บทที่ 4

แนวทางและการปรับปรุงวิธีการออกแบบท่อลมด้วยวิธี T-Method

จากการศึกษาพบว่าการออกแบบโดยวิธี T-Method ในปัจจุบันพิจารณาการสูญเสีย หรือการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบท่อลมเป็นการใช้พลังงานโดยพัดลมเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงยังมีจากการสูญเสียผลการปรับอากาศเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังท่อลมด้วย

ถึงแม้ว่าในทางปฏิบัติจะมีการหุ้มฉนวนท่อส่งลมเพื่อลดการสูญเสียในส่วนนี้ แต่อย่างไรก็ตามความสูญเสียก็ยังคงมีอยู่ และพลังงานที่สูญเสียไปนี้เป็นพลังงานที่ระบบปรับอากาศทั้งระบบจะต้องรับภาระมากขึ้น จึงนับเป็นส่วนสำคัญที่ควรจะนำมาพิจารณา

นอกจากนี้การออกแบบโดยวิธีนี้ยังมุ่งเน้นไปในการใช้ท่อกลม โดยใช้ราคาค่าวัสดุ และค่าแรงงานติดตั้งระบบท่อลม ต่อหน่วยพื้นที่ผิวท่อลมเป็นค่าเดียวกันทุกขนาดไม่ว่าจะเป็นท่อกลมหรือท่อสี่เหลี่ยมซึ่งไม่เป็นจริงในประเทศไทย และผลที่ได้นั้นจะออกมาจะเป็นท่อกลมผสมกับท่อสี่เหลี่ยมในระบบเดียวกัน ทำให้การสร้างระบบท่อลมทำได้ยาก

ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงกระบวนการออกแบบท่อลมโดยวิธีนี้ เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถนำมาใช้ในการออกแบบในประเทศไทยอย่างได้ผล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การปรับปรุงฟังก์ชันประสงค์ของระบบท่อลม</u>

สมการต่างๆ ภายหลังจากการปรับปรุงตามแนวคิดข้างต้น สามารถสรุปเป็นลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้ ซึ่งในที่นี้สมการที่นำมาพิจารณาจะมีเพียงกรณีของท่อสี่เหลี่ยมเท่านั้น

จากสมการฟังก์ชันประสงค์ (3.1) เทอม E_p เป็นเทอมของค่าไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบท่อลมในปีแรกนั้น แทนด้วยสมการ (3.2) ซึ่งเป็นเทอมที่แสดงค่าไฟฟ้าที่จ่ายให้กับพัดลมในปีแรกเท่านั้น ดังนั้นในที่นี้จะแทนเทอมนี้ด้วยเทอม E_{fan} เป็น

$$E_{fan} = \frac{Q_{fan}[E_c Y + E_d]P_{fan}}{10^3 \eta_e \eta_f} \quad (4.1)$$

และเพิ่มเทอม E_{loss} ซึ่งเป็นเทอมของค่าไฟฟ้าที่จ่ายไปเนื่องจากการสูญเสียผลของการปรับอากาศผ่านผนังท่อลมในปีแรก แทนได้ด้วยสมการ

$$E_{loss} = \frac{2U(H+W)L[E_c Y + E_d]}{10^3 \eta_t} \cdot \left(t_a - \frac{t_e + t_l}{2}\right) \quad (4.2)$$

โดยที่

$$t_l = \frac{t_e(y-1) + 2t_a}{(y+1)} \quad (4.3)$$

เมื่อ

$$y = \frac{1005Q\rho}{U(H+W)L} \quad (4.4)$$

ดังนั้นในที่นี้เทอม E_p ในสมการฟังก์ชันประสงค์ (3.1) ซึ่งเป็นเทอมของค่าไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบท่อลมในปีแรก จึงแทนด้วยสมการ

$$E_p = E_{fan} + E_{loss} \quad (4.5)$$

โดยที่เทอม E_{fan} คือเทอมของค่าไฟฟ้าที่จ่ายให้กับพัดลมในปีแรก จะแทนด้วยสมการ (4.1) และเทอม E_{loss} คือเทอมของค่าไฟฟ้าที่จ่ายไปเนื่องจากการสูญเสียผลการปรับอากาศผ่านผนังท่อลมในปีแรก แทนด้วยสมการ (4.2)

และสำหรับเทอม E_s ในสมการ (3.1) ซึ่งแสดงค่าวัสดุ และค่าแรงงานที่ใช้ในการสร้างระบบท่อลมทั้งหมดนั้น ในที่นี้จะพิจารณาค่าใช้จ่ายนี้แปรเปลี่ยนตามขนาดของท่อลมที่จะสร้าง ซึ่งจะให้ค่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้นดังสมการ

$$E_s = 2\sum_{i=1}^{n} S_{ri}(H_i + W_i)L_i \quad (4.6)$$

จากการแทนค่าในสมการ (4.1) ถึง (4.6) ลงในสมการ (3.1) และในที่นี้กำหนดให้

$$Z_1 = \frac{Q_{fan}\left[E_c Y + E_d\right](PWEF)}{10^3 \eta_e \eta_f} \tag{4.7}$$

และ

$$Z_2 = \frac{U\left[E_c Y + E_d\right](PWEF)}{10^3 \eta_t} \tag{4.8}$$

จะได้สมการฟังก์ชันประสงค์ของระบบท่อลมเป็น

$$E = Z_1 P_{fan} + 2\sum_{i=1}^{n} S_{ri}(H_i + W_i)L_i + 2Z_2 \sum_{i=1}^{n}(H_i + W_i)\left(t_a - \frac{t_{ei} + t_{li}}{2}\right)L_i \tag{4.9}$$

<u>กระบวนการแปลงรูปสมการฟังก์ชันประสงค์</u>

ขั้นตอนต่อไปเป็นการพิจารณาแปลงรูปสมการฟังก์ชันประสงค์ให้อยู่ในรูปอย่างง่าย ซึ่งทำได้โดยการพิจารณาจากสมการฟังก์ชันประสงค์ (4.9) ของส่วนย่อยใดๆ ดังนี้

$$E_i = Z_1 \Delta P_i + 2S_{ri}(H_i + W_i)L_i + 2Z_2(H_i + W_i)\left(t_a - \frac{t_{ei} + t_{li}}{2}\right)L_i \tag{4.10}$$

กำหนดให้ $$\Delta t_i = \left(t_a - \frac{t_{ei} + t_{li}}{2}\right) \tag{4.11}$$

จะได้ $$E_i = Z_1 \Delta P_i + 2(S_{ri} + Z_2 \Delta t_i)(H_i + W_i)L_i \tag{4.12}$$

จากสมการ (3.10) แทนค่า D_f จากสมการ (3.13) จะได้

$$\Delta P = \left[\frac{fL(H + W)}{2HW} + \Sigma C\right]\frac{V^2 \rho}{2g_c} \tag{4.13}$$

แทนค่า V จากสมการ (3.17) ลงในสมการ (4.11) จะได้

$$\Delta P = \left[\frac{fL(H + W)}{2HW} + \Sigma C\right]\frac{Q^2 \rho}{2g_c H^2 W^2} \tag{4.14}$$

หากแบ่งการพิจารณาตามข้อจำกัดเนื่องจากสถานที่ติดตั้งออกเป็นกรณีต่างๆดังนี้

กรณีที่ 1 คือกรณีไม่มีข้อจำกัดจะใช้ค่า H=W เนื่องจากจะได้ค่า E_{loss} และค่า E_s ต่ำที่สุด

กรณีที่ 2 คือกรณีที่มีความสูง หรือความกว้างจำกัด เพราะสถานที่ติดตั้งมีความจำกัด

กรณีที่3 คือกรณีที่มีข้อจำกัดเนื่องจากต้องการกำหนดค่าสัดส่วน (Aspect ratio, r=H/W) ของหน้าตัดท่อลม เพื่อป้องกันการเกิดเสียงเนื่องจากการสั่นของท่อลมหากมีค่าสัดส่วนนี้มากๆ และควบคุมไม่ให้การมีการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังท่อลมมากเกินความจำเป็น

กรณีที่ 4 คือกรณีที่จำเป็นต้องใช้ขนาดของท่อที่แน่นอน ดังเหตุผลในบทที่ 3

จากการพิจารณาพบว่ากรณีที่ 3 จะครอบคลุมกรณีที่ 1 ด้วย โดยหากเป็นไปตามกรณีที่ 1 จะแทนค่าของ r ในกรณีที่ 3 ด้วย 1 ดังนั้นเพื่อความสะดวกต่อการพิจารณาในลำดับต่อไป จึงรวมทั้ง 2 กรณีเป็นกรณีเดียวกันคือ กรณีที่มีการกำหนดค่าสัดส่วนหน้าตัดของท่อลม

จากสมการ (4.14) สามารถนำมาใช้พิจารณาในการลดรูปสมการแยกตามกรณีได้ดังนี้

1. <u>กรณีที่มีการกำหนดค่า r</u> สามารถจัดรูปสมการ (4.14) ได้เป็น

$$\Delta P = \frac{\rho Q^2}{2g_c W^5}\left[\frac{fL(r+1)}{2r^3} + \frac{\sum C}{r^2}W\right] \qquad (4.15)$$

กำหนดให้ $$\mu_1 = \frac{fL(r+1)}{2r^3} + \frac{\sum C}{r^2}W \qquad (4.16)$$

จะได้ $$W = (\mu_1 \rho)^{0.2} Q^{0.4} (2g_c \Delta P)^{-0.2} \qquad (4.17)$$

2. <u>กรณีที่มีความสูง, H หรือความกว้าง, W จำกัด</u> สามารถจัดรูปสมการ (4.14) ได้เป็น

$$\Delta P = \frac{\rho Q^2}{2g_c H^2 W^2}\left[\frac{fL}{2W} + \frac{fL}{2H} + \sum C\right] \qquad (4.18)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถ้า H คงที่ $$\Delta P = \frac{\rho Q^2}{2g_c H^2 W^3}\left[\frac{fL}{2} + (\frac{fL}{2H} + \Sigma C)W\right] \quad (4.19)$$

กำหนดให้ $$\mu_2 = \frac{fL}{2} + (\frac{fL}{2H} + \Sigma C)W \quad (4.20)$$

จะได้ $$W = (\mu_2 \rho)^{1/3} Q^{2/3} H^{-2/3} (2g_c \Delta P)^{-1/3} \quad (4.21)$$

ถ้า W คงที่ $$\Delta P = \frac{\rho Q^2}{2g_c H^3 W^2}\left[\frac{fL}{2} + (\frac{fL}{2W} + \Sigma C)H\right] \quad (4.22)$$

กำหนดให้ $$\mu_3 = \frac{fL}{2} + (\frac{fL}{2W} + \Sigma C)H \quad (4.23)$$

จะได้ $$H = (\mu_3 \rho)^{1/3} Q^{2/3} W^{-2/3} (2g_c \Delta P)^{-1/3} \quad (4.24)$$

3. <u>กรณีที่มีการกำหนด H และ W</u> ค่าของตัวแปรใดๆ ของท่อลมส่วนนี้จะคงที่ และไม่สามารถปรับแก้ค่าได้

ดังนั้นการแปลงรูปสมการฟังก์ชันประสงค์ของแต่ละส่วนย่อยจึงแยกออกเป็น 3 กรณี ตามข้อจำกัดของสถานที่ติดตั้งดังนี้

1. กรณีไม่มีข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่ติดตั้ง (r = 1) หรือ มีการจำกัดค่า r จะหาได้โดยการแทนสมการ (4.17) ลงในสมการ (4.12) ได้ดังนี้

$$E_1 = Z_1 \Delta P_1 + 2(r_1 + 1)(S_{r1} + Z_2 \Delta t_1)(\mu_1 \rho)^{0.2} Q_1^{0.4} (2g_c \Delta P_1)^{-0.2} L_1 \quad (4.25)$$

กำหนด $$K_1 = 2(r_1 + 1)(S_{r1} + Z_2 \Delta t_1)(\mu_1 \rho)^{0.2} Q_1^{0.4} (2g_c)^{-0.2} L_1 \quad (4.26)$$

จะได้ $$E_1 = Z_1 \Delta P_1 + K_1 \Delta P_1^{-0.2} \quad (4.27)$$

2. กรณีความสูงจำกัด จะหาได้โดยการแทนสมการ (4.21) ลงในสมการ (4.12) ดังนี้

$$E_2 = Z_1\Delta P_2 + 2(S_{r2} + Z_2\Delta t_2)\left(H_2 + (\mu_2\rho)^{1/3} Q_2^{2/3} H_2^{-2/3} (2g_c\Delta P_2)^{-1/3}\right)L_2 \qquad (4.28)$$

กำหนด $$K_2 = 2(S_{r2} + Z_2\Delta t_2)(\mu_2\rho)^{1/3} Q_2^{2/3} H_2^{-2/3} (2g_c)^{-1/3} L_2 \qquad (4.29)$$

จะได้ $$E_2 = Z_1\Delta P_2 + K_2\Delta P_2^{-1/3} + 2(S_{r2} + Z_2\Delta t_2)H_2L_2 \qquad (4.30)$$

3. กรณีความกว้างจำกัด จะหาได้โดยการแทนสมการ (4.24) ลงในสมการ (4.12) ดังนี้

$$E_3 = Z_1\Delta P_3 + 2(S_{r3} + Z_2\Delta t_3)\left(W_3 + (\mu_2\rho)^{1/3} Q_3^{2/3} W_3^{-2/3} (2g_c\Delta P_3)^{-1/3}\right)L_3 \qquad (4.31)$$

กำหนด $$K_3 = 2(S_{r3} + Z_2\Delta t_3)(\mu_2\rho)^{1/3} Q_3^{2/3} W_3^{-2/3} (2g_c)^{-1/3} L_3 \qquad (4.32)$$

จะได้ $$E_3 = Z_1\Delta P_3 + K_3\Delta P_3^{-1/3} + 2(S_{r3} + Z_2\Delta t_3)W_3L_3 \qquad (4.33)$$

จากการสังเกตุพบว่าสมการฟังก์ชันประสงค์ในกรณีต่างๆเหล่านี้สามารถเขียนในรูปทั่วไปได้เป็น

$$E_n = Z_1\Delta P_n + K_n\Delta P_n^{-\lambda_n} + X_n \qquad (4.34)$$

<u>การรวมระบบ (System Condensing)</u>

จากสมการ (4.34) พิจารณาท่อท่อนที่ i จะได้

$$E_i = Z_1\Delta P_i + K_i\Delta P_i^{-\lambda_i} + X_i \qquad (4.35)$$

พิจารณาท่อท่อนที่ j จะได้

$$E_j = Z_1\Delta P_j + K_j\Delta P_j^{-\lambda_j} + X_j \qquad (4.36)$$

พิจารณาระบบท่อ 2 ท่อนซึ่งประกอบกันแบบอนุกรมด้วยท่อ i และท่อ j ดังรูปที่ 3.1 ในบทที่ 3 จะได้สมการฟังก์ชันประสงค์ของระบบเป็น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$E_i + E_j = Z_1(\Delta P_i + \Delta P_j) + K_i \Delta P_i^{-\lambda_i} + K_j \Delta P_j^{-\lambda_j} + X_i + X_j \qquad (4.37)$$

Minimize ฟังก์ชันประสงค์ของระบบท่อ 2 ท่อน i-j นี้โดยเทียบกับ ΔP_i, ΔP_j ตามลำดับ จะได้

$$\frac{\partial (E_i + E_j)}{\partial (\Delta P_i)} = Z_1 - \lambda_i K_i \Delta P_i^{-\lambda_i - 1} = 0 \qquad (4.38)$$

$$\frac{\partial (E_i + E_j)}{\partial (\Delta P_j)} = Z_1 - \lambda_j K_j \Delta P_j^{-\lambda_j - 1} = 0 \qquad (4.39)$$

พิจารณาจากสมการ (4.38) และ (4.39) จะได้

$$\lambda_i K_i \Delta P_i^{-\lambda_i - 1} = \lambda_j K_j \Delta P_j^{-\lambda_j - 1} \qquad (4.40)$$

จัดรูปสมการใหม่ได้เป็น

$$\frac{\Delta P_j^{\lambda_j + 1}}{\Delta P_i^{\lambda_i + 1}} = \frac{\lambda_j K_j}{\lambda_i K_i} \qquad (4.41)$$

จากสมการ (4.41) หากพิจารณาท่อ i และ ท่อ j เป็นท่อที่มีข้อจำกัดเนื่องจากสถานที่ติดตั้งเหมือนกันแล้วจะได้ $\lambda_i = \lambda_j = \lambda$ ซึ่งจะทำให้สมการ (4.41) ลดรูปลงเป็น

$$\left(\frac{\Delta P_j}{\Delta P_i}\right)^{\lambda + 1} = \frac{K_j}{K_i} \qquad (4.42)$$

จัดรูปใหม่จะได้

$$\frac{\Delta P_j}{\Delta P_i} = \left(\frac{K_j}{K_i}\right)^{1/(\lambda + 1)} \qquad (4.43)$$

สมการนี้แสดงอัตราส่วนที่เหมาะสมของค่าความดันสูญเสียของระบบท่อ 2 ท่อน i-j ซึ่งต่อกันแบบอนุกรม และจากการพิจารณาความดันสูญเสียรวมของระบบท่อนี้จะได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\Delta P_{i-j} = \Delta P_i + \Delta P_j \tag{4.44}$$

แทนค่าในสมการ (4.43) ลงในสมการ (4.44) แล้วจัดรูปใหม่จะได้

$$\Delta P_i = \left(\frac{K_i^{1/(\lambda+1)}}{K_i^{1/(\lambda+1)} + K_j^{1/(\lambda+1)}} \right) \cdot \Delta P_{i-j} \tag{4.45}$$

และ

$$\Delta P_j = \left(\frac{K_j^{1/(\lambda+1)}}{K_i^{1/(\lambda+1)} + K_j^{1/(\lambda+1)}} \right) \cdot \Delta P_{i-j} \tag{4.46}$$

โดยกำหนดให้ $E_{esn} = K_n \Delta P_n^{-\lambda_n} + X_n$ เป็นค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นผลจากปริมาณพื้นที่ผิวของท่อลม ดังนั้นระบบท่อ 2 ท่อน i-j ใดๆที่มีข้อจำกัดเนื่องจากสถานที่ติดตั้งเหมือนกัน จะมีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้รวมเป็น

$$E_{esi-j} = E_{esi} + E_{esj} = K_i \Delta P_i^{-\lambda} + X_i + K_j \Delta P_j^{-\lambda} + X_j \tag{4.47}$$

แทนค่าจากสมการ (4.45) และ (4.46) ลงในสมการ (4.47) แล้วจัดรูปใหม่ได้

$$E_{esi-j} = \left(K_i^{1/(\lambda+1)} + K_j^{1/(\lambda+1)} \right)^{\lambda+1} \Delta P_{i-j}^{-\lambda} + X_i + X_j \tag{4.48}$$

สมมุติท่อ i-j เป็นท่อ 1 ท่อน ดังนั้นจะมีสมการแสดงค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นผลจากปริมาณพื้นที่ผิวของท่อลมเป็น

$$E_{esi-j} = K_{i-j} \Delta P_{i-j}^{-\lambda} + X_{i-j} \tag{4.49}$$

จากการพิจารณาเปรียบเทียบสมการ (4.48) และ (4.49) พบว่าระบบท่อ 2 ท่อนใดๆ ที่ต่อกันแบบอนุกรมสามารถที่จะแทนได้ด้วยท่อจินตภาพเพียงท่อนเดียวหากท่อจินตภาพนั้นมีค่า

$$K_{i-j} = \left(K_i^{1/(\lambda+1)} + K_j^{1/(\lambda+1)} \right)^{\lambda+1} \tag{4.50}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และ

$$X_{i-j} = X_i + X_j \tag{4.51}$$

พิจารณาระบบท่อ 2 ท่อน i-j ซึ่งต่อกันแบบขนานดังรูปที่ 3.2 ในบทที่ 3 จะมีความดันสูญเสียรวมของระบบท่อนี้เป็น

$$\Delta P_{i-j} = \Delta P_i = \Delta P_j \tag{4.52}$$

แทนค่าในสมการ (4.52) นี้ลงในสมการที่ (4.47) จะได้

$$E_{esi-j} = E_{esi} + E_{esj} = K_i \Delta P_{i-j}^{-\lambda} + X_i + K_j \Delta P_{i-j}^{-\lambda} + X_j$$

$$= (K_i + K_j)\Delta P_{i-j}^{-\lambda} + X_i + X_j \tag{4.53}$$

จากการพิจารณาเปรียบเทียบสมการ (4.53) และ (4.49) พบว่าระบบท่อ 2 ท่อนใดๆ ที่ต่อกันแบบขนานสามารถที่จะแทนได้ด้วยท่อจินตภาพเพียงท่อนเดียวหากท่อจินตภาพนั้นมีค่า

$$K_{i-j} = K_i + K_j \tag{4.54}$$

และ

$$X_{i-j} = X_i + X_j \tag{4.55}$$

พิจารณาในทำนองเดียวกันหากมีท่อ n ท่อนต่อกันแบบขนานจะได้สมการความสัมพันธ์ระหว่างท่อจินตภาพ กับระบบท่อเดิมเป็น

$$K_{1-n} = \sum_{i=1}^{n} K_i \tag{4.56}$$

และ

$$X_{1-n} = \sum_{i=1}^{n} X_i \tag{4.57}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16057912.

พิจารณาระบบท่อ 3 ท่อน i-j-k ต่อกันเป็นรูปตัวทีโดย i ต่อกับ j แบบขนาน จากนั้นจึงไปต่ออนุกรมกับ k ดังรูปที่ 3.3 ในบทที่ 3

สามารถที่หาท่อจินตภาพของระบบนี้ได้ โดยการรวมท่อขนาน i-j ก่อนได้ความสัมพันธ์ (4.54) จากนั้นจึงนำไปรวมกับท่อ k แบบอนุกรมตามความสัมพันธ์ (4.50) ได้เป็น

$$K_{i-k} = \left((K_i + K_j)^{1/(\lambda+1)} + K_k^{1/(\lambda+1)}\right)^{\lambda+1} \qquad (4.58)$$

พิจารณาระบบท่อประกอบด้วยท่อ o ท่อน ซึ่งมีท่อแยกเท่ากับ n ท่อ และมีท่อรวมท่อเป็นท่อ o เพียงท่อเดียว สามารถพิจารณาในทำนองเดียวกันได้สมการความสัมพันธ์เป็น

$$K_{i-o} = \left(\left(\sum_{i=1}^{n} K_i\right)^{1/(\lambda+1)} + K_o^{1/(\lambda+1)}\right)^{\lambda+1} \qquad (4.59)$$

และจากสมการที่ (4.59) นี้สามารถที่จะนำไปใช้ในการยุบระบบท่อที่มีกิ่งก้านสาขามากๆ ลงเป็นท่อจินตภาพเพียงท่อนเดียวได้ โดยจะเริ่มทำการยุบจากท่อปลายทางเข้ามาหาต้นทาง ดังนั้น หากทำการยุบระบบท่อ n ท่อน เป็นท่อจินตภาพเพียงท่อนเดียวแล้ว ท่อจินตภาพที่ได้จะมีสมการฟังก์ชันประสงค์เป็น

$$E = Z_1 P_{fan} + K_{1-n} P_{fan}^{-\lambda_n} + X_{1-n} \qquad (4.60)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>การหาขนาดของอุปกรณ์ส่งลมที่เหมาะสม (Fan selection)</u>

เมื่อได้สมการ (4.60) ซึ่งเป็นสมการแสดงระบบรวมแล้ว ก็จะสามารถเลือกความดันที่เหมาะสมสำหรับพัดลมที่จะใช้กับระบบท่อนี้ได้ โดยการ Minimize สมการ (4.60) นี้เทียบกับค่า P_{fan} ได้ดังนี้

$$\frac{\partial E}{\partial P_{fan}} = Z_1 - \lambda K_{1-n} P_{fan}^{-\lambda-1} = 0 \qquad (4.61)$$

$$P_{fan}^{opt} = \left(\frac{\lambda K_{1\text{-}n}}{Z_1} \right)^{1/(\lambda+1)} + \Delta P z_{max} \qquad (4.62)$$

โดยที่ $\Delta P z_{max}$ คือค่าความดันสูญเสียซึ่งเกิดจากการที่อากาศไหลผ่านอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ภายในระบบท่อ เช่นแผงกรองอากาศ เป็นต้น และจะไม่มีผลต่อการแปรเปลี่ยนของค่าความดันเหมาะสมในสมการนี้

<u>การกระจายระบบ (System expansion)</u>

พิจารณาระบบท่อที่ต่อกันแบบอนุกรมก่อนการทำ System Condensing และเพื่อป้องกันความสับสนในที่นี้จะแทนท่อจินตภาพ, ท่อต้นทาง, และ ท่อปลายทาง ด้วยตัวห้อย root, up, และ down ตามลำดับ

จากสมการที่ (4.50) จะได้

$$K_{root} = \left(K_{up}^{1/(\lambda+1)} + K_{down}^{1/(\lambda+1)} \right)^{\lambda+1} \qquad (4.63)$$

จัดรูปใหม่ได้

$$K_{down} = \left(K_{root}^{1/(\lambda+1)} - K_{up}^{1/(\lambda+1)} \right)^{\lambda+1} \qquad (4.64)$$

โดยการกระจายค่าความดันที่เหมาะสมจะต้องเป็นไปตามสมการที่ (4.43) ดังนี้

$$\frac{\Delta P_{up}}{\Delta P_{down}} = \left(\frac{K_{up}}{K_{down}} \right)^{1/(\lambda+1)} \qquad (4.65)$$

แทนค่าจากสมการ (4.64) ลงในสมการ (4.65) จะได้

$$\frac{\Delta P_{up}}{\Delta P_{down}} = \frac{K_{up}^{1/(\lambda+1)}}{K_{root}^{1/(\lambda+1)} - K_{up}^{1/(\lambda+1)}} \qquad (4.66)$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากเงื่อนไขของระบบท่อที่ต่อกันแบบอนุกรม

$$\Delta P_{root} = \Delta P_{up} + \Delta P_{down} \tag{4.67}$$

แทนค่าจากสมการ (4.66) ลงในสมการ (4.67) แล้วจัดรูปใหม่ จะได้

$$\frac{\Delta P_{up}}{\Delta P_{root}} = \left(\frac{K_{up}}{K_{root}}\right)^{1/(\lambda+1)} \tag{4.68}$$

กำหนดให้

$$T_{up} = \left(\frac{K_{up}}{K_{root}}\right)^{1/(\lambda+1)} \tag{4.69}$$

ดังนั้นจึงสามารถหาค่า ΔP_{up} ได้จากสมการ (4.68) และสมการ(4.69) เป็น

$$\Delta P_{up} = T_{up}\Delta P_{root} \tag{4.70}$$

และสามารถหาค่า ΔP_{down} ได้จากสมการ (4.67) เป็น

$$\Delta P_{down} = \Delta P_{root} - \Delta P_{up} \tag{4.71}$$

พิจารณาระบบท่อลมที่ต่อกันแบบขนานก่อนการรวมระบบ โดยการแทนท่อจินตภาพและท่อขนานด้วยตัวห้อย root, และ br ตามลำดับ พบว่าท่อขนาน n ท่อใดๆ เมื่อนำมาหาท่อจินตภาพแล้ว การกระจายค่าความดันสูญเสียที่เหมาะสม จะต้องได้ค่าความดันสูญเสียของท่อจินตภาพ และท่อขนานมีค่าเท่ากันทุกท่อน ดังสมการ

$$\Delta P_{root} = \Delta P_{br1} = \Delta P_{br2} = \ldots = \Delta P_{brn} \tag{4.72}$$

โดยการใช้สมการ (4.70) ถึงสมการ (4.72) จะสามารถกระจายค่าความดันสูญเสียรวมออกสู่ระบบเดิมอย่างเหมาะสม

เมื่อได้ค่าความดันสูญเสียของท่อในแต่ละท่อนแล้ว สามารถที่จะหาค่าของขนาดของท่อที่จะก่อให้เกิดค่าการกระจายความดันที่เหมาะสม แยกตามกรณีได้ดังนี้

1. ท่อที่พิจารณาไม่มีข้อจำกัดในเรื่องสถานที่ติดตั้ง ($r = 1$) หรือมีการจำกัดค่า r จะหาค่า W ได้โดยการแทนค่าความดันสูญเสียที่ได้ลงในสมการ (4.17) แล้วจึงทำการหาค่า H จากสมการ $H = rW$

2. ท่อที่มีการจำกัดค่าความสูง สามารถหาค่า W ได้โดยการแทนค่าความดันสูญเสียที่ได้ลงในสมการ (4.21)

3. ท่อที่มีการจำกัดค่าความกว้าง สามารถหาค่า H ได้โดยการแทนค่าความดันสูญเสียที่ได้ลงในสมการ (4.24)

สำหรับการพิจารณาเงื่อนไขบังคับอื่นๆ ในการออกแบบจะเป็นไปในทำนองเดียวกันกับแนวทางเดิม (ในบทที่ 3) ซึ่งสามารถที่จะใช้สมการต่างๆ ที่ได้จากการพิจารณาในบทที่ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย