

การตรวจหารอยต่อของน้ำมันดิบกับน้ำในถังเก็บด้วยเทคนิคนิวเคลียร์

ธีรพัทธ์ มานูวงศ์* นเรศร์ จันทน์ขาว เดโชทองอร่าม

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 0-2218-6781 โทรสาร 0-2218-6780 e-mail : k_manuwong@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบเทคนิคการกระเจิงกลับของนิวตรอน ในการตรวจหาตำแหน่งรอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในถังเก็บน้ำมันดิบ กับเทคนิคนิวเคลียร์อื่น ๆ ได้แก่ การส่งผ่านนิวตรอน การกระเจิงกลับของรังสีแกมมา และการส่งผ่านรังสีแกมมา ผลการวิจัยในห้องปฏิบัติการพบว่าสำหรับน้ำมันดิบจากแหล่งที่ใช้ในการวิจัยนี้ เทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมาดีที่สุดที่จะนำไปใช้ในการตรวจหาตำแหน่งรอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำ จึงได้ทำการทดสอบที่ถังเก็บน้ำมันดิบ ณ แหล่งผลิตน้ำมันดิบสังฆาย จังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้รังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 และหัววัดรังสีแบบโซเดียมไอโอไดน์(ทลเลียม) ซึ่งพบว่าสามารถหาตำแหน่งรอยต่อได้ผลเป็นที่น่าพอใจ เมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคนิวตรอนกระเจิงกลับที่ได้จากเครื่อง Hydrotector

คำสำคัญ : นิวตรอนกระเจิงกลับ การส่งผ่านรังสีแกมมา โคบอลต์-60 น้ำมันดิบ

Detection of Crude Oil/Water Interface in Storage Tank Using Nuclear Techniques

Theerapatt Manuwong* Nares Chankow Decho Thong-Aram

Department of Nuclear Technology, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

Tel. 0-2218-6781 Fax. 0-2218-6780 e-mail : k_manuwong@yahoo.com

Abstract

In this research neutron backscattering technique was compared with other nuclear techniques in detection of crude oil/water interface in crude oil storage tank including neutron transmission, gamma-ray backscattering and gamma-ray transmission. It was found that, in laboratory, for the crude oil under this study the gamma-ray transmission technique was most practical for detection of crude oil/ water interface. The technique was finally tested at a crude oil storage tank of Sangkajai Oil Field in Supun Buri Province using a Co-60 source and a NaI(Tl) detector in comparison to using a commercially available Hydrotector neutron backscatter probe. It was found that the interface could be satisfactorily detected using the gamma-ray transmission technique.

Keywords: Neutron backscattering, gamma-ray transmission, Cobalt-60, crude oil

บทนำ

ปัจจุบันปิโตรเลียมมีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อเศรษฐกิจของประเทศที่กำลังพัฒนาอย่างประเทศไทย เนื่องจากพลังงานจากปิโตรเลียมเป็นรูปแบบพลังงานที่ช่วยการเคลื่อนที่ของมนุษย์ได้อย่างกว้างขวาง ดังนั้นการพัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเลียมจึงเป็นสิ่งสำคัญ ในการพัฒนาที่ผ่านมาการนำเทคโนโลยีด้านนิวเคลียร์มาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมปิโตรเลียมนับว่ายังน้อยอยู่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเอาเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาพัฒนาระบบการตรวจหาระดับรอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในถังเก็บ เนื่องจากน้ำมันดิบที่ได้จากแหล่งผลิตไม่ว่าจะเป็นทางทะเลหรือบนบกพบว่าจะมีน้ำปนมากับน้ำมันดิบด้วย ซึ่งทำการกลั่นลำดับส่วนไม่ได้ต้องแยกน้ำออกจากน้ำมันดิบก่อน จึงต้องนำเข้าสู่ถังพักหรือถังเก็บน้ำมันดิบ เพื่อรอให้น้ำมันดิบกับน้ำแยกตัวกัน โดยน้ำมันดิบจะลอยตัวอยู่ด้านบน น้ำจะตกลงด้านล่างและเมื่อน้ำมันดิบกับน้ำแยกตัวกันแล้วจึงทำการถ่ายน้ำที่อยู่ด้านล่างออกก่อนการถ่ายน้ำมันดิบเข้าสู่เตาเผา เพื่อทำการกลั่นลำดับส่วนต่อไป ดังนั้นจำเป็นต้องทราบรอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำเพราะความสูงของรอยต่อนั้นทำให้ทราบความสูงและคำนวณปริมาตรของน้ำที่จะทำการถ่ายออกได้ วิธีการตรวจหารอยต่อแบบเดิมใช้เทคนิค Dip tank คือการวัดโดยใช้แท่งไม้ชุบสารเคมีจุ่มลงในถัง สารเคมีจะเกิดปฏิกิริยาขึ้นเมื่อสัมผัสกับน้ำในถังเก็บ แล้วนำมาตรวจดูช่วงการเกิดปฏิกิริยาซึ่งสัมพันธ์กับความสูงของน้ำ ซึ่งวิธีนี้ผู้ปฏิบัติงานมีความเสี่ยงจากการปฏิบัติงานในพื้นที่อันตราย จากการสัมผัสสารเคมี ทั้งผลที่ได้มีความถูกต้องและแม่นยำพอสมควรซึ่งอาจจะเกิดจากความผิดพลาดทางการวัดของผู้ปฏิบัติงานได้

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาระบบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในถังเก็บ ซึ่งโดยทั่วไปใช้เทคนิคการวัดการกระเจิงกลับของนิวตรอน ผู้วิจัยจึงเลือกทำการวิจัยการใช้เทคนิคการวัดการกระเจิงกลับของนิวตรอนในการตรวจหารอยต่อโดยอาศัยหลักการที่ว่านิวตรอนเร็วที่ถูกส่งเข้าไปในน้ำมันดิบและน้ำ เมื่อชนกับอะตอมไฮโดรเจนที่เป็นธาตุองค์ประกอบในน้ำมันดิบและน้ำ ซึ่งมีอยู่ในปริมาณที่ต่างกันแล้วจะลดพลังงานลงเกิดเป็นเทอร์มัลนิวตรอนในปริมาณที่ต่างกัน และเมื่อใช้หัววัดเทอร์มัลนิวตรอนเช่น หัววัดเทอร์มัลนิวตรอนที่บรรจุก๊าซโบรอนไตรฟลูออไรด์หรือหัววัดแบบแก้วเรืองรังสีชนิด NE-905 นับปริมาณเทอร์มัลนิวตรอนที่เกิดขึ้นผลการนับปริมาณเทอร์มัลนิวตรอนที่ต่างกันจะทำให้ตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำได้

นอกจากนี้ในการวิจัยยังได้ทำการวิจัยหารอยต่อด้วยการส่งผ่านรังสีแกมมา เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับการใช้เทคนิคการวัดการกระเจิงกลับของนิวตรอน

วิธีการดำเนินการวิจัย

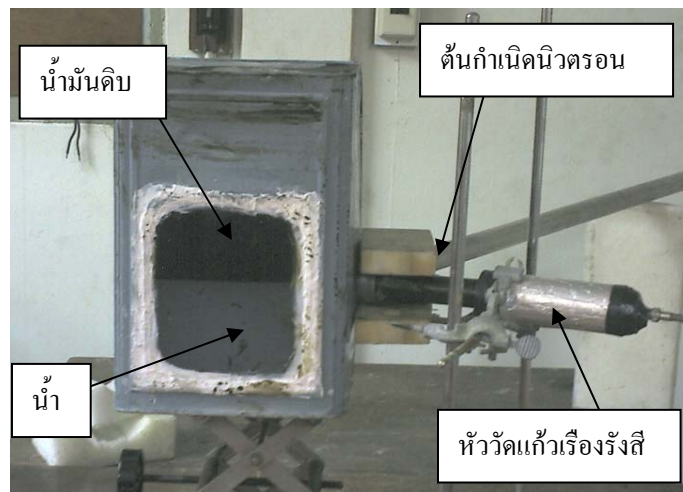
1. การทดสอบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในห้องปฏิบัติการ

การวิจัยนี้เป็นการทดสอบระบบการตรวจหารอยต่อของน้ำมันดิบกับน้ำด้วยเทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมาเปรียบเทียบกับเทคนิคการกระเจิงกลับของนิวตรอน โดยนำน้ำมันดิบและน้ำมาผสมในภาชนะเดียวกัน ซึ่งด้านข้างของภาชนะเป็นกระจกใสสามารถมองเห็นรอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำได้อย่างชัดเจน ได้ทำการวิจัยตามขั้นตอนต่อไปนี้

- (1) ติดตั้งระบบวัดซึ่งประกอบด้วยหัววัดรังสีแกมมาและต้นกำเนิดแกมมาเข้ากับอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้ ดังแสดงในรูปที่ 1
- (2) ทำการวัดรังสีแกมมาที่ทะลุผ่านในระดับต่าง ๆ ทุก ๆ 1 ซม.
- (3) ทำการนับเทอร์มัลนิวตรอนจากการกระเจิงกลับของนิวตรอน ในระดับต่าง ๆ ทุก ๆ 1 ซม. เช่นเดียวกันกับในขั้นตอนที่ผ่านมา โดยจัดระบบดังแสดงในรูปที่ 2
- (5) ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลที่ได้จากทั้ง 2 วิธี



รูปที่ 1 ภาพระบบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา

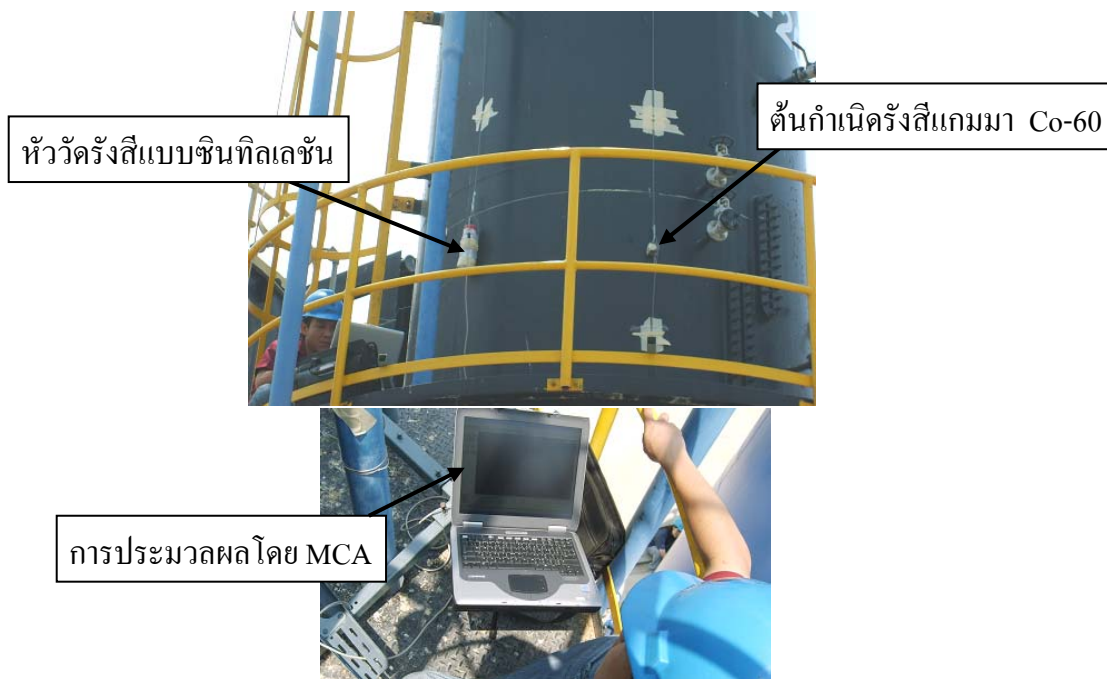


รูปที่ 2 ภาพระบบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เทคนิคการการกระเจิงกลับของนิวตรอน

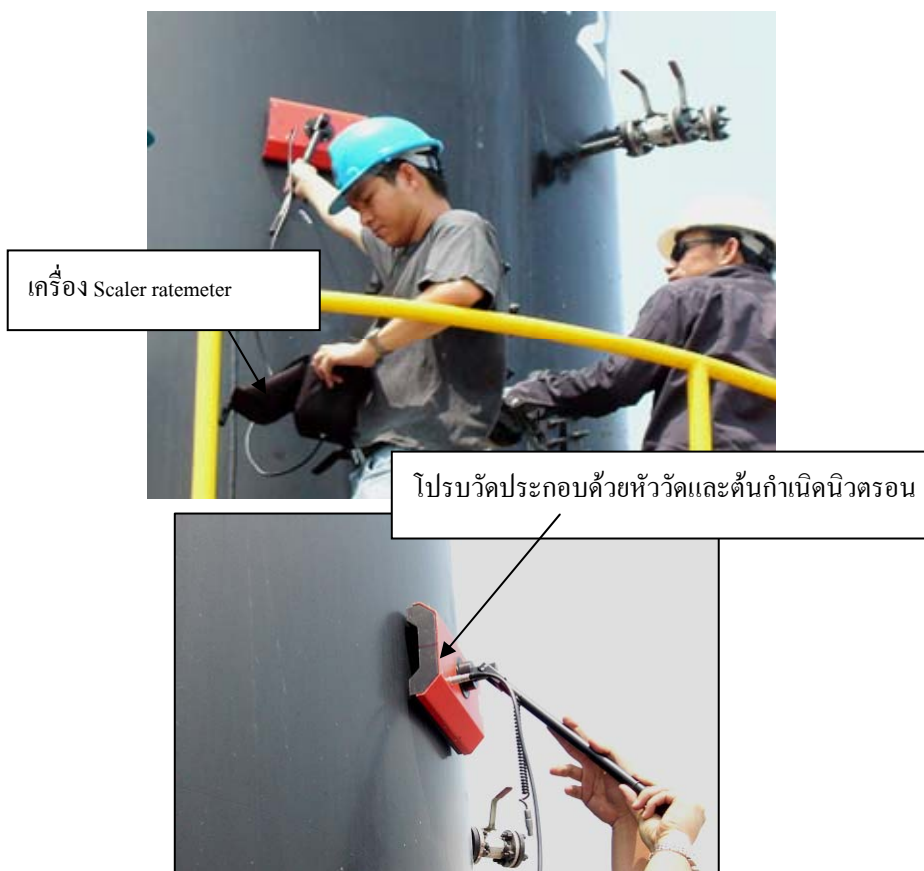
2. การทดสอบระบบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในภาคนาม

จากผลการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมาสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำได้ดีพอที่จะนำไปใช้งานได้ในภาคนาม จึงได้ทำการทดสอบเทคนิคที่พัฒนาขึ้น โดยการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในถังเก็บ ณ หลุมเจาะบริษัท ปตท.สผ. จำกัด (มหาชน) โครงการสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี โดยในการทดสอบในภาคนามนั้นต้องเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีแกมมาเป็นโคบอลต์-60 แทนซีเซียม-137 เนื่องจากต้องการพลังงานรังสีแกมมาสูงพอที่จะทะลุผ่านผนังเหล็กหนาประมาณด้านละ 7 มม. สองด้าน รวมกันเป็น 14 มม. และต้องให้สามารถทะลุผ่านน้ำมันดิบและน้ำที่อยู่ในถังประมาณ 1 เมตรด้วย และได้ทดลองใช้เครื่อง HYDROTECTOR ในการตรวจหารอยต่อเพื่อเปรียบเทียบกัน ขั้นตอนการวิจัยมีดังนี้

- (1) ติดตั้งระบบวัดเข้ากับถังเก็บให้สามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้ ดังแสดงในรูปที่ 3
- (2) ทำการวัดรังสีแกมมาตามระดับสูงโดยห่างกันจุดละ 5 ซม.
- (3) ทำการวัดรังสีด้วยเครื่อง HYDROTECTOR โดยทำการนับเทอร์มัลนิวตรอนตามระดับความสูงห่างกันจุดละ 5 ซม. ดังรูปที่ 4
- (4) ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลที่ได้จากทั้ง 2 วิธี



รูปที่ 3 ภาพระบบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในถังน้ำมันดิบ
โดยใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา

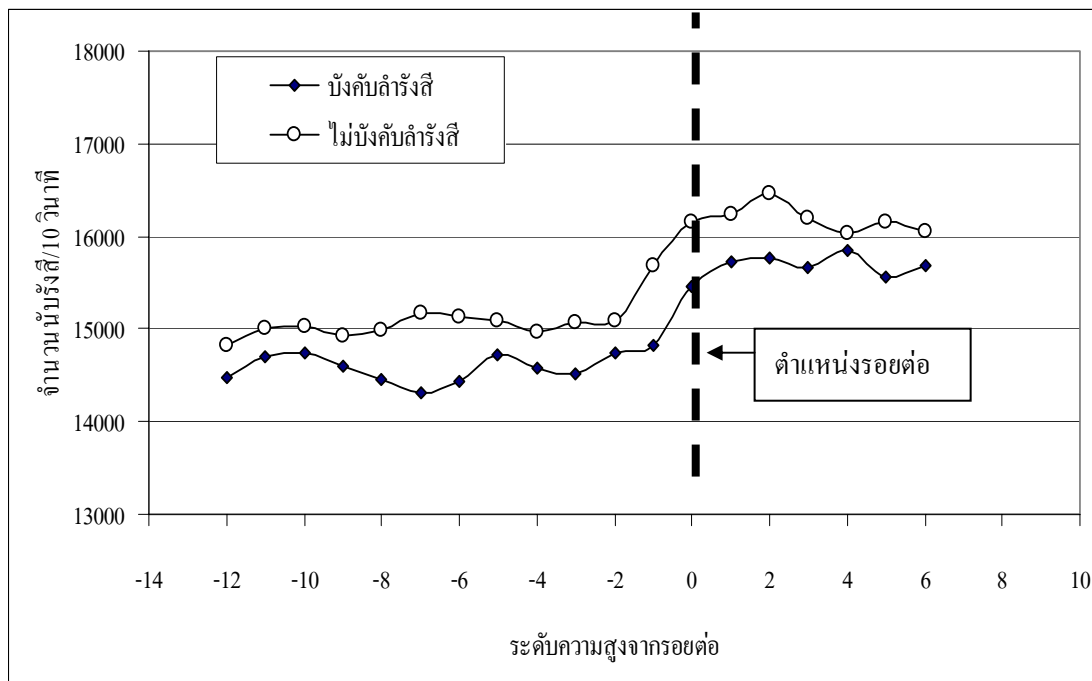


รูปที่ 4 ภาพระบบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในถังน้ำมันดิบ
โดยเครื่อง HYDROTECTOR

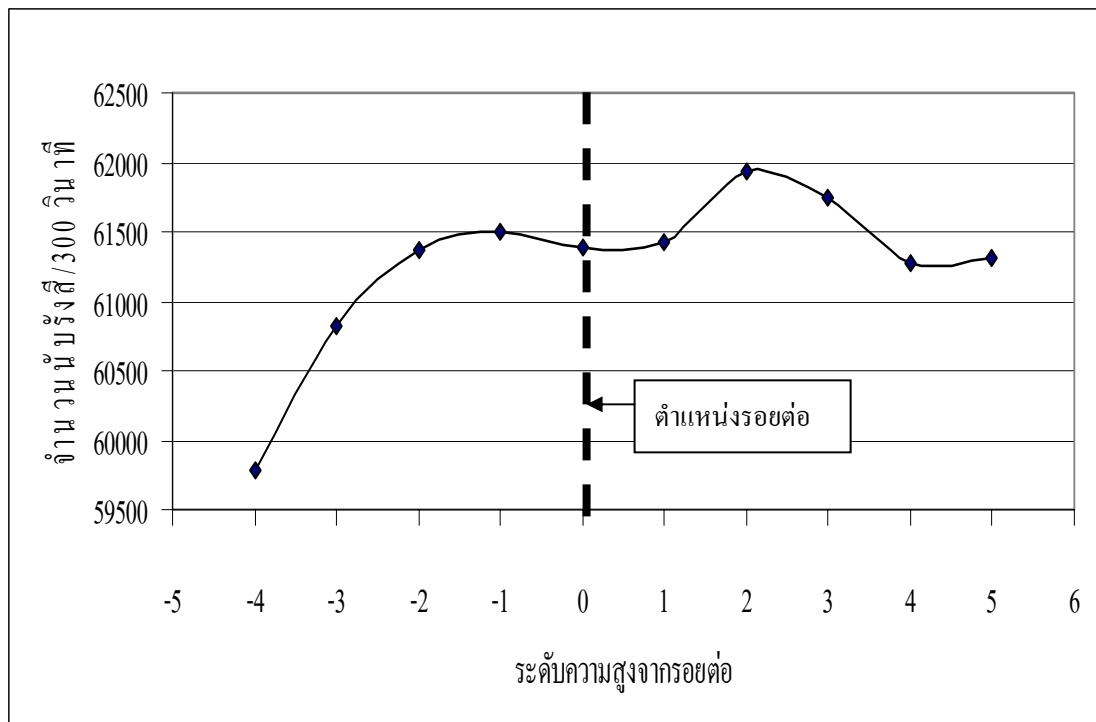
ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในห้องปฏิบัติการ

จากผลการวิจัยดังรูปที่ 5 พบว่าเส้นกราฟมีความชันเพิ่มมากขึ้นตรงรอยต่อของน้ำกับน้ำมัน ซึ่งมองเห็นได้ทางกระจกใสด้านข้างของภาชนะบรรจุตัวอย่าง แสดงว่าวิธีการส่งผ่านรังสีแกมมานี้สามารถหารอยต่อได้ถูกต้อง โดยช่วงบนของกราฟเป็นจำนวนนับรังสีแกมมาจากน้ำมันดิบและช่วงล่างของกราฟเป็นจำนวนนับรังสีแกมมาจากน้ำ ซึ่งช่วงกราฟทั้งสองมีความแตกต่างกันมาก



รูปที่ 5 กราฟแสดงผลการนับรังสีในการหาช่วงรอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในภาชนะในห้องปฏิบัติการโดยเทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา

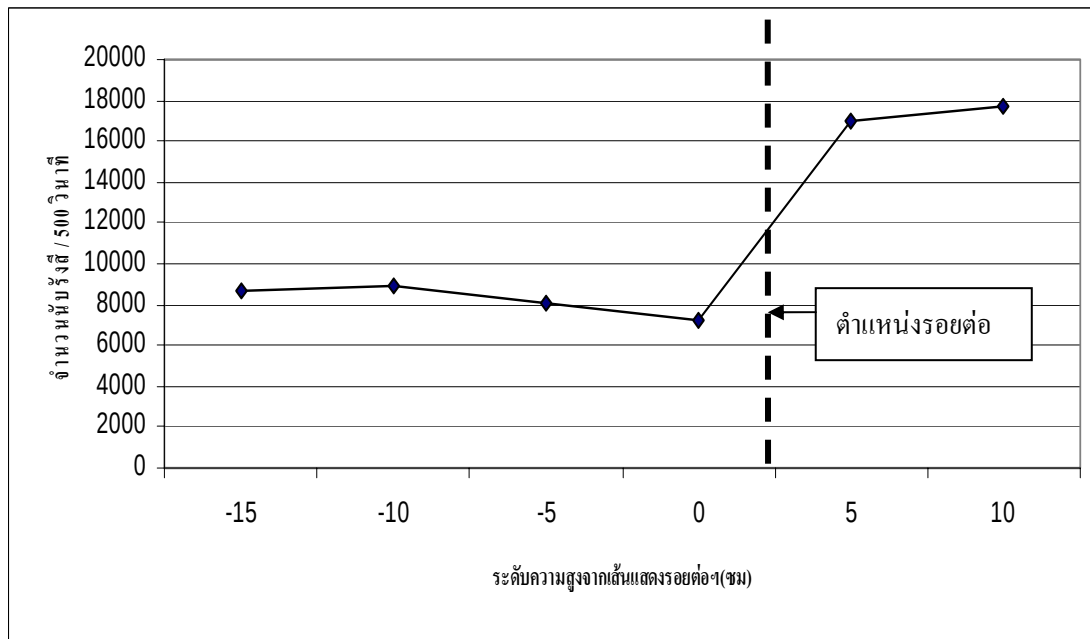


รูปที่ 6 กราฟแสดงผลการนับรังสีในการหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในห้องปฏิบัติการ โดยเทคนิคการกระเจิงกลับของเทอร์มัลนิวตรอน

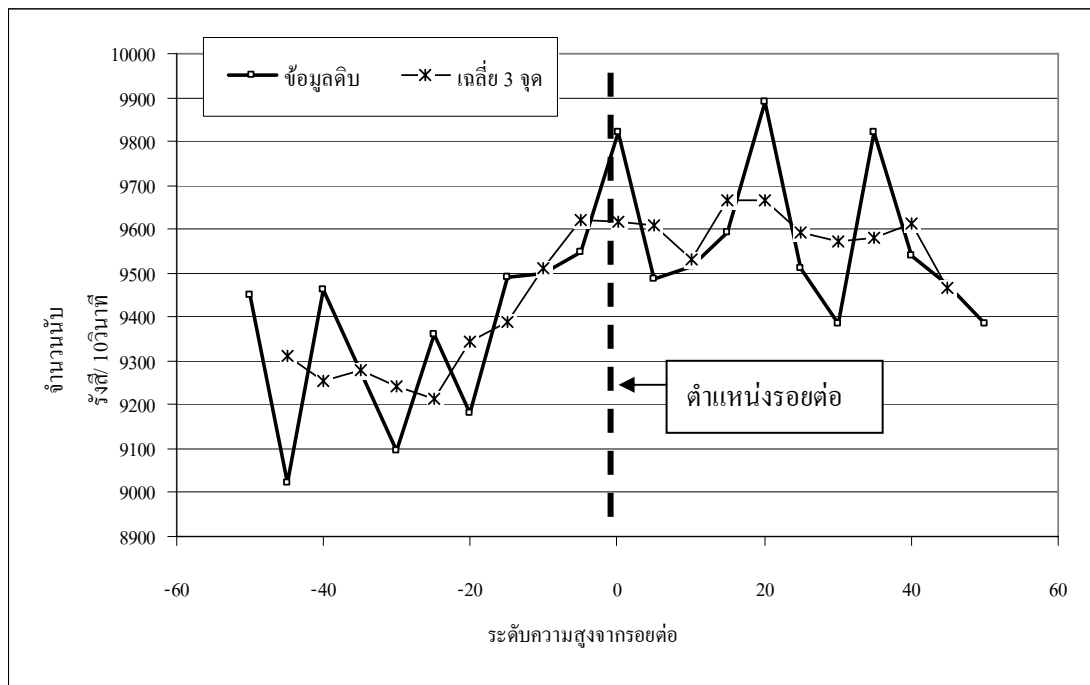
และจากผลการวิจัยดังรูปที่ 6 พบว่าการนับเทอร์มัลนิวตรอนจากการกระเจิงกลับนั้น ค่าที่วัดได้จากตัวอย่างน้ำมันดิบและน้ำมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการพิจารณาช่วงรอยต่อจากกราฟเทียบกับตำแหน่งรอยต่อที่มองเห็นได้จากกระจกใสด้านข้างของภาชนะบรรจุตัวอย่าง แสดงว่าผลที่ได้จากรูปแสดงความชัดเจนของรอยต่อได้ไม่ดีพอ

2. ผลการทดสอบระบบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในภาคสนาม

จากผลการวิจัย พบว่าการวัดรังสีแกมมาจากการส่งผ่านตัวอย่างน้ำมันดิบและน้ำ ค่าที่วัดได้มีความแตกต่างกันดังรูปที่ 7 โดยที่จำนวนนับรังสีแกมมาจากน้ำมันดิบมีค่ามากกว่าจำนวนนับรังสีแกมมาจากน้ำ และเมื่อพิจารณาจากรูปกราฟเทียบกับตำแหน่งรอยต่อที่มองเห็นจากกระจกด้านข้างถึงเก็บแล้วนั้น พบว่าระบบวัดนี้สามารถบอกระดับของรอยต่อได้ใกล้เคียงกับรอยต่อจริง



รูปที่ 7 กราฟแสดงผลการนับรังสีในการหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในถังน้ำมันดิบโดยเทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา



รูปที่ 8 กราฟแสดงผลการนับรังสีในการหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในถังน้ำมันดิบโดยใช้เครื่อง HYDROTECTOR

และจากผลการวัดจากเครื่อง HYDROTECTER ดังรูปที่ 8 พบว่า จำนวนนับเทอร์มัลนิวตรอนในแต่ละจุดเมื่อพิจารณาช่วง $x \pm 3\sigma$ แล้วนั้น มีค่าใกล้เคียงกัน แต่จากรูปที่ได้ จะเห็นว่า มีแนวโน้มที่สามารถบอกจตุรรอยต่อได้บ้าง เมื่อทำการพิจารณาจุดต่อจุดแล้ววิธีนี้อาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ เพราะค่าที่ได้ไม่มีความแน่นอน ข้อมูลมีการกระจายตัวขึ้นลงมาก แต่เมื่อทำการเฉลี่ย 3 จุดแล้วเขียนกราฟจะได้ดังรูปที่ 8 พบว่าแนวโน้มการหารอยต่อมีความชัดเจนขึ้น

เมื่อทำการเปรียบเทียบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำด้วยวิธีทั้งสองแล้ว พบว่าการใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมาสามารถตรวจหารอยต่อได้สะดวก รวดเร็ว และให้ผลการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำได้ถูกต้อง จึงเป็นเทคนิคที่สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้จริง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการทดสอบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในภาชนะในห้องปฏิบัติการและการทดสอบระบบการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในถังเก็บน้ำมันดิบ ณ หลุมเจาะบริษัท ปตท.สผ.จำกัด (มหาชน) โครงการสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี สรุปได้ว่าระบบตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำ ในถังเก็บที่ใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมาสามารถทำการตรวจหาตำแหน่งของรอยต่อได้ถูกต้อง และปฏิบัติได้ง่าย สำหรับน้ำมันดิบที่ทำการศึกษา เมื่อทำการเปรียบเทียบกับผลการวัดโดยใช้เครื่อง HYDROTECTER ที่ใช้เทคนิคการกระเจิงกลับของนิวตรอนพบว่า เทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมาให้ผลที่ชัดเจนกว่า ในตำราและเอกสารโดยทั่วไป [1 - 2] มักเห็นมีตัวอย่างการใช้เทคนิคนิวตรอนในการตรวจหาตำแหน่งรอยต่อของน้ำกับน้ำมัน แต่สำหรับน้ำมันดิบที่ทำการศึกษาการใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมากลับให้ผลที่ดีกว่า ซึ่งการใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมามีความสะดวกในการปฏิบัติมากกว่า จึงเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในลักษณะนี้ต่อไป

จากการศึกษาการใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมา สรุปได้ว่าผลของความหนาแน่นที่ต่างกันของน้ำมันดิบที่มีความหนาแน่นโดยประมาณ $0.8-0.9 \text{ g/cm}^3$ กับน้ำที่มีความหนาแน่นเท่ากับประมาณ 1 g/cm^3 และค่าสัมประสิทธิ์การลดทอนเชิงมวลของน้ำมันดิบกับน้ำที่ต่างกัน ส่งผลให้ค่าการวัดตัวอย่างน้ำมันดิบให้จำนวนนับรังสีสูงกว่าจำนวนนับจากตัวอย่างน้ำ เป็นการยืนยันได้ว่าการใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีแกมมาสามารถนำมาใช้ในการตรวจหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำได้ดี และเนื่องจากรังสีแกมมามีความสามารถในการทะลุทะลวงผ่านตัวกลางสูง ในกรณีที่ต้องเก็บมีความกว้างมากก็ยังสามารถวัดรังสีแกมมาได้ดี ดังนั้นในงานวิจัยนี้การใช้รังสีแกมมาจึงเป็นเทคนิคที่

เหมาะสมกับการหารอยต่อระหว่างน้ำมันดิบกับน้ำในถังเก็บมากกว่าการใช้เทคนิคนิวเคลียร์อื่น ๆ
ที่ได้ทำการศึกษาวิจัยร่วมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนวิจัย
ขอขอบคุณบริษัท ปตท.สผ.จำกัด (มหาชน) รวมทั้งเจ้าหน้าที่โครงการสุพรรณบุรี จังหวัด
สุพรรณบุรี ที่อนุญาตให้ผู้วิจัยได้ทดสอบเทคนิคที่พัฒนาขึ้นในสถานที่จริง และอำนวยความสะดวก
สะดวกในการปฏิบัติงานในภาคสนาม ขอขอบพระคุณอาจารย์เจ้เจ๋ง เย็นใจ คุณธนัญชัย พิรุณ
พันธ์ คุณเฉลิมพงษ์ โพธิ์สี และคุณสุรกิจ ขาวเผ่า สำหรับการช่วยเหลือที่ดีมากในการปฏิบัติงาน
ภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

1. Charlton, J.S., 1986. Radioisotope Techniques for Problem-Solving in Industrial Process Plants. Leonard Hill, Glasglow.
2. Hussein, E.M.A., 2003. Handbook on Radiation Probing, Gauging, Imaging and Analysis. Vol. I : Basics and Techniques. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.