บทที่ 5

การออกแบบด้วยวิธีการที่ได้รับการปรับปรุง

เนื่องจากการออกแบบด้วยวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นการออกแบบโดยอาศัยวิธีการคำนวณซ้ำ อีกทั้งในการคำนวณในแต่ละรอบการคำนวณมีขั้นตอนที่ยุ่งยากซับซ้อน และใช้เวลามากหากทำการคำนวณบนหน้ากระดาษ ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการออกแบบ และเพื่อป้องกันการเกิดความผิดพลาดในระหว่างการคำนวณ จึงควรมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นเพื่อช่วยให้การคำนวณเป็นไปโดยอัตโนมัติ

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบระบบท่อลมด้วยวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นนั้น จำเป็นต้องทราบถึงขั้นตอนในการคำนวณด้วยวิธีนี้โดยละเอียด ซึ่งสามารถสรุปได้เป็นลำดับดังนี้

1. ขั้นตอนการกำหนดค่าเริ่มต้นที่ใช้ในการคำนวณ

2. ขั้นตอนการหาค่าตัวแปรอื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณ

3. การคำนวณโดยวิธี T-Method ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย คือ
   3.1 ขั้นตอนการรวมระบบ (System condensing)
   3.2 ขั้นตอนการหาขนาดอุปกรณ์ส่งลม (Fan selection)
   3.3 ขั้นตอนการกระจายระบบ (System expansion)

4. ขั้นตอนการหาค่าความดันส่วนเกิน

5. ขั้นตอนการวินิจฉัยผลลัพธ์

สำหรับขั้นตอนสุดท้ายนี้จะเป็นการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลที่ได้จากการคำนวณเพื่อตัดสินใจว่าจะทำการคำนวณซ้ำใหม่ หรือจะสรุปผลลัพธ์และจบการทำงาน

ซึ่งในขั้นตอนโดยสรุปทั้งหมดนี้สามารถที่จะเขียนเป็นแผนผังแสดงลำดับการคำนวณดังแสดงในตอนท้ายของภาคผนวก ก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยมีรายละเอียดคำอธิบายในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

<u>ขั้นตอนการกำหนดค่าเริ่มต้น</u>

ขั้นตอนนี้แสดงให้เห็นในช่วงเริ่มต้นของแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.1 โดยในการกำหนดค่าเริ่มต้นในโปรแกรมนั้นมีด้วยกัน 2 ลักษณะคือ

1. การกำหนดค่าไว้ในโปรแกรม เป็นการกำหนดค่าถาวรที่สามารถนำไปใช้ได้ในทุกๆ ระบบที่จะทำการออกแบบ ซึ่งได้แก่ ρ, π และ g_c

2. การกำหนดค่าโดยให้โปรแกรมอ่านค่าจากแฟ้มข้อมูลที่สร้างขึ้นตามวิธีการดังที่ได้อธิบายไว้ในภาคผนวก ก เป็นการกำหนดค่าความต้องการของระบบที่จะทำการออกแบบ ซึ่งจะใช้ได้กับระบบที่กำลังจะทำการพิจารณาออกแบบเท่านั้น ได้แก่ค่า Q, L, ε, AIR, AER, Q_{fan}, E_c, Y, E_d, η_f, η_e, η_t, S_r, a, Z_1, Z_2, r, ΔPz, U, t_e และ t_a

<u>ขั้นตอนการหาค่าตัวแปรอื่นๆ ที่จำเป็น</u>

เป็นขั้นตอนการใช้ค่าเริ่มต้น และค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณในรอบที่แล้ว (หรือใช้ค่าที่สมมุติขึ้นก่อนสำหรับการคำนวณในรอบแรก) ในการหาตัวแปรต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการคำนวณในขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนนี้แสดงด้วยโปรแกรมย่อย VSF ในแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.1 โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังแสดงในแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.2 ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดการทำงานได้ดังนี้

จากแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.2 สำหรับการคำนวณในรอบแรกนั้น โปรแกรมจะทำการกำหนดค่าความเร็วขึ้นมาก่อนเพื่อทำการหาค่าความสูงและความกว้างของท่อลม เพื่อใช้แทน

ค่าผลลัพธ์ในรอบที่แล้วซึ่งยังไม่มี แต่ถ้าหากเป็นการคำนวณในรอบถัดๆไป จะใช้ค่าความสูงและความกว้างของท่อลมซึ่งเป็นค่าผลลัพธ์ในการคำนวณในรอบที่ผ่านมา ทำการคำนวณหาค่าความเร็ว

เมื่อได้ค่าของขนาดท่อและความเร็วแล้วจึงนำไปทำการคำนวณ เพื่อเลือกค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียความดันทางพลศาสตร์, C จากตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียความดันทางพลศาสตร์ดังแสดงในตัวอย่างตารางในภาคผนวก ข หลังจากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่า f โดยใช้สมการ (3.12) และ (3.13) และทำการหาค่า ΔP โดยใช้สมการ (4.13) ซึ่งก็จะได้ตัวแปรที่จำเป็นสำหรับการคำนวณในขั้นต่อไปเพิ่มขึ้น 4 ตัว ด้วยกันคือ V, C, f และ ΔP สำหรับตัวแปร ΔP นั้นในแผนผังต่างๆ จะแทนด้วยตัวแปร DP

<u>ขั้นตอนการคำนวณโดยวิธี T-Method</u> มี 3 ขั้นตอนดังนี้

1. <u>ขั้นตอนการรวมระบบ</u> ขั้นตอนนี้แสดงด้วยโปรแกรมย่อย Condensing ในแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.1 และมีรายละเอียดของการคำนวณดังแสดงในแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.3 โดยการคำนวณในขั้นตอนนี้จะทำการคำนวณหาสัมประสิทธิ์ K ของระบบท่อลมรวมเพื่อใช้ในการเลือกความดันที่เหมาะสมสำหรับระบบท่อลม สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ K ของท่อท่อนใดๆ ในแผนผังแสดงลำดับการคำนวณนี้จะแทนด้วยตัวแปร Ks ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ K ของท่อจินตภาพรวมใดๆ จะแทนด้วยตัวแปร Kt

โดยในขณะที่ทำการรวมท่อลมในระบบนั้นก็จะทำการบันทึกค่าสัมประสิทธิ์ Kt และ ค่าสัมประสิทธิ์ T ของการรวมท่อจากปลายท่อมายังท่อที่กำลังพิจารณารวมเข้าไปทุกๆครั้ง เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการกระจายระบบต่อไป

นอกจากนี้แล้วยังทำการบันทึกค่าของความดันเพิ่มที่รวมเข้าไปกับค่าความดันสูญเสียของระบบท่อไว้ด้วย เพื่อใช้ในการกระจายค่าความดันที่เหมาะสมในกระบวนการกระจายระบบ จากแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.3 สามารถอธิบายรายละเอียดการทำงานดังนี้

1.1 หากท่อที่กำลังจะถูกรวมเข้าไปได้มีการพิจารณากำหนดขนาดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ให้สมมุติว่าค่าความดันสูญเสียของท่อเส้นนี้เป็นค่าความดันเพิ่มสูงสุดของท่อจินตภาพที่ได้

1.2 หากท่อที่พิจารณายังไม่ถูกกำหนดขนาดให้แน่นอนลงไปจะทำการสมมุติให้ค่าความดันเพิ่มสูงสุดของท่อจินตภาพที่ได้เป็นค่าความดันเพิ่มของเส้นท่อที่กำลังจะรวมเข้าไปนี้ก่อน จากนั้นแยกพิจารณาออกเป็น 3 กรณีคือ

