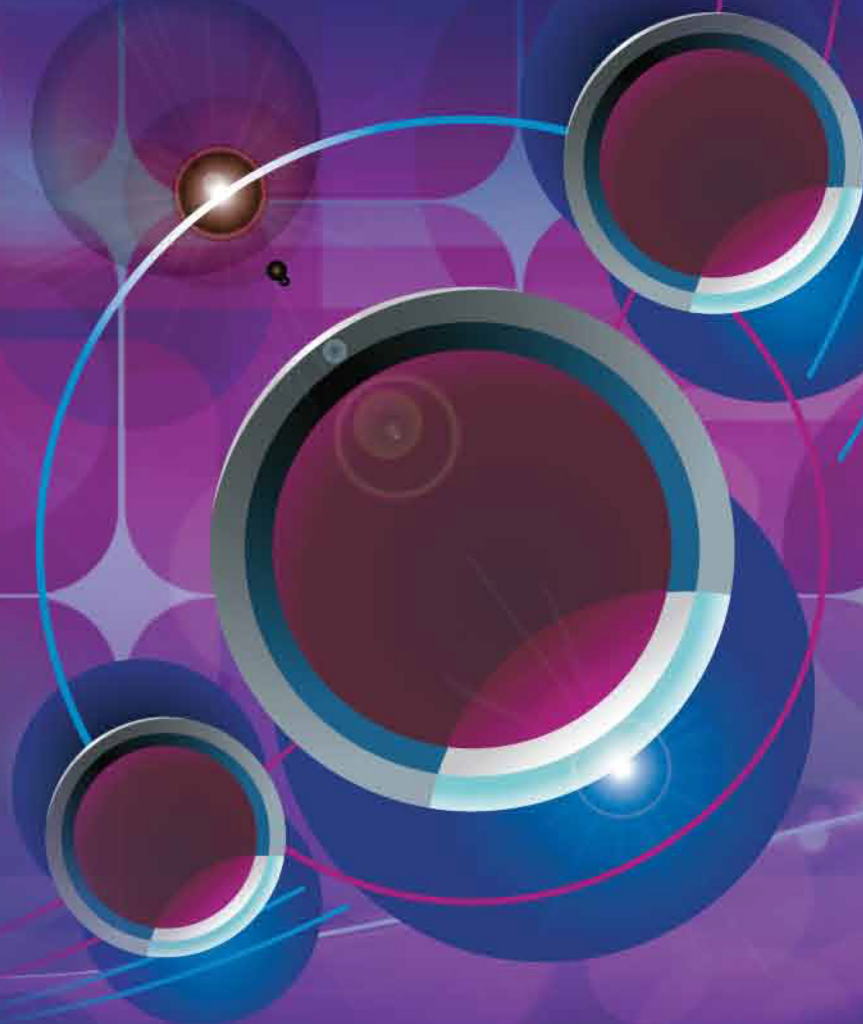


การออกแบบและจำลอง

ระบบพลังงาน

Energy System Design and Modeling



ศิวะ อัจฉริยวิริยะ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

คำนำ

ตำราเล่มนี้เขียนขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการสอนวิชาการออกแบบและจำลองระบบพลังงานซึ่งเป็นวิชาบังคับในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมพลังงาน เนื้อหาของตำราเล่มนี้มีเป้าประสงค์ให้นักศึกษาเข้าใจการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการจำลองสถานการณ์ระบบพลังงาน ตลอดจนการหาสภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุดซึ่งมีเนื้อหา 5 บท โดยที่บทที่ 1 พื้นฐานการออกแบบทางวิศวกรรม เนื้อหาประกอบด้วย การตัดสินใจและขั้นตอนในการดำเนินกิจการด้านวิศวกรรม นอกจากนี้ยังกล่าวถึงระบบที่สามารถทำงานได้และระบบที่เหมาะสม การศึกษาบทนี้เพื่อชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการหาสภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุด สำหรับบทที่ 2 เป็นเนื้อหาเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม เพื่อให้เข้าใจมูลค่าของเงินที่มีความสัมพันธ์กับเวลา การศึกษาบทนี้เพื่อให้เข้าใจเนื้อหาและสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ทางการเงินต่อไป บทที่ 3 การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนามาจากข้อมูลการทดลองและจากกฎเกณฑ์ทางทฤษฎี จากนั้นศึกษาการจำลองสถานการณ์ระบบพลังงานและการหาสภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุด ในบทที่ 4 และ 5 ตามลำดับ

ในการเขียนตำราเล่มนี้ผู้เขียนได้พยายามศึกษาค้นคว้าจากหนังสือหลายเล่ม และได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการจำลองสถานการณ์ระบบพลังงาน และได้ทำการสอนรายวิชานี้มาเป็นเวลาประมาณ 10 ปี ติดต่อกันทุกปี ผู้เขียนคิดว่าตำราเล่มนี้เป็นตำราที่ครอบคลุมเนื้อหาการออกแบบและจำลองระบบพลังงานซึ่งเหมาะสำหรับนักศึกษาที่เรียนรายวิชานี้ นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับนักวิจัยและนักศึกษาที่ทำวิจัยเรื่องเกี่ยวกับการจำลองสถานการณ์และการหาสภาพการทำงานที่เหมาะสมที่สุดของระบบต่างๆ ด้วย

ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ คุณครูและอาจารย์ที่ผู้เขียนได้ศึกษาจากโรงเรียนวัดคูหาสวรรค์ โรงเรียนสัทธิบท (สิงห์สมุทร) โรงเรียนสัทธิบทวิทยาคม โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และ Illinois Institute of Technology, USA. ที่ทำให้ผู้เขียนมีความรู้และมีคุณภาพชีวิตที่ดี

ขอขอบพระคุณศูนย์บริหารงานวิจัย สำนักงานมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ดำเนินการจัดหาผู้ทรงคุณวุฒิ และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านเมื่อคราวพิจารณาตำราเล่มนี้ในลักษณะของตำราที่จะจัดพิมพ์ของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากข้อวิจารณ์ของผู้ทรงคุณวุฒินี้ทำให้ผู้เขียนได้มีโอกาสรับปรุงข้อผิดพลาดและข้อบกพร่องต่างๆ ซึ่งทำให้คุณภาพของตำราดีขึ้น ท้ายสุดนี้ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณณัฐวิทย์ ไชยศิริ ที่ช่วยพิมพ์ต้นฉบับ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คีวะ อัจฉริยวิริยะ

