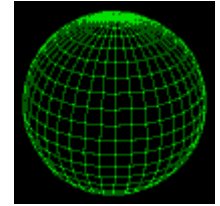
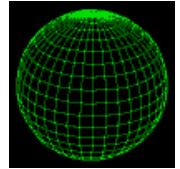


הרצאה 3- רציפות והבדדה

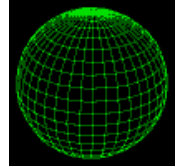


מדידת התנגדות המוליך והתנגדות הבידוד



מדידת רציפות/התנגדות מוליכים

- השימוש הנפוץ במדידת רציפות הינו מדידת רציפות מוליך הארקה.
- **מוליך הארקה** : מהאלקטרודה לפס השוואה ראשי, בין קוצי הארקה יסוד, פס השוואה לפסי הארקה ראשיים בלוחות, ללוחות משנה ולבתי תקע.
- גוף מכשיר להדק הארקה בפתיל הזינה, להארקה ראשית וכדי



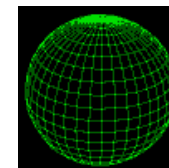
מדידת רציפות/התנגדות מוליכים

המטרה העיקרית במדידת רציפות הינה לוודא שהמוליך היוצא מנקודה א' מגיע ליעדו בנקודה ב'.

המדידה באמצעות מד התנגדות נמוכה.

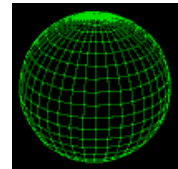
תוצאת המדידה : התנגדות המוליך באוהמים.

במידה ומעוניינים רק בעובדת "הגעת" המוליך ליעדו, ניתן לוודא את קיום הרציפות ע"י "צפוף".

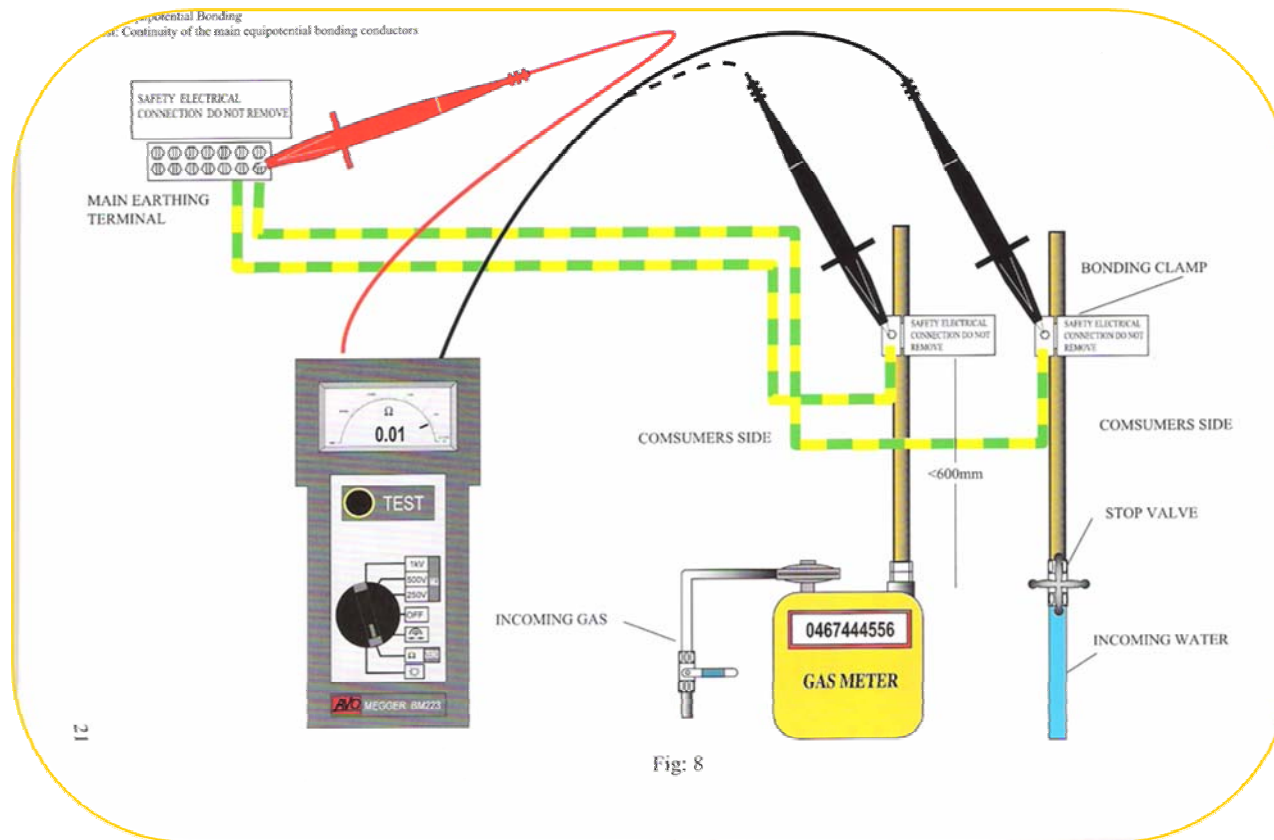


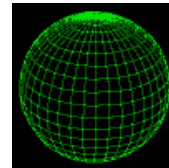
מדידת רציפות/התנגדות מוליכים

- ערכים מקובלים: עד 1 אוהם למערכות הארקה גדולות, עד 5 אוהם במערכות רגילות.
- התנגדות גבוהה מדי מצביעה על חיבור לקוי/מוליך פגום/ מרחק חיבור ארוך.



מדידת רציפות/התנגדות מוליכים

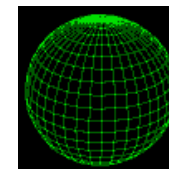




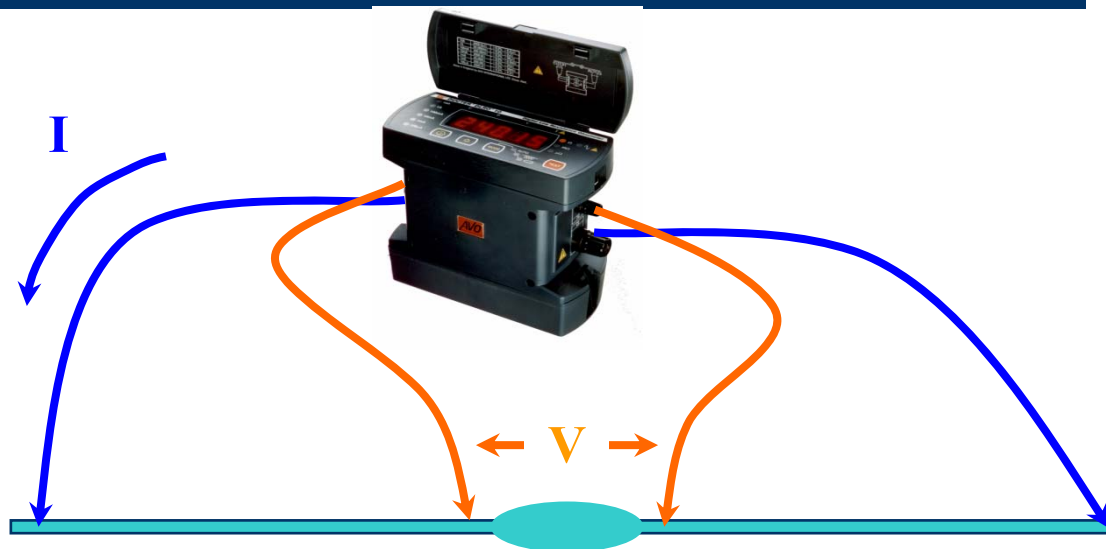
מידת רציפות - המיכשור

מד התנגדות נמוכה דיגיטלי





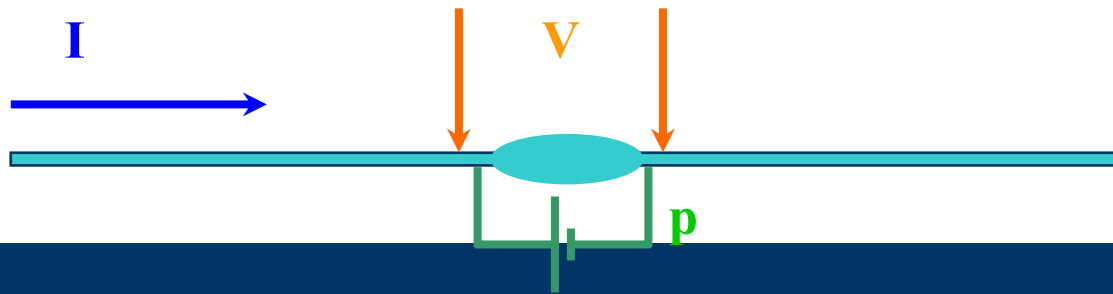
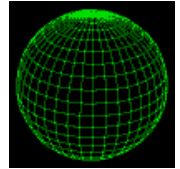
מדידת רציפות – עקרון המדידה



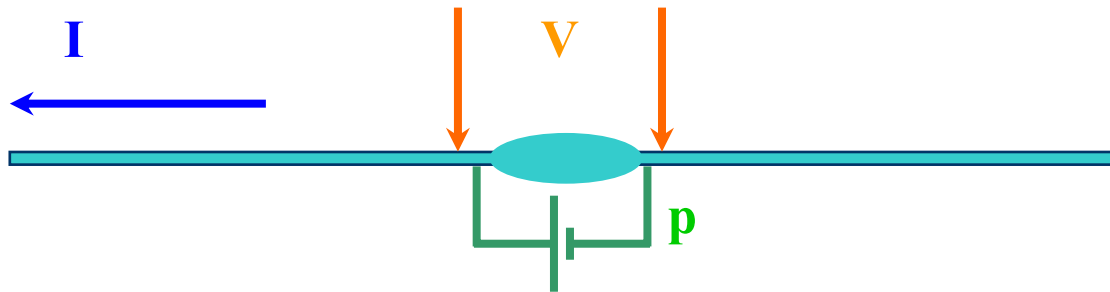
● חוק אוהם $R = V/I$

● ע"י הזרמת הזרם דרך האובייקט הנבדק ומדידת המתח על פניו ניתן לחשב את ההתנגדות.

מה קורה אם יש מתח על ההתנגדות הנמדדת?

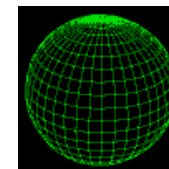


● בזרם בקוטביות חיובית $V = IR + p$



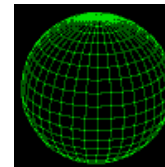
● בזרם בקוטביות הפוכה $V = IR - p$

● הממוצע $V = IR$



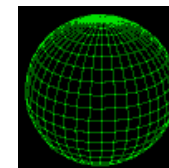
מדוע יש להשתמש במכשירים ?

- על מעגלים חשמליים להיות מוארקים
 - בדיקת רציפות
- למערכות שידור יש צורך במשטח הארקה
 - בודק תקינות חיבורי הארקה המערכות
- במערכות שאינם בתדרי רדיו יש צורך במוליך חוזר
 - חיבורים רופפים גורמים לרעש
- התנגדות חיבור מהדקי מצבר
- רציפות הארקה במחברי כבלים



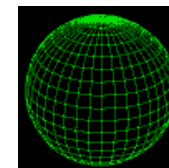
דרישות ממכשיר המדידה:

- משקל נמוך ומימדים קטנים
 - גישה נוחה וטובה יותר לנקודת הבדיקה
 - קל ונוח לשימוש
- הזרמת זרם בקוטביות הפוכה באופן אוטומטי
 - מבטל השפעת מתחים שיוריים.
- דיוק בסיסי סביר/טוב
- ידיים חופשיות – מדידה בשתי ידיים
- סיום מהיר של המדידה , 2-3 שניות.



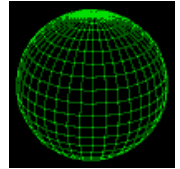
דרישות ממכשיר המדידה:

- חסין בפני רעשים
- חסכון באנרגיה
 - סוללות בקיבול גבוה
 - טעינה מחדש מהירה
 - מעגלי טעינה חכמים
 - קלות בהחלפת סוללה
- הגנה טובה
- שימוש ביריעה רחבה של מוליכי וגששי מדידה



דרישות ממכשיר המדידה: אופציות נוספות

- גבולות
 - אפשרות לכוונון גבול עליון ותחתון
- הכנסת טקסט
 - ניתן להכניס הערות כתובות בנוגע למדידה
 - שמירה בזכרון של הטקסט הנ"ל יחד עם הנתונים
- זכרון
 - שמירה עם אפשרות הורדה למחשב
- Usb /RS232 - מחבר לשמירה והעברה למחשב



מדידת רציפות – זרמי בדיקה



דרישות ממכשיר הבדיקה:

- זרם בדיקה של 200 מ"א בקירוב.
ברוב המקרים בהתנגדות עד 5 אוהם
המכשיר מזרים זרם הגבוה מ- 200 מ"א
- להתנגדויות נמוכות במיוחד (מאית
ואלפית אוהם) נדרש להזרים זרם של עד
25 אמפר.
- זרם בדיקה גבוה – דיוק מדידה גבוה
ובנוסף מגע רופף ודק מהרגיל – ניתק !!

מנתוני מכשירי מדידה

- **LOW Ω** : Continuity test of earth, protective and equalizing potential conductors with test current higher than 200mA and open circuit voltage ranging from 4 V to 24V.

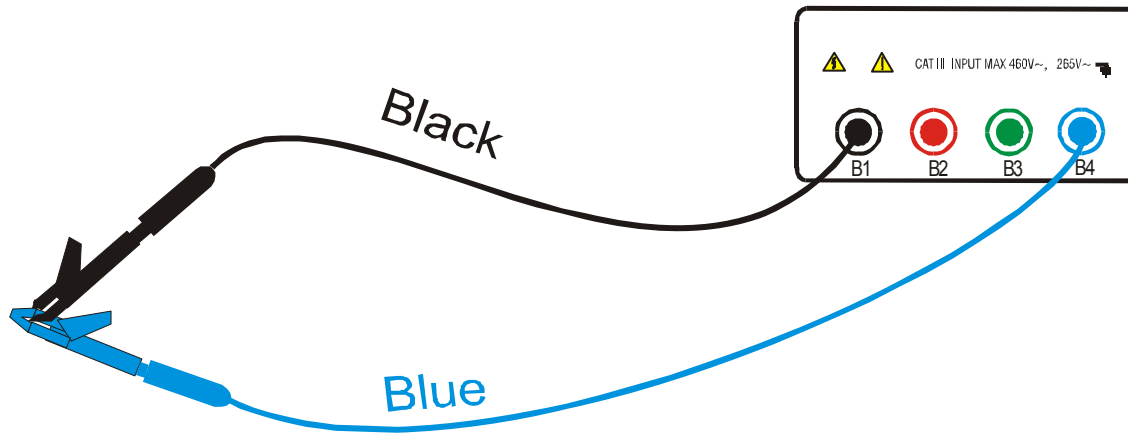
מנתוני מכשירי מדידה

- ☞ Mode **AUTO** (the instrument carries out two measurements with reversed polarity R+ and R-, and displays their average value R_{avg}). This mode is recommended for the continuity test.
- ☞ Mode **R + TIMER** (measurement with positive polarity and possibility of setting the duration time of the test). In this case the operator can set a measuring time long enough to permit him to move the protective conductors while the instrument is carrying out the test so detecting any bad connection.
- ☞ Mode **R - TIMER** (measurement with negative polarity and possibility of setting the duration time of the test). In this case the operator can set a measuring time long enough to permit him to move the protective conductors while the instrument is carrying out the test so detecting any bad connection.
- ☞ Mode **CAL** (compensation of the resistance of the cables used for the measurement).

בדיקת רציפות הארקה

קיצוז השפעת התנגדות מוליכי המדידה (ללא קשר
לאורכם ובלבד שלא יעלו על 5 אוהם!!)

רציפות הארקה



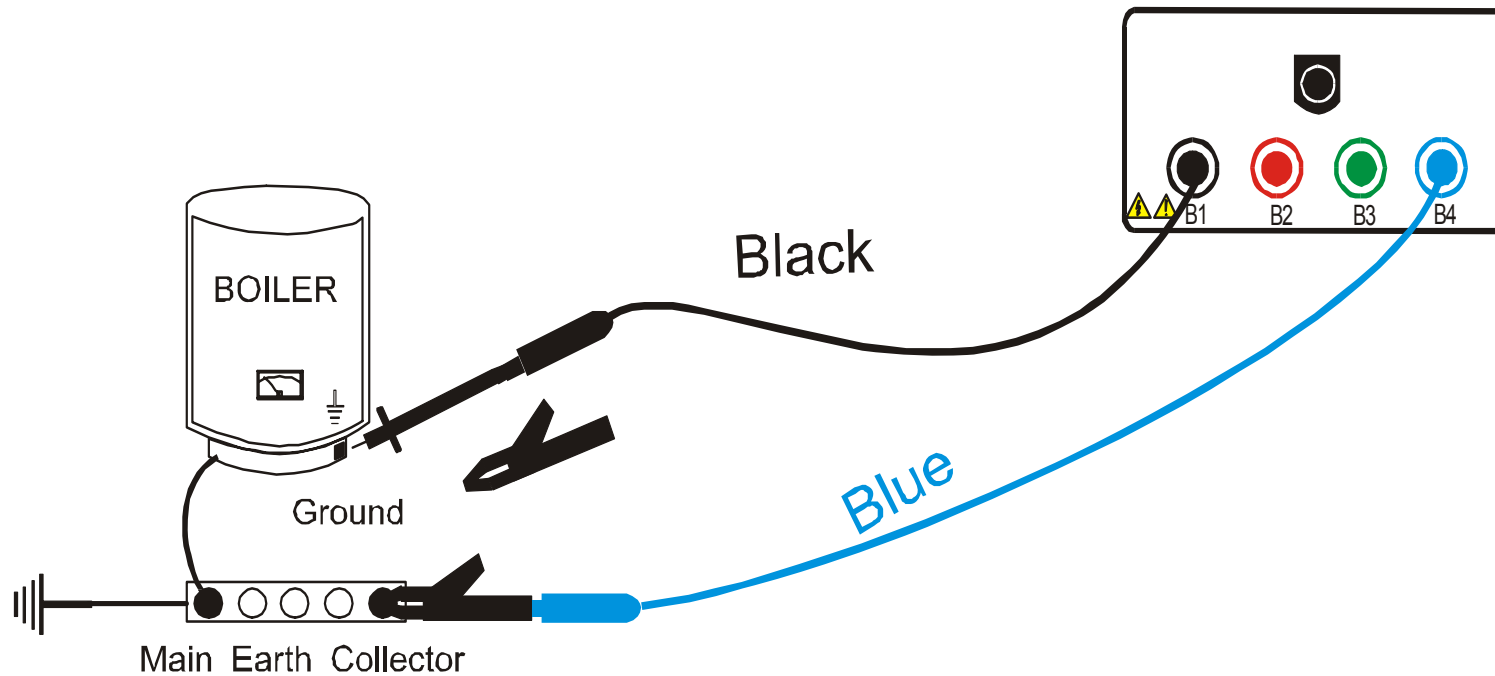
CAL LOW Ω
0.00 Ω

203 mA

בדיקת רציפות הארקה

רציפות הארקה

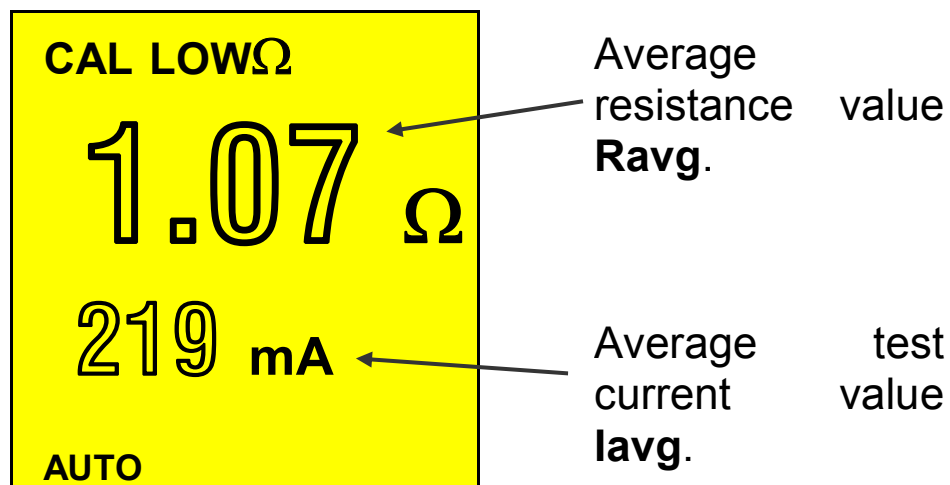
ערכים נמדדים: עד $5\ \text{Ohm}$ במבני מגורים או
מבני ציבור בהתחשב בחתך ובאורך המוליך
בד"כ הערכים יהיו כ $1-1.5\ \text{Ohm}$



בדיקת רציפות הארקה

רציפות הארקה

ערכים נמדדים: עד 5 Ohm במבני מגורים או
מבני ציבור בהתחשב בחתך ובאורך המוליך
בד"כ הערכים יהיו כ 1-1.5 Ohm



בדיקת רציפות הארקה

מעל 5 Ohm ו/או מתח הדקים מעל 10 וולט – לא
תתבצע בדיקה (במכשירי HT)

רציפות הארקה

- ☞ If the terminal voltage is higher than 10V, the instrument does not carry out the test and displays the screen alongside for 5 seconds after which, the instrument displays the screen relative to the precedent selected test mode LOW Ω under AUTO mode.



ATTENTION: the test was not effected because of voltage at the terminal ends.

סוגי המכשירים המבצעים מידת רציפות



מדידת התנגדות בידוד

הבידוד

חשיבותו של הבידוד החשמלי הינה בחסימת דרכו של זרם או פוטנציאל חשמלי מלהגיע למקומות "אסורים" :

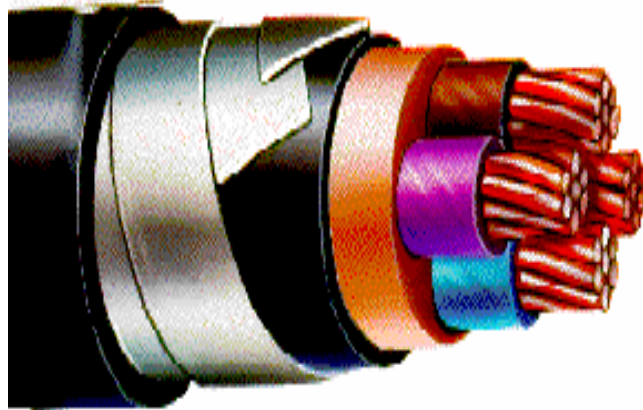
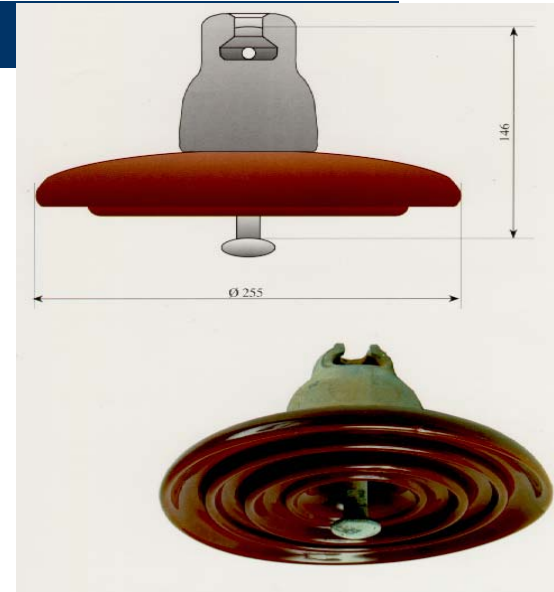
- ממוליך חשמלי לגעת בגוף מתכתי מוארק - קצר
- מניעת מגע במוליך חי - בטיחות

בידוד חשמלי מאופיין ע"י התנגדות חשמלית גבוהה מאוד - ביח' מגה אוהם - ובחירת סוג זה או אחר של בידוד נקבעת לפי הפרמטרים המאפיינים את הציווד החשמלי בו מותקן הבידוד.

מדידת התנגדות בידוד



חומרי בידוד



מדידת התנגדות בידוד

מה גורם לתקלה בבידוד?

◆ השפעות דיאלקטריות של שדה חשמלי.

◆ השפעות טרמיות עקב חימום.

◆ השפעות מאמצים מכניים, רעידות.

◆ השפעות אקלימיות, לחות, אבק, מלח.

◆ השפעות חומרים כימיים, גזים וכד'.

כל ההשפעות הנ"ל יכולות לגרום להרס הבדוד
ולתקלה הנקראת

פריצה חשמלית

מדידת התנגדות בידוד

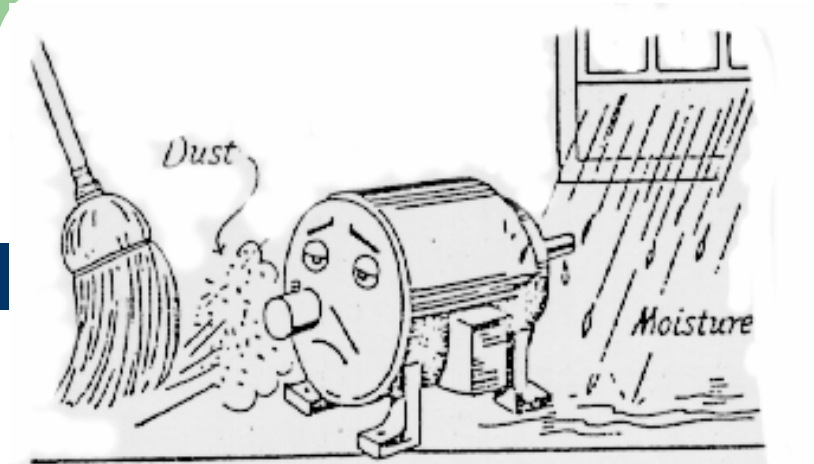
פריצות חשמליות כתוצאה מהרס בידוד – ככל שמתח הרשת עולה, קיים לחץ גדול יותר על הבידוד

א. פריצה ציאלקפית - שדה חשמלי הגבוה מחוזקו
הדיאלקטרי של חומר הבידוד גורם להתמוטטות מבנה החומר .

ב. פריצה קורנאית - במידה והמוליך המבודד לא אחיד יוצרו צפיפויות זרם גבוהות שיחממו את הבידוד, העמסת יתר לאורך זמן וחלוקה לא שווה של הזרמים דרך חומר הבידוד יגרמו אף הם לחום ולהתפחמות החומר באזור המחומם ופריצה מלאה.

ג. פריצת יוניציה - במקומות בהם ישנם ריכוז יתר של שדה חשמלי - אי הומוגניות חומר הבידוד - , יוצרו התפרקות המאכלות את חומר הבידוד { חמום התפחמות ופריצה } .

מדידת התנגדות בידוד



השפעת הלחות והאבק על הבידוד

התנגדות הבידוד [M Ω]	זמן [שעות]
0.1	עם ההכנסה למיבש
1.1	0.5
6.0	1
15.0	1.5
26.0	2
36.0	3
40.0	4

מה קורה כשהבידוד כושל?

SEP 26 2000



מדידות בזרם ישר

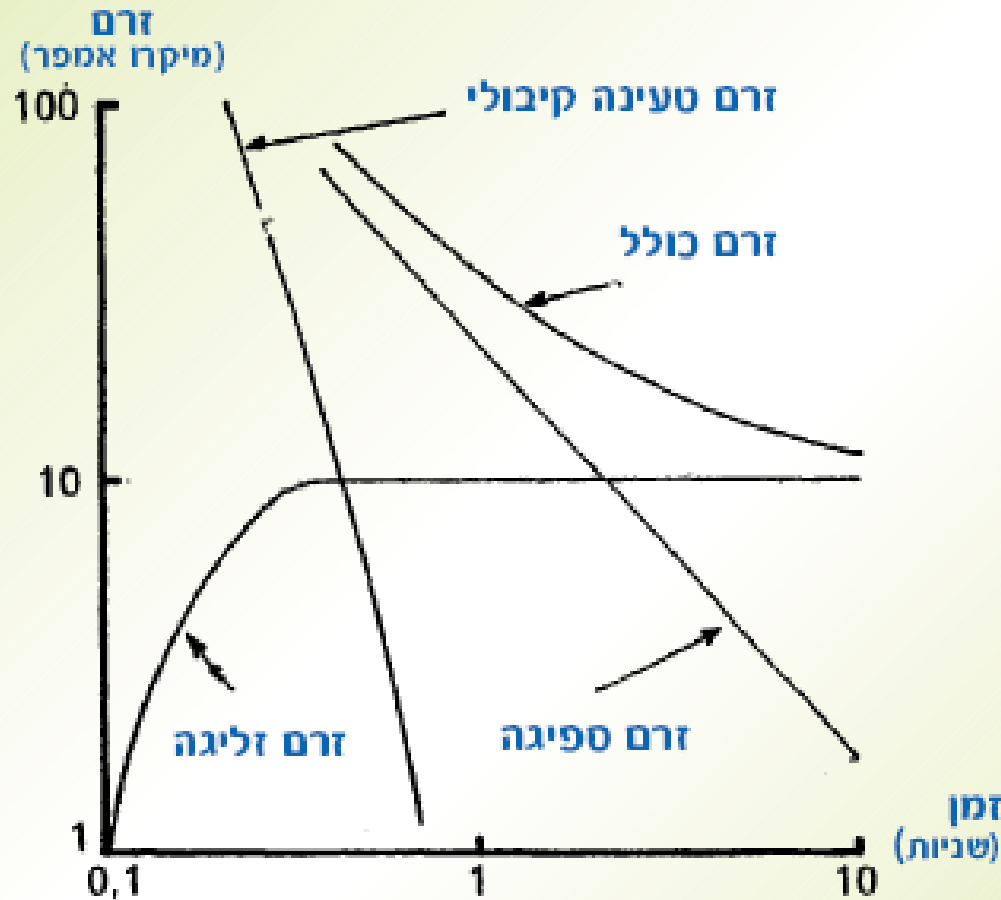
◆ את חומר הבדוד ניתן לתאר ע"י סכימה חשמלית אקויוולנטי : נגד במקביל לקבל (ניתן גם בטור) .

נגד - מתאר זרם זליגה לגוף
קבל - מתאר את קיבוליות הבדוד -
טעינתו באלקטרונים.

גודל קיבוליות :

- ◆ במדדי מעבר קטנים - מאות פיקופרד
- ◆ בשנאים בינוניים - כמה מאות עד אלף פיקופרד.
- ◆ בכבלים - 1000-200 פיקופרד למטר.
- ◆ במכונות ושנאים גדולים - כמה אלפי פיקופרד.

מרכיבי זרם הבדיקה



זרם טעינה קיבולי:

גבוה בתחילת הבדיקה ודועך
מהר עם הזמן- תלוי באורך כבל
נבדק

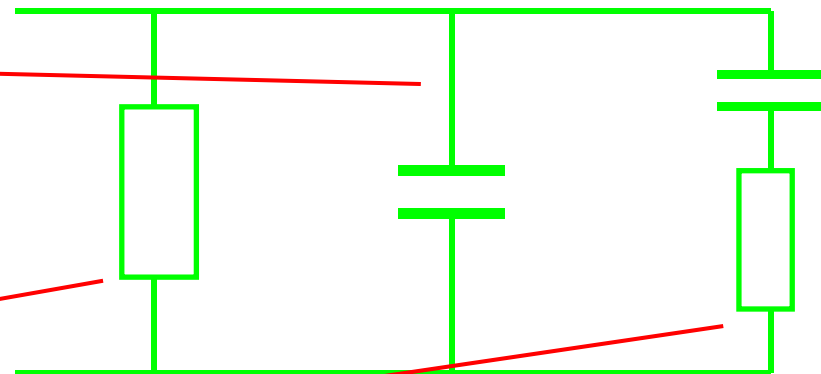
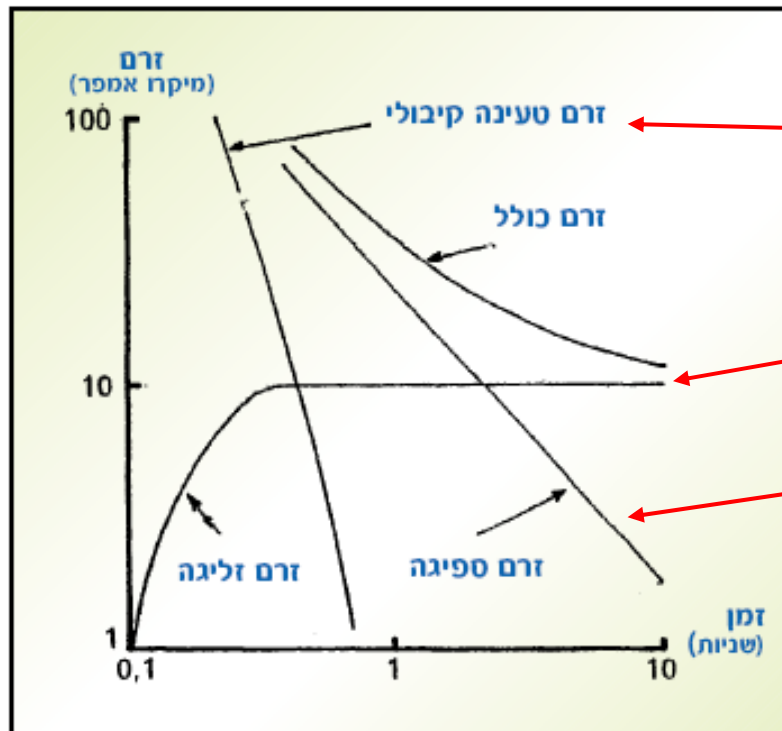
זרם ספיגה/קיטוב:

גבוה בתחילת הבדיקה ודועך
לאט עם הזמן-
לחות ומתכות מזוהמות מגדילות
הקוטביות

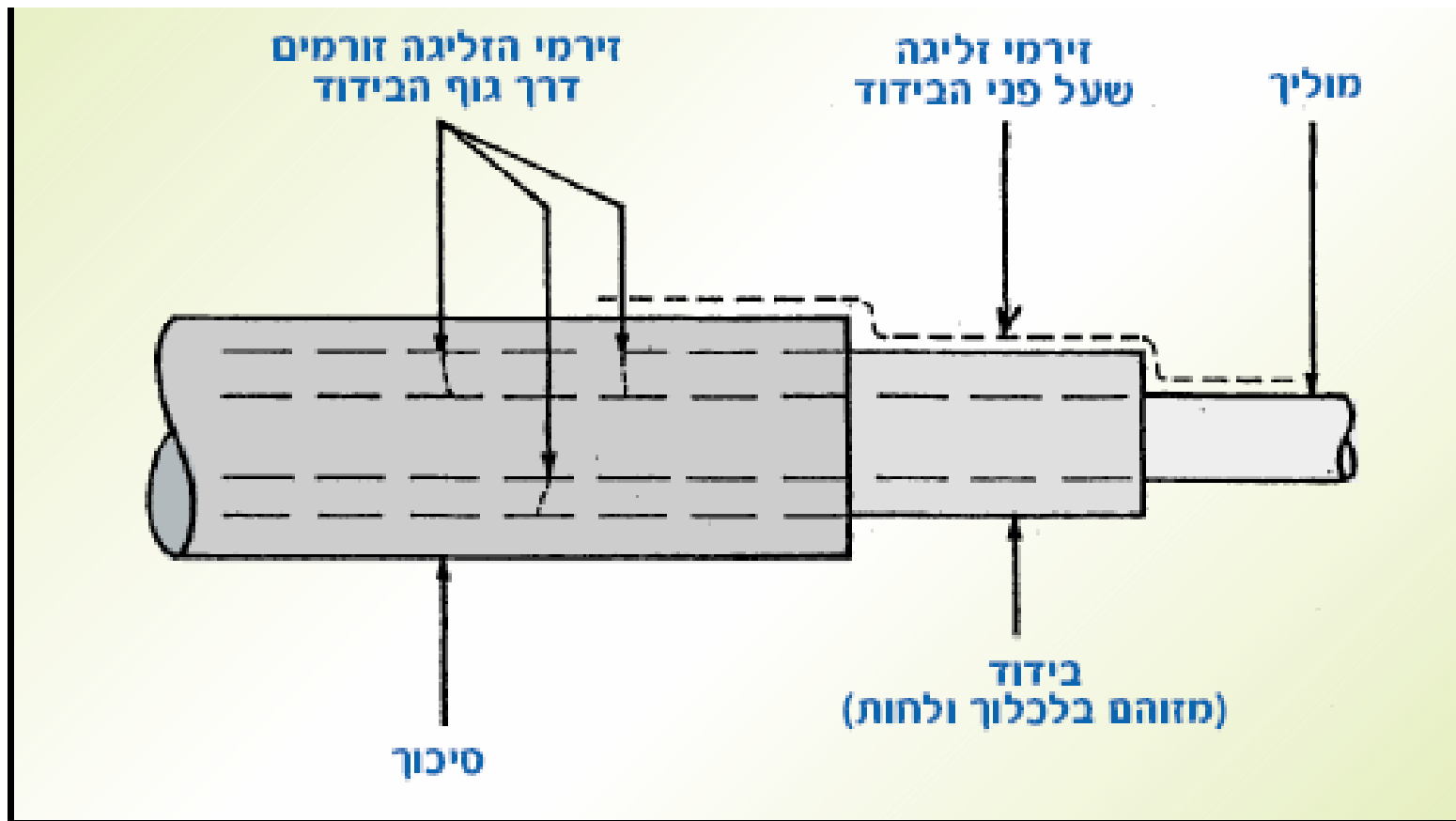
מרכיבי זרם הבדיקה

זרם זליגה:

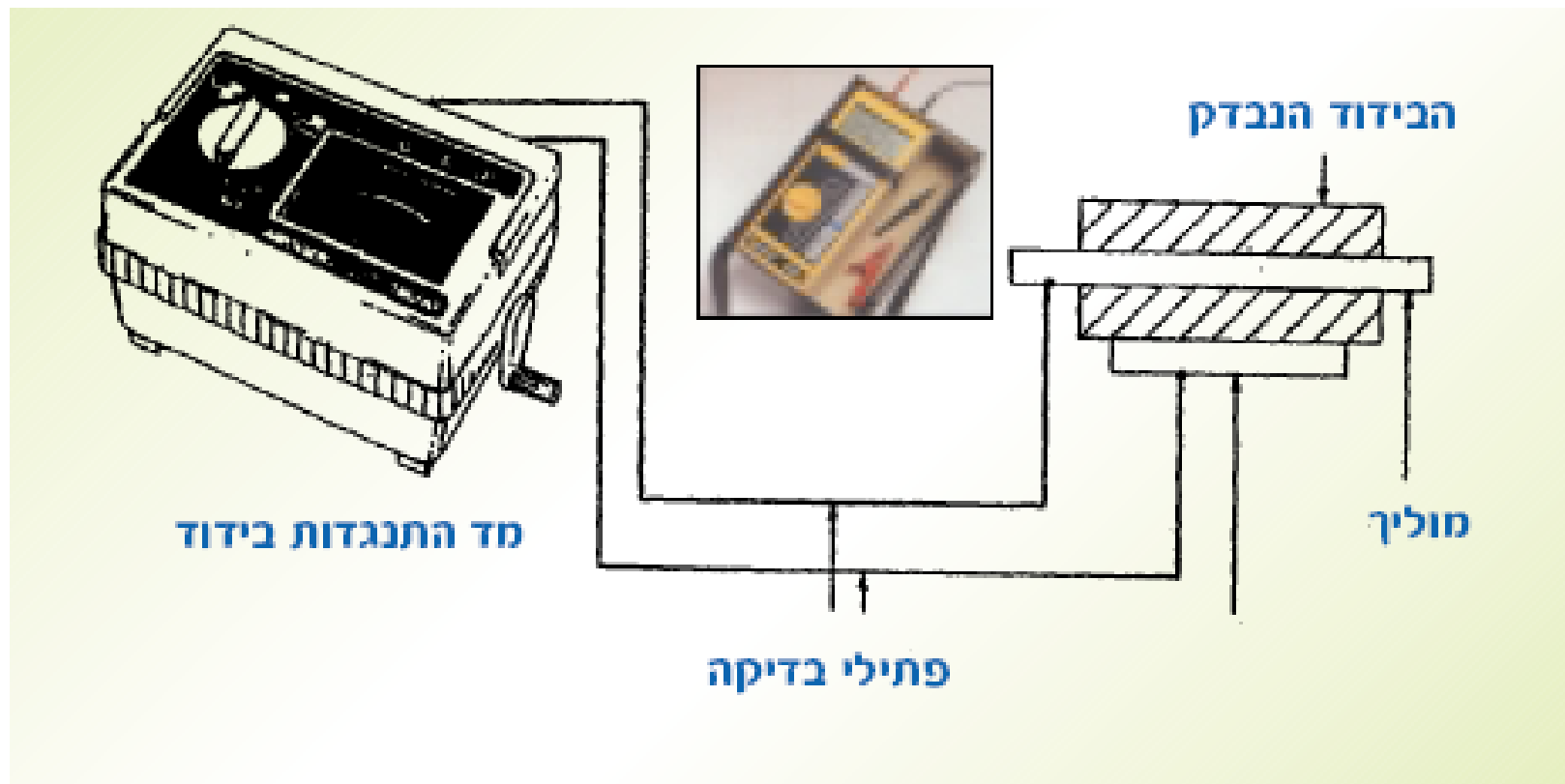
- זרם על פני מוליך - תלוי ברמת זיהום המוליך
- זרם דרך המוליך - הזרם שמעוניינים לבדוק



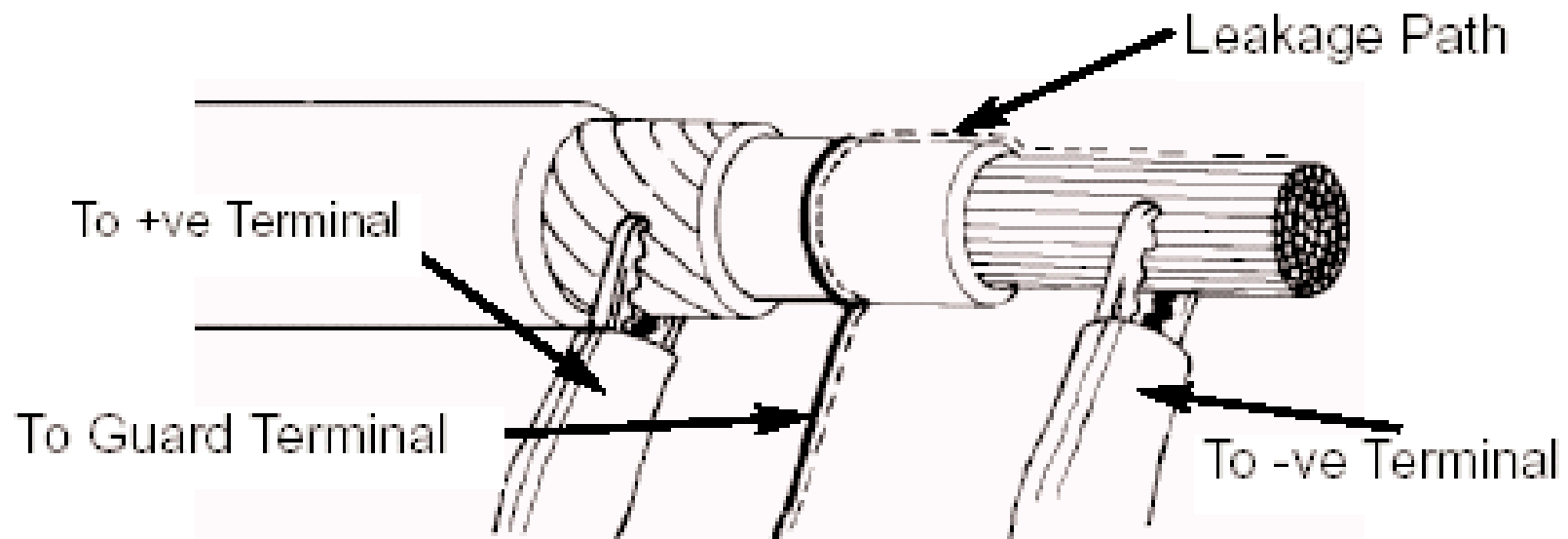
זרמי זליגה בכבל



עקרון מדידה



שימוש בהדק G לקיזוז השפעות זיהום הבידוד – זליגה על פני המוליך



מתחי הבדיקה ?

- אין לבדוק במתח הגדול מערך השיא של מתח הרשת: $\text{Peak voltage} = \text{root } 2 \times \text{rms value}$
- בד"כ 5 ק"ו הינו המתח המרבי לבדיקה (משיקולי גודל משקל ועלות)
- ברשת 230 וולט (או בין מוליך לאדמה) : 500 וולט
- ברשת תלת מופעית – 400 וולט – בין מוליכים ראשיים – 1000 וולט

מתחי הבדיקה ?

- **Factory AC Test Voltage =**
 $2 \times \text{Name Plate Voltage} + 1000 \text{ V}$
- **DC Proof test Voltage before commissioning =**
 $0.8 \times \text{Factory AC test} \times 1.6$
- **DC Proof test voltage in maintenance =**
 $0.6 \times \text{Factory AC test} \times 1.6$

ערכי התנגדות בידוד תקינים של מוליכים:

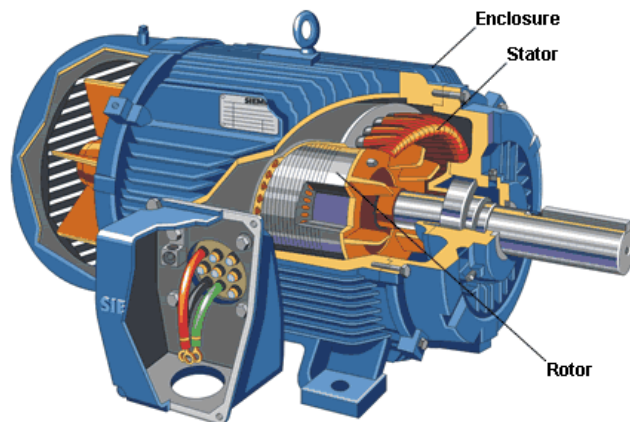
– ערכים המצביעים על תקינות הבידוד של מוליכים בהתאם לתקנות החשמל, במתח ישר 500 וולט:

– $R_{ins} > 1.5 \text{ M}\Omega$ במתקן חדש (לפני הפעלתו הראשונית)

– $R_{ins} > 0.25 \text{ M}\Omega$ במתקן ישן.

– במנועים נהוג לדרוש

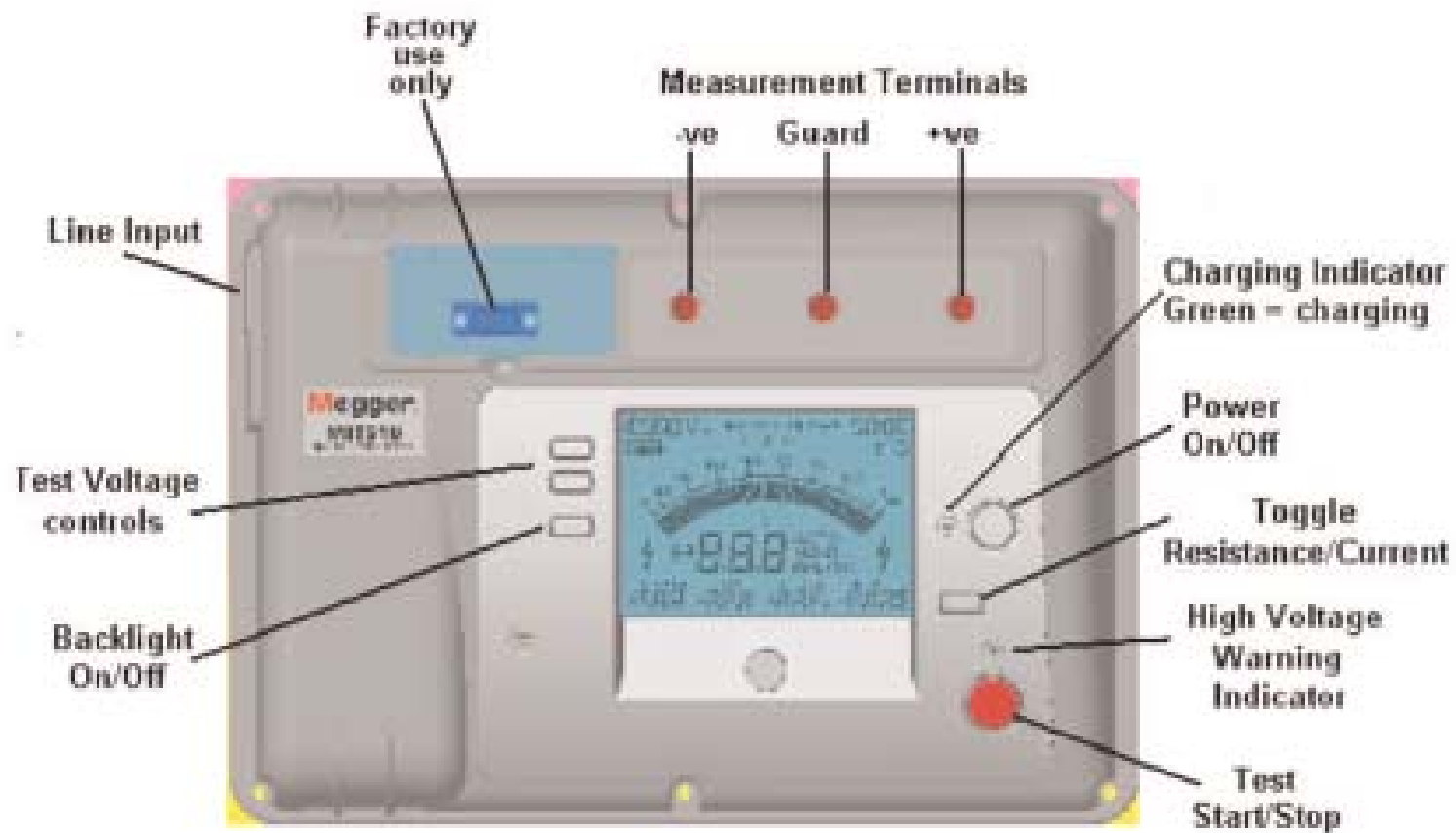
$R_{ins} > 0.5 \text{ M}\Omega$



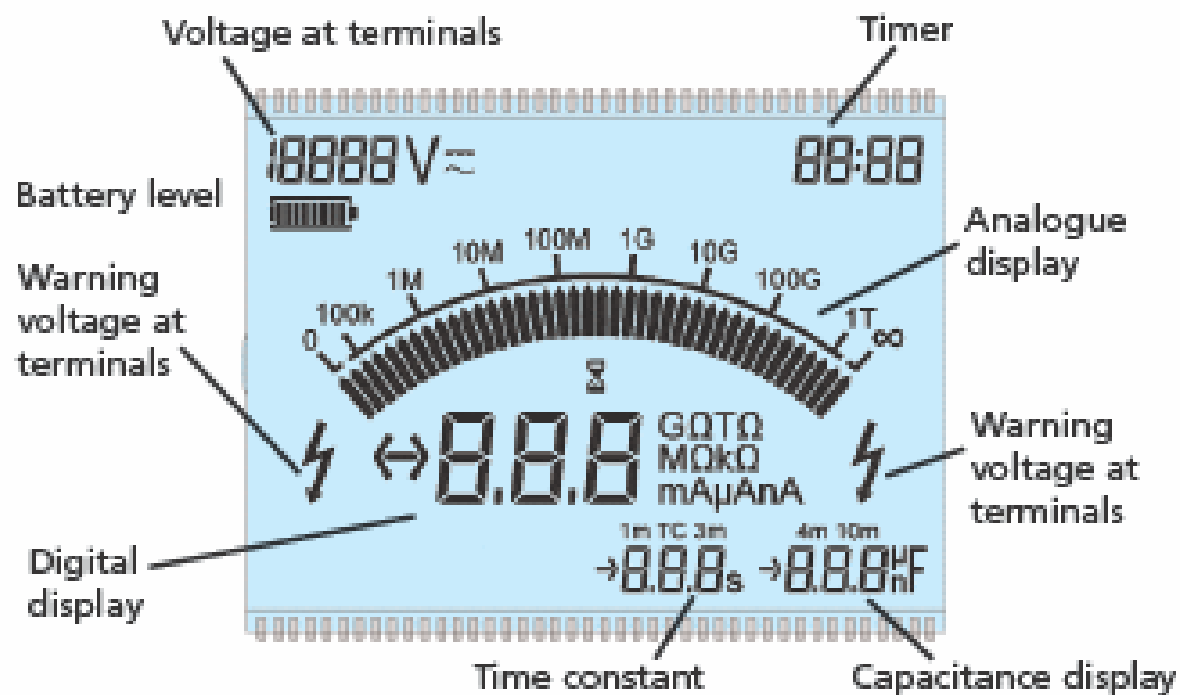
תקנים אירופאים – ערכי בידוד

ערך Min. MΩ	מתח בדיקה	תאור	תקן אירופאי
> 0.500 >1.00	500VDC 1000VDC	מתקן אזרחי עד 500 וולט מתקן יותר מ 500 וולט	CEI64-86
	500VDC 1000VDC	בידוד של קיר ורצפה בידוד קיר/רצפה מעל 500	CEI64-84
> 0.230	500VDC	לוח חשמל 230/400 וולט	EN60439
> 1.00	500VDC	ציוד מכונות חשמליות	EN60204

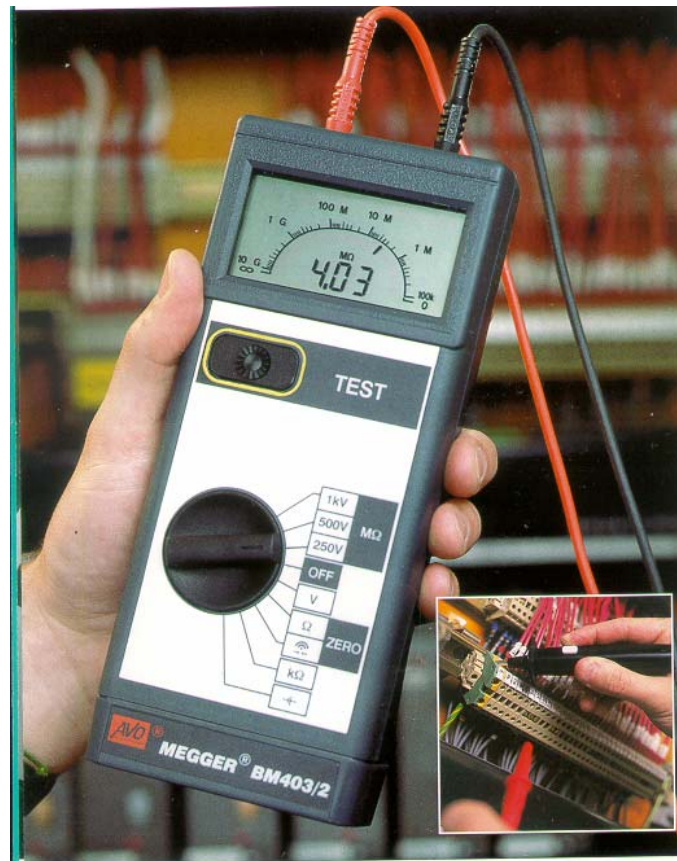
מכשיר למדידת התנגדות במתח ישר 5 ק"ו



מכשיר למדידת התנגדות במתח ישר 5 ק"ו



מכשיר למדידת התנגדות במתח ישיר עד 1000 וולט



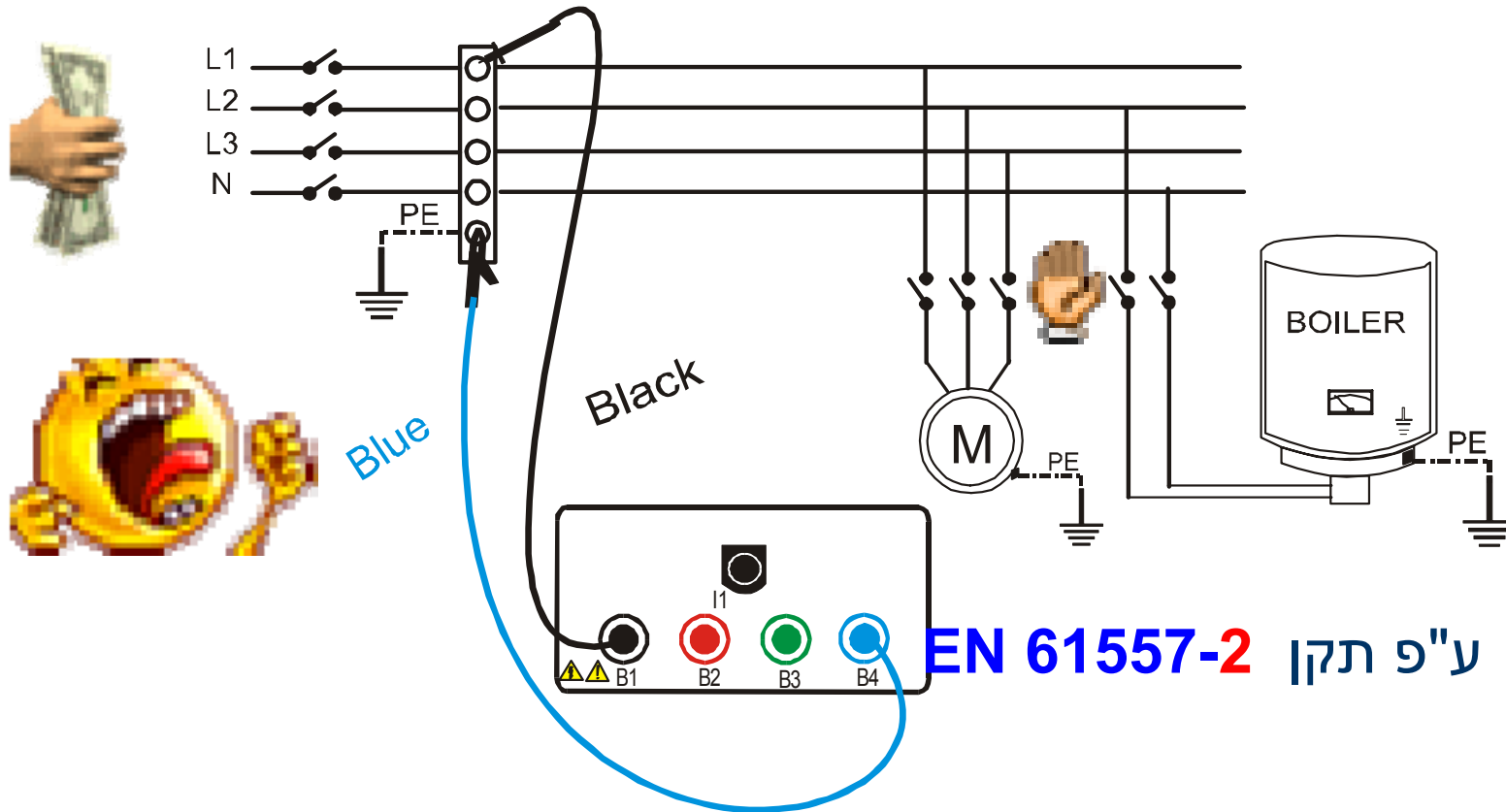
בדיקת הבדדה

הגנה בפני הפעלה במעגל מחושמל

בדיקת מתח לפני ביצוע מדידה

מתח יציב ביציאה

זרם בבדיקה תקנית של לפחות 2-5ma



הגנה בפני הפעלה במעגל מחושמל

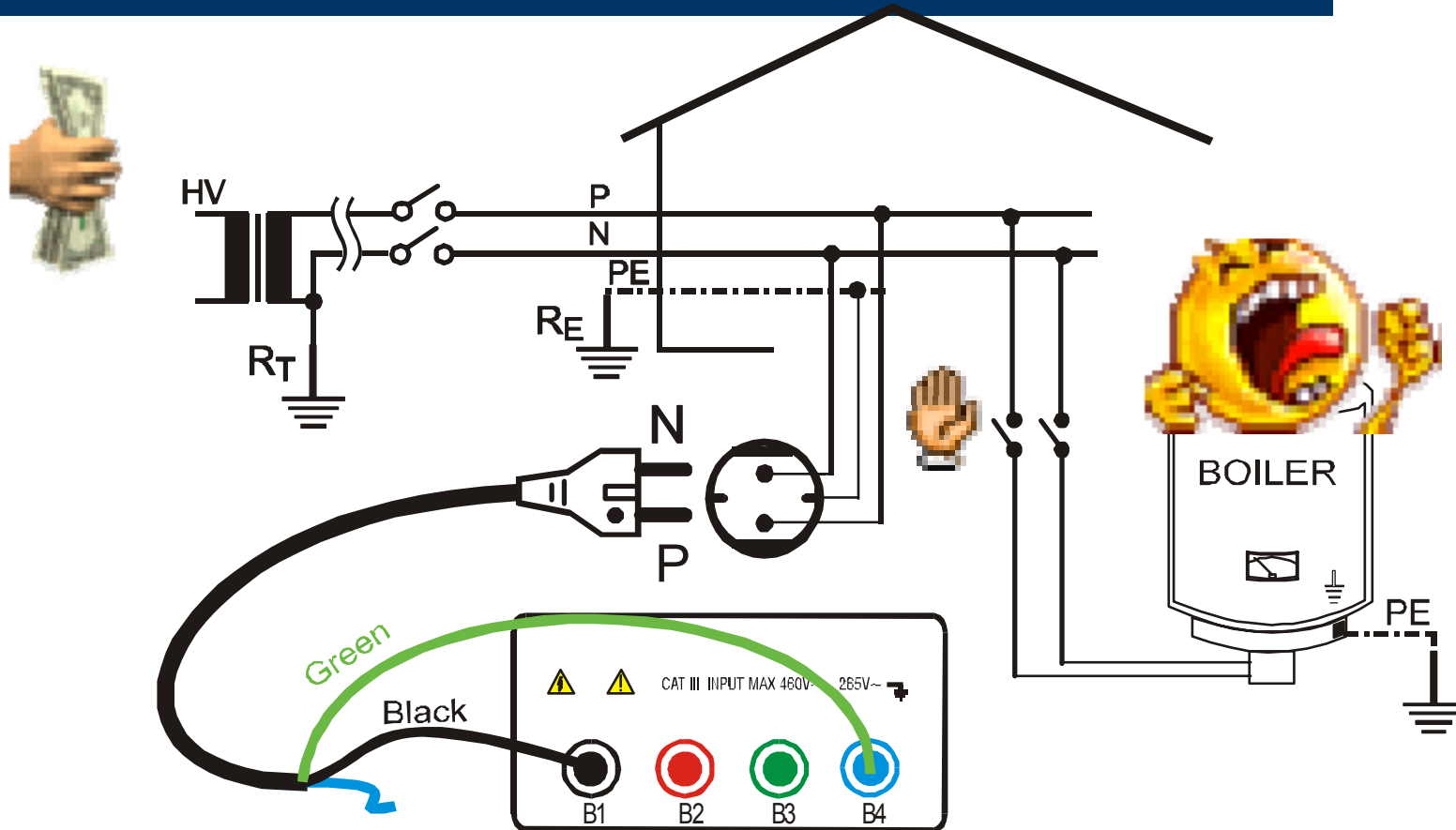
בדיקת מתח לפני ביצוע מדידה

מתח יציב ביציאה

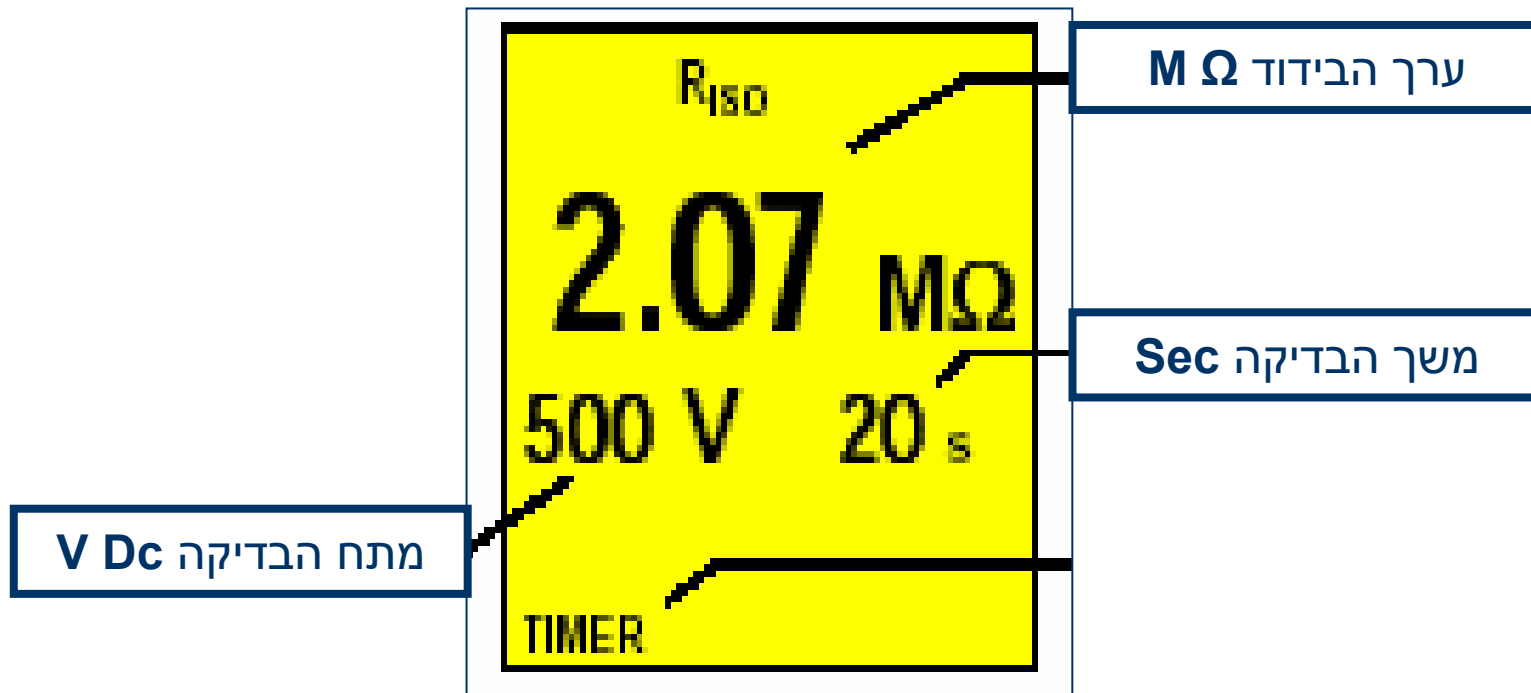
זרם בבדיקה תקנית של לפחות 2-5ma

בדיקת הבדדה

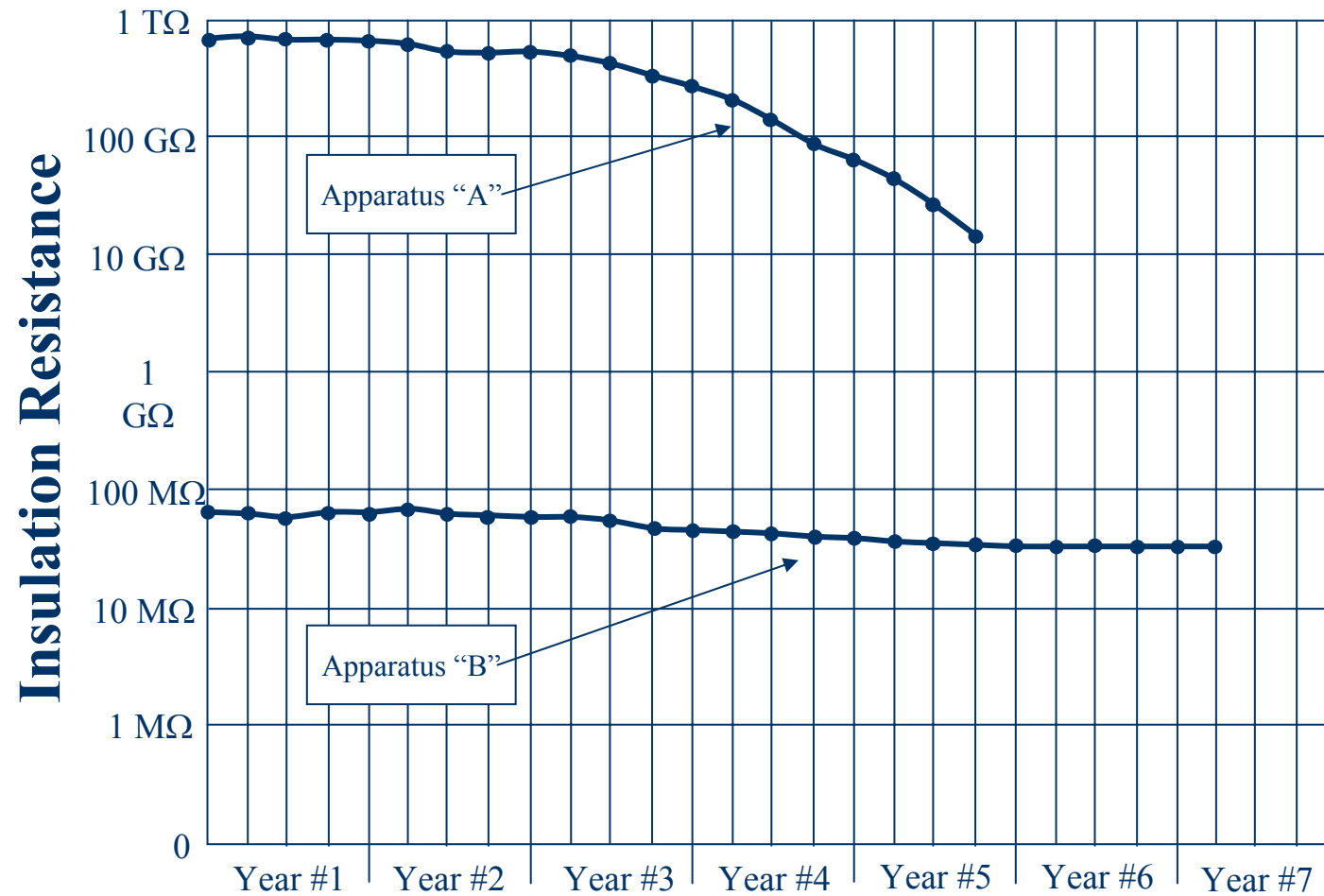
ע"פ תקן **EN 61557-2**



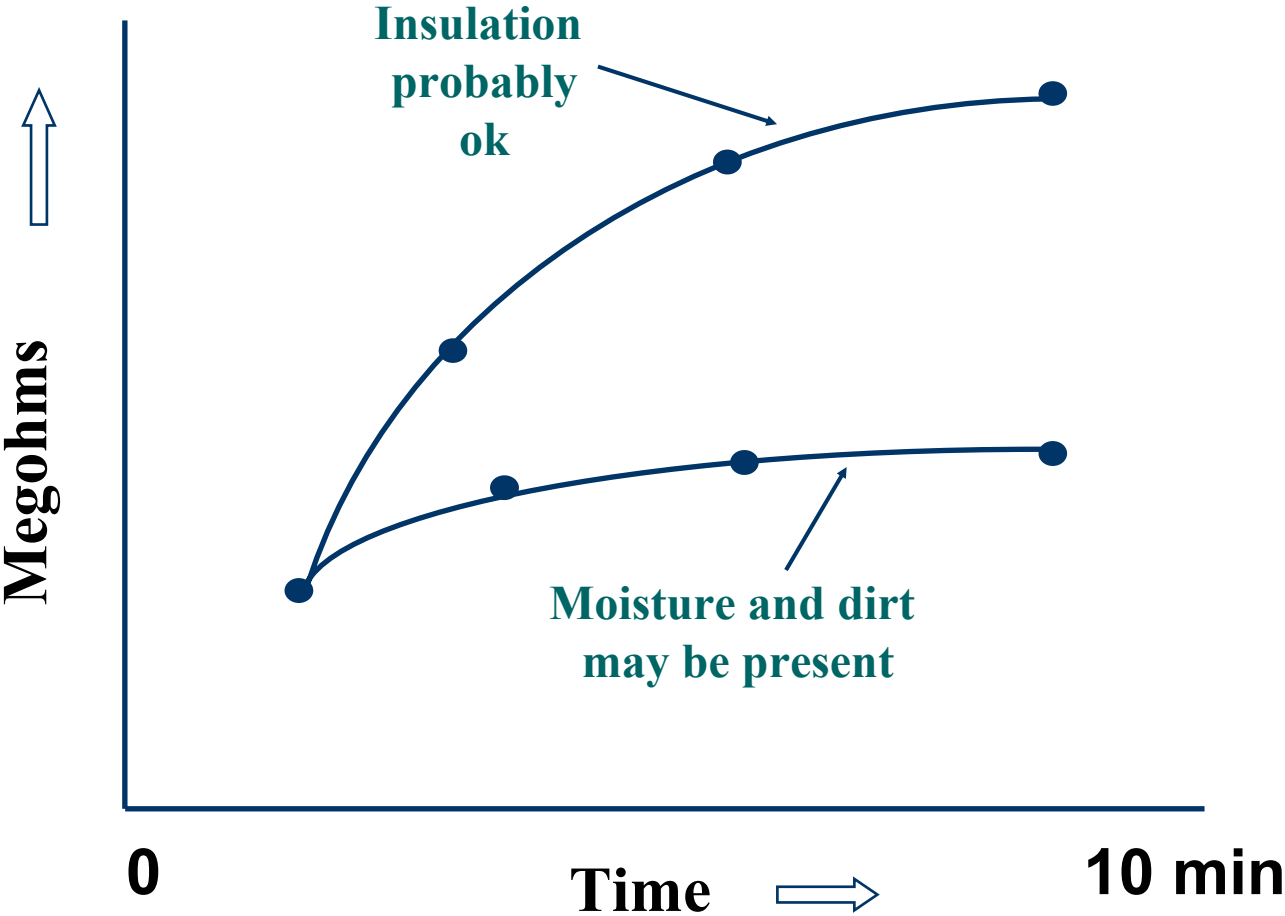
דוגמא לתצוגת קריאה בידוד



Short-Time/Spot Reading Test



Time-Resistance Tests



Polarization Index Test (PI)

- Specific (and most popular) time-resistance test
- Readings taken at 1 minute and 10 minutes

$$PI = R_{10 \text{ minutes}} / R_{1 \text{ minute}}$$

- Also Dielectric Absorbption Ratio

$$DAR = R_{1 \text{ minute}} / R_{15 \text{ seconds}}$$

מקדם הקיטוב

Insulation Condition	PI Result
Poor	less than 1
Questionable	1 – 2
Okay	2 – 4
Good	greater than 4

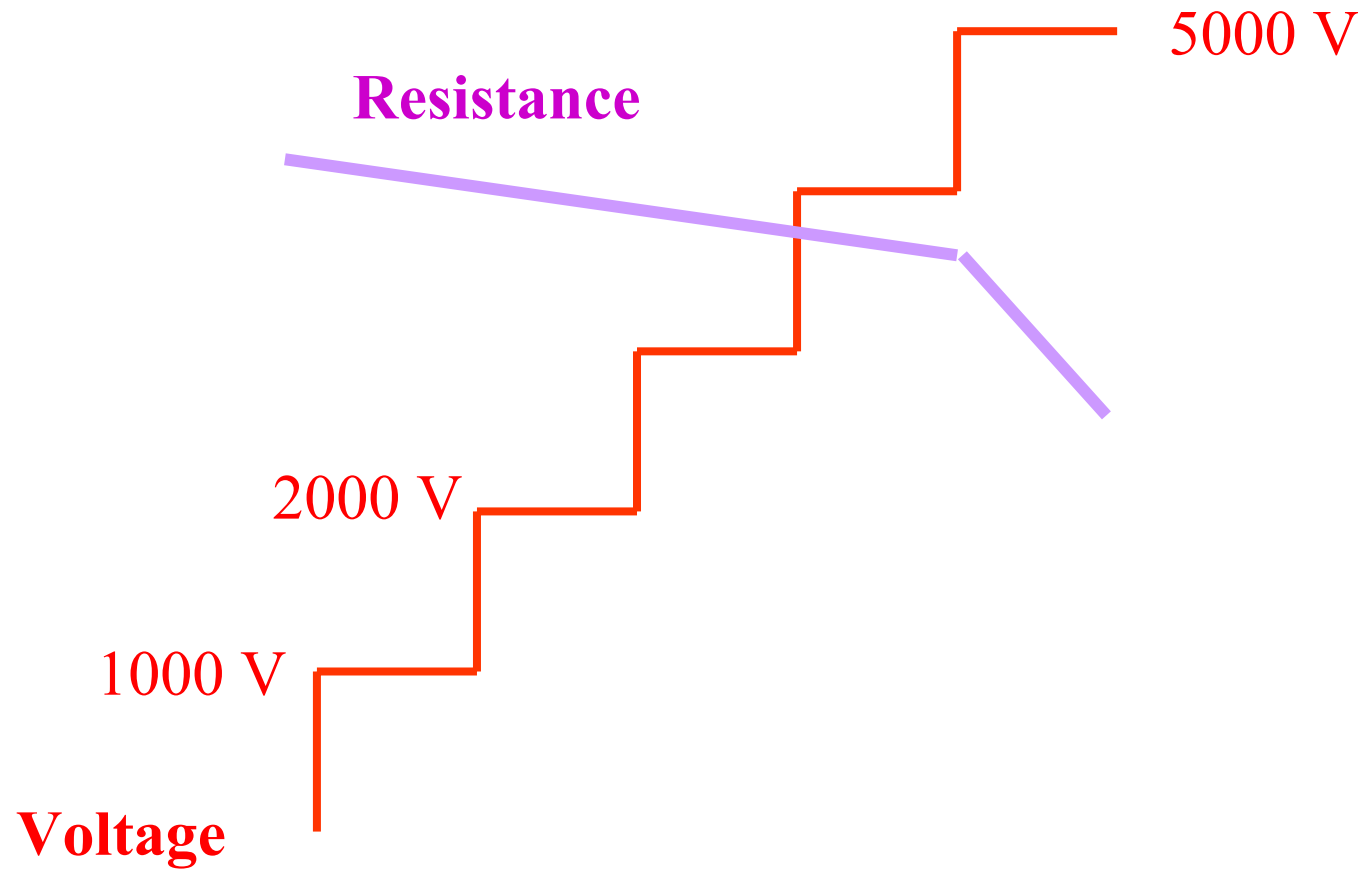
מקדם ספיכה דיאלקטרי

Insulation Condition	DAR Result
Poor	less than 1
Questionable	1 – 1.4
Okay	1.4 – 1.6
Good	greater than 1.6

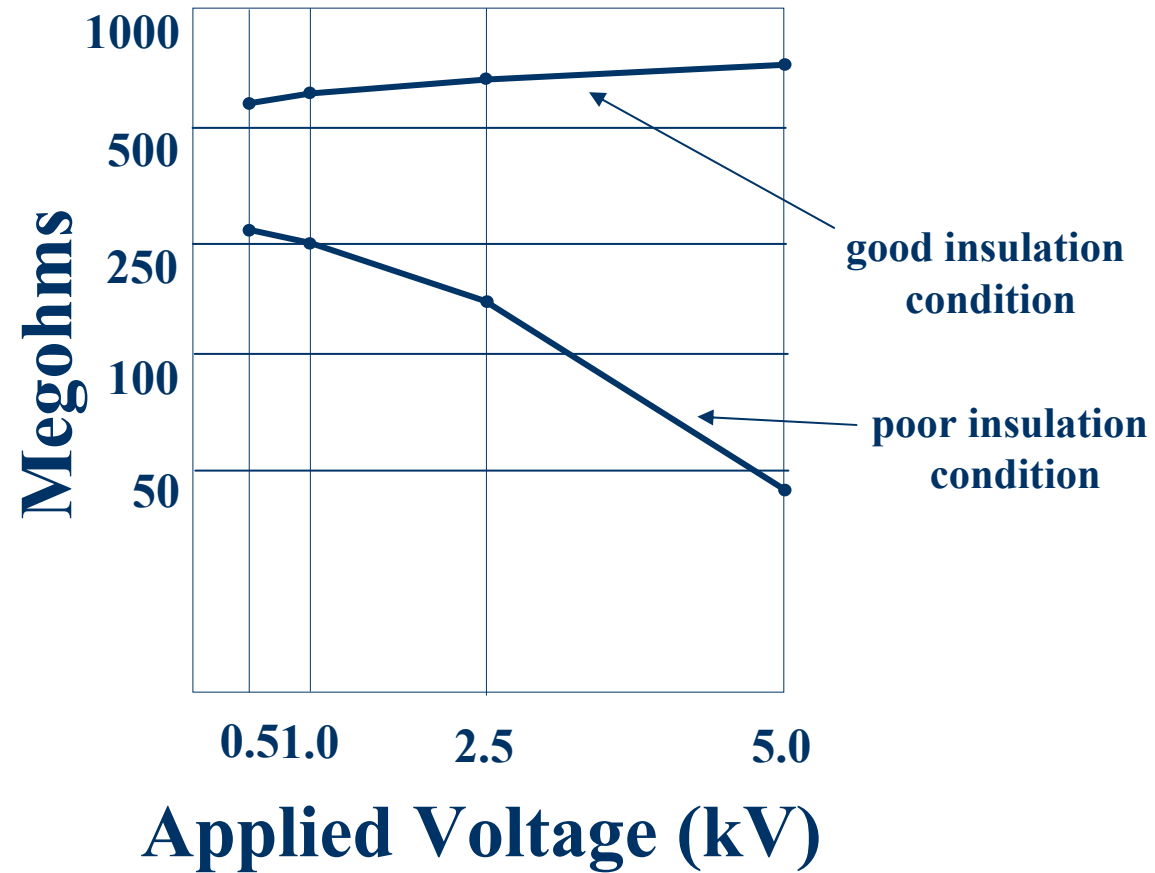
Step Voltage Test

- משלב לפחות 2 רמות מתחים שונות (כגון 500 וולט ו- 1000 וולט)
- מתח הבדיקה נשאר בכל דרגה למשך 60 שניות
- רישום ההתנגדות בכל מדרגת מתח
- כל התנגדות שונה או ירידה חריגה מצביעה על החלשות הבידוד כתוצאה מסדק או חור בבידוד.

Step Voltage Test



Step Voltage Test



יישומי בדיקת בידוד

מנועים וגנרטורים

שנאים

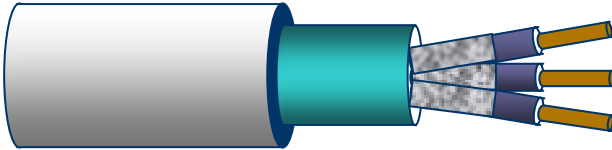
מבדדים

מפסקי זרם

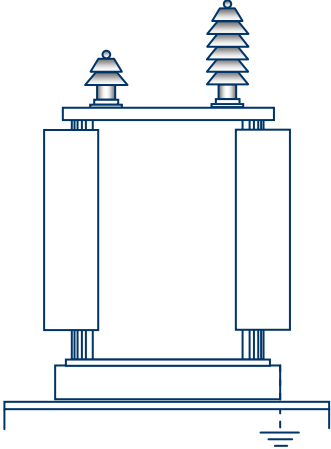
כבלים

נוזלים

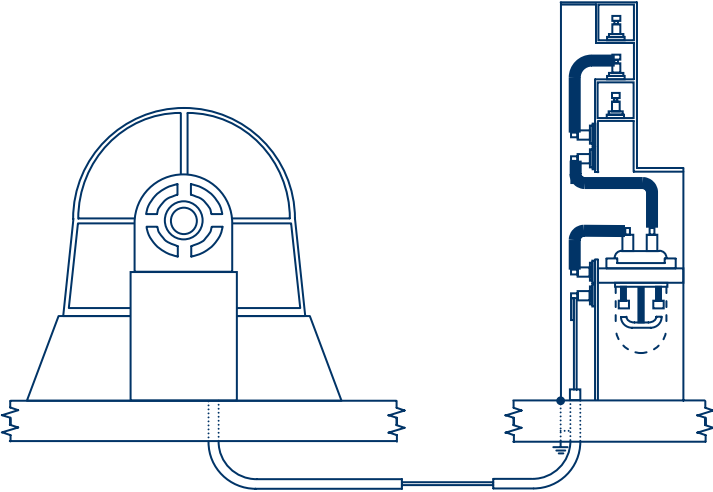
Selected Test Apparatus



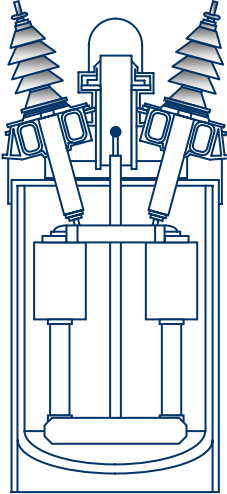
Shielded Power Cable



Power Transformer



AC Generator



Circuit Breaker/Bushings

מגד אנלוגי MIT-310A 50-1000Vdc



- MIT-310A
- 250-500-1000Vdc
- 10-999KOhm 1.5ma הבדדה
- 0-50 Ohm רציפות
- 0-5 רציפות אוהם זמזם
- איפוס התנגדות פתילי בדיקה
- 0-600V AC/DC מדידת מתח
- התראת מעגל חי (עם מתח) +הגנה הפעלה
- פריקה אוטומטית בגמר הבדיקה
- אטימות IP-54
- מוגן נפילה

מגר דיגיטלי סידרת MIT-300, 310, 320, 330, 250-500-1000Vdc



- MIT-300
- **250-500 Vdc**
- הבדדה 10-999KOhm 1.5ma
- רציפות 0.01-99 Ohm
- זמזם רציפות <5 אוהם
- איפוס התנגדות פתילי בדיקה
- התראת מעגל חי (עם מתח)
- הגנה אלקטרונית המונעת שגיעות מפעיל
- פריקה אוטומטית בגמר הבדיקה
- אטימות IP-54
- מוגן נפילה

מגר + רב מודד דיגיטלי MIT 400 חדיש עם תצוגה אנלוגית כפולה



MIT- 400

- 250-500-1000 Vdc
- הבדדה 10-20GOhm 1.5ma
- בדיקת פולריזציה PI ו- ספיגה דיאלקטרית DAR
- test Ohm-200ma 0.01-99 רציפות
- זמזם רציפות <5 אוהם
- איפוס התנגדות פתילי בדיקה
- התראת מעגל חי + מדידת מתח
- הגנה אלקטרונית המונעת שגיאות מפעיל
- פריקה אוטומטית בגמר הבדיקה
- אפשרות למסך מואר
- תצוגה דיגיטאלית + אנלוגית

בודקי בידוד – מתח גבוה עד 10,000VDC

AVO – MEGGER



מגר בודק בידוד MIT-1020

250-500-1000-2500-5000-10000V

אפשרות עבודה רציפה עם מתח הרשת
בנוסף לסוללות

תצוגה גדולה במיוחד, אנלוגית + דיגיטלית

תאימות מלאה לדרישות תקן EN61010

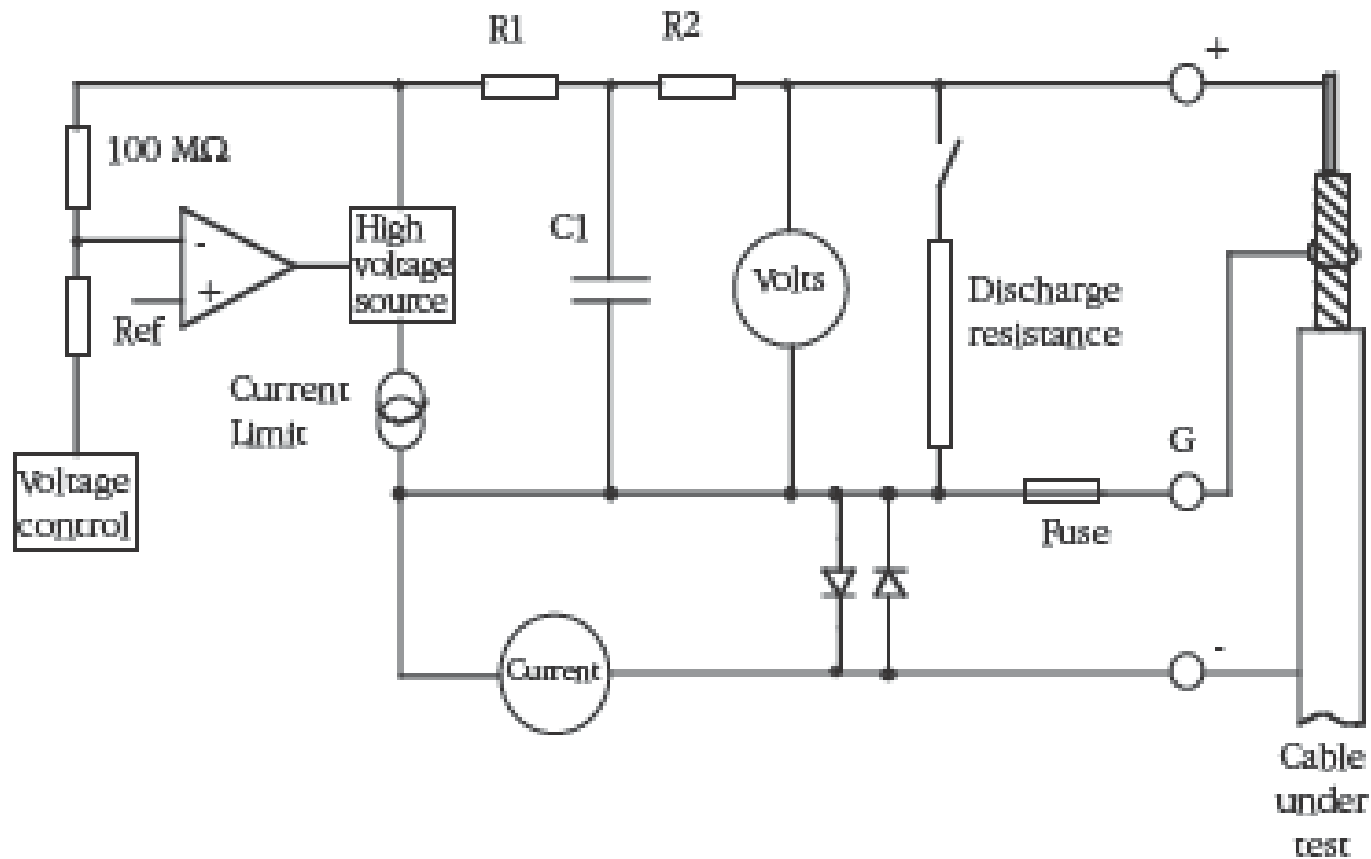
בדיקת IR אוטומטית (זיהוי מעגל חי

ומניעת פגיעה במכשיר)

דיוק גבוה במיוחד

*** לעבודה מקצועית !!

המעגל החשמלי הפנימי של המכשיר הדיגיטלי



For 5 kV instruments $C1 = 47 \text{ nF}$, $R1 = 50 \text{ k}\Omega$, $R2 = 40 \text{ k}\Omega$

For 10 kV instruments $C1 = 15 \text{ nF}$, $R1 = 156 \text{ k}\Omega$, $R2 = 110 \text{ k}\Omega$

נתוני יצרן

Voltage input range

85-265 V rms, 50/60Hz, 60 VA

Battery life

6 hours continuous testing at 5 kV

Test voltages

250 V, 500 V, 1000 V, 2500 V, 5000 V

Accuracy (23°C, 5 kV)

±5% @ 1 TΩ

±20% @ 10 TΩ

נתוני יצרן

Guard

2% error guarding 500 k Ω leakage with 100 M Ω load

Display range

Digital display (3 digits) 10 k Ω to 15 T Ω

Analogue display 100 k Ω to 1 T Ω

Short circuit/charge current

3 mA @ 5 kV

נתוני יצרן

Capacitor charge time

<3 seconds per μF at 3mA to 5 kV

Capacitor discharge time

<120 ms per μF to discharge from 5000 V to 50 V

Capacitance measurement (500 V minimum test voltage)

10 nF to 50 μF (dependent on test voltage)

Capacitance measurement accuracy (23°C)

$\pm 5\%$ ± 5 nF