

מדיניות תחזוקה של מתקני הגנה קתודית

Maintenance Procedures of Cathodic Protection Systems

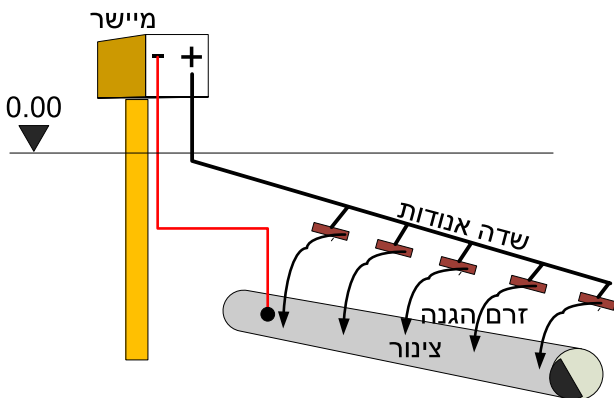
סרגיו הולינגר

אנודות הקרבה מאלומיניום (כלי שיט קטנים) או בזרם מאולץ (גוררות גדולות).

הפסקת פעולת מערכת ההגנה הקתודית גורמת לחידוש תהליך הקורוזיה, בקצב שתלוי בסוג מתכת התשתית ובסוג הסביבה האלקטרוליטית שבה היא נמצאת. חשיבות הפעילות התקינה של מערכות ההגנה הקתודית ברורה, והדרך להבטיח זאת היא לבצע תוכנית תחזוקה מסודרת וקפדנית.

עקרון ההגנה הקתודית בזרם מאולץ

כדי להגן על התשתית, מחברים אליה את המהדק השלילי (-) של ספק מתח ישר, ואת המהדק החיובי (+) של המיישר מחברים לאנודה מסוג MMO, ברזל או דריכלור.



איור מס' 2 - האלמנטים של מערכת הגנה קתודית בזרם מאולץ

- האלמנטים של מערכת הגנה קתודית בזרם מאולץ:
- המיישר
 - שדה האנודות
 - כבל (+) ו-(-)
 - התשתית

המיישר מאלץ את האלמנטים של שדה ההארקה המחוברים אליו לפעול כאנודה ולהתאכל במהירות. לכן הבידוד של מוליך ה- (+) של המערכת חייב להיות מחוזק: ליקוי בבידוד זה יגרום להפיכת חומר הנחושת של המוליך לאנודה, לאיכולו המהיר ולניתוק הכבל, שיגרום להפסקת הפעולה של המערכת.

מבוא

קורוזיה מוגדרת כתגובה כימית או אלקטרוכימית של מתכת עם הסביבה שבה היא נמצאת, והיא גורמת לאיכול ולהיווצרות פגמים. האמצעי החשוב ביותר לשמירת הצינור מפני קורוזיה בדופן החיצונית הוא יישום ציפוי באיכות גבוהה, ללא סדקים ועם הצמדה מלאה של כל שכבות הציפוי אל הצינור. רק כשיש פגמים בציפוי נדרשים אמצעי הגנה נוספים.

הגנה קתודית היא שיטה חשמלית לשינוי תהליכים אלקטרוכימיים המתרחשים בממשק בין הצינור לבין הקרקע. השיטה נועדה למנוע, או לפחות לעכב, את תהליכי הקורוזיה של תשתיות טבולות במים או טמונות בקרקע, במקומות שבהם קיים ליקוי בציפוי.

האורך הכולל של תשתיות חברת קו צינור אילת אשקלון הוא כ-750 ק"מ. החברה מפעילה 3 חוות של מכלי דלק עיליים וחוות גפ"מ הטמונה בקרקע.

תקנות המשרד להגנת הסביבה, המבוססות על תקני NACE השונים, מחייבות את הגופים המטפלים במוצרי דלק ליישם את עיקרון ההגנה נגד קורוזיה בעזרת הפעלת מערכות הגנה קתודית בזרם מאולץ.

גם הצינורות הימיים לחיבור בין מיכליות הדלק בים לבין היבשה וגם המבנים האזרחיים הסמוכים לים - קירות פיגומים וקונסטרוקציות מתכתיות - חייבים להיות מוגנים באותה השיטה.

כלי השיט הנמצאים גם הם בשימוש החברה, מוגנים באמצעות



איור מס' 1 - קורוזיה של צינור

על שינוי במצב עטיפת הצינור או על תקלות בפריטי מערכת ההגנה הקתודית, כגון קצר בחיוץ, נתקים בגישורים/ויסותים וקצר עם תשתית סמוכה, דרך כבלי הגנה קתודית בנקודות המדידה. ירידה בזרם המיישר עשוי להצביע גם על כך ששדה האנודות מתקרר לסוף אורך החיים שלו.

- בדיקה ויזואלית חודשית של החיבורים והידוקם לפי הצורך.
- בדיקה ויזואלית חודשית של נקודות המדידה.
- מדידת הפוטנציאלים של הצינור פעם בשנה, באמצעות התקנת איטרופטורים על המיישרים, המשפיעים ישירות על האזור. המדידה נעשית בנקודות המדידה המותקנות כל 100-700 מטרים לאורך התשתית. התוצאות נרשמות במערכת מעקב ממוחשבת לצורך תיעוד והסקת מסקנות (איור מס' 3). תוצאות הבדיקה מושוות עם התוצאות של סקר CIPS החמש שנתי. אם קיים הפרש בין שתי המדידות, משמש סקר CIPS המאסטר (עם מגבלות) בעבור הוויסות השנתי בגין היותו מדויק יותר:
- ויסות זרמי המערכת פעם בשנה כדי להבטיח פוטנציאל של לפחות 850mV - ב-OFF מיד.
- החלפת שדות אנודות אשר אינם יכולים לספק עוד את הזרם הנדרש. הצורך בהחלפת שדות נצפה בטרם עת, וביצוע השדה החדש נכלל בתוכנית העבודה של השנה הבאה.

תחזוקת שבר

מערכות ה"ק פועלות בחוץ בתנאי סביבה של טמפרטורה גבוהה ואבק. למרות האמינות של הציוד, ישנן תקלות שמחייבות תיקון:

- תיקון מיישרים: שרפת דיודה או מעגל פיקוד.
- תיקון מוליכים - לרוב בגלל פגיעה מכנית בכבל.
- תיקון נקודות מדידה - בגלל פגיעה בלתי מכוונת או ונדליזם. לפעמים יש צורך להחליף לוח מהדקים או מוליכים.

באזורים מסוימים בארץ מתרחשים גם אירועי פגיעה ברכוש, שגורמים נזק רב לחברה או לספק השירות החיוני, חברת החשמל.

תחזוקה חזויה

סקר CIPS כל 5 שנים: מדידת פוטנציאלים של התשתית במשטר Instant Off כדי לגלות הגנת חסר או יתר, קצר בין צינור הדלק לשרוולים ואינטרפרנציה (תופעת השפעה מזיקה לתשתיות מתכתיות תת-קרקעיות שכנות).

מדידת CIPS		נתוני מדידות קצא"א				
Number	Connection	Pipeline Potentials (mV)		Pipeline Potentials (mV)		הפרש ב-OFF (mV)
		ON	OFF	ON	OFF	
TP 000.008	16"	-1086	-831	-1100	-1090	259
	18"	-1018	-709	-995	-990	281
	42"	-970	-780	-1190	-1190	410
TP 012.750	16"	-959	-763	-1130	-1050	287
	18"	-933	-728	-1120	-1040	312
	TP 047.650	18"	-848	-738	-1040	-890
TP 066.590	18"	-1196	-815	-1630	-1570	755

איור מס' 3

איכול החומר של האנודות, הנמדד ב-kg/year*A, תלוי בסוג החומר. בחירה של חומר עם איכול אטי מאפשרת מזעור של גודל שדה האנודות. יחד עם זאת, כדי להקטין את התנגדות שדה ההארקה ולחסוך בעלויות אנרגיה לטווח ארוך, יש למלא את תוואי האנודה בחומר מילוי מיוחד backfill ולהוביל אל מחוץ לתוואי את הגזים הנוצרים בעת הריאקציה האלקטרוליטית.

על מי מוטלת המשימה לתחזק את מערכות ההגנה הקתודית?

הרבה אלמנטים מתחום החשמל נמצאים במערכות האלה: מיישרים, מוליכים, ציוד מדידה של זרם מתח התנגדות והתנגדות הבידוד. באופן טבעי עובר הטיפול למחלקות החשמל, ואלה המופקדים על הנושא הם בעלי השכלה בתחום החשמל.

אולם בהשכלה בתחום החשמל, יש צורך לעבור הכשרה מתאימה ומעמיקה כדי להבין לא רק את אופן ביצוע העבודה אלא גם את התהליכים כדי לתפעל את המערכת ולהבין את המשמעות של הממצאים בשטח.

עקרונות מדיניות התחזוקה של מערכות הגנה קתודית חברת "קצא"א

- ביצוע של תוכנית תחזוקה מונעת מבוססת זמן. המטרה היא להפחית למינימום את מספר תקלות השבר.
- ביצוע של תחזוקה חזויה כדי לעמוד על מצב התשתיות וכדי לאמת נכונות או לתקן את התחזוקה המונעת.
- ראייה ארוכת טווח בביצוע פעולות התחזוקה, הבאה לידי ביטוי בעת בחירת הציוד והשיטות לטיפול בבעיות התחזוקה.
- תיעוד מלא של כל פעולות התחזוקה לצורך מעקב, הסקת מסקנות והכנת התוכניות הרב-שנתיות.
- שיתוף פעולה עם גופי התשתית האחרים כדי להגיע לפתרונות הטכנו כלכליים האופטימליים.

תיאור הפעולות של תוכניות התחזוקה

תחזוקה מונעת של מערכות הגנה קתודית בזרם מאלוף

חברת "קצא"א מפעילה תשתית צנרת הפרוסה על מאות קילומטרים. מערכות ההגנה הקתודית מלוות את הצנרת לכל אורכה: עשרות רבות של מיישרים ושדות אנודות, אלפי נקודות מדידה, ועשרות שרוולים המגינים על הצנור במעברי כביש או רכבת.

אופי העבודה בתוך חוות המכלים אינו שונה בהרבה; הדגש כאן הוא גם על הגנת תחתית המכלים ועל מבני המתכת הטבולים בינם.

התחזוקה מבוססת על תוכניות As Made הכוללות את מיקום התשתיות הסמוכות, האנודות, המיישרים נקודות המדידה, השרוולים ונקודות של הפרדה באמצעות חיבורים מונוליטיים.

מרכיבי המערכת מתוחזקים כך:

- מעקב חודשי של כל המיישרים ורישום מתח וזרם; שינוי משמעותי בנתונים אלה עלול להצביע

האיכול במקום שבו קיימת פגיעה בבידוד הצינור. האמצעי המקובל למניעת התופעה הוא חיבור גלווני Bonding (אם או בלי נגד) והזרמת זרם הגנה. ההזרמה צריכה להיות מבוקרת עד שפוטנציאל התשתית הלא מוגנת קתודית מגיע לפוטנציאל הטבעי (native) או יותר שלילי מזה.

שרוול מקוצר תזכורת:

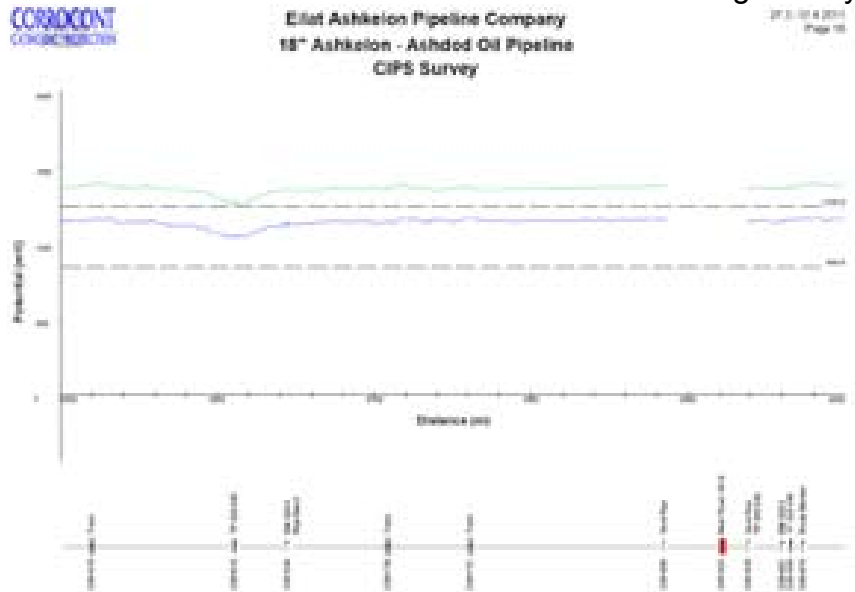
בעת מעבר הצינור מתחת לכביש או מתחת לרכבת, יש צורך להתקין אותו בתוך שרוול מגן. המרחק בין הצינור לבין השרוול נשמר באמצעות נעלי סמך; המטרה היא למנוע קצר ביניהם.

הקצר גורם להפניית רוב זרם ההגנה לכיוון השרוול, על חשבון הצינור שנוותר ללא הגנה מלאה. בעת עריכת סקר CIPS בודקים גם אם קיים קצר בין שני האלמנטים.

כאשר הפרש הפוטנציאלים בין הצינור לבין השרוול עולה על 100mV ניתן להניח שאין קצר ביניהם. הפרש פחות מ-100mV - יש חשש בקיום קצר בין צינור לשרוול.

כדי לאמת חשש לקצר, נהוג להגדיל את הזרמת הזרם מהמיישר ולבחון את שינויי הפוטנציאל בצינורות: גדל הפרש הפוטנציאלים - אין קצר. נשאר הפרש הפוטנציאלים כפי שהיה - יש קצר. בתקני NACE קיימים הנחיות ברורות לביצוע המדידות, המיועדות לבדוק קצר בין שרוול לצינור; יתרה מזאת, ניתן לקבוע את מיקום הקצר ללא צורך בחפירה.

- סקר פוטנציאלים מקיף של חוות המכלים - 5 שנה. לצורך המדידות מסנכרנים את כל המיישרים ומבצעים בדיקות Instant Off. כמו כן, בודקים את הפוטנציאל ללא הגנה של כל המבנים המתכתיים הקיימים: תחתית מכלים, מכלי גפ"מ טמונים, צנרת דלק קצף ומים, צנרת ימית, קירות פיגומים. הפוטנציאלים נמדדים



איור מס' 4 - סקר CIPS, עקומת פוטנציאלים

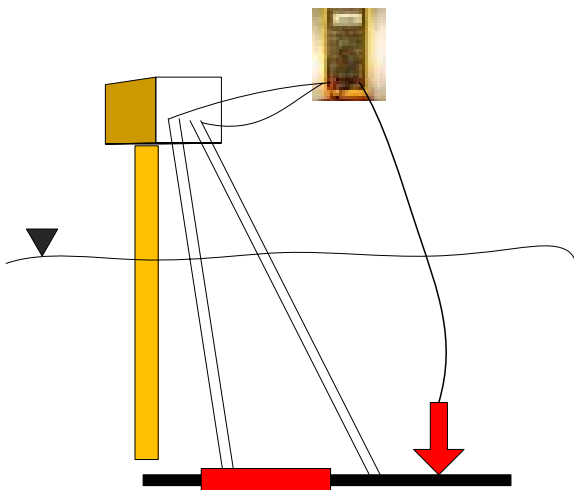
להבדיל מבדיקת הפוטנציאלים השנתית, בדיקה זו מתבצעת באמצעות הפעלת מספר הרבה יותר גדול של אינטרפטורים במיישרים בו זמנית, כדי לנטרל את כל ההשפעות האפשריות (ממיישרים הרחוקים בקו דלק או מערכות הגנה קתודית שכנות) ולהגיע למדידה מדויקת יותר של הפוטנציאל ללא הגנה.

בין תוצרי הסקר: גרף פוטנציאלים מדויק מבוסס על מדידת כל מטר עד מטר וחצי, רשימת מיישרים, רשימת שרוולים מקוצרים לצינור ורשימת אזורים עם תת-יתר הגנה.

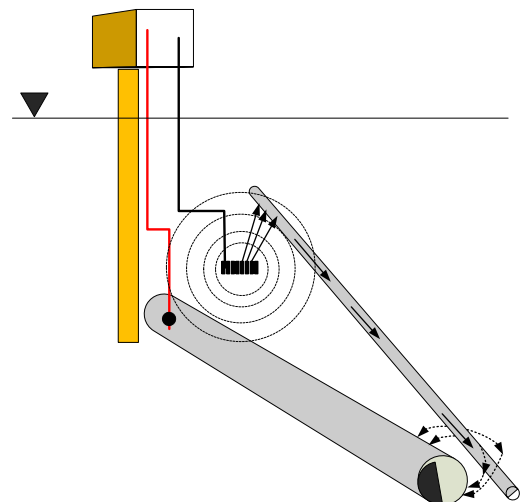
בדיקה זו מהווה אחד מהקריטריונים העיקריים בהכנת תכניות העבודה השנתיות, לקביעת סדר העדיפויות להחלפת ציפוי הצינורות בצורה יזומה לצד בדיקות Smart Pig Survey ו-DCVG.

אינטרפרנציה תזכורת:

זרם של 1A גורם לאיכול של 9.7kg מתכת בשנה. בדרך כלל נוצר



איור מס' 6 - בדיקת קצר בין שרוול לבין צינור



איור מס' 5 - הדגמת אינטרפרנציה

סיכום

מלאכת התחזוקה של מתקני הגנה קתודית מצריכה משאבי כוח אדם ומשאבים כספיים ניכרים.

זאת עבודה קפדנית ועיקשת, בתנאי שטח לא קלים. מספר האלמנטים של המערכת גדול ופרוס לאורך מאות קילומטרים.

ביצוע התחזוקה המונעת והחזויה, על פי מדיניות ברורה, מאפשר ניטור מוקדם של תקלות וחוסך נזקים משמעותיים העלולים להיגרם לסביבה.

סרג'יו הולינגר



השכלה: בוגר תואר שני בפקולטה לאלקטרוטכניקה בטכניון יאסי רומניה. מקומות תעסוקה: אושפיז; אפקון; מקורות; רכבת ישראל; היום בקצא"א. תפקיד בהתאגדות מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה: מנהל תחום הכשרה מקצועית בהתאגדות.

בתוך נקודות המדידה הקיימות הקבועות בשטח באמצעות תאי ייחוס קבועים.

תוצרי הפרויקט:

- מפות בפורמט Autocad הכוללות את כל התשתיות, סימון מיקום שדות ההארקה, מיישרי זרם.
- טבלאות אקסל של כל הפוטנציאלים שנמדדו.
- לקחי הסקר מהווים בסיס לגיבוש תוכנית שיפורים; לדוגמה:
- שיפור רמת ההגנה של אזורים שנראו מוגנים בבדיקות השנתיות.
- שיפור מערכת סינכרון מיישרים.
- פעולה של ביטול אינטרפרנציה שנוצרה כתוצאה מפגיעה מכנית בכבל גישור.
- שיפור רציפות גלונית של כל התשתיות, כדי להביאן לפוטנציאל אחיד.
- סקר DCVG המיועד לגילוי המיקום של פגמי הבידוד של הצינור ואת הערכת הגודל שלהם ללא ביצוע חפירות לגילוי הצינור. נהוג לבחון את ממצאי הסקר עם הממצאים של הסקרים הנוספים שהוזכרו לעיל כדי לקבוע את סדר העדיפויות בתוכנית רב-שנתית של החלפת העטיפה של הצינורות.