หลักอากาศพลศาสตร์ขั้นมูลฐาน

(BASIC PRINCIPLES OF AERODYNAMICS)

3.1 กล่าวทั่วไป

ก. อากาศพลศาสตร์ เป็นพลศาสตร์ สาขาหนึ่งซึ่งว่าด้วยการเคลื่อนที่ของอากาศและแก๊สอื่น ๆ หรือที่เกี่ยวข้องกับแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่อเทหวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ผ่านไปในอากาศ (หรือแก๊สอื่น ๆ) แต่ความจริงแล้ว อากาศพลศาสตร์นี้จะเกี่ยวข้องกับวัตถุ (หมายถึง อากาศยาน)

ข. เพื่อที่จะให้การศึกษาได้เริ่มต้นจากง่ายไปหายากนั้น ในบทนี้จะได้กล่าวทบทวนถึงกฎการเคลื่อนที่เบื้องต้น ,การไหลของ ของเหลว กับเรื่องบรรดาแรงต่าง ๆ ที่กระทำต่ออากาศยาน , รวมทั้งรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องปริมาณสกาลา และยังจัดหาเครื่องมือ ประกอบคำอธิบาย เพื่อช่วยให้ง่ายขึ้นอีก

3.2 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (NEWTON'S LAW OF MOTION)

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันทั้งสามข้อที่กล่าวถึง ได้แก่ แรงเฉื่อย (INERTIA) อัตราเร่ง (ACCELERATION) กับแรงกระทำแรงโต้ตอบ (ACTION – REACTION) กฎทั้งสามข้อนี้ได้นำมาใช้ในการบินของเครื่องบินทั้งปวง การเรียนรู้เกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่นี้ย่อมจะทำให้นักบิน มีความเข้าใจในเรื่องอากาศพลศาสตร์ที่จะกล่าวในบทต่อไปได้ดีขึ้น

ก. กฎข้อที่หนึ่ง ว่าด้วยแรงเฉื่อย กล่าวว่า เทหวัตถุที่อยู่กับที่ก็จะอยู่ในสภาวะนั้นไปเรื่อยไป และเทหวัตถุ ที่อยู่ในสภาสะการเคลื่อนที่ ก็จะเคลื่อนที่ตรงไปด้วยความเร็วเท่าเดิม ยกเว้นจะได้รับการกระทำจากแรงยกภายนอกเท่านั้น ไม่มีข้อใดในโลกที่จะเริ่มต้นหรือหยุดการเคลื่อนที่ โดยไม่มีแรงจากภายนอกมาเกี่ยวข้อง หรือมาต่อต้านให้หยุดการเคลื่อนที่ ด้วยเหตุผลอันนี้เทหวัตถุจะมีแรงที่จะพยายาม จะต้านทานการเปลี่ยนภาวะของมันซึ่งเรียกว่า "แรงเฉื่อย"

ข. กฎข้อที่สองเกี่ยวกับอัตราเร่ง ยืนยันว่าแรงที่ต้องการมาทำให้การเคลื่อนที่ ของเทหวัตถุเปลี่ยนไปจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลของเทหวัตถุ และอัตราการเปลี่ยนความเร็วของเทหวัตถุนั้นอัตราเร่งนั้นอาจเนื่องมาจากความเร็วเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ ถึงแม้ว่าอัตราเร็วลดจะเป็นสิ่งชี้บอกถึงการที่ความเร็วลดลงก็ตาม

ค. กฎข้อที่สาม เกี่ยวกับแรงกระทำ – แรงโต้ตอบแถลงว่า การออกแรงทุกอย่างย่อมจะมีแรงตอบเกิดขึ้นในทิศทางตรงข้ามเป็นจำนวนเท่ากัน ถ้าเทหวัตถุสองอย่างออกแรงกระทบซึ่งกันและกันในทิศทางตรงข้าม แรงที่เกิดขึ้นในทางตรงข้ามก็จะเท่ากัน

3.3 การไหลของ ของไหลและการวัดความเร็วในอากาศ (FLUID FLOW AND AIRSPEED MEASUREMENT)

ก. หลักการของเบอร์โนลี่ (BERNOULLI' S PRINCIPLE)

1. ดาเนี่ยล เบอร์โนลี่ นักคณิตศาสตร์ชาวสวิสเซอร์แลนด์คนหนึ่งได้กล่าวถึงหลักการที่ว่าด้วยความสัมพันธ์ระหว่างความกดดันกับความเร็วภายในของเหลว หลักการของเขานั้นได้เน้นถึงความสำคัญในการรักษากำลังงานซึ่งอย่างน้อยเป็นส่วนที่จะให้เราทราบว่าทำไมแพนอากาศจึงทำให้เกิดแรงทางอากาศพลศาสตร์ได้

2. แรงทั้งหมดที่มากระทำต่อพื้นผิวในบริเวณที่มีการไหลของอากาศยานนั้นผลลัพท์ที่เกิดขึ้น คือ ความกดหรือความเสียดทานต่อแผ่นผิว แรงที่เกิดจากการเสียดทานของพื้นผิวนี้เป็นผลลัพท์ของความหนืดและถูกกดด้วยชั้นอากาศที่บางที่สุดใกล้แผ่นผิว ซึ่งตามปกติแล้วก็ไม่มีความสำคัญมากนัก

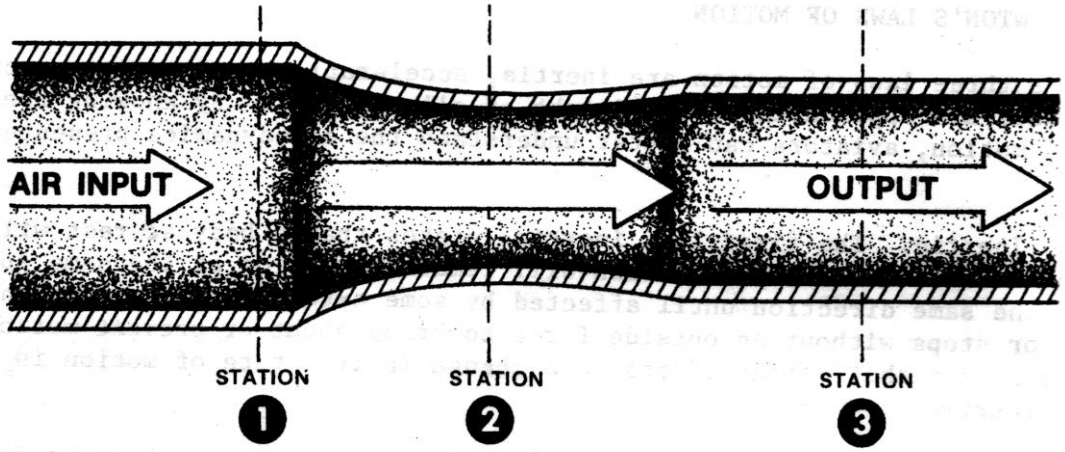
3. เครื่องที่จะช่วยให้สามารถมองเห็นถึงปรากฏการณ์ที่เกิดกับความกด ในขณะที่อากาศไหลผ่านไปบนพื้นผิวของแพนอากาศ คือ การที่ของเหลวไหลผ่านท่อคอตีบ (ภาพที่ 3 – 1) หลักการพิทักษ์รักษามวลสารได้กล่าวไว้ว่า มวลของสารใดๆ จะไม่เพิ่มขึ้นหรือถูกทำลาย ดังนั้นปริมาณเข้าไปในท่อเท่าไรก็จะออกจากท่อเท่าๆ กัน ถ้าการไหลผ่านท่อนั้นไม่มีทั้งการเพิ่มหรือลดความเร็วแล้ว มวลการไหลต่อหน่วยเวลาที่สถานีที่ 1 จะต้องเท่ากับมวลการไหลต่อหน่วยเวลาที่สถานีที่ 2 และสถานีที่ 3 ตามลำดับ มวลการไหลต่อหน่วยเวลานี้เรียกว่า อัตราการไหลของมวล (MASS FLOW RATE) และอาจคำนวณหาได้จากสมการดังต่อไปนี้

อัตราการไหลของมวล $= \rho VA$ (3.1)

ในเมื่อ ρ(RHO) = ความแน่น (ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว)

A = พื้นที่ตอนที่กำลังไหลผ่าน

V = ความเร็วในการไหล(ตอนที่ปัญหาต้องการ)

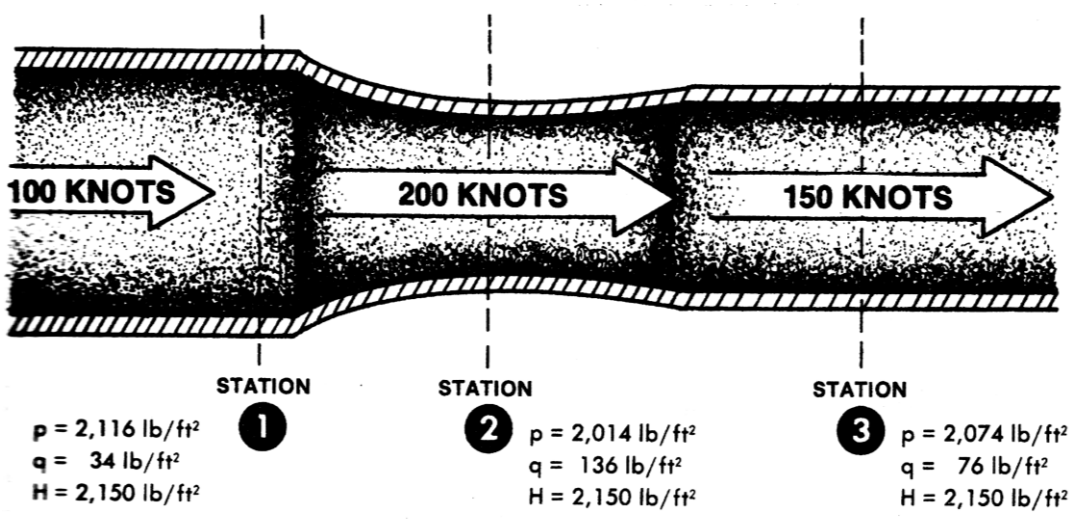


ภาพที่ 3 – 1 การไหลผ่านท่อคอตีบ

4. สมการเกี่ยวกับการไหลของมวลอาจจะง่ายมากสำหรับย่านความเร็วต่ำกว่าความเร็วของเสียง เพราะค่าความแน่นของอากาศเปลี่ยนแปลงน้อยมาก จึงไม่สำคัญมากนัก แต่ถ้ามีการคำนวณแล้วก็จะได้ค่าที่ถูกต้องที่สุด เมื่อบินด้วยความเร็วน้อยนั้น การเปลี่ยนแปลงความกดและความแน่นก็จะน้อยสัมพันธ์ไปด้วย การไหลของอากาศที่อยู่ในลักษณะไม่ยืดหยุ่นเพราะว่าอากาศ อาจจะเปลี่ยนแปลงแต่ความกด โดยมีความแน่นไม่เปลี่ยนแปลงก็ได้ สภาพของการไหลเช่นนี้ ก็คล้ายกับการไหลของน้ำไฮดรอลิค หรือ ของเหลวอื่นที่ไม่มีการยืดหยุ่นตัว ฉะนั้นสมการจึงอาจเขียนถึงรายละเอียดของการไหลตลอดทุก ๆ สถานีที่แสดงไว้ในภาพที่ 3-1 ซึ่งจะอยู่ในรูปดังนี้คือ

$$A_1 V_1 = A_2 V_2 = A_3 V_3 \qquad (3.2)$$

สมการข้างบนนี้แสดงให้เห็นว่าจุดสองจุดภายในท่อนั้นความเร็วผันแปลตรงข้ามกับพื้นที่ ฉะนั้นถ้า A_1 โตกว่า A_2 ดังเช่นในภาพที่ 3 – 1 นั้น V_2 ก็ต้องมากกว่า V_1 ผลที่ได้รับจากท่อคอตีบนี้เป็นหลักการที่นำมาอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์เช่นนี้ คือ ของไหล จะไหลด้วยความเร็วมากขึ้น เมื่อผ่านบริเวณที่แคบกว่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ที่เล็กลง ในภาพที่ 3 – 2 นั้น แสดงถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น เมื่อของเหลวไหลผ่านท่อคอตีบ คำอธิบายเกี่ยวกับการไหลที่มีการหยุ่นตัว และผลของมันจะได้กล่าวในบทต่อไป



ภาพที่ 3 – 2 การเปลี่ยนแปลงความกดกับความเร็วและความกดกับพื้นที่

5. กำลังงานรวมภายในระบบที่ปิดมิดชิดจะไม่เปลี่ยนแปลง แต่รูปของกำลังงานอาจเปลี่ยนแปลงได้ ความกดของอากาศที่กำลังไหลก็เหมือนกับกำลังงาน คือ ความกดรวมของอากาศที่กำลังไหลจะคงที่ตลอดไป เว้นแต่จะเพิ่มกำลังงานเข้าไปหรือนำเอากำลังงานออกจากการไหลนั้น จากตัวอย่างในภาพที่ 3 – 1 กับ 3 – 2 นั้น ไม่มีการเพิ่มหรือลดกำลังงาน ฉะนั้นความดันรวมจึงคงที่

6. ความกดที่เกิดจากการไหลจะทำให้เกิดความกดประกอบขึ้น คือ ความกดสถิตย์ (STATIC PRESSURE) กับความกดไดนามิค (DYNAMIC PRESSURE) ความกดสถิตย์ (STATIC PRESSURE) นั้นเป็นความกดที่สามารถวัดได้โดยเอาแอนนีรอยด์ (ANEROID) วางไว้ในการไหลแต่ไม่เคลื่อนที่ไปกับการไหลในขณะที่ทำการวัดส่วนความกดไดนามิคของการไหลนั้น เป็นส่วนประกอบของความกดรวมอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของอากาศจึงเป็นการยากที่จะวัดโดยตรง แต่ท่อปิโตสะแตติคทำการวัดได้โดยตรง ผลบวกของความกดทั้งสอนนี้เป็นความกดรวม และจะถูกวัดโดยตรง โดยการปล่อยให้ไหลไปอัดเข้ากับท่อปลายเปิดซึ่งมีท่อระบายเข้าไปยังแอนนีรอยด์ รายละเอียดของสมการของผลรวมของความกดเหล่านี้เขียนได้ดังนี้

$$H = P + q$$

ในเมื่อ H = ความกดรวม (TOTOL PRESSURE)

P = ความกดสถิตย์ (STATIC PRESSURE)

q = ความกดไดนามิค (DYNAMIC PRESSURE)

$$q = \tfrac{1}{2} PV^2$$

ฉะนั้น
$$H = P + \tfrac{1}{2} PV^2 \qquad (3.3)$$

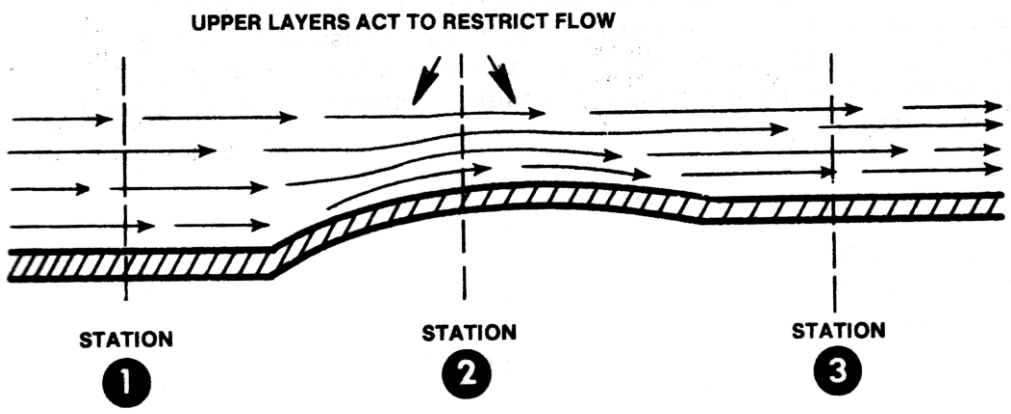
สมการข้างบนนี้เป็นสมการที่ไม่สามารถยืดหยุ่นได้หรือเป็นสมการของเบอร์โนลี่ ในรูปแบบของความเร็วต่ำ ฉะนั้นการเขียนสมการเพื่อแสดงว่า ความกดรวม (H) ที่ปรากฏตามภาพที่ 3 – 2 จะคงที่ทุกสถานีนั้น สมการจะอยู่ในรูปดังนี้

$$H_1 = H_2 = H_3$$

หรือ

$$P_1 + \tfrac{1}{2} PV^2_1 = P_2 + \tfrac{1}{2} PV^2_2 = P_3 + \tfrac{1}{2} PV^2_3$$

7. การผันแปรของความกดและอัตราเร็วกับพื้นที่นั้นอาจเห็นได้จากภาพที่ 3 – 2 ขอให้จำไว้ว่าความกดสถิตจะลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ลองพิจารณาดูเพียงครึ่งหนึ่งของท่อคอตีบดังที่เห็นในภาพที่ 3 – 3 ต่อไปให้สังเกตดูว่าบริเวณท่อที่เล็กลงที่สถานีที่ 2 นั้น เป็นเสมือนหนึ่งพื้นผิวด้านบนของแพนอากาศ ถึงแม้ว่าจะตัดส่วนบนออกไปแล้วก็ตาม อากาศก็ยังเพิ่มความเร็วขึ้นตรงบริเวณโค้งขึ้นด้านบนของส่วนล่างของท่อคอตีบอยู่นั่นเอง หลักการข้อนี้เป็นความจริงเพราะว่าชั้นการไหลของอากาศ จะกระทำกับบริเวณท่อที่แคบลงเช่นเดียวกันกับที่เคยกระทำกับส่วนบนของท่อ ด้วยเหตุผลนี้จึงแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความเร็วขึ้นนั้นเป็นสาเหตุทำให้ความกดสถิตย์ตรงบริเวณส่วนโค้งของท่อลดลง แรงที่เกิดจากความกดที่ไม่เท่ากันนี้ ก็เกิดขึ้นจากการผันแปรของความกดสถิตกับความกดไดนามิคบนส่วนโค้งของพื้นผิวอันนี้



ภาพที่ 3 – 3 การไหลในท่อเวนจูรี่

ข. การวัดความเร็วในอากาศ (AIRSPEED MEASUREMENT) หรือเครื่องวัดเร็ว (AIRSPEED INDICATOR)

1. การใช้สมการของเบอร์โนลี่หาค่าของความกดไดนามิคนั้น จะอยู่ในรูปสมการดังนี้

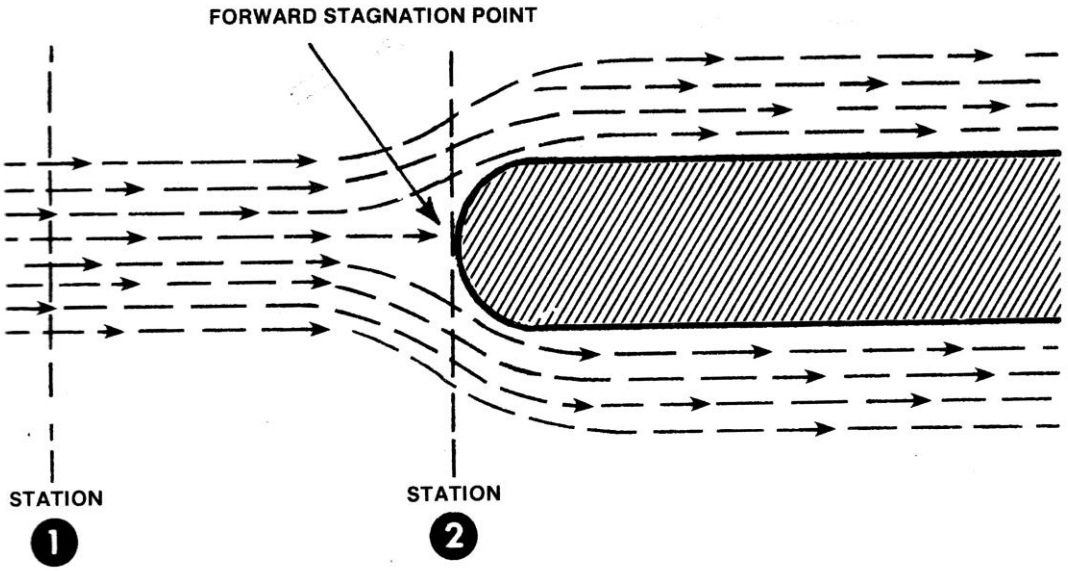
$$q = H - P$$

สมการนี้เป็นหลักการขั้นต้นในการสร้างเครื่องวัดเร็ว และระบบท่อปิโตสแตติค ที่ใช้ในการวัดความเร็ว ซึ่งจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป

ก. ในภาพที่ 3 - 4 เป็นภาพของวัตถุที่มีรูปร่างได้สัดส่วนวางไว้ในกระแสอากาศ ที่กำลังไหลผ่าน กระแสอากาศที่ไหลผ่านก็จะปรากฏให้เห็นตามเส้นประในภาพกระแสอากาศในบริเวณด้านหน้าของวัตถุ (บริเวณสถานีที่ 1) จะมีความกดรวมคงที่ เนื่องจากความเร็ว , ความแน่นและความกดสถิตของกระแสอากาศ ส่วนตรงบริเวณที่กระแสอากาศปะทะกับวัตถุคือตำแหน่งที่ 2 นั้น ความเร็วสัมพันธ์ ของกระแสอากาศจะลดลงเป็นศูนย์ และจุดนี้จึงเป็นจุดความเร็วเป็นศูนย์ เมื่อความกดสถิตเพิ่มขณะที่ความเร็วลดลงนั้นความกดสถิตตรงจุดความเร็วศูนย์นั้นก็จะต้องเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเท่ากับความกดรวมของกระแสอากาศ เพราะตรงนั้นไม่มีความเร็ว ก็ต้องไม่มีความกดไดนามิคด้วย ดังนั้นความกดสถิตย์ (STATIC PRESSURE) จึงเท่ากับความกดรวมของกระแสอากาศ

ข. จากสมการที่ 3.5 นั้น ความกดไดนามิคหาได้โดยเอาความกดสถิตย์ ลบออกจากความกดรวมของกระแสอากาศ ซึ่งวิธีนี้แหละเป็นหลักการของระบบท่อปิโตสแตติคที่นำไปวัดค่าความกดไดนามิค

ค. ถ้าจะวัดความกดตรงบริเวณที่ความเร็วเป็นศูนย์ (STAGNATION POINT) ของวัตถุนั้น ตามที่เห็นในภาพที่ 3 – 5 แล้ว เครื่องวัดก็จะได้รับความกดรวมของกระแสอากาศ ความกดสถิตบริเวณจุดที่ 1 (P_1) นั้น เป็นความกดของกระแสอากาศที่อยู่ในบริเวณจุดที่ 1 ที่มีค่าเท่ากันกับความกดของบรรยากาศที่ความสูงนั้นๆ ความกดตรงนี้ถ้าจะวัดก็ต้องวัดให้ตั้งได้ฉากกับ กระแสการไหล ท่อที่ยอมให้ความกดเข้าไปนั้นจะต้องออกแบบมาโดยไม่ยอมให้มีความกดไดนามิคผ่านเข้าไปได้โดยเด็ดขาด เพราะจะไปทำให้ความกดสถิตเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในขณะที่ไหลผ่านท่อทางเข้าของความกดสถิตย์ จะต้องเท่ากันกับความเร็วของกระแสอากาศที่อยู่บริเวณจุดที่ 1 (V_1)



ภาพที่ 3 – 4 รูปการไหลของกระแสอากาศ

ถ้าความเร็วตรงท่อทางเข้านี้เพิ่มขึ้นมากกว่าความเร็วในบริเวณที่ 1 แล้ว ความกดสถิตย์ก็จะน้อยกว่าความกดของบรรยากาศที่แท้จริงของกระแสอากาศ (ตามสมการของเบอร์โนลี่ ที่ 3.5) ฉะนั้นตำแหน่งที่ติดตั้งของท่อสแตติคนี้จึงมีความสำคัญมาก บางทีก็ติดตั้งไว้ด้านข้างของท่อปิโต หรือบางทีก็ติดตั้งไว้ข้างๆ ลำตัว แต่ไม่ว่ามันจะติดตั้งไว้ที่ใดก็ตาม ความเร็วที่ผ่านเข้าไปในท่อทางนี้ จะต้องเป็นความเร็วของกระแสอิสระหรือเป็นความเร็วจริงๆ วิธีการนี้ก็มิใช่ว่าจะเสร็จสิ้นสมบูรณ์ มักจะมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นเสมออันเนื่องมาจากตำแหน่งที่ติดตั้งของท่อสแตติค ซึ่งเรียกว่า การผิดพลาดจากที่ติดตั้ง (POSITION ERROR) ข้อผิดพลาดอันนี้ คือ ผลต่างระหว่างความเร็วที่เครื่องวัดชี้ กับความเร็วที่รับการปรับเรียบร้อยแล้ว แต่ก็สามารถแก้ไขได้ โดยการใช้แผนผังการแก้ไขของคู่มือปฏิบัติการของอากาศยาน

ง. เครื่องวัดเร็ว (AIRSPEED INDICATOR) จะรับเอาความกดรวมของท่อปิโตกับรับความกดสถิตของกระแสอิสระมาจากท่อทางเข้าของความกดสถิตย์ ในเมื่อเครื่องวัดความเร็วเป็นเครื่องมือวัดความดันต่างๆ แล้ว มันจะชี้บอกเป็นผลต่างของความดันทั้งสอง (เป็นความกดไดนามิค) ออกมาทางหน้าปัทม์ ซึ่งได้กำหนดไว้เป็นนอตหรือเป็นไมล์ต่อชั่วโมง

จ. ตอนทำการปรับเครื่องวัดเร็วนั้น ปรับที่สภาพอากาศที่เป็นมาตรฐานที่ระดับน้ำทะเลกลาง ถ้าไม่ระมัดระวังเกี่ยวกับข้อผิดพลาดจากการติดตั้งให้ดีแล้ว ความเร็วที่

เครื่องวัดชี้จะเท่ากับ ความเร็วจริง (TRUE AIRSPEED) ที่ระดับน้ำทะเลในการบินที่มิได้มีการยืดหยุ่น

2. ที่ระยะสูงขึ้นไป ความแน่นของอากาศจะน้อยกว่าความแน่นที่ระดับน้ำทะเล จะทำให้ความเร็วที่เครื่องวัดน้อยกว่าความเร็วที่แท้จริงของอากาศยาน (TRUE AIRSPEED) หลักการข้อนี้เป็นความจริงเพราะว่า ความเร็วที่เครื่องวัดชี้นั้นเป็นความกดดันไดนามิคที่แท้จริง (คือ $\frac{1}{2} PV^2$) แต่ความเร็วจริงนั้นเท่ากับ V ในขณะที่ความสูงเพิ่มขึ้นนั้นความแน่นลดลง ความเร็วที่เครื่องวัดชี้จะน้อยลง ขณะที่ความเร็วจริงๆ ยังคงที่อยู่ ฉะนั้นจึงมีสูตรความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่เครื่องวัดชี้กับความเร็วจริง ซึ่งเกี่ยวข้องกับอัตราส่วนของความแน่นของอากาศที่ระยะสูงกับความแน่น ของอากาศที่ระดับน้ำทะเล (เฉพาะการไหลที่ไม่มีการหยุ่นตัวเท่านั้น)

สิ่งที่สำคัญที่ควรจดจำไว้ คือ สิ่งที่ทำให้เกิดการแตกต่างกันระหว่าง ความเร็วที่เครื่องวัดชี้ (IAS) กับความเร็วจริงนั้น <u>คือความแน่น (DENSITY)</u> ฉะนั้นอากาศยานที่กำลังบินไต่ด้วยความเร็วอย่างสม่ำเสมอ (อ่านความเร็วจากเครื่องวัด) นั้น ความเร็วที่แท้จริงของอากาศยานอาจจะมากกว่าที่อ่านจากเครื่องวัดก็ได้เพราะความแน่นของอากาศลดลงนั่นเอง

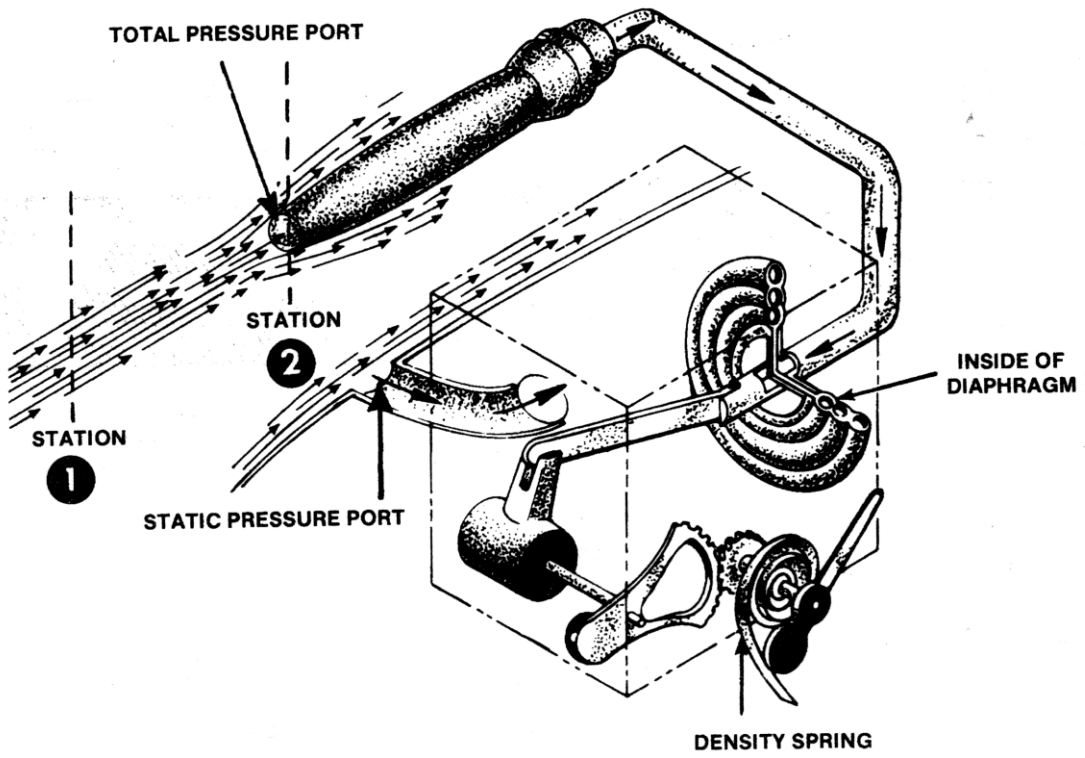
สมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่อ่านจากเครื่องวัดกับความเร็วจริง จะอยู่ในรูปสมการดังนี้

$$TAS = \frac{IAS}{\sqrt{Ó}}$$

ρ = ความแน่นของอากาศที่ระยะสูง

ρ_o = ความแน่นของอากาศที่ระดับน้ำทะเล

$$Ó = \frac{\rho}{\rho_o}$$



ภาพที่ 3 - 5 การวัดความกดอากาศ ณ จุดที่ความเร็วเป็นศูนย์