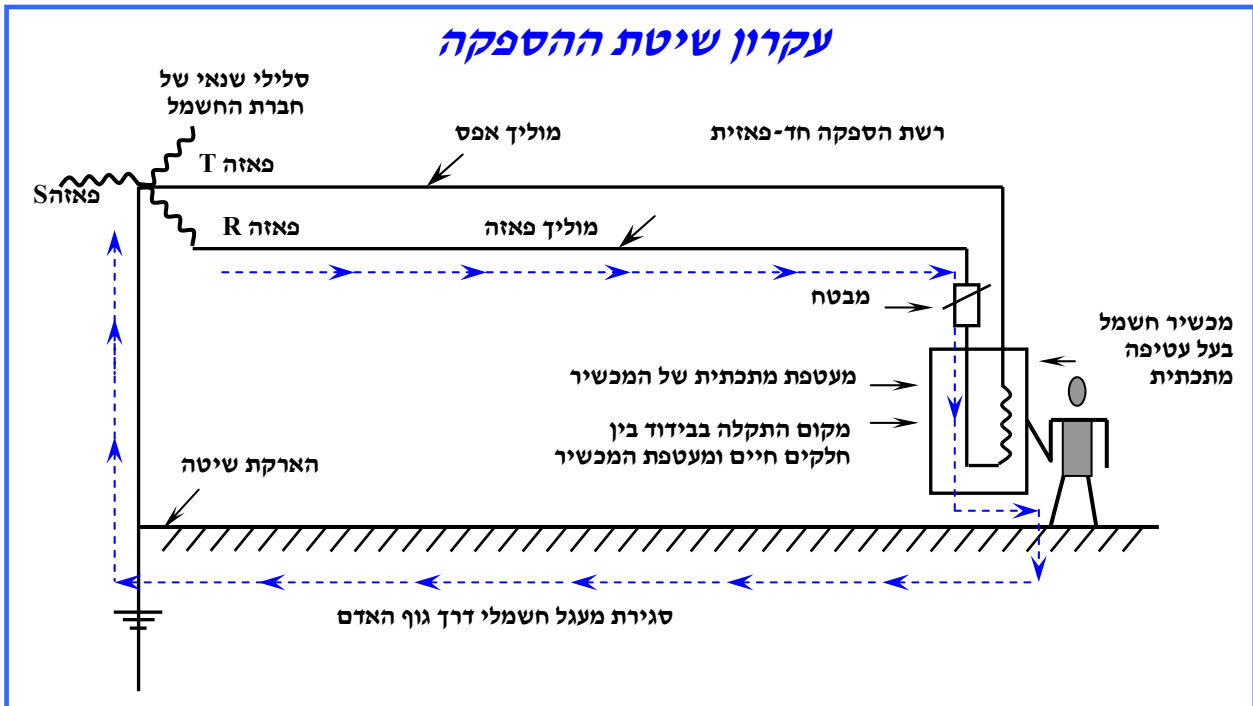


בטיחות בעבודות חשמל

כיצד נגרם החישמול (תאונות חשמל לא קורות – נגרמות)

תאונות חשמל נגרמות כאשר נוצר מצב שבו האדם סוגר דרך גופן מעגל חשמלי. גוף האדם הופך לחלק של המעגל החשמלי. נגרמות תאונות כאלה?

בהתאם לתקנות החשמל, מבוצעת חלוקת החשמל בארץ בצורה המתוארת באיור מספר 5.



איור 5

כאשר החשמל מסופק באמצעות הרשת של חברת החשמל. במקרים אחרים זהו גנרטור, המותקן במיתקן פרטי, כמקור זרם או כגיבוי למצב של הפסקת חשמל ברשת הארצית.

באיור מספר 5 מופיע רק חלקו המשני של השנאי (החלק המספק את המתח הנמוך). חלק זה מורכב מ-3 סלילי נחושת המלוּפפים על גרעין ברזל, ומספקים את המתח ל-3 הפאזות

השונות (מסומנים באזור כ- T, S, R בהתאמה). בין 2 הקצוות של כל סליל קיים מתח של 230 וולט. הסלילים מחוברים יחד, בקצה אחד של כל סליל, לנקודה משותפת (נקודת התווך / נקודת האפס). כך נוצר מצב שבין קצהו החופשי של כל סליל (מופע אחד/פאזה אחת) לקצהו החופשי של סליל אחר (מופע אחר/פאזה אחרת), קיים מתח של 400 וולט

(לדוגמה: בין R ל-S), ובין הקצה החופשי של כל אחת מהפאזות לבין נקודת האפס המשותפת קיים מתח של 230 וולט.

4 המוליכים (3 פאזות + מוליך האפס) מהווים את רשת המתח הנמוך של חברת החשמל, אשר ממנה מסתעפים חיבורים שונים, חד-פאזיים או תלת-פאזיים, למבנים השונים (לצרכנים). כדי לפשט את ההסבר מופיעה באיור מספר 5 רשת בעלת מופע אחד (פאזה אחת = חיבור חד-פאזי) וכל הנאמר לגבי מופע (פאזה) אחד, חל גם על הפאזות האחרות.

בהתאם לתקנות החשמל, חובה לחבר את נקודת האפס של מקור הזינה (השנאי או הגנרטור), באמצעות מוליך, לאלקטרודה הטמונה באדמה. החיבור בין נקודת האפס והאדמה מוגדר כ"הארקת שיטה". ביצוע הארקת שיטה גורם לכך שהמתח בן 230

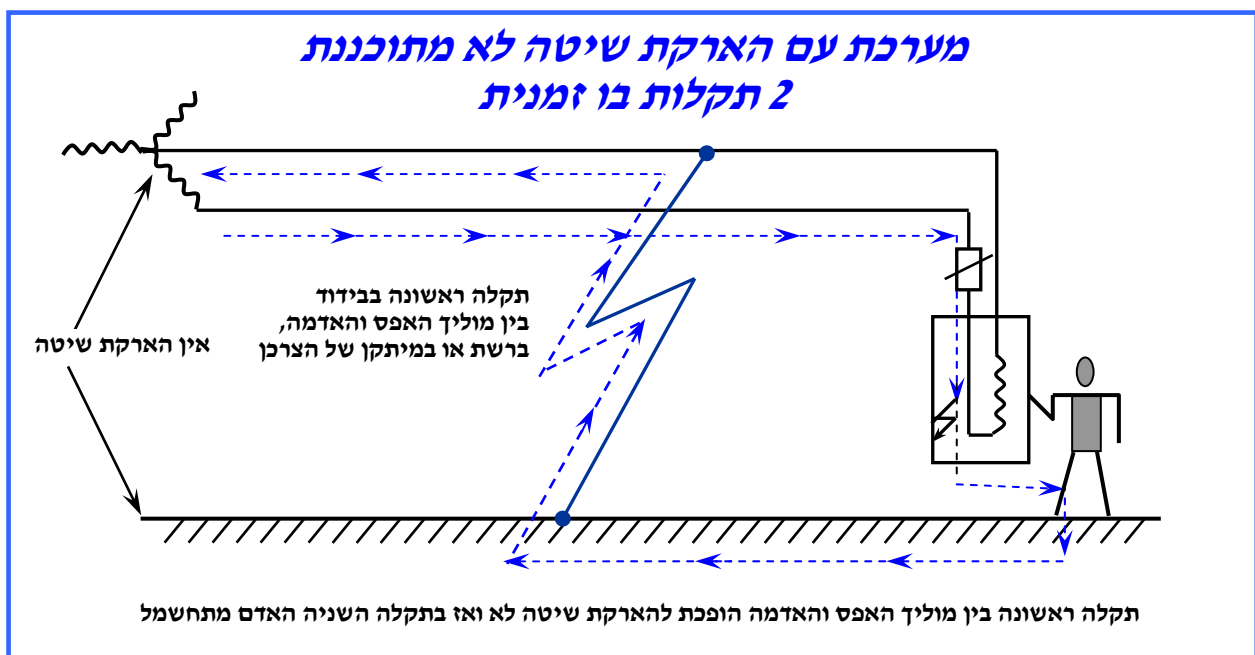
הוולטים, הקיים בין מופע (פאזה) לנקודת האפס, יופיע גם בין המופע (פאזה) לאדמה. זוהי הסיבה לכך שאדם הבא במגע ישיר עם מוליך הפאזה, או עם מעטפת מתכתית של מכשיר עם בידוד לקוי הנמצא תחת מתח, גורם לסגירת מעגל חשמלי דרך גופו לאדמה ומשם – דרך הארקה השיטה – לנקודת האפס שבשנאי.

נניח שאדם משתמש במכשיר חשמלי בעל עטיפה מתכתית, שבו התרחשה תקלה והבידוד בין החלקים "החיים" (נושאי המתח) בתוך המכשיר לבין המעטפת נפגע. ברגע שהאדם נוגע במכשיר החשמלי הזה – הוא סוגר בגופו מעגל חשמלי הנקרא "מעגל תקלה".
 התקלה הזו מתחיל במופע (פאזה) בשנאי ← רשת ההספקה ← מבטח המעגל ← מוליך המופע (פאזה) ← מקום התקלה בבידוד של המכשיר ← המעטפת המתכתית של המכשיר ← גוף האדם המעורב בתאונה ← האדמה ← אלקטרודת הארקה השיטה ← עד לנקודת האפס בשנאי (ראה איור 5).

המסקנה ברורה: אם הארקה השיטה במקרה שתיארנו לא הייתה קיימת – לא היה נסגר מעגל והאדם אשר נגע במופע (פאזה) לא היה מתחשמל. המסקנה אמנם נכונה פרט למקרים מיוחדים איננה יכולה להתקיים במציאות.

הערה: קיימות שיטות להגנה מפני חישובול המבוססות על היעדרה של "הארקה שיטה" כגון: "שיטה הפרד" ו"זינה צפה", אך השימוש בהן מוגבל.