มีนาคม 2557

สารบัญ

บทที่ 1	การออกแบบทางวิศวกรรมและระบบพลังงาน	1
1.1	การตัดสินใจในกิจการด้านวิศวกรรม	1
1.2	ขั้นตอนในการดำเนินกิจการด้านวิศวกรรม	3
1.3	ระบบที่สามารถทำงานได้และระบบที่เหมาะสมที่สุด	6
1.4	สรุป	8
บทที่ 2	การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์	11
2.1	มูลค่าของเงินที่มีความสัมพันธ์กับเวลา	11
2.2	การประเมินศักยภาพการลงทุน	25
2.3	การนำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ไปใช้	29
2.4	สรุป	32
บทที่ 3	การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	35
3.1	แบบจำลองที่พัฒนามาจากข้อมูลการทดลอง	35
3.2	แบบจำลองที่พัฒนามาจากกฎเกณฑ์ทางทฤษฎี	55
3.3	สรุป	68
บทที่ 4	การจำลองสถานการณ์ระบบพลังงาน	71
4.1	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบพลังงาน	72
4.2	ประโยชน์และการนำการจำลองสถานการณ์ระบบพลังงานไปใช้	78
4.3	การจำแนกปัญหาของการจำลองสถานการณ์	80
4.4	วิธีการแก้ระบบสมการไม่เชิงเส้น	86
4.5	การจำลองสถานการณ์ระบบพลังงาน	112
4.6	สรุป	119

บทที่ 5	การทำงานแบบเหมาะสมที่สุด	123
5.1	การแทนสมการทางคณิตศาสตร์ของโจทย์การทำงานแบบเหมาะสมที่สุด	124
5.2	ขั้นตอนการหาสภาพการทำงานแบบเหมาะสมที่สุด	134
5.3	การนำไปใช้งานของการหาสภาพการทำงานแบบเหมาะสมที่สุด	160
5.4	สรุป	162
บรรณานุกรมรายนามอ้างอิง		166
อภิธานศัพท์		167
ดัชนี		168
สัญลักษณ์		170
สัญลักษณ์กำกับล่าง		170
คำย่อ		171

สารบัญภาพ

รูปที่ 1.1	แผนผังการดำเนินกิจการด้านวิศวกรรม	2
รูปที่ 1.2	การวิเคราะห์ด้านการตลาดที่รวมอิทธิพลของการโฆษณาและยี่ห้อสินค้า	4
รูปที่ 1.3	ราคาและค่าใช้จ่ายหลักของระบบปั๊มและท่อ	7
รูปที่ 2.1	แผนภาพมูลค่าเงินที่แปลงระหว่างมูลค่าเงินในอนาคต (F) กับมูลค่าเงินรายปี (A)	18
รูปที่ 2.2	แผนภาพมูลค่าเงินที่แปลงระหว่างมูลค่าเงินในปัจจุบันและมูลค่าเงินรายคาบ	21
รูปที่ 3.1	ความสัมพันธ์ระหว่าง z กับ y ที่ค่า x ต่างๆ	54
รูปที่ 3.2	ความสัมพันธ์ระหว่าง z กับ x ที่ค่า y ต่างๆ	54
รูปที่ 3.3	อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางและแบบไหลขนาน	55
รูปที่ 3.4	แผนผังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทาง	58
รูปที่ 3.5	แผนผังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางที่มีค่าผลคูณของอัตราการไหลกับความร้อนจำเพาะเท่ากันทั้งสองกระแส	60
รูปที่ 3.6	อุณหภูมิของของไหลทั้งสองกระแสในเครื่องควบแน่น	63
รูปที่ 3.7	อุณหภูมิของของไหลทั้งสองกระแสในเครื่องทำระเหย	64
รูปที่ 3.8	แผนผังแสดงอุณหภูมิเข้า-ออก อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทาง	66
รูปที่ 4.1	แผนผังการทำความเย็นของอากาศ	72
รูปที่ 4.2	ข้อมูลการทดลองของความดันที่เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านปั๊มน้ำที่อัตราการไหลต่างๆ	73
รูปที่ 4.3	ข้อมูลการทดลองของความดันลดเมื่อผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่แปรเปลี่ยนอัตราการไหลต่างๆ	73
รูปที่ 4.4	ข้อมูลการทดลองของลักษณะเฉพาะของวาล์วควบคุมการไหลที่แปรเปลี่ยนอุณหภูมิอากาศขาออกต่างๆ	74
รูปที่ 4.6	แผนภาพเครื่องอบแห้งชนิดลมร้อน	80
รูปที่ 4.7	แผนภาพเครื่องอบแห้งชนิดลมร้อนที่มีการนำลมร้อนที่ทิ้งกลับมาใช้ใหม่	83
รูปที่ 4.8	สัญลักษณ์ปั๊มหอยโข่งและแผนภาพการไหลข้อมูล	87
รูปที่ 4.9	ระบบการจ่ายน้ำสนามหญ้า	87
รูปที่ 4.10	ลักษณะเฉพาะของปั๊มหอยโข่ง	88
รูปที่ 4.11	ลักษณะเฉพาะของหัวจ่าย a และหัวจ่าย b	88
รูปที่ 4.12	แผนภาพการไหลข้อมูลของระบบจ่ายน้ำสนามหญ้า	90
รูปที่ 4.13	ระบบปั๊มส่งน้ำ	91

รูปที่ 4.14 (ก) แผนภาพการไหลข้อมูลของระบบปั๊มส่งน้ำรูปแบบที่ 1	92
รูปที่ 4.14 (ข) แผนภาพการไหลข้อมูลของระบบปั๊มส่งน้ำรูปแบบที่ 2	95
รูปที่ 4.14 (ค) แผนภาพการไหลข้อมูลของระบบปั๊มส่งน้ำรูปแบบที่ 3	97
รูปที่ 4.15 การหาค่าประมาณการตัวใหม่ด้วยกราฟ	104
รูปที่ 4.16 ระบบก๊าซเทอร์โบ	112
รูปที่ 4.17 สมรรถนะของเครื่องอัดอากาศขณะทำงานที่ความเร็ว 120 รอบต่อวินาที ความดันบรรยากาศ (101 kPa)	113
รูปที่ 4.18 สมรรถนะของเทอร์โบฯ ขณะทำงานที่ความเร็ว 120 รอบต่อวินาที ความดันบรรยากาศ (101 kPa)	113
รูปที่ 4.19 แผนภาพการไหลข้อมูลของระบบก๊าซเทอร์โบ	116
รูปที่ 5.1 แผนผังระบบการทำน้ำเย็น	126
รูปที่ 5.2 แผนผังระบบลดอุณหภูมิอากาศ	128
รูปที่ 5.3 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทาง	136
รูปที่ 5.4 วิธีค้นหาโดยการแบ่งพิกัดของตัวแปรอิสระอย่างละเอียด	140
รูปที่ 5.5 จุดที่ทำการคำนวณของตัวอย่างที่ 5.3	141
รูปที่ 5.6 จุดที่ทำการคำนวณของตัวอย่างที่ 5.4	144
รูปที่ 5.7 วิธีค้นหาแบบทวิลักษณ์	146
รูปที่ 5.8 การคำนวณครั้งที่ 1 และ 2	147
รูปที่ 5.9 การคำนวณครั้งที่ 3 และ 4	148
รูปที่ 5.10 การคำนวณครั้งที่ 5 และ 6	148
รูปที่ 5.11 การคำนวณครั้งที่ 7 และ 8	149
รูปที่ 5.12 การค้นหาช่วงของความไม่แน่ใจหลังจากการคำนวณ 2 ครั้ง ของตัวอย่างที่ 5.6	152
รูปที่ 5.13 การค้นหาช่วงของความไม่แน่ใจหลังจากการคำนวณ 3 ครั้ง ของตัวอย่างที่ 5.6	153
รูปที่ 5.14 การค้นหาช่วงของความไม่แน่ใจหลังจากการคำนวณ 4 ครั้ง ของตัวอย่างที่ 5.6	154
รูปที่ 5.15 การค้นหาช่วงของความไม่แน่ใจสุดท้าย (หลังจากการคำนวณ 5 ครั้ง) ของตัวอย่างที่ 5.6	155
รูปที่ 5.16 แผนภาพตำแหน่งการเดินท่อตัวอย่างที่ 5.7	156

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	สูตรการคำนวณหามูลค่าเงินในอนาคตและปัจจุบัน	14
ตารางที่ 2.2	ตัวประกอบการแปลงมูลค่าเงินโดยการคิดดอกเบี้ยแบบทบต้น	23
ตารางที่ 2.3	ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยใช้อัตราดอกเบี้ย 6%	32
ตารางที่ 3.1	ข้อมูลที่ได้จากการทดลองของตัวแปร z เป็นฟังก์ชันกับ x และ y	53
ตารางที่ 4.1	วิธีการแทนค่าต่อเนื่องของแผนภาพการไหลข้อมูลของระบบปั๊มส่งน้ำ รูปแบบที่ 1 โดยสมมติค่า $\dot{m}_{1(0)} = 1 \text{ kg/s}$ และผลต่างที่ยอมรับได้คือ $ \dot{m}_{1(n-1)} - \dot{m}_{1(n)} \leq 0.0002$	93
ตารางที่ 4.2	วิธีการแทนค่าต่อเนื่องของแผนภาพการไหลข้อมูลระบบปั๊มส่งน้ำรูปแบบที่ 1 สมมติ $\Delta p_{(0)} = 500 \text{ kPa}$ และผลต่างที่ยอมรับได้คือ $ \Delta p_{(n-1)} - \Delta p_{(n)} \leq 0.02$	94
ตารางที่ 4.3	วิธีการแทนค่าต่อเนื่องของแผนภาพการไหลข้อมูลของระบบปั๊มส่งน้ำ รูปแบบที่ 1 โดยสมมติค่า $\dot{m}_{(0)} = 3 \text{ kg/s}$; $\dot{m}_{2(0)} = 1 \text{ kg/s}$ และผลต่าง ที่ยอมรับได้คือ $ \dot{m}_{(n-1)} - \dot{m}_{(n)} \leq 0.0002$ และ $ \dot{m}_{2(n-1)} - \dot{m}_{2(n)} \leq 0.0002$	95
ตารางที่ 4.4	วิธีการแทนค่าต่อเนื่องของแผนภาพการไหลข้อมูลของระบบปั๊มส่งน้ำ รูปแบบที่ 2 โดยสมมติค่า $\dot{m}_{2(0)} = 1.88 \text{ kg/s}$ และผลต่างที่ยอมรับได้ คือ $ \dot{m}_{(n-1)} - \dot{m}_{(n)} \leq 0.0002$	96
ตารางที่ 4.5	วิธีการแทนค่าต่อเนื่องของแผนภาพการไหลข้อมูลของระบบปั๊มส่งน้ำ รูปแบบที่ 3 โดยสมมติค่า $\dot{m}_{(0)} = 5.35 \text{ kg/s}$ และผลต่าง ที่ยอมรับได้คือ $ \dot{m}_{(n-1)} - \dot{m}_{(n)} \leq 0.0002$	97
ตารางที่ 4.6	ผลการคำนวณซ้ำโดยมีค่าประมาณการเริ่มต้นที่ $x_{(1)} = 1$ และ ผลต่าง ที่ยอมรับได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.0001 [$ x_{(n+1)} - x_{(n)} \leq 0.0001$]	103
ตารางที่ 4.7	การคำนวณหาค่า Δp , $\dot{m}_1$, $\dot{m}_2$, $\dot{m}$, f_1 , f_2 , f_3 และ f_4 โดยใช้ค่าประมาณการเริ่มต้น $\Delta p_{(1)} = 500 \text{ kPa}$; $\dot{m}_{1(1)} = 1 \text{ kg/s}$; $\dot{m}_{2(1)} = 2 \text{ kg/s}$; $\dot{m}_{(1)} = 3 \text{ kg/s}$ และกำหนดค่า ที่ยอมรับได้ของ f_1 , f_2 , f_3 และ f_4 ต้องมีค่าสมบูรณ์น้อยกว่าหรือ เท่ากับ 0.001	110

