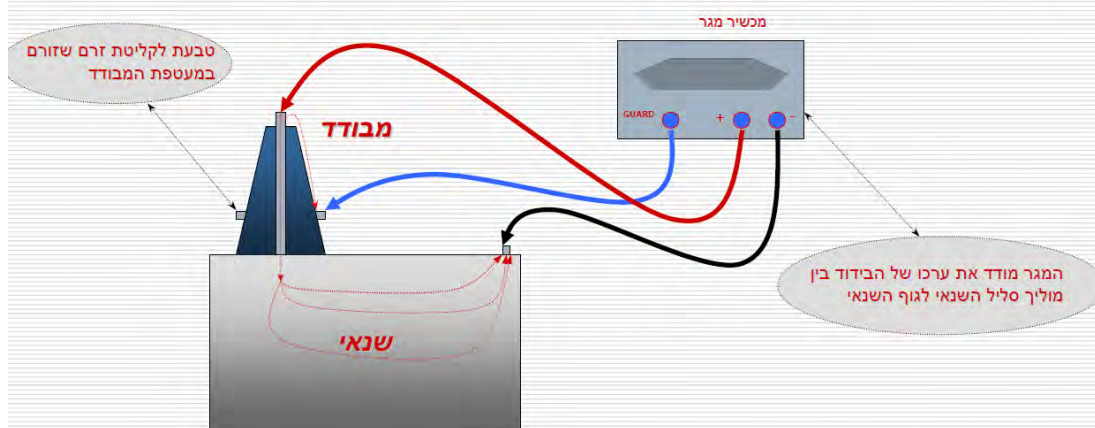


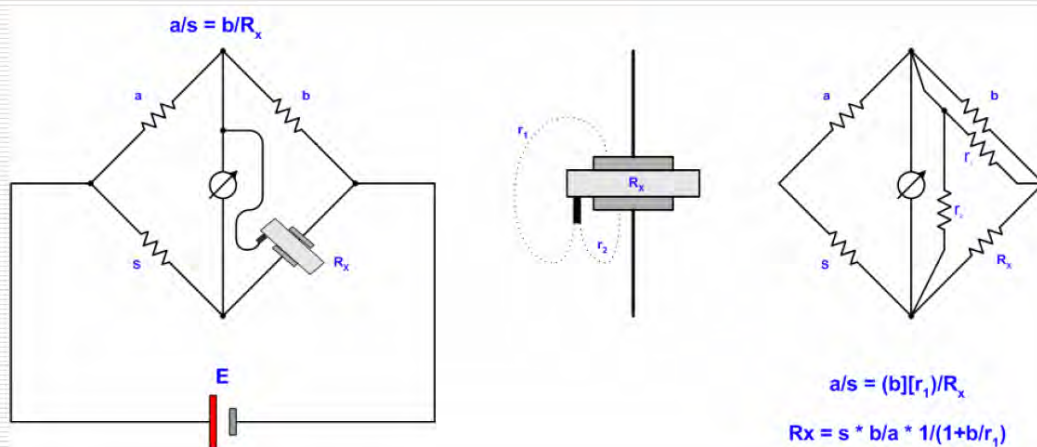
בדיקת בידוד מתח גבוה.

פתרונות למדידת התנגדויות בידוד גבוהות

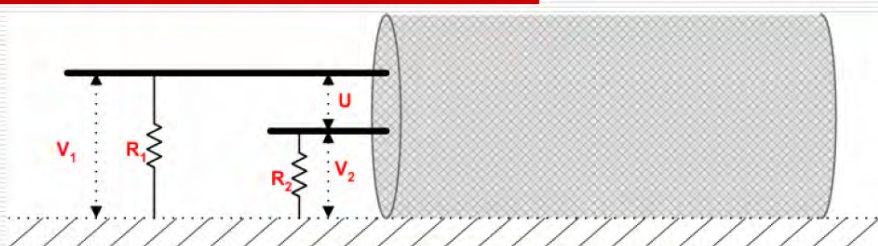


חיבור ה - GUARD נועד לקזז את הזרם שזורם דרך מעטפת המבודד, זרם זה מזרימים דרך נגד להארקה. במידה ולא מקוזז הזרם שזורם במעטפת המבודד, נקבל ערך בידוד קטן מערכו האמיתי.

פתרונות למדידת התנגדויות בידוד גבוהות בעזרת גשר ווינסטון



פתרונות למדידת התנגדויות בידוד גבוהות מדידת בידוד כבל



$$V_1/U = (R_1[r_u]) / (R_2 + R_1)[r_u]$$

$$V_2/U = (R_2[r_u]) / (R_1 + R_2)[r_u]$$

$$V_1/V_2 = R_1/R_2$$

$$R_1 = \{[U - (V_1 + V_2)] / V_2\} * r_u$$

$$R_2 = \{[U - (V_1 + V_2)] / V_1\} * r_u$$

התחממות הבידוד

שינוי תכונות הבידוד הפנימי כתוצאה מהתחממות הבידוד גורם להזדקנות תרמית של הבידוד. הסיבה לכך היא, האצה של תגובות כימיות עקב עליית הטמפרטורה. ידוע שכל עלייה של הטמפרטורה ב- 10 מעלות צלזיוס מביאה לעליית מהירות בתגובות כימיות פי 2 עד 4.

הזדקנות תרמית של חומרי בידוד מוצק גורמת לירידת החוזק המכני והדיאלקטרי של הבידוד ובעקבות זאת לפריצה חשמלית במתח די נמוך.

הזדקנות תרמית של נוזלים דיאלקטריים (לדוגמא: שמן שנאים) גורמת לעליית המוליכות והאיבודים הדיאלקטריים בבידוד (עליית $\tan \delta$), ואלה מביאים להתחממות הבידוד ולפריצה תרמית.

מהאמור לעיל נובע שתוחלת החיים של הבידוד הפנימי תלויה בטמפרטורת הבידוד.

לכל סוג של בידוד קיים ערך גבולי של טמפרטורה מותרת, ערכים אלה מובאים בטבלאות מתאימות המוגדרות ע"י יצרן הבידוד.

אופי פריצה של בידוד פנימי

- פריצה חשמלית
זמן פעולת המתח ממיקרו ועד מילי שניות
(מתחי יתר של ברק ושל מיתוג).
- פריצה תרמית
זמן פעולת המתח מדקות ועד שעות
(התחממות הבידוד מעבר ליכולת התרמית).
- ירידה איטית של החוזק הדיאלקטרי
זמן פעולת המתח שנים ארוכות
(הזדקנות הבידוד).

"הזדקנות" הבידוד הפנימי של ציוד חשמלי

- במשך זמן פעולת ציוד חשמלי למתח גבוה מתרחשת ירידה בטיב הבידוד של הציוד עם הזמן. התופעה גורמת לירידת ערך מתח הפריצה של הבידוד.
- הגורמים לתופעה:
 1. התחממות יתר של הבידוד.
 2. התפרקויות יתר בתוך הבידוד.
 3. לחות או רטיבות בבידוד.

פרמטרים לקביעת תקינות הבידוד

☐ התנגדות חשמלית של הבידוד.

☐ מקדם הקיטוב של הבידוד.

☐ בדיקת טנגס דלתא.

☐ התפרקויות חלקיות.

התנגדות הבידוד

☐ התנגדות היא הנתון הפשוט והחשוב ביותר.

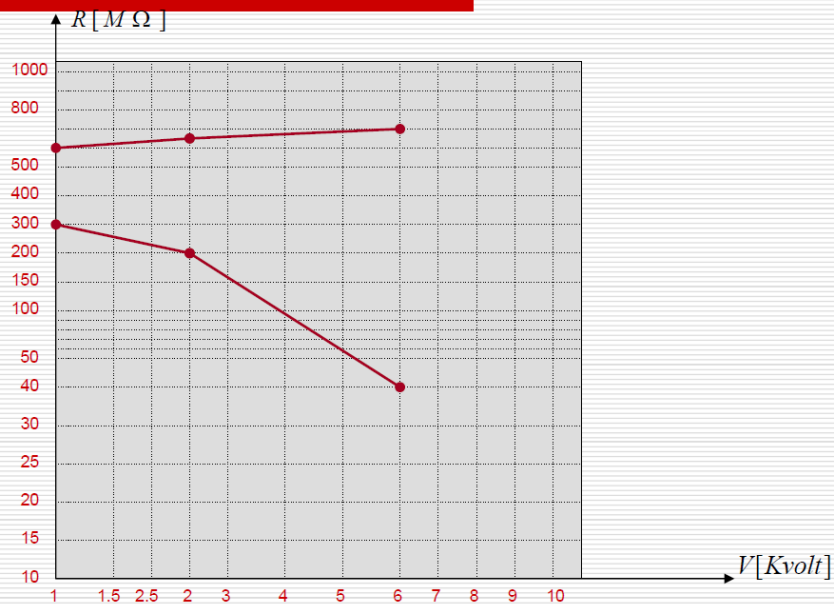
☐ לבידוד תקין אין משמעות לערך מתח הבדיקה (עד לערך מתח הנקוב).

☐ ציוד למתח גבוה מקובל לבדוק במתח:

2.5Kv או 5Kv

☐ לבידוד לקוי, התנגדות הבידוד קטנה עם עליית מתח הבדיקה.

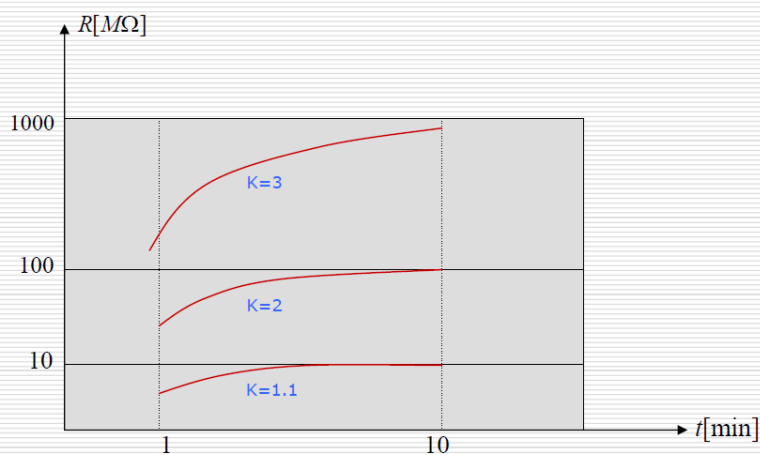
תוצאות המדידות בשיטת עליית מתח הדרגתית



מקדם קיטוב של הבידוד

- מקדם הקיטוב הוא היחס בין התנגדויות הבידוד שנמדדו בדקה העשירית ובדקה הראשונה.
- ערך מתח הבדיקה במדידת מקדם הקיטוב לא חשוב.
- ערך מקדם הקיטוב לבידוד תקין נע מ-1.3 ל-1.5
- התנגדות בידוד ציוד למתח גבוה נע בסדרי גודל של ג'גה אומים ולכן מקדם הקיטוב יגדל בהתאם, לערכים: מ-5 ל-10

עקומת מקדם קיטוב



בדיקת מגר

□ בבדיקת בידוד בעזרת מגר זורמים שלושה זרמים והם:

1. זרם זליגה – אלקטרונים המדלגים במעטפת חומר הבידוד (I').

2. זרם הגורם לקיטוב חלקיקי החומר (I'').

3. זרם קיבולי – הקיבול יחסי לגודל הפיזי של המיתקן וסוג החומרים ממנו הוא מורכב (I''').

מקדם קיטוב של הבידוד

Absorption Current
זרם ספיגה

$$I = I' + I'' + I'''$$

Insulation Resistance

$$R_{ins}^1 = \frac{U}{I' + I'' + I'''}$$

$$R_{ins}^{10} = \frac{U}{I'}$$

$$\frac{R_{ins}^{10}}{R_{ins}^1} \geq 1.2 \div 1.3$$

כעבור עשר דקות הזרמים I' ו- I''' מתאפסים, מאחר וקיבולו של הבידוד ניטען והדיפולים קיבלו את כיוונם, לכן ישאר זרם זליגה שיזרום במעטפת החומר.

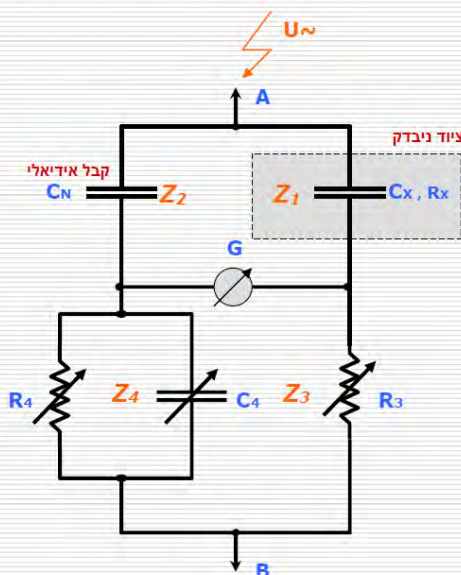
כללים חשובים

- אם ערכו של I' גדול ביחס ל- $I''+I'''$ אז תוצאת מקדם הקיטוב תהיה 1 – דבר זה מראה שיש בעיה בבידוד.
- השוואה בין שתי בדיקות בידוד משתי תקופות שונות צריכה להיעשות באותה טמפרטורה (ניתן להיעזר בעקומות לשינוי ערך הבידוד כפונקציה של הטמפרטורה).
- באופן כללי לכל קילו וולט של מתח עבודה, דרוש מגה אום של התנגדות בידוד (הכלל לא מדויק עבור שנאים).
- מתח בדיקה של בידוד למתקן במתח נמוך יעשה במגר ל- 500 וולט, מתקן למתח גבוה יבדק במגר ל- 2.5 קילו וולט, רוטור גנרטור יבדק במגר ל- 250 וולט.
- על כל ירידה של טמפרטורת הבידוד ב- 10°C התנגדות הבידוד עולה פי 2.
- לאחר סיום בדיקת בידוד מומלץ להאריק את הציוד הנבדק למשך זמן גדול פי 5 עד פי 10 ממשך הזמן שהציוד הנבדק היה תחת מתח.

השוואת מגר DC למגר AC

- בדיקת בידוד למתקנים עם קיבול גדול יש עדיפות למגר DC על מגר AC, בגלל שלמגר AC דרושים הספקים גבוהים.
- בבדיקת מגר AC לא ניתן למדוד את הזרם הפולרי של הבידוד.
- בבדיקת מגר AC לא ניתן למדוד את מקדם הקיטוב
- מגר AC יעיל במדידת התנגדויות הארקה, בגלל שאלקטרודות הארקה מקבלים תוספת בידוד בזרם DC.

בדיקת טנגס דלתא – זווית איבודים דיאלקטריים



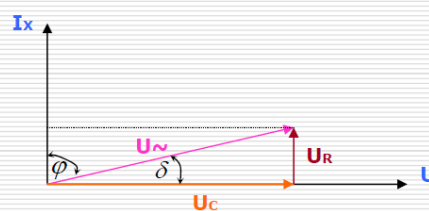
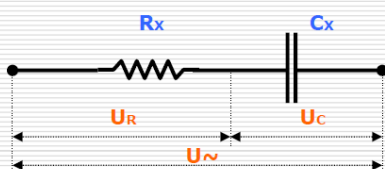
$$Z_2 \cdot Z_3 = Z_1 \cdot Z_4$$

$$R_x = R_3 \cdot \frac{C_4}{C_N}$$

$$C_x = C_N \cdot \frac{R_4}{R_3}$$

$$\tan \delta = \frac{U_R}{U_C} = \frac{R_x}{\frac{1}{\omega} \cdot C_x} = \omega \cdot R_x \cdot C_x$$

בדיקת טנגס דלתא-סכמת תמורה טורית

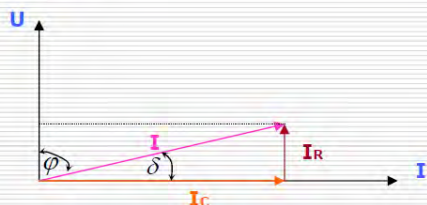
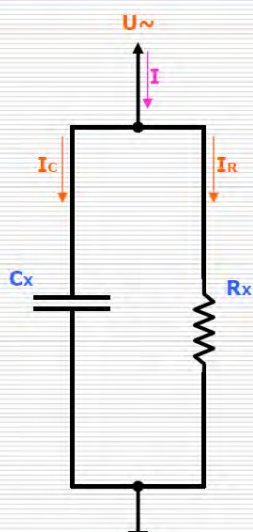


טנגס דלתא הינו היחס בין U_R ל- U_C .

אם $\tan \delta < 1$ - הבידוד הפנימי במצב תקין.

אם $\tan \delta > 2-5\%$ - הבידוד הפנימי במצב לא תקין.

בדיקת טנגס דלתא-סכמת תמורה מקבילית



$$\tan \delta = \frac{I_R}{I_C} \rightarrow I_R = I_C \cdot \tan \delta$$

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

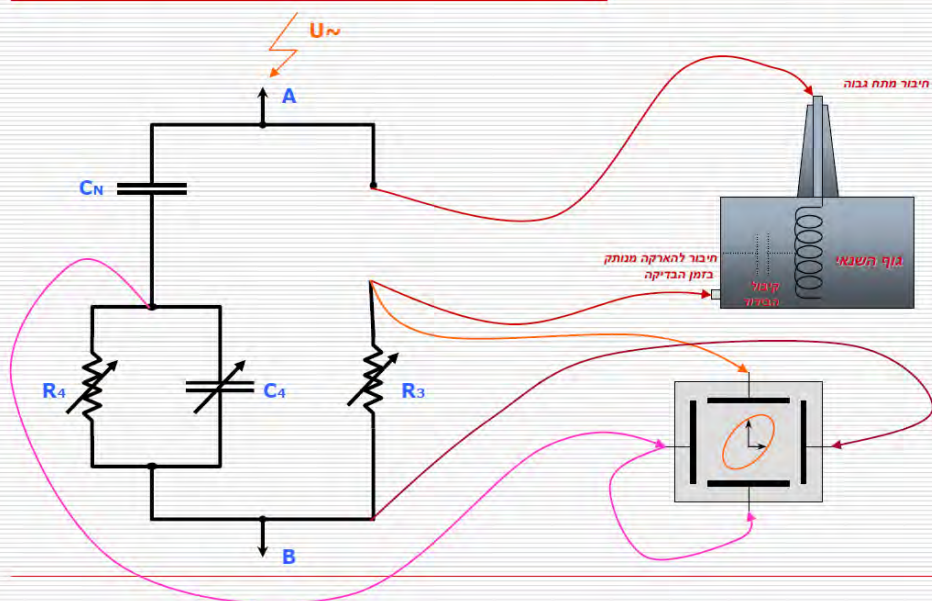
$$I_C = \frac{U}{X_C} = U \cdot \omega \cdot C$$

$$I_R = I_C \cdot \tan \delta = U \cdot \omega \cdot C \cdot \tan \delta$$

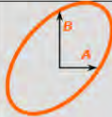
$$P = U \cdot I_R = U^2 \cdot \omega \cdot C \cdot \tan \delta$$

P – איבודים דיאלקטריים בבידוד הפנימי.

בדיקת טנגס דלתא בעזרת אוסוצילוסקופ



בדיקת טנגס דלתא בעזרת אוסוצילוסקופ

1	$\tan \delta = \frac{B}{A}$ $\delta = \text{inv tan } \frac{B}{A}$		עקומת לסזו'
2	$\delta = 45^\circ$ $\tan \delta = 1$		
3	$\delta = 0^\circ$		
4	$\delta = 180^\circ$		
5	$\delta = 90^\circ$		

בדיקת דלתא טנגס דלתא

שינוי מקדם איבודים דיאלקטריים עם שינוי מתח הבדיקה.

בכדי לבנות אופיין לדלתא טנגס דלתא, מבצעים בדיקת טנגס דלתא במתח שווה ל – 20% מהמתח הנקוב של המיתקן ו – 100% של מתח הנקוב של המיתקן הנבדק. הגידול בערך אינו אמור לעלות על 50% עבור בידוד תקין (בהתחשב שערך המקסימלי האבסולוטי לא יעלה על 2%).

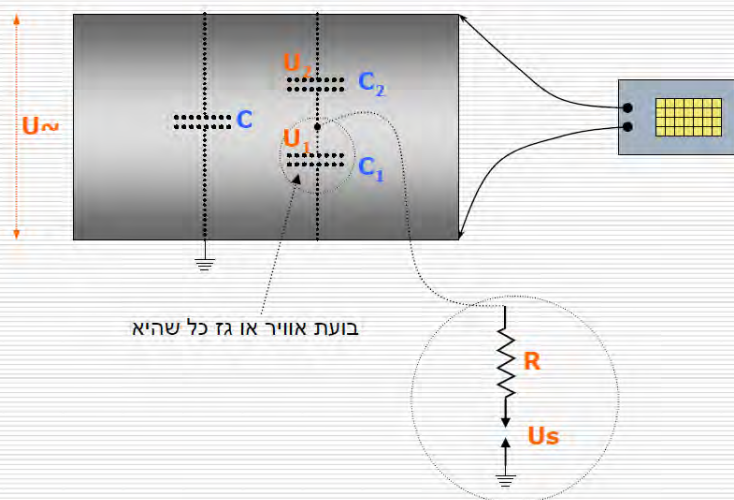
התפרקויות חלקיות

התפרקויות חלקיות הן התפרקויות בתוך הבידוד במקומות שיש בהם זיהום של חומר זר (ברמה מולקולרית), בועות אוויר, סדקים או פגיעות שיוצרות בחומר הבידוד קצוות חדים (אלקטרודות). במקומות הנ"ל מתפתח שדה חשמלי גבוה ביחס לכל מעטה הבידוד ועוצמתו עוברת את הערך הקריטי (סדר גודל של 30 קילו-וולט לסנטימטר בבועת אוויר).

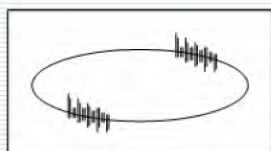
שיטות לבדיקת התפרקויות חלקיות

- שיטה חשמלית הפועלת בתדרים של קילו-הרץ לפי תקן בין-לאומי IEC-270 ותקן IEC-44-4.
- שיטה חשמלית הפועלת בתדרים של מגה-הרץ וג'גה הרץ.
- שיטה אקוסטית (רגישות מינימלית כ – $20-40P_C$).
- שיטה כימית (רגישות מינימלית כ – $100P_C$).

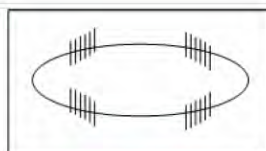
מהי התפרקות חלקית:



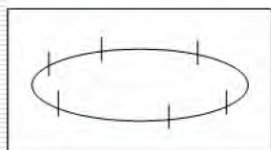
דוגמאות לאותות שנמדדים ע"י מכשיר להתפרקות חלקיות



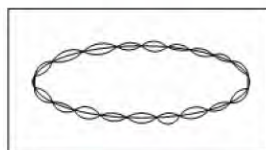
התפרקות חלקיות
בבידוד הפנימי



קורונה באוויר



הפרעות במגעים לא
תקינים של מפ"ז



הפרעות מאותות
תקשורת במדר גבוה

חסרונות השיטה החשמלית לבדיקת התפרקויות חלקיות בתדרים של קילו-הרץ

שיטה זו רגישה להפרעות חיצוניות ולה חסרונות רבים:

1. הבדיקה דורשת מיומנות וניסיון של הבודק.
2. רגישות לקורונה שמקורה במוליכי ציוד מתח גבוה בתחנות משנה.
3. רגישות ממערכות תקשורת בתדרים נמוכים.
4. רגישות להרמוניות גבוהות במתח ההזנה.
5. נדרש כיוול של המכשיר לפני כל בדיקה.

בדיקות חשמליות

- ☐ בדיקת מתח יתר.
- ☐ בדיקת התפרקויות חלקיות.
- ☐ בדיקת טנגס דלתא ודלתא טנגס דלתא.
- ☐ בדיקת בידוד ומקדם קיטוב.
- ☐ מדידת התנגדות סלילים (שים דגש על צורת חיבור וטמפ' מדידה).
- ☐ בדיקת מצב הבידוד של מיסב מבודד.
- ☐ בדיקת גששי טמפרטורה (RTD, TC).
- ☐ מדידת זרם התנעה של מנוע בריקם.
- ☐ סריקה תרמוגרפית.

גורמים לירידת ערך התנגדות הבידוד



- חשמליים (מתחי יתר, זרם יתר).
- מכניים (רעידות, פגיעות מכניות במהלך ההתקנה ולאורך חיי המתקן).
- כימיים (חומרים מאכלים אדים קורוזיביים, לכלוך, שמן וכד').
- מאמצים תרמיים (הפעלות של מתקנים, הפעלות והפסקות תכופות, עבודה בתנאי חום או קור קיצוניים).
- איכות סביבה (לחות, מכרסמים, זיהום אויר וכד').

בידוד חשמלי



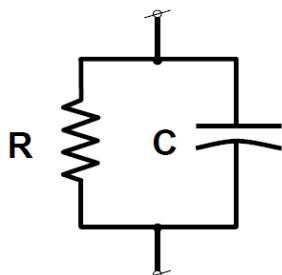
קיימים 3 סוגים של פריצה חשמלית:

1. **פריצה דיאלקטרית** - שדה חשמלי הגבוה מחוזקו הדיאלקטרי של חומר הבידוד גורם להתמוטטות מבנה החומר.
2. **פריצה תרמית** - במבודד לא אחיד או לא מתאים וכאשר אין שיווי משקל בין האיבודים התרמיים ליכולת הקליטה של הסביבה, נוצר חום הגורם להתעייפות הבידוד ולפריצתו.
3. **פריצת יוניזציה** - במקומות שבהם ישנם ריכוזי יתר של שדה חשמלי נוצרת אי הומוגניות של חומר הבידוד, נוצרות התפרקויות המכלות את חומר הבידוד.



בידוד חשמלי

את חומר הבידוד ניתן לתאר ע"י סכימה חשמלית שוות ערך של נגד במקביל לקבל: הנגד מתאר זרם זליגה. הקבל מתאר את טעינת הבידוד (יכולת הקיבול שלו).



גודל הקיבוליות: בצרכנים קטנים: עשרות עד מאות פיקופרד. בשנאים בינוניים: כמה מאות עד אלף פיקופרד. בכבלים: 160-250 פיקופרד לכל מטר אורך. במכונות ובשנאים גדולים- מס' אלפי פיקופרד.

התנגדות הבידוד ומקדם הקיטוב –

הבדיקה הראשונה שעושים לבידוד במתקני מתח גבוה היא מדידת התנגדות הבידוד.

מדידת התנגדות הבידוד מתבצעת במתח נמוך מאוד יחסית מהמתח התפעולי של הציוד בכלל וממתח הפריצה של הציוד הנבדק פרט.

בדיקה זו אינה מסוגלת לתת תשובה מלאה על מצב הבידוד בציוד הנבדק אך היא הפשוטה והזולה ביותר. אם בדיקות אלו נערכות באופן תדיר ניתן לגלות ע"י שינויים בבדיקות את מצב הבידוד.

הבדיקה מתבצעת באמצעות מד התנגדות – מגומטר – והיא מתבצעת ראשונה לפני כל הבדיקות האחרות.

המכשיר עובד במתח DC בערכים הנעים בין 500-5000-Volt כשהבידוד תקין אין משמעות לערך מתח הבדיקה (עד לערך של מתח נקוב של הציוד). אך ציוד ראשי למתח גבוה מקובל לבדוק במתח 2500 או 5000 וולט.

במקרה של בידוד לא תקין התנגדות הבידוד יורדת עם עליית מתח הבדיקה.

מד ההתנגדות מודד את הערך הכללי של הזרם כלומר $I_A + I_B$ ונותן תוצאה ע"י חור אוהם $R=U/I$

בד"כ מתקבל זרם בסוף הבדיקה של עד כ 1 מיקרו אמפר במתח בדיקה של 5000 וולט. חור אוהם

$$R = \frac{U}{I} = \frac{5 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^{-6}} = 5 G\Omega$$

מראה ש

משך הבדיקה עד לקבלת התייצבות הזרם בבידוד: לבידוד בעל קיבוליות נמוכה עד עשרות או מאות פיקו פארדים – כדקה. לבידוד בעל קיבוליות גבוה עד מאות או אלפים ננו פארדים – כעשר דקות. – **זמן התייצבות הזרם בבידוד.**

בדיקת התנגדות חשמלית

- בדיקת התנגדות חשמלית של הבידוד מתבצעת בעזרת מכשיר לבדיקת התנגדות בידוד (מגר) בעזרתו ניתן לקבל ערך של התנגדות הבידוד ובנוסף לכך את מקדם הקיטוב.
- מד התנגדות הבידוד מפיק **מתח ישר** בעת הבדיקה.
- בעת חיבור מקור מתח ישר לבידוד מקבלים טעינה של קיבול הבידוד. מבחינים ב-3 רכיבי זרם:
 - א- זרם טעינה** - גדול בהתחלה אך דועך מהר לאפס.
 - ב- זרם קיטוב** - זרם שערכו הולך וקטן במשך דקות רבות.
 - ג- זרם זליגה** - זרם הזורם על פני הבידוד ודרך חומר הבידוד.

התנגדות הבידוד

- הבדיקה הראשונית שמבצעים לבידוד במתקני מתח גבוה ונמוך הינה מדידת התנגדות הבידוד.
- מדידה זו מתבצעת במתח נמוך מהמתח התפעולי של הציוד (במתקני מתח גבוה). בדיקה זו אינה מסוגלת לתת תמונה מלאה על מצב הבידוד בציוד הנבדק אך היא הפשוטה והזולה ביותר.
- כשמדידת התנגדות הבידוד מתבצעת בצורה מחזורית תוך רישום תוצאות הבדיקה מאפשרת המדידה לגלות שינויים במצב הבידוד.
- מקובל לבצע מדידת התנגדות הבידוד לפני בדיקת בידוד אחרת, במתח תפעולי או במתח יתר.



תחומי המדידה

- תחומי המדידה נבחרים בהתאם לסוג הציוד ולמתח הנקוב של המתקנים הנבדקים:
- לציוד במתח נמוך נדרש מכשיר מדידה של $0-200M\Omega$ לפחות.
- לציוד במתח גבוה נדרש מכשיר בערך של $100k\Omega-100G\Omega$ לפחות. רמת הדיוק חייבת להיות טובה מ- $\pm 5\%$ מהקריאה.
- מתחי הבדיקה:
 - במתקני מתח נמוך ונמוך מאוד: $250-1000V$.
 - במתקני מתח גבוה עד $10kV$.
- מכשיר מדידה לבדיקת בידוד במתקני מתח נמוך, חייב לעמוד בתקנים: IEC-61557-2 או EN 61557-2.



ערכי התנגדות הבידוד במכונות מסתובבות על פי IEEE Std 43-2000

ערכי בידוד מינימליים מומלצים ב- $M\Omega$ עבור הסטטור במנועי מתח גבוה ובמתח נמוך בטמפרטורה של $40^{\circ}C$ עבור זמן בדיקה של 1 דקה.

Minimum insulation resistance	Test specimen
$R_{1\min} = kV + 1$	For most windings made before about 1970, all field windings, and others not described below
$R_{1\min} = 100$	For most dc armature and ac windings built after about 1970 (form-wound coils)
$R_{1\min} = 5$	For most machines with random-wound stator coils and form-wound coils rated below 1 kV

The minimum insulation resistance of one phase of a three-phase armature winding tested with the other two phases grounded should be approximately twice that of the entire winding. If each phase is tested separately and guard circuits are used on the two phases not under test, the observed minimum resistance should be three times the entire winding.

הערה: התנגדות הבידוד של ליפופי הרוטור $R_{r1\min} = kV + 1$

מקדם הקיטוב - Polarization index



מקדם הקיטוב הוא היחס בין התנגדות הבידוד הנמדדת לאחר 10 דקות לבין ההתנגדות הנמדדת לאחר דקה אחת. תוצאת הקריאה מצביעה על הופעת ליקויים בבידוד, רטיבות, שמנים או לכלוך של הבידוד.

הערכים המקובלים של מקדם הקיטוב מופיעים בעמודים הבאים:



סגל אריאל

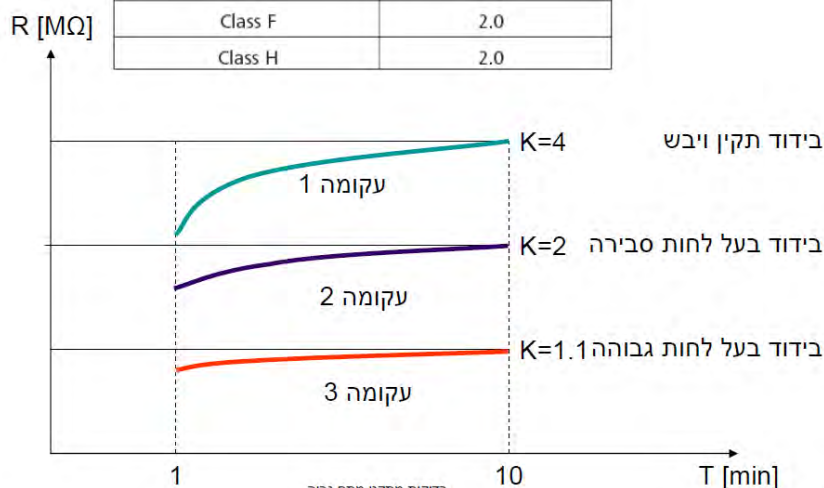
$$K = \frac{R_{10}}{R_1}$$

בדיקות מתקני מתח גבוה

מקדם הקיטוב - Polarization index



Thermal Class Rating	Minimum PI Value
Class A	1.5
Class B	2.0
Class F	2.0
Class H	2.0



סגל אריאל

בדיקות מתקני מתח גבוה

מקדם הקיטוב - Polarization index

- בידוד תקין מתאפיין בערך מקדם קיטוב גבוה מ: 1.5 – 1.3. מקדם קיטוב נמוך יותר מצביע על בידוד לא תקין בשל רטיבות, או אחזקה לקויה.

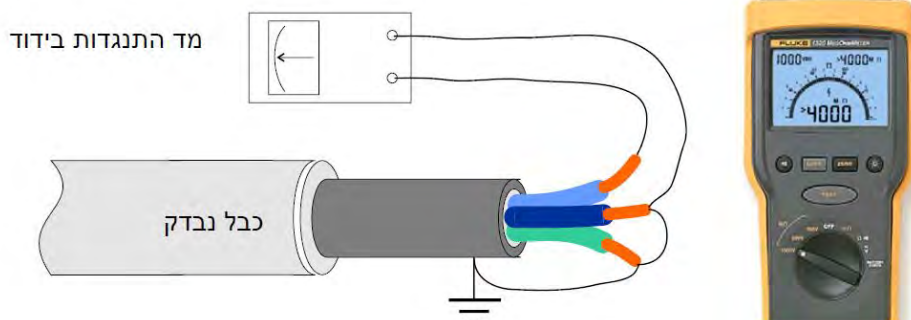
מקדם הקיטוב R_{10}/R_1	מצב הבידוד
<1.0	לא תקין
1.0-2.0	מעורר חשד ונדרש טיפול בהקדם
2.0-4.0	טוב
>4.0	טוב מאוד

- בסוגים מסוימים של ציוד (שנאים ראשיים, גנרטורים, מנועים גדולים, כבלים עשוי ערך מקדם הקיטוב להגיע לערכים די גבוהים של 5-10.
- פחות מקובל לבדוק מקדם קיטוב בכבלים ארוכים בשל הקיבוליות הגדולה.

התנגדות הבידוד

בדיקת הבידוד בכבל:

- ניתוק קצוות המוליכים מהמעגל.
- חיבור המוליך הנבדק להדק אחד של מד התנגדות הבידוד.
- חבר יחד את שאר המוליכים לאדמה ולהדק השני של מכשיר המדידה. חזור על הבדיקה בין כל אחד מהמוליכים ליתר.





התנגדות הבידוד

- מקובל לחלק את הציוד הנבדק ל-2 קבוצות: בידוד בעל קיבול נמוך וציוד בעל קיבול גבוה.
- ציוד בעל קיבול נמוך: בערך של עשרות או מאות pF כגון: מבודדים, פסי צבירה, מפסקי זרם וכד'. זמן התייצבות הזרם בבידוד מסוג זה הוא כדקה. הערך הנמדד בסוף הבדיקה הוא הערך הסופי של התנגדות הבידוד.
- ציוד בעל בידוד גבוה: בערך של מאות או אלפי nF כגון: כבלים ארוכים, גנרטורים גדולים, שנאים וכד'. זמן התייצבות הזרם בבידוד מסוג זה יכול להגיע למספר דקות עד מספר שעות.



השפעת הטמפרטורה על מדידת התנגדות בידוד

$$R_C = K_T \cdot R_T$$

R_C - התנגדות הבידוד בטמפרטורה 40°C .
 K_T - מקדם תיקון הטמפרטורה.
 R_T - התנגדות הבידוד בטמפרטורה T .

בהעדר נתון מדויק לגבי התנהגות הבידוד, מקובל לחשב את הערך של K_T כחצי בכל שינוי טמפרטורה מ- 40°C . תלות לינארית זו נכונה בטווח מוגבל של טמפרטורות בדרך כלל בתחום 20°C - 60°C .

$$K_T = 0.5^{\frac{40-T}{10}}$$

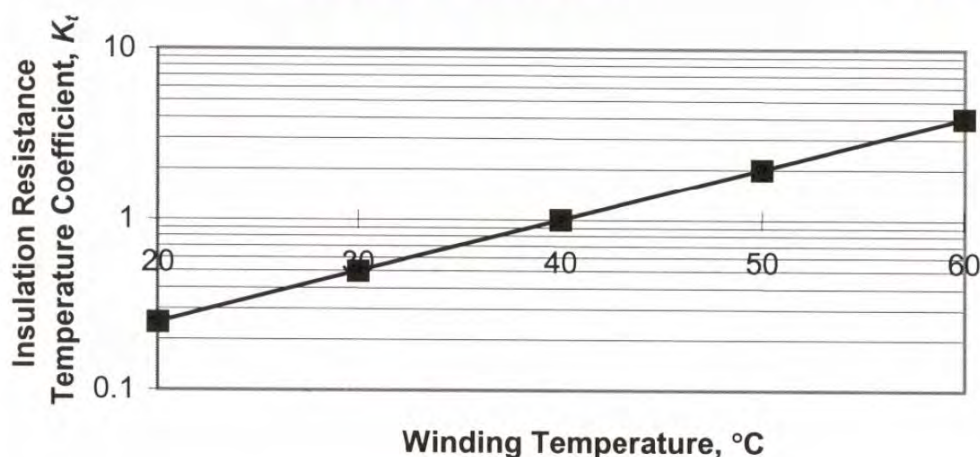
$$K_T = 0.5^{\frac{40-35}{10}} = 0.707$$

עבור טמפרטורה של 35°C נקבל:

$$K_T = 0.5^{\frac{40-50}{10}} = 2$$

ועבור טמפרטורה של 50°C נקבל:

השפעת הטמפרטורה על מדידת התנגדות בידוד



שימוש בהדק מגן – Guard terminal

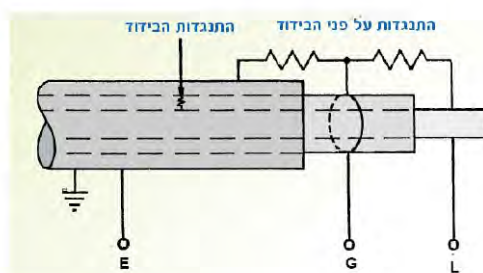
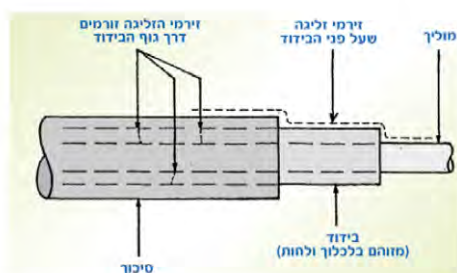


- בעת מדידת בידוד ניתן לחלק את זרם הבדיקה ל-2 חלקים:
 - א. הזרם דרך חומר הבידוד.
 - ב. זרם הזורם על פני השטח החיצוני של הבידוד כאשר זיהום ולחות מצטברים עליו.
 המרכיב הראשון הוא הזרם אותו אנו מעוניינים לבדוק.
 המרכיב השני תלוי ברמת הזיהום על פני הבידוד.
- שימוש בהדק Guard terminal מאפשר להסיר את השפעת זליגת הזרם שעל פני הבידוד ובכך לקבל מדידה מדויקת יותר של ערך הבידוד עצמו.
- באופן דומה ניתן תוך שימוש במוליך זה למדוד את הבידוד בין סלילי שנאי, מנוע או מערכת אחרת במתח גבוה תוך ניטרול השפעת הזליגה לגוף.

שימוש בהדק מגן – Guard terminal



- על פי רוב ובמקרים שבהם הסבירות של זרם זליגה על פני המעטה או לכוון המעטה ישפיע על דיוק המדידה לא נעשה שימוש בהדק Guard והמדידה מתבצעת באמצעות ההדקים החיובי והשלילי בלבד.
- יש לציין כי הדק זה מופיע במכשירי מדידה במתח מעל 1kV ואינו קיים במכשירי מדידה במתח נמוך.

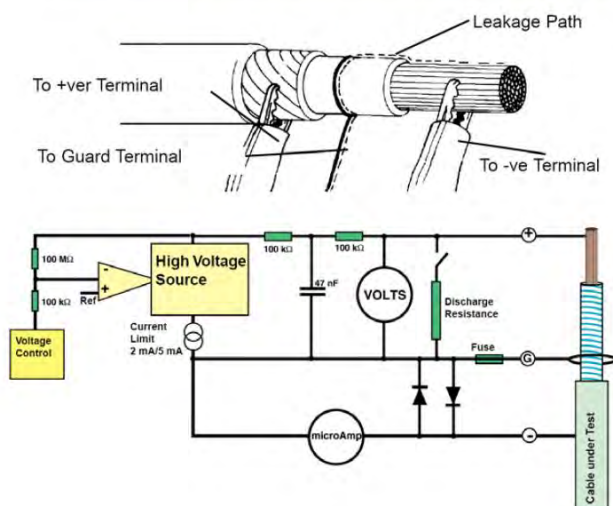


שימוש בהדק מגן – Guard terminal

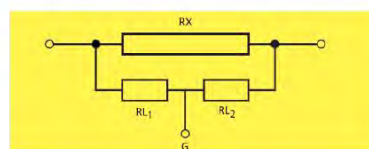


- במדידת התנגדות כבל, כאשר קיימת סבירות של זליגה משטחית בין הגיד המרכזי למעטה החיצוני, בשל רטיבות, או לחות, יש צורך להפחית את השפעת זרם זליגה זה, במיוחד בבדיקות במתח גבוה.
- המדידה תתבצע על ידי כריכת מוליך חשוף סביב הבידוד בין הסיכוך והגיד הפנימי. פוטנציאל מוליך ה-Guard זהה לפוטנציאל ההדק השלילי.
- היות והתנגדות הזליגה המשטחית נמצאת במקביל להתנגדות הבידוד הנמדד, מבצע המכשיר חיסור של זרם המדידה פחות זרם הזליגה המשטחית. קריאת המכשיר תהיה לכן התנגדות הבידוד נטו תוך התעלמות מהזליגה המשטחית.

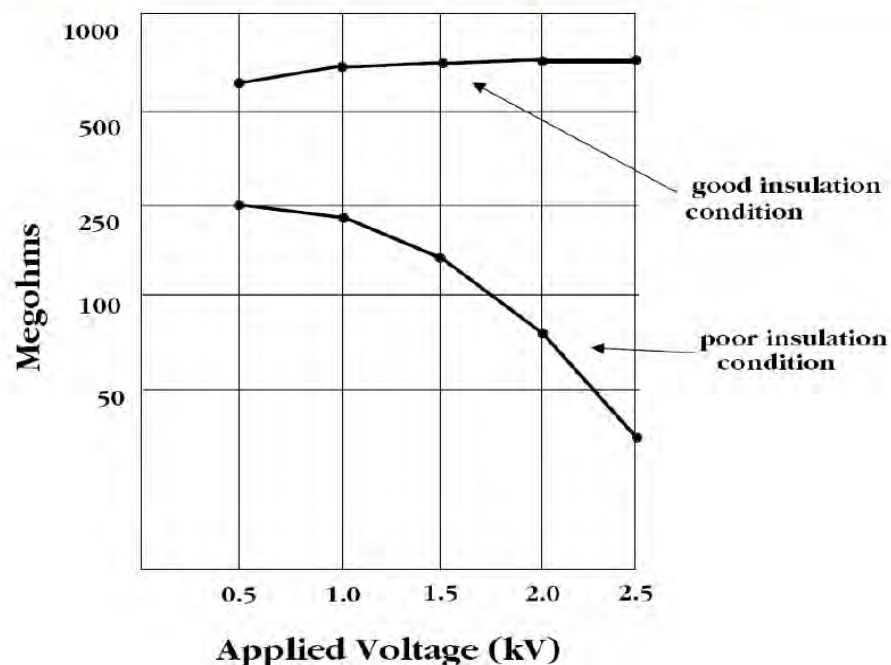
שימוש בהדק מגן – Guard terminal



סכימת המדידה

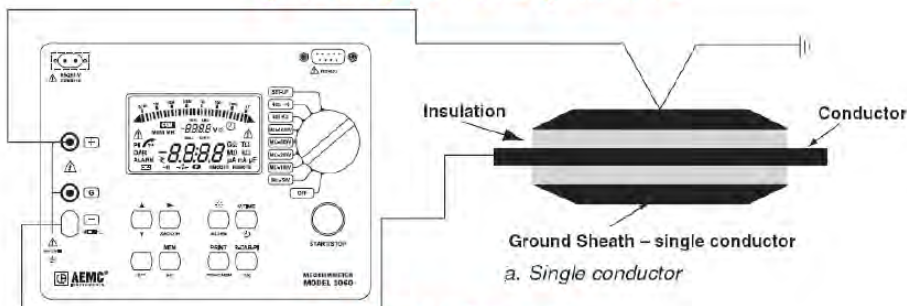


בדיקת SV-Step Voltage

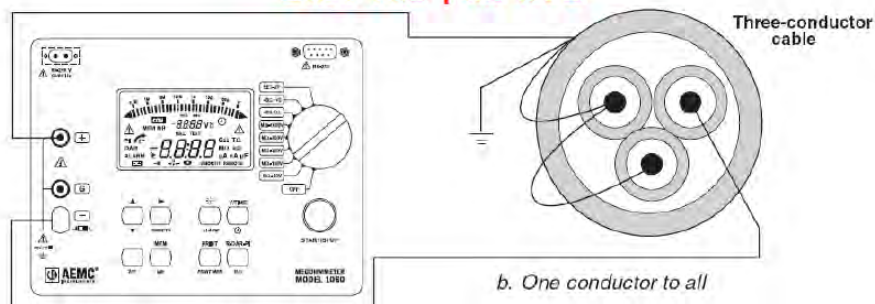


מידת בידוד כבל

בידוד מוליך בודד לסינוך או שריון

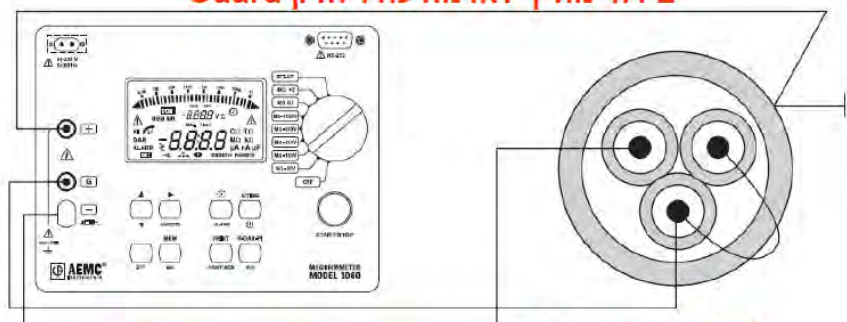


בידוד מוליך בודד לכולם

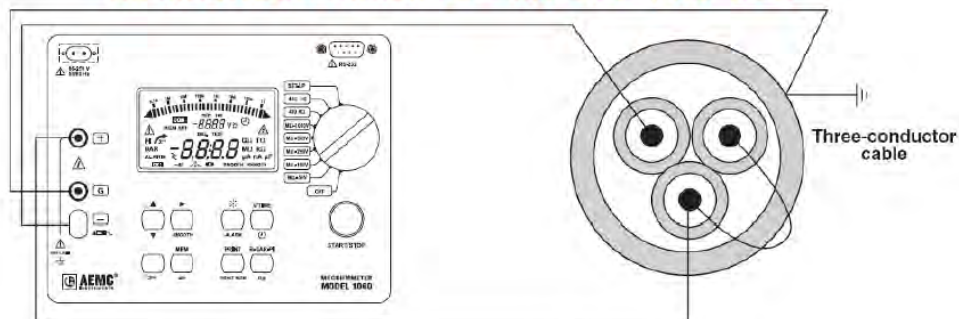


מדידת בידוד כבל

בידוד מוליך לאדמה כולל הדק Guard

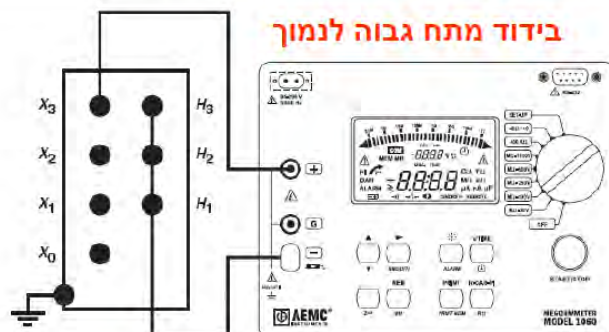


בידוד מוליך ביחס לאחרים בהפחתת השפעת האדמה



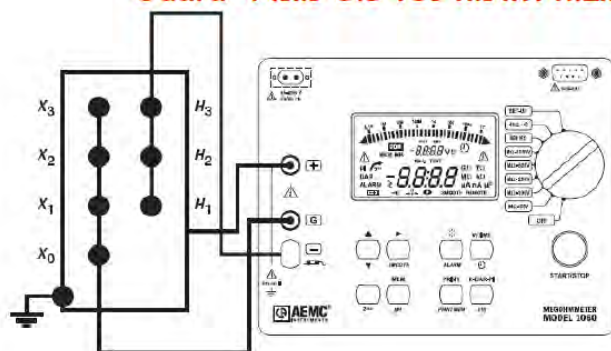
d. One conductor to others minus ground

בדיקת בידוד שנאי



e. High voltage winding to low voltage winding

בידוד מתח גבוה לאדמה כשליפופי מ.נ. ל- Guard

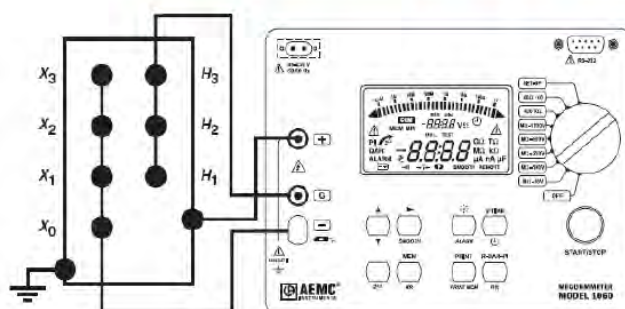


b. High voltage winding to ground with low voltage winding to guard

סגל אריאל

בדיקת בידוד שנאי

בידוד מתח נמוך לאדמה כשליפופי מ.ג. ל- Guard



d. Low voltage winding to ground and high voltage winding to guard