

Group B: Engineering Educations, Application, and Techniques

การประยุกต์โปรแกรม LabVIEW สำหรับการสอบเทียบ เครื่องมือวัดทางแสง

LabVIEW Applications for Optical Instruments Calibration

สมมาตร แสงเงิน

Optical Communication Research Lab

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

Manuscript received October 18, 2019

Revised December 15, 2019

บทคัดย่อ

บทความนี้ นำเสนอการประยุกต์ใช้โปรแกรม LabVIEW สำหรับควบคุมเครื่องมือ optical measuring system เพื่อนำไปใช้ควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับใช้ในกระบวนการสอบเทียบแหล่งกำเนิดแสง และทำการวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ในกระบวนการสอบเทียบดังกล่าว รวมทั้งแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์กับเวลาที่ใช้ในการทดสอบ โดยการนำโปรแกรม LabVIEW มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการสอบเทียบของแหล่งกำเนิดแสง สามารถทำให้ช่วยลดความผิดพลาดในการทดสอบและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการสอบเทียบอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงได้

คำสำคัญ : โปรแกรม LabVIEW การสอบเทียบ เครื่องมือวัดทางแสง แหล่งกำเนิดแสง ค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

ABSTRACT

This paper proposes application for calibrating the light source using the LabVIEW program. A LabVIEW program is used for controlling parameters of optical measuring system (OMS-100). This program allows us to analyze the relative error and display the relation between the relative error and time, according to the consideration for standard criterion of light source equipment. Obviously, our system can obtain the high performance and reduce the error of the calibration.

Keywords : LabVIEW, calibration, optical instrument,

light source, relative error

1. บทนำ

ปัจจุบันโครงข่ายการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงมีการขยายตัวและถูกนำไปใช้งานเป็นอย่างมาก ได้แก่ โครงข่ายการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงความเร็วสูงระดับเทลาบิตต่อวินาที (Tbps) [1] – [2] โครงข่ายเส้นใยนำแสงแบบพาสซีฟ (passive optical network) หรือเอฟทีทีเอ็กซ์ (FTTx) [3] – [4] เป็นต้น จากการขยายตัวของโครงข่ายการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงดังกล่าว จึงทำให้มีการติดตั้งโครงข่ายเส้นใยนำแสงเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยให้การติดตั้งหรือการซ่อมบำรุงโครงข่ายก็คือ เครื่องมือวัดทางแสงสำหรับใช้ในการทดสอบพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ค่ากำลังงานของสัญญาณ ค่าการสูญเสียของสัญญาณ และเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบเชื่อมโยงเส้นใยนำแสงภายในโครงข่าย โดยทั่วไปเครื่องมือวัดทางแสงที่มีการนำมาใช้งานกันค่อนข้างมาก โดยเฉพาะแหล่งกำเนิดแสง (optical light source) ตัววัดกำลังงานแสง (optical power meter) และโอทีดีอาร์ (optical time domain reflectometer : OTDR) ดังนั้น เครื่องมือวัดทางแสงที่นำมาใช้งานจะต้องสามารถวัดค่าพารามิเตอร์ได้ถูกต้องมากที่สุด มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด และมีความพร้อมในการใช้งาน ซึ่งเครื่องมือวัดทางแสงที่ถูกนำไปใช้งานเหล่านั้นต้องทำการสอบเทียบตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยที่ผ่านมากกระบวนการสอบเทียบในห้องปฏิบัติการยังมีบางขั้นตอนที่ต้องอาศัยบุคลากรในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์และควบคุมอุปกรณ์ที่ใช้ในการสอบเทียบ ก่อให้เกิดความผิดพลาดขึ้นเป็นอย่างมากในกระบวนการสอบเทียบและส่งผลทำให้การสอบเทียบเครื่องมือวัดทางแสงไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งที่ผ่านมามีงานวิจัยได้นำเสนอวิธีการสอบเทียบด้วยเทคนิคต่าง ๆ สำหรับนำมาใช้ในการควบคุมและลดค่าความ

คลาดเคลื่อนของกระบวนการสอบเทียบเครื่องมือวัดทางแสง [5] – [11]

บทความนี้ นำเสนอการประยุกต์ใช้โปรโอม 0867885502p แกรม LabVIEW มาช่วยในการสอบเทียบ โดยนำใช้ควบคุมเครื่อง optical measuring system ที่ไม่ได้ถูกใช้งาน เพื่อใช้ทำเป็นเครื่องอ้างอิงมาตรฐานในการสอบเทียบแหล่งกำเนิดแสง และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์กับเวลาที่ใช้ทดสอบ โดยการควบคุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของระบบการสอบเทียบแหล่งกำเนิดแสงตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 [12] ของสถาบันนวัตกรรมทีโอที บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ซึ่งสามารถช่วยลดความผิดพลาดในการทดสอบและเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการสอบเทียบแหล่งกำเนิดแสงได้เป็นอย่างมาก

2. การควบคุมเครื่อง optical measuring system

2.1 เครื่อง optical measuring system

เครื่อง optical measuring system (OMS) รุ่น OMS-100 ยี่ห้อ Wandel & Goltermann (WG) คือ เครื่องมือทดสอบที่นำมาใช้เป็นเครื่องมืออ้างอิงสำหรับการสอบเทียบแหล่งกำเนิดแสง ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยเครื่อง OMS-100 ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักทั้งหมด 3 โมดูล ดังนี้

- โมดูล OLS-100 คือ แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ (optical laser source) มีความยาวคลื่นแสง 1310 nm และ 1550 nm โดยมีค่ากำลังงานแสงเท่ากับ 0 dBm
- โมดูล OLA-100 คือ ตัวลดทอนสัญญาณแสง (optical attenuator) ทำหน้าที่ลดทอนเพื่อควบคุมกำลังงานแสงให้มีค่าคงที่ โดยโมดูล OLA-100 สามารถรับกำลังงานแสงที่เข้ามาสูงสุดได้ไม่เกิน 20 dBm และสามารถปรับค่าการลดทอนกำลังงานแสงได้ตั้งแต่ 2 dB ถึง 65 dB ที่ความยาวคลื่นแสง 1260 nm ถึง 1510 nm
- โมดูล OLP-120 คือ ตัววัดกำลังงานแสง (optical power meter) ทำหน้าที่วัดกำลังงานแสง โดยมีช่วงการวัดกำลังงานแสง ตั้งแต่ -110 dBm ถึง +13 dBm ที่ความยาวคลื่นแสง 800 nm ถึง 1600 nm โดยโมดูล OLP-120 สามารถวิเคราะห์ค่า optical loss และค่า optical return loss (ORL) ได้ด้วย

2.2 การตั้งค่าอ้างอิงเริ่มต้นของเครื่อง OMS-100

การสอบเทียบอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงนั้น ความเที่ยงตรงในการวัดกำลังงานแสงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก การตั้งค่าอ้างอิงเริ่มต้นหรือเรียกสั้น ๆ ว่า การทำซีโร (zero) ของตัววัดกำลังงานแสง คือการปรับค่ากระแสไฟฟ้าและค่าแรงดันให้อยู่ในสภาวะปกติ เพื่อให้ตัววัดกำลังงานนั้นมีความเที่ยงตรงมากขึ้น โดยก่อนการตั้งค่าอ้างอิงเริ่มต้นให้กับตัววัดกำลังงานนั้น จะต้องถอดเส้นใยนำแสงออกก่อน

และทำการใส่ฝาปิดสีดำ (dark cap) เข้าไปแทนที่ เพื่อให้แสงจากภายนอกไม่สามารถเข้าไปตกกระทบบัวโฟโตดีเทคเตอร์ที่อยู่ภายในเครื่อง หากมีแสงมาตกกระทบบัวโฟโตดีเทคเตอร์ จะทำให้เกิดค่าคลาดเคลื่อนในการวัดกำลังงานแสงได้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ที่นำมาสอบเทียบ ดังนั้นในการสอบเทียบอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง จำเป็นต้องทำการตั้งค่าอ้างอิงเริ่มต้นหรือการทำซีโรกับเครื่องมือวัดก่อนทุกครั้ง เพื่อให้การวัดกำลังงานแสงที่ได้มีความเที่ยงตรงมากที่สุด



รูปที่ 1 เครื่อง Optical Measuring System (OMS-100)

2.3 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

ค่าความคลาดเคลื่อน (relative error) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ สำหรับการสอบเทียบแหล่งกำเนิดแสงนั้น การพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ จะพิจารณาจากค่ากำลังงานแสงที่ส่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงว่าเกิดค่าความคลาดเคลื่อนมากน้อยเท่าไร หากต้องการทราบว่าแหล่งกำเนิดแสงที่นำใช้งานดังกล่าว สามารถใช้งานอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ จะต้องนำค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่ได้จากการสอบเทียบแหล่งกำเนิดแสงนั้นมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่ระบุในข้อมูลชี้เฉพาะ (specification) ของอุปกรณ์ ซึ่งจะตั้งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ตามข้อมูลชี้เฉพาะกำหนดไว้ สำหรับโมดูล OLS-100 ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ของเครื่อง OMS-100 ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยมีค่าความไม่แน่นอนของการวัด (uncertainty) เท่ากับ 2.5% คิดเป็นระดับความน่าเชื่อถือในการวัดเท่ากับ 97.5% ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่สากลยอมรับได้ [13]

การวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (R_E) ในกรณีนี้สามารถหาได้จากการนำค่ากำลังงานแสงที่วัดได้จากโมดูล OLP-120 (P_m) มาทำการเปรียบเทียบกับค่ากำลังงานแสงจริงตามที่ผู้ใช้งานกำหนด (P_o) ดังสมการ

$$R_E = \frac{P_m}{P_o} \tag{1}$$

3. การออกแบบระบบ

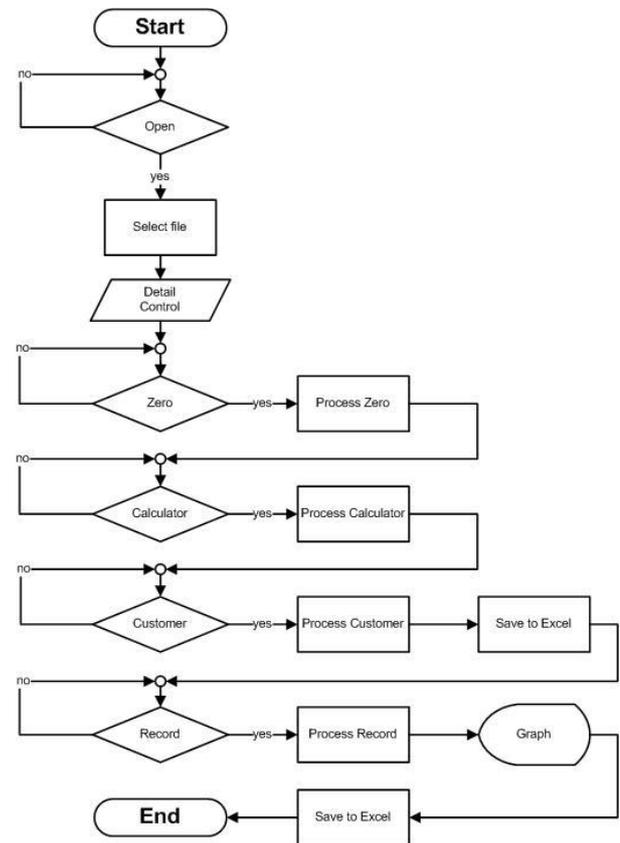
การออกแบบระบบจะนำโปรแกรม LabVIEW มาประยุกต์ใช้ในการสอบเทียบอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง โดยวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เพื่อพิจารณาเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยทำการบันทึกค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ลงไฟล์ตามเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด เพื่อพิจารณาค่ากำลังงานแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่ส่งออกมาว่ามีค่าคงที่เพียงใด ในเวลาที่กำหนด ส่วนการวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงนั้น จะอาศัยเครื่องมือ OMS-100 โดยขั้นตอนการหาค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ ของอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง เริ่มจากให้ผู้ใช้งานปรับค่าความยาวคลื่นที่ต้องการและค่ากำลังงานจริง ในหน้าของโปรแกรมเพื่อให้โมดูล OLS-100 ทำหน้าที่ปล่อยแสงเลเซอร์ผ่านเส้นใยนำแสง ไปเข้าที่อินพุตของโมดูล OLA-100 เพื่อทำการลดทอนกำลังงานแสงที่รับเข้ามาจากโมดูล OLS-100 แล้วนำค่าที่ทำการลดทอนแล้วไป เป็นเอาต์พุตเพื่อให้โมดูล OLP-120 ทำการวัดค่ากำลังงานออกมา โดยก่อนทำการวัดกำลังงานแสง จะต้องทำซีโรที่โมดูล OLP-120 ก่อนเพื่อความเที่ยงตรงในการวัดค่ากำลังงานอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงตามที่กล่าวมา เมื่อทำซีโรเสร็จแล้ว โมดูล OLP-120 จะทำการวัดกำลังงานแสง เพื่อนำค่ากำลังงานที่วัดได้มาเปรียบเทียบกับค่ากำลังงานจริงที่ผู้ใช้งานกำหนดขึ้นมา (power reference) ที่อยู่ในหน้าFront Panel ของโปรแกรม โดยการเปรียบเทียบค่ากำลังงานแสงจะต้องตรงกันถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 2 หากค่ากำลังงานแสงไม่เท่ากันโปรแกรมจะทำการวนลูปปรับค่า Attenuation จากเครื่องโมดูล OLA-100 จนกว่าค่ากำลังงานแสงที่วัดได้จากเครื่อง OLP-120 มีค่าเท่ากับค่ากำลังงานจริงที่ผู้ใช้งานกำหนดขึ้น เมื่อค่ากำลังงานแสงที่วัดได้ตรงกับค่ากำลังงานจริงแล้ว โปรแกรมจะปรับโหมดของโมดูล OLP-120 ให้เป็นโหมด REF เพื่อแสดงค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ออกมา พร้อมทั้งโปรแกรมจะบันทึกค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ดังกล่าวลงไฟล์ MS-Excel และนำค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์มาแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์กับเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด ซึ่งการบันทึกค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และการแสดงผลของกราฟความสัมพันธ์ผู้ใช้งานสามารถกำหนดระยะเวลาในการบันทึกค่าและการแสดงผลตามความต้องการได้

3.1 การออกแบบโปรแกรม

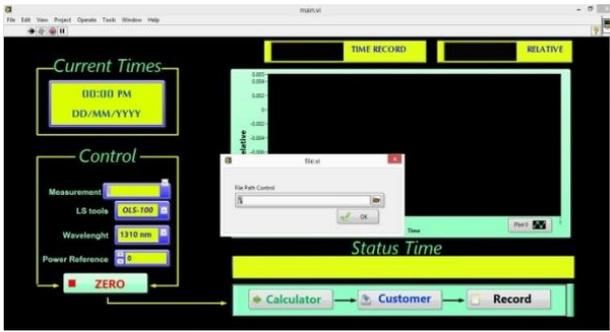
โฟลว์ชาร์ตการทำงานของโปรแกรมแสดงได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานของโปรแกรมตามขั้นตอนดังนี้ เมื่อเริ่มการทำงาน (start) โดยทำการกดปุ่ม Open โปรแกรมจะทำการเลือกไฟล์ที่บันทึกไว้ (select file) Detail Control เป็นส่วนที่ให้

ผู้ใช้งานทำการตั้งค่าตามที่ผู้ใช้กำหนดก่อนทำการสอบเทียบ เมื่อกดปุ่ม Zero โปรแกรมจะกำหนดค่าอ้างอิงเริ่มต้นของเครื่องมือวัด ต่อมาเมื่อกดปุ่ม Calculator โปรแกรมทำการคำนวณซึ่งเข้าสู่กระบวนการ Process Calculator กดปุ่ม Customer เพื่อเข้าสู่กระบวนการ Process Customer จากนั้นกดปุ่ม Record โปรแกรมจะทำการบันทึกค่าลงในไฟล์และทำการพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์กับเวลาที่ผู้ใช้งานกำหนด และจบการทำงานของโปรแกรม (End) โดยหน้าต่างหลักของโปรแกรมการสอบเทียบอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง สามารถแสดงดังรูปที่ 3

จากรูปที่ 3 หน้าต่างหลักของโปรแกรมที่ได้ออกแบบประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ ทั้งหมด 5 ส่วน ได้แก่ Current Time หน้าต่างที่แสดงวันเวลาปัจจุบัน (เวลา วัน/เดือน/ปี) เมื่อกดปุ่ม Record ส่วน Control ทำหน้าที่ตั้งค่าอ้างอิงต่าง ๆ ในการสอบเทียบ



รูปที่ 2 โฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมที่ออกแบบ

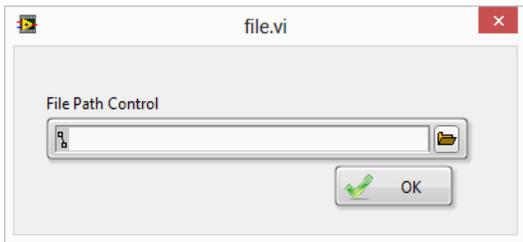


รูปที่ 3 หน้าต่างหลักของโปรแกรมที่ออกแบบ

ส่วน Time Record ทำหน้าที่กำหนดเวลาในการบันทึกค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ ส่วน Relative ทำหน้าที่แสดงค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่บันทึกลงในรูปของ MS-Excel ส่วน Status time ทำหน้าที่แสดงระยะเวลาในการบันทึกค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ เมื่อกดปุ่ม Record และส่วน Graph ทำหน้าที่แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์กับเวลาที่ผู้ใช้กำหนด

3.2 การออกแบบการเลือกไฟล์ในการบันทึกค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

จากรูปที่ 4 แสดงหน้าต่างสำหรับสร้างไฟล์นามสกุล xls (MS-Excel) เพื่อใช้ในการบันทึกค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ในการสอบเทียบอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง โดยหน้าต่างนี้จะเริ่มทำงานทันทีเมื่อทำการรันโปรแกรม โดยผู้ใช้งานจะต้องสร้างไฟล์ที่เป็นนามสกุล xls เพื่อการบันทึกค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ก่อนทำการสอบเทียบทุกครั้ง



รูปที่ 4 หน้าต่างสำหรับสร้างไฟล์สำหรับบันทึกค่า

3.3 การออกแบบการตั้งค่าเครื่องอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง

ส่วนที่ให้ผู้ใช้งานตั้งค่าการสอบเทียบอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงในส่วน Front Panel เพื่อนำค่าที่ผู้ใช้งานตั้งไว้ไปใช้ในการสอบเทียบอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง โดยมีรายละเอียดการตั้งค่าดังนี้

- Measurement คือ อุปกรณ์ที่นำมาต่อเพื่อทดสอบ

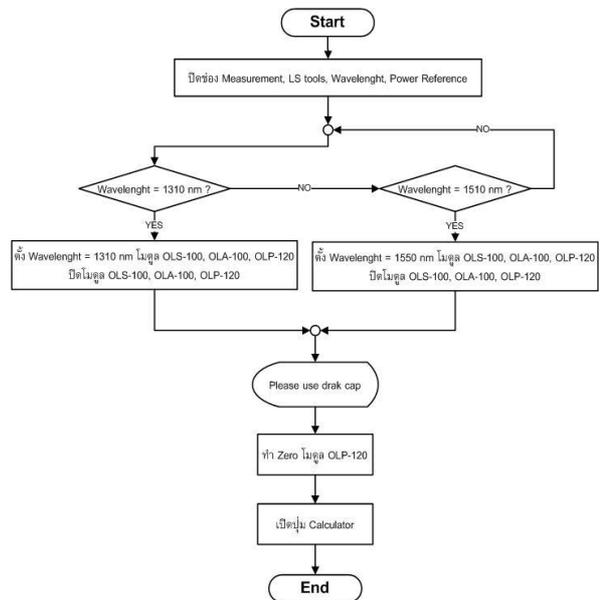
- LS tool คือ ชื่ออุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง
- Wavelength คือ ความยาวคลื่นที่ใช้ในการทดสอบ
- Power Reference คือ ค่ากำลังงานอ้างอิง



รูปที่ 5 การตั้งค่าการสอบเทียบอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง

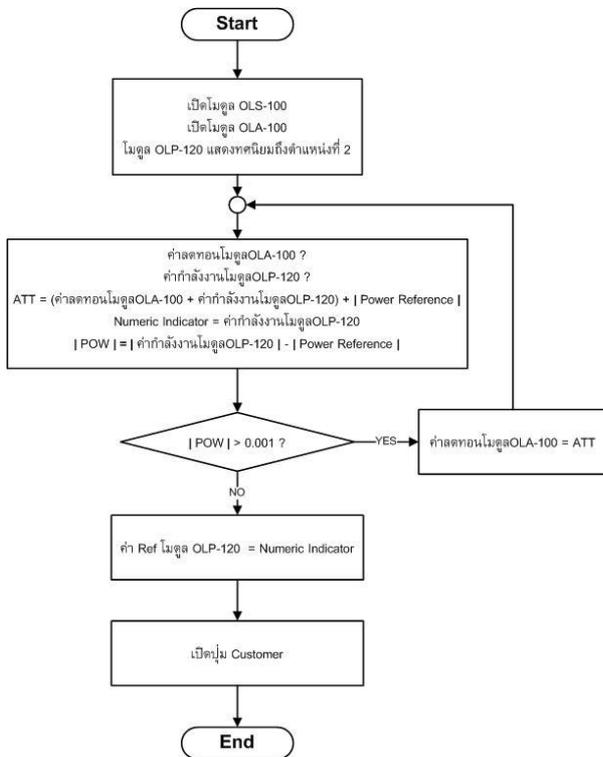
3.4 การออกแบบการทำงานของปุ่ม Zero

จากรูปที่ 6 เมื่อทำการกดปุ่ม zero แล้วโปรแกรมจะทำการปรับค่าความยาวคลื่นของโมดูล OLS-100, OLA-100 และ OLP-120 ตามที่ผู้ใช้งานตั้งค่าเอาไว้ในส่วนของ Control เมื่อตั้งค่าเสร็จจะมีหน้าต่างข้อความเตือนให้ผู้ใช้งานใส่ฝาครอบสีดำเข้าไปที่โมดูล OLP-120 ก่อนที่โปรแกรมจะทำการ Zeroing เมื่อโปรแกรมทำการ Zeroing เสร็จ โปรแกรมจะทำการ Enable ปุ่ม Calculator



รูปที่ 6 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของปุ่ม Zero

3.5 การออกแบบการทำงานของปั๊ม Calculator



รูปที่ 7 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของปั๊ม Calculator

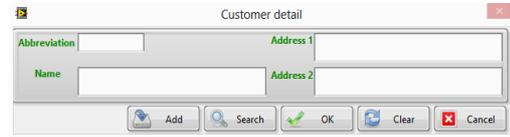
เมื่อทำการกดปั๊ม Calculator โปรแกรมจะทำการวนลูปปรับค่า Attenuator จนกว่าค่ากำลังงานที่วัดได้จะมีค่าเท่ากับค่ากำลังงานอ้างอิงที่ผู้ใช้งานเลือก (Power Reference) โดยพิจารณาถึงค่าทศนิยมตำแหน่งที่ 2 แล้วจะทำการ Enable ปั๊ม Customerตามขั้นตอนการทำงาน ดังในรูปที่ 7

3.6 การออกแบบการทำงานของปั๊ม Customer



รูปที่ 8 โฟลว์ชาร์ตการทำงานของปั๊ม Customer

เมื่อทำการกดปั๊ม Customer โปรแกรมจะทำงานตามรูปที่ 8 และแสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้งานได้กรอกข้อมูล ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 หน้าต่างกรอกข้อมูลของผู้ใช้งาน

จากรูปที่ 9 หน้าต่างกรอกข้อมูลของผู้ใช้งานจะให้ผู้ใช้งานทำการกรอกข้อมูลของหน่วยงานที่นำอุปกรณ์มาทดสอบเพื่อบันทึกเข้าโปรแกรม และสามารถค้นหาได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน โดยประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- Abbreviation คือ ช่องค้นหาชื่อตัวย่อของหน่วยงาน
- Name คือ ชื่อเต็มของหน่วยงาน
- Address 1 คือ ที่อยู่หน่วยงานที่ 1
- Address 2 คือ ที่อยู่หน่วยงานที่ 2

3.7 การออกแบบการทำงานของปั๊ม Record

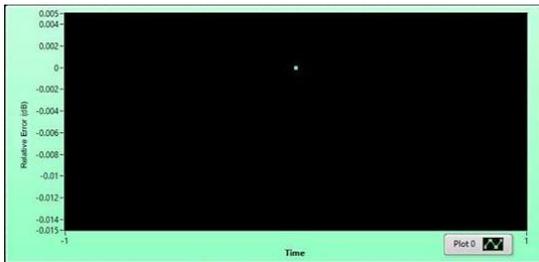
เมื่อทำการกดปั๊ม Record โปรแกรมจะทำการปิดปั๊ม Zero, Calculator, Customer และ Record จากนั้นโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างให้ผู้ใช้งานทำการตั้งค่าเวลา ดังรูปที่ 10 เมื่อตั้งค่าเวลาเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะเปลี่ยนโหมดโมดูล OLP-120 ให้เป็นโหมด REF เพื่อให้โมดูล OLP-120 แสดงค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงที่นำมาทดสอบ แล้วแสดงค่าที่หน้าต่าง Relative ที่แสดงในรูปที่ 3 จากนั้นโปรแกรมจะแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์กับเวลา ดังรูปที่ 11 จากนั้น ผู้ใช้งานกดปั๊ม Record เพื่อให้โปรแกรมทำการบันทึกค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์และเวลาเข้าระบบในรูปแบบของไฟล์ MS- Excel



รูปที่ 10 หน้าต่างการตั้งค่าเวลา

รูปที่ 10 เป็นการตั้งค่าเวลาสำหรับบันทึกค่าคลาดเคลื่อนสัมพันธ์ และใช้แสดงกราฟความสัมพันธ์ โดยประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- HOURS คือ จำนวนชั่วโมงในการสอบเทียบ
- MINUTES คือ จำนวนนาทีในการสอบเทียบ
- STEP (min) คือ จำนวนนาทีในการบันทึกค่าลงไฟล์



รูปที่ 11 หน้าต่างแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กับเวลา

3.8 การออกแบบแบบฟอร์มในโปรแกรม MS-Excel

เมื่อทำการสอบเทียบอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสงทุกครั้ง โปรแกรมจะบันทึกตัวอักษรว่า Relative ที่คอลัมน์ A5 1310nm ที่คอลัมน์ A6 1550nm ที่คอลัมน์ B6 และ TIMES ที่คอลัมน์ C6 โดยที่คอลัมน์ A1 ถึง A4 จะทำการเก็บข้อมูลที่อยู่ของหน่วยงานที่นำอุปกรณ์มาทดสอบ จากนั้นเมื่อกดปุ่ม Record ส่วนการเก็บค่าคลาดเคลื่อนสัมพันธ์จะเริ่มบันทึกค่าลงในคอลัมน์ตั้งแต่ คอลัมน์ A7 หรือคอลัมน์ B7 ขึ้นอยู่กับค่าความยาวคลื่นที่เลือกใช้ในการสอบเทียบอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง ส่วนการบันทึกเวลานั้นจะเริ่มบันทึกตั้งแต่ คอลัมน์ C7 ดังแสดงในรูปที่ 12

4. การทดลองและผลการทดลอง

ในการกำหนดค่าคำสั่งการควบคุมเครื่อง optical measuring system (OMS-100) จะใช้ Visa ที่เป็นฟังก์ชันในโปรแกรม LabVIEW สำหรับการเชื่อมต่อและส่งค่าการควบคุมเข้าไปในเครื่อง optical measuring system โดยตัวอย่างการทดลองและผลการทดลองสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. นำโมดูลแหล่งกำเนิดแสง OLS-100 ต่อเข้ากับโมดูลตัวลดทอนกำลังงานแสง OLA-100 และโมดูลอุปกรณ์วัดกำลังงานแสง OLP-120 ด้วยเส้นใยนำแสงมาตรฐานที่เตรียมไว้ตามรูปที่ 1 แล้วเปิดโปรแกรม LabVIEW ที่นำเสนอในรูปที่ 3 โดยโปรแกรม LabVIEW จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับพอร์ต GPIB ของเครื่อง optical measuring system (OMS-100)

	A	B	C
1			
2			
3			
4			
5	Relative		
6	1310nm	1550nm	TIMES
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			

รูปที่ 12 การจัดวางค่าต่าง ๆ ลงในโปรแกรม MS-Excel ที่ออกแบบ

2. การตั้งค่า Control จะทำการเลือกอุปกรณ์ต่อพ่วงชื่อ GPIB0::1::INSTR และอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง OLS-100 โดยกำหนดค่าความยาวคลื่นที่ใช้ในการสอบเทียบเท่ากับ 1310 nm และมีการกำหนดค่ากำลังงานอ้างอิง (power reference) เท่ากับ -10 dBm ดังรูปที่ 13
3. จากนั้นทำการใส่ฝาปิดสีดำ (dark cap) เข้าที่พอร์ตของโมดูล OLP-120 แล้วทำการตั้งค่าอ้างอิงเริ่มต้นของเครื่องมือวัด โดยทำการกดปุ่ม zero จะได้ผลลัพธ์แสดงที่หน้าจอของเครื่อง OMS-100 ดังรูปที่ 15
4. กดปุ่ม Calculator เมื่อทำการกดปุ่ม Calculator โมดูลแหล่งกำเนิดแสง OLS-100 จะส่งแสงความยาวคลื่น 1315 nm ที่มีค่ากำลังงานแสงเท่ากับ 0 dBm ออกมา และโมดูลตัวลดทอนกำลังงานแสง OLA-100 จะเกิดค่าการลดทอนเริ่มต้นขึ้นค่าหนึ่ง จากนั้นโปรแกรมจะทำการวนลูปปรับค่าการลดทอนกำลังงานแสง จนกว่าค่ากำลังงานที่วัดได้จากโมดูลอุปกรณ์วัดค่ากำลังงานแสง OLP-120 จะมีค่าเท่ากับค่ากำลังงานอ้างอิงที่กำหนดไว้ที่ -10 dBm โดยพิจารณาถึงค่าทศนิยมตำแหน่งที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 16



รูปที่ 13 การตั้งค่าในส่วน Control



รูปที่ 14 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตั้งค่าในส่วน Control

จากรูปที่ 14 เป็นผลลัพธ์จากการที่กำหนดค่าต่าง ๆ ลงในส่วน Control ซึ่งแสดงผลออกมาทางหน้าจอของเครื่อง OMS-100 โดยที่โมดูลแหล่งกำเนิดแสง OLS-100 และโมดูลตัวลดทอนกำลังงานแสง OLA-100 ยังไม่ทำงาน ส่วนโมดูลอุปกรณ์วัดค่ากำลังงานแสง OLP-120 วัดค่ากำลังงานแสงได้เท่ากับ -110 dBm ซึ่งเป็นค่ากำลังงานของแสงที่วัดได้โดยยังไม่ได้ทำการตั้งค่าอ้างอิงเริ่มต้นของเครื่องมือวัด



รูปที่ 15 ผลลัพธ์ที่ได้จากการกดปุ่ม Zero

จากรูปที่ 15 โมดูลแหล่งกำเนิดแสง OLS-100 และโมดูลตัวลดทอนกำลังงานแสง OLA-100 ยังไม่ทำงาน ส่วนโมดูลอุปกรณ์วัด

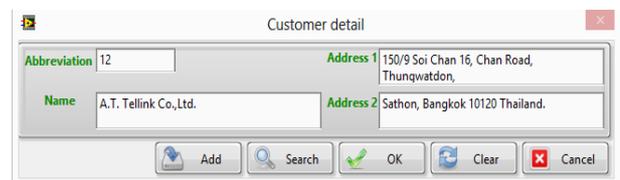
ค่ากำลังงานแสง OLP-120 จะทำการ zeroing เพื่อทำให้มีความเที่ยงตรงในการวัดกำลังงาน



รูปที่ 16 ผลลัพธ์ที่ได้จากการกดปุ่ม Calculator

จากรูปที่ 16 โมดูลแหล่งกำเนิดแสง OLS-100 ส่งแสงความยาวคลื่น 1315 nm ที่มีค่ากำลังงานแสงเท่ากับ 0 dBm ซึ่งโมดูลอุปกรณ์วัดค่ากำลังงานแสง OLP-120 วัดค่ากำลังงานแสงได้เท่ากับ -10.00 dBm โดยที่โมดูลตัวลดทอนกำลังงานแสง OLA-100 ทำการวนลูปรับค่าการลดทอนกำลังงานได้เท่ากับ 5.64 dB

5. กดปุ่ม Customer ซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นการบันทึกข้อมูลสำคัญต่าง ๆ หรือข้อมูลที่บันทึกไว้แล้วของผู้รับบริการที่นำแหล่งกำเนิดแสงมาทำการสอบเทียบ โดยเมื่อทำการกดปุ่ม Customer โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างข้อมูลที่อยู่บริษัทผู้รับบริการ ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 ตัวอย่างข้อมูลของหน่วยงานที่นำแหล่งกำเนิดแสงมาสอบเทียบ

6. นำตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงที่ต้องการสอบเทียบมาต่อเข้ากับเครื่อง OMS-100 โดยนำแหล่งกำเนิดแสงที่ต้องการสอบเทียบต่อเข้ากับโมดูลตัวลดทอนกำลังงานแสง OLA-100 ที่มีค่าการลดทอนกำลังงานแสงที่ปรับไว้แล้วในข้อที่ 4 จากนั้นทำการกดปุ่ม Record เมื่อกดปุ่ม Record โปรแกรมจะทำการเปลี่ยนโหมดของโมดูลอุปกรณ์วัดกำลังงานแสง OLP-120 จากโหมด ABS (Absolute) ไปเป็นโหมด REL (Relative) ดังรูปที่ 18



รูปที่ 18 ผลลัพธ์จากการกดปุ่ม Record

จากรูปที่ 18 โมดูลอุปกรณ์วัดกำลังงานแสง OLP-120 ได้ทำการเปลี่ยนโหมดจากโหมด ABS (Absolute) ไปเป็นโหมด REL (Relative) เพื่อแสดงค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ เมื่อโมดูลทำการเปลี่ยนโหมดเสร็จแล้ว ที่หน้าโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างการตั้งค่าเวลาในการสอบเทียบ ดังรูปที่ 19



รูปที่ 19 การตั้งค่าเวลาสำหรับสอบเทียบ

จากรูป 19 เป็นตัวอย่างของการทดลองที่เลือกเวลาในการสอบเทียบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง 15 นาที และบันทึกค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ทุก ๆ 8 นาที แล้วนำค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่ได้มาแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์กับเวลาที่ใช้ในการสอบเทียบพร้อมทั้งบันทึกค่าลงโปรแกรม MS-Excel ดังรูปที่ 20



รูปที่ 20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์กับเวลาที่ใช้ในการสอบเทียบ

จากรูปที่ 20 พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์สูงสุดอยู่ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0002 dB และค่าต่ำสุดอยู่ตำแหน่งที่ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับ - 0.0107 dB ดังนั้น เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ของตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงที่นำมาสอบเทียบ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0109 dB ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง +/- 0.01 dB โดยถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้ [12]

	A	B	C
5	Relative		
6	1310nm	1550nm	TIMES
7	-0.0048E+00		14:45:26
8	-0.0050E+00		14:53:26
9	0.0003E+00		15:01:26
10	-0.0005E+00		15:09:26
11	-0.0107E+00		15:17:26
12	-0.0079E+00		15:25:26
13	-0.0065E+00		15:33:26
14	-0.0049E+00		15:41:26
15	-0.0107E+00		15:49:26

รูปที่ 21 ค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่ได้บันทึกลงไฟล์ MS-Excel เมื่อทำการกดปุ่ม Record

จากรูปที่ 21 ในคอลัมน์ A คือค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่ได้จากการทดสอบที่ความยาวคลื่น 1310 nm และคอลัมน์ C คือค่าเวลาที่ทำการบันทึกค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ โดยจะทำการบันทึกค่าทุก ๆ 8 นาที ตามที่กำหนดไว้ในรูปที่ 19

5. สรุป

การประยุกต์โปรแกรม LabVIEW ที่นำเสนอสำหรับใช้ในการสอบเทียบแหล่งกำเนิดแสง ตามมาตรฐาน ISO/IEC17025 โดยนำมาใช้ควบคุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของอุปกรณ์ optical measuring system (OMS-100) เพื่อใช้ในกระบวนการสอบเทียบ ได้แก่ ความยาวคลื่น ค่าการลดทอน และค่ากำลังงานอ้างอิงเริ่มต้นของเครื่องมือวัด นอกจากนี้ โปรแกรมสามารถวิเคราะห์และบันทึกค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ที่ได้ลงในฐานข้อมูลแบบอัตโนมัติในรูปของไฟล์ MS-Excel พร้อมทั้งแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์กับเวลาที่ใช้ในการสอบเทียบ เพื่อนำผลที่ได้มา

ใช้พิจารณาว่าแหล่งกำเนิดแสงที่นำมาสอบเทียบดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการใช้งานหรือไม่ นอกจากนั้น โปรแกรมสามารถพิมพ์ผลการสอบเทียบออกมาในรูปเอกสารตามที่กำหนดรูปแบบไว้ สำหรับใช้ในการอ้างอิง ดังนั้น การประยุกต์โปรแกรม LabVIEW ที่นำไปใช้ในการสอบเทียบแหล่งกำเนิดแสงที่นำเสนอ จึงมีประโยชน์อย่างมาก ในกระบวนการสอบเทียบ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการสอบเทียบมากขึ้น และช่วยลดปัญหาความผิดพลาดที่เกิดจากบุคลากรผู้ปฏิบัติงาน ทั้งนี้ ข้อจำกัดอย่างหนึ่งของการประยุกต์ใช้โปรแกรม LabVIEW มาช่วยในกระบวนการสอบเทียบคือ ถ้าเครื่องอ้างอิงมาตรฐานที่ใช้ในการสอบเทียบเปลี่ยนจากเครื่อง OMS-100 ไปเป็นเครื่องมือวัดอื่น ๆ อาจต้องทำการปรับปรุงโปรแกรมเพื่อควบคุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้งานจากเครื่องมือวัดนั้นใหม่ เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสง ตัวลดทอนสัญญาณ และตัววัดกำลังงานแสง จะมีคุณลักษณะและขั้นตอนการควบคุมที่ต่างกัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ ส่วนบริการทดสอบและสอบเทียบ (ทนฐ.) สถาบันนวัตกรรม ทีโอที บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือทดสอบ เอกสารมาตรฐาน และคำปรึกษาในการทำงานวิจัยและพัฒนาระบบการสอบเทียบครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Grubb, P. Mertz, A. Kumpera, L. Dardis, J. Rahn, J. O'Connor, and M. Mitchell, "Real-Time 16QAM Transatlantic Record Spectral Efficiency of 6.21 b/s/Hz Enabling 26.2 Tbps Capacity", Optical Fiber Communication Conference (OFC) 2019, paper M2E.6, 3-7 March 2019.
- [2] H. C. Chien, J. Yu, Y. Cai, B. Zhu, X. Xiao, Y. Xia, X. Wei, T. Wang, and Y. Chen, "Approaching Terabits Per Carrier Metro-Regional Transmission Using Beyond-100GBd Coherent Optical With Probabilistically Shaped DP-64QAM Modulation", Journal Lightwave Technology, vol. 37, Issue 8, pp. 1751-1755, 2019.
- [3] S. Weinstein, Y. Luo, T. Wang, "Passive Optical Network", IEEE PRESS, 2012.
- [4] D. Kiyicioglu, N. Oziem Unverdi, "Applications of FTTx technology in optical communication systems", The 26th Signal Processing and Communications Applications Conference, 2-5 May 2018.
- [5] Vicent C. Y. So, Jing Wen Jiang, James A. Cargill, Paul J. Vella, "Automation of an Optical Time Domain Reflectometer to Measure Loss and Return Loss", Journal Lightwave Technology, vol. 8, Issue 7, pp. 1078-1083, 1990.
- [6] W. Rutzen, W. Stocklein, C. Unger, "Calibration of optical time domain reflectometers", Optical Communications, vol. 127, pp. 343-352, 1996.
- [7] A. Zanobini, G. Iuculano, A. Ponterio, "Distance Scale Calibration of Optical Time-Domain Reflectometer with the Recirculating Delay Line Method", IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, vol. 54, no. 6, pp. 2554-2556, 2005.
- [8] A. Zanobini, A. Ponterio, G. Iuculano, "Traceability of Measurement on Optical Fiber and Calibration of Optical Reflectometer in Time Domain", 10th IMEKO Conference on Technical Diagnostics, 2005.
- [9] A. Zgalj, E. Skajio, E. Kadusic, "Pulse width as Influencing Factor in Optical Time Domain Reflectometry Measurements", TELFOR-2011, 2011.
- [10] สมมาตร แสงเงิน, "การพัฒนาระบบสอบเทียบเครื่องมือวัดทางแสงโอทีดีอาร์", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 37 (EECON-37), หน้า 917-922, 2557.
- [11] กิรีธา ไตรสนธิ์ และ สมมาตร แสงเงิน, "ผลกระทบความกว้างของพัลส์แสงต่อค่าความถูกต้องระยะทางของเครื่องมือทดสอบโอทีดีอาร์", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 39 (EECON-39), หน้า 697-700, 2559.
- [12] ISO/IEC 17025:2017, "General Requirements for The Competence of Testing and Calibration Laboratories", 2017.
- [13] Stephanie Bell, "A Beginner's Guide to Uncertainty of Measurement", Issue 2, National Physical Laboratory (NPL), March 2001.