ตารางที่ 4.8	การคำนวณหาค่า Δp , $\dot{m}_1$, $\dot{m}_2$, $\dot{m}$, f_1 , f_2 , f_3 และ f_4 โดยใช้ค่าประมาณการเริ่มต้น $\Delta p_{(1)} = 0$ kPa ; $\dot{m}_{1(1)} = 0$ kg/s ; $\dot{m}_{2(1)} = 0$ kg/s ; $\dot{m}_{(1)} = 0$ kg/s และกำหนดค่าที่ยอมรับได้ของ f_1 , f_2 , f_3 และ f_4 ต้องมีค่าสมบูรณ์น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.001	111
ตารางที่ 4.9	การคำนวณหาค่า Δp , $\dot{m}_1$, $\dot{m}_2$ และ $\dot{m}$ โดยใช้ค่าประมาณการเริ่มต้น $\Delta p_{(1)} = 500$ kPa ; $\dot{m}_{1(1)} = 1$ kg/s ; $\dot{m}_{2(1)} = 2$ kg/s ; $\dot{m}_{(1)} = 3$ kg/s และค่าที่ยอมรับได้ของ $a = \Delta p_{(n+1)} - \Delta p_{(n)} \leq 0.00001$, $b = \dot{m}_{1(n+1)} - \dot{m}_{1(n)} \leq 0.00001$, $c = \dot{m}_{2(n+1)} - \dot{m}_{2(n)} \leq 0.00001$ และ $d = \dot{m}_{(n+1)} - \dot{m}_{(n)} \leq 0.00001$	111
ตารางที่ 4.10	ผลการจำลองสถานการณ์ของระบบก๊าซเทอร์โบปัดด้วยวิธีแทนค่า ต่อเนื่องโดยใช้ค่าประมาณการเริ่มต้น $\dot{m}_{(1)} = 10$ kg/s และผลต่างสมบูรณ์ ที่ยอมรับได้คือ $ \dot{m}_{(n+1)} - \dot{m}_{(n)} \leq 0.000001$	117
ตารางที่ 4.11	ผลการจำลองสถานการณ์ของระบบก๊าซเทอร์โบปัดด้วยวิธีแทนค่า ต่อเนื่องโดยใช้ค่าประมาณการเริ่มต้น $\dot{m}_{(1)} = 5.2$ kg/s และผลต่างสมบูรณ์ ที่ยอมรับได้คือ $ \dot{m}_{(n+1)} - \dot{m}_{(n)} \leq 0.000001$	117
ตารางที่ 4.12	ผลของอัตราการใช้พลังงานที่ป้อนเข้าที่ห้องเผาไหม้ที่มีต่อกำลังที่ได้ออกมาที่เพล	118
ตารางที่ 5.1	ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งการเดินท่อ หน่วยเป็นล้านบาท จากเมือง B ถึงเมือง C และ จาก เมือง C ถึงเมือง D โดยที่ หมายเลข 1, 2, 3 และ 4 เป็นตำแหน่งสถานที่ของแต่ละเมือง	156
ตารางที่ 5.2	ค่าใช้จ่ายการติดตั้งการเดินท่อจากเมือง D (จุด D) ถึงเมือง E ตำแหน่งสถานที่ 2 (จุด E2)	157
ตารางที่ 5.3	ค่าใช้จ่ายการติดตั้งการเดินท่อจากเมือง C (จุด C) ถึงเมือง E ตำแหน่งสถานที่ 2 (จุด E2)	158
ตารางที่ 5.4	ค่าใช้จ่ายการติดตั้งการเดินท่อจากเมือง B (จุด B) ถึงเมือง E ตำแหน่งสถานที่ 2 (จุด E2)	159
ตารางที่ 5.5	ค่าใช้จ่ายการติดตั้งการเดินท่อจากเมือง A ตำแหน่งสถานที่ 2 (จุด A2) ถึงเมือง E ตำแหน่งสถานที่ 2 (จุด E2)	159

การออกแบบและจำลองระบบพลังงาน



CHIANG MAI
UNIVERSITY PRESS

การออกแบบและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
เพื่อการจำลองสถานการณ์
และหาสภาพการทำงานแบบเหมาะสมที่สุด
ของระบบพลังงาน



ราคา 300 บาท

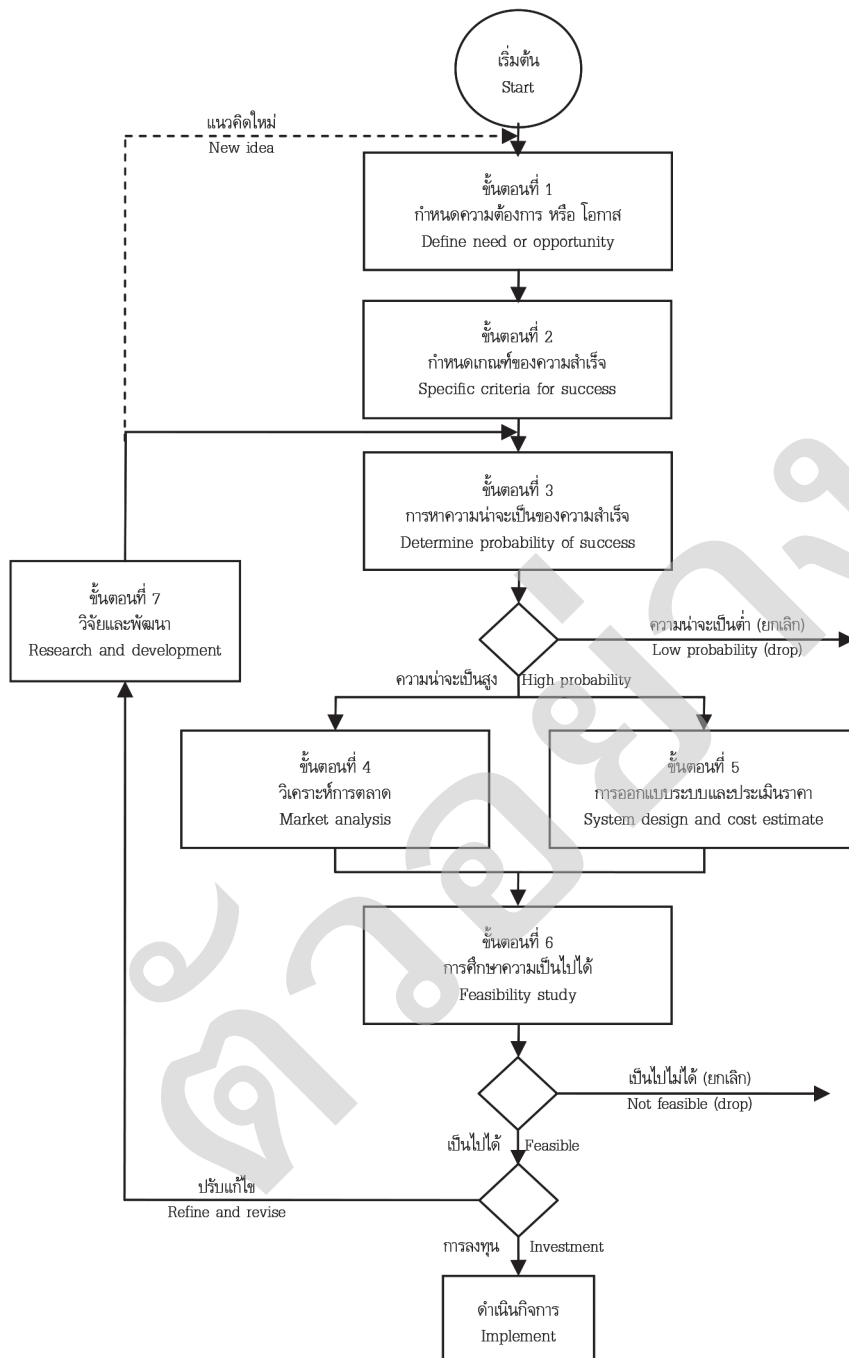
การออกแบบทางวิศวกรรมและระบบพลังงาน

อาชีพวิศวกรรมเป็นอาชีพที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง พัฒนา วิจัย และออกแบบ สำหรับตำรานี้จะพิจารณาเรื่องของการออกแบบ โดยเฉพาะการออกแบบทางวิศวกรรมระบบพลังงาน การออกแบบทางวิศวกรรมอาจอยู่ในรูปแบบของรูปภาพ แบบแปลน การคำนวณ หรือรายงาน หรืออาจมีอยู่หลายรูปแบบประกอบกัน สิ่งสำคัญสำหรับการออกแบบอาจเป็นกระบวนการตั้งแต่ต้นจนจบ หรือองค์ประกอบสำคัญบางส่วนของระบบก็ได้ สำหรับบทนี้จะกล่าวถึงการตัดสินใจในการดำเนินการด้านวิศวกรรม ขั้นตอนการดำเนินการด้านวิศวกรรม และระบบที่สามารถทำงานได้และระบบที่เหมาะสม

1.1 การตัดสินใจในกิจการด้านวิศวกรรม

การศึกษาถึงขั้นตอนการดำเนินการด้านวิศวกรรมเพื่อใช้ประกอบในการตัดสินใจมีหลายรูปแบบ รูปที่ 1.1 เป็นแผนภาพขั้นตอนเพื่อใช้ในการตัดสินใจกิจการต่างๆ รูปแบบหนึ่ง ซึ่งรูปแบบที่นำเสนอเป็นรูปแบบที่สามารถนำไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในงานที่ซับซ้อน ขั้นตอนที่แสดงกระบวนการตัดสินใจในรูปที่ 1.1 จะเป็นการรวบรวมตรรกะต่างๆ ทั้งหมดของแต่ละขั้นตอน เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ

จากรูปที่ 1.1 แสดงให้เห็นขั้นตอนการดำเนินงานต่างๆ ในเรื่องของแนวคิด การประเมินผล และการดำเนินการของแผน โดยที่แผนผังรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหมายถึง การดำเนินการทางวิศวกรรม หรือหมายถึงการดำเนินการด้านอื่นๆ สำหรับรูปแผนผังรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนหมายถึง ขั้นตอนการตัดสินใจ โดยทั่วไปแล้วการวิเคราะห์ทางเทคนิคด้านวิศวกรรมจะเกิดขึ้นในขั้นตอนที่ 5 การออกแบบและการประเมินราคาและขั้นตอนที่ 7 การวิจัยและการพัฒนา สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในแต่ละขั้นตอนพอสังเขป และจะกล่าวโดยละเอียดในขั้นตอนที่ 5 ในบทถัดๆ ไป



รูปที่ 1.1 แผนผังการดำเนินการด้านวิศวกรรม

1.2 ขั้นตอนในการดำเนินการด้านวิศวกรรม

1.2.1 ความต้องการ (Need)

ความต้องการในการดำเนินการ หรือโอกาสที่มี (opportunity) ในการดำเนินการซึ่งเป็นขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญขั้นต้นหนึ่ง การกำหนดความต้องการนี้ดูเหมือนว่าจะสามารถทำได้โดยง่าย แต่ในความเป็นจริงอาจไม่ง่ายเสมอไป ตัวอย่างเช่น ทางเทศบาลอาจเสนอความต้องการอ่างเก็บน้ำที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ที่ทำให้สามารถบรรจุปริมาณน้ำได้ตามความต้องการใช้ในเขตเทศบาล การกำหนดความต้องการเช่นนี้อาจจะไม่ใช่ว่าความต้องการที่แท้จริงในการแก้ปัญหาปริมาณน้ำไม่เพียงพอ เพราะถ้าอ่างเก็บน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ไม่มีปริมาณน้ำมาเก็บ การที่มีอ่างเก็บน้ำใหญ่ขึ้นจึงไม่แก้ปัญหามหาการขาดแคลนน้ำที่จะนำมาใช้ในเขตเทศบาล การกำหนดความต้องการทำอ่างเก็บน้ำให้ใหญ่ขึ้นอาจเป็นการแก้ปัญหาวិธีการหนึ่งที่เป็นไปได้ แต่อาจมีวิธีอื่นอีกมากในการแก้ปัญหามหาการขาดแคลนน้ำเช่น มีกฎเกณฑ์การใช้น้ำให้รัดกุมขึ้น หรือการหาแหล่งน้ำจากแหล่งอื่นมาใช้เพิ่มเติม เป็นต้น บางทีการกำหนดความต้องการที่ไม่สอดคล้องกับปัจจัยอื่นๆ เช่นนี้อาจทำให้การแก้ปัญหาไม่สำเร็จลุล่วงตั้งแต่การกำหนดความต้องการแล้ว สำหรับคำว่าโอกาสนั้น บางครั้งไม่สามารถแยกความแตกต่างจากคำว่าความต้องการได้ ยกตัวอย่างเช่น โรงสีข้าวมีเกลบเป็นของเหลือทิ้งจากการสีข้าว การลงทุนโดยซื้อเครื่องจักรกลมาผลิตถ่านอัดแท่งจากเกลบอาจเป็นโอกาสที่ดีในการตั้งโรงงานผลิตถ่านอัดแท่ง แต่บางครั้งอาจมองว่าการตั้งโรงงานผลิตถ่านอัดแท่งเป็นความต้องการเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดเกลบ

1.2.2 เกณฑ์ของความสำเร็จ (Criteria of success)

ขั้นตอนที่ 2 ตามรูปที่ 1.1 นั่นคือ เกณฑ์การตัดสินใจของโครงการที่จะดำเนินการว่าจะประสบความสำเร็จนั้นคืออะไร โดยปกติแล้วทางการค้านั้นจะใช้ผลกำไรเป็นตัววัดความสำเร็จของโครงการ อย่างไรก็ตามโครงการบางอย่างของทางราชการอาจไม่คำนึงถึงผลกำไร แต่อาจอยู่ในรูปของผลตอบแทนทางสังคมและสิ่งแวดล้อม

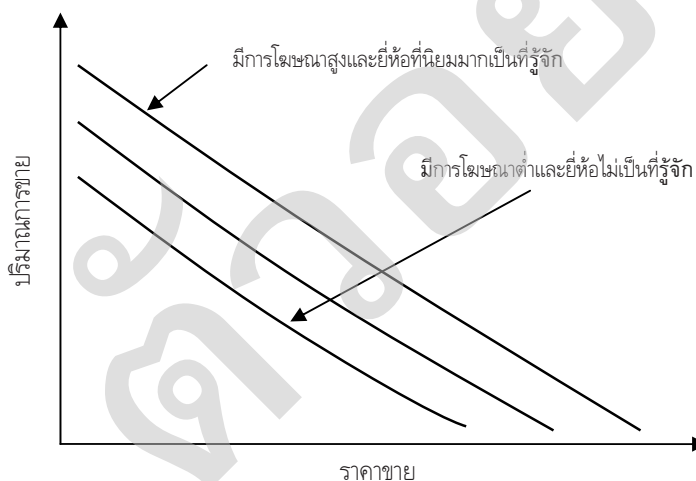
1.2.3 ความน่าจะเป็นของความสำเร็จ (Probability of success)

เมื่อกำหนดความต้องการและมีเกณฑ์ของความสำเร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการหาความน่าจะเป็นที่ประสบความสำเร็จได้ตามเกณฑ์ที่วางไว้ในขั้นตอนที่ 2 และได้ตามความต้องการที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 1 การหาความน่าจะเป็นของความสำเร็จเพื่อความมั่นใจก่อนออกแบบและก่อนดำเนินการขั้นตอนอื่นๆ ต่อไป ในขั้นตอนที่ 3 นี้จะต้องใช้สถิติในการวิเคราะห์ เพื่อตัดสินใจในการดำเนินโครงการ กล่าวคือถ้ามีความน่าจะเป็นต่ำ ก็จะยกเลิกดำเนินโครงการ แต่ถ้ามีความน่าจะเป็นเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ทางสถิติก็จะดำเนินขั้นตอนต่อไป อย่างไรก็ตาม การหาความน่าจะเป็นนั้นเป็นการทำนายอนาคตซึ่งอาจไม่เป็นไปตามที่ศึกษามา ดังนั้น ผู้ลงทุนในกิจการใดก็จะต้องศึกษาความน่าจะเป็นให้รอบคอบและควรมี

ความน่าจะเป็นที่มีค่าความเชื่อมั่นสูง สามารถศึกษาเรื่องความน่าจะเป็นของความสำเร็จได้จากหนังสือเรื่องสถิติเบื้องต้นและวิจัยของคณาจารย์มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัยและหนังสือเรื่อง Probability and statistics for engineers and scientists ของ Ronald, E.

1.2.4 วิเคราะห์การตลาด (Market analysis)

การวิเคราะห์ด้านการตลาดเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของราคาขายสินค้ากับปริมาณการขาย ซึ่งทางเศรษฐศาสตร์ทราบดีว่า ถ้าราคาสินค้าสูงขึ้นปริมาณการขายก็จะลดลง การวิเคราะห์การตลาดนี้จะต้องศึกษาถึงอิทธิพลอื่นๆ ประกอบด้วย เพราะราคาขายที่ราคาหนึ่งๆ นั้นอาจมีปริมาณการขายได้มากน้อยต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายด้าน ตัวอย่างเช่น การโฆษณาและคำนิยมของยี่ห้อสินค้า เป็นต้น รูปที่ 1.2 แสดงอิทธิพลของปัจจัยการโฆษณาและยี่ห้อสินค้าที่มีผลต่อราคาขายและปริมาณการขายสินค้า โดยทั่วไปแล้วจะพบว่าสินค้าที่มีการโฆษณาส่งและยี่ห้อที่นิยมมากกว่าย่อมให้ราคาขายที่สูงกว่าเมื่อปริมาณการขายที่เท่ากัน หรือในทำนองเดียวกันคือสามารถขายได้ปริมาณมากกว่าเมื่อตั้งราคาขายไว้ที่ราคาหนึ่งๆ ผู้ศึกษาสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหนังสือเรื่อง Investments: principles and concepts ของ Charles, P. J.,



รูปที่ 1.2 การวิเคราะห์ด้านการตลาดที่รวมอิทธิพลของการโฆษณาและยี่ห้อสินค้า

ในขั้นตอนที่ 4 นี้ เมื่อดำเนินการวิเคราะห์การตลาดจะพบว่ายังไม่เพียงพอที่จะสามารถตัดสินใจดำเนินโครงการได้ เพราะเป็นเพียงการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการขายกับราคาขาย และการดำเนินการทางการตลาดเท่านั้น ดังนั้นจำเป็นต้องดำเนินการทำขั้นตอนที่ 5 ควบคู่กันไปพร้อมๆ กัน เพราะว่าการออกแบบระบบและการประเมินราคาขึ้นอยู่กับเทคนิคการผลิตและจำนวนการผลิต

1.2.5 การออกแบบระบบและการประเมินราคา (System design and cost estimates)

ขั้นตอนที่ 5 เป็นขั้นตอนที่สำคัญทางด้านวิศวกรรม ซึ่งต้องใช้วิศวกรดำเนินการออกแบบระบบต่างๆ และประเมินค่าใช้จ่าย ในการผลิตสินค้าต่างๆ ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านในการออกแบบทางเทคนิค ซึ่งต้องศึกษากระบวนการต่างๆ อย่างชัดเจนและเป็นระบบ การดำเนินการในขั้นตอนนี้จะต้องใช้การวิเคราะห์การตลาดมาช่วยในการตัดสินใจเลือกเทคนิคต่างๆ ที่จะต้องใช้ในการผลิตสินค้าหรือดำเนินการออกแบบระบบการผลิตด้วย เพื่อให้ได้ต้นทุนการผลิตและปริมาณการผลิตที่เหมาะสมกับความต้องการของตลาด ขั้นตอนนี้มีความจำเป็นต้องเรียนรู้ในเรื่องของการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และการจำลองสถานการณ์ ซึ่งเป็นเนื้อหาหลักของตำราเล่มนี้ที่เราจะได้ศึกษาโดยละเอียดในบทต่อไป

1.2.6 การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility study)

ขั้นตอนที่ 6 คือ การศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินโครงการให้บรรลุเกณฑ์ของความสำเร็จ ปัจจัยที่จะส่งผลของความเป็นไปได้ของการดำเนินกิจการมีมากมาย เช่น ปัจจัยการลงทุน การหาพื้นที่สร้างโรงงาน การขาดแคลนแรงงาน หรือกฎหมายของบ้านเมือง ถ้าผลของการศึกษาความเป็นไปได้พบว่า การดำเนินโครงการเป็นไปได้ ก็คงจะต้องยกเลิกโครงการ ถ้าหากโครงการเป็นไปได้ก็ดำเนินการต่อไป ซึ่งอาจจะลงทุนดำเนินกิจการนั้น และ/หรือ ปรับแก้ไขโดยดำเนินการวิจัยและพัฒนา ตัวอย่างเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้สามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากรายงานการศึกษาเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อทดแทนหม้อไอน้ำน้ำเขียนโดยนพดล ลิทธิวงศ์

1.2.7 การวิจัยและการพัฒนา (Research and Development)

หลังจากดำเนินการขั้นตอนที่ 6 ในการศึกษาความเป็นไปได้แล้ว ซึ่งถ้าพบว่าโครงการเป็นไปได้ก็ต้องดำเนินการตัดสินใจว่าจะดำเนินกิจการต่อไป หรือปรับแก้ไขโดยการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป หรือบางครั้งก็อาจทำทั้งสองอย่างพร้อมกัน กล่าวคือในระหว่างดำเนินกิจการ ก็ดำเนินการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น หลังจากวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นแล้วคงต้องย้อนกลับไปทำขั้นตอนที่ 3 และขั้นตอนอื่นๆ ต่อไป ตามรูปที่ 1.1 บางครั้งการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดแนวคิดใหม่หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ดังนั้นเราอาจจะย้อนกลับไปเริ่มขั้นตอนที่ 1 เพื่อกำหนดความต้องการใหม่

1.3 ระบบที่สามารถทำงานได้และระบบที่เหมาะสมที่สุด

1.3.1 ความหมายของระบบที่สามารถทำงานได้

คือ ระบบที่สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการโดยระบบสามารถทำงานได้ภายใต้การออกแบบที่กำหนด เช่น เครื่องทำน้ำอุ่นสามารถทำน้ำอุ่นได้ตามอุณหภูมิ และอัตราการไหลของน้ำตามที่ออกแบบไว้ นอกจากนี้ระบบที่สามารถทำงานได้ต้องทำงานได้ภายใต้เงื่อนไขต่างๆ ที่วิศวกรตั้งเป้าไว้ด้วย เช่น มาตรฐานความปลอดภัย มีขนาดน้ำหนักไม่เกินมาตรฐาน เป็นต้น

1.3.2 ความหมายของระบบที่เหมาะสมที่สุด

คือ ระบบที่สามารถทำงานได้ตามที่ผู้ใช้งานพิจารณาตั้งเกณฑ์การตัดสินว่าเป็นระบบที่เหมาะสมที่สุดเกณฑ์ที่ใช้ส่วนมากใช้ราคาเป็นบรรทัดฐานของการตัดสินว่าเป็นระบบที่เหมาะสมที่สุด

จากความหมายที่อธิบายข้างต้นจะพบว่าข้อแตกต่างระหว่างระบบที่สามารถทำงานได้กับระบบที่เหมาะสมที่สุด คือ ระบบที่เหมาะสมที่สุดจะมีเพียงหนึ่งวิธีที่เป็นระบบที่เหมาะสมกับเกณฑ์การตัดสินที่กำหนดไว้ แต่ระบบที่สามารถทำงานได้จะมีหลายวิธีที่เป็นระบบที่ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เพื่อให้เข้าใจความหมายของระบบที่สามารถทำงานได้ และระบบที่เหมาะสมที่สุดให้ดียิ่งขึ้นสามารถศึกษาได้จากตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1.1 ต้องการออกแบบระบบการส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปยังบ้านพักที่อยู่สูงกว่าแหล่งน้ำ 10 เมตร ซึ่งต้องใช้ระบบท่อความยาวรวม 200 เมตร จงออกแบบระบบที่สามารถทำงานได้ของระบบการส่งน้ำนี้ น้ำมีความหนาแน่น (ρ) เท่ากับ 1000 kg/m^3 และจงหาระบบที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด

วิธีทำ การออกแบบระบบที่ส่งน้ำที่สามารถทำงานได้มีอยู่หลายวิธี ซึ่งอาจใช้ปั๊มน้ำที่สามารถสร้างความดันได้หลายขนาดที่ขึ้นอยู่กับขนาดท่อที่ใช้

ความดัน (p) ที่ยกกระดบน้ำสูงขึ้น (h) 10 เมตร มีค่า

$$\begin{aligned} p &= \rho gh \\ &= (1000 \text{ kg/m}^3) (9.81 \text{ m/s}^2) (10 \text{ m}) \\ &= 98,100 \text{ N/m}^2 \text{ หรือ} \\ &= 98.1 \text{ kPa} \end{aligned}$$

สำหรับความดันสูญเสียเนื่องจากการไหลในท่อขึ้นอยู่กับขนาดและชนิดของท่อ สมมติเช่น

ขนาดท่อ 1 นิ้ว ความยาว 200 เมตร ความดันสูญเสีย = 190 kPa

ขนาดท่อ 2 นิ้ว ความยาว 200 เมตร ความดันสูญเสีย = 60 kPa

ขนาดท่อ 3 นิ้ว ความยาว 200 เมตร ความดันสูญเสีย = 10 kPa

ดังนั้นการออกแบบระบบส่งน้ำที่สามารถทำงานได้มีหลายวิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 เลือกใช้ปั๊มที่สร้างความดันได้ $98.1+190 = 288.1$ kPa โดยใช้ขนาดท่อ 1 นิ้ว ยาว 200 เมตร

วิธีที่ 2 เลือกใช้ปั๊มที่สร้างความดันได้ $98.1+60 = 158.1$ kPa โดยใช้ขนาดท่อ 2 นิ้ว ยาว 200 เมตร

วิธีที่ 3 เลือกใช้ปั๊มที่สร้างความดันได้ $98.1+10 = 108.1$ kPa โดยใช้ขนาดท่อ 3 นิ้ว ยาว 200 เมตร

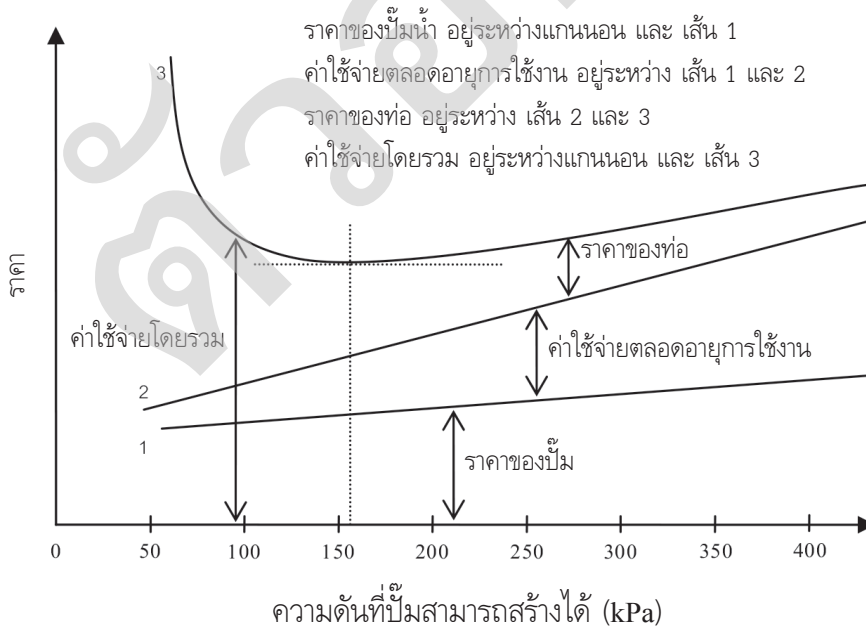
จะเห็นได้ว่าการออกแบบระบบส่งน้ำที่เสนอมาทั้งสามวิธีนี้สามารถทำงานได้บรรลุวัตถุประสงค์ คือ สามารถส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปยังบ้านพักโดยมีอัตราการไหลของน้ำตามที่กำหนด

สำหรับระบบส่งน้ำที่เหมาะสมที่สุดที่ทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำสุดนั้น จะต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายต่างๆ ในระบบส่งน้ำ

สำหรับระบบปั๊มและท่อ มีค่าใช้จ่ายหลักๆ คือ

1. ราคาของปั๊มน้ำ
2. ราคาของท่อ
3. ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

ราคาค่าใช้จ่ายเหล่านี้ แปรเปลี่ยนไปตามขนาดปั๊มและขนาดท่อ ดังแสดงตามรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 ราคาและค่าใช้จ่ายหลักของระบบปั๊มและท่อ

จากรูปที่ 1.3 พบว่าที่ความดันสูงขึ้น ราคาของปั๊มก็จะสูงขึ้นเนื่องจากต้องการแรงขับมากขึ้นเพื่อให้ได้ความดันที่สูงขึ้นและอัตราการไหลคงเดิม นอกจากนี้การที่ความดันสูงขึ้นค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของการปั้มน้ำก็สูงขึ้นด้วย เนื่องจากปั๊มขนาดใหญ่ขึ้นก็ต้องใช้กำลังไฟสูงขึ้น สำหรับราคาของท่อนั้นขนาดเล็กลงราคาก็ถูกลง (ขนาดท่อเล็กส่งผลให้ความดันสูญเสียสูงขึ้น) ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดท่อใหญ่มีราคาสูงถ้าลดขนาดท่อลงเล็กน้อยจะส่งผลให้ราคาต่ำลงมากในช่วงแรก แต่ต่อมาราคาท่อก็จะลดลงไม่มากนัก ดังนั้น จากรูปจะเห็นได้ว่าที่ความดันสูงขึ้นในช่วงแรก (จาก 0 ไปยัง 150 kPa) ค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบจะต่ำลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากที่ความดันต่ำๆ จะต้องใช้ท่อขนาดใหญ่ ซึ่งมีราคาสูง และเมื่อความดันสูงขึ้น ขนาดท่อที่ใช้ก็จะเล็กลงทำให้ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำลงอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งความดันประมาณ 150 kPa ค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบจะต่ำที่สุด หลังจากนั้นค่าใช้จ่ายโดยรวมของระบบจะสูงขึ้นอย่างช้าๆ การเลือกระบบที่เหมาะสมที่สุดซึ่งใช้เกณฑ์ค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำสุดจึงพบที่ความดันประมาณ 150 kPa จะมีค่าใช้จ่ายโดยรวมต่ำที่สุด จากรูปที่ 1.3 เป็นราคาของระบบปั๊มและท่อของตัวอย่างนี้ระบบที่เหมาะสมที่สุดคือ ระบบที่ทำงานด้วยวิธีที่ 2 นั่นเอง

1.4 สรุป

เนื้อหาบทนี้มีวัตถุประสงค์ให้เข้าใจหลักการในการตัดสินใจในดำเนินการด้านวิศวกรรมและให้สามารถแยกความแตกต่างระหว่างระบบที่สามารถทำงานได้กับระบบที่เหมาะสมที่สุด ผู้เรียนสามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากหนังสือ Design of Thermal System ของ Stoecker, W. F. และหนังสือ Design of fluid thermal systems ของ William, S. J.

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย, 2553, สถิติเบื้องต้นและวิจัย, พิมพ์ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย.

นพดล สิทธิวงศ์, 2553, การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อทดแทนหม้อไอน้ำ, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Charles, P. J., 2010, *Investments: principles and concepts*, 11th edition, International student version, John Wiley & Sons.

Ronald, E., 2012, *Probability and statistics for engineers and scientists*, 9th edition, Pearson Education.

Stoecker, W. F., 1989, *Design of Thermal Systems*, 3rd edition, McGraw-Hill.

William, S. J., 2011, *Design of fluid thermal systems*, 3rd edition, Cengage.

แบบฝึกหัด

- 1.1 เทศบาลเมืองแห่งหนึ่งมีภูมิประเทศเป็นเกาะ ซึ่งอยู่ห่างไกลกับผืนแผ่นดินใหญ่เกิดปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า เดิมทีพลังงานไฟฟ้าผลิตจากเขื่อนพลังน้ำที่มีกำลังผลิต 100 MW หากท่านต้องแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้านี้
 - ก. จงกำหนดความต้องการและให้เหตุผลประกอบในการสนับสนุนว่ามีโอกาสที่จะแก้ปัญหานี้ได้สำเร็จ
 - ข. จากการกำหนดความต้องการในข้อ ก จงให้เหตุผลประกอบโอกาสที่จะแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าไม่ได้ และเสนอแนวทางกำหนดความต้องการใหม่ โดยให้เหตุผลสนับสนุนความต้องการใหม่นี้ว่ามีโอกาสแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าได้
- 1.2 จงให้คำอธิบายความหมายสั้นๆ ของระบบที่สามารถทำงานได้และระบบที่เหมาะสม