ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องวัดฝุ่น PM2.5

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิสูตร อาสนวิจิตร และรองศาสตราจารย์.ดร.พานิช อินต๊ะ
หน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรม (RUEE)
วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาดอยสะเก็ด

บทนำ

1 ทศวรรษ ของหน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรม (Research Unit of Applied Electric Field in Engineering; RUEE) จัดตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2551 ณ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ โดยปัจจุบันมีผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคโนโลยีและสหวิทยาการเป็นประธานกรรมการหน่วยวิจัยและพัฒนา มีหัวหน้าหน่วยวิจัย คือ รองศาสตราจารย์ ดร. พานิช อินต๊ะ และมีคณะทำงานหน่วยวิจัย คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิสูตร อาสนวิจิตร นายชัชวาลย์ กันทะลา และนางสาววราภรณ์ ต้นใส ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาของการทำงาน โดยเรามีห้องปฏิบัติการวิจัยเครื่องมือวัดและควบคุมละอองลอยด้วยไฟฟ้า (Electro-aerosol Instrument Laboratory) ที่ได้มีการทำงานร่วมกับเครือข่ายพันธมิตรทั้งทางหน่วยงานของรัฐ เอกชน ทั้งในและต่างประเทศ ในภาระกิจการทำงานต่างๆ มากมายดังนี้ คือพัฒนาต้นแบบเครื่องวัดฝุ่น พัฒนาต้นแบบเครื่องบำบัดและฆ่าเชื้อโรคในอากาศ บริการสอบเทียบเครื่องวัดฝุ่น บริการทดสอบแผ่นกรองฝุ่นและหน้ากากอนามัย จัดหลักสูตรระยะสั้นการวัดอนุภาคและละอองลอย ซึ่งการทำงานที่ผ่านมาเป็นระยะเวลา 13 ปีกว่าๆ ทำให้ได้องค์ความรู้ต่างๆทางวิชาการ และได้เครือข่ายพี่ น้อง พันธมิตรต่างๆ ตลอดจนน้องๆ นักศึกษาที่เข้ามาร่วมทำงานวิจัย โปรเจ็ค โครงงาน ปริญญานิพนธ์ วิทยานิพนธ์ หรืออื่นๆ มากมาย ซึ่งที่ผ่านมาหน่วยวิจัยได้รับทุนวิจัยและพัฒนาจากหน่วยงานต่างๆ มากกว่า 30 ทุน มีบทความวิจัยและผลงานวิชาการอื่นๆ ที่เผยแพร่ในระดับชาติและนานาชาติจำนวน 164 เรื่อง โดยหน่วยวิจัยได้รับแต่งตั้งจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ 5 (พ.ศ.2564) ให้เป็นผู้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม [1-3] หน้ากากอนามัยใช้ครั้งเดียว (มอก. 2424-2562) หน้ากากใช้ครั้งเดียวชนิด N95 ลดความเสี่ยงการติดเชื้อทางการแพทย์ (มอก.2480-2562) และเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองลอยหลักการไฟฟ้าสถิต (มอก. 3030-2563)

รูปที่ 1 ห้องหน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรม

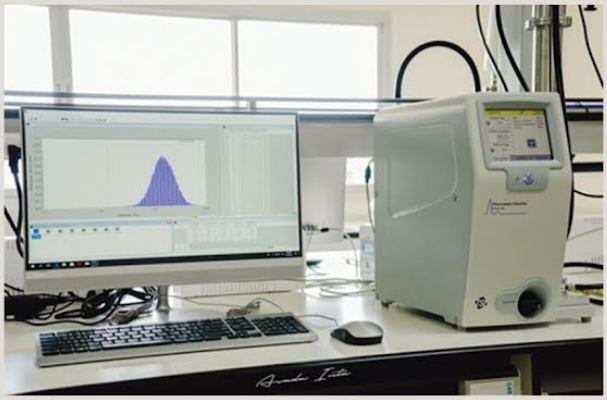
“เราอยากเห็นสิ่งที่เราทำมีคนใช้ เราไม่ได้มองว่าเราจะทำวันนี้แล้วมีคนใช้พรุ่งนี้ เรามองว่าทำแล้วอนาคตจะมีคนได้ใช้แน่นอน”