ככלל, אין אפשרות מעשית להשתמש ב"זינה צפה" (שיטה בלתי מוארקה) ב"רשת חלוקה" (לחלוקת חשמל), הכוללת מספר רב של צרכנים ואלפי מיתקנים ומכשירים, מסיבה פשוטה: בתקלה הראשונה בבידוד, במקום כלשהו בין אחד המוליכים לאדמה (פאזה או אפס), הופכת שיטה ההספקה הזאת לרשת לחלוקה עם "הארקה שיטה", מבלי שקיומה של הארקה השיטה האקראית יהיה ידוע למשתמש. (ראה איור מספר 6).



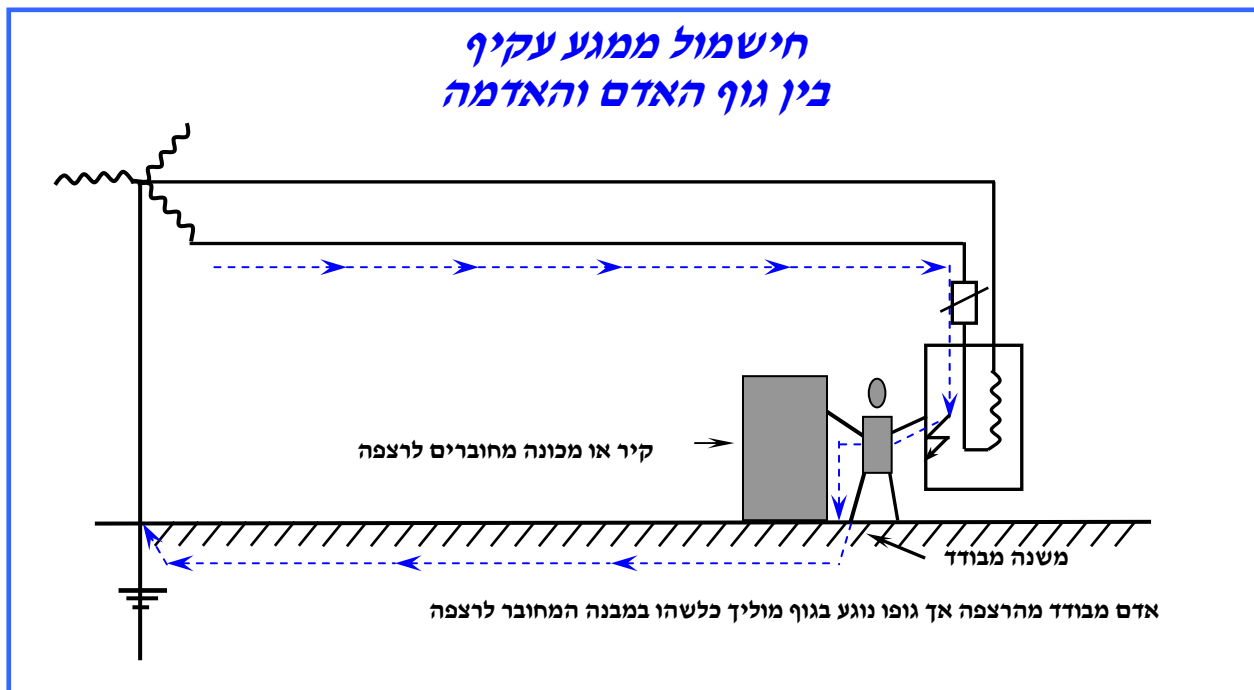
איור 6

סגירת מעגל לאדמה ע"י גוף האדם יכולה להתרחש ישירות דרך הרצפה, וגם בדרך אחרת: סביר להניח שאדם הנוגע במכשיר החשמלי המקולקל כשהוא נעול הנעליים המצוידות בסוליות גומי, או שהוא עומד על שטיח מחומר מבדד – לא יסגור מעגל דרך הרצפה, מאחר שלסוליות הגומי (יבשות, שלמות וללא מסמרים) יש התנגדות חשמלית גבוהה. אולם, ברגע שחלק חשוף כלשהו מגופו של אותו אדם "גע בגוף חשמל אחר, הבא במגע עם האדמה (עמוד, קיר, תיקרה, צינור מים, גוף מתכתי הניצב על הרצפה וכד') – "סגר המעגל החשמלי דרך גופו, והוא יתחשמל.

אזהרה: האדם שנעל, במקרה שלנו נעלי גומי, לא סגר מעגל כל עוד גופו לא נגע בחלק אחר הבא במגע עם האדמה, אך אין להסיק שאדם הנועל נעליים בעלות סוליות גומי (מבודד מהרצפה) יכול לגעת ב"מוליך הנמצא תחת מתח) מבלי להתחשמל!

אמנם רצוי שהעובדים בחשמל ינעלו בעלות סוליות מבודדות (ובטיחותיות מבחינת תנאי המקום, המצריכים, לדומה, הגנה מפני פגיעות מכניות). אך הנעליים מהוות, בכל מקרה, רק הגנה נוספת, ואינן יכולות לבוא במקום אמצעי ההגנה הרגילים שהחוק וכללי הבטיחות דורשים את השימוש בהם.

המקרים שתיארנו אופייניים ושכיחים בתאונות חשמל. הנסיבות יכולות להיות שונות ומסובכות בהרבה, אך הגורם לתאונה זהה – מעבר זרם חשמל דרך גוף האדם כתוצאה מסגירת מעגל חשמלי.



איור 7

פרק ב' השפעת זרם החשמל על גוף האדם

3 גורמים קובעים, ישירות, את מידת הסכנה לחיי אדם בזמן תאונה חשמל:

- עוצמת הזרם עובר דרך גוף האדם בזמן התאונה;
- משך הזמן בו נתון האדם להשפעת זרם החשמל;
- מסלול מעבר הזרם בגוף האדם.

גורם נוסף, עקיף, בתאונות האופייניות אצל חשמלאים, האחראי על מספר רב מאוד של תאונות חמורות, הוא עבודה בגובה ללא אבטחה ע"י חגורת בטיחות – הגורמת לפגיעה מנפילה בזמן חימום.

עוצמת הזרם והשפעתו על גוף האדם.

במחקרים השונים נמצא שגוף האדם מגיב בצורה שונה לעוצמות שונות של זרם חשמל העובר בו. עוצמת הזרם קובעת את חומרת התאונה לדוגמה:

- **עוצמת זרם של 1 מלי-אמפר (0.001 אמפר):** איננה מורגשת כלל ע"י האדם;
- **עוצמת זרם של 2-8 מלי-אמפר:** מורגשת אך איננה מכאיבה. האדם עדיין שולט בשרירו ומסוגל לשחרר את עצמו מהעצם המחושמל;
- **עוצמת זרם של 8-15 מלי-אמפר:** גורמת לחבטת חשמל מכאיבה, אך קיים סיכוי סביר שנפגע עדיין שולט בשרירו ומסוגל לשחרר את עצמו מהמגע בחפץ המחושמל;
- **עוצמת זרם 15-20 מלי-אמפר:** גורמת למכה חשמלית מכאיבה. שריר הגוף מתכווצים והנפגע איננו שלוט בהם. אם כף היד שלו לופתת את המכשיר המחושמל – הוא לא היה מסוגל לפתוח את היד ולהשתחרר מהעצם המחושמל;
- **עוצמת זרם 20-50 מלי-אמפר:** גורמת להתכווצות חזקה של שריר הגוף וכתוצאה מכך לנשימה כבדה (התכווצות שרירי החזה גורמת להפרעות בנשימה). אם המצב נימשך לאורך זמן רב הוא עלול לגרום למוות;
- **עוצמת זרם 50-100 מלי-אמפר:** תיתכן הפרעה בפעולת הלב. הקצב הרגיל של פעולת הלב משתבש, הלב מפתח "פרפור חדרים" המביא לשיבות בהספקת הדם. מצב כזה עלול להסתיים במוות;
- **עוצמת זרם 100-200 מלי-אמפר:** גורמת, תמיד, לפעולה לא סדירה של הלב, ואם לא תופסק השפעתה תוך זמן קצר מאוד – הנפגע ימות;
- **עוצמת זרם הגבוהה מ-200 מלי-אמפר:** גורמת להתכווצות חזקה של השרירים, לכוויות חמורות, לשטפי דם ולהריסת הרקמות כתוצאה מהחום שיוצרת עוצמתו של הזרם, בנוסף להתכווצות שרירי הלב (דום-לב) ולהפסקת הנשימה.

העוצמה בה עובר הזרם דרך הגוף נקבעת ע"י 2 גורמים: מתח המגע וההתנגדות גוף האדם דרכו עובר הזרם.

מתח המגע- ברוב המקרים יכול להיות המתח של רשת ההספקה (בארץ 230 וולט);

ההתנגדות של גוף האדם – משתנה בהתאם לנסיבות וביניהן, לדוגמה, רמת הרטיבות/ הלחות של עור הגוף: ההתנגדות עלולה לרדת לאוהמים (Ω) בודדים כאשר האדם יחף ועומד על ריצפה רטובה בחדר אמבטיה; או לעלות לערכים של 500.00 אוהם (Ω) ויותר כאשר המקום יבש ואותו אדם נועל נעליים (עור הגוף כשלעצמו איננו גורם משמעותי בהגנה מפני חישהמול גם כאשר הוא יבש).

משך זמן הזרימה והשפעתו.

הגורם השני בקביעות חומרתה של התאונה הוא משך הזמן בו זורם הזרם דרך הגוף, עד להפסקת אספקת החשמל למעגל או למכשיר הלקוי וניתוק האדם ממקור החישמול.

כאשר אשם נפגע מחשמל, שרירי גופו מתכווצים והאדם עלול לאבד את השליטה על פעולתם.

כאשר אדם מתחשמל כתוצאה ממגע של החלק הפנימי של כף היד בגוף מחושמל – מתכווצים שרירי כף היד והיא נסגרת על הגוף המחשמל, עד כדי כך שהאדם איננו מסוגל לשחרר את עצמו מהמגע. תופעה זו גורמת להארכת משך הזמן בו עובר הזרם דרך גופו של הנפגע ולהגברת הסכנה. התוצאה של תאונה כזאת עלולה להיות קטלנית.

כאשר אדם נוגע בגוף המחושמל בגב היד המצב יגרום, כמובן, להתכווצות שרירי היד והזרם יגרום ל"זריקת" היד ולהרחקת הנפגע מהגוף המחושמל, תוך ניתוק המגע ביניהם.

מסלול מעבר הזרם בגוף.

חומרת הפגיעה בגוף האדם מושפעת ישירות מהמסלול בו עובר הזרם בגוף האדם. לדוגמה: כאשר הזרם עובר מכף היד לחלק אחר ביד – יש סיכוי רב שהתאונה תגרום לנזק מקומי בלבד. אך, אם הזרם עובר מכף היד לכפות הרגליים דרך הלב – הקצב הרגיל של הלב עלול להשתבש והוא מתחיל לפרפר (התופעה עלולה לגרום למוות), או ששרירי הלב מתכווצים התכווצות מלאה (דום-לב).

עבודה בגובה

סכנה נוספת, חמורה בזמן תאונת חשמל הוא הסכנה הנובעת מתגובות הגוף לזרם החשמל כאשר העובד במצב את עבודתו בגובה הנפגע מזרם חשמל. הזרם העובר דרך גוף העובד, גם כשעוצמתו נמוכה, גורם לתגובה של הגוף. התגובה הטבעית של הגוף, ובמיוחד התגובה הלא רצונית של השרירים, עלולה לגרום לכך שאדם ייפול ממקום עבודתו על הסולם או העמוד.

אסור לגעת או לטפל במיתקן חשמלי כאשר אתה עובד בגובה, ללא אבטחה ע"י קשירה לרתמת בטיחות, הקבועה לעמוד או לחלק יציב וקבוע במבנה. כלל זה תקף גם כאשר במיתקן מנותק הזינה.

בארץ התרחשו תאונות רבות כתוצאה מכך שמיתקן, אשר היה אמור להיות מנותק מהזרם, התברר – באיחור – כמיתקן חי, כתוצאה מניתוק המעגל הלא נכון; או מחדירה לא מתוכננת (שגויה, תועה) של זרם לקטע הרשת או למיתקן המופסק. לדוגמה: הזנה מ-2 כיוונים; הפעלת גנרטור חירום והחזרת הזרם לקו המנותק כתוצאה מליקוי במפסק המחליף; כתוצאה מחיבור מכשיר בין מופע (פאזה) מלוח חיוני הניזון מהגנרטור לבין מוליך האפס של הציוד, שחובר בטעות לפס צבירת האפס, בחלק הלא חיוני של הלוח.

תאונות חשמל מזרם "מפתיע" התרחשו גם כאשר זרם החשמל אכן הופסק כנדרש, ועל פי הוראות הבטיחות, כאשר ברשת נוצרה השראה (אינדוקציה) בהשפעת מיתקן לאנטנות שידור של תחנות רדיו, טלוויזיה או מכ"ם המצוי בסמיכות. תאונה כזאת התרחשה בעבר, כאשר עובד נגע במוליך של הרשת שהספקת החשמל אליו הייתה מופסקת ו"מקוצרת". "המתח המושרה" – ממשדר רדיו שהיה בקירבת מקום – לא היה מסוכן. הנפגע הצליח, הודות לזרם החלש יחסית, לשחרר את כף היד מאחיזתה בעמוד החשמל. אך מאחר שהעובד לא היה מאובטח וקשור ברתמת בטיחות – הוא נפל מהעמוד ונפגע.

פרק ג' שיטות הגנה מפני חישמול.

לדאבונו, לא קיים בעולם מצב של אפס תאונות, גם לא של תאונות חשמל. תאונות חשמל ותאונות עבודה מתרחשות במקומות העבודה ובמפעלים, גם במדינות "הנאורות" ו"המהתקדמות" ביותר, אך אין זה אומר שלא קיימות דרכים ואמצעים להקטנת מספרן של התאונות.

בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט), התשנ"א-1991, בסעיף 4, מוגדרות שיטות הגנה מפני חישמול: "אמצעי הגנה בפני חישמול מיועדים למעט, ככל הניתן, את הסכנות במקרים של חישמול גופים מתכתיים". ניתן להסיק מכך שחלק משיטות ההגנה אינן מבטיחות הגנה מוחלטת ויש בהן גם נקודות תורפה. ובפרק ב' של התקנות הנ"ל: סוגי ההגנות, סעיף 2(ב), מפורטות 7 שיטות ההגנה בהן מותר להשתמש, או חובה להשתמש, במדינת ישראל:

1. איפוס (TN-C-S);
2. הארקת הגנה (TT);
3. זינה צפה.
4. הפרד מגן;
5. מתח נמוך מאד (24/50 וולט);
6. מפסק מגן (מפסק לזרם דלף);
7. בידוד מגן (בידוד כפול);

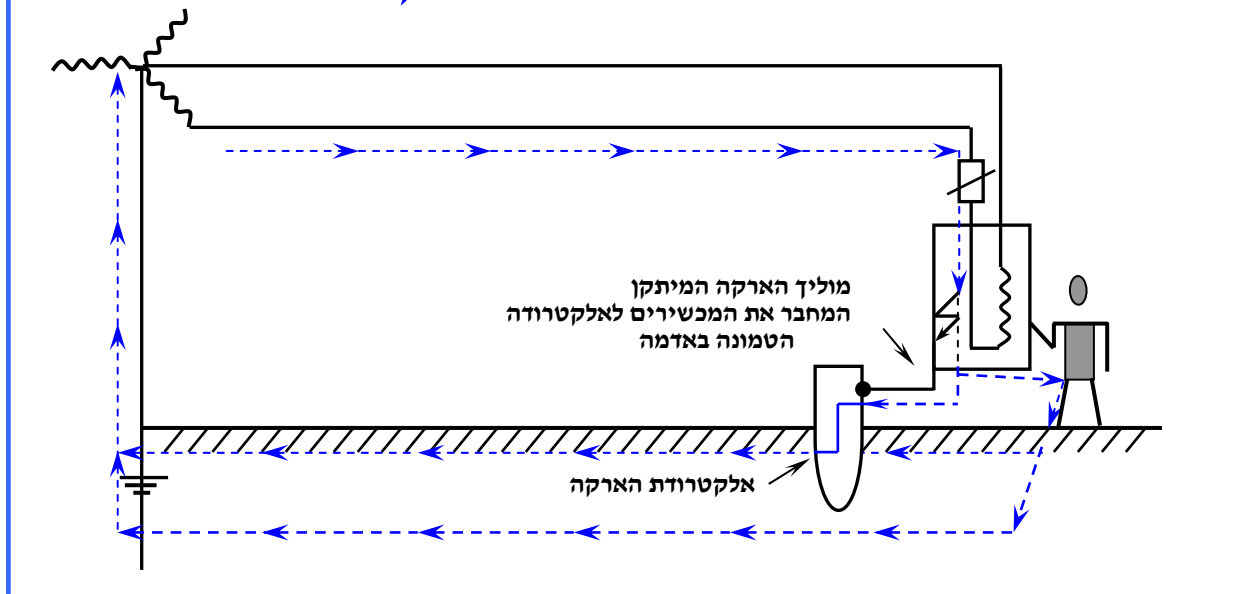
הארקת הגנה.

באיורים 5-7 (בעמ' 13, 15, 16) תיארנו מקרי חישמול עקב מגע במעטפת מתכתית של מכשיר חשמלי, אשר בידודו נפגם ויצר מגע בין מוליך המופע (פאזה) למעטפת המתכת החיצונית של המכשיר. כיצד ניתן למנוע או לפחות לצמצם את הסכנה כאשר מתרחשת תקלה מסוג זה? התשובה היא: ביצוע "הארקת הגנה" (GROUNDING) שהיא חיבור גלווני (חיבור חשמלי) בין חלקי המתכת הנגישים של הציוד החשמלי ובין אלקטרודה הטמונה באדמה. אלקטרודה היא מוט, פס, או כל חלק מתכתי אחר הטמון באדמה, שתפקידו ליצור מגע טוב ולאורך זמן, בין מערכת הארקה והמסה הכללית של האדמה. ההארקה מתבצעת ע"י חיבור בין כל חלקי המתכת של הציוד ובין האלקטרודה הטמונה באדמה, באמצעות מוליך בצבע צהוב/ירוק (עפ"י תקנות החשמל (התקנת מוליכים), התש"ל-1970, סעיף 11 (ב) (1) (ד)). מוליך ההארקה במכשירים מיטלטלים ובמכשירים נייחים, המוזנים באמצעות תקע ובית תקע – מחובר לפין האמצעי של תקע המכשיר, ובמיתקן החשמל – מוליך ההארקה מחובר למגע האמצעי התחתון בבית התקע.

בהתאם לתקנות החשמל קיים איסור חמור להתקין במיתקן קבוע בית תקע ללא הארקה.

מה אמור לקרות אם נוסף "הארקה הגנה" למקרה שתואר באיור מספר 5?

הגנה נגד חישמול באמצעות הארקת הגנה



איור 8

גם במקרה המתואר באיור מספר 8 מופיע מתח תקלה על גוף המכשיר, אך כאן, כאמור, הוספנו אלמנט נוסף של "הארקת הגנה". כאשר אדם עומד על רצפה מוליכה הנוגע בגוף של מכשיר אליו הגיע זרם תקלה – קיימות 2 אפשרויות מקבילות (2 התנגדויות מקבילות) לסגירת המעגל:

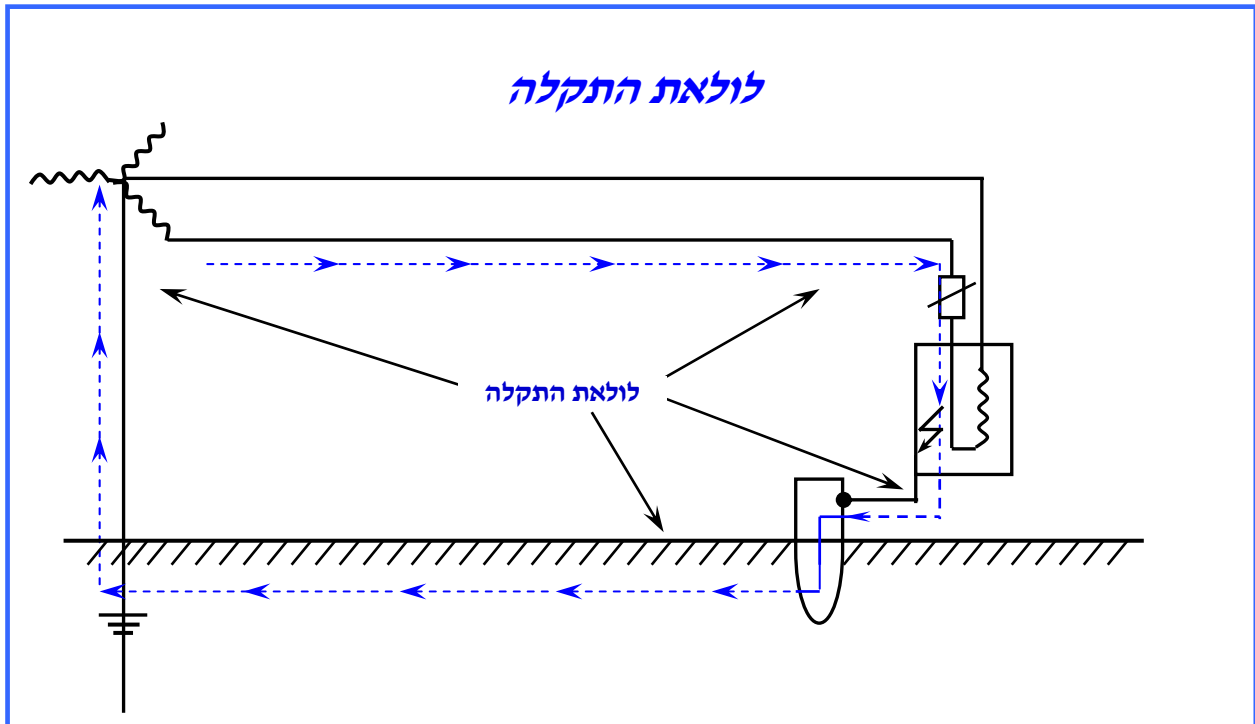
- דרך גוף האדם לאדם ולנקודת האפס בשנאי (טרנספורמטור);
- דרך מוליך ההארקה לאלקטרודת ההארקה ולנקודת האפס בשנאי.

מאחר שהתנגדות לולאת תקלה חייבת נמוכה מאד – בין 0 ל-5 אוהם (עפ"י תקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה נגד חישמול במתח עד 1000 וולט, התשנ"א-1991, סעיפים 49-142) – רוב הזרם יעבור דרך מערכת ההארקה. מפל המתח על האלקטרודה יהיה נמוך וכך יקטן גם מתח המגע. במקרים מסוימים המתח לא יהיה מסוכן גם כאשר הזרם ממשיך לזלוג. בזמן מתרחש דבר נוסף שיש לו חשיבות רבה: עוצמת הזרם העובר דרך מערכת ההארקה קרובה או שוות ערך לזרם קצר הנוצר בין מופע (פאזה) לאפס. תופעה זו תגרום לזרם-יתר גבוה במעגל. המבטח יזהה את זרם הקצר ויפסיק את הספקת החשמל למעגל.

המבטח מנוצל כאן למשימה חשובה, נוספת – הגנה מפני חישמול בשימוש בציוד חשמלי בעל עטיפה מתכתית מוארקה. המסקנה: **סילוף המבטח מגביר את הסכנה לשריפה וגם עלול לבטל, במקרים מסוימים, את ההגנה מפני חישמול.**

ההגנה מפני חישמול באמצעות "הארקת הגנה" היא השיטה הזולה והנפוצה עד היום, בארץ ובעולם. רוב מתקני החשמל בארץ מוגנים בשיטה זו.

המעגל שנוצר בזמן התקלה – מהמופץ (פאזה) בשנאי, דרך מוליך המופע (פאזה) ברשת ההספקה, אל המיתקן הפרטי, מקום התקלה, דרך המערכת הארקת הגנה, אל המסה של האדמה ומשם אל הארקת השיטה והאפס בשנאי ההספקה נקרא: "לולאת התקלה".



איור 9

בתקנות החשמל נדרש, שרמת ההתנגדות החשמליות של "לולאת התקלה" תהיה נמוכה מספיק, כדי שבמצב של קצר להארקה, יתפתח זרם מספיק גבוה, אשר יהיה מסוגל להפעיל את ההגנה (המבטח) וינתק את הזרם למיתקן תוך פחות מ-5 שניות.

חסרונות שיטת "הארקת ההגנה":

- במכשיר, כך שכאשר נוצרת תקלה, המצב הופך למסוכן והמשתמש לא יהיה מוגן.
- דרושה אלקטרודה – עד לפני מספר שנים מילאו צינורות המתכת של הספקת המים את תפקיד האלקטרודה, להארקת מתקני חשמל במבנים ברחבי הארץ. הצינורות הטמונים באדמה יוצרים מגע טוב, לאורך זמן, עם המסה הכללית של האדמה. לפני מספר שנים החלו הרשויות המקומיות להשתמש בצנרת אל-מתכתית למערכות המים. כתוצאה מכך נערכו שינויים בתקנות החשמל, וכיום חל איסור להשתמש בצנרת המים כאלקטרודה, פרט למקרים חריגים (המפורטים בתקנות).
- קיימים מצבים בהם השיטה איננה נותנת הגנה – השיטה מגינה מפני חישמול רק ממכשירים בעלי מעטפת מתכתית מוארקת, ורק במקרה של קצר מלא בין המופע (פאזה) למערכת ההארקה. כאשר קיים פגם בבידוד המופע (פאזה) ונוצר "קצר חלקי" ולא מלא, השיטה עלולה שלא לפעול או לפעול מאוחר מדי, מכיוון שמהירות תגובת המבטח קשורה ישירות לגודל זרם הקצר.

הפתרון החליפי לשיטת הארקת המיתקן באמצעות הצנרת הוא שימוש באלקטרודה מסוג חדש המוגדרת כ"הארקת יסוד". כאן נעשה שימוש בזיון הברזל של יסודות המבנה, הקבורים בתוך האדמה כ"אלקטרודה". על פי תקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט), התשנ"ג-1992, פרק ד': מבנה אלקטרודה והתקנתה, חל כיום איסור להשתמש בצנרת המים כ"אלקטרודה" למיתקן חשמל המוצב במבנה חדש. בהתאם לתקנות אלה, החשמלאי איננו מוסמך להחליט איזה סוג אלקטרודה הוא יתקין

במבנה חדש המבוסס על יסודות באדמה. הוא חייב להתקין אלקטרודה מסוג "הארקת יסוד" ולבצע השוואת פוטנציאלים במבנה.

דרישות התקנות, בנוגע לגודל זרם הקצר אשר חייב להתפתח בלולאת התקלה, הוחמרו במשך השנים. התקנות כיום קובעות שהתנגדות התקלה תאפשר פיתוח זרם בגודל פי 4-7 מהזרם הנקוב של המבטח באותו מעגל. זהו ערך שלא ניתן להשיגו בחיבורים עם מעגלים בעלי עוצמת זרם גבוהה. לדוגמה: ההתנגדות הכללית של "לולאת התקלה" במיתקן או במעגל חשמלי המצויים במפעל שגודל המבטח שלו 800 אמפר – חייבת להיות נמוכה מ-0.0034 אוהם. זאת כדי שזרם הקצר יהיה גבוה מספיק לגרום להפעלת המבטח תוך 5 שניות.

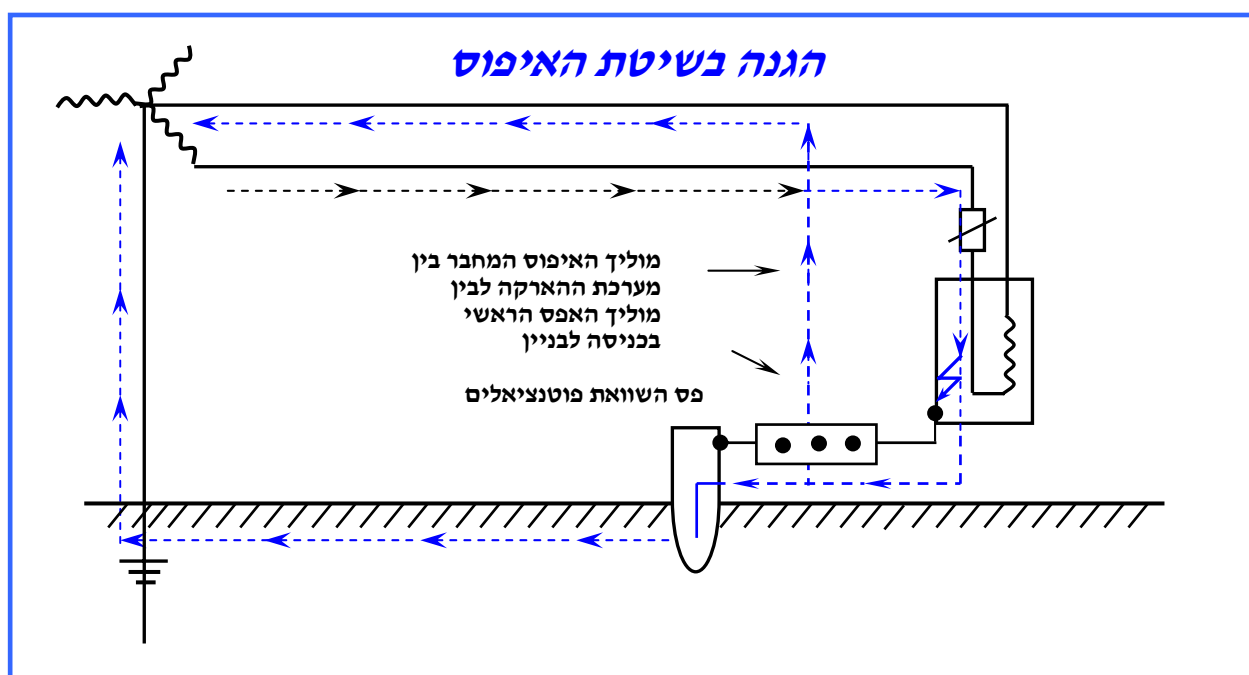
לחלק מהבעיות יש פתרון בשיטת הגנה אחרת – שיטת ה"איפוס".

איפוס.

האיסור להשתמש בצנרת המים כאלקטרודה, והדרישות המחמירות לגבי ההתנגדות המרבית המותרת של לולאת התקלה, גורמות לכך שלא תמיד ניתן להגיע להתנגדות נמוכה מספיק, במיוחד כיום – כשהשימוש בחשמל נרחב וערכי הזרם והגודל הנקוב של המבטחים גדולים מאוד.

נוצר צורך למצוא דרך פשוטה למזער את התנגדות לולאת התקלה במחיר סביר. איור מספר 9 מראה שבזמן תקלה המטרה שלנו היא לסגור מעגל אל נקודת האפס שבשנאי. והשאלה היא האם חייבים לעשות זאת דווקא דרך האדמה, והאם אין דרך יעילה, קצרה ומוצלחת יותר.

הפתרון הוא פשוט, לכאורה: את מערכת ההארקה מחברים, ישירות, גם למוליך האפס של החיבור הראשי במבנה. כך שבמקרה של תקלה המעגל "סגר אל נקודת האפס שבשנאי גם דרך מוליך האפס של רשת החשמל (שהתנגדותו קטנה). זרם הקצר יהיה גבוה, מכיוון שרובו יזרום דרך הלולאה הזאת במקום דרך האלקטרודה והאדמה, והמבטח של המעגל יפעל, בכל מקרה, במהירות – גם כאשר ההתנגדות של לולאת התקלה דרך האדמה היא גבוהה. לשיטה זו, של חיבור מערכת ההארקה אל מוליך האפס הראשי של המבנה, ושימוש במוליך האפס הזה כתוספת למערכת ההארקה, קוראים: "הזה בשיטה האיפוס".



איור 10

הפתרון הנ"ל פשוט רק לכאורה, מכיוון שטמונות בו מספר סכנות:

במוליך האפס של רשת החשמל קיים, בדרך כלל, זרם מסוים הנובע מעומס לא מאוזן בין שלוש הפאזות שברשת. הזרם הזה גורם למפל מתח על מוליך האפס. ולכן קיים מתח מסוים גם בין ה"אפס" למסה של אדמה.

ההארקה אמורה להיות מחוברת למוליך האפס, ולכן יופיע מתח גם במערכת הארקה וגם בכל הציוד והמכשור המוארקים שבמבנה. המתח הזה, בדרך כלל, נמוך מ-24 וולט ואיננו מסוכן. אך המצב עלול להחמיר ולהפוך למסוכן, אם וכאשר נקרע מוליך האפס שברשת ההספקה. רוב רשתות החשמל בארץ הן "רשתות אוויריות", ולכן התופעה נפוצה, בעיקר בזמן סופות החורף. אז כאשר נקרע מוליך האפס ברשת, עלול להופיע מתח מסוכן בין מערכת ההארקה המאופסת ובין האדמה, גם אם אין תקלה במיתקן החשמל הפרטי, מכיוון שזרם העבודה במיתקן, אשר היה אמור לסגור מעגל דרך מוליך האפס ברשת, יסגור את המעגל דרך מערכת ההארקה והאלקטרודה של המבנה. מצב שיגרום למפל מתח על אלקטרודת ההארקה. מפל המתח הזה עלול להיות גבוה ומסוכן.

מסקנה: שיטת האיפוס היא שיטה טובה, אך מותנים באפשרות להבטיח את רציפותו של מוליך האפס ברשת ההספקה, לאורך כל הזמן וללא תקלות.

למרות שאין שום אפשרות מעשית לקיים מצב של חוסר תקלות במוליך האפס ברשת – שיטה האיפוס, נמצאת בשימוש במקומות שונים בעולם וגם אצלנו. הפתרון לסיכונים הטמונים בשיטה הוא הגבלת השימוש בשיטה האיפוס למקומות שבהם מתקיימים כל התנאים הבאים:

1. האלקטרודה במבנה היא מסוג "הארקת היסוד";
2. קיימת השוואת פוטנציאלים בתוך המבנה;
3. התנגדות האלקטרודה כלפי המסה של האדמה איננה גבוהה מ-20 אוהם;
4. היישום אושר ע"י הבעלים של רשת החשמל (בד"כ מבקרת החשמל).

ארבעת תנאי ההיתר לביצוע האיפוס, חלים רק על מבנים חדשים.

ההיתר לביצוע "איפוס" במבנים ישנים איננו כולל את הסעיף הראשון (הארקת יסוד), ויש בו הגבלות נוספות, אחרות.

שיטת האיפוס מבטיחה שבמקרה של תקלה בציוד המוארק (קצר בין מופע (פאזה) להארקה), יזרום רוב זרם התקלה דרך מערכת האיפוס (דרך מוליך האפס שהתנגדותו נמוכה) בחזרה אל השנאי, ותמיד (בתנאי שמוליך האפס שלם!) יתפתח זרם קצר גבוה שיפעיל את המבטח בזמן הנדרש, ויפסיק את הספקת הזרם למעגל ו/או למכשיר הפגום.

במקרה של פגיעה במוליך האפס של רשת החשמל, תימנע השוואת הפוטנציאלים במבנה את היווצרותם של מפלי בתוך המבנה, והופעה של מתח בין הציוד החשמלי המוארק לבין חלקי המתכת של המבנה או של הרצפה.

מומלץ לבצע השוואת פוטנציאלים בכל מבנה. השוואת הפוטנציאלים מקטינה את סכנת החישמול בין גופים מוארקים לבין הרצפה, כאשר זיון הברזל של המבנה מחובר לפס השוואת פוטנציאלים, ובעיקר כאשר קיים "קצר חלקי" (זרם דלף לאדמה הנמוך מהזרם הנקוב של המבטח).

"השוואת פוטנציאלים" מגינה רק על הנמצאים בתוך המבנה. מתקני חשמל (כגון עמודי תאורה ממתכת הממוקמים בחוץ), הניזונים מהחשמל וממערכת ההארקה המרכזית של מבנה המוגן בשיטת האיפוס – עלולים להוות סיכון במצב של תקלה ב"אפס" של הרשת.

קיימות מספר אפשרויות למניעת הסיכון הזה ולהגנה מפני חימום:

- להשתמש בצידוד מסוג "בידוד כפול". במקרה זה אסור לחבר את הצידוד להארקה!;
- להאריק את עמודי התאורה לאלקטרודה נפרדת ולא לחבר אותם להארקה הבניין;
- לחבר את עמוד התאורה להארקה הבניין ולבצע בסביבת העמוד "השוואת פוטנציאלים" ע"י הטמנת רשת ברזל בתוך האדמה, ברדיוס כ-1.5 מטרים מסביב לעמוד, וריתוך הרשת לעמוד. כך ייווצר מצב של "השוואת פוטנציאלים" מסביב לעמוד.

שיטת "הארקה הגנה" או "איפוס" מגינות רק כאשר קיים קצר מלא בין המופע (פאזה) להארקה. אם קיימת דליפה היוצרת "קצר חלק" – ערך זרם התקלה עלול להיות נמוך מדי לצורך הפעלה מהירה של המבטח, ואפילו נמוך רק לצורך הפעלתו. התוצאה עלולה להיות חימום ו/או שריפה.

הגנה בלעדית ע"י מפסק מגן לזרם דלף*.

שיטה נוספת להגנה מפני חימום, שגם היא מבוססת על הרעיון של הפסקת זרם החשמל בזמן סכנה, היא "ההגנה הבלעדית" ע"י "מפסק מגן לזרם דלף".

שמו הרשמי של ההתקן, המופיע בתקנות, הוא "מפסק מגן", אך הוא מוכר בשוק גם בשמות אחרים שונים: "מפסק לזרם דלף", "מפסק פחת", "מפסק דיפרנציאלי" או "מכשיר נגד התחשמלות".

מהי ההגנה הבלעדית.

בדרך כלל, מותר להתקין מפסק מגן לזרם דלף ורצוי מאוד להתקין מפסק כזה בכל מקרה שהדבר אפשרי, זאת מאחר שהמפסק לזרם דלף מגדיל את רמת הבטיחות של מיתקן החשמל בתחומים הבאים:

- הגנה מפני שריפות – אשר עלולות להתרחש בזמן תקלה בבידוד בין המופע (פאזה) להארקה, בעקב במעגלי חשמל עם זרמים גבוהים, כאשר זרם הדלף לאדמה נמוך מהגודל הנקוב של המבטח באותו מעגל;
- הגנה מפני חימום ומניעת פעולה של מכשיר חשמלי כאשר, בטעות, הוחלפו החיבורים של מוליכי האפס וההארקה של תקע המכשיר או המיתקן – הגנה זו טובה ו בטוחה בעיקר כאשר משתמשים במפסק בעל רגישות של 0.03 אמפר (30מיליאמפר), או מפסק בעל רגישות גדולה יותר (סף פעולה נמוך מ-0.03 אמפר);
- הגנה גם מפני התחשמלות ממוגע ישיר במופע (פאזה) או הגנה ממכשיר מחושמל, כאשר מערכת ההארקה שלו מנותקת – בתנאי שהמיתקן מוגן ע"י מפסק מגן בעל רגישות של 0.03 אמפר או רגישות גדולה יותר.

עפ"י תקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט), התשנ"א-1991, סעיף 29 (ד) נדרשת התקנה של מפסקים לזרם דלף בכל לוח ראשי של מיתקן חשמל דירתי. התקנה של מפסקים מסוג זה במקומות אחרים היא, ברוב המקרים, התקנה וולונטרית של בעל המיתקן. כלומר: התקנה מפסק לזרם דלף כאשר הארקה ההגנה או שיטה האיפוס (המותקנת) במיתקן מקיימות את דרישות התקנות, והן מסוגלות להפעיל את המבטח בזמן קצר, כנדרש.

המשמעות של התקנה מפסק לזרם דלף כ"הגנה בלעדית" הוא אחרת: שימוש ב"מפסק מגן לזרם דלף" כהגנה נוספת, המיועדת לתת גיבוי לחסרונותיה של הארקה הגנה, אשר איננה מספקת במצבים מסוימים (כאשר ההתנגדות הגבוהה של לולאת התקלה איננה מאפשרת בכל מקרה פיתוח זרם קצר גבוה מספיק שיפעיל את מבטח המעגל, או שיפעילו בתוך פרק הזמן הנדרש).

התקנות מתירות את השימוש בשיטה זו רק במקרים מסוימים ולא כשיטה שהחשמלאי יכול לבחור בה באופן חופשי. השימוש בשיטה זו מותר רק כאשר לא ניתן לבצע במקום "איפוס". רק במקומות שבהם לא ניתן למלא את התנאים הדרושים לביצוע "איפוס" (המחוקק נותן במקרה זה זכות קדימה לשיטה האיפוס) – רק אז, המחוסר ברירה, המחוקק מאפשר להשתמש בשיטה זו. ההגבלה לא חלה על אתרי בנייה, קרונות מגורים, מיתקנים זמניים או ארעיים וכדומה.

בכל המקומות בהם משתמשים בהגנה בלעדית ע"י מפסק לזרם דלף – חייבת להיות מערכת הארקה המחוברת לאלקטרוודה.

עיקרון הפעולה של "מפסק לזרם דלף" הוא מדידת הזרם המגיע למיתקן דרך מוליך המופע (פאזה) ומדידת הזרם החוזר דרך מוליך האפס (או להפך), או מדידת הזרם העובר בין הפאזות. כאשר שני הזרמים זהים – אין דליפת זרם במיתקן. אך, אם עוצמת הזרם המגיע למיתקן איננו זהה לזרם החוזר ממנו – זהו שחלק מהזרם סגר מעגל דרך האדמה ודרך הארקות השיטה אל נקודת האפס שבשנאי, כלומר: דרך פגס בבידוד, ישירות לאדמה, או דרך גופו של אדם שנגע ישירות במופע (פאזה) ו/או במכשיר מחושמל.

ה"מפסק לזרם דלף" מזהה את אי השוויון בין הזרמים. כאשר אי השוויון גדול מזרם ההפעלה (הרגישות) עברו תוכנן המפסק – הוא מפסיק את הספקת החשמל למתקן. "מפסק לזרם דלף" יכול לזהות הפרשי זרימה קטנים מאוד, לדוגמה: 0.03 אמפר, ומסוגל, במקרים מסוימים, למנוע חישה של אדם הנוגע ישירות במוליך המופע (פאזה) ולהציל את חייו.

תפקידו של "מפסק לזרם דלף" כ"הגנה בלעדית" הוא השלמת ההגנה של הארקה כאשר התנגדותה גבוהה. הוא איננו מיועד להגנה מפני מגע ישיר במופע (פאזה), אלא רק להגן מפני התחשמלות ממכשירים מוארקים ע"י מניעת הופעת מתח, העולה על מתח נמוך מאוד (מנ"מ). לפיכך, התנאים הנדרשים בהגנה מסוג זה הם:

מתח התקלה בין מערכת הארקה ו/או המכשירים המוארקים ובין האדמה, לפני שהמפסק הפסיק את הספקה הזרם, לא יהווה סיכון לאדם (לא יעלה על מתח נמוך מאד – 50 וולט בתנאי סביבה רגילים ו-24 וולט במקרים של סביבה עם סכנה מוגברת). כדי להגיע למצב זה, דורשות התקנות שמפל המתח אשר יופיע על האלקטרוודה של מערכת הארקה, באותו מבנה, לא יעלה על 50 וולט. במילים אחרות: תוצאת המכפלה של התנגדות האלקטרוודה בערך של זרם הפעלת מפסק המגן לא תהיה גבוהה ממתח נמוך מאוד:

$$R \times \Delta I \leq 50V \quad \text{או} \quad R \times \Delta I \leq 24$$

כאשר: R = התנגדות האלקטרוודה כלפי המסה של האדמה;
 ΔI = זרם ההפעלה של מפסק הדלף, באמפרים.

אמינות ההספקה.

בתחום הספקת החשמל קיימת בעיה שרובנו לא נותנים עליה הדעת והיא "אמינות ההספקה". פירוש האמינות הוא צמצום, עד למינימום, של הפסקות החשמל. המצב הרצוי הוא, כמובן, זרם חשמל זמין לאורך 24 שעות ביממה, עם אפס הפרעות והפסקות, גם כאשר הסיבה להפסקת ההספקה היא בטיחותית.

בשיטות ההגנה מחישמול שהזכרנו כה ("הארקות", "איפוס" ו"מפסק לזרם דלף כהגנה בלעדית"), מיושם עיקרון פעולה פשוט והגיוני: **זרם החשמל הפך לסיכון – יש להפסיק מיד.** בשיטות "הארקות הגנה" או "אפס" – המבטח מפסיק את הזרם רק במעגל החשמלי הלקוי, בשיטת "מפסק לזרם דלף כהגנה בלעדית" המפסק את ההספקה לכל מיתקן החשמל אליו הוא מחובר. בשיטות ההגנה האלה (המגינות מפני התחשמלות רק מצידוד מוארק), שיש פגיעה משמעותית באמינות ההספקה. בשלוש השיטות עלול להופיע מתח תקלה לזמן קצר, ובכולן אמורה הספקת החשמל להיות מופסקת תוך זמן סביר, כדי למנוע תאונה קטלנית.

בהגנה ע"י מפסק לזרם דלף כהגנה בלעדית" משתמשים, בדרך כלל, במפסק דלף אחד לכל המיתקן, לכן הספקת החשמל תהיה בכל המיתקן ולא רק במעגל הלקוי (בהגנה ע"י המבטח מופסק הזרם רק למעגל הלקוי). ניתוק כל המיתקן מהחשמל עלול לגרום לנזקים רציניים. לדוגמה: במקום שבו מופעלים מקררים תגרום הפסקת פעולתם לקלקול התכולה; לסיכון חיי אדם בתהליך כימי שיש להפסיקו באופן מבוקר, או בחדרי ניתוח בבתי חולים. התקנות אוסרות שימוש במפסק דלף להגנה על מיתקן חשמל בחדר ניתוח.

כדי להגן מפני התחשמלות במקומות כגון אלה, בהן נדרשת מערכת בעלת אמינות הספקה גבוהה – משתמשים בשיטה הגנה מסוג "זינה צפה". הבחירה בין שיטות ההגנה השונות

והבחירה ברגישותו של מפסק הדלף צריכה להיות סלקטיבית, ובהתאם –

- לייעודיו של המיתקן החשמלי במקום ולמגבלותיו;
- לרמת הבטיחות הדרושה;
- לדרגת אמינות הפסקת הזרם הדרושה במקום.

תקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט), מגדירות (פרק ב': סוגי ההגנות 4) את "תכלית הגנה בפני חישמול" של שיטות ההגנה השונות: "אמצעי הגנה בפני חישמול מיועדים למעט ככל הניתן, את הסכנות במקרים של חישמול גופים מתכתיים". מכאן ניתן להסיק חלק משיטות ההגנה אינן מבטיחות הגנה מוחלטת ויש בהן נקודות תורפה שונות.

שיטות ההגנה בהן נדון בהמשך אינן מיועדות למיתקנים גדולים וחלקן מיועדות למכשיר בודד, או למכשור הפועל במתח נמוך מאוד, אך לכולן יש מספר יתרונות חשובים:

- אמינות הספקה גבוהה (אין הפסקות חשמל);
- הגנה נגד חישמול;
- בחלק מן המקרים אין חישמול גם כאשר נוגעים במוליך חשוף חי (מחובר למתח החשמל)
- אין קצר ואין שריפה בעקבות מגע בין מוליך לאדמה.

הפרד מגן

"הפרד מגן" היא שיטה להגנה מפני חישהול המבוססת על קיומם של 4 תנאים:

1. זוהי שיטה ייחודית ללא הארקת שיטה;
2. אסור לבצע בה הארקת הגנה;
3. אסור לחבר לשיטה זו יותר ממכשיר אחד, או לחילופין – מותר להתקין בה רק בית תקע אחד שאליו יחובר רק מכשיר אחד בו זמנית.
4. על אף האמור בסעיף 3 – מותר לחבר יותר ממכשיר אחד – כאשר מערכת של מכונה מכילה מספר רכיבים כגון: מנועים, גופי חימום וכו', וכל הרכיבים הנ"ל מורכבים על מסד מתכתי אחד, או כלולים במעטה מתכתי רציף אחד, וכאשר כל הרכיבים שיש להם מעטפת מתכתית מחוברים ביניהם באופן גלווני (חשמלי), כך שמתקיימת בהם השוואת פוטנציאלים.

הספקת החשמל מגיעה, בדרך כלל, דרך רשת של חברת החשמל, שבה קיימת הארקת שיטה. כדי למנוע סגירת מעגל דרך גוף האדם אל האדמה אל הארקת השיטה, צריך למצוא דרך שתאפשר להמשיך לקבל את האנרגיה מרשת חברת החשמל, בעוד שמקור ההספקה מופרד גלווני מהרשת, המוארקת ב"הארקת שיטה".

הפתרון הוא שימוש ב"שנאי מבדל". לדוגמה: כאשר הציוד המחובר מיועד למתח של 230 וולט, יהיה יחס הליפופים בשנאי 1:1 (בכניסה וביציאה של השנאי קיים מתח זהה, 220 וולט בדוגמה שלנו).

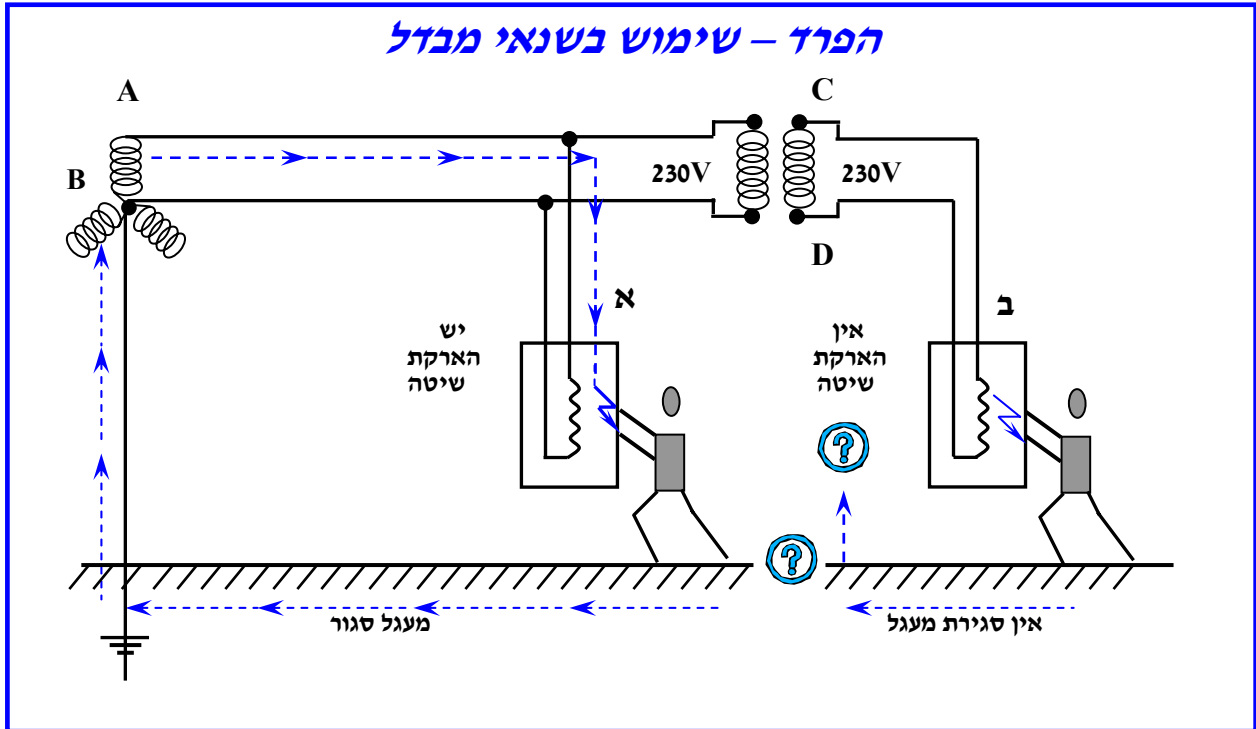
מהו שנאי ומה זה שנאי מבדל?

שנאי הוא מכשיר חשמלי, המורכב (בדרך כלל) מ-2 סלילים המלופפים על גרעין ברזל משותף, מבלי שיהיה ביניהם קשר גלווני (קשר חשמלי). יוצא מכלל זה: שנאי חד ליפופי (auto-transformer). הסליל המחובר למקור הזינה נקרא "סליל ראשוני" או "ליפוף ראשוני". הסליל השני, שבו מושרה המתח המבוקש ואשר אליו מחברים את הציוד, נקרא "סליל משני". בשימוש רגיל, תפקידו של שנאי, הוא הקטנה או הגדלה של מתח המקור. "שנאי מבדל", כמו כל שנאי, יכול להוריד מתח או להגבירו, אך ב"שיטת הפרד" הוא מיועד בעיקר למטרות אחרות:

- **יצירת בידוד גלווני בטוח ומוחלט בין 2 הסלילים של השנאי**, כך שבשום מקרה לא תתהווה תקלה בבידוד, אשר תגרור פריצת מתח מהסליל הראשוני (המחובר לרשת ההספקה) אל הסליל המשני. מטרה זו מושגת הודות למבנה מיוחד של השנאי ובהתקנת בידוד מוגבר בין 2 הסלילים בשנאי. זהו ההבדל המבני בין שנאי לבין "שנאי מבדל";
- **יצירת מקור מתח עצמאי ללא הארקת שיטה. אסור להתקין הארקת שיטה לסליל המשני של השנאי! ואסור להתקין הארקת הגנה למיתקן!** היעדרה של "הארקת שיטה" יוצר "מערכת צפה", המונעת סגירת מעגל חשמלי בזמן נגיעה במוליך חי;

כאשר מדובר במכשירים המיועדים למתח גריל של הרשת – מתח הכניסה ומתח היציאה של השנאי יהיו זהים. ולצורך זה אנו משתמשים בשנאי בעל יחס ליפופים של 1:1, שבו מתח היציאה זהה למתח הכניסה.

הפרד – שימוש בשנאי מבדל

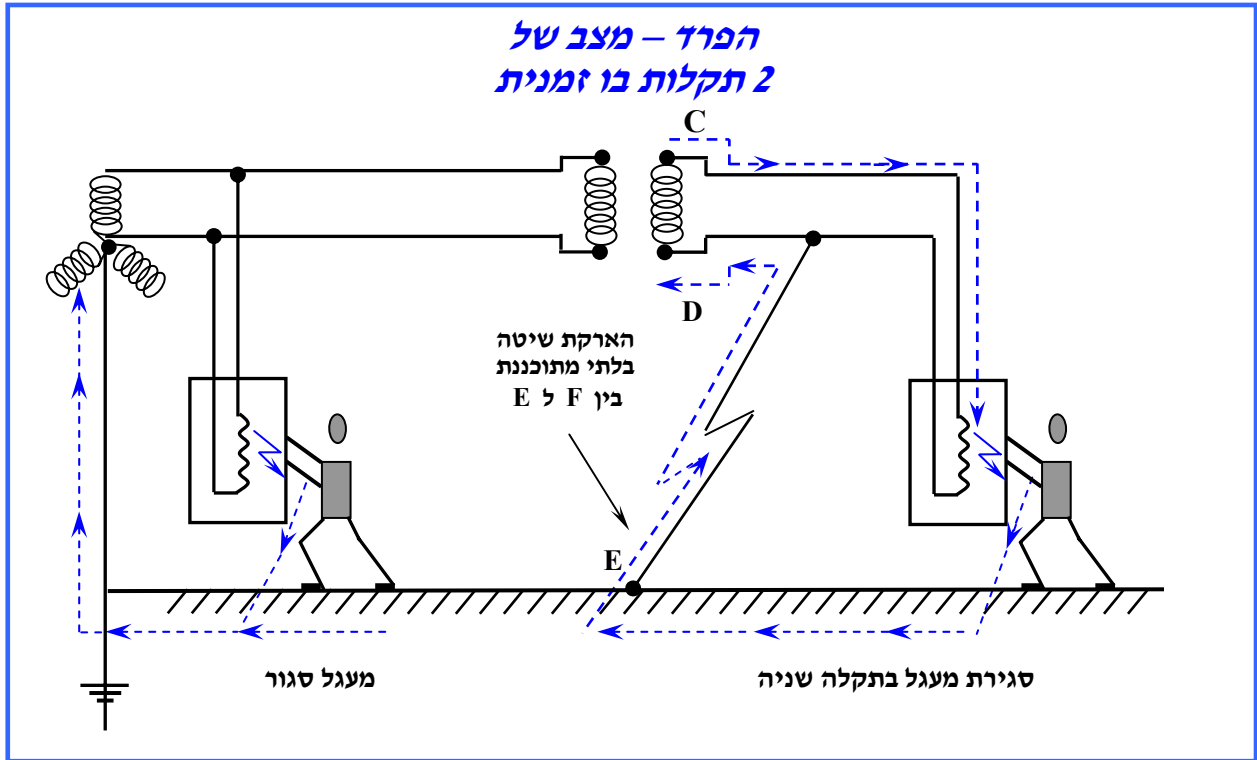


איור 11

באיור 11 אנו רואים שבמקרה א', האדם הנוגע במוליך A סוגר מעגל חשמלי דרך גופו אל האדמה ומשם – אל הארקה השיטה של שנאי ההספקה של חברת החשמל, וממנו אל נקודת האפס B בשנאי. במקרה ב' אסור להתקין הארקה שיטה! במקרה זה האדם הנוגע בגופו במוליך C, לא יסגור מעגל חשמלי בנקודה B, מכיון שזה אינו מקור המתח שלו; הוא גם לא יסגור מעגל בנקודה D אשר אליה הזרם שואף להגיע, מאחר שאין הארקה שיטה אל הנקודה זאת. התוצאה: אין סגירת מעגל חשמלי, אין חישהוול וגם אין הפסקה בהספקת החשמל. מצב זה יתקיים גם כאשר אדם נוגע ישירות במוליך חי (מוליך אחד בלבד).

כל זה טוב ויפה כאשר מתרחשת תקלה ראשונה. אך מה יקרה כאשר תתרחש תקלה שניה והתקלה הראשונה עדיין לא טופלה? הרי אז תתקיימנה 2 תקלות בו-זמנית!

במקרה זה, בתקלה הראשונה לא ייסגר מעגל חשמלי בין נקודה F לנקודה E באדמה ונקודה C לגופו של האדם וממנו לאדמה. מהאדמה "סגר מעגל דרך נקודה E לנקודה F – ומשם לקצהו השני של מקור המתח (D) והאדם יתחשמל. לפיכך, שיטה "הפרד מגן מעניקה הגנה רק כאשר קיימת תקלה אחת בלבד. כדי למנוע אפשרות +למצב בו תתקיימנה 2 תקלות בו-זמנית, מותר – על פי התקנות – לחבר לשיטה זו מכשיר אחר בלבד בו-זמנית.



איור 12

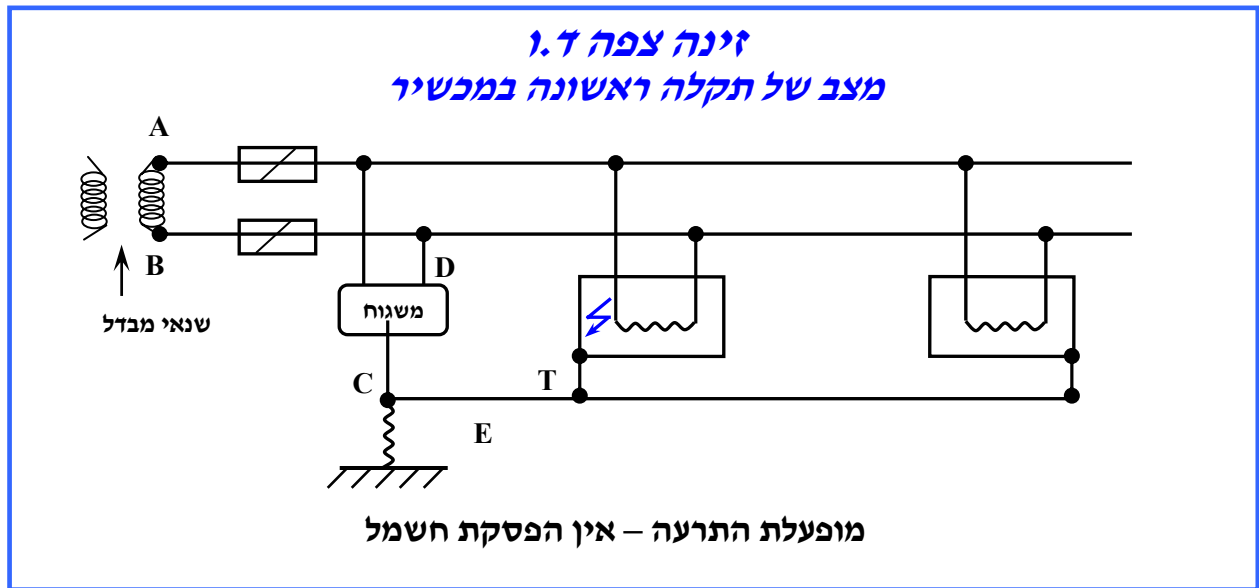
זינה צפה (שיטה בלתי מוארקת)

שיטה ה"הפרד" שהזכרנו מספקת הגנה מפני התחשמלות אך ורק כאשר לא מתקיימות בה 2 תקלות בו זמנית. ברגע שמתרחשת תקלה ראשונה בבידוד של אחד המוליכים, ונוצר מגע בין המוליך לבין האדמה, השיטה הופכת להיות "מוארקת" ללא כוונה ובלי ידיעתו של המשתמש בציוד. במצב זה – אם תתרחש תקלה נוספת במוליך השני – היא עלולה לגרום לחישמול, בדיוק כמו בשיטה מוארקת רגילה (הארקת שיטה).

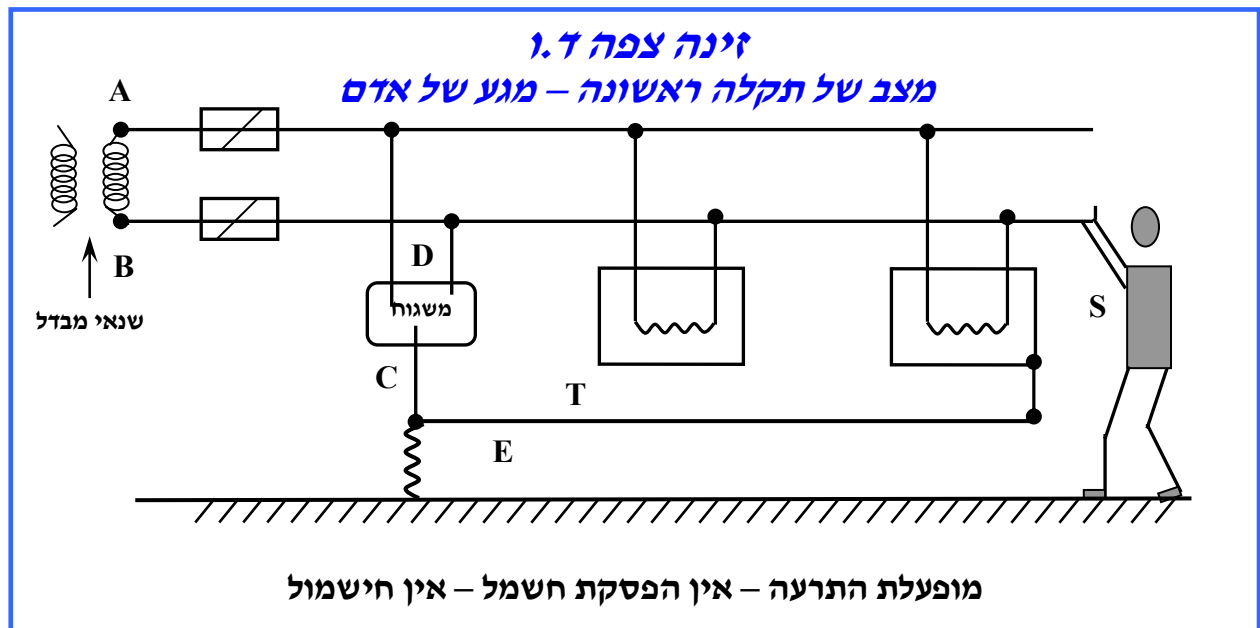
אחד היתרונות הגדולים של שיטה "הפרד המגן", כפי שכבר הסברנו, היא אמינות הספקת הזרם (הספקה ללא הפסקות). בנוסף, אין סגירת מעגל חשמלי ולפיכך – אין חישמול. כדי שההגנה אכן תתקיים יש להשתמש רק במכשיר חשמלי אחד.

שיטה "הפרד המגן", הודות ליתרונותיה (הגנה מפני חישמול ואמינות הספקה גבוהה), הייתה יכולה לפתור בעיות בטיחות ההספקה, ולשמש אותנו שיש בהם סכנה מוגברת ובמקומות בהם אסור להפסיק את הספקת החשמל, כגון: בחדרי ניתוח בבית החולים, לדוגמה או בתהליכים כימיים אשר אסור לקטוע אותם באופן לא מבוקר, או בכל תהליך אחר שהפסקה לא מבוקרת שלו עלולה לגרום לנזק הסכנה לחיי אדם. אבל מה עושים כאשר רוצים ביתרונות אך לא מעוניינים להתקין שנאי מבדל לכל מכשיר בנפרד? הפתרון הוא שימוש בשיטת "זינה צפה".

"זינה צפה", היא שיטה המיועדת להעניק למשתמש את יתרונות "שיטת הפרד" ללא המגבלה של שימוש במכשיר אחד בלבד. בשיטה זו ההגבלה איננה במספר המכשירים אלא רק הגבלת עומס, בהתאם להספק של השנאי. כאשר מקור ההספקה הוא רשת חברת החשמל (רשת עם הארקת שיטה), יש צורך בשנאי מבדל (כמו ב"שיטת הפרד"). כאשר משתמשים בציוד המיועד למתח של 230 וולט, נדרש שנאי עם יחס ליפופים 1:1, כלומר: מתח היציאה זהה למתח הכניסה (230 וולט בדרך כלל).



איור 13



איור 14

גם במקרה זה (בשיטת "הזינה הצפה") אסור לבצע הארקה שיטה. המוליכים לכוון המסה של האדמה יכולה להיות גבוהה. כל המכשירים בעלי עטיפה מתכתית חייבים להיות מחוברים ביניהם ואל האלקטרודה הזאת באמצעות מוליך הגנה (לא מוליך הארקה!). המשגוח מפקח כל הזמן על תקינות הבידוד של המיתקן ומתריע (התרעה קולית וויזואלית) כבר בתקלה הראשונה, כשהמיתקן יתוקן בהקדם – לפני שתתרחש תקלה שנייה, אשר עלולה כבר ליצור סכנה (ראה איור 14).

כאשר מתרחשת תקלה בנקודה T של המכשיר, הזרם מגיע אליה מקוטב A של הסליל המשני שבשנאי המבדל, משם דרך מעטפת המכשיר למוליך ההגנה E, ממנו – דרך נקודות C ו-D של המשגוח וסוגר מעגל חשמלי בקוטב B של הסליל המשני בשנאי.

המשגוח בנוי כך שבמעגל שתואר, עוברים או יכולים לעבור רק מלי-אמפרים בודדים. זהו זרם קטן, לא מסוכן, שאותו ניתן לזהות ע"י המשגוח אשר מפעיל מערכת התראה (קולית וויזואלית), המתריעה על קיומה של תקלה ראשונה בבידוד. התקלה צריכה להיות מטופלת בהקדם ע"י חשמלאי. איור 13 מתאר תקלה ראשונה במכשיר.

כאשר אדם נוגע במוליך חי הוא לא ירגיש בתקלה (הזרם נמוך מאוד). מעבר החשמל דרך הגון והספקת החשמל לא "פסקו אך תופעל התרעה (ראה איור 14).

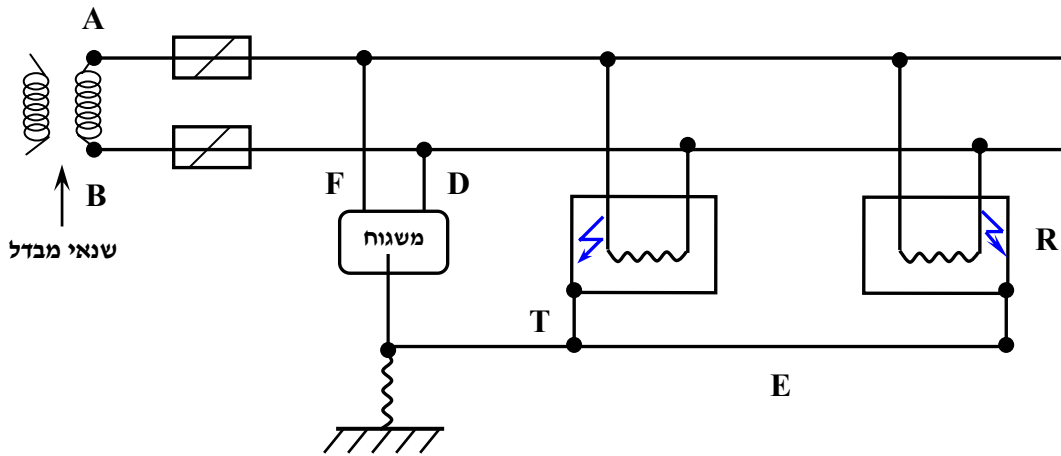
כאשר אדם עומד על הקרקע ונוגע במוליך חי בנקודה S – הזרם מגיע מקוטב B של הסליל המשני בשנאי המבדל אל נקודה S אשר בה נוגע האדם, עובר דרך גוף אדם לאדמה ומשם סוגר את המעגל החשמלי דרך האלקטרודה של המכשיר, נקודות C ו-F של המשגוח ונקודה A, שהיא הקוטