บทที่ 7

การปรับสเกล (CALIBRATION)

การปรับเทียบสเกลของเครื่องมือวัดความเร็วเป็นการหาความสัมพันธ์ของ เอาท์พุท ที่ได้จากเครื่องวัดกับค่าความเร็วเฉลี่ยจริง ๆ ที่เกิดขึ้นในขณะนั้นภายใต้สภาวะควบคุมที่กำหนด (8) การปรับเทียบสเกลถือว่าเป็นขั้นตอนสำคัญในระบบของเครื่องมือวัดที่จะขาดเสียมิได้ หลักของการปรับเทียบเครื่องวัดความเร็วทั่ว ๆ ไปจะนำเครื่องมือวัดที่ต้องการปรับเทียบไปวัดค่าความเร็วที่สามารถทราบค่าที่แน่นอนมาก่อนนี้แล้วในกระแสอากาศที่สามารถปรับค่าความเร็วได้อย่างต่อเนื่องในช่วงที่ต้องการ แล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดที่ต้องการปรับเทียบสเกลกับค่าความเร็วจริงซึ่งได้จากเครื่องมือวัดความเร็วที่ใช้อ้างอิงในการปรับเทียบ เครื่องมือวัดความเร็วที่มักจะใช้อ้างอิง สำหรับการปรับเทียบนี้ มักจะเป็นเครื่องวัดความดันเนื่องจากความเร็ว (DYNAMIC HEAD) หรือ ไพท็อท สแตติค ทิ้ว แบบมาตราฐานอันใดอันหนึ่ง เนื่องจากมีข้อได้เปรียบที่พิเศษมากคือไม่ต้องทำการปรับเทียบสเกล เพียงแต่ต้องดูแลเอาใจใส่กับความสะอาด และการเก็บรักษาที่ถูกต้องก็เพียงพอแล้ว เนื่องจากเราต้องการทราบความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัด กับความเร็วอากาศจริง ดังนั้นวิธีการปรับเทียบเครื่องวัดความเร็วนี้จึงสามารถทำได้ 2 วิธี คือ การเคลื่อนหัววัดความเร็วผ่านอากาศนิ่ง และการทำให้อากาศเคลื่อนที่ผ่านหัววัดความเร็วที่ติดตั้งอยู่กับที่ โดยแต่ละวิธีการมีความเหมาะสม และความเป็นไปได้ที่แตกต่างกัน

7.1 การเคลื่อนที่หัววัดความเร็วผ่านอากาศ

มีวิธีการทำเพื่อใช้งานจริงได้ 2 วิธี คือ ใช้แขนหมุน (WHIRLING ARM) และแบบเคลื่อนที่ในแนวตรง (RECTILINEAR)

7.1.1 แบบแขนหมุน จะติดหัววัดความเร็วไว้ที่ปลายแขน แล้วให้แขนนี้หมุนรอบจุดหมุนคงที่จุดหนึ่งตัวหัววัดที่อยู่ที่ปลายแขนก็จะเคลื่อนที่เป็นวงกลม การทำเช่นนี้จะมีความเชื่อถือได้ในการวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ แต่จะมีปัญหาทางกลไก (MECHINE) การสั่นสะเทือน และเสถียรภาพของระบบ ความเร็วอากาศที่ได้ต่ำกว่าความเร็วการเคลื่อนที่ของปลายแขนประมาณ 20 เปอร์เซ็น

7.1.2 แบบเคลื่อนหัววัดในแนวตรง ทำได้โดยการวางแท่นหัววัดบนรางตรง มีการรองรับที่ดีจะทำให้ได้ค่าความเร็วที่เชื่อถือได้ แต่จะเกิดปัญหาทางกล (MECHINE) เกี่ยวกับการ

การสั่นสะเทือน และความเสถียรของระบบ การทำเช่นนี้จะไม่เกิดความแตกต่างระหว่างความเร็วเคลื่อนที่กับความเร็วอากาศที่ต้องการ แต่เหมาะกับท่อที่ไม่ยาวมากนักจึงเหมาะกับเครื่องวัดที่มีค่าคงที่เวลา (TIME CONSTANT) ต่ำ ๆ เท่านั้น

7.2 การเคลื่อนที่อากาศผ่านหัววัดความเร็ว

ทำได้โดยใช้พัดลมเป่าหรือดูดอากาศผ่านท่อที่ควบคุมสภาวะการไหล หรือที่รู้จักทั่ว ๆ ไปในชื่อของอุโมงค์ลม ซึ่งจะมีสองแบบด้วยกันได้แก่ แบบการไหลเป็นลามินา (LAMINAR FLOW) และแบบเทอบิวเลน (TURBULENT FLOW)

7.1.2 อุโมงค์ลมแบบ ลามินาร์ การออกแบบอุโมงค์แบบนี้จะควบคุม หรือจำกัดค่า Re ไม่ให้เกิน 2,000 ดังนั้นถ้ากำหนดสภาวะของอากาศแล้วค่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่โตที่สุดที่ใช้ได้จะขึ้นอยู่กับค่าความเร็วที่ต้องการ เนื่องจากท่อมีขนาดเล็กจึงเหมาะกับหัววัดความเร็วที่มีขนาดเล็กมาก ๆ เท่านั้น ปรกติแล้วอุโมงค์นี้จะมีความเที่ยงตรงสูงมาก เมื่อค่าอัตราการไหลจะวัดได้ละเอียดมากกว่า 1%

7.2.2 อุโมงค์แบบ เทอร์บูเลนท์ การออกแบบสร้างอุโมงค์ทำได้ง่ายกว่า แต่มีปัญหาการปรับเทียบมาก เมื่อต้องการสร้างอุโมงค์ที่มีขนาดโตพอที่จะใช้งานกับหัววัดทั่วไปทำได้ยาก การควบคุมการกระจายความเร็วให้สม่ำเสมอภายใน 1 เปอร์เซนต์ ทำได้ยาก มีผลจากการก่อตัวของชั้นของไหลใหม่ (BOUNDARY LAYER) ที่เกิดที่ผนังโดยรอบ จำเป็นต้องควบคุมให้มีความ เทอร์บูเลนท์ ต่ำ และค่าอัตราการไหลคงที่ การใช้ความเร็วสูงจะทำให้เกิดเสียงดังอาจจะมีผลรบกวนการปรับเทียบสเกลด้วย

7.3 อุปกรณ์การปรับเทียบความเร็วต่ำ (LOW-SPEED CALIBRATION APPARATUS)

ในการทดสอบอุปกรณ์จ่ายอากาศจำเป็นต้องใช้เครื่องวัดความเร็วอากาศในย่านต่ำ โดยค่าต่ำสุดมีค่าประมาณ 0.4 เมตร/วินาที การที่จะหาเครื่องวัดความเร็วที่มีความเที่ยงตรงสูงเพื่อใช้อ้างอิงในการปรับเทียบตามหลักการปรับเทียบเบื้องต้นนั้นคงเป็นไปไม่ได้ เพราะปรกติเครื่องวัดความเร็วทั่วไปเมื่อความเร็วต่ำค่าความผิดพลาดจะเพิ่มขึ้นอย่างมาก ดังนั้นวิธีการในการปรับเทียบเครื่องมือวัดย่านความเร็วต่ำจะแตกต่างไปจากหลักการที่กล่าวถึงในตอนต้นซึ่งใช้กับเครื่องวัดความเร็วโดยทั่วไป วิธีการที่จะใช้เป็นการเทียบความเร็วอ้างอิงจากการวัดอัตราการไหลในอุปกรณ์วัดอัตราการไหลที่เรียกว่า ลามินาร์ โฟล์ อิเลเมนต์ โดยอุปกรณ์นี้จะต้องมีสภาวะการไหลภายในเป็นแบบ ลามินาร์ อย่างแท้จริงซึ่งจะทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วหรืออัตราการไหลที่ผ่านกับค่าความดันสูญเสียเป็นเส้นตรง จากความเป็นเส้นตรงนี้จะมีประโยชน์ที่สำคัญที่สุดในขบวนการปรับเทียบนี้ วิธีการปรับเทียบความเร็วต่ำยังมีอีกหลายแบบด้วย

อุปกรณ์ที่แตกต่างกันเช่นการใช้อากาศอัด (COMPRESS AIR) และชุดควบคุมความดัน ร่วมกับหัวฉีดพิเศษ โดยค่าความเร็วที่ออกจากหัวฉีดควบคุมโดยค่าความดันที่จ่ายเข้าระบบ ค่าความเร็วสามารถปรับได้ในช่วงกว้าง แต่อุปกรณ์เหล่านี้มีช่วงที่เกี่ยวข้องกับสัญญานมาก ราคาแพงมาก สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ การตั้งหัววัดความเร็วที่ต้องการปรับเทียบคู่กับหัววัดความเร็วอ้างอิงซึ่งกรณีนี้จะต้องใช้เครื่องมือวัดความเร็วที่ดีมากๆช่วย สำหรับอุปกรณ์ที่จะใช้ในการปรับเทียบ ในที่นี้จะมีลักษณะเป็นอุโมงค์ลมดูด ตามรูปที่ 13

ลักษณะทั่วไปประกอบด้วยท่อปรับสภาวะการไหล ปากแตรทางดูด อุปกรณ์ปรับสภาวะการไหล หัวฉีดมาตราฐาน อุปกรณ์วัดอัตราการไหล (LAMINAR FLOW ELEMENT) พัดลมดูดอากาศ และอุปกรณ์ปรับอัตราการไหล จุดปรับเทียบ (CALIBRATION STATION) จะอยู่ที่ศูนย์กลางของท่อที่ระยะหนึ่งเท่าของขนาดคอคอดหัวฉีด ที่อุปกรณ์วัดอัตราการไหลจะมีจุดวัดความดันสูญเสียทั้งทางเข้า และทางออก หลักการของอุปกรณ์ปรับเทียบนี้อยู่ที่ว่า ถ้าหากการไหลในลามินาร์ อิเลเมนต์ เป็น ลามินาร์ อย่างแท้จริงแล้ว ตามหลักกลศาสตร์ของไหลจะต้องได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วหรืออัตราการไหลที่ผ่านอุปกรณ์ กับค่าความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นจะเป็นเส้นตรง หรือเป็นสัดส่วนคงที่ต่อกัน และถ้าหากเราสามารถทำให้ลักษณะการกระจายความเร็วที่คอคอดของหัวฉีด (NOZZLE THROAT) และจุดปรับเทียบมีความสม่ำเสมอทั้งภาคตัดตลอดย่านความเร็วที่ต้องการปรับเทียบแล้วเราก็จะได้ว่าความเร็วที่ทางออกของหัวฉีดมีความสัมพันธ์เป็นสัดส่วนตรงกับค่าความดันสูญเสียที่อุปกรณ์วัดอัตราการไหล (LAMINAR ELEMENT) อุปกรณ์สำหรับปรับเทียบนี้เมื่อทำการออกแบบ และสร้างตามลักษณะที่ถูกต้องเหมาะสมแล้วจะสามารถใช้งานได้โดยไม่ต้องทำการปรับเทียบกับเครื่องมือวัดความเร็วพิเศษแต่อย่างใด ซึ่งกรณีที่จะใช้เพื่อหาสมรรถนะของอุปกรณ์จ่ายอากาศ (AIR DIFFUSER) แล้วจะมีความละเอียดที่เพียงพอ เพื่อที่จะให้ได้ผลการออกแบบอุปกรณ์นี้ที่เหมาะสม ซึ่งมีคำแนะนำดังต่อไปนี้ (2)

1. ขนาดคอคอดหัวฉีด (THROAT) ไม่ควรต่ำกว่า 50 มิลลิเมตร

2. อัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดคอคอดหัวฉีด ต่อพื้นที่ที่ถูกปิดกั้นด้วยหัวเครื่องวัด (PROBE) จะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 7.5

3. อัตราการไหลสูงสุดควรมีค่าความเร็วที่คอคอดหัวฉีดไม่ต่ำกว่า 7.5 เมตร/วินาที

4. เมื่อความเร็วเฉลี่ยที่คอคอดหัวฉีดมีค่า 0.5 เมตร/วินาที ต้องมีความดันสูญเสียที่อุปกรณ์วัดอัตราการไหลไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิเมตรน้ำ

ขั้นตอนในการปรับเทียบเครื่องวัดมี 2 ขั้นตอนที่สำคัญ คือ การปรับเทียบอุปกรณ์วัดอัตราการไหล และการปรับเทียบเครื่องมือวัดความเร็ว

7.3.1 การปรับเทียบเครื่องวัดอัตราการไหล (LAMINAR ELEMENT) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเร็วหรืออัตราการไหลกับค่าความดันสูญเสียที่เกิดขึ้น หลังจากการ

ประกอบครั้งแรก และทุกๆครั้งที่เกิดความไม่แน่ใจของความสัมพันธ์ดังกล่าวว่ายังเหมือนเดิมหรือไม่จะต้องทำการตรวจสอบเสมอ และต้องกระทำทุกครั้งที่มีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับสภาวะการไหล รวมถึงการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาด้วย การปรับเทียบทำโดยใช้เครื่องวัดความเร็วอ้างอิงวางที่จุดปรับเทียบ (CALIBRATION STATION) ทำการปรับเทียบในช่วงความเร็ว 3 เมตร/วินาที ถึง 7.5 เมตร/วินาทีอย่างต่อเนื่องกันไม่ต่ำกว่า 10 จุด แล้วทำการเขียนกราฟความเร็วที่จุดทดสอบ (V) กับค่าความดันสูญเสีย (ΔP) จะต้องได้กราฟเป็นเส้นตรง หลังจากนั้นลากเส้นกราฟเลยไปทางความเร็วต่ำจนถึงค่าความเร็วต่ำกว่า 0.3 เมตร/วินาที เพื่อใช้เส้นกร๊าฟนี้ช่วยการปรับเทียบในขั้นตอนต่อไป

7.3.2 การปรับเทียบเครื่องวัดความเร็ว ขั้นตอนนี้จะหาความสัมพันธ์ของค่าที่อ่านจากเครื่องวัดความเร็วที่จุดปรับเทียบกับค่าความเร็วจริงที่ได้จากการปรับโดยอาศัยกร๊าฟในขั้นตอนแรกช่วย ทำการปรับเทียบในช่วงความเร็ว 0.3 เมตร/วินาที ถึง 10 เมตร/วินาที แล้วเขียนกร๊าฟค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดความเร็ว กับค่าความเร็วจริงที่จุดเปรียบเทียบ การปรับเทียบนี้จะต้องกระทำใหม่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณของหัววัดความเร็ว และเมื่อเกิดความไม่แน่ใจของการตอบสนองของเครื่องมือ

7.4 การปรับเทียบเครื่องวัดความเร็ว (HOT WIRE ANEMOMETER CALIBRATION)

เครื่องมือวัดความเร็ว ฮ็อท ไวร์ ก่อนใช้งานจะต้องตรวจสอบค่าการอ่านเพื่อให้แน่ใจว่าค่าที่อ่านได้มีความถูกต้องเชื่อถือได้ โดยเฉพาะเครื่องมือวัดที่มีอายุการใช้งานมานาน หรือมีการเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ในการวัด เช่น สายสัญญาน โดยเฉพาะการต่อสายที่ยาวขึ้นการเปลี่ยนตัวตรวจจับ (SENSOR) ความเร็ว ค่าที่อ่านได้จะผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริงการทำการปรับเทียบ จะมี 2 ขั้นตอนหลัก คือ การปรับเทียบ เครื่องวัดอ้างอิงภายในอุโมงค์ลม และการปรับเทียบ เครื่องมือวัดความเร็วที่จะนำไปใช้งาน

7.4.1 อุปกรณ์ในการปรับเทียบประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ

a. อุปกรณ์ปรับเทียบ เครื่องวัดความเร็วต่ำ ตามมาตราฐานอังกฤษ (BS 4773 , 1971) ซึ่งมี ลามินาร อิเลเมนต เป็นอุปกรณ์ภายในที่ต้อง CALIBRATE เนื่องจากใช้เป็นเครื่องวัดอัตราการไหลสำหรับอุโมงค์ลม

b. เครื่องวัดความเร็ว (HOT WIRE ANEMOMETER) ของ KuRZ MODEL 441 ใช้หัววัด (PROBE) แบบทรงกระบอก

c. ไพท็อท ทิ้ว ตามมาตราฐาน NPL ขนาดท่อเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ความยาวหัววัด (8d+16d)

d. มาโนมิเตอร์ ของ DWYER แบบท่อเอียง

สเกล 0 - 60 MM.WG

ความละเอียด 0.2 MM.WG

e. ไมโคร มาโนมิเตอร์ ของ FURNESS CONTROL รุ่น FCO-12

สเกล 0 - 20 MM.WG

ความละเอียดการอ่านต่ำสุด 1 μM.WG

ความละเอียดปรกติ < 1 เปอร์เซนต์ ของค่าที่อ่านได้ เมื่อความดันมากกว่า 1.0 MM.WG

7.4.2 ขั้นตอนการปรับเทียบ

a. การปรับเทียบ ลามินาร์ อิเลเมนต์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของความดันสูญเสียที่ลามินาร์ อิเลเมนต์ (ΔhL) กับค่าความเร็วอ้างอิงที่จุดทดสอบ (TEST SECTION) Vp

ค่า ΔhL วัดด้วยมาโนมิเตอร์ท่อเอียง

ค่า V_p วัดด้วย ไพท็อท ทิ้ว อ่านค่า ไดนามิคส์ เฮด ด้วยไมโครมาโนมิเตอร์

b. การปรับเทียบ เครื่องวัดความเร็ว ฮ็อท ไวร์ หาความสัมพันธ์ของความเร็วที่อ่านได้ กับค่าความเร็วจริงหรือค่าความเร็วอ้างอิงในขณะนั้น โดยวางตำแหน่งหัววัดของเครื่องวัดความเร็วที่จุดทดสอบ (TEST SECTION) ทำการปรับค่าความเร็วตลอดช่วงที่ต้องการอ่านค่าความเร็วจากเครื่องวัดกับค่าความดัน ΔhL เทียบค่า ΔhL ไปเป็นความเร็วอ้างอิง V_p จะได้กราฟการปรับเทียบ ลามินาร์ อิเลเมนต์ เทียบค่า ΔhL กับค่าความเร็วที่อ่านได้ V จะได้กราฟของ ΔhL vs. V จากกราฟทั้งสอง เทียบกันที่ ΔhL เท่ากันจะได้ความสัมพันธ์ของ V กับ V_p เป็นกราฟการปรับเทียบ เครื่องวัดความเร็วที่ต้องการ และใช้ประกอบการอ่านค่าของเครื่องวัดความเร็วนั้น