หลากหลายช่วงเวลาที่ผ่านมามันมีอะไร มากมายที่เราต่างได้ร่วมกันทำ เรายังคงมุ่งมั่นตั้งใจทำงานด้านวิชาการและยินดีถ่ายทอดองค์ความรู้ต่างๆ ให้กับผู้ที่สนใจ ดังนั้นในคอลัมน์นี้ผมจึงขอนำผู้อ่านทุกคนได้เข้ามาเยี่ยมชมห้องปฏิบัติการของเรานะครับ โดยผมจะได้พาชมเทคโนโลยีและเครื่องมือชนิดต่างๆ ที่อยู่ภายในห้องหน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรมของเรานะครับ โดยจะได้อธิบายถึงคุณสมบัติและการใช้งานของเครื่องมือและเทคโนโลยีแต่ละชนิด ตลอดจนอธิบายถึงวิธีการทำงานทดสอบและตัวอย่างการสอบเทียบเครื่องวัดฝุ่น PM2.5 เพื่อให้ผู้ที่ได้สนใจได้มีความรู้เบื้องต้นสำหรับใช้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปได้

1. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการทดสอบ

1.1 Electrostatic Classifier

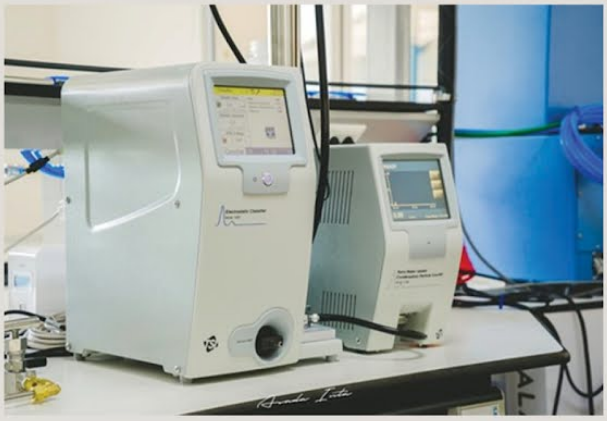
Electrostatic Classifier โมเดล 3082 ของบริษัท TSI สำหรับวัดกระจายขนาดอนุภาคเชิงจำนวน (Number weighted size distribution) ด้วยหลักการความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ทางไฟฟ้า (Electrical mobility) ของอนุภาค สามารถวัดการกระจายของอนุภาคได้ในช่วง 10-1,000 นาโนเมตร ที่ความเข้มข้นจำนวน 107 อนุภาคต่อลูกบาศก์เซนติเมตรที่ 10 นาโนเมตร ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องมือ Electrostatic Classifier โมเดล 3082

1.2 Condensation Particle Counter

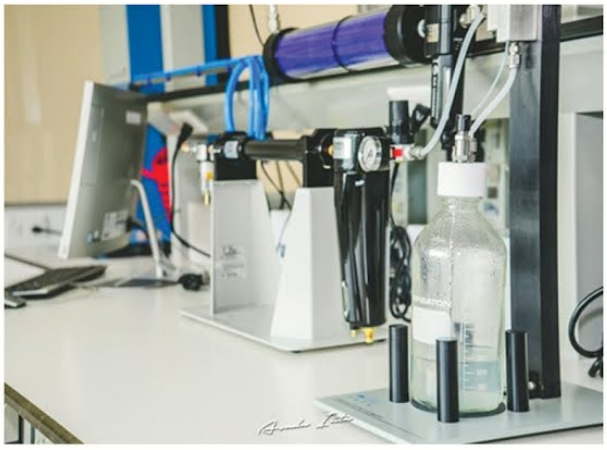
เครื่องนับจำนวนอนุภาคแบบการควบแน่น (Condensation Particle Counter, CPC) ของบริษัท TSI โมเดล 3788 สำหรับนับจำนวนอนุภาคร่วมกับเครื่อง Electrostatic Classifier โมเดล 3082 และในการทดสอบประสิทธิภาพแผ่นกรองอนุภาคขนาดเล็ก สามารถนับจำนวนอนุภาคได้ในช่วง 2.5 นาโนเมตร ถึง 3 ไมครอน ที่ความเข้มข้นจำนวนสูงสุด 3×107 อนุภาคต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ด้วยเวลา 0.8 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เครื่องมือ Condensation Particle Counter

1.3 Atomizer Aerosol Generator

ในการสร้างอนุภาคตัวอย่างสำหรับการทดสอบเครื่อง Atomizer Aerosol Generator ของบริษัท TSI โมเดล 3076 โดยแหล่งจ่ายอนุภาคนี้สามารถจ่ายอนุภาคได้หลายชนิด เช่น DEHS, PAO (Emery 3004), DOP, Salt solutions, Paraffin oil, PSL และอื่นๆ ได้ทั้งแบบ Polydisperse และแบบ Monodisperse มีอัตราการไหลในช่วง 70-300 ลิตรต่อชั่วโมง การไหลเชิงมวลสูงสุด 2.5 กรัมต่อชั่วโมง ใช้พลังงานไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 เครื่องมือ Atomizer Aerosol Generator

1.4 เครื่องวัดฝุ่นแบบ TEOM

เครื่องวัดฝุ่นแบบ TEOM หรือเรียกว่า เทปเปอ อิลิเม้น ออสซิเลติง ไมโครบาลานซ์ (Tapered Element Oscillating Microbalance) ใช้ตรวจวัดฝุ่นละออง PM2.5 โดยใช้หลักการดูดอากาศผ่านหัวคัดขนาดสำหรับฝุ่นละอองไม่เกิน 2.5 ไมครอน เพื่อให้ฝุ่นละอองตกสะสมบนแผ่นกรองในขณะสั่นสะเทือนและแปลงค่าความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นเป็นค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองในบรรยากาศในช่วง 0-1,000,000 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเป็นเครื่องวัดละอองลอยอ้างอิงที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน U.S EPA ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 เครื่องวัดฝุ่นแบบ TEOM

1.5 เครื่องผลิตละอองลอย (Aerosol generator)

ที่ประกอบด้วย ตัวสร้างละอองลอยแบบอะตอมไมเซอร์ (Aerosol atomizer) แหล่งจ่ายอากาศสะอาด (Filtered air supply) เครื่องอัดอากาศ (Air compressor) ตัวไล่ความชื้นแบบแพร่ (Diffusion dryer) และตัวทำละอองลอยเป็นกลาง (Aerosol neutralizer) สามารถผลิตละอองลอยที่เป็นของแข็งหรือของเหลวได้หลายชนิด เช่น ไดเอทิลเฮกซิลซีบาแคต (Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat; DEHS) PAO (Emery 3004) ไดโอทิลพทาเลต (Dioctyl Phtalate; DOP) สารละลายน้ำเกลือ (NaCl) น้ำพาราฟีน (Paraffin oil) น้ำยางสไตรีน (Polystyrene Letex; PSL) และอื่นๆ ได้ทั้งแบบหลายขนาด (Poly disperse) และแบบขนาดเดียว (Mono disperse) ดังแสดงในรูปที่ 6

รูปที่ 6 เครื่องผลิตละอองลอย (Aerosol generator)

1.6 เครื่องวัดละอองลอยอ้างอิง หรือ FRM

ที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐาน U.S EPA ผ่านการทดสอบตาม Federal Register, Part II Environmental Protection Agency, 40 CFR Part 50 ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 เครื่องวัดละอองลอยอ้างอิง หรือ FRM

2. อนุภาคขนาดมาตรฐาน (Particle size standard)

2.1 ชนิดที่ 1 อนุภาคมาตรฐานทรงกลมระดับไมครอน (Microsphere standard particle)

อนุภาคแบบ Dry dyed polystyrene microspheres หรือ PSL ที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานจากสถาบันแห่งชาติของมาตรฐานและเทคโนโลยี (National Institute of standards and Technology, NIST) โดยใช้วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Materials, SRMs) ที่มีขนาดครอบคลุมช่วงของการวัดอนุภาคของเครื่องมือลองลอย ได้แก่ 0.3, 1, 3, 8, 12 µm ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 8 อนุภาคมาตรฐานทรงกลมระดับไมครอน

2.2 ชนิดที่ 2 ละอองลอยแบบขนาดเดี่ยว (Mono disperse aerosol)

อนุภาคเหลวชนิด DEHS หรือ PAO (Emery 3004) หรือ DOP หรือสารละลายน้ำเกลือ หรือ น้ำมันพาราฟิน และการทำการแยกขนาดด้วยเครื่องแยกขนาดอนุภาคแบบวิธีทางไฟฟ้า (Electrostatic Classifier) หรือเทคนิคอื่นที่ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับสากลเพื่อให้ได้อนุภาคที่มีขนาดเดี่ยว (Mono disperse aerosol) ที่มีขนาดครอบคลุมช่วงของการวัดของเครื่องวัดละอองลอยได้แก่ 0.3, 1, 3, 8, 12 µm ต้องมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ไม่เกิน 10% ของสัมประสิทธิ์การแปรผัน (Coefficient of variation; CV) ดังแสดงในรูปที่ 9

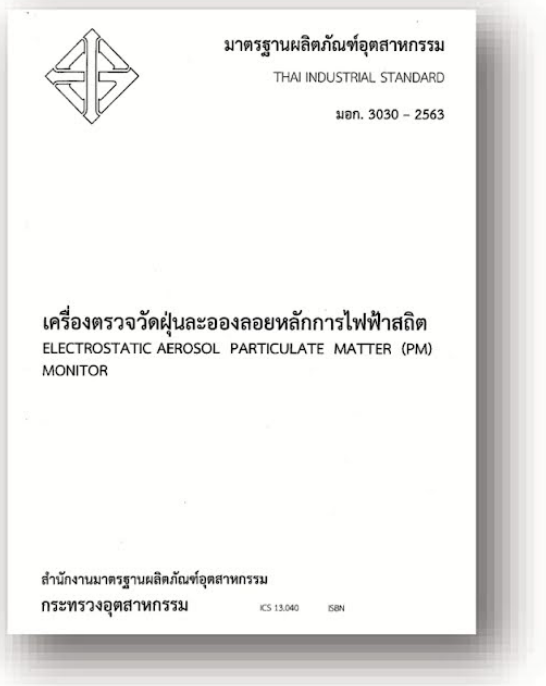
รูปที่ 9 ละอองลอยแบบขนาดเดี่ยว

2.3 ชนิดที่ 3 (กรณีที่ไม่ใช่ทั้งชนิดที่1 และชนิดที่ 2)

ละอองลอยที่อยู่ในบรรยากาศแวดล้อม 3 ฤดู หรือ 1 ปี โดยครอบคลุมความเข้มข้นเชิงมวลของละอองลอยช่วงการวัดของเครื่องวัดทดสอบ

3. วิธีการทดสอบตาม มอก.3030-2563 [1]

โดยขอนำวิธีการทดสอบเครื่องวัดฝุ่นละอองลอยหลักการไฟฟ้าสถิต ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.3030-2563 ดังแสดงในรูปที่ 10 ซึ่งหน่วยวิจัยได้รับแต่งตั้งจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ 5 (พ.ศ.2564) ให้เป็นผู้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มาอธิบายรายละเอียดขั้นตอนทั้งหมดดังต่อไปนี้


มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
THAI INDUSTRIAL STANDARD
มอก. 3030 – 2563
เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองลอยหลักการไฟฟ้าสถิต
ELECTROSTATIC AEROSOL PARTICULATE MATTER (PM) MONITOR
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม
ICS 13.040 ISBN

รูปที่ 10 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.3030-2563 [1]

1. ทั่วไป

ให้ใช้วิธีที่กำหนดในมาตรฐานนี้หรือวิธีอื่นใดที่ให้ผลเทียบเท่า ในกรณีมีข้อโต้แย้ก ให้ใช้วิธีที่กำหนดในมาตรฐานนี้

2. สมรรถนะการตรวจวัดปริมาณฝุ่นเชิงมวล [1]

2.1 สภาวะทดสอบให้เตรียมการดังนี้

1. ปริมาณฝุ่น 1% ต่อสารละลาย 100 mL ขนาดอนุภาค 0.3, 1, 3, 8, 12 µm
2. อุณหภูมิภายในห้อง 250C ± 50C
3. ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง 60% RH ± 5% RH
4. เวลาที่ใช้ทดสอบ 24 ชั่วโมง

2.2 ห้องทดสอบต้องเป็นดังนี้

1. ต้องเป็นระบบปิด (Closed System)
2. ห้องทดสอบทำจากวัสดุโปร่งแสงสามารถมองเห็นภายในได้มีขนาด 2m×2m×2m
3. มีเครื่องกรองอากาศก่อนเข้าห้องทดสอบด้วยแผ่นกรองอากาศ HEPA (HEPA filter) หรือเทียบเท่า
4. สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในห้องได้ในช่วง 250C ถึง 400C
5. สามารถควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องได้ในช่วง 10% RH ถึง 95% RH
6. มีระบบแสดงผลอุณภูมิ ความชื้นและความดัน

3. เครื่องมือ

3.1 เครื่องผลิตฝุ่น (Particulate generator) [1] ที่ประกอบด้วย ตัวสร้างฝุ่นแบบอะตอมไมเซอร์ (Aerosol atomizer) แหล่งจ่ายอากาศสะอาด (Filtered air supply) เครื่องอัดอากาศ (Air compressor) ตัวไล่ความชื้นแบบแพร่ (Diffusion dryer) และตัวทำละอองลอยเป็นกลาง (Aerosol neutralizer) ตัวทำฝุ่นเป็นกลางจะต้องเป็นแบบการแพร่สองชั้น (Bipolar diffusion) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิต (Geometric standard deviation) ไม่เกิน 5% สามารถผลิตละอองลอยที่เป็นของแข็งหรือของเหลวได้หลายชนิด เช่น ไดเอทิลเฮกซิลซีบาแคต (Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat; DEHS) PAO (Emery 3004) ไดโอทิลพทาเลต (Dioctyl Phtalate; DOP) สารละลายน้ำเกลือ (NaCl) น้ำพาราฟีน (Paraffin oil) น้ำยางสไตรีน (Polystyrene Letex; PSL) และอื่นๆ ได้ ทั้งแบบหลายขนาด (Poly disperse) และแบบขนาดเดียว (Mono disperse) ตามแผนภาพการทดสอบสมรรถนะการตรวจวัดปริมาณฝุ่น เชิงมวลตามรูปที่ 11 และรูปที่ 12

3.2 เครื่องวัดฝุ่นแบบอ้างอิง [1] FRM (Federal Reference Method) หรือเครื่องวัดฝุ่นแบบอ้างอิง FEM (Federal Equivalent Method) กลุ่มที่ 3 ที่สามารถรายงานผลอัตโนมัติได้ โดยได้รับการรับรองตาม Federal Register, Part II Environmental Protection Agency, 40 CFR Part 50

4. อนุภาคขนาดมาตรฐาน (Particle size standard) [1]

เป็นอนุภาคมาตรฐานทรงกลมระดับไมครอน (Microsphere standard particle) แบบ Dry dyed polystyrene microspheres (PSL) ที่ได้รับการรับรองตามมาตรฐานจากสถาบันแห่งชาติของมาตรฐานและเทคโนโลยี (National Institute of standards and Technology, NIST) หรือ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติของประเทศไทยที่ได้รับการยอมรับ หรือหน่วยงานผู้ผลิตวัสดุอ้างอิงที่ได้รับรองระบบมาตรฐานคุณภาพโดยใช้วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Materials, SRMs) ที่มีขนาดครอบคลุมช่วงของการวัดอนุภาคของเครื่องมือลองลอย ได้แก่ 0.3, 1, 3, 8, 12 µm ให้ใช้ขนาดที่เหมาะสมตามเครื่องที่ผลิต

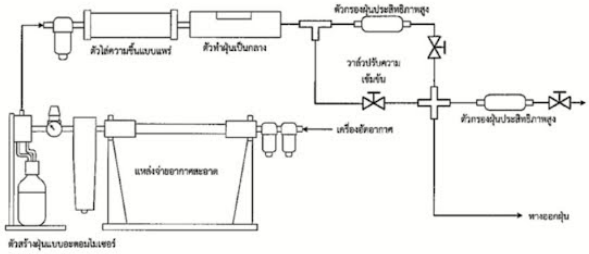
5. วิธีการทดสอบ ให้ปฏิบัติดังนี้ [1]

5.1 นำอนุภาคแบบ Dry dyed polystyrene microspheres (PSL) ที่ทราบขนาดแน่นอนแล้วใส่ในเครื่องผลิตฝุ่นตัวอย่าง

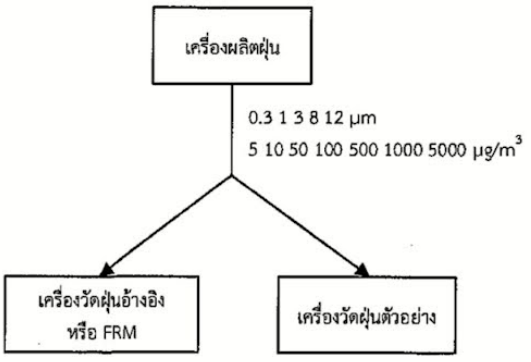
5.2 จ่ายอนุภาคขนาดมาตรฐานที่ได้จากเครื่องผลิตให้กับเครื่อง วัดฝุ่นอ้างอิงและเครื่องวัดฝุ่นตัวอย่างพร้อมกันตามรูปที่12

5.3 วัดและบันทึกค่าที่วัดได้ทุก 1 นาที ต่อเนื่องจนครบ 1 ชั่วโมง แล้วหาค่าเฉลี่ยของทุก 1 ชั่วโมง ปฏิบัติเช่นเดียวกันนี้จนครบทุกขนาด 0.3, 1, 3, 8, 12 µm และครบทุกความเข้มข้นเชิงมวล คือ 5,10, 50, 100, 500, 1000, 5000 µg/m3

5.4 นำค่าเฉลี่ยของทุกชั่วโมงที่วัดได้จากเครื่องวัดฝุ่นตัวอย่างและจากเครื่องวัดละอองลอยอ้างอิงมาหาค่าสัมพันธ์แบบเพียรสันโดยให้แสดงผลเป็นค่าความชันสูงสุดและค่าต่ำสุดและค่าอินเตอร์เซพต์สูงสุดและต่ำสุด



รูปที่ 11 แผนภาพเครื่องผลิตฝุ่น [1]



รูปที่ 12 แผนภาพการทดสอบ [1]

บทสรุป

ด้วยการทำงานที่มุ่งมันตั้งใจของทีมงานในหน่วยงานวิจัย ในด้านเป็นผู้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองลอยหลักการไฟฟ้าสถิต (มอก. 3030-2563) โดยเราได้ขยายผลการทำงานเป็นผู้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ และให้ความรู้แก่หน่วยงานและผู้ที่สนใจต่างๆ มากมาย ซึ่งเป้าหมายอีกขั้นคือการนำห้องปฏิบัติการวิจัยแห่งนี้ก้าวเข้าสู่การรองรับมาตรฐาน ISO 17025 ต่อไป ด้วยสถานการณ์ในปัจจุบัน ผมและทีมงานวิจัยหน่วยวิจัยสนามไฟฟ้าประยุกต์ในงานวิศวกรรม (RUEE) หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้เห็นการศึกษาภายในประเทศไทยผ่านพ้นวิกฤตคราวนี้ไปอย่างราบรื่น และขอเป็นกำลังใจให้คณาจารย์ คุณครู นิสิตนักศึกษา นักเรียนทุกคนในทุกสถาบันการศึกษานะครับ สำหรับฉบับนี้ผมนำเรื่องราวมาเล่าเพียงเท่านี้ก่อนนะครับ ไว้ในฉบับต่อไปผมจะนำเรื่องราวดีๆ ในการทำงานมิติด้านการทดสอบหน้ากากอนามัยใช้ครั้งเดียว (มอก. 2424-2562) หน้ากากใช้ครั้งเดียวชนิด N95 ลดความเสี่ยงการติดเชื้อทางการแพทย์ (มอก.2480-2562) เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา การวิจัย ชุมชน สังคม และประเทศชาติ มาเล่าให้ฟังอีกนะครับ

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองลอยหลักการไฟฟ้าสถิต มอก.3030-2563, หน้า 1-16, 2563.

[2] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 5708 (พ.ศ.2563) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511, กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องวัดฝุ่นละอองลอยหลักการไฟฟ้าสถิต, หน้า 35-36, 2563.

[3] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ฉบับที่ 5 (พ.ศ.2564) ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ.2511, แต่งตั้งผู้ตรวจสอบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมลำดับที่ 46 เครื่องตรวจวัดฝุ่นละอองลอยหลักการไฟฟ้าสถิต มอก.3030-2563, หน้า 28-33, 2564. Available Source: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2564/E/151/T_0028.PDF