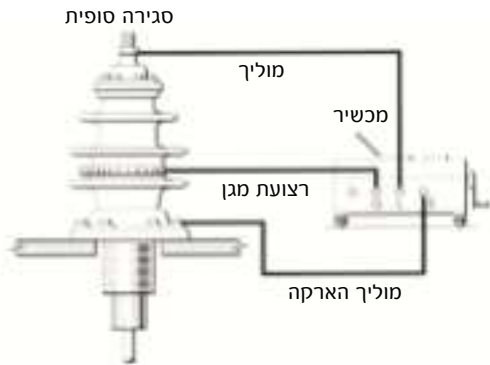


שיטות לבדיקת התנגדות הבידוד

במאמר קודם (מידעון מרץ 2004), סקרנו את עיקרי המידע בדבר מדידת התנגדות הבידוד. מאמר זה מתייחס לשיטות השונות ולאמצעים לבדיקת תקינות ואיכות הבידוד, ולהנחיות החשובות לבחירת מכשיר מתאים אשר ישמש למדידת התנגדות הבידוד.

איור 3: רצועת מגן (Guard Band) מסירה את השפעת זרם הזליגה שעל פני הסגירה הסופית של הכבל



בידוד תקין לעומת בידוד פגום. הקריאה נמדדת ונרשמת תוך פרקי זמן של 5-10 דקות. כאשר הבידוד במצב תקין, הערך הנמדד עולה באופן מתמיד עם הזמן.

כאשר הערך הנמדד נשאר באותו תחום במשך זמן הבדיקה, מצביע הדבר על זיהום הבידוד על ידי לכלוך, לחות וכד'. זליגה דרך הבידוד הנגרמת על ידי לחות וזיהום היא קבועה למדי ומסתירה את השפעת הספיגה (Absorption Effect). באיור 5 מתוארת צורה טיפוסית של העקומות בבידוד תקין ובידוד שאינו תקין.

עקומה א': מראה את השפעת הספיגה (Absorption Effect) על בידוד תקין.

עקומה ב': מתארת את מצב הבידוד שאינו תקין. אי עליה בהתנגדות הבידוד כתלות בזמן, מצביעה על הימצאות זיהום ולחות בבידוד.

היתרונות של שיטה זו הן:

- השיטה לא מושפעת מטמפרטורה חיצונית ומגודלו של הציוד או ממספר ואורך המעגלים.
- השיטה מראה את מצב הבידוד ללא צורך בהשוואה עם התוצאות הקודמות, כפי שנחוץ בשיטת הבדיקה - קריאה מיידיית. מכיוון שהבדיקה נמשכת זמן רב חשוב לבחור מכשיר שמופעל מרשת החשמל או מסוללות הנטענות בהספק גבוה.

מדידת מקדם הספיגה ומקדם הקיטוב

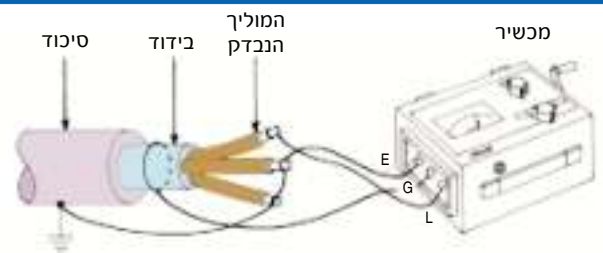
שיטת בדיקה זו היא המשך השיטה הקודמת. **מקדם הספיגה**, הוא היחס שבין מדידות ההתנגדות במשך 60 שניות ובין הערך שנמדד במשך 30 שניות.

השיטות השונות לביצוע בדיקות למדידת התנגדות הבידוד

קיימות מספר שיטות לבדיקת התנגדות הבידוד, שהעיקריות שבהם מפורטות להלן:

- בדיקת קריאה מיידיית (Short-Time or Spot-Reading Test).
 - מדידת התנגדות הבידוד בפרקי זמן (Time-Resistance Method or Absorption Tests).
 - מדידת מקדם הספיגה, ומקדם הקיטוב (Dielectric Absorption Ratio Polarization Index).
 - בדיקה תוך עליית מתח הדרגתית (Step-Voltage Tests).
- באיורים מס' 1-3 מתוארות מספר דוגמאות של חיבורי המכשיר למדידת התנגדות הבידוד, תוך נקיטת אמצעים להסרת השפעת הזליגה.

איור 1: מהדק מגן (Guard) מחובר כדי להסיר את השפעת זרם הזליגה על פני קצה אחד של הכבל



בדיקת קריאה מיידיית

לאחר הפעלת המכשיר במשך כ-60 שניות רושמים את הערך הנמדד של התנגדות הבידוד.

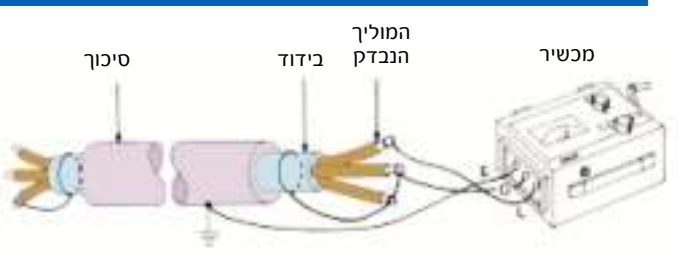
הערך שנמדד לאחר 30 שניות יכול להיות נמוך יותר מהערך שנמדד לאחר 60 שניות.

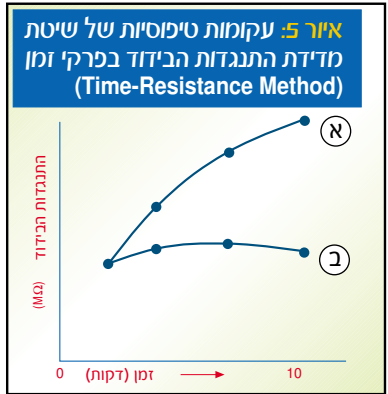
באיור מס' 4 מתוארת צורה טיפוסית של עקומה עליית התנגדות עם הזמן. לערכים הנמדדים בשיטה זו לא ניתן להתייחס כערכים מדויקים, אך בדרך כלל הם מצביעים על מצב הבידוד. במדידות תקופתיות, תורמת השוואת התוצאות לקביעת מגמה של מצב הבידוד, כמו גם, לנקיטת הצעדים הדרושים לשיפור הבידוד.

מדידת התנגדות הבידוד בפרקי זמן

שיטת בדיקה זו מבוססת על השפעת הספיגה (Absorption Effect) של

איור 2: מהדק מגן (Guard) מחובר כדי להסיר את השפעת זרם הזליגה בשני הקצוות של הכבל





מקדם הקיטוב הוא היחס שבין מדידות התנגדות הבידוד לאחר 10 דקות לבין הערך הנמדד לאחר 1 דקה. בטבלה שלהלן מופיעים ערכים המצביעים על מצב הבידוד:

בדיקה תוך עליית מתח הדרגתית

שיטת בדיקה זו מבוססת על ביצוע מדידות ברמות מתח שונות, תוך השוואה וניתוח התוצאות המתקבלות. לביצוע הבדיקות בשיטה זו נוח להשתמש במכשירים בעלי אפשרות למספר מתחי בדיקה. את המדידה בכל מתח יש לבצע במשך 60 שניות לפחות.

מצב הבידוד	מקדם הספיגה	מקדם הקיטוב
	$R(60 \text{ שניות})$ $R(30 \text{ שניות})$	$R(10 \text{ דקות})$ $R(1 \text{ דקה})$
לא תקין	-	< 1
מעורר חשד ונדרש טיפול בהקדם	1.0 עד 1.25	1.0 עד 2.0
טוב	1.4 עד 1.6	2.0 עד 4.0
טוב מאוד	> 1.6	> 4.0

באיור 6 מתוארת צורת העקומות של בידוד תקין ושל בידוד שאינו תקין שנבדק בשיטה זו.

עקומה א': מתארת תוצאות של בדיקת בידוד של מנוע במצב בידוד טוב, נקי ויבש.

עקומה ב': מתארת תוצאות של בדיקת בידוד של מנוע כשמצב הבידוד שלו לקוי (ירידה חדה בהתנגדות הבידוד עם עליית המתח).

שיטת בדיקה זו מאפשרת לגלות ליקויים בבידוד בשלבים הראשוניים של הופעתם, ליקויים שלא ניתנים לגילוי באמצעות שיטות אחרות. מומלץ לבדוק ציוד מתח נמוך במתח של 500 וולט ובמתח של 1000 וולט, הבדיקה מתבצעת במתח ישר (DC).

בדיקת התנגדות הבידוד של התקנים ומתקנים

ביצוע בדיקת בידוד תקופתית של מנוע או גנרטור

מכשיר הבדיקה ימדוד את התנגדות הבידוד של כל המעגלים המחוברים אליו, לכן יש להקפיד על ניתוק כל המעגלים המחוברים למנוע. כאשר הערכים שמתקבלים נמוכים מהנדרש, בודקים כל חלק של המנוע או הגנרטור בנפרד (רוטור, סטטור). באמצעות בדיקה זו, ניתן לקבוע את הגורם להתנגדות הנמוכה ולאתר חלקים פגומים שדורשים טיפול.

בדיקת בידוד במכשירים חשמליים

בבדיקת בידוד של מכשירים חשמליים, יש לבדוק את רציפות מוליך הארקה ולמדוד את התנגדות הבידוד בין פזה או אפס לבין הארקה. הערך הנמדד חייב להיות $2M\Omega$ לפחות.

בדיקת התנגדות הבידוד של מוליכים במתקן

בבדיקת הבידוד כלפי האדמה מחברים את מוליכי הפאזות והאפס יחד (לפני ביצוע איפוס, או כשהאיפוס מנותק) ומחברים אליהם גשש אחד של המכשיר כאשר הגשש השני מחובר אל נקודת הארקה. בבדיקת בידוד בין המוליכים יש לוודא שכל המכשירים החשמליים מופסקים ומנותקים מהמעגלים הנבדקים.

ניצוד לבחור מכשיר למדידת התנגדות הבידוד

קיימים יצרנים רבים של מכשירים למדידת התנגדות הבידוד. בבחירת המכשיר יש לשים לב להתאמתו לדרישות הטכניות העיקריות המפורטות להלן:

תחומי המדידה

תחומי המדידה נבחרים בהתאם לסוג הציוד ולמתח הנקוב של המתקנים הנבדקים:

- לציוד במתח נמוך - נדרש מכשיר מדידה של $0 \div 200M\Omega$ לפחות.
- לציוד במתח גבוה נדרש מכשיר מדידה בערך של $100k\Omega \div 100G\Omega$ לפחות. רמת הדיוק הנדרשת חייבת להיות טובה מ- $\pm 5\%$ מהקריאה.

מתחי הבדיקה

כאשר מטפלים במתקני מתח נמוך בלבד ניתן להסתפק במתחי בדיקה של 500 וולט ו-1000 וולט. לבדיקת מתקני מתח גבוה, חייב מתח הבדיקה הנדרש להיות עד 5000 וולט.

התראה על קיום מתח

המכשיר חייב להיות בעל התראה על קיום מתח הגבוה מ-50 וולט במתקן הנבדק על ידי חייווי קולי ו/או ויזואלי.

פריקת הקיבוליות של המעגל/הציוד הנבדק

עם סיום המדידה חייב המכשיר לפרק באופן אוטומטי את קיבוליות המעגל או הציוד הנבדק תוך פרק זמן קצר ביותר (פחות מ-1 שניה לפרק קיבוליות של $1\mu F$).

מקור ההזנה

בהתאם לשיטות הבדיקה והיקפם יש לבחור את מקור ההזנה. כאשר היקף המדידות גדול או שיטות המדידות מחייבות מדידות ממושכות יש לבחור מכשיר מדידה שפועל באמצעות הזנה על ידי סוללות נטענות עם קיבולת שתאפשר ביצוע של 500 מדידות לפחות.

כפתור ההפעלה

המכשיר חייב לכלול אפשרות לנעילה לצורך ביצוע של מדידות ממושכות.

בטיחות

המכשיר חייב לעמוד בדרישות התקנים הבינלאומיים IEC-1010.

הסרת ההשפעה של זרם זליגה על פני הבידוד

המכשיר חייב לכלול הדק מגן (Guard Terminal).

פתילי הבדיקה

פתילי הבדיקה וגששי החיבור חייבים לענות לכל דרישות תקן IEC-1010.

כיול ובדיקת המכשיר

שמירת רמת הבידוד במתקני חשמל חשובה מאוד לתפקוד התקין של המתקן, לכן יש להקפיד ולהשתמש במכשיר תקין שעבר בדיקה וכיול במעבדה מוסמכת, לפחות אחת לשנתיים.

סיכום

במאמר תוארו שיטות שונות של מדידת התנגדות הבידוד, כאשר שילובם מאפשר לקבוע את מצב הבידוד ולנקוט בעוד מועד בצעדים הנדרשים על מנת להבטיח את אמינות המתקן/הציוד החשמלי ולמנוע תקלות והפסדים כלכליים, שעלולים להגרם עקב ליקויים בבידוד.