

איתור זיהוי ומיקום תקלות בכבלי חשמל

מערכות ההולכה המורכבות מרשתות עליות ורשתות תת קרקעיות הינן מרכיב עיקרי באספקה רציפה לצרכן הסופי.

מערכות ההולכה חשופות תמיד לכשלים הנובעים הן מהתיישנות הציוד, טיב ואיכות הציוד, תכנון שגוי, התקנה שגויה/ לקויה, פגיעת בעלי חיים ועוד.

במאמר זה נעסוק בתהליכי הביצוע הנדרשים, המעשיים והנפוצים יותר לאיתור מקום הפגיעה בכבלי חשמל תת קרקעיים וברשתות עליות המשמשות להולכת מתח עד 36 קילוואט.

מאחר ונושא איתור תקלות בכבלים הינו נושא מאוד מורכב, מבוסס על דרכים ושיטות שונות, לעיתים בחישובים ובמחשבה, אציין רק את הנקודות הבסיסיות לדרכים ולשיטות המקובלות וזאת על מנת להביא לידיעת העוסקים בתחום החשמל בראשי פרקים את הדרך לאיתור תקלות בכבלים תת קרקעיים.

איתור תקלות ברשתות אספקה עליות ותת קרקעיות היא אחת התופעות שעל מנת לאתר את מקום הכשל נדרש זמן ארוך יותר.

על אף שברשתות עליות ניתן לאתר את מיקום התקלות ברוב המקרים בבדיקה ויזואלית ישנם מקרים בהם נזדקק למכשור המעבדה לצורך איתור מקום התקלה

בכבלי חשמל תת קרקעיים נדרשת מיומנות רבה וזמן ארוך יחסית לצורך איתור מקום התקלה וזאת במקרים בהם אין פגיעה מכנית או פגיעה ויזואלית של הכבל.

על מנת לקצר את זמן איתור מקום התקלה נדרש מכשור מתקדם, ניסיון והכרת התחום וכן בדרך שיטתית הנדרשת כדי לסייע באיתור מקום התקלה בכבל תת קרקעי.

מורכבות תהליך האיתור מבוסס על מספר פעולות עיקריות נדרשות.

- א. זיהוי הקו התקול.
- ב. ניתוק הקו התקול בשתי קצותיו.
- ג. זיהוי מהות התקלה בשתי קצוות הכבל קצר, נתק, אירוע אחר.
- ד. איתור זיהוי תוואי הכבל במלואו.
- ה. מציאת מרחק התקלה מקצה האחד ובמידת הצורך גם מהקצה השני.
- ו. איתור נקודת הכשל באמצעות פולסים חשמליים.

לאחר זיהוי הקו התקול וניתוקו בשתי קצותיו מתבצעת בדיקה לסוג הבידוד של הכבל ובדיקת הבדדה לכבל.

בדיקת סוג הבידוד של הכבל תידרש לבדיקת כיוול מכשיר הבדיקה ובדיקת ההבדדה תאפשר לנו לזהות את מהות וסוג התקלה (קצר, נתק, קצר בין פאזות).

בדיקת סוג בידוד הכבל ומהות התקלה חשובות לבודק מאוד לצורך המשך הבדיקה באמצעות מכשור הרדאר TDR עליו נרחיב בהמשך.

קיימת חשיבות גבוהה מאוד לתוצאה שתינתן בבדיקת ההבדדה לצורך המשך הבדיקה.



איתור תוואי הכבל:

הבדיקה לאיתור תוואי הכבל מבוססת על מכשור הכולל משדר ומקלט המבוסס על שידור זיהוי גלים אלקטרומגנטיים.



למשדר אפשרות לשדר אותות אלקטרומגנטיים במספר תדרים נמוכים וזאת על מנת לצמצם את ההפרעות בזמן הבדיקה.

המשדר יחובר לקו התקול וישדר אותות אלקטרומגנטיים על הקו.

הליכה לאורך הקו עם המקלט שנראה כגלאי מתכות, תנווט את הבודק בתוואי הכבל ועומקו. עפ"י סוג האות ועוצמתו ידע הבודק לזהות את תוואי הכבל ולסמנו.



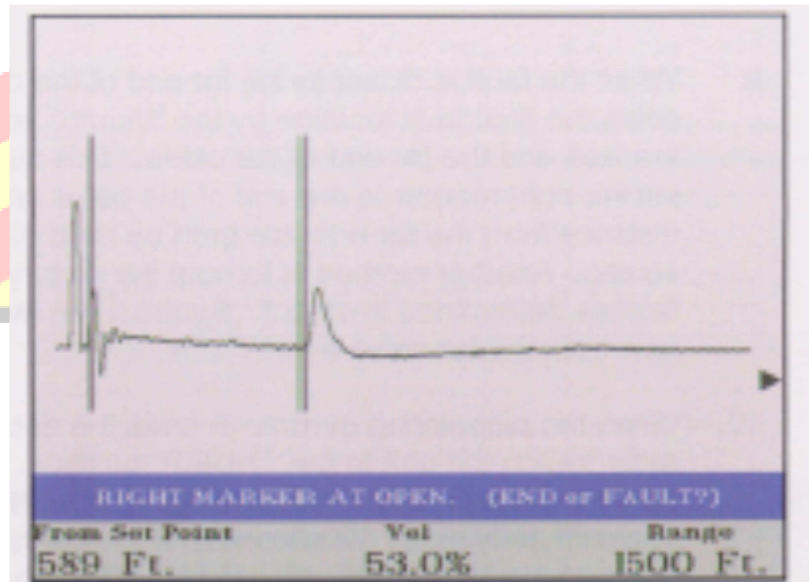
לצורך המשך הבדיקה נדרש למדוד את אורכו של הכבל בתוואי שאותר, פעולה זאת חשובה לצורך בדיקת התאמת כיוול מכשיר הרדאר.



ט.י.סי. מערכות חשמל בע"מ

מכשיר הרדאר TDR (Time domain reflectometer) או שיטת השתקפות הקשת:

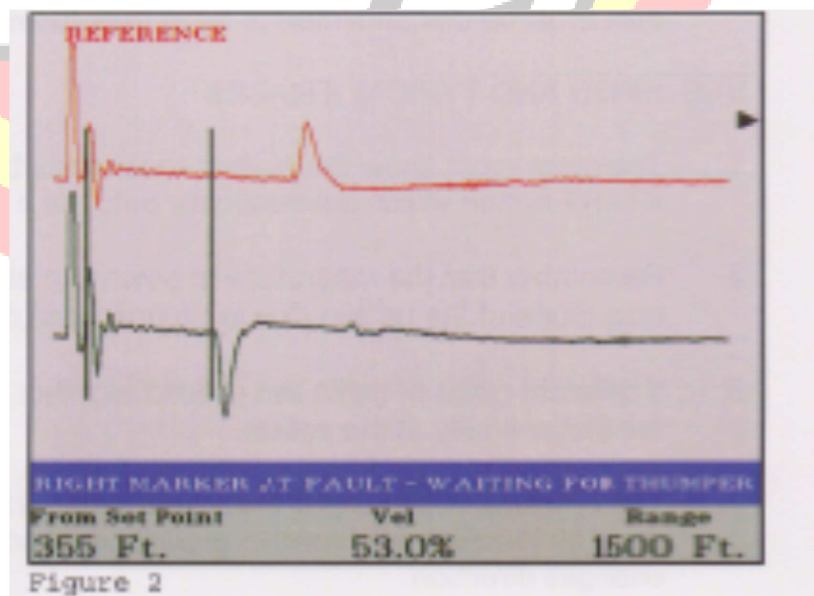
מכשיר ה TDR הוא אחד הכלים החשובים לביצוע המשימה. עקרון הפעולה של המכשיר מבוסס על משלוח אות חשמלי, בזמן שיש שינוי גדול בעכבה של הכבל מוחזר אות, זמן חזרת האות משקף את אורכו של הכבל, נתק או קצר בכבל, חיבורים ושינויים נוספים בכבל.



בדוגמא זאת ניתן לזהות קו שאורכו 589 FIT (180 מטר).

שינוי בעכבה של הכבל יחול הן בשל כל אירוע בכבל כדוגמת: שינוי חתך המוליך, מחברים (מופות) קצר, נתק וכדומה.

השתקפות האות על גבי המסך של המכשור תאפשר לזהות את מרחק התקלה מנקודת הבדיקה, אורך הכבל ועוד.



נקודת התקלה במרחק 355 FIT (108 מטר) מנקודת חיבור הרדאר.



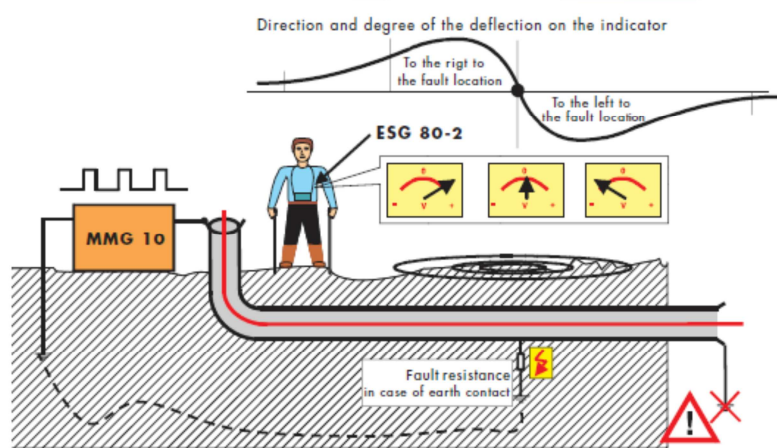
ט.י.סי. מערכות חשמל בע"מ

המרחקים המתקבלים באמצעות ה TDR הינם כמעט מדויקים וקיים אחוז סטייה מוגדר בכל מכשיר. הגדרת סוג הבידוד של הכבל חשובה ביותר לצורך קבלת מדידה מדויקת יותר. על כן מדידת אורך הכבל המבוצעת בשלב מוקדם יותר של הבדיקה חשובה לבדיקת אימות הנתונים. חשוב לזכור שעל אף מרבית הנתונים שריכזנו עד כה יתכנו שינויים בעומקו של הכבל בנקודות מסוימות או לחילופין בזווית העלייה וכדומה דבר המשפיע על אורך הכבל. קיימים מקרים בהם נידרש לבדוק את המרחק לנקודת הפגיעה בקו משני קצוות הכבל. במקרים בהם התנגדות הכבל תעלה על $200\ \Omega$ או במקרים בהם יהיה נתק בקו. מאחר והתוצאה המתקבלת באמצעות הרדאר היא בעלת אחוזי סטייה, תידרש בדיקה נוספת לאיתור נקודת הכשל במדויק. הבדיקה הבאה ניתנת לביצוע באמצעות שתי דרכים נפוצות.

- א. שיטת הגשר (גשר ויסטון).
- ב. שיטת הפולסים.

שיטת הגשר:

שיטה זאת קלה יחסית לאתר את התקלות בכבלים מסוככים או משוריינים. מתח DC המועבר לקו התקול באמצעות המשדר המחובר בצידו האחד לאדמה ובצידו השני לקו התקול. הבדיקה נעשית באמצעות שתי אלקטרודות המחוברות למכשיר מדידה הבודק את המתח ביחס לשתי נקודות באדמה. בנעיצת האלקטרודות באדמה תתקבל תוצאה של מתח בין 2 האלקטרודות. הבודק יגיע אל האזור שבו אותרה התקלה באמצעות ה TDR. וינעץ את 2 האלקטרודות באדמה. במקום בו תתקבל תוצאה של 0 וולט יהיה מקום התקלה



האפשרות הנוספת לאיתור נקודת התקלה היא באמצעות פולסים חשמליים. המעבדה כוללת יחידה המשדרת פולסים חשמליים במתח גבוה DC בקצב קבוע (כל מספר שניות פולס).



עקרון הפעולה מבוצע באמצעות קבל מתח גבוה. המפעיל יכוון את המתח הרצוי לפני ההפעלה. הקבל ייטען למתח הרצוי ויפרוק לאדמה בנקודת הכשל. הבודק יבצע את הבדיקה בסיוע של מגבר ואוזניות ויהלך לאורך הקו באזור שאותר ע"י הרדאר.



במקום הפגיעה ישמע קול שונה באופיו וחזק מכל מקום אחר בכבל. סיום העבודה יהיה לאחר שנחתוך את הכבל בנקודת הכשל ונבדוק את הכבל לשני קצותיו. ולהלן התוצאות:





סיכום: מאחר וקיים חומר רב בנושא איתור תקלות בכבלים דרכים ושיטות שונות .
במאמר זה תומצתו הדרכים הנפוצות ביותר לאיתור מיקום בתקלות בכבלי חשמל.
אין ספק שהדרכים לאיתור מגוונות ושיטות הבדיקה רבות ותלויות באופי התקלה.
תודה מיוחדת לאבא מיכה כהן – מהנדס חשמל שעזר לי בכתיבת המאמר.
תודה על הדרך, החינוך והליווי הצמוד בכל ופיתוח קו המחשבה בנושאים השונים.

טל כהן - מנכ"ל

טי.סי. מערכות חשמל בע"מ.



טי.סי. מערכות חשמל בע"מ