บทที่ 5

ระบบป้องกันการผุกร่อน คาโทดิค

เพื่อให้ระบบท่อมีความมั่นคงปลอดจากการผุกร่อนมีอายุการใช้งานนาน จำเป็นต้องมีระบบหนึ่งเข้ามาป้องกันมิให้ท่อเกิดการผุกร่อน ระบบป้องกันคาโทดิค(Cathodic Protection) เป็นระบบหนึ่งที่มีความสำคัญในการป้องกันการผุกร่อนของท่อ เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและได้ผลจริงเป็นที่นิยมใช้ระบบนี้ในการป้องกันการผุกร่อนมาตลอดตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

จากการศึกษา การผุกร่อนของท่อที่ฝังอยู่ใต้ดินพบว่า เกิดจากการที่มีกระแสไฟฟ้าไหลระหว่างพื้นที่ต่าง ๆ ของท่อที่มีค่าศักดาไฟฟ้า (Potential) ต่างกัน โดยกระแสจะไหลจากพื้นที่ที่มีค่า Potential สูงกว่าผ่านดินไปยังบริเวณที่มี Potential ต่ำ กว่า บริเวณที่มีค่า Potential สูงกว่าจะทำหน้าที่เป็น Anode ในการจ่ายกระแส ทำให้พื้นที่บริเวณนั้นเกิดการผุกร่อน ส่วนในบริเวณที่มีค่า Potential ต่ำ จะเป็นบริเวณที่รับกระแสและจะทำหน้าที่เป็น Cathode และไม่เกิดการผุกร่อน ซึ่งในรายละเอียดของการผุกร่อนได้กล่าวไปแล้วในบทที่แล้วมา โดยในแง่ของท่อฝังดินนี้ ตัวเนื้อดินจะทำตัวเป็นเสมือน Electrolyte เป็นที่ทราบว่าตลอดความยาวของท่อจะมีบริเวณที่ค่า Potential แตกต่างกันมากมายโดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของดินที่ท่อเดินผ่าน รวมถึงอาจมีปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย อันจะเป็นผลให้เกิดการผุกร่อนขึ้นที่ท่อมากมายหลายจุด

จะเห็นว่าในบริเวณที่เป็น Cathode จะไม่เกิดการผุกร่อน ด้วยเหตุนี้ทำให้มีการคิดทำระบบ Cathodic Protection ขึ้น ด้วยการพยายามทำให้ท่อให้เป็น Cathode โดยติดตั้ง Anode ขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่จ่ายกระแสผ่านดินไปยังท่อ ดังนั้นท่อจะเป็น Cathode และไม่เกิดการผุกร่อน แต่ตัว Anode จะเกิดการผุกร่อนแทน อันเป็นหลักการเบื้องต้นของระบบ Cathodic Protection

รูปแบบของการนำระบบ Cathodic Protection มาใช้งานจริง มี 2 แบบ คือ แบบ Galvanic Anode และแบบ Impressed Current ซึ่งก็ได้กล่าวไว้แล้ว ในบทที่ผ่านมา สำหรับในบทนี้จะได้กล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบระบบ Cathodic Protection เพื่อป้องกันการผุกร่อนของท่อ งานแรกในการที่จะออกแบบป้องกันการผุกร่อน จะต้องศึกษาถึงคุณสมบัติของดินในบริเวณที่ท่อจะผ่าน โดยศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าของดิน ต่อมาก็ศึกษาค่า Potential

ของท่อที่ฝังดินตลอดความยาวของท่อ และจะต้องทำการศึกษา หากระแสที่ไหลภายในท่อ เพื่อหาตำแหน่งของท่อที่จะเป็นจุดอ่อนที่จะเกิดการผุกร่อนขึ้น (ตำแหน่งที่เป็น Anode) แล้วจึงทำการศึกษาหาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จะทำให้ระบบท่อไม่เกิดการผุกร่อนขึ้น รวมทั้งศึกษาวิธีการออกแบบส่วนต่าง ๆ ของระบบ Cathodic Protection เช่น ส่วนของ Ground Bed หรือ Anode Bed พร้อมด้วยปัญหา Interference ที่อาจจะเจอในระบบ Cathodic Protection ซึ่งทั้งหมดนี้จะได้กล่าวเป็นลำดับไป

การสำรวจหาค่า Soil Resistivity

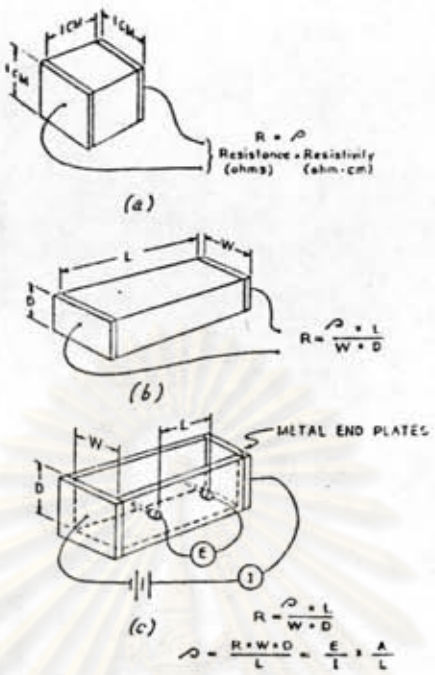
การทำ Cathodic Protection กับท่อสามารถทำได้ทั้งที่อยู่ใต้ดิน หรืออยู่ใต้น้ำ ในการที่จะทำ Cathodic เพื่อป้องกันการผุกร่อนของท่อ สิ่งที่เราจะต้องศึกษาคือ การวัด Resistivity ของสภาพแวดล้อมที่ท่อจะฝังอยู่ ค่าหน่วยของ Soil Resistivity จะอยู่ในรูปของ "โอมห์-เซนติเมตร" ค่านี้เป็นค่าทางตัวเลขของความต้านทานของดิน 1 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร โดยทำการวัดค่าตามภาพที่ 5.1 ก. สำหรับการวัดโดยการใช้อุปกรณ์ที่เป็นรูปของลูกบาศก์ตามภาพที่ 5.1 ข. และ ค. และหาค่าได้ตามสูตร คือ (Parker it al, 1984)

$$R = \frac{P \times L}{W \times D}$$

โดยที่ W L และ D เป็นขนาดในหน่วยเซนติเมตร และ P คือค่าความต้านทานที่ได้จากการวัด การวัดค่า Soil Resistivity สามารถทำการวัดได้ด้วยเครื่องมือหลายแบบ เช่น

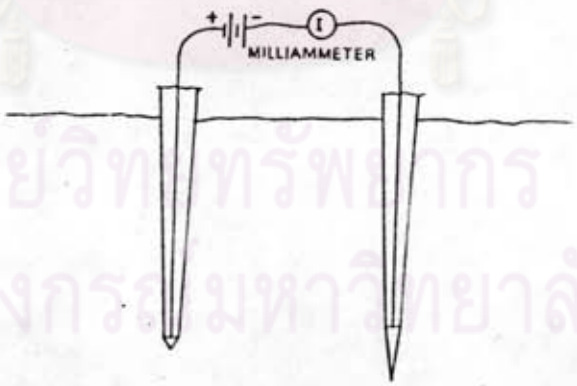
1. การวัดด้วย Shepard Canes

เครื่องมือตามภาพที่ 1 เป็นการวัดค่า Resistivity จากดินตัวอย่างที่ทำการเก็บมาอย่างไรก็ตาม มันจะเป็นประโยชน์กว่า และสะดวกสบายกว่าถ้าจะนำการวัดค่าในสนามเลย การวัดสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือ Shepard Canes ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดค่า Resistivity ที่มีรูปลักษณ์ตามภาพที่ 5.2 เครื่องนี้จะทำงานโดยจ่ายกระแสจากแบตเตอรี่ขนาด 3 โวลท์ ผ่านลงไปในดินระหว่างขั้ว Electrode ทั้งสอง จากนั้นกระแสจะถูกวัดโดย มิลลิแอมมิเตอร์ (Milliammeter) และแปลค่าเป็น ohm-cm ที่สามารถอ่านค่าได้เลยทันที



ภาพที่ 5.1 การวัดค่า Soil Resistivity

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker,Edward G. Peaatie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.2 Shepard Canes

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker,Edward G. Peaatie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การวัด Resistivity ด้วย Four Terminal

ในการที่จะวัดตัวอย่างของดินขนาดใหญ่ และวัดค่า Resistivity ที่ส่วนที่ลึกมาก ๆ การวัดโดยใช้ Four-Terminal ซึ่งมีรูปแบบการวางพื้นฐานดังภาพที่ 5.3 ภาพที่ 5.4 ภาพที่ 5.5 และ ภาพที่ 5.6 รูปแบบการทำงานของแต่ละเครื่องมือจะมีหลักการทำงานทั่วไปเหมือนกัน คือ ความต้านทานจะถูกวัดระหว่างขั้วอันใน ทั้งสอง (ขั้ว P_1 และ P_2) ส่วนอันนอกทั้งสองจะเป็นขั้วที่จ่ายกระแสลงสู่ดิน โดยค่าที่วัดได้เป็นค่าเฉลี่ยที่ความลึกของดิน เท่ากับช่องระหว่างขั้วอันในทั้งสอง

การสำรวจค่าศักยภาพ (Potential Surveys)

1. ศักยภาพระหว่างท่อกับดิน (Pipe-To-Soil Potential)

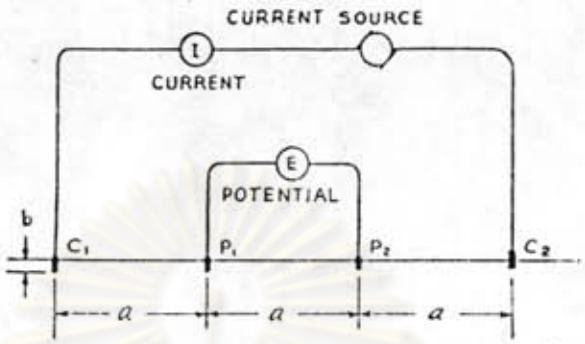
ค่าศักยภาพที่แตกต่างกันระหว่างตัวท่อที่ฝังอยู่ในดินกับผิวดิน เป็นสิ่งที่มีความสำคัญจำเป็นต้องคำนึงถึงทั้งในแง่ของการตรวจสอบสถานภาพการกัดกร่อน(Corrosive Conditions) หรือประเมินระบบ Cathodic Protection ที่มีอยู่ การวัดค่า Pipe-To-Soil Potentials นี้ กระทำโดยการเชื่อมขั้วหนึ่งเข้ากับเนื้อโลหะของท่อ และอีกปลายหนึ่งสัมผัสที่ผิวดินเหนือท่อที่ฝังอยู่ขั้วที่สัมผัสกับผิวดินนั้นจะเป็นขั้วชนิดพิเศษ(Special Electrode)ที่เรียกว่า "HALF CELL" โดยขั้วชนิดที่นิยมใช้จะมีรูปร่างดังภาพที่ 5.7 ซึ่งประกอบด้วยขั้วทองแดงสัมผัสกับสารละลาย ที่อิ่มตัวของ Copper Sulfate

2. Volt Meter ที่ใช้ในการอ่านค่า Pipe-To-Soil Potential

Volt Meter เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้ในการวัด ตามที่แสดงในภาพที่ 5.8 การอ่านค่าที่ได้จาก Volt Meter ตามภาพนั้นอาจเกิดข้อผิดพลาด (Error) ได้ 2 ประการ คือ

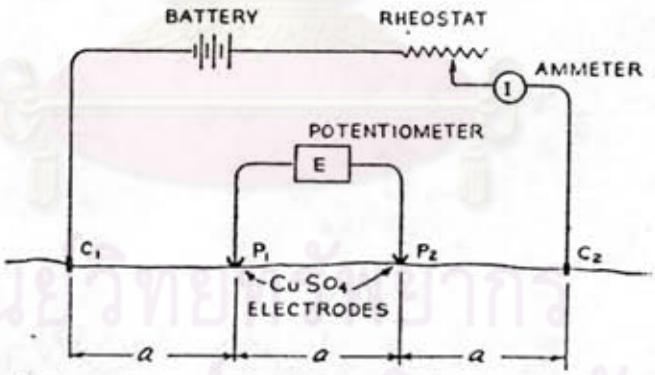
ประการที่ 1 ขณะที่ Volt Meter อ่านค่า ผลต่างของศักยภาพที่ขั้วทั้งสอง กระแสจะไหลผ่านอุปกรณ์เป็นผลให้เกิดค่าลดลงของ IR (IR Drop) ซึ่งค่านี้มิได้รวมอยู่ในค่าที่อ่าน ทำให้ค่าที่อ่านได้ผิดพลาด ตัวอย่างเช่น ถ้าให้ค่าความต้านทานของของวงจรภายนอก (ท่อ,ลวดวัด,ดิน Electrode) เป็น 1 ใน 4 ของความต้านทานของมิเตอร์ ดังนั้นค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์จะเป็นค่า 4 ใน 5 ของ ค่าจริงที่ควรจะเป็นกล่าวคือมีความผิดพลาด 20 %

ประการที่ 2 ในการที่กระแสไฟฟ้า วิ่งผ่านวงจร อาจก่อให้เกิด



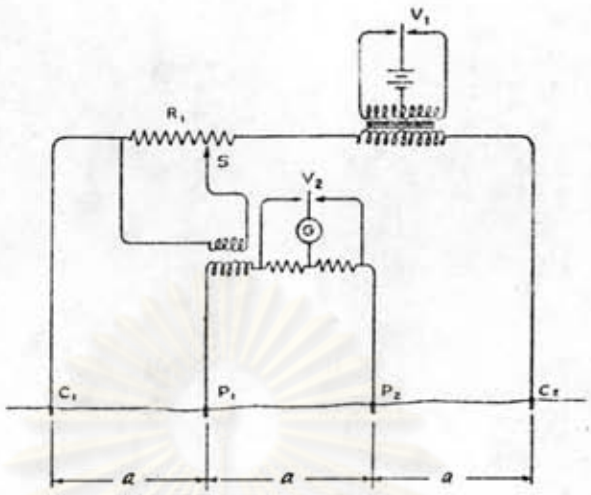
ภาพที่ 5.3 Four Terminal แบบที่ 1

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker,Edward G. Peaatie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



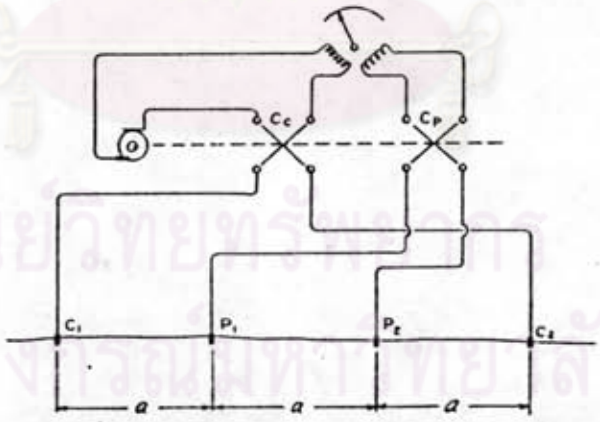
ภาพที่ 5.4 Four Terminal แบบที่ 2

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker,Edward G. Peaatie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



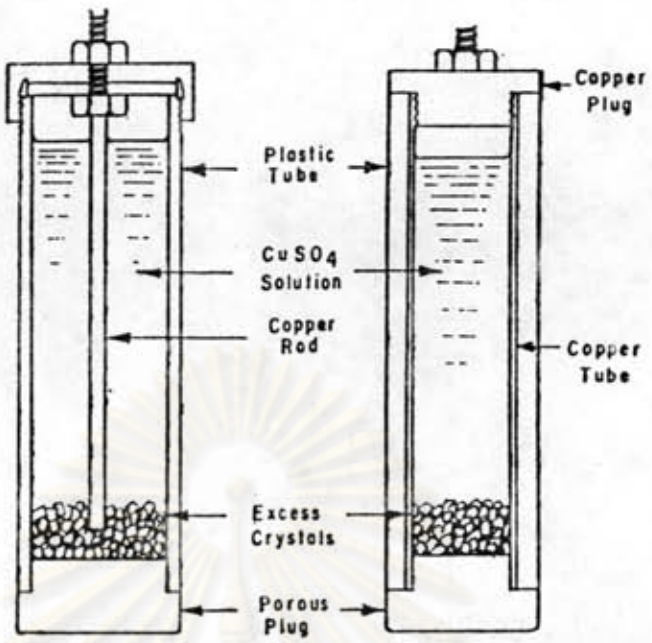
ภาพที่ 5.5 Four Terminal แบบที่ 3

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



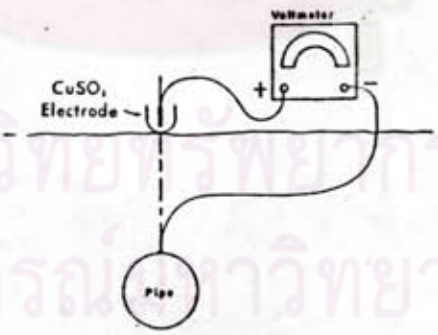
ภาพที่ 5.6 Four Terminal แบบที่ 4

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.7 Half Cell Electrode

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.8 Volt Meter ในการวัด P/s Potential

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Polarization ขึ้นที่ Electrode หรือที่ตัวท่อเอง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่า Potential

ข้อผิดพลาดที่เกิดจากเหตุ 2 ประการ นั้น สามารถที่จะลดให้น้อยลงได้โดยใช้ Volt Meter ที่มีความต้านทานสูง ซึ่งความต้านทานไม่ควรที่จะต่ำกว่า 50,000 โอห์ม และในการอ่านค่าควรอ่าน 2 ครั้ง บน Scale ที่ต่างกัน (ค่าความต้านทานของมิเตอร์ต่างกันด้วย) ถ้าค่าที่ได้เป็นค่าที่ได้จาก Volt Meter ที่มีความต้านทานสูง และมีค่าไม่ต่างกันมากนักก็สามารถยอมรับค่านั้นได้ ถ้า Volt Meter มีค่าความต้านทานไม่สูงมาก อาจจะหาค่าที่ถูกต้องได้โดยใช้สูตร คือ (Parkar et al, 1984)

$$V_{corr} = \frac{V_L V_H (R-1)}{RV_L - V_H}$$

V_{corr} = ค่า Pipe-To-Soil Potential ที่ถูกต้อง
V_L = ค่าที่อ่านได้บน Scale ต่ำ
V_H = ค่าที่อ่านได้บน Scale สูง
R = อัตราส่วนระหว่าง Scale ทั้งสอง

อย่างไรก็ตามได้มีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวัด Pipe-To-SoilPotential ขึ้นมา เช่น Solid-State Voltmeter ดังภาพที่ 5.9 Multicombination Meter ดังภาพที่ 5.10 และ Electronic Potential Meter ดังรูปที่ 5.11 เป็นต้น โดยเครื่องมือที่นิยมใช้ในCorrosion Engineers ก็คือ Multicombination Meter ซึ่งมีความก้าวหน้ามากที่สุด ส่วน Electronic Potential Meter เป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการวัด ไม่แพงและเหมาะกับผู้ที่ไม่ชำนาญมาก ใช้ได้ดีกับสภาพแวดล้อมในชนบทที่ห่างไกล

3. สถานีสำหรับทำการวัดค่า Pipe-To-Soil Potential

จากภาพที่ 5.8 จะเห็นว่า การต่อเชื่อมกับเนื้อโลหะของท่อเป็นสิ่งจำเป็น ดังนั้น จึงเป็นการดีที่จะมีสถานีสำหรับทำการวัดค่า P/S Potential อย่างถาวรตลอดแนวท่อ ซึ่งจะมีข้อดีเนื่องจากเป็นการติดตั้งเพียงในครั้งแรกเท่านั้น และติดตั้งอย่างถาวร ดังนั้นจึงไม่เป็นการทำลาย Coat ของท่อเหมือนกับไม่มีสถานี ทั้งนี้เพราะเมื่อจะทำการวัดจะต้องเชื่อม Wire เข้ากับเนื้อโลหะของท่อ ซึ่งจำเป็นต้องขูดเอา Coat ออก ทุกครั้งที่ทำการวัดทำให้ระบบการ

ภาพที่ 5.9 Solid-State Volt Meter

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

ภาพที่ 5.10 Multicombination Meter

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

ภาพที่ 5.11 Electronic Potential Meter

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ป้องกันท่อเสียไป ในภาพที่ 5.12 เป็นภาพแสดงภาพของสถานีและการติดตั้ง ซึ่งจะเห็นว่าในส่วนที่เชื่อมกับท่อต้องขูดเอา Coat ออก และทำการเชื่อมโดยกรรมวิธีที่เรียกว่า "CADWELDING" นอกจากสถานีนี้จะมีประโยชน์ในการวัด P/S Potential แล้ว ยังมีประโยชน์ในการทดสอบอื่นๆ เช่น การจัดกระแสที่ไหลภายในท่อ เป็นต้น

4. Potential Fields รอบ ๆ ท่อ

ภาพที่ 5.13 เป็นภาพภาคตัดที่แสดงถึง Current และ Potential Fields รอบ ๆ ท่อ โดยที่เส้นจุด ๆ แสดงถึงสายของกระแส (Flow of Current) ที่จะไหลเข้าหรือไหลออกจากตัวท่อ ซึ่งอยู่ในดินที่มี Soil Resistivity คงที่ ส่วนเส้นประแสดงเส้น Potential ที่เท่ากัน (Equal Potential) ซึ่งในที่นี้จะเห็นว่า ไม่มีจุดไหนบนพื้นดินเลยที่จะมี Potential เท่ากับท่อพอดี จะมีจุดที่ใกล้เคียงที่สุดตรงจุดที่อยู่เหนือท่อพอดี ดังนั้น จึงหนีไม่พ้นในเรื่องของความผิดพลาดของ IR Drop แต่จะผิดพลาดน้อยที่สุด บริเวณที่อยู่เหนือตัวท่อพอดี ในการที่จะได้ค่าที่ถูกต้องจะต้องทำการวัดในจุดที่ชิดกับท่อมากที่สุด (Adjacent To The Pipe) หรือใช้ Electrode สองหรือมากกว่า ทำการวัดซึ่งจะขจัดปัญหา IR Drop ลงได้ แต่เสียเวลามากและมีผลได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

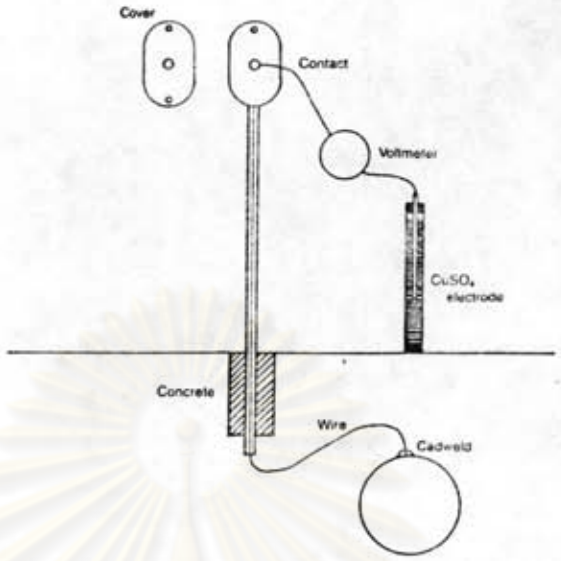
5. การสำรวจศักยภาพเพื่อหาสภาพการกัดกร่อน (Surface Potential Survey For Corrosion)

ภาพที่ 5.14 เป็นภาพตัดตามยาวของท่อที่แสดงถึง Current และ Potential Fields ของท่อที่มีบริเวณที่เป็น Anode (บริเวณที่จะทำให้ท่อเกิดการผุกร่อน) ดังนั้น การสำรวจค่า Potential บนพื้นดินตลอดแนวของท่อจะทำให้ทราบได้ว่า พื้นที่บริเวณใดจะก่อให้เกิดการผุกร่อน ภาพที่ 5.15 เป็นภาพแสดงการสำรวจศักยภาพตลอดแนวท่อและค่าที่สำรวจได้ โดยจะมีวิธีการในการสำรวจดังนี้

5.1 ทำการวัดค่า Pipe-To-Soil Potential ที่สถานีทดสอบ STA 341

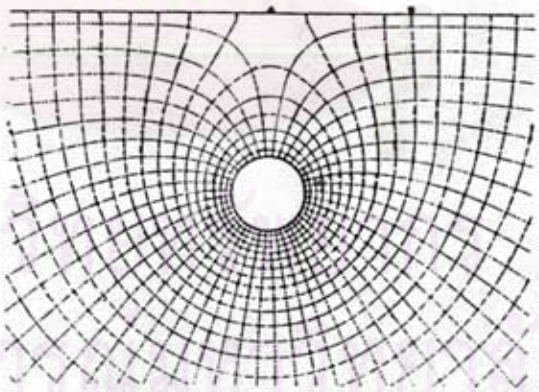
5.2 ทำการวัดค่า Soil-To-Soil Potential ระหว่างจุด STA 341 และ 342 นำค่าที่ได้ไปบวกกับค่าที่วัดได้จากข้อ 1 ซึ่งจะได้เป็นค่า Pipe-To-Soil Potential ที่จุด STA 342

5.3 ย้ายอุปกรณ์ไปสองสถานี ทำการวัด Soil-To-Soil Potential ระหว่างจุด STA 342 และจุด STA 343 แล้วนำไปบวกกับค่า Potential ที่จุด STA 342 จะได้ Pipe-To-Soil Potential ที่จุด STA 343



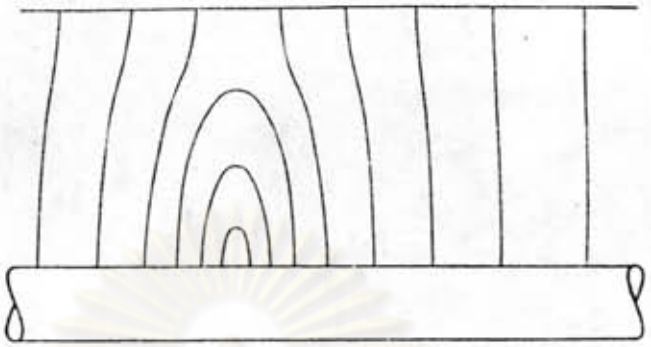
ภาพที่ 5.12 Test Station Installation

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



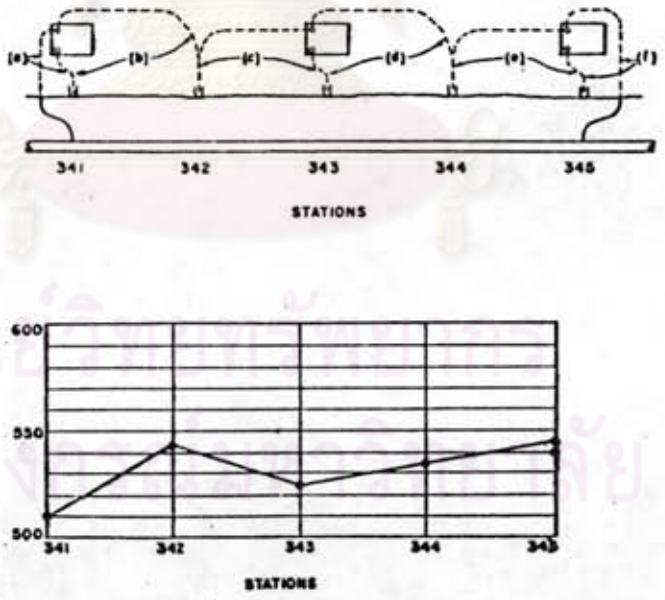
ภาพที่ 5.13 Current and potential Field รอบท่อ

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.14 Potential Field Surrounding a Single Anodic Point

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie, Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.15 Surface Potential

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie, Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

5.4 ทำการวัดค่า Soil-To-Soil ระหว่าง 343 และ 344 นำไปบวกกับ Potential ที่จุด STA 343

5.5 ย้ายอุปกรณ์ไปสองสถานี วัดค่า Soil-To-Soil ระหว่าง 344 และ 345 นำไปบวกกับ Potential ที่จุด STA 344 จะได้ค่า Pipe-To-Soil Potential ที่จุด STA 345

5.6 วัดค่า Pipe-To-Soil ที่จุด STA 345 นำค่าที่อ่านได้มาตรวจสอบกับค่าที่ได้จากข้อ 5.5 ว่ามีค่าผิดพลาดมากหรือไม่ ถ้าผิดพลาดเล็กน้อยก็ยอมรับได้

ค่าที่ได้จากการเก็บจะเป็นดังนี้

341	510 mV			
342		+ 35	545	
343		- 20	525	
344		+ 10	535	
345	540	+ 10	545	Error = + 5 mV

ส่วนถ้าทำการวัดค่า Pipe-To-Soil Potential ของท่อที่มีระบบ Cathodic Protection ป้องกัน จะได้กราฟรูปร่างดังภาพที่ 5.16 จากภาพจุด A และ B และ C เป็นจุดที่ตั้งของ Cathodic Protection Units โดยที่จุด X และ Y เป็นจุดวิกฤต ซึ่งถ้าจุดวิกฤตนี้มีค่ามากกว่า 850 mV(Negative) โดยเทียบกับ Copper-Sulfate Electrode ซึ่งเป็นหลักการของระบบ Cathodic Protection ระบบท่อทั้งหมดก็จะได้รับการป้องกัน

นอกจากนี้สามารถที่จะประยุกต์นำเอาการวัดค่า Pipe-To-Soil Potentials มาใช้ในการศึกษาอื่นๆได้เช่น การศึกษาปัญหา Interference การวัดค่าการ เหนี่ยวนำของ Coat และการทดสอบระบบ Cathodic Protection

การวัดกระแสไหลภายในท่อ (Line Current Survey)

นอกจากค่า Pipe-To-Soil Potential ที่มีความสำคัญต่อการพิจารณาป้องกันการผุกร่อนของท่อแล้ว การวัดค่ากระแสที่ไหลภายในท่อก็เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการป้องกันการผุกร่อนของท่อด้วย ในการที่จะวัดหากระแสที่ไหลอยู่ภายในท่อ จำเป็นที่จะต้องรู้ค่าความต้านทาน

ของท่อ (Resistance) หรือ ค่าความเป็นสื่อกระแสไฟฟ้าของท่อ (Conductivity)ระหว่างจุดทั้งสองบนท่อที่จะทำการวัดกระแส ในการวัดนั้น ขั้วที่จะทำการวัดนั้น จะต้องสัมผัสติดกับเนื้อโลหะของท่อ ดังนั้นจึงเห็นว่า สถานีถาวรที่ใช้ในการตรวจสอบ (Test Station) จึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น

การหาค่าความเป็นสื่อกระแสไฟฟ้านั้น มีวิธีการหาได้ตามภาพที่ 5.17 โดยในที่นี้แบตเตอรี่ หรือเครื่องเชื่อมโลหะจะเป็นแหล่งจ่ายกระแสและโวลท์ลงไปในท่อ และจะใช้มิลลิโวลท์มิเตอร์ทำการวัดค่าระหว่างสองจุดของช่วงความยาว ตามที่แสดงไว้ในภาพที่ 5.17 นั้น มิลลิโวลท์มิเตอร์ที่มีค่าเต็ม Scale ขนาด 1 มิลลิโวลท์ อาจจะต้องนำมาใช้ จากนั้นนำมาคำนวนหาค่าความเป็นสื่อกระแสไฟฟ้าตามสูตร คือ (Parkar it al, 1984)

$$K = \frac{I}{E_1 + E_2} \quad \text{ถ้า } L_1 = L_2$$

$$K = \frac{IL_2}{E_1L_2 + E_2L_1} \quad \text{ถ้า } L_1 \neq L_2$$

อย่างไรก็ตามการหาค่าความเป็นสื่อกระแสไฟฟ้าของท่ออาจที่จะประมาณโดยไม่ต้องทำการวัดค่าได้จากสูตร คือ (parker et al, 1984)

$$K(\text{แอมแปร์/มิลลิโวล์ท}) = \frac{4 \times \text{น้ำหนักท่อต่อความยาว(ปอนด์/ฟุต)}}{\text{ความยาวท่อช่วงที่วัด(ฟุต)}}$$

แต่การหาค่าจากสูตรนี้จะเป็นค่าที่ประมาณอย่างหยาบ ๆ เท่านั้น

การจะหาค่ากระแสที่ไหลภายในท่อช่วงใดช่วงหนึ่ง กระทำได้โดยการวัดค่าความต่างศักย์ระหว่างจุด 2 จุด ดังที่แสดงในภาพที่ 5.18 จากนั้นนำค่าที่ได้มาคูณด้วยค่าความเป็นสื่อกระแสไฟฟ้า ก็จะได้ค่ากระแสที่ไหลภายในท่อ

แต่เนื่องจากค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้มีค่าน้อย ดังนั้นค่าความต้านทานของลวดวัด (Lead Wire) ที่จะมีผลให้เกิด IR Drop เป็นสิ่งที่มีความสำคัญ เพราะจะทำให้ค่าที่อ่านได้ไม่ถูกต้อง ดังนั้น เพื่อปรับค่าที่อ่านได้ให้เป็นค่าที่ถูกต้อง โดยใช้สูตร (Parker et al, 1984)

$$V_{corr} = V_{ind} \times \frac{R_m + R_w}{R_m}$$

V_{corr} = ค่าที่ถูกต้อง

V_{ind} = ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์

R_m = ค่าความต้านทานของมิเตอร์

R_w = ค่าความต้านทานทั้งหมดของลวด

โดย R_w หาได้จาก (ดูภาพ 5.18 ประกอบ)

$$R_w = T_1 + T_2 + L_1 + L_2 + L_3$$

โดย T_1, T_2, L_1, L_2 และ L_3 เป็นค่าความต้านทานของแต่ละช่วง ถ้า L_1 และ L_2 เป็นอุปกรณ์ที่ติดมาพร้อมกับมิลลิโวลท์มิเตอร์ R_w จะมีค่าเพียง

$$R_w = T_1 + T_2 + L_3$$

ในกรณีที่ไม่รู้ค่าของ R_w และเครื่องมือนั้นเป็น Multiscale Volt Meter อาจจะหาค่าที่ถูกต้องได้โดยสูตร (parker et al, 1984)

$$V_{corr} = \frac{V_L V_H (R-1)}{RV_L - V_H}$$

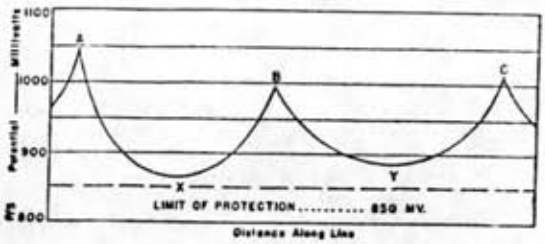
V_L = ค่าโวลท์ที่อ่านได้จาก Scale ต่ำ

V_H = ค่าโวลท์ที่อ่านได้จาก Scale สูง

R = สัดส่วน (Ratio) ระหว่างทั้งสอง Scale

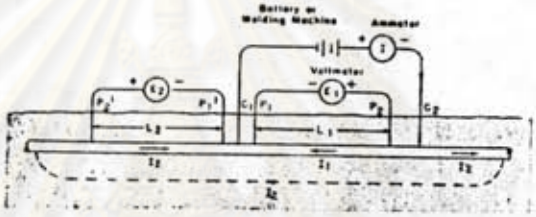
ถ้าสัดส่วนของ Scale เป็น 2:1 (ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปเป็นเช่นนั้น) จะได้เป็นสูตรง่าย ๆ คือ (Parker et al, 1984)

$$V_{corr} = \frac{V_L V_H}{2V_L - V_H}$$



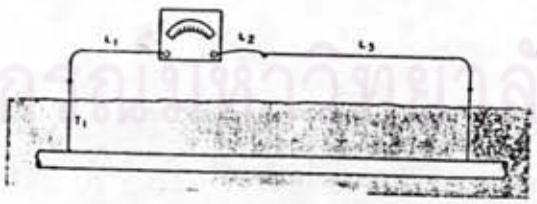
ภาพที่ 5.16 P/s Potential ของระบบคาโทดิค

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.17 การวัดกระแสไหลภายในท่อ

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.18 การวัดค่าความต่างศักย์ของท่อ

แหล่งที่มา : MARSHALL E. PARKER, EDWARD G. PEATTE.
PIPELINE CORROSION AND CATHODIC PROTECTION

เมื่อไรก็ตามที่พบว่า กระแสหรือ ศักย์ภาพ (Potential) มีค่าขึ้น ๆ ลง ๆ (Fluctuate) ให้สงสัยได้ว่า มีกระแสไฟจากแหล่งอื่น ไหลเข้ามากระทบต่อระบบท่อ

การสำรวจหากระแสที่ต้องการ (Current Requirement Surveys)

ตามที่ทราบกันว่าในการที่จะให้ท่อได้รับการป้องกันด้วยระบบ Cathodic Protectection จะต้องทำให้ค่า Pipe-To-Soil Potential ได้ 0.85 โวลท์ ตลอดความยาวของท่อ ดังนั้น ในการที่จะหาค่าและการกระจายของกระแส (Distribution of Drainage Current) เพื่อให้ได้ค่า Potential ที่ต้องการนั้นเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งสามารถที่จะทำได้สองทางคือ 1.ทำการติดตั้งระบบ CathodicProtection ชั่วคราว แล้วทำการหาค่าที่ต้องการโดยการทดลองเปลี่ยนค่าไปจนกว่าจะได้ค่าที่ต้องการ 2. ศึกษาคุณลักษณะทางไฟฟ้า (Electrical Characteristics) ของท่อ และคำนวณหาจากข้อมูลเหล่านั้น ซึ่งในวิธีแรกนั้นเกือบจะเป็นไปไม่ได้ และมีความยุ่งยากในการปฏิบัติ ส่วนวิธีที่ 2 เป็นการหาตามทฤษฎีที่มีความเป็นไปได้ แต่ในทางปฏิบัติอาจจะต้องทำการลองผิดลองถูก (Trial-and-Error) บ้าง ดังนั้น จึงมักใช้ทั้ง 2 วิธี ดังกล่าวกระทำร่วมกัน

จากที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมดในหัวข้อต้น ๆ นั้น เป็นการศึกษาลักษณะทางไฟฟ้าของท่อและดินที่ท่อวางผ่านมาในขั้นนี้จะได้มีการทดลองจ่ายกระแสจาก Ground Bed ชั่วคราวและพิจารณาผลกระทบที่เกิดกับท่อโดยการวัด ค่าทางไฟฟ้าของท่อในจุดที่ห่างออกไป ว่า มีพฤติกรรมอย่างไรเมื่อจ่ายกระแสออกไปจำนวนหนึ่ง การป้องกันสามารถครอบคลุมไปได้ระยะทางเท่าไหร่จากการกระทำเช่นนี้หลายๆหนจนสามารถที่จะได้ค่าที่ทำให้ระบบป้องกันนั้นสมบูรณ์ ขั้นตอนในการทดลองจ่ายกระแสเพื่อหาค่าที่ต้องการพอสรุปได้ดังนี้

1. ทำการวัดค่า Static Potential

ในขั้นนี้เป็นการวัดค่า Pipe-To-Soil Potential ตลอดความยาวของท่อก่อนที่จะมีการจ่ายกระแส ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้น โดยจุดที่ทำการวัดอาจจะห่างแตกต่างกันออกไปแล้วแต่สภาพพื้นที่ ที่ท่อวางผ่านและอาจจะห่างกันเพียงไม่กี่ร้อยฟุตจนถึงห่างกันเป็นไมล์ได้ แต่จุดที่สำคัญที่จำเป็นจะต้องทำการวัดเสมอ คือ จุดที่ท่อวิ่งลอดผ่านใต้ถนน ซึ่งในที่นี้จะต้องทำการวัดทั้งตัว ท่อ และตัว Casings รวมทั้งโครงสร้างต่าง ๆ ที่ท่อวางผ่านหรือเข้าไปใกล้ ที่อาจก่อให้เกิด Interference จะต้องทำการวัดด้วยเสมอ เช่น อาจจะเป็นสะพานถังน้ำมัน หรือ ประตูรั้วโลหะ เป็นต้น

2. ทำการจ่ายกระแสจนกว่าจะเกิด Polarization ขึ้นที่ท่อ (Polarization Run)

ในขั้นตอนที่ทำการเลือกสถานที่ที่จะติดตั้งชุด Cathodic Protection ชั่วคราวซึ่งประกอบด้วย Rectifier และ Ground Bed (ชุดของ Anode) โดยอาศัยข้อมูลการสำรวจในตอนต้น จากนั้นจะทำการจ่ายกระแสโดยใช้กระแสที่คงที่ เป็นเวลาในช่วง 1 ถึง 3 ชม.จนกว่าท่อจะเกิด Polarization ในระหว่างที่ทำการจ่ายกระแส ก็วัดค่า Pipe-To-Soil Potential ในจุดใกล้เคียงและที่ห่างออกไป เพื่อตรวจดูว่าท่อเกิด Polairzation แล้วหรือยัง ในการจ่ายกระแสนี้จะต้องเพียงพอที่จะครอบคลุมความยาวของท่อช่วงหนึ่ง แต่ก็ต้องไม่จ่ายกระแสมากจนเกินไป โดยที่ค่า Pipe-TO-Soil Potential ในช่วงที่ใกล้กับจุดจ่ายกระแสโดยทั่วไปไม่ควรมากกว่า 3 โวลท์

3. วัดศักย์ภาพในช่วงเปิดและปิดกระแส ("ON" And "OFF" Potential Survey)

หลังจากที่จ่ายกระแสจนกระทั่งท่อเกิด Polarization แล้ว เครื่องมือ Current interrupter (ภาพที่ 5.19) จะถูกต่อเข้าในวงจร โดยเครื่องมือที่ จะทำหน้าที่ "เปิด" และ "ปิด" กระแสที่จ่ายให้ท่อ ช่วงเวลาที่เหมาะสมในการจ่ายกระแสจะประมาณ 40 วินาที และจะทำการปิดกระแส 20 วินาที สิ่งที่ต้องทำก็คือจะต้องวัดค่า Pipe - To -Soil Potential ณ จุดที่ได้ทำการวัด Static Potential ไว้แล้ว การวัดค่า Potential จะวัดทั้งในช่วง "เปิด" และช่วง "ปิด" ค่าที่วัดในช่วง "เปิด" จะใช้ค่าก่อนที่จะมีการปิดกระแส ส่วนค่าที่วัดในช่วง "ปิด" จะเป็นค่าที่วัดได้ทันที ณ เวลาที่เครื่องตัดกระแส แล้วนำค่าเหล่านี้เขียนเป็นกราฟ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

4. สำรวจกระแสที่ไหลภายในท่อ (Line Current Survey)

ในระหว่างที่จ่ายกระแส จะต้องทำการวัดค่าและทิศทางที่กระแสไหลภายในท่อทั้งสองด้านของจุดจ่ายกระแส ทั้งนี้เพื่อเป็นการตรวจสอบว่า มีการ ลัดวงจร (Short Circuit) ขึ้นที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของท่อหรือไม่ ซึ่งค่าที่อ่านได้จะต้องมี 2 ค่า คือค่าในช่วง "เปิด" และช่วง "ปิด"

5. ทำซ้ำใหม่ตั้งแต่ต้น

ถ้ายังไม่ได้ค่าที่ต้องการก็จะทำการเลือกจุดจ่ายกระแสใหม่ แล้วทำใหม่ตั้งแต่ต้นจนกว่าจะได้ค่าที่เหมาะที่จะสามารถป้องกันระบบท่อ ช่วงหนึ่ง หรือ ทั้งหมด ได้

จากค่าที่ได้จากการวัดนั้นจะนำมาเขียนกราฟซึ่งโดยทั่วไปจะทำควบคู่ไปกับการทดลองในสนามเลย กราฟข้อมูลที่จะทำการเขียนจะมีดังนี้

1. กราฟแสดงค่ากระแสและ Potentialระหว่าง Polarization Run ในการทดสอบแต่ละครั้ง จะต้องนำค่ากระแสที่วัดได้ และค่า Potential ในแต่ละจุดที่ทำการวัดบนช่วงความยาวของท่อมาเขียนกราฟเทียบกับเวลาในช่วงตอนต้นๆของ Polarization Run ค่า Potential ของแต่ละจุดจะใกล้เคียงกัน แต่หลังจากเวลาเปลี่ยนไปก็จะแตกต่างกันไป เขียนค่าที่เปลี่ยนไปตามเวลานี้ จนได้เป็นกราฟที่สมบูรณ์ (เมื่อท่อเกิด Polarization)

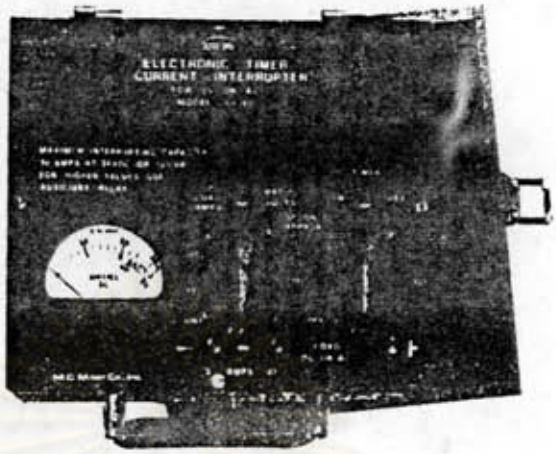
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างระยะทางจากจุดจ่ายกระแส กับ ค่า Potential ดังได้แสดงตัวอย่างในภาพที่ 5.20 ค่า Static Potential ค่า "ON" Potential และค่า "OFF" Potential จะถูกเขียนขึ้นมาเป็นกราฟ ตามระยะทางตลอดช่วงความยาวท่อ ช่วงหนึ่งจากกราฟ จุดที่ 8 จะเป็นจุดที่จ่ายกระแสออก ส่วนจุดอื่น ๆ เป็นจุดที่วัดห่างจากจุดจ่ายกระแสไปทางซ้ายและขวา จากการสังเกตกราฟ จะเห็นว่า จุดปลายทางซ้ายและทางขวาแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ข้อมูลค่า Potential ทางด้านปลายขวามีค่าใกล้เคียงกันมากทั้งสามเส้นซึ่งแสดงถึงว่าได้เกิดลัดวงจรที่จุดนี้ระหว่างตัวท่อกับ Casing การจ่ายกระแสไฟจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า Potential

3. เขียนกราฟ Attenuation Curve

กราฟนี้เป็นกราฟแสดงค่า Polarization Potential ค่า Driving Voltage และค่า Line Current ณ จุดต่าง ๆ ตามความยาวของท่อ นับจากจุดที่จ่ายกระแส (Drain Point) ซึ่งจะได้กล่าวถึงคุณลักษณะ ของ Attenuation Curve ต่อไป ก่อนอื่นให้มาทำความเข้าใจกับ ค่าแต่ละตัวที่ใช้เขียนเป็น Attenuation Curve ก่อน

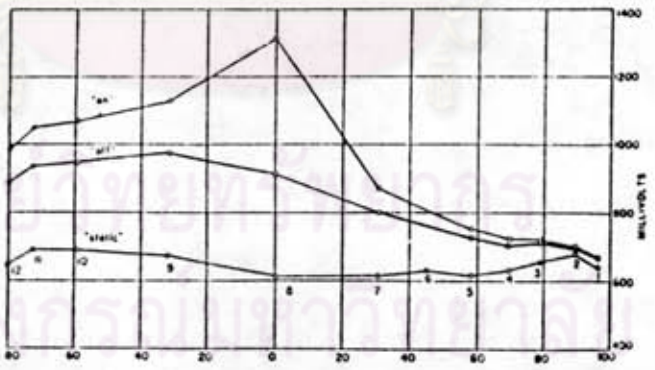
3.1 Polarization Potential, ΔV_p ซึ่งก็คือค่าผลต่างระหว่าง "OFF" Potential และ Static Potential ณ.จุดนั้น ๆ

3.2 Driving Voltage, ΔE, ซึ่งก็คือค่าผลต่างระหว่าง "ON" Potential และ "OFF" Potential ณ. จุดนั้น ๆ



ภาพที่ 5.19 Current Interrupter

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



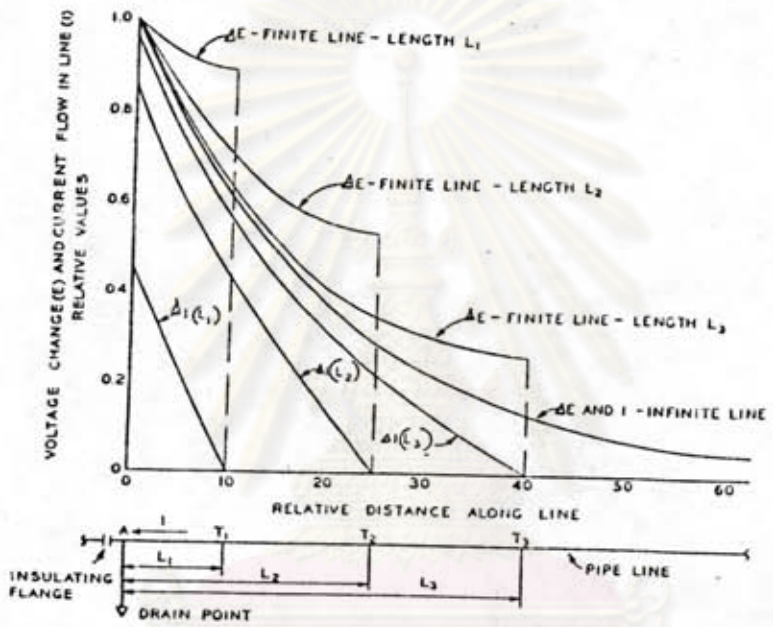
ภาพที่ 5.20 Longitudinal Distribution Curves

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

3.3 Line Current, ΔI ซึ่งก็คือค่าผลต่างของกระแสในช่วง "ON" และช่วง "OFF" โดยค่าผลต่างที่ได้นี้จะต้องคำนึงถึงทิศทางของกระแสด้วยดังเช่น ถ้าในช่วง "OFF" กระแสไหลไปทางทิศตะวันออก 40 มิลลิแอมแปร์ และเมื่ออยู่ในช่วง "ON" กระแสไหลไปทางทิศตะวันตก 300 มิลลิแอมแปร์ดังนั้นค่าΔI ที่ได้ 340 มิลลิแอมแปร์

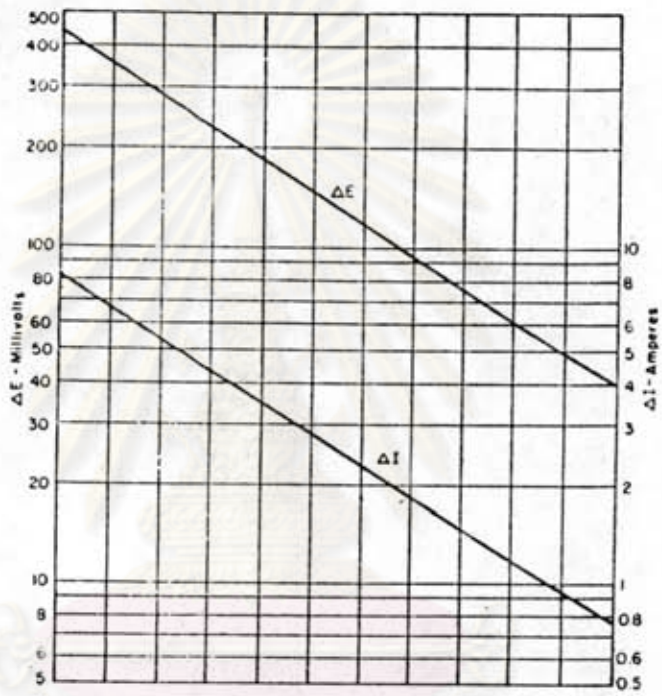
ถ้าถือว่าค่าความต้านทานของท่อ การเคลือบผิวท่อ (Coating) และค่า Soil Resistivity คงที่ (Uniform) และไม่มีปัญหาของการเชื่อมต่อของระบบท่อกับโครงสร้างอื่นๆ แล้วค่า ΔE และ ΔI เมื่อนำมาเขียนลงในกระดาษกราฟธรรมดา แล้วจะได้รูปกราฟในลักษณะ Exponential Function ดังภาพที่ 5.21 โดย ∞. จุดระยะทางเท่ากับศูนย์ เป็นจุดที่ทำการปล่อยกระแสซึ่งจะเป็นจุดที่มีค่า ΔE และ ΔI สูงที่สุดและจะลดน้อยลงไปเมื่อห่างจากจุดนี้ไป ∞.จุดที่ทำการปล่อยกระแสนี้ ค่า ΔE สูงสุดไม่ควรเกิน 1.5 โวลท์ เพราะมิฉะนั้นแล้วจะทำให้สารที่เคลือบท่อนั้นปริแตกได้ จากการเกิด OverPolarization ในภาพที่ 5.21 จะแสดงลักษณะของกราฟที่ความยาวท่อต่างๆ กัน 4 ระดับ คือ ความยาวท่อยาวมาก (Infinite-Line) ความยาวท่อยาวพอประมาณ (Length L_3) ความยาวท่อสั้น (Length L_2) ความยาวท่อสั้นมาก (Length L_1) ถ้านำค่าเหล่านี้มาเขียนลงในกระดาษกราฟ SEMI-LOG แล้วที่ระดับความยาวท่อยาวมาก เส้นกราฟ ΔE และ ΔI จะเป็นเส้นตรงดังภาพที่ 5.22 โดยค่า Slopeของกราฟ ΔE และ ΔI จะเท่ากันที่ระดับความยาวท่อพอประมาณ ดังเช่น ระบบท่อถูกแบ่งด้วย INSULATION JOINT ที่ดอนปลาย กราฟ ที่ได้จะเป็นดังภาพ ที่ 5.23จากภาพนี้จะเห็นว่ากราฟ ΔE เกือบจะเป็นเส้นตรงในดอนดัน และจะโค้งขึ้นในดอนปลายของท่อซึ่งเป็นINSULATING JOINT กราฟ ΔI ก็เช่นเดียวกันคือ เกือบจะเป็นเส้นตรงในช่วงดอนดัน แต่ในช่วงปลายของท่อจะโค้งลง ซึ่งจะโค้งลงต่อไปจนถึงค่าศูนย์ ∞. จุดปลายของท่อที่เป็น INSULATING JOING สำหรับที่ระดับความยาวท่อสั้นนั้น กราฟ ΔE และ ΔI จะไปเป็นเส้นตรง และเส้นกราฟทั้งสองจะไม่ขนานกันอย่างเห็นได้ชัด สัดส่วนทางซ้ายของภาพที่ 5.24 จะแสดงลักษณะของกราฟที่ระดับความยาวท่อสั้น ส่วนที่ระดับความยาวของท่อสั้นมาก ค่า ΔE แทบจะไม่เปลี่ยนแปลงจากจุดจ่ายกระแสถึงจุดปลายของท่อ ค่าΔI ก็เช่นเดียวกันโดยท่อจะเปรียบเสมือนชิ้นโลหะโดดๆ ในดินที่ได้รับการปกป้องด้วยระบบ CATHODIC PROTECION

จากกราฟ Attenuation Curve ดังกล่าวข้างต้น ที่ได้จากการจ่ายกระแสจำนวนหนึ่งนั้น จะนำมาพิจารณาค่า Pipe-To-Soil Potential ว่ามีค่าไม่ต่ำกว่า 0.85 Volt หรือไม่ เพื่อดูว่าระบบท่อได้รับการป้องกันสมบูรณ์หรือไม่ โดยค่า Pipe - To - Soil Potential ว่ามี ค่าต่ำกว่า 0.85 โวลท์ หรือไม่ เพื่อดูว่าระบบท่อได้รับการป้องกันสมบูรณ์หรือไม่ โดยค่า Pipe-To-Soil Potential จะมีค่าเท่ากับ Static Potential บวกด้วย



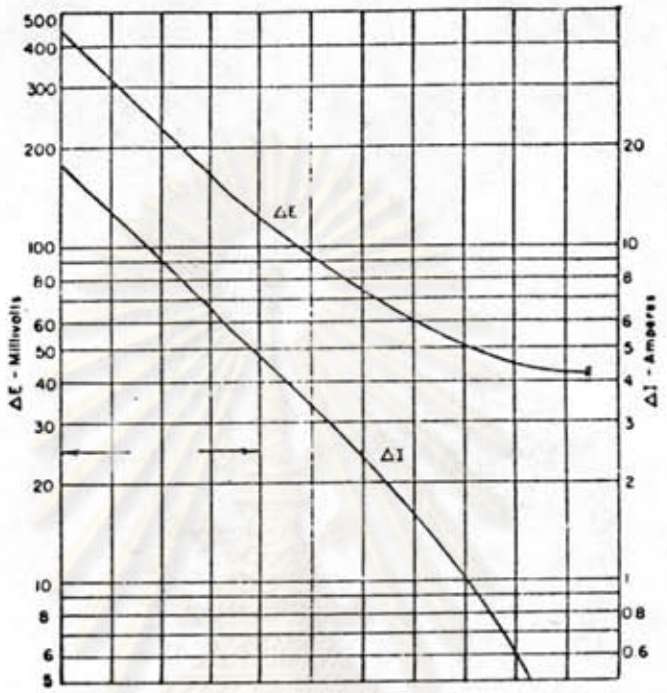
ภาพที่ 5.21 Attenuation Curve บนกระดาษกราฟธรรมดา

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.22 Attenuation Curve บนกระดาษกราฟ Semi-Log สำหรับท่อยาวมาก

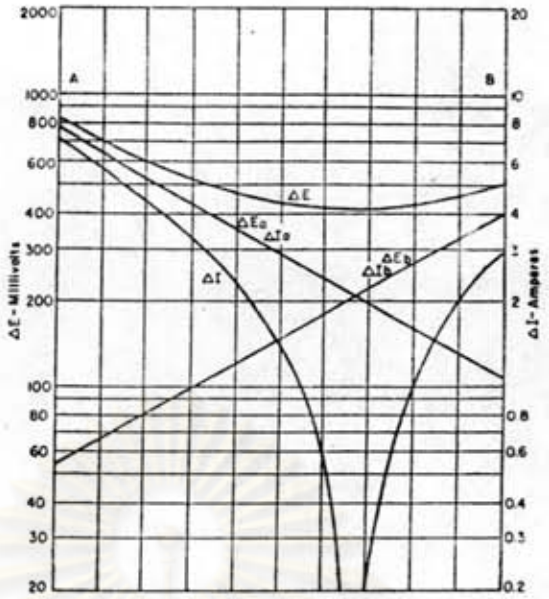
แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie, Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.23 Attenuation Curve บนกระดาษกราฟ Sem-Log สำหรับท่อยาวพอประมาณ

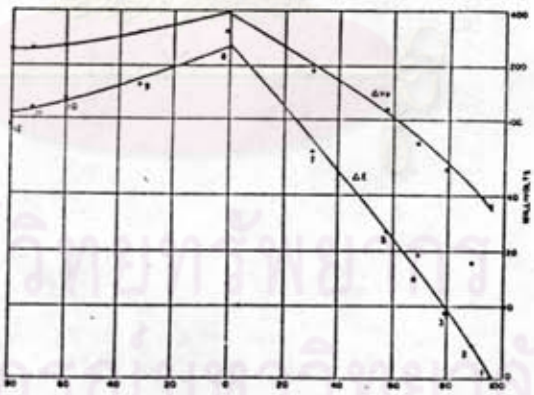
แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie, Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 5.24 Attenuation Curve ระหว่างจุดจ่ายกระแสต่าง ๆ

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.25 Attenuation Curve แสดง ΔE และ ΔV_P

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

Polarization Potential บวกด้วย Driving Voltage ถ้าค่า Pipe-To-Soil Potential ตลอดแนวท่อ ที่ได้มีค่าไม่ต่ำกว่า 0.85 Volt แล้วก็แสดงว่าระบบท่อได้รับการป้องกันทั้งหมด แต่ถ้ามีบางส่วนต่ำกว่า 0.85 Volt ก็อาจต้องเพิ่มกระแสขึ้นอีกโดยค่า ΔE ที่จุดจ่ายกระแสไม่ควรเกิน 1.5 โวลท์ ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น หรืออาจต้องเพิ่มจุดจ่ายกระแสขึ้นอีกจุดหนึ่งหรือมากกว่าตามความจำเป็น

เมื่อมีจุดจ่ายกระแสมากกว่า หนึ่งจุด Attenuation Curve ระหว่างจุดจ่ายกระแสต่าง ๆ ต้องนำมาพิจารณา ดังในภาพที่ 5.4 เป็น Attenuation Curve ระหว่างจุดจ่ายกระแสคู่หนึ่ง จากกราฟ ค่า ΔE และ ΔI มีค่าดังนี้

$$\Delta E = \Delta E_A + \Delta E_B$$

$$\Delta I = \Delta I_A + \Delta I_B \quad \text{(คำนึงถึงทิศทางของกระแสด้วย)}$$

โดย ΔE_A , ΔE_B, ΔI_A และ ΔI_B เป็นค่าที่ได้จากจุดจ่ายกระแสAและB โดยถ้าเป็นการบวกของกระแสต้องคำนึงถึงทิศทางการไหลของกระแสด้วย ซึ่งจะเห็นว่า ณ จุดที่ ΔI_A ติดกับ ΔI_B ค่า ΔI จะเท่ากับศูนย์ เมื่อได้ค่า ΔE และ ΔI แล้วก็นำมาใช้คำนวนค่า Pipe-To-Soil Potential เช่นเดียวกับที่กล่าวไว้ข้างต้น

ที่กล่าวมาเป็นกราฟแสดงคุณลักษณะของ ΔE และ ΔIของ Attenuation Curve ให้มาดูกราฟแสดงคุณลักษณะของΔEและ ΔV_p บ้างโดยในที่นี้จะอาศัยข้อมูลค่า Potential ของกราฟในภาพที่ 5.20 จะได้กราฟ Attenuation Curve ของ ΔE และ ΔV_p ดังภาพที่ 5.25 จะเห็นว่าคุณลักษณะของเส้น ΔE และ ΔV_p จะมีลักษณะเหมือนกัน เส้น ΔE และ ΔV_pนี้จะเป็นเส้นตรงถ้าท่อนั้นยาวมาก(Infinite Line) แต่ในภาพนี้แสดงให้เห็นถึงเส้นกราฟของท่อที่ไม่ยาวมาก ในภาพจะสังเกตเห็นว่าเส้นกราฟทางเส้นซ้ายโค้งขึ้น (Concave Upward) ซึ่งเป็นลักษณะปกติของเส้นกราฟสำหรับท่อที่ไม่ยาวมาก โดยช่วงปลายของท่อทางด้านซ้ายนี้จะเป็น Insulation Joint แต่เส้นกราฟทางด้านขวาจะโค้งลงจนมีค่าต่ำมาก จนค่า ΔE มีค่าเท่ากับศูนย์ ที่แสดงว่าที่ปลายทางด้านขวามีกระแสไหลลงสู่ดินโดยสำหรับตัวอย่างนี้ มีสาเหตุเนื่องจากการลัดวงจรระหว่างท่อกับ Casing

จะเห็นว่า Attenuation Curveนอกจากจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์หากระแสที่จะทำให้ระบบท่อได้รับการป้องกันแล้ว ยังสามารถนำมาหาข้อบกพร่องของการก่อสร้างหรือการติดตั้งได้ด้วย ตามที่ได้อธิบายไว้แล้วข้างต้น

4. เขียนกราฟ Polarization Chart

นำข้อมูล ΔV_p และ ΔE จากการทดลองหลาย ๆ ครั้งมาเขียนลงในกระดาษกราฟ LOG - LOG ดังภาพที่ 5.26 ก็จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า ΔV_p และ ΔE กราฟนี้จะเป็นลักษณะ "SCATTER DIAGRAM" ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มความสัมพันธ์ของค่าทั้งสองมากกว่าที่จะเป็นกราฟเชื่อมต่อระหว่างจุด จากกราฟจะทำให้เห็นแนวโน้มความสัมพันธ์ของค่าทั้งสอง อีกทั้งจะบอกให้รู้ถึงจุดบนท่อที่อาจจะมีความบกพร่อง ดังเช่นในภาพที่ 5.26 จุดที่ 8 และจุดที่ 2 อยู่นอกกลุ่มของข้อมูล แสดงถึงว่ามีพิเศษเกิดขึ้นที่จุดทั้งสองนี้ โดยอาศัยข้อมูลที่ผ่านมา จุดที่ 8 เป็นจุดจ่ายกระแส ทำให้ค่า ΔE มากกว่าปกติ ข้อมูลของจุดนี้ หนีออกจากกลุ่ม ส่วนจุดที่ 2 เป็นจุดที่ผิดปกติเช่นกัน ซึ่งเป็นส่วนปลายของท่อมีค่า ΔV_p ต่ำ เนื่องมาจากการลัดวงจรที่จุดนี้

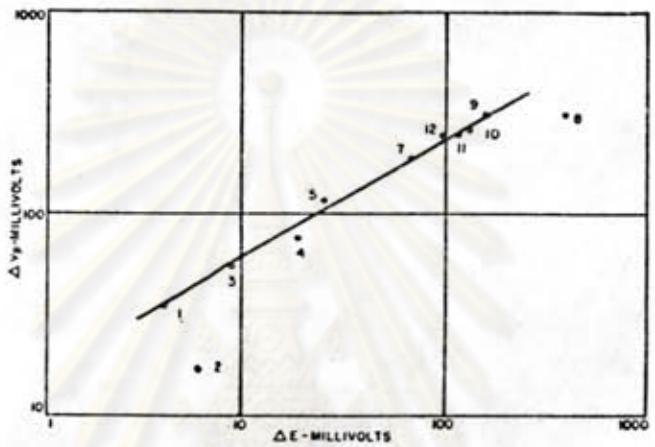
เมื่อมีการทดลองจ่ายกระแสในสนามและนำข้อมูลที่ได้มาประมวลเป็นกราฟ โดยควรทำทันทีที่ได้ข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการหาข้อผิดพลาด และทดลองจ่ายกระแสใหม่ ถ้าการทดลองในครั้งแรกไม่ได้ผล

แหล่งจ่ายกระแสที่ต้องการในช่วงของการทดสอบ (Current Sources for Test)

ในสถานที่บางแห่งที่ต้องการกระแสจ่าย ขนาด 20 ถึง 100 แอมแปร์ เครื่องเชื่อม (Welding Machine) เหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งของพลังงานกระแสตรง(Source of DC Power) เพื่อใช้จ่ายกระแสให้กับระบบท่อในระหว่างทำการทดสอบ แต่สำหรับในบางสถานที่ที่ไม่ต้องการกระแสสูงมาก อาจที่จะใช้แบตเตอรี่ เป็นแหล่งพลังงานของการจ่ายกระแสได้ โดยอาจจะเชื่อมต่อแบตเตอรี่หลาย ๆอันเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ค่า VOLTAGE สูงพอสำหรับ Ground Bed ที่มีค่าความต้านทานที่อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง

GROUND BED ชั่วคราว ที่ใช้จ่ายกระแสในระหว่างทดสอบ

ในการที่จะจ่ายกระแสผ่านดินไปสู่ท่อนั้นจำเป็นจะต้องมีกลุ่มของ Anode หรือที่เรียกว่า Anode Bed หรือ Ground Bed เป็นขั้วที่ใช้จ่ายกระแส ซึ่งในช่วงทำการทดสอบจะต้องถูกสร้างขึ้นชั่วคราว สิ่งที่จะใช้เป็น Anode ในระหว่างทำการทดสอบอาจจะใช้โครงสร้างโลหะอะไรก็ได้ ที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับดินมาก โดยอาจเป็นโครงสรางท่อฝังดินที่ไม่ใช้แล้วก็ได้ ซึ่งโครงสร้างนั้นมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับดินมาก เท่าไรก็จะทำให้โครงสร้างนั้นเสียหายน้อยที่สุด จากการผุกร่อนในระหว่างทดสอบ โดยทั่วๆไป แล้วในช่วงเวลาการทดสอบ 10 ชม. เหล็กจะเกิดการผุกร่อนประมาณ 0.36 ออนซ์ ต่อกระแส 1 แอมแปร์



ภาพที่ 5.26 Polarrization Chart

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประมาณค่ากระแสโดยประมาณ

เราสามารถที่จะประมาณค่ากระแสโดยประมาณที่ใช้สำหรับระบบ Cathodic Protection ได้ ทั้งนี้โดยใช้ข้อมูลเบื้องต้นที่จำเป็นในการคำนวณคือ

1. Coating Conductance, g รายละเอียดเกี่ยวกับการหาค่านี้ จะได้กล่าวต่อไปในภายหลัง ค่านี้มีค่าแปรเปลี่ยนตามค่า Soil Resistivity และ ชนิดของการเคลือบผิวท่อ (Coating) อย่างไรก็ตามพอที่จะสามารถประมาณค่าได้ดังนี้

1.1 1-10 Micromhos/sq.ft. ถ้าการเคลือบผิวท่อเป็น แบบดีเลิศ (Excellent Coating) และอยู่ในบริเวณ High-Resistivity Soil

1.2 10-50 Micromhos/sq.ft. ถ้าการเคลือบผิวท่อดี (Good Coating) และอยู่ในบริเวณ High-Resistivity Soil

1.3 50-100 Micromhos/sq.ft. ถ้าการเคลือบผิวท่อเป็นแบบดีเลิศและอยู่ในบริเวณ Low-Resistivity Soil

1.4 100-250 Micromhos/sq.ft. ถ้าการเคลือบผิวท่อดี และอยู่ในบริเวณ Low- Resistivity Soil

1.5 250-500 Micromhos/sq.ft. ถ้าการเคลือบผิวท่อพอใช้ (Average-Coating) และอยู่ในบริเวณ Low Resistivity Soil

1.6 500-1000 Micromhos/sq.ft. ถ้าการเคลือบผิวท่อไม่ ดี (POOR COATING และอยู่ในบริเวณ Low-Resistivity Soil

โดยอาศัยข้อมูลค่า Soil Resistivity กับการเคลือบผิวท่อ ก็สามารถที่จะประมาณค่า Coating Conductance ได้

2. ΔE ที่จุด Potential ต่ำสุด (จุด Critical) , ΔE_x

3. ΔE ที่จุด Drain Point, ΔE_A ที่เปลี่ยนแปลงที่จุดนี้จะต้องไม่มากกว่า 1.5 โวลท์ ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้สารที่เคลือบผิวท่อฉีกขาดได้

4. I ที่จุด Drain Point, I_A, ค่านี้เป็นค่าที่จะต้องทำการหา โดยอาศัยกราฟตามภาพที่ 5.27 และ 5.28 อ่านค่า Amperes Per Inch แล้วนำมาหาค่า I_A ตามสูตร คือ

$$I_A = \text{Amperes Per Inch} \times \frac{E_x \times D}{0.3}$$

D = เส้นผ่าศูนย์กลางรอบนอกของท่อ (Outside Diameter), นิ้ว

ตัวอย่างการคำนวณ 1

ท่อเส้นหนึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางรอบนอก 30 นิ้ว มีค่า Coating Conductivity 100 Micromhos/sq.ft. กระแสที่จุด Drain Point จะเป็นเท่าไร และกระแสนี้จะป้องกันท่อได้ยาวเท่าไร ถ้า $\Delta E_A = 1.5$ และ $\Delta E_x = 0.3$

$$\Delta E_A / \Delta E_x = 1.5/0.3 = 5.0$$

$$g = 100 \text{ Micromhos/sq.ft.}$$

จากภาพที่ 5.27 จะได้ $L = 30.0$

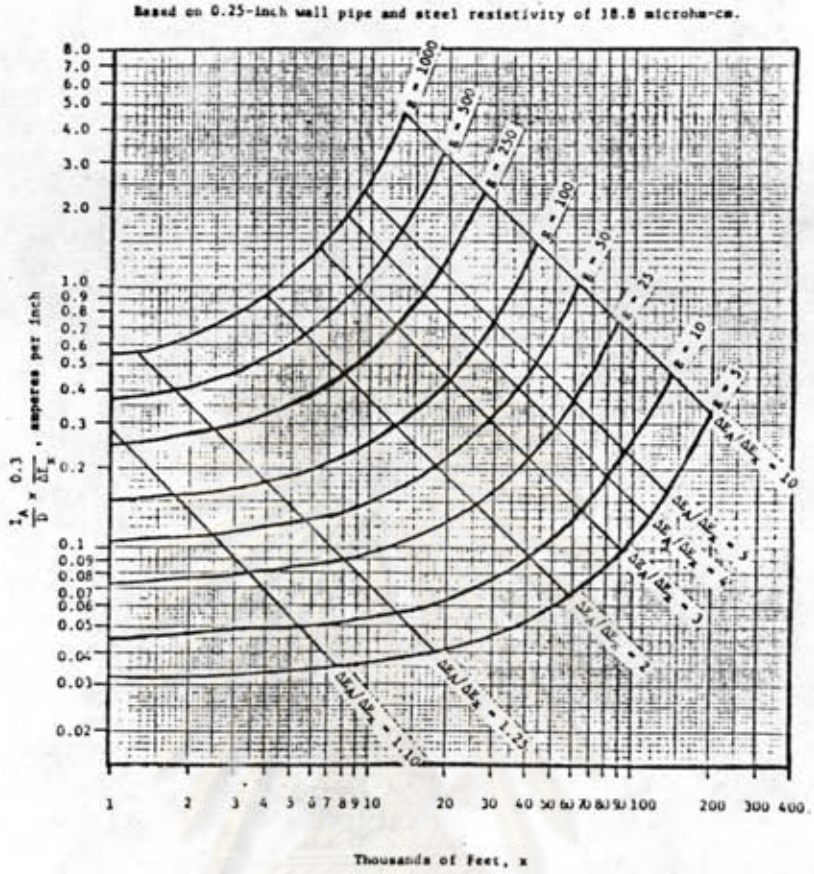
$$\frac{(I_A)(0.3)}{D E_x} = 0.70$$

$$I_A = 0.70 \times 30.0 = 21.0 \text{ แอมแปร์}$$

กระแสจ่ายที่จุด Drain Point 21.0 แอมแปร์ จะป้องกันท่อยาว 30,000 ฟุต ของทั้งด้านซ้ายและด้านขวา ของจุด Drain Point (ป้องกันท่อได้ยาวรวม 60,000 ฟุต)

ตัวอย่างการคำนวณ 2

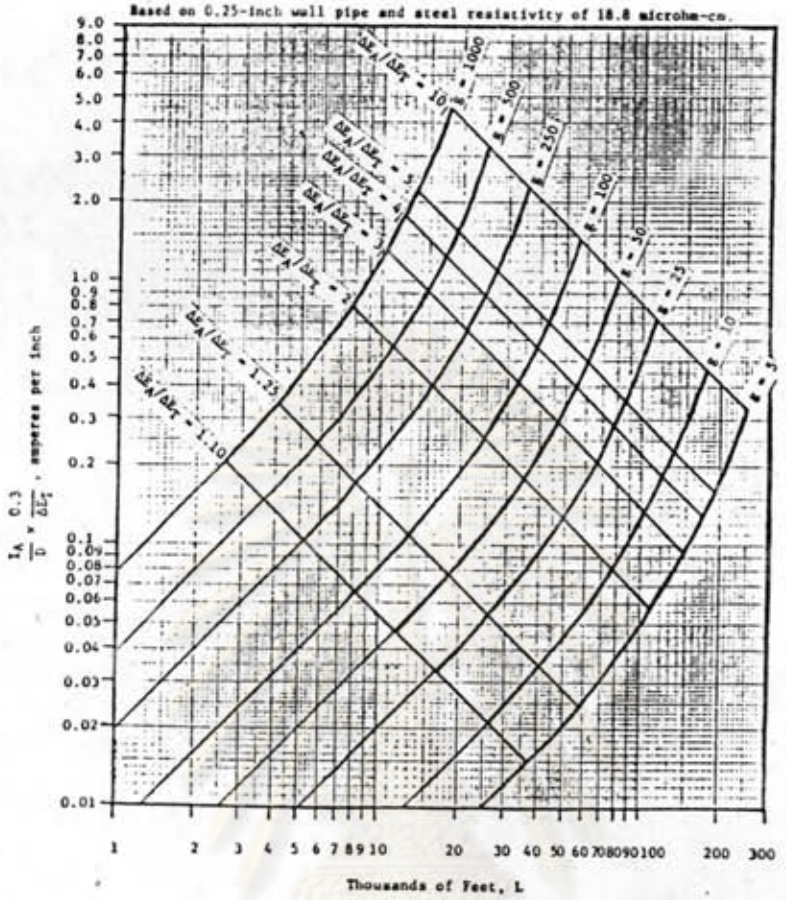
ท่อความยาว 20,000 ฟุต ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ต่อแยกจาก Christmas Tree โดย Insulating Flange และอีกด้านหนึ่งก็เป็น Insulating Flange ซึ่งเป็นจุดที่ทำการจ่ายกระแส ท่อมีค่า Coating Conductivity 500 Micromhos/sq.ft.



ภาพที่ 5.27 กราฟหาค่ากระแสของระบบคาโทดิค

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 5.28 กราฟหาค่ากระแสของระบบคาโทดิค

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie, Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1) ค่า $\Delta E_A / \Delta E_T$ มีค่าเท่าไร 2) ΔE_A ที่ต้องการ มีค่าเท่าไร

จากกราฟในภาพที่ 5.28 จะได้

$$\frac{E_A}{E_T} = 5.8 \quad (\text{ถ้า } E_T = 0.3 \text{ ดังนั้น } E_A = 1.74)$$

$$\frac{I_A}{D} \times \frac{0.3}{E_T} = 1.8 \quad \text{แอมแปร์ต่อน้ำ}$$

$$I_A = 1.8 \times 3.625 = 6.525 \quad \text{แอมแปร์}$$

การใช้ Galvanic Anode กับระบบท่อ (Galvanic Anode on coated lines)

ในบางครั้งบางเวลา ด้วยเหตุผลทางด้านเศรษฐศาสตร์ อาจจะถูกแนะนำให้ใช้ Galvanic Anode มากกว่าที่จะใช้ระบบ Rectifier กับระบบ Cathodic Protection จะมีโลหะเพียง 2 ชนิด ที่นิยมใช้เป็น Galvanic Anode ซึ่งก็คือ แมกนีเซียม และสังกะสี

1. เมื่อไหร่และที่ไหน ถึงจะใช้แมกนีเซียม

ข้อดีของการใช้แมกนีเซียม เมื่อเทียบกับการใช้ Rectifier ก็คือ อาจจะมีกระแสไฟฟ้าเพียงเล็กน้อย เท่านั้นที่มามีผลกระทบต่อระบบท่อ การใช้ Rectifier จะทำให้เกิด Over-Protection กับระบบท่อในจุด Drain Point ซึ่งไม่มีความจำเป็น สำหรับกรณีดังกล่าวข้างต้น อันเป็นสูญเปล่าพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ ถ้าเราสามารถที่จะควบคุมการจ่ายของกระแสให้เป็นบางส่วนของท่อ เฉพาะจุดที่มีความจำเป็นก็จะไม่เป็นการสูญเสียมากนัก ซึ่งก็หมายความว่า การใช้ Magnesium Anode ในจุดที่เหมาะสมจะสามารถป้องกันระบบท่อได้โดยการจ่ายกระแสที่น้อยกว่า ระบบ Rectifier อย่างไรก็ตามกระแสที่จ่ายจาก Rectifier ต้นทุนต่อแอมแปร์ จะถูกกว่ากระแสจากแมกนีเซียม ดังนั้นจึงไม่จำเป็นเสมอไปที่ใช้ระบบ Galvanic anode แล้วจะถูกกว่า ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องระวังและคำนึงไว้เสมอ

นอกจากนี้มันเป็นความจริงว่า Magnesium Anode จะไม่เป็นแหล่งจ่ายกระแสที่ไม่ประหยัดเลย เมื่อนำมาไปใช้ในบริเวณที่มี Soil Resistivity สูงมาก โดยทั่วไปแล้วข้อจำกัดของการใช้จะอยู่ในบริเวณที่มี Soil Resistivity ต่ำกว่า 3,000 โอห์ม-ซม. ยกเว้นในบางกรณีที่พิเศษจริง ๆ ที่ต้องการกระแสเพียงเล็กน้อย ก็จะใช้ Magnesium Anode

การใช้งานของ Magnesium Anode มักจะใช้ในการป้องกัน ท่อที่มิได้มีการเคลือบผิว ใช้ในการป้องกันโครงสร้างอื่นที่แยกอยู่ต่างหาก (Isolated Structure) และใช้เป็นทางป้องกันเสริมสำหรับระบบท่อที่มีการ Coated โดยเฉพาะในจุดที่สภาพของดิน บ่งว่าเหมาะสมที่จะใช้

2. เมื่อไหร่ และที่ไหนถึงจะใช้สังกะสี

ศักยภาพทางไฟฟ้า (Potential) ตามธรรมชาติ ระหว่างสังกะสีกับเหล็ก (Steel) จะต่ำกว่าศักยภาพทางไฟฟ้าตามธรรมชาติระหว่างแมกนีเซียมกับเหล็ก โดยที่สิ่งอื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นกระแสที่ออกจากสังกะสี จึงจะต่ำกว่า กระแสที่ออกจากแมกนีเซียม ในสภาวะเดียวกัน และขนาด Anode เท่ากัน

ด้วยกระแสที่จ่ายออกที่น้อยกว่าของสังกะสีทำให้ ประสิทธิภาพการจ่ายกระแสไม่ดกเหมือนกับที่ใช้แมกนีเซียม ดังนั้นการใช้งานของสังกะสีเป็น Anode จะใช้ได้ยาวนานถึง 20 ปี 30 ปี หรืออาจถึง 40 ปี ขณะที่แมกนีเซียมจะใช้งานเพียงแค่ 10 ปี เท่านั้น การคิดความคุ้มค่า ของการใช้งานทางเศรษฐศาสตร์ ระหว่างแมกนีเซียมและสังกะสี มักจะไม่ค่อยทำกัน แต่มักจะดูสถานการณ์ของสภาพแวดล้อมที่จะใช้ Galvanic Anode มากกว่า อย่างเช่น ระบบท่อส่งก๊าซที่ต้องเดินเข้าไปในตัวเมืองที่หนาแน่น การขุดเพื่อติดตั้งและเปลี่ยน Galvanic Anode จึงนำมาใช้ในการคำนึงเลือกชนิดของโลหะที่จะเป็น Anode

ในบางสถานะการณ์ ศักยะภาพ สังกะสี-เหล็ก ที่ต่ำนั้น จะก่อให้เกิดข้อได้เปรียบ คือ ชุดของ Zinc Anode จะยกศักยภาพของโครงสร้างเหล็กให้สูงขึ้น 1.1 โวลท์ (เทียบกับ Copper Sulfate Electrode) แต่ก็จะไม่มากไปกว่านี้ ข้อดีอีกส่วนหนึ่งของ Zinc Anode ก็คือ มันสามารถจ่ายกระแสได้ในช่วงกว้าง นั้นหมายความว่า เมื่อ COATED ที่หุ้มท่อ SOIL RESISITIVITY เปลี่ยนไป อาจเนื่องมาจาก น้ำ กระแสที่ออกจาก ZINC ANODE เปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์ พร้อมทั้งจะยกระดับศักยภาพของเหล็กให้สูงขึ้นด้วย จริงอยู่แมกนีเซียมสามารถที่จะทำสิ่งในทำนองนี้ได้ แต่ต้องที่ศักยภาพที่สูงกว่า 1.6 V. ซึ่งต้องการกระแสมากกว่าถึง 4 เท่า

3. การออกแบบโดยระบบทั่วไป

เป็นความจริงอยู่ว่าเป็นไปไม่ได้เลยที่จะออกแบบระบบการใช้ Magnesium Anode

ให้มีประสิทธิภาพ และประหยัดบนแผ่นกระดาษได้ นอกเสียจากว่า กระแสที่ต้องการ (Current Requirement) ของระบบท่อคงที่ (Uniform) ตลอดความยาวของท่อ และสถานะของดิน ก็คงที่ตลอดความยาวของท่อด้วย ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ ดังนั้นเพื่อให้ได้ประโยชน์เต็มที่ ในการใช้งาน จะต้องทำการสำรวจหาข้อมูล เพื่อที่จะใช้ออกแบบระบบ โดยทำการสำรวจ กระแสที่ต้องการ (Current Requirement) ของแต่ละช่วงความยาวของท่อ สำรวจ Soil Resistivity การสำรวจที่จะให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะออกแบบจะเป็นการเสียค่าใช้จ่ายมาก เทคนิคที่ดีกว่าคือ ทำการสำรวจและลองติดตั้งให้สมบูรณ์ เป็นช่วง ๆในสนาม แล้วจึงค่อยทำเช่นนี้กับช่วงต่อไปจะดีกว่า

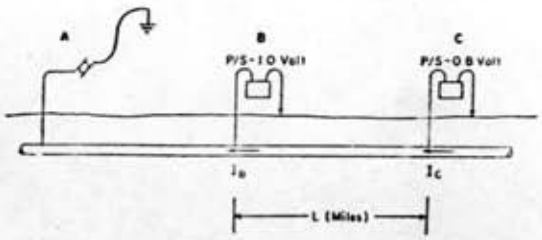
ตามภาพที่ 5.29 เป็นการสำรวจหลังจากทำ Polarization Run เป็นเวลา 3 ถึง 4 ชม. โดยกระแสจะไหลออกจากท่อที่จุด A (Drain Point) และที่จุด B และจุด C วัด P/S POTENTIAL ได้ 1.0 โวลท์ และ 0.8 โวลท์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของ P/S Potential ระหว่างจุด B และ C อยู่ที่ประมาณ 0.9 โวลท์ ซึ่งก็หมายความว่า การกระจาย Magnesium Anode) เพื่อปกป้องท่อจะต้องให้ได้ค่า P/S Potential ขนาดนี้ ณะเดียวกันก็จะต้องทำการวัด Line Current ที่จุด B และ C ผลต่างของกระแสที่จุด B และ C อาจเป็นกระแสที่จำเป็นต้องการใช้ในการป้องกันท่อในช่วงนั้น โดยค่าที่ได้จะถูกหารด้วย ความยาวระหว่างจุด B และ C ได้ค่าออกมาเป็นกระแสที่ต้องการในหน่วย แอมแปร์ต่อไมล์ ตามสูตร (Parker et al, 1984)

$$\text{Drain Current} = \frac{I_A - I_B}{L}$$

อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ ถ้าไม่สามารถหาค่าที่จุดที่เราต้องการจะวัดได้ หรือในบางกรณีที่ไม่สะดวกในการวัดที่จุดนั้น ๆ เราก็สามารถที่จะประมาณค่า ณ บริเวณจุดที่เราต้องการได้โดยวัดที่จุดอื่นแล้วประมาณค่าเอาตามภาพที่ 5.30 ทำการวัดค่าที่จุด A และ B ทั้ง P/S Potential และ Current Requirement แต่จุดที่ต้องการรู้ค่า คือ จุด C และจุด D โดยสมมติฐานให้ Static Potential มีค่าเท่ากับ 0.6 โวลต์ P/S และ Current Curve จะเป็นเส้นตรง ดังนั้นจึงจุดค่าที่จุด A และ B ลงในกระดาษ Semi-Log ลากเส้นตรงผ่านจุดทั้งสองตามภาพที่ 5.30 จากนั้นก็อ่านค่าที่ได้ ณ จุด C และ D ในกรณีนี้ P/S Potential มีค่า 1.0 และ 0.8 และกระแสที่ได้เป็น 5.3 และ 2.8 แอมแปร์ ตามลำดับ

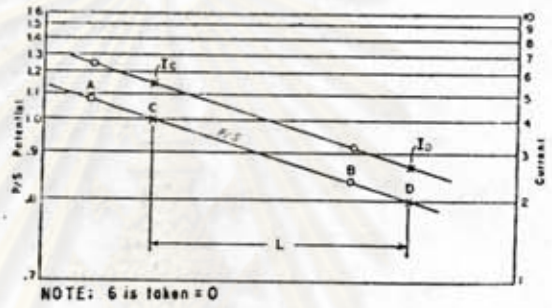
4. กรรมวิธีการติดตั้ง

หลังจากที่ได้ ทำงบประมาณกระแสที่จะต้องจ่ายแล้ว ขั้นต่อไปก็ต้องทำการติดตั้ง



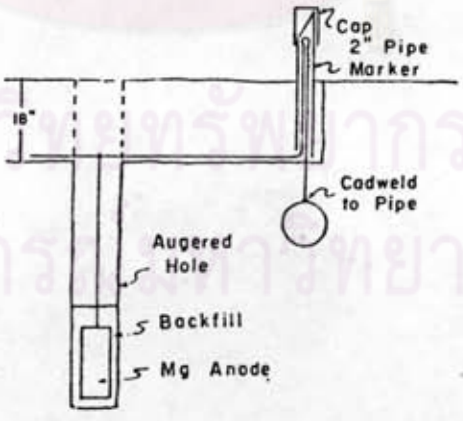
ภาพที่ 5.29 การสำรวจ Potential หลังทำ Polarization Run

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie, Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.30 การประมาณ Potential และ Current

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie, Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.31 การติดตั้งจุดจ่ายกระแส

แหล่งที่มา : MARSHALL E. PARKER, EDWARD G. PEATTE. PIPELINE CORROSION AND CATHODIC PROTECTION

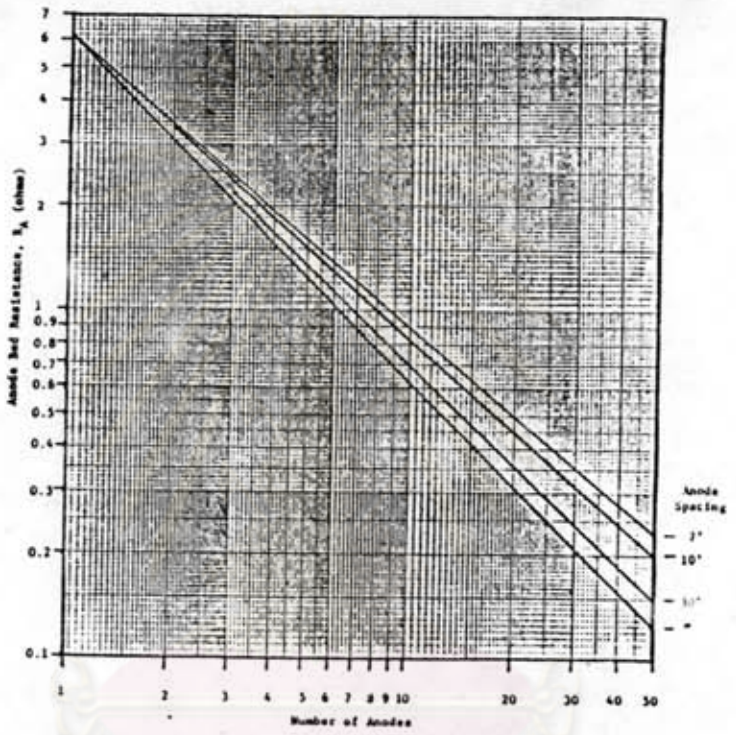
อย่างในกรณีนี้ เข้าช่วงความยาวท่อเท่ากับ 5 ไมล์ กระแสที่จะต้องจ่ายจะเท่ากับ (5.3-2.8)/5 = 0.5 แอมแปร์ต่อไมล์ จากนั้นก็ต้องเลือกจุดที่จะทำการติดตั้งโดยสถานะของดิน ณ จุดนั้นจะต้องนำมาคำนึงว่ามี Soil Resistivity อย่างไร จำนวนและขนาดของ Anode จะขึ้นอยู่กับ Resistivity และการตอบสนองของท่อเอง โดยทั่วไปแล้ว Magnesium Anode ขนาด 50 ปอนด์ จะใช้กับบริเวณที่มี Resistivity 400 โอมห์ - ซม. หรือต่ำกว่า ขนาด 32 ปอนด์ สำหรับบริเวณที่มี Resistivity 401-700 โอมห์ - ซม. และขนาด 17 ปอนด์ สำหรับบริเวณที่มี Resisitivity 700 โอมห์ - ซม. โดยแต่ละขนาดจะจ่ายกระแสให้ขนาด 285 185 และ 92 มิลลิแอมแปร์ ตามลำดับ ได้เป็นเวลา 10 ปี และการจัดติดตั้ง Anodeจะเป็นดังแสดงในภาพที่ 5.31

5. โพลาไลเซชั่น และการปรับครั้งสุดท้าย

หลังจากการติดตั้ง Anode แล้วจะปล่อยให้ Anode ทำงานเป็นเวลาประมาณ 3 สัปดาห์ ซึ่งเป็นเวลาที่จะทำให้เกิด Polarization ที่มากเพียงพอ และกระแสจ่ายออกค่อนข้างที่จะมีเสถียรภาพแล้ว (Stabilization) หลังจากเวลานี้แล้วจะทำการวัดกระแสจ่ายออก และ P/S Potential ความต้านทานอาจจะต้องติดตั้งถ้าจำเป็น เพื่อให้กระแสลดลงมาอยู่ที่ค่าออกแบบไว้ และสิ่งที่สำคัญอีกอย่างก็คือ จะต้องทำการตรวจสอบ Potential ณ จุดกลางระหว่าง แต่ละสถานีว่า Potential มีค่ามากกว่า 0.85 V. หรือไม่ ถ้าไม่ก็มีความจำเป็นจะต้องเพิ่มจำนวน Anode เข้ากับสถานีเดิม หรือมิฉะนั้นก็ต้องสร้างสถานีขึ้นใหม่ เมื่อสร้างสถานีขึ้นมาใหม่ ก็จะต้องทำการวัดค่า Potential ระหว่างสถานีใหม่กับสถานีเดิมเพื่อตรวจความแน่นอนด้วย ทำการสำรวจเช่นนี้จนกว่าระบบท่อจะได้รับการป้องกันตลอดช่วง

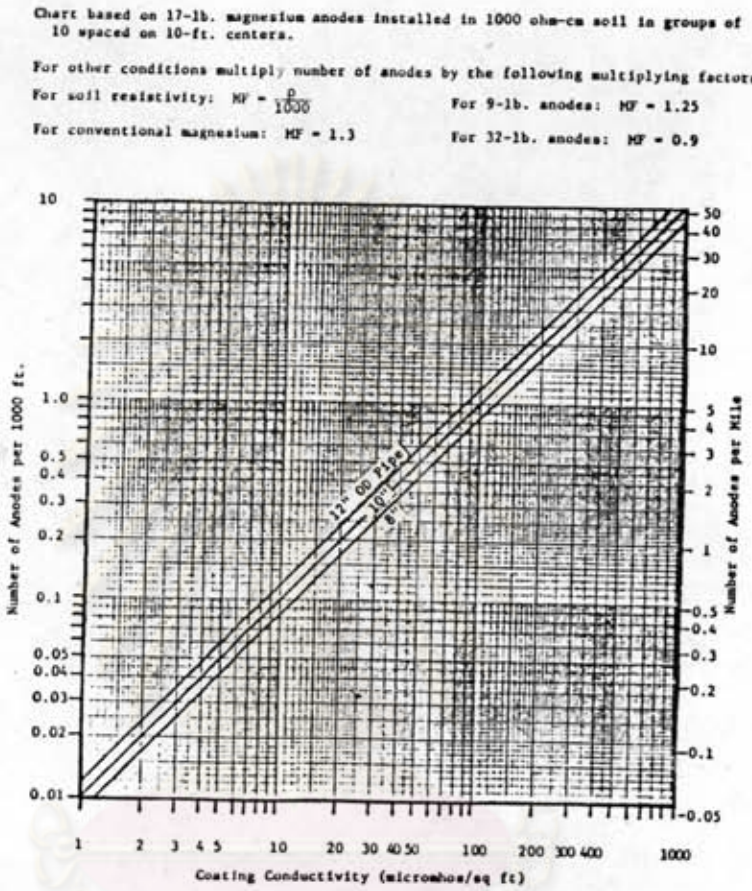
6. การออกแบบจะได้รับการป้องกันด้วยประสบการณ์

ตามที่ได้กล่าวข้างต้น เป็นขั้นตอนการออกแบบโดยละเอียด ซึ่งเสียเวลาสำหรับวิศวกรที่มีความชำนาญจะผนวกข้อมูลที่ได้ จากการสำรวจขั้นต้นกับการออกแบบขั้นสุดท้าย และสามารถที่จะอาศัย ความรู้สึก และการสังเกตุพฤติกรรมจากกระแสและ Potential และทำการติดตั้ง Anode หลังจากนั้นจึงค่อยทำการปรับและสำรวจจนได้ค่าที่ต้องการ โดยหลักพื้นฐานแล้วเหมือนกันแต่ผู้ที่มีประสบการณ์ แทนที่จะสำรวจโดยละเอียด แล้วไปออกแบบในสำนักงานแล้วจึงค่อยมาติดตั้ง กลับอาศัยการประมาณการขั้นต้นแล้วทำการติดตั้ง และสุดท้ายจึงปรับแต่งให้เหมาะสม แผนภาพที่ช่วยในการออกแบบ เทียบกับข้อมูลเบื้องต้นจากการสำรวจ คือ ภาพที่ 5.32 และ 5.33 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Anode-Bed Resistance กับจำนวนของ 17 ปอนด์ แมกนีเซียม อาโนด



ภาพที่ 5.32 กราฟหาจำนวนอาโนด

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.33 กราฟหาจำนวนอาโนด

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie, Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

ปัญหา Interferrnce ในระบบป้องกันการผุกร่อนคาโทดิค

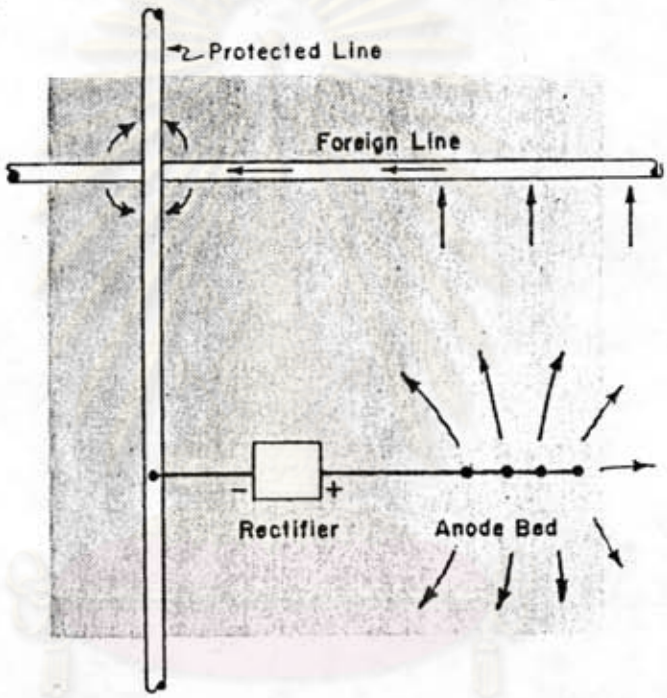
Interference เป็นปัญหาธรรมดา ที่อาจเกิดกับระบบ Cathodic Protection ในที่ใดก็ตามที่มีท่อโลหะ หรือโครงสร้างโลหะผ่านเข้ามาหรืออยู่ในบริเวณที่ทำ Cathodic Protection จะเกิดปัญหา Interference ได้ ดังเช่น ในภาพที่ 5.34 ท่อโลหะเส้นหนึ่งผ่านเข้ามาอยู่ในบริเวณท่อที่ระบบ Cathodic Protection ท่อนี้จะรวมกระแสที่จ่ายจาก Anode Bed และจะไหลไปตามท่อและจ่ายกระแสออกให้กับท่อที่มีระบบป้องกัน (Protected Line)ในบริเวณที่ท่อแปลกปลอมเดินผ่าน หรือ เข้ามาใกล้ดังภาพ ซึ่งจะทำให้ท่อแปลกปลอมนี้เกิดการผุกร่อนในบริเวณที่จ่ายกระแสออก ปัญหา Interference จะเกิดมากถ้าท่อที่แปลกปลอมเข้ามาอยู่ใกล้กับ Anode Bed มาก ยิ่งอยู่ห่างมากเท่าใด ปัญหาก็จะมีน้อย ลักษณะการเกิด Interference นี้เรียกว่า Cathodic Interference ในลักษณะเดียวกันบางครั้งเราจำเป็นต้องสร้างท่อใหม่ผ่านเข้าไปใกล้ท่อเดิมซึ่งมีอยู่แล้วในบริเวณนั้น และเป็นจุดที่ใกล้กับที่ติดตั้ง Anode Bed ของท่อเดิมนั้น

ปัญหา Interference ก็จะเกิดขึ้นกับท่อที่จะสร้างเข้าไปใหม่ได้ในบริเวณที่ท่อทั้งสองเข้าใกล้กัน ซึ่งก็จะก่อให้เกิดการผุกร่อนขึ้นกับท่อที่จะสร้างใหม่ได้ ลักษณะการเกิด Interference นี้เรียกว่า Anodic Interference

อย่างไรก็ตาม ในบางสถานที่มีโครงสร้างโลหะอยู่ใกล้กับ Anode Bed ก็จะเกิด Interference ได้เช่นเดียวกัน ดังเช่นในภาพที่ 5.35 มีถังโลหะอยู่ใกล้กับ Anode Bed ถังโลหะนี้จะรับกระแสที่บริเวณพื้นที่ A ตามภาพและจ่ายกระแสออกที่ พื้นที่ B ซึ่งจะก่อให้เกิดการผุกร่อนในบริเวณพื้นที่นี้ แต่ถ้า Anode Bed อยู่ห่างไกลจากโครงสร้างนี้มากปัญหาต่างๆก็จะน้อยลง ดังนั้นในการที่จะออกแบบติดตั้ง Anode Bed นี้ จะต้องดูบริเวณโดยรอบด้วยว่ามีโครงสร้างอะไรในบริเวณที่จะได้รับความเสียหายบ้างเพื่อที่จะได้ออกแบบให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ด้วย

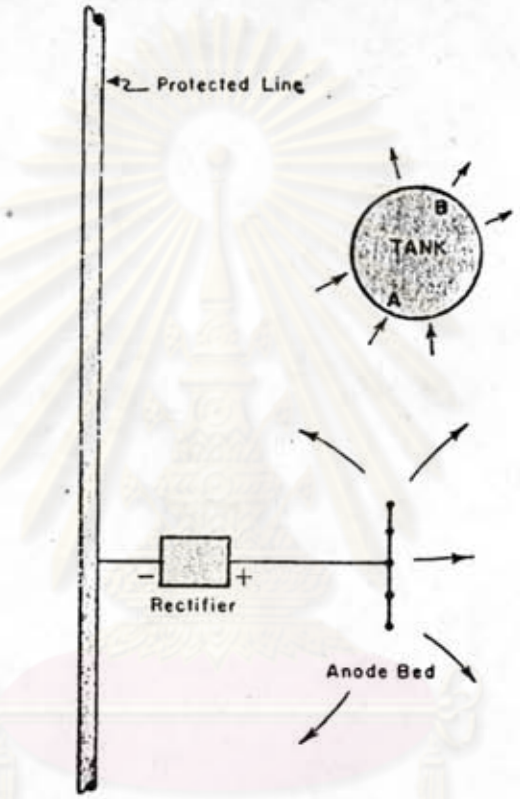
การแก้ปัญหา Interference

ในสถานะการณ์ดังที่เกิดตามภาพที่ 5.34 การเยียวยาแก้ไขจะทำได้โดย นำเอาความต้านทาน (Resistor) ขนาดที่เหมาะสม ซึ่งเรียกกันทั่วไปว่า Bond มาเชื่อมติดระหว่างท่อทั้งสองดังภาพที่ 5.36 ในการหาขนาดของ Bond ที่เหมาะสม จะต้องทำการปรับค่าความต้านทานจนทำให้ Potential ระหว่างท่อแปลกปลอม (Foreign Line) กับดินระหว่างท่อทั้งสอง ไม่เปลี่ยนแปลงทั้งในเมื่อเปิดและปิด Rectifier การวัดค่า Potential จะทำได้โดยนำเอาขั้ว Copper Sulfate อยู่ที่ดินระหว่างท่อทั้งสอง และอีกขั้วอยู่ที่ท่อแปลกปลอม



ภาพที่ 5.34 การเกิดปัญหา Interference กับท่อ

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.35 การเกิดปัญหา Interference กับโครงสร้าง

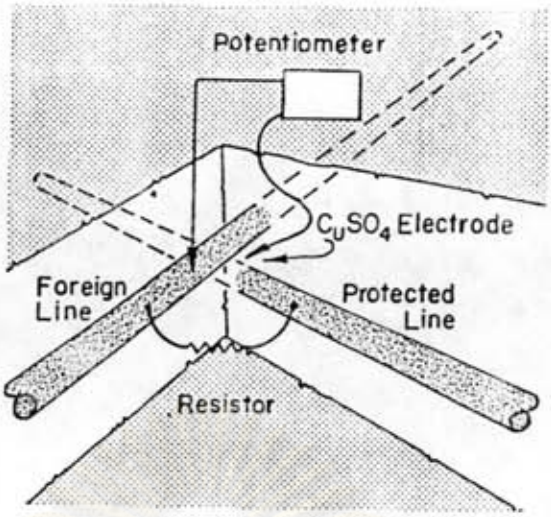
แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection

ดังที่เห็นในภาพที่ 5.36 อย่างไรก็ตามในบางครั้งจุดที่ท่อจ่ายกระแสออกอาจจะไม่ได้มีจุดเดียว ดังเช่นในภาพที่ 5.37 กระแสส่วนหนึ่งจะไหลออกไปในทิศทางตรงข้ามกับที่ติด Bond และจ่ายออกในที่ไกลออกไป ในกรณีเช่นนี้จะต้องแก้ด้วยการปรับจำนวน Anode ใหม่ให้เหมาะสมและใช้ Anode เสริมในจุดที่จำเป็น

ในกรณีมีท่อขนานกันระหว่างท่อที่มีระบบป้องกัน (Protected Line) กับท่อแปลกปลอม (Foreign Line) ดังแสดงในภาพที่ 5.38 อาจจะมีกระแสไหลข้ามระหว่างท่อทั้งสองได้ ในการที่จะทราบว่า จุดไหนที่กระแสไหลข้ามระหว่างท่อทำได้โดยทำการวัด Surface Potential ระหว่างท่อทั้งสองและระหว่างท่อแปลกปลอมกับจุดที่ห่างออกไปเท่ากับระยะห่างระหว่างท่อทั้งสอง ดังเห็นในภาพที่ 5.38 การอ่านค่าต้องทำทั้งเมื่อเปิดและปิด Rectifier ในจุดไหนที่พบว่ามีกระแสไหลข้ามระหว่างท่อทั้งสอง ก็ต้องมีการติดตั้ง Bond ที่จุดนั้น

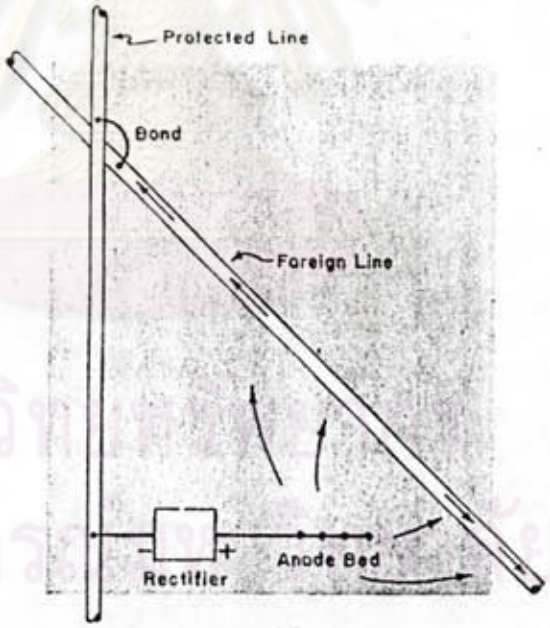
ในบางครั้ง ท่อแปลกปลอมที่ผ่านมาเข้ามาในระบบนั้น เชื่อมต่อกันด้วย Joint ที่ไม่นำกระแสดังในภาพที่ 5.39 จะเกิดกระแสไหลข้าม Joint เหล่านี้ จากปลายท่อด้านหนึ่งของ Joint ไปยังอีกด้านหนึ่ง ในปลายท่อที่กระแสไหลออกจะเกิดการผุกร่อนได้ ในกรณีเช่นนี้จะไม่เกิดขึ้น ถ้าท่อแปลกปลอมนี้อยู่ห่างจาก Anode Bed มาก ๆ อย่างไรก็ตามถ้าเกิดกรณีเช่นนี้ก็อาจจะแก้ไขได้โดยติดตั้ง Bond คร่อม Joint เชื่อมปลายท่อทั้งสองด้านเข้าด้วยกัน หรือไม่ก็ติดตั้ง Magnesium Anode ที่จุดกระแสไหลออก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



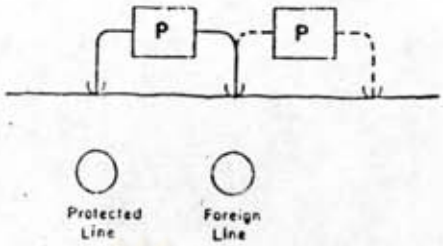
ภาพที่ 5.36 การแก้ปัญหา Interference

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



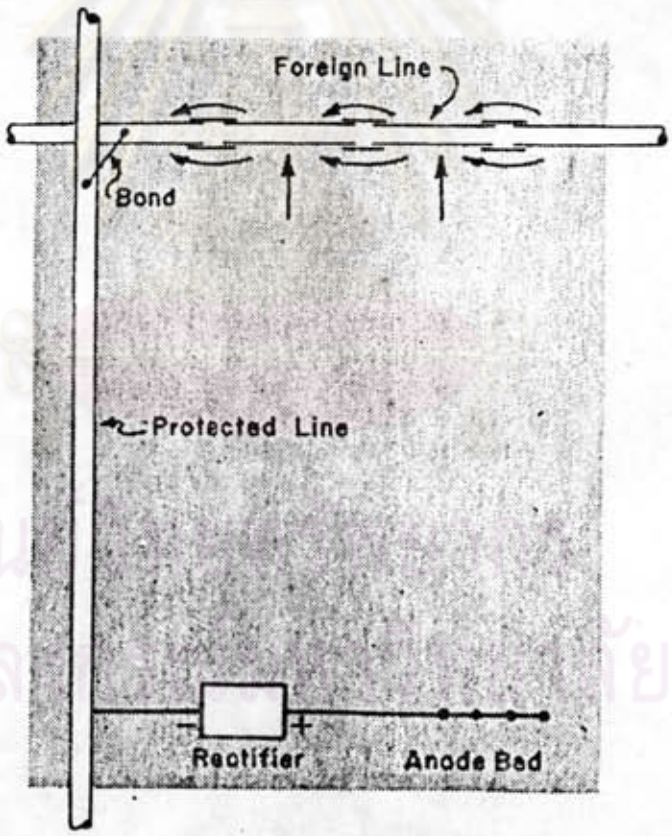
ภาพที่ 5.37 ปัญหา Interference จากท่อลอยใกล้ Anode Bed

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie,
Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.38 การวัด Potential ระหว่างท่อที่ขนานกัน

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie, Pipeline Corrosion and Cathodic Protection



ภาพที่ 5.39 การเกิด Interference ที่ข้อต่อฉนวน

แหล่งที่มา : Marshall E. Parker, Edward G. Peattie, Pipeline Corrosion and Cathodic Protection