

การตรวจสอบการรั่วของท่อฝังดินที่มีการรั่วไหลจากท่อสาขา

THE BURIED PIPE LEAK DETECTION IN CASE OF LEAK OCCUR ON THE
BRANCH LINE

Received : 27 Jun 2019

Revised : 2 July 2019

Accepted : 4 July 2019

ธเนศ วิลาสมงคลชัย^{1*} ทิชากร วิสาลสกล² ฉัตรรัฐ คุ่มผาติ³Thanet Vilasmongkolchai^{1*} Thichakorn Visansakon² Chattarat Khumphati³^{1, 3} คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม² คณะบริหารธุรกิจ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม*Corresponding author, E-mail : zl.thanet@gmail.com

บทคัดย่อ

การรั่วไหลของท่อฝังดินเป็นความสูญเสียซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ โดยเฉพาะท่อลำเลียงเชื้อเพลิง อาทิ น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ หรือไฮโดรเจน การตรวจสอบระบบท่อด้วยการตรวจวัดความดันแบบพลวัตเป็นการประยุกต์ใช้เครื่องมือเพื่อสร้างข้อได้เปรียบในการตรวจรู้การรั่วไหลของท่อนอกเหนือจากการตรวจวัดแรงดันเพียงอย่างเดียว ด้วยจุดเด่นทางด้านสัญญาณรบกวนที่ต่ำ ระยะทางในการตรวจสอบไกล การเข้าถึงพื้นที่ทำงาน และสามารถทำงานได้ตลอดเวลา อย่างไรก็ตามปัญหาการตรวจสอบการรั่วที่สภาวะการรั่วไหลต่ำ รวมถึงการรั่วไหลจากแนวท่อสาขาที่ไม่ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัด หรือหากมีอุปกรณ์ตรวจวัดที่ทำงานผิดปกติไป 1 ตัว จะทำให้เกิดการแจ้งเตือนตำแหน่งรั่วที่ผิดพลาดได้ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบการประมวลผลสัญญาณด้วยวิธี cross correlation และการปรับระดับด้วยค่ากำลัง ในการตรวจสอบการรั่วไหลในตำแหน่งของท่อสาขา ซึ่งผลการตรวจสอบโดยใช้วิธี cross correlation มีความแม่นยำสูงกว่า โดยผิดพลาดเพียง 1.82 % ของระยะตรวจสอบ แต่เมื่อนำทำการประมวลเชิงความถี่จะพบย่านความถี่ต่ำแทรกเข้ามาในสัญญาณการรั่ว ทำให้สามารถใช้ในการบ่งชี้จุดรั่วว่าเกิด ณ ท่อสาขาได้ถูกต้องขึ้น

คำสำคัญ: การรั่วไหล, การตรวจสอบโดยไม่ทำลาย, ความดันพลวัต, ท่อฝังดิน

Abstract

The leakage of underground pipeline occurred losses and harmful accident, especially the fuel pipeline (eg. oil, natural gas, hydrogen). The pipeline inspection using dynamics pressure has been developed with the advantages on low noise, long range, accessible, and 24/7 online inspection. However, a small leak rate and the leak on the branch line were the limitations of this inspection method which cannot locate the leak point accurately especially on the lacking of dynamic pressure data on the branch line. This research compares the results of cross correlation method and scaling-square method, found that cross correlation method achieves higher accuracy (1.82% error) but cannot indicate the leak point from the branch line. For the leak indication, the frequency analysis of leak signal has been used and the low frequency bandwidth is able to indicate the leak point from branch line.

Keyword: Leakage, Non-destructive Testing, Dynamics Pressure, Buried Pipe

1. บทนำ

ประเทศไทยมีการขยายตัวของเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ซึ่งการขยายตัวนี้ได้นำไปสู่การบริโภคพลังงานอย่างมหาศาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานที่ใช้ในภาคการขนส่งซึ่งถือว่าเป็นตัวแปรหลักที่ส่งผลกระทบโดยตรงในค่าครองชีพและราคาสินค้าอุปโภคบริโภค การขนส่งพลังงานจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่มองข้ามไม่ได้เช่นกัน การลำเลียงเชื้อเพลิงผ่านท่อฝังดินมีข้อได้เปรียบด้านต้นทุนต่ำ รวดเร็ว และมีความปลอดภัยสูง อาทิ การลำเลียงแก๊สธรรมชาติ หรือในอนาคตที่อาจมีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งอาจรองรับแก๊สไฮโดรเจน แต่อย่างไรก็ตามในการบำรุงรักษาท่อฝังดินสามารถทำได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถเข้าถึงได้ง่ายและไม่สามารถทำได้บ่อยครั้ง

การตรวจสอบท่อแก๊สใต้ผิวดินอาจมีวิธีการตรวจสอบได้หลายวิธี เช่น Flow monitoring, Dynamic modeling, Magnetic Flux Leakage, Acoustic Emission, Long Range Ultrasonic Testing เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีการล้วนมีจุดเด่นและจุดด้อยที่ต่างกันไป แต่สำหรับการตรวจสอบแล้ว สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการรับรู้ได้ถึงความเสี่ยงได้อย่างรวดเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในอันดับต่อไป แต่การตรวจสอบที่สามารถกระทำการโดยละเอียดนั้นไม่สามารถกระทำการตรวจสอบได้ในขณะที่จ่ายแก๊ส จึงไม่สามารถกระทำการตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นอย่างทันทีทั่วทั้งได้ ดังนั้นแล้วการตรวจสอบด้วยวิธีการเผ่าะวังจึงได้มีความต้องการที่จะพัฒนาขึ้น ให้มีศักยภาพทางด้านความละเอียดและความแม่นยำ

ด้วยขีดจำกัดของความปลอดภัย และการเข้าถึงพื้นที่ทำงาน วิธีการตรวจสอบที่เป็นไปได้ในการพัฒนาเทคโนโลยีการตรวจสอบการรั่วแบบเผ่าะวังจึงถูกจำกัดลง และพัฒนาต่อยอดแทนการประมวลผลข้อมูลเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการระบุจุดเสียหาย ดังนั้นอุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบพลวัต หรือ dynamic pressure transducer เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของความดันอย่างทันทีทันใด รวมถึงสัญญาณความดันที่มีการกระเพื่อมจากการรั่วที่ความถี่สูงจึงถูกนำมาใช้ ด้วยข้อได้เปรียบเรื่องของคุณภาพสัญญาณ ระยะทางในการตรวจสอบ การเข้าถึงพื้นที่ทำงาน และสามารถทำงานได้ตลอดเวลาโดยไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ (อุปกรณ์ตรวจสอบต้องผ่านการรับรอง explosion proof)

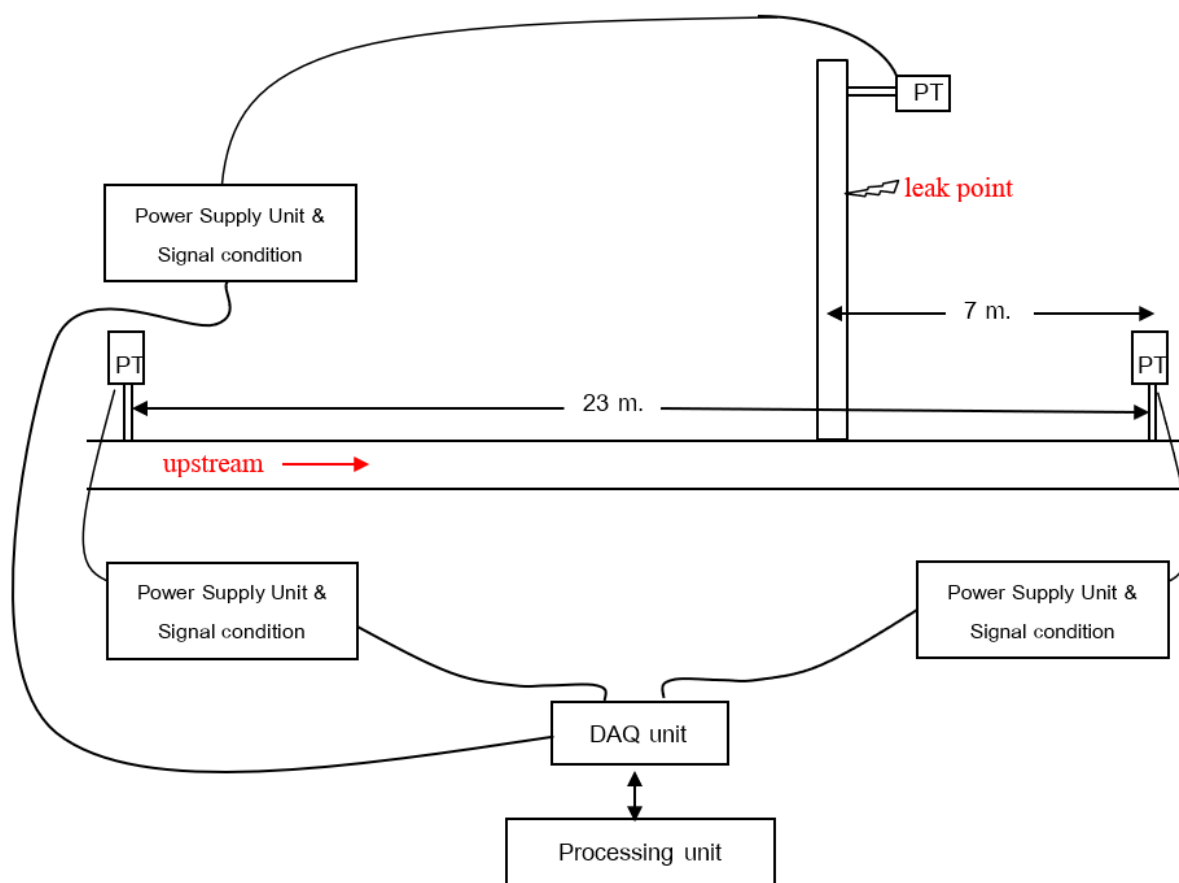
สำหรับงานวิจัยในต่างประเทศสำหรับการตรวจจบบการรั่วของท่อขนส่งแบบฝังดินนั้น พบว่าการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบพลวัตนั้นได้ถูกวิจัยทั้งในส่วนของห้องปฏิบัติการและภาคสนาม โดยผลการวิจัยมีทิศทางเดียวกันคือ สามารถตรวจจบบการเปลี่ยนแปลงความดันแบบพลวัตได้เมื่อเกิดการรั่วของท่อฝังดินเมื่อตัวกลางคือน้ำมันดิบ [1-4] และสามารถหาตำแหน่งของการรั่วได้จากการวัดความแตกต่างของเวลาที่คลื่นความดันที่เดินทางผ่านตัวกลางมายังอุปกรณ์ตรวจวัด โดยระยะการตรวจสอบสูงสุดอยู่ที่ 96 km โดยมีความผิดพลาดอยู่ในระดับ 100 m อย่างไรก็ตามความสามารถในการตรวจรู้ของระบบขึ้นอยู่กับความสามารถอุปกรณ์ตรวจวัด ความดัน อัตราการไหล และสภาพการรั่ว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย [5] ว่าความสามารถของระบบในการตรวจรู้มีการแปรผันกับความดันของระบบ และขนาดการรั่วหรือกล่าวคือเมื่อมีการรั่วเกิดขึ้นขนาดของรูรั่วจำเป็นต้องมีขนาดที่มากเพียงพอสำหรับการเปลี่ยนแปลงของความดัน ดังนั้นเมื่อทำการทดสอบการรั่วในระดับอัตราการไหลต่ำๆ การเพิ่มวงจรรขยายสัญญาณภายนอกเข้าไปกับระบบช่วยให้ระบบมีความสามารถในการตรวจรู้การรั่วได้ดีมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด สำหรับการนำไปใช้ในการตรวจสอบการรั่วในท่อภาคสนามที่ความดันในท่อมักมากกว่าท่อจำลองถึง 10 เท่า จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำผลงานวิจัยนี้ไปใช้พัฒนาเป็นระบบเผ่าะวังแบบได้สายเพื่อตรวจจบบการรั่วของท่อฝังดิน

อย่างไรก็ตามปัญหาการตรวจสอบการรั่วที่สภาวะการรั่วไหลต่ำ ยังเป็นปัญหาสำคัญซึ่งขึ้นอยู่กับขีดจำกัดของอุปกรณ์ตรวจวัด อีกทั้งส่วนต่อเพิ่มของท่อไปยังท่อสาขาอาจมีการรั่วไหลที่เกิดขึ้นได้ และการระบุตำแหน่งจะมีความผิดพลาดเนื่องจากการคำนวณระยะทาง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเทคนิคการปรับระดับด้วยค่ากำลังที่สอง [6] โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์เพื่อขยายสัญญาณและลดทอนสัญญาณรบกวนในเวลาเดียวกัน และจะทำงานร่วมกับวิธี cross correlation เพื่อทำการระบุตำแหน่ง โดยเปรียบเทียบวิธีการคำนวณผ่านเวลาเปรียบเทียบ (time different) เพื่อทดสอบ

ศักยภาพของการประมวลผลสัญญาณเพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจรู้ของระบบเมื่อมีการรั่วไหลในตำแหน่งของท่อสาขา รวมทั้งทำการทดสอบเพื่อหาตำแหน่งการรั่วเพื่อประเมินศักยภาพของระบบ

2. ทฤษฎีและระบบ

ในการตรวจสอบระบบท่อด้วยการตรวจวัดความดันแบบพลวัตนับได้ว่าเป็นนวัตกรรมใหม่ที่ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากจุดเด่นทางด้านสัญญาณรบกวนที่ต่ำ ระยะทางในการตรวจสอบไกล การเข้าถึงพื้นที่ทำงาน และสามารถทำงานได้ตลอดเวลาโดยไม่ก่อให้เกิดประกายไฟ สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบเพิ่มเติมในการพัฒนาการประมวลผลสัญญาณเพื่อตรวจสอบการรั่วไหลต่ำ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของการตรวจสอบด้วยวิธีการนี้ ตลอดจนสามารถนำเทคนิคที่ได้ ไปใช้เพื่อทำการเพิ่มระยะในการตรวจสอบอีกด้วย



รูปที่ 1 แผนภาพการทำงานโดยรวมของระบบ

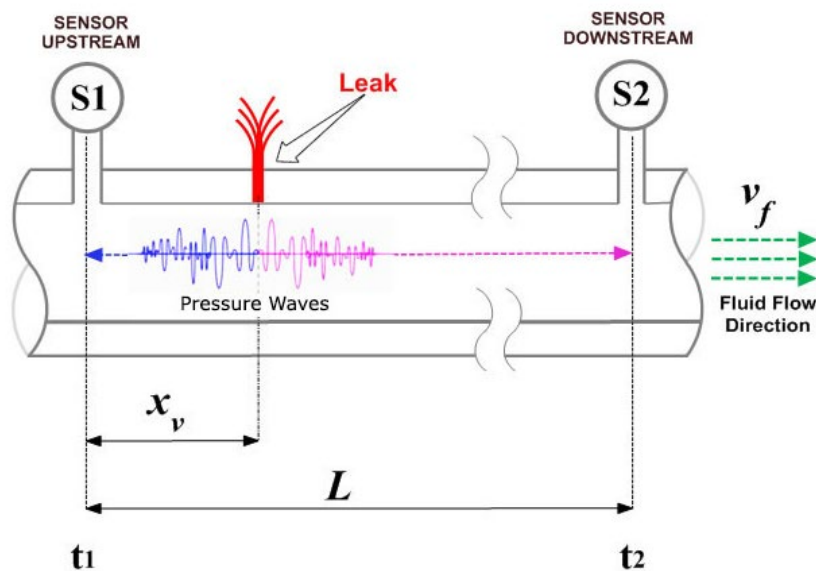
จากแผนภาพ ระบบจะถูกแยกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนตรวจรับสัญญาณ และส่วนประมวลผล โดยที่ ส่วนตรวจรับสัญญาณ ประกอบด้วย อุปกรณ์ตรวจวัดความดันแบบพลวัต (Dynamic Pressure Transducer) และชุดวงจรสำหรับปรับปรุงคุณภาพสัญญาณ สำหรับส่วนประมวลผล ประกอบด้วยการ์ดรับข้อมูลแบบดิจิทัล (DAQ card) และคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานในส่วนตรวจรับสัญญาณจะแยกอย่างเป็นอิสระจากกัน โดยอาศัยฐานเวลาจากคอมพิวเตอร์หลัก เมื่อมีการตรวจพบสัญญาณที่มีขนาดที่สามารถบ่งชี้การรั่ว และส่วนประมวลผลจะทำการคัดกรองเพื่อแยกแยะสัญญาณอีกครั้ง ก่อนจะทำการแจ้งเตือน

2.1 การตรวจรู้และการระบุตำแหน่ง

เมื่อเกิดการรั่วของท่อใต้ดิน การเปลี่ยนแปลงความดันอย่างกะทันหันจะทำให้เกิดคลื่นของความดันขึ้นวิ่งผ่านตัวกลางซึ่งเป็นแก๊สภายในท่อ อัตราการเปลี่ยนแปลงของความดันที่เกินกว่าค่าที่ตั้งระดับเปรียบเทียบ (Threshold) ไว้ จะสามารถบ่งชี้การรั่วที่เกิดขึ้น ทั้งนี้การระบุตำแหน่งของการรั่วสามารถทำได้จากการสมการการเคลื่อนที่พื้นฐานร่วมกับการตรวจวัดผลต่างเวลา เนื่องจากเซ็นเซอร์ตัวที่อยู่ใกล้จุดรั่วไหลกว่าจะสามารถตรวจรับคลื่นความดันที่เปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันได้เร็วกว่า และสามารถทำการคำนวณผลต่างของเวลาเพื่อระบุตำแหน่งการรั่วได้โดยใช้สมการที่ 1

$$x = (l - \Delta t \cdot v) / 2 \quad (1)$$

- เมื่อ x คือ ระยะห่างของจุดรั่วกับเซ็นเซอร์ตัวที่หนึ่ง (m.)
 l คือ ความยาวของท่อวัดจากระยะห่างของเซ็นเซอร์ที่หนึ่ง และเซ็นเซอร์ตัวที่สอง (m.)
 Δt คือ ระยะเวลาผลต่างในการตรวจพบสัญญาณของเซ็นเซอร์ตัวที่หนึ่ง และเซ็นเซอร์ตัวที่สอง (s.)
 v คือ ความเร็วในการเดินทางของคลื่นความดันที่เปลี่ยนแปลง (m/s.)



รูปที่ 2 แผนภาพหลักการระบุตำแหน่งการรั่วด้วยวิธีคำนวณผลต่างเวลา

2.3 การประมวลผลสัญญาณ

นอกจากการจับสัญญาณและหาผลต่างเวลาด้วยการตั้งค่าระดับเปรียบเทียบแล้ว ยังสามารถทำการประมวลผลทางสัญญาณได้ด้วยวิธีการ Cross Correlation [7] ซึ่งวิธีการนี้จะทำการเปรียบเทียบสัญญาณจำนวน 2 ชุด โดยจะได้ค่าความคล้ายคลึงของสัญญาณและจะแสดงค่าเวลาเปรียบเทียบ (time delay) และจะทำการคำนวณเพื่อระบุตำแหน่งด้วยวิธีการคำนวณผลต่างเวลา โดยสามารถแสดงสมการ cross correlation ได้ดังสมการที่ 2

$$r(k) = \sum_{-\infty}^{+\infty} p(n)q(n+k) \quad (2)$$

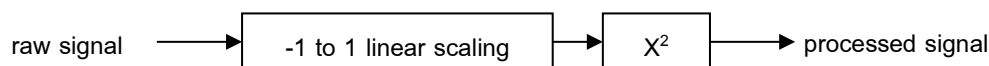
เมื่อ r คือ ผลการเปรียบเทียบสัญญาณ 2 สัญญาณ
 p คือ สัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์ชุดที่ 1
 q คือ สัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์ชุดที่ 2
 n, k คือ ตำแหน่งเวลาหนึ่งบนข้อมูลสัญญาณ

สำหรับการรั่วไหลในอัตราต่ำ จะทำให้การเปลี่ยนแปลงของความดันอยู่ในระดับที่น้อยมากและยากต่อการตรวจสอบ เนื่องจากความแปรปรวนของสัญญาณที่บ่งชี้การรั่วกับระดับสัญญาณรบกวนที่น้อยมาก ดังนั้นการบ่งชี้การรั่วจำเป็นต้องใช้การปรับปรุงสัญญาณในทางซอฟต์แวร์ ซึ่งวิธีการที่เลือกใช้เป็นการใช้วิธีการกำลังสอง ดังนี้

การปรับสัญญาณในส่วนนี้จะอาศัยหลักการของค่ากำลังสอง เพื่อเพิ่มความแตกต่างของระดับสัญญาณเมื่อเกิดการรั่วไหลให้มีความชันที่สูงขึ้น และลดผลกระทบของสัญญาณรบกวนลงด้วยหลักการทางคณิตศาสตร์และคุณลักษณะของการปรับระดับด้วยค่ากำลังที่สอง

$$x^2 < x \text{ เมื่อ } x < 1 \quad (3)$$

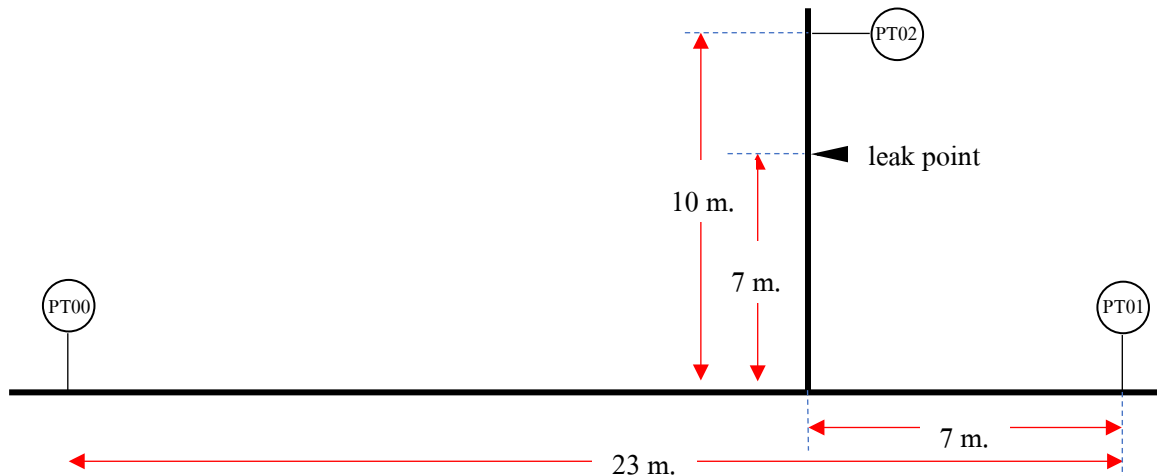
ดังนั้นในการลดผลกระทบของสัญญาณพื้นหลัง และเพิ่มความแปรปรวนของสัญญาณ จะต้องพยายามปรับค่าโดยการคูณด้วยตัวคูณเชิงเส้น เพื่อให้ระดับของสัญญาณพื้นหลังมีค่าน้อยกว่า 1 ก่อน จากนั้นจึงทำการยกกำลังสองเพื่อให้ได้ค่าที่มีความแปรปรวนสูงขึ้นและสามารถนำไปใช้ได้ง่าย หรือแสดงแผนภาพได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงหลักการการประมวลผลสัญญาณด้วยการปรับระดับด้วยค่ากำลังที่สอง

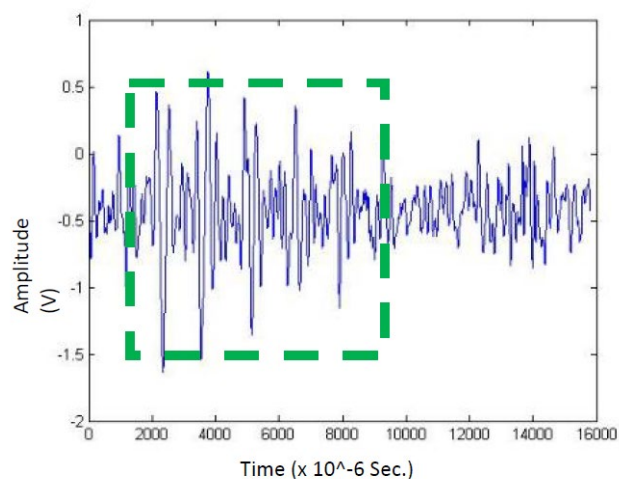
3. การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการตรวจจบบการรั่วไหลของท่อฝังดิน เมื่อมีการรั่วไหลออกจากท่อสาขา ในกรณีที่ไม่มี การติดตั้งอุปกรณ์วัดแรงดันแบบพลวัต ณ ท่อสาขา หรือมีการทำงานบกพร่องที่เซ็นเซอร์ตัวใดตัวหนึ่ง โดยจะทำการ เปรียบเทียบความสามารถในการระบุตำแหน่งโดยใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ทั้ง 3 ตัว และความสามารถในการระบุตำแหน่ง ของเซ็นเซอร์ 2 ตัว โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อบ่งชี้การรั่วกับการใช้วิธีการ cross correlation เพื่อการคำนวณ ซึ่งระบบที่ใช้ในการวิจัยจะทำการจำลองท่อฝังดินด้วยท่อขนาด 2" ความยาว 25 เมตร และท่อสาขายาว 10 เมตร โดย แดกจากท่อหลักห่างจากเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 เป็นระยะ 7 เมตร โดยให้ความดันในท่อ 0.6 MPa และจำลองการรั่วด้วยหัวฉีด แบบรูเข็ม (Pin Hole) ควบคุมการทำงานด้วยโซลินอยด์วาล์ว โดยหัวฉีดจะมีอัตราการไหลที่ 0.2 lt/min (ที่ 0.4 MPa) แทนการจำลองรอยรั่วขนาดเล็ก หรือมีการสูญเสีย 0.28% ของปริมาตรต่อนาที โดยสามารถแสดงแผนภาพในเชิง ตำแหน่งได้ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงตำแหน่งของระบบทดสอบ

จากการทดสอบ พบว่า สัญญาณที่ตรวจวัดได้จากเซ็นเซอร์ PT00 ซึ่งมีระยะห่างจากตำแหน่งรั่วมากที่สุดมีความแตกต่างในการบ่งชี้การรั่วในระดับที่ต่ำมาก (รูปที่ 5) ซึ่งโดยธรรมชาติของการรั่วจะก่อให้เกิดสัญญาณที่มีระดับของแรงดันที่วัดได้อยู่ในระดับที่สูงขึ้น แต่ด้วยความแตกต่างของแรงดันจากสัญญาณที่ไม่เกิดการรั่วไม่มากนัก (แสดงการจำลองการรั่วในตำแหน่งรอบเส้นประ) ซึ่งยืนยันได้ว่าไม่สามารถทำการเปรียบเทียบแรงดันได้ด้วยวิธีทั่วไป (threshold) จึงได้ทำการแยกแยะสัญญาณเพื่อหาตำแหน่งการรั่วด้วยวิธี cross correlation และวิธีการปรับระดับด้วยค่ากำลังที่สอง (scaling-square method) โดยได้ทำการคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากตำแหน่งจริงต่อระยะทดสอบ (ระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์) เพื่อสามารถใช้อ้างอิงความคลาดเคลื่อนต่อความยาว ซึ่งสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1



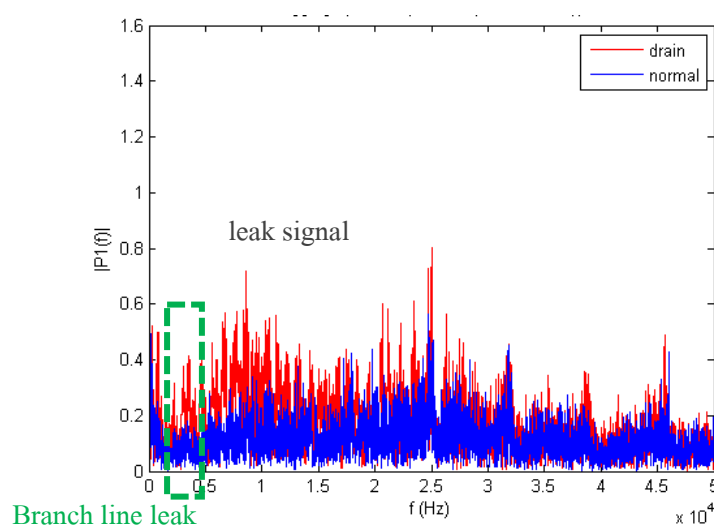
รูปที่ 5 สัญญาณการรั่วที่ตรวจวัดได้จากเซ็นเซอร์ PT00

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการตรวจสอบการรั่วไหล

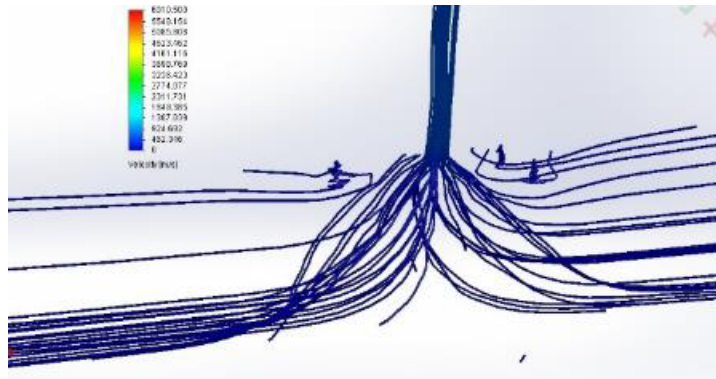
การรับรู้จาก เซ็นเซอร์	ระยะทาง	วิธี cross correlation		วิธีการปรับระดับด้วยค่ากำลังที่สอง	
	ตามแนวท่อ ไกลสุดถึง การรั่ว (เมตร)	ตำแหน่งที่ได้จากการ คำนวณ (เมตร)	ค่าความ ผิดพลาด (%)	ตำแหน่งที่ได้จากการ คำนวณ (เมตร)	ค่าความ ผิดพลาด (%)
PT00/PT02	23	21.85	4.42	21.42	6.07
PT01/PT02	14	14.31	1.82	13.56	2.59
PT00/PT01	23	16.02	30.3	15.74	31.56

จากผลการทดสอบได้แสดงให้เห็นถึงข้อได้เปรียบของการประมวลผลทางสัญญาณของด้วยวิธี cross correlation เนื่องจากสามารถระบุความแตกต่างของเวลาเพื่อใช้ในการคำนวณได้ชัดเจนกว่า โดยค่าความผิดพลาดต่อระยะการตรวจจับ (วัดจากระยะห่างของเซ็นเซอร์ 2 ตำแหน่ง) ให้ความผิดพลาดน้อยที่สุดที่ 1.82% โดยที่ผลการทดสอบด้วยวิธีการปรับระดับด้วยค่ากำลังที่สองนั้นให้ความผิดพลาดไปมากกว่างานวิจัยที่ผ่านมาซึ่งเป็นท่อดตรง [6] เนื่องจากผลของสัญญาณที่เฟสมีการเปลี่ยนแปลงไปด้ายอิทธิพลของข้อต่อแยก เมื่อมีการใช้ค่ากำลังที่สองเพื่อปรับระดับสัญญาณ นอกจากนี้ผลการทดสอบเมื่อมีการรับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ PT00 และ PT01 ทั้งสองวิธีการประมวลผล ได้ทำการตรวจพบตำแหน่งที่ผิดพลาดมากถึง 30% ของระยะท่อ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาตำแหน่งการรั่วที่ทำการประมวลผลได้แล้ว ตำแหน่งที่ผิดพลาดจะระบุไปที่ตำแหน่งบริเวณข้อต่อแยกของท่อสาขา จึงเห็นได้ชัดว่าการรั่วไหล ณ ตำแหน่งท่อสาขาที่ไม่ได้รับสัญญาณจากเซ็นเซอร์ตรวจวัดทำให้เกิดความผิดพลาดและเป็นข้อจำกัดของวิธีการตรวจสอบโดยใช้อุปกรณ์วัดความดันแบบพลวัต

อย่างไรก็ตามเมื่อทำการพิจารณาเชิงความถี่ของสัญญาณการรั่วที่ตรวจวัดได้พบว่า การรั่วไหลที่ท่อสาขาจะให้สัญญาณที่ย่านความถี่ต่ำปะปนเข้ามาด้วย (กรอบซ้ายมือ) โดยแสดงได้ดังรูปที่ 6 ซึ่งความถี่ต่ำที่เกิดขึ้นนี้อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการเกิดการไหลแบบปั่นป่วน (turbulence) ที่บริเวณข้อต่อแยก ซึ่งสามารถทำการจำลองการไหลได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ผลการประมวลผลเชิงความถี่ของสัญญาณการรั่ว



รูปที่ 7 ผลการจำลองการไหลเมื่อเกิดการรั่วไหล

4. สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบการตรวจสอบการรั่วไหลของท่อฝังดินที่มีการรั่วไหลจากท่อสาขา พบว่าการตรวจสอบสามารถกระทำได้โดยใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์วัดความดันแบบพลวัต โดยใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงของความดันและส่งผ่านในรูปแบบคลื่นโดยใช้ของไหลภายในท่อเป็นตัวกลาง ทั้งนี้เมื่อการจำลองการรั่วไหลอยู่ในระดับต่ำทำให้ไม่สามารถตรวจวัดสัญญาณที่มีการบ่งชี้การรั่วได้อย่างเด่นชัด ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการประมวลผลทางสัญญาณ ได้แก่ cross correlation และการปรับระดับด้วยค่ากำลังที่สอง เพื่อเพิ่มความสามารถในการตรวจรู้ของระบบ พบว่าความสามารถของระบบในการตรวจรู้และระบุตำแหน่งของวิธีการ cross correlation ให้ความแม่นยำที่มากกว่า แต่จะให้ผลด้านตำแหน่งที่ผิดพลาดเมื่อมีการรั่วไหล ณ ท่อสาขา โดยขาดข้อมูลจากเซ็นเซอร์บริเวณท่อสาขาไป อย่างไรก็ตามการประมวลผลด้วยวิธีการปรับระดับด้วยค่ากำลังที่สองสามารถนำข้อมูลมาประมวลผลต่อยอดในเชิงของความถี่ และพบว่าเมื่อมีการรั่วไหลจะมีการแทรกของความถี่ต่ำที่อาจเป็นเพราะการไหลแบบปั่นป่วนบริเวณข้อต่อแยกเพิ่มเข้ามา ทำให้สามารถทำการประมวลผลร่วมกับการประมวลผลเชิงเวลาและสามารถบ่งชี้การรั่ว ณ ท่อสาขาได้ เพียงแต่การระบุตำแหน่งของการรั่วไหลยังมีความจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม อาทิ การส่งผ่านคลื่นความถี่ต่ำผ่านท่อ ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาต่อยอดในอนาคต

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Zhang, Y. et. al, (2014). Leak detection monitoring system of long distance oil pipeline based on dynamic pressure transmitter, Measurement, Vol. 49, pp. 382–389.
- [2] Jin, H. et. al., (2014). Integrated leakage detection and localization model for gas pipelines based on the acoustic wave method, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 27, pp. 74-88.
- [3] LB defence Group., (2007). Wavealert: Acoustic Leak Detection System for pipeline.
- [4] Lin, W. and Zhang, X., (2006). A Novel Approach for Dynamic Pressure Transducer Based Pipeline Leak Detection, Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation, Dalian China, 21 – 23 June 2006.
- [5] รายงานผลการตรวจสอบ “โครงการวิจัยและออกแบบเครื่องต้นแบบตรวจสอบการรั่วของท่อก๊าซ (ระยะดำเนินการที่ 1)” 5 มกราคม พ.ศ.2558, บริษัท ซีโรลอส จำกัด รายงานต่อบริษัท ปตท. (มหาชน) จำกัด
- [6] ธเนศ วิชาสมงคลชัย, 2016, การตรวจสอบการรั่วของท่อแก๊สธรรมชาติที่สภาวะการรั่วไหลต่ำโดยใช้อุปกรณ์ตรวจสอบความดันแบบพลวัต, การประชุมทางวิชาการระดับชาติ (TECHCON 2016), วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม
- [7] Niloufar Motazedi and Stephen Beck, (2017), Leak detection using cestrum of cross-correlation of transient pressure wave signals, J Mechanical Engineering Science, pp. 1–13.