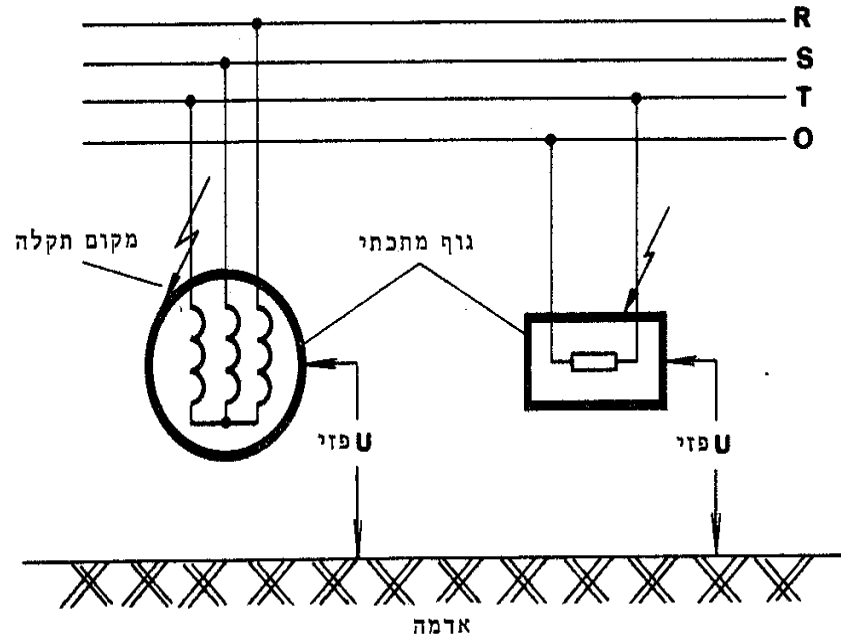


סכנות התחשמולות

והגנה בשיטת זינה צפה

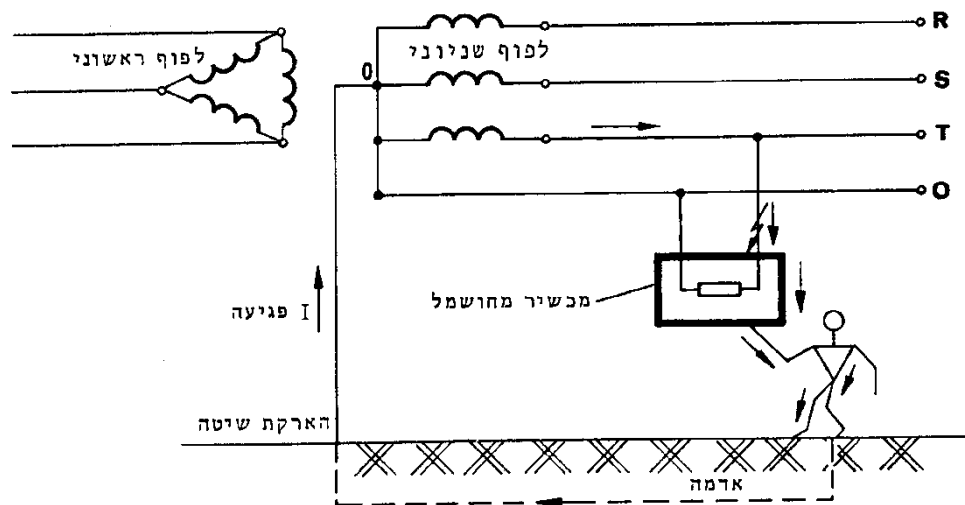
בטיחות במתקני השמל

השפעות זרם חשמלי העובר בגוף האדם



- אמצעי הגנה בסיסי כנגד חשמול הנו בידוד חשמלי
- במקרה של נזק לבידוד עלול להופיע מתח על הגוף או המעטה המתכתי – קצר לגוף המכשיר

התחשמלות – סגירת מעגל דרך האדמה לנקודת השיטה



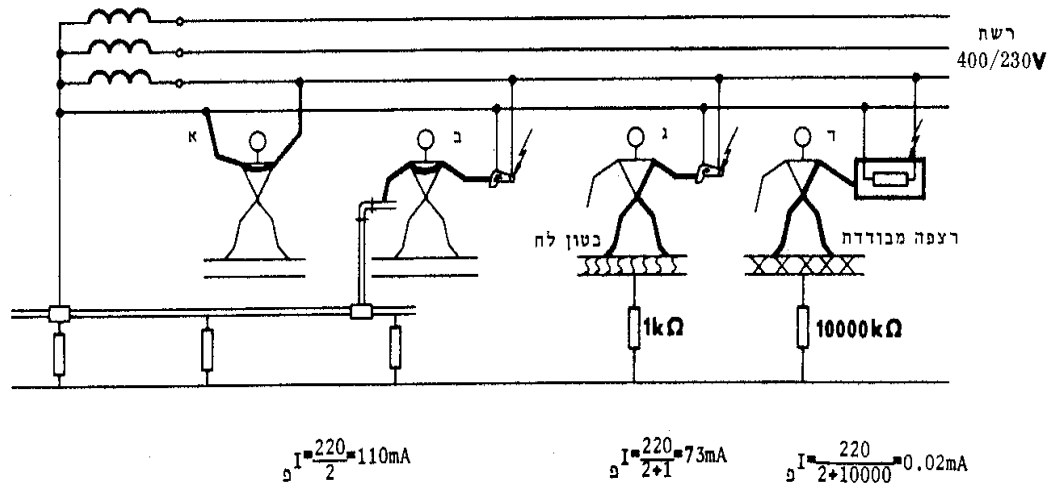
ציר 6.2: מעגל בו נסגר זרם פגיעה (I פגיעה).

- זרם חשמלי העובר בגוף האדם מחולל שינויים פיזיים, כימיים וביולוגים אשר קרויים באופן כללי- הלם חשמלי
- תוצאות ההלם אינן זהות ותלויות בכמה גורמים:
- עצמת וסוג זרם הפגיעה, משך זמן הפגיעה ומסלול הפגיעה

עצמת זרם הפגיעה תלויה ב2 גורמים:

מתח והתנגדות הגוף הנוגע

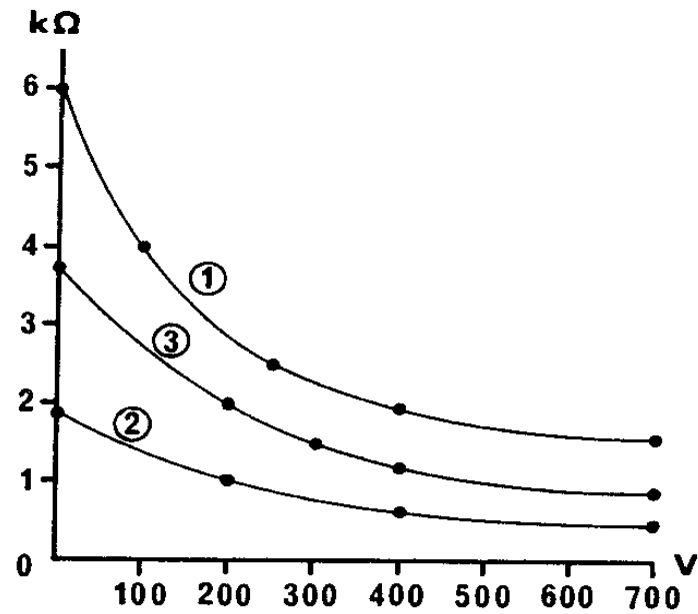
$$I = V/R$$



ציור 6.4: דוגמאות חישוב של זרם פגיעה I במתח 220 וולט. בהנחה שהתנגדותו של גוף האדם היא $R = 2\text{k}\Omega$ (עור לח). כל ההתנגדויות האחרות מוזנחות.

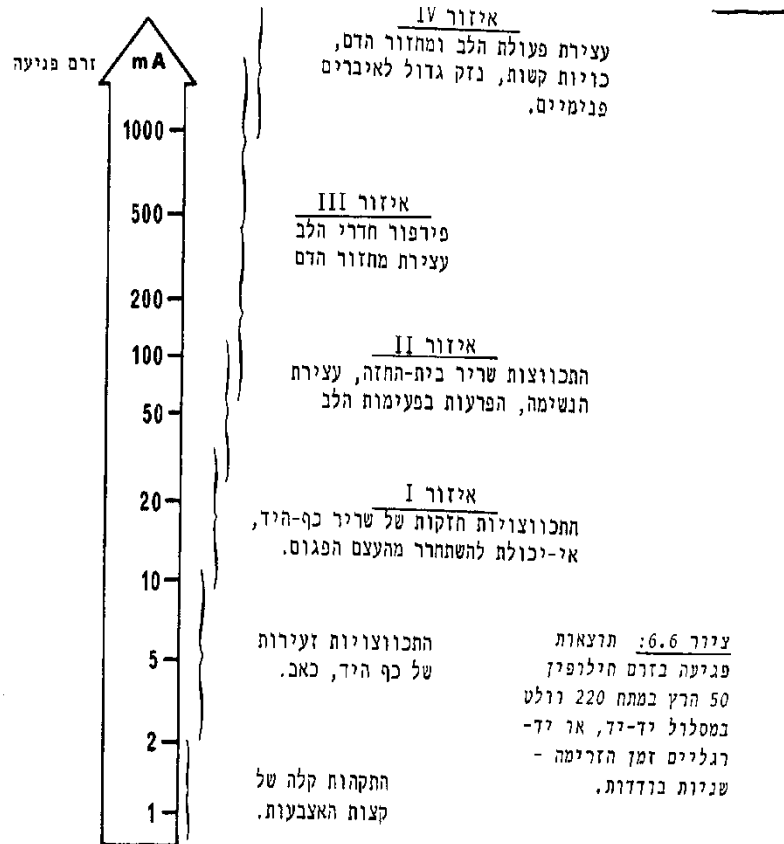
- מהחישוב הפשוט ניתן להסיק שעצמת זרם הפגיעה עלולה להגיע לערכים גבוהים כאשר למעגל מחובר רק התנגדות הגוף

התנגדות גוף האדם



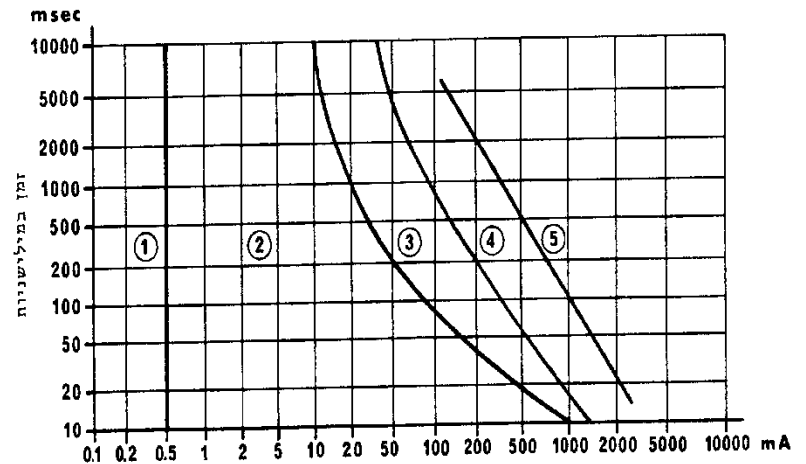
ציור 6.5: התנגדות גוף האדם.
1 - עור יבש;
2 - עור לח;
3 - ערכים ממוצעים.

תוצאות פגיעת זרם חילופי I



אזורי השפעה של זרם חילופין

- זרם השחרור הוא הזרם המרבי שאדם יכול לשאת בעודו מחזיק עצם פגום ולהיות מסוגל להשתחרר ממנו בכח שריריו
- זרם השחרור בדר"כ 15-17 מיליאמפר
- עד 10 מיליאמפר אין סכנה פיזית
- מעל 50 מיליאמפר עלול להיווצר מצב מסוכן הנקרא "פרפור חדרי לב".
- במצב רגיל סיבי שריר הלב מתכווצים בקצב מסוים וזה גורם להתכווצות קצבית שלפרוזדורים וחדרי לב. ההלם החשמלי עלול לשבש את ההתכווצויות ומחזור בדם יכול להעצר ולהוביל למוות קליני (בשילוב אי הגעת חמצן למח)



ערך אפקטיבי של זרם פגיעה במיליאמפר.

צנור 6.7: איזורי השפעה של זרם חילופין על אדם טבוגר.
 איזור (1) - בדרך כלל אין כל תגובה.
 איזור (2) - בדרך כלל אין כל תועאה פיזיולוגית מסוכנת.
 איזור (3) - בדרך כלל אין סכנת פרפור חדרי הלב.
 איזור (4) - קיימת סבירות של עד 50% לפרפור חדרי הלב.
 איזור (5) - קיימת סבירות של למעלה מ-50% לסכנת פרפור חדרי הלב.

כיצד מונעים התחשמלות ממגע מקרי?

- בידוד עבודה
- התקנת מעטים, מכסים ומחיצות הניתנים להסרה בעזרת כלים בלבד.
- התקנת תיילים חשופים או חלקים גלויים מחוץ לתחום הנגיעה (מעל 2.5 מטר)
- בדיקת מצב הבידוד של המתקן

אמצעי הגנה בפני חשמול עד 1000V

- הארקת הגנה TT

- איפוס TNS, TNCS

- זינה צפה IT

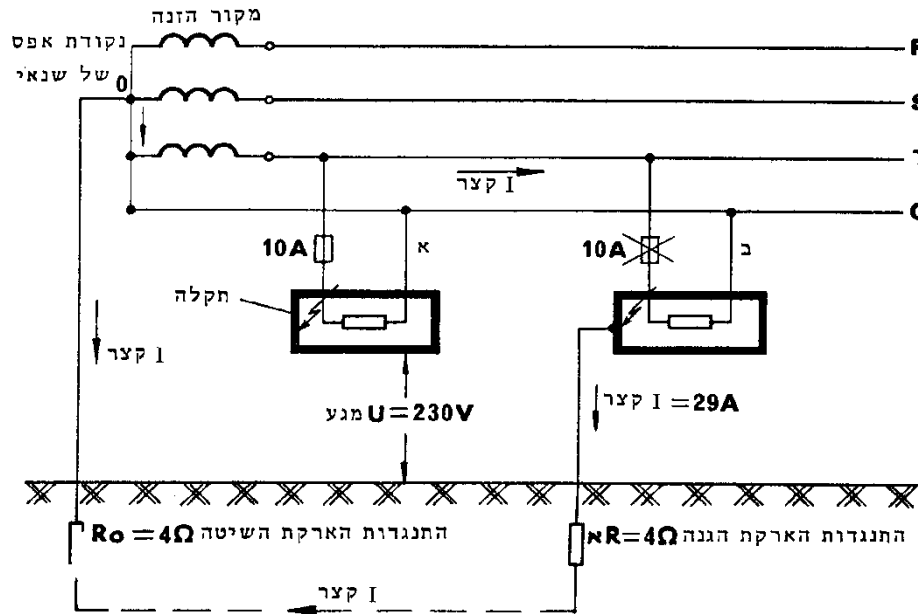
- הפרד מגן

- מתח נמוך מאוד

- מפסק מגן

- בידוד מגן (כפול)

הארקת הגנה



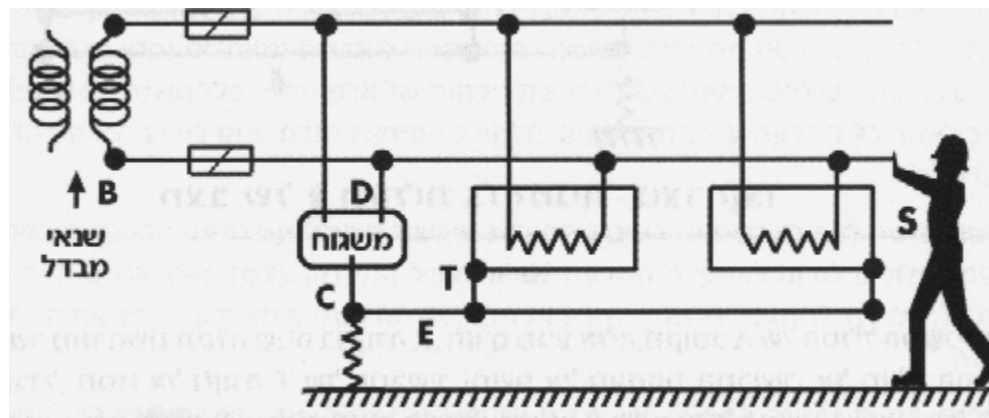
ציור 6.9: עקרון פעולתה של הארקת הגנה:
 א - מכשיר בלתי מאורק;
 ב - מכשיר מאורק - דרך סגירת זרם קצר במעגל.

- כפי שניתן לראות נוסף כבל הארקה בין הגוף לאדמה
- ע"פ חוק החשמל לולאת התקלה צריכה לנתק את מפסק הזרם תוך 5 שניות
- במקרה לעיל עם נתיך של 10 A לולאת התקלה נמוכה מ4.89 אוהם
- זרם - $I = 230/4.89 = 47 \text{ A}$ יתיך את הנתיך תוך 5 שניות
- ברור כי ללא הארקה, הזרם אשר יעבור דרך גוף האדם לעולם לא יתיך הנתיך

בעיות העומדות בפנינו בשטח בשיטת הגנה

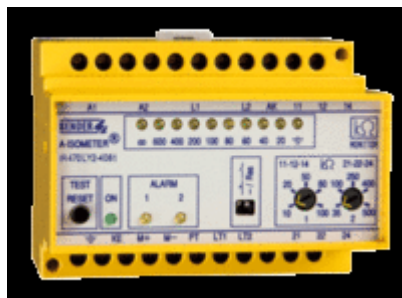
- עלינו לבצע הארקת שיטה והגנה
- עלינו להחדיר אלקטרודה לאדמה עם מכשור מיוחד
- עלינו לוודא כי התנגדות הארקה מתאימה לחוק (נמוך מ5 אוהם) – כמעט בלתי אפשרי בתנאי שטח
- יש להביא בודק מוסמך.
- במידה ונוגעים במוליך חי – תמיד נתחשמל
- במידה ונוגעים במעטה מחושמל טרם התכת הנתיך-נתחשמל

הפתרון בשטח – זינה צפה



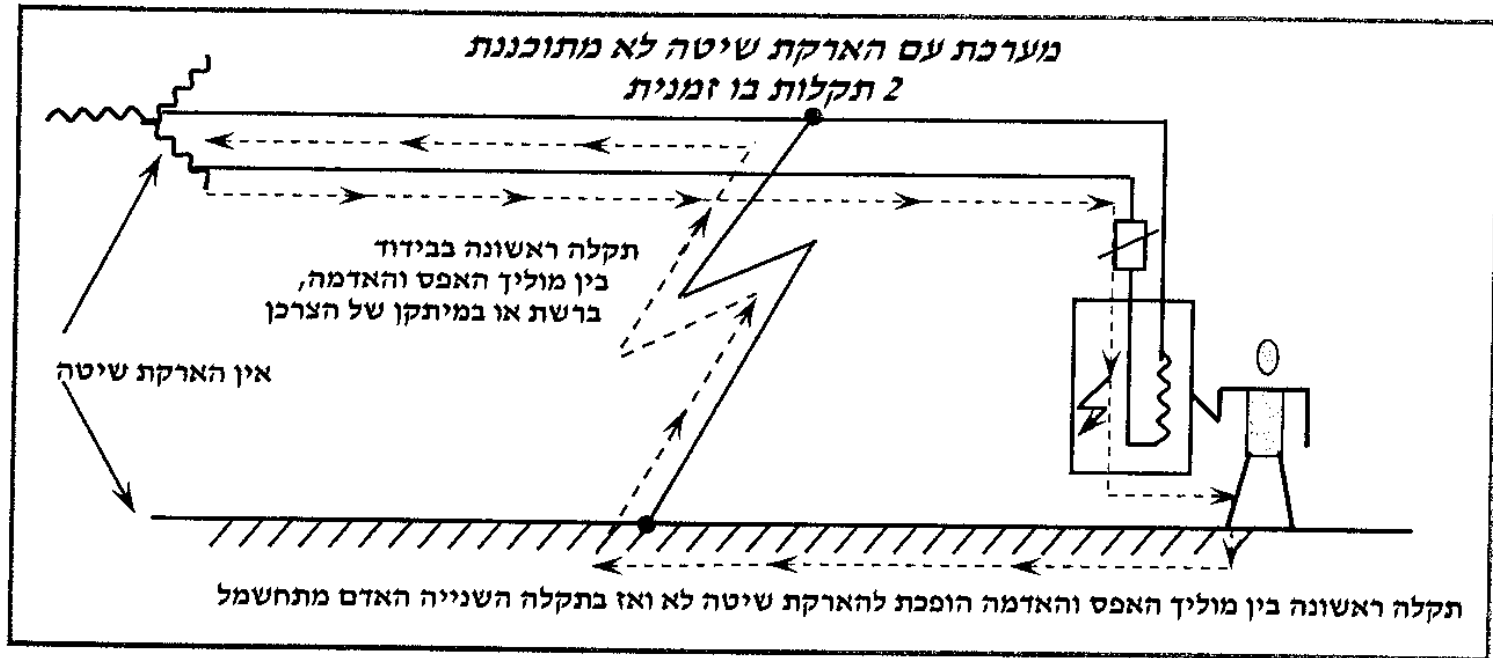
- ההגנה בשיטה זו מבוססת על העובדה שבתקלה ראשונה בבידוד כלפי גוף (הארקה) לא נסגר מעגל ולכן לא זורם זרם.
- במצב זה אין סכנה לחיי אדם ואין חובה לנתק את המעגל, אך על המפעיל לדעת שנוצר מצב תקלה

משגוח - ISOMETER



- תפקיד המשגוח לפקח ברציפות על רמת הבידוד במתקן ולהתריע כאשר התנגדות הבידוד תרד אל מתחת לרמה המותרת.
- חוק החשמל קובע כי במידה ולא קיימת הארקה, יש להתריע על ירידת ערך התנגדות הבידוד אל מתחת ל 100 אוהם לוולט
- הדרישה הנ"ל נובעת מהעובדה כי רק מ 10 מיליאמפר הזרם דרך גוף האדם מתחיל להיות מסוכן
- $R = V / I$ $R = 1 \text{ V} / 10 \text{ mA} = 100$ אוהם לוולט
- ל 220V נדרשת התנגדות בידוד של 22,000 אוהם

תקלה שנייה בזינה צפה



- במידה וקיימות 2 תקלות בו זמנית (לדוגמא כבל אשר מונח על האדמה קיבל מכה וכתוצאה מכך סוגר מעגל לאדמה), הרי שהשני שייגע בנעטה מחושמל – יסגור מעגל דרך התקלה הראשונה ויתחשמל.

מניעת תקלה שנייה

- על מנת למנוע את הופעת התקלה השנייה הוספנו למפסק הראשי סליל הפסקה, אשר ברגע גילוי תקלה לא מאפשר המשך עבודה עם הגנרטור.
- הנ"ל לכאורה סותר את כל רעיון המשגוח המאפשר המשך עבודה בזמן תקלה, אולם המטרה שלנו אינה לאפשר המשך עבודה מאחר ולא מדובר במתקן המזין חיי אדם (כדוגמת חדרי ניתוח), אלא להפסיק עבודה בכל חשש קל לחיי אדם.

סיכום

- חוק החשמל מאפשר עבודה עם גנרטור בשיטה בלתי מאורקת ובתנאי שיהיה קיים משגוח המתריע על ירידת ערך אל מתחת ל22,000 אוהם
- אין צורך בהחזרת אלקטרודות בשטח.
- אין צורך בבדיקת מהנדס בודק (יש לבדוק את תקינות המשגוח מידי תקופה ע"י חשמלאי)
- אין אפשרות להתחשמלות בתקלה ראשונה