1.2.1 กรณีที่มีการกำหนดค่าสัดส่วนหน้าตัดของท่อลม (Loop=1) จะทำการคำนวณหาค่า mu1 (μ_1) โดยใช้สมการ (4.16) จากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ Ks1 โดยใช้สมการ (4.26)

1.2.2 กรณีที่มีการจำกัดค่าความสูงของท่อลม (Loop=2) จะทำการคำนวณหาค่า mu2 (μ_2) โดยใช้สมการ (4.20) จากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ Ks2 โดยสมการ (4.29)

1.2.3 กรณีที่มีการจำกัดค่าความกว้างของท่อลม (Loop=3) จะทำการคำนวณหาค่า mu3 (μ_3) โดยใช้สมการ (4.23) จากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ Ks3 โดยสมการ (4.32)

ซึ่งค่าสัมประสิทธ์ Ks ที่ได้นี้จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ K ของท่อเส้นที่จะพิจารณารวมเข้าไปเท่านั้น หลังจากที่ทำการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ Ks ของเส้นท่อที่กำลังพิจารณาได้แล้ว (สำหรับกรณีที่มีการกำหนดขนาดท่อแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์ Ks ของท่อท่อนนั้นจะเป็นศูนย์) จึงทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ Kt ของระบบท่อจินตภาพใหม่ที่มีการรวมท่อเส้นนี้เข้าไปโดยใช้สมการ (4.59)

เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์ Ks ของท่อท่อนที่กำลังพิจารณา และค่าสัมประสิทธิ์ Kt ของระบบท่อจินตภาพใหม่แล้วจึงทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ T ของระบบท่อจินตภาพใหม่จากสมการ (4.69)

สำหรับการคำนวณหาค่าความดันเพิ่มสูงสุดจริงของท่อจินตภาพที่ได้นั้น ทำโดยการพิจารณารวมค่าความดันเพิ่มสูงสุดของท่อจินตภาพที่ได้สมมุติขึ้นไว้ในตอนต้น กับค่าความดันเพิ่มจากท่อจินตภาพเดิมตามหลักเกณฑ์ในบทที่ 3 คือถ้าหากท่อที่รวมเข้าไปใหม่นี้ต่อกับท่อจินตภาพเดิมแบบอนุกรม จะต้องรวมค่าความดันเพิ่มที่สมมุติขึ้นนี้เข้าไปกับค่าความดันเพิ่มของท่อจินตภาพเดิม แต่ถ้าท่อเส้นนี้ต่อกับท่อจินตภาพเดิมแบบขนาน หรือมีท่อเส้นอื่นมาต่อขนานอีกต้องทำการพิจารณาก่อนว่าค่าความดันเพิ่มของท่อที่มาต่อขนานกันเหล่านี้ เส้นใดมีค่ามากที่สุดซึ่งค่าความดันเพิ่มสูงสุดของท่อจินตภาพที่ได้ ก็จะเป็นค่าความดันเพิ่มของท่อเส้นนั้น

ซึ่งจากขั้นตอนนี้จะทำให้ได้ค่า mu (μ), Ks ของท่อแต่ละท่อนและ Kt, T, Dpmax (ΔP_{max}) ของระบบท่อจินตภาพที่ได้ในทุกขั้นตอนการคำนวณ

2. <u>ขั้นตอนการเลือกอุปกรณ์ส่งลม</u> ขั้นตอนนี้แสดงด้วยโปรแกรมย่อย Selection ในแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.1 และมีรายละเอียดของการคำนวณดังแสดงในแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.4

ในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจสอบก่อนว่าระบบท่อที่พิจารณามีท่อลมกลับหรือไม่ ซึ่งหากมีท่อลมกลับโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าความดันสูญเสียที่เหมาะสมสำหรับท่อลมกลับ จากนั้นจึงทำการคำนวณค่าความดันสูญเสียที่เหมาะสมสำหรับท่อลมส่ง แต่ถ้าหากไม่มีท่อลมกลับก็จะทำการคำนวณหาค่าความดันสูญเสียที่เหมาะสมสำหรับท่อลมส่งเท่านั้น สมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าความดันสูญเสียที่เหมาะสมจะใช้สมการที่ (4.62)