7.4.3 สภาพการปรับเทียบ

อุณหภูมิ	=	30 °C
ความหนาแน่นอากาศ (ρ_a)	=	1.165 KG/M^3
ความหนืดจลน์ (DYNAMIC VISCOCITY) ν	=	1.858×10^{-5} N-S/M^2
ความหนืดคิเนเมติกซ์ μ	=	1.6×10^{-5} M^2/S
ความหนาแน่นของน้ำ ρ_w	=	996 KG/M^3

7.4.4 สมการในการคำนวณ และความผิดพลาด

a. ความเร็วจาก ไพท็อท ทิ้ว

$$V = \alpha x(1-\epsilon)x[2xgx\Delta h_w]^{1/2}$$

สัมประสิทธิ์ของ ไพท็อท ทิ้ว แบบมาตราฐาน NPL มีค่า 1.0015

ถ้าให้ V = FPM และ h_w = MM.WG

จะได้ $V = 819x\alpha x(1-\epsilon)x[h_w]^{1/2}$

และ $dV = 409.5x\alpha x(1-\epsilon)/[h_w]^{1/2}xd(h_w)$

เปอร์เซ็นความผิดพลาด(E_1) = $dV/Vx100 = 50xd(h_w)/h_w$

แต่ $d(h_w)$ = ±1 µM. หรือ ±0.001 MM.WG

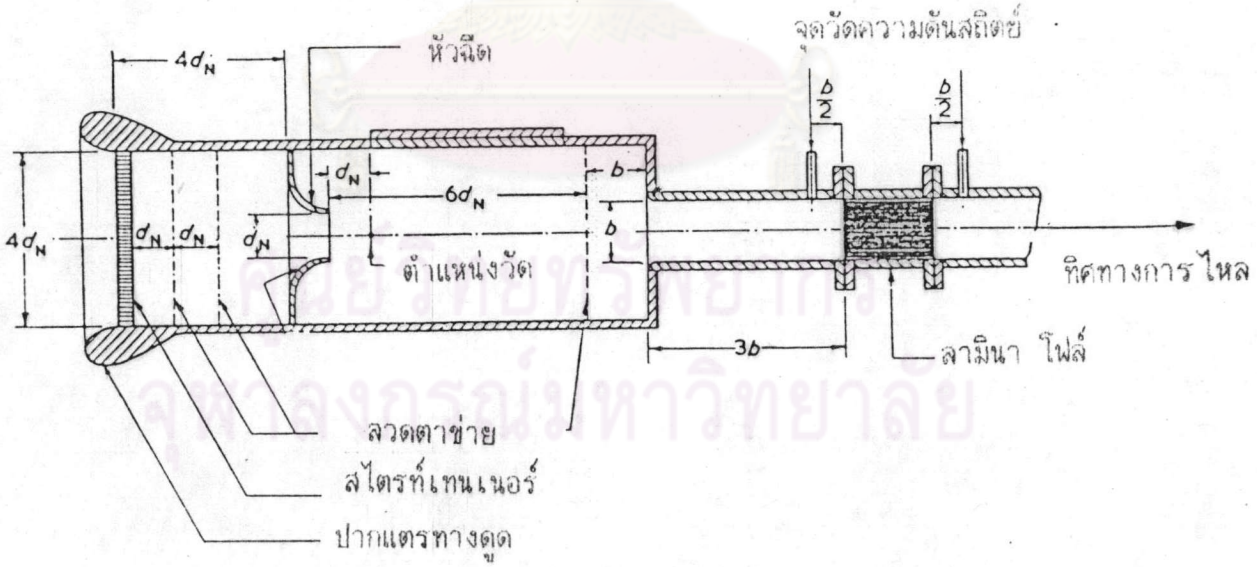
ดังนั้น $E_1 = 0.1/h_w$ %

b. ความผิดพลาดที่เกิดจากการวัด Δh_L ที่ ลามินาร์ อิเลเมนต์

เปอร์เซ็นดวามผิดพลาด (E_2) = $[d(\Delta h_L)/\Delta h_L]x100$

$d(\Delta h_L)$ มีค่าละเอียด = 0.02 MM.WG

$E_2 = [0.2/\Delta h_L]x100$ %



รูปที่ 13 อุโมงค์การปรับเทียบความเร็ว

เนื่องจากความเร็วที่ เทส เซคชั่น กับค่า Δh_L มีความสัมพันธ์กันเกือบจะเป็นเส้นตรงเราจึงสมมติความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง $V_p \propto k\ \Delta h_L$ ดังนั้นความผิดพลาดที่เกิดจากค่าความเร็ว (V_p) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความผิดพลาดที่เกิดจากการอ่าน Δh_L

c. ความผิดพลาดรวมของการวัดความเร็วเนื่องจากมีการเทียบค่าการวัด 2 ช่วง คือ V_p --> Δh_L และ Δh_L --> V ค่าความผิดพลาดรวมจึงต้องคิดผลผิดพลาดในทุกๆขั้นตอน

เปอร์เซ็น E รวมของการ ปรับเทียบ ความเร็ว = (E1E2E3)x100 % (4)

$E_1 = (0.1/h_w+1)$

$E_2 = (0.2/\Delta h_L+1)$

E_3 = การผิดพลาดที่การอ่านสเกลเครื่องวัดขึ้นกับความละเอียดของสเกลความไวการตอบสนองของเครื่องมือวัดซึ่งมีค่า = 5%

$E_3 = 1.05$

ดังนั้น เปอร์เซ็น $E_{รวม} = 1.05(10_{-3}/h_w+1)(0.2/\Delta h_L+1)^2$

$= 1.05(10^{-3}/h_w+1)(0.2/\Delta h_L+1)^2 100$ %

7.5. ผลการปรับเทียบเครื่องมือวัดความเร็ว

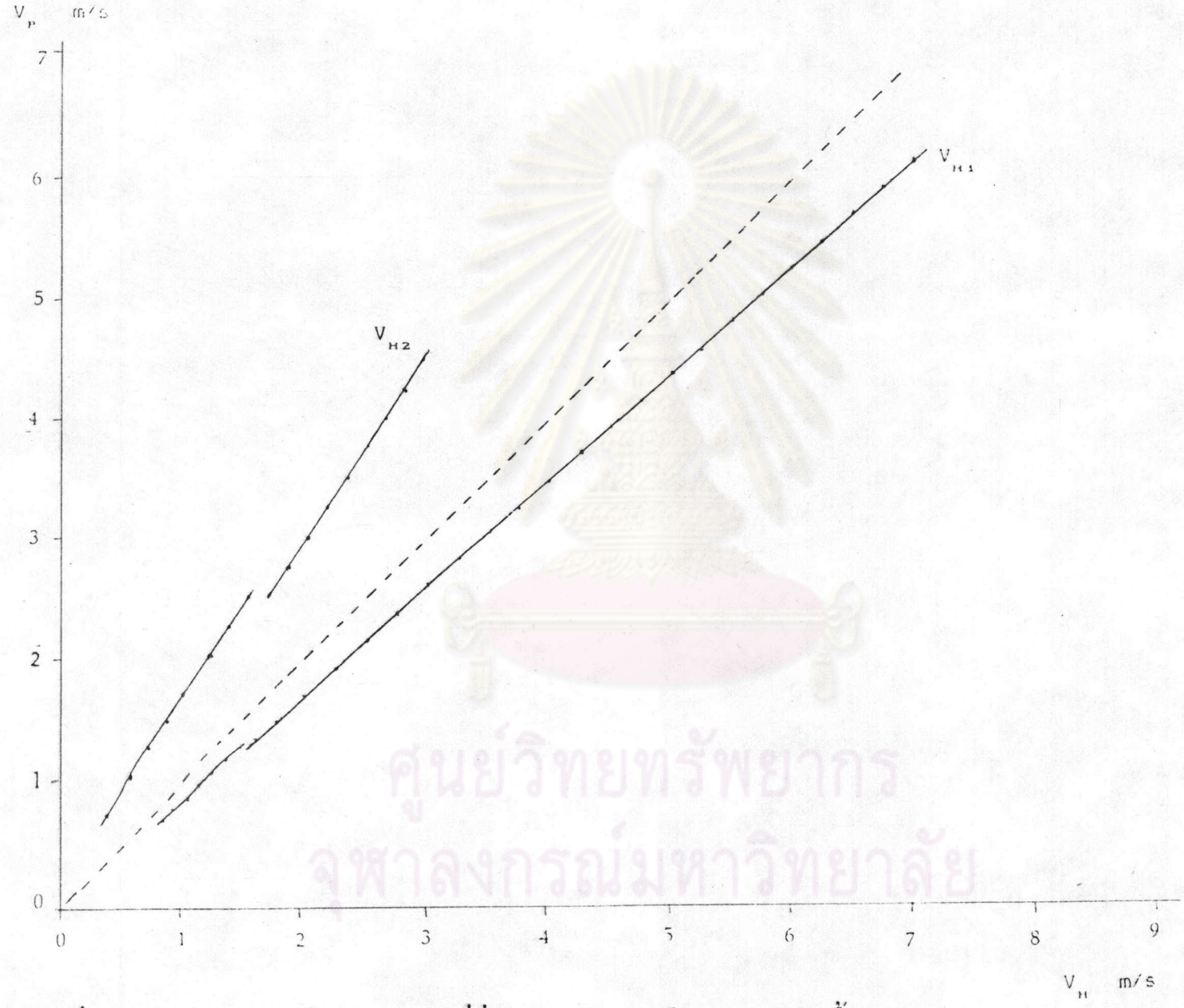
กราฟการปรับเทียบความเร็วของเครื่องวัดความเร็วแบบกังหัน (TURBINE) กับเครื่องวัดแบบใช้ลวดร้อน (HOT WIRE PROBE) ตามรูปที่ 1 ภาคผนวก ก. ได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงมีความชัน $dV_T/dV_H = 1.16$ ซึ่งใกล้เคียง 1.00 มาก แต่เมื่อต่อเส้นกราฟไปทางความเร็วต่ำแล้วจะไม่ตัดจุดกำเนิด 0.0 แต่จะตัดแกนความเร็วเครื่องวัดกังหัน (TURBINE) ที่ 75 ฟุตต่อนาที และที่ความเร็วต่ำกว่า 200 ฟุตต่อนาที เครื่องวัดความเร็วแบบกังหัน (TURBINE) จะอ่านค่าเพี้ยนไปมาก เนื่องจากตัวกังหันเริ่มหมุนความเร็วไม่คงที่ เพราะว่าความเร็วอากาศที่ทำการวัดต่ำเกินไปค่าที่ได้จึงไม่แน่นอน รวมทั้งเครื่องวัดนี้มีความผิดพลาดการอ่านอยู่ 0.1 เมตรต่อวินาที ตลอดเวลา

กราฟระหว่างความดันแตกต่าง Δh_L กับความเร็วที่จุดทดสอบ (TEST SECTION) ในอุโมงค์ปรับเทียบเสกลได้ตามรูปที่ 2 ภาคผนวก ก. โดยใช้ ไพท็อท ทิ้ว (V_P) เป็นเครื่องวัดอ้างอิงกราฟ V_P กับ Δh_L ที่ได้เป็นเส้นโค้งเล็กน้อยซึ่งแสดงว่า เครื่องวัด ลามินาร์ อิเลเมนต์ ที่สร้างขึ้นนั้นการไหลของอากาศผ่านไม่ได้เป็น ลามินาร์ อย่างแท้จริง กราฟ V_{H1} กับ Δh_L ค่า V_{H1} ที่อ่านได้มีค่าต่ำกว่า V_P เล็กน้อยแต่ที่ความเร็วต่ำจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก กราฟมีลักษณะเป็นเส้นโค้งเล็กน้อย เช่นเดียวกับ V_P กราฟ V_{H2} ซึ่งได้ต่อสาย ฮ็อท ไวร์ เพิ่มความยาว 13 เมตร ค่าที่อ่านได้ต่ำกว่า V_P และ V_{H1} อย่างมากลักษณะกราฟเป็นเส้นโค้งคล้าย ๆ กัน สาเหตุที่ค่าจากการอ่านลดลงอย่างมากเนื่องมาจากผลของการต่อสายหัววัดทำให้

ค่าความต้านทานในส่วนของหัววัดเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก กราฟความเร็ว V_{H1} และ V_{H2} กับ V_P ตามรูปที่ 14 ได้กราฟเป็นเส้นตรงมีค่าความชัน dV_P/dV_{H1}=Ø.88 และความชัน dV_P/dV_{H2}=1.5Ø กราฟนี้จะใช้เพื่อประกอบการอ่านเมื่อนำ HOT WIRE ไปใช้วัดความเร็วในการทดสอบ

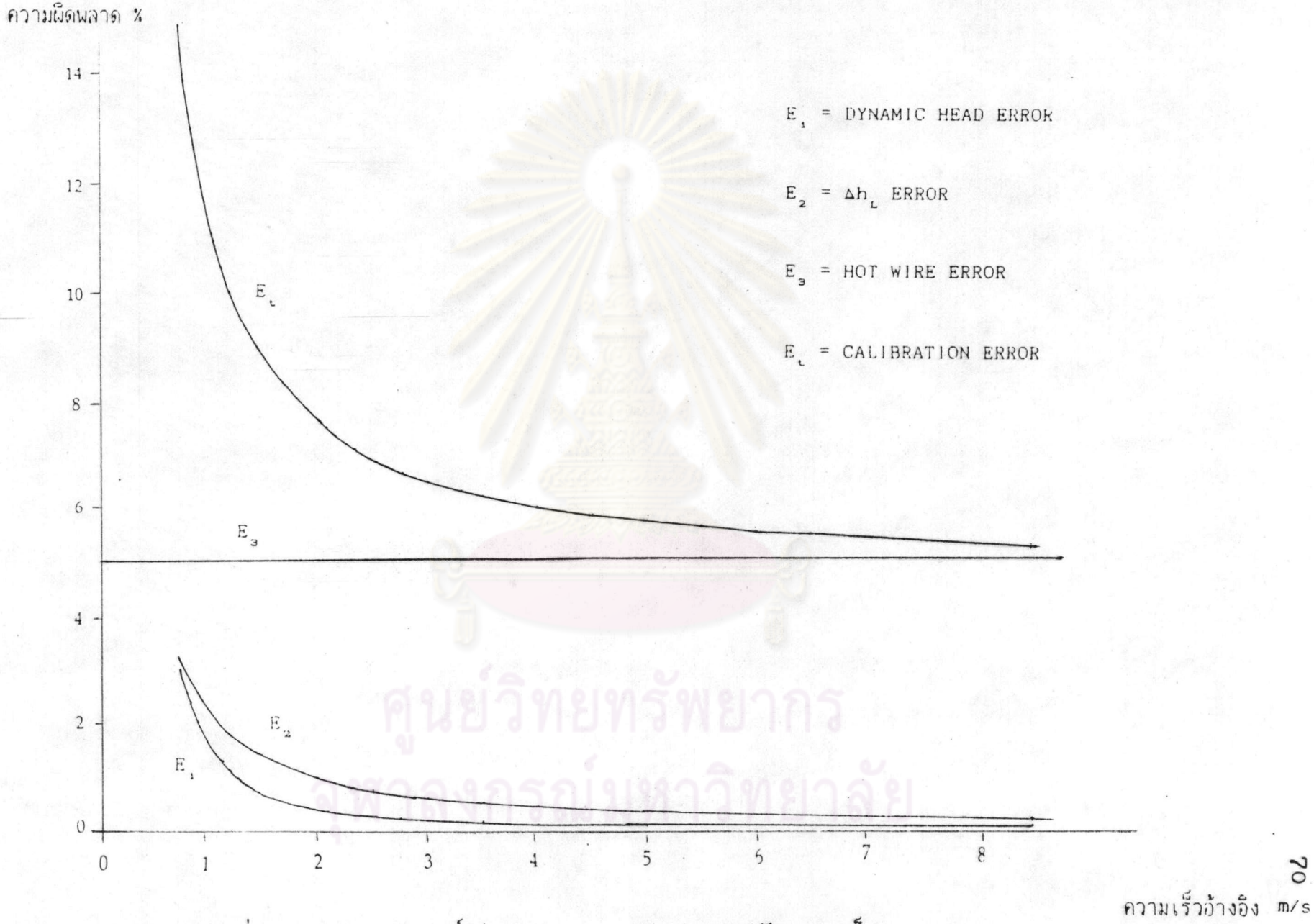
ความผิดพลาดในขบวนการปรับเทียบเครื่องวัดความเร็วแสดงผลได้ ตามกราฟรูปที่ 15 ความผิดพลาดที่ความเร็ว 2Ø0 , 4Ø0 และ 6Ø0 ฟุตต่อนาที มีค่า 12 , 7.7 และ 6.5 เปอร์เซ็น ตามลำดับ ความละเอียดของเสกลเครื่องวัดความเร็วมีค่า 5 เปอร์เซ็น ของค่าที่วัดได้ จากผลการปรับเทียบนี้จะเห็นได้ว่าที่ความเร็วมากกว่า 2Ø0 ฟุตต่อนาที การวัดจะมีความถูกต้องที่สามารถเชื่อถือได้ดี แต่สำหรับความเร็วที่ต่ำกว่า 2Ø0 ฟุตต่อนาที แล้วความสามารถในการปรับเทียบ และเครื่องมือวัดที่มีอยู่มีความผิดพลาดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เหตุผลสำคัญที่ทำให้ช่วงความเร็วต่ำมีความผิดพลาดสูงเนื่องมาจากเครื่องวัดความเร็ว และอุปกรณ์ปรับเทียบประกอบกัน ด้วยเครื่องวัดความเร็วที่ใช้เป็นเครื่องวัดแบบกระเป๋าหิ้วซึ่งเหมาะกับงานวัดสนาม หรือใช้เคลื่อนที่ซึ่งเสกลมีความผิดพลาดการอ่านประมาณ 5 เปอร์เซ็น ในส่วนของอุปกรณ์ปรับเทียบนั้นแม้แต่เครื่องมือปรับเทียบที่ผลิตจากบริษัทผู้ผลิตเครื่องวัดเหล่านี้ (16) ก็ยอมรับว่าความเร็วที่ต่ำกว่า 2Ø0 ฟุตต่อนาที จะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษที่ใช้เพื่องานความเร็วต่ำโดยเฉพาะเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่อ่านจาก ล็อทไวร์ กับความเร็วอ้างอิง V_p

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 15 กราฟแสดงเปอร์เซ็นความผิดพลาดของระบบการวัดความเร็ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย