รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการขอรับการส่งเสริมและสนับสนุนจากเงินกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง
กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ

โครงการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง เพื่อสอบด้าน EMC และสอบเทียบสายอากาศย่านความถี่กว้าง (Open Area Test Site: OATS)

หัวหน้าโครงการ
ดร.ไกรสร อัญชลีวรพันธุ์
ผู้ร่วมโครงการ
1. ศ.ดร.วิเชษฐ อึ้งวิเชียร
2. นายเอนก มีมูซอ
3. นายฉัตรชัย เรืองปรีชา

ตุลาคม 2560

กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)

แบบ กทปส. ME-003

รายงานฉบับสมบูรณ์

ทุนส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา
สัญญารับทุนเลขที่ T2-1-0005/57

โครงการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง เพื่อสอบด้าน EMC และสอบเทียบสายอากาศย่านความถี่กว้าง

คณะนักวิจัย

1. ดร.ไกรสร อัญชลีวรพันธุ์	นักวิจัยหัวหน้าโครงการ
2. ศ.ดร.วิเชษฐ อึ้งวิเชียร	นักวิจัยร่วม
3. นายเอนก มีมูซอ	นักวิจัยร่วม
4. นายฉัตรชัย เรืองปรีชา	นักวิจัยร่วม

ได้รับทุนอุดหนุนจาก
กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)

ตุลาคม 2560

แบบ กทปส. ME-003

บทสรุปผู้บริหาร
โครงการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง
เพื่อสอบด้าน EMC และสอบเทียบสายอากาศย่านความถี่กว้าง
กันยายน 2560

ในการขออนุญาตใช้งานผลิตภัณฑ์วิทยุ โทรทัศน์ โทรคมนาคมและการสื่อสารโดยการใช้ย่านความถี่ต่างๆในประเทศไทยนั้น สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) ได้ทำการกำหนดให้มีกระบวนการตรวจสอบและรับรองมาตรฐานของเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ไว้ในบัญญัติพระราชบัญญัติการประกอบกิจการโทรคมนาคมด้วย ซึ่งใน พรบ.ดังกล่าว ได้แบ่งประเภทของอุปกรณ์สื่อสารและโทรคมนาคมที่จำเป็นต้องทดสอบคุณสมบัติทางความถี่ของอุปกรณ์ออกเป็น 5 ประเภท ซึ่งจะต้องใช้ห้องปฏิบัติการทดสอบเกี่ยวกับการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic compatibility: EMC) และด้านความปลอดภัยผลิตภัณฑ์ (Products Safety) ในการทดสอบ เพื่อให้ได้รายงานผลการทดสอบประกอบการขออนุญาติใช้งานและจำหน่ายในประเทศ แต่จากสถานการณ์ในปัจจุบันที่มีการแข่งขันในทางการค้าของผู้ผลิตมากขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีที่ประยุกต์ใช้คลื่นความถี่แม่เหล็กไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามมา เช่น เกิดเทคโนโลยี Internet of thing (IOT) เทคโนโลยีเรดาห์สำหรับยานยนต์ การสื่อการบิน และ ระบบควบคุมอาณัติสัญญาณสำหรับรถไฟความเร็วสูง เป็นต้น ทำให้เกิดความต้องการในการทดสอบมาตรฐานผลิตภัณฑ์โทรคมนาคม ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่สูงขึ้นตามไปด้วย

อย่างไรก็ตามผู้ประกอบการของไทยในปัจจุบัน ต้องแบกรับภาระต้นทุนที่สูงมากในการยกระดับผลิตภัณฑ์ของตนเพื่อให้ได้มาตรฐานและเครื่องหมายรับรองผลิตภัณฑ์สากล เพื่อให้สามารถทำการส่งออกไปขายในภูมิภาคต่างๆของวโลกได้ นอกจากนี้ขีดความสามารถในการแข่งขันในด้านการผลิตผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมของไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านสายอากาศสำหรับการสื่อสารทุกประเภทก็ยากลำบาก สาเหตุหนึ่งมาจากการขาดความรู้ในเรื่องมาตรฐานและเรื่องข้อกำหนดหรือกฎหมายระหว่างประเทศ ทั้งยังขาดเครื่องมือทดสอบที่เป็นมาตรฐานสากล หนทางหนึ่งที่จะสามารถยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการของไทยได้คือ การลงทุนโครงสร้างพื้นฐานด้านโทรคมนาคมของประเทศ โดยเฉพาะเครื่องมือทดสอบและห้องปฏิบัติการทดสอบระดับสากล รวมถึงการสร้างเครือข่ายความร่วมมือกันกับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน โดยเครือข่ายนี้ต้องจัดให้มีการแบ่งปันความรู้ บุคลากร สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนขึ้นเพื่อพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ ผ่านการทดสอบตามมาตรฐานสากล

สำหรับผู้ประกอบการ นักวิจัย และภาคมหาวิทยาลัย ที่ทำงานด้าน สายอากาศ โทรคมนาคม นั้น ในปัจจุบันยังขาดโครงสร้างพื้นฐานและเครื่องมือหรือความรู้ด้านมาตรฐานสำหรับใช้ในการทดสอบคุณสมบัติพื้นฐานของอุปกรณ์โทรคมนาคม เช่น โทรศัพท์ โทรทัศน์ วิทยุสื่อสาร และยังขาดความสามารถในการสอบเทียบหรือวิจัยพัฒนาผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ให้มีคุณสมบัติตามเงื่อนไขสากลได้

ผลิตภัณฑ์สายอากาศที่จำหน่ายในประเทศในปัจจุบัน จึงยังไม่มีมาตรฐานระดับชาติบังคับใช้การทดสอบคุณสมบัติต่างๆของสายอากาศถูกทำโดยผู้ผลิตสายอากาศเองเท่านั้น และยังไม่สามารถทดสอบคุณสมบัติสำคัญๆ อื่นที่จำเป็นอีกหลายอย่าง เช่น รูปแบบการแพร่กระจายคลื่น เกณฑ์ เป็นต้น ทำให้ไม่มีศักยภาพในการยกระดับผลิตภัณฑ์ของตนให้สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ เพื่อจะให้แข่งขันได้ ผู้ผลิตในประเทศจึงต้องส่งเครื่องมือเหล่านี้ไปทดสอบในห้องปฏิบัติการทดสอบในต่างประเทศซึ่งมีราคาสูง และใช้เวลานาน ส่งผลให้เสียโอกาสในการแข่งขันกับผู้ผลิตรายอื่นๆ

การสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งเพื่อการทดสอบคุณสมบัติสายอากาศ (Open Area Test Site: OATS) ขึ้นในประเทศ จึงเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาในส่วนของโครงสร้างพื้นฐานรองรับด้านโทรคมนาคมและการสื่อสารของประเทศ สำหรับช่วยออกแบบ วิจัยพัฒนา และการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทสากอากาศของไทยให้มีศักยภาพการแข่งขันที่สูงขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางการกำหนดมาตรฐานในการตรวจคุณสมบัติของสายอากาศ หรือ ผลักดันให้เกิดมาตรฐานด้านสายอากาศในวงการโทรคมนาคมของไทยขึ้นด้วย ซึ่งการกำหนดนโยบายของประเทศที่ชัดเจนเกี่ยวกับการใช้ระบบคลื่นความถี่วิทยุและโทรคมนาคม จะเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตและจัดหาอุปกรณ์สายอากาศ และสนับสนุนการขยายตัวของภาคการผลิตและอุตสาหกรรมอื่นที่สำคัญของประเทศอย่างเห็นผลชัดเจน

ในการดำเนินงานของโครงการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งเพื่อสอบด้าน EMC และสอบเทียบสายอากาศย่านความถี่กว้างนี้ คณะผู้ดำเนินโครงการ ได้ทำการดำเนินโครงการตั้งแต่เดือนกันยายน 2558 จนถึงเดือนกันยายน 2560 ใช้เวลาในการดำเนินงานทั้งสิ้นจำนวน 24 เดือน โดยเริ่มทำการศึกษามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ การออกแบบก่อสร้าง Open area test site(OATS) การดำเนินการก่อสร้างและการจัดหาอุปกรณ์เครื่องมือทดสอบ พร้อมการติดตั้ง หลังจากนั้น ได้ดำเนินการวัดประสิทธิภาพในการใช้งานของ OATS ตามมาตรฐาน ANSI C63-4 และ ANSI C63-5 และวัดสัญญาณรบกวนจากสภาวะแวดล้อมจนเสร็จสิ้น เพื่อดำเนินการติดตั้งเครื่องมือวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศบน OATS และการทวนสอบและสอบเทียบเครื่องมือและสายอากาศพร้อมทั้งดำเนินการจัดทำเอกสารเพื่อขอการรับรองห้องปฏิบัติการวัดตามระบบ ISO/IEC17025 สำหรับการยื่นขอการรับรองห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 รวมถึงจัดทำรายงานห้องปฏิบัติการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ OAT มีขอบข่ายการรับรองคุณภาพ ISO/IEC17025 และสามารถใช้ทดสอบคุณสมบัติ

ของสายอากาศได้ตามมาตรฐานสากล โดยได้จัดทำหลักสูตรการอบรมเรื่องการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการออกแบบสายอากาศ การสอบเทียบตามข้อกำหนดในมาตรฐานสากลครบถ้วนสมบูรณ์เรียบร้อยแล้ว

ปัจจุบันโครงการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งเพื่อทดสอบด้าน EMC และสอบเทียบสายอากาศย่านความถี่กว้าง ได้เสร็จสิ้นการดำเนินโครงการเรียบร้อยแล้ว โดยโครงการนี้ ทำให้ประเทศไทยมีพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) ที่ระยะทดสอบอย่างน้อย 10 เมตร เพื่อใช้ปฏิบัติการวิจัยพัฒนาและให้บริการทดสอบด้านการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศให้เกิดขึ้นในประเทศไทย และเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบสายอากาศขนาดใหญ่ในภูมิภาคอาเซียน เพื่อใช้ทำการทวนสอบประสิทธิภาพ (performance verification) ห้องปฏิบัติการทดสอบต่างๆ ในประเทศ ที่ขอรับรองขึ้นทะเบียนและแต่งตั้งเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบด้าน EMC และโทรคมนาคมในประเทศและเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบด้านโทรคมนาคมเพื่อการยอมรับร่วม(mutual recognition agreement: MRA) ในระดับอาเซียน (ASEAN) และระดับสากล ต่อไป

โครงการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง
เพื่อสอบด้าน EMC และสอบเทียบสายอากาศย่านความถี่กว้าง
ดร.ไกรสร อัญชลีวรพันธุ์ (หัวหน้าโครงการ)
กันยายน 2560

ในการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ สารสนเทศและโทรคมนาคม ของไทยให้มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมในรับระดับสากล สามารถจำหน่ายในตลาดในประเทศและต่างประเทศ จำเป็นอย่างยิ่งจะต้องทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นๆ ให้ผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดมาตรฐานด้านผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทเสียก่อน การทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถูกกำหนดขึ้นตามกฎระเบียบข้อบังคับของภายในประเทศซึ่งจะประกอบด้วย การทดสอบตามมาตรฐานด้านการใช้งาน การทดสอบมาตรฐานการโทรคมนาคม มาตรฐานด้านความปลอดภัย มาตรฐานประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้งาน และมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ การทดสอบต่างๆ จะต้องจัดทำขึ้นโดยห้องปฏิบัติการทดสอบที่มีความเป็นกลาง มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล เพื่อให้ผลการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ สามารถนำไปเปรียบเทียบกับผู้ผลิตรายอื่นๆ เพื่อลดความเลื่อมล้ำทางการค้า และยังทำให้ผู้บริโภคภายในประเทศได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับราคา ดังนั้นห้องปฏิบัติที่ทำการทดสอบจึงมีความสำคัญอย่างมาก ต่อการพัฒนาและยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการในประเทศให้สูงขึ้น การบังคับใช้มาตรฐานต่างๆ นี้นอกจากจะช่วยสนับสนุนการวิจัย พัฒนา การส่งออกผลิตภัณฑ์แล้ว ยังเป็นการช่วยให้ผู้ผลิตภัณฑ์ผู้ประกอบการ สามารถเลือกที่จะนำผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน เข้ามาใช้หรือจำหน่ายในประเทศอีกด้วย ซึ่งเป็นการป้องปรามในการนำเข้าสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐานมาใช้งานในประเทศได้อีกทางหนึ่ง

ในทางเทคนิคนั้น การทดสอบด้านโทรคมนาคมและด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าตามมาตรฐานสากล ต้องปฏิบัติในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Semi-Anechoic Chamber) ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน โดยบางครั้งผลการทดสอบด้านโทรคมนาคมและความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งปฏิบัติในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้จำเป็นต้องนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (Open Area Test Site:OATS) เพื่อใช้ยืนยันความถูกต้อง และใช้ตรวจสอบกรณีน่าสงสัยที่เกี่ยวกับผลการวัดภายในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากตามปกติแล้ว พื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง ถือเป็นการทดสอบในสภาวะเงื่อนไขการเป็นพื้นที่ไร้การสะท้อนคลื่นสมบูรณ์แบบ (Perfect non-reflection site) มากกว่าในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเป็นเงื่อนไขทางวิชาการที่ถูกต้องอย่างแท้จริง แต่ห้องปฏิบัติด้านโทรคมนาคมและ EMC ส่วนใหญ่ในโลก

เลือกใช้ห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อทดสอบเนื่องจากหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนจากภายนอก และสามารถจัดตั้งห้องทดสอบภายในบริเวณที่มีการใช้สัญญาณสื่อสารคับคั่งได้

สำหรับอุปกรณ์โทรคมนาคมและสายอากาศ ที่ใช้งานในย่านความถี่ต่ำ (low frequency: LF) ซึ่งมักมีขนาดใหญ่ เป็นอุปสรรคสำคัญในการทดสอบภายในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างมาก เนื่องจากทำการจัดวางการทดสอบ (setup) ได้ยากลำบาก เนื่องจากติดที่ความสูงของเพดานห้อง และในวงการโทรคมนาคมและ EMC ทุกประเทศมักนิยมมีสถานที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) อย่างน้อย 1 แห่ง เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบผลการวัดในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในห้องปฏิบัติงานต่างๆ แต่ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีหน่วยงานใดมีพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง ทำให้การทดสอบผลการวัดด้าน EMC และโทรคมนาคมยังไม่สามารถทำได้ตามมาตรฐาน

โครงการจัดสร้างพื้นที่แบบเปิดโล่งเพื่อทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility: EMC) และสอบเทียบสายอากาศ (Antenna Calibration) ของศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นโครงการที่จัดขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ในการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าและสอบเทียบสายอากาศ ให้เกิดขึ้นในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นพื้นที่ทดสอบเปรียบเทียบ (comparison site) ให้กับหน่วยงานต่างๆ ที่มีห้องทดสอบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบกึ่งไร้การสะท้อน หรือมีความต้องการจะทำการสอบเทียบสายอากาศความถี่ต่ำในภูมิภาคอาเซียน (ASEAN) ด้วยเล็งเห็นประโยชน์ของการสร้าง OATS ที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจและสังคม ทั้งในระดับองค์กร ระดับประเทศ และระดับสากล อันได้แก่ การเพิ่มโอกาสการแข่งขันด้านการออกแบบ การวิจัยพัฒนา การผลิต อุปกรณ์เทคโนโลยีโทรคมนาคม และอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของไทยให้ได้มาตรฐานสากล ช่วยลดการขาดดุลการค้า จากการที่หน่วยงานต่างๆ จะต้องส่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และสายอากาศความถี่ต่างๆ ไปทดสอบและสอบเทียบในต่างประเทศ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายการทดสอบ/สอบเทียบที่สูงและใช้เวลานาน และเป็นการผลักดันงานวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการทดสอบ การออกแบบ การวิจัยพัฒนา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและออกแบบสายอากาศในประเทศไทย เพื่อรองรับนโยบาย Thailand 4.0 ของรัฐบาล

Open Area Test Site: OATS

Kraison Aunchaleevarapan (Project Manager)

September 2017

Abstract

To research and develop electronic, computer, information and telecommunication technology in Thailand to be reliable and accepted with international standards and to be sold in the domestic and international markets, it is necessary to make the products qualified to pass the testing with particular standards for each type of products. The testing of these products are required by national regulations including standards for usage, telecommunication standards, safety standards, testing for the effectiveness of usage and other environmental standards. The testing must be done in the laboratory that is reliable and accepted by international standards so that the testing of these products' quality can be compared with those by other producers to decrease trade disparity and to allow the domestic consumers to use the products with good quality and reasonable price. Thus, the laboratory is absolutely important for developing and increasing the competitive capability of the domestic entrepreneur. Implementing these standards not only encourages the research and development and the export of products but also helps the entrepreneur to select the standard products for domestic use and selling, which can prevent the import of inferior products into the country.

In terms of technique, the telecommunication testing and testing for electromagnetic compatibility (EMC) with international standards must be carried out in the standard Semi-Anechoic Chamber. The telecommunication testing and testing for electromagnetic compatibility (EMC) in Semi-Anechoic Chamber is required to be compared with the testing in Open Area Test Site (OATS) to verify the correctness and investigate the suspected cases of testing in Semi-Anechoic Chamber since the Open Area Test Site (OATS) is considered as the perfect non-reflection site rather than testing in chamber and it is also the true academic condition. However, most telecommunication and EMC laboratories around the world chose Semi-Anechoic

Chamber for testing to avoid the outside interfering signals and establish the testing chamber in the area with heavy telecommunication signals.

The size of telecommunication appliance and antenna with low frequency (LF) which are usually large can be an obstacle for testing in the chamber because it is difficult to set up due to limitation by the high of ceiling. In the field of telecommunication, there is one site at least in many countries to compare the test result from other laboratories. Nevertheless, there is none of any organization in Thailand providing Open Area Test Site (OATS); therefore, telecommunication testing and EMC testing have never reach the international standards yet. The project of Open Area Test Site for EMC testing and Antenna Calibration by Electrical and Electronic Products Testing Center (PTEC) is aimed to establish the site for EMC testing and Antenna Calibration in Thailand as a comparison site for any organization with Semi Non-Reflection EMC laboratory or any organization in need for Antenna Calibration with low frequency in ASEAN countries. Electrical and Electronic Products Testing Center (PTEC) is concerned about establishing the Open Area Test Site (OATS) for economic and social benefits in organizational, national and international levels including increasing competitive capability to design, research and develop Thai telecommunication technology products as well as electrical and electronic products to reach international standards and decreasing the trade deficit from the overseas testing since the cost for testing and calibration abroad is very high and it takes long time. This also encourage the research studies and the technology transfer in testing, designing, researching and developing of electrical, electronical, telecommunication products and antenna in Thailand to support the policy of Thailand 4.0 by the government.

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	บ-1
บทคัดย่อภาษาไทย	บ-4
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	บ-6
สารบัญตาราง	บ-10
สารบัญภาพ	บ-11
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงการ	1-1
1.2 วัตถุประสงค์ และขอบเขตของโครงการ	1-2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1-3
บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 มาตรฐาน ANSI C63.7-2015	2-1
2.2 ทฤษฎี วงรีของ Fresnel สำหรับการออกแบบแผ่นกราวด์เพลน	2-16
2.3 ค่าเกณฑ์ยอมรับของ เรย์เร่ (Rayleigh criterion)	2-18
2.4 ค่าเกณฑ์การยอมรับของพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งตามมาตรฐาน ANSI C63.4	2-20
2.5 การศึกษาผลกระทบของแผ่นกราวด์เพลนต่อการวัดค่า NSA บนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง	2-22
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	
3.1 วิธีการ/ขั้นตอนการดำเนินโครงการ	3-1
3.2 แผนการดำเนินโครงการ	3-2
3.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากแผนการดำเนินโครงการ	3-8
บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการ	
4.1 ผลการศึกษาเบื้องต้น ประจำงวดที่ 1	4-1
4.2 ผลการดำเนินงานประจำงวดที่ 2	4-2
4.3 ผลการดำเนินงานประจำงวดที่ 3	4-6
4.4 ผลการดำเนินงานประจำงวดที่ 4	4-29

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ 5-1
5.2 ข้อเสนอแนะ 5-2
5.3 ข้อเสนอเชิงนโยบายเสนอต่อคณะกรรมการบริหารกองทุนฯ และ กสทช. 5-3

บรรณานุกรม **I**

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ผลการคำนวณการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบน OATS ก-1
ภาคผนวก ข แบบร่างการก่อสร้าง OATS ข-1
ภาคผนวก ค ข้อกำหนดและขอบเขตงานการจัดซื้อครุภัณฑ์และรายการครุภัณฑ์ ค-1
ภาคผนวก ง แบบการก่อสร้าง OATS ฉบับสมบูรณ์ ง-1
ภาคผนวก จ รายงานผลการทดสอบ การทวนสอบและสอบเทียบเครื่องมือและสายอากาศ จ-1
ภาคผนวก ฉ รายงานการดำเนินการจัดทำเอกสารเพื่อขอการรับรองห้องปฏิบัติการตามระบบ ISO/IEC 17025 ฉ-1
ภาคผนวก ช คำขอใบรับรองและรายงานการตรวจประเมิน ช-1
ภาคผนวก ซ เอกสารหลักสูตรอบรม ซ-1
ภาคผนวก ญ รายงานผลการทดสอบสายอากาศ ญ-1

ประวัตินักวิจัย ฎ-1

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2-1	ปัญหาและอุปสรรคของการใช้งานอุปกรณ์ทดสอบแต่ละชนิด	2-5
ตารางที่ 2-2	มิติของวงรี Fresnell สำหรับเงื่อนไขการวัดหลายรูปแบบ	2-10
ตารางที่ 2-3	ความราบเรียบของแผ่นกราวด์เพลน	2-12
ตารางที่ 2-4	แสดงขนาดของกราวด์เพลนแต่ละแบบ	2-24
ตารางที่ 3-1	ผลผลิตสำคัญ	3-1
ตารางที่ 3-2	แผนการดำเนินโครงการ	3-2
ตารางที่ 2-3	แผนปฏิบัติงานโครงการ	3-6
ตารางที่ 3-4	ผลงานที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัยฯ เป็นจำนวนนับ	3-8
ตารางที่ 4-1	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด	4-14
ตารางที่ 4-2	ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนนอนสูง 1 เมตร	4-19
ตารางที่ 4-3	ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนตั้งสูง 1 เมตร	4-20
ตารางที่ 4-4	ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนตั้งสูง 1.5 เมตร	4-21
ตารางที่ 4-5	สรุปผลคุณสมบัติของสายอากาศไดโพลร่วมกับบาลันบาซูก้า	4-24
ตารางที่ 4-6	สรุปผลอัตราขยายของสายอากาศไดโพลร่วมกับบาลันบาซูก้า	4-24

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2-1	พื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (Open Area Test Site : OATS)	2-1
รูปที่ 2-2	แสดงการวัดหาระดับสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่ผ่านอากาศในห้องปิดกั้นแบบกึ่งไร้คลื่นสะท้อน	2-2
รูปที่ 2-3	(Fully anechoic room (FAR)) (1 GHz to 18 GHz)	2-4
รูปที่ 2-4	แสดงการทดสอบหาระดับสัญญาณรบกวนแพร่กระจายผ่านอากาศโดยใช้ GTEM	2-4
รูปที่ 2-5	แสดงการประยุกต์ใช้งานพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งสำหรับการทดสอบด้าน EMC	2-8
รูปที่ 2-6	แสดงการประยุกต์ใช้งานพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งสำหรับการทดสอบด้านโทรคมนาคม	2-8
รูปที่ 2-7	โครงสร้างของพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งและส่วนพื้นที่ครอบคลุม	2-10
รูปที่ 2-8	แผ่นกราวด์เพลน (Ground plane)	2-11
รูปที่ 2-9	การต่อแผ่นกราวด์เพลน (Ground plane)	2-11
รูปที่ 2-10	การติดตั้งแผ่นกราวด์เพลน	2-11
รูปที่ 2-11	ความเรียบแผ่นกราว์ดเพลน	2-12
รูปที่ 2-12	การต่อระบบกราวด์บน OATS	2-13
รูปที่ 2-13	แท่นหมุน	2-13
รูปที่ 2-14	โครงสร้างเพื่อปกป้องสภาวะแวดล้อมขณะทดสอบขนาดใหญ่	2-14
รูปที่ 2-15	โครงสร้างเพื่อปกป้องสภาวะแวดล้อมขณะทดสอบ	2-14
รูปที่ 2-16	โครงสร้างซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่เปิด	2-15
รูปที่ 2-17	วัสดุที่ใช้ทำส่วนปกป้องสภาวะแวดล้อมขณะทดสอบ	2-16
รูปที่ 2-18	The Fresnel ellipses on a reflecting surface	2-17
รูปที่ 2-19	แสดงรูปแบบของแผ่นกราวด์เพลน	2-23
รูปที่ 2-20	แสดงการออกแบบแผ่นกราวด์เพลนที่ใช้ในการคำนวณ	2-23
รูปที่ 2-21	แสดงค่าความเบี่ยงเบนของสนามไฟฟ้าจากกราวด์เพลนทางทฤษฎี (สายอากาศแนวนอน)	2-25
รูปที่ 2-22	แสดงค่าความเบี่ยงเบนของสนามแม่เหล็กจากกราวด์เพลนทางทฤษฎี (สายอากาศแนวนอน)	2-26

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2-23	แสดงการแพร่กระแสไฟฟ้าพื้นผิวสำหรับพื้นที่วงรีและแบบพื้นที่น้อยที่สุด(แนวนอน,30MHz)	2-27
รูปที่ 2-24	แสดงการแพร่กระแสไฟฟ้าพื้นผิวสำหรับพื้นที่แบบพิเศษ (แนวนอน, 30MHz)	2-28
รูปที่ 2-25	แสดงสนามไฟฟ้าที่ขอบของแผ่นกราวด์เพลนแบบขนาดเล็กที่สุดเทียบกับแผ่นกราวด์เพลนแบบพิเศษ	2-30
รูปที่ 2-26	ขนาดของแผ่นกราวด์เพลนที่ปรับแล้ว	2-30
รูปที่ 4-1	แสดงผลการจำลองการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง	4-2
รูปที่ 4-2	แสดงผลการจำลองการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งโดยปรับขนาดกราวด์เพลน	4-2
รูปที่ 4-3	แสดงแบบการก่อสร้าง OATS บริเวณชั้นดาดฟ้าอาคารกลาง สวทช.	4-3
รูปที่ 4-4	แสดงพื้นที่ก่อสร้างที่ได้ดำเนินการปรับปรุงเพื่อรองรับการติดตั้งระบบทดสอบ OATS	4-4
รูปที่ 4-5	แสดงอุปกรณ์ประกอบสำหรับการติดตั้งบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง	4-5
รูปที่ 4-6	แสดงแบบการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) บนพื้นที่บริเวณชั้นดาดฟ้า	4-6
รูปที่ 4-7	แสดงแบบการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) บนพื้นที่บริเวณชั้นดาดฟ้า	4-7
รูปที่ 4-8	การเตรียมพื้นที่สำหรับการติดตั้ง OATS	4-8
รูปที่ 4-9	การขนส่งโครงสร้างขึ้นติดตั้งบนชั้นดาดฟ้า	4-8
รูปที่ 4-10	การติดตั้งโครงสร้างรับน้ำหนัก	4-9
รูปที่ 4-11	แสดงการติดตั้งแผ่นรับน้ำหนักบนโครงสร้าง	4-9
รูปที่ 4-12	แสดงการติดตั้งแผ่นอลูมิเนียมบนผิวแผ่นรับน้ำหนัก	4-10
รูปที่ 4-13	การติดตั้งแท่นหมุนบนโครงสร้างพื้น	4-10
รูปที่ 4-14	แสดงการติดตั้งเสาตั้งสายอากาศ	4-11
รูปที่ 4-15	การติดตั้งโดมครอบแท่นหมุน	4-11

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 4-16	OATS ที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ	4-12
รูปที่ 4-17	OATS ที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ(ต่อ)	4-12
รูปที่ 4-18	แสดงสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่พบได้ทั่วไป	4-13
รูปที่ 4-19	การติดตั้งสายอากาศสำหรับการตรวจวัดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่ผ่านอากาศ	4-16
รูปที่ 4-20	ผลการทดสอบสภาวะแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวแกนนอน	4-16
รูปที่ 4-21	ผลการทดสอบสภาวะแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวแกนตั้ง	4-17
รูปที่ 4-22	การทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA)	4-18
รูปที่ 4-23	แสดงการทวนสอบ สอบเทียบเครื่องมือและสายอากาศโดยมีผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำ	4-18
รูปที่ 4-24	ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนนอนสูง 1 เมตร	4-19
รูปที่ 4-25	ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนตั้งสูง 1 เมตร	4-20
รูปที่ 4-26	ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนตั้งสูง 1.5 เมตร	4-21
รูปที่ 4-27	โครงสร้างสายอากาศไดโพลร่วมกับบาลันบาซูก้าสำหรับประยุกต์ใช้ความถี่ 900 MHz	4-22
รูปที่ 4-28	ผลการจำลองคุณสมบัติของสายอากาศไดโพลร่วมกับบาลันบาซูก้าสำหรับประยุกต์ใช้ความถี่ 900 MHz	4-23

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงการ

ในการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ สารสนเทศและโทรคมนาคมของไทย ให้มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมในรับระดับสากล สามารถจำหน่ายในตลาดในประเทศและต่างๆ ประเทศ จำเป็นอย่างยิ่งจะต้องทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นๆ ให้ผ่านการทดสอบตามข้อกำหนดมาตรฐานด้านผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทเสียก่อนการทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถูกกำหนดขึ้นตามกฎระเบียบข้อบังคับของภายในประเทศซึ่งจะประกอบด้วย การทดสอบตามมาตรฐานด้านการใช้งาน การทดสอบมาตรฐานการโทรคมนาคม มาตรฐานด้านความปลอดภัย มาตรฐานประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้งาน และมาตรฐานด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ และการทดสอบต่างๆ จะต้องจัดทำขึ้นโดยห้องปฏิบัติการทดสอบที่มีความเป็นกลาง มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล เพื่อให้ผลการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ สามารถนำไปเปรียบเทียบกับผู้ผลิตรายอื่นๆ เพื่อลดความเลื่อมล้ำทางการค้า และยังทำให้ผู้บริโภคภายในประเทศได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับราคา ดังนั้นห้องปฏิบัติที่ทำการทดสอบจึงมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาและยกระดับขีดความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการในประเทศให้สูงขึ้น การบังคับใช้มาตรฐานต่างๆนี้ นอกจากจะช่วยสนับสนุนการวิจัย พัฒนา การส่งออกผลิตภัณฑ์แล้ว ยังเป็นการช่วยให้ผู้ผลิตภัณฑ์ ผู้ประกอบการสามารถเลือกที่จะนำผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามมาตรฐาน เข้ามาใช้หรือจำหน่ายในประเทศอีกด้วย ซึ่งเป็นการป้องกันในการนำเข้าสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐานมาใช้งานในประเทศได้อีกทางหนึ่ง

ในทางเทคนิค การทดสอบด้านโทรคมนาคมและด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าตามมาตรฐานสากล ต้องปฏิบัติในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Semi-Anechoic Chamber) ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน โดยบางครั้งผลการทดสอบด้านโทรคมนาคมและความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งปฏิบัติในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ จำเป็นต้องนำมาเปรียบเทียบกับ ผลการทดสอบบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (Open Area Test Site: OATS) เพื่อใช้ยืนยันความถูกต้อง และใช้ตรวจสอบกรณีน่าสงสัยที่เกี่ยวกับผลการวัดภายในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เนื่องจากตามปกติแล้ว พื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งถือเป็นการทดสอบในสภาวะเงื่อนไขการเป็นพื้นที่ไร้การสะท้อนคลื่นสมบูรณ์แบบ (Perfect non-reflection site) มากกว่าในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเป็นเงื่อนไขทางวิชาการที่ถูกต้องอย่างแท้จริง แต่ห้องปฏิบัติด้านโทรคมนาคมและ EMC ส่วนใหญ่ในโลก เลือกใช้ห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อทดสอบ เนื่องจากหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนจากภายนอก และสามารถจัดตั้งห้องทดสอบภายในบริเวณที่มีการใช้สัญญาณสื่อสารคับคั่งได้

สำหรับอุปกรณ์โทรคมนาคมและสายอากาศ ที่ใช้งานในย่านความถี่ต่ำ(low frequency: LF) ซึ่งมักมีขนาดใหญ่ เป็นอุปสรรคสำคัญในการทดสอบภายในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างมาก เนื่องจากทำการจัดวางการทดสอบ (setup) ได้ยากลำบาก เนื่องจากติดที่ความสูงของเพดานห้อง และในวงการโทรคมนาคมและ EMC ทุกประเทศ มักนิยมมีสถานที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) อย่างน้อย 1 แห่ง เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบผลการวัดในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในห้องปฏิบัติงานต่างๆ แต่ปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีหน่วยงานใดมีพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง ทำให้การทดสอบผลการวัดด้าน EMC และโทรคมนาคมยังไม่สามารถทำได้ตามมาตรฐาน

ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จึงนำเสนอโครงการจัดสร้างพื้นที่แบบเปิดโล่งเพื่อทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Compatibility: EMC) และสอบเทียบสายอากาศ (Antenna Calibration) ณ ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าและสอบเทียบสายอากาศ ให้เกิดขึ้นในประเทศไทย เพื่อใช้เป็นพื้นที่ทดสอบเปรียบเทียบ (comparison site) ให้กับหน่วยงานต่างๆ ที่มีห้องทดสอบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบกึ่งไร้การสะท้อน หรือมีความต้องการจะทำการสอบเทียบสายอากาศความถี่ต่ำในภูมิภาคอาเซียน (ASEAN) ด้วยเล็งเห็นประโยชน์ของการสร้าง OATS ที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจและสังคม ทั้งในระดับองค์กร ระดับประเทศ และระดับสากล อันได้แก่ การเพิ่มโอกาสการแข่งขันด้านการออกแบบ การวิจัยพัฒนา การผลิตอุปกรณ์เทคโนโลยีโทรคมนาคม และอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของไทยให้ได้มาตรฐานสากล ช่วยลดการขาดดุลการค้าจากการที่หน่วยงานต่างๆ จะต้องส่งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และสายอากาศความถี่ต่างๆ ไปทดสอบและสอบเทียบในต่างประเทศ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายการทดสอบ/สอบเทียบที่สูงและใช้เวลานาน และเป็นการผลักดันงานวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการทดสอบ การออกแบบ การวิจัยพัฒนา อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคมและออกแบบสายอากาศ ในประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ

1.2.1 เพื่อออกแบบสร้างพื้นที่ทดสอบและสอบเทียบสายอากาศ แบบ OATS ที่ระยะทดสอบอย่างน้อย 10 เมตร

1.2.2 เพื่อจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศให้เกิดขึ้นในประเทศไทย

1.2.3 ศึกษาในส่วนของขั้นตอนวิธีการออกแบบและจัดทำเอกสารที่เกี่ยวข้องในการจัดสร้าง และเพื่อทดสอบคุณสมบัติด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสายอากาศ เพื่อให้ได้การรับรองตามมาตรฐานสากล เพื่อใช้เป็นแนวทางในการขยายผลงานวิจัย เพื่อนำไปสู่การผลิตเชิงพานิชย์ต่อไป และเพื่อทำการตรวจสอบและรับรองผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานสากล เช่น ITU ETSI และ ISOฯ

1.2.4 เพื่อทำการวิจัยและพัฒนาเทคนิคและวิธีการใหม่ๆ ในการวัดด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า การเพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพในการทดสอบให้มีความถูกต้องแม่นยำด้วยต้นทุนที่ต่ำลง สนับสนุนนักวิจัยในประเทศให้มีความสามารถในการแข่งขันและยกระดับความสามารถให้เทียบเท่าสากล

1.2.5 เพื่อเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบด้านโทรคมนาคมเพื่อการยอมรับร่วม (mutual recognition agreement: MRA) ในระดับอาเซียน (ASEAN) และระดับสากล เช่น สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา ฯลฯ

1.2.6 เพื่อใช้เป็นห้องปฏิบัติการทดสอบกลางหรือพิสูจน์ทราบ เพื่อรองรับนโยบายการคุ้มครองผู้บริโภคสำหรับผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมในประเทศ

1.2.7 เพื่อเป็นห้องปฏิบัติการวิจัย ทดสอบเพื่อทำการทวนสอบประสิทธิภาพ (performance verification) ห้องปฏิบัติการทดสอบต่างๆ ในประเทศ ที่ขอรับรองขึ้นทะเบียนและแต่งตั้งเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบด้าน EMC ยานยนต์ และโทรคมนาคมในประเทศ

1.2.8 เพื่อเป็นห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาการทางด้านมาตรฐานด้านโทรคมนาคมของประเทศและด้าน EMC รองรับกระบวนการตรวจสอบผลิตภัณฑ์หลังการอนุญาต ให้จำหน่ายในตลาด (post market severance) ตามโครงสร้างด้านการตรวจสอบและรับรองผลิตภัณฑ์สากล

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 มีพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS)ที่ระยะทดสอบอย่างน้อย 10 เมตร เพื่อใช้ปฏิบัติการวิจัยพัฒนาและให้บริการทดสอบด้านการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศให้เกิดขึ้นในประเทศไทย

1.3.2 เป็นห้องปฏิบัติการทดสอบสายอากาศขนาดใหญ่ในภูมิภาคอาเซียนเพื่อใช้ทำการทวนสอบประสิทธิภาพ (performance verification) ห้องปฏิบัติการทดสอบต่างๆ ในประเทศ ที่ขอรับรองขึ้นทะเบียนและแต่งตั้งเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบด้าน EMC และโทรคมนาคมในประเทศและเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบด้านโทรคมนาคมเพื่อการยอมรับร่วม (mutual recognition agreement: MRA) ในระดับอาเซียน (ASEAN) และระดับสากลเช่น สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา ฯลฯ

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

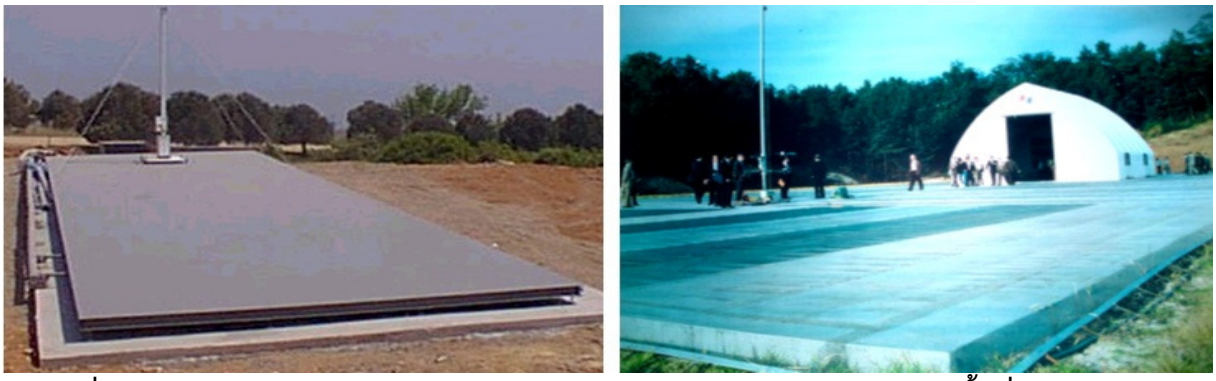
<u>ทฤษฎี และแนวความคิด</u>

2.1 มาตรฐาน ANSI C63.7-2015

มาตรฐาน ANSI C63.7-2015 โครงสร้างของพื้นที่ทดสอบสำหรับการวัดประสิทธิภาพการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านอากาศ (American National Standard Guide for Construction of Test Sites for Performing Radiated Emission Measurements)
ในการสร้างพื้นที่ทดสอบด้าน EMC นั้น ตามมาตรฐานแบ่งวิธีการสร้าง Site มี 4 วิธี คือ

1. พื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS and covered OATS) (30 MHz to 1 GHz)
2. ห้องทดสอบกึ่งไร้คลื่นสะท้อนแม่เหล็กไฟฟ้า (Semi-anechoic chamber) (SAC) (30 MHz to 18 GHz)
3. ห้องทดสอบไร้คลื่นสะท้อนแม่เหล็กไฟฟ้า (Fully anechoic room (FAR)) (1 GHz to 18 GHz)
4. การทดสอบการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสารข้อมูลของอุปกรณ์ด้านโทรคมนาคม ใน GHz Transverse Electromagnetic Mode Cell : GTEM cell

2.1.1 พื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (Open Area Test Site :OATS)



รูปที่ 2-1 แสดงการทดสอบหาระดับสัญญาณรบกวนแพร่กระจายผ่านอากาศบนพื้นที่เปิดโล่ง

พื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง เป็นพื้นที่มาตรฐานอ้างอิง (reference site) สำหรับการทดสอบด้าน EMC และด้านโทรคมนาคม ใช้เปรียบเทียบหรือยืนยันผลการทดสอบในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในกรณีที่ผลการวัดน่าสงสัย พื้นที่ดังกล่าวจะต้องอยู่ในบริเวณที่มีการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (ambient

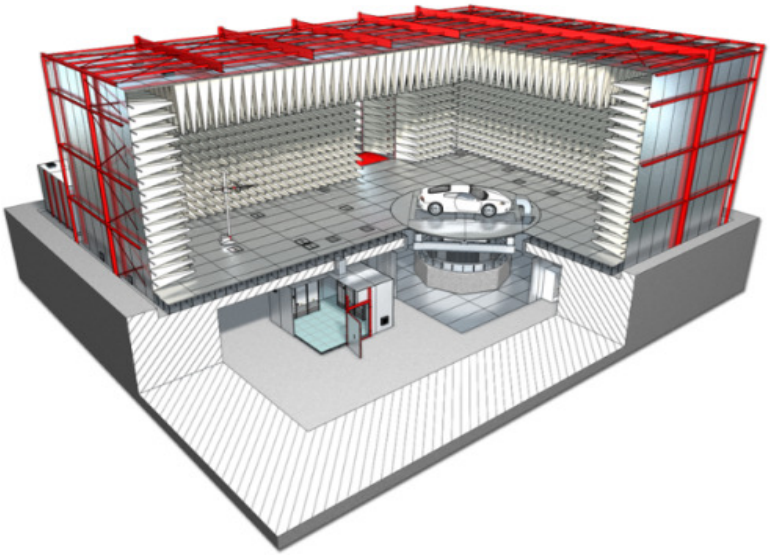
noise) น้อย หรือสามารถจำแนกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากอุปกรณ์ที่ต้องการวัดกับสัญญาณรบกวนจากสิ่งแวดล้อมได้ ส่วนประกอบสำคัญของ OATS คือ

- พื้นปูด้วยแผ่นโลหะเรียบหรือแผ่นตะแกรงลวด ซึ่งมีขนาดน้อยกว่า 1/10 ของความยาวคลื่น
- สายอากาศในการรับสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งแพร่ออกจาก EUT ซึ่งถูกติดตั้งอยู่บนเสาอากาศเคลื่อนที่ได้ (Antenna Mast) ความสูง 4 เมตร ถึง 10 เมตร
- แท่นหมุน เป็นจานโลหะรัศมี 1.5 เมตร ถึง 3 เมตร ใช้ในการวางอุปกรณ์ทดสอบ สามารถปรับมุมการหมุนได้ตั้งแต่ 0 องศาถึง 360 องศา เพื่อใช้ในการหาตำแหน่งที่ EUT แพร่สัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าออกมามากที่สุด

2.1.2 ห้องปิดกั้นคลื่นสนามไฟฟ้าแบบกึ่งไร้คลื่นสะท้อน (Semi-Anechoic Chamber)

การทดสอบการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสารข้อมูล ในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบกึ่งไร้คลื่นสะท้อน (Semi-Anechoic Chamber) ที่มีขนาดระยะทดสอบตามมาตรฐานสากล ซึ่งกำหนดระยะทดสอบไว้ 2 แบบคือ ที่ระยะทดสอบ 3 เมตร และที่ระยะทดสอบ 10 เมตร ตามลำดับ ห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ มีคุณสมบัติเป็นห้องที่ใช้กั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายในออกสู่ภายนอกและป้องกันสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนและสัญญาณวิทยุ (RFI) จากภายนอกเข้ามารบกวนอุปกรณ์ภายใต้การทดสอบภายในห้อง โดยห้องดังกล่าวประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- มีผนังเป็นโลหะหนาซึ่งมีค่าความซึมซาบทางแม่เหล็กไฟฟ้าสูง ใช้ปิดกั้น (shield) สัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องทดสอบและกั้นไม่ให้สัญญาณขณะทดสอบออกสู่ภายนอก
- มีผนังบุด้วยแผ่นเฟอร์ไรต์ (ferrite) ทั้ง 5 ด้าน ยกเว้นส่วนพื้นจะถูกปูด้วยแผ่นตัวนำไฟฟ้า แผ่นเฟอร์ไรต์นี้เป็นออกไซต์ของโลหะหลายๆชนิด ใช้ในการดูดซับคลื่นวิทยุและสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งสะท้อนไปมาภายในห้องขณะทำการทดสอบ โดยแผ่นเฟอร์ไรต์นี้ทำหน้าที่เสมือนว่าเป็นห้องที่ไม่มีผนังตามเงื่อนไขอวกาศอิสระ (free space)
- แผ่นโฟมผสมผงเฟอร์ไรต์ (ferrite form) ทำหน้าที่ดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่สูงกว่าภายในห้องไม่ให้เกิดการสะท้อน มีลักษณะเป็นกรวยแหลมถูกติดที่ผนังของห้อง

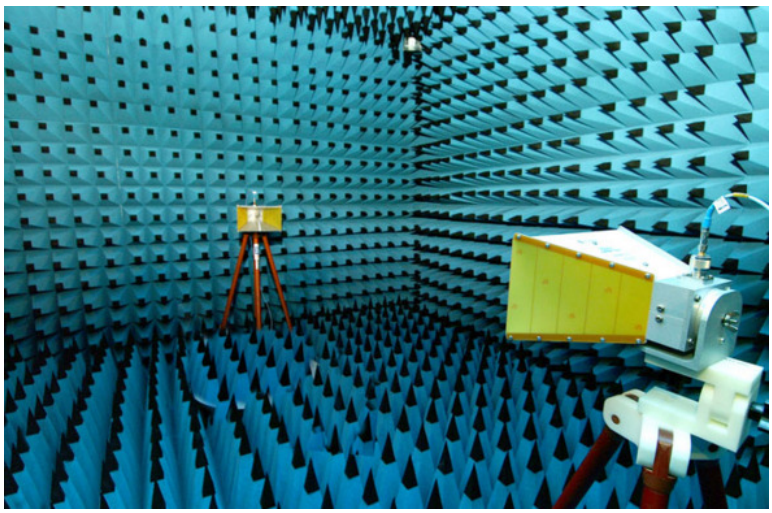


รูปที่ 2-2 แสดงการวัดหาระดับสัญญาณรบกวนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่ผ่านอากาศ ในห้องปิดกั้นแบบกึ่งไร้คลื่นสะท้อน

2.1.3 ห้องทดสอบไร้คลื่นสะท้อนแม่เหล็กไฟฟ้า (Fully anechoic room (FAR)) (1 GHz to 18 GHz)

ห้องปิดกั้นไร้คลื่นสะท้อนแม่เหล็กไฟฟ้า (Fully anechoic room (FAR) นี้ มีคุณสมบัติเป็นห้องที่ใช้กั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายในออกสู่ภายนอก และป้องกันสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนและสัญญาณวิทยุ (RFI) จากภายนอกเข้ามารบกวนอุปกรณ์ภายใต้การทดสอบภายในห้อง เหมือนกับห้อง semi-Anechoic chamber เพียงแต่ที่พื้นด้านล่างของห้องชนิดนี้ถูกปูด้วยแผ่นเฟอร์ไรต์และตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าด้วย ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติเป็นอวกาศอิสระ (free space) ไร้การสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ห้องดังกล่าวประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- มีผนังเป็นโลหะหนาซึ่งมีค่าความซึมซาบทางแม่เหล็กไฟฟ้าสูง ใช้ปิดกั้น (shield) สัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องทดสอบและกั้นไม่ให้สัญญาณขณะทดสอบออกสู่ภายนอก
- มีผนังบุด้วยแผ่นเฟอร์ไรต์ (ferrite) ซึ่งเป็นออกไซต์ของโลหะหลายๆชนิด ใช้ในการดูดซับคลื่นวิทยุและสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งสะท้อนไปมาภายในห้องขณะทำการทดสอบ โดยแผ่นเฟอร์ไรต์นี้ทำหน้าที่เสมือนว่าเป็นห้องที่ไม่มีผนังตามเงื่อนไขอวกาศอิสระ (free space)
- แผ่นโฟมผสมผงเฟอร์ไรต์ (ferrite form) ทำหน้าที่ดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่สูงกว่าภายในห้องไม่ให้เกิดการสะท้อน มีลักษณะเป็นกรวยแหลมถูกติดที่ผนังของห้อง



รูปที่ 2-3 (Fully anechoic room (FAR)) (1 GHz to 18 GHz)

2.1.4 GHz Transverse Electromagnetic Mode Cell: GTEM

GHz TEM (GTEM) เป็นโครงสร้างในการทดสอบ EUT ซึ่งมีขนาดเล็ก และมีโครงสร้างไม่ยุ่งยาก และไม่มีการต่อสายเคเบิลหรือสายสัญญาณเพิ่มเติม สามารถวัดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้เฉพาะ EUT ที่มีขนาดเล็กแสดงดังรูปที่ 2-4 ส่วนประกอบที่สำคัญประกอบด้วย

- ผนังทำด้วยโลหะขึ้นรูปปิรามิด ซึ่งมีค่าความซึมซาบทางแม่เหล็กสูงใช้ปิดกั้นสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายในออกสู่ภายนอก และจากภายนอกเข้าสู่ภายใน
- ผนังเฟอร์ไรต์ เป็นออกไซต์ของโลหะหลายชนิด ใช้ในการดูดซับสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งสะท้อนภายในห้อง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะถูกดูดซับและไม่มีการสะท้อนในห้องนี้ ถูกติดตั้งที่ปลายด้านป้านของ
  ปิรามิด
- แผ่นโฟมผสมผงเฟอร์ไรต์จะถูกดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่ต่ำภายในห้องไม่ให้เกิดการสะท้อน ถูกติดตั้งที่บริเวณด้านป้านของปิรามิด

รูปที่ 2-4 แสดงการทดสอบหาระดับสัญญาณรบกวนแพร่กระจายผ่านอากาศโดยใช้ GTEM

ปัญหาและอุปสรรคของการใช้งานอุปกรณ์ทดสอบแต่ละชนิด

เนื่องจากมาตรฐานสากลได้กำหนดทางเลือกในการใช้งานอุปกรณ์และพื้นที่สำหรับทำการทดสอบด้าน EMC และโทรคมนาคมไว้ 3 แบบ คือ ห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง และ GHz TEM cell แต่อุปกรณ์หรือพื้นที่แต่ละแบบมีข้อจำกัดแตกต่างกัน ดังนั้นห้องปฏิบัติการแต่ละที่จึงต้องทำการทวนสอบค่าผลการวัดที่ได้ กับพื้นที่ทดสอบอื่นๆ

ตารางที่ 2-1 ปัญหาและอุปสรรคของการใช้งานอุปกรณ์ทดสอบแต่ละชนิด

ชนิดของอุปกรณ์ทดสอบ	การเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียในการใช้งาน	
	ข้อดี	ข้อเสีย
ห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็ก ไฟฟ้าแบบกึ่งไร้คลื่นสะท้อน	-เป็นห้องทดสอบที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานสากล -สามารถตั้งอยู่ในบริเวณที่มีสภาวะแวดล้อมทางความถี่สูงได้ เนื่องจากเป็นห้องปิด -ตอบสนองการวัดความถี่สูงๆ ได้ -สามารถทำการทดสอบได้ในทุกสภาวะอากาศ เนื่องจากอยู่ภายในอาคาร	-ถูกจำกัดที่ขนาดของผลิตภัณฑ์ที่จะนำมาทดสอบ -ต้องบำรุงรักษา -ไม่สามารถสอบเทียบสายอากาศความถี่ต่ำๆ ได้ -เมื่อเกิดกรณีสงสัยเกี่ยวกับผลการวัดต้องไปใช้ พื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งเพื่อทำการทวนสอบ (verify) ผลการทดสอบ -เกิดปรากฏการณ์ รีโซแนซ์ (resonance) บางความถี่ เนื่องจากโครงสร้างของห้องเป็นแบบปิด ทำให้ผลการทดสอบบางความถี่น่าสงสัย -มีราคาแพง
พื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง	-เป็นพื้นที่ทดสอบที่มีคุณสมบัติตามมาตรฐานสากล -มีราคาถูก -บำรุงรักษาง่าย -ใช้เป็นพื้นที่ทดสอบอ้างอิง ในกรณีผลการวัดในห้อง ปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า น่าสงสัย	-ไม่สามารถทำการทดสอบได้ในทุกสภาวะอากาศ เนื่องจากอยู่ภายนอกอาคาร -ต้องหาที่ตั้งห่างจากบริเวณที่มีสัญญาณวิทยุหนาแน่น

ชนิดของอุปกรณ์ทดสอบ	การเปรียบเทียบข้อดี และข้อเสียในการใช้งาน	
	ข้อดี	ข้อเสีย
	-สามารถสอบเทียบสายอากาศความถี่ต่ำๆได้ -ไม่เกิดปรากฏการณ์ รีโซแนซ์ (resonance) บางความถี่เนื่องจากเป็นบริเวณเปิด	
GHz Transverse Electromagnetic Mode Cell	-ราคาถูก สามารถจัดหาได้ง่าย -สามารถตั้งอยู่ในบริเวณที่มีสภาวะแวดล้อมทางความถี่สูงได้ เนื่องจากเป็นตู้ปิดขนาดเล็ก -ตอบสนองการวัดความถี่สูงๆ ได้ -สามารถทำการทดสอบได้ในทุกสภาวะอากาศ เนื่องจากอยู่ภายในอาคาร	-ไม่เป็นพื้นที่ทดสอบตามมาตรฐานสากล -ให้ทดสอบได้เฉพาะผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กๆ เท่านั้น -ไม่สามารถสอบเทียบสายอากาศความถี่ต่ำๆได้ -เมื่อเกิดกรณีสงสัยเกี่ยวกับผลการวัดต้องไปใช้ พื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง หรือห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อทำการทวนสอบ(verify) ผลการทดสอบ -เกิดปรากฏการณ์รีโซแนซ์ (resonance) บางความถี่ เนื่องจากโครงสร้างของห้องเป็นแบบปิด ทำให้ผลการทดสอบบางความถี่น่าสงสัย

2.1.5 การทดสอบสายอากาศความถี่กว้าง

ในการวัดคุณสมบัติของสายอากาศ จะต้องนำสายอากาศดังกล่าวไปทดสอบในสภาพที่ติดตั้งห่างจากวัสดุต่างๆ เช่น ตึก อาคาร หรือพื้นดิน ที่อาจทำให้เกิดคลื่นสะท้อนขึ้นและมีผลต่อรูปแบบการแพร่คลื่น (radiated pattern) ได้ จึงไม่อาจระบุถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของสายอากาศได้เต็มร้อยเปอร์เซ็นต์ ตัวอย่างของมาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศ ANSI C63.7 ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดให้พื้นที่ที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศจะต้องมีโครงสร้างระยะทดสอบไม่ต่ำกว่า 10 เมตร โดยขึ้นกับขนาดของสายอากาศและความถี่ที่ใช้ พื้นที่ทดสอบนี้จะต้องได้รับการสอบ

เทียบคุณสมบัติของพื้นที่ทดสอบ (Normalize Site Attenuation: NAS) ก่อนการใช้งาน แต่เนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีพื้นที่ทดสอบสำหรับวัดคุณสมบัติของสายอากาศดังกล่าว ส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องส่งอุปกรณ์ไปทดสอบและสอบเทียบยังต่างประเทศ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายการทดสอบที่สูงและระยะเวลานาน

ตามมาตรฐานสากลแล้วการทดสอบด้าน EMC และโทรคมนาคม มักนิยมปฏิบัติการทดสอบในพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งด้วย เนื่องจากบางครั้งผลการทดสอบที่ปฏิบัติในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความน่าสงสัย และการใช้งานของห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสำหรับการทดสอบและสอบเทียบไม่สามารถใช้ได้ เช่น

- เมื่อวัดผลการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือสัญญาณวิทยุ ออกมาแล้วพบว่าที่ความถี่ต่ำๆ มีความแรงของสัญญาณสูงกว่าปกติ (ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการสะท้อน (reflect) คลื่นของเพดานและพื้นของห้องซึ่งหากทดสอบในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเกิดการรีโซแนนซ์ (resonance) ได้ง่ายกว่าในบางความถี่) ทำให้ห้องปฏิบัติการทดสอบนั้นๆ จะต้องนำผลการวัดที่ได้มาทำการเปรียบเทียบค่ากับ ผลของการทดสอบบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง
- ในกรณีที่อุปกรณ์ภายใต้การทดสอบ (equipment under test: EUT) มีขนาดใหญ่มากๆ จะทำให้ผลการทดสอบด้าน EMC และโทรคมนาคมในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากบางครั้งการเคลื่อนที่ของสายอากาศเพื่อให้ครอบคลุมความสูงของ EUT ถูกจำกัดที่ความสูงของเพดานห้อง จึงทำให้ต้องนำผลการทดสอบที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับผลการวัดบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง
- ตามระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ISO/IEC17025 ได้กำหนดให้ห้องปฏิบัติการทดสอบจะต้องทำการสอบเทียบอุปกรณ์การทดสอบทั้งหมดอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง โดยอุปกรณ์ในการทดสอบที่สำคัญที่ต้องทำการสอบเทียบทุกปีคือ การสอบเทียบคุณสมบัติด้านการลดทอนคลื่น (Normalize Site Attenuation: NSA) ของห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การสอบเทียบคุณสมบัติของห้องนี้ จำเป็นต้องใช้สายอากาศ (Antenna) ที่ถูกทำการสอบเทียบในห้องปฏิบัติการที่มี สภาวะแวดล้อมอื่นๆ ที่ไม่ใช่ภายในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นมาทำการสอบเทียบ ซึ่งตามมาตรฐานสากลแนะนำให้ทำการสอบเทียบคุณสมบัติของสายอากศบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง และนำสายอากาศดังกล่าวมาทำการวัดคุณสมบัติในการลดทอนคลื่นภายในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอีกครั้ง

  แต่เนื่องจากปัจจุบัน ในประเทศไทยยังไม่มีหน่วยงานใดมีพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งเลย จึงทำให้การสอบเทียบคุณสมบัติของสายอากาศสามารถทำได้ยาก โดยเฉพาะที่ความถี่ต่ำๆ จึงต้องทำการส่งสายอากาศดังกล่าวไปทำการสอบเทียบในต่างประเทศ ซึ่งมีราคาค่าทดสอบแพง ใช้ระยะเวลานาน และสูญเสียโอกาสในการแข่งขันของประเทศไทย อีกด้วย

- นอกจากนี้การประกาศบังคับใช้มาตรฐานของ กสทช. บางมาตรฐานเกี่ยวกับความปลอดภัยของมนุษย์จากการใช้เครื่องวิทยุคมนาคม เช่น มาตรฐานความปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์จากการใช้เครื่องวิทยุคมนาคม กทช.มท.5001-2550 ทำให้ต้องทำการทดสอบด้านความปลอดภัยของอุปกรณ์โทรคมนาคมที่มีการใช้งานย่านความถี่ต่ำ เช่น Radio Frequency Identification แบบความถี่ต่ำ (low frequency: LF) 124 kHz ด้วย ซึ่งการทดสอบนี้ไม่สามารถปฏิบัติได้ในห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีระยะทดสอบน้อยกว่า 10 เมตรได้ เนื่องจากความยาวคลื่น (frequency length: λ) ของอุปกรณ์ดังกล่าว มีความยาวมากกว่าขนาดของห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จึงทำให้ปัจจุบันต้องใช้วิธีการวัดแบบทางอ้อม ทำให้เกิดความเลื่อมล้ำด้านมาตรฐานของประเทศซึ่งประกาศบังคับใช้โดย กสทช. กับมาตรฐานระดับสากลได้ เนื่องจากตามมาตรฐานสากล หากต้องการเปรียบเทียบผลการวัดดังกล่าว จะต้องส่งอุปกรณ์ RFID นั้นไปทำการทดสอบในต่างประเทศ ซึ่งมีพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง ซึ่งราคาแพง และใช้ระยะเวลานาน ถือเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งต่อการวิจัยพัฒนาสาขา RFID ด้านความถี่ต่ำในประเทศไทยอีกด้วย

2.1.6 การประยุกต์ใช้พื้นที่ทดสอบและสอบเทียบสายอากาศ แบบเปิดโล่ง

รูปที่ 2-5 แสดงการประยุกต์ใช้งานพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งสำหรับการทดสอบด้าน EMC

รูปที่ 2-6 แสดงการประยุกต์ใช้งานพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งสำหรับการทดสอบด้านโทรคมนาคม

2.1.6.1 ใช้สอบเทียบคุณสมบัติของสายอากาศได้ทุกชนิด ตั้งแต่ความถี่ต่ำไปจนถึงความถี่สูง ได้ตามมาตรฐานสากล รวมไปถึงใช้ในการทวนสอบ (Verify) ผลการทดสอบอุปกรณ์โทรคมนาคม และระบบโทรคมนาคมใหญ่ๆ ทั้ง ระบบ เช่นระบบ AM FM Microwave link ระบบ Radar ระบบ Telecom Base Station ไปจนถึงดาวเทียม (ทั้งนี้ ความสามารถการสอบเทียบของ OATS ขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ ที่ได้รับและเครื่องมือที่ใช้งานด้วย)

2.1.6.2 ใช้ทดสอบการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับอุปกรณ์ โครงข่ายโทรคมนาคมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีขนาดใหญ่กว่า 1 เมตร ขึ้นไปได้

2.1.6.3 เป็นสถานีทดสอบอ้างอิง (EMC and Telecommunication Reference Site) สำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบด้านโทรคมนาคม ด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า ต่างๆ ในประเทศ เพื่อให้มีคุณภาพของการทดสอบเทียบเท่ากับมาตรฐานสากล

2.1.6.4 ใช้เพื่อส่งเสริมการวิจัยพัฒนา สาขาโทรคมนาคมและ EMC ให้กับสถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ และเอกชน ในประเทศที่สนใจการพัฒนาผลิตภัณฑ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคม สายอากาศ ในระดับต้นแบบ (proto type) ไปสู่การผลิตอุตสาหกรรม

2.1.6.5 สนับสนุนการประกาศบังคับใช้มาตรฐานของ สำนักงาน กสทช. เกี่ยวกับการทดสอบด้านความปลอดภัยต่อสุขภาพของมนุษย์จากการใช้เครื่องวิทยุคมนาคม กทช.มท.5001-2550

2.1.7 ส่วนประกอบของพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง OATS and covered OATS (30 MHz to 1 GHz)

มาตรฐาน ANSI C63.7 เป็นเงื่อนไขทั่วไปสำหรับพื้นที่ทดสอบ (Test Sits) โดยเฉพาะพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (open area test site: OATS) สามารถใช้วัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสายตัวนำไฟฟ้า (Conducted Emission) ในช่วงความถี่ 30MHz – 1GHz ซึ่งต้องคุณลักษณะตามมาตรฐาน ANSI C63.7

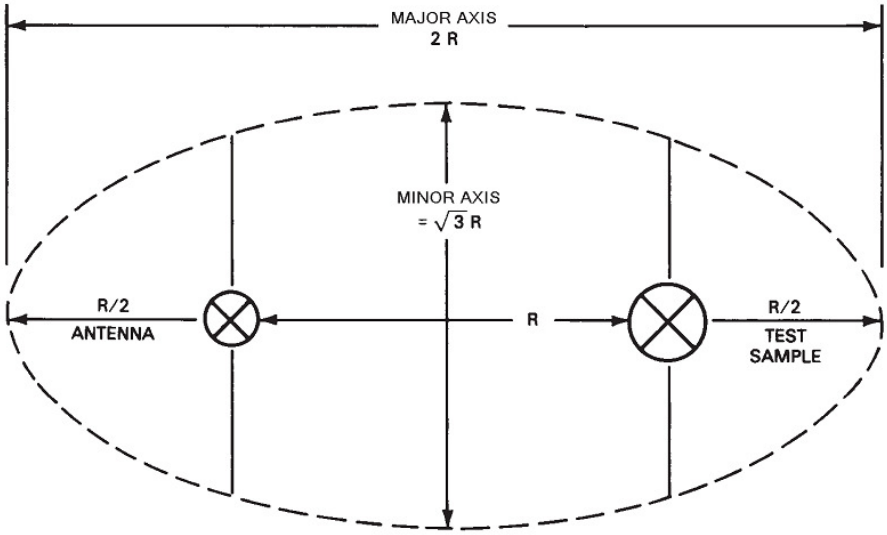
โดยโครงสร้างของ OATS ประกอบด้วยส่วนหลักได้ 3 ส่วนดังนี้

1. แผ่นกราวด์เพลนตัวนำเรียบ(conductive ground plane) ปูในพื้นที่เปิดที่มีความราบเรียบ บนพื้นที่ที่มีความเรียบใกล้เคียงกัน สำหรับวางอุปกรณ์ที่ต้องการวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
2. โครงสร้างหลังคาใช้สำหรับปิดกั้นสภาวะแวดล้อมรบกวน ขณะทำการทดสอบ(conductive platform)
3. แผ่นกราวด์เพลนขนาดใหญ่ครอบคลุมบริเวณทดสอบ (conductive ground plane) ในซึ่งถูกจัดการให้มีการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าน้อยมาก

2.1.8 บริเวณปราศจากสิ่งกีดขวาง (Obstruction-free area)

ตามมาตรฐาน ANSI C63.7 การออกแบบขนาดและรูปร่างของพื้นที่ OATS จะขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ที่ต้องการวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศภาครับ

โดยปกติการวัดค่าความยาวนี้จะวัดระยะห่างจากแท่นหมุน (turntable) ไปยังสายอากาศภาครับ โดยกำหนดรูปลักษณะเป็นวงรี (ellipse) โดยมีความยาวของแกนหลักหรือความยาวทั้งหมดเป็น 2 เท่าของระยะทางที่วัดจากแท่นหมุน (turntable) ไปยังสายอากาศภาครับ (R) และมีแกนรองเท่ากับรากที่สองของ 3 คูณกับระยะห่างของแท่นหมุน (turntable) ไปยังสายอากาศภาครับ (รูปที่ 2-7)



รูปที่ 2-7 โครงสร้างของพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งและส่วนพื้นที่ครอบคลุม

ตารางที่ 2-2 มิติของวงรี Fresnell สำหรับเงื่อนไขการวัดหลายรูปแบบ

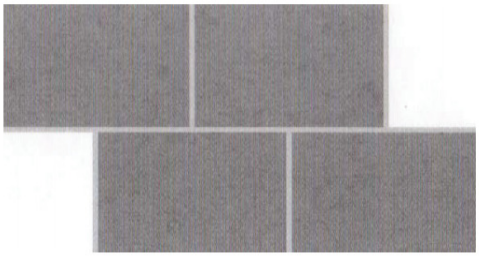
Measurement distance (m)	Frequency (MHz)	Antenna heights (m)		Ellipse axes (m)		Ellipse center (m) (see NOTE 2)
				Major	Minor	
R		h_1	h_2	$2X_1$	$2Y_1$	X_0
3 (see NOTE 1)	30	1	4	9.9	9.5	1.4
		2	4	11.3	11.0	1.5
	100	1	4	5.9	5.3	1.2
		2	4	7.6	7.1	1.4
	1000	1	4	4.0	3.4	1.0
		2	4	6.1	5.5	1.3
10	30	1	4	15.3	12.0	4.7
		2	4	16.3	13.0	4.9
	100	1	4	10.8	6.6	4.3
		2	4	12.4	8.1	4.7
	1000	1	4	7.7	3.6	3.4
		2	4	10.6	5.7	4.5
30	30	1	4	34.5	18.3	14.6
		2	4	35.2	18.9	14.8
	100	1	4	29.5	10.1	13.9
		2	4	31.1	11.1	14.5
	1000	1	4	22.5	4.3	11.0
		2	4	28.0	6.1	13.7

NOTE 1—The dimensions of the first Fresnel ellipse calculated for the 3 m measurement distance at 30 MHz are larger than the recommended obstruction-free area ellipse dimensions in Figure A.1. See Clause 5 and 6.1 for further discussion.

NOTE 2—X_0 is the distance from the position of the EUT to the center of the first Fresnel ellipse. (See Figure A.1.)

2.1.9 โครงสร้างของพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง

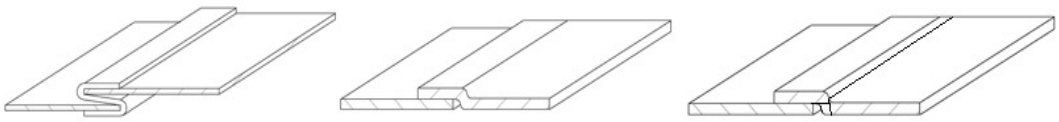
แผ่นกราวด์เพลน (Ground plane) เป็นวัสดุหลักที่ทำให้เกิดการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการทดสอบการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่ผ่านอากาศ (Radiated Emission) สำหรับพื้นที่ทดสอบที่มีการติดตั้งแท่นหมุน (turntable) สำหรับวางอุปกรณ์ขณะทำการทดสอบอยู่ด้วย ขนาดของแผ่นกราวด์เพลนที่เล็กที่สุดต้องเป็นไปตามมาตรฐาน โดยการวาง แผ่นกราวด์เพลนต้องจัดวางในลักษณะดังนี้



รูปที่ 2-8 แผ่นกราวด์เพลน (Ground plane)

สำหรับการต่อแผ่นกราวด์เพลนจะมีการต่อแผ่น อยู่หลายวิธี เช่น

1. การต่อแบบ Z-channel คือการต่อเหลื่อมแผ่นกราวด์เพลนแล้วเดินตะเข็บตามรอยต่อตลอดพื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ (2)
2. การต่อแบบเหลื่อมแผ่นกราวด์เพลน (Lap technique to connect adjacent sheets of ground plane) หรือการใช้แผ่นต่อแล้วเดินตะเข็บตามรอยต่อ
3. การใช้แผ่นโลหะสองแผ่นชนกันและมีแผ่นปะกับทับที่รอยต่อตลอดแนวเหมือนในห้อง EMC Chamber



รูปที่ 2-9 การต่อแผ่นกราวด์เพลน (Ground plane)

รูปที่ 2-10 การติดตั้งแผ่นกราว์ดเพลน

ความเรียบของแผ่นกราวด์เพลน (Smoothness of ground plane) ต้องเป็นไปตามตารางข้างล่างตามตาราง 2-3

ตารางที่ 2-3 ความราบเรียบของแผ่นกราวด์เพลน

Measurement distance, R (m)	Source height, h_1 (m)	Maximum receiving antenna height, h_2 (m)	Maximum rms roughness, b: In wavelengths	At 1000 MHz (cm)	(in)
3	1	4	0.15λ	4.5	1.8
10	1	4	0.28λ	8.4	3.3
30	2	4	0.64λ	19.1	7.5

NOTE 1—The rms roughness b is determined from a profile section of the surface. For a random rough surface the rms value is equal to the standard deviation.

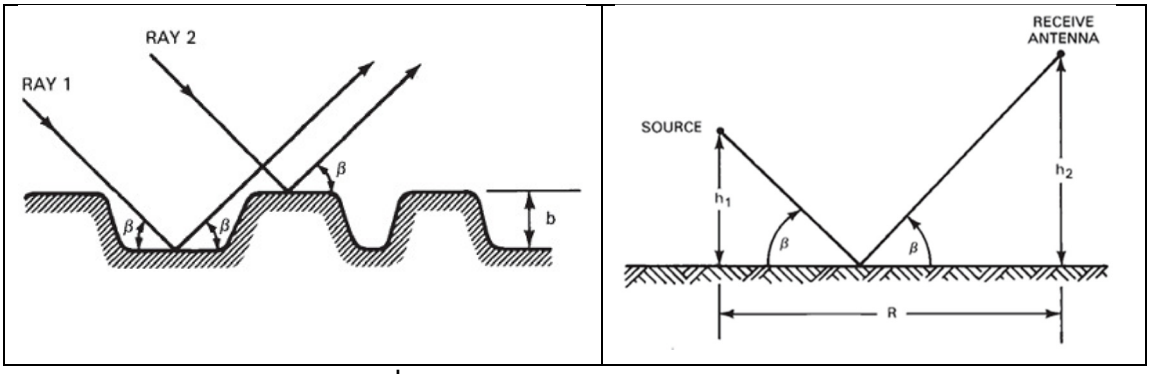
NOTE 2—The Rayleigh criterion for a smooth surface is

$$b < \frac{\lambda}{8}\left[1+\left(\frac{R}{h_1+h_2}\right)^2\right]^{1/2}$$

where

h_1, h_2, R are shown in Figure B.2;

λ is the wavelength in meters.



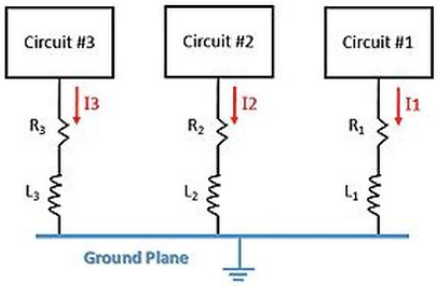
รูปที่ 2-11 ความเรียบแผ่นกราว์ดเพลน

2.1.9.1 วัสดุที่ใช้ทำแผ่นกราวด์เพลน (Ground-plane material)

วัสดุที่สามารถนำมาใช้ทำแผ่นกราวด์เพลน ประกอบด้วยวัสดุดังต่อไปนี้ แผ่นทองแดง เหล็กสังกะสี อลูมิเนียม แผ่นฟลอยด์ ตะแกงลวด ฯลฯ ถ้าเป็นแผ่นโลหะจะต้องสามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ตลอดอายุการใช้งานได้ เช่น ถ้าเป็นเหล็กต้องเคลือบด้วยกัลวาไนซ์ (galvanized) และระหว่างแผ่นต้องไม่มีช่องว่าง(gab) ที่มีความกว้างมากกว่า 1/10 ความยาวคลื่น(wavelength) ซึ่งการต่อระหว่างแผ่นกราวด์รอยต่อต้องไม่เกิดออกไซต์หรือการกัดกร่อน (oxidize or corrode) ซึ่งต้องสามารถวัดค่า Normalize Site Attenuation: NSA และ Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) เป็นไปตาม ANSI C63.4

2.1.9.2 ระบบกราวด์ (Grounding)

การติดตั้งระบบกราวด์ของพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งต้องดำเนินการเป็นแบบเชื่อมต่อจุดเดียว (single point) ทั้งแผ่น โดยเชื่อมต่อแผ่นกราวด์ของพื้นที่ทดสอบเข้ากับกราวด์ของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการทดสอบและกราวด์ของเครื่องมือวัดเข้าด้วยกัน โดยใช้วิธีการปักแท่งกราวด์ (ground rod) ปักลงที่พื้นโดยทำมุม 90 องศากับพื้นดินและเชื่อมต่อกับแผ่นกราวด์เพลนหลัก



รูปที่ 2-12 การต่อระบบกราวด์บน OATS

2.1.9.3 แท่นหมุน (Turntables)

แท่นหมุน (turntables) ต้องสามารถควบคุมได้ระยะไกลและสามารถควบคุมการหมุนได้ 360 องศา ทั้งไปและกลับ โดยมีปลั๊กและสายไฟฟ้าต้องอยู่ตรงกลางในช่องว่างระหว่างแท่นหมุน และต้องดำเนินการต่อแท่นหมุนเข้ากับแผ่นกราวด์เพลนให้ถึงกันทางไฟฟ้า โดยใช้แปรงโลหะตัวนำ สอดแทรกระหว่างแท่นหมุนกับแผ่นกราวด์เพลน เพื่อป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่ออกไปรบกวนอุปกรณ์ขณะทำการทดสอบ

รูปที่ 2-13 แท่นหมุน

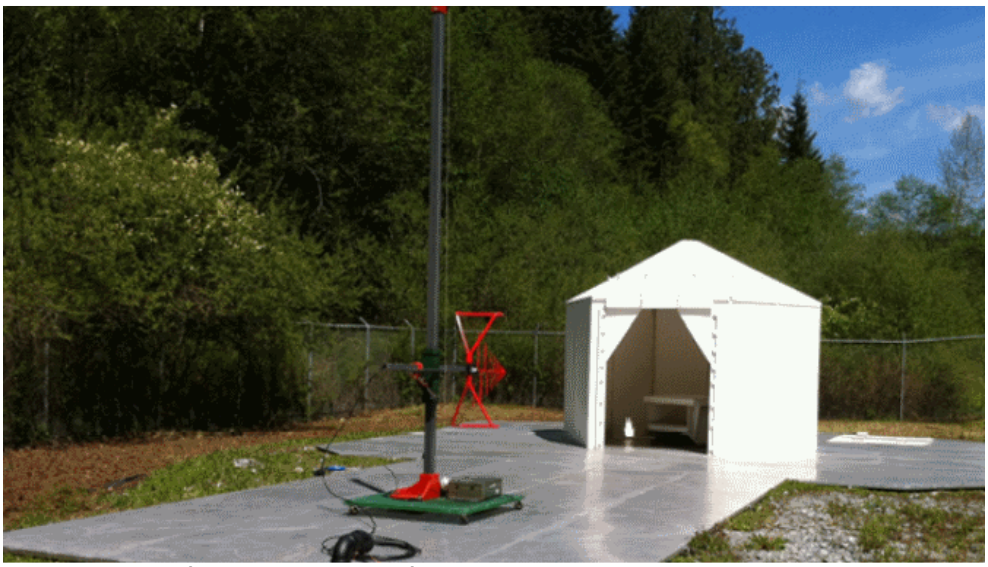
2.1.10 โครงสร้างเพื่อปกป้องสภาวะแวดล้อมขณะทดสอบ (Weather-protection construction for covered OATS test sites)

โครงสร้างเพื่อปกป้องสภาวะแวดล้อมขณะทดสอบ เช่น แดด ฝน ความร้อน ฯ ที่นิยมมีการสร้างมีอยู่ 3 แบบคือ

1. โครงสร้างขนาดใหญ่ซึ่งใช้ครอบคลุมบริเวณการวัดทั้งหมด ทั้งแท่นหมุน เสาอากาศรับสัญญาณ และอุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ ก.14

รูปที่ 2-14 โครงสร้างเพื่อปกป้องสภาวะแวดล้อมขณะทดสอบขนาดใหญ่

2. โครงสร้างขนาดเล็กใช้ครอบคลุมเฉพาะส่วนอุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ แต่ไม่ครอบคลุมสายอากาศรับ ดังแสดงในรูปที่ 2-15



รูปที่ 2-15 โครงสร้างเพื่อปกป้องสภาวะแวดล้อมขณะทดสอบ

3. โครงสร้างซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่เปิดโล่ง และไม่มีการทำโครงสร้างครอบคลุมอุปกรณ์ที่ต้องการวัดและสายอากาศภาครับ ดังแสดงในรูปที่ 2-16

รูปที่ 2-16 โครงสร้างซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่เปิดโล่ง

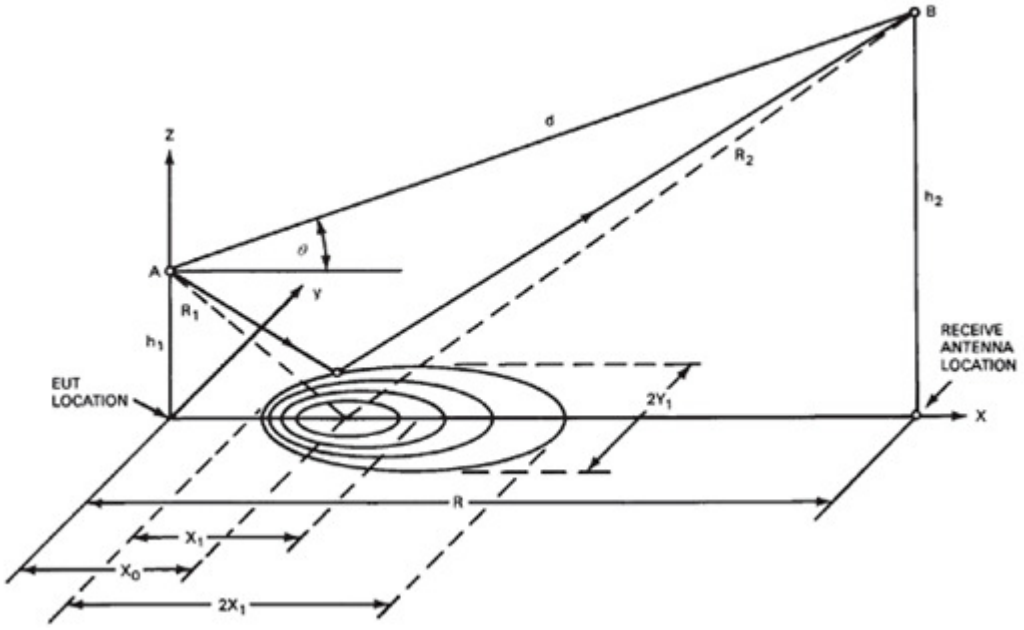
2.1.10.1 วัสดุที่ใช้ทำส่วนปกป้องสภาวะแวดล้อมขณะทดสอบ(Materials and fasteners)

สำหรับพื้นที่ทดสอบที่ใช้วัดความถี่ถึง 1000MHz วัดสุที่ใช้ต้องไม่มีการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น แผ่นไฟเบอร์กลาส (fiberglass) พลาสติก (plastics) ฟาบริก (fabric) ไม้ (sealed woods) โดยถ้าใช้วัสดุเป็นพลาสติกหรือไฟเบอร์กลาส จะใช้กับการสร้างส่วนปกป้อง ในโครงสร้างแบบที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

รูปที่ 2-17 วัสดุที่ใช้ทำส่วนปกป้องสภาวะแวดล้อมขณะทดสอบ

2.2 ทฤษฎี วงรีของ Fresnel สำหรับการออกแบบแผ่นกราวด์เพลน

จากรูปที่ 2-18 แสดงพิกัด XY ของการทดสอบบนพื้นที่เปิดโล่ง จากรูปแหล่งกำเนิดสัญญาณถูกวางอยู่ในที่ตำแหน่งพิกัด A(0, 0, h1) จะเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวแพร่บนพื้นผิวบนระนาบ XY สนามไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้มีทั้งแผ่กระจายตรง และจากการสะท้อนบนแผ่นกราวด์เพลน ซึ่งผลรวมของสนามเหนี่ยวนำสามารถวัดได้ที่จุด B(R, 0, h2)



รูปที่ 2-18 The Fresnel ellipses on a reflecting surface

จากรูปการสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับพื้นกราวด์ (R1+R2) จะมีความยาวมากกว่าเส้นการสะท้อนโดยตรง(d) ซึ่งการเพิ่มของความยาว δ นี้หาได้จากสมการ

$$\delta = R_1 - R_2 - d \qquad \textbf{(A1)}$$

สำหรับการหาค่า δ และ d หาได้จากสมการ

$$R_1 + R_2 = \delta + d = \text{Constant} \qquad \textbf{(A2)}$$

สมการ (A.2) เป็นสมการค่าคงที่ของวงรี ซึ่งมีจุดสัมผัสกับระนาบ XY จากรูปจุดที่สะท้อน δ นี้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าใช้เวลาเดินทางนานกว่าการสะท้อนโดยตรง (d) ถ้า δ มีระยะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่าของ $\lambda/2$ ดังนั้นวงรีที่ใหม่ หาได้จากการแทนค่า δ ในสมการที (A1) โดย δn

$$\boldsymbol{\sigma_n = \sigma + \frac{n\lambda}{2}}, \text{ n=0,1,2} \qquad \textbf{(A3)}$$

สำหรับกรณีที่ n = 0 จุดตัดของวงรี ซึ่งเป็นรูปเรขาคณิตของการสะท้อน มุมเฟสเฉลี่ยของการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสองจุดที่อยู่ใกล้เคียงกันจะแตกต่างจากบริเวณที่อยู่ติดกัน $\lambda/2$

โดย π คือคลื่นการแพร่กระจาย**วงรี** แสดงในรูปของ *R*, *h*1, *h*2, δ จุดกึ่งกลางของ**วงรี** (*X*0, 0, 0) หาได้จากสมการ A4

$$X_0 = \frac{R}{2}\left[1 - \frac{\tan^2\theta}{\left(\frac{\delta_n}{R} + \sec\theta\right)^2 - 1}\right] \quad \textbf{(A4)}$$

เมื่อ มุมจากเส้น d & a ถึงจุด A – ขนานกับแกน X semi-minor axis ได้จากสมการ A5

$$Y_1 = \frac{R}{2}\left\{\left[\left(\frac{\delta_n}{R}\right)^2 + \frac{2\delta_n}{R}\sec\theta\right]\left[1 - \frac{\tan^2\theta}{\left(\frac{\delta_n}{R} + \sec\theta\right)^2 - 1}\right]\right\}^{1/2} \quad \textbf{(A5)}$$

semi-major axis หาได้จากสมการ A6

$$X_1 = Y_1\left[1 + \frac{1}{\left(\frac{\delta_n}{R} + \sec\theta\right)^2 - 1}\right]^{1/2} \quad \textbf{(A6)}$$

2.3 ค่าเกณฑ์ยอมรับของ เรย์เร่ (Rayleigh criterion)

2.3.1 พื้นที่เปิดโล่งและส่วนปกป้อง (OATS and covered OATS)

Rayleigh ได้แนะนำสมการที่ใช้ในการหาค่าเกณฑ์การยอมรับสำหรับพื้นผิวเรียบ (specularly) ดังแสดงในรูปที่ B1 ซึ่งได้มาจาก Beckmann และ Spizzichino คือถ้ารังสี 2 เส้นที่ปรากฏบนพื้นผิวเรียบที่มีความสูง b ที่มุม grazing β จะได้ความแตกต่างระหว่างรังสีทั้ง 2 เส้น ดังสมการ B1

$$\Delta d = 2b\sin\beta \quad \textbf{(B1)}$$

มุมเฟสแตกต่างหาได้จากสมการ B2

$$\Delta\emptyset = \frac{2\pi}{\pi}\Delta d = \frac{4\pi}{\pi s}sin\beta \quad \textbf{(B2)}$$

ถ้าค่ามุมแตกต่างมีค่าน้อย หมายถึงรังสีทั้ง 2 เส้นจะมีค่าใกล้กัน หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีมุมเฟสเดียวกัน ดังนั้นเมื่อใช้ผิวสะท้อนที่มีความราบเรียบสูง เป็นแผ่นกราวด์ที่พื้น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเสริมกันทำให้มีค่าเพิ่มขึ้น

$$\Delta\emptyset = \pi$$

เหตุการณ์นี้ จะเปลี่ยนไปเมื่อ พื้นผิวที่ใช้ทำแผ่นกราวด์เพลนเป็นผิวขรุขระ ในกรณีนี้จะมีพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเปลี่ยนไปในทิศทางอื่นๆ ในกรณี แผ่นกราวด์เพลนเป็นผิวขรุขระ

$$\Delta\emptyset = 0$$

ดังนั้นเพื่อเป็นการเฉลี่ย Rayleigh จึงเลือกใช้ค่ากลาง ระหว่างทั้งสองกรณีคือ

$$\Delta\emptyset = \frac{\pi}{2}$$

เกณฑ์การยอมรับของเรย์เร่ Rayleigh criterion กรณีพื้นผิวราบเรียบ

$$b < \frac{\lambda}{8sin\beta} \quad \textbf{(B3)}$$

สำหรับการวัดระยะ R และ แหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความสูงของสายอากาศส่ง ($h1$) และสายอากาศรับ ($h2$) (ดังแสดงในรูปที่ 2) ได้จากสมการ B4

$$\sin\beta = \frac{h_1 + h_2}{\left[R^2 + (h_1 + h_2)^2\right]^{1/2}} \quad \textbf{(B4)}$$

สมการที่ B3 สามารถเขียนใหม่ได้ตามสมการ B5

$$b < \lambda\left[\frac{R^2 + (h_1 + h_2)^2}{8(h_1 + h_2)}\right]^{1/2} \quad \textbf{(B5)}$$

หรือตามสมการ B6

$$b < \frac{\lambda}{8}\left[1 + \left(\frac{R}{h_1 + h_2}\right)^2\right]^{1/2} \quad \textbf{(B6)}$$

ด้านขวามือของสมการ (B5) และ (B6) คือค่าเล็กที่สุด เมื่อสายอากาศตัวรับสูง h_2^{max} ในการวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีการปรับความสูงของสายอากาศที่ระดับความสูง $h_2^{min} \leq h_2 \leq h_2^{max}$

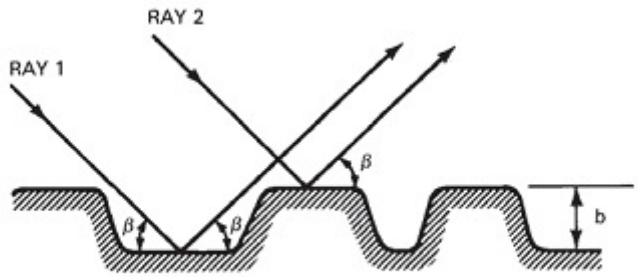


Figure B.1—The Rayleigh criterion

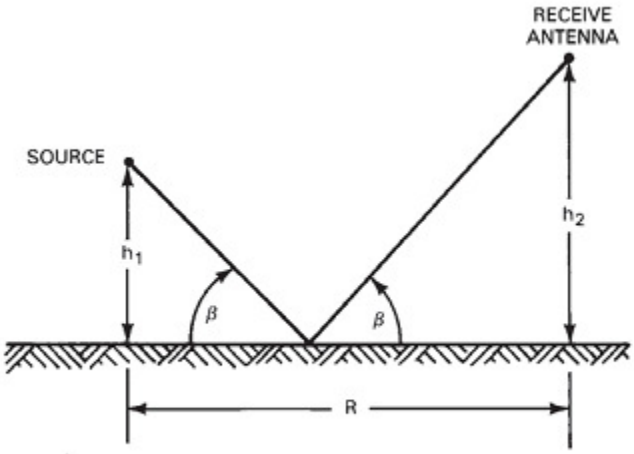


Figure B.2—Reflection geometry

2.4 ค่าเกณฑ์การยอมรับของพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งตามมาตรฐาน ANSI C63.4

2.4.1 การสอบเทียบสายอากาศตามมาตรฐาน ANSI C63.5

การสอบเทียบสายอากาศทุกชนิดต้องทำตามมาตรฐาน ANSI C63.5 รวมถึงสายอากาศที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการวัดค่า normalize site attenuation: NSA สำหรับการทวนสอบ (validation) พื้นที่ทดสอบมาตรฐาน และพื้นที่ทดสอบทางเลือก และสายอากาศสำหรับใช้ทดสอบ SVSWR สำหรับ Validation ที่ความถี่มากกว่า 1GHz สายอากาศที่ใช้ต้องถูกสอบเทียบซ้ำทุกๆ รอบของการสอบเทียบ และจะต้องมีการสอบเทียบซ้ำหลังจากที่ได้มีการซ่อมแซมทุกครั้ง

2.4.2 ระดับของสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในสภาวะแวดล้อมและระดับสัญญาณที่ใช้ในการทดสอบ

ระดับของสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ambient signal levels) ที่เกิดจากสายตัวนำและในอากาศ ที่ถูกวัดได้บนพื้นที่ทดสอบต้องมีค่าต่ำกว่า 6dB จากเส้นจำกัดของการวัดในมาตรฐาน (limits line) ของแต่ละมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่กำหนด

2.4.3 ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการวัดและแท่นหมุน ตามมาตรฐาน ANSI C63.4

แท่นหมุน (turntable) ที่ถูกติดตั้งบนพื้นที่ทดสอบ จัดทำขึ้นเพื่อใช้สำหรับรองรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการวัด (EUT) โดยแท่นหมุนต้องสามารถหมุนได้ 360 องศา เพื่อหาค่าการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงสุดตลอดย่านความถี่ที่กำหนด สำหรับEUT แบบตั้งบนพื้น ต้องถูกวางบนผิวที่ทำด้วยแผ่นโลหะเรียบทั้งหมด สำหรับ EUT ชนิดใช้งานทั่วไปแบบวางบนโต๊ะ นั้น โต๊ะที่ใช้ต้องทำด้วยวัสดุซึ่ง

ไม่ใช่โลหะ และจะจัดวางโต๊ะเหนือแผ่นกราวด์บนแท่นหมุน ซึ่งต้องถูกออกแบบมาสำหรับการวัดการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทางอากาศ ซึ่งต้องมีค่า NSA ไม่เกินค่าในมาตรฐานกำหนด

2.4.4 พื้นที่ทดสอบตามมาตรฐาน ANSI C63.4

พื้นที่ทดสอบมาตรฐานจะต้องเป็นพื้นที่เปิดโล่งและราบเรียบไม่มีสายไฟฟ้าและสิ่งที่จะทำให้เกิดการสะท้อนที่มีนัยสำคัญ ซึ่งต้องมีระยะเพียงพอสำหรับการติดตั้งสายอากาศรับ หรือที่เรียกว่า OATS เมื่อปูพื้นด้วยแผ่นการวด์เพลน ต้องมีพื้นที่เพียงพอสำหรับติดตั้งจัดวางอุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบและสายอากาศ (EUT & Antenna) และอุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง สำหรับการสะท้อนที่เกิดขึ้นจากมนุษย์จะไม่ถูกรวมอยู่ในผลการทดสอบด้วย แผ่นกราวด์ซึ่งปูที่พื้นต้องครอบคลุมพื้นที่ทดสอบทั้งหมด ตามมาตรฐาน ANSI C63.7 เมื่อกำหนดให้สายอากาศและ EUT มีระยะห่าง 3 m 10m 30m นั้นพื้นที่ทดสอบมาตรฐานต้องมีผลการวัด NSA เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI C63.7

2.4.5 พื้นที่ทดสอบทางเลือกตามมาตรฐาน ANSI C63.4

การวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านอากาศ (Radiated emissions) โดยใช้พื้นที่ทดสอบทางเลือก(alternative test sites) รวมถึงบริเวณที่มีการใช้ตัวดูดซับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเสริมประสิทธิภาพ (RF absorber-lined metal test chambers) ต้องถูกจัดวางบนแผ่นวัสดุตัวนำ (conductive material) ซึ่งมีขนาดเพียงพอสำหรับการวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านอากาศ และต้องมีค่า NSA เป็นไปตามมาตรฐาน ANSI C63.4

2.4.6 แผ่นกราวด์เพลนสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ANSI C63.4

แผ่นกราวด์เพลนสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (reflecting ground plane) ต้องถูกติดตั้งที่พื้นที่ทดสอบการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (emission test site) เพื่อทำการทดสอบความคงตัวและการสะท้อนที่สามารถทำนายได้ (predictable reflection) พื้นกราวด์เพลนต้องทำจากโลหะที่มีค่าความนำไฟฟ้าสูง (high conductivity) และต้องมีความเรียบเป็นไปตาม ข้อกำหนดของมาตรฐาน ค่า NSA และค่าความเรียบของพื้นกราวด์เพลน ต้องเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับของเรย์เร่ Rayleigh ตามมาตรฐาน ANSI C63.7

2.4.7 การทวนสอบพื้นที่ทดสอบตามมาตรฐาน ANSI C63.4

2.4.7.1 ความต้องการทั่วไปของมาตรฐาน ANSI C63.4-2014

พื้นที่ทดสอบการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Radiated emission test sites) ต้องงมีการทดสอบค่าการลดทอนสัญญาณ (Site Attenuation) โดยเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าในทฤษฎี การวัดการลดทอนนี้ต้องทำการวัดทั้งแนวตั้ง (Vertical) และแนวนอน (Horizontal) ที่ความถี่ 30MHz - 1GHz

2.4.8 เกณฑ์การยอมรับ ANSI C63.4

การวัดค่า NSA สำหรับพื้นที่ทดสอบการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (radiated emissions test site) ต้องอยู่ภายในค่า 4dB

2.4.9 ช่วงเวลาการทวนสอบพื้นที่ทดสอบ ANSI C63.4

การทวนสอบพื้นที่ทดสอบ (Site validation) ต้องถูกดำเนินการวัดและยืนยันผลการวัดในปีแรกของการติดตั้ง หรือทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงคุณลักษณะทางกายภาพ ในระยะเวลาทุก 3 ปี หรือสั้นกว่านั้น โดยดูจากผลของการวัดค่า NSA ผลของสภาวะแวดล้อม หรือในกรณีมีการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะของแผ่นกราวด์ จำเป็นต้องมีการยืนยันผลอีกครั้ง หรือต้องทำทุกๆ 12 เดือน

2.4.10 อุณหภูมิและความชื้น ANSI C63.4

พื้นที่ทดสอบต้องมีอุณหภูมิ ไม่เกิน 10 ℃ to 40 ℃ (50 °F to 104 °F) ในการทดสอบต้องรอจนกระทั่งอุณหภูมิของเครื่องมือและ EUT คงที่ ความชื้นต้องมีค่าไม่เกิน 10% to 90% อุณหภูมิและความชื้นต้องถูกระบุในรายงานผลการทดสอบทุกครั้ง

2.4.11 พื้นที่ทดสอบและเครื่องมือวัดตามมาตรฐาน ANSI C63.5

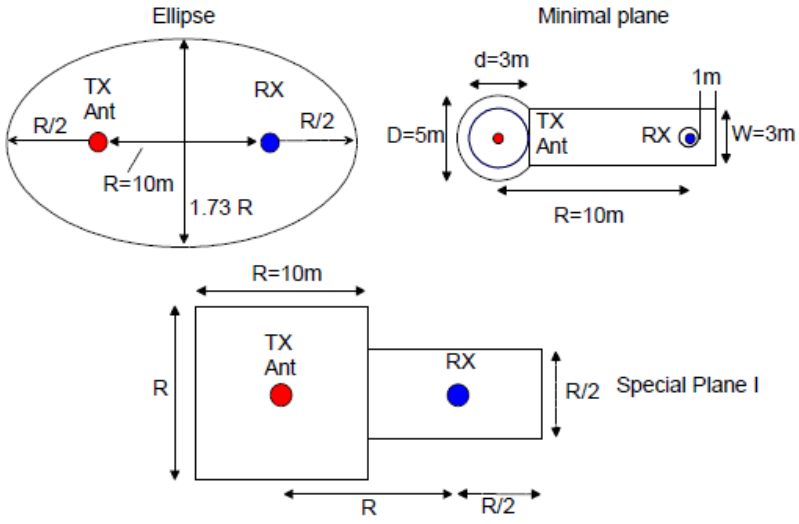
พื้นที่ทดสอบสำหรับการสอบเทียบสายอากาศ (Antenna) ตาม ANSI C63.4-2003 ต้องมีค่า NSA ไม่เกิน 2dB ของพื้นที่ทดสอบในอุดมคติ (ideal site) โดยเครื่องมือวัดต้องวางห่างจากแผ่นกราวด์เพลนไม่น้อยกว่า 20 เมตร เพื่อลดค่าความไม่แน่นอนของการวัดที่เกิดขึ้น

2.5 การศึกษาผลกระทบของแผ่นกราวด์เพลนต่อการวัดค่า NSA บนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง

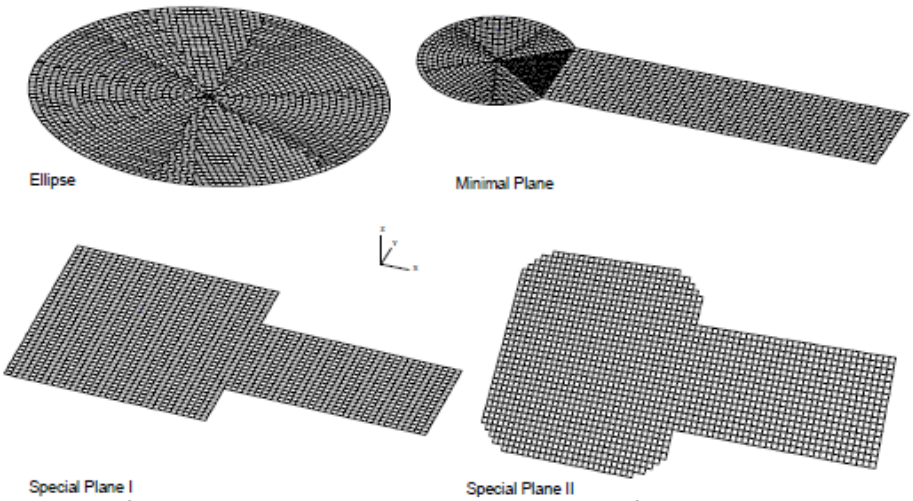
เนื่องจากขนาดของแผ่นกราวด์เพลนมีความสำคัญต่อค่าดำเนินการก่อสร้างของพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง และจะสะท้อนต้นทุนในการทดสอบทุกครั้ง ดังนั้นในการก่อสร้างจริงจึงต้องพิจารณาแนวทางในการออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุดด้วย อย่างไรก็ตาม ในการก่อสร้าง OATS ต้องพิจารณาค่าต่างๆ ตามที่มาตรฐานกำหนดด้วย สำหรับการวัดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งซึ่งมีขนาดและรูปร่างของแผ่นกราว์เพลนแตกต่างกัน ตามมาตรฐาน ANSI C63.4 และมาตรฐาน CISPR16-1 นั้น ในกรณที่มีค่าผลการวัด NSA แตกต่างกันสูง ผู้ออกแบบ OATS สามารถทำให้มีประสิทธิภาพของพื้นที่ทดสอบดีขึ้นได้โดยการปรับขนาดของแผ่นกราว์ดเพลนระหว่างขนาดในทางทฤษฎีและขนาดจริงได้ ตามมาตรฐาน ANSI C63.7

2.5.1 รูปแบบของแผ่นกราวด์เพลนที่ศึกษา

ในการวิเคราะห์ผลขนาดของแผ่นกราวด์เพลนทางทฤษฎี ซึ่งมีความเรียบและค่าการนำไฟฟ้าตามมาตรฐานถูกใช้เป็นตัวอ้างอิงกับการออกแบบกราวด์เพลนแบบอื่นๆ อีก 4 แบบ โดยในการวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะวัดใน 2 โพลาร์ไรซ์ของสายอากาศคือ แนวตั้งและแนวนอน รูปแบบที่ 1 และ 2 เป็นแบบวงรีและ แบบใช้ขนาดกราวด์เพลนขนาดเล็กที่สุด (minimum) ตามมาตรฐาน CISPR16-1 สำหรับกราวด์เพลนแบบพิเศษ 1 (model3) จะมีลักษณะเป็นรูปเหลี่ยมรอบๆ สายอากาศไดโพลตัวส่งและรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ารอบสายอากาศรับ โดยกราวด์เพลนแบบพิเศษ 2 (model 4) จะถูกสร้างขึ้นโดยการเปลี่ยนรูปแบบของกราวด์เพลนแบบพิเศษ 1 โดยการตัดที่มุมของแผ่นกราวด์ในด้านที่วางสายอากาศส่ง



รูปที่ 2-19 แสดงรูปแบบของแผ่นกราวด์เพลน



รูปที่ 2-20 แสดงการออกแบบแผ่นกราวด์เพลนที่ใช้ในการคำนวณ

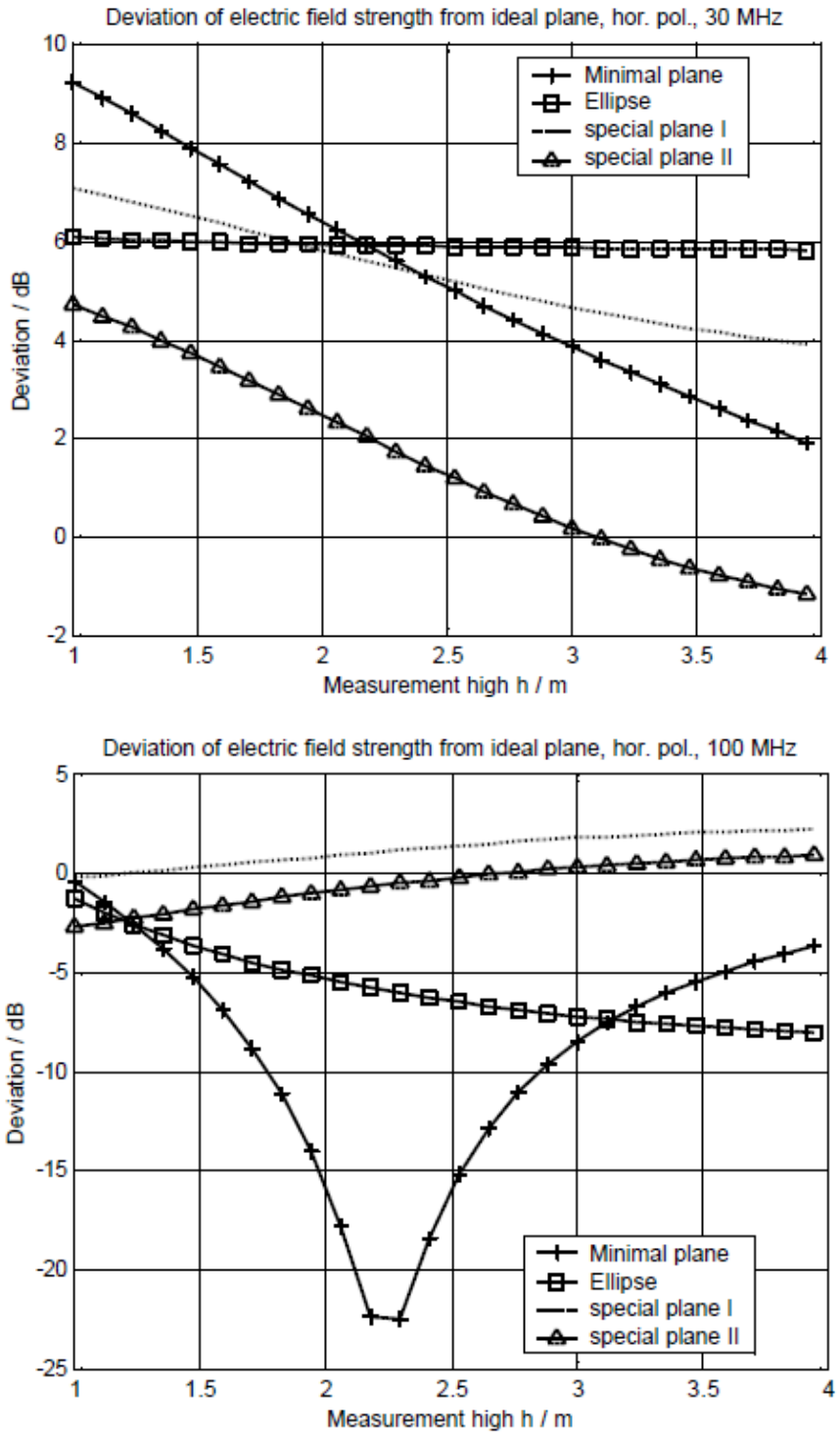
ตารางที่ 2-4 แสดงขนาดของกราวด์เพลนแต่ละแบบ

Model	Shape	Sizes of the plane	Area
1	Ellipse	Measurement distance R = 10 m Dimension in x-direction is $2R$ Dimension in y-direction is $\sqrt{3}\ R$	271.7 m²
2	Minimal plane	d = 3 m / D = 5 m / a = 1 m / W = 3 m $D = d + 2$ m; $W = a + 2$ m	110 m²
3	Special plane I	Measurement distance R = 10 m Dimension in x-direction $2R$ Dimension in y-direction R	150 m²
4	Special plane II	Measurement distance R = 10 m Dimension in x-direction is $2R$ Dimension in y-direction is 13.6 m	<150 m²

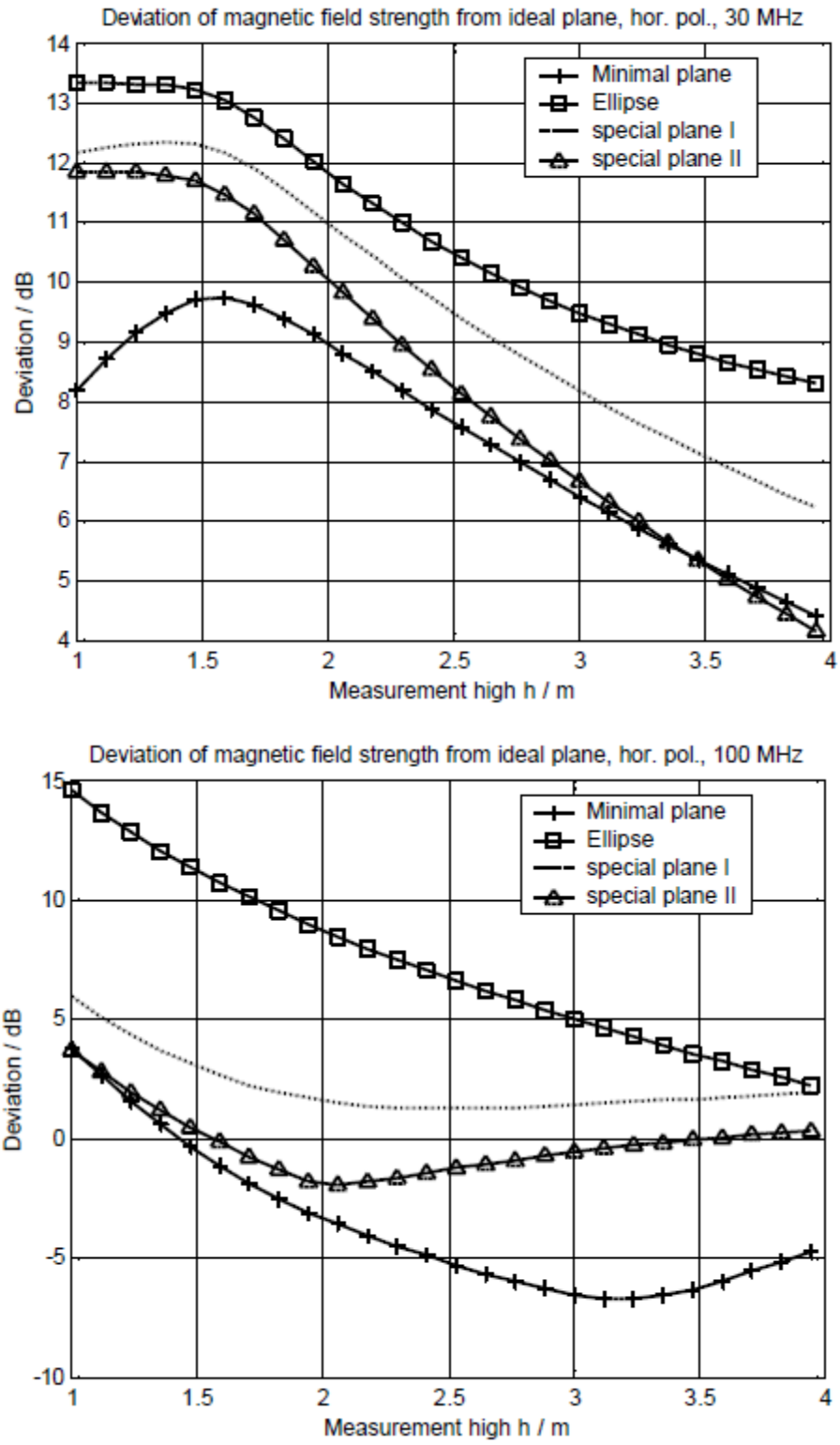
ในการคำนวณการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สายอากาศไดโพลขนาดความยาว 0.1m ถูกใช้เป็นตัวกำเนิดกระแสไฟฟ้า (แทนอุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ) และถูกวางในตำแหน่งสูง 1ม. เหนือแผ่นกราวด์เพลน โดยที่มีระยะห่างจากจุดวัด 10 ม. โดยวางสายอากาศรับซึ่งถูกทำให้เคลื่อนที่จากระดับความสูง 1 ม. ถึง 4 ม. เหนือแผ่นกราวด์เพลน โดยการคำนวณผลการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะคำนวณในช่วงความถี่ 30 MHz และ 100 MHz ตามลำดับ

ผลการคำนวณการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สำหรับพื้นที่ขนาดเล็กที่สุด (minimum) ตามมาตรฐานนั้น พบว่าที่ความถี่ 100 MHz มีค่าความเบี่ยงเบน (deviate)ของสนามไฟฟ้าประมาณ -22 dB สำหรับแนวการรับสายอากาศแนวนอน ส่วนวงรี(ellipse) มีค่าความเบี่ยงเบนประมาณ -8 dB ในเงื่อนไขเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ ช.3 และ ช. 4
สำหรับรูปแบบที่ 2-21 และแบบที่ 2-22 นั้นมีค่าความเบี่ยงเบนทั้งสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าน้อยกว่าสองแบบแรก ดังแสดงในรูป 2-21 และ 2-22

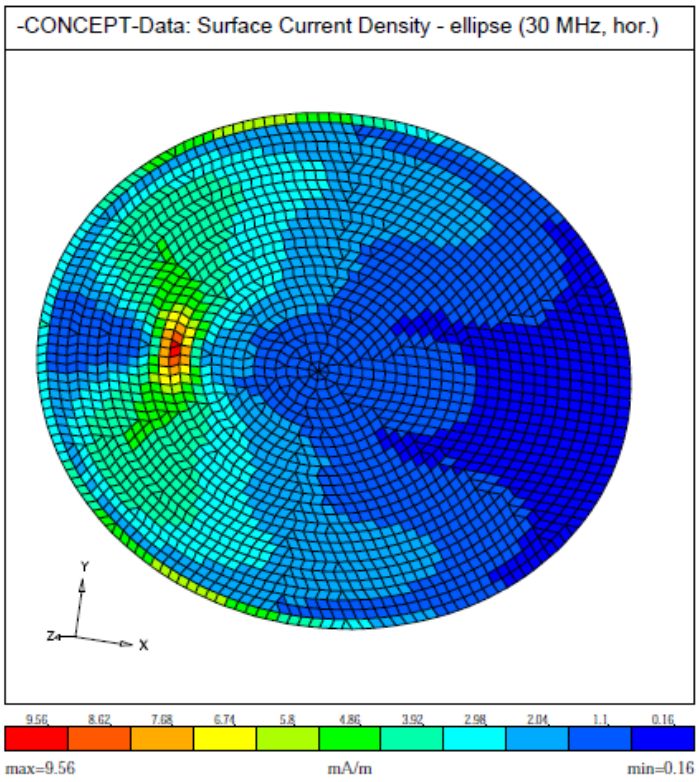


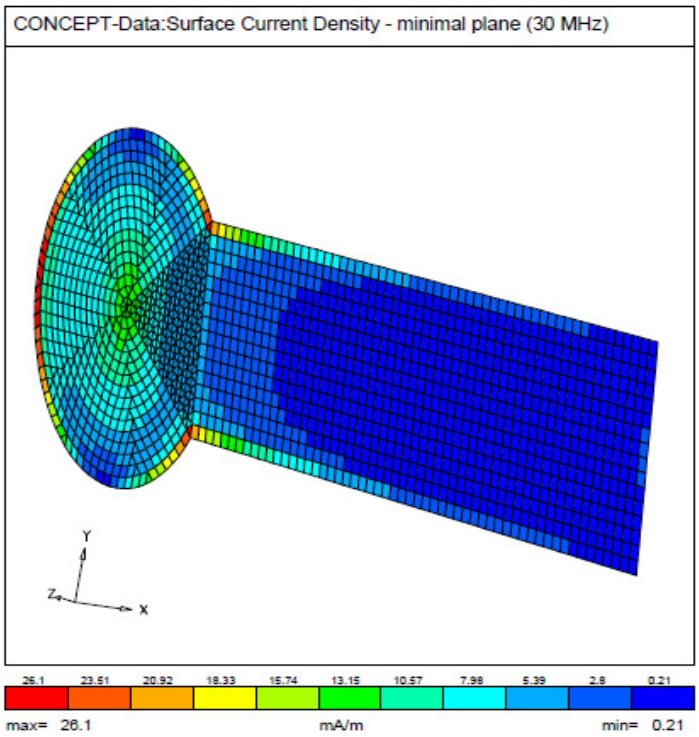
รูปที่ 2-21 แสดงค่าความเบี่ยงเบนของสนามไฟฟ้าจากกราวด์เพลนทางทฤษฎี (สายอากาศแนวนอน)



รูปที่ 2-22 แสดงค่าความเบี่ยงเบนของสนามแม่เหล็กจากกราวด์เพลนทางทฤษฎี (สายอากาศแนวนอน)

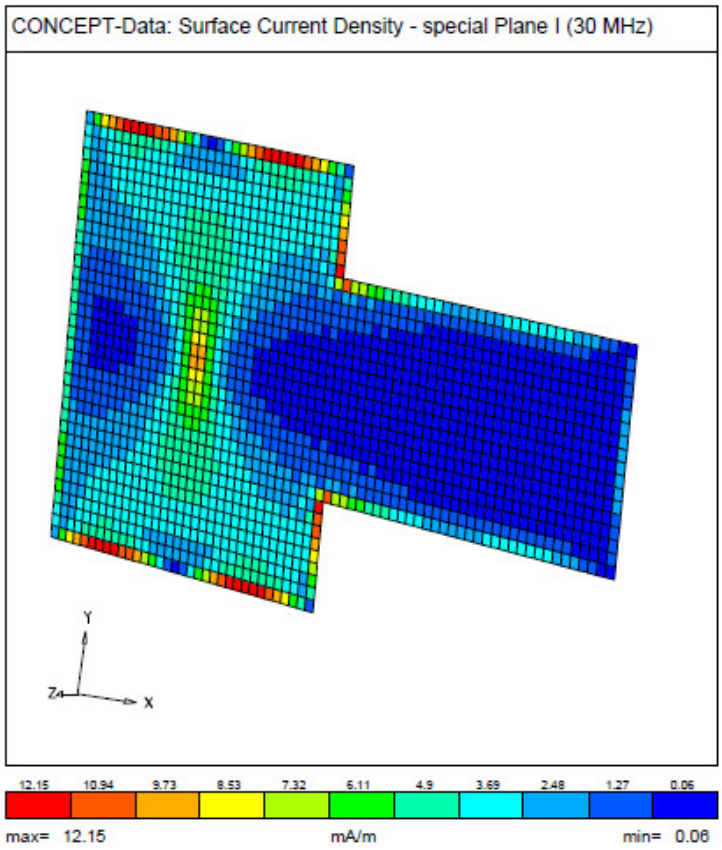
2.5.2 การแพร่สนามไฟฟ้าและความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าพื้นผิว

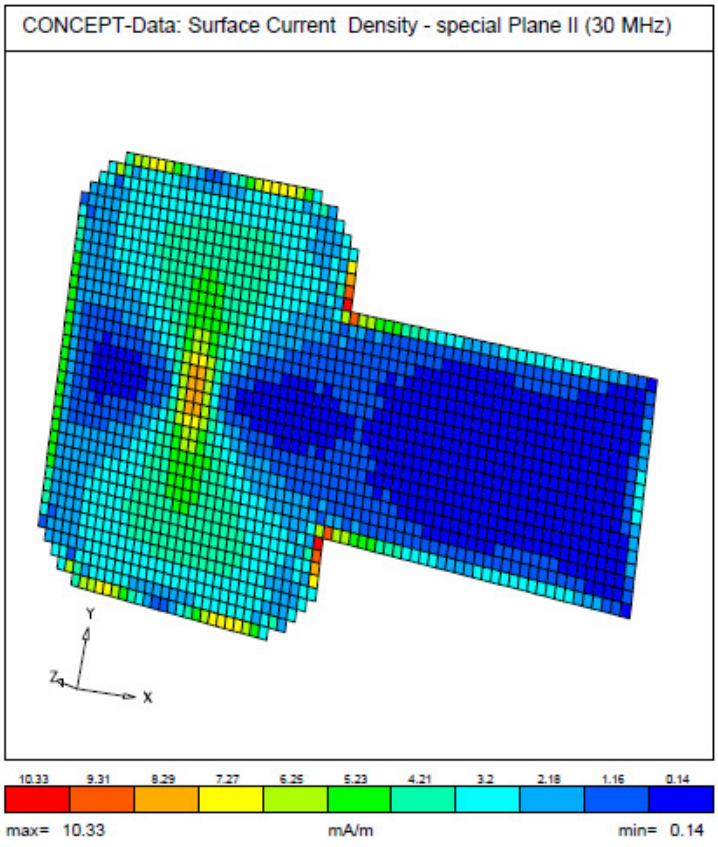




รูปที่ 2-23 แสดงการแพร่กระแสไฟฟ้าพื้นผิวสำหรับพื้นที่วงรีและแบบพื้นที่น้อยที่สุด

(แนวนอน,30MHz)





รูปที่ 2-24 แสดงการแพร่กระแสไฟฟ้าพื้นผิวสำหรับพื้นที่แบบพิเศษ (แนวนอน, 30MHz)

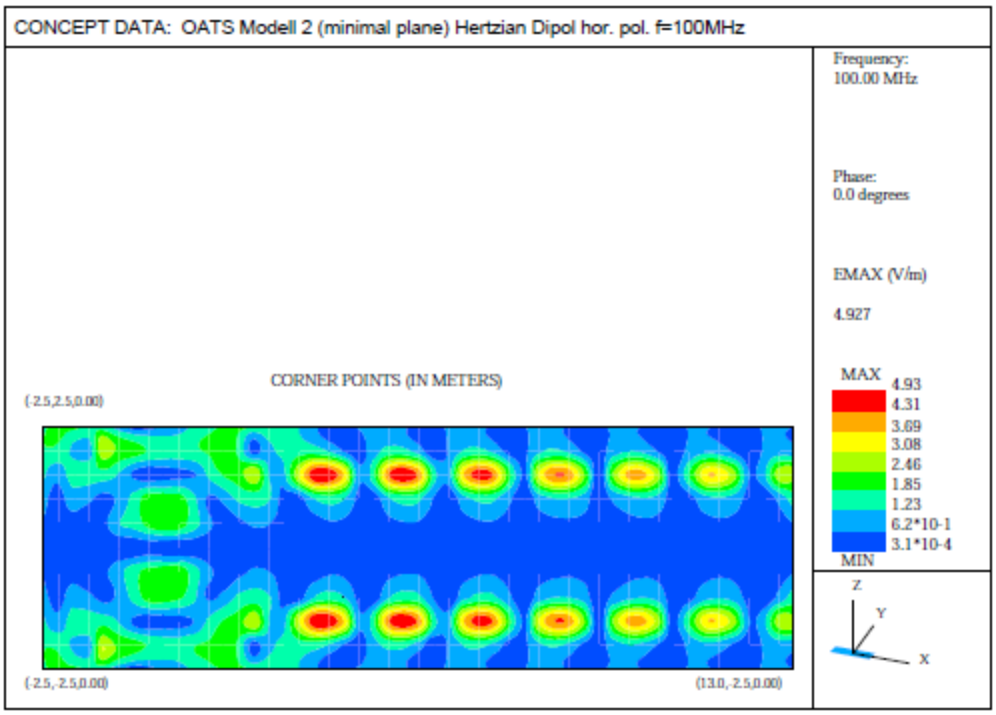
สำหรับกราวด์เพลนแบบพื้นที่รูปวงรีและแบบพื้นที่น้อยที่สุดนั้น ค่าการแพร่กระจายความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นที่ขอบของแผ่นกราวด์เพลน ซึ่งทำให้เกิดความเบี่ยงเบนไปมากจากพื้นที่แบบมาตรฐานดังแสดงในรูปที่ 2-23

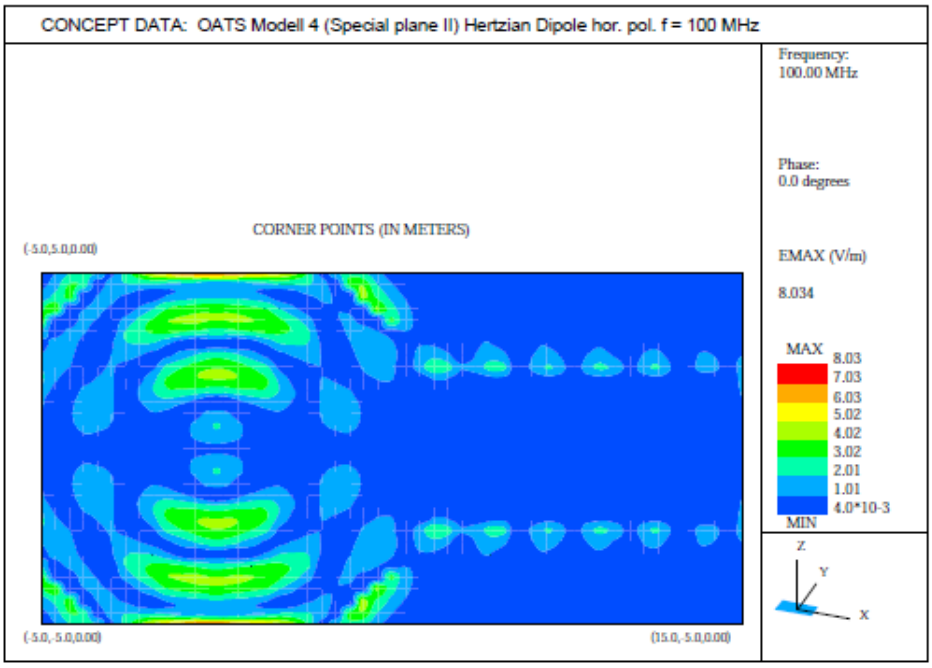
ในขณะที่กราวด์เพลนแบบพิเศษ 1 นั้นเกิดความเบี่ยงเบนไปจากพื้นที่แบบมาตรฐานน้อยกว่าแบบวงรีและแบบพื้นที่น้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2-24

จากการคำนวณพบว่า ขอบของแผ่นกราวด์เพลนมีผลต่อการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอย่างชัดเจน ดังนั้นการปรับรูปแบบของกราวด์เพลนโดยการตัดมุมที่ขอบของแผ่นกราวด์เพลนจะทำให้ประสิทธิภาพของการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนกราวด์เพลนดีกว่าเดิม

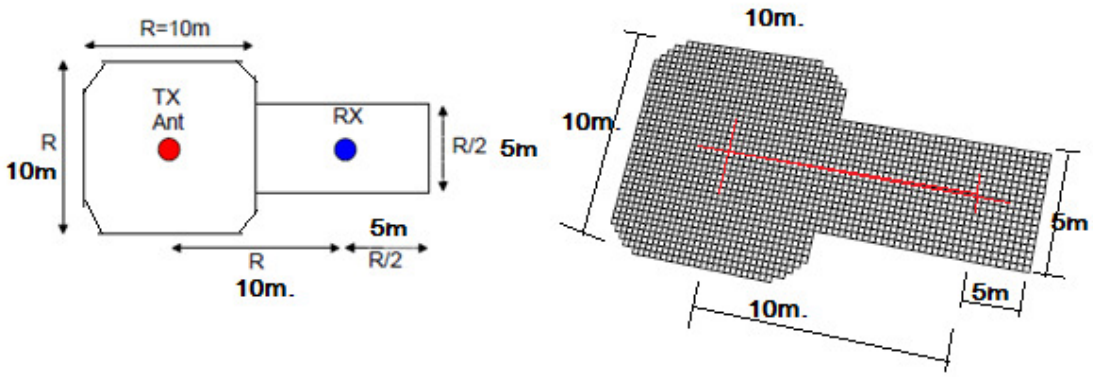
ตามรูปแบบของกราวด์เพลนในตาราง จะพบว่า กราวด์เพลนแบบพิเศษ 2 จะให้ประสิทธิภาพตามมาตรฐานดีกว่าแบบวงรี นอกจากนี้ยังสามารถลดขนาดของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำแผ่นกราวด์ประมาณร้อยละ 55 เมื่อเทียบกับกราวด์เพลนแบบวงรี ซึ่งทำให้ราคาค่าก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งลดลงอีกด้วย

รูปที่ 2-25 แสดงสนามไฟฟ้าที่ขอบของแผ่นกราวด์เพลนแบบขนาดเล็กที่สุด เทียบกับแผ่นกราวด์เพลนแบบพิเศษ 2 ซึ่งจากรูปจะพบว่าสนามไฟฟ้าบนแผ่นกราวด์เพลนแบบพิเศษน้อยกว่ากราวด์เพลนแบบพื้นที่เล็กที่สุด





รูปที่ 2-25 แสดงสนามไฟฟ้าที่ขอบของแผ่นกราวด์เพลนแบบขนาดเล็กที่สุดเทียบกับแผ่นกราวด์เพลนแบบพิเศษ



รูปที่ 2-26 ขนาดของแผ่นกราวด์เพลนที่ปรับแล้ว

สรุป

การแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนพื้นผิวของแผ่นกราวด์เพลนจะมีความเข้มมาก ในกรณีขนาดของแผ่นกราวด์เพลนรอบๆ ตัวส่งมีขนาดเล็ก ดังนั้นในการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งจึงควรจัดเตรียมแผ่นกราวด์เพลนขนาดใหญ่รอบๆ อุปกรณ์ที่ต้องการทดสอบ (EUT) ด้วย จากผลการคำนวณจะพบว่าสามารถลดค่าดำเนินการก่อสร้าง OATS ได้โดยการลดขนาดของแผ่นกราวด์เพลนลง โดยการปรับให้มีรูปลักษณะของกราวด์เพลนเป็นแบบพิเศษ

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 วิธีการ/ขั้นตอนการดำเนินโครงการ

ในการดำเนินโครงการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง เพื่อสอบด้าน EMC และสอบเทียบสายอากาศย่านความถี่กว้าง มีเป้าหมายเพื่อจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ เพื่อดำเนินการออกแบบ จัดสร้างและทดสอบประสิทธิภาพในการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสายอากาศ เพื่อให้สายอากาศที่ออกแบบและสร้างขึ้น มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานสากล หรือเทียบเคียงได้กับสายอากาศที่ผลิตขึ้นในต่างประเทศ ซึ่งจะทำให้ผู้นำสายอากาศนี้ไปใช้ในระบบโทรคมนาคม มีความมั่นใจได้ว่าได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้การรับรองมาตรฐานระดับสากลที่ยอมรับกันทั่วโลก และส่งเสริมให้เกิดการวิจัยพัฒนาสาขาโทรคมนาคม และอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลผลิตที่สำคัญ ดังนี้

ตารางที่ 3-1 ผลผลิตสำคัญ

ลำดับ	ชื่อผลผลิต	หน่วยวัด	ตัวชี้วัด (เชิงคุณภาพ/เชิงคุณภาพ)
1	การก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งเพื่อใช้ในการทดสอบ EMC และสอบเทียบสายอากาศ	1	มีพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) ที่ระยะทดสอบอย่างน้อย 10 เมตร เพื่อใช้ปฏิบัติการวิจัยพัฒนาและให้บริการทดสอบด้านการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศให้เกิดขึ้นในประเทศไทย
2	เป็นห้องปฏิบัติการทดสอบสายอากาศที่ได้การรับรอง ISO/IEC17025 จาก สมอ.	1	เป็นห้องปฏิบัติการทดสอบสายอากาศขนาดใหญ่ในภูมิภาคอาเซียนเพื่อใช้ทำการทวนสอบประสิทธิภาพ(performance verification) ห้องปฏิบัติการทดสอบต่างๆ ในประเทศ ที่ขอรับรองขึ้นทะเบียนและแต่งตั้งเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบด้าน EMC และโทรคมนาคมในประเทศและเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบด้านโทรคมนาคมเพื่อการยอมรับร่วม (mutual recognition agreement: MRA) ในระดับอาเซียน(ASEAN) และระดับสากล เช่น สหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา ฯลฯ

3.2 แผนการดำเนินโครงการ

ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวทช.) เป็นผู้ดำเนินการจัดตั้งห้องปฏิบัติการวิจัยพัฒนาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยได้กำหนดแผนงานดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3-2 แผนการดำเนินโครงการ

วัตถุประสงค์	แผนงานวิจัย	ระยะเวลาดำเนินงาน		ชื่อนักวิจัยที่รับผิดชอบ
		ปีที่ 1	ปีที่ 2	
1.ศึกษาข้อมูลมาตรฐานการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและวัดประสิทธิภาพของสายอากาศ	ศึกษามาตรฐาน ANSI C93.4, ANSI C 93.5 CISPR12, CISPR22 CISPR25	ดำเนินการศึกษามาตรฐานสากล	-	ไกรสร
2.ออกแบบขนาดของOATSเพื่อวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศตามมาตรฐาน CISPR16-4	ใช้ซอฟแวร์ทำการแบบก่อสร้าง OATS เพื่อวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ เพื่อให้ได้ค่า NSA และ site VSWR ตามมาตรฐาน	ได้แบบOATS	-	ไกรสร เอนก
3.จัดซื้อเครื่องมือวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ	จัดซื้อเครื่องมือจากผู้ผลิตห้องวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างประเทศโดยใช้แบบมาตรฐาน	จัดซื้อเครื่องมือวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ	-	เอนก ฉัตรชัย
4.ติดตั้งเครื่องมือวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศบน OATS	ดำเนินการติดตั้ง OATS และห้องวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ PTEC	-	ติดตั้งเครื่องมือวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศที่ OATS	ไกรสร เอนก ฉัตรชัย
5.ทวนสอบและสอบเทียบเครื่องมือที่ออกแบบเพื่อการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ	สอบเทียบคุณสมบัติด้าน NSA และ site VSWR ของ OATS	-	ทวนสอบและสอบเทียบเครื่องมือที่ออกแบบเพื่อการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ	เอนก ฉัตรชัย

วัตถุประสงค์	แผนงานวิจัย	ระยะเวลาดำเนินงาน		ชื่อนักวิจัยที่รับผิดชอบ
		ปีที่ 1	ปีที่ 2	
6.จัดทำวัสดุอ้างอิงและทดสอบความสามารถของระบบการวัด	ออกแบบสายอากาศสำหรับการสื่อสารในระบบโทรคมนาคม เช่น RFID Wi-Fi ฯ และนำไปวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในห้องฯ	จัดทำวัสดุอ้างอิงและทดสอบความสามารถของระบบทดสอบ	จัดทำวัสดุอ้างอิงและวัดความสามารถของระบบการวัด (เพิ่มเติม)	ฉัตรชัย เรืองฤทธิ์
7.จัดทำเอกสาร QP,WI, form ตามมาตรฐานการวัดสายอากาศตามระบบคุณภาพ ISO17025	ดำเนินการจัดทำเอกสารเพื่อกำหนดขั้นตอนการวัดสายอากาศตามระบบคุณภาพ ISO/IEC17025	จัดทำเอกสาร WI และform ตามมาตรฐานการวัด	ปรับปรุงเอกสาร QP,WI, form ตามมาตรฐานและทดลองใช้	เอนก ฉัตรชัย
8.สรุปผลโครงการ	สรุปผลการดำเนินการโครงการและจัดทำข้อเสนอแนะรายงานผล	-	สรุปผลโครงการ	ไกรสร

จากตารางแผนการดำเนินโครงการตามขั้นตอนในการจัดตั้งห้องปฏิบัติการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ คณะผู้ดำเนินโครงการจะต้องทำการออกแบบ จัดซื้อและทำการติดตั้งห้องปฏิบัติการวัด พร้อมกับจัดทำเอกสารเพื่อทำการควบคุมคุณสมบัติการวัดของห้องปฏิบัติการวัด ซึ่งต้องมีการควบคุมทุกขั้นตอนและต้องเป็นไปตามข้อกำหนดด้านเทคนิคสายอากาศทุกประการ และแต่ละขั้นตอนจะมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 เนื่องจาก OATS ที่จะจัดสร้างขึ้นอ้างอิงตามมาตรฐานสากล ดังนั้นการออกแบบห้องจึงต้องใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญด้านเทคนิคขั้นสูง ในการออกแบบ ดังนั้นในการดำเนินการโครงการจึงต้องเริ่มจากการศึกษาข้อมูลมาตรฐานการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและวัดประสิทธิภาพของสายอากาศศึกษามาตรฐาน ANSI C93.4 ANSI C 93.5 CISPR12 โดย คณะผู้ดำเนินโครงการจะร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศในโครงการ RBD ในประเทศสหรัฐอเมริกา ทำการศึกษามาตรฐานข้างต้น

3.2.2 เนื่องจากโครงการจัด OATS นี้จะดำเนินการลงในพื้นที่ของPTECดังนั้นจึงต้องดำเนินการ ออกแบบขนาดของห้องปฏิบัติการวิจัยการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศตามมาตรฐาน CISPR16-4 ใช้ซอฟแวร์ทำการแบบก่อสร้างของห้องปฏิบัติการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ เพื่อให้ได้ค่า NSA และ site VSWR ตามมาตรฐานเสียก่อน จากนั้นจึงจะทำการจัดซื้อห้องที่มีคุณสมบัติตามที่ออกแบบและทำการว่าจ้างผู้ติดตั้งระบบ

3.2.3 เนื่องจากการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศเป็นเทคนิคขั้นสูง กรอปกับต้องใช้วัสดุดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีคุณสมบัติพิเศษ จึงต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการดำเนินการซึ่งส่วนดังกล่าวจะใช้ผู้เชี่ยวชาญจากโครงการ RBD

3.2.4 เมื่อทำการติดตั้งOATS เพื่อการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องดำเนินการการทดสอบและสอบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของห้องเพื่อยืนยันได้ว่าห้องปฏิบัติการนั้นมีความสอดคล้องกับมาตรฐาน CISPR16-4 ในทุกพารามิเตอร์ เช่น ค่า NSA ค่า Site VSWR นอกจากนี้ห้องวิจัยต้องมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานทั้งในด้านทางไฟฟ้า (Safety) ต่อร่างกายมนุษย์เมื่อถูกสัมผัส (Biocompatibility) และต้องมีการแพร่กระจายสัญญาณรบกวนทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่น้อยกว่าระดับมาตรฐานกำหนด อีกทั้งยังต้องมีความคงทนต่อสัญญาณรบกวนต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในสภาวะการใช้งานปกติ ตามเกณฑ์การยอมรับของมาตรฐาน

3.2.5 หลังจากการสอบเทียบคุณสมบัติของ OATS เสร็จเรียบร้อยแล้ว OATS ดังกล่าวสามารถใช้ในการวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ เพื่อที่จะวัดคุณสมบัติของห้องโครงการจะจัดทำวัสดุอ้างอิงและทดสอบความสามารถของระบบการวัด ออกแบบสายอากาศสำหรับการสื่อสารในระบบโทรคมนาคม เช่น RFID Wi-Fi ขึ้น และนำวัสดุอุปกรณ์เหล่านี้ไปวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในห้องฯ อีกครั้ง และจะนำผลการวัดไปเปรียบเทียบกับผลการวัดในพื้นที่ทดสอบอื่นๆ เพื่อหาค่าความแตกต่างและเพื่อใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพของห้องวิจัยต่อไป

3.2.6 OATS ในโครงการนี้ต้องมีการจัดทำเอกสารและมีการนำระบบการทำงานไปปฏิบัติให้เหมาะสมกับขอบข่ายของกิจกรรมที่ห้องปฏิบัติการกำหนด และการจัดทำระบบไว้เป็นเอกสารประกอบด้วย ขั้นตอนการดำเนินงาน และคำแนะนำต่างๆ ตามความจำเป็น ทั้งนี้ก็เพื่อให้มั่นใจในระบบการบริหารจัดการด้านคุณภาพ และให้การบริการสอบเทียบเป็นไปตามความต้องการของนักวิจัย บนพื้นฐานของความถูกต้องและเชื่อถือได้ โดยคลอบคลุมตามข้อกำหนดของมาตรฐานเทคนิคอันประกอบไปด้วยข้อกำหนดด้านการบริหารและข้อกำหนดด้านวิชาการ ได้แก่

- ข้อกำหนดด้านการจัดองค์กร ระบบควบคุมคุณภาพ การควบคุมเอกสาร การทบทวนคำขอ การจ้างเหมาช่วง การจัดซื้อสินค้าและบริการ การควบคุมงานสอบเทียบที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด การปฏิบัติการแก้ไข การควบคุมการบันทึก การตรวจติดตามคุณภาพภายใน
- ข้อกำหนดด้านวิชาการเป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับ บุคลากร สถานที่ ภาวะแวดล้อม วิธีสอบเทียบ การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี เครื่องมือ ความสอบกลับได้ของการวัด การจัดการตัวอย่างสอบเทียบ การประกันคุณภาพผลการสอบเทียบ และการรายงานผลการสอบเทียบ

3.2.7 การวัดคุณสมบัติสายอากาศด้านโทรคมนาคมและความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการออกแบบและการผลิตอุปกรณ์โทรคมนาคมและอิเล็กทรอนิกส์

ประกอบกับผู้ประกอบการของไทยที่ต้องการวิจัย พัฒนาอุปกรณ์นี้ ยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องมาตรฐานสากล และยังไม่เคยมีหลักสูตรการเรียนการสอนในสถานศึกษาของประเทศ ทำให้อุปกรณ์โทรคมนาคมจากประเทศไทยประสบปัญหาในการแข่งขันในการตลาดสากลอย่างมาก เนื่องจากอุปกรณ์โทรคมนาคมที่ถูกวิจัยพัฒนาขึ้น ไม่ได้มาตรฐานตามกฎเกณฑ์ของแต่ละประเทศที่เป็นผู้กำหนดจากนโยบายของกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศ และ กสทช. และพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่และกำกับกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมพุทธศักราช 2543 มีหน้าที่จัดสรรคลื่นความถี่วิทยุและกำกับดูแลการประกอบกิจการโทรคมนาคมให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่ประชาชน ทั้งในระดับชาติและระดับท้องถิ่น ทั้งในด้านการศึกษา วัฒนธรรม ความมั่นคงของรัฐ และประโยชน์สาธารณะอื่นๆ รวมทั้งการกำหนดมาตรฐาน และลักษณะพึงประสงค์ทางเทคนิคด้านโทรคมนาคม และการกำหนดให้มีการตรวจสอบรับรองมาตรฐานเครื่องโทรคมนาคมและอุปกรณ์ ได้ส่งเสริมให้เกิดการแข่งขันกิจการประเภทต่างๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงการวิจัยพัฒนาการออกแบบอุปกรณ์โทรคมนาคมและความร่วมมือในภูมิภาค ทั้งนี้ได้รวมถึงการส่งเสริมให้อุตสาหกรรมมีความรับผิดชอบต่อสังคมในด้านการสร้างคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มาตรฐานด้านความปลอดภัย จากการนำผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานเข้ามาใช้ประโยชน์ในโครงข่ายโทรคมนาคมดังนั้นเพื่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดของการดำเนินในโครงการนี้ จึงดำเนินการยื่นคำขอเป็นห้องปฏิบัติการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศต่อหน่วยงาน กสทช. เพื่อรองรับมาตรฐานด้านโทรคมนาคมของโลกที่จะประกาศบังคับใช้มาตรฐานด้านโทรคมนาคมทั้งในระดับภูมิภาคและระดับสากลที่มีทิศทางไปในแนวเดียวกัน การจัดตั้ง OATS เพื่อการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศและโทรคมนาคมจึงเป็นเสมือนเป็นการปกป้องผู้บริโภคในประเทศจากการใช้งานอุปกรณ์โทรคมนาคม สายอากาศ ที่ไม่ได้มาตรฐานและเป็นอันตรายอีกทางหนึ่ง

ทั้งนี้ คณะผู้ดำเนินโครงการจึงได้จัดทำแผนการปฏิบัติงาน และนำเสนอความก้าวหน้าของการดำเนินโครงการแต่ละงวด ดังนี้

ตารางที่ 3-3 แผนปฏิบัติงานโครงการ

ลำดับ	กิจกรรมที่สำคัญ	ระยะเวลาการดำเนินกิจกรรม				
		ประจำงวดที่ 1	ประจำงวดที่ 2	ประจำงวดที่ 3	ประจำงวดที่ 4	น้ำหนัก (%)
		กย.58-ธค.58	ธค.58-มิย.59	มิย.59-มค.60	มค.60-กย.60	
1	ศึกษา รวบรวมและสรุปมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ	←				10
2	ดำเนินการออกแบบ Open area test site	←				10
3.	รายงานการดำเนินการปรับพื้นที่จัดเตรียมวัสดุและก่อสร้างโครงการ Open area test site		←			5
4.	รายงานจัดซื้อและดำเนินการติดตั้งครุภัณฑ์ทดสอบกลุ่มการก่อสร้างโครงการ		←			5
5	รายงานการดำเนินการติดตั้งเครื่องมือวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศบน OATS และการทวนสอบและสอบเทียบเครื่องมือและสายอากาศ รายงานการดำเนินการติดตั้งเครื่องมือวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ			←		10

ลำดับ	กิจกรรมที่สำคัญ	ระยะเวลาการดำเนินกิจกรรม				
		ประจำงวดที่ 1	ประจำงวดที่ 2	ประจำงวดที่ 3	ประจำงวดที่ 4	น้ำหนัก (%)
		กย.58-ธค.58	ธค.58-มิย.59	มิย.59-มค.60	มค.60-กย.60	
	บน OATS และการทวนสอบและสอบเทียบเครื่องมือและ สายอากาศ รายงานการดำเนินการติดตั้งเครื่องมือวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศบน OATS และการทวนสอบและสอบเทียบเครื่องมือและสายอากาศ					
6	รายงานผลการออกแบบสายอากาศและอุปกรณ์ และผลการทดสอบความสามารถของระบบและการจัดทำเอกสารด้านเทคนิค			← →		20
7	รายงานการดำเนินการจัดทำเอกสารเพื่อขอการรับรองห้องปฏิบัติการวัดตามระบบ ISO/IEC17025			← →		10
8	รายงานการยื่นขอการรับรองห้องปฏิบัติการทดสอบตามมาตรฐาน ISO/IEC17025				← →	10
9	ห้องปฏิบัติการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ OAT มีขอบข่ายการรับรองคุณภาพ ISO/IEC17025 และ				← →	10

ลำดับ	กิจกรรมที่สำคัญ	ระยะเวลาการดำเนินกิจกรรม				
		ประจำงวดที่ 1	ประจำงวดที่ 2	ประจำงวดที่ 3	ประจำงวดที่ 4	น้ำหนัก (%)
		กย.58-ธค.58	ธค.58-มิย.59	มิย.59-มค.60	มค.60-กย.60	
	สามารถใช้ทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศได้ตามมาตรฐานสากล					
10	หลักสูตรการอบรมเรื่องการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการออกแบบสายอากาศ และการสอบเทียบตามข้อกำหนดในมาตรฐานสากล				← →	10
รวม						**100 %**

3.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากแผนการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 3-4 ผลงานที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการวิจัยฯ เป็นจำนวนนับ

ผลงาน	ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ	ผลที่ได้รับ
1. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ (โปรดระบุ)	-	-
2. เทคโนโลยีใหม่ (โปรดระบุ)	-	เทคนิคการวัดสายอากาศแบบความถี่สูง
3. กระบวนการใหม่ (โปรดระบุ)	สามารถทำการออกแบบสายอากาศ และทำการวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบน OATS พร้อมออกรายงานผลการทดสอบ และจัดทำเอกสารด้านเทคนิค	PTECจะมีประสบการณ์ในการวิจัยพัฒนา การออกแบบและการทดสอบผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมประเภทเครื่องรับ เครื่องส่งความถี่สูง เช่น Wi-Fi Bluetooth RFID ฯซึ่งเป็นความรู้เพิ่มเติมจากฐานความรู้เดิม ซึ่งเป็นด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้ในอนาคต PTEC สามารถยกระดับขีดความสามารถในการวิจัยพัฒนาและทดสอบผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมสมบูรณ์แบบ
4. องค์ความรู้ (โปรดระบุ)	ห้องปฏิบัติการวิจัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศ และ OATS มีขอบข่ายการรับรองระบบคุณภาพ ISO/IEC17025 และสามารถใช้ทดสอบคุณสมบัติของสายอากาศได้ตามมาตรฐานสากล	ได้วิธีการออกแบบและปรับปรุงประสิทธิภาพการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสายอากาศ และมีกระบวนการวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและคุณสมบัติของสายอากาศตามมาตรฐานสากลบน OATS เพื่อนำไปสู่การเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบอุปกรณ์โทรคมนาคม ตามมาตรฐานสากลต่อไป
5. การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์	เป็นห้องปฏิบัติการวิจัยที่มีความสามารถในการออกรายงานผลการทดสอบการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศที่เป็นมาตรฐานสากล	เนื่องจากสายอากาศและอุปกรณ์โทรคมนาคมที่ผ่านการทดสอบจนได้รับเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์สากลจะทำให้ได้รับการยอมรับในมากขึ้นในวงกว้างซึ่งหมายรวมถึงในระดับ

ผลงาน	ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ	ผลที่ได้รับ
		ต่างประเทศ ซึ่งเมื่อได้รับการยอมรับที่มากขึ้นจะทำให้สามารถเปิดตลาดในต่างประเทศได้มากขึ้นและง่ายขึ้น ซึ่งเมื่อมีการผลิตในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้สายอากาศและผลิตภัณฑ์โทรคมนาคม มีราคาต้นทุนในการผลิตต่อเครื่องถูกลง โดยจะทำให้คนไทยสามารถใช้ผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมได้ในราคาที่ถูกลง ซึ่งจะทำให้ประเทศประหยัดงบประมาณได้เป็นจำนวนมาก
6. การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ 6.1 การฝึกอบรม 6.2 การถ่ายทอดเทคโนโลยี	มีหลักสูตรการอบรม ภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติเรื่องการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการออกแบบสายอากาศ และการสอบเทียบตามข้อกำหนดในมาตรฐานสากล	สามารถให้การอบรมถ่ายทอดความรู้แก่นักศึกษา นักวิจัย หน่วยงานภาครัฐ ภาคการทหาร และบริษัทเอกชนให้มีความรู้และสามารถออกแบบ และทดสอบคุณสมบัติการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า -
7. การผลิตนักศึกษา 7.1 ปริญญาตรี 7.2 ปริญญาโท 7.3 ปริญญาเอก	-	-
8. สิทธิบัตร	-	-
9. บทความทางวิชาการ 9.1 วารสารในประเทศ 9.2 วารสารในระดับนานาชาติ	-	-
10. การเสนอผลงานในการประชุม 10.1 การประชุมระดับชาติ 10.2 การประชุมระดับนานาชาติ	-	-

บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงการ

4.1 ผลการศึกษาเบื้องต้น ประจำงวดที่ 1

เนื่องจาก OATS ที่จะจัดสร้างขึ้นอ้างอิงตามมาตรฐานสากล ดังนั้นการออกแบบ OATS จึงต้องใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญด้านเทคนิคขั้นสูง ในการออกแบบ คณะผู้ดำเนินโครงการได้ร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศในโครงการ RBD ในประเทศสหรัฐอเมริกา ทำการศึกษาเริ่มจากการศึกษาข้อมูลมาตรฐานการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและวัดประสิทธิภาพของสายอากาศ ศึกษามาตรฐาน ANSI C63.4 ANSI C 63.7, CISPR16 ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลในการใช้อ้างอิงในการดำเนินการออกแบบและก่อสร้าง OATS โดยจะดำเนินการลงในพื้นที่ของ PTEC แห่งใหม่ในอุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ดังนั้นจึงต้องดำเนินการ ออกแบบขนาดของพื้นที่การวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศตามมาตรฐาน ANSI C63.7 โดยใช้ซอฟแวร์ทำการแบบก่อสร้าง OATS เพื่อให้ได้ค่าตามมาตรฐานเสียก่อน จากนั้นจึงจะทำการจัดสร้าง OATS ที่มีคุณสมบัติตามที่ออกแบบและทำการว่าจ้างผู้ติดตั้งระบบต่อไป ในส่วนนี้คณะผู้ดำเนินโครงการได้ดำเนินการออกแบบ OATS ตามมาตรฐาน ANSI C63.7 โดยใช้ซอฟแวร์ และทำการประเมินแบบก่อสร้าง ทั้งนี้ผลการดำเนินโครงการในระยะแรกสามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ดังนี้

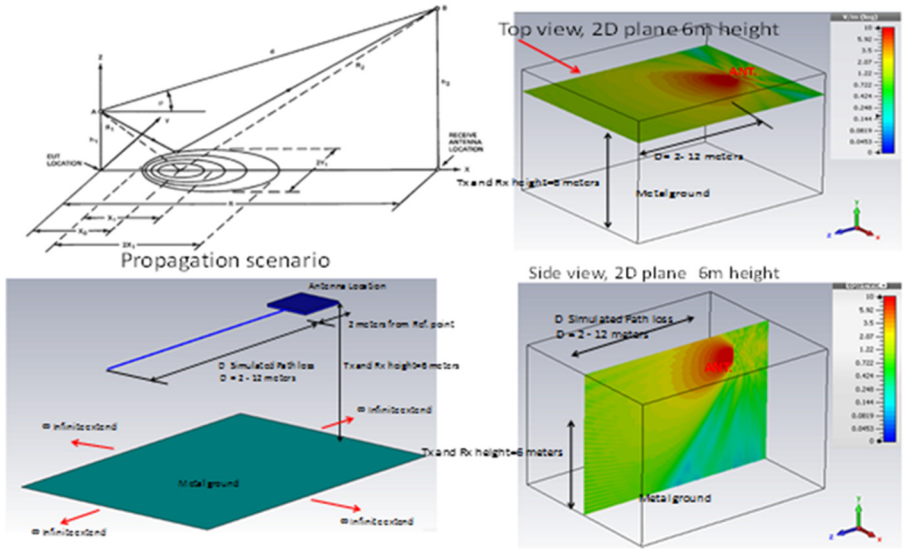
4.1.1 ได้รายงานผลการศึกษามาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศบน OATS ตามมาตรฐาน ANSI C63.7

4.1.2 ได้ผลการออกแบบ OATS โดยใช้ซอฟแวร์ และได้แบบการก่อสร้าง OATS เบื้องต้นตามมาตรฐาน ANSI C63.7 เพื่อใช้ในการจัดทำข้อกำหนดจัดจ้าง (TOR) เบื้องต้น

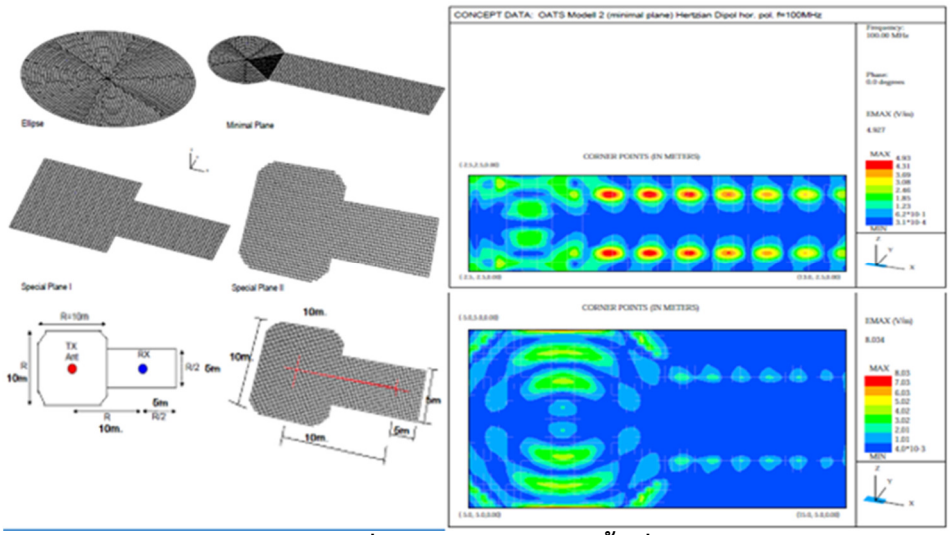
4.1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการดำเนินโครงการ ศูนย์ทดสอบฯ มีประสบการณ์ในการออกแบบและก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) ซึ่งเป็นความรู้เพิ่มเติมจากฐานความรู้เดิม ซึ่งเป็นการออกแบบการก่อสร้าง EMC Semi-Anechoic Chamber ซึ่งจะทำให้ในอนาคต PTEC สามารถยกระดับขีดความสามารถในการวิจัยพัฒนาและทดสอบผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมสมบูรณ์แบบ

4.2 ผลการดำเนินงานประจำงวดที่ 2

4.2.1 จากการใช้ผลการจำลองการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic simulation) สำหรับบนพื้นที่ทดสอบตามมาตรฐาน ANSI C63.5 ANSI C63.7 พบว่าสามารถดำเนินการก่อสร้างได้ โดย คณะผู้ดำเนินโครงการได้ทำการปรับโมเดลที่คำนวณได้ให้เข้ากับสถานที่ซึ่งจะใช้ในการดำเนินการก่อสร้างจริง ดังแสดงในรูป

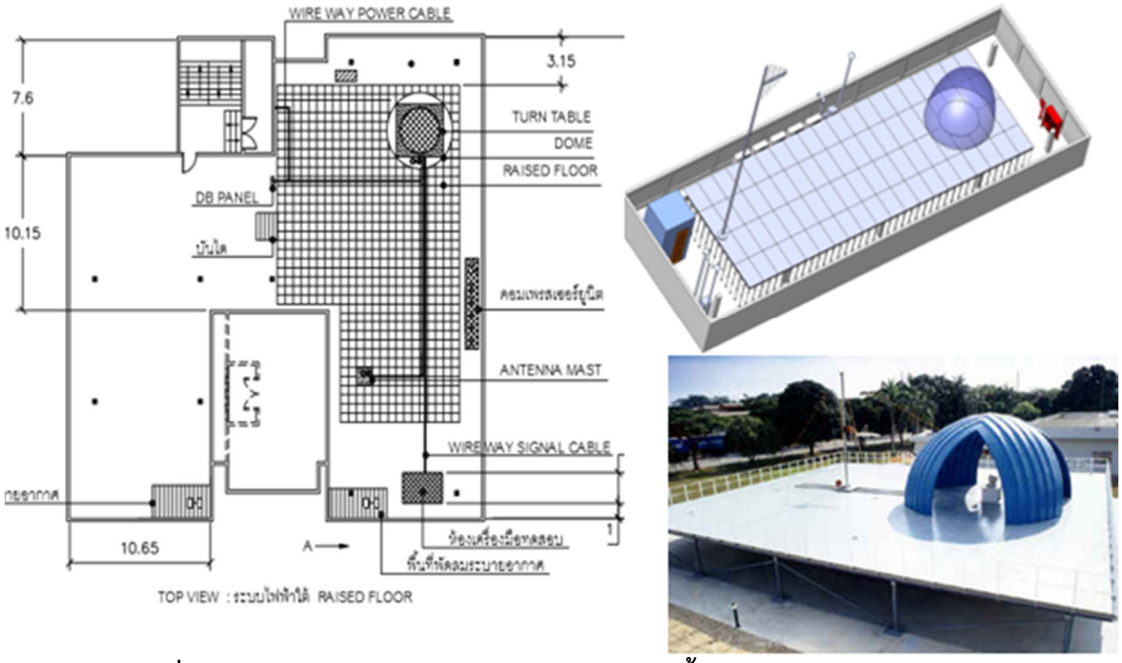


รูปที่ 4-1 แสดงผลการจำลองการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง



รูปที่ 4-2 แสดงผลการจำลองการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งโดยปรับขนาดกราวด์เพลน

4.2.2 คณะผู้ดำเนินโครงการจึงได้ดำเนินการออกแบบก่อสร้างโครงสร้างของพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) ทั้งทางกล ทางไฟฟ้า ณ บริเวณชั้นดาดฟ้า อาคารกลาง สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) แล้วเสร็จ โดยได้วางโครงสร้างบนส่วนรับน้ำหนักสำหรับการต่อเติมโครงสร้างของอาคารที่มีอยู่เดิม และได้ทำการประชุมร่วมกับสถาปนิกและวิศวกรโยธา เพื่อจัดการด้านความปลอดภัย ดังแสดงในรูป



รูปที่ 4-3 แสดงแบบการก่อสร้าง OATS บริเวณชั้นดาดฟ้าอาคารกลาง สวทช.

4.2.3 คณะผู้ดำเนินโครงการได้ดำเนินการจัดเตรียมพื้นที่บนชั้นดาดฟ้าของอาคารกลาง สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (สวทช.) โดยได้ทำการจัดเตรียมพื้นที่ในการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบเรียบร้อยแล้ว สำหรับโครงสร้างของระบบทดสอบที่จะดำเนินการก่อสร้างในโครงการนั้น พื้นที่ทดสอบนี้จะสามารถทำการทดสอบและสอบเทียบสายอากาศ ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยมีระยะที่สามารถทำการทดสอบได้ 3 ระยะคือ 3 เมตร 10 เมตร และ 15 เมตร ตามลำดับ โดยในแต่ระยะของการทดสอบจะสามารถปรับระดับความสูงของเสาสำหรับการติดตั้งสายอากาศซึ่งต้องการทดสอบและสอบเทียบได้ตั้งแต่ 1 เมตร ถึง 10 เมตร ตามมาตรฐาน ANSI C 63.5

สำหรับการเตรียมความพร้อมของการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบฯ นั้น คณะผู้ดำเนินโครงการ ได้ดำเนินการดังนี้

4.2.3.1 ทำการปรับระดับความเรียบของพื้นที่ (floor flatness) จะใช้ในการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบ

4.2.3.2 การจัดการระบบฟ้า เพื่อรองรับการเดินไฟฟ้า และระบบสายสัญญาณบนพื้นที่ทดสอบ

4.2.3.3 การจัดการเรื่องน้ำรั่ว น้ำขังในบริเวณก่อสร้าง

4.2.3.4 การจัดการระบบสายดิน (ground system)

4.2.3.5 การจัดการระบบไฟฟ้าส่องสว่างเพื่อการติดตั้งระบบทดสอบในเวลากลางคืน

4.2.3.6 การจัดทำแผนการดำเนินงานร่วมกับฝ่ายควบคุมความปลอดภัยในการก่อสร้าง

รูปที่ 4-4 แสดงพื้นที่ก่อสร้างที่ได้ดำเนินการปรับปรุงเพื่อรองรับการติดตั้งระบบทดสอบ OATS

4.2.4 คณะผู้ดำเนินโครงการ ได้ดำเนินการจัดทำข้อกำหนดทางเทคนิค (TOR) สำหรับการก่อสร้างและติดตั้งระบบทดสอบแบบเปิดโล่ง แล้วเสร็จ และดำเนินการกระบวนการทางพัสดุของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (สวทช.) ตามระเบียบสำนักนายกฯ แล้วเสร็จ ซึ่งคณะผู้ดำเนินโครงการได้ดำเนินการก่อสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบเรียบร้อยแล้วในช่วงปลายเดือนกันยายน พศ. 2559

สำหรับส่วนประกอบของครุภัณฑ์ที่จะดำเนินการติดตั้งบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งและที่ได้ดำเนินการจัดซื้อไปแล้วประกอบด้วย

4.2.4.1 โครงสร้างและแผ่นอลูมิเนียม สำหรับทำแผ่นกราวด์เพลนสำหรับการติดตั้งบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งจำนวน 1 ระบบ

4.2.4.2 เสาอากาศสำหรับใช้ในการติดตั้งสายอากาศวัดชนิดต้นคู่ สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงที่ระดับความสูง 4 เมตร จำนวน 2 ต้น

4.2.4.3 แท่นหมุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3เ มตร รับน้ำหนักทดสอบได้ 3 ตัน จำนวน 1 ระบบ ชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเสาอากาศและแท่นหมุนจำนวน 1 ชุด

4.2.4.4 โครงสร้างสำหรับครอบแท่นหมุนเพื่อป้องกันอุปกรณ์ขณะทำการทดสอบ จำนวน 1 ชุด

4.2.4.5 โครงสร้างสำหรับติดตั้งเครื่องมือทดสอบพร้อมระบบสนับสนุนจำนวน 1 ชุด

4.2.4.6 โครงสร้างและแผ่นอลูมิเนียม สำหรับทำแผ่นกราวด์เพลนสำหรับการติดตั้งบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งจำนวน 1 ระบบ

4.2.4.7 เสาอากาศสำหรับใช้ในการติดตั้งสายอากาศวัดชนิดต้นคู่ สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงที่ระดับความสูง 4 เมตร จำนวน 2 ต้น

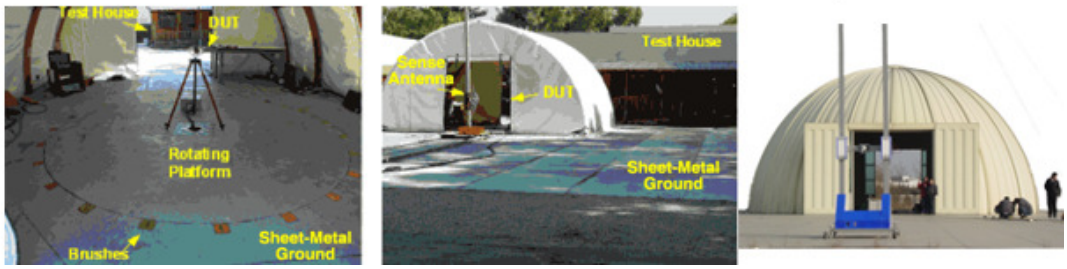
4.2.4.8 แท่นหมุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เมตร รับน้ำหนักทดสอบได้ 3 ตัน จำนวน 1 ระบบ

4.2.4.9 ชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเสาอากาศและแท่นหมุนจำนวน 1 ชุด

4.2.4.10 โครงสร้างสำหรับครอบแท่นหมุนเพื่อป้องกันอุปกรณ์ขณะทำการทดสอบ จำนวน 1 ชุด

4.2.4.11 โครงสร้างสำหรับติดตั้งเครื่องมือทดสอบพร้อมระบบสนับสนุนจำนวน 1 ชุด

• แผ่นกราวด์เพลนขนาดใหญ่ตามมาตรฐาน ANSI 63.7	1 ระบบ
• Antenna mast สูง 10 เมตร	2 ต้น
• Turn table ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เมตร	1 เครื่อง
• โดมครอบแท่นหมุน	1 ชุด
• Spectrum Analyzer หรือ EMI receiver	1 เครื่อง
• Signal Generator	1 เครื่อง
• Broadband Antenna (9kHz-40GHz)	1 ชุด

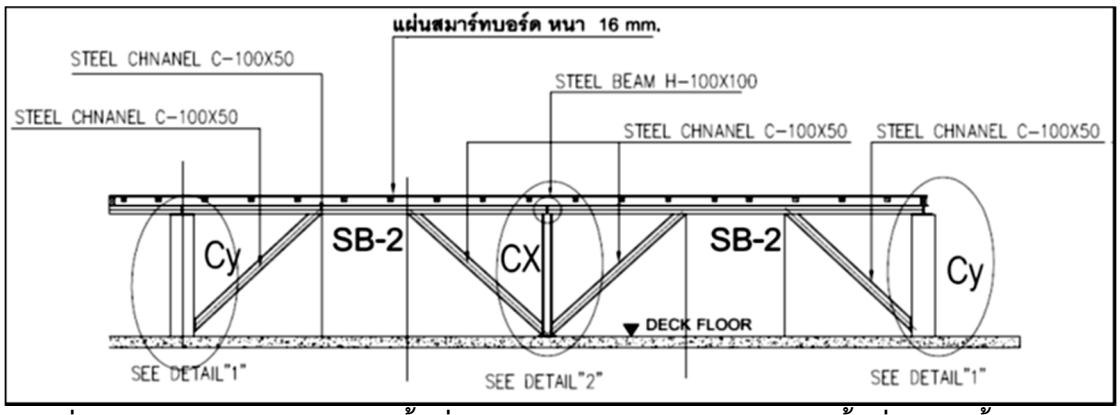


รูปที่ 4-5 แสดงอุปกรณ์ประกอบสำหรับการติดตั้งบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง

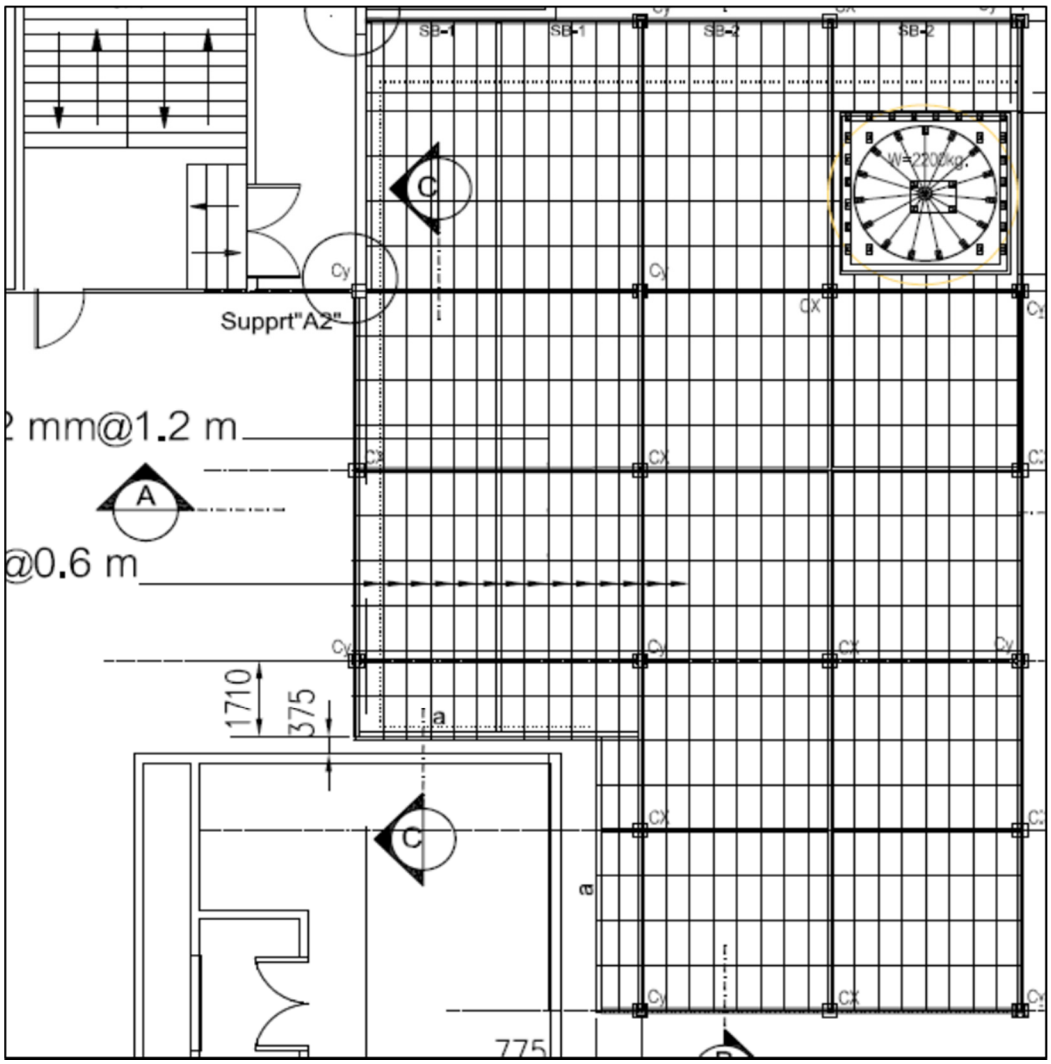
4.3 ผลการดำเนินงานประจำงวดที่ 3

4.3.1 การดำเนินการติดตั้งเครื่องมือวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและสายอากาศบน OATS และการทวนสอบและสอบเทียบเครื่องมือและสายอากาศ

เนื่องจากพื้นที่บริเวณชั้นดาดฟ้า อาคารสำนักงานกลาง สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ไม่ได้ถูกออกแบบไว้เพื่อรองรับการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATs) ตั้งแต่ต้น ประกอบกับบนพื้นที่ดาดฟ้านั้น มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ท่อระบายอากาศ กำแพง รวมถึงสิ่งกีดขวางอีกมากมายที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายหรือรื้อถอนได้ ด้วยเหตุนี้ ทางคณะผู้ดำเนินโครงการ จึงได้ดำเนินการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานของพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATs) ขึ้นมาใหม่ โดยทำการปรับพื้นที่ให้มีความสูงเพิ่มขึ้นเหนือสิ่งกีดขวาง เพื่อลดผลกระทบจากสิ่งกีดขวางต่างๆ ที่มีอยู่เดิม โดยมีรายละเอียดการออกแบบดังนี้



รูปที่ 4-6 แสดงแบบการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATs) บนพื้นที่บริเวณชั้นดาดฟ้า



รูปที่ 4-7 แสดงแบบการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATs) บนพื้นที่บริเวณชั้นดาดฟ้า

คณะผู้ดำเนินโครงการ ได้ดำเนินการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) ณ อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย (สวทช.) โดยใช้ ซอฟแวร์จำลองแบบการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และนำผลของซอฟแวร์ที่ได้มาทำการออกแบบก่อสร้างตามมาตรฐาน ANSI C63.7 ซึ่งปัจจุบันได้ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จโดยมีขั้นตอนดังนี้

4.3.1.1 การจัดเตรียมสถานที่เพื่อดำเนินการติดตั้งพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง ณ อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย(สวทช.) อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

รูปที่ 4-8 การเตรียมพื้นที่สำหรับการติดตั้ง OATS

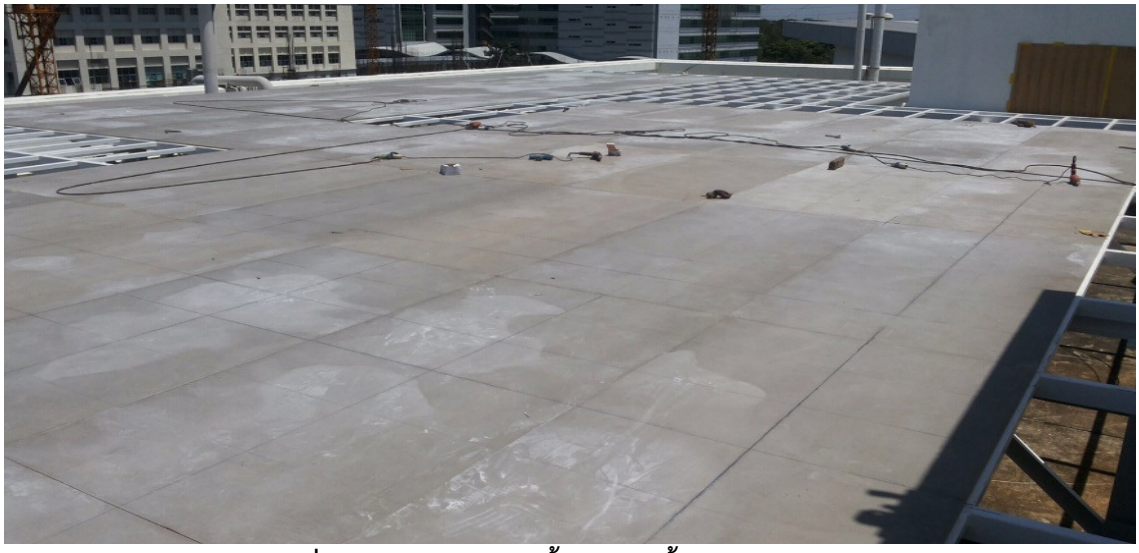
4.3.1.2 การขนสิ่งก่อสร้างขึ้นไปดำเนินการก่อสร้างบนชั้นดาดอาคารสำนักงานกลาง อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย

รูปที่ 4-9 การขนส่งโครงสร้างขึ้นติดตั้งบนชั้นดาดฟ้า

4.3.1.3 การดำเนินการติดตั้งโครงสร้างรับน้ำหนักบนชั้นดาดฟ้า อาคารสำนักงานกลาง อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ตามการออกแบบที่จัดทำไว้

รูปที่ 4-10 การติดตั้งโครงสร้างรับน้ำหนัก

4.3.1.4 การดำเนินการติดตั้งแผ่นพื้นสำหรับรับน้ำหนักบนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS)

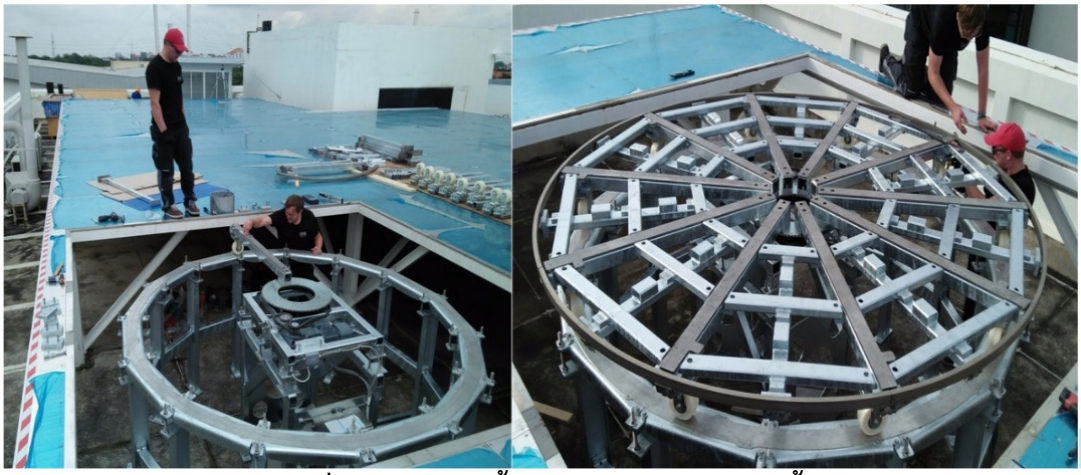


รูปที่ 4-11 แสดงการติดตั้งแผ่นรับน้ำหนักบนโครงสร้าง

4.3.1.5 การติดตั้งแผ่นอลูมิเนียมที่ผิว สำหรับสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามมาตรฐาน ANSI C63.7

รูปที่ 4-12 แสดงการติดตั้งแผ่นอลูมิเนียมบนผิวแผ่นรับน้ำหนัก

4.3.1.6 การติดตั้งแท่นหมุน (turn table) สำหรับวางอุปกรณ์ทดสอบการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

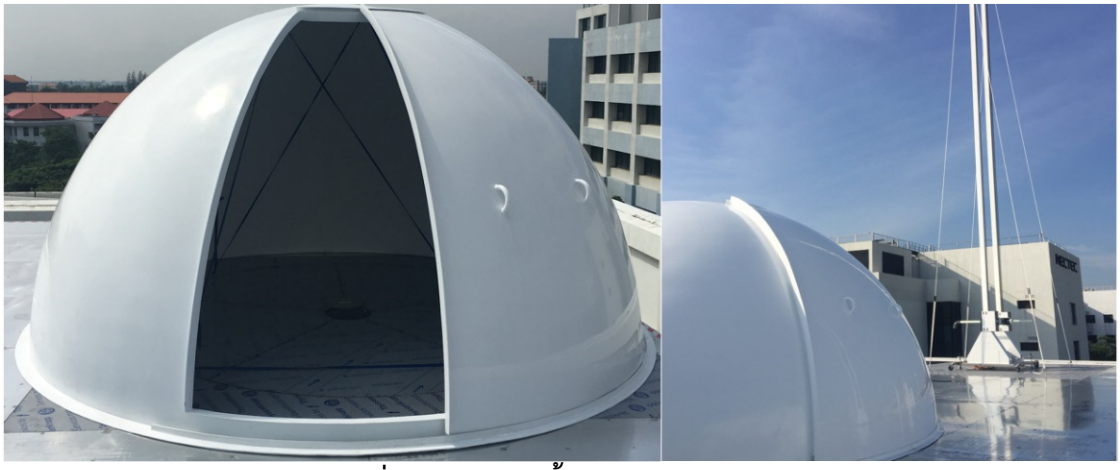


รูปที่ 4-13 การติดตั้งแท่นหมุนบนโครงสร้างพื้น

4.3.1.7 การติดตั้งเสาอากาศ (antenna mast) สำหรับการติดสายอากาศสำหรับการวัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสอบเทียบสายอากาศ

รูปที่ 4-14 แสดงการติดตั้งเสาตั้งสายอากาศ

4.3.1.8 การติดตั้งโดม (dome) เพื่อปกป้องการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมและครอบแท่นหมุน



รูปที่ 4-15 การติดตั้งโดมครอบแท่นหมุน

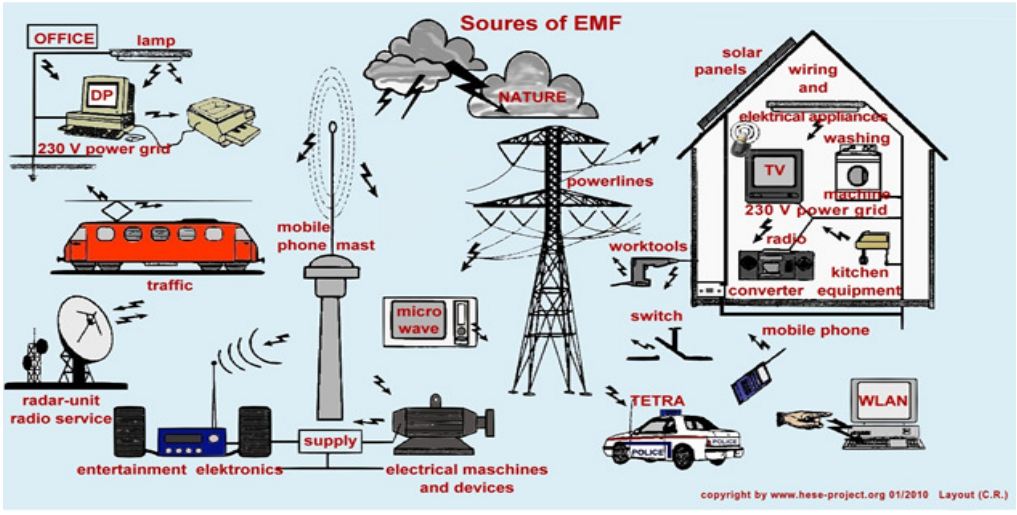
4.3.1.9 ผลการดำเนินการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง(OATS) บนชั้นดาดฟ้าอาคาร สวทช.

รูปที่ 4-16 OATS ที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ

รูปที่ 4-17 OATS ที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ(ต่อ)

4.3.2 การทดสอบคุณสมบัติของพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งหลังก่อสร้างแล้วเสร็จ

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวน หรือ Electromagnetic Interference (EMI) เป็นคลื่นที่มีทั้งสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) และสนามไฟฟ้า (Electric Field) เกิดจากหลายสาเหตุ เช่น ในธรรมชาติ เกิดจากรังสีคอสมิก (Cosmic) จากดวงดาว ฟ้าแลบ ฟ้าร้อง ฟ้าผ่า สนามแม่เหล็กโลก หรือเกิดจากแหล่งกำเนิดที่มนุษย์สร้างขึ้น อาทิ สายส่งไฟฟ้ากำลัง (Power transmission line) โทรศัพท์ โทรทัศน์ เครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เครื่องรับและส่งสัญญาณวิทยุ AM FM VHF UHF Radar ฯลฯ สัญญาณเหล่านี้อาจส่งผลรบกวนการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ซึ่งถูกติดตั้งอยู่บริเวณข้างเคียงทำให้เกิดการทำงานผิดพลาด ไปจากสภาวะปกติ



รูปที่ 4-18 แสดงสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่พบได้ทั่วไป

สำหรับสภาวะแวดล้อมในการทำงานทั่วๆ ไป เช่น อาคารสำนักงาน บ้านเรือน ที่อยู่อาศัย เป็นอีกบริเวณหนึ่งที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าได้ทั้งสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำๆ (low frequency field) จากสายส่งไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า หรือสนามแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่สูงๆ (high frequency) จากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เสาส่งวิทยุ โทรทัศน์ โทรศัพท์ฯ เนื่องจากมนุษย์ต้องทำงานหรืออาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวเป็นเวลาต่อเนื่องนานๆ หรืออาจตลอดชีวิต สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเหล่านี้หากมีความแรงเกินระดับที่มาตรฐานสากลกำหนด อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ และจะรบกวนการทำงานของระบบสื่อสารที่มีความอ่อนไหวต่อการถูกรบกวนได้ง่าย เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ จอมอนิเตอร์ ระบบสื่อสารโดยใช้สายตัวนำ (wire communication) และระบบสื่อสารไร้สาย (wireless communication) รูปที่ 4-18 แสดงสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่พบได้ทั่วไปในสำนักงาน ซึ่งมาจาก หม้อแปลงไฟฟ้า สายไฟฟ้าในอาคาร เครื่องคอมพิวเตอร์ ฯ

ดังนั้นการจัดการและการติดตั้ง (Installation and management) อุปกรณ์จำพวกไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในอาคารสำนักงานทั่วไป ในโรงงานอุตสาหกรรม หรืองานเฉพาะด้านที่ต้องการให้มีระดับของสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าต่ำๆ และการป้องกันการรบกวนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีระดับสูง เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ของธนาคาร ระบบเอทีเอ็ม (ATM) ระบบสื่อสารโทรคมนาคม หรือระบบทางการทหาร จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

เพื่อให้พื้นที่ที่ก่อสร้างสามารถใช้ในการทดสอบได้ตามมาตรฐาน ANSI C63.5 จำเป็นต้องทราบระดับของสัญญาณรบกวนและความถี่ต่างๆ ในบริเวณก่อสร้าง OATS ดังนั้นในโครงการนี้จึงได้ทำการวัดระดับของสัญญาณรบกวนด้วยโดยมีขั้นตอนดังนี้

ตารางที่ 4-1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัด

รายการ	รุ่น	ความถี่ใช้งาน	จำนวน
(1) SPECTRUM ANALYZER	HP Model: 8564E R&S	9 kHz – 40 GHz 9 kHz – 2 GHz	1 เครื่อง
(2) AMPLIFIER	HP Model: 8447F OPT H64	9 kHz – 1.3 GHz	1 เครื่อง
(3) ATTENUATOR	HP Model: 8494B	DC – 18 GHz	1 เครื่อง
(4) MAGNETIC FIELD PROBE	PMM Model: 8053 PMM Model: EHP-50 PMM Model: EP 105	 5 Hz – 100 kHz 0.1 MHz – 1000 MHz	1 เครื่อง
(5) LISN	EMCO Model: 3825/2	10 kHz – 100 MHz	1 เครื่อง
(6) ANTENNA	EMCO Model: 6507 EMCO Model: 3301B SCHWARZBECK Model: VHA 9103 SCHWARZBECK Model: VULP 9118 EMCO Model : 3115	1 kHz – 18 GHz	1 ชุด
(7) Ground tester meter	-	50 Hz	1 เครื่อง
(8) Surge generator	schffner		1 เครื่อง
(9) Signal Generator	HP	10 Hz - 40 GHz	1 เครื่อง
(10) ACCESSORIES	Notebook Computer (IEEE-488 Interface) - Signal Cable (N-Type to N-Type) - Connector (N-Type to BNC) - Group Plane (LISN) - Power Line Cable		1 ชุด

รายการ	รุ่น	ความถี่ใช้งาน	จำนวน
	- Digital Camera		
(11) Software simulator	- EMF estimator - Numerical electromagnetic code (NEC)		1 ชุด

4.3.3 การตรวจวัดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่ผ่านอากาศ

การตรวจวัดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่ผ่านอากาศ (Electromagnetic Radiation) โดยใช้สายอากาศเป็นตัวรับสัญญาณรบกวนแพร่ผ่านอากาศ เช่นเดียวกับสัญญาณวิทยุ สัญญาณรบกวนที่รับได้จากสายอากาศจะถูกส่งผ่านตัว Attenuator เพื่อป้องกันการเสียหาย สัญญาณจะถูกส่งไปตรวจวัดโดยเครื่อง Splectrum Analyzer และเก็บข้อมูลโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นข้อมูลทางโดเมนความถี่ โดยการใช้สายอากาศ (Antenna) แต่ละชนิดแยกตามความถี่

ขั้นตอนดำเนินการ

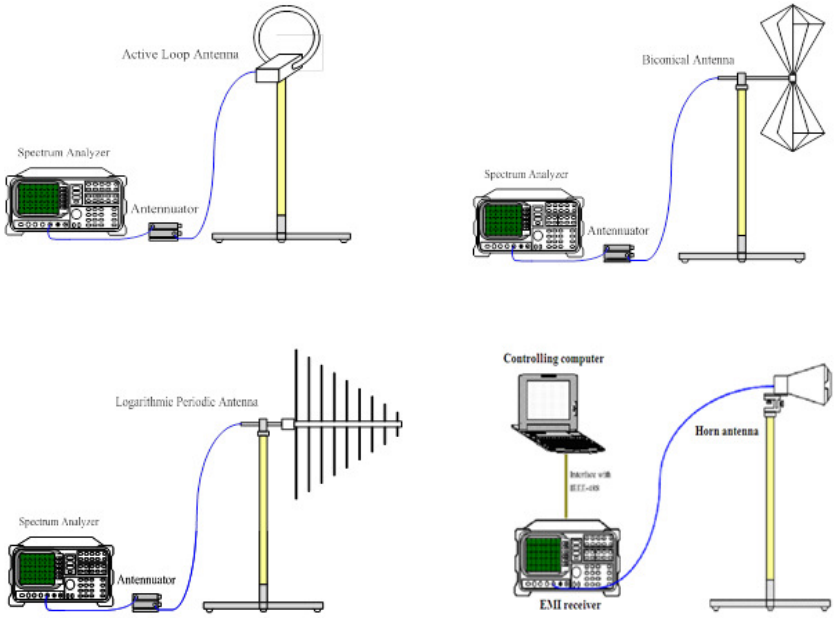
4.3.3.1 ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตามรูปที่ 4-19 ณ บริเวณที่จะทำการวัด

4.3.3.2 ตั้งเครื่อง Spectrum Analyzer ความถี่ของการตรวจวัดตามช่วงความถี่ใช้งานของสายอากาศแต่ละชนิด

4.3.3.3 เลือกใช้สายอากาศแบบ Active Loop Antenna ตั้งแนวการรับของสายอากาศเป็นแนววางขนานกับสายส่งกำลังไฟฟ้า

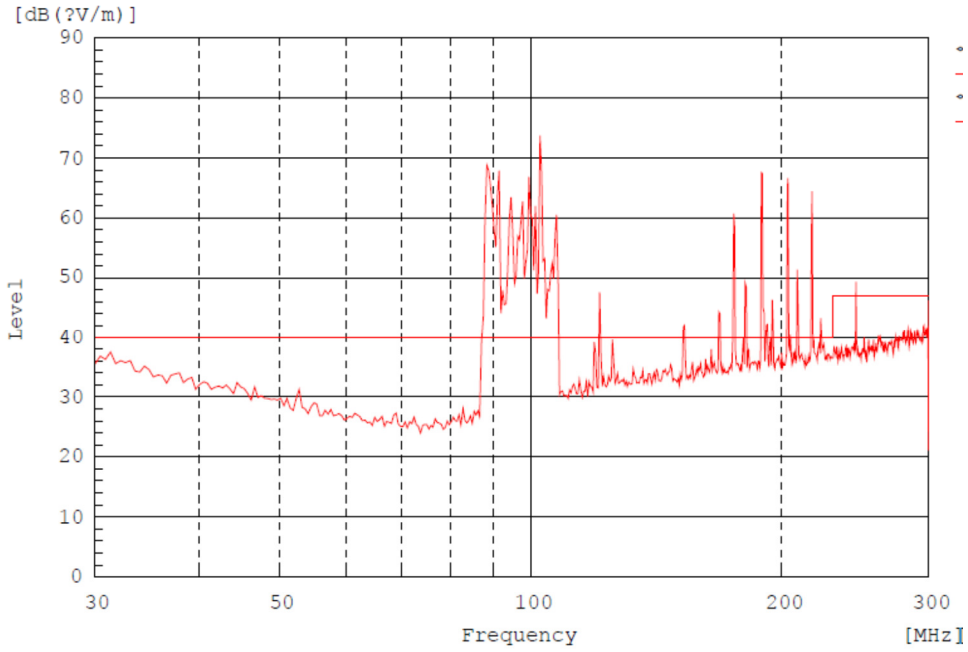
4.3.3.4 อ่านค่าความถี่โดยใช้ฟังก์ชัน MAX HOLD อ่านค่าไว้ประมาณ 1 นาที เพื่อเก็บการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ และบันทึกข้อมูลลงในเครื่อง

4.3.3.5 เปลี่ยนชนิดสายอากาศเป็นแบบ Biconical Antenna, Logarithmic Periodic Antenna และ Horn Antenna และทำเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1-4

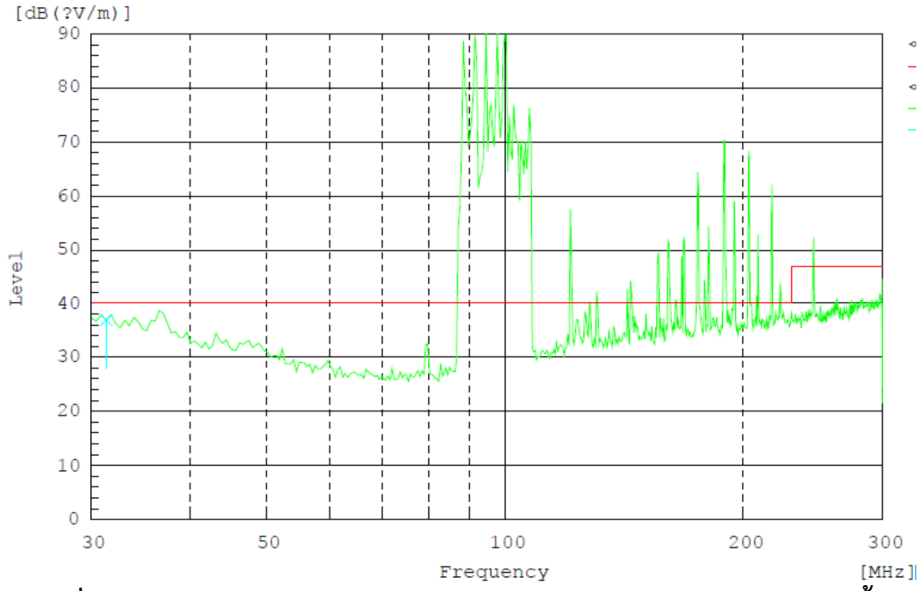


รูปที่ 4-19 การติดตั้งสายอากาศสำหรับการตรวจวัดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่ผ่านอากาศ

4.3.4 ผลการทดสอบสภาวะแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 4-20 ผลการทดสอบสภาวะแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวแกนนอน



รูปที่ 4-21 ผลการทดสอบสภาวะแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าในแนวแกนตั้ง

จากผลการวัดสภาวะแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้าพบว่าสัญญาณที่พบเกิดที่ความถี่ใช้งานปกติตามแถบอนุญาติความถี่ของ กสทช. เช่น ความถี่วิทยุ FM ของ ความถี่สถานีโทรทัศน์ และโทรศัพท์เคลื่อนที่ อย่างไรก็ตาม ความถี่ที่พบนี้เป็นความถี่ที่ทราบว่ามีการใช้งานปกติ โดยไม่พบความแปลกปลอมอื่นในบริเวณนี้ สามารถสรุปได้ว่าพื้นที่ทดสอบที่ได้จัดสร้างขึ้นนี้มีระดับสัญญาณรบกวนที่ไม่ทราบค่าต่ำ จึงสามารถใช้ OATS นี้ในการทดสอบและสอบเทียบสายอากาศได้

4.3.5 การทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA)

การทดสอบ NSA คือการทดสอบการลดทอนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่างๆของพื้นที่ที่ใช้ทดสอบ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ ตามมาตรฐาน ANSI C63.5 นั้นกำหนดให้ค่า Normalize site attenuation ของ OATS จะต้องมีค่าไม่เกิน +/- 4 dB จึงจะเป็นสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบได้

ขั้นตอนดำเนินการ

4.3.5.1 ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตามรูปที่ 4-22 ณ บริเวณที่จะทำการวัด โดยมีทิศด้านหน้าของแท่นหมุน

4.3.5.2 ตั้งเครื่อง Spectrum Analyzer ตั้งความถี่ของการตรวจวัดตามช่วงความถี่ใช้งานของสายอากาศแต่ละชนิด

4.3.5.3 เลือกใช้สายอากาศแบบ Dipole Antenna 2ต้น ตั้งแนวการรับของสายอากาศเป็นแนววางขนานกับสายส่งกำลังไฟฟ้า

4.3.5.4 ส่งและรับค่าความถี่เดียวกัน โดยใช้สายอากาศทั้ง 2 ต้น

4.3.5.5 อ่านค่าความถี่โดยใช้ฟังก์ชัน MAX HOLD อ่านค่าไว้ประมาณ 1 นาที เพื่อเก็บการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ และบันทึกข้อมูลลงในเครื่อง

4.3.5.6 เปลี่ยนชนิดสายอากาศเป็นแบบ Biconical Antenna, Logarithmic Periodic Antenna และ Horn Antenna ตามลำดับ และทำเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 1-4

4.3.5.7 เลื่อนแนวการส่งสัญญาณเป็นจุดทิศด้านซ้ายของแท่นหมุน

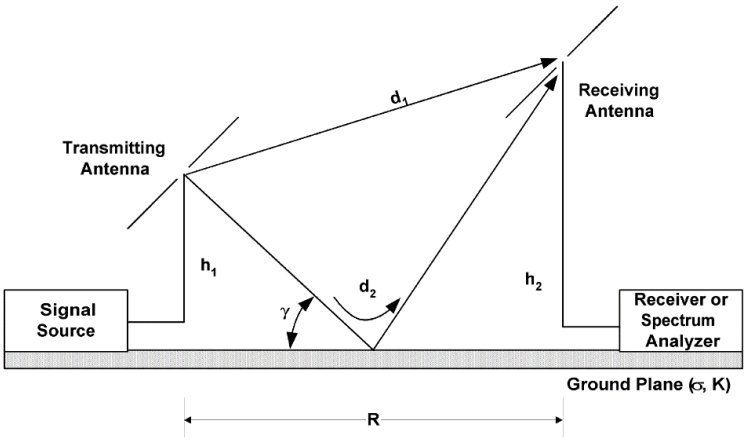
4.3.5.8 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2-4

4.3.5.9 เลื่อนแนวการส่งสัญญาณเป็นจุดทิศด้านขวาของแท่นหมุน

4.3.5.10 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2-4

4.3.5.11 เลื่อนแนวการส่งสัญญาณเป็นจุดทิศด้านขวาของแท่นหมุน

4.3.5.12 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2-4



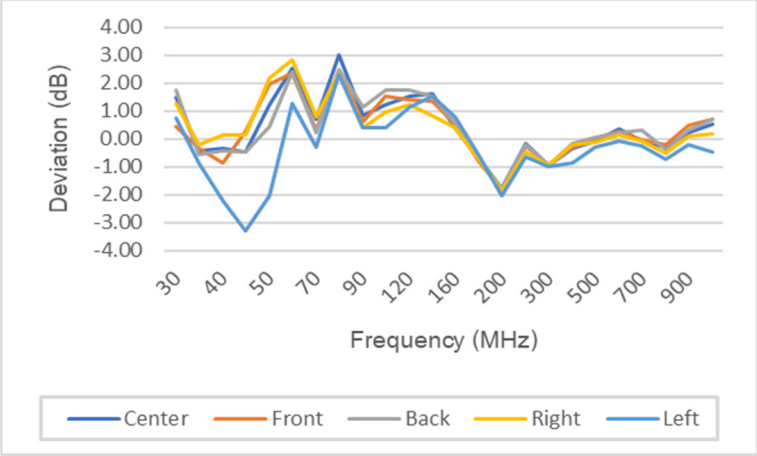
รูปที่ 4-22 การทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA)

จากรูปทั้งหมดค่า Normalized Site attenuation (NSA) มีค่าอยู่ในช่วง +/- 4dB ดังนั้นพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งที่ได้ทำการจัดสร้างขึ้นนี้สามารถใช้ในการทดสอบและสอบเทียบสายอากาศได้ตามมาตรฐานสากล

รูปที่ 4-23 แสดงการทวนสอบ สอบเทียบเครื่องมือและสายอากาศ โดยมีผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำ

ตารางที่ 4-2 ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนนอนสูง 1 เมตร

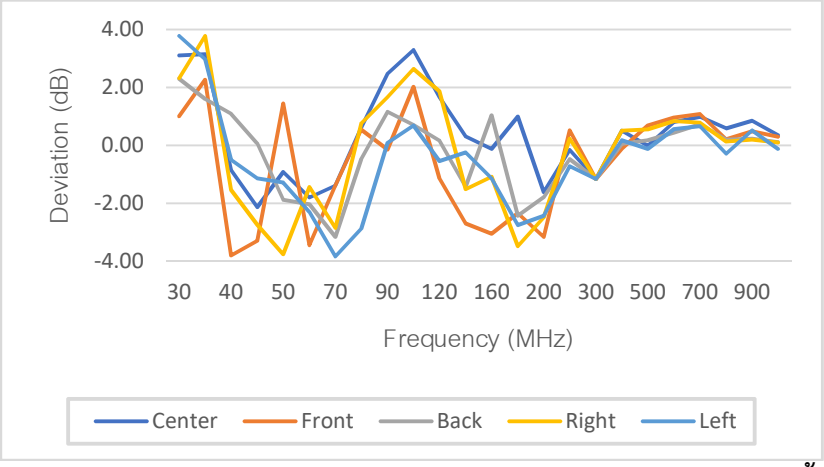
Freq (MHz)	Center	Front	Back	Right	Left
30	1.50	0.46	1.76	1.26	0.76
35	-0.42	-0.33	-0.57	-0.19	-0.85
40	-0.32	-0.88	-0.44	0.16	-2.19
45	-0.46	0.26	-0.47	0.15	-3.31
50	1.24	1.99	0.46	2.19	-2.04
60	2.54	2.38	2.40	2.84	1.29
70	0.69	0.33	0.24	0.78	-0.30
80	3.00	2.45	2.51	2.36	2.32
90	0.82	0.60	1.14	0.41	0.39
100	1.24	1.54	1.77	0.95	0.41
120	1.54	1.41	1.77	1.23	1.13
140	1.61	1.34	1.55	0.84	1.53
160	0.40	0.55	0.56	0.39	0.80
180	-0.71	-0.82	-0.69	-0.75	-0.62
200	-1.78	-1.82	-1.77	-1.86	-2.02
250	-0.17	-0.25	-0.22	-0.46	-0.64
300	-0.96	-0.96	-0.96	-0.96	-1.00
400	-0.34	-0.30	-0.17	-0.19	-0.84
500	-0.07	0.01	0.05	-0.12	-0.31
600	0.36	0.29	0.25	0.16	-0.09
700	-0.08	-0.05	0.31	-0.09	-0.26
800	-0.30	-0.22	-0.38	-0.50	-0.74
900	0.25	0.47	0.30	0.11	-0.19
1000	0.52	0.69	0.70	0.17	-0.48



รูปที่ 4-24 ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนนอนสูง 1 เมตร

ตารางที่ 4-3 ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนตั้งสูง 1 เมตร

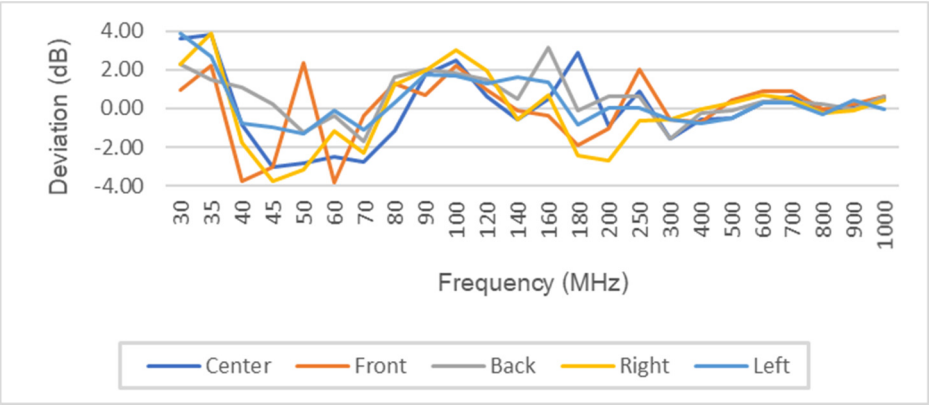
Freq (MHz)	Center	Front	Back	Right	Left
30	3.10	1.00	2.29	2.32	3.78
35	3.15	2.26	1.60	3.77	2.97
40	-0.85	-3.81	1.09	-1.54	-0.50
45	-2.14	-3.30	0.06	-2.75	-1.14
50	-0.92	1.44	-1.88	-3.76	-1.29
60	-1.80	-3.45	-2.04	-1.44	-2.30
70	-1.40	-1.40	-3.16	-2.85	-3.84
80	0.60	0.54	-0.47	0.76	-2.88
90	2.47	-0.15	1.16	1.67	0.09
100	3.29	2.02	0.70	2.64	0.68
120	1.66	-1.14	0.16	1.86	-0.55
140	0.31	-2.70	-1.43	-1.52	-0.25
160	-0.13	-3.05	1.03	-1.09	-1.14
180	0.99	-2.35	-2.44	-3.48	-2.76
200	-1.62	-3.16	-1.79	-2.49	-2.44
250	-0.16	0.52	-0.48	0.23	-0.72
300	-1.16	-1.16	-1.16	-1.16	-1.16
400	0.50	-0.11	0.05	0.50	0.17
500	-0.01	0.68	0.17	0.55	-0.13
600	0.80	0.96	0.44	0.84	0.56
700	0.98	1.08	0.72	0.78	0.66
800	0.58	0.21	0.20	0.13	-0.29
900	0.85	0.48	0.23	0.20	0.52
1000	0.35	0.29	0.11	0.10	-0.12



รูปที่ 4-25 ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนตั้งสูง 1 เมตร

ตารางที่ 4-4 ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนตั้งสูง 1.5 เมตร

Freq (MHz)	Center	Front	Back	Right	Left
30	3.60	0.98	2.30	2.26	3.88
35	3.82	2.21	1.47	3.89	2.68
40	-0.81	-3.78	1.09	-1.79	-0.76
45	-3.06	-3.05	0.22	-3.74	-0.94
50	-2.84	2.36	-1.24	-3.14	-1.29
60	-2.48	-3.82	-0.38	-1.20	-0.13
70	-2.76	-0.39	-1.73	-2.30	-1.11
80	-1.17	1.26	1.61	1.22	0.32
90	1.73	0.67	2.01	1.96	1.74
100	2.50	2.21	1.80	3.01	1.67
120	0.59	0.95	1.47	1.93	1.27
140	-0.56	-0.08	0.48	-0.57	1.63
160	0.48	-0.40	3.14	0.69	1.35
180	2.89	-1.88	-0.13	-2.41	-0.83
200	-0.90	-1.06	0.65	-2.68	0.02
250	0.90	2.01	0.64	-0.66	0.00
300	-1.56	-0.56	-1.56	-0.56	-0.56
400	-0.59	-0.68	-0.23	-0.01	-0.74
500	-0.54	0.43	-0.08	0.28	-0.53
600	0.30	0.89	0.38	0.72	0.26
700	0.63	0.89	0.37	0.51	0.26
800	-0.17	-0.07	0.23	-0.21	-0.34
900	0.14	0.19	-0.04	-0.10	0.45
1000	0.56	0.59	0.62	0.40	-0.02

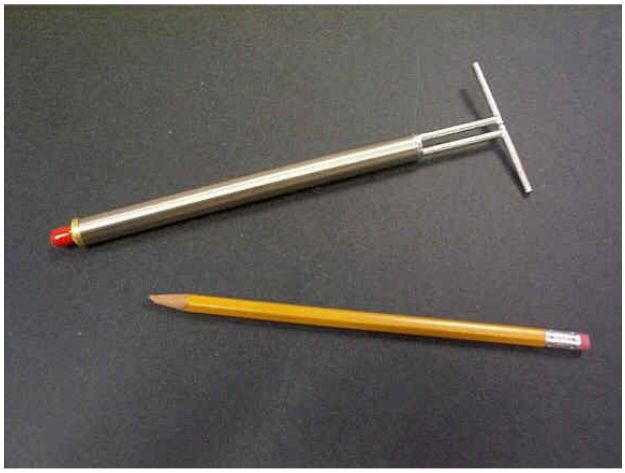


รูปที่ 4-26 ผลการทดสอบ Normalized Site attenuation (NSA) ในแนวแกนตั้งสูง 1.5 เมตร

4.3.6 รายงานผลการออกแบบสายอากาศและอุปกรณ์และผลการทดสอบความสามารถของระบบและการจัดทำเอกสารด้านเทคนิค

เนื่องจากในการทดสอบและสอบเทียบสายอากาศบนพื้นที่เปิดโล่ง จะมีตัวแปรด้านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหลายแบบเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย และผลิตภัณฑ์สายอากาศที่จำหน่ายในตลาดมีความหลากหลาย จึงไม่สามารถควบคุมและทราบตัวแปรที่สำคัญได้ ประกอบกับ PTEC ต้องการทักษะในการพัฒนาฐานความรู้ของวิศวกรสอบเทียบสายอากาศ ดังนั้นจึงต้องมีการออกแบบและสร้างสายอากาศมาตรฐานอ้างอิงสำหรับใช้ในการทวนสอบ(validate) เพื่อใช้บนพื้นที่ทดสอบขึ้นด้วย โดยในโครงการ OATS นี้ได้ทำการออกแบบสายอากาศแบบ Dipole antenna with bazooka balun for 900 MHz applications ดังมีรายละเอียดดังนี้

สายอากาศไดโพลร่วมกับบาลันบาซูก้าสำหรับประยุกต์ใช้ความถี่ 900 MHz

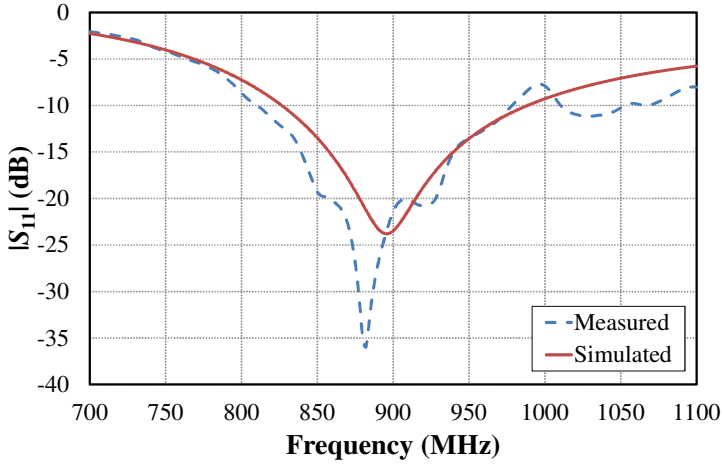


รูปที่ 4-27 โครงสร้างสายอากาศไดโพลร่วมกับบาลันบาซูก้าสำหรับประยุกต์ใช้ความถี่ 900 MHz

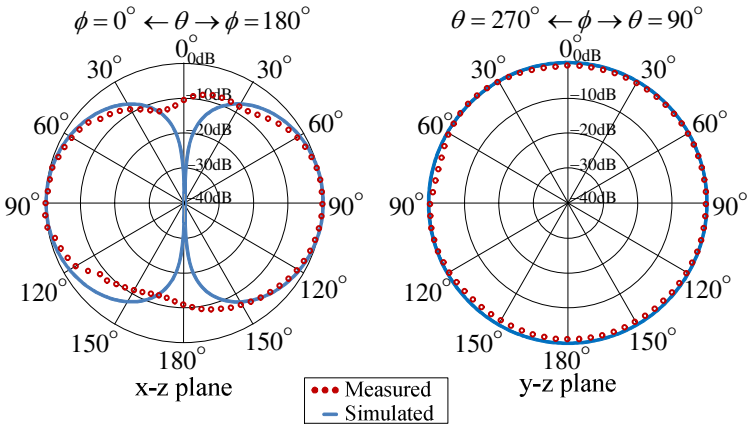
4.3.6.1 ผลการทดสอบสายอากาศไดโพลความถี่ 900 MHz Dipole antenna with bazooka balun for 900 MHz applications

สำหรับผลการจำลองคุณสมบัติของสายอากาศไดโพลร่วมกับบาลันบาซูก้าสำหรับประยุกต์ใช้ความถี่ 900 MHz จะแสดงในค่าพารามิเตอร์ ดังนี้

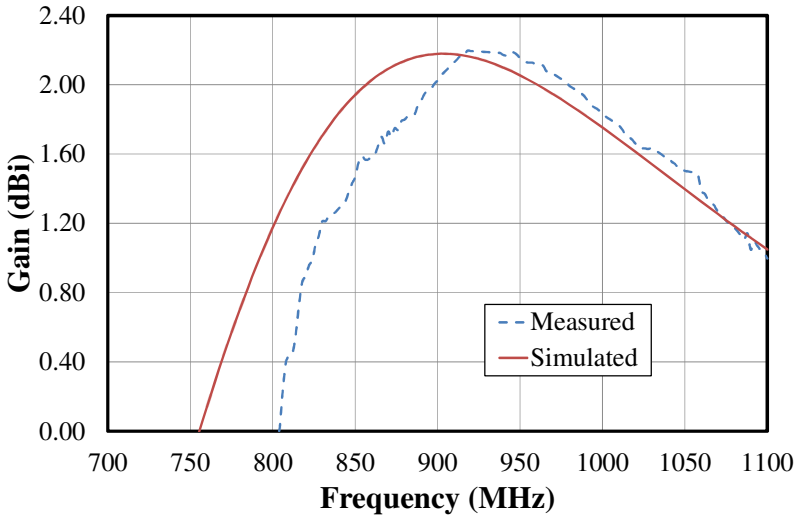
- $|S_{11}|$ ของสายอากาศไดโพล
- แบบรูปการแพร่กระจายขอสายอากาศ (antenna radiated pattern) ที่ความถี่ 900 MHz
- อัตราขยายของสายอากาศ (Antenna Gain)



(ก) $|S_{11}|$ ของสายอากาศไดโพล



(ข) แบบรูปการแพร่กระจายของสายอากาศที่ความถี่ 900 MHz



(ค) อัตราขยายของสายอากาศ

รูปที่ 4-28 ผลการจำลองคุณสมบัติของสายอากาศไดโพลร่วมกับบาลันบาซูก้าสำหรับประยุกต์ใช้ความถี่ 900 MHz

ตารางที่ 4-5 สรุปผลคุณสมบัติของสายอากาศไดโพลร่วมกับบาลันบาซูก้า

คุณสมบัติ		ผลการทดสอบ
$\|S_{11}\|$ ต่ำกว่า -10 dB	Sim	826-988 MHz
	Meas	812-978 MHz
Bandwidth	Sim	162 MHz
	Meas	166 MHz
$\|S_{11}\|$ ที่ความถี่ 900 MHz	Sim	-23.48 dB
	Meas	-21.41 dB
Polarization	Sim	linear polarization
	Meas	linear polarization
Gain ที่ความถี่ 900 MHz	Sim	2.17 dBi
	Meas	2.02 dBi
Pattern ที่ความถี่ 900 MHz	Sim	Omnidirectional
	Meas	Omnidirectional
HPBW in XZ plane	Sim	80 องศา
	Meas	70 องศา
HPBW in YZ plane	Sim	360 องศา
	Meas	360 องศา

ตารางที่ 4-6 สรุปผลอัตราขยายของสายอากาศไดโพลร่วมกับบาลันบาซูก้า

ความถี่ (MHz)	อัตราขยายจากการทดสอบ (dBi)	ความถี่ (MHz)	อัตราขยายจากการทดสอบ (dBi)
700	-5.518846325	910	2.130020721
710	-5.695640151	920	2.194949422
720	-4.754157197	930	2.188851846
730	-3.804349923	940	2.171749947
740	-3.176172731	950	2.153664981
750	-2.609581857	960	2.114617536
760	-2.26453528	970	2.06462756
770	-1.990992622	980	1.993714389
780	-1.408915071	990	1.921896767

ความถี่ (MHz)	อัตราขยายจากการทดสอบ (dBi)	ความถี่ (MHz)	อัตราขยายจากการทดสอบ (dBi)
790	-0.828265299	1000	1.829192875
800	-0.099007385	1010	1.76562035
810	0.438893252	1020	1.66119631
820	0.895469922	1030	1.635937369
830	1.210754722	1040	1.579859661
840	1.284778596	1050	1.502978856
850	1.467571389	1060	1.38531018
860	1.5891619	1070	1.266868428
870	1.729577927	1080	1.177667984
880	1.798846318	1090	1.047722834
890	1.906993008	1100	0.997046578
900	2.024043064		

4.3.7 รายงานการดำเนินการจัดทำเอกสารเพื่อขอการรับรองห้องปฏิบัติการวัดตามระบบ ISO/IEC17025

PTEC กับการทดสอบและรับรองผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในระดับสากล ตามโครงสร้างการตรวจประเมินความสอดคล้องของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Conformity Assessment Accreditation Hierarchy) สากล ซึ่งจัดทำโดยหน่วยงานกลางระดับโลกภาครัฐบาลและอุตสาหกรรม (Government and Industry Recognition) ได้แบ่งโครงสร้างในการรับรองผลิตภัณฑ์ออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วน Cooperation ILAC ซึ่งดูแลโดย หน่วยงาน International Laboratory Accreditation Council หรือ ILAC ซึ่งได้ทำข้อตกลงร่วม (Mutual Recognition Agreement: MRA) กับสมาชิก และส่วน ที่เรียกว่า Cooperation IAF ดูแลโดย International Accreditation Forum หรือ IAF

ในส่วนของ Mutual Recognition Agreement: MRA ซึ่งถูกควบคุมโดย ILAC ซึ่งมีสมาชิกแยกตามส่วนภูมิภาคต่างๆ ของโลก เช่น กลุ่มสหภาพยุโรป (EA) กลุ่มเอเชียแปซิฟิก (APLAC) ในกลุ่มนี้จะมีหน่วยงานระดับประเทศทำหน้าที่ให้การรับรองระบบทดสอบ สอบเทียบและได้รับการรับรองระบบคุณภาพเช่น ISO/IEC Guide 58 และ ISO/IEC 17010 หน่วยงานในกลุ่มนี้ประกอบด้วย A2LA ของประเทศสหรัฐอเมริกา NAVLAP ของประเทศอังกฤษ และอื่นๆ หน้าที่ของหน่วยงานเหล่านี้คือให้การรับรองระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบซึ่งต้องมีระบบคุณภาพ ISO/IEC17025 และงานรับรองผลิตภัณฑ์ตามระบบคุณภาพ ISO/IEC17020

ในปี พศ.2557 PTEC ถือเป็นห้องปฏิบัติงานที่ได้รับการรับรองระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 เรียบร้อยแล้วทั้งการทดสอบ EMC Product-Safety Medical Devices ด้านพลังงาน และการสอบเทียบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานความถี่สูง นอกจากนี้ PTEC ได้การรับรองเป็นผู้ตรวจกระบวนการตรวจผลิตภัณฑ์จาก สมอ. ตามระบบคุณภาพ ISO/IEC17020 เพื่อเป็นหน่วยตรวจ (Inspection Bodies) รับรองผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เรียบร้อยแล้ว โดย PTEC สามารถให้บริการตรวจกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งในและต่างประเทศได้มากกว่า 300 ผลิตภัณฑ์

นอกจากนี้ PTEC ยังได้ขึ้นทะเบียนเป็นห้องปฏิบัติการทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของอาเซียน (ASEAN) เรียบร้อยแล้ว โดยได้รับหมายเลขรับรอง 2013-001/2012 ส่งผลให้ PTEC สามารถทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่จะส่งออกไปจำหน่ายในประเทศสมาชิกของอาเซียนอีก 9 ประเทศ เมื่ออาเซียนเปิดเสรีทางการค้าในปี พ.ศ.2558 อีกด้วย

โดยในปี พศ.2558 นี้ PTEC ยังได้ขยายขอบข่ายงานบริการเพิ่มโดยการยื่นขอขึ้นทะเบียนเป็นหน่วยรับรองผลิตภัณฑ์ (Products Certification Body) จาก สมอ. อีกด้วย

ดังนั้นจึงถือได้ว่าขอบข่ายการบริการของ PTEC ครอบคลุมความต้องการของภาคอุตสาหกรรมของไทย เพื่อจะให้มีคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้มาตรฐานสากล ส่งเสริมการส่งออกผลิตภัณฑ์ไปจำหน่ายต่างประเทศ และรองรับการประกาศบังคับใช้มาตรฐานต่างๆในประเทศ อย่างครบวงจร

4.3.7.1 โครงสร้างขององค์กรและการบริหารงานของ PTEC ในปัจจุบันเพื่อรองรับระบบคุณภาพ ISO/IEC17025

ปัจจุบันโครงสร้างการดำเนินงานของ PTEC ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

4.3.7.1.1 ฝ่ายปฏิบัติการทดสอบ (Testing Operation) มีหน้าที่ให้บริการทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ตามมาตรฐานสากล ซึ่งประกอบด้วยการทดสอบด้าน EMC Product Safety Product Solar cell Calibration Telecommunication & RFID Medical devices Railway/ Aircraft ฯลฯ

4.3.7.1.2 ฝ่ายตรวจกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม (Product inspector) และฝ่ายรับรองผลิตภัณฑ์ (Product certification)

4.3.7.1.3 ฝ่ายบริการวิชาการ มีหน้าที่ให้บริการทดสอบที่เป็นมาตรฐานตามความต้องการของลูกค้า และงานนอกเหนือจากการทดสอบปกติ อาทิ เช่น EMC site survey Product consultancy Project management Training และ R&D

4.3.7.1.4 ฝ่ายบริหารงานทั่วไป มีหน้าที่บริหารจัดการภายใน ประกอบด้วย งานด้านการตลาด งานบริหารทัพยากรบุคคล อาคาร การเงิน ฯลฯ

4.3.7.1.5 ฝ่ายคุณภาพ มีหน้าที่ดำเนินการควบคุมคุณภาพการให้บริการของ PTEC ให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล โดยการขอการรับรองระบบคุณภาพ ด้านการทดสอบและสอบเทียบตามมาตรฐาน ISO/IEC17025 และการขึ้นทะเบียนเป็นหน่วยตรวจรับรองผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐาน ISO/IEC17020 และในปี พ.ศ.2555 PTEC จะจัดทำระบบคุณภาพด้านการให้เครื่องหมายรับรองผลิตภัณฑ์ ISO/IEC Guide 65 อีก 1 ระบบ

ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีความมุ่งมั่นที่จะเป็นห้องปฏิบัติการในประเทศไทยมีคุณภาพตามมาตรฐานสากล (ISO/IEC 17025) และเป็นหน่วยตรวจที่มีระบบคุณภาพตามมาตรฐานสากล (ISO/IEC17020) และเป็นผู้ออกเครื่องหมายรับรองของ สวทช .(ISO/IEC Guide 65) อันจะช่วยให้เป็นห้องปฏิบัติการทดสอบและรับรองผลิตภัณฑ์ เพื่อสำหรับการรองรับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมของไทยให้ไปสู่ระดับสากล และเพื่อรองรับการเปิดตลาดเสรีทางการค้าอาเซียนในปี พ.ศ.2559

หลักการบริหารองค์กรโดยรวมของ PTEC ปัจจุบันใช้หลักการ 8QMPs ตามมาตรฐาน ISO 9000 ประกอบด้วย ส่วนหลักๆ ดังนี้

- การจัดการลูกค้า ความต้องการและความคาดหวังในการบริการ ขององค์กร
- ภาวะผู้นำ การบริหารงาน การจัดการองค์กร
- บุคลากรภายในองค์กร คุณภาพของพนักงาน การอบรม
- กระบวนการดำเนินงานภายในเพื่อรองรับ วิธีการดำเนินงาน
- ระบบการบริการ การส่งต่อกระบวนการจนเป็นระบบ ตั้งแต่รับงาน บริการ จนถึงการส่งมอบงาน
- การปรับปรุงประสิทธิภาพและคุณภาพการบริการ ให้ดียิ่งขึ้น
- การจัดการข้อมูลย้อนกลับจากการบริการและการจัดการข้อร้องเรียนจากลูกค้า
- การจัดระบบการเลือกซื้อวัตถุดิบ และการคัดเลือกผู้ขาย ผลิตภัณฑ์และบริการต่อองค์กร

4.3.7.2 สถานที่ สภาวะแวดล้อม และอุปกรณ์ทดสอบของ PTEC ปัจจุบัน

ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC) มีเครื่องมือที่มีคุณภาพและได้รับการยอมรับระดับโลกประจำการอยู่ สำหรับให้บริการทดสอบทั้งในภาครัฐและเอกชน ปัจจุบัน PTEC สามารถให้บริการทดสอบหลายด้านครอบคลุมผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิดด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic compatibility: EMC) ด้านโทรคมนาคม (Telecom testing) ด้านความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ (Products safety) ด้านประหยัดพลังงาน (Energy saving Testing) การสอบเทียบเครื่องมือวัดอุตสาหกรรม (Equipment calibration) ได้เรียบร้อยแล้ว

เครื่องมือของ PTEC ก็ได้รับการสอบเทียบ (Calibration) และทวนสอบ (verify) ตามระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 ทุกปี จึงเป็นการประกันความเชื่อมั่นได้ว่า เครื่องมือของ ศทอ. มีความถูกต้องแม่นยำ และมีประสิทธิภาพความพร้อมใช้งานอยู่เสมอ นอกจากจะต้องใช้เครื่องมือทดสอบที่มีความละเอียดสูงโดยเฉพาะแล้ว การทดสอบจะต้องทำในพื้นที่ที่ถูกออกแบบมา เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า หรือเป็นไปตามเงื่อนไขสากลด้านการทดสอบเช่น มาตรฐาน IEC มาตรฐาน ISO CISPR และอื่นๆ ด้วย ดังนั้นสถานที่/พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบหรือTesting Site จะต้องมีคุณลักษณะที่เหมาะสม PTEC ด้านการจัดเตรียมพื้นที่สำหรับทำการทดสอบต่างๆ ตามที่มาตรฐานสากลกำหนด

ในการดำเนินการโครงการนี้ PTEC ได้ดำเนินการติดตั้งพื้นที่ทดสอบ OATS แล้วเสร็จ ดังนั้นจึงมีความพร้อมด้านสถานที่ในการทดสอบและสอบเทียบสายอากาศตามกรอบงานที่ได้เสนอโครงการต่อ กสทช. เพื่อขอการรับรองระบบคุณภาพ ISO/IEC17025 จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.)

4.3.7.3 ข้อกำหนดของการดำเนินการจัดทำระบบบริหารจัดการด้านคุณภาพ ISO/IEC 17025

ตามระบบคุณภาพด้านการทดสอบและสอบเทียบสากล มาตรฐาน ISO/IEC 17025 กำหนดให้ห้องปฏิบัติการที่มีคุณภาพจะต้องมีการบริหารจัดการทางด้านเทคนิค มีการจัดทำเอกสาร และนำระบบคุณภาพไปปฏิบัติให้เหมาะสมกับขอบข่ายของกิจกรรมที่ห้องปฏิบัติการกำหนด และต้องดำเนินการจัดทำระบบไว้เป็นเอกสารซึ่งสามารถตรวจสอบได้ทุกขั้นตอน อันประกอบด้วย นโยบายคุณภาพ คู่มือคุณภาพ ขั้นตอนการดำเนินงาน และคำแนะนำต่างๆ ตามความจำเป็น ทั้งนี้ก็เพื่อให้มั่นใจ ในระบบการบริหารจัดการด้านคุณภาพ และให้การบริการทดสอบและสอบเทียบเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้บริการบนพื้นฐานของความถูกต้องและเชื่อถือได้ โดยครอบคลุมตามข้อกำหนดของมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 อันประกอบไปด้วยข้อกำหนดด้านการบริหารและข้อกำหนดด้านวิชาการ ได้แก่

4.3.7.3.1 ข้อกำหนดด้านบริหาร เป็นการจัดองค์กร ระบบบริหารคุณภาพ การควบคุมเอกสาร การทบทวนคำขอ การจ้างเหมาช่วง การจัดซื้อสินค้าและบริการ การให้บริการลูกค้า ข้อร้องเรียน การควบคุมงานสอบเทียบที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนด การปฏิบัติการแก้ไข การควบคุมการบันทึก การตรวจติดตามคุณภาพภายใน และการทบทวนการบริหาร

4.3.7.3.2 ข้อกำหนดด้านวิชาการ เป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับ บุคลากร สถานที่ ภาวะแวดล้อม วิธีสอบเทียบ การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี เครื่องมือ ความสอบกลับได้ของการวัด การจัดการตัวอย่างสอบเทียบ การประกันคุณภาพผลการสอบเทียบ และการรายงานผลการสอบเทียบ

ในส่วนของการรับรองระบบคุณภาพ นี้ PTEC ได้รับการรับรองระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการ ISO/IEC17025 ด้านการทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า(EMC) และการสอบเทียบเครื่องมือวัด

(calibration) จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) เรียบร้อยแล้ว ปัจจุบัน PTEC ยังได้รับการแต่งตั้งจาก สมอ.ให้เป็นห้องปฏิบัติการทดสอบด้าน ความปลอดภัย ด้านพลังงาน โดย PTEC ได้ขอรับการรับรองระบบคุณภาพการทดสอบ ISO/IEC 17025 ทั้งสองนี้แล้ว

4.3.7.4 การขยายขอบข่ายการดำเนินการระบบคุณภาพ ISO/IEC17025 สำหรับงานทดสอบและสอบเทียบสายอากาศในโครงการ OATS ของ กสทช.

เนื่องจากวัตถุประสงค์ของการดำเนินการโครงการคือ การขอขึ้นทะเบียนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง(OATS) เพื่อการทดสอบและสอบเทียบ จากหน่วยงานสำนักงานคณะกรรมการการมาตรฐานแห่งชาติ (NAC) สมอ. ตามระบบคุณภาพ ISO/IEC17025 ดังนั้น PTEC จึงได้ทำจัดทำคู่มือคุณภาพ(Quality manual) ฉบับใหม่ โดยเพิ่มขอบข่ายการทดสอบและสอบเทียบสายอากาศใหม่บนพื้นที่ OATS เพิ่มขึ้นด้วย และจะใช้คู่มือคุณภาพเล่มดังกล่าวนี้เพื่อส่งให้ สมอ.พิจารณาและกำหนดแผนการตรวจประเมินต่อไป นอกจากนี้ PTEC ยังได้จัดทำคู่มือขั้นตอนการดำเนินการทางเทคนิค (Technical procedure) เพื่อใช้ในการตรวจประเมินแล้วเสร็จ ดังเอกสารแนบ ฉ (เอกสารคู่มือคุณภาพ)

4.4 ผลการดำเนินงานประจำงวดที่ 4

ผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมต่างๆ ที่โรงงานได้ผลิตออกมาจำหน่ายในท้องตลาด แม้ว่าบางส่วน ได้ผ่านขบวนการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ (Quality Control: QC) จากโรงงานผลิตแล้วก็ตาม แต่ผลิตภัณฑ์นั้นอาจจะไม่เหมาะสมกับความต้องการการใช้งานของผู้บริโภค หรือไม่เหมาะสมกับสภาวะพื้นที่ใช้งาน เป็นต้น อันเนื่องมาจากอาจมีความผิดพลาดที่เกิดจากขบวนการผลิต หรือขบวนการควบคุมการผลิตที่ไม่ดีพอ ซึ่งอาจการก่อให้เกิดความเดือดร้อนและเสียหายแก่ผู้บริโภค ดังเช่น กรณีสินค้าที่จำหน่ายมีคุณภาพต่ำ ใช้งานเพียงไม่กี่ครั้งก็เกิดการชำรุดเสียหาย ถึงแม้ว่าบริษัทจะมีการผลิตสินค้าตามมาตรฐานต่างๆ ที่กำหนดแล้วก็ตาม แต่เมื่อนำมาใช้ในสภาวะหรือสถานที่แตกต่างกันจึงอาจเกิดความเสียหายขึ้นได้หรืออาจเนื่องมาจากในขบวนการผลิตอาจจะมีความผิดพลาด หรือจากการลดต้นทุนของการผลิตอาจทำให้มีมาตรฐานคุณภาพการผลิตที่ต่ำลง อันอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์อื่น ที่ใช้งานร่วมกันได้ เป็นต้น ขบวนการการทดสอบก็ยังเป็นการสร้างความเชื่อถือ (Reliability) ความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในสินค้านั้นๆ มากขึ้น ในส่วนของการค้าระหว่างประเทศ ผู้นำเข้าส่วนใหญ่ได้กำหนดคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่จะนำเข้ามาภายในประเทศเพิ่มขึ้นด้วย ถึงแม้ว่า จะมีการกำหนดมาตรฐานโดยองค์กรระหว่างประเทศที่ได้รับการยอมรับไว้แล้ว เช่น องค์กรสากลว่าด้วยมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Organization for Standardization :ISO) คณะกรรมการกลางกำกับดูแลกิจการสื่อสาร (Federal Communication Commission : FCC) และสถาบันมาตรฐานการสื่อสารของยุโรป

(European Telecommunication Standards Institute : ETSI) เป็นต้น มาตรฐานที่กำหนด ในแต่ละประเทศเพิ่มเติมดังกล่าวจะมีความแตกต่างกันออกไป เนื่องจากความต้องการสภาพแวดล้อม และอุปนิสัยการใช้งานในผลิตภัณฑ์ของประชากรที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศ ดังนั้นประเทศผู้ส่งออกสินค้าต้องศึกษารายละเอียดมาตรฐาน และข้อกำหนดต่าง ๆ ของประเทศเป้าหมาย ที่จะส่งออกและต้องผลิตสินค้าให้มีคุณภาพตามความต้องการของประเทศนั้นๆ ด้วย การทดสอบจึงเป็นขบวนการสำคัญที่ใช้ในการตรวจสอบสินค้าที่นำเข้าจากต่างประเทศ เพื่อสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้บริโภคภายในประเทศ และในทางกลับกัน การทดสอบก็จะมีส่วนช่วยในการส่งเสริมคุณภาพของการผลิตสินค้าที่ส่งออกให้แก่หน่วยงานภาคอุตสาหกรรมของประเทศด้วยเช่นกัน หากประเทศใดไม่มีห้องปฏิบัติการทดสอบ ในการสนับสนุนก็จะเสียเปรียบต่อประเทศคู่ค้าในกลุ่มสมาชิก ห้องปฏิบัติการทดสอบดังกล่าวจะต้องผ่านการรับรอง และประเมินคุณภาพตามมาตรฐานจากองค์กรที่เชื่อถือและได้รับการยอมรับจากประเทศคู่ค้าด้วยเช่นกัน เพื่อเป็นหลักประกันในสินค้าของประเทศคู่ค้าที่ได้มีการตกลงยอมรับร่วมกัน ในการทำกิจกรรมการค้าร่วมกัน

การทดสอบและสอบเทียบอุปกรณ์ด้านโทรคมนาคม เป็นการสร้างความเชื่อมั่นของผู้บริโภคต่อการใช้งานอุปกรณ์นั้นๆ ในส่วนของผู้ประกอบการด้านโทรคมนาคม การทดสอบและการสอบเทียบช่วยพิสูจน์และยืนยันถึงคุณสมบัติทางเทคนิครวมถึงความสอดคล้องกับมาตรฐาน เป็นการบ่งบอกถึงคุณภาพของอุปกรณ์โทรคมนาคมนั้นๆ ตามข้อตกลงการยอมรับร่วมกันระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย ทั้งนี้งานทดสอบและสอบเทียบยังช่วยส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิต เพื่อเป็นข้อมูลช่วยให้ผู้ผลิตนำไปพัฒนาปรับปรุงสินค้าให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น ช่วยให้ผู้บริโภคสามารถตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าได้ตรงตามความต้องการ ทำให้เกิดการซื้อขายที่เป็นธรรมแก่ทั้งสองฝ่าย

ศูนย์ทดสอบ PTEC ได้ขอขึ้นทะเบียนพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) เพื่อการทดสอบและสอบเทียบจากหน่วยงานสำนักงานคณะกรรมการการมาตรฐานแห่งชาติ (NAC) สมอ. ตามระบบคุณภาพ ISO/IEC17025 โดยศูนย์ทดสอบ PTEC ได้จัดทำรายงานผลการทดสอบสายอากาศเพื่อยืนยันถึงความสามารถ และความถูกต้องของผลการทดสอบจากการใช้ห้องปฏิบัติการพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) ดังเอกสารแนบ จ.

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

สรุปผลการดำเนินโครงการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่งเพื่อสอบด้าน EMC และสอบเทียบสายอากาศย่านความถี่กว้าง

1. ได้ห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบแบบพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) เกิดขึ้นเป็นแห่งแรกในประเทศไทย
2. ห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบแบบพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) ที่เกิดขึ้นได้รับการขึ้นทะเบียนการรับรองมาตรฐานการทดสอบและสอบเทียบ ISO/IEC 17025 ทำให้มีความน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. ห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบแบบพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) มีระยะการทดสอบ 10 เมตร สามารถรองรับการทดสอบและสอบเทียบอุปกรณ์โทรคมนาคมได้หลากหลาย
4. ห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบแบบพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) สามารถทดสอบและสอบเทียบสายอากาศย่านความถี่กว้างได้
5. ห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบแบบพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) มีคุณสมบัติทางเทคนิคสอดคล้องกับมาตรฐานสากล
6. ห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบแบบพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) สามารถใช้อ้างอิงการทดสอบเพื่อรองรับงานวิจัย และพัฒนาผลิตภัณฑ์ได้
7. ห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบแบบพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง (OATS) เปิดให้บริการทดสอบและสอบเทียบสายอากาศ รวมถึงอุปกรณ์โทรคมนาคมสำหรับบุคลทั่วไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรสนับสนุนให้มีการวิจัย และพัฒนาสายอากาศเพื่อการใช้งานภายในประเทศมากขึ้น
2. ควรมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมประกาศใช้ภายในประเทศ เพื่อควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมทั้งที่ผลิตภายในประเทศ และการนำเข้าจากต่างประเทศ
3. ควรกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมเป็นมาตรฐานบังคับในการจัดซื้อภาครัฐ เพื่อให้ภาครัฐได้รับมอบผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมที่มีคุณภาพ
4. ควรกำหนดให้ผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมที่ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย ทำการทดสอบคุณสมบัติทางเทคนิคตามมาตรฐานสากลเป็นเกณฑ์พื้นฐาน

5.3 ข้อเสนอเชิงนโยบายเสนอต่อคณะกรรมการบริหารกองทุนฯ และ กสทช.

1. การดำเนินการขยายผลโครงการฯ เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าประประโยชน์สูงสุด

หลักการและเหตุผล:

ในปี พ.ศ.2559 กสทช. ได้ทำการแจกคูปองดิจิตอลทีวีไปยังครัวเรือนที่มีสิทธิ์ได้รับคูปอง โดยผู้ที่ได้รับสามารถนำมาแลกกล่องรับสัญญาณ(set top box) พร้อมสายอากาศรับสัญญาณดิจิตอลระบบภาคพื้นดิน (Terrestrial TV) หรือที่เรียกกันว่าฟรีทีวี เสาอากาศเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจำเป็นอยู่มาก ไม่ต่างจากระบบอนาล็อกภาคพื้นดินที่สถานีส่งสัญญาณทีวีผ่านไปทางอากาศ ผู้รับต้องใช้เสาอากาศในการรับสัญญาณ และผู้รับสามารถเลือกได้ว่าจะใช้เสาอากาศแบบติดนอกบ้าน เช่นบนหลังคา หรือเสาอากาศภายใน เช่นที่เรียกกันว่าเสาหนวดกุ้งขึ้นกับความแรงและคุณภาพของสัญญาณ ณ.จุดที่ติดตั้งเสาอากาศนั้น ซึ่งโดยปกติถ้าพื้นที่รับชมอยู่ห่างจากสถานีส่งสัญญาณมาก ก็ควรใช้เสาอากาศแบบติดนอกบ้านและบางทีอาจจะต้องมีการเพิ่มตัวขยายสัญญาณหรือ Booster เพิ่มอีกด้วยผลิตภัณฑ์ที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อประสิทธิภาพในการรับส่งสัญญาณคือ สายอากาศ(antenna) ซึ่งสายอากาศแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติและราคาแตกต่างกัน แต่สำหรับประชาชนทั่วไปแล้วการเลือกใช้สายอากาศให้เหมาะกับความต้องการและมีประสิทธิภาพที่ดีเป็นเรื่องยาก เนื่องจากขาดความรู้ด้านเทคนิค ดังนั้นประชาชนส่วนใหญ่มักตัดสินใจเลือกซื้อสายอากาศจากการชักจูงของผู้ขาย ซึ่งผู้ขายสายอากาศหรือผู้นำเข้าสายอากาศมาในประเทศ ก็ไม่มีข้อมูลหรือผลการทดสอบประสิทธิภาพของสายอากาศเลย อย่างไรก็ตามปัจจุบันประเทศไทย ยังไม่มีมาตรฐานที่กำหนดคุณสมบัติของสายอากาศ แต่ละชนิดเลย จึงทำให้เป็นอุปสรรคทั้งทางเศรษฐกิจ และการวิจัยพัฒนาของประเทศในสาขาการสื่อสารและโทรคมนาคมในหลายระดับ ดังนี้

- ผู้นำเข้าสายอากาศมาจากต่างประเทศ ไม่ทราบคุณสมบัติของสายอากาศที่ความเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานในประเทศไทย ทำให้ประสิทธิภาพในการรับสัญญาณไม่ดีเท่าที่ควร นำมาซึ่งการเข้าไปทำการแก้ไข ปรับปรุงประสิทธิภาพในการรับสัญญาณ และมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นตามมา
- ประชาชนทั่วไป ไม่ทราบว่ากล่องรับสัญญาณหรือ สายอากาศที่ตนเองเลือกซื้อ เลือกใช้นั้น มีคุณสมบัติเหมาะสมในการรับสัญญาณเพียงพอหรือไม่ หรือประสิทธิภาพในการรับสัญญาณที่ไม่ดีนั้น มีสาเหตุมาจากผลิตภัณฑ์ใดและต้องขอรับการแก้ไขจากผู้จำหน่ายรายใด ส่งผลให้ขาดความเชื่อมั่นในเทคโนโลยีและเป็นการยากที่จะให้ประชาชนทั่วไปเข้าใช้ระบบใหม่ๆ
- สำหรับสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่แพร่ภาพออกมา ไม่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพในการแพร่สัญญาณให้สอดคล้องกับสายอากาศรับสัญญาณได้
- นักวิจัยและอุตสาหกรรมกระจายเสียง โทรทัศน์ และโทรคมนาคมในประเทศ ไม่สามารถพัฒนาสายอากาศขึ้นใช้งานได้ตรงตามความต้องการ และจำหน่วยในตลาดได้ เนื่องจากไม่มีแนวทางใน

การตรวจสอบที่ชัดเจนและเป็นที่ยอมรับทั้งในประเทศและต่างประเทศ ทำให้ประเทศไทยต้องทำการจัดซื้อสายอากาศมาจากต่างประเทศ ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจโดยรวม

ข้อเสนอแนะ:

1. กสทช. ควรพิจารณาจัดทำมาตรฐานวิธีการทดสอบและรับรองคุณสมบัติของสายอากาศประเภทต่างๆ ขึ้นเพื่อใช้งานในประเทศ โดยพิจารณาคุณสมบัติที่มีความจำเป็นสำหรับการใช้งานภายใต้สภาวะแวดล้อมต่างๆของประเทศไทย การจัดทำมาตรฐานดังกล่าวนี้ควรใช้แนวทางในการทดสอบที่เป็นมาตรฐานฐานสากลเช่น มาตรฐาน ANSI มาตรฐาน ITU เป็นต้น
2. กสทช. ควรแต่งตั้งห้องปฏิบัติการทดสอบที่ได้การรับรองระบบคุณภาพ ISO/IEC17025 เพื่อทำการทดสอบและรับรองคุณสมบัติของสายอากาศโดยด่วน เพื่อเป็นการช่วยให้อุตสาหกรรมในประเทศสามารถแข่งขันได้
3. ในการจัดซื้อผลิตภัณฑ์สายอากาศนั้น กสทช. ควรสนับสนุนให้อุตสาหกรรมหรือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทดสอบและรับรองมาตรฐานแล้วเท่านั้น สามารถขายสินค้าเข้าสู่ภาครัฐได้ โดย กสทช.ควรสนับสนุนให้ผลิตภัณฑ์สายอากาศในประเทศไปขึ้นทะเบียนบัญชีนวัตรกรรม ซึ่งจะทำให้หน่วยงานภาครัฐที่ต้องการจัดซื้อสามารถนำงบประมาณร้อยละ 30 มาทำการจัดซื้อได้ ซึ่งจะส่งผลทำให้สามารถลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์สายอากาศจากต่างประเทศ และเป็นการส่งเสริมให้อุตสาหกรรมในประเทศมีการพัฒนาสินค้าต่างๆ เพื่อการแข่งขันได้ในอนาคต
4. กสทช. ซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้อนุญาติการใช้งานทั้ง การกระจายเสียง การแพร่ภาพและโทรศัพท์ ควรกำหนดให้สายอากาศที่ใช้งานของ กสทช. ในด้านต่างๆ ต้องส่งสายอากาศไปทำการสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อเป็นการประกันประสิทธิภาพของสายอากาศที่ใช้งาน เพื่อป้องกันข้อพิพาทในการอนุญาตและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

การใช้ประโยชน์จากโครงการ:

อุตสาหกรรมการกระจายเสียง โทรทัศน์ และโทรคมนาคมในประเทศ รวมถึง กสทช. สามารถเข้าใช้งานบริการทดสอบและสอบเทียบคุณสมบัติของสายอากาศได้ โดยติดต่อ ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์โดยตรง หรือผ่านมาทาง กสทช. โดย กสทช. ควรพิจารณาแนวทางการสนับสนุนอุตสาหกรรมที่ต้องใช้สายอากาศ เช่น การนำผลการทดสอบไปเข้าโครงการต่างๆ ของ กสทช. หรือพิจารณาการลดหย่อนภาษีในการประกอบกิจการในประเทศ เป็นต้น

2. สนับสนุนการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานการทดสอบและรับรองผลิตภัณฑ์ IOT ของประเทศ

หลักการและเหตุผล:

ปัจจุบันทั่วโลกมีอัตราการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตจำนวนเพิ่มสูงขึ้นทุกปี ประกอบกับมีการขยายโครงข่ายโทรคมนาคมอย่างต่อเนื่องและมีให้บริการได้หลากหลายช่องทางด้วยกัน ได้ส่งผลให้การดำเนิน

ชีวิตของประชากรในปัจจุบันต้องพึ่งพาและอาศัยการติดต่อสื่อสารผ่านอินเทอร์เน็ตกันมากขึ้น สิ่งเหล่านี้ได้สร้างปรากฏการณ์ใหม่ในวงการอุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งเรียกว่า Internet of Things (IoT) เนื่องจากการลงทุนด้านไอทีส่วนใหญ่จะต้องการการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตอยู่เสมอ ฉะนั้นเราจะเห็นแนวโน้มการเติบโตของ Big Data Cloud Computing Software as a Service(SAAS) และ Internet of Thing อย่างรวดเร็ว ในส่วนนี้ปัจจุบันรัฐบาลไทยออกนโยบาย Thailand 4.0 เพื่อขับเคลื่อนประเทศไปสู่เศรษฐกิจสมัยใหม่ด้วยเช่นกัน

โดยทั่วไปแล้ว IoT ในปัจจุบันปรากฏผสมผสานอยู่ในรูปแบบของบ้านอัจฉริยะ แอปพลิเคชั่น (applications) อุปกรณ์สวมใส่ และชิ้นส่วนอุปกรณ์ในภาคอุตสาหกรรม แต่ความเป็นจริง IoT มีมากกว่านั้น ซึ่ง IoT Analytics สามารถจำแนกได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ ผู้บริโภค และภาคธุรกิจ โดยในส่วนของผู้บริโภคสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อย ได้แก่ การใช้งานภายในบ้าน การใช้ชีวิต สุขภาพ และยานยนต์ และสำหรับการใช้งานในภาคธุรกิจสามารถแบ่งออกเป็น 8 กลุ่มย่อยด้วยกัน ได้แก่ กลุ่มค้าปลีก กลุ่มธุรกิจสุขภาพ กลุ่มพลังงาน กลุ่มธุรกิจยานยนต์ เมือง ภาคผลิต ภาคบริการ และอื่นๆ

ในด้านการผลิตอุตสาหกรรมนั้นปัจจุบันประเทศไทยเป็นฐานการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภทและเป็น OEM เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านและส่งออกไปจำหน่ายทุกภูมิภาคของโลก โดยผู้ประกอบการในประเทศไทยมีศักยภาพทั้งการผลิตชิ้นส่วน และรับจ้างผลิต มีจำนวนมากกว่า 20,000 บริษัท อย่างไรก็ตามปัจจุบันผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าได้เข้าสู่ยุคอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร (telecommunication) ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้ถูกนำมาเชื่อมต่อเข้ากับระบบสมาร์ทโฟน(smart phone) ทำให้มีบทบาทอย่างมากในการนำมาใช้งานในบ้าน เช่น ใช้ควบคุมในเครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้า ตู้เย็นฯลฯ

Internet of Thing นั้นหากถูกพัฒนาอย่างสมบูรณ์แบบ จะมีประโยชน์ต่อผู้ใช้เป็นอย่างมาก ในแง่ของความสะดวกสบาย และรวดเร็ว ช่วยลดขั้นตอนความยุ่งยากในการทำกิจกรรมประจำวันต่างๆ แต่ถึงอย่างนั้น ก็ยังคงมีข้อบกพร่อง ดังนั้นผลิตภัณฑ์ IOT จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำการทดสอบตามมาตรฐานเสียก่อนจึงจำหน่ายในตลาดได้ มาตรฐานต่างๆนั้นหน่วยงานควบคุมทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้ออกข้อกำหนดให้ก่อนการนำเข้าผลิตภัณฑ์มาจำหน่ายในประเทศหรือส่งออกผลิตภัณฑ์ไปจำหน่ายต่างประเทศ จะต้องทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ก่อน ทั้งด้านความปลอดภัยทางไฟฟ้าและทางกลและด้านการสื่อสารเสียก่อน ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและคุ้มครองผู้บริโภค

ดังนั้นห้องปฏิบัติการทดสอบของไทยจึงจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อให้สามารถให้บริการทดสอบแก่ผู้ประกอบการไทยที่มีศักยภาพรองรับการเติบโตของอุตหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์โทรคมนาคมต่อไปได้ โดยการทดสอบผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะประกอบด้วย การทดสอบด้านโปรโตคอล ด้านความปลอดภัย และด้าน EMC ซึ่งเป็นข้อบังคับตามมาตรฐานสากล ตามเครื่องหมาย CE-mark เช่น

IEC60950 IEC60335 CICPR32 CISPR22 CISPR24 IEEE811.20 ISO 18000 NTC ETSI และITU เป็นต้น

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากขีดความสามารถในการทดสอบและรับรองผลิตภัณฑ์ด้าน IoT ของประเทศไทยแล้ว กลับพบว่าห้องปฏิบัติการทดสอบ(testing laboratory)ต่างๆในประเทศ ยังต้องการการสนับสนุนอย่างมากทั้งด้านเครื่องมือทดสอบ IoT การอบรมความรู้ในด้านการทดสอบทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ และการจัดทำระบบคุณภาพสากล จึงถือเป็นอุปสรรคสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรม IoT ทั้งเพื่อนำเข้าและส่งออก การขาดการสนับสนุนดังกล่าว ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาเลือกการลงทุนของอุตสาหกรรมจากต่างประเทศในประเทศไทย

ข้อเสนอแนะ:

1. กสทช. ควรพิจารณาให้ทุนสนับสนุนในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของประเทศ แก่ห้องปฏิบัติการทดสอบ(testing laboratory)ภาครัฐที่มีความสามารถรองรับการพัฒนาเทคโนโลยี IoT การกระจายเสียง โทรทัศน์และโทรคมนาคม โดยการวางเป็นแผนแม่บทด้านการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการทดสอบและรับรองทั้งระบบอย่างต่อเนื่อง เพื่อทำให้ประเทศเทศสามารถเป็นผู้นำด้านการวิจัยพัฒนาในสาขาที่เกี่ยวข้องในภูมิภาคอาเซียน
2. กสทช. ควรเน้นการเป็นผู้ออกมาตรฐาน การควบคุมและการอนุญาต การใช้งานคลื่นความถี่ในประเทศ โดยการแต่งตั้งให้ห้องปฏิบัติการทดสอบภาครัฐในประเทศที่มีขีดความสามารถเป็นผู้ดำเนินการในการทดสอบเพื่อขอการรับรองเครื่องหมายของ กสทช. และใช้กลไกตลาดควบคุม
3. กสทช.ควรเน้นด้านการคุ้มครองผู้บริโภคในประเทศ ให้ผู้บริโภคได้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตรฐาน มีความปลอดภัย มีประสิทธิภาพเหมาะสม โดยกำหนดให้มีการตรวจผลิตภัณฑ์ในตลาดภายหลังการอนุญาตให้จำหน่ายในประเทศ(post market severance) อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ และควรมีการเผยแพร่ผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ภายหลังการอนุญาตจำหน่ายในตลาด ผ่านช่องทางต่างๆ เช่น ในเว็ปไซต์ สื่อสิ่งพิมพ์ฯ ทั้งนี้เพื่อทำให้ผู้บริโภคได้ทราบและใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ซึ่งใช้คลื่นความถี่ ที่มีคุณภาพ ราคาเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลในระยะยาวให้เกิดการพัฒนาอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องได้

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทย ยังไม่พิจารณาลงนามในบันทึกข้อตกลงยอมรับร่วม (Mutual Recognition Agreement: MRA) ด้านโทรคมนามกับประเทศต่างๆในภูมิภาคอาเซียน และภูมิภาคอื่นๆของโลก เช่น สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรปฯลฯ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ทั้ง เครื่องส่งวิทยุโทรศัพท์ ไม่สามารถทำการทดสอบโดยใช้ห้องปฏิบัติการทดสอบในประเทศไทยได้ ทำให้อุตสาหกรรมโทรคมนาคมต้องทำการส่งผลิตภัณฑ์ไปทำการทดสอบในต่างประเทศ นำมาซึ่งการสูญเสียเวลา ค่าใช้จ่ายและโอกาสในการแข่งขัน ในขณะเดียวกันประเทศไทยต้องยอมรับผลการทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องส่งที่ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการทดสอบในต่างประเทศ ซึ่งทำให้ขาด

ดุลการค้าด้านการนำเข้าผลิตภัณฑ์โทรคมนาคมมหาศาลและต่อเนื่อง ปัจจัยดังกล่าวนี้ยังส่งผลให้นักลงทุนจากต่างประเทศตัดสินใจเลือกไปทำการลงทุนในประเทศที่มีการลงนามใน MRA กับประเทศอื่นๆ แล้ว เช่น เวียดนาม มาเลเซีย จะเห็นได้ว่าในรอบ 10ปีที่ผ่านมาอุตสาหกรรมด้านโทรคมนาคมของทั้งสองประเทศเติบโตขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากบริษัทฯขนาดใหญ่เช่น Microsoft Alibaba Google ฯลฯ ได้ไปลงทุนในประเทศที่โครงสร้างพื้นฐานด้านการทดสอบรับรองและมี MRA ครบถ้วนแล้ว ส่งผลให้เกิดการเติบโตด้านเศรษฐกิจตามมา และเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของเทคโนโลยี IoT ซึ่งจะทำให้มีการพัฒนาเครื่องส่งวิทยุโทรคมนาคมจำนวนมากติดอยู่ในผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านด้วย เรื่องดังกล่าวจะยิ่งเป็นประเด็นมากขึ้น เนื่องจากเงื่อนไขของบางประเทศได้กำหนดบังคับให้ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องส่ง ต้องถูกทำการทดสอบโดยห้องปฏิบัติการทดสอบที่ต้องตั้งอยู่ในประเทศที่ลงนามใน MRA แล้วเท่านั้น ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาในการพัฒนาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศในวงกว้างได้ ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในประเทศจึงควรหยิบยกเรื่องนี้เพื่อพิจารณาอย่างรอบครอบต่อไป

บรรณานุกรม

1. IEEE STANDARD ASSOCIATION ANSI C63.7-2015“ American National Standard Guide for Construction of Test Sites for Performing Radiated Emission Measurements” C63.7-2015
2. IEEE STANDARD ASSOCIATION ANSI C63.4-2014. “American National Standard for Methods of Measurement of Radio-Noise Emissions from Low-Voltage Electrical and Electronic Equipment in the Range of 9 kHz to 40 GHz” C63.4-2014
3. Christoph Sommer, “Using the Right Two-Ray Model? A Measurement-based Evaluation of PHY Models in VANETs” Falko Dressler Institute of Computer Science, University of Innsbruck, Austria {christoph.sommer,falko.dressler}@uibk.ac.at
4. CST Microwave Studio Program
5. Radar Technology Encyclopedia, David K. Barton, Sergey A. Leonov 1997 Artech House Inc Boston/London, ISBN 0-89006-893-3
6. Xu Hui, Li Bangyu, Xu Shaobo, Feng Hongzhuan “The Measurement of Dielectric Constant of the Metal Using Single-frequency CW Radar” School of Information Science & Engineering, Shenyang University of Technology, Shenyang, 110178, P.R.China (Tel: 024-25496396, 25496402,E-mail: xuh@sut.edu.cn

ภาคผนวก ก
ผลการคำนวณการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบน OATS

เอกสารแนบ 1 Report Electromagnetic (EM) wave radiation from base station of the open area test site (OATS)

ภาคผนวก ข
แบบร่าง (Drawing) การก่อสร้าง OATS

ภาคผนวก ค
ข้อกำหนดและขอบเขตงานการจัดซื้อครุภัณฑ์และรายการครุภัณฑ์

ภาคผนวก ง
แบบการก่อสร้าง OATS ฉบับสมบูรณ์

ภาคผนวก จ
รายงานผลการทดสอบ การทวนสอบและสอบเทียบ เครื่องมือและสายอากาศ

ภาคผนวก ฉ
รายงานการดำเนินการจัดทำเอกสารเพื่อขอการรับรอง ห้องปฏิบัติการตามระบบ ISO/IEC 17025 (คู่มือคุณภาพ ISOIEC17025)

ภาคผนวก ช
คำขอใบรับรองและรายงานการตรวจประเมิน

ภาคผนวก ซ
เอกสารหลักสูตรอบรม

ภาคผนวก ญ
รายงานผลการทดสอบสายอากาศ

ประวัตินักวิจัย
โครงการก่อสร้างพื้นที่ทดสอบแบบเปิดโล่ง
เพื่อสอบด้าน EMC และสอบเทียบสายอากาศย่านความถี่กว้าง
(Open Area Test Site: OATS)

1. หัวหน้าโครงการ

ชื่อ-สกุล ดร.ไกรสร อัญชลีวรพันธุ์

คุณวุฒิการศึกษา

ปริญญาเอก ดุษฎีบัณฑิต วิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ (EMC) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง โดยได้รับทุนจาก RECCIT (JICA) ร่วมกับมหาวิทยาลัย Tokyo University of Agriculture and Technology, ประเทศญี่ปุ่น, 2546

ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง โดยได้รับทุนการศึกษามูลนิธิคอมพิวเตอร์และการสื่อสารในพระบรมราชูปภัมป์, 2540

ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัย นเรศวร, 2535

ใบอนุญาติ /ทะเบียน ผู้ประเมินด้านวิชาการ ห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบ ด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า โทรคมนาคม หมายเลข: A-LAB0024 สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
นักวิจัย สถาวิจัยแห่งชาติ หมายเลข 48050020

ตำแหน่งงานปัจจุบัน ผู้อำนวยการ ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2553 – ปัจจุบัน ผู้อำนวยการ ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

พ.ศ. 2546 – 2552 ผู้จัดการ ฝ่ายบริการวิชาการ ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

พ.ศ. 2540 – 2546 นักวิจัย ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

พ.ศ. 2545 – 2546 ผู้ช่วยสอนคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

พ.ศ. 2544 – 2545 ผู้ช่วยวิจัย ระบบควบคุมหุ่นยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

พ.ศ. 2543 – 2544 ผู้ช่วยวิจัย โครงข่ายประสาทเทียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

มีประสบการณ์ในด้านงานมาตรฐานและการทดสอบ รวมทั้งสิ้น 19 ปี ดังนี้

พ.ศ. 2553-ปัจจุบัน ที่ปรึกษาโครงการทดสอบ Smart Meter ต้นแบบสำหรับระบบ AMI ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ที่ปรึกษาโครงการทดสอบผลิตภัณฑ์ DCU และ Zigbee ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ที่ปรึกษาโครงการ U-Certify ของสถาบัน RFID สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย

ที่ปรึกษาโครงการ Hearing Aids ของ NECTEC

ที่ปรึกษาโครงการส่งเสริมการทดสอบตามมาตรฐานสำหรับผลิตภัณฑ์โทรคมนาคม กับบริษัท TOT มหาชน (จำกัด)

ที่ปรึกษาโครงการการทดสอบเครื่องมือแพทย์ (syringe pump)บริษัทนามิกิ

ที่ปรึกษาโครงการสนับสนุนการทดสอบหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน)

ที่ปรึกษา การวัดระดับความแรงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าแพร่จากสถานีฐานระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

พ.ศ. 2552 ที่ปรึกษาการแก้ไขปัญหาสนามแม่เหล็กจากหม้อแปลงไฟฟ้า ธนาคารกรุงเทพฯ สำนักงานใหญ่ สีลม

ที่ปรึกษาออกแบบและทดสอบระบบสื่อสารบรรถไฟฟ้า BTS โดยใช้ระบบ RFID สถานีรถไฟฟ้า BTS บริษัท Bombardier จำกัด

ที่ปรึกษาออกแบบและทดสอบระบบสื่อสารบรรถไฟฟ้า BTS โดยใช้ระบบ RFID สถานีรถไฟฟ้า BTS บริษัท Bombardier จำกัด กรุงนิวเดลี ประเทศอินเดีย

ที่ปรึกษาและแก้ไขปัญหา สนามแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวน สถานีจ่ายกำลังไฟฟ้ารถไฟฟ้าสาย Airport Link การรถไฟแห่งประเทศไทย

พ.ศ. 2551 ที่ปรึกษาโครงการก่อสร้างหอดูดาวแห่งชาติ สถาบันดาราศาสตร์ บนสถานีทวนสัญญาณ TOT ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่

ที่ปรึกษาการทดสอบประสิทธิภาพของหม้อแปลงอัตโนมัติ ระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้า บริษัทซิลิคอน อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด

ที่ปรึกษาโครงการจัดตั้งห้องปฏิบัติการทดสอบด้านโทรคมนาคมและความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

ที่ปรึกษาการออกแบบและทดสอบ ตู้ cabinet สำหรับโทรคมนาคม บริษัท ALT CO.,Ltd จังหวัดปทุมธานี

ที่ปรึกษาและทดสอบสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า สถานีรถไฟฟ้า BTS สยามสแควร์ บริษัท BTS จำกัด

ที่ปรึกษาและวัดประสิทธิภาพห้องชิลดิ์ สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

พ.ศ. 2550 ที่ปรึกษาและวัดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กฟ้า บนเรือรบหลวง รัตนโกสินทร์ สำนักงานวิจัยและพัฒนา กองทัพเรือ

ที่ปรึกษาและวัดสัญญาณรบกวนแม่เหล็กฟ้า บนเรือรบหลวงสุโขทัย สำนักงานวิจัยและพัฒนา กองทัพเรือ

ที่ปรึกษาการทดสอบประสิทธิภาพการปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับห้องมั่นคง บริษัท กนกสิน อิมพอต เอ็กปอร์ต จำกัด การไฟฟ้านครหลวง 2007

พ.ศ. 2549 ที่ปรึกษาการปรับปรุงการวิจัยและพัฒนา ด้านการออกแบบสายอากาศ และสัญญาณรบกวนบนเรือ สำนักงานวิจัยและพัฒนากองทัพเรือ กองทัพเรือ

ที่ปรึกษาโครงการติดตั้งระบบจ่ายกำลังไฟฟ้า และสื่อสารโทรคมนาคมและบริษัท EMC Co.,Ltd ที่ปรึกษาและทดสอบสัญญาณรบกวน บนสถานีรถไฟฟ้า บริษัท BTS จำกัด

ที่ปรึกษาและทดสอบระบบสื่อสารบนรางรถไฟฟ้า และสถานีควบคุมหมอชิต บริษัท BTS จำกัด,

ที่ปรึกษาการก่อสร้าง สถานีหอดูดาว สถาบันดาราศาสตร์แห่งชาติ ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ 2006-2008

ที่ปรึกษาการก่อสร้างสถานีรับสัญญาณดาวเทียม สถาบัน GISDA กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีม 2006

ที่ปรึกษาการติดตั้งห้องปฏิบัติการทดสอบ EMC การไฟฟ้านครหลวง

สามเสน
ที่ปรึกษาการแก้ไขปัญหา ESD ในสายการผลิต ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ บริษัท INDUSTRIAL(THAILAND) CO.,Ltd
ที่ปรึกษาการติดตั้งระบบคอมพิวเตอร์ ธนาคาร SCB จังหวัดปทุมธานี

พ.ศ. 2548
ที่ปรึกษาโครงการปรับปรุงระบบไฟฟ้า ชั้นที่ 19 ธนาคารกรุงเทพฯ จำกัด สำนักงานใหญ่ สีลม
ที่ปรึกษาและวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับการก่อสร้าง OATS บริษัท Alandic RF Technologies LTD.
ที่ปรึกษาการลดทอนสนามแม่เหล็กจากระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าอาคารสถานทูตสหรัฐอเมริกา บริษัทฤทธา จำกัด
ที่ปรึกษาการลดปัญหาสัญญาณรบกวนระบบคอมพิวเตอร์ บริษัท C.P.Seven-Eleven LTD.
ที่ปรึกษาและวัดประสิทธิภาพห้องชิลด์ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ
ที่ปรึกษาการวัดสัญญาณรบกวนระบบโทรทัศน์ สนามบินสุวรรณภูมิ บริษัท AOT จำกัด
ที่ปรึกษาการแก้ไขปัญหาเครื่องจักรโรงงาน บริษัท เนชั่นเนล สตัท แอนด์ เคมีคอล จังหวัดระยอง
ที่ปรึกษาการแก้ไขปัญหาระบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าภายในโรงงานอุตสาหกรรม ปิโตเคมี บริษัท สยามมิตซุย จำกัด เครื่อซีเมนต์ไทย จังหวัดระยอง
ที่ปรึกษาการติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพห้องปิดกั้นคลื่นแมเหล็กไฟฟ้า สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กทช.)
ที่ปรึกษาการติดตั้งและทดสอบสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า ในห้อง CD-SEM Clean room ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์

พ.ศ. 2547
ทดสอบห้อง Shield สำหรับงานทดสอบด้านโทรคมนาคม ฝ่ายงานวิศวกรรม บริษัท TOT จำกัด จังหวัดปทุมธานี
ที่ปรึกษาการวัดสัญญาณรบกวนระบบสื่อสาร บนรางรถไฟฟ้า บริษัท ซีเมนต์ จำกัด
วัดระดับของสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า บริษัท Triangle Engineering Thailand Co.,Ltd

ตรวจประเมินด้านเทคนิค ห้องปฏิบัติการทดสอบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ บริษัท TUV(SUD)-PSB จำกัด (ประเทศไทย) จังหวัดปทุมธานี โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ตรวจประเมินด้านเทคนิค ห้องปฏิบัติการทดสอบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันไฟฟ้า (EEI) โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ปรึกษาการแก้ไขปัญหาสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ในโรงงานอุตสาหกรรม บริษัท โซนิโมบาย จำกัด (ประเทศไทย)

ที่ปรึกษาการวัดและแก้ไขปัญหาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากไมโครเวฟ เชื่อมสัญญาณ บริษัท TA Orange จำกัด

ที่ปรึกษาการแก้ไขปัญหาสนามแม่เหล็กจากหม้อแปลงไฟฟ้า บริษัท BIER THAI จำกัด นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุต, จังหวัดระยอง

ที่ปรึกษาโครงการเปรียบเทียบผลการทดสอบด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ตรวจประเมินด้านเทคนิค ห้องปฏิบัติการทดสอบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ บริษัท CALC OMP จังหวัดสมุทรปราการ โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ที่ปรึกษาโครงการยกระดับมาตรฐานสินค้า ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ของไทยให้ได้ระดับสากล กรมอุตสาหกรรมสนับสนุน กระทรวงอุตสาหกรรม ร่วมกับ GTZ ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

ที่ปรึกษาการแก้ไขปัญหาสนามแม่เหล็กจากหม้อแปลงไฟฟ้า ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษาการลดการสูญเสีย จากการผลิตและซ่อมบำรุง ระบบ set-top box ให้แก่ บริษัท Broadcasting Corporation Public Company Limited (UBC)

ที่ปรึกษาและวัดสัญญาณสื่อสารจากสายอากาศ สะท้อนคลื่น บนเครื่องบิน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ JICA ประเทศญี่ปุ่น

ที่ปรึกษาการติดตั้งเสาอากาศไมโครเวฟ บริษัท TA Orange Co.,Ltd

พ.ศ. 2546 ที่ปรึกษาการแก้ไขปัญหาสนามแม่เหล็ก แพร่จากสายส่งกำลังไฟฟ้าภายในโรงงาน บริษัท โซนีประเทศไทย จำกัด
ที่ปรึกษาการติดตั้งระบบโทรคมนาคมและแก้ไขปัญหาสัญญาณรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า บรรษัทเงินทุนหลักทรัพย์ BFKT จำกัด (มหาชน)
ที่ปรึกษาการติดตั้งระบบโทรคมนาคม บริษัท Hutchison Cat Wireless Multimedia LTD
ที่ปรึกษาการติดตั้งห้องปิดกั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า บริษัท Cannon Hi-Tech (Thailand) LTD
วัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สำหรับเครื่องผลิตยางรถยนต์ ให้แก่บริษัท บริตสโตน จำกัด (ประเทศไทย) จังหวัดชลบุรี
ทดสอบสัญญาณรบกวนในโรงงาน บริษัท Accurate Technologies Co.,Ltd., จังหวัดสมุทรปราการ
ทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ลดทอนสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ บริษัท Columbus R&D CO.,Ltd
ทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์สำหรับลดทอนสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่อัตโนมัติ บริษัท AgegisGuard.
ที่ปรึกษาโครงการก่อตั้งสถานีวิทยุสื่อสาร ทางทะเล สถานีโยธะกา กรมสื่อสาร กองทัพเรือ จังหวัดฉะเชิงเทรา
ที่ปรึกษาโครงการก่อตั้งสถานีวิทยุสื่อสาร ฐานทัพเรือพังงา กรมสื่อสาร กองทัพเรือ จังหวัด ภูเก็ต

พ.ศ. 2545 ที่ปรึกษาและวัดสัญญาณรบกวนระบบสื่อสารโทรคมนาคม แม่เหล็กไฟฟ้าบนเรือบรรทุกเครื่องบิน จักรีนฤเบศ ฐานทัพเรือสัตหีบ กองทัพเรือ
ที่ปรึกษาการติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพห้อง Shield room บริษัท TOT จำกัด
ที่ปรึกษาการลดสัญญาณรบกวนจากแพร่จากเครื่องอบด้าย ความถี่สูง บริษัท สหยูเนี่ยน จำกัด (มหาชน)

พ.ศ. 2543 ที่ปรึกษาการติดตั้งระบบคอมพิวเตอร์หลัก โครงการ 2 ธนาคารกรุงเทพฯ จำกัด สำนักงานใหญ่ สีลม
ที่ปรึกษาโครงการจัดตั้งห้องปฏิบัติการทดสอบความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า สถาบันไฟฟ้า จังหวัดปทุมธานี

	ที่ปรึกษาแก้ไขปัญหาสัญญาณรบกวนในระบบสายการผลิต จอแสดงผลเครื่องคอมพิวเตอร์ บริษัท ต้าถุง จำกัด จังหวัดฉะเชิงเทรา
พ.ศ. 2541-2542	การวัดประสิทธิภาพและรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากสถานีทวนสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ บริษัท Antec Communication Co.,Ltd โครงการออกแบบและพัฒนา สายอากาศ สำหรับสื่อสารติดรถยนต์ บริษัท Siam Secure and Communication การวัดประสิทธิภาพและรูปแบบการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากสถานีทวนสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบ GSM 900 MHz บริษัท Advance Info Service(AIS)
พ.ศ. 2540	สำรวจสภาพแวดล้อมทางแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนจานดาวเทียม บริษัท Loxley Infar Co.,Ltd วัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากระบบจานรับดาวเทียม อาคารวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย บริษัทสามารถ เซ็ตคอม จำกัด ที่ปรึกษาการติดตั้งระบบคอมพิวเตอร์ ธนาคารอาคารสงเคราะห์ จังหวัดปทุมธานี วัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากจานรับดาวเทียม บริษัท Transition Group Co.,Ltd วัดการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากจานรับดาวเทียม บริษัท Atlantex Corporation (Thailand) Co.,Ltd ที่ปรึกษาโครงการติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมระบบ เอทีเอ็ม ธนาคารกรุงเทพ ถนนพระรามที่ 3 กรุงเทพฯ
พ.ศ. 2539	ที่ปรึกษาการติดตั้งระบบคอมพิวเตอร์หลัก โครงการ ธนาคารกรุงเทพฯ จำกัด สำนักงานใหญ่ สีลม

หัวข้องานวิจัยที่ศึกษาและมีส่วนร่วม

- ทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า และการประยุกต์ใช้
- เทคนิคการวัดสัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า
- การจัดทำแนวทางมาตรฐานผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- เทคนิคการทดสอบด้านโทรคมนาคม สายอากาศและไมโครเวฟ
- เทคนิคการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน
- ผลการทบต่อสุขภาพภายใต้การทำงานที่มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
- การออกแบบวัสดุกำบังคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเทคนิควิธีการทดสอบ
- การลดปัญหาไฟฟ้าสถิตย์ในโรงงานอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- ระบบควบคุมคอมพิวเตอร์ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม
- ระบบโลจิตส์ติกอุตสาหกรรม โดยการประยุกต์ RFID

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

พ.ศ. 2546 วิทยานิพนธ์ “การจดจำและจำแนกวงจรพิมพ์จากการแพร่สัญญาณแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง 2003 ISBN 974-324-239-2.

พ.ศ. 2540 วิทยานิพนธ์ “การควบคุมหุ่นยนต์ขนส่งเคลื่อนที่อัตโนมัติ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, 1997,ISBN 974-622-014-4

พ.ศ. 2536 ปริญญานิพนธ์ “การออกแบบและควบคุมแขนกลสำหรับงานอุตสาหกรรม” มหาวิทยาลัยนเรศวร, 1993.

หนังสือที่ตีพิมพ์

พ.ศ. 2549 EMC1 มาตรฐานการออกแบบ การทดสอบ ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2006, ISBN 974-9993-07-1.
EMC2 มาตรฐาน การติดตั้ง การแก้ไขปัญหา ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2006, ISBN 974-9980-85-9.

วารสารวิชาการ(ต่างประเทศ)

พ.ศ. 2546 K.Aunchaleevarapan, K.Paitoonwatanakij, W.Khan-ngern, S.Nitta, “Novel Method for Predicting PCB Configurations from Near-Field and Far-Field Radiated EMI Using Neural Network”, IEICE Trans. on Communication, VOL.E86-B, NO.4 , April, 2003, JAPAN, pp.1364-1376.
N.Boonpirom, K.Paitoonwatanakij, K..Aunchaleevarapan, Y.Preampraneerach, S.Nitta, “ A study on the system imbalance of the single-switch converter for the conductive common mode noise reduction” IEICE Trans. on Communication, VOL.E86-B, NO.4 , April, 2003, JAPAN. pp.1253-1260.

2. คณะร่วมวิจัย

ชื่อ-นามสกุล Pro.Dr. Vichate Ungvichian, P.E. (ศ.ดร.วิเชษฐ อึ้งวิเชียร)

คุณวุฒิการศึกษา Ph.D., Electrical Engineering, Ohio University, Athens, Ohio, 1981.
Full Professor, Department of Computer & Electrical Engineering and Computer Science, Florida Atlantic University, Boca Raton, Florida, USA

ตำแหน่งปัจจุบัน Professional Engineer (P.E.) in the State of Florida from 1984-present (Active Status)

ประสบการณ์การทำงาน

31 years at Florida Atlantic University, Boca Raton, Florida, USA.

ผลงานวิจัย

Design printed circuit board to minimize EMI, Refinement of Electromagnetic Interference (EMI) measurement techniques, EMI mitigation techniques, antenna design, biological effects due to Electromagnetic fields and renewable of energy

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์

Refereed Journals (13 year publications in highlight)

K. Prachumrasee, A. Siritaratiwat, V. Ungvichian, R. Sivaratana, A. Kaewrawang, “A Methodology to Identify Crosstalk Contributor from 6-Line Suspension Assembly Interconnect to Ultra-High Capacity Hard Disk Drives”, The Applied Computational Electromagnetics, Vol. 27, No. 1, 2012.

S. Osaklang, A. Kaewrawang, A. Kruesubthaworn, V. Ungvichian, P. Supnithi and A. Siritaratiwat, “A Practical Crosstalk Reduction Technique Applied to High-Density Hard Disk Interconnecting Suspension Assembly Traces”, IEEE Magnetic, Vol 47., Issue 10, P 4014-4017, 2011.

Yves-Thierry Jean-Charles, Vichate Ungvichian, and Juciana A. Barbosa, “Effects of Substrate permittivity on Planar Inverted-F

Antenna performances", Journal of Computers, Vol. 4, No. 7, 610-614, July 2009.

Anan Kruesubthaworn, A. Pratoomthip, A. Siritaratiwat, and V. Ungvichian, "Anomalous Magnetic Responsiveness of Giant Magnetoresistive Heads Under Specific electromagnetic Interference Frequencies Using Quasi-static Tester", Journal of Applied Physics, 103, 1, 2008.

Kruesubthaworn, R. Sivaratana, V. Ungvichian, and A. Siritaratiwat, "Testing Parameters of TMR Heads Affected by Dynamic-Tester Induced EMI", Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Elsevier, Vol. 316, Issue 2, e142-e144, 2007.

Malisuwan, S., M. Charoenwattanaporn, U. Goenchanart, and V. Ungvichian, "Microstrip Antenna for Wireless LAN Applications by Applying Modified Smith-Chart Representation", Int'l Journal of Computer, Internet and Management, Vol. 11, No. 3, 34-44, 2003.

Malisuwan, S., P.S. Neelakanta, and V. Ungvichian, "A Cole-Cole Diagram Representation of Microstrip Structure", Applied Computational Electromagnetics Society Journal, Vol. 15; Part 3, 167-174, 2000.

Refereed Conference Proceedings (13 year publications in highlight)

K. Prachumrasee, A.Siritaratiwat, V. Ungvichian, R. Sivaratana,andA. Kaewrawang, "A methodology to identify crosstalk contributor from 6-line suspension assembly interconnect of ultra-high capacity hard disk drive", INTERMAG 2011 Conference, April 2011 (Taiwan).

Y. T. Jean-Charles and V. Ungvichian, "The Effects of an Additional Shorting Stub on PIFA Performance", 2008 Asia-Pacific Symposium in Conjunction with 19th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, May 2008 (Singapore).

Petchinda, N., S. Mailsuwan, P. Ritthiruangdech, and V. Ungvichian, “Co-existence of GSM1800 and GSM1900:BTS-to-BTS Interference”, Proc. 17th

Int’l Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, 112-115, March 2006
(Zurich).

Vichate Ungvichian, and R. Aina, “A Study of Inexpensive Stable Conducted/Radiated Emission Sources Suitable for the EMC Directives”, IEEE 2006 International RF and Microwave Conference, September 2006 (Putrajaya, Malaysia).

Kinezos, C., and V. Ungvichian, “Ultra-Wideband Circular Polarized Microstrip Archimedean Spiral Antenna Loaded with Chip-Resistor”, IEEE AP-S International Symposium and URSI, June 2003 (Columbus).

Carmody, L. and V. Ungvichian, “Design and Measurement of μA Leakage Current EMI Filter”, IEEE International Symposium on EMC, 622-625, August 2003 (Boston).

Kinezos, C. and V. Ungvichian, “A Low Cost Conversion of Semi-Anechoic Chamber to Fully Anechoic Chamber for RF Antenna Measurements”, IEEE International Symposium on EMC, 724-729, August 2003 (Boston).

Ungvichian, V., and S. Malisuwan, "The Effects of Substrate Permittivity and Pulse-width on the Crosstalk as Applied to Ultra-High-Speed Microstrip Lines", IEEE AP-S International Symposium and URSI, July 1999 (Orlando).

Malisuwan, S. and V. Ungvichian, "Crosstalk Analysis for Ultra-high-speed Digital PCBs due to Substrate Permittivity, Pulse-

width and Line Length", IEE International Conference on Electromagnetic Compatibility, July 1999 (York, United Kingdom).

Refereed-by-abstract Conference Papers (13 year publications in highlight)

Y. T. Jean-Charles, V. Ungvichian and A. Barbosa, “A Study of Substrate Permittivity Effects on the Gain of Planar Inverted-F Antennas”, IEEE SoutheastCon, April 2008, (Huntsville, Alabama).

Y. T. Jean-Charles, V. Ungvichian, and S. Malisuwan, “A Study of Positioning Effects on Switching Power Supplies Conducted Emissions”, Latin American & Caribbean Consortium of Engineering Institutions, LACCEI, May 2007, (Tampico, Mexico)

V.Ungvichian, “The challenges of Near-Future EMC Facility”, for Electrical-Computer-Telecommunications and Information Conference (ECTI-CON), May 2007 (Thailand), Invited Paper.

Ilir Mulla, V. Ungvichian, and Y. Jean-Charles, “Evolution of 60 Hz Magnetic Field Computer Monitor Susceptibility in the Past Decade”, IEEE SoutheastCon, March 2007, (Richmond, VA).

Supaprasert, S., U. Geoenchanart, S. Malisuwan, and V. Ungvichian, “A Novel Model of Crosstalk in Ultra-High-Frequency Mictrostrip Transmission Lines”, 2002 3rd

Int’l Symposium on Electromagnetic Compatibility, May 2002, (Beijing).

Peterson, V. and V. Ungvichian, "Analysis of Scattered field Fluctuations in Proximity to Common environmental Cylinder Shaped Structures", 1999 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC'99), December 1999 (Singapore).

EMI Technical Reports (For FCC and European Union) submitted to local high-tech companies (13 year publication in hightlight)

V. Ungvichian, Michael Levi, and Thierry Jean Charles, "EMI Development & Evaluations for FCC & European Compliance", 17 reports submitted to various local companies, Jan. 09-June 09.

V. Ungvichian, and T. Charles, "EMI Development and Evaluations for FCC and European Compliance", 29 reports submitted to various local companies, Jan. 08-Dec 08.

V. Ungvichian, and T. Charles, "EMI Development and Evaluations for FCC and European Compliance ", 58 reports submitted to various local companies, Jan. 07-Dec. 07.

V. Ungvichian, R. Aina, J. Bernal, I. Mulla, and T. Charles, "EMI Development and Evaluations", 40 reports submitted to various companies, Jan. 06-Dec. 06.

V. Ungvichian, R. Aina, and J. Bernal, "EMI Development and Evaluations for FCC and European Compliance ", 57 reports submitted to various companies, Jan. 05-Dec 05.

V. Ungvichian, L. Carmody, C. Kinezos, and R. Aina, "EMI Development and Evaluations", 28 reports submitted to various companies, Jan. 04-Dec 04.

V. Ungvichian, L. Carmody, C. Kinezos, N. Barbieri, and R. Aina, "EMI Development and Evaluations", 21 reports submitted to various companies, Jan. 03-Dec 03.

V. Ungvichian, L. Carmody, C. Kinezos, N. Barbieri, K. Kennedy, and R. Aina, "EMI Development and Evaluations", 58 reports submitted to various companies, Jan. 02-Dec. 02.

V. Ungvichian, L. Carmody, P. Satchell, C. Kinezos, and R. Aina, "EMI Development and Evaluations", 26 reports submitted to various companies, Jan. 01-Dec. 01.

V. Ungvichian, N. Nicholson, P. Satchell, and R. Aina, "EMI Development and Evaluations", 10 reports submitted to various companies, Jan. 00-Dec. 00.

5.5 Student Papers/Projects

C. Kinezos, Design Project on “Minimize an EMI from a digital circuit”, IEEE International Symposium on EMC, August 2001 (Co-First place winner).

M. Lazarus, "Electromagnetic Field Leakage Through Metallic Slots: An EMI Measurement Approach" IEEE International Symposium on EMC, August 1996 (2nd Place IEEE Student's Paper Award).

ผลงานที่ได้รับรางวัล

Received “The Best Father of the Year”, from South Florida Thai Community and Wat Buddhangsi, 2011 Received “The Khon-Kaen University Best Alumni of the year award” from Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn, 2006 Received plaques from Wat Buddhangsi for Outstanding service, 1995

3. นักวิจัยร่วม

ชื่อ-นามสกุล นาย เอนก มีมูซอ

คุณวุฒิการศึกษา วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2550
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2541

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ, หัวหน้าหน่ายทดสอบ EMC ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2552 -ปัจจุบัน ผู้จัดการฝ่ายปฏิบัติการ, หัวหน้าหน่ายทดสอบ EMC ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)

พ.ศ. 2542 วิศวกรทดสอบประจำศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)

ผลงานวิจัยและการฝึกอบรม

พ.ศ. 2543 เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร “Training on EMC Test System” ระหว่างวันที่ 20 – 29 มีนาคม 2543 จัดโดย Rohde & Schwarz Support Centre Asia, ณ. ประเทศสิงคโปร์

พ.ศ. 2544 เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร “EMC standard testing” ระหว่างวันที่ 1 ตุลาคม 2544 – 30 พฤศจิกายน 2544 จัดโดย Tokin EMC Engineer Co.,Ltd, ณ ประเทศญี่ปุ่น

พ.ศ. 2545 มีผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่เรื่อง “Low Cost Differential Mode And Common Mode Noise Rejection Networks (DMNRN&CMNRN) For EMI Filter Design”, International Conference on Electromagnetic Compatibility (ICEMC 2002) Bangkok, Thailand

พ.ศ. 2547 มีผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่เรื่อง "Investigation the Relationship Between Common Mode Current and Radiated Field of Buck Converter" International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2004) Bangkok, Thailand

พ.ศ. 2548 เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร "Assessor Course for ISO/IEC 17025 รุ่นที่ 4 " ระหว่างวันที่ 24 – 29 เมษายน 2548 จัดโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

พ.ศ. 2548 เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร "Electromagnetic Compatibility and Signal Integrity" ระหว่างวันที่ 18 – 22 กรกฎาคม 2548 จัดโดย ASIAN-EU UNIVERSITY NETWORK PROGRAMME

พ.ศ. 2550 -ปัจจุบัน ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นผู้ประเมินทางเทคนิคระบบห้องปฏิบัติการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ ออกให้ ณ วันที่ 3 ตุลาคม 2550 โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

4. คณะร่วมวิจัย

ชื่อ-นามสกุล นายฉัตรชัย เรืองปรีชา

วุฒิการศึกษา วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้รับทุนจากสถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย (TGIST) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ปี 2553

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปี 2549

ตำแหน่งปัจจุบัน หัวหน้าหน่วยทดสอบด้านโทรคมนาคม ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2553-ปัจจุบัน หัวหน้าหน่วยทดสอบด้านโทรคมนาคม ประจำศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)

พ.ศ.2549 วิศวกรประจำศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)

พ.ศ.2548 ช่างเทคนิคประจำศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (PTEC)

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

“การลดสัญญาณรบกวนแบบโหมดร่วมของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อลดการใช้วงจรกรองสัญญาณรบกวนที่ภาคอินพุต” วิศวสารลาดกระบัง, ปีที่ 27, ฉบับที่ 2, มิถุนายน 2553

การฝึกอบรม

พ.ศ.2548 เดือน พ.ค. - ส.ค. ได้รับทุนจาก บริษัท โยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด เข้าอบรมในหลักสูตร วิศวกร (ฝึกหัด) มืออาชีพ จัดโดยบริษัท โยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด

พ.ศ. 2550 เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร “EMC Equipment Calibration”จัดโดย UKAS และ PTEC, ประเทศไทย

พ.ศ. 2550 เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร “RF Equipment Calibration”ระหว่างวันที่ 19 เม.ย.-5 พ.ค. 2550 จัดโดย Electronics Testing Center ประเทศไต้หวัน

พ.ศ. 2550 เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร “Assessor Course for ISO/IEC 17025” ระหว่างวันที่ 22-27 พ.ย. 2550 ซึ่งจัดโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

พ.ศ. 2552 เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร “Quality Management System (QMS) Auditor/ Lead Auditor (ISO 9001:2008) ” ระหว่างวันที่ 22-27 พ.ย. 2552 จัดโดยสถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ (สรอ.)กระทรวงอุตสาหกรรม

พ.ศ. 2552 ได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นผู้ประเมินทางเทคนิคระบบห้องปฏิบัติการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ โดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

พ.ศ. 2554 เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร “General Requirements for Bodies Operating Product Certification System (ISO/IEC Guide 65) ” ระหว่างวันที่ 21-22 ก.พ.2554 จัดโดยสถาบันรับรองมาตรฐานไอเอสโอ (สรอ.) กระทรวงอุตสาหกรรม และ PTEC, ประเทศไทย

พ.ศ. 2555 ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตร “การทดสอบมาตรฐานทางเทคนิคของเครื่องส่งวิทยุกระจายเสียง ”ระหว่างวันที่27-28 ต.ค.2555 จัดโดยสำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.)

พ.ศ. 2555 เข้ารับการอบรมหลักสูตร “Automotive EMC Testing and Verification Procedure” ระหว่างวันที่14 -16 สิงหาคม2555 จัดโดยTESEQ และ PTEC, ประเทศไทย

พ.ศ. 2556 เข้ารับการอบรมหลักสูตร “Seminar on High-speed Railway Construction for Thailand 2013” ระหว่างวันที่ 4-26 สิงหาคม 2556 ณ กรุงปักกิ่งสาธารณรัฐประชาชนจีน

พ.ศ. 2556 เข้ารับการอบรมหลักสูตร “ข้อกำหนด ISO/IEC 17065 และการออกแบบระบบงานให้สอดคล้องกับมาตรฐาน” ระหว่างวันที่ 29-31 สิงหาคม2556จัดโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)