3. <u>ขั้นตอนการกระจายระบบ</u> ขั้นตอนนี้แสดงด้วยโปรแกรมย่อย Expansion ในแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.1 และมีรายละเอียดของการคำนวณดังแสดงในแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.5

ในกระบวนการกระจายระบบจะเริ่มจากท่อจินตภาพรวมแล้วกระจายออกสู่ระบบเดิม ซึ่งก็จะได้ค่าของการกระจายความดันสูญเสีย การกระจายอุณหภูมิ และขนาดของท่อลม โดยท่อแรกที่เริ่มกระจายออกจากระบบรวมคือท่อต้นทาง และดำเนินการกระจายไปสู่ท่อปลายทาง สำหรับวิธีการคำนวณหาขนาดของท่อลมในแต่ละท่อนนั้น เริ่มจากการพิจารณาว่าท่อที่จะได้จากการกระจายเป็นท่อที่ได้มีการกำหนดขนาดแน่นอนแล้วหรือไม่ ซึ่งสามารถแบ่งการพิจารณาได้ดังนี้

3.1 หากท่อที่กระจายถูกกำหนดขนาดแล้วจะทำการคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

3.1.1 กำหนดค่าความดันต้นทาง, Pup โดยหากเป็นการกระจายครั้งแรกจากท่อจินตภาพรวมของระบบ จะใช้ค่าความดันสูญเสียรวมของระบบท่อเป็นค่าความดันต้นทาง และสำหรับท่อท่อนต่อไปจะใช้ค่าความดันที่ปลายทางของท่อที่อยู่ต้นทางของท่อท่อนนั้น

3.1.2 คำนวณค่าความดันสูญเสียสำหรับท่อที่ได้จากการกระจาย, DPr (คือค่า ΔP ของท่อที่ได้ ซึ่งไม่รวมค่าความดันสูญเสียเพิ่ม) ซึ่งในที่นี้จะเท่ากับค่าความดันสูญเสียของท่อนี้ก่อนการรวมระบบ

3.1.3 คำนวณค่าความดันสูญเสียรวมทั้งหมดสำหรับท่อที่ได้จากการกระจาย, DPt (คือค่า ΔP ของท่อที่ได้ ซึ่งรวมค่าความดันสูญเสียเพิ่มเข้าไปด้วย) โดยหาได้จากการรวมค่าความดันเพิ่มอื่นๆ เข้าไปกับค่า ΔPr ที่ได้จากข้อ 3.1.2

3.2 หากท่อที่กระจายยังไม่ถูกกำหนดขนาดจะทำการคำนวณค่าต่างๆดังนี้

3.2.1 กำหนดค่าความดันต้นทาง, Pup โดยหากเป็นการกระจายครั้งแรกจากท่อจินตภาพรวมของระบบ จะใช้ค่าความดันสูญเสียรวมของระบบท่อเป็นค่าความดันต้นทาง และสำหรับท่อท่อนต่อไปจะใช้ค่าความดันที่ปลายทางของท่อที่อยู่ต้นทางของท่อท่อนนั้น

3.2.2 คำนวณค่าความดันสูญเสียสำหรับท่อที่ได้จากการกระจาย, DPr ในที่นี้สามารถหาได้จากจากสมการ (3.70)

3.2.3 คำนวณค่าความดันสูญเสียรวมทั้งหมด, DPt โดยหาได้จากการรวมค่าความดันเพิ่มอื่นๆ เข้าไปกับค่า DPr ที่ได้จากข้อ 3.2.2

จากนั้นจึงทำการหาค่าโดยการพิจารณาแยกตามกรณีดังนี้

ก. กรณีที่มีการกำหนดค่าสัดส่วนหน้าตัดของท่อ ให้หาค่าขนาดความกว้างของท่อจากสมการ (4.17) และขนาดความสูงของท่อจากสมการ (3.15)

ข. กรณีที่มีการจำกัดค่าขนาดความสูงของท่อ ให้หาค่าขนาดความกว้างของท่อจากสมการ (4.21)

ค. กรณีที่มีการจำกัดค่าขนาดความกว้างของท่อ ให้หาค่าขนาดความสูงของท่อจากสมการ (4.24)

เมื่อผ่านขั้นตอนข้างต้นแล้ว จึงทำการคำนวณหาค่าความดันที่ปลายทางของท่อ, Pdn เพื่อใช้เป็นค่าความดันต้นทางของท่อที่ต่อจากปลายทางของท่อนี้ โดยหาจากนำค่า DPt ที่ได้มาหักออกจากค่า Pup ของท่อเส้นที่ได้ จากนั้นจึงคำนวณหาค่า Tdn (T_l) จากสมการ (4.3) และ (4.4) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการหาค่า Ks ต่อไป สำหรับค่า Tup (T_e) ของท่อท่อนใดๆ จะใช้ค่า Tdn (T_l) ของท่อต้นทางของท่อท่อนนั้นๆ

<u>ขั้นตอนการหาค่าความดันส่วนเกิน</u>

ขั้นตอนนี้แสดงด้วยโปรแกรมย่อย Loss ในแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.1 และมีรายละเอียดของการคำนวณดังแสดงในแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.6

ในขั้นตอนนี้จะทำการคำนวณหาค่าความดันส่วนเกิน, Dpex (ΔP_{ex}) ในทุกๆสาย (Path) ของระบบท่อ โดยจะทำการรวมค่า DPt ของท่อที่อยู่ในสายเดียวกันทุกท่อนแล้วนำไปหักออกจากค่าความดันสูญเสียที่เหมาะสมที่ได้จากกระบวนการเลือกอุปกรณ์ส่งลม

<u>ขั้นตอนการวินิจฉัยผลลัพธ์</u>

เมื่อทำการคำนวณค่าความดันส่วนเกิน, Dpex ครบทุกสายแล้ว จะนำค่าที่ได้จากทุกสายมาพิจารณาดูว่า มากเกินกว่าค่าที่พอจะยอมรับได้หรือไม่ ซึ่งขั้นตอนนี้จะอยู่ในตอนท้ายของแผนผังแสดงลำดับการคำนวณ ก.1 โดยหากพิจารณาแล้วพบว่ายังมีค่ามากเกินไปแสดงว่าการกระจายค่าความดันยังไม่เหมาะสมเท่าที่ควร โปรแกรมจะนำค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณในรอบนี้ไปทำการคำนวณซ้ำใหม่อีกจนกว่าจะได้ค่าที่พึงพอใจ

สำหรับการคำนวณโดยกระบวนการตามแผนภาพการคำนวณนี้ จะทำโดยการคำนวณทีละข้อจำกัด กล่าวคือ ในคราวแรก (Loop = 1) จะทำการคำนวณหาขนาดท่อโดยพิจารณาหาขนาดท่อที่มีการจำกัดค่าสัดส่วนหน้าตัดท่อลมจนกว่าจะได้ค่าที่เหมาะสม จากนั้นจึงทำการคำนวณสำหรับส่วนของท่อที่มีการจำกัดค่าความสูง (Loop = 2) และความกว้าง (Loop = 3) ตามลำดับ จนกว่าจะได้ค่าที่เหมาะสม สุดท้ายจะมีการเลือกใช้ขนาดท่อที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง (Loop = 4) จึงสรุปผลลัพธ์เป็นค่าขนาดท่อที่จะนำไปใช้งาน สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้น และข้อแนะนำในการใช้งานได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก