเครื่องจักร และวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนผู้คอนโทรลไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์วงจรรีเลย์และการใช้พีแอลซี

การนำโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์มาควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียแบบอัตโนมัติเพื่อสั่งการเครื่องจักรตามความต้องการ มีการส่งข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ไปยังส่วนกลางได้อย่างรวดเร็ว เป็นการป้องกันไม่ใหัระบบบำบัดน้ำเสียทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพและอาจส่งผลให้ระบบบำบัดน้ำเสียเกิดความเสียหายจนไม่สามารถแก้ไขได้ทันทั่วทั้ง

ผลการศึกษาในครั้งนี้หลังจากการปรับปรุงประสิทธิภาพด้วยวิธีการทางเทคนิคแล้วจะได้ผลพารามิเตอร์ของน้ำตัวอย่างเป็นไปตามค่ามาตรฐานตามที่กำหนดไว้ทุกค่า โดยการทดสอบผ่านห้องปฏิบัติการ น้ำที่ผ่านการบำบัดและผ่านการทดสอบถือว่าเป็นน้ำที่ดีต่อธรรมชาติ โดยมีต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเลือกใช้ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี ตามมูลค่าเทียบกับปัจจุบันจำนวน 4,830,054.851 บาท ซึ่งมีค่าน้อยกว่าตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์จำนวน 10,696,137.51 บาท

คำสำคัญ: ระบบบำบัดน้ำเสียแบบอัตโนมัติ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์

Abstract

Title : The Study of Automatic Control System in Wastewater Treatment
System by Controllable Program

By : Mr Kongsak Jinawan

Degree : Master of Engineering

Major Field : Engineering Management

Thesis Advisor :
(Asso. Prof. Dr. Vanchai Rijiravanich)

Thesis Co-Advisor :
(Asst. Prof. Dr. Arthit Sode-Yome)

13...../.....12...../.....20.....

This study of automatic control systems in wastewater treatment systems by the Programmable Logic Controller (PLC) aimed to develop an efficient and fast wastewater treatment system to replace the original system with manual control to monitor the work parameters of the machine. The study also analyzed the cost of the electrical control of both the relay and PLC systems.

The use of Programmable Logic Controller as an automatic wastewater treatment control system to monitor the parameters of the machines, as requested and delivered promptly status information to the central control can prevent and handle inefficient water treatment that may affect and create damage to the treatment system.

The results of this study of improvement of the efficiency by this technical method revealed that the sample water parameters were conformed to every laboratory standard of drainage control. The treated and tested water was presumed to be good as natural. The cost and expenses of related select electrical control systems accounted to be present value of 4,830,054.851 Baht, which was comparatively lower than the original relay system by 10,696,137.51 Baht.

Keywords: Programmable logic controller, Automatic wastewater treatment control system

Approved by:

.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยการให้คำปรึกษาและแนะนำ พร้อมทั้งได้ช่วยเหลือจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ธิวัตรนิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาทิตย์ โสตรโยม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมถึงคณาจารย์บัณฑิตวิทยาลัย สาขาการจัดการงานวิศวกรรม มหาวิทยาลัยสยามทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำพร้อมทั้งตรวจทานการแก้ไขงานจน ทำให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จได้ และผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิภาวัลย์ นาคทรัพย์ อาจารย์ ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสยาม ที่ได้ให้ความรู้เกี่ยวกับความรู้ ทางด้านไฟฟ้าพร้อมทั้งการวางแผนทางด้านเทคนิคทางด้านต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการ วิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหารและพนักงานบริษัททุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำการทำวิจัยและการ เก็บข้อมูลอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัย จนทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ และสิ่งที่สำคัญที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา คุณครู อาจารย์ ที่เคยสั่งสอนทุกๆ ท่านรวมทั้งเพื่อนๆ ทุกคน ที่คอย ให้คำปรึกษา คำแนะนำและสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการทำวิจัยทำให้เกิดประโยชน์

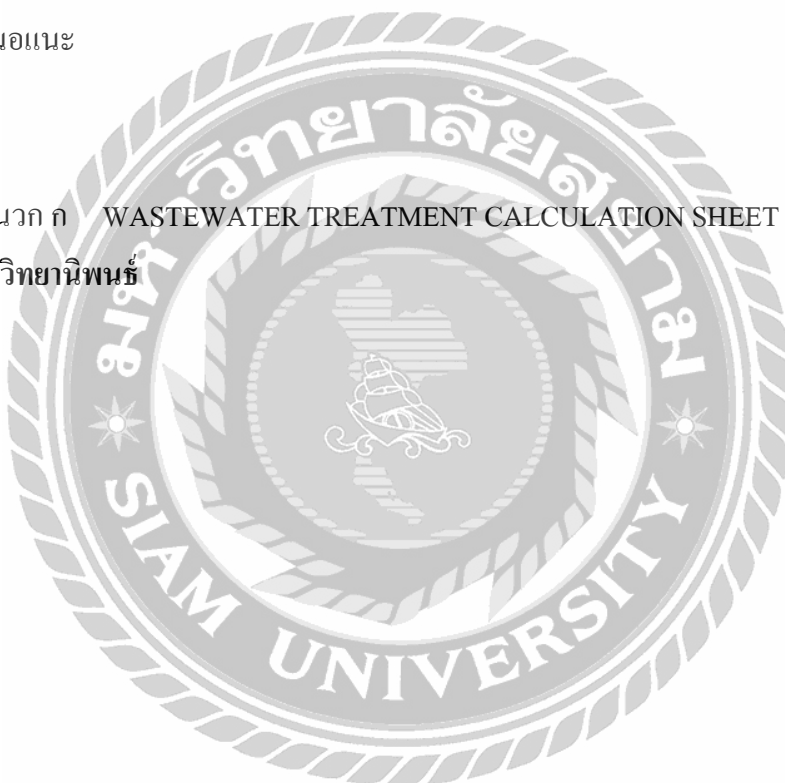
คงศักดิ์ จินาวัลย์
ธันวาคม 2563

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขั้นตอนการศึกษา	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.6 คำนิยามศัพท์	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Programmable Logic Controller	8
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย	14
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย	17
2.4 การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม	25
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	28
บทที่ 3 การดำเนินการศึกษา	35
3.1 การศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาในระบบการบำบัดน้ำเสีย	35
3.2 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	36
3.3 การศึกษาการปรับปรุงและแก้ไขการสั่งงานระบบการควบคุมอัตโนมัติ	44
3.4 การศึกษาการทดสอบของเครื่องจักรและค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย	49
3.5 การวิเคราะห์ต้นทุนในการลงทุนที่จะใช้พีแอลซี มาแทนวงจรรีเลย์	50
บทที่ 4 ผลการวิจัย	54
4.1 การออกแบบระบบการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ	55
4.2 การศึกษาข้อมูลอุปกรณ์เพื่อการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย	61

สารบัญ (ต่อ)

	หน้าที่
4.3 ผลการทดสอบของเครื่องจักรและค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสีย	89
4.4 การวิเคราะห์การลงทุนที่จะใช้พีแอลซี มาแทนวงจรรีเลย์	105
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย	117
5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล	117
5.2 การสรุปผลการศึกษา	118
5.3 การอภิปรายผลการศึกษา	119
5.4 ข้อเสนอแนะ	120
บรรณานุกรม	121
ภาคผนวก	123
ภาคผนวก ก WASTEWATER TREATMENT CALCULATION SHEET	124
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	134



สารบัญรูป

รูปที่	หน้าที่
2.1	โครงสร้าง Programmable Logic Controller (PLC) 9
2.2	PLC Input and Output Unit 9
2.3	PLC Operation 10
2.4	Programmable Logic Controller (PLC) รุ่น Modicon M221 11
2.5	โครงสร้างของ PLC รุ่น Modicon M221 12
2.6	ช่องเชื่อมต่อ PLC รุ่น Modicon M221 กับอุปกรณ์อื่นๆ 13
2.7	การไหลของน้ำเสียตามที่ระบายน้ำออกสู่สิ่งแวดล้อม 18
2.8	การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบแอโรบิกจุลินทรีย์ 22
2.9	ระบบแยกทิวเด็คสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์ 22
2.10	ระบบแยกทิวเด็คสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส 23
2.11	ระบบคลองเวียนวน 24
2.12	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสปีอาร์ 25
2.13	แนวคิด ZigBee-Based Home Automation System 31
2.14	โครงสร้าง Study on remote PLC experiment system based on web 32
3.1	ลักษณะการทำงานของระบบเอสปีอาร์ 39
3.2	ชุดวิเคราะห์ผลของการบำบัดน้ำเสีย 41
3.3	การทดสอบเครื่องจักรกับตู้คอนโทลฟังก์ชันต่างๆ 41
3.4	บ่อบำบัดน้ำเสีย โครงการสถานีกลางบางซื่อ 44
3.5	EQUALIZATION TANK 44
3.6	SBR TANK 1, 2 45
3.7	METERING PUMP 46
3.8	ระดับลูกลอยในบ่อ EQUALIZATION TANK 47
3.9	ระดับลูกลอยในบ่อ SBR 1, 2 TANK 48
3.10	เครื่องมือใช้ในการทดสอบอุปกรณ์ 49
4.1	FLOW METER 56
4.2	FLOW DIAGRAM ในระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการ สถานีกลางบางซื่อ 60
4.3	PLC ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของตู้ควบคุมในระบบบำบัดน้ำเสีย 62
4.4	ช่องสำหรับติดตั้ง Cartridges Card จะอยู่ในตำแหน่งของวงกลมสีเขียว 64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้าที่
4.5	Modicon PLC M221 65
4.6	การเชื่อมต่อ PLC กับอุปกรณ์อื่น ๆ 68
4.7	การต่อ Sink Input และ Source Input 69
4.8	การต่อสายแบบ Sink Output 70
4.9	การต่อสายแบบ Source Output 70
4.10	FLOW DIAGRAM ในระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการ สถานีกลางบางซื่อ 71
4.11	ลักษณะการทำงานของระบบเอสบีอาร์ 72
4.12	แบบบ่อบำบัดน้ำเสียโครงการสถานีกลางบางซื่อ รถไฟฟ้าสายสีแดง กรุงเทพมหานคร 74
4.13	ชุดวิเคราะห์ผลของการบำบัดน้ำเสีย 75
4.14	Submersible Pump 77
4.15	การติดตั้ง Submersible Pump แบบแช่น้ำ 78
4.16	Submersible Ejector 81
4.17	Chlorine Pump 82
4.18	Agitator or Mixer Pump 83
4.19	Motor Control Center 86
4.20	PLC ควบคุมการทำงานในระบบบำบัดน้ำเสีย 89
4.21	เครื่องมือใช้ในการทดสอบอุปกรณ์ 92
4.22	กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าพีเอช ตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการ 98
4.23	กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าพีเอช อ่านค่าจากชุด Sensor 99
4.24	กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าบีโอดี ตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการ 101
4.25	กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าบีโอดี อ่านค่าจากชุด Sensor 101
4.26	กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าปริมาณของแข็ง – ค่าสารแขวนลอย ตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการ 103
4.27	กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าปริมาณของแข็ง – ค่าสารแขวนลอย อ่านค่าจากชุด Sensor 104
4.28	กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าน้ำมันและไขมัน ตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการ 105
4.29	กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าน้ำมันและไขมัน อ่านค่าจากชุด Sensor 105

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้าที่
2.1 การคำนวณหาอายุการใช้งานที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีไม่คิดดอกเบี้ย	28
3.1 จำนวนบ่อในระบบบำบัดน้ำเสีย และเครื่องจักรพร้อมกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมในเบื้องต้น	40
3.2 สรุป เวลา และปริมาณน้ำที่บำบัดในโครงการ	46
3.3 ค่ามาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก.	50
4.1 จำนวนของบ่อในระบบบำบัดน้ำเสีย และเครื่องจักรพร้อมกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมในเบื้องต้น	75
4.2 การทดสอบปั๊มในบ่อบำบัดน้ำเสีย	91
4.3 การทดสอบตู้ควบคุมอุปกรณ์ในระบบบำบัดน้ำเสีย	93
4.4 ค่ามาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก.	96
4.5 ค่าความเป็นกรดค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสีย	97
4.6 ค่าบีโอดีที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสีย	100
4.7 ค่าปริมาณของแข็ง – ค่าสารแขวนลอยที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสีย	102
4.8 ค่าน้ำมันและไขมันได้จากการเก็บข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสีย	104

บทที่ 1

บทนำ

โครงการก่อสร้างสถานีกกลางบางซื่อ เป็น การก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าแห่งใหม่ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเป็นศูนย์กลางของระบบคมนาคมระบบรางของประเทศไทย ซึ่งระบบคมนาคมระบบรางใหม่นี้ถูกวางเอาไว้ตามแผนการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศไทยในปี 2558 ถึง 2565 โดยมีเป้าหมายในการเป็นศูนย์กลางของการเดินทางระบบรางของประเทศไทยและเขตเศรษฐกิจของอาเซียน โดยจะเป็นสถานีรถไฟฟ้าที่รวมเอาทุกระบบขนส่งทางรางเชื่อมต่อไว้ด้วยกัน นอกจากนั้นยังถูกพัฒนาให้เป็นศูนย์รวมของการดำรงชีวิตรูปแบบใหม่ ที่จะมีผู้คนมาทำกิจกรรมต่างๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นแหล่งศูนย์การค้าพาณิชยกรรม สำนักงาน พื้นที่สาธารณะต่างๆ อีกด้วย ดังนั้นเรื่องของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นถือเป็นเรื่องสำคัญเช่นกัน โดยทางโครงการสถานีกกลางบางซื่อ มีการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่สามารถรองรับปริมาณน้ำใช้และน้ำทิ้งภายในสถานี โดยช่วงแรกนั้น ได้คำนวณผู้มาใช้บริการประมาณ 200,000 คนต่อวัน คำนวณเป็นปริมาณน้ำเสียได้เท่ากับ 1,800 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และออกแบบระบบบำบัดแบบเอสบีอาร์ ซึ่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กสามารถสร้างในพื้นที่ที่มีอยู่อย่างจำกัดได้ การทำงานของระบบเป็นแบบอัตโนมัติและค่อนข้างซับซ้อน จึงต้องใช้ระบบควบคุมการทำงานที่มีประสิทธิภาพในการติดตามผลของค่าพารามิเตอร์ ในการบำบัดน้ำเสียสูง พร้อมทั้งต้องอาศัยผู้ควบคุมที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในการควบคุมดูแลระบบอีกด้วย

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การก่อสร้างสถานีกกลางบางซื่อมีความมุ่งหวังที่จะทำให้เป็นจุดเชื่อมโยงโครงข่ายทางคมนาคมทางระบบราง จะเชื่อมโยงระหว่างรถไฟฟ้าหลากหลายประเภท ทางรถไฟฟ้าแห่งประเทศไทยจึงได้มีความตั้งใจที่จะพัฒนาให้สถานีกกลางบางซื่อ เป็นสถานีกกลางของระบบรถไฟฟ้าทางไกลแทนสถานีรถไฟหัวลำโพง (เดิม) โดยที่สถานีกกลางบางซื่อจะมีทั้งหมด 4 ชั้น โดยจะจัดอาคารดังนี้

ชั้นใต้ดิน เป็นลานจอดรถที่สามารถรองรับได้ 1,700 คัน

ชั้น 1 เป็นพื้นที่จำหน่ายตั๋ว พื้นที่พักคอยผู้โดยสาร เขตพื้นที่ร้านค้า พื้นที่เชื่อมต่อ รถไฟฟ้า MRT สายสีน้ำเงิน และจุดเชื่อมต่อรถโดยสาร ขสมก. และ บขส.

ชั้น 2 เป็นชานชาลาของรถไฟฟ้าสายต่างๆ รวมชานชาลาทั้งหมด 24 ชานชาลา เป็นชั้นชานชาลา รถไฟฟ้าชานเมืองสายสีแดงจำนวน 4 ชานชาลา และรถไฟฟ้าทางไกลทุกเส้นทางจำนวน 8 ชานชาลา

ชั้น 3 เป็นชั้นชานชาลารถไฟฟ้าความเร็วสูงทุกเส้นทางจำนวน 10 ชานชาลา และรถไฟฟ้าแอร์

พอร์ต เรล ลิงค์ จำนวน 2 ชานชาลา และยังมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปของทำเลบริเวณ
 สามย่านสถานีกลางบางซื่อ คาดว่าจะสร้างเป็นศูนย์กลางเศรษฐกิจขนาดใหญ่ที่สุดใน
 ประเทศ และมีสิ่งอำนวยความสะดวก จะมีผู้โดยสารมาใช้บริการ 300,000 คนต่อวัน เพราะ
 สามารถรองรับการเดินทางระบบรางทุกประเภท ทั้งรถไฟฟ้าชานเมือง รถไฟฟ้าแอร์พอร์ตเรล
 ลิงค์ และรถไฟความเร็วสูง และยังสามารถเชื่อมโยงการเดินทางกับสายสีน้ำเงิน สีชมพู สี
 เขียว และยังมีส่วนการบริหารจัดการพื้นที่เชิงพาณิชย์แนวสายสีแดง ส่วนของงานซ่อมบำรุง
 ตัวรถ งานด้านซ่อมบำรุงอาคารและสิ่งอำนวยความสะดวก จากที่กล่าวมานั้นการบำบัดน้ำ
 เสียต้องมีการจัดการที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

สถานีกลางบางซื่อจะเป็นจุดเชื่อมโยงโครงข่ายทางคมนาคมทางระบบรางที่สำคัญ โดยจะใช้เป็น
 สถานีเชื่อมโยงระหว่างรถไฟฟ้าหลากหลายประเภทที่ต่าง ๆ ซึ่งจะพัฒนาให้เป็นสถานีกลางของระบบรถไฟ
 ทางไกลแทนสถานีรถไฟหัวลำโพง การดำเนินงานภายในสถานีกลางบางซื่อส่วนหนึ่งที่สำคัญคือการ
 ควบคุมดูแลระบบน้ำเสียปริมาณ 1,800 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีระบบการจัดการน้ำเสียแต่เดิมเป็นการใช้
 ระบบที่การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์เป็นระบบบำบัดที่ต้องมีการบำบัดน้ำเสียที่ค่อนข้างมีปัญหาไม่อาจมี
 ประสิทธิภาพที่ดีจึงต้องอาศัยระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพ จากการติดตามการทำงานของระบบควบคุมใน
 ระบบบำบัดน้ำเสียพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ด้วยระบบวงจรรีเลย์นั้นแม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายในการ
 ควบคุมดูแลระบบที่ถูกกว่าแต่ประสิทธิภาพในการควบคุมค่อนข้างต่ำ เนื่องจากอุปกรณ์บางชนิดไม่สามารถ
 แสดงหรือส่งข้อมูลที่แม่นยำได้ จึงต้องอาศัยตัวบุคคลในการเก็บข้อมูลและควบคุมดูแล มีผลทำให้เกิด
 ความผิดพลาดในระบบได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ ทั้งยังส่งผลกระทบต่อ
 สิ่งแวดล้อม และอาจจะต้องมีค่าใช้จ่ายในการแก้ไขระบบอีกด้วย การควบคุมด้วยระบบวงจรรีเลย์จึงอาจไม่
 เหมาะสมกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์

ส่วนการทำงานของระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซี ถึงแม้จะมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแล
 ระบบสูงกว่า แต่มีการทำงานที่ไม่ซับซ้อน หากต้องการจะปรับเปลี่ยนระบบการทำงานของเครื่องจักร
 สามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่โปรแกรมได้ทันทีและยังสามารถส่งข้อมูลแบบอัตโนมัติได้เพียงแค่เชื่อมสถานะ
 ของการทำงานของอุปกรณ์เข้าที่ส่วนของข้อมูลป้อนเข้าและแสดงออกของระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้พี
 แอลซี ก็สามารถติดตามผลการทำงานของระบบได้ทันที การศึกษานี้จะทำการเปรียบเทียบการทำงานของ
 ระบบควบคุมแบบเดิม คือระบบวงจรรีเลย์ กับ ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซี โดยมีการวิเคราะห์
 ความคุ้มค่าในการใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซี

ดังนั้น การควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสปีอาร์ของโครงการสถานีกกลางบางซื่อ จึงน่าจะพิจารณาเลือกใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซีในการควบคุมระบบทั้งหมด ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมสูง ทั้งการติดตามผลการทำงานของระบบ การแสดงผลที่ถูกต้องแม่นยำ สามารถควบคุมระบบได้ง่าย ถือว่าเป็นระบบที่มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับการทำงานของระบบเอสปีอาร์ แม้ว่าระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซีจะมีค่าใช้จ่ายสูง แต่ก็ถือว่าคุ้มค่ากว่า เพราะหากเกิดความเสียหายในระบบน้ำเสีย ไม่เพียงแต่จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมสูงขึ้นยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและปัญหาอื่นๆ อีกมาก

การศึกษานี้จะช่วยให้ทราบถึงการออกแบบระบบควบคุมด้วยโดยใช้พีแอลซีรวมทั้งการเปรียบเทียบต้นทุนการใช้อุปกรณ์ของวงจรรีเลย์และการใช้พีแอลซีในตู้คอนโทรลไฟฟ้า

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยมีดังนี้

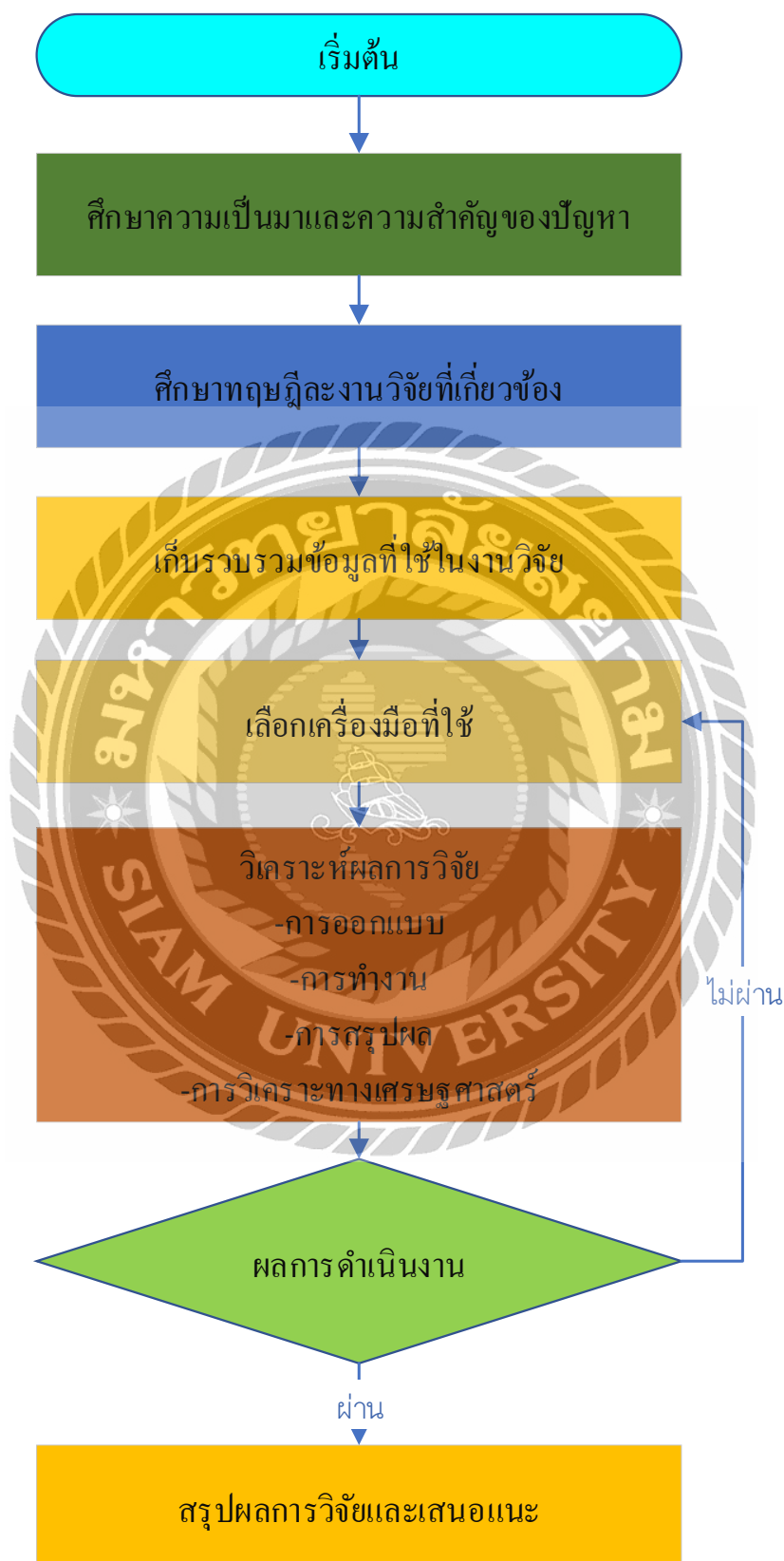
1. เพื่อศึกษาระบบการควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยพีแอลซีเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุม
2. เพื่อศึกษาต้นทุนการใช้อุปกรณ์ของวงจรรีเลย์และการใช้พีแอลซีในตู้คอนโทรลไฟฟ้า

1.3 ขั้นตอนการศึกษา

ขั้นตอนการศึกษามีดังนี้

1. ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาในระบบการบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย
 - ศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียที่สามารถปรับปรุงสู่การใช้ระบบการควบคุมด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ
 - ศึกษาคุณสมบัติของพีแอลซี
 - ศึกษาการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียร่วมกับผู้ออกแบบวงจรเพื่อหาวิธีปรับลดพลังงานโดยการสั่งให้เครื่องจักรทำงานลดลง
 - ศึกษาข้อมูลอุปกรณ์และการเลือกใช้
4. ศึกษาปรับปรุงและแก้ไขการสั่งงานระบบการควบคุมอัตโนมัติ
5. บันทึกผลการทดสอบของเครื่องจักรและค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสีย
6. วิเคราะห์เรื่องต้นทุนในการลงทุนที่จะใช้พีแอลซีมาแทนวงจรรีเลย์
7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนการวิจัยสามารถแสดงด้วยแผนภาพดังนี้



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงานศึกษาของงานวิจัย

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การทำวิจัยในครั้งนี้เป็นการทำเชิงทดลอง ซึ่งแบ่งออกได้เป็นข้อดังนี้

1. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำผ่านกระบวนการทำงานด้วยการควบคุมการสั่งการพีแอลซี ของระบบบำบัดน้ำเสีย
 - ระบบบำบัดน้ำเสียที่จะใช้ศึกษาต้องใช้เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง เอสบีอาร์
 - น้ำเสียที่ทำการทดลองและการตรวจสอบได้มาจากโครงการ รถไฟฟ้าสายสีแดงที่ยังไม่ได้ผ่านการบำบัดและได้ผ่านการบำบัดแล้ว
 - การเก็บข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาของระบบบำบัดน้ำเสีย
 - เก็บตัวอย่างน้ำที่เข้าและออกผ่านระบบบำบัดน้ำเสียมาทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ บ่อสูบน้ำเสีย บ่อเอสบีอาร์ และบ่อสูบน้ำใส
2. ตัวแปรที่จะทำการเปรียบเทียบ
 - ตัวแปรต้น : ระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพโดยใช้การควบคุมการทำงานด้วยพีแอลซี
 - ตัวแปรตาม : คุณภาพน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำการวัดค่าตามมาตรฐานคุณภาพน้ำ ได้แก่
 - ค่าความเป็นกรด-ด่าง (Positive Potential of the Hydrogen ions : pH)
 - ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD)
 - ค่าน้ำมันและไขมัน (Oil and Grease)
 - ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid: SS)
3. การแก้ไขปัญหาของการทำการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสีย
 - การแก้ไขปัญหาการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
 - การแก้ไขปัญหาการติดตั้งอุปกรณ์
 - การแก้ไขปัญหาการทดสอบระบบบำบัดน้ำเสีย
 - การปรับปรุงคุณภาพน้ำ
 - การแก้ไขปัญหาการรวบรวมข้อมูลการทดลอง
4. การเผยแพร่ข้อมูลแก่หน่วยงานที่สนใจ
 - การนำเสนอด้วยข้อมูลที่เป็นความจริง จากการทำการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสีย
 - การรวบรวมความคิดเห็นจากหน่วยงานที่สนใจว่าจะเกิดประโยชน์อย่างไรกับการใช้ระบบบำบัดน้ำเสีย
 - สรุปผลการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสีย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับมีดังต่อไปนี้

1. เข้าใจการออกแบบการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ และการสั่งการของ PLC ใน Control Panel
2. ทำให้ทราบการทำงานและสถานะของเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสีย พร้อมทั้งค่าพารามิเตอร์ที่ส่งได้อย่างรวดเร็ว
3. ช่วยลดต้นทุนในส่วนของการ Control Panel การซ่อมบำรุง และพลังงานที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย

1.6 คำนิยามศัพท์

คำนิยามศัพท์มีดังต่อไปนี้

การบำบัดน้ำเสีย กระบวนการทำหรือปรับปรุงน้ำเสียให้เป็นไปตามมาตรฐานควบคุม การระบายน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ในประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมฉบับที่ 3 (พ.ศ. 2539)

พีแอลซี Programmable Logic Controller เป็นเครื่องควบคุมอัตโนมัติในโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถจะใช้โปรแกรมได้ ถูกสร้างและพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนวงจรรีเลย์ อันเนื่องมาจากความต้องการที่จะได้เครื่องควบคุมที่มีราคาถูกสามารถใช้งานได้อย่างเอนกประสงค์ และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้ง่าย

ค่ากรด - ด่าง - การตรวจค่าสภาวะความเป็นกรดหรือด่างของสารละลายในน้ำมีค่าอยู่ระดับของค่า pH ทั้งหมดจะอยู่ระหว่าง 1-14 สารละลายที่มีค่า pH ต่ำกว่า 7 จะมีสภาวะเป็นกรด และสารละลายที่มีค่า pH สูงกว่า 7 จะมีสภาวะเป็นด่าง น้ำบริสุทธิ์มีค่า pH ใกล้เคียงกับ 7

ค่าบีโอดี Biochemical Oxygen Demand: BOD ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์เป็นปริมาณของออกซิเจนที่ถูกใช้โดยจุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ

ค่าของแข็งแขวนลอย a Suspended Solid: SS เป็นอนุภาคสารที่มีขนาดใหญ่ในตัวอย่าง แต่อนุภาคสารไม่ละลาย และแขวนลอยอยู่ในตัวอย่าง สามารถมองเห็นอนุภาคได้ด้วยตาเปล่า และสามารถแยกอนุภาคของสารได้อย่างชัดเจน

ค่าน้ำมัน Oil and Grease กลุ่มของสารอินทรีย์ที่ละลายหรือแขวนลอยน้ำ สามารถสกัดได้โดยเฮกเซน หรือแอลกอฮอล์ สารที่สามารถละลายได้ในตัวทำละลายนี้

ร ะ บ บ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activated Sludge Process) เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วย
บำบัดน้ำ วิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการ
เสียแบบ ย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบ

แอกทิเวเต็ดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสีย
 ชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อน

แอกทิเว

เต็ดสลัดจ์

ร ะ บ บ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียประเภทเติมเข้าและถ่ายออกโดยมีขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียที่แตกต่างจาก
SBR ระบบตะกอนเร่งแบบอื่นๆ คือการเติมอากาศและการตกตะกอนจะดำเนินการเป็นไปตามลำดับ
 ภายในถังปฏิกรณ์เดียวกัน



บทที่ 2

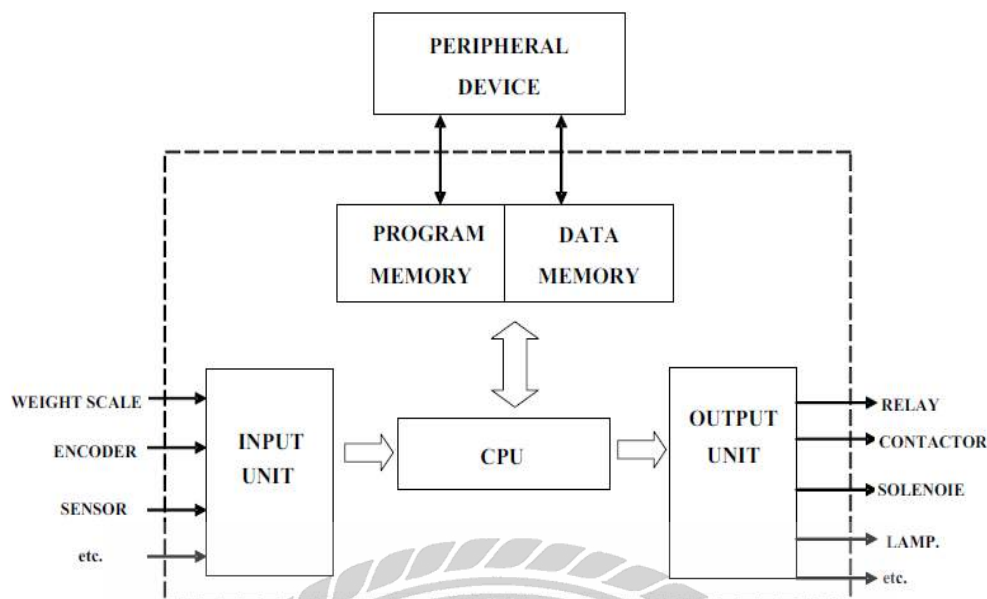
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำวิจัยนี้ เป็นเรื่องเกี่ยวกับการวิเคราะห์การทำงานโดยใช้การควบคุมระบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การนำโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์มาควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียแบบอัตโนมัติ ใช้ตัวประมวลผลและสั่งให้อุปกรณ์รีเลย์คำสั่งให้เครื่องจักรทำงาน ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องของน้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสียและการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม มีดังนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Programmable Logic Controller

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control: PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิทช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Standalone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น

การใช้ PLC สำหรับควบคุมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้ระบบของรีเลย์ (Relay) ซึ่งจำเป็นจะต้องเดินสายไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า Hard- Wired ฉะนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการผลิต หรือลำดับการทำงานใหม่ ก็ต้องเดินสายไฟฟ้าใหม่ ซึ่งเสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่เมื่อเปลี่ยนมาใช้ PLC แล้ว การเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือลำดับการทำงานใหม่นั้นทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรมใหม่เท่านั้น นอกจากนี้แล้ว PLC ยังใช้ระบบโซลิด – สเตท ซึ่งน่าเชื่อถือกว่าระบบเดิม การกินกระแสไฟฟ้าน้อยกว่า และสะดวกกว่าเมื่อต้องการขยายขั้นตอนการทำงานของเครื่องจักร (สุธีธร เกียรติสุนทร, 2558)



รูปที่ 2.1 โครงสร้าง Programmable Logic Controller (PLC)

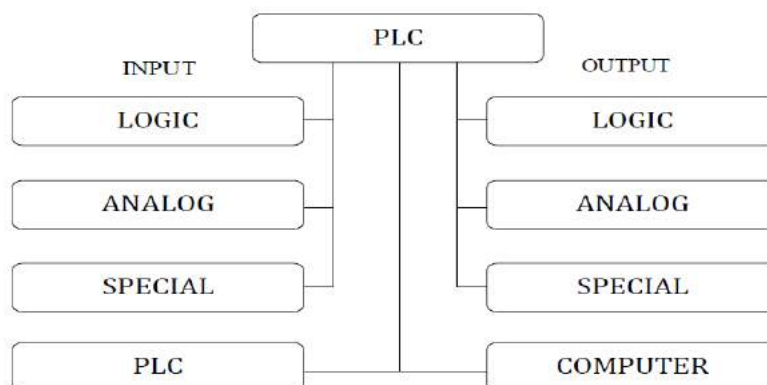
จากรูป 2.1 สามารถอธิบายได้ดังนี้

- หน่วยอินพุต (Input Unit)

ปัจจุบันพีแอลซี ได้มีการพัฒนาให้มีความสามารถและประสิทธิภาพสูงขึ้นมากสามารถรับสัญญาณได้ทั้งสัญญาณในรูปแบบ ON/OFF หรือสัญญาณแบบ Digital และสัญญาณ Analog ที่เป็นสัญญาณมาตรฐานต่าง ๆ เช่น 4-20mA 1-5V หรือ 0-10V ซึ่งอุปกรณ์อินพุตที่ให้สัญญาณได้แก่ Proximity Switch, Photo Switch Sensor, และ Temperature Sensor เป็นต้น

- หน่วยเอาต์พุต (Output Unit)

หน่วยเอาต์พุต ทำหน้าที่รับข้อมูลจากตัวประมวลผลแล้วส่งต่อข้อมูลไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก เช่น ควบคุมหลอดไฟ มอเตอร์ และ โซลินอยด์วาล์ว เป็นต้น



รูปที่ 2.2 PLC Input and Output Unit

● หน่วยประมวลผล (CPU)

หน่วยประมวลผล จะทำหน้าที่ควบคุมและจัดการระบบการทำงานทั้งหมดภายในระบบพีแอลซี เช่น การสั่งให้พีแอลซีทำงานตามคำสั่งที่ถูกโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำ CPU หน่วยความจำและภาคอินพุตและเอาต์พุตเป็นต้น

● หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำ เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญเพราะใช้เป็นที่เก็บ โปรแกรมและข้อมูลหน่วยความจำภายในพีแอลซีแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญ

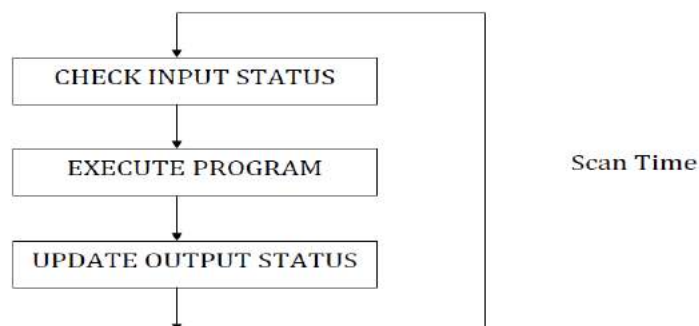
- Program เก็บโปรแกรมจัดระบบงาน
- Data Memory เก็บข้อมูลหรือโปรแกรมที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข

● อุปกรณ์ต่อพ่วง (Peripheral Device)

อุปกรณ์ต่อพ่วง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ต่อพ่วง เช่น Port USB ซึ่งใช้ต่อร่วมระหว่าง พีแอลซี กับอุปกรณ์ภายนอกที่ใช้ดาวน์โหลดโปรแกรมลงพีแอลซี หรือทำการแก้ไขโปรแกรม สามารถจัดการในส่วนที่เป็น Program Memory และ Data Memory ได้

● การทำงานของพีแอลซี (PLC Operation)

การทำงานครบหนึ่งลูปของพีแอลซีเรียกว่าหนึ่งสแกนไทม์ในการสแกน PLC จะมีลำดับการสแกน คือ PLC จะทำการตรวจสอบสถานะของอินพุตที่เข้ามาในพีแอลซี เสร็จแล้วก็จะนำเอาอินพุตไปประมวลผล โปรแกรมว่าอินพุตที่เข้ามาตรงกับเงื่อนไขอะไรบ้างเป็นจริงเป็นเท็จอย่างไรบ้าง หลังจากนั้นก็ปรับปรุงสถานะเอาต์พุต เมื่อทำการสแกนครบหนึ่งลูปก็จะทำการวนลูปขึ้นไปใหม่ การทำงานครบหนึ่งลูปเรียกว่าการสแกนไทม์ โดยปกติการทำงานรวดเร็วมากเป็นมิลลิวินาที ไมโครวินาที อาจถึงนาโนวินาที สำหรับพีแอลซีบางรุ่น



รูปที่ 2.3 PLC Operation

ในงานวิจัยนี้ ใช้ Programmable Logic Controller (PLC) รุ่น Modicon M221 PLC ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดสำหรับความสามารถที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้ ตัวควบคุมลอจิก Modicon M221 ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในระดับเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีในรูปแบบในการติดตั้งไม่ยุ่งยากที่สุดและมีความสามารถรอบด้านอย่างมากมาย ที่สำคัญที่สุดสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้คือ การเชื่อมต่อพANEL โอเปอเรเตอร์ระยะไกลเพื่อการบำรุงรักษาและแสดงภาพเครื่องจักร



รูปที่ 2.4 Programmable Logic Controller (PLC) รุ่น Modicon M221

PLC รุ่น Modicon M221 ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ 2 รูปแบบ คือ

1. Modicon M221 Brick (Japanese style) ออกแบบมาทดแทน PLC แบบเก่าที่ไม่ดีปัญหาเรื่องพื้นที่ในการติดตั้ง

จำนวน I/O ที่เป็น รุ่น Standard มีให้เลือกดังนี้

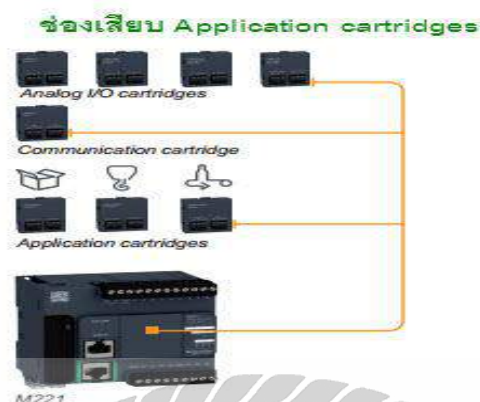
- Digital 16 Logic I/O, Input Analog 2 ช่อง 0..10VDC
- Digital 24 Logic I/O, Input Analog 2 ช่อง 0..10VDC
- Digital 40 Logic I/O, Input Analog 2 ช่อง 0..10VDC

จำนวน I/O สูงสุดที่สามารถต่อเพิ่มได้ผ่าน (I/O Extension modules)

- 7 Modicon TM3 expansion Module
 - จำนวน Digital I/O ได้สูงสุด 264 I/O ซึ่งมีให้ใช้อย่างเพียงพอ บนเครื่องจักรขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง
 - จำนวน Analog I/O ได้สูงสุด 58 I/O ซึ่งเพียงพอต่อการทำงาน บนเครื่องจักรขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง
 - 14 Modicon TM3 expansion Module with BUS expansion modules
 - จำนวน Digital I/O ได้สูงสุด 488 I/O ซึ่งมีมากที่สุด เมื่อเทียบกับ PLC ในระดับเดียวกัน
 - จำนวน Analog I/O ได้สูงสุด 114 I/O ซึ่งมีมากที่สุด เมื่อเทียบกับ PLC ในระดับเดียวกัน
- มีให้เลือกทั้งรุ่นที่ใช้ไฟเลี้ยง AC 100-240V. และรุ่นใช้ไฟเลี้ยง DC 24V.

สามารถเพิ่ม Application Cartridges (โมดูลเสริมด้านหน้า) ได้

- รุ่น 16, 24 Logic I/O เพิ่มได้ 1 Cartridges
- รุ่น 40 Logic I/O เพิ่มได้ 2 Cartridges



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของ PLC รุ่น Modicon M221

2. Modicon M221 Book (European Style) ออกแบบมาให้มีขนาดเล็ก เพื่อประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง

จำนวน I/O ที่เป็น รุ่น Standard มีให้เลือกดังนี้

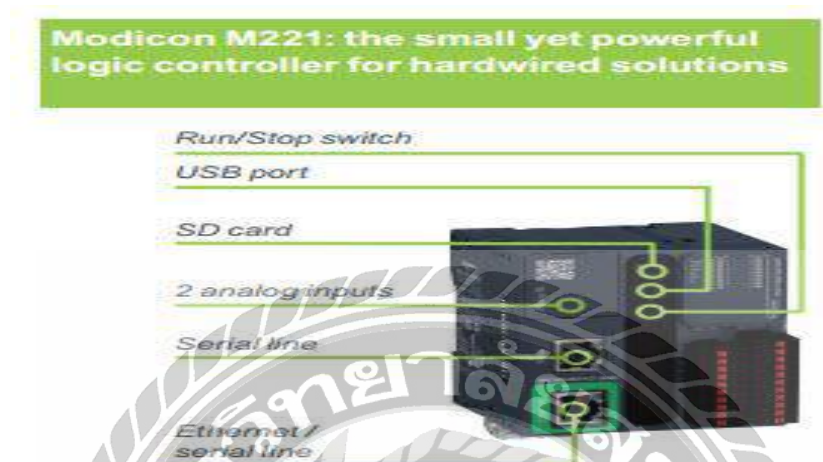
- 16 Logic I/O, Input Analog 2 ช่อง 0.10VDC
- 32 Logic I/O, Input Analog 2 ช่อง 0.10VDC

จำนวน I/O สูงสุดที่สามารถต่อเพิ่มได้ผ่าน (I/O Extension modules)

- 7 Modicon TM3 expansion Module
 - จำนวน Digital I/O ได้สูงสุด 256 I/O ซึ่งมีให้ใช้อย่างเพียงพอ บนเครื่องจักรขนาดเล็ก จนถึงขนาดกลาง
 - จำนวน Analog I/O ได้สูงสุด 58 I/O ซึ่งเพียงพอต่อการทำงาน บนเครื่องจักรขนาดเล็ก จนถึงขนาดกลาง
- 14 Modicon TM3 expansion Module with BUS expansion modules
 - จำนวน Digital I/O ได้สูงสุด 480 I/O ซึ่งมีมากที่สุด เมื่อเทียบกับ PLC ในระดับเดียวกัน
 - จำนวน Analog I/O ได้สูงสุด 114 I/O ซึ่งมีมากที่สุด เมื่อเทียบกับ PLC ในระดับเดียวกัน

การใช้ไฟเลี้ยง DC 24V. เหมาะสำหรับเครื่องจักรที่ต้องการแยกระบบไฟฟ้ากับระบบคอนโทรลเชื่อมต่อ PLC ได้หลายช่องทางเพื่อโหลดโปรแกรม ซึ่งเหนือกว่าคู่แข่งในระดับเดียวกัน

- เชื่อมต่อทาง USB เพียงแค่เสียบสายก็เชื่อมต่อกับ So Machine Basic เพื่อดาวน์โหลดโปรแกรมได้ทันที
- เชื่อมต่อทาง Ethernet ไม่ว่าจะเป็น WiFi (ผ่าน AP) หรือ Ethernet Port RJ45 แม้ไม่อยู่หน้างานก็สามารถแก้ไขโปรแกรมผ่านอินเทอร์เน็ตได้
- เชื่อมต่อทาง SD Card สามารถพกพาได้สะดวก เพียงแค่เสียบแล้วโหลดโปรแกรม



รูปที่ 2.6 ช่องเชื่อมต่อ PLC รุ่น Modicon M221 กับอุปกรณ์อื่นๆ

ช่องทางการสื่อสารกับอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ ที่เป็นมาตรฐานประกอบด้วย

- Modicon M221 มี Ethernet Link ใช้ทำงานหน้าที่เป็นช่องการสื่อสารแบบ Modbus TCP (Client & Server), รองรับการตั้งค่า IP Address แบบอัตโนมัติ (DHCP Client) เพื่อใช้ในการโปรแกรม หรือดาวน์โหลด และการทำมอนิเตอร์ (Monitoring) รวมถึงการส่ง SMS หรือ Email ทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาและเฝ้าติดตามการทำงานของเครื่องจักร
- Modicon M221 มี Serial Link ใช้ทำงานหน้าที่เป็นช่องสัญญาณสื่อสารแบบ RS232 หรือ RS485 โดยมีแหล่งจ่ายไฟให้ 5 VDC ซึ่งสามารถใช้ติดต่อกับ HMI, Temperature Controller, Drive, Energy Meter, Process Meter ต่างๆ

● ฟังก์ชันพิเศษบน MODICON PLC M221

ฟังก์ชัน Process Control สามารถทำ PID Loop control ได้ทำให้ไม่ต้องใช้ PID Controller จากภายนอก

- ฟังก์ชัน Counting โดยใช้ High Speed Counting (HSC) จำนวน 4 ช่องสามารถรับสัญญาณพัลส์ความเร็วสูงได้ เช่น Encoder, Linear เพื่อใช้ในงานวัดตำแหน่ง ควบคุมตำแหน่ง โดยความเร็วสูงสุดที่ 100 kHz ซึ่งสูงที่สุดในคู่แข่งระดับเดียวกัน

- ฟังก์ชัน Position control สามารถใช้งานควบคุมมอเตอร์ (ปกติจะมีเฉพาะ PLC ขนาดใหญ่เท่านั้น) โดยใช้
 - PWM (Pulse Width Modulation)
 - Pulse generator (PLS)
 - 2 Pulse train outputs (PTO) ผ่านรูปแบบการควบคุมตำแหน่งแบบ Trapezoidal profile และ S curve, ที่ 100 kHz

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสีย

ทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำเสียจะครอบคลุม ความหมายของน้ำเสีย ลักษณะน้ำเสีย ประเภทของน้ำเสียและผลกระทบของน้ำเสียชุมชนต่อสุขภาพอนามัย

● ความหมายของน้ำเสีย

น้ำเสีย หมายถึงน้ำที่มีสิ่งเจือปนต่าง ๆ มากมาย จนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์อีกต่อไปหรือถ้าปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติก็จะทำให้คุณภาพน้ำของธรรมชาติเสียหายได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

น้ำเสีย หมายถึง น้ำที่มีสิ่งเจือปนต่างๆ อยู่ในปริมาณสูงจนกระทั่งกลายเป็นน้ำที่ไม่เป็นที่ต้องการและน่ารังเกียจของคนทั่วไป (มันสิน ตันทุลเวศม์, 2538)

● ลักษณะน้ำเสีย

น้ำเสียเกิดจากบ้านพักอาศัยประกอบไปด้วยน้ำเสียจากกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

1. สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น เศษข้าว ก๋วยเตี๋ยว น้ำแกง เศษใบตอง พืชผัก ซึ้นเนื้อ เป็นต้น ซึ่งสามารถถูกย่อยสลายได้ โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ออกซิเจนทำให้ระดับออกซิเจนละลายน้ำ (Dissolved Oxygen) ลดลงเกิดสภาพเน่าเหม็นได้ ปริมาณของสารอินทรีย์ในน้ำนิยมนวัดด้วยค่าบีโอดี (BOD) เมื่อค่าบีโอดีในน้ำสูง แสดงว่ามีสารอินทรีย์ปะปนอยู่มาก และสภาพเน่าเหม็นจะเกิดขึ้นได้ง่าย
2. สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆ ที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ คลอไรด์, ซัลเฟต เป็นต้น
3. โลหะหนักและสารพิษ อาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น พรอท โครเมียม ทองแดง ปกติจะอยู่ในน้ำเสียจาก

โรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการเกษตร สำหรับในเขตชุมชนอาจมีสารมลพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมในครัวเรือนบางประเภท เช่น ร้านชุบโลหะ ตู้ซ่อมรถ และน้ำเสียจากโรงพยาบาล เป็นต้น

4. น้ำมันและสารลอยน้ำต่างๆ เป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสง และกีดขวางการกระจายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่ น้ำ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู
5. ของแข็ง เมื่อจมตัวสู่ก้นลำน้ำ ทำให้เกิดสภาพไร้ออกซิเจนที่ท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อการดำรงชีพของสัตว์น้ำ
6. สารก่อให้เกิดฟอง/สารชักฟอง ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ ฟองจะกีดกันการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่ น้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ
7. จุลินทรีย์ น้ำเสียจากโรงฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์ หรือโรงงานอาหารกระป๋อง จะมีจุลินทรีย์เป็นจำนวนมากจุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีวิตสามารถลดระดับของออกซิเจนละลายน้ำ ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อประชาชน เช่น จุลินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล
8. ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เมื่อมีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็วของสาหร่าย (Algae Bloom) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ระดับออกซิเจนในน้ำลดลงอย่างมากในช่วงกลางคืน อีกทั้งยังทำให้เกิดวัชพืชน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาแก่การสัญจรทางน้ำ
9. กลิ่น เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนหรือกลิ่นอื่นๆ จากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานทำปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

● ประเภทของน้ำเสีย

น้ำเสียสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. น้ำเสียจากชุมชน (Domestic wastewater)
2. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial wastewater)
3. น้ำเสียจากการเกษตร (Agricultural wastewater)

น้ำเสียจากชุมชน (Domestic wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมประจำวันของประชาชนที่อาศัยอยู่ในชุมชนรวมทั้งกิจกรรมที่เป็นอาชีพด้วย ได้แก่ น้ำเสียจากบ้านเรือน อาคาร โรงแรม โรงพยาบาล โรงเรียน ร้านค้า และอาคารสำนักงาน เป็นต้น น้ำเสียชุมชนส่วนมากจะมีสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบที่สำคัญและเป็นสาเหตุหลักของการทำให้คุณภาพน้ำในแหล่งน้ำเสื่อมโทรมลง (มั่นสิน ตันจุลเวศม์, 2542)

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภท น้ำเสียส่วนใหญ่เป็นน้ำล้างจากกระบวนการผลิตต่างๆ เช่น การล้างถังหรือภาชนะทุกประเภท ทำให้องค์ประกอบของน้ำเสียประเภทนี้ส่วนใหญ่จะมีสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ เช่น สารเคมี และโลหะหนัก เป็นต้น (มันสิน ตันกุลเวศม์, 2542)

น้ำเสียจากการเกษตร (Agricultural wastewater) ได้แก่ น้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมทางการเกษตรครอบคลุมถึงการเพาะปลูกและการเลี้ยงสัตว์ ลักษณะของน้ำเสียประเภทนี้จะมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ทั้งในรูปของสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ขึ้นอยู่กับการใช้น้ำ ปุ๋ย และสารเคมีต่างๆ ถ้าหากเป็นน้ำเสียจากพื้นที่เพาะปลูกจะพบสารอาหารจำพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสารพิษต่างๆ ในปริมาณสูง แต่ถ้าเป็นน้ำเสียจากกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์จะพบสิ่งสกปรกในรูปของสารอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ (องค์การจัดการน้ำเสีย, 2540)

● ผลกระทบของน้ำเสียชุมชนต่อสุขภาพอนามัย

โดยทั่วไปเชื้อโรคที่พบในน้ำเสียที่ก่อให้เกิดโรคต่อมนุษย์ได้ มี 4 ชนิดคือแบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว และพยาธิ โดยมีสาเหตุมาจากอุจจาระของมนุษย์ปนมากับน้ำเสีย โรคติดเชื้อจากสิ่งขับถ่ายสามารถติดต่อสู่คน มี 2 วิธี คือ เกิดจากเชื้อโรคที่อยู่ในสิ่งขับถ่ายของบุคคลหนึ่งแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมแล้วเข้าสู่บุคคลอื่น และเกิดจากเชื้อโรคจากสิ่งขับถ่ายเข้าทางปาก โดยที่สัตว์พาหนะ เช่น หนูหรือแมลงต่างๆ ที่อาศัยสิ่งขับถ่ายในการขยายพันธุ์ จะรับเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย โดยเชื้ออาจอยู่ในตัว ลำไส้ หรือในเลือดของสัตว์พาหนะนั้น โดยที่คนจะได้รับเชื้อผ่านสัตว์เหล่านั้นอีกทีหนึ่ง ซึ่งองค์การอนามัยโลก (WHO) ได้จำแนกเชื้อโรคตามลักษณะการติดเชื้อออกเป็น 6 ประเภท

ประเภทที่ 1 การติดเชื้อไวรัสและโปรโตซัว สามารถทำให้เกิดโรคได้แม้ว่าจะได้รับเชื้อเพียงเล็กน้อย และสามารถติดต่อได้ง่าย ซึ่งการปรับปรุงระบบสุขาภิบาลเพียงอย่างเดียวยังไม่พอ จะต้องให้ความรู้เกี่ยวกับสุขภาพควบคู่กันด้วย

ประเภทที่ 2 การติดเชื้อจากแบคทีเรีย จะต้องได้รับเชื้อในปริมาณที่มากพอจึงจะทำให้เกิดโรคได้ แต่ติดต่อจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งได้ยาก เชื้อนี้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมและสามารถแพร่พันธุ์ได้ดีในที่ที่เหมาะสม ซึ่งการปรับปรุงระบบสุขาภิบาลเพียงอย่างเดียวยังไม่พอ จะต้องให้ความรู้เกี่ยวกับสุขภาพควบคู่กันด้วย

ประเภทที่ 3 เชื้อชนิดนี้ทำให้เกิดโรคได้ทั้งในระยะแฝงและระยะฝังตัว ได้แก่ ไข่พยาธิ ซึ่งไม่สามารถติดต่อจากบุคคลหนึ่งไปยังอีกบุคคลหนึ่งได้โดยตรง แต่ต้องการสถานที่และสภาวะที่เหมาะสมเพื่อเจริญเติบโตเป็นตัวพยาธิและเข้าสู่ร่างกายได้ ดังนั้นการ

จัดระบบสุขาภิบาลที่ดี เช่น การกำจัดสิ่งขับถ่ายที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญ จึงเป็นการป้องกันมิให้มีสิ่งขับถ่ายปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 4 พยาธิตัวดีอาศัยอยู่ในลำไส้คน ไข่พยาธิจะปนออกมากับอุจจาระ ถ้าการกำจัดสิ่งขับถ่ายไม่เหมาะสม ก็จะทำให้สัตว์จำพวกโค กระบือ และสุกร ได้รับไข่พยาธิจากการกินหญ้าที่มีไข่พยาธิเข้าไป ซึ่งไข่พยาธินี้เมื่อเข้าไปในร่างกายสัตว์แล้วจะกลายเป็น ซีสต์ (Cyst) และฝังตัวอยู่ตามกล้ามเนื้อ คนจะได้รับพยาธิโดยการรับประทานเนื้อสัตว์ดิบ ๆ ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี เช่น การกำจัดสิ่งขับถ่ายที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญ จึงเป็นการป้องกันมิให้มีสิ่งขับถ่ายปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 5 พยาธิที่มีบางระยะของวงจรชีวิตอยู่ในน้ำ โดยพยาธิเหล่านี้จะมีระยะติดต่อดอนที่อาศัยอยู่ในน้ำ โดยจะเข้าสู่ร่างกายคนโดยการไชเข้าทางผิวหนังหรือรับประทานสัตว์น้ำที่ไม่ได้ทำให้สุก ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี จึงเป็นการป้องกันมิให้พยาธิเหล่านี้ปนเปื้อนสิ่งแวดล้อม

ประเภทที่ 6 การติดเชื้อโดยมีแมลงเป็นพาหะ แมลงที่เป็นพาหะที่สำคัญ ได้แก่ ยุง แมลงวัน โดยยุงพวก Culex pipines จะสามารถสืบพันธุ์ได้น้ำเสีย โดยเชื้อจะติดไปกับตัวแมลง เมื่อสัมผัสอาหารเชื้อก็จะปนเปื้อนกับอาหาร ดังนั้นการจัดระบบสุขาภิบาลที่ดี จึงเป็นการป้องกันพาหะเหล่านี้

ดังนั้น แนวทางหนึ่งในการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรค คือ จะต้องจัดระบบสุขาภิบาลตั้งแต่ระดับครัวเรือนไปจนถึงระดับชุมชนให้ถูกต้องเหมาะสมและควรมีระบบการจัดการและบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนที่สามารถกำจัดเชื้อโรคในน้ำทิ้งได้ก่อนที่จะระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย

ทฤษฎีเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสียจะครอบคลุมความสำคัญของระบบบำบัดน้ำเสีย การรวบรวมน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ (Activated Sludge Process) หลักการทำงานของระบบการบำบัดน้ำเสีย และระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์รูปแบบต่างๆ

ความสูงสองหมื่นฟุตเหนือพื้นโลก โมเลกุลของน้ำได้เปลี่ยนจากไอน้ำกลายเป็นหยดน้ำและเป็นฝนตกลงสู่พื้นโลก น้ำฝนเหล่านี้จะไหลผ่านพื้นที่รับน้ำและลำน้ำบนภูเขา ก่อนไหลลงสู่แม่น้ำและแหล่งเก็บกักน้ำ ซึ่งเราอาศัยใช้ประโยชน์เป็นน้ำดิบในการผลิตน้ำประปาสำหรับใช้ในกิจกรรมต่างๆ ของชุมชน หลังจาก

นั้นน้ำที่ผ่านการใช้แล้วจะเป็นน้ำเสียไหลลงสู่ท่อรวบรวมน้ำเสีย และแหล่งน้ำธรรมชาติโดยตรง หรือส่งไปบำบัดยังโรงบำบัดน้ำเสียต่อไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

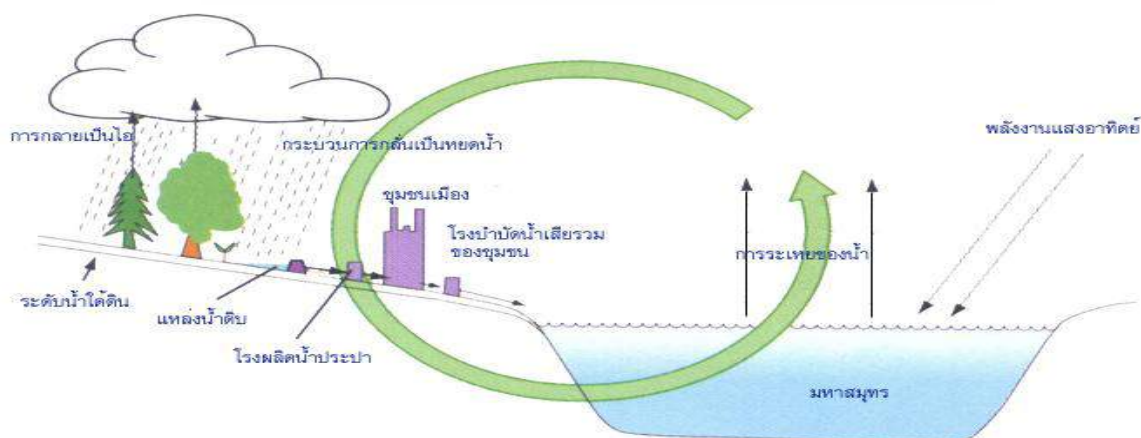
● ความสำคัญของระบบบำบัดน้ำเสีย

โรงบำบัดน้ำเสียเป็นสถานที่รวบรวมน้ำเสียจากบ้านเรือน แหล่งพาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และสถาบัน เข้าสู่กระบวนการบำบัดแบบต่าง ๆ เพื่อกำจัดมลสารที่อยู่ในน้ำเสีย ให้มีคุณภาพดีขึ้นและไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายนต่อแม่น้ำ ลำคลอง แหล่งน้ำธรรมชาติหรือสิ่งแวดล้อมโดยรอบ โดยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะถูกระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ หรือบางส่วนยังสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ในด้านการเกษตร อุตสาหกรรมและอื่นๆ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

แม้ว่าน้ำจะเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีการใช้ซ้ำหลายครั้งวนเวียนเป็นวัฏจักร และมีกระบวนการทำให้สะอาดโดยตัวมันเอง (Self Purification) แต่กระบวนการนี้ก็มีขีดความสามารถจำกัดในแต่ละแหล่งน้ำ ดังนั้น การบำบัดน้ำเสียจึงเป็นกลไกสำคัญอันหนึ่งที่จะช่วยลดภาระของแหล่งน้ำในการทำมาสะอาดตัวเองตาม ธรรมชาติและช่วยป้องกันมิให้สารมลพิษปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำดิบในการผลิตน้ำประปา (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

● การรวบรวมน้ำเสีย

ระบบท่อระบายน้ำเป็นระบบท่อที่มีการเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายที่ซับซ้อนทำหน้าที่รวบรวมน้ำเสียจากที่พักอาศัย อุตสาหกรรม ธุรกิจพาณิชยกรรม และสถาบัน ให้ไหลไปตามท่อระบายน้ำซึ่งวางอยู่ใต้ดินไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสียก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม โดยปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจะใกล้เคียงกับอัตราการใช้น้ำในชุมชนนั้น ๆ และการไหลของน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียจะแปรผันตามช่วงการใช้น้ำในแต่ละวัน และแปรผันตามฤดูกาลในแต่ละปี ทั้งนี้ระบบท่อระบายน้ำจะต้องมีความสามารถในการรองรับน้ำที่ไหลเข้าท่อระบายน้ำได้ทั้งหมดโดยไม่ก่อให้เกิดการรั่วซึมหรือทำให้เกิดน้ำท่วมขึ้นภายในชุมชน



รูปที่ 2.7 การไหลของน้ำเสียตามท่อระบายน้ำออกสู่สิ่งแวดล้อม

● การบำบัดน้ำเสีย

การเลือกระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ลักษณะของน้ำเสีย ระดับการบำบัดน้ำเสียที่ต้องการ สภาพทั่วไปของท้องถิ่น ค่าลงทุนก่อสร้างและค่าดำเนินการดูแลและบำรุงรักษา และขนาดของที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้าง เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เลือกมีความเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่น ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งได้ตามกลไกที่ใช้ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสีย ได้ดังนี้

1. การบำบัดทางกายภาพ (Physical Treatment) เป็นวิธีการแยกเอาสิ่งเจือปนออกจากน้ำเสีย เช่น ของแข็งขนาดใหญ่ ทราย กรวด เศษอาหาร กรวด ทราย ไขมันและน้ำมัน โดยใช้อุปกรณ์ในการบำบัดทางกายภาพ คือ ตะแกรงคัดขยะ ถังคัดกรวดทราย ถังคัดไขมันและน้ำมัน และถังตกตะกอน ซึ่งจะเป็นการลดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่มีในน้ำเสียเป็นหลัก
2. การบำบัดทางเคมี (Chemical Treatment) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางเคมีเพื่อทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนในน้ำเสีย วิธีการนี้จะใช้สำหรับน้ำเสียที่มีส่วนประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ ค่าพีเอชสูงหรือต่ำเกินไป มีสารพิษ มีโลหะหนัก มีของแข็งแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก มีไขมันและน้ำมันที่ละลายน้ำ มีไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสที่สูงเกินไป และมีเชื้อโรค ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี ได้แก่ ถังกวนเร็ว ถังกวนช้า ถังตกตะกอน ถังกรอง และถังฆ่าเชื้อโรค
3. การบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยใช้กระบวนการทางชีวภาพหรือจุลินทรีย์ ในการกำจัดสิ่งเจือปนในน้ำเสียโดยเฉพาะสารคาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยความสกปรกเหล่านี้จะถูกใช้เป็นอาหารและเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ในถังเลี้ยงเชื้อเพื่อการเจริญเติบโต ทำให้น้ำเสียมีค่าความสกปรกลดลง โดยจุลินทรีย์เหล่านี้อาจเป็นแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Organisms) หรือไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Organisms) ก็ได้ ระบบบำบัดน้ำเสียที่อาศัยหลักการทางชีวภาพ ได้แก่ ระบบ แอกทิเวเต็ดสลัดจ์ (Activate Sludge, AS) ระบบแผ่นจานหมุนชีวภาพ (Rotating Biological Contactor, RBC) ระบบคลอง วนเวียน (Oxidation Ditch, OD) ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon, AL) ระบบโปรยกรอง (Trickling Filter) ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (Stabilization Pond) ระบบยูเอเอสบี (Up flow Anaerobic Sludge Blanket, UASB) และ ระบบกรองไร้อากาศ (Anaerobic Filter, AF) เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

การบำบัดน้ำเสีย สามารถแบ่งได้ตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การบำบัดขั้นต้น (Preliminary Treatment) และการบำบัดเบื้องต้น (Primary Treatment) เป็นการบำบัดเพื่อแยกทราย กรวด และของแข็งขนาดใหญ่ ออกจากของเหลวหรือน้ำเสีย โดยเครื่องจักร อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย ตะแกรงหยาบ (Coarse Screen) ตะแกรงละเอียด (Fine Screen) ถังตกกรวดทราย (Grit Chamber) ถังตกตะกอนเบื้องต้น (Primary Sedimentation Tank) และเครื่องกำจัดไขมัน (Skimming Devices) การบำบัดน้ำเสียขั้นต้นสามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 50 - 70 และกำจัดสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของบีโอดีได้ ร้อยละ 25 - 40
2. การบำบัดขั้นที่สอง (Secondary Treatment) เป็นการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นและการบำบัดเบื้องต้นมาแล้ว แต่ยังคงมีของแข็งแขวนลอยขนาดเล็กและสารอินทรีย์ที่ยังที่ละลายและไม่ละลายใน น้ำเสียเหลือค้างอยู่ โดยทั่วไปการบำบัดขั้นที่สองหรือเรียกอีกอย่างว่าการบำบัดทางชีวภาพ (Biological Treatment) จะอาศัยหลักการเลี้ยงจุลินทรีย์ในระบบภายใต้สภาวะที่สามารถควบคุมได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บสารอินทรีย์ได้รวดเร็วที่เกิขึ้นตามธรรมชาติ และแยกตะกอนจุลินทรีย์ออกจากน้ำทิ้งโดยใช้ถังตกตะกอน (Secondary Sedimentation Tank) ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดีขึ้น จากนั้นจึงผ่านเข้าระบบฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคปนเปื้อน ก่อนจะระบายน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ หรือนำกลับไป ใช้ประโยชน์ (Reuse) การบำบัดน้ำเสียในขั้นนี้สามารถกำจัดของแข็งแขวนลอยและสารอินทรีย์ซึ่งวัดในรูปของ บีโอดีได้มากกว่าร้อยละ 80
3. การบำบัดขั้นสูง (Advance Treatment หรือ Tertiary Treatment) เป็นกระบวนการกำจัดสารอาหาร (ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส) สี สารแขวนลอยที่ตกตะกอนยาก และอื่น ๆ ซึ่งยังไม่ได้ถูกกำจัดโดยกระบวนการบำบัดขั้นที่สอง ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดียิ่งขึ้นเพียงพอที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ได้ นอกจากนี้ยังช่วย ป้องกันการเติบโตผิดปกติของสาหร่ายที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำเน่า แก้ไขปัญหาความน่ารังเกียจของแหล่งน้ำอันเนื่องจากสี และแก้ไขปัญหาอื่นๆ ที่ระบบบำบัดขั้นที่สองสามารถกำจัดได้ กระบวนการบำบัดขั้นสูง ได้แก่

1. การกำจัดฟอสฟอรัส ซึ่งมีทั้งแบบใช้กระบวนการทางเคมีและแบบใช้กระบวนการทางชีวภาพ
2. การกำจัดไนโตรเจน ซึ่งมีทั้งแบบใช้กระบวนการทางเคมีและแบบใช้กระบวนการทางชีวภาพ
3. การกำจัดฟอสฟอรัสและไนโตรเจนร่วมกันโดยกระบวนการทางชีวภาพ

โดยวิธีการทางชีวภาพนั้นจะมี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเปลี่ยนแอมโมเนียไนโตรเจนให้เป็นไนเตรต ที่เกิดขึ้นในสภาวะแบบใช้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่า "กระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification)" และขั้นตอนการเปลี่ยนไนเตรตให้เป็นก๊าซไนโตรเจน ซึ่งเกิดขึ้นในสภาวะไร้ออกซิเจน หรือที่เรียกว่า "กระบวนการดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification)" ซึ่งเป็นการใช้ทั้งกระบวนการแบบใช้อากาศและไม่ใช้

อากาศในการกำจัดไนโตรเจนโดยกระบวนการไนตริฟิเคชันและกระบวนการดีไนตริฟิเคชันร่วมกับกระบวนการจับใช้ฟอสฟอรัสอย่างฟุ่มเฟือย (Phosphorous Luxury Uptake) ซึ่งต้องมีการใช้กระบวนการแบบไม่ใช้ออกสาค่อด้วยกระบวนการใช้ออกสาค่อด้วยเช่นกัน ทั้งนี้จะต้องมีการประยุกต์ใช้โดยผู้มีความรู้ความเข้าใจในกระบวนการดังกล่าวเป็นอย่างดี การกรอง (Filtration) ซึ่งเป็นการกำจัดสารที่ไม่ต้องการโดยวิธีการทางกายภาพ อันได้แก่ สารแขวนลอยที่ตกตะกอนได้ยาก เป็นต้น การดูดซับ (Adsorption) ซึ่งเป็นการกำจัดสารอินทรีย์ที่มีในน้ำเสียโดยการดูดซับบนพื้นผิวของของแข็ง รวมถึงการกำจัดกลิ่นหรือก๊าซที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการเดียวกัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

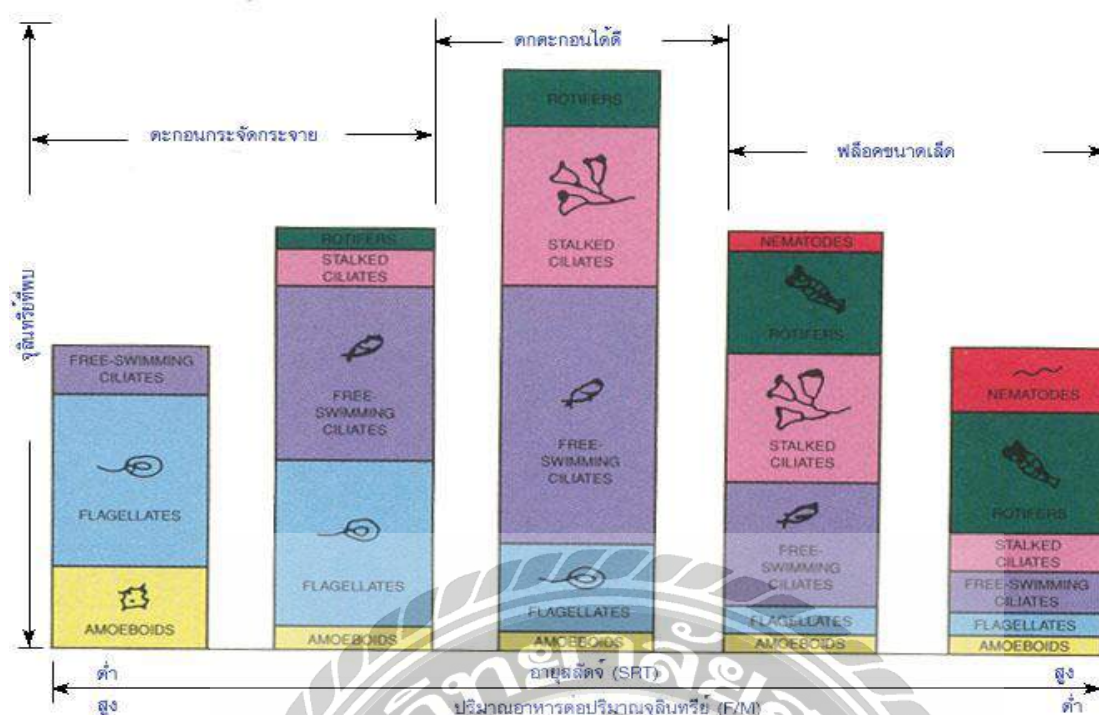
● ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทิเวเตดสลัดจ์ (Activated Sludge Process)

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทิเวเตดสลัดจ์เป็นวิธีบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการทางชีววิทยา โดยใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ระบบแอคทิเวเตดสลัดจ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถบำบัดได้ทั้งน้ำเสียชุมชนและน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่การเดินระบบประเภทนี้จะมีความยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากจำเป็นจะต้องมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมและลักษณะทางกายภาพต่างๆ ให้เหมาะสมแก่การทำงานและการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงสุด (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)

ในปัจจุบัน ระบบแอคทิเวเตดสลัดจ์มีการพัฒนาใช้งานหลายรูปแบบ เช่น ระบบแบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mix) กระบวนการปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Process) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch) หรือ ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสปีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) เป็นต้น

● หลักการทำงานของระบบการบำบัดน้ำเสีย

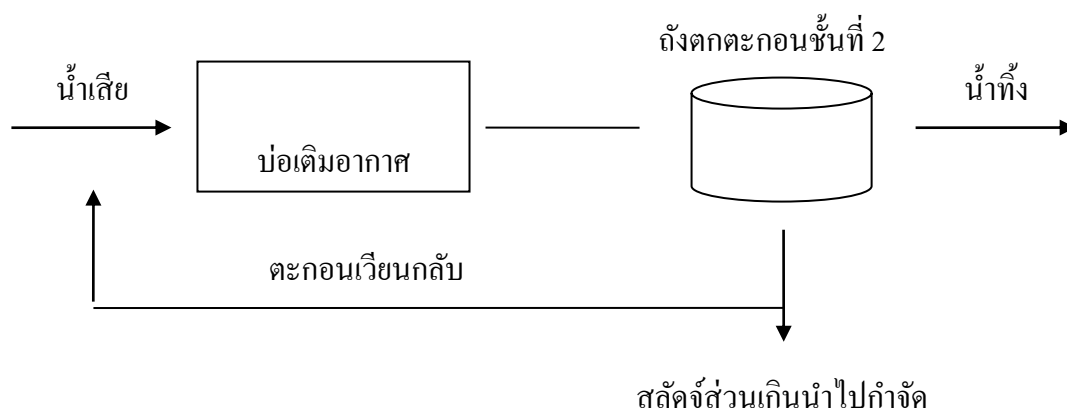
ระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคทิเวเตดสลัดจ์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ ถังเติมอากาศ (Aeration Tank) และถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) โดยน้ำเสียจะถูกส่งเข้าถังเติมอากาศ ซึ่งมีสลัดจ์อยู่เป็นจำนวนมากตามที่ต้องการไว้ สภาวะภายในถังเติมอากาศจะมีสภาพที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบแอโรบิก จุลินทรีย์เหล่านี้จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้อยู่ในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำในที่สุด น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลต่อไปยังถังตกตะกอนเพื่อแยกสลัดจ์ออกจากน้ำใส สลัดจ์ที่แยกตัวอยู่ที่ก้นถังตกตะกอนส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับเข้าไปในถังเติมอากาศใหม่เพื่อรักษาความเข้มข้นของสลัดจ์ในถังเติมอากาศให้ได้ตามที่กำหนด และอีกส่วนหนึ่งจะเป็นสลัดจ์ส่วนเกิน (Excess Sludge) ที่ต้องนำไปกำจัดต่อไป สำหรับน้ำใสส่วนบนจะเป็นน้ำทิ้งที่สามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)



รูปที่ 2.8 การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แบบแอโรบิกจุลินทรีย์

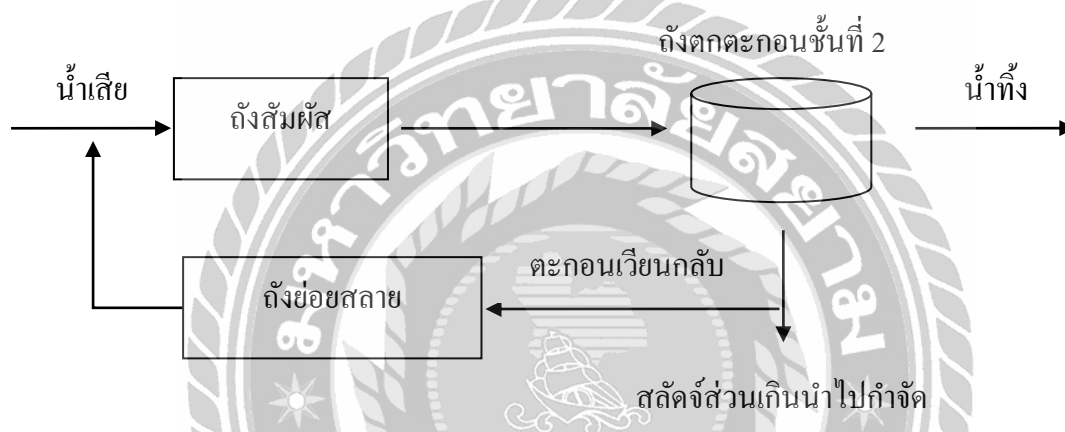
- ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์รูปแบบต่างๆ

ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed Activated Sludge: CMAS) ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบนี้ คือ จะต้องมีการเติมอากาศที่สามารถกวนให้น้ำและสลัดจ์ที่อยู่ในถังผสมเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั่วทั้งถัง ระบบแบบนี้สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Shock Load) ได้ดี เนื่องจากน้ำเสียจะกระจายไปทั่วถึง และสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในถังเติมอากาศก็มีค่าสม่ำเสมอทำให้จุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่มีอยู่มีลักษณะเดียวกันตลอดทั้งถัง (Uniform Population) (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)



รูปที่ 2.9 ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์

ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส (Contact Stabilization Activated Sludge; CSAS) ลักษณะสำคัญของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบนี้ คือ จะแบ่งถังเดิมอากาศออกเป็น 2 ถังอิสระจากกัน ได้แก่ ถังสัมผัส (Contact Tank) และถังย่อยสลาย (Stabilization Tank) โดยตะกอนที่สูบลมาจากถังตกตะกอนชั้นที่สองจะถูกส่งมาเติมอากาศใหม่ในถังย่อยสลาย จากนั้นตะกอนจะถูกส่งมาสัมผัสกับน้ำเสียในถังสัมผัส (Contact Tank) เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย ในถังสัมผัสนี้ความเข้มข้นของสลัดจ์จะลดลงตามปริมาณน้ำเสียที่ผสมเข้ามาใหม่ น้ำเสียที่ถูกบำบัดแล้วจะไหลไปยังถังตกตะกอนชั้นที่สองเพื่อแยกตะกอนกับส่วนน้ำใส โดยน้ำใสส่วนบนจะถูกระบายออกจากระบบ และตะกอนที่ก้นถังส่วนหนึ่งจะถูกสูบกลับไปเข้าถังย่อยสลาย และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปทิ้ง ทำให้อบถเติมอากาศมีขนาดเล็กกว่าบ่อเติมอากาศของระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ทั่วไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2545)



รูปที่ 2.10 ระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์แบบปรับเสถียรสัมผัส

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch; OD)

เป็นระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ (Activated Sludge) ประเภทหนึ่ง ที่ใช้แบคทีเรียพวกที่ใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เป็นตัวหลักในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และเจริญเติบโตเพิ่มจำนวน ก่อนที่จะถูกแยกออกจากน้ำทิ้งโดยวิธีการตกตะกอน

หลักการทำงานของระบบ

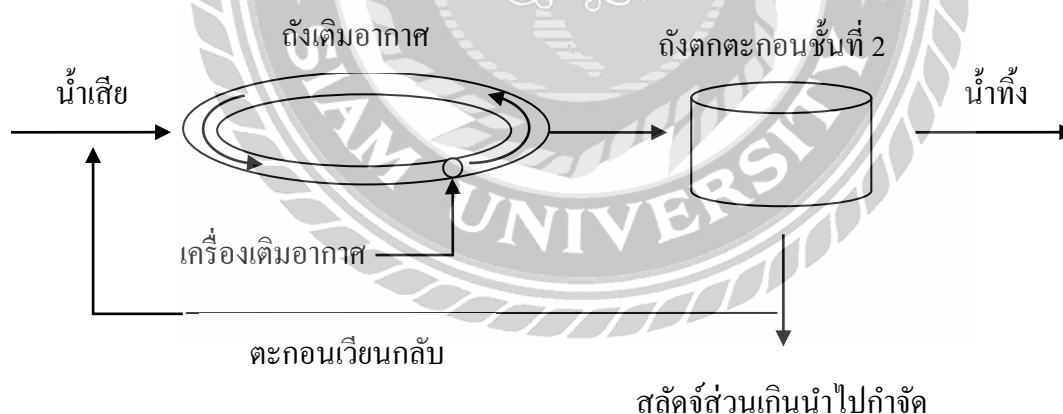
การทำงานของระบบคลองวนเวียนจะเหมือนกับระบบแอกทิเวเตดสลัดจ์โดยทั่วไป คือ อาศัยจุลินทรีย์มากมายหลายชนิด โดยจุลินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และ โปรโตซัว เป็นต้น ซึ่งสภาวะที่ใช้ในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะเป็นสภาวะแอโรบิก โดยจุลินทรีย์จะใช้สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสียเป็นแหล่งอาหารและพลังงาน เพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในระบบ จากนั้นจึงแยกจุลินทรีย์ออกจากน้ำเสียที่ผ่านบำบัดแล้ว โดยวิธีการตกตะกอนในถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) เพื่อให้ได้น้ำใส (Supernatant) อยู่ส่วนบนของถังตกตะกอน ซึ่งมีคุณภาพน้ำดีขึ้น และสามารถระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

ส่วนประกอบของระบบ

ระบบคลองงานเวียนจะมีลักษณะแตกต่างจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบอื่น คือ ถังเติมอากาศจะมีลักษณะเป็นวงกลมหรือวงรี ทำให้ระบบคลองงานเวียนจึงใช้พื้นที่มากกว่าระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบอื่น โดยรูปแบบของถังเติมอากาศแบบวงกลมหรือวงรี ทำให้น้ำไหลวนเวียนตามแนวยาว (Plug Flow) ของถังเติมอากาศ และการกวนจะใช้เครื่องกลเติมอากาศ ซึ่งตีน้ำในแนวนอน (Horizontal Surface Aerator) จากลักษณะการไหลแบบตามแนวยาวทำให้สภาวะในถังเติมอากาศแตกต่างไปจากระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบกวนสมบูรณ์ (Completely Mixed Activated Sludge) โดยค่าความเข้มข้นของออกซิเจนละลายน้ำ ในถังเติมอากาศจะลดลงเรื่อย ๆ ตามความยาวของถัง จนกระทั่งมีค่าเป็นศูนย์ เรียกว่าเขตแอน็อกซิก (Anoxic Zone) ซึ่งจะมีระยะเวลาไม่ชั่งนี้ไม่เกิน 10 นาที การที่ถังเติมอากาศมีสภาวะเช่นนี้ทำให้เกิดไนตริฟิเคชัน (Nitrification) และดีไนตริฟิเคชัน (Denitrification) ขึ้นในถังเดียวกัน ทำให้ระบบสามารถบำบัดไนโตรเจนได้ดีขึ้นด้วย

ระบบคลองงานเวียนส่วนใหญ่จะประกอบด้วยหน่วยบำบัด ดังนี้

1. รางคัดกรวดทราย (Grit Chamber)
2. บ่อปรับสภาพการไหล (Equalizing Tank)
3. บ่อเติมอากาศแบบคลองงานเวียน
4. ถังตกตะกอน (Sedimentation Tank)
5. บ่อสูบลบตะกอนหมุน

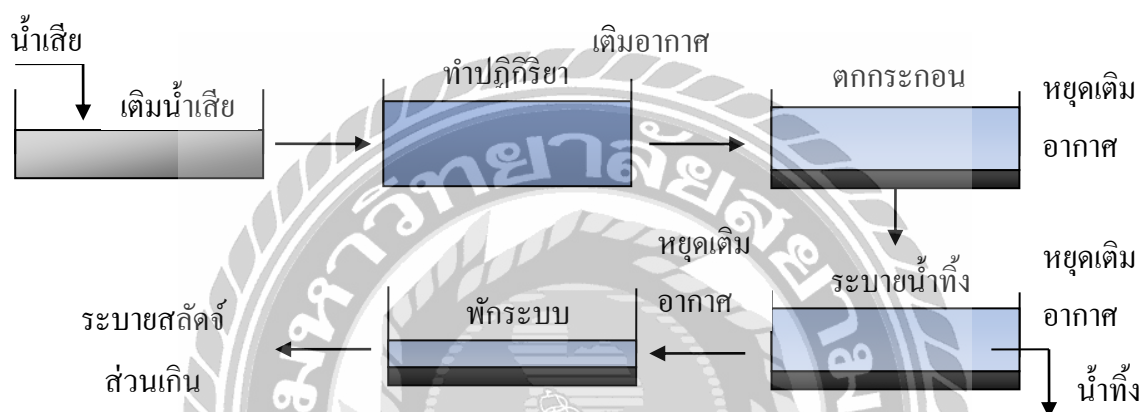


รูปที่ 2.11 ระบบคลองเวียนวน

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor) ลักษณะสำคัญของระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์แบบนี้ คือ เป็นระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์ประเภทเติมเข้า-ถ่ายออก (Fill-and-Draw Activated Sludge) โดยมีขั้นตอนในการบำบัดน้ำเสียแตกต่างจากระบบตะกอนเร่งแบบอื่น ๆ คือ การเติมอากาศ (Aeration) และการตกตะกอน (Sedimentation) จะดำเนินการเป็นไปตามลำดับภายในถังปฏิริยาเดียวกัน โดยการเดินระบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ 1 รอบการทำงาน (Cycle) จะมี 5 ช่วงตามลำดับ ดังนี้

- 1) ช่วงเติมน้ำเสีย (Fill) นำน้ำเสียเข้าระบบ
- 2) ช่วงทำปฏิกิริยา (React) เป็นการลดสารอินทรีย์ในน้ำเสีย (BOD)
- 3) ช่วงตกตะกอน (Settle) ทำให้ตะกอนจุลินทรีย์ตกลงก้นถังปฏิกิริยา
- 4) ช่วงระบายน้ำทิ้ง (Draw) ระบายน้ำที่ผ่านการบำบัด
- 5) ช่วงพักระบบ (Idle) เพื่อซ่อมแซมหรือรอรับน้ำเสียใหม่

โดยการเดินระบบสามารถเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในแต่ละช่วงได้ง่ายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการบำบัด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความยืดหยุ่นของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์



รูปที่ 2.12 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์

2.4 การวิเคราะห์และประเมินผลทางด้านเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมหมายถึง การนำเอาเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ให้สอดคล้องกับงานทางด้านวิศวกรรม เพื่อใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ใช้ให้เกิดประสิทธิภาพโดยงานวิจัยนี้ใช้หลักการการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนเพื่อการตัดสินใจ การเปรียบเทียบโครงการต่างๆ และการหาอายุการใช้งานที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากค่าซ่อมบำรุง การวิเคราะห์ประเมินผลโครงการด้านเศรษฐศาสตร์ ต้องอาศัยหลักการวิเคราะห์หลักการที่กล่าวมาในขั้นต้น ในปัจจุบันนี้การลงทุนของโครงการต่างๆ เป็นไปอย่างกว้างขวางและมีการลงทุนหลายประเภท การตัดสินใจของผู้บริหารเกี่ยวกับการลงทุน จึงต้องเลือกและมีการพิจารณาอย่างรอบคอบถึงผลตอบแทนและความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น ที่เกิดจากการลงทุนโครงการต่างๆ เทคนิคในการวิเคราะห์และประเมินโครงการมาใช้ในการตัดสินใจเพื่อให้ได้ผลประโยชน์สูงสุดจากการลงทุน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.4.1 การเปรียบเทียบโครงการต่างๆ โดยวิธีมูลค่าปัจจุบัน

การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันของโครงการมูลค่าต้นทุนเทียบเท่าปี ในปัจจุบันที่ต้องการคำนวณที่อัตราผลตอบแทนต่ำที่สุดเป็นที่น่าสนใจ วิธีการเปรียบเทียบโครงการต่างๆ โดยมูลค่าปัจจุบันสำหรับกรณีที่โครงการที่มีอายุการใช้งานเท่ากันเป็นวิธีที่นิยม เพราะเป็นวิธีที่ใช้การย้ายต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในอนาคตและประมาณการผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตมาไว้ที่เวลาปัจจุบัน ซึ่งจะสามารถเปรียบเทียบทางเลือกหลายทางเลือกได้ทันทีจากค่า Net Present Value (NPV) ที่สามารถคำนวณได้โดยการเปรียบเทียบโครงการด้วยวิธีนี้ต้องตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ต้องเป็นการเลือก ที่ต้องการจะดำเนินการเพียงโครงการเดียวจากหลาย ๆ โครงการโดยใช้หลักการทางเลือกทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมที่เลือกทางเลือกที่ดีที่สุดหรือสามารถเลือกที่จะดำเนินการได้มากกว่าหนึ่งโครงการแต่ต้นทุนรวมของโครงการที่ลงทุนทั้งหมดต้องอยู่ภายใต้งบประมาณที่กำหนดเอาไว้ หรือเลือกที่จะไม่ลงทุนในโครงการใด ๆ เลยถ้าหากพิจารณาแล้วว่าผลตอบแทนที่ได้จากการลงทุนจะไม่มีค่าคุ้มค่าโดยทั่วไปแล้วจะแบ่งประเภทของโครงการที่ต้องนำมาพิจารณาตัดสินใจเลือกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

โครงการที่มีรายได้ (Revenue Project) ลักษณะการไหลของกระแสเงินสด (Cash Flow) ที่เกิดขึ้นจะอยู่ทั้งในด้านบวกและด้านลบตลอดอายุของโครงการ โดยปกติจะเป็นโครงการที่คาดหวังผลตอบแทนจากการลงทุน เช่น โครงการลงทุนของภาคเอกชนต่างๆ เพื่อการเพิ่มยอดขายจากการลงทุนเพิ่มผลผลิตการลงทุนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพใดๆ ของธุรกิจ

โครงการของรัฐบาล (Government Project) ลักษณะการไหลของกระแสเงินสด (Cash Flow) ที่เกิดขึ้นจะอยู่ด้านลบตลอดอายุของโครงการ โดยที่มีจุดประสงค์ของการลงทุนเพื่อคุณภาพชีวิตของประชาชนที่ดียิ่งขึ้น เช่นการสร้างและปรับปรุงสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐานสวนสาธารณะเป็นต้น สำหรับหลักการในการเลือกโครงการประกอบไปด้วยกรณีที่มีทางเลือกเดียวคำนวณค่ามูลค่าปัจจุบัน (PW) ที่อัตราผลตอบแทนต่ำที่สุดที่น่าสนใจ (MARR) ถ้าผลจากการคำนวณออกมาว่าค่า $PW \geq 0$ แสดงว่าโครงการนี้ให้อัตราผลตอบแทนมากกว่าหรือเท่ากับค่า MARR ซึ่งหมายความว่าทางเลือกโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุน และกรณีที่มีสองทางเลือกหรือมากกว่า ให้ทำการคำนวณค่ามูลค่าปัจจุบัน (PW) ที่อัตราผลตอบแทนต่ำที่สุดที่น่าสนใจ (MARR) ซึ่งจะทำให้การเลือกทางเลือกโครงการที่ให้ค่ามูลค่าปัจจุบัน (PW) สูงสุด แต่ถ้าในกรณีที่เลือกโครงการที่มีรายได้ (Revenue Project) ให้เลือกโครงการที่มีค่ามูลค่าปัจจุบัน (PW) ที่เป็นลบน้อยที่สุด (วันชัย ธิจิรวิช, 2547)

2.4.2 การหาอัตราผลตอบแทนเพื่อการตัดสินใจ

การหาอัตราผลตอบแทนเพื่อการตัดสินใจ เพื่อทำการวิเคราะห์โครงการทางวิศวกรรมใด ๆ หรือจากทางเลือกต่าง ๆ นั้นการหาอัตราผลตอบแทนสำหรับโครงการหรือทางเลือกเหล่านั้นจะมีประโยชน์ต่อการตัดสินใจอย่างมากเพราะว่าโครงการหรือทางเลือกเหล่านั้นมักจะมีแผนดำเนินงานโดยต้องอาศัยเงินทุนจากการกู้ยืมจากแหล่งเงินทุนต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งจะคืนเงินส่วนที่กู้มาได้โดยอาศัยผลประโยชน์จากโครงการในระยะเวลาที่จะดำเนินการ ในอนาคต ดังนั้นการหาอัตราผลตอบแทนของโครงการหรือทางเลือกจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินใจว่าโครงการหรือทางเลือกนั้น น่าสนใจที่จะลงทุนหรือไม่ (วันชัย ธีรวัณิช, 2547)

2.4.3 การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนกรณีโครงการเดียวโดยใช้วิธีมูลค่าปัจจุบัน (PW)

การคำนวณหาอัตราผลตอบแทน (ROR) ของกระแสเงินของโครงการเดียวใด ๆ สามารถคำนวณได้จากการใช้สมการของมูลค่าปัจจุบัน (PW) หรือมูลค่ารายปี (AW) อย่างใดอย่างหนึ่งการใช้สมการมูลค่าปัจจุบันสามารถทำได้โดยกำหนดให้มูลค่าปัจจุบันของต้นทุนหรือค่าใช้จ่าย (Present Worth of Disbursement PW_D) เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของรายได้หรือรายรับ (Present Worth of Receipt, PW_R) ซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการดังนี้

$$PW_D = PW_R \quad (2.1)$$

จากนั้นย้ายข้างมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย (PW_D) เพื่อให้สมการมีค่าเท่ากับศูนย์แล้วจึงแก้สมการเพื่อหาค่าผลตอบแทนต่อไปซึ่งสามารถเขียนในรูปสมการดังนี้

$$0 = -PW_D + PW_R \quad (2.2)$$

ค่าอัตราดอกเบี้ย (Interest Rate, i) ที่คำนวณได้ทั้งสมการ (2.2) เป็นอัตราผลตอบแทนที่ทำให้สมการเป็นจริงคืออัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (i^*) การตัดสินใจว่าโครงการทางเลือกใด ๆ สมควรจะถูกเลือกทำโครงการหรือไม่นั้นทำได้โดยการนำเอาอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (i^*) มาเปรียบเทียบกับอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่สนใจ โดยสามารถแบ่งออกตามเกณฑ์ได้เป็น 2 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ถ้า $i^* \geq \text{MARR}$ ยอมรับโครงการ

กรณีที่ 2 ถ้า $i^* < \text{MARR}$ ยอมรับโครงการ

2.4.4 การตัดสินใจทดแทนทรัพย์สิน (Replacement Decision)

การตัดสินใจทดแทน เป็นขั้นตอนของกระบวนการตัดสินใจที่ใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเข้ามาใช้เป็นเครื่องมือประกอบการตัดสินใจซึ่งการตัดสินใจทดแทนทรัพย์สินหรือการตัดสินใจคงไว้ (Retention Decision) ซึ่งทรัพย์สินเดิมจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อทรัพย์สินที่มีอยู่หรือที่กำลังใช้งานอยู่เริ่มเสื่อมคุณค่า (Value) แล้วส่งผลกระทบต่อการทำงานในภาพรวมโดยในเบื้องต้นการเสื่อมคุณค่าของทรัพย์สินนั้นสาเหตุอาจเนื่องมาจากคุณลักษณะทางกายภาพ (Physical) ของทรัพย์สินเองเช่นเกิดความเสียหายแตกหักหรือชำรุดเป็นต้นและอีกสาเหตุของการเสื่อมคุณค่าอันเนื่องมาจากลักษณะผลงาน (Output) ที่ได้มาจากการใช้ทรัพย์สินนั้นเช่นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำลงปริมาณของเสียมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญหรือใช้เวลาในการผลิตนานขึ้นทำให้ระยะเวลาในการใช้ทรัพย์สินยาวนานขึ้นแล้วส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายซ่อมบำรุงสูงขึ้นเป็นต้นซึ่งจะประกอบด้วย

ความรู้ทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับการทดแทนทรัพย์สิน

อายุการใช้งานที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Service Life, ESL)

อายุการใช้งานที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีค่าซ่อมบำรุงเพิ่มขึ้นเท่ากันทุกปี

ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ต้องมีการเปรียบเทียบความคุ้มค่าในการต้องลง จึงใช้หลักการคำนวณหาอายุการใช้งานที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีค่าซ่อมบำรุงเพิ่มขึ้นเท่ากันทุกปี จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับอายุการใช้งานที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (ESL) ของทรัพย์สินในกรณีค่าซ่อมบำรุงเพิ่มขึ้นอย่างเท่า ๆ กัน เพื่อที่จะวิเคราะห์ดูว่าค่าซ่อมบำรุงเพิ่มขึ้นเท่า ๆ กันทุกช่วงเวลาของการใช้งานทรัพย์สินนั้น ๆ มีอิทธิพลอย่างไรกับอายุการใช้งานที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของทรัพย์สินโดยจะพิจารณาจากอัตราดอกเบี้ยในส่วนที่จะเกิดในอนาคตประกอบการวิเคราะห์โดยพิจารณาวิเคราะห์จากผลของการคำนวณที่ได้ผลลัพธ์ (วันชัย ธิจิรวิช, 2547)

ตารางที่ 2.1 การคำนวณหาอายุการใช้งานที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีไม่คิดดอกเบี้ย

ปีที่	ค่าซ่อมบำรุงของ แต่ละปี (บาท)	ค่าซ่อมบำรุงรวม n ปี (บาท)	ค่าซ่อมบำรุงโดย เฉลี่ย n ปี (บาท)	ค่าเฉลี่ยต้นทุนทรัพย์สิน เมื่อใช้งาน n ปี (บาท)	ค่าใช้จ่าย รายปี (บาท)
1	0	0	0	800,000	800,000
2	100,000	100,000	50,000	400,000	450,000
3	200,000	300,000	100,000	266,700	366,700
4	300,000	600,000	150,000	200,000	350,000
5	400,000	1,000,000	200,000	160,000	360,000
6	500,000	1,500,000	250,000	133,300	383,300

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการบำบัดน้ำเสียมุ่งดังนี้

สุรพล สายพานิช (2537) ได้ทำการศึกษาว่า ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนั้น โดยทั่วไป มีหลายระบบแต่ระบบเป็นที่นิยมใช้และมีความเหมาะสมกับการบำบัดน้ำเสียชุมชน และในอาคารต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1) ระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge) ซึ่งมีหลายรูปแบบด้วยกันตัวอย่างเช่น

- ระบบ High-Rate Activated Sludge
- ระบบ Conventional Activated Sludge
- ระบบ Extended Aeration Process
- ระบบ Two Stage Activated Sludge

2) ระบบ Waste Stabitzation Pond

3) ระบบ Aetated Lagcon

การพิจารณาเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน เป็นปัจจัยสำคัญซึ่งเป็นตัวกำหนดให้ ได้แก่ ขนาดและตำแหน่งที่ตั้งของที่ดินที่สามารถจัดทำก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย โดยจะต้องพิจารณาควบคู่ไปกับความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม พร้อมทั้งทางด้านประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย การดำเนินการและการบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียเป็นต้น องค์ประกอบต่างๆ ที่ต้องนำมาพิจารณาในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย ได้แก่

- 1) ขนาดบ่อของระบบบำบัดน้ำเสีย
- 2) ประสิทธิภาพและความหนาแน่นในการดำเนินการในระบบบำบัดน้ำเสีย
- 3) ความสะดวกในการดำเนินการและบำรุงรักษาในระบบบำบัดน้ำเสีย
- 4) ความสามารถในการรองรับภาระบรรทุกเกินพิกัดที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสีย
- 5) ความยืดหยุ่นของระบบบำบัดน้ำเสีย
- 6) การดัดแปลงระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อใช้งานในอนาคตเพื่อรองรับปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นในอนาคต
- 7) ราคาก่อสร้าง และการดำเนินการต่างๆ
- 8) ค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการดำเนินการและการบำรุงรักษาของระบบบำบัดน้ำเสีย
- 9) ผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและชุมชนใกล้เคียงบริเวณบ่อบำบัดน้ำเสีย
- 10) เทคโนโลยีที่จำเป็นสำหรับการก่อสร้างและการดำเนินการเพื่อให้สะดวกกับผู้ดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย

โดยสรุปแล้วในการพิจารณาว่าระบบบำบัดน้ำเสียใดเป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมที่สุด จะต้องคำนึงถึงขนาดที่ดินที่สามารถจัดหาได้รวมถึงความเหมาะสมทางวิศวกรรมและความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

สุจินต์ ขาญณรงค์ (2537) ศึกษาการควบคุมดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย ตัวระบบบำบัดน้ำเสียต้องทำงานตลอด 24 ชั่วโมง โดยไม่มีการหยุดโดยมีสิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการควบคุมดูแลคือ

1. มีหน่วยงานในการที่จะรับผิดชอบดูแลซ่อมบำรุง ปัจจุบันงบประมาณเป็นของกองสาธารณสุข
2. แผนปฏิบัติการหรือแผนงานที่ต้องปฏิบัติเพื่อบริหารงานและมีงบประมาณค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา
3. บุคลากรที่มีคุณภาพระดับวิศวกร นักวิทยาศาสตร์ และช่างมักโยกย้ายก่อปัญหาขาดความต่อเนื่องของข้อมูลประสบการณ์
4. การติดตามประเมินผล ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียและอื่นๆ
5. การซ่อมบำรุงตามกำหนดระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์เครื่องจักร

สันทนต์ ศิริอนันต์ไพบูลย์, อัญญาจร ชาวชน, นพรัตน์ ชัยเรือง (2558) จากการศึกษาประสิทธิภาพของระบบเอสปีอาร์ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีสิ่งปนเปื้อนจากสีย้อมไครเร็กซ์ (Direct Red 23 และ Direct Blue 15) โดยทำการศึกษา 2 การทดลองดังนี้

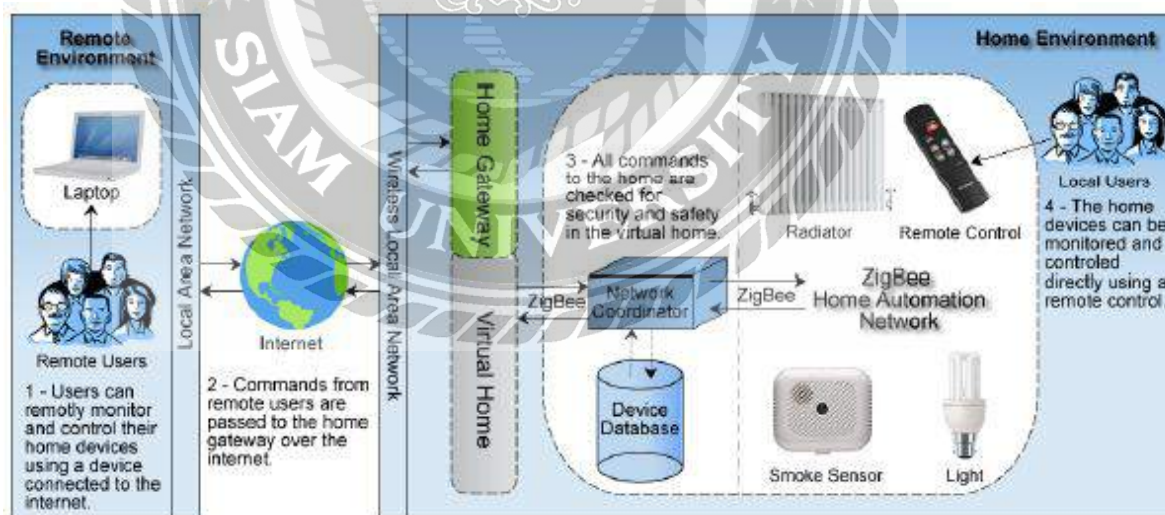
- 1) ผลของความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ (Mixed Liquor Suspended Solids; MLSS) ที่ความเข้มข้นของจุลินทรีย์เท่ากับ 1,500 2,500 และ 3,500 มก./ล.
- 2) ผลของระยะเวลาเก็บกักน้ำ (Hydraulic Retention Time; HRT) มีระยะเวลากักเก็บน้ำเท่ากับ 2.5, 5 และ 7.5 วัน (หรือมีอัตราภาระบรรทุกภาระสารอินทรีย์เท่ากับ 0.34, 0.17 และ 0.11 กก. บีโอดี/ลบ.ม.-วัน ตามลำดับ)

การทดลองนี้มีเวลาการเดินระบบบำบัดน้ำเสียเท่ากับ 24 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของสีย้อมและสารอินทรีย์ด้วยระบบเอสปีอาร์ จะมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อระบบบำบัดน้ำเสียมีความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์ที่เหมาะสมและที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำที่สูงขึ้น (อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์มีค่าลดลง) นอกจากนี้ระบบบำบัดยังมีประสิทธิภาพในการบำบัดสี Direct Red 23 สูงกว่าสี Direct Blue 15 และเมื่อควบคุมระบบบำบัดดังกล่าวที่ความเข้มข้นของตะกอนจุลินทรีย์เท่ากับ 2,500 มก./ล. และระยะเวลากักเก็บน้ำเท่ากับ 7.5 วัน (อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์เท่ากับ 0.11 กก. บีโอดี/ลบ.ม.-วัน) ระบบบำบัดน้ำเสียจะมีประสิทธิภาพ ในการกำจัดสีย้อมและบำบัดสารอินทรีย์สูงที่สุด คือมากกว่าร้อยละ 90 นอกจากนี้ ระบบบำบัดแบบเอสปีอาร์ยังสามารถบำบัดสารอินทรีย์ในโตรเจนในรูปของแอมโมเนียไนโตรเจน และไนเตรทได้ดีอีกด้วย

วรทัย เดชตานนท์ (2544) การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการบำบัดน้ำเสียด้วยแบบจำลอง ระบบ เอสบีอาร์ โดยใช้ น้ำเสียจากอาคารทับแก้วพาเลซ สถาบันราชภัฏนครราชสีมา ทำการทดลองที่ ห้องปฏิบัติการวิศวกรรม สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีวัตถุประสงค์เพื่อหา ประสิทธิภาพ ในการบำบัด และสัมประสิทธิ์ทางจลนศาสตร์ของระบบ เอสบีอาร์ เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ อาหารและจุลินทรีย์ ในถังปฏิกรณ์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ชุด ที่มีระยะเวลา เติบโตอากาศที่แตกต่างกันที่ 6, 8, 10 และ 12 ชั่วโมงตามลำดับ จากการทดลองพบว่าการบำบัดค่า Biochemical Oxygen Demand (BOD) ได้ในปริมาณที่สูงขึ้นตามระยะเวลาเติบโตอากาศที่มากขึ้น โดยที่มีประสิทธิภาพการบำบัดค่า BOD อยู่ ในช่วงระหว่าง 68-86% จุลินทรีย์มีอัตราการเปลี่ยนแปลงวัดในรูปของค่า Volatile Suspended Solids (VSS) ที่น้อยมาก ปริมาณไนโตรเจนลดลง 95% โดยเปลี่ยนรูปไปเป็น Nitrate (NO_3) จากปฏิกิริยา Nitrification และปริมาณฟอสฟอรัสลดลง 89.5% จากค่า สัมประสิทธิ์ทางจลนศาสตร์ของ Monod ที่ได้ การลดลงของ BOD ในระบบเอสบีอาร์ได้ถูกเขียนแบบและพบว่า ระยะเวลาเติบโตอากาศ ที่ได้คือ 27 ชั่วโมง สามารถลดค่า BOD ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง จากอาคารที่กำหนดไว้

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง PLC มีดังนี้

Gill, Shuang-Hua, Fang and Xin (2009) ZigBee-Based Home Automation System นำเสนอ แนวคิดของการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในบ้านจากระยะไกลผ่านเครือข่าย Internet โดยมีการกล่าวถึงระบบ Home Automation แบบเดิมคือรูปแบบพร้อมระบุปัญหาของระบบไว้



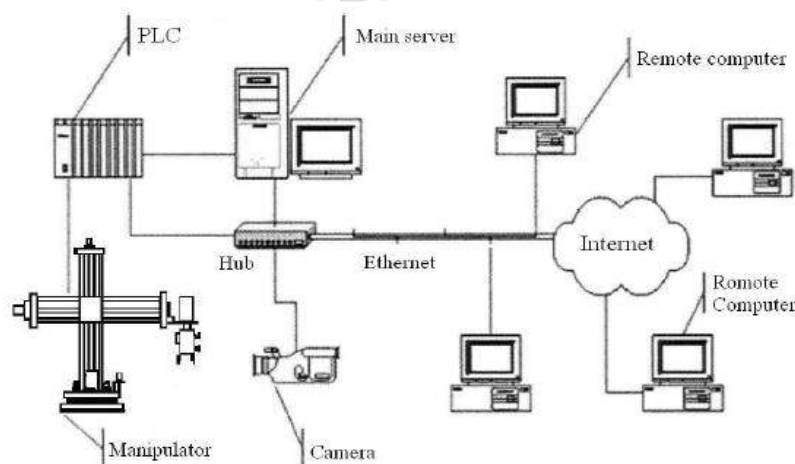
รูปที่ 2.13 แนวคิด ZigBee-Based Home Automation System

งานวิจัยนี้เสนอแนวคิดของระบบที่สามารถควบคุม PLC และติดตามสถานะของ Sensor จากระยะไกล ทั้งจากคอมพิวเตอร์ Notebook และ โทรศัพท์เคลื่อนที่โดยนำเสนอแนวคิดของการแปลงรูปแบบคำสั่งให้ส่งผ่านอินเทอร์เน็ตได้ การจัดการระบบแบบ Multi User และแนวคิดด้านการจัดการความมั่นคง

ปลอดภัยของระบบ โดยระบบที่ Implement ขึ้นตามแนวคิดนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งาน PLC โดยไม่ต้องจำกัดระยะทางของเครื่องควบคุมด้วยสายเคเบิลอีกต่อไปผลการวิจัยที่ได้จากการทดลอง Implement ระบบขึ้นจริงพบว่า ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง เชื่อถือได้ เนื่องจากมีการควบคุมด้านความถูกต้องของการส่งข้อมูลทั้งระบบ โดยการรับส่งข้อมูลระยะไกลแบบไร้สายในโรงงานจะถูกควบคุมความถูกต้องด้วย Zigbee Protocol Stack ส่วนการรับส่งข้อมูลระยะไกลระหว่างอินเทอร์เน็ต จะควบคุมความถูกต้องด้วย TCP/IP Protocol Suit สำหรับปัจจัยที่มีผลให้ความเร็วในการตอบสนองของระบบในฝั่ง Remote Site มีความแตกต่างกันออกไปก็คือ ประสิทธิภาพและความหนาแน่นของเครือข่ายอินเทอร์เน็ตที่มีความแตกต่างกันออกไปในแต่ละพื้นที่ ส่วนประสิทธิภาพของระบบที่ทำงานอยู่ในฝั่ง Factory Site นั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการเลือกใช้อุปกรณ์ที่ใช้ Implement ในส่วน GATEWAY และ BACK OFFICE เป็นสำคัญประโยชน์ที่สำคัญอีกประการของระบบนี้คือสามารถนำไปปรับใช้ควบคุมอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ Serial Interface ได้ทันทีสำหรับข้อจำกัดของระบบที่พัฒนาขึ้นคือระบบนี้ถูกออกแบบมาให้ใช้ควบคุมอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบ Serial Interface เท่านั้น

Hui and Jing (2011) Study on remote PLC experiment system based on web เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดของการแสดงสถานะของ PLC ในรูปแบบ GUI เรียกว่า Virtual Control Interface (VCI) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนแบบระยะไกลซึ่ง VCI นี้พัฒนาขึ้นในรูปแบบเว็บเพจเพื่อให้ผู้เรียนจากระยะไกลสามารถทดลองควบคุมการทำงานของ PLC จากระยะไกลโดยตัวอย่างของ VCI

ระบบนี้ออกแบบเพื่อให้สั่งงาน PLC จากระยะไกล การทำงานเริ่มต้นโดยผู้ใช้งานใช้ Web Browser เข้าไป Web Server ซึ่งมีการพัฒนา VCI ไว้ในรูปแบบของ Java Applet และ Java Script จากนั้นก็สามารถทดสอบการสั่งงาน PLC ได้ด้วยการกดปุ่มต่าง ๆ บน VCI ซึ่งเมื่อ VCI ได้รับคำสั่งแล้วก็จะส่งสัญญาณควบคุมไปยัง PLC ตัวจริงที่เชื่อมต่ออยู่จากนั้น VCI ก็จะอ่านผลลัพธ์จากการสั่งงานครั้งนั้นจาก PLC ตัวจริงกลับมาอัปเดตสถานะที่แสดงอยู่บน VCI ให้ได้เห็นผลลัพธ์การทำงานของ PLC



รูปที่ 2.14 โครงสร้าง Study on remote PLC experiment system based on web

เมื่อจะประยุกต์ระบบนี้มาใช้งานควบคุมจริงภายในโรงงานควรเปลี่ยนเครือข่ายภายในโรงงานเป็นแบบไร้สายระยะไกลเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยน Topology ของเครือข่ายภายในโรงงานได้สะดวกตามการจัดวางเครื่องจักรภายในโรงงานตามผังโรงงานที่จะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตรวมถึงต้องมีการออกแบบระบบการจัดการ Multi User และ Multi Device เพื่อให้เหมาะกับลักษณะการทำงานของโรงงานซึ่งจะมีผู้ควบคุมหลายคนและมีอุปกรณ์ PLC หลายหน่วยนอกจากนี้ยังควรออกแบบรูปแบบการติดต่อสื่อสาร และการรักษาความปลอดภัยของระบบเมื่อส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตให้มีความถูกต้อง ปลอดภัย และรัดกุม

ไวยพจน์ ศุภวรรณเสถียร (2556) จากการทดลองเพื่อผลการออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส ด้วยโปรแกรม CX-Programmer ร่วมกับชุดทดลอง PLC รุ่น CP1L ทั้ง 6 วงจร ได้แก่

1. วงจรสตาร์ทตรง (Direct Start)
2. วงจรกลับทางหมุนหลังจากหยุด (Reversing after Stop)
3. วงจรทำงานตามลำดับ (Sequence Run)
4. วงจรสตาร์ทตามลำดับ (Sequence Start)
5. วงจรสตาร์ทสตาร์-รันเดลต้า (Start Star-Run Delta) และ
6. วงจรสตาร์ทสตาร์-รันเดลต้า/กลับทางหมุน (Start Star-Run Delta/Reversing)

โดยทั้ง 6 วงจรได้ผลการทดลองเป็นไปตามหลักการที่นำเสนอทุกประการจึงสรุปว่าวงจรที่ออกแบบทั้งหมดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการควบคุมมอเตอร์ในงานอุตสาหกรรมได้นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อขยายการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติโดยพีแอลซีได้

เจตนิพัทธ์ ต้นสกุล, ฉัตรชัย อินทวงษ์, วิทยา เบ้าสิงห์สวย, สิทธิชัย สิงห์มหาไชย, รุ่งเรือง เพ็ญกุลกิจ, จิระพจน์ ประพิน, กมล มาสุข (2561) จากการจัดชุดควบคุมปั๊มสูบน้ำจากน้ำบาดาลอัตโนมัตินั้นต้องมีการตั้งค่าการไหลของกาน้ำตาลโดยใช้ Inverter เป็นตัวควบคุมการไหลของกาน้ำตาลโดยกำหนดการไหลของกาน้ำตาลอยู่ที่ $30 \text{ M}^3/\text{hr}$ จากความคลาดเคลื่อนที่มีความคงที่ เนื่องจากมีความหนืดในการไหลของกาน้ำตาลที่จะมีการหยุดไหลหลังจากการสั่งปิดปั๊มทำให้มีกาน้ำตาลเกินค่าที่ 100 ลิตร ในการทำงานแต่ละครั้ง ดังนั้นเพื่อให้ได้ปริมาณกาน้ำตาลที่แม่นยำตามที่มีความต้องการ ผู้วิจัยจึงต้องคิดสูตรในการตั้งค่ากาน้ำตาลเมื่อเกิดการใช้ชุดควบคุมปั๊มสูบน้ำจากน้ำบาดาลอัตโนมัติ ดังนั้น

ปริมาณกาน้ำตาลที่ต้องกำหนด = ปริมาณกาน้ำตาลที่ต้องการ - 100 ลิตร ตามกระบวนการหมักการน้ำตาลของโรงงาน

ขั้นตอนที่ 1 มีความต้องการใช้กาน้ำตาล 28,000 ลิตร มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 100 ลิตร ดังนั้นค่าที่ต้องป้อนเข้าสู่ชุดควบคุมด้วยการสั่งการของพีแอลซีนั่น ปั๊มสูบน้ำ

กากน้ำตาลอัตโนมัติ คือ 27,900 ลิตร ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนจึงเท่ากับร้อยละ 0.357

ขั้นตอนที่ 2 ของการหมักมีความต้องการใช้กากน้ำตาล 14,000 ลิตร ดังนั้นค่าที่ต้องการกำหนดให้กับชุดควบคุมอัตโนมัติของปั๊มสูบลกากน้ำตาลอัตโนมัติ คือ 13,900 ลิตร ค่าความคลาดเคลื่อนคิดเป็นร้อยละ 0.714

จากผลทดลองสามารถสังเกตได้ว่าการใช้ปริมาณกากน้ำตาลมากเท่าใด ร้อยละของค่าความผิดพลาดยิ่งน้อยลงเท่านั้นเพราะปริมาณของกากน้ำตาลที่ต้องการเพิ่ม แต่ค่าความผิดพลาดมีค่าคงที่ ซึ่งเป็นค่าผิดพลาดที่เกิดจากลักษณะทางธรรมชาติของกากน้ำตาลที่สามารถปรับให้ได้ตามปริมาณที่ต้องการ ดังนั้นเมื่อใช้สูตรที่วิจัยคิดค้นขึ้นเพื่อกำหนดปริมาณที่ต้องป้อนชุดควบคุมปั๊มสูบลกากน้ำตาลอัตโนมัติ แม้มีความผิดพลาดเกิดขึ้นก็ยังทำให้ได้ ปริมาณกากน้ำตาลตามที่ต้องการอย่างแม่นยำ และเมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุมด้วยคนที่มีค่าความผิดพลาดสูงสุดถึงร้อยละ 10 จึงกล่าวได้ว่าชุดควบคุมปั๊มสูบลกากน้ำตาลอัตโนมัติ ช่วยให้การสูบลกากน้ำตาลเข้าสู่ระบบการหมักสามารถทำได้เป็นไปอย่างต่อเนื่องตามมีประสิทธิภาพสูง และช่วยประหยัดต้นทุนการผลิตได้เป็นมูลค่าสูง เหมาะแก่การนำไปใช้ กับบริษัทได้ตามความต้องการ การทำงานของชุดควบคุมปั๊มสูบลกากน้ำตาลอัตโนมัติได้อีก เช่น เพิ่มการควบคุมการเปิด-ปิดวาล์ว เป็นต้นและเนื่องจากระบบการควบคุมมอเตอร์ปั๊มที่มีการใช้ Inverter เป็นตัวควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนเป็นจำนวนมาก การพัฒนาและต่อยอดของระบบอัตโนมัติที่มีสัญญาณรบกวนจำนวนมากควรเลือกใช้ระบบ PLC ซึ่งใช้งานได้ดีกับระบบที่มี Inverter ในระบบควบคุมอัตโนมัติ

บทที่ 3

การดำเนินการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการพิจารณาระบบการควบคุมอัตโนมัติระบบบำบัดน้ำเสียให้เกิดเป็นระบบที่เกิดเสถียรภาพรวมทั้งการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการส่งข้อมูลสถานะต่างๆ ซึ่งมีการนำเอารูปแบบการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรมรูปแบบหนึ่งมาใช้โดยจะมีการส่งข้อมูลแบบในลักษณะเป็นการเดินสายไฟเชื่อมต่อเครือข่าย และการศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อพิจารณาความคุ้มค่าสำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย ขั้นตอนการดำเนินการศึกษามีดังต่อไปนี้

1. ศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาในระบบการบำบัดน้ำเสีย
2. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาการปรับปรุงและแก้ไขการสั่งงานระบบการควบคุมอัตโนมัติ
4. ศึกษาการทดสอบของเครื่องจักรและค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย
5. วิเคราะห์ต้นทุนในการลงทุนที่จะใช้พีแอลซี มาแทนวงจรรีเลย์

3.1 การศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาในระบบการบำบัดน้ำเสีย

ในการศึกษาความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาในระบบการบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะเป็นการศึกษาน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากสถานกลางบางชื่อ จากอาคารต่างๆ ที่มีแหล่งกำเนิดจากห้องปฏิบัติการ ห้องน้ำ โรงอาคาร บริษัทในพื้นที่เช่า หอพักพนักงาน เป็นต้น

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ออกแบบสำหรับสถานกลางบางชื่อเป็นระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor (SBR)) เป็นระบบที่ออกแบบไว้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและลดการใช้พลังงาน ระบบการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR จะใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียและทำการตกตะกอนในบ่อ SBR (แยกชั้นน้ำใสกับชั้นตะกอน) หลังจากนั้นทำการสูบน้ำใสด้านบนตะกอนซึ่งผ่านการบำบัดแล้วนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในพื้นที่สถานกลางบางชื่อ ปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสียในโครงการสามารถรองรับน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ ได้ประมาณ 1,800 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน การควบคุมการทำงานเป็นส่วนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับการสั่งงาน การตรวจสอบ และการบันทึกผลการการทำงานของเครื่องสูบน้ำเสีย เครื่องเติมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสีย และการบันทึกข้อมูลการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์

พร้อมทั้งข้อมูลของน้ำที่จะเข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญเป็นอย่างมาก ในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ ในโครงการสถานีกกลางบางซื่อ ปัจจุบันการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียเป็นการใช้ระบบวงจรรีเลย์ซึ่งเป็นระบบที่ไม่เป็นอัตโนมัติ มีการใช้การทำงานของคนเป็นส่วนใหญ่ในการดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นระบบที่ขาดประสิทธิภาพในการจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย ไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ส่วนของปัญหาน้ำเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคต จึงจำเป็นต้องศึกษาโดยใช้การควบคุมอัตโนมัติเป็นเครื่องในการควบคุมการทำงานของ เครื่องมือต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียอุปกรณ์ที่เลือกใช้เป็น โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ หรือพีแอลซี (Programmable logic Control (PLC)) ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแลที่สูง แต่การทำงานไม่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงการทำงานก็สามารถทำได้รวดเร็ว และยัง สามารถส่งข้อมูลที่จำเป็นเป็นแบบอัตโนมัติได้ การศึกษานี้จะทำการเปรียบเทียบการทำงานของระบบเดิมคือระบบที่ใช้วงจรรีเลย์เป็นเครื่องมือ กับระบบควบคุมแบบอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซี รวมทั้งการเปรียบเทียบต้นทุนการใช้อุปกรณ์ของระบบเดิมคือวงจรรีเลย์และการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยการใช้ พีแอลซี ในตัวควบคุม

3.2 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาที่ประกอบด้วยการเลือกใช้เครื่องมือต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของระบบบำบัดน้ำเสียที่จะทำการวิจัย อีกทั้งยังต้องสามารถเลือกหา หรือสามารถปรับเปลี่ยนความสามารถของอุปกรณ์ได้ตามความต้องการของผู้เดินระบบบำบัดน้ำเสีย ในการศึกษาครั้งนี้จะประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ ดังนี้

1. ศึกษากระบวนการบำบัดน้ำเสียที่สามารถปรับปรุงสู่การใช้ระบบการควบคุมอัตโนมัติ
2. ศึกษาคุณสมบัติของพีแอลซี
3. ศึกษาการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียร่วมกับผู้ออกแบบวงจร
4. ศึกษาข้อมูลอุปกรณ์และการเลือกใช้

3.2.1 การศึกษาระบบการบำบัดน้ำเสียที่สามารถปรับปรุงสู่การใช้ระบบการควบคุมอัตโนมัติ

การศึกษาระบบการบำบัดน้ำเสียที่สามารถปรับปรุงสู่การใช้ระบบการควบคุมอัตโนมัติ เป็นการศึกษาหลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียในโครงการ สถานีกกลางบางซื่อ ซึ่งทางโครงการได้ก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียที่มีพื้นที่จำกัด และเลือกใช้เป็นระบบตะกอนเร่ง AS (Activated sludge) แบบ SBR

(Sequencing Batch Reactor) ระบบตะกอนเร่ง AS หรือระบบเลี้ยงเป็นการศึกษาองค์ประกอบหลักของระบบบำบัดน้ำเสียชนิด SBR ดังนี้

1. บ่อสูบน้ำเสีย
2. บ่อเติมอากาศ - ตกตะกอน
3. บ่อเก็บตกตะกอน
4. บ่อฆ่าเชื้อโรค หรือถังสัมผัสคลอรีน
5. บ่อน้ำใส

3.2.2 การศึกษาคุณสมบัติของพีแอลซี

การศึกษาคูณสมบัติของพีแอลซีเพื่อการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย ในโครงการ สถานีกลางบางซื่อ เป็นการศึกษาระบบที่จะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสียโดยจะต้องทำงานตามการออกแบบ โครงสร้างของระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นระบบเอสบีอาร์ เป็นระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพลักษณะตะกอนเร่ง

ระบบเอสบีอาร์จะประกอบด้วยการบำบัดคือ การเติมน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย การบำบัด การตกตะกอน การถ่ายน้ำทิ้ง และการพักระบบบำบัดน้ำเสีย โดยปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดด้วยระบบเอสบีอาร์จะประกอบด้วย ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ออกซิเจนละลาย ระยะเวลาการบำบัด เป็นต้น

ระบบSBR Reactor แต่ละถังประกอบด้วย เครื่องวัดระดับน้ำประจำบ่อ เครื่องสูบน้ำเสียเข้าถัง (EQP) เครื่องเติมอากาศ (EJ & AR) เครื่องสูบน้ำตะกอน (SLP) อุปกรณ์ระบายน้ำออก (EFP) - รอบการทำงานของถัง SBR Reactor แต่ละรอบจะมีเวลาประมาณ 4 - 12 ชม. โดยมีขั้นตอนการทำงาน แบ่งช่วงๆ ระยะเวลาการทำงานของถัง SBR Reactor ที่กำหนดนี้เป็นเพียงค่าจากการประเมิน ในการดำเนินงานติดตั้งจะต้องทำการประเมินข้อมูลปริมาณและลักษณะน้ำเสียอีกครั้งและทำการ ปรับระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสมเพื่อให้การบำบัดน้ำเสียเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

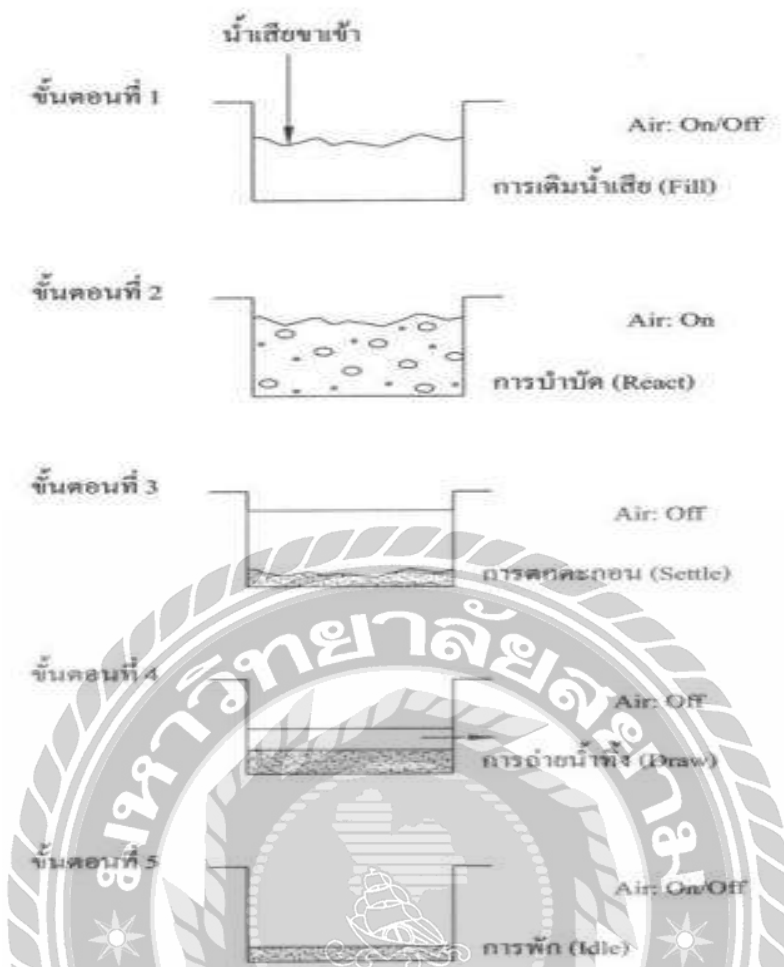
ด้วยข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาจากการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR ที่ทำงานเป็นตามเวลาโดยไม่ผิดพลาดดังนั้นจึงเลือกใช้ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที

PLC ถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อให้ทนต่อสภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ โปรแกรมและการใช้งาน PLC ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากเหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไป PLC มีระบบการตรวจสอบตัวเองตั้งแต่ช่วงติดตั้งจนถึงช่วงการใช้งานทำให้การบำรุงรักษาทำได้ง่าย PLC ถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการตัดสินใจสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้การใช้งานสะดวกขณะที่วิธีใช้คอมพิวเตอร์ยุ่งยากและซับซ้อนขึ้น ใน การศึกษานี้จะเป็นการศึกษาส่วนประกอบของ PLC

3.2.3 การศึกษาการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียร่วมกับผู้ออกแบบวงจร

การศึกษาการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียร่วมกับผู้ออกแบบวงจรเพื่อหาวิธีปรับลดพลังงานโดยการสั่งให้เครื่องจักรทำงานลดลงเป็น การศึกษาการออกแบบ โครงสร้างของระบบบำบัดน้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้ออกแบบ เป็นระบบเอสปีอาร์ โดยปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดด้วยระบบเอสปีอาร์ จะประกอบด้วย ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ออกซิเจนละลาย ระยะเวลาการบำบัด เป็นต้น ด้วยข้อมูล

1. น้ำที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสีย จะเดิมเข้ามา 1,800 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
2. น้ำเสียที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสียจะเข้ามาที่บ่อแรก ที่ชื่อว่า EQ จะทำการปรับสภาพน้ำด้วยการเติมอากาศ และ เมื่อเติมอากาศเสร็จแล้วจะทำการเติมน้ำเข้าระบบเอสปีอาร์
3. น้ำเสียที่เข้าบ่อเอสปีอาร์ 1,2 ซึ่งแต่ละรอบการทำงานจะเติมน้ำเข้าบ่อ เอสปีอาร์ 1,2 รอบละ 225 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นขั้นที่ 1 ของระบบเอสปีอาร์ เมื่อน้ำเข้าจะทำการเติมอากาศทันที จะเป็นขั้นที่ 2 ของระบบเอสปีอาร์ ในระบบเอสปีอาร์ 1,2 จะมีการเติมจุลินทรีย์ และเมื่อมีการเติมอากาศเสร็จ จะมีการพักระบบเพื่อให้ตะกอนตกลงสู่ก้นบ่อบำบัดน้ำเสีย เมื่อพักระบบเสร็จสิ้น จะทำการสูญตะกอนที่อยู่ก้นบ่อ บำบัดน้ำเสียไปทำการรีดตะกอนและนำตะกอน ไปทิ้งหรือทำการกำจัดและสามารถนำไปเป็นจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ น้ำที่ได้จากการรีดตะกอนนั้นจะนำไปบำบัดที่บ่อ EQ ต่อไป และทำการสูบน้ำใสที่ อยู่ข้างบนไปเติมสารฆ่าเชื้อโรคและส่งออกสู่สาธารณะ



รูปที่ 3.1 ลักษณะการทำงานของระบบเอสบีอาร์

ข้อมูลการออกแบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่จะบอกถึงปริมาณน้ำที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสียที่คำนวณตามการใช้สุขภัณฑ์ตลอดวันที่มีการใช้ และค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณของผู้ออกแบบ ประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

WASTEWATER CONDITION

Waste water from Station Phase 1	=	1800	m ³ / day
BOD inf	=	180	mg / L
BOD eff	=	20	mg / L
SS inf	=	300	mg / L
SS eff	=	30	mg / L

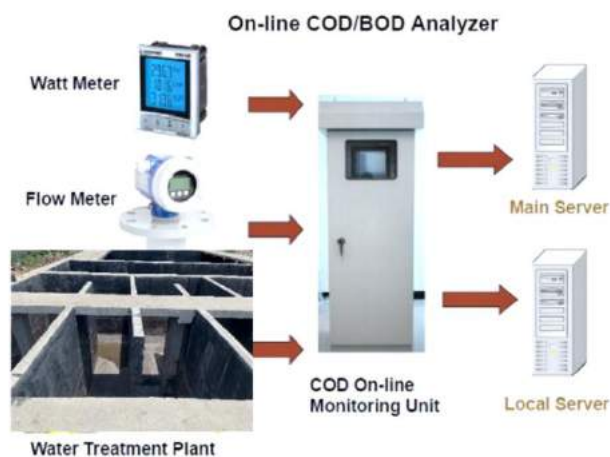
ข้อมูลที่ได้จากผู้ออกแบบโครงสร้างของบ่อบำบัดน้ำเสีย ส่วนนี้จะเป็นหัวใจหลักที่จะใช้เป็นที่
จะนำมาวิเคราะห์ถึงหลักการต่างๆ หากมีการติดตั้งเครื่องจักรพร้อมทั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้าไปในบ่อบำบัด
เสร็จสิ้นแล้วจะเกิดผลในด้านใดได้บ้างซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์เหตุที่อาจจะเกิดขึ้น พร้อมทั้งจะเป็นเครื่องมือ
ที่จะนำมาแก้ไขปัญหาต่างๆ ในภายหลังหากเกิดการขัดข้องในการทำงานของอุปกรณ์ หรือปรับเปลี่ยน
เครื่องจักรในบ่อบำบัดน้ำเสีย

ข้อมูลของเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสีย เครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสียมีหลักการทำงานที่
ค่อนข้างแตกต่างกัน เพราะมีการแบ่งออกเป็นเครื่องสูบน้ำและ เครื่องเติมอากาศ ซึ่งเครื่องจักรแต่ละชนิดจะ
มีหลักการทำงานที่ต่างกันออกไป

ตารางที่ 3.1 จำนวนบ่อในระบบบำบัดน้ำเสีย และเครื่องจักรพร้อมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมในเบื้องต้น

TANK	Spec	จำนวน	ควบคุม	
			ถูกคย	Timer
EQ	EQ-P01,02 Submersible	2	2ลูก/1pump_run dry ระดับต่างกัน50cm	
	Q=225cu/hr-10m, Motor=15kW, 380V AC			
	EJ-01,02,03,04,05,06 Submersible	6		Timer
	Q=125cu/hr-3m, motor=5.5kW, 380V AV			
SBR	AR-01,02,03,04 Submersible	4		Timer
	Q=85 cu/hr-4m, Motor=7.5kW ,380V AC			
	EFP-01,02,03,04 Self priming	4	1ลูก/2pump_run dry ที่1.5m	
	Q=225cu/hr-10m, Motor=11kW, 380V AC			
	ESP-01,02,03,04 Submersible	4	3ลูก/2pump_run dry ที่1.5m	
	Q=7 cu/hr-10, motor=0.75kW, 380V AC			
EXCESS SLUDGE	BPF-01,02 Screw pump	2	Manual + Alarm ส่งไปSBR	
	Q=10 cu/hr.			
CL	CFP1,2 Metering pump	2		Timer
	Q=87l/hr.			
CLEAR WATER	EJ-07 Submersible	1		
	Q=35cu/hr. motor=2.2kW, 380V AC			

ข้อมูลการส่งข้อมูลสถานะเครื่องจักรและค่าพารามิเตอร์ในระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้เจ้าหน้าที่ดูแล
ในส่วนของระบบบำบัดน้ำเสียนั้น ได้รับรู้ถึงการทำงานหรือหยุดทำงานของเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสีย
พร้อมทั้งประสิทธิภาพในการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย



รูปที่ 3.2 ชุดวิเคราะห์ผลของการบำบัดน้ำเสีย

การตรวจสอบทางออนไลน์เป็นทางเลือกหนึ่งที่เกิดขึ้นเพื่อการควบคุมคุณภาพของระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อเป็นการเฝ้าระวังไม่ให้ระบบบำบัดน้ำเสียเกิดความเสียหายจนไม่อาจแก้ไขได้ทัน

ข้อมูลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เครื่องจักรต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นการทดสอบเพื่อที่จะให้เป็นตัวยืนยันว่า เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียมีการทำงานเป็นปกติและมีประสิทธิภาพพร้อมใช้งาน



รูปที่ 3.3 การทดสอบเครื่องจักรกับตู้คอนโทรลฟังก์ชันต่างๆ

ข้อมูลการเข้าตรวจเช็คระบบในแต่ละครั้ง เป็นการจดบันทึกและวิเคราะห์ถึงสภาพการทำงานของเครื่องจักร และผลของการบำบัดในระบบน้ำเสียที่มีการแสดงสถานะค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ผ่านอุปกรณ์ออนไลน์ที่ใช้ และค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียตัวอย่างที่ทำการเก็บมาตรวจวัดค่าในห้องปฏิบัติการ

3.2.4 การศึกษาข้อมูลอุปกรณ์และการเลือกใช้

การศึกษาการทำงานในระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการ สถานีกลางบางซื่อ ผู้ออกแบบการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ และผู้ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียนั้นต้องคำนึงถึงข้อกำหนดของทางโครงการนั้นๆ ก่อนที่จะการออกแบบระบบ เพราะในอุปกรณ์แต่ละยี่ห้อ หรือรุ่นที่แตกต่างกันออกไปจะส่งผลให้การทำงานที่แตกต่างกัน และส่งผลให้ไม่เป็นไปตามความต้องการหรือมาตรฐานของโครงการนั้นๆ ดังนั้นในการออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติของระบบบำบัดน้ำเสีย จะมีการออกแบบตามมาตรฐานของโครงการและมีสิ่งที่จะต้องนำมาศึกษาดังต่อไปนี้

การศึกษาข้อมูลข้อบังคับของการเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบบำบัดน้ำเสีย ที่จะต้องมีการออกแบบการควบคุมการทำงานให้ตรงตามความต้องการของผู้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- เครื่องสูบน้ำเสีย (Waste Water Submersible Pump) เป็นเครื่องสูบน้ำใต้ดินติดตั้งในบ่อน้ำเสีย (Sewage Sump and Drainage Sump) ออกแบบเหมาะสำหรับสูบน้ำเสียโดยเฉพาะ ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดแช่อยู่ในน้ำได้ตลอดเวลาขนาดมอเตอร์มีสมรรถนะตามที่ระบุไว้ในแบบและรายการความเป็นฉนวนมีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่า Class F (ฉนวนของขดลวดทนอุณหภูมิได้ถึง $120\text{ }^{\circ}\text{C}$) ใช้กับระบบไฟฟ้า 400 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิร์ต ส่วนของมอเตอร์จะต้องประกอบเป็นหน่วยเดียวกันกับเครื่องสูบน้ำ โดยมีอุปกรณ์ป้องกันการรั่วซึมของน้ำที่จะผ่านเข้ามอเตอร์คือ Oil Chamber กับ Silicon Carbide Mechanical Seal ใบพัด (Impeller) และ Suction Cover จะต้องออกแบบให้เกิดน้ำวน (Vortex) ภายในเรือนสูบ (Casing) สูบน้ำและตะกอนได้

อัตราการสูบน้ำ (Flow Rate and Head) ให้เป็นไปตามแบบและรายการพร้อมด้วยอุปกรณ์พิเศษเพื่อติดตั้งหรือยกเครื่องสูบน้ำขึ้นจากบ่อ โดยไม่ต้องถอดหรือประกอบท่อส่งน้ำ (Guide Rail Fitting & Duck Foot Bend)

- เครื่องพ่นอากาศใต้น้ำ (Submersible Ejector) ติดตั้งในบ่อเติมอากาศ (Aeration Tank) ของระบบบำบัดน้ำเสียเป็นชนิดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดแช่อยู่ในน้ำได้ตลอดเวลา ขนาดมอเตอร์มีสมรรถนะตามที่ระบุไว้ในแบบและรายการ ความเป็นฉนวนมีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่า Cass F (ฉนวนของขดลวดทนอุณหภูมิได้ถึง 120 C°) ใช้กับระบบไฟฟ้า 400 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิร์ต ส่วนของมอเตอร์จะต้องประกอบเป็นหน่วยเดียวกันกับส่วนเติมอากาศ โดยมีอุปกรณ์ ป้องกันน้ำซึมเข้ามอเตอร์ 2 ชั้น คือ Oil Chamber พร้อมด้วย Silicon Carbide Mechanical Seal และมีอุปกรณ์ ประกอบ เช่น Nozzle, Diffuser, Air Inlet Casing and Pipes และ Strainer

อัตราการพ่นอากาศใต้น้ำ (Flow Rate and Head) ให้เป็นไปตามแบบและรายการที่ Standard Conditions และความลึกของน้ำสามารถกวนน้ำได้อย่างสมบูรณ์แบบในบ่อน้ำเสียตามขนาดที่ปรากฏในแบบ ใบพัด (Impeller) และ Suction Cover จะต้องเป็นชนิด Non-Clog กันการอุดตันของเศษขยะต่างๆ ได้

- เครื่องจ่ายน้ำยาคลอรีน (Chlorine Dosing Unit) เครื่องจ่ายน้ำยาคลอรีนจะต้องเป็นแบบ Metering Diaphragm Pump มีขนาดความสามารถในการปรับปริมาณการจ่ายน้ำยาคลอรีนได้ โดยการปรับ Height-of-Stroke มีสเกลแสดงตำแหน่งที่ปรับเห็นได้ชัดเจน ทนความดันใช้งานสูงสุด (Maximum Operating Pressure) ได้ไม่ต่ำกว่า 300 กิโลปาสกาล (43 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) โครงสร้างวัสดุต่างๆ จะต้องเป็นชนิดทนต่อการกัดกร่อนโดยน้ำยาคลอรีน มีอุปกรณ์ เช่น Check Valve และ Fitting สำหรับต่อกับท่อดูด และจ่ายน้ำยาคลอรีนประกอบมาด้วยพร้อมกันมี Motor-Gear Coupling เป็นตัวขับเคลื่อนใช้กับระบบไฟฟ้า 400 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิร์ต

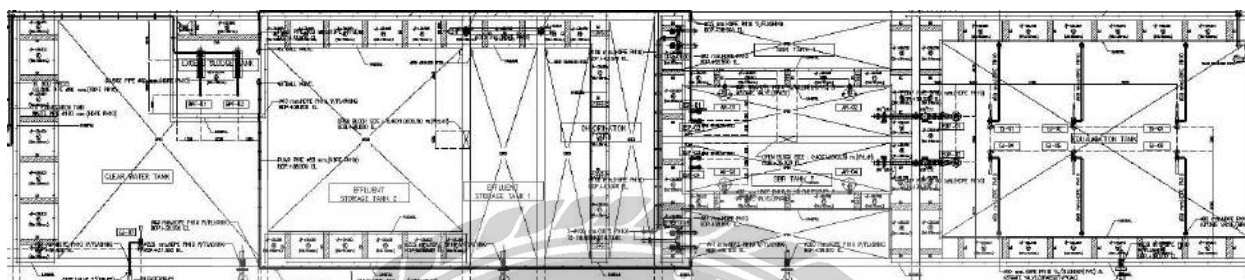
ถังเก็บสารละลายเคมี (Chlorine Solution Tank) จะต้องมีความจุไม่น้อยกว่าที่ระบุในแบบ ทำด้วยวัสดุ Polyethylene มีขาตั้ง และฝาปิดติดประกอบมาพร้อมกัน ฝาปิดจะต้องเป็นแบบที่มีช่องสำหรับการติดตั้ง Mixer และมีส่วนที่ใช้ปิดสำหรับการตรวจสอบและเติมน้ำยาคลอรีน โดย ไม่ต้องทำการปิดฝาทั้งหมดหรือถอดถอนท่อหรืออุปกรณ์อื่นๆ ออกก่อน

- เครื่องกวนสารละลายเคมี จะต้องเป็นชนิดที่ใช้ใบกวน (Impeller) แบบ Propeller หรือ Axial-Flow ใช้วิธีการติดตั้งแบบ Angular Off-Center, Top Entering อัตราส่วนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบพัดต่อถังเก็บสารละลายต้องไม่ต่ำกว่า 20% โครงสร้างวัสดุจะต้องมี

เพลลาและใบพัดทำด้วย Stainless Steel ต่อด้วย Geared or Direct Flexible Coupling กับมอเตอร์ติดตั้ง และยึดอยู่กับโครง Mounting Bracket and Shaft Guide ที่ทำด้วยเหล็กหล่อ

3.3 การศึกษาการปรับปรุงและแก้ไขการสั้งงานระบบการควบคุมอัตโนมัติ

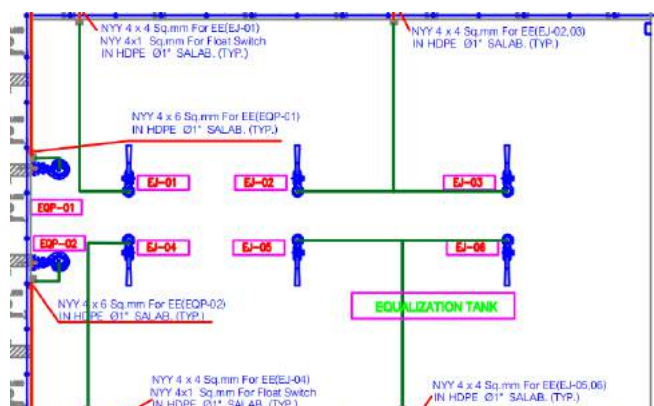
จากการศึกษารายการคำนวณของระบบบำบัดน้ำเสีย สามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 3.4 บ่อบำบัดน้ำเสีย โครงการณ์กลางบางซื่อ

บ่อ EQUALIZATION TANK บ่อปรับเสถียร จะทำหน้าที่ลดความแปรปรวนและปรับคุณสมบัติของน้ำเสีย ให้มีค่าความสกปรกคงที่ และมีตะกั่วเพื่อแยกของแข็งขนาดใหญ่ ออกจากน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด จะประกอบด้วยบ่อต่างๆ ดังนี้

- Submersible Pump ชื่อย่อว่า EQP จำนวน 2 เครื่อง ทำหน้าที่สูบน้ำเสียที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสียไปยังบ่อSBR ต่อไป
- Submersible Ejector ชื่อย่อว่า EJ มีจำนวน 6 เครื่อง มีหน้าที่เติมอากาศให้กับบ่อ EQUALIZATION TANK ซึ่งจากการคำนวณแล้ว พบว่าเครื่องเติมอากาศจะต้องเติมอากาศให้กับบ่อ EQUALIZATION TANK จำนวน 5 เครื่องต่อ 1 รอบ

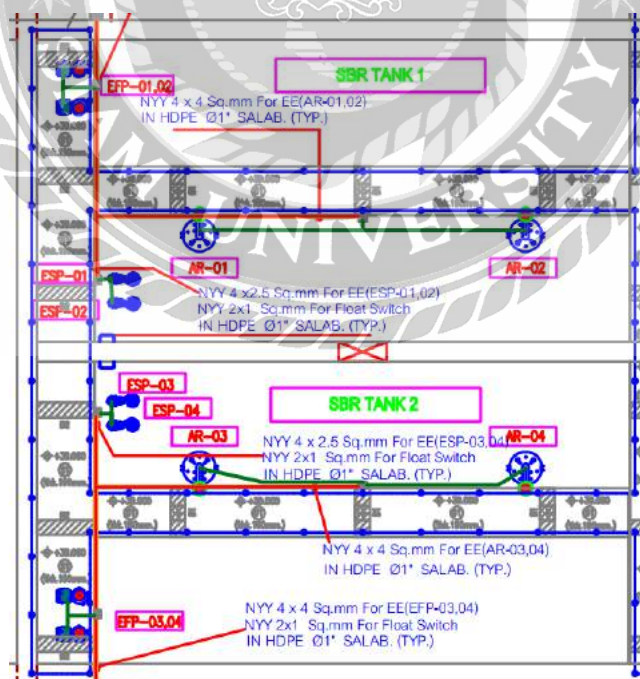


รูปที่ 3.5 EQUALIZATION TANK

- SBR TANK 1,2 เป็นบ่อที่รวมบ่อเติมอากาศและบ่อดักตะกอนอยู่ด้วยกัน บ่อเติมอากาศเป็นส่วนบำบัดหลักในการกำจัดความสกปรก โดยมีเครื่องเติมอากาศ เพื่อจ่ายออกซิเจนให้กับจุลินทรีย์ จุลินทรีย์ชนิดใช้ออกซิเจนจะช่วยในการย่อยสลาย คูดซับ หรือเปลี่ยนรูปของมวลสารต่างๆ ให้มีค่าความสกปรกลดน้อยลงจนเป็นน้ำทิ้งที่ได้มาตรฐาน สามารถระบายสู่ท่อสาธารณะได้โดยตรง บ่อดักตะกอนทำหน้าที่แยกตะกอนจุลินทรีย์ (Sludge) ออกจากน้ำที่ผ่านการบำบัด ดังนั้นในบ่อ SBR 1,2 นี้ มีปั๊มต่างๆ ดังนี้
- Submersible Aerator มีชื่อย่อว่า AR จะมีจำนวน 2 เครื่องต่อ 1 บ่อ จะทำหน้าที่เติมอากาศให้กับจุลินทรีย์ ซึ่งการทำงานก็จะทำพร้อมกันทั้ง 2 เครื่อง
- Submersible Pump มีชื่อย่อว่า ESP จะมีจำนวน 2 เครื่องต่อ 1 บ่อ จะทำหน้าที่สูบน้ำตะกอนไปยังบ่อเก็บตะกอนต่อไป
- Self-Priming Pump มีชื่อย่อว่า EFP จะมีจำนวน 2 เครื่องต่อ 1 บ่อจะทำหน้าที่ สูบน้ำใสออกจากบ่อ SBR ไปยังบ่อเติมกลอรีนต่อไป

โดยที่ปั๊มในบ่อ SBR นั้นจะต้องทำงานตามเวลาที่กำหนด ดังนี้

- AR ทำงานเป็นเวลา 4.5 ชั่วโมงหลังจากปั๊ม EQP ทำงาน ระบบบำบัดน้ำเสียจะพักระบบเป็นจำนวน 30 นาที จากนั้น EFP จะทำงานสูบน้ำใสไปยังบ่อดักตะกอน จำนวน 1 ชั่วโมง และสุดท้ายปั๊ม ESP จะทำการดูดตะกอนส่วนเกินออกจากระบบ SBR ไปยังบ่อเก็บตะกอน



รูปที่ 3.6 SBR TANK 1,2

- บ่อเติมเคมีหรือบ่อเติมคลอรีน ถังฆ่าเชื้อโรค ทำหน้าที่รับน้ำใสที่ไหลมาจากถังตกตะกอน ก่อนที่จะปล่อยทิ้งออกไป จะต้องผ่านการฆ่าเชื้อภายในถังฆ่าเชื้อโรคก่อน โดยการสัมผัสกับคลอรีนภายในถังสัมผัสคลอรีน โดยมีการตรวจวัดให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จึงปล่อยทิ้งออกไป จะมีปั๊มดังนี้
- METERING PUMP มีชื่อย่อว่า CL มีจำนวน 2 เครื่องทำหน้าที่สูบน้ำสารคลอรีนไปยังบ่อเติมคลอรีน การทำงานจะทำงานพร้อมกับปั๊มน้ำใส



รูปที่ 3.7 METERING PUMP

จากข้อมูลดังกล่าวมานั้น สามารถทำตารางสรุปเวลาและจำนวนน้ำที่ทำการบำบัด ได้ดังนี้

ตารางที่ 3.2 สรุป เวลา และปริมาณน้ำที่บำบัดในโครงการ

BATCH	TANK	SBR		CL		STORAGE2		STORAGE1		CLEAR WATER	
				158cu		565cu		195cu		595cu	
batch1	tank1	13.00	225cu								
				13.41	158cu						
	tank2	14.00	225cu			14.00	67cu				
					158cu	15.00	67+225=292cu				
batch2	tank1	19.00	225cu								
					158cu	20.00	292+225=517cu				
	tank2	20.00	225cu								
					158cu	21.00	565cu				
								21.47	177cu		
batch3	tank1	1.00	225cu								
					158cu		565cu	1.05	195cu		
	tank2	2.00	225cu							2.00	207cu
					158cu		565cu		195cu	3.00	207+225=432cu
batch4	tank1	7.00	225cu								
					158cu		565cu		195cu		
	tank2	8.00	225cu							7.43	595cu
					158cu		565cu		195cu		595cu

จากการอธิบายการทำงานของปั๊มต่างๆ ที่อยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียในโครงการสถานีกลางบางซื่อ พบว่า เครื่องจักรที่ทำงานเต็มประสิทธิภาพแต่ ปริมาณน้ำที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสียในช่วงเดินระบบ ช่วงแรกนั้น มีปริมาณที่ น้อยและไม่สม่ำเสมอจึงพบว่า การแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงพลังงาน จึงทำการ แก้ไขการทำงานของเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสียให้เหมาะสมกับสภาพที่เกิดขึ้นในบ่อบำบัดน้ำเสีย

การแก้ไขการทำงานจึงสรุปได้เป็นดังนี้

■ บ่อ EQUALIZATION TANK

EJ-01,02,03,04,05,06

■ ปั๊มทำงานตามคำสั่งลูกลอย

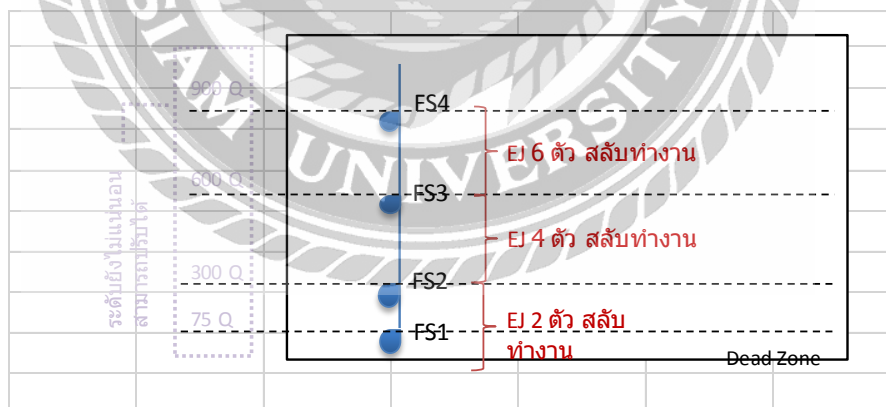
FS1 EJ ทำงาน 2 ตัวสลับกัน ตามการควบคุมของ Timer

FS2 EJ ทำงาน 4 ตัวสลับกันตามการควบคุมของTimer และ

EQP-01,02 จะไม่ทำงานถ้าระดับน้ำไม่ถึงFS2

FS3 EJ ทำงาน 6 ตัวสลับกัน

FS4 แจ้งเตือน Alarm



รูปที่ 3.8 ระดับลูกลอยในบ่อ EQUALIZATION TANK

■ EQP-01,02

ปั๊มทำงานสลับกัน เป็นเวลา 1 hrs. กี่ต่อเมื่อ

1. ระดับน้ำถึง FS2 ของบ่อ EQ

2. ระดับน้ำไม่ถึง FS5, FS8 ของบ่อSBR หากตัวใดตัวหนึ่งไม่ทำงานให้สั่งอีกตัวทำงาน

■ บ่อ SBR1

AR-01,02 ปัมทำงานพร้อมกัน เมื่อระดับน้ำถึง ลูกลอย FS5 เป็นเวลา 4 ชั่วโมงครึ่ง

EFP-01,02 ปัม EFP จะเริ่มทำงาน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อปัม AR หยุดการทำงานเป็นเวลา 30 นาที โดยทำงานรอบละ 1 ตัวสลับกัน ปัม EFP จะหยุดการทำงานเมื่อระดับน้ำถึงลูกลอย FS7

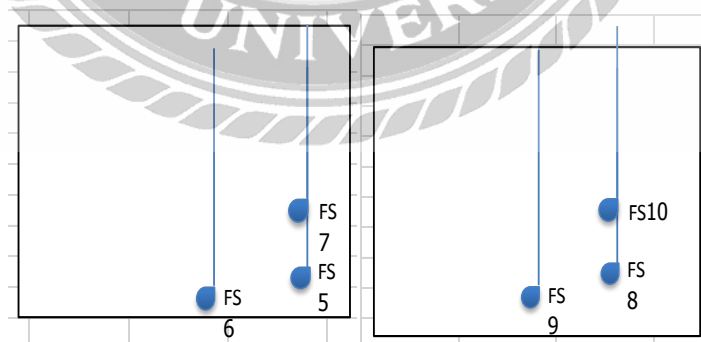
ESP-01,02 เมื่อปัม EFP-01,02 ทำงานครบ 4 รอบ ปัม ESP จะทำงานเป็นเวลา 20 นาทีโดยทำงานสลับกันรอบละ 1 ตัว ปัม ESP ทำงาน ปัม EQP, AR, EFP จะหยุดการทำงาน ระดับน้ำลดลงถึงระดับลูกลอย FS6 ปัม ESP จะหยุดการทำงาน

■ บ่อ SBR2

AR-03,04 ปัมทำงานสลับกัน เมื่อระดับน้ำถึง ลูกลอย FS8 เป็นเวลา 4 ชั่วโมงครึ่ง

EFP-03,04 ปัม EFP จะเริ่มทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อปัม AR หยุดการทำงานเป็นเวลา 30 นาที โดยทำงานรอบละ 1 ตัวสลับกัน ปัม EFP จะหยุดการทำงานเมื่อระดับน้ำถึงลูกลอย FS10

ESP-03,04 เมื่อปัม EFP-03,04 ทำงานครบ 4 รอบ ปัม ESP จะทำงานเป็นเวลา 20 นาทีโดยทำงานสลับกันรอบละ 1 ตัว ปัม ESP ทำงาน ปัม EQP, AR, EFP จะหยุดการทำงาน ระดับน้ำลดลงถึงระดับลูกลอย FS9 ปัม ESP จะหยุดการทำงาน



รูปที่ 3.9 ระดับลูกลอยในบ่อ SBR 1,2 TANK

■ บ่อเติมคลอรีน

CFP-01,02 จะเริ่มทำงานพร้อมปัม EFP และหยุดทำงานพร้อมกัน

3.4 การศึกษาการทดสอบของเครื่องจักรและค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย

การศึกษาการทดสอบของเครื่องจักรและค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสีย เป็นการศึกษาผลการทดสอบเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสีย การตรวจสอบความพร้อมก่อนเริ่มการทำงานของเครื่องจักรจะต้องมีการตรวจสอบ เพื่อให้ปั๊มมีอายุการใช้งานยาวนาน และไม่ต้องหยุดทำงานเพื่อซ่อมแซมบ่อยครั้ง ปั๊มทุกเครื่องจะต้องมีการบันทึกผลการทดสอบเครื่องในแต่ละครั้ง และจะทำตามตารางข้อมูลการซ่อมบำรุงของเครื่องสูบน้ำเสีย และเครื่องเติมอากาศที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย การบันทึกค่าการทดสอบการทำงานของเครื่องสูบน้ำเสีย และเครื่องเติมอากาศ

การทดสอบการทำงานของเครื่องเติมอากาศใต้น้ำและเครื่องสูบน้ำเสีย ตามผลที่ออกมาสามารถสรุปได้ว่า การทำงานของเครื่องเติมอากาศใต้น้ำนั้น มีประสิทธิภาพการทำงานที่พร้อมที่จะใช้งานจริงในการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย เครื่องสูบน้ำเสียในแต่ละตัวนั้นค่าประสิทธิภาพที่วัดผลการทดสอบ ก็มีความพร้อมที่จะเดินระบบ จากนั้นก็ทำการตรวจสอบ ตู้ควบคุมไฟฟ้าว่ามีความพร้อมที่จะสั่งการเครื่องจักรทั้ง 2 ชนิด



รูปที่ 3.10 เครื่องมือใช้ในการทดสอบอุปกรณ์

จากตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านในระบบบำบัดน้ำเสียหรือน้ำที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสียที่จะต้องทำการบำบัดก่อนปล่อยน้ำออกสู่สาธารณะ และน้ำที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียหรือน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว จะประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าบีโอดี ค่าน้ำมัน

และไขมัน และค่าของแข็งแขวนลอย ของโครงการ สถานีกลางบางซื่อ รถไฟฟ้าสายสีแดง นั้นจะนำน้ำเสียไปตรวจที่ห้องปฏิบัติการของ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ว่าตรงตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก. จะประกอบไปด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 3.3 ค่ามาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก.

ชื่อพารามิเตอร์	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
pH	-	5-9
BOD	Mg/l	≤ 20
Suspended Solids	Mg/l	≤ 30
Oil & Grease	Mg/l	≤ 20

3.5 การวิเคราะห์ต้นทุนในการลงทุนที่จะใช้พีแอลซี มาแทนวงจรรีเลย์

ในการดำเนินงานทางวิศวกรรมนั้น คงจะหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องจะเกี่ยวข้องกับการลงทุนและการเงินเพื่อใช้ในการดำเนินโครงการให้สำเร็จตามที่ต้องการ การนำเอาหลักการทางเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับโครงการ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการเลือกโครงการ หรือเพื่อใช้วางแผนแนวทางการดำเนินงาน ซึ่งจะทำให้เกิดผลตอบแทนทางการเงินสูงสุด

การคำนวณค่าของเงินตามเวลา จะกล่าวถึงหลักการของแผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียน ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์มูลค่าของเงิน โดยจะมีตัวแปรสำคัญได้แก่

P = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในช่วงเวลาที่กำหนดให้เป็นปัจจุบันหรือที่เวลา $t = 0$ อาจใช้แทนค่าของ Present worth (PW) Present value (PV) Net present value (NPV) Discounted cash flow (DC) และ Capital cost (CC) หน่วยบาท

F = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในอนาคตอาจใช้แทนค่าของ Future worth (FW) และ Future value (FW) หน่วยบาท

A = มูลค่าของเงินรายเดือนหรือรายปีที่มีค่าสม่ำเสมอเท่ากัน อาจใช้แทนค่าของ Annual worth (AW) และ Equivalent uniform annual worth (EUAW) หน่วยบาทต่อปีหรือบาทต่อเดือน

n = จำนวนช่วงเวลาสำหรับการวิเคราะห์หน่วยปี เดือน หรือวัน

i = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราผลตอบแทนต่อช่วงเวลาหน่วยเปอร์เซ็นต์ต่อปี เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน หรือ เปอร์เซ็นต์ต่อวัน

การคำนวณมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth, PW) เป็นการรูปแบบของการคิดคำนวณมูลค่าที่มีการเปลี่ยนมูลค่าที่อยู่ในรูปแบบของการรับและการจ่ายเงินรูปแบบต่างๆ ให้เป็นผลรวมของมูลค่าปัจจุบัน สามารถย้ายมูลค่าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต อัตราดอกเบี้ยในการลงทุนก็คืออัตราผลตอบแทน (Rate of Return) โดยปกติโครงการลงทุนไม่ได้รับความสนใจถ้าหากอัตราผลตอบแทนที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าใดค่าหนึ่ง เช่นแต่เดิมเคยฝากเงินไว้กับธนาคารได้ดอกเบี้ย 2 เปอร์เซ็นต์ถ้าหากจะนำเงินนี้มาลงทุนอย่างอื่นอย่างน้อย ค่าอัตราผลตอบแทนของการลงทุนจะต้องเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์จึงจะนำลงทุนอัตราผลตอบแทน % จากการฝากธนาคารนั้นเรียกว่าอัตราผลตอบแทนน้อยที่สุดที่น่าสนใจ (Minimum Attractive Rate of Return , MARR) ซึ่งจะใช้สัญลักษณ์ (i^*)

การคำนวณมูลค่าปัจจุบัน (PW) ที่อัตราผลตอบแทนต่ำที่สุดที่น่าสนใจ (MARR) ถ้าผลจากการคำนวณออกมาว่าค่า $PW \geq 0$ แสดงว่าโครงการนี้ให้อัตราผลตอบแทนมากกว่าหรือเท่ากับค่า MARR ซึ่งหมายความว่าทางเลือกโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุนและกรณีที่มีสองทางเลือกหรือมากกว่าให้การคำนวณมูลค่าปัจจุบัน (PW) ที่อัตราผลตอบแทนต่ำที่สุดที่น่าสนใจ (MARR) ซึ่งจะทำให้การเลือกทางเลือกโครงการที่ให้ค่ามูลค่าปัจจุบัน (PW) สูงสุดแต่ถ้าในกรณีที่เลือกโครงการที่มีรายได้ (Revenue Project) ให้เลือกโครงการที่มีค่ามูลค่าปัจจุบัน (PW) ที่เป็นลบน้อยที่สุด

ในการตัดสินใจเพื่อการลงทุนนั้นเป็นหลักสำคัญที่ใช้สนับสนุนการตัดสินใจลงทุนหรือไม่มีการลงทุนในโครงการคิดได้จาก ผลตอบแทนจากการลงทุนของโครงการ ดังนั้นจะเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องอัตราผลตอบแทน (Rate of Return, ROR) มีความหมายถึงผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุน เมื่อเทียบกับระยะเวลาผ่านไปอัตราผลตอบแทนของโครงการต่างๆ จะช่วยกำหนดระดับความพึงพอใจในการลงทุน และยังสามารถใช้เปรียบเทียบทางเลือกของการลงทุนได้ กล่าวคือทางเลือกใดที่มีอัตราผลตอบแทนสูงกว่าภายใต้เงื่อนไขในลักษณะเดียวกันทางเลือกนั้นย่อมมีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์โดยทั่วไปไม่ว่าจะวิธีเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth, PW) หรือมูลค่ารายปี (Annual Worth, AW) ส่วนมากจะใช้สมมติฐานคืออัตราดอกเบี้ย (Interest Rate) เป็นอัตราผลตอบแทนมาตรฐานมีค่าคงที่ตลอดการกำหนดอัตราดอกเบี้ยที่จะใช้ในการวิเคราะห์จึงต้องพิจารณาตามอัตราผลตอบแทนที่ยอมรับได้ในการหาอัตราผลตอบแทนของโครงการใดๆ การหาผลตอบแทนในกรณีโครงการเดียว จะประกอบด้วย

- การหาอัตราผลตอบแทนเพื่อการตัดสินใจ
- การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน กรณีโครงการเดียว โดยใช้วิธีมูลค่าปัจจุบัน
- การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน กรณีโครงการเดียว โดยใช้วิธีมูลค่ารายปี

ในการคำนวณอัตราผลตอบแทนในโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดงในครั้งนี้ จะมีการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนต่างๆ โดยจะมีการเริ่มจาก การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน กรณีโครงการเดียว โดยใช้วิธีมูลค่าปัจจุบัน การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน กรณีโครงการเดียว โดยใช้วิธีมูลค่ารายปี และการคำนวณหาอายุการใช้งานที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีที่ค่าบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นเท่ากันทุกปี

ขั้นตอนการคำนวณโดยใช้สมการมูลค่าปัจจุบัน (PW) ประกอบไปด้วย

1. ตั้งสมการเพื่อหาอัตราผลตอบแทน (ROR) ตามสมการ 2. 2
2. เลือกค่าอัตราดอกเบี้ย (i) ต่างๆ จากตารางดอกเบี้ยมาแทนค่าในสมการ โดยการลองผิดลองถูก (Trial and Error) จนกระทั่งสมการสมดุลขั้นตอนการลองผิดลองถูกการหาวิธีการหรือแนวทางเพื่อกำหนดค่า i ให้มีค่าใกล้เคียงกับคำตอบที่ต้องการให้เร็วที่สุด
3. ทำการเปลี่ยนค่าใช้จ่าย (Disbursement) ทุกค่าไม่ว่าจะอยู่ในรูปเป็นค่าเดียวอย่างมูลค่าปัจจุบัน (PW) มูลค่าในอนาคต (FW) รวมทั้งมูลค่ารายปี (AW) ที่มีค่าเป็นแบบอนุกรมให้เป็นค่าเงินเทียบเท่าของมูลค่าปัจจุบัน (PW)
4. ทำการเปลี่ยนค่ารายรับ (Receipt) ทุกค่าไม่ว่าจะอยู่ในรูปเป็นค่าเดียวอย่างมูลค่าปัจจุบัน (PW) มูลค่าในอนาคต (FW) รวมทั้งมูลค่ารายปี (AW) ที่มีค่าเป็นแบบอนุกรมให้เป็นค่าเงินเทียบเท่าของมูลค่าปัจจุบัน (PW)
5. หลังจากได้แปลงค่าของค่าใช้จ่ายและรายรับให้มีค่าแฟกเตอร์เหลือเพียงแฟกเตอร์เดียวคือในรูปของมูลค่าปัจจุบัน (PW) แล้วให้ใช้ค่าแฟกเตอร์ในตารางดอกเบี้ยในการหาค่าโดยประมาณของอัตราผลตอบแทนที่ทำให้ค่าสมการนั้นเป็นจริงอัตราผลตอบแทนที่ได้นั้นจะเป็นค่าโดยประมาณในการเริ่มการลองผิดลองถูกในการคำนวณหาอัตราผลตอบแทน (ROR)

การวิเคราะห์ความไว ที่มีผลต่อการพิจารณาเพื่อตัดสินใจในส่วนของการวิเคราะห์ทางเลือกที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง โดยต้องนำเอาข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการประกอบการตัดสินใจ ให้ได้รายละเอียดใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด

โดยใช้ความรู้ต่างๆ มาคำนวณจะเป็น วิธีมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth ,PW) วิธีมูลค่ารายปี (Annual Worth , AW) การหาอัตราผลตอบแทน (Rate of Return , ROR) หรือการหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit Cost Ratio) เป็นต้น

การวิเคราะห์ความไวจะเป็นการคำนวณหามูลค่าปัจจุบัน (PW) มูลค่ารายปี (AW) อัตราผลตอบแทน (ROR) หรือการหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) มีผลต่อการพิจารณาตัดสินใจเลือกโครงการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยส่วนใหญ่แล้วพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความไวจะหมายถึงพารามิเตอร์ต่างๆ หรือปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการประมาณค่าเช่นเงินลงทุน เริ่มต้นมูลค่าสุดท้ายของทรัพย์สินค่าดำเนินงานและค่าซ่อมบำรุงรายปีอายุการใช้งานอัตราดอกเบี้ยหรืออัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (Minimum Attractive Rate of Return, MARR) เป็นต้นในการเปลี่ยนแปลงอายุการใช้งานจะมีผลอย่างมากต่อการตัดสินใจการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ แต่อย่างไรก็ตามอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) อาจจะไม่มียกเว้นต่อการเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจถ้าทุกทางเลือกมีอัตราผลตอบแทนที่มากกว่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) โดยขั้นตอนคำนวณการวิเคราะห์ความไวนั้นมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- กำหนดพารามิเตอร์ที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อการพิจารณาตัดสินใจ
- กำหนดขอบเขตที่เป็นไปได้ของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์นั้น
- กำหนดวิธีการที่จะใช้วัดประเมินเช่นวิธีมูลค่าปัจจุบัน (Pw) วิธีมูลค่ารายปี (AW) วิธีอัตราผลตอบแทน (ROR) หรือการหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) เป็นต้น

บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

การศึกษาระบบการควบคุมอัตโนมัติสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียของสถานีกกลางบางซื่อให้เกิดเป็นระบบที่มีเสถียรภาพ มีประสิทธิภาพเกิดความรวดเร็วในการส่งข้อมูลสถานะต่างๆ ของระบบการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีการนำเอารูปแบบการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรมรูปแบบหนึ่งมาใช้โดยจะมีการส่งข้อมูลแบบในลักษณะเป็นการเดินสายไฟเชื่อมต่อเครือข่าย และการศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อพิจารณาความคุ้มค่าสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียด้วยการควบคุมอัตโนมัติแทนการควบคุมและดำเนินการตรวจสอบการทำงานระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR

ในการปฏิบัติงานประจำวันของเจ้าหน้าที่ที่ดูแลระบบบำบัดน้ำเสียโครงการของสถานีกกลางบางซื่อนั้นฝ่ายสิ่งแวดล้อมมีหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียโดยทางเจ้าหน้าที่ที่ดูแลระบบบำบัดน้ำเสีย จะทำในการตรวจวัดพารามิเตอร์ที่จำเป็นต่อการเดินระบบ อาทิ เช่น ค่าปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (Dissolved Oxygen) ค่า pH ค่าอุณหภูมิและค่าอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้จะเป็นข้อมูลใช้ประกอบการควบคุมการทำงานของระบบในแต่ละวันในการควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น การปรับเปลี่ยนเวลาการเติมอากาศ การปรับค่า pH ของน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัด รวมถึงการดำเนินการอื่นๆ

น้ำเสียที่เกิดขึ้นจากสถานีกกลางบางซื่อ จากอาคารต่างๆ ที่มีแหล่งกำเนิดจากห้องปฏิบัติการ ห้องน้ำ โรงอาคาร บริษัทในพื้นที่เช่า หอพักพนักงาน เป็นต้น จะไหลเข้าสู่บ่อสูบน้ำเสียตามจุดรวมน้ำเสียภายในอาคารทั้งสิ้น 3 บ่อแล้วจึงสูบน้ำเสียเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียรวมของ สถานีกกลางบางซื่อ ระบบที่ออกแบบที่ใช้อยู่เดิมเป็นการเดินระบบด้วยระบบเอสบีอาร์ (Sequencing Batch Reactor (SBR)) โดยเป็นระบบที่เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและลดการใช้พลังงานด้วยการใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย และทำการตกตะกอนในบ่อ SBR (แยกชั้นน้ำใสกับชั้นตะกอน) หลังจากนั้นทำการสูบน้ำใสด้านบนตะกอนซึ่งผ่านการบำบัดแล้วนำกลับมาใช้ประโยชน์ภายในพื้นที่บริเวณต่างๆ ในสถานีกกลางบางซื่อ ปัจจุบันระบบบำบัดน้ำเสียในโครงการ สามารถรองรับน้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ได้ประมาณ 1,800 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

การควบคุมการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียเป็นส่วนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับการดำเนินงาน การตรวจสอบ และการบันทึกผลการการทำงานของเครื่องสูบน้ำเสีย เครื่องเติมอากาศในระบบบำบัดน้ำเสีย และการบันทึกข้อมูลการตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ พร้อมทั้งข้อมูลของน้ำที่จะเข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสีย

ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญเป็นอย่างมาก ในการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ ในโครงการสถานีกกลางบางซื่อ มีความจำเป็นที่จะใช้การควบคุมอัตโนมัติเป็นเครื่องในการควบคุมการทำงานของ เครื่องมือต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยมีอุปกรณ์ที่เลือกใช้เป็น โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ หรือพีแอลซี (Programmable logic Control (PLC)) ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในการควบคุมดูแลที่สูง แต่การทำงานไม่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงการทำงานก็สามารถทำได้รวดเร็ว และยังสามารถส่งข้อมูลที่จำเป็นเป็นแบบอัตโนมัติได้ การศึกษานี้จึงจะทำการเปรียบเทียบการทำงานของระบบเดิม คือระบบที่ใช้วงจรรีเลย์เป็นเครื่องมือ กับระบบควบคุมแบบอัตโนมัติโดยใช้พีแอลซี การศึกษาในครั้งนี้จะช่วยให้ทราบถึงการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR การออกแบบระบบควบคุมโดยใช้ พีแอลซี รวมทั้งการเปรียบเทียบต้นทุนการใช้อุปกรณ์ของระบบเดิมคือวงจรรีเลย์และการใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยการใช้พีแอลซีในตู้ควบคุม โดยมีผลดำเนินการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ
2. ศึกษาข้อมูลอุปกรณ์เพื่อการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย
3. ผลการทดสอบของเครื่องจักรและค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสีย
4. วิเคราะห์การลงทุนที่จะใช้พีแอลซี มาแทนวงจรรีเลย์

4.1 การออกแบบระบบการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้ในงานในสถานีกกลางบางซื่อเป็นการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง AS (Activated sludge) แบบ SBR (Sequencing Batch Reactor) ระบบตะกอนเร่ง AS หรือระบบเลี้ยงตะกอน เป็นระบบกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางชีววิทยา ซึ่งอาศัยสิ่งมีชีวิตได้แก่ จุลินทรีย์ในการกิน ย่อยสลายดูดซับ ทำลายหรือเปลี่ยนรูปของมวลสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำเสียให้มีค่าความสกปรกน้อยลง โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมีแบบใช้ออกซิเจน ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียระบบตะกอนเร่ง แบบ SBR นั้นเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้พื้นที่น้อย สะดวก ประหยัดและใช้ต้นทุนต่ำ เพราะบ่อบำบัดน้ำเสียเดิมอากาศกับบ่อบำบัดน้ำเสียตกตะกอนอยู่ในบ่อบำบัดน้ำเสียเดียวกัน เป็นระบบบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีวภาพสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเน่าเสียของน้ำ สารอินทรีย์จะถูกจุลินทรีย์ที่อยู่ในบ่อบำบัดน้ำเสียเดิมอากาศย่อยสลาย โดยในกระบวนการย่อยสลายดังกล่าวจะต้องใช้ออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ เราจึงต้องทำการเติมอากาศให้เพียงพอเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถนำออกซิเจนไปใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ โดยใช้การเติมอากาศเป็นช่วงๆ

- การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น

ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเบื้องต้น ต้องพิจารณา

1. ปริมาณน้ำเสีย
2. ความสามารถในการรองรับน้ำเสียของระบบบำบัดน้ำเสีย
3. ความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย

- ปริมาณน้ำเสีย วัดได้จาก

- การประเมินจากน้ำใช้
- การจับเวลาทำงานของเครื่องสูบน้ำเสีย
- การวัดความเร็วของน้ำที่ไหลในรางระบาย
- การใช้ Flow meter
- การจับเวลาและวัดปริมาตรของน้ำเสียที่ไหลเข้าบ่อบำบัดน้ำเสีย
- การวัดอัตราการไหลของน้ำด้วยเวียร์



รูปที่ 4.1 FLOW METER

■ ความสามารถในการรองรับน้ำเสียของระบบน้ำเสีย

ค่า BOD loading (อัตราภาระบีโอดี) = $BOD \times Q / 1,000$ เป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่จะบอกถึงปริมาณน้ำที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสียที่คำนวณตามการใช้สุขภัณฑ์ตลอดวันที่มีการใช้ และค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณของผู้ออกแบบ ประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

■ WASTEWATER CONDITION

$$\text{Waste water from Station Phase 1} = 1800 \text{ m}^3 / \text{day}$$

$$BOD_{inf} = 180 \text{ mg / L}$$

$$BOD_{eff} = 20 \text{ mg / L}$$

โครงการรถไฟฟ้าสายสีแดงมีน้ำเสีย 1,800 ลบ.ม./วัน ค่าบีโอดีของน้ำเสียเท่ากับ 180 มก./ล. ให้หาอัตราภาระบีโอดี

$$\begin{aligned} \text{อัตราภาระบีโอดี} &= (20 \text{ มก./ล.} \times 1,800 \text{ ลบ.ม./วัน}) / 1,000 \\ &= 36 \text{ กก./วัน} \end{aligned}$$

■ ความสามารถในการบำบัดน้ำเสีย

$$\text{ประสิทธิภาพของระบบ (\%)} = \frac{(\text{ค่าเข้า} - \text{ค่าออก}) \times 100}{\text{ค่าเข้า}}$$

โครงการรถไฟฟ้าสายสีแดงมีน้ำเสีย 1,800 ลบ.ม./วัน ระบบบำบัดน้ำเสียนี้มีประสิทธิภาพเท่าไร

$$\begin{aligned} \text{ประสิทธิภาพของระบบ (\%)} &= \frac{(180 - 20) \times 100}{180} \\ &= 88.888 \% \end{aligned}$$

● องค์ประกอบหลักของระบบบำบัดน้ำเสียชนิด SBR

1. บ่อสูบน้ำเสีย
2. บ่อบำบัดน้ำเสียเดิมอากาศ - ตกตะกอน
3. บ่อบำบัดน้ำเสียเก็บตกตะกอน
4. บ่อบำบัดน้ำเสียฆ่าเชื้อโรค หรือบ่อบำบัดน้ำเสียสัมผัสคลอรีน
5. บ่อบำบัดน้ำเสียน้ำใส

บ่อสูบ เป็นบ่อแรกที่รวบรวมน้ำเสียทั้งหมดไว้ แล้วสูบส่งไปเข้าบ่อเติมอากาศหรือคลองวนเวียนด้วยเครื่องสูบน้ำเสียจำนวน 2 เครื่อง โดยมีการสูบน้ำเป็นช่วงระดับของน้ำ โดยใช้ลูกกลอยในการควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำด้วยระบบ Automatic Control (อัตโนมัติ)

บ่อบำบัดน้ำเสียเติมอากาศ – ตกตะกอน เป็นกระบวนการแบบเติมน้ำเสียเข้า – ถ่ายออก ทำหน้าที่เป็นบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิบัติกริยา เพื่อบำบัดของเสียที่อยู่ในบ่อบำบัดน้ำเสีย แล้วตกตะกอน โดยการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์ตามปริมาณที่ต้องการที่ออกแบบไว้ โดยการทำงานเป็นช่วงๆ โดยวิธีการนำน้ำเสียเข้าบ่อบำบัดน้ำเสียเติมอากาศ เครื่องเติมอากาศก็ทำงานเพื่อให้ออกซิเจนในน้ำอย่างเพียงพอเป็นเวลาตามที่ได้ออกแบบไว้ เครื่องจะปิดการเติมอากาศเป็นเวลาประมาณไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง และไม่เกิน 4 ชั่วโมง เพื่อถ่ายน้ำใสที่ผ่านการบำบัดแล้วออกทิ้ง

บ่อบำบัดน้ำเสียเก็บตกตะกอน เป็นลักษณะบ่อบำบัดน้ำเสียกรองโดยมีชั้นหินหรือกรวดและชั้นทราย โดยตะกอนส่วนเกินที่นำมากำจัด จะสูบจากบ่อบำบัดน้ำเสียตกตะกอนเข้ามาที่ลานตากตะกอน ตะกอนจะถูกตากให้แห้งอยู่บนชั้นทรายโดยแสงอาทิตย์กับลมเป็นตัวทำให้แห้งก่อนน้ำจะไหลจึงลงสู่ก้นลานตากผ่านท่อเจาะรูแล้วรวบรวมไปยังบ่อสูบ

บ่อบำบัดน้ำเสียฆ่าเชื้อโรค หรือบ่อบำบัดน้ำเสียสัมผัสคลอรีน ทำหน้าที่รับน้ำใสที่ไหลมาจากบ่อบำบัดน้ำเสียตกตะกอนก่อนที่จะปล่อยทิ้งออกไป จะต้องผ่านการฆ่าเชื้อภายในบ่อบำบัดน้ำเสียฆ่าเชื้อโรคก่อน โดยการสัมผัสกับคลอรีนภายในบ่อบำบัดน้ำเสียสัมผัสคลอรีน โดยมีการตรวจวัดให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จึงปล่อยทิ้งออกไป

บ่อบำบัดน้ำเสียน้ำใส ทำน้ำระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย

- **หลักการทำงานของระบบเติมอากาศ และตกตะกอนชนิด SBR**

การทำงานของระบบเติมอากาศแบ่งออกเป็น 4 ช่วงการทำงาน ดังต่อไปนี้

ช่วงเติมอากาศ น้ำเสียไหลเข้ามายังบ่อเติมอากาศ พร้อมกับเครื่องเติมอากาศทำงานให้ออกซิเจนในน้ำเสียอย่างเพียงพอและปั่นป่วนทั่วถึงทั้งบ่อ เป็นเวลาประมาณไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง เพื่อให้จุลินทรีย์นำออกซิเจนไปใช้ เพื่อทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย หรือเป็นการเลี้ยงตะกอนจุลินทรีย์นั่นเอง

ช่วงเวลตกตะกอน ซึ่งเป็นช่วงที่เครื่องเติมอากาศหยุดการเติมอากาศตามเวลาที่กำหนดไว้ในการออกแบบ เพื่อให้ตะกอนจุลินทรีย์มีเวลาในการตกตะกอน โดยใช้เวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมง

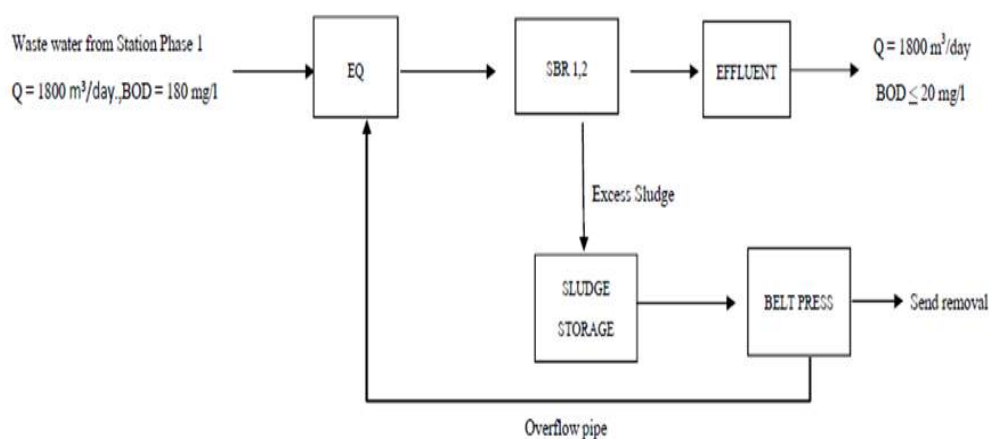
ช่วงเวลาดึงน้ำใสออก ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ตะกอนจุลินทรีย์รวมตัวกันตกลงสู่ก้นบ่อบำบัดน้ำเสียแยกจากน้ำ ทำให้น้ำใสอยู่ด้านบน เพื่อดึงน้ำใสที่ผ่านการบำบัดแล้วออกทิ้งจนถึงระดับน้ำต่ำสุดตามที่กำหนดไว้ โดยผ่านบ่อบำบัดน้ำเสียสัมผัสคลอรีน

ช่วงเวลาน้ำเข้าและเติมอากาศ น้ำเข้าจนถึงระดับน้ำสูงสุดตามที่กำหนดไว้ การเติมอากาศเป็นไปตามช่วงเวลาเติมอากาศ (ช่วงที่ 1) ในกรณีที่น้ำเสียไหลเข้าสู่บ่อบำบัดน้ำเสียเติมอากาศยังไม่ถึงระดับสูงสุด แต่ระยะเวลาในการเติมอากาศถึงเวลาหยุดการเติมอากาศเพื่อดึงน้ำใสออกทิ้ง ระบบควบคุมจะไม่สั่งให้มีการดึงน้ำทิ้ง แต่ระบบควบคุมจะสั่งให้เครื่องเติมอากาศทำงานต่อไปอีก จนครบช่วงเวลาการเติมอากาศ จะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยจนกว่าน้ำจะไหลเข้าถึงระดับสูงสุด จึงจะหยุดให้มีการตกตะกอน แล้วดึงน้ำใสออกทิ้ง

● การกำจัดตะกอนส่วนเกิน

ตะกอนจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในบ่อเติมอากาศหรือบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิกริยานั้น ถ้ามีปริมาณตะกอนจุลินทรีย์มากเกินไป ตามที่ได้กำหนดไว้ในการออกแบบ ต้องมีการสูบน้ำเอาตะกอนจุลินทรีย์ส่วนที่เกินนั้นไปกำจัด หรือ ไปสู่ลานตากตะกอน

ในงานวิจัยเพื่อออกแบบระบบควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียในโครงการรถไฟฟ้า สถานีกลางบางซื่อ ในครั้งนี้ มีการศึกษาคุณสมบัติของพีแอลซีเพื่อการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความสามารถในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสียโดยจะต้องทำงานตามการออกแบบโครงสร้างของระบบบำบัดน้ำเสียที่ได้ออกแบบไว้เดิมเป็นระบบเอสปีอาร์ ที่เป็นระบบบำบัดน้ำเสียบำบัดแบบชีวภาพแบบตะกอนเร่ง ระบบเอสปีอาร์จะประกอบด้วยการทำงานของ การเติมน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย การบำบัด การตกตะกอน การถ่ายน้ำทิ้ง และการพักระบบบำบัดน้ำเสีย โดยปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดด้วยระบบเอสปีอาร์ จะประกอบด้วย ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ออกซิเจนละลาย ระยะเวลาการบำบัด เป็นต้น



รูปที่ 4.2 FLOW DIAGRAM ในระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการ สถานีกลางบางซื่อ

จากรูปที่ 4.2 เป็นข้อมูลการออกแบบปริมาณน้ำเสียที่จะเข้ามาในระบบและปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการนำไปใช้ในการย่อยสลาย จะถูกส่งมายังบ่อ ที่ชื่อว่า EQ จากบ่อ EQ จะถูกส่งน้ำไปยังบ่อ SBR 1,2 ตามจำนวนรอบ จากบ่อ SBR 1,2 ตะกอนที่อยู่ก้นบ่อบำบัดจะถูกส่งไปยังบ่อ Sludge Storage และจากบ่อ Sludge Storage จะต้องมีการสูบลบตะกอนหนักไปกำจัดโดนจะสูบเข้าที่เครื่อง Belt Press ต่อไป และน้ำที่ใสจะถูกส่งไปที่บ่อ Effluent โดยจะมีน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วออกจำนวนเท่าเดิมและค่าปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการนำไปใช้ในการย่อยสลาย จะต้องผ่านตามที่กำหนดหรือไม่เกินค่ามาตรฐาน

ระบบ SBR Reactor แต่ละบ่อบำบัดน้ำเสียประกอบด้วย เครื่องวัดระดับน้ำประจำบ่อ เครื่องสูบน้ำเสียเข้าบ่อบำบัดน้ำเสีย (EQP) เครื่องเติมอากาศ (EJ & AR) เครื่องสูบลบตะกอน (SLP) อุปกรณ์ระบายน้ำออก (EFP) - รอบการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor แต่ละรอบจะมีเวลาประมาณ 4 - 12 ชม. โดยมีขั้นตอนการทำงาน แบ่งได้เป็น 5 ช่วง ดังนี้

- ช่วงเติมน้ำเสีย (ประมาณ 1.5 ชั่วโมง)
- ช่วงเติมอากาศ (ประมาณ 4.0 ชั่วโมง)
- ช่วงตกตะกอน (ประมาณ 1.0 ชั่วโมง)
- ช่วงระบายน้ำใส (ประมาณ 1.0 ชั่วโมง)
- ช่วงพักบ่อบำบัดน้ำเสีย (ประมาณ 0.5 ชั่วโมง)

ระยะเวลาการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor ที่กำหนดนี้เป็นเพียงค่าจากการประเมิน ในการดำเนินงานติดตั้ง จะต้องทำการประเมินข้อมูลปริมาณและลักษณะน้ำเสียอีกครั้งและทำการ ปรับ ระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสมเพื่อให้การบำบัดน้ำเสียเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 การศึกษาข้อมูลอุปกรณ์เพื่อการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย

ด้วยข้อมูลต่างๆ ที่ได้มาจากการศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR ที่ทำงานเป็นตามเวลาโดยไม่ ผิดพลาดดังนั้นจึงเลือกใช้ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control: PLC) เป็น อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็น มั่นมองสิ่งสำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที

• โครงสร้างของ PLC

PLC เป็นอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้งานอุตสาหกรรม PLC ประกอบด้วย หน่วยประมวลผล กลาง หน่วยความจำ หน่วยรับข้อมูล หน่วยส่งข้อมูล และหน่วยป้อน โปรแกรม PLC ขนาดเล็กส่วนประกอบ ทั้งหมดของ PLC จะรวมกันเป็นเครื่องเดียว แต่ถ้าเป็นขนาดใหญ่สามารถแยกออกเป็นส่วนประกอบย่อยๆ ได้

หน่วยความจำของ PLC ประกอบด้วย หน่วยความจำชนิด RAM และ ROM หน่วยความจำชนิด RAM ทำหน้าที่เก็บ โปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลสำหรับการปฏิบัติงานของ PLC ส่วน ROM ทำหน้าที่ เก็บโปรแกรมสำหรับการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ ROM ย่อมาจาก Read Only Memory สามารถโปรแกรมได้แต่ลบไม่ได้ ถ้าชำรุดแล้วซ่อมไม่ได้

1. RAM (Random Access Memory) หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆต่อไว้เพื่อใช้ เลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและเขียนโปรแกรมลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก จึงเหมาะกับการใช้งานใน ระยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมบ่อยๆ

2. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิด EPROM นี้จะต้อง ใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนโปรแกรม การลบโปรแกรมทำได้โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลตหรือตากแดด ร้อนๆ นานๆ มีข้อดีตรงที่โปรแกรมจะไม่สูญหายแม้ไฟดับ จึงเหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องเปลี่ยน โปรแกรม

3. EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) หน่วยความจำชนิดนี้ไม่ ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม โดยใช้วิธีการทางไฟฟ้าเหมือนกับ RAM นอกจากนั้นก็

ไม่จำเป็นต้องมีแบตเตอรี่สำรองไฟเมื่อไฟดับ ราคาจะแพงกว่า แต่จะรวมคุณสมบัติที่ดีของทั้ง RAM และ EPROM เอาไว้ด้วยกัน



รูปที่ 4.3 PLC ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของตู้ควบคุมในระบบบำบัดน้ำเสีย

ข้อแตกต่างระหว่าง PLC กับ COMPUTER

PLC ถูกออกแบบ และสร้างขึ้นเพื่อให้ทนต่อสภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะ โปรแกรมและการใช้งาน PLC ทำได้ง่ายไม่ยุ่งยากเหมือนคอมพิวเตอร์ทั่วไป PLC มีระบบการตรวจสอบตัวเองตั้งแต่ช่วงติดตั้งจนถึงช่วงการใช้งานทำให้การบำรุงรักษาทำได้ง่าย PLC ถูกพัฒนาให้มีความสามารถในการตัดสินใจสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้การใช้งานสะดวกขณะที่วิธีใช้คอมพิวเตอร์ยุ่งยากและซับซ้อนขึ้น

ส่วนประกอบของ PLC

1. ส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit: CPU)
2. ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit)
3. เครื่องป้อนโปรแกรม (Programming Device)

ส่วนที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (Control Processing Unit: CPU) เป็นส่วนสมองของระบบ ภายใน CPU จะประกอบไปด้วยวงจร Logic Gate ชนิดต่างๆ หลายชนิด และมี Microprocessor-based ใช้

สำหรับแทนอุปกรณ์จำพวกรีเลย์ (Relay) เคาน์เตอร์ (Counter) ไทเมอร์ (Timer) และซีควเอนเซอร์ (Sequencers) เพื่อให้ผู้ใช้ได้ออกแบบใช้วงจรรีเลย์แลดเดอร์ ลอจิก (Relay Ladder Logic) ได้

CPU จะยอมรับ (Read) Input Data จากอุปกรณ์ให้สัญญาณต่างๆ จากนั้นจะปฏิบัติการและเก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำ และส่งข้อมูลที่เหมาะสมถูกต้องไปยังอุปกรณ์ควบคุม (Control Device) แหล่งของกระแสไฟฟ้าตรงสำหรับใช้สร้างโวลต์ต่ำ (Low Level Voltage) ซึ่งใช้โดย Processor และ I/O Modules และแหล่งจ่ายไฟนี้จะเก็บไว้ที่ CPU หรือแยกออกไปติดตั้งที่จุดอื่นก็ได้ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละรายการประมวลผลของ CPU จากโปรแกรมทำได้โดยรับข้อมูลจากหน่วยอินพุตและเอาต์พุต และส่งข้อมูลสุดท้ายที่ได้จากการประมวลผลไปยังหน่วยเอาต์พุต เรียกว่า การสแกน (Scan) ซึ่งใช้เวลาจำนวนหนึ่ง เรียกว่า เวลาสแกน เวลาในการสแกนแต่ละรอบใช้เวลาประมาณ 1 ถึง 100 msec. (0.001-0.1วินาที) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลและความยาวของโปรแกรม หรือจำนวนอินพุต/เอาต์พุตหรือจำนวนอุปกรณ์ที่ต่อจาก PLC เช่น เครื่องพิมพ์ จอภาพ เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้จะทำให้เวลาในการสแกนยาวนานขึ้น การเริ่มต้นการสแกนเริ่มจากรับคำสั่งของสถานะของอุปกรณ์จากหน่วยอินพุตมาเก็บไว้ในหน่วยความจำ (Memory) เสร็จแล้วจะทำการปฏิบัติการตามโปรแกรมที่เขียนไว้ทีละคำสั่งจากหน่วยความจำนั้นจนสิ้นสุด แล้วส่งไปที่หน่วยเอาต์พุต ซึ่งการสแกนของ PLC ประกอบด้วย

ส่วนของอินพุตและเอาต์พุต (I/O Unit) จะต่อร่วมกับชุดควบคุมเพื่อรับสถานะและสัญญาณต่างๆ เช่น หน่วยอินพุตรับสัญญาณหรือสถานะแล้วส่งไปยัง CPU เพื่อประมวลผล เมื่อ CPU ประมวลผลแล้วจะส่งให้ส่วนของเอาต์พุต เพื่อให้อุปกรณ์ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้ สัญญาณอินพุตจากภายนอกที่เป็น สวิตช์และตัวตรวจจับชนิดต่างๆ จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณที่เหมาะสมถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็น AC หรือ DC เพื่อส่งให้ CPU ดังนั้น สัญญาณเหล่านี้จึงต้องมีความถูกต้องไม่เช่นนั้นแล้ว CPU จะเสียหายได้

สัญญาณอินพุตที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติและหน้าที่ดังนี้

1. ทำให้สัญญาณเข้า ได้ระดับที่เหมาะสมกับ PLC
2. การส่งสัญญาณระหว่างอินพุต CPU จะติดต่อกันด้วยลำแสง ซึ่งอาศัยอุปกรณ์ประเภท โฟโตทรานซิสเตอร์เพื่อต้องการแยกสัญญาณ (Isolate) ทางไฟฟ้าให้ออกจากกัน เป็นการป้องกันไม่ให้ CPU เสียหายเมื่ออินพุตเกิดลัดวงจร
3. หน้าสัมผัสจะต้องไม่สั่นสะเทือน (Contact Chattering) สัญญาณเอาต์พุตจะทำหน้าที่รับค่าสถานะที่ได้จากการประมวลผลของ CPU แล้วนำค่าเหล่านี้ไปควบคุมอุปกรณ์ทำงาน เช่น รีเลย์ โซลินอยด์ หรือ หลอดไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นแล้วยังทำหน้าที่แยกสัญญาณของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ออกจาก

อุปกรณ์เอาต์พุต โดยปกติเอาต์พุตนี้จะมี khả năngขับโหลดด้วยกระแสไฟฟ้าประมาณ 1-2 แอมแปร์ แต่ถ้าโหลดต้องการกระแสไฟฟ้ามากกว่านี้ จะต้องต่อเข้ากับอุปกรณ์ขับอื่นเพื่อขยายให้รับกระแสไฟฟ้ามากขึ้น เช่น รีเลย์หรือคอนแทกเตอร์ เป็นต้น อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณอินพุต ได้แก่ พรอกซิมิตีสวิทช์ (Proximity Switch) ลิ้มิตสวิทช์ (Limit Switch) ไทเมอร์ (Timer) โฟโตอิเล็กทริกสวิทช์ (Photoelectric Switch) เอนโค้ดเดอร์ (Encoder) เคาน์เตอร์ (Counter) เป็นต้น อุปกรณ์ที่ใช้เป็นสัญญาณเอาต์พุต ได้แก่ รีเลย์ (Relay) มอเตอร์ไฟฟ้า (Electric Motor) โซลินอยด์ (Solenoid) ขดลวดความร้อน (Heat Coil) หลอดไฟ (Lamp) เป็นต้น

เครื่องป้อนโปรแกรม (Hand Held) ทำหน้าที่ควบคุมโปรแกรมของผู้ใช้ลงในหน่วยความจำของ PLC นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ติดต่อระหว่างผู้ใช้กับ PLC เพื่อให้ผู้ใช้สามารถตรวจการปฏิบัติงานของ PLC และผลการควบคุมเครื่องจักรและกระบวนการตามโปรแกรมควบคุมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นได้อีกด้วย

เครื่องป้อนโปรแกรม (Hand Held) แต่ละยี่ห้อจะไม่เหมือนกันแต่มีจุดประสงค์ในการใช้งานที่เหมือนกัน

งานวิจัยครั้งนี้ใช้ PLC รุ่น MODICON PLC M221 BY SCHNEIDER

สำหรับ PLC Modicon M221 มีข้อดีอย่างไร

Cartridges Card เป็นอุปกรณ์เสริมที่สามารถติดตั้งเข้าไปใน PLC เพื่อเพิ่ม port ให้กับ PLC ซึ่งมีข้อดี ดังนี้

- 1.ลดพื้นที่ด้านข้างในการติดตั้ง Expansion IO Module
- 2.ประหยัดสายเชื่อมต่อ เนื่องจากสามารถติดตั้งในช่องสำหรับ Cartridges Card ที่ PLC



รูปที่ 4.4 ช่องสำหรับติดตั้ง Cartridges Card จะอยู่ในตำแหน่งของวงกลมสีเขียว

ข้อมูลที่สำคัญสำหรับการตัดสินใจในการเลือก PLC M221 ซึ่งจะมีความเหมาะสมกับการทำงานในการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสีย ในโครงการนี้

New CPU ใช้ Powerful CPU รองรับการทำงาน และประมวลผลคำสั่งที่ 0.2 micro second ทำให้เหนือกว่าคู่แข่ง และรองรับการทำงานที่ซับซ้อนในปัจจุบันและอนาคต

Big memor Modicon PLC M221 ให้หน่วยความจำ RAM 64 kByte ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่เร็วที่สุดเพื่อรองรับการทำ Paging จาก CPU และ หน่วยความจำไว้สำหรับเก็บโปรแกรม Flash Memory 2 MByte เพื่อรองรับโปรแกรมคำสั่งขนาดใหญ่ถึง 10 K Boolean

มีหน่วยความจำแบบ Word ถึง 8000 ตัว และ bit 512 ตัว ทำให้ทำงานกับข้อมูลขนาดใหญ่ๆ ได้อย่างสบาย

มี Application Function ที่ออกแบบมาเพื่อลดเวลาการพัฒนาโปรแกรม สามารถหยิบมาใช้งานได้ง่ายพร้อม อุปกรณ์ต่อพ่วงที่พัฒนามาเพื่อการใช้งานต่างๆ เช่น เครนชั่งน้ำหนัก (Hoisting application) บรรจุภัณฑ์ (Packaging application) สายพานลำเลียง (Conveyor system application) และอื่นๆ

มี Functional Safety Module ที่ได้รับมาตรฐาน CAT 4 ซึ่งเป็นมาตรฐานสูงสุด

มี Bus Expansion Module ซึ่งทำงานที่ความเร็วเดียวกับ CPU Bus โดยรองรับได้ถึง 5 เมตร เหมาะสำหรับ application ที่ต้องการประหยัดสายไฟในการควบคุมจากระยะไกล

รองรับ E-Library ผ่านทาง QR Code เพื่อค้นหาข้อมูลทางด้านเทคนิคต่างๆ

M221 Brick
(Japanese style)

M221 BOOK
(European style)



รูปที่ 4.5 Modicon PLC M221

PLC MODICON ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ 2 รูปแบบ ตามความถนัดของผู้ใช้งาน

- Modicon M221 Brick (Japanese style) ออกแบบมาทดแทน PLC แบบเก่าที่ไม่ดีปัญหาเรื่องพื้นที่ในการติดตั้ง

จำนวน I/O ที่เป็น รุ่น Standard มีให้เลือกดังนี้

1. Digital 16 Logic I/O, Input Analog 2 ช่อง 0..10VDC
2. Digital 24 Logic I/O, Input Analog 2 ช่อง 0..10VDC
3. Digital 40 Logic I/O, Input Analog 2 ช่อง 0..10VDC

จำนวน I/O สูงสุดที่สามารถต่อเพิ่มได้ผ่าน (I/O Extension modules)

7 Modicon TM3 expansion Module

- จำนวน Digital I/O ได้สูงสุด 264 I/O ซึ่งมีให้ใช้อย่างเพียงพอบนเครื่องจักรขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง
- จำนวน Analog I/O ได้สูงสุด 58 I/O ซึ่งเพียงพอต่อการทำงาน บนเครื่องจักรขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง

14 Modicon TM3 expansion Module with BUS expansion modules

- จำนวน Digital I/O ได้สูงสุด 488 I/O ซึ่งมีมากที่สุด เมื่อเทียบกับ PLC ในระดับเดียวกัน
- จำนวน Analog I/O ได้สูงสุด 114 I/O ซึ่งมีมากที่สุด เมื่อเทียบกับ PLC ในระดับเดียวกัน

มีให้เลือกทั้งรุ่นที่ใช้ไฟเลี้ยง AC 100-240V. และรุ่นใช้ไฟเลี้ยง DC 24V.

สามารถเพิ่ม Application Cartridges (โมดูลเสริมด้านหน้า) ได้

- รุ่น 16, 24 Logic I/O เพิ่มได้ 1 Cartridges
- รุ่น 40 Logic I/O เพิ่มได้ 2 Cartridges

- Modicon M221 Book (European Style) ออกแบบมาให้มีขนาดเล็ก เพื่อประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง

จำนวน I/O ที่เป็น รุ่น Standard มีให้เลือกดังนี้

1. 16 Logic I/O, Input Analog 2 ช่อง 0..10VDC
2. 32 Logic I/O, Input Analog 2 ช่อง 0..10VDC

จำนวน I/O สูงสุดที่สามารถต่อเพิ่มได้ผ่าน (I/O Extension modules)

7 Modicon TM3 expansion Module

- จำนวน Digital I/O ได้สูงสุด 256 I/O ซึ่งมีให้ใช้อย่างเพียงพอ บนเครื่องจักรขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง
- จำนวน Analog I/O ได้สูงสุด 58 I/O ซึ่งเพียงพอต่อการทำงาน บนเครื่องจักรขนาดเล็กจนถึงขนาดกลาง

14 Modicon TM3 expansion Module with BUS expansion modules

- จำนวน Digital I/O ได้สูงสุด 480 I/O ซึ่งมีมากที่สุด เมื่อเทียบกับ PLC ในระดับเดียวกัน
- จำนวน Analog I/O ได้สูงสุด 114 I/O ซึ่งมีมากที่สุด เมื่อเทียบกับ PLC ในระดับเดียวกัน

ใช้ไฟเลี้ยง DC 24V. เหมาะสำหรับเครื่องจักรที่ต้องการแยกระบบไฟฟ้ากับระบบคอนโทรล

การเชื่อมต่อ PLC ได้หลายช่องทางเพื่อโหลดโปรแกรม ซึ่งเหนือกว่าคู่แข่งในระดับเดียวกัน

เชื่อมต่อทาง USB เพียงแค่เสียบสาย ก็เชื่อมต่อกับ SoMachine Basic เพื่อดาวน์โหลดโปรแกรมได้ทันที

เชื่อมต่อทาง Ethernet ไม่ว่าจะเป็น WiFi (ผ่าน AP) หรือ Ethernet Port RJ45 แม้ไม่อยู่หน้างานก็สามารถแก้ไขโปรแกรมผ่านอินเทอร์เน็ตได้

เชื่อมต่อทาง SD Card สามารถพกพาได้สะดวก เพียงแค่เสียบแล้วโหลดโปรแกรม

ช่องทางสื่อสารกับอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ ที่เป็นมาตรฐาน

Modicon M221 มี Ethernet Link ใช้ทำงานหน้าที่เป็นช่องการสื่อสารแบบ Modbus TCP (Client & Server) รองรับการตั้งค่า IP Address แบบอัตโนมัติ (DHCP Client) เพื่อใช้ในการโปรแกรม หรือดาวน์โหลด และการทำมอนิเตอร์ (Monitoring) รวมถึงการส่ง SMS หรือ Email ทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษาและเฝ้าติดตามการทำงานของเครื่องจักร

Modicon M221 มี Serial Link ใช้ทำงานหน้าที่เป็นช่องสัญญาณสื่อสารแบบ RS232 หรือ RS485 โดยมีแหล่งจ่ายไฟให้ 5VDC ซึ่งสามารถใช้ติดต่อกับ HMI, Temperature Controller, Drive, Energy Meter, Process Meter ต่างๆ

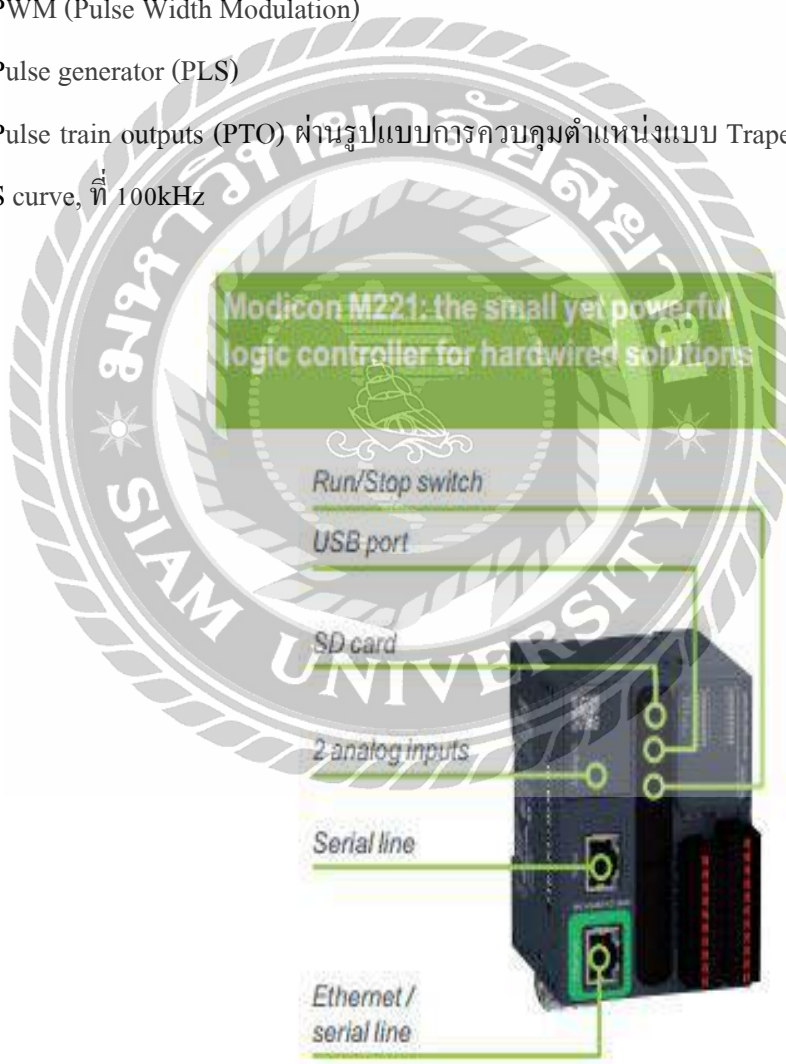
ฟังก์ชันพิเศษบน MODICON PLC M221 ซึ่งเหนือกว่าคู่แข่งในตลาด

ฟังก์ชัน Process Control สามารถทำ PID Loop control ได้ ทำให้ไม่ต้องใช้ PID Controller จากภายนอก

ฟังก์ชัน Counting โดยใช้ High Speed Counting (HSC) จำนวน 4 ช่อง สามารถรับสัญญาณพัลส์ความเร็วสูงได้ เช่น Encoder, Linear เพื่อใช้ในงานวัดตำแหน่ง ควบคุมตำแหน่ง โดยความเร็วสูงสุดที่ 100kHz ซึ่งสูงที่สุดในคู่แข่งระดับเดียวกัน

ฟังก์ชัน Position control สามารถใช้งานควบคุมมอเตอร์ (ปกติจะมีเฉพาะ PLC ขนาดใหญ่เท่านั้น) โดยใช้

- PWM (Pulse Width Modulation)
- Pulse generator (PLS)
- Pulse train outputs (PTO) ผ่านรูปแบบการควบคุมตำแหน่งแบบ Trapezoidal profile และ S curve, ที่ 100kHz



รูปที่ 4.6 การเชื่อมต่อ PLC กับอุปกรณ์อื่นๆ

● การต่อวงจร INPUT และ OUTPUT ของ PLC Schneider M221

ในการต่อ Digital Input นั้น เราจะแบ่งการต่อได้ 2 รูปแบบ คือการต่อแบบ Sink Input และการต่อแบบ Source Input ดังนี้

1. Sink Input

ในการต่อสายแบบ Sink Input นั้นเราจะต่อไฟเลี้ยงเข้าที่เซนเซอร์ตามปกติเช่นไฟเลี้ยงของเซนเซอร์ ขั้วบวกสีน้ำตาล ขั้วลบสีน้ำเงิน เราก็จะต่อไฟจากแหล่งจ่ายขั้วบวกเข้ากับสายสีน้ำตาลของเซนเซอร์ และต่อไฟลบเข้ากับสายสีน้ำเงินของเซนเซอร์ และนำขั้วลบมาต่อที่ขา COM โดยจะมีสายสีดำของเซนเซอร์เป็นสาย Output จากเซนเซอร์ ซึ่งเราจะนำสายสีดำนี้มาต่อเข้ากับขา Io ถึง In

2. Source Input

ในการต่อสายแบบ Source Input นั้น เราจะต่อไฟเลี้ยงเข้าที่เซนเซอร์ตามปกติเช่นไฟเลี้ยงของเซนเซอร์ ขั้วบวกสีน้ำตาล ขั้วลบสีน้ำเงิน เราก็จะต่อไฟจากแหล่งจ่ายขั้วบวกเข้ากับสายสีน้ำตาลของเซนเซอร์ และต่อไฟลบเข้ากับสายสีน้ำเงินของเซนเซอร์ และนำขั้วบวกมาต่อที่ขา COM โดยจะมีสายสีดำของเซนเซอร์เป็นสาย Output จากเซนเซอร์ ซึ่งเราจะนำสายสีดำนี้มาต่อเข้ากับขา Io ถึง In

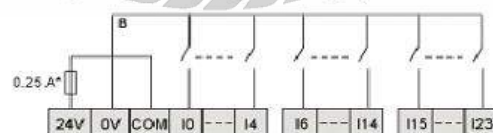
Digital Inputs

Wiring Diagram (Positive Logic)



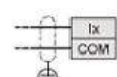
(*) Type T fuse

Wiring Diagram (Negative Logic)



(*) Type T fuse

Connection of the Fast Inputs



รูปที่ 4.7 การต่อ Sink Input และ Source Input

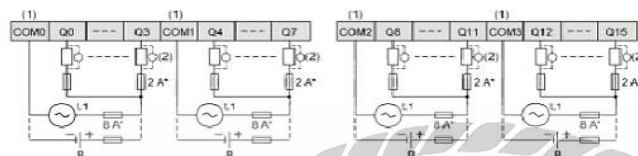
การต่อ Source Output

1. Sink Output

ในการต่อสายแบบ Sink Output นั้นเราจะต่อไฟเลี้ยงขั้วบวกเข้าที่ load และต่อไฟเลี้ยงขั้วลบเข้าที่ขา COMn

Relay Outputs

Positive Logic (Sink)



(*) Type T fuse

(1) The COM0, COM1, COM2 and COM3 terminals are not connected internally.

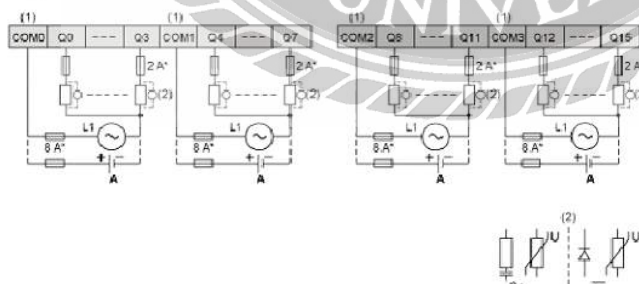
(2) To improve the life time of the contacts, and to protect from potential inductive load damage, you must connect a free wheeling diode in parallel to each inductive DC load or an RC snubber in parallel of each inductive AC load

รูปที่ 4.8 การต่อสายแบบ Sink Output

2. Source Output

ในการต่อสายแบบ Source Output นั้นเราจะต่อไฟเลี้ยงขั้วบวกเข้าที่ COMn และต่อไฟเลี้ยงขั้วลบเข้าที่ขา load

Negative Logic (Source)



(*) Type T fuse

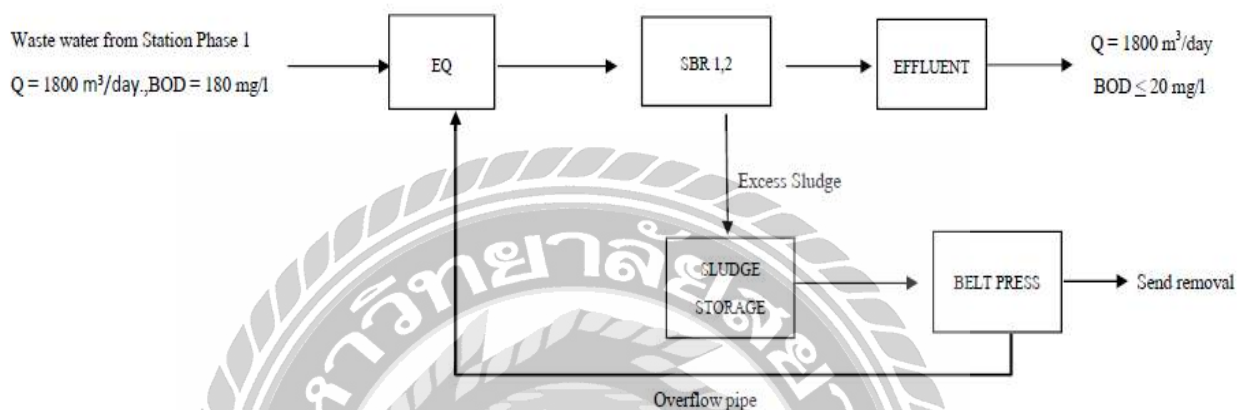
(1) The COM0, COM1, COM2 and COM3 terminals are not connected internally.

(2) To improve the life time of the contacts, and to protect from potential inductive load damage, you must connect a free wheeling diode in parallel to each inductive DC load or an RC snubber in parallel of each inductive AC load

รูปที่ 4.9 การต่อสายแบบ Source Output

- ระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อหาวิธีปรับลดพลังงานโดยการสั่งให้เครื่องจักรทำงานลดลง

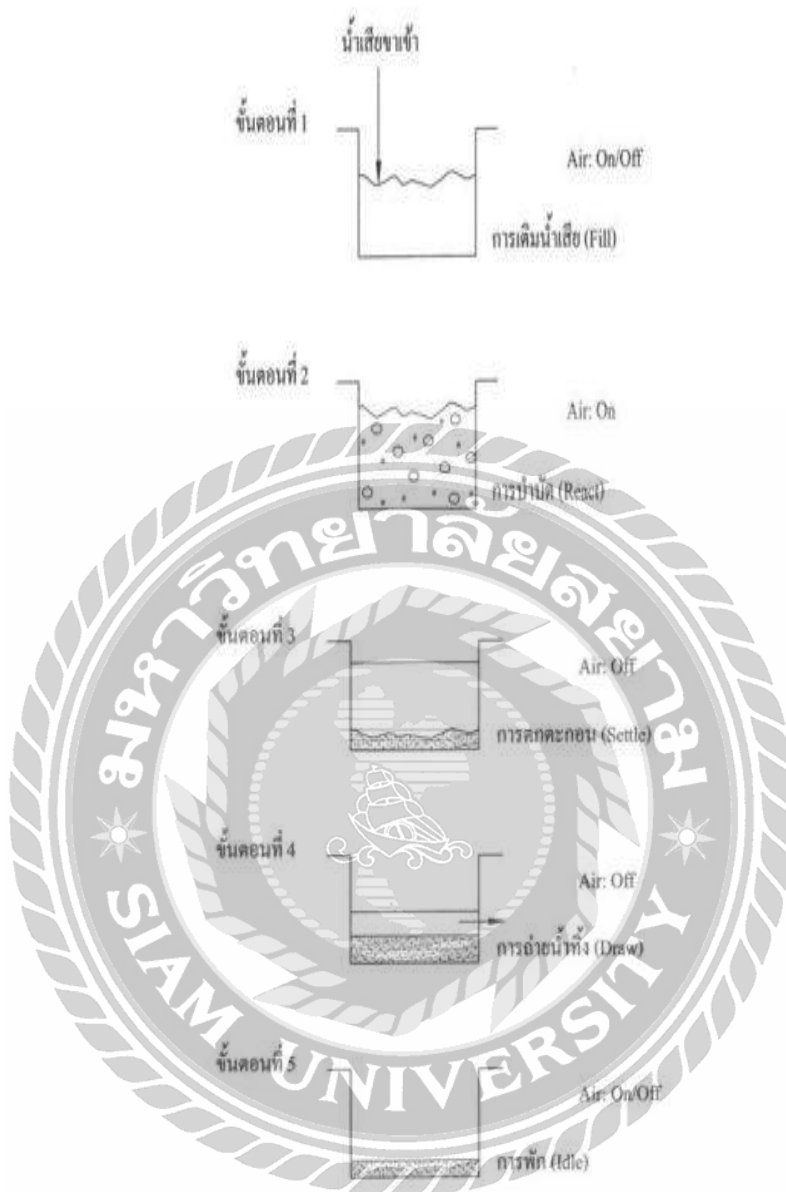
โครงสร้างของระบบบำบัดน้ำเสียระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นระบบเอสบีอาร์ เป็นการบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพแบบตะกอนเร่ง การบำบัดคือการเติมน้ำเสียเข้าระบบบำบัดน้ำเสีย การบำบัด การตกตะกอน การถ่ายน้ำทิ้ง และการพักระบบบำบัดน้ำเสีย โดยปัจจัยที่มีผลต่อการบำบัดด้วยระบบเอสบีอาร์ จะประกอบด้วย ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ ออกซิเจนละลาย ระยะเวลาการบำบัด เป็นต้น



รูปที่ 4.10 FLOW DIAGRAM ในระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการ สถานีกลางบางซื่อ

รูปที่ 4.10 แสดงการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการ สถานีกลางบางซื่อ ซึ่งมีการทำงานดังนี้

1. น้ำที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสีย จะเติมเข้ามา 1,800 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน
2. น้ำเสียที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสียจะเข้ามาที่บ่อแรกที่ชื่อว่า EQ จะทำการปรับสภาพน้ำด้วยการเติมอากาศ และเมื่อเติมอากาศเสร็จแล้วจะทำการเติมน้ำเข้าระบบเอสบีอาร์
3. น้ำเสียที่เข้าบ่อเอสบีอาร์ 1,2 ซึ่งแต่ละรอบการทำงานจะเติมน้ำเข้าบ่อ เอสบีอาร์ 1,2 รอบละ 225 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นขั้นที่ 1 ของระบบเอสบีอาร์เมื่อมีน้ำเข้าจะทำการเติมอากาศทันที จะเป็นขั้นที่ 2 ของระบบเอสบีอาร์ ในระบบเอสบีอาร์ 1,2 จะมีการเติมจุลินทรีย์ และเมื่อมีการเติมอากาศเสร็จ จะมีการพักระบบเพื่อให้ตะกอนตกลงสู่ก้นบ่อบำบัดน้ำเสร็จ เมื่อพักระบบเสร็จสิ้น จะทำการสูญตะกอนที่อยู่ก้นบ่อบำบัดน้ำเสียไปทำการรีดตะกอนและนำตะกอนไปทิ้งหรือทำการกำจัดและสามารถนำไปเป็นจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้ น้ำที่ได้จากการรีดตะกอนนั้นจะนำไปบำบัดที่บ่อ EQ ต่อไป และทำการสูญน้ำใสที่อยู่ข้างบนไปเติมสารและส่งออกสู่สาธารณะ



รูปที่ 4.11 ลักษณะการทำงานของระบบเอสบีอาร์

จากรูปที่ 4.11 เป็นการอธิบายลักษณะการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียของระบบเอสบีอาร์โดยจะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ลักษณะการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิบัติการ (บ่อบำบัดน้ำเสียเดิมอากาศ และตกตะกอน) แบ่งเป็น 5 ช่วง คือ

1. ช่วงเติมน้ำเสีย (Fill) เป็นช่วงที่มีการเติมน้ำเสียเข้าสู่บ่อบำบัดน้ำเสียปฏิกิริยาที่มีน้ำตะกอนจุลินทรีย์จากวงจรการทำงานก่อนหน้านี้ การเติมน้ำเสียทำให้ระดับน้ำในบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิกิริยาสูงขึ้น

2. ช่วงทำปฏิกิริยา (React) เป็นช่วงที่เกิดปฏิกิริยาบำบัดน้ำเสีย อาจจะมีการกวนหรือการเติมอากาศในบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิกิริยา ระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาจะขึ้นกับคุณภาพน้ำทิ้ง (Effluent) ที่ต้องการแต่ต้องมีระยะเวลาที่เพียงพอที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์

3. ช่วงตกตะกอน (Settle) เป็นช่วงที่เกิดการแยกตัวของตะกอนออกจากน้ำใสโดยช่วงนี้จะไม่มีการรบกวนจากการเติมอากาศหรือการกวนระยะเวลาในการตกตะกอนไม่ควรนานเกินไปเพื่อป้องกันปัญหาตะกอนลอยตัว

4. ช่วงระบายน้ำทิ้ง (Draw, Decant) เป็นช่วงระบายน้ำใสที่ผ่านการบำบัดแล้วออกจากบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิกิริยา ระยะเวลาการระบายขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบแต่ไม่ควรใช้เวลานานเกินไปและไม่ควรมีตะกอนหลุดออกจากบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิกิริยา

5. ช่วงพักระบบ (Idle) เป็นช่วงการพักระบบเพื่อรองรับน้ำเสียที่จะเข้ามาสู่การบำบัดในบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิกิริยา ช่วงนี้อาจมีการเติมอากาศหรือการกวนซึ่งช่วงพักระบบนี้อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบ ระบบ

ข้อมูลการออกแบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่จะบอกถึงปริมาณน้ำที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสียที่คำนวณตามการใช้สุขภัณฑ์ตลอดวันที่มีการใช้ และค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณของผู้ออกแบบ ประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

■ WASTEWATER CONDITION

Waste water from Station Phase 1 = 800 m³ / day

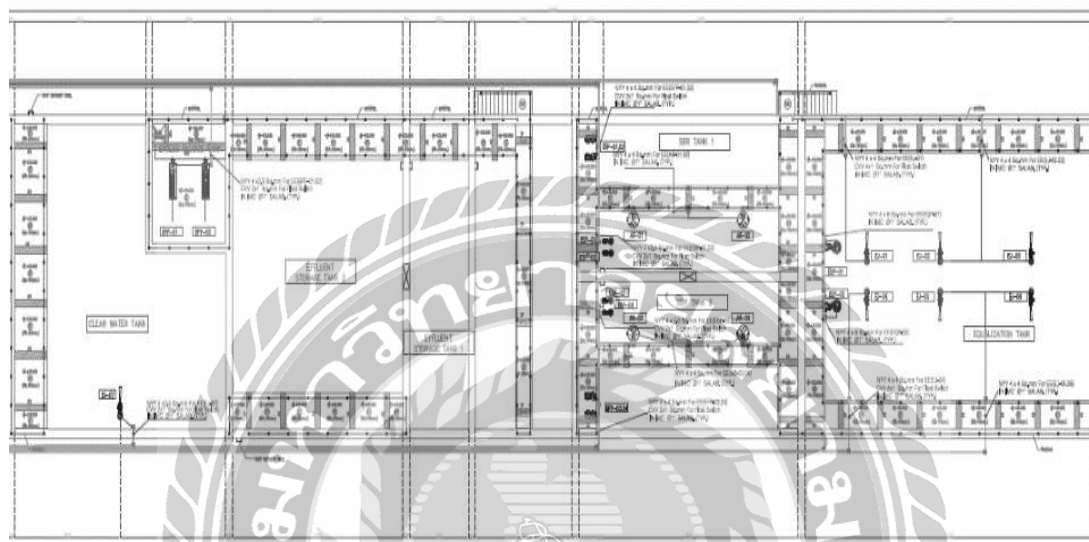
BOD inf = 180 mg / L

BOD eff = 20 mg / L

SS inf = 300 mg / L

SS eff = 30 mg / L

ข้อมูลที่ได้จากผู้ออกแบบโครงสร้างของบ่อบำบัดน้ำเสีย ส่วนนี้จะเป็นหัวใจหลักที่จะใช้เป็นที่
จะนำมาวิเคราะห์ถึงหลักการต่างๆ หากมีการติดตั้งเครื่องจักรพร้อมทั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้าไปในบ่อบำบัด
เสร็จสิ้นแล้วจะเกิดผลในด้านใดได้บ้างซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์เหตุที่อาจจะเกิดขึ้น พร้อมทั้งจะเป็นเครื่องมือ
ที่จะนำมาแก้ไขปัญหาต่างๆ ในภายหลังหากเกิดการขัดข้องในการทำงานของอุปกรณ์ หรือปรับเปลี่ยน
เครื่องจักร ในบ่อบำบัดน้ำเสีย



รูปที่ 4.12 แบบบ่อบำบัดน้ำเสียโครงการสถานีกลางบางซื่อ รถไฟฟ้าสายสีแดง กรุงเทพมหานคร

ข้อมูลของเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสีย เครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสียมีหลักการทำงานที่
ค่อนข้างแตกต่างกัน เพราะมีการแบ่งออกเป็นเครื่องสูบน้ำ และเครื่องเติมอากาศ ซึ่งเครื่องจักรแต่ละชนิดจะ
มีหลักการทำงานที่ต่างกันออกไป

ตารางที่ 4.1 จำนวนของบ่อในระบบบำบัดน้ำเสีย และเครื่องจักรพร้อมกับอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมในเบื้องต้น

TANK	Spec	จำนวน	ควบคุม	
			ลูกลอย	Timer
EQ	EQ-P01,02 Submersible	2	2ลูก/1pump_run dry ระดับต่างกัน50cm	
	Q=225cu/hr-10m, Motor=15kW, 380V AC			
	EJ-01,02,03,04,05,06 Submersible	6		Timer
	Q=125cu/hr-3m, motor=5.5kW, 380V AV			
SBR	AR-01,02,03,04 Submersible	4		Timer
	Q=85 cu/hr-4m, Motor=7.5kW, 380V AC			
	EFP-01,02,03,04 Self priming	4	1ลูก/2pump_run dry ที่ 1.5m	
	Q=225cu/hr-10m, Motor=11kW, 380V AC			
	ESP-01,02,03,04 Submersible	4	3ลูก/2pump_run dry ที่ 1.5m	
	Q=7 cu/hr-10, motor=0.75kW, 380V AC			
EXCESS SLUDGE	BPF-01,02 Screw pump	2	Manual + Alarm ส่งไปSBR	
	Q=10 cu/hr.			
CL	CFP1,2 Metering pump	2		Timer
	Q=87l/hr.			
CLEAR WATER	EJ-07 Submersible	1		
	Q=35cu/hr. motor=2.2kW, 380V AC			

ข้อมูลการส่งข้อมูลสถานะเครื่องจักรและค่าพารามิเตอร์ในระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้เจ้าหน้าที่ที่ดูแลในส่วน of ระบบบำบัดน้ำเสียนั้น ได้รับรู้ถึงการทำงานหรือหยุดทำงานของเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสีย พร้อมทั้งประสิทธิภาพในการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย



รูปที่ 4.13 ชุดวิเคราะห์ผลของการบำบัดน้ำเสีย

การตรวจสอบทางออนไลน์เป็นทางเลือกหนึ่งที่เกิดขึ้นเพื่อการควบคุมคุณภาพของระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อเป็นการเฝ้าระวังไม่ให้ระบบบำบัดน้ำเสียเกิดความเสียหายจนไม่อาจแก้ไขได้ทัน

ข้อมูลการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เครื่องจักรต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นการทดสอบเพื่อที่จะให้เป็นตัวยืนยันว่า เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียมีการทำงานเป็นปกติและมีประสิทธิภาพพร้อมใช้งาน

ข้อมูลการเข้าตรวจเช็คระบบในแต่ละครั้ง เป็นการจดบันทึกและวิเคราะห์ถึงสภาพการทำงานของเครื่องจักร และผลของการบำบัดในระบบน้ำเสียที่มีการแสดงสถานะค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ผ่านอุปกรณ์ออนไลน์ที่ใช้ และค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียตัวอย่างที่ทำการเก็บมาตรวจวัดค่าในห้องปฏิบัติการ

• ข้อมูลอุปกรณ์และการเลือกใช้เครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสีย

การศึกษาข้อมูลข้อบังคับของการเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบบำบัดน้ำเสีย ที่จะต้องมีการออกแบบการควบคุมการทำงานให้ตรงตามความต้องการของผู้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสีย

■ เครื่องสูบน้ำเสีย (Waste Water Submersible Pump)

เครื่องสูบน้ำเสีย เป็นเครื่องสูบน้ำ ดัดตั้งในบ่อน้ำเสีย (Sewage Sump and Drainage Sump) ออกแบบเหมาะสำหรับสูบน้ำเสียโดยเฉพาะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดแช่อยู่ในน้ำได้ตลอดเวลา ขนาดมอเตอร์มีสมรรถนะตามที่ระบุไว้ในแบบและรายการความเป็นจนวนมีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่า Class F (จนวนของขดลวดทนอุณหภูมิได้ถึง $120\text{ }^{\circ}\text{C}$) ใช้กับระบบไฟฟ้า 400 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิร์ต ส่วนของมอเตอร์จะต้องประกอบเป็นหน่วยเดียวกันกับเครื่องสูบน้ำ โดยมีอุปกรณ์ป้องกันการรั่วซึมของน้ำที่จะผ่านเข้ามอเตอร์คือ Oil Chamber กับ Silicon Carbide Mechanical Seal ใบพัด (Impeller) และ Suction Cover จะต้องออกแบบให้เกิดน้ำวน (Vortex) ภายในเรือนสูบ (Casing) สูบน้ำและตะกอนได้

อัตราการสูบน้ำ (Flow Rate and Head) ให้เป็นไปตามแบบและรายการพร้อมด้วยอุปกรณ์พิเศษเพื่อติดตั้งหรือยกเครื่องสูบน้ำขึ้นจากบ่อ โดยไม่ต้องถอดหรือประกอบท่อส่งน้ำ (Guide Rail Fitting & Duck Foot Bend)

■ ลักษณะโครงสร้างของเครื่องสูบน้ำเสีย (Structure of Pump)

ใบพัด (Impeller) เป็นแบบ Non-Clog Type ทำด้วย Gray Iron Casting ใบพัดจะต้องได้รับการถ่วงสมดุลทั้งทางด้านสถิตศาสตร์และจลศาสตร์ (Statically and Dynamically Balance) มาจากโรงงานผู้ผลิต

- Suction Cover ทำด้วย Gray-Iron Casting
- Mechanical Seal ทำด้วย Silicon Carbideหล่อลื่นด้วย Turbine Oil ภายใน Oil Chamber
- เพลา (Shaft) จะต้องเป็นเพลาเดียวยาวตลอดทำด้วย Stainless Steel
- ลูกปืน (Bearing) เป็นชนิด Ball Bearing

มอเตอร์ (Motor) จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความร้อน (Overheat) ด้วย Motor Protection (Built-In Thermal Protection) ชนิดสามารถหยุดการทำงานของมอเตอร์ได้เมื่อมอเตอร์มีความร้อนสูงและเมื่อมอเตอร์เย็นลงจะสามารถ Reset ได้เอง Efficiency Class IE2"

สกรู (Screw) ทุกตัวต้องเป็น Stainless Steel

■ **อุปกรณ์ประกอบ (Accessories)**

- Duck Foot Bend ทำด้วย Gray-Iron Casting พร้อมด้วย Discharge Flange มี Anchor Bolts, น๊อตและสกรูทำด้วย Stainless Steel
- Quick Connector ทำด้วย Gray-Iron Casting ยึดติดกับ Discharge Bore ของตัวเครื่องสูบน้ำ ใช้สำหรับเกาะยึด Duck Foot Bend
- Guide Rail Fittings ประกอบด้วย Guide Rail ซึ่งทำด้วยท่อเหล็กอบสังกะสีหรือวัสดุอื่นที่ไม่เป็นสนิมเมื่อแช่ในน้ำ Upper Guide Holder ทำด้วย Gray-Iron Casting สำหรับยึด Guide Rail
- โซ่ (Lifting Chain) ทำด้วย Structural Steelชุบ Galvanized ความยาวไม่น้อยกว่า 6 เมตร



รูปที่ 4.14 Submersible Pump



รูปที่ 4.15 การติดตั้ง Submersible Pump แบบแช่น้ำ

■ การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำเสีย (Controller)

การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำเสีย โดยอุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำ เป็นแบบ Mercury Float Switch ให้เครื่องสูบน้ำทำงานสลับกันในเวลาปกติและจะทำงานร่วมกันในเวลาน้ำมากกว่าปกติโดยเป็นแบบอัตโนมัติ ระดับของตุ้กลอยประกอบด้วย ระดับเครื่องสูบน้ำ 2 ชุด ทำงานพร้อมกัน, ระดับทำงาน 1 ชุด, ระดับตัดเครื่องสูบน้ำทั้งหมด โดยที่ระดับดังกล่าวได้กำหนดไว้ในแบบหรือจะกำหนดให้ในงานภาคสนาม

■ เครื่องสูบน้ำตะกอนย้อนกลับ (Submersible Sludge Pump)

เครื่องสูบน้ำตะกอนย้อนกลับ เป็นเครื่องสับตะกอน ติดตั้งในบ่อเก็บตะกอน (Sludge Sump) ออกแบบให้สามารถสูบน้ำตะกอนขึ้นได้ไม่น้อยกว่า 2% (20,000 PPM) ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดแช่น้ำได้ตลอดเวลา ขนาดมอเตอร์มีสมรรถนะตามที่ระบุไว้ในแบบและรายการ ความเป็นฉนวนมีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่า Class F (อุณหภูมิของขดลวดทนอุณหภูมิได้ถึง 120°C) ใช้กับระบบไฟฟ้า 400 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิร์ต D.O.L.

Startering ส่วนของมอเตอร์จะต้องประกอบเป็นหน่วยเดียวกันกับเครื่องสูบน้ำโดยมีอุปกรณ์ป้องกันการรั่วซึมของน้ำที่จะผ่านเข้ามอเตอร์คือ Oil Chamber กับ Silicon Carbide Mechanical Seal ใบพัดเป็นชนิด Non-Clog

อัตราการสูบน้ำ (Flow Rate and Head) ให้เป็นไปตามแบบและรายการพร้อมด้วยอุปกรณ์พิเศษเพื่อติดตั้งหรือยกเครื่องสูบน้ำขึ้นจากบ่อโดยไม่ต้องถอดหรือประกอบท่อส่งน้ำ (Guide Rail Fittings & Duck Foot Bend) สามารถตั้งเวลาการทำงานของเครื่องสูบน้ำด้วย Timer Switch

■ ลักษณะโครงสร้าง (Structure of Pump)

ใบพัด (Impeller) เป็นแบบ Non-Clog Type ทำด้วย Gray Iron Casting ใบพัดจะต้องได้รับการถ่วงสมดุลทั้งทางด้านสถิตย์ศาสตร์และจลศาสตร์ (Statically and Dynamically Balance) มาจากโรงงานผู้ผลิต

- Suction Cover ทำด้วย Gray-Iron Casting
- Mechanical Seal ทำด้วย Silicon Carbide ห่อหุ้มด้วย Turbine Oil ภายใน Oil Chamber
- เพลา (Shaft) จะต้องเป็นเพลาเดียวยาวตลอดทำด้วย Stainless Steel
- ลูกปืน (Bearing) เป็นชนิด Ball Bearing
- มอเตอร์ (Motor) จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความร้อน (Overheat) ด้วย Motor Protection (Built-In Thermal Protection) ชนิดสามารถหยุดการทำงานของมอเตอร์ได้เมื่อมอเตอร์มีความร้อนสูงและเมื่อมอเตอร์เย็นลงจะสามารถ Reset ได้เอง Efficiency Class IE2
- สกรู (Screw) ทุกตัวต้องเป็น Stainless Steel

■ อุปกรณ์ประกอบ (Accessories)

- Duck Foot Bend ทำด้วย Gray-Iron Casting พร้อมด้วย Discharge Flange มี Anchor Bolts, น๊อตและสกรูทำด้วย Stainless Steel
- Quick Connector ทำด้วย Gray-Iron Casting ยึดติดกับ Discharge Bore ของตัวเครื่องสูบน้ำ ใช้สำหรับเกาะยึด Duck Foot Bend
- Guide Rail Fittings ประกอบด้วย Guide Rail ซึ่งทำด้วยท่อเหล็กอบสังกะสีหรือวัสดุอื่นที่ไม่เป็นสนิมเมื่อแช่ในน้ำ Upper Guide Holder ทำด้วย Gray-Iron Casting สำหรับยึด Guide Rail โซ่ (Lifting Chain) ทำด้วย Structural Steel ชุบ Galvanized ความยาวไม่น้อยกว่า 6 เมตร

■ การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำตะกอนย้อนกลับ (Controller)

การควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำตะกอนย้อนกลับให้ใช้ระบบ Timer ชนิด 24 Hours Cycle ปิดและเปิดตามเวลาที่กำหนดในภายหลังและควบคุมด้วยระบบ Manual

แผงควบคุม ประกอบด้วย Pilot Lamp, Hand-Off-Automation Switch, Running Period Timer, On-Off Button และ ฯลฯ

■ เครื่องพ่นอากาศใต้น้ำ (Submersible Ejector)

เครื่องพ่นอากาศใต้น้ำ (Submersible Ejector) ติดตั้งในบ่อเติมอากาศ (Aeration Tank) ของระบบบำบัดน้ำเสียเป็นชนิดขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดแช่อยู่ในน้ำได้ตลอดเวลา ขนาดมอเตอร์มีสมรรถนะตามที่ระบุไว้ในแบบและรายการ ความเป็นฉนวนมีคุณสมบัติไม่ต่ำกว่า Cass F (ฉนวนของขดลวดทนอุณหภูมิได้ถึง 120 °C) ใช้กับระบบไฟฟ้า 400 โวลต์ 3 เฟส 50 เฮิร์ต ส่วนของมอเตอร์จะต้องประกอบเป็นหน่วยเดียวกันกับส่วนเติมอากาศ โดยมีอุปกรณ์ ป้องกันน้ำซึมเข้ามอเตอร์ 2 ชั้น คือ Oil Chamber พร้อมด้วย Silicon Carbide Mechanical Seal และมีอุปกรณ์ ประกอบ เช่น Nozzle, Diffuser, Air Inlet Casing and Pipes และ Strainer

อัตราการพ่นอากาศใต้น้ำ (Flow Rate and Head) ให้เป็นไปตามแบบและรายการที่ Standard Conditions และความลึกของน้ำสามารถกวนน้ำได้อย่างสมบูรณ์แบบในบ่อน้ำเสียตามขนาดที่ปรากฏในแบบ ใบพัด (Impeller) และ Suction Cover จะต้องเป็นชนิด Non-Clog กันการอุดตันของเศษขยะต่างๆ ได้

■ ลักษณะโครงสร้าง (Structure of Submersible Ejector)

- ใบพัด (Impeller) ทำด้วย Stainless Casting หรือ Gray-Iron Casting ใบพัดจะต้องได้รับการถ่วงสมดุลทั้งทางด้านสถิตย์ศาสตร์และจลศาสตร์ (Statically and Dynamically Balance) มาจากโรงงานผู้ผลิต Suction Cover ทำด้วย Gray-Iron Casting หรือ Stainless Iron Casting Mechanical Seal ทำด้วย Silicon Carbide หล่อขึ้นด้วย Turbine Oil ภายใน Oil Chamber
- เพลา (Shaft) จะต้องเป็นเพลาเดียวยาวตลอดทำด้วย Stainless Steel
- ลูกปืน (Bearing) เป็นชนิด Ball Bearing
- มอเตอร์ (Motor) จะต้องติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันความร้อน (Overheat) ด้วย Motor Protection (Built-In Thermal Protection) ชนิดสามารถหยุดการทำงานของมอเตอร์ได้เมื่อมอเตอร์มีความร้อนสูงและเมื่อมอเตอร์เย็นลงจะสามารถ Reset ได้เอง Efficiency Class IE2
- สกรู (Screw) ทุกตัวต้องเป็น Stainless Steel

■ อุปกรณ์ประกอบ (Accessories)

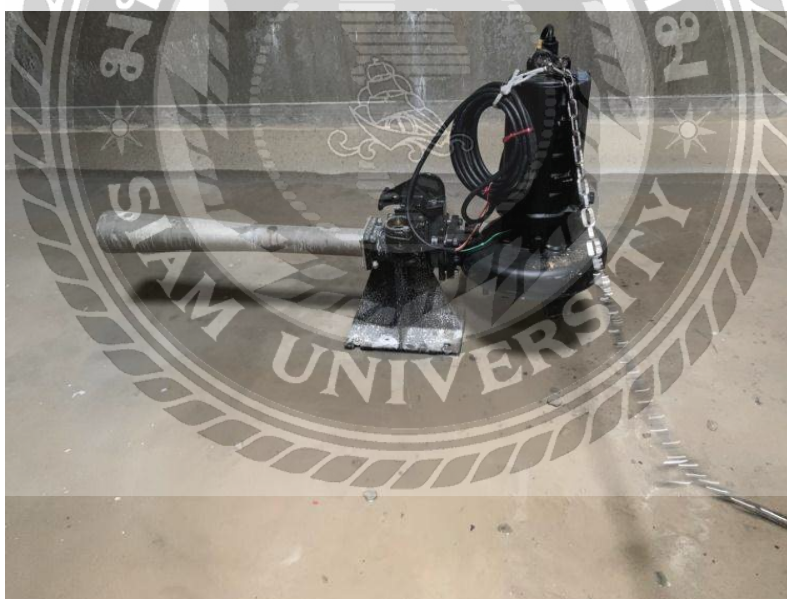
- อุปกรณ์กรองเสียง (Silencer) ทำด้วยวัสดุพีวีซี
- วาล์วปรับปริมาณลม (Valve Set) เป็นแบบ Gray Valve วาล์วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) และเล็กกว่าทำด้วย Bronze วาล์วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่า 50 มิลลิเมตร (2 นิ้ว) ทำด้วย Cast-Iron แบบ Rising Stem
- Duck Foot Bend ทำด้วย Gray-Iron Casting พร้อมด้วย Discharge Flange มี Anchor Bolts

- น๊อตและสกรูทำด้วย Stainless Steel
- Quick Connector ทำด้วย Gray-Iron Casting ยึดติดกับ Discharge Bore ของตัวเครื่อง สูบน้ำใช้สำหรับเกาะยึด Duck Foot Bend
- Guide Rail Fittings ประกอบด้วย Guide Rai ซึ่งทำด้วยท่อเหล็กอบสังกะสีหรือวัสดุอื่นที่ไม่เป็นสนิมเมื่อแช่อยู่ในน้ำ
- โซ่ (Lifting Chain) ทำด้วย Structural Steel Hot-Dip Galvanized ความยาวไม่น้อยกว่า 6 เมตร
- การควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นอากาศใต้น้ำ (Controller)

การควบคุมการทำงานของเครื่องพ่นอากาศใต้น้ำ ให้ใช้ระบบ Timer ชนิด 24 Hours Cycle

ปิด และเปิดตามเวลาที่จะกำหนดในภายหลังและควบคุมด้วยระบบ Manual

แผงควบคุมประกอบด้วย Pilot Lamp, Hand-Off-Automatic Switch, Running Period Timer, On-Off Button และ ฯลฯ



รูปที่ 4.16 Submersible Ejector

■ เครื่องจ่ายน้ำยาคลอรีน (Chlorine Dosing Unit)

เครื่องจ่ายน้ำยาคลอรีนจะต้องเป็นแบบ Metering Diaphragm Pump มีขนาดความสามารถในการปรับปริมาณการจ่ายน้ำยาคลอรีนได้ โดยการปรับ Height-of-Stroke มีสเกลแสดงตำแหน่งที่ปรับเห็นได้ชัดเจน ทนความดันใช้งานสูงสุด (Maximum Operating Pressure) ได้ไม่ต่ำกว่า 300 กิโลปาสกาล (43 ปอนด์ต่อ

ตารางนี้) โครงสร้างวัสดุต่างๆ จะต้องเป็นชนิดที่ทนต่อการกัดกร่อนโดยน้ำยาคลอรีน มีอุปกรณ์ เช่น Check Valve และ Fitting สำหรับต่อกับท่อดูด และจ่ายน้ำยาติดประกอบมาด้วยพร้อมกันมี Motor-Gear Coupling เป็นตัวขับเคลื่อนระบบไฟฟ้า 400 โวลท์ 3 เฟส 50 เฮิร์ต

บ่อบำบัดน้ำเสียเก็บสารละลายเคมี (Chlorine Solution Tank) จะต้องมีความจุไม่น้อยกว่าที่ระบุในแบบ ทำด้วยวัสดุ Polyethylene มีขาตั้งและฝาปิดติดประกอบมาพร้อมกัน ฝาปิดจะต้องเป็นแบบที่มีช่องสำหรับการติดตั้ง Mixer และมีส่วนที่ใช้ปิดสำหรับการตรวจสอบและเติมน้ำยาคลอรีน โดย ไม่ต้องทำการปิดฝาทั้งหมดหรือถอดถอนท่อหรืออุปกรณ์อื่นๆ ออกก่อน

เครื่องกวนสารละลายเคมี จะต้องเป็นชนิดที่ใช้ใบกวน (Impeller) แบบ Propeller หรือ Axial-Flow ใช้วิธีการติดตั้งแบบ Angular Off-Center, Top Entering อัตราส่วนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใบพัดต่อบ่อบำบัดน้ำเสียเก็บสารละลายต้องไม่ต่ำกว่า 20% โครงสร้างวัสดุจะต้องมีเพลและใบพัดทำด้วย Stainless Steel ต่อด้วย Geared or Direct Flexible Coupling กับมอเตอร์ติดตั้ง และยึดอยู่กับโครง Mounting Bracket and Shaft Guide ที่ทำด้วยเหล็กหล่อ



รูปที่ 4.17 Chlorine Pump

■ เครื่องกวนสารเคมี (Agitator or Mixer)

เครื่องกวนสารเคมีหรือเครื่องผสมสารเคมีใช้สำหรับกวนสารเคมีในบ่อบำบัดน้ำเสียตกตะกอน (Sudge -Conditioning Tank) เพื่อให้สารเคมีและของเหลวผสมกันอย่างทั่วถึงความเร็วรอบของเครื่องกวน

จะต้องพอเหมาะที่จะทำให้ของเหลวและสารเคมีผสมกันได้ดีมอเตอร์ขับเคลื่อนเครื่องกวนจะต้องออกแบบมาสำหรับใช้งานกลางแจ้งได้



รูปที่ 4.18 Agitator or Mixer Pump

■ วัสดุและการออกแบบ

เครื่องกวนผสมสารเคมีจะต้องออกแบบ และสร้างด้วยวัสดุอย่างดีตามมาตรฐานโรงงานผู้ผลิตและได้ตามความต้องการของข้อกำหนดเครื่องกวนสารเคมีจะต้องได้รับการปรับสมดุล(Statically Balanced) มาแล้วเป็นอย่างดี

ชุดเกียร์และมอเตอร์จะต้องเป็นแบบที่ติดตั้งในแนวดิ่ง โดยเพลาลูกเบี้ยวและตัวตามจะต้องอยู่ในแนวขนานกัน

ชุด Gear Boxes ที่ใช้ขับเคลื่อนเครื่องกวนจะต้องออกแบบมาเป็นพิเศษให้สามารถติดตั้งได้โดยตรงที่ด้านบนของฟลอปป์บักน้ำเสีย (Vessels) ด้วยการยึดด้วยหน้าแปลน

รายละเอียดของเครื่องกวนผสมสารเคมี

- Gear and Assembly Vibration, Noise, Temperature
- Shaft Run-Out at Seal
- Deflection of Vessel Head and Shell

- Oil / Grease Leak

- Shaft Speed

■ แผงสวิทช์ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า (Motor Control Center)

ข้อกำหนดนี้ได้ระบุครอบคลุมถึงความต้องการด้านออกแบบ และสร้างแผงสวิทช์ควบคุมมอเตอร์

ไฟฟ้า (Motor Control Center) แบบตั้งพื้น (Floor Standing) และแบบติดผนัง (Wall Mounted)

ฟังก์ชันของแผงสวิทช์ ถ้ามิได้กำหนดไว้เป็นอย่างอื่น ให้แผงสวิทช์ไฟฟ้าที่กล่าวถึงรวมทั้งวัสดุ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องมีการออกแบบสร้างและทดสอบตาม NEMA, ANSI, IEC, DIN หรือ VDE-Standard แต่ต้องไม่ขัดต่อระเบียบและมาตรฐานการไฟฟ้าท้องถิ่นที่กำหนด โดยมีคุณสมบัติทางเทคนิคอย่างน้อยดังต่อไปนี้

- Rate System Voltage: 415V/240V
- System Wiring: 3-Phase, 4-Wire, Effectively Grounded
- Rated Frequency: 50 Hz.
- Rated Current: ตามระบุในแบบ
- Rate Short-Time Withstand: ไม่น้อยกว่า Rated Short-Time Circurrent (0.5 Second) Cuit Current ของ Main Circuit Breaker ที่ระบุในแบบ
- Rated Peak Withstand Current: ไม่น้อยกว่า 2.83 เท่าของ Rated Short-Circuit Current ของ Main Circuit Breaker
- Rated Withstand Voltage: 2,200V, 1-Minute (Phase-to-Ground)
- Rated Insulation Level: 1,000V
- Control Voltage: 200-240V
- Temperature Rise: 25°C
- Finishing: Enamel Painted

■ ลักษณะโครงสร้างของแผงสวิทช์

ลักษณะของแผงสวิทช์ ต้องจัดแบ่งออกเป็นส่วนๆ (Vertical Section) มีความสมบูรณ์

สามารถแยกออกจากกันให้เป็นอิสระได้ง่ายแต่ละส่วนต้องมีขนาดอยู่ในช่วงที่กำหนดดังนี้.

ความสูง : ไม่เกิน 2,200 มิลลิเมตร

ความกว้าง : ระหว่าง 500-800 มิลลิเมตร

ความลึก : ระหว่าง 400-800 มิลลิเมตร

แผงสวิตช์แต่ละส่วนต้องจัดแบ่งภายในเป็นช่องๆ (Compartment) อย่างน้อย 4 ช่องดังนี้

ก. Busbars Compartment ให้รวมถึงช่องทั้งของ Horizontal Busbars และ Vertical Busbars โดย ส่วนนี้ควรจัดให้อยู่ด้านหลังและด้านข้างในแต่ละส่วนของตู้

ข. Cable Compartment เป็นส่วนสำหรับเดินสายไฟฟ้าไปยังมอเตอร์

ค. Terminal Compartment เป็นส่วนติดตั้งขั้วต่อสายไฟฟ้ากำลังและสายไฟฟ้าควบคุมที่ต้องต่อกับตู้ส่วนอื่น หรือต่อออกไปภายนอก ควรจัดให้อยู่ส่วนล่างหรือส่วนบนของตู้แล้วแต่กรณี เพื่อให้การเดินสายได้สะดวก

ง. Unit Compartment เป็นส่วนสำหรับติดตั้งสวิตช์ตัดวงจร สตาร์ทเตอร์ อุปกรณ์ป้องกัน รวมทั้ง อุปกรณ์เครื่องวัดต่างๆ ส่วนนี้ให้แบ่งเป็น Module โดยแต่ละ Module ให้บรรจุอุปกรณ์ ควบคุม และป้องกันของมอเตอร์ไฟฟ้าแต่ละตัวเป็นชุดๆ

โครงสร้างของแผงสวิตช์ต้องเป็นแบบ Self-Standing Metal Structure โดยโครงสร้างที่เป็น ส่วนเสริมความแข็งแรงต้องเป็นเหล็กหนาไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร ส่วนฝาทุกด้านรวมทั้งแผ่นกั้น แบ่ง Compartment ต้องเป็นแผ่นเหล็กมีความหนาไม่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร ทั้งนี้ฝาของแผงสวิตช์ แต่ละด้านต้องเป็นไปตามกำหนดดังนี้

ก. ฝาด้านบน ให้เป็นแผ่นเหล็กพับขึ้นขอบ แบ่งอย่างน้อยเป็น 2 ชั้น โดยชั้นหนึ่งเป็นฝาปิด เฉพาะส่วน Cable Compartment ยึดติดกับโครงสร้างแผงสวิตช์ด้วยสกรู หรือน็อตขนาดและ จำนวนเหมาะสมให้มีความแข็งแรง

ข. ฝาด้านล่างให้เป็นแผ่นเหล็กเรียบ การแบ่งชั้นฝาและการยึดกับโครงสร้างแผงสวิตช์ให้มี ลักษณะ เช่นเดียวกับฝาด้านบน

ค. ฝาด้านข้างทั้ง 2 ด้านให้เป็นแผ่นเหล็กเรียบหรือพับขึ้นขอบด้านละ 1 ชั้น ยึดติดกับโครงสร้าง แผงสวิตช์ด้วยสกรู หรือน็อต ขนาดและจำนวนเหมาะสม ให้มีความแข็งแรง แต่ในกรณีที่ต้องใช้ แผงสวิตช์หลายส่วน (Vertical Section) เรียงต่อกัน ให้ใช้ฝากั้นระหว่างส่วนเป็นแผ่นเหล็กเรียบ แทน โดยมีช่องเจาะทะลุถึงกันเพียงพอตามต้องการ

ง. ฝาด้านหลังให้เป็นแผ่นเหล็กพับขึ้นขอบ มีคันทิ้งเป็น Removable Pin Hinges เพื่อสะดวกในการเปิดและถอดฝา ส่วนอีกด้านหนึ่งเมื่อปิดแล้วให้ใช้ Screw Lock หรือ Key Lock ก็ได้

จ. ฝาด้านหน้าให้เป็นแผ่นเหล็กพับขึ้นขอบ เป็นฝาของแต่ละ Compartment และฝาของแต่ละ Module ของ Unit Compartment อย่างเป็นอิสระแต่ละฝาให้มีด้านหนึ่งเป็น Removable Pin-Hinges ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็น Key Lock

การประกอบแผงต้องคำนึงถึงกรรมวิธีระบายความร้อนที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์ภายใน โดยวิธีไหลเวียนของอากาศตามธรรมชาติ ทั้งนี้อาจเจาะเกราะระบายอากาศที่ฝาด้านใดด้านหนึ่ง หรือหลายด้านอย่างไหลเวียนของ เพียงพอ พร้อมติดตั้งตะแกรงกันแมลง (Insect Screen)

การป้องกันสนิมและการทาสี ให้เหล็กและแผ่นเหล็กทุกชิ้นที่ใช้เป็นเหล็กชุบ Electrogalvanized หรือชุบป้องกันสนิมด้วยวิธีอื่นที่เทียบเท่า หรือดีกว่าตามกำหนดในหมวดว่าด้วยการทาสี ป้องกันการผุกร่อน และรหัสสี



รูปที่ 4.19 Motor Control Center

■ ระบบควบคุมการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor

ระบบควบคุมการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor ทั้ง 2 บ่อบำบัดน้ำเสียจะต้องเป็นแบบ PLC และต้องสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor ให้ทำงานสอดคล้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้การบำบัดน้ำเสียภายในบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor มีประสิทธิภาพอุปกรณ์ที่ระบบควบคุมการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor จะต้องควบคุมการทำงานได้ มีดังนี้

- เครื่องสูบน้ำ EQP-01 ถึง EQP -03
- เครื่องเติมอากาศ AR-SBR1-01 ถึง AR-SBR-04
- เครื่องสูบลำลายตะกอน SLP-01 ถึง SLP-04 และ EJ-SBR2-01 ถึง EJ-SBR-03
- อุปกรณ์ระบายน้ำใส EFP-01 ถึง EFP-02

■ ระบบควบคุมการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor

ระบบควบคุมการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor ทั้ง 2 บ่อบำบัดน้ำเสียจะต้องเป็นแบบ PLC และต้องสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องกับบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor ให้ทำงานสอดคล้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะทำให้การบำบัดน้ำเสียภายในบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor มีประสิทธิภาพอุปกรณ์ที่ระบบควบคุมการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor จะต้องควบคุมการทำงานได้ มีดังนี้

- เครื่องสูบน้ำ EQP-01 ถึง EQP -03
- เครื่องเติมอากาศ AR-SBR1-01 ถึง AR-SBR-04
- เครื่องสูบลำลายตะกอน SLP-01 ถึง SLP-04 และ EJ-SBR2-01 ถึง EJ-SBR-03
- อุปกรณ์ระบายน้ำใส EFP-01 ถึง EFP-02

อุปกรณ์ที่ระบบ PLC จะรับสัญญาณเพื่อมาใช้ในการควบคุม มีดังนี้

- อุปกรณ์วัดระดับน้ำในบ่อบำบัดน้ำเสียปรับสมดุล Equalizing Tank
- อุปกรณ์วัดระดับน้ำในบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor 1 และ 2
- อุปกรณ์ Timer

ลักษณะการทำงานมีดังต่อไปนี้

บ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor แต่ละบ่อบำบัดน้ำเสียประกอบด้วย เครื่องวัดระดับน้ำประจำบ่อบำบัดน้ำเสีย เครื่องสูบน้ำเสียเข้าบ่อบำบัดน้ำเสีย (EQP) เครื่องเติมอากาศ (EJ) เครื่องสูบน้ำระบายตะกอน (SLP) อุปกรณ์ระบายน้ำออก (EFP) รอบการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor แต่ละรอบจะมีเวลาประมาณ 4 - 12 ชม. โดยมีขั้นตอนการทำงาน แบ่งได้เป็น 5 ช่วง ดังนี้

- ช่วงเติมน้ำเสีย (ประมาณ 1.5 ชั่วโมง)
- ช่วงเติมอากาศ (ประมาณ 4.0 ชั่วโมง)
- ช่วงตกตะกอน (ประมาณ 1.0 ชั่วโมง)
- ช่วงระบายน้ำใส (ประมาณ 1.0 ชั่วโมง)
- ช่วงพักบ่อบำบัดน้ำเสีย (ประมาณ 0.5 ชั่วโมง)

ระยะเวลาการทำงานของบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor ที่กำหนดนี้เป็นเพียงค่าจากการประเมิน ในการดำเนินการติดตั้ง ผู้รับจ้างต้องทำการประเมินข้อมูลปริมาณและลักษณะน้ำเสียอีกครั้งและทำการ ปรับระยะเวลาในแต่ละขั้นตอนให้เหมาะสมเพื่อให้การบำบัดน้ำเสียเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

- การทำงานในแต่ละขั้นตอนของบ่อบำบัดน้ำเสีย SBR Reactor ระบบควบคุมการทำงานจะต้องควบคุมให้มีลักษณะ ดังต่อไปนี้

ช่วงเติมน้ำเสีย

- PLC ส่งสัญญาณให้เครื่องสูบน้ำเสียประจำบ่อบำบัดน้ำเสียทำงานสูบน้ำเสียเข้าบ่อบำบัดน้ำเสียบำบัด โดยสั่งให้เครื่อง

สูบน้ำหมุนเวียนทำงานพร้อมกับเครื่องสูบน้ำ

- PLC สั่งตัดการทำงานของเครื่องสูบน้ำ เมื่อระดับน้ำในบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิกิริยาถึงระดับที่ต้องการ

- หากระดับน้ำในบ่อบำบัดน้ำเสียปรับสมดุล (Equalizing Tank) ลดต่ำลงจนถึงระดับที่อาจเป็นอันตรายต่อ

เครื่องสูบน้ำได้ PLC จะสั่งตัดการทำงานของเครื่องสูบน้ำนั้น ช่วงเติมอากาศ

- เมื่อระดับน้ำในบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิบัติการที่ระดับที่ต้องการ PLC จะสั่งให้หยุดการทำงานของเครื่องสูบน้ำเสีย และสั่งให้เครื่องเติมอากาศทำงาน โดยควบคุมเวลาให้เครื่องเติมอากาศทำงานต่อเนื่องตามระยะเวลาที่กำหนด

- เมื่อเครื่องเติมอากาศทำงานครบตามระยะเวลา PLC จะสั่งให้หยุดการทำงาน ช่วงตกตะกอน

- เมื่อเครื่องเติมอากาศหยุดทำงานลง PLC จะส่งสัญญาณให้อุปกรณ์ทุกชนิดหยุดทำงานตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อแยกตะกอนสลัดจ์ออกจากน้ำใสที่ผ่านการบำบัด ป้องกันไม่ให้ตะกอนปะปนไปกับน้ำทิ้ง ช่วงระบายน้ำใส

- เมื่อเสร็จสิ้นช่วงเวลตกตะกอน PLC จะสั่งให้อุปกรณ์ระบายน้ำออกเปิดออก เพื่อระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดผ่านอุปกรณ์ระบายน้ำออกจากบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิบัติการ เมื่อระดับน้ำในบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิบัติการถึงระดับที่กำหนด PLC จะสั่งให้อุปกรณ์ระบายน้ำออกปิด เพื่อป้องกันเศษตะกอนปะปนมากับน้ำทิ้ง ช่วงพักบ่อบำบัดน้ำเสียเมื่อระบายน้ำทิ้งออกไปตามปริมาณที่กำหนดแล้ว PLC จะส่งสัญญาณให้เครื่องสูบน้ำระบายตะกอนทำงาน เพื่อระบายส่วนเกินออกจากบ่อบำบัดน้ำเสียปฏิบัติการ

- PLC จะสั่งให้เครื่องเติมอากาศทำงานเป็นช่วงๆ โดยทุกๆ ชั่วโมงจะต้องทำงานไม่น้อยกว่า 15 นาที เพื่อป้องกันเชื้อจุลินทรีย์ในระบบเสียสมดุล



รูปที่ 4.20 PLC ควบคุมการทำงานในระบบบำบัดน้ำเสีย

4.3 ผลการทดสอบของเครื่องจักรและค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดน้ำเสีย

ผลการทดสอบเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสีย การตรวจสอบความพร้อมก่อนเริ่มการทำงานของเครื่องจักรจะต้องมีการตรวจสอบ ดังนี้

เพื่อให้ปั๊มมีอายุการใช้งานยาวนาน และไม่ต้องหยุดทำงานเพื่อซ่อมแซมบ่อยครั้ง ปั๊มทุกเครื่อง

ควรมีสমุดประวัติการใช้งานและบำรุงรักษา ตลอดจนมีตารางเวลาสำหรับตรวจสอบและบำรุงรักษาที่แน่นอน การตรวจสอบและบำรุงรักษาอาจแบ่งออกเป็น การตรวจสอบประจำวัน การตรวจสอบทุก 6 เดือน การตรวจสอบประจำปี

การตรวจสอบและบำรุงรักษาตามกำหนดเวลาต่างๆ มีดังต่อไปนี้

- การตรวจสอบและบำรุงรักษาประจำวัน มีดังนี้

1. อุณหภูมิของรองลื่น
2. ความดันทางท่อดูดและท่อจ่าย
3. การรั่วจากกันรั้ว (Seal)
4. การหล่อลื่นกันรั้ว โดยดูจากหลอดแก้ว หรือตัวชี้อื่นๆ
5. โหลด (Load) ของมอเตอร์ไฟฟ้า
6. ระดับเสียงและการสั่นสะเทือน
7. ระดับน้ำมันหล่อลื่นที่มาเลี้ยงรองลื่น

- การตรวจสอบและบำรุงรักษาทุก 6 เดือน มีดังนี้

1. การได้ศูนย์ระหว่างปั๊ม และต้นกำลัง
2. การเติมน้ำมัน หรือจารบีให้กับรองลื่น
3. ตรวจรอยรั่วท่อทางดูด

- การตรวจสอบและบำรุงรักษาประจำปี มีดังนี้

1. การรื้อตามเพลลาและการซ่อมบำรุงกันรั้ว
2. การสึกของปลอกเพลลา
3. ช่องว่างระหว่างใบพัดกับแหวนกันสึก
4. ทดสอบและปรับแก้เกจ์วัดต่างๆ ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้า

5. เปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นและจารบีรองลิ้น

ตารางที่ 4.2 การทดสอบปั๊มในบ่อบำบัดน้ำเสีย

Equipment	Model	Power (kW)	Starting Method	System Control	Motor full load (A)	Overload setting (A)	Raning (A)		
							R	S	T
EJ-01	TOS-55BER	5.5	D.O.L	TIMER	12.4	12	12	11.8	12
EJ-02	TOS-55BER	5.5	D.O.L	TIMER	12.4	12	11.7	11.4	11.6
EJ-03	TOS-55BER	5.5	D.O.L	TIMER	12.4	12	12.1	11.9	11.7
EJ-04	TOS-55BER	5.5	D.O.L	TIMER	12.4	12	12	12.1	11.9
EJ-05	TOS-55BER	5.5	D.O.L	TIMER	12.4	12	12	12	11.9
EJ-06	TOS-55BER	5.5	D.O.L	TIMER	12.4	12	12.2	11.8	11.9
EQP-01	TOS-200B415	15	Y/D	FS	32.6	18	16.6	16.6	16.8
							17.4	16.2	16.4
EQP-02	TOS-200B415	15	Y/D	FS	32.6	18	16.6	16.6	16.4
							16.8	16.4	16.2
AR-01	80TRN47.5	7.5	D.O.L	TIMER	16.3	16	9.8	9.4	9.3
AR-02	80TRN47.5	7.5	D.O.L	TIMER	16.3	16	10.3	10.2	10.3
AR-03	80TRN47.5	7.5	D.O.L	TIMER	16.3	16	9.8	9.6	9.5
AR-04	80TRN47.5	7.5	D.O.L	TIMER	16.3	16	10.3	10.2	9.9
EFP-01	SELF-6C	15	Y/D	FS	30.2	18	15.4	15.05	15.22
							14.9	15	15.2
EFP-02	SELF-6C	15	Y/D	FS	30.2	18	15.2	15.3	15.3
							15.25	15.4	15.2
EFP-03	SELF-6C	15	Y/D	FS	30.2	18	15.6	15.3	15.5
							15.43	15.38	15.6
EFP-04	SELF-6C	15	Y/D	FS	30.2	18	15.38	15.45	15.29
							15.34	15.37	15.5



รูปที่ 4.21 เครื่องมือใช้ในการทดสอบอุปกรณ์

ผลการทดสอบการทำงานของตู้ควบคุมก็เป็นสิ่งสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับการทำงานในการควบคุมเครื่องจักร เพราะจะต้องสามารถสั่งงานได้ทั้งคนและโปรแกรมเป็นสิ่งสั่งการ ดังนั้นจึงทำการทดสอบ ดังนี้

ตารางที่ 4.3 การทดสอบคุณภาพอุปกรณ์ในระบบบำบัดน้ำเสีย

TEST REPORT									
CLIENT :					JOB NO. : 60-8-63				
PROJECT :					TEST BY : S.Suthep				
SWITCHBOARD NAME :					DATE :				
1. GENERAL SPECIFICATION									
POWER SYSTEM VOLTAGE									
☒ 3P 4W, 400/230VAC, 50Hz ☐ Others									
		Standard Features			Deviation / Exception / Options				
1.1 Application		☐ Industrial (อุตสาหกรรม) ☐ Marine (งานเรือ) ☐ Waste Water treatment ☐ (งานบำบัดน้ำเสีย) ☐ Building (งานที่พักอาศัย) ☐ Hospital (โรงพยาบาล) ☒ SRT (รถไฟฟ้า) ☐ Other.....			☐ ไฟฟ้า ☐ ประปา ☐ กรมชลฯ ☐ N / A ☐				
1.2 Structure Standard		☒ IEC ☐ JIS			☐ ANSI C37.20.1 ☐ UL 1558 ☐ Other..... ☐ N / A				
1.3 Ambient Temperature		Ambient Temp (C)			☐ N / A				
อุณหภูมิแวดล้อม		☒ 35°C ☐ 40°C ☐ 45°C ☐°C							
ELECTRICAL RATINGS (ข้อมูล ทงระบบไฟฟ้า)									
		Standard Features			Deviation / Exception / Options				
1 Nominal Voltage		☐ 416 / 240 VAC 3PH 4W ☐ 400 / 230 VAC 3PH 4W ☐ 380 / 220 VAC 3PH 4W ☐ 220 / 110 VAC 3PH 4W			☐ 400 VAC 3PH 4W ☐ 200 VAC 3PH 4W ☐ Other..... ☐ N / A				
2 Type of Network		☐ L1 , L2 , L3 PEN ; กราวด์ร่วมกับนิวทรัล ☐ L1 , L2 , L3 PE , N ; กราวด์แยกกับนิวทรัล			☐ Other..... ☐ N / A ความหมาย L – LINE N – NEUTRAL PE คือ G (GROUND)				
3 Short Circuit Rating		☐ 42 kA ☐ 50 kA ☐ 75 kA ☐ 100 kA			☐ 65 kA ☐ N / A Peak Short circuit ☐ 50 kA ☐ N / A				
Rms. (symmetrical)									
การป้องกันกระแสลัดวงจร									
BUSBAR RATINGS (ข้อมูลของบัสบาร์)									
		Standard Features			Deviation / Exception / Options				
1. Standard of Bus bar		☐ DIN43761 ☐ IEC 60439 or 61439 ☐ BRISTISH 159 ☐ TYPE TEST (xEnergy)			☐ ANSI ☐ Other..... ☐ N / A ☐ Bare Rating (บาร์เปลือย) ☐ Painted (บาร์พ่นสี) ☐ License Type test				
2. Type of Installation		☐ License ☐ IEC 60439 ☐ Local ☐ Other.....			High Tensile Bolt & Nut With Clamp IEC Standard				
3. Phase Indicator		Phase (ทั่วไป)			Phase (การไฟฟ้า)				
การระบุเฟส		R ☐ Red S ☐ Yellow T ☐ Blue N ☐ White G ☐ Green			R ☐ Black S ☐ Red T ☐ Blue N ☐ White G ☐ Green R ☒ Brown S ☒ Black T ☒ Gray N ☒ Blue G ☒ Green				

ตารางที่ 4.3 การทดสอบตัวควบคุมอุปกรณ์ในระบบบำบัดน้ำเสีย (ต่อ)

METERING SYSTEM (เครื่องมิเตอร์)							
		Standard Features		Deviation / Exception / Options			
1. Standard	☒ IEC			☐ ANSI			
มาตรฐาน	☐ JIS			☐ N / A			
2. Type of Metering	☐ Analog			☐ With Volt – Amp Selector			
ประเภทของมิเตอร์	☒ Digital			☐ N / A			
3. Type of Installation	☒ Hot Sequence			Hot หมายถึงวัดค่าก่อนเข้า		Cold หมายถึงวัดค่า	
ประเภทของการติดตั้ง	☐ Cold Sequence			Main breaker		หลังผ่านเข้า	
	☐ N / A					Main breaker	
4. Type of communication	☒ RS 485					For power management	
ประเภทของการสื่อสาร	☐ Device net					(สำหรับการจัดการ	
Digital Power Meter	☐ Ethernet					ระบบด้วย Controller	
	☐ Pro fi bus					และ software)	
	☐ Mod bus						
CIRCUIT BREAKER							
		Standard Features		Deviation / Exception / Options			
1. Standard	☐ IEC			☐ BRISTISH			
มาตรฐาน	☐ JIS			☐ Other			
	☐ ANSI						
2. Type of Breaker	Main ACB			MCCB		Other	
ประเภทของเมนเบรกเกอร์	☐ Draw out			☐ Draw out		☐ With Rotary	
	☐ Fixed			☐ Fixed		☐ handle	
	☐ 3 Pole			☐ Plug in		☐	
	☐ 4 Pole						
SWITCHBOARD MECHANICAL DATA (ข้อมูลโครงสร้างตู้)							
		Standard Features		Deviation / Exception / Options			
1. Standard	☐ IEC 60439-1			☐ JIS		☐ Other.....	
มาตรฐาน	☐ IEC 61439-1 & 2			☐ ANSI			
	☐ มอก (1436-2540)			☐ BS			
2. Type of Enclosure	☐ Form 1			☐ Form 3a		Style of Enclosure	
ประเภทของตู้	☐ Form 2a			☒ Form 3b		☐ By Agreement	
	☐ Form 2b			☐ Form 4a		☐ Japan	
				☐ Form 4b		☐ license	
3. Type of Installation	Circuit breaker			Partition Installed (แผ่นกั้น)		Mounting condition(ติดตั้ง)	
ประเภทของการติดตั้ง	☒ Fixed			☐ None require (ไม่มี)		☐ Wall mounting	
	☐ Draw out			☐ Main bus and cable		(ติดตั้ง)	
	☐ Plug in			(เมนบัส กับช่อง เคเบิล)		☐ Floor Standing	
				☐ Between cable s		(ตั้งพื้น)	
				(ช่อง เคเบิล – เคเบิล)		☐ In door (ภายใน)	
				☐ Between main bus		☐ Out door (ภายนอก)	
				(ช่องเมนบัส กับเมนบัส)			
4. Enclosure Sizing	Depth (ความลึก)			High (ความสูง)		Width(ความกว้าง)	
(mm.)/section						ช่องเมน	
ขนาดของตู้ (มม.)	☐ 800			☐ 1900		☐ 500	
	☐ 900			☐ 2000		☐ 600	
	☐ 1000			☐ 2100		☐ 700	
	☐ 1100			☐ 2200		☐ 800	
	☐ 1200			☐ รวมฐาน		☐ 900	
	☐ 1300			☐ ไม่รวมฐาน		☐ 1000	

ตารางที่ 4.3 การทดสอบผู้ควบคุมอุปกรณ์ในระบบบำบัดน้ำเสีย (ต่อ)

SWITCHBOARD MECHANICAL DATA (ข้อมูลโครงสร้างตู้)			
	Standard Features	Deviation / Exception / Options	
5. Type of operation Breaker Door (ตำแหน่งการ on/of breaker)	☐ Single Front (ผ่าชั้นเดียว)	☐ Double Front (ผ่า 2 ชั้น)	Per sequence of operation.
6. Material Type วัสดุที่ทำโครงสร้างตู้	Type of Material (ชนิดของวัสดุ) ☐ Steel ☐ Alu Zinc (Partition) ☐ Stainless ☐ Electro Galvanize ☐ Galvanize sheet	Thickness (ความหนา) Frame ☐ 3.0 ☐ 2.0 Cover ☐ 2.0 ☐ 1.6 Base ☐ 5.0 ☐ 3.0	Barriers or Partition material (แนวกั้น รวมทั้งหมด) ☐ Thickness (ความหนา 2 มม)
7. Paint color สีตู้	☐ Ral 7032 ☒ Ral 7035 ☐ T001 ☐ Other (ระบุ)	Type of color ☐ Power coat Painting	Type of color (ระบุ) ☐
8. Open / close direction การเปิด-ปิด ประตู	☐ Left to right (ซ้ายไปขวา) ☐ Right to Left (ขวาไปซ้าย)	☐ Both (รวม 2 แนว) ☐ With screw	☐ Other.....
ENVIRONMENTAL CONDITIONS (ข้อมูลของสภาพแวดล้อม)			
	Standard Features	Deviation / Exception / Options	
1. Type of Atmosphere สภาพแวดล้อม	☐ Normal (ปกติ) ☐ Corrosion (ป้องกันการกร่อน)	☐ Humidity (ความชื้น).....%	☐ N/A
2. Degree of Protection (IP) ระดับการป้องกันของ เครื่องเรือนของเหลว	☐ 22 ☐ 41 ☐ 31 ☐ 42	☐ 53 ☐ 5 ☐ Other.....	☐ N/A
MISCELLANEOUS DETAILS (รายละเอียดประกอบอื่นๆ)			
	Standard Features	Deviation / Exception / Options	
Breaker Manufacturer ผลิตภัณฑ์เบรกเกอร์	☐ Square-D ☐ Merlin Gerlin ☐ ABB ☐ Siemens	☐ EATON ☐ Mitsubishi ☐	☐ By TIC (TIC จัด) ☐ By Customer (ผู้ซื้อจัด)
Nameplates/Mimic ป้ายชื่อ	☐ white background White Letters อักษรตัวพื้นขาว	☐ Black back White Letters อักษรขาวพื้นดำ	Mimic color ☐ BLACK ☐ RED
Control Power แรงขับไฟฟ้าในวงจรควบคุม	☐ 24VDC ☐ 220 VAC ☐ 24 VAC ☐ 110 VAC	☐ With TransformerVA	Control Source ☐ Separate control ☐ Battery ☐ system required
Surge Type ชนิดของอุปกรณ์ป้องกันลัดวงจร	Type ☐ Class B ☐ Class C ☐ Class D	Type ☐ Class B+ C ☐ รวม ☐ แยก	Brand ☐ Phoenix ☐ ABB ☐ CIRPROTEC
Pilot Device Type ชนิดของหลอดไฟสัญญาณ	Size ☐ 22mm ☐ 25mm ☐	Type ☐ LED Pilot Lights ☐ Square Lamp ☐ With Transformer	Brand ☐ SCHNEIDER ☐ DIEC ☐ ABB ☐ EATON
Protection Relay อุปกรณ์ป้องกัน Phase Fault	Brand ☐ WIP ☐ Omron ☐ Tele	Brand ☐ Crompton ☐	Per Drawings
Current Transformer (CT) หม้อแปลงกระแส	Brand ☐ Gent ☐ Crompton	Brand ☐ Amp Tron ☐ Circutor	Per Drawings ☐ Class 0.5 ☐ Class 1.5
Other Options อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ	☐ Certified Test ☐ Reports ☐ Customer ☐ Witness Testing	☐ Bottom Plates ☐ Wire Markers ☐ Grounding Lights	☐ Buzzer ☐ N/A
SUMMARY RESULT			
Please check ☒ at the box below			
☒ passed	☐ not passed	☐ passed	
			with comment

จากตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียที่ยังไม่ผ่านในระบบบำบัดน้ำเสียหรือน้ำที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสียที่จะต้องทำการบำบัดก่อนปล่อยน้ำออกสู่สาธารณะ และน้ำที่ออกจากระบบบำบัดน้ำเสียหรือน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว จะประกอบด้วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้ ความเป็นกรด-ด่าง ค่าบีโอดี ค่าน้ำมันและไขมัน และค่าของแข็งแขวนลอย ของโครงการ สถานีกลางบางซื่อ รถไฟฟ้าสายสีแดง นั้นจะนำน้ำเสียไปตรวจที่ห้องปฏิบัติการของ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ว่าตรงตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก. จะประกอบไปด้วยค่าต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 4.4 ค่ามาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก.

ชื่อพารามิเตอร์	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
pH	-	5-9
BOD	Mg/l	≤ 20
Suspended Solids	Mg/l	≤ 30
Oil & Grease	Mg/l	≤ 20

จากการส่งผลค่าพารามิเตอร์พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าบีโอดี ค่าน้ำมันและไขมัน และค่าของแข็งแขวนลอย จำนวนการเก็บค่าพารามิเตอร์ จำนวน 20 ครั้ง เพื่อทำการทดสอบการเดินระบบบำบัดน้ำเสีย และทำการปรับการทำงานของอุปกรณ์ในระบบบำบัดน้ำเสียให้ผลค่าพารามิเตอร์ ที่ออกมาให้ผ่านค่ามาตรฐานการควบคุมการระบายน้ำจากอาคารประเภท ก. ตามประกาศของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทบางขนาด การเก็บข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในระบบบำบัดน้ำเสียเพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวางแผนหรือใช้ตัดสินใจในการแก้ไข การควบคุมเครื่องจักรที่อยู่ในระบบบำบัดน้ำเสียจึงนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้บันทึกค่าไว้จำนวน 20 ครั้ง มาทำการวาดกราฟเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าบีโอดี ค่าน้ำมันและไขมัน และค่าของแข็งแขวนลอย และเพื่อตั้งการควบคุมอุปกรณ์ให้การทำงานที่เหมาะสมกับระบบบำบัดน้ำเสียให้ผลของการเก็บน้ำเสียตัวอย่างที่ยังไม่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียได้ผลที่ออกมาเป็นไปตามค่ามาตรฐานกำหนดไว้ ซึ่งจะประกอบด้วย

1. ค่าความเป็นกรด-ด่าง
2. ค่าบีโอดี
3. ค่าปริมาณของแข็ง – ค่าสารแขวนลอย
4. ค่าน้ำมันและไขมัน

● ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ค่าความเป็นกรด-ด่างหรือค่าพีเอช (pH) เป็นค่าที่ต้องการวัดความเข้มข้นของธาตุไฮโดรเจนที่มีอยู่ในน้ำเสีย ค่าพีเอชนั้นจะไม่มีหน่วยแต่จะบอกค่ามา คือ 1-14 น้ำเสียที่จะบ่งบอกถึงคุณภาพหรือมีค่าเป็นกลางคือ จะมีค่าพีเอชที่จะเท่ากับ 7 ซึ่งค่าพีเอชจะมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการใช้ระบบบำบัดแบบชีวภาพที่ต้องใช้ จุลินทรีย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆ ที่มีในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยจุลินทรีย์จะทำงานได้ดีนั้นจะต้องมีค่าพีเอชประมาณ 6.8-8 เท่านั้น

ค่าความเป็นกรด – ด่าง มีวิธีวิเคราะห์โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่างของน้ำ (pH Meter) และมีการมาตรฐานตามกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กำหนดค่าอยู่ระหว่าง 5-9 จากการเก็บข้อมูลทั้ง 20 ครั้งพบว่า ค่าพารามิเตอร์น้ำเข้า และค่าพารามิเตอร์น้ำออก พบว่าค่าพารามิเตอร์มีค่าเฉลี่ยน้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 7.80 และค่าพารามิเตอร์มีค่าเฉลี่ยน้ำออกมีค่าเท่ากับ 6.250 จากการเก็บข้อมูลพบว่าระบบมีค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อความต้องการของการช่วยเร่งปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสียนั้นมีค่าความเป็นกรดด่างที่มีสถานะความเป็นกลาง ซึ่งจากการเก็บรวบรวมข้อมูลมีค่าเป็นดังนี้

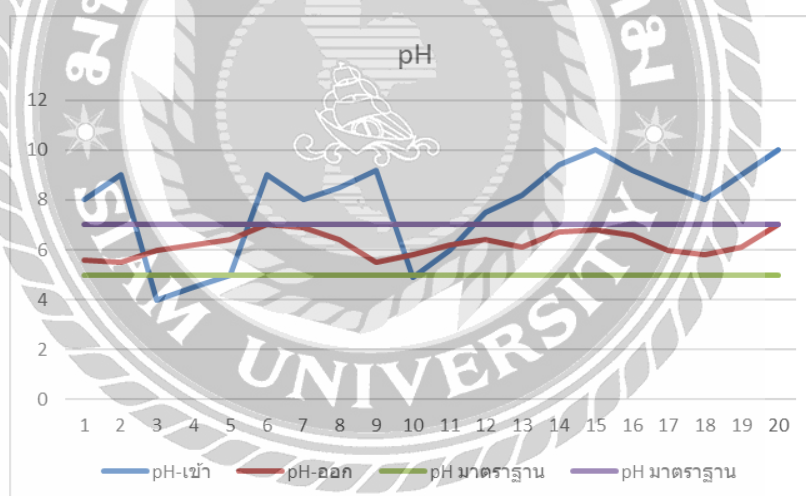
ตารางที่ 4.5 ค่าความเป็นกรดด่างที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ลำดับ	วันที่เก็บตัวอย่างน้ำเสีย	ห้องปฏิบัติการ		ชุดอ่านค่าจากSensor	
		ค่าความเป็นกรดด่าง เข้า	ค่าความเป็นกรดด่าง ออก	ค่าความเป็นกรดด่าง เข้า	ค่าความเป็นกรดด่าง ออก
1	วันที่ 6 สิงหาคม 62	12	5.6	12.00	6.00
2	วันที่ 8 สิงหาคม 62	9	5.5	10.05	6.50
3	วันที่ 10 สิงหาคม 62	8	6	9.00	7.00
4	วันที่ 13 สิงหาคม 62	4.5	6.2	7.00	6.00
5	วันที่ 15 สิงหาคม 62	5	6.4	5.50	6.50
6	วันที่ 17 สิงหาคม 62	9	7	7.00	6.50
7	วันที่ 20 สิงหาคม 62	8	6.9	9.10	6.50
8	วันที่ 22 สิงหาคม 62	8.5	6.4	9.00	7.00
9	วันที่ 24 สิงหาคม 62	13	5.5	11.00	6.00
10	วันที่ 27 สิงหาคม 62	12	5.8	12.50	6.00

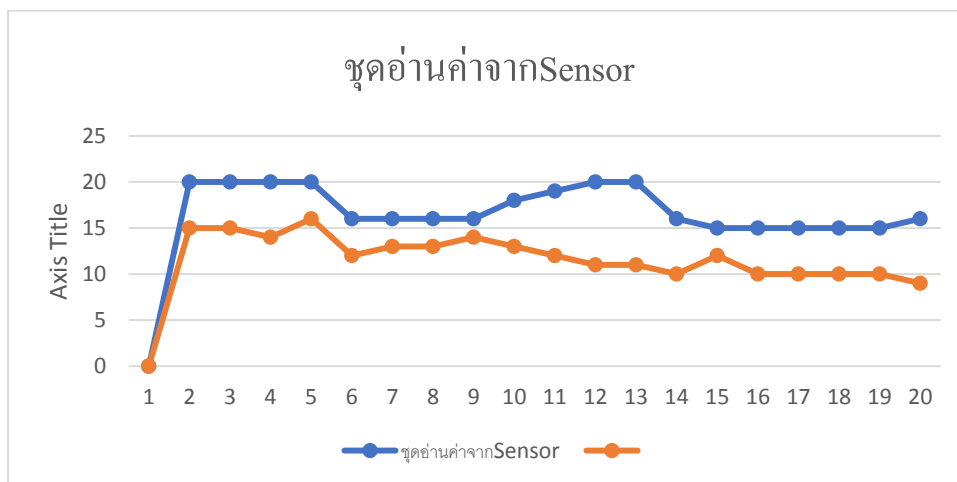
ตารางที่ 4.5 ค่าความเป็นกรดด่างที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสีย (ต่อ)

11	วันที่ 29 สิงหาคม 62	6	6.2	6.00	6.00
12	วันที่ 31 สิงหาคม 62	7.5	6.4	8.00	7.00
13	วันที่ 3 กันยายน 62	8.2	6.1	9.00	7.00
14	วันที่ 5 กันยายน 62	9.4	6.7	8.50	6.50
15	วันที่ 7 กันยายน 62	10	6.8	9.50	6.00
16	วันที่ 10 กันยายน 62	9.2	6.6	8.50	6.50
17	วันที่ 12 กันยายน 62	8.6	6	8.50	7.00
18	วันที่ 14 กันยายน 62	12	5.8	11.00	7.00
19	วันที่ 16 กันยายน 62	9	6.1	10.00	7.00
20	วันที่ 18 กันยายน 62	10	7	11.00	7.00

จากตารางที่ 4.5 สามารถวาดกราฟเพื่อทำการเปรียบเทียบได้ดังนี้



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าพีเอช ตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าพีเอช อ่านค่าจากชุด Sensor

- ค่าบีโอดี

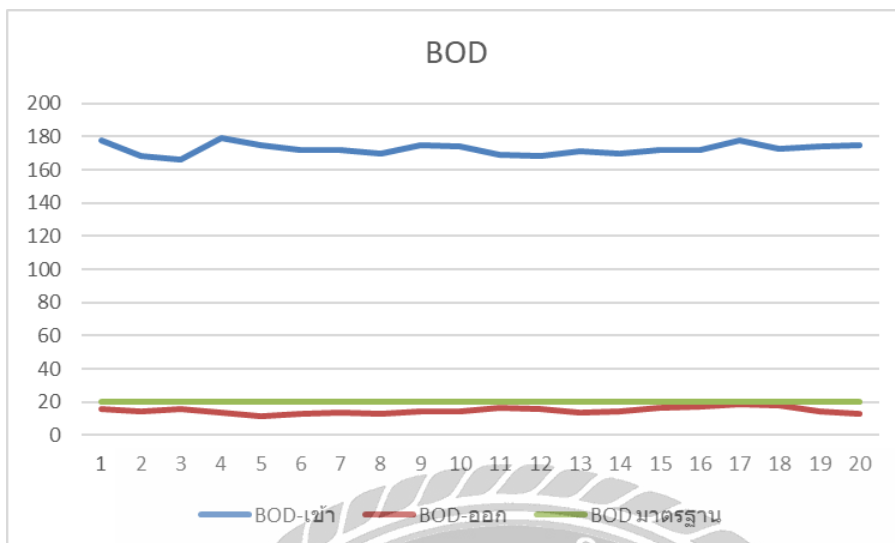
ค่าบีโอดี เป็นปริมาณของออกซิเจนที่จุลินทรีย์มีความต้องการที่จะต้องใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย น้ำที่บำบัดแล้วมีคุณภาพที่ดี ควรมีค่าบีโอดี ไม่เกิน 6 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าค่าบีโอดี สูงมากแสดงว่าน้ำนั้นเน่ามาก แหล่งน้ำที่มีค่าบีโอดีสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตรจะจัดเป็นน้ำเน่าหรือน้ำเสีย ตามที่พระราชบัญญัติน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม กำหนดไว้ว่าน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร การหาค่าบีโอดีหาได้โดยใช้แบคทีเรียย่อยสลายอินทรีย์สารซึ่งจะเป็นไปช้าๆ ดังนั้นจึงต้องใช้เวลานานหลายสัปดาห์ ตามหลักสากลใช้เวลา 5 วัน ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ค่าบีโอดี มีวิธีวิเคราะห์โดยใช้วิธีการ Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน ดัดต่อกันหรือวิธีการอื่น ตามที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษ ได้ให้ความเห็นชอบ และมีค่ามาตรฐานตามกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้กำหนดค่าจะต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเก็บข้อมูลทั้ง 20 ครั้งจะทำการเก็บที่จุดเก็บค่าพารามิเตอร์น้ำเข้าในระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าพารามิเตอร์น้ำออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่าค่าพารามิเตอร์มีค่าเฉลี่ยน้ำเข้าในระบบบำบัดน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 172.55 และค่าพารามิเตอร์มีค่าเฉลี่ยน้ำออกจากระบบบำบัดน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 14.955 จากการเก็บข้อมูลมีค่าตามตารางดังต่อไปนี้

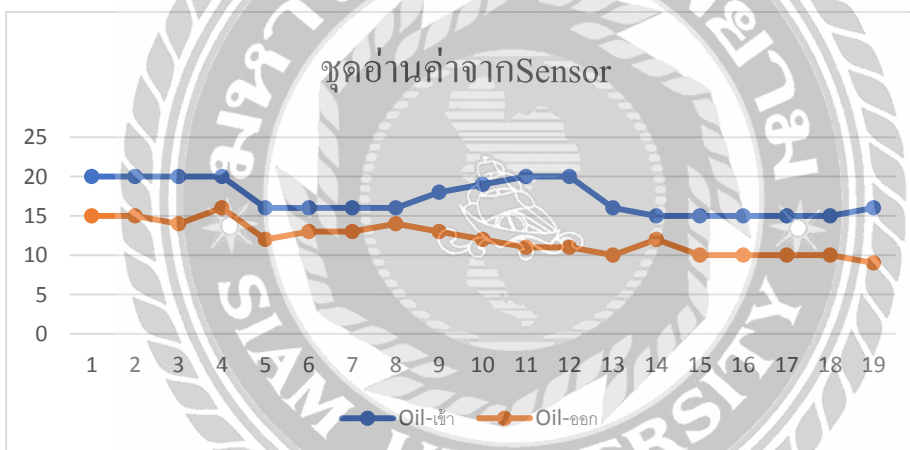
ตารางที่ 4.6 ค่าบีโอดีที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ลำดับ	วันที่เก็บตัวอย่างน้ำเสีย	ห้องปฏิบัติการ		ชุดอ่านค่าจากSensor	
		BOD-เข้า	BOD-ออก	BOD-เข้า	BOD-ออก
1	วันที่ 6 สิงหาคม 62	178	15.6	180	15.00
2	วันที่ 8 สิงหาคม 62	168	14.4	175	15.00
3	วันที่ 10 สิงหาคม 62	166	16.2	170	15.50
4	วันที่ 13 สิงหาคม 62	179	13.9	175	14.20
5	วันที่ 15 สิงหาคม 62	175	11.7	175	12.20
6	วันที่ 17 สิงหาคม 62	172	13	170	12.80
7	วันที่ 20 สิงหาคม 62	172	13.5	175	13.50
8	วันที่ 22 สิงหาคม 62	170	12.6	175	12.50
9	วันที่ 24 สิงหาคม 62	175	14.7	175	12.85
10	วันที่ 27 สิงหาคม 62	174	14.5	180	13.00
11	วันที่ 29 สิงหาคม 62	169	16.5	178	16.00
12	วันที่ 31 สิงหาคม 62	168	15.8	177	16.00
13	วันที่ 3 กันยายน 62	171	13.9	174	14.30
14	วันที่ 5 กันยายน 62	170	14.2	165	14.00
15	วันที่ 7 กันยายน 62	172	16.7	175	16.50
16	วันที่ 10 กันยายน 62	172	17.2	180	17.03
17	วันที่ 12 กันยายน 62	178	19	180	19.00
18	วันที่ 14 กันยายน 62	173	18.3	180	18.00
19	วันที่ 16 กันยายน 62	174	14.4	175	17.50
20	วันที่ 18 กันยายน 62	175	13	175	14.50

จากตารางสามารถวาดกราฟเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าบีโอดี ให้เข้าใจได้ง่ายดังนี้



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าบีโอดี ตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าบีโอดี อ่านค่าจากชุด Sensor

- ค่าปริมาณของแข็ง – ค่าสารแขวนลอย

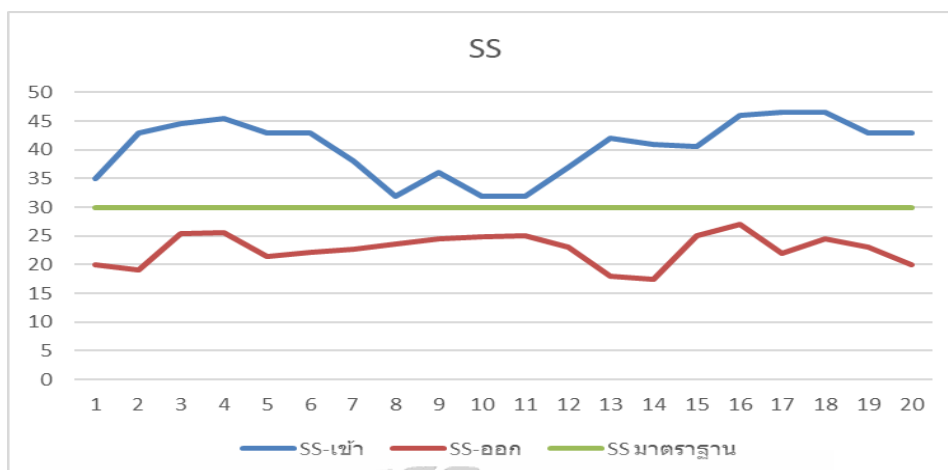
ของแข็งที่เป็นสารแขวนลอย (Suspended Solids) เป็นอนุภาคสารที่มีขนาดใหญ่แต่สารไม่ละลาย และแขวนลอยอยู่ในตัวกลาง สามารถมองเห็นอนุภาคได้ด้วยตาเปล่า และสามารถแยกอนุภาคของสารได้อย่างชัดเจน เป็นสารที่ทำให้เกิดสีความขุ่น มีขนาดอนุภาคของสารใหญ่มากกว่า 1 ไมโครเมตร ได้แก่ เศษอาหารซากสิ่งมีชีวิต และแพลงตอนบางชนิด สารเหล่านี้ มักพบมากในน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ ทั้งโรงงานอุตสาหกรรม และน้ำเสียชุมชน ตะกอนของสารที่ละลายน้ำได้ (Dissolved Solids) โดยปกติแล้วน้ำที่ใช้ในการอุปโภคบริโภค จะมีของแข็งในน้ำระหว่าง 20 -1,000 มิลลิกรัม/ ลิตร อาจเป็นได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์

ค่าปริมาณของแข็ง - ค่าสารแขวนลอย มีวิธีวิเคราะห์โดยกรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว (Glass Fibre Filter Disc) และมีค่ามาตรฐานตามกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กำหนดค่า น้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเก็บข้อมูลทั้ง 20 ครั้งพบว่า ค่าพารามิเตอร์น้ำ และ ค่าพารามิเตอร์น้ำออก พบว่าค่าพารามิเตอร์มีค่าเฉลี่ยน้ำเข้ามีค่าเท่ากับ 40.475 และค่าพารามิเตอร์มีค่าเฉลี่ยน้ำออกมีค่าเท่ากับ 22.725 จากการบันทึกจากการทำการวิเคราะห์แล้วผลออกจากห้องปฏิบัติการ มีค่าตามตารางต่อไปนี้

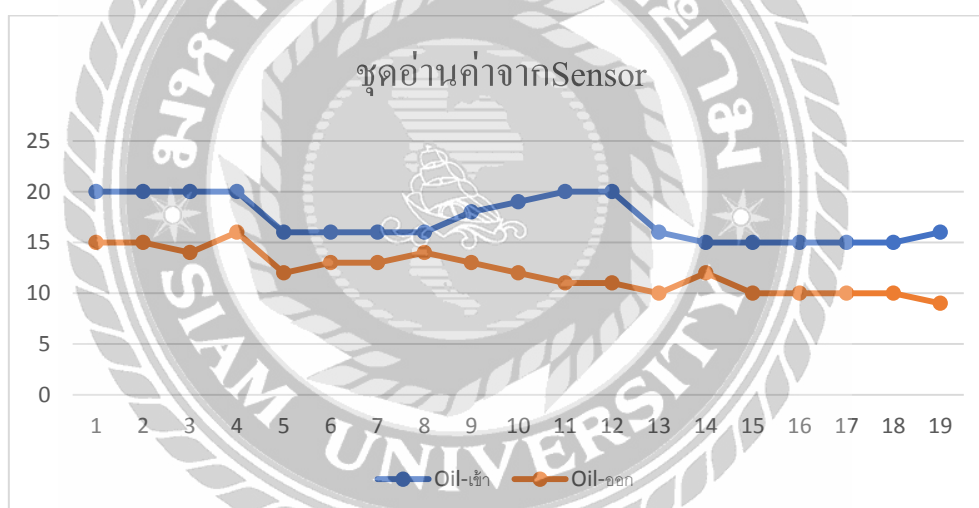
ตารางที่ 4.7 ค่าปริมาณของแข็ง – ค่าสารแขวนลอยที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ลำดับ	วันที่เก็บตัวอย่างน้ำเสีย	ห้องปฏิบัติการ		ชุดอ่านค่าจากSensor	
		SS-เข้า	SS-ออก	SS-เข้า	SS-ออก
1	วันที่ 6 สิงหาคม 62	35	20	30	18
2	วันที่ 8 สิงหาคม 62	43	19	43	18
3	วันที่ 10 สิงหาคม 62	44.5	25.5	44	25
4	วันที่ 13 สิงหาคม 62	45.5	25.6	45	25
5	วันที่ 15 สิงหาคม 62	43	21.5	45	25
6	วันที่ 17 สิงหาคม 62	43	22.2	45	25
7	วันที่ 20 สิงหาคม 62	38	22.7	40	22
8	วันที่ 22 สิงหาคม 62	32	23.6	35	23
9	วันที่ 24 สิงหาคม 62	36	24.5	35	25
10	วันที่ 27 สิงหาคม 62	32	24.9	35	25
11	วันที่ 29 สิงหาคม 62	32	25	40	25
12	วันที่ 31 สิงหาคม 62	37	23	40	24
13	วันที่ 3 กันยายน 62	42	18	45	20
14	วันที่ 5 กันยายน 62	41	17.5	45	17
15	วันที่ 7 กันยายน 62	40.5	25	45	24
16	วันที่ 10 กันยายน 62	46	27	50	26
17	วันที่ 12 กันยายน 62	46.5	22	50	25
18	วันที่ 14 กันยายน 62	46.5	24.5	50	25
19	วันที่ 16 กันยายน 62	43	23	45	25
20	วันที่ 18 กันยายน 62	43	20	43	20

จากตารางสามารถวาดกราฟเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าบีไอดี ให้เข้าใจได้ง่ายดังนี้



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าปริมาณของแข็ง – ค่าสารแขวนลอย ตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4.27 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าปริมาณของแข็ง – ค่าสารแขวนลอย อ่านค่าจากชุด Sensor

● ค่าน้ำมันและไขมัน

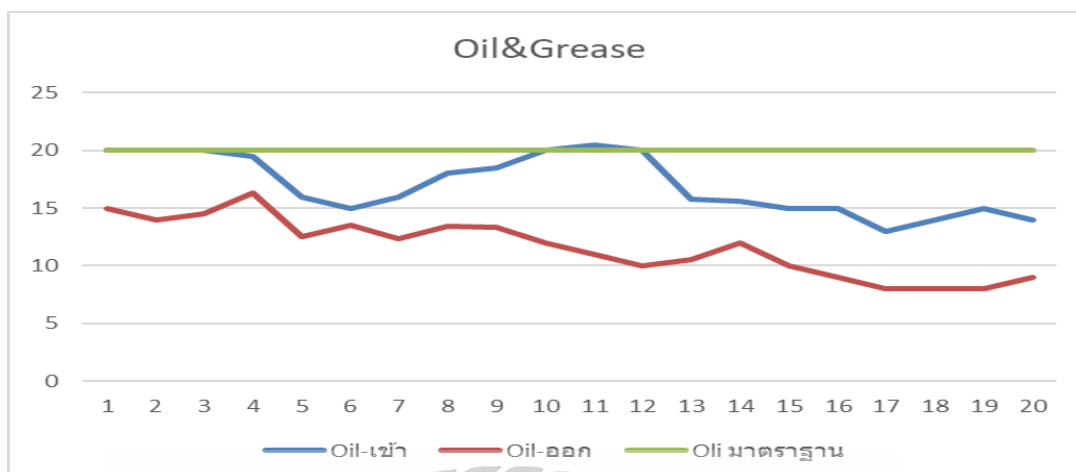
ค่าน้ำมันและไขมันคือ สารอินทรีย์ประเภทลิพิด ซึ่งไขมันและน้ำมันมีหมู่ฟังก์ชันเหมือนเอสเทอร์ จัดเป็นสารประเภทเอสเทอร์ชนิดหนึ่ง ไขมันเป็นของแข็งจะพบในสัตว์ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว เช่น ไขวัว ไขควาย และอื่นๆ น้ำมันจะเป็นของเหลวจะพบได้ในพืช ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่ากรดไขมันอิ่มตัว เช่น น้ำมันมะกอกมีสมบัติ ไขมันมีจุดเดือดสูงกว่าน้ำมันไม่ละลายน้ำละลายได้ดีในตัวทำละลายไม่มีน้ำ เช่น เบนซีน ไขมันและน้ำมันเสีย จะเกิดกลิ่นเหม็นหืน

ค่าน้ำมันและไขมัน มีการวิเคราะห์โดยวิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย แล้วแยกเพื่อหาน้ำหนักของน้ำมันและไขมัน และมีค่ามาตรฐานตามกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กำหนดค่า น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเก็บข้อมูลทั้ง 20 ครั้งพบว่า ค่าพารามิเตอร์น้ำเข้าในระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าพารามิเตอร์น้ำออกจากระบบบำบัดน้ำเสีย พบว่าค่าพารามิเตอร์มีค่าเฉลี่ยน้ำเข้าในระบบบำบัดน้ำเสีย นั้นมีค่าเท่ากับ 17.045 และค่าพารามิเตอร์มีค่าเฉลี่ยน้ำออกจากระบบบำบัดน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 11.651 จากการเก็บข้อมูลสามารถนำมาบันทึกลงในตารางดังนี้

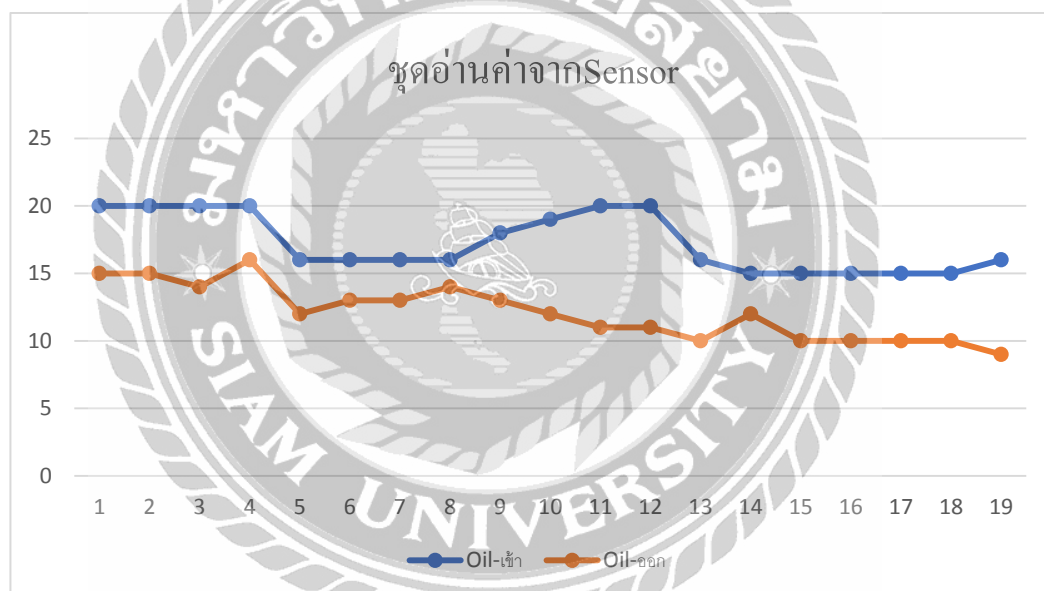
ตารางที่ 4.8 ค่าน้ำมันและไขมัน ได้จากการเก็บข้อมูลจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ลำดับ	วันที่เก็บตัวอย่างน้ำเสีย	ห้องปฏิบัติการ		ชุดอ่านค่าจากSensor	
		Oil-เข้า	Oil-ออก	Oil-เข้า	Oil-ออก
1	วันที่ 6 สิงหาคม 62	20	15	20	15
2	วันที่ 8 สิงหาคม 62	20	14	20	15
3	วันที่ 10 สิงหาคม 62	20	14.5	20	14
4	วันที่ 13 สิงหาคม 62	19.5	16.3	20	16
5	วันที่ 15 สิงหาคม 62	16	12.5	16	12
6	วันที่ 17 สิงหาคม 62	15	13.5	16	13
7	วันที่ 20 สิงหาคม 62	16	12.3	16	13
8	วันที่ 22 สิงหาคม 62	18	13.4	16	14
9	วันที่ 24 สิงหาคม 62	18.5	13.3	18	13
10	วันที่ 27 สิงหาคม 62	20	12	19	12
11	วันที่ 29 สิงหาคม 62	20.5	11	20	11
12	วันที่ 31 สิงหาคม 62	20	10	20	11
13	วันที่ 3 กันยายน 62	15.8	10.5	16	10
14	วันที่ 5 กันยายน 62	15.6	12	15	12
15	วันที่ 7 กันยายน 62	15	10	15	10
16	วันที่ 10 กันยายน 62	15	9	15	10
17	วันที่ 12 กันยายน 62	13	8	15	10
18	วันที่ 14 กันยายน 62	14	8	15	10
19	วันที่ 16 กันยายน 62	15	8	16	9
20	วันที่ 18 กันยายน 62	14	9	16	9

จากตารางสามารถวาดกราฟเพื่อทำการเปรียบเทียบค่าน้ำมันและไขมัน ให้เข้าใจได้ง่ายดังนี้



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าน้ำมันและไขมัน ตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของค่าน้ำมันและไขมัน อ่านค่าจากชุด Sensor

4.4 การวิเคราะห์การลงทุนที่จะใช้พีแอลซี มาแทนวงจรรีเลย์

ในการดำเนินงานทางวิศวกรรมนั้น คงจะหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องจะเกี่ยวข้องกับการลงทุนและการเงินเพื่อใช้ในการดำเนินโครงการให้สำเร็จตามที่ต้องการ การนำเอาหลักการทางเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับโครงการ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการเลือกโครงการ หรือเพื่อใช้วางแผนแนวทางการดำเนินงาน ซึ่งจะทำให้เกิดผลตอบแทนทางการเงินสูงสุด

การคำนวณค่าของเงินตามเวลา จะกล่าวถึงหลักการของแผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียน ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์มูลค่าของเงิน โดยจะมีตัวแปรสำคัญได้แก่

P = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในช่วงเวลาที่กำหนดให้เป็นปัจจุบันหรือที่เวลา $t = 0$ อาจใช้แทนค่าของ Present worth (PW) Present value (PV) Net present value (NPV) Discounted cash flow (DC) และ Capital cost (CC) หน่วยบาท

F = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในอนาคตอาจใช้แทนค่าของ Future worth (FW) และ Future value (FW) หน่วยบาท

A = มูลค่าของเงินรายเดือนหรือรายปีที่มีค่าสม่ำเสมอเท่ากัน อาจใช้แทนค่าของ Annual worth (AW) และ Equivalent uniform annual worth (EUAW) หน่วยบาทต่อปีหรือบาทต่อเดือน

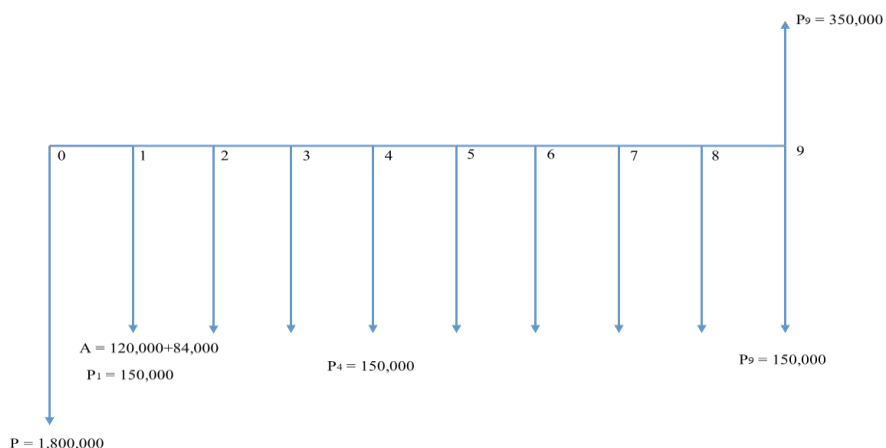
n = จำนวนช่วงเวลสำหรับการวิเคราะห์หน่วยปี เดือน หรือวัน

i = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราผลตอบแทนต่อช่วงเวลาหน่วยเปอร์เซ็นต์ต่อปี เปอร์เซ็นต์ต่อเดือน หรือเปอร์เซ็นต์ต่อวัน

บริษัทแซนเทค เซ็นเตอร์ จำกัด ต้องการที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีการเปรียบเทียบในส่วนการการควบคุมเครื่องจักร มีด้วยกัน 2 แบบคือ ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์ และ ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี มีรายละเอียดตามตาราง และกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยที่ 5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นการพิจารณาในการตัดสินใจ

รายละเอียด	ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์	ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี
ราคาตู้ควบคุมไฟฟ้า (บาท)	1,800,000	2,450,000
ค่าบำรุงรักษารายปี(บาท)	150,000	100,000
ค่ารับประกันสินค้า(บาท)	120,000	120,000
ค่าตรวจพารามิเตอร์ต่อปี(บาท)	84,000	28,000
มูลค่าสุดท้าย(บาท)	350,000	500,000
อายุการใช้งาน(ปี)	10	10

ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์

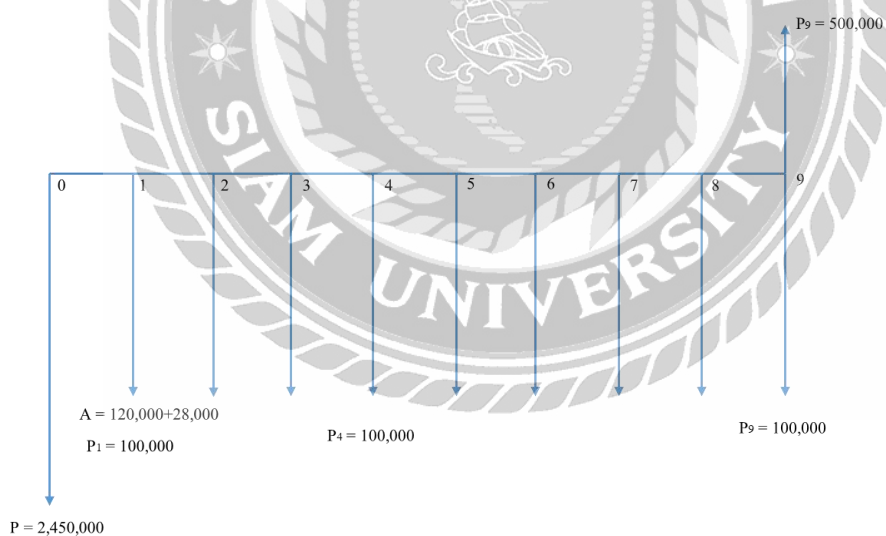


$$\begin{aligned}
 A_w &= (-1,800,000 - 150,000(P/F, 5\%, 10) - 150,000(P/F, 5\%, 10))(A/P, 5\%, 10) + 350,000(A/F, 5\%, 10) - \\
 &\quad 120,000 - 84,000 \\
 &= -1,385,205.008
 \end{aligned}$$

เปลี่ยนค่าจาก A_w เป็น P_w

$$\begin{aligned}
 P_w &= -1,385,205.008(P/A, 5\%, 10) \\
 &= -10,696,137.51
 \end{aligned}$$

ผู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี



$$\begin{aligned}
 A_w &= (-2,450,000 - 100,000(P/F, 5\%, 10) - 100,000(P/F, 5\%, 10))(A/P, 5\%, 10) + 500,000(A/F, 5\%, 10) - \\
 &\quad 120,000 - 28,000 \\
 &= -625,517.03
 \end{aligned}$$

เปลี่ยนค่าจาก A_w เป็น P_w

$$\begin{aligned}
 P_w &= -625,517.03(P/A, 5\%, 10) \\
 &= -4,830,054.851
 \end{aligned}$$

สรุป เลือกใช้ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี เพราะมีค่าใช้จ่าย 4,830,054.851 บาท มีค่าน้อยกว่าตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์

การคำนวณมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth, PW) เป็นการรูปแบบของการคิดคำนวณมูลค่าที่มีการเปลี่ยนมูลค่าที่อยู่ในรูปแบบของการรับและการจ่ายเงินรูปแบบต่างๆ ให้เป็นผลรวมของมูลค่าปัจจุบันสามารถย้ายมูลค่าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต อัตราดอกเบี้ยในการลงทุนก็คืออัตราผลตอบแทน (Rate of Return) โดยปกติโครงการลงทุนไม่ได้รับความสนใจถ้าหากอัตราผลตอบแทนที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าใดค่าหนึ่ง เช่นแต่เดิมเคยฝากเงินไว้กับธนาคารได้ดอกเบี้ย 2 เปอร์เซ็นต์ถ้าหากจะนำเงินนี้มาลงทุนอย่างอื่นอย่างน้อยค่าอัตราผลตอบแทนของการลงทุนจะต้องเท่ากับ 2 เปอร์เซ็นต์ดังจึงจะนำลงทุนอัตราผลตอบแทน 2 เปอร์เซ็นต์จากการฝากธนาคารนั้นเรียกว่าอัตราผลตอบแทนน้อยที่สุดที่น่าสนใจ (Minimum Attractive Rate of Return , MARR) ซึ่งจะใช้สัญลักษณ์ (i^*)

การคำนวณมูลค่าปัจจุบัน (PW) ที่อัตราผลตอบแทนค่าที่น้อยที่สุดที่น่าสนใจ (MARR) ถ้าผลจากการคำนวณออกมาว่าค่า $PW \geq 0$ แสดงว่าโครงการนี้ให้อัตราผลตอบแทนมากกว่าหรือเท่ากับค่า MARR ซึ่งหมายความว่าทางเลือกโครงการนี้มีความคุ้มค่าในการลงทุนและกรณีที่มีสองทางเลือกหรือมากกว่าให้การคำนวณมูลค่าปัจจุบัน (PW) ที่อัตราผลตอบแทนค่าที่น้อยที่สุดที่น่าสนใจ (MARR) ซึ่งจะทำให้การเลือกทางเลือกโครงการที่ให้ค่ามูลค่าปัจจุบัน (PW) สูงสุดแต่ถ้าในกรณีที่เลือกโครงการที่มีรายได้ (Revenue Project) ให้เลือกโครงการที่มีค่ามูลค่าปัจจุบัน (PW) ที่เป็นลบน้อยที่สุด

จากการคำนวณพบว่า บริษัทแซนเทค เซ็นเตอร์ จำกัด ต้องการที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีการเปรียบเทียบในส่วนการการควบคุมเครื่องจักร มีด้วยกัน 2 แบบ คือ ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์ และ ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี มีรายละเอียดตามตาราง และกำหนดให้อัตราดอกเบี้ยที่ 5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นการพิจารณาในการตัดสินใจ

รายละเอียด	ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์	ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี
ราคาตู้ควบคุมไฟฟ้า (บาท)	1,800,000	2,450,000
ค่าบำรุงรักษารายปี(บาท)	150,000	100000
ค่ารับประกันสินค้า(บาท)	120000	120000
ค่าตรวจพารามิเตอร์ต่อปี(บาท)	84,000	28,000
มูลค่าสุดท้าย(บาท)	350,000	500,000
อายุการใช้งาน(ปี)	10	10

วิธีทำ คำนวณหามูลค่าปัจจุบัน ของตู้ควบคุมไฟฟ้า

พิจารณาที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์

คำนวณหา $\sum PW$ ของตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์

จากโจทย์กำหนดให้ $P=1,800,000$ บาท , $A=354,000$ บาท , $F=350,000$ บาท , $n=10$ ปี , $i=5\%$

ขั้นตอนที่ 1 เปลี่ยน A เป็น P

จากสมการ	P	=	$A(P/A, i\%, n)$
ดังนั้น	P	=	$A(P/A, 5\%, 10)$
จากตารางดอกเบี้ย	$(P/A, 5\%, 10)$	=	7.7217
แทนค่าลงในสมการ จะได้	P	=	$150,000+120,000+84,000(7.7217)$
		=	2,733,481.8

ขั้นตอนที่ 2 เปลี่ยน F เป็น P

จากสมการ	P	=	$F(P/F, i\%, n)$
ดังนั้น	P	=	$F(P/F, 5\%, 10)$
จากตารางดอกเบี้ย	$F(P/F, 5\%, 10)$	=	0.6139
แทนค่าลงในสมการ จะได้	P	=	$350,000(0.6139)$
		=	214,865

ขั้นตอนที่ 3 หา $\sum PW$ ของตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วย
วงจรรีเลย์

$$\begin{aligned} \text{หา } \sum PW \text{ ของตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์} &= -1,800,000 - 2,733,481.8 + 214,865 \\ &= -4,318,616.8 \text{ บาท} \end{aligned}$$

พิจารณาที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี

คำนวณหา $\sum PW$ ของตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี

จากโจทย์กำหนดให้ $P=2,450,000$ บาท , $A=348,000$ บาท , $F=500,000$ บาท , $n=10$ ปี , $i=5\%$

ขั้นตอนที่ 1 เปลี่ยน A เป็น P

จากสมการ	P	=	$A(P/A, i\%, n)$
ดังนั้น	P	=	$A(P/A, 5\%, 10)$
จากตารางดอกเบี้ย	$(P/A, 5\%, 10)$	=	7.7217
แทนค่าลงในสมการ จะได้	P	=	$248,000(7.7217)$
		=	1,914,981.6

ขั้นตอนที่ 2 เปลี่ยน F เป็น P

จากสมการ	P	=	$F(P/F, i\%, n)$
ดังนั้น	P	=	$F(P/F, 5\%, 10)$
จากตารางดอกเบี้ย	$F(P/F, 5\%, 10)$	=	0.6139
แทนค่าลงในสมการ จะได้	P	=	$500,000(0.6139)$
		=	306,950

ขั้นตอนที่ 3 หา Σ PW ของผู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี

หา Σ PW ของผู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี	=	$-2,450,000 - 1,914,981.6 + 306,950$
	=	-4,058,031.6 บาท

สรุป ผู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์ มีมูลค่าปัจจุบัน (PW) เท่ากับ -4,318,616.8 บาท

ผู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี มีมูลค่าปัจจุบัน (PW) เท่ากับ -4,058,031.6 บาท

เนื่องจาก บริษัทแซนเทค เซ็นเตอร์ จำกัด มีการตัดสินใจเลือก ผู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี มีมูลค่าปัจจุบัน (PW) เท่ากับ -4,058,031.6 บาท เพราะมีค่าลบน้อยกว่า ผู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์

ในการตัดสินใจเพื่อการลงทุนนั้นเป็นสำคัญที่ใช้สนับสนุนการตัดสินใจลงทุนหรือไม่มีการลงทุนในโครงการก็ได้จาก ผลตอบแทนจากการลงทุนของโครงการ ดังนั้นจะเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องอัตราผลตอบแทน (Rate of Return, ROR) มีความหมายถึงผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุน เมื่อเทียบกับระยะเวลาผ่านไปอัตราผลตอบแทนของโครงการต่างๆ จะช่วยกำหนดระดับความพึงพอใจในการลงทุน และยังสามารถใช้เปรียบเทียบทางเลือกของการลงทุนได้ กล่าวคือทางเลือกใดที่มีอัตราผลตอบแทนสูงกว่าภายใต้เงื่อนไขในลักษณะเดียวกันทางเลือกนั้นย่อมมีความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์โดยทั่วไปไม่ว่าจะวิธีเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth, PW) หรือมูลค่ารายปี (Annual Worth, AW) ส่วนมากจะใช้สมมติฐานคืออัตราดอกเบี้ย (Interest Rate) เป็นอัตราผลตอบแทนมาตรฐานมีค่าคงที่ตลอดการกำหนดอัตราดอกเบี้ยที่จะใช้ในการวิเคราะห์จึงต้องพิจารณาตามอัตราผลตอบแทนที่ยอมรับได้ในการหาอัตราผลตอบแทนของโครงการใดๆ การหาผลตอบแทนในกรณีโครงการเดียวจะประกอบด้วย

การหาอัตราผลตอบแทนเพื่อการตัดสินใจ

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน กรณีโครงการเดียว โดยใช้วิธีมูลค่าปัจจุบัน

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน กรณีโครงการเดียว โดยใช้วิธีมูลค่ารายปี

ในการคำนวณอัตราผลตอบแทนในโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดงในครั้งนี้ จะมีการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนต่างๆ โดยจะมีการเริ่มจาก การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน กรณีโครงการเดียว โดยใช้วิธีมูลค่าปัจจุบัน การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทน กรณีโครงการเดียว โดยใช้วิธีมูลค่ารายปี และการคำนวณหาอายุการใช้งานที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ กรณีที่ค่าบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นเท่ากันทุกปี

ขั้นตอนการคำนวณโดยใช้สมการมูลค่าปัจจุบัน (PW) ประกอบไปด้วย

1. ตั้งสมการเพื่อหาอัตราผลตอบแทน (ROR) ตามสมการ 2. 2
2. เลือกค่าอัตราดอกเบี้ย (i) ต่างๆ จากตารางดอกเบี้ยมาแทนค่าในสมการโดยการลองผิดลองถูก (Trial and Error) จนกระทั่งสมการสมดุลขั้นตอนการลองผิดลองถูกควรหาวิธีการหรือแนวทางเพื่อกำหนดค่า i ให้มีค่าใกล้เคียงกับคำตอบที่ต้องการให้เร็วที่สุด
3. ทำการเปลี่ยนค่าใช้จ่าย (Disbursement) ทุกค่าไม่ว่าจะอยู่ในรูปเป็นค่าเดียวอย่างมูลค่าปัจจุบัน (PW) มูลค่าในอนาคต (FW) รวมทั้งมูลค่ารายปี (AW) ที่มีค่าเป็นแบบอนุกรมให้เป็นค่าเงินเทียบเท่าของมูลค่าปัจจุบัน (PW)
4. ทำการเปลี่ยนค่ารายรับ (Receipt) ทุกค่าไม่ว่าจะอยู่ในรูปเป็นค่าเดียวอย่างมูลค่าปัจจุบัน (PW) มูลค่าในอนาคต (FW) รวมทั้งมูลค่ารายปี (AW) ที่มีค่าเป็นแบบอนุกรมให้เป็นค่าเงินเทียบเท่าของมูลค่าปัจจุบัน (PW)
5. หลังจากได้แปลงค่าของค่าใช้จ่ายและรายรับให้มีค่าแฟกเตอร์เหลือเพียงแฟกเตอร์เดียวคือในรูปของมูลค่าปัจจุบัน (PW) แล้วให้ใช้ค่าแฟกเตอร์ในตารางดอกเบี้ยในการหาค่าโดยประมาณของอัตราผลตอบแทนที่ทำให้ค่าสมการนั้นเป็นจริงอัตราผลตอบแทนที่ได้นั้นจะเป็นค่าโดยประมาณในการเริ่มการลองผิดลองถูกในการคำนวณหาอัตราผลตอบแทน (ROR)

จากข้อมูลที่กำหนดในการดำเนินงานติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย ของโครงการรถไฟฟ้าสายสีแดงตามตารางที่ให้มาหาอัตราผลตอบแทน (ROR) โดยใช้วิธีมูลค่าปัจจุบัน (PW) ค่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจโดยมีการกำหนดให้ Minimum Rate of Return, MARR เท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์

รายละเอียด

เงินลงทุนซื้อตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี (บาท)	2,450,000
สามารถลดค่าแรงงานต่อปี (บาท)	536,000
มูลค่าอุปกรณ์เมื่อครบอายุการใช้งาน	500,000
อายุการใช้งาน(ปี)	10

วิธีทำ คำนวณหาอัตราผลตอบแทน (ROR) โดยใช้มูลค่าปัจจุบัน (PW)

จากโจทย์กำหนดให้ $P = 2,450,000$ บาท, $A = 240,000$ บาท, $F = 500,000$ บาท, $n = 10$ ปี

ขั้นตอนที่ 1 ตั้งสมการเพื่อหาอัตราผลตอบแทน (ROR)

จากสมการที่ (2.2)	0	=	$-PW_D + PW_R$
ดังนั้น	0	=	$-2,450,000 + 536,000(P/A, i\%, n)$
			$+ 500,000(P/A, i\%, n)$
แทนค่าลงในสมการ	0	=	$-2,450,000 + 536,000(P/A, i\%, 10)$
			$+ 500,000(P/A, i\%, 10)$
	2,450,000	=	$1,036,000(P/A, i\%, 10)$
	$(P/A, i\%, 10)$	=	$2,450,000 / 1,036,000$
		=	2.3648

ขั้นตอนที่ 2 การลองผิดลองถูก (Trial and Error)

จากขั้นตอนที่ 1	$(P/A, i\%, 10)$	=	2.3648
จากตารางดอกเบี้ย	$(P/A, 40\%, 10)$	=	2.4136
ค่าที่ได้จากตารางดอกเบี้ย $(P/A, 25\%, 10)$ เท่ากับ 3.5705 ประมวลค่าจะใกล้เคียง เปอร์เซ็นต์ต์ 40 ดังนั้น			
ลองใช้ค่า $i = 40\%$ แทนค่าลงในสมการ	0	=	$-2,450,000 + 536,000(P/A, 40\%, 10)$
จากตารางดอกเบี้ย	$(P/A, 40\%, 10)$	=	2.4136
แทนค่าลงในสมการ	0	=	$-2,450,000 + 536,000(2.4136)$
		=	$-2,450,000 + 1,293,850.4$
		=	-1,156,149.6

ค่าที่ได้มีค่ามีค่ามากกว่า 0 ได้ผลลัพธ์มีค่าเป็นลบ แสดงว่าค่า i ต้องน้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นลองใช้ค่า $i = 18\%$ แทนค่าลงในสมการ

		=	$-2,450,000 + 536,000(P/A, 18\%, 10)$
จากตารางดอกเบี้ย	$(P/A, 18\%, 10)$	=	4.494
แทนค่าลงในสมการ		=	$-2,450,000 + 536,000(4.494)$
		=	$-2,450,000 + 2,408,784$
		=	-41,216

ค่าที่ได้มีค่ามีค่ามากกว่า 0 ได้ผลลัพธ์มีค่าเป็นลบ แสดงว่าค่า i ต้องน้อยกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นลองใช้ค่า $i = 17\%$ แทนค่าลงในสมการ

		=	$-2,450,000 + 536,000(P/A, 17\%, 10)$
จากตารางดอกเบี้ย	$(P/A, 17\%, 10)$	=	4.663

$$\begin{aligned}
 \text{แทนค่าลงในสมการ} &= -2,450,000 + 536,000(4.663) \\
 &= -2,450,000 + 2,499,368 \\
 &= 49,368
 \end{aligned}$$

ค่าที่ได้มีค่ามากกว่า 0 ได้ผลลัพธ์มีค่าเป็นบวกแสดงว่า ค่า i ต้องมีค่ามากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น อัตราผลตอบแทนจึงอยู่ระหว่าง 5 -6 เปอร์เซ็นต์

ขั้นตอนที่ 3 หาอัตราผลตอบแทน (ROR) ด้วยวิธี Interpolation ระหว่าง 17-18 เปอร์เซ็นต์

$$\begin{aligned}
 \text{จากสมการ } a/b & \quad a/b &= & \quad c/d \\
 & a &= & 17.00 + (49,369 - 500,000) / (49,369 - (-41,216))(6.00 - 5.00) \\
 & i &= & 17 - 4.9746
 \end{aligned}$$

$$\text{อัตราผลตอบแทน(ROR)} = 12.0254 \text{ เปอร์เซ็นต์}$$

สรุป จากข้อมูลตามที่กำหนดให้อัตราผลตอบแทน โดยใช้วิธีมูลค่าปัจจุบัน เท่ากับ 12.0254 เปอร์เซ็นต์ การตัดสินใจยอมรับโครงการเพราะ $MARR \leq i^*$ เท่ากับ 12.0254 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ความไว (Sensitive Analysis)

การวิเคราะห์ความไว ที่มีผลต่อการพิจารณาเพื่อตัดสินใจในส่วนของการวิเคราะห์ทางเลือกที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง โดยต้องนำเอาข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการประกอบการตัดสินใจ ให้ได้รายละเอียดใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด โดยการใช้ความรู้ต่างๆ มาคำนวณจะเป็น วิธีมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth , PW) วิธีมูลค่ารายปี (Annual Worth , AW) การหาอัตราผลตอบแทน (Rate of Return , ROR) หรือการหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit Cost Ratio) เป็นต้น

การวิเคราะห์ความไวจะเป็นการคำนวณหามูลค่าปัจจุบัน (PW) มูลค่ารายปี (AW) อัตราผลตอบแทน (ROR) หรือการหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) มีผลต่อการพิจารณาคัดเลือกโครงการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ โดยส่วนใหญ่แล้วพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความไวจะหมายถึงพารามิเตอร์ต่างๆ หรือปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการประมาณค่าเช่นเงินลงทุน เริ่มต้นมูลค่าสุดท้ายของทรัพย์สินค่าดำเนินงานและค่าซ่อมบำรุงรายปีอายุการใช้งานอัตราดอกเบี้ยหรืออัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (Minimum Atrive Rate of Return, MARR) เป็นต้นในการเปลี่ยนแปลงอายุการใช้งานจะมีผลอย่างมากต่อการตัดสินใจการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ แต่อย่างไรก็ตามอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) อาจจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจถ้าทุกทางเลือกมี

อัตราผลตอบแทนที่มากกว่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) โดยขั้นตอนการวิเคราะห์ความไวนั้นมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

กำหนดพารามิเตอร์ที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อการพิจารณาตัดสินใจ

กำหนดขอบเขตที่เป็นไปได้ของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์นั้น

กำหนดวิธีการที่จะใช้วัดประเมินเช่นวิธีมูลค่าปัจจุบัน (PW) วิธีมูลค่ารายปี (AW) วิธีอัตราผลตอบแทน (ROR) หรือการหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (B/C) เป็นต้น

ทำการคำนวณหาผลลัพธ์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของแต่ละพารามิเตอร์

จากการคำนวณพบว่า บริษัทแซนเทค เซ็นเตอร์ จำกัด ต้องการที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งมีในด้านการควบคุมเครื่องจักรในระบบบำบัดน้ำเสีย ที่ใช้ผู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี เป็นอุปกรณ์ควบคุมและตรวจวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีรายละเอียดตามตาราง และกำหนดให้อัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) ที่ 5 เปอร์เซ็นต์ เพื่อเป็นการพิจารณาในการตัดสินใจ

รายละเอียด	ผู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี
ราคาผู้ควบคุมไฟฟ้า (บาท)	2,450,000
ค่าบำรุงรักษารายปี(บาท)	100,000
ค่ารับประกันสินค้า(บาท)	120,000
ค่าตรวจพารามิเตอร์ต่อปี(บาท)	28,000
มูลค่าสุดท้าย(บาท)	500,000
อายุการใช้งาน(ปี)	10

ทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitive Analysis) ของโครงการโดยวิธีมูลค่าปัจจุบัน (PW) โดย

1. กำหนดอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) ให้เป็นพารามิเตอร์ที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อการพิจารณาตัดสินใจ
2. กำหนดขอบเขตที่เป็นไปได้ของการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์โดยกำหนดการเปลี่ยนแปลงค่า MARR ครั้งละ 5 เปอร์เซ็นต์ในขอบเขต 5-15 เปอร์เซ็นต์
3. จากโจทย์กำหนดให้ใช้วิธีมูลค่าปัจจุบัน (PW) ในการวัดประเมิน
4. ขั้นตอนการคำนวณ จากสมการ

$$PW = -2,450,000 - (100,000 + 120,000 + 28,000)(P/A, \%i, n) + 500,000(P/F, \%i, n)$$

กำหนดให้ $i = 5\%$, $n = 10$ ปี

$$PW = -2,450,000 - (100,000 + 120,000 + 28,000)(P/A, 5\%, 10) + 500,000(P/F, 5\%, 10)$$

$$\text{จากตารางดอกเบี้ย } (P/A, 5\%, 10) = 7.7217 \quad (P/F, 5\%, 10) = 0.6139$$

แทนค่าลงในสมการ

$$PW = -2,450,000 - (100,000 + 120,000 + 28,000)(7.7217) + 500,000(0.6139)$$

$$= -2,450,000 - (100,000 + 120,000 + 28,000)(7.7217) + 500,000(0.6139)$$

$$= -2,450,000 - (248,000)(7.7217) + 500,000(0.6139)$$

$$= -2,450,000 - (248,000)(7.7217) + 500,000(0.6139)$$

$$= -2,450,000 - 1,914,981.6 + 306,950$$

$$= -4,058,031.06$$

กำหนดให้ $i = 10\%$, $n = 10$ ปี

$$PW = -2,450,000 - (100,000 + 120,000 + 28,000)(P/A, 10\%, 10) + 500,000(P/F, 10\%, 10)$$

$$\text{จากตารางดอกเบี้ย } (P/A, 10\%, 10) = 6.1446 \quad (P/F, 10\%, 10) = 0.3855$$

แทนค่าลงในสมการ

$$PW = -2,450,000 - (100,000 + 120,000 + 28,000)(6.1446) + 500,000(0.3855)$$

$$= -3,781,110.8$$

กำหนดให้ $i = 15\%$, $n = 10$ ปี

$$PW = -2,450,000 - (100,000 + 120,000 + 28,000)(P/A, 15\%, 10) + 500,000(P/F, 15\%, 10)$$

$$\text{จากตารางดอกเบี้ย } (P/A, 15\%, 10) = 5.0188 \quad (P/F, 15\%, 10) = 0.2472$$

แทนค่าลงในสมการ

$$PW = -2,450,000 - (100,000 + 120,000 + 28,000)(5.0188) + 500,000(0.2472)$$

$$= -3,571,062.4$$

สรุปผลจากการคำนวณจากข้อมูล

อัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) %	มูลค่าเงินปัจจุบัน (PW) (บาท)
5	-4,058,031.06
10	-3,781,110.8
15	-3,571,062.4

สรุป โดยวิธีมูลค่าเงินปัจจุบัน (PW) เพื่อการวิเคราะห์ความไวของโครงการตามข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาโดยที่อัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) 5 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าปัจจุบัน (PW) เท่ากับ 4,058,031.06 บาท ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าปัจจุบัน (PW) เท่ากับ 3,781,110.8 บาท ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่า

ปัจจุบัน (PW) เท่ากับ 3,571,062.4 บาท ซึ่งจะเห็นว่าถ้าหากค่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) ที่มีค่าสูงขึ้นจะทำให้ผลรวมของมูลค่าเงินในปัจจุบัน (PW) ของโครงการมีมูลค่าน้อยลงอย่างต่อเนื่อง



บทที่ 5

การอภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาวิจัย เรื่อง การศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยโปรแกรมควบคุม มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระบบการควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยพีแอลซีในการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุม และศึกษาต้นทุนการใช้อุปกรณ์ของวงจรรีเลย์และการใช้ พีแอลซีในตู้คอนโทรลไฟฟ้า โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ ซึ่งจะนำเสนอตามรายละเอียดดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. วิเคราะห์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพีแอลซี
2. วิเคราะห์ต้นทุนตู้คอนโทรลไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์วงจรรีเลย์และการใช้พีแอลซี

5.1.1 การวิเคราะห์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพีแอลซี

ในการวิเคราะห์การออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพีแอลซี ผู้วิจัย ทำการวิเคราะห์จากหลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสีย ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียค่อนข้างสูง แต่มีการควบคุมที่ซับซ้อนจึงจำเป็นต้องใช้ระบบควบคุมที่มีความแม่นยำในการในการควบคุม โดยระบบที่ความคุมจะต้องสามารถส่งข้อมูลและแก้ไขระบบควบคุมได้ โดยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์หรือพีแอลซีเป็นระบบควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถเก็บข้อมูล อ่านค่าพารามิเตอร์ พร้อมทั้งส่งข้อมูลออนไลน์ไปยังศูนย์ควบคุมได้

5.1.2 การวิเคราะห์ต้นทุนตู้คอนโทรลไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์วงจรรีเลย์และการใช้พีแอลซี

ในการวิเคราะห์ต้นทุนตู้คอนโทรลไฟฟ้าระหว่างอุปกรณ์วงจรรีเลย์และการใช้พีแอลซี ผู้วิจัย ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบการลงทุนระหว่างระบบวงจรรีเลย์และระบบพีแอลซี โดยใช้วิธีการวิเคราะห์หลักการทางเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้ ดังนี้

1. การคำนวณค่าของเงินตามเวลา จะกล่าวถึงหลักการของแผนภูมิกระแสเงินหมุนเวียน ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับการวิเคราะห์มูลค่าของเงิน

2. การคำนวณมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth, PW) เป็นการรูปแบบของการคิดคำนวณมูลค่าที่มีการเปลี่ยนมูลค่าที่อยู่ในรูปแบบของการรับและการจ่ายเงินรูปแบบต่างๆ ให้เป็นผลรวมของมูลค่าปัจจุบันสามารถย้ายมูลค่าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต อัตราดอกเบี้ยในการลงทุนก็คืออัตราผลตอบแทน (Rate of Return) โดยปกติโครงการลงทุนไม่ได้รับความสนใจถ้าหากอัตราผลตอบแทนที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าใดค่าหนึ่ง
3. การวิเคราะห์ความไว (Sensitive Analysis) การวิเคราะห์ความไว ที่มีผลต่อการพิจารณาเพื่อตัดสินใจในส่วนของการวิเคราะห์ทางเลือกที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลง โดยต้องนำเอาข้อมูลที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการประกอบการตัดสินใจ ให้ได้รายละเอียดใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด โดยการใช้ความรู้ต่าง ๆ มาคำนวณจะเป็น วิธีมูลค่าปัจจุบัน (Present Worth ,PW) วิธีมูลค่ารายปี (Annual Worth , AW) การหาอัตราผลตอบแทน (Rate of Return , ROR) หรือการหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อเงินลงทุน (Benefit Cost Ratio) เป็นต้น

5.2 การสรุปผลการศึกษา

จากการวิจัย เรื่อง การศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยโปรแกรมควบคุม สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ในการศึกษาออกแบบระบบการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียด้วยพีแอลซี เพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุม สรุปได้ว่าการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR ต้องใช้ระบบควบคุมด้วยระบบพีแอลซีจึงจะเหมาะสม เนื่องจากระบบ SBR จำเป็นต้องใช้ข้อมูล ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในการดูแลระบบ ซึ่งระบบควบคุมด้วยพีแอลซีถูกเขียนขึ้นด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่สามารถควบคุมระบบที่ศูนย์ควบคุมกลาง อ่านค่าพารามิเตอร์ที่ถูกต้องแม่นยำ และส่งข้อมูลแบบออนไลน์ได้
2. ในการศึกษาต้นทุนการใช้อุปกรณ์ของวงจรรีเลย์และการใช้ พีแอลซีในตู้คอนโทรลไฟฟ้า โดยใช้การวิเคราะห์หลักการทางเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้ สรุปได้ว่า 1. การคำนวณค่าของเงินตามเวลา สรุป เลือกใช้ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี เพราะมีค่าใช้จ่ายเท่ากับ 4,830,054.851 บาท มีค่าน้อยกว่าตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์ 2. การคำนวณมูลค่าปัจจุบัน สรุป ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยวงจรรีเลย์ มีมูลค่าปัจจุบัน (PW) เท่ากับ - 4,318,616.8 บาท ตู้ควบคุมไฟฟ้าด้วยพีแอลซี มีมูลค่าปัจจุบัน (PW) เท่ากับ - 4,058,031.6 บาท ดังนั้นเลือกใช้ระบบพีแอลซีเพราะมีค่าบวกลบน้อยกว่า 3. สรุป โดยวิธีมูลค่าเงินปัจจุบัน (PW) เพื่อการวิเคราะห์ความไวของโครงการตามข้อมูลที่

โจทย์กำหนดมาโดยที่อัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) 5 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าปัจจุบัน (PW) เท่ากับ 4,058,031.06 บาท ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าปัจจุบัน (PW) เท่ากับ 3,781,110.8 บาท ที่ 15 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าปัจจุบัน (PW) เท่ากับ 3,571,062.4 บาท ซึ่งจะเห็นว่า ถ้าหากค่าอัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่น่าสนใจ (MARR) ที่มีค่าสูงขึ้นจะทำให้ผลรวมของมูลค่าเงินในปัจจุบัน (PW) ของโครงการมีมูลค่าน้อยลงอย่างต่อเนื่อง

5.3 การอภิปรายผลการศึกษา

ในการวิจัย เรื่อง การศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยโปรแกรมควบคุม สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

การศึกษาระบบควบคุมอัตโนมัติในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยโปรแกรมควบคุม โดยในการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR จะเปรียบเทียบกับระบบควบคุม 2 แบบ คือ ระบบวงจรรีเลย์และระบบควบคุมด้วยพีแอลซี ซึ่งจะวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของระบบควบคุมกับระบบบำบัดน้ำเสียและยังวิเคราะห์ต้นทุนของอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบด้วย เมื่อทำการศึกษาแล้ว สรุปได้ว่าระบบควบคุมที่เหมาะสมกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR คือ ระบบควบคุมด้วยพีแอลซี ซึ่งมีเหตุผลประกอบที่ชัดเจนดังนี้

1. ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ SBR เป็นระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียค่อนข้างสูง มีการทำงานของระบบควบคุมที่ซับซ้อน โดยระบบ SBR อาศัยค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียในการควบคุมดูแลระบบเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายจึงต้องอาศัยระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งระบบพีแอลซี เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถสั่งการให้อ่านค่าพารามิเตอร์ เก็บข้อมูล และสามารถส่งข้อมูลที่แม่นยำไปยังระบบควบคุมกลางได้ทันที ซึ่งจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมดูแลระบบ
2. ต้นทุนการใช้อุปกรณ์ของวงจรรีเลย์และการใช้พีแอลซีในตู้คอนโทรลไฟฟ้า ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อให้เห็นการเปรียบเทียบที่ชัดเจนและช่วยในการตัดสินใจในการเลือกใช้อุปกรณ์อีกด้วย จากการศึกษาและวิเคราะห์ต้นทุนไม่เพียงแต่คำนวณค่าใช้จ่ายของตัวอุปกรณ์เท่านั้น ต้นทุนในความหมายนี้ยังคำนวณไปถึง ค่าบำรุงรักษา ค่ารับประกันสินค้า ค่าตรวจพารามิเตอร์ ซึ่งการวิเคราะห์ต้นทุนโดยใช้ การคำนวณค่าของเงินตามเวลา การคำนวณมูลค่าปัจจุบัน และการวิเคราะห์ความไว ทั้ง 3 ขั้นตอนนี้ สรุป เลือกใช้ระบบควบคุมแบบพีแอลซี ซึ่งมีต้นทุนในการลงทุนน้อยกว่าระบบวงจรรีเลย์ และยังสอดคล้องกับการควบคุมดูแลระบบอีกด้วย

5.4 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาหลักการทำงานและการดำเนินการติดตามข้อมูลต่างๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์ของโครงการสถานีกลางบางซื่อพบว่า ถ้าหากมีการควบคุมการใช้สารเคมีในระบบบำบัดน้ำเสียให้คงที่แล้ว พร้อมทั้งการควบคุมการทำงานของเครื่องเติมอากาศแล้ว จะพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์มีประสิทธิภาพสูง ดังนั้นจากการศึกษาแหล่งที่มาของน้ำเสีย และการศึกษาดัชนี สามารถจัดแผนการควบคุมของระบบบำบัดน้ำเสียได้ดังนี้

1. สามารถคาดคะเนถึงปริมาณน้ำเสียที่เข้ามาในระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละวัน
2. สามารถตรวจสอบสภาพน้ำได้แบบทันที โดยการใช้เทคโนโลยีมาช่วยในการวัดค่าพารามิเตอร์ โดยมีการตั้งการโดยพีแอลซี
3. การควบคุมต้นทุนเพื่อให้มั่นใจว่าระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพ ต้องทำแผนการดำเนินงานที่ชัดเจนแล้วการตั้งการทำงานของเครื่องจักรให้เหมาะสมกับความต้องการ พร้อมทั้งกำชับไม่ให้พนักงานดูแลกระทำการเปลี่ยนการทำงานของเครื่องจักรแต่อย่างใด ก่อนจะมีการตั้งการทำงานโดยผู้เชี่ยวชาญ
4. ลดปัญหาการสื่อสาร โดยการขอความร่วมมือไปยังแผนกต่างๆ โดยโครงสร้างขององค์กรแล้วการให้ผู้บริหารสั่งการจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ. (2545). *น้ำเสียชุมชนและระบบบำบัดน้ำเสีย*. เข้าถึงได้จาก
http://pcd.go.th/info_serv/water_wt.html
- เจตนิพัทธ์ ต้นสกุล, นัตรชัย อินทวงษ์, วิทยา เป้าสิงห์สวย, สิทธิไชย สิงห์มหาไชย, รุ่งเรือง เพ็ญกุลกิจ,
 จิระพจน์ ประพิน, กมล มาสุข. (2561). *ชุดควบคุมปั๊มสูบน้ำจากน้ำตาลอดอัตโนมัติ* (รายงานการวิจัย).
 นนทบุรี: สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉิยเหนือ 1.
- ทิพวรรณ ทักท้วง. (2560). *อิทธิพลของการเดินระบบบำบัดน้ำเสียต่อความหลากหลายของแบคทีเรียใน
 ระบบถังกรองไร้อากาศและระบบแอกติเวเต็ดสลัดจ์: กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำพริกในระดับ
 อุตสาหกรรม* (รายงานการวิจัย). พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา.
- พลภัทร โตสัม. (2555). *ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียเชิงป้องกันของครัวเรือนในเขตเทศบาลเมือง
 ตามปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง* (รายงานการวิจัย). กรุงเทพฯ: สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.).
- พูนศักดิ์ พรเพิ่มพูน. (2556). *ระบบไร้สายโดยใช้ zigbee เพื่อควบคุมและติดตามสถานะเครื่องจักรและ
 เซ็นเซอร์ในโรงงานผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ:
 สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- มันสิน ตันจุลเวศม์. (2538). *คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ตันจุลเวศม์. (2542). *น้ำเสีย—การบำบัด อุตสาหกรรม—การกำจัดของเสีย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรุทัย เดชตานนท์. (2544). *การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้เอสบีอาร์*. กรุงเทพฯ: ฐานข้อมูล
 วิทยานิพนธ์ไทย.
- วันชัย ริจิรวนิช. (2547). *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไวยพจน์ สุภบรรเสถียร. (2556). *Design of 3 Phases Motor Control Circuit by Magnetic Contactor and
 PLC (Programmable Logic Controller)*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสยาม.
- ศิมาภรณ์ กุลทิพย์, ประการ ศิริวัฒน์, มนัชญา เพ็ญสุภา. (2550). *ประสิทธิภาพและแนวทางการปรับปรุง
 ระบบบำบัดน้ำเสีย ของโรงพยาบาลพุทธชินราช จังหวัดพิษณุโลก* (วิทยานิพนธ์ปริญญา
 โทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.).
- สันทนต์ ศิริอนันต์ไพบูลย์. (2558). *Efficiency of Sequencing Batch Reactor (SBR) System for Treatment of
 Textile Wastewater*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สุเชียร เกียรติสุนทร. (2558). *ระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม พีแอลซีกับระบบอัตโนมัติทางอุตสาหกรรม*.
 กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.

บรรณานุกรม (ต่อ)

- สุรพล สายพานิช. (2537). *การศึกษาระบบกักน้ำเสียแบบก่อสร้างอยู่กับแหล่งกำเนิด*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุจินต์ ชาญณรงค์. (2537). *ศึกษาการควบคุมดูแลรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- องค์การจจัดการน้ำเสีย. (2540). *บริหารจัดการน้ำเสียชุมชน ให้ได้มาตรฐาน และยั่งยืน*. เข้าถึงได้จาก <https://www.egov.go.th/th/government-agency>
- Amda Co. Ltd. (2558). *MODICON M221 BY SCHNEIDER*. เข้าถึงได้จาก http://www.amda.co.th/products/modicon-plc/modicon_plc_m221/
- Gill, Shuang-Hua, Fang and Xin. (2009). *A ZigBee-Based Home Automation System*. (รายงานการวิจัย). New York: IEEE (สถาบันวิชาชีพวิศวกรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์).
- Hui and Jing. (2011). *Study on remote PLC experiment system based on web* (รายงานการวิจัย). New York: IEEE (สถาบันวิชาชีพวิศวกรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์).
- Technology Instruments Co., Ltd. (2558). *การต่อวงจร INPUT และ OUTPUT ของ PLC Schneider M221*. เข้าถึงได้จาก <http://www.tic.co.th/index.php?op=tips-detail&id=268>

ภาคผนวก



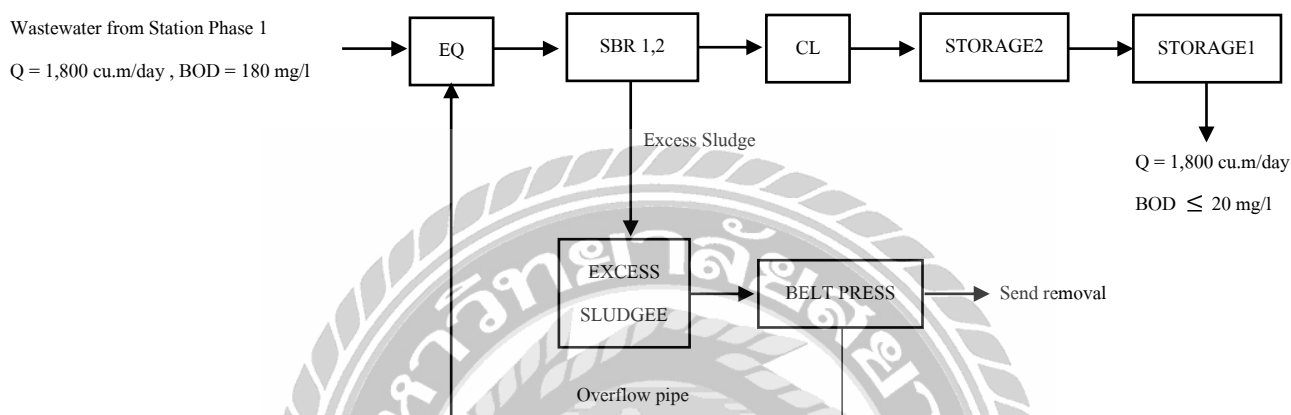
ภาคผนวก ก

WASTEWATER TREATMENT CALCULATION SHEET

PROJECT : THE CONSTRUCTION OF MASS TRANSIT SYSTEM IN BANKKOK (RED LINE) (I)

TREATMENT SYSTEM : BIOLOGICAL TREATMENT SYSTEM

1. FLOW DIAGRAM



2. WASTEWATER CONDITION

Wastewater from Station Phase 1

	=	1,800 m ³ /day
BOD _{inf}	=	180 mg/L
BOD _{eff}	=	20 mg/L
SS _{inf}	=	300 mg/L
SS _{eff}	=	30 mg/L

3. DESIGN EQUALIZATION TANK

Wastewater flowrate	=	1,800 m ³ /day
Influent BOD (S ₀)	=	180 mg/L
Hydraulic retention time	=	12 hr
Volume of Equalization tank	=	(1,800 m ³ /day x 12 hr) / 24 hr
	=	900.00 m ³

SELECT

W = 12.80 m, L = 17.60 m, H = 4.85 m, free board = 0.45 m	
Effective Area	= 12.8 m x 17.60 m

$$\begin{aligned}
 &= 225.28 \text{ m}^2 \\
 \text{Effective Volume} &= 225.28 \text{ m}^2 \times (4.85 \text{ m} - 0.45 \text{ m}) \\
 &= 991.23 \text{ m}^3 \geq 900.00 \text{ m}^3 \\
 \text{CHECK Hydraulic retention time} &= V / Q \\
 &= (991.23 \text{ m}^3) / (180 \text{ m}^3/\text{day}) \\
 &= 0.55 \text{ day} \\
 &= 13.22 \text{ hr} > 12 \text{ hr} \\
 \text{BOD outlet from Equalization Tank} &= 180 \times (1 - 0.15) \\
 &= 153 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

DESIGN AIR FOR MIXING

$$\begin{aligned}
 \text{ปริมาณอากาศเพื่อใช้ในการรักษาสภาพ Aerobic} &= 0.01 \text{ m}^3 \text{H}_2\text{O} / \text{m}^3 \text{O}_2 - \text{min} \\
 \text{Air for mixing} &= 0.01 \times (\text{Volume of EQ Tank}) \\
 &= (0.01 \text{ m}^3 \times 991.23 \text{ m}^3) \\
 &= 9.91 \text{ m}^3/\text{min} \\
 &= 594.74 \text{ m}^3/\text{hr}
 \end{aligned}$$

USED SUBMERSIBLE PUMP (EQ-P01,02)

OUT PUT	:	15 kW
CAPACITY HEAD	:	225 m ³ /hr – 10 .0 m
DIACHARGE DIA.	:	150 mm
ELECTRIC SUPPLY	:	380V, 3 PHASE, 50 Hz
QUANTITY	:	2 sets (spare 1 set)

USED SUBMERSIBLE EJECTOR (EJ-01,02,03,04,05,06)

OUT PUT	:	5.5 kW
OXYGEN TRANSFER	:	125 m ³ /hr – 10 .0 m
MOTOR SPEED	:	1,500 rpm
DIACHARGE DIA.	:	50 mm
ELECTRIC SUPPLY	:	380V, 3 PHASE, 50 Hz
QUANTITY	:	6 sets (spare 1 set)

4. DESIGN AERATION TANK (A/T)

4.1 DESIGN VOLUME OF AERATION TANK

	Wastewater flowrate	=	450 m ³ /batch
<u>Used</u>	Detention Time for Fill water	=	0.5 hr
	Detention Time for Aeration	=	4.5 hr (start together with fill water)
	Detention Time for Sedimentation	=	0.5 hr
	Detention Time for Decanter	=	1.0 hr
	Total Detention Time	=	4.5 + 0.5 + 1.0
		=	6 hr
<u>Used</u>	Operating Time	=	24 hr
	Detention	=	6 hr/batch
		=	(24 hr) / (6 hr/batch)
		=	4.0 batch/day
	Volume of Fill water	=	(1,800 m ³ /day) / (4.0 batch/day)
		=	450 m ³ /batch
<u>Design</u>	Volume of Reactor		
	V_s/V_T	=	X/X_s
	V_s	=	Volume of Sedimentation Zone
	V_T	=	Volume of Reactor
<u>Then</u>	$(V_s / V_T) + (V_F / V_T)$	=	1.0
	V_F / V_T	=	1 - V_s / V_T
	V_F	=	Volume for Fill Water Zone
		=	450 m ³ /batch
	MLSS in Tank , X	=	2,000 mg/L
	MLSS of Sedimentation Zone , X_s	=	SV_{30} / SVI
<u>Used</u>	SV_{30}	=	670 ml/L
	SVI	=	100 ml/g

$$\begin{aligned}
 SV_{30} / SVI &= 670 / 100 \\
 &= 6.7000 \text{ g/L} \\
 \text{Then MLSS of Sedimentation Zone , } X_s &= 6,700 \text{ mg/L} \\
 \text{Then } V_s / V_T &= X / X_s \\
 V_s / V_T &= 2,000 / 6,700 \\
 &= 0.30 \\
 \text{Safety for Liquid Above Sludge} &= 20\% \\
 \text{Then } V_s / V_T &= 1.2 \times 0.30 \\
 &= 0.36 \\
 \text{Select } V_s / V_T &= 0.36 \\
 \text{From } V_F / V_T &= 1 - V_s / V_T \\
 &= 1 - 0.36 \\
 &= 0.64 \\
 \text{Then } V_T &= 450 / 0.64 \\
 &= 703 \text{ m}^3 \\
 \text{Select Volume of Reactor , } V_T &= 703 \text{ m}^3 \text{ (for 2 Tanks)} \\
 &= 351 \text{ m}^3 \text{ (for 1 Tanks)} \\
 \text{Volume of Sedimen , } V_s &= 125 \text{ m}^3 \\
 \text{SELECT } W = 6.20 \text{ m, } L = 13.40 \text{ m, } H = 4.85 \text{ m, free board} &= 0.50 \text{ m} \\
 \text{Effective Area} &= 6.20 \text{ m} \times 13.40 \text{ m} \\
 &= 83.08 \text{ m}^2 \\
 \text{Effective Volume} &= 83.08 \text{ m}^2 \times (4.85 \text{ m} - 0.50 \text{ m}) \\
 &= 361.40 \text{ m}^3 \\
 \text{Select SBR Tank 2 Tank} &= 722.80 \text{ m}^3 \geq 703.13 \text{ m}^3 \\
 \text{CHECK Hydraulic Retention Time} &= 0.40 \text{ day} \\
 &= 9.64 \text{ hr} > 4 \text{ hr ...OK.} \\
 \text{F/M ratio} &= \frac{S_o}{(\text{HRT} \times \text{MLVSS})} \\
 &= 153 / (0.40 \times 0.8 \times 2,000) \\
 &= 0.24 < 0.05 - 0.30 > \text{...OK.}
 \end{aligned}$$

USED SELF PRIMING PUMP (EFP -01,02,03,04)

POWER	:	15 kW
CAPACITY HEAD	:	225 m ³ /hr – 10 .0 m
ELECTRIC SUPPLY	:	380V, 3 PHASE, 50 Hz
QUANTITY	:	4 sets

USED SUBMERSIBLE PUMP (EXCESS SLUDGE PUMP) (ESP – 01,02,03,04)

OUT PUT	:	0.75 kW
CAPACITY HEAD	:	7.2 m ³ /hr – 10 .0 m
DIACHARGE DIA.	:	50 mm
ELECTRIC SUPPLY	:	380V, 3 PHASE, 50 Hz
QUANTITY	:	4 sets

4.2 DESING OXYGEN REQUIREMENTS FOR A / T

$$\begin{aligned}
 a &= 0.5 \text{ kgO}_2/\text{kgBOD} \\
 L_r &= Q (S_0 - S_e) / 100 \\
 &= \frac{[225 \frac{\text{m}^3}{\text{batch}} \times (153 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 20 \frac{\text{mg}}{\text{L}})]}{1000} \\
 &= 29.90 \text{ kgBOD/ 4 hr} \\
 &= 7.48 \text{ kgBOD/hr} \\
 b &= 0.0175 \text{ kgO}_2/\text{kgMLVSS-hr} \\
 S_a &= 1,600 \text{ mg/L} \\
 \text{O}_2 &= aL_r + bS_a V \\
 &= [0.5 \times 7.475 + 0.0175 \times 1.6 \times 361.4] \\
 &= 13.85 \text{ kgO}_2/\text{hr} \\
 \text{Peak factor} &= 1.5 \\
 &= 20.78 \text{ kgO}_2/\text{hr} \\
 \text{Density air} &= 1.20 \text{ kgO}_2/\text{m}^3 \\
 \text{ปริมาณ O}_2 \text{ ในอากาศ} &= 0.23 \text{ kgO}_2/\text{kg air} \\
 \text{Then Air ที่ต้องการ} &= 74.62 \text{ m}^3/\text{hr}
 \end{aligned}$$

USED SUBMERSIBLE PUMP (EXCESS SLUDGE PUMP) (ESP – 01,02,03,04)

OUT PUT	:	7.5 kW
CAPACITY HEAD	:	85 m ³ /hr – 4 .0 m
DIACHARGE DIA.	:	80 mm
ELECTRIC SUPPLY	:	380V, 3 PHASE, 50 Hz
QUANTITY	:	4 sets

5. DESIGN EXCESS SLUDGE TANK

Yobs	=	$Y / [1 + K_d \theta_c]$
	=	$0.5 / [1 + 0.05 \times 10]$
	=	0.33
Mass of Sludge (P_{max})	=	$P_x / 80\%$
	=	98.75 kgVSS/day
Total TSS lost in the Effluent (P_e)	=	$[Q \times SS_e] / 1,000$
	=	$[1,800 \times 30] / 1,000$
	=	54.00 kg/day
Total waste sludge	=	$P_{max} - P_e$
	=	44.75 kg/day
Design Sludge Conc.	=	10,000 mg/L
Volume of Excess Sludge	=	$[44.75 \times 1,000] / 10,000$
	=	4.48 m ³ /day
Storage Period	=	2 days
Compaction	=	3 times
Volume of Sludge Storage	=	$4.48 \times 2/3 \text{ m}^3$
	=	2.98 m ³

USED SCREW PUMP (EXCESS SLUDGE PUMP) (BPF – 01,02,03,04)

OUT PUT	:	1.23 kW
CAPACITY HEAD	:	10 m ³ /hr – 20 .0 m
ELECTRIC SUPPLY	:	380V, 3 PHASE, 50 Hz
QUANTITY	:	4 sets

<u>SELECT</u>	W = 4.50 m, L = 5.00 m, H = 2.30 m, free board = 0.50 m	
	Effective Area	= 4.50 m x 5.00 m
		= 22.50 m ²
	Effective Volume	= 22.50 m ² x (2.30 m – 0.50 m)
		= 40.50 m ³ > 2.98 m ³
<u>CHECK</u>	Hydraulic retention time	= V / Q
		= (40.50 m ³) / (4.48 m ³ /day)
		= 9.05 day ≥ 2

6. DESIGN CHLORINE CONTACT TANK

Select retention time	=	30 min
Wastewater flowrate	=	1,800 m ³ /day
Effective Volume	=	37.50 m ³
รุ่น	=	Vario C 10008
ผลิตภัณฑ์	=	PROMINENT
ระบบไฟฟ้า	=	220V/1PHASE/50Hz
อัตราการสูบน้ำ	=	8 L/hr
แรงดัน	=	10 bar
จำนวน	=	2 sets
PE TANK	=	1,000 L

6.1 DESIGN METERING PUMP

Pump clear water from SBR	=	225 m ³ /hr
Dosage of chlorine residual	=	5 g/m ³
Total dosage of chlorine residual	=	225 x 5
	=	1,125 g/hr
Concentration of chlorine	=	10 % by weight
Use 10% Chlorine	=	[1,125/1,000] x [100/10]
(Cl 10 kg : Water 100 litres)	=	11.25 L/hr

USED STORAGE TANK

Feed Cl together with EFP	=	8 Times/day
Volume of tank	=	11.25 x 8
	=	90 L/day
Use tank	=	1,000 L
Use for	=	11 day

USED METERING PUMP

POWER	:	0.09 kW
CAPACITY HEAD	:	17 L/hr – 100 m
ELECTRIC SUPPLY	:	380V, 3 PHASE, 50 Hz
QUANTITY	:	2 sets (1 duty, 1 stand by)

7. DESIGN EFFLUENT STORAGE TANK 1

Wastewater flowrate (Q)	=	1,800 m ³ /day
Hydraulic retention time (HRT)	=	1 hr
Volume of tank	=	(1,800 m ³ /day x 1 hr)/24 hr
	=	75 m ³

SELECT

W = 3.60 m, L = 12.80 m, H = 4.85 m, free board = 0.60 m	
Effective Area	= 3.60 m x 12.80 m
	= 46.08 m ²
Effective Volume	= 46.80 m ² x (4.85 m – 0.60 m)
	= 195.84 m ³ > 75 m ³

CHECK

Hydraulic retention time	=	V / Q
	=	(195.84 m ³) / (1,800 m ³ /day)
	=	0.11 day
	=	2.61 hr > 1.00 hr

8. DESIGN BELT PRESS

Sludge Volume	=	20 m ³
Sludge Flowrate	=	10 m ³ /hr

USED BELT PRESS

POWER	:	3 kW
CAPACITY HEAD	:	5-26 m ³ /hr
OPREATING TIME	:	2 hr

USED FLOCCULATION TANK

Sludge Flowrate	=	10 m ³ /60mins
Mix	=	2 - 3 mins
Free board	=	0.3 m
Size	=	W1 x 1.2 x 1.2 m

Then Volume of flocculation tank = 0.86 m³

Select Volume : 1 m³

USED POLYMER UNIT

Sludge Volume after collect for 5 days	=	20 m ³
Sludge Concentration	=	1 %
Polymer consumption rate	=	50 L/m ³
Then Polymer consumption	=	50 x 20 L
	=	1,000 L/5days

Select Volume Tank : 2,000 L

USED POLYMER POWDER (CAD ION)

Polymer Concentration	=	0.1 %
	=	1 kg/m ³
Prepared solution	=	[1 kg/1,000 L] x 50 L x 20 m ³
	=	1 kg/5days
Prepare solution	=	2 hrs

USED POLYMER FEED PUMP

TYPE	:	SCREW PUMP
POWER	:	0.75 kW
CAPACITY	:	1 m ³ /hr
ELECTRIC SUPPLY	:	400V, 3 PHASE, 50 Hz

QUANTITY : 2 sets (1 duty,1 stand by)

DISCRIPTION	V (m ³)	DETENTION TIME		L	W	D
		DAY	HOUR	(m)	(m)	(m)
1. EQUALIZATION TANK	991.23	0.55	13.22	17.60	12.80	4.85
2. SBR TANK 1,2	722.80	0.40	9.64	13.40	6.20	4.85
3. EXCESS SLUDGE TANK	40.50	9.05	217.19	5.00	4.50	2.30
4. CHLORINE CONTACT TANK	158.59	0.70	16.92	12.80	5.90	2.70
5. EFFLUENT STORAGE TANK 1	195.84	0.11	2.61	12.80	3.60	4.85
TOTAL.	2108.96	10.82	259.58	61.60	33.00	-



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นายคงศักดิ์ จินาวลัย

วัน เดือน ปี เกิด 17 ตุลาคม 2539

ที่อยู่ 88/121 หมู่ 9 ตำบลอ้อมน้อย อำเภอกะทู้ม้าน จังหวัดสมุทรสาคร 74130

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง
มหาวิทยาลัยสยาม ปีการศึกษา 2561

ประวัติการทำงาน บริษัท แซนเทค เซ็นเตอร์ จำกัด
ตำแหน่ง วิศวกรไฟฟ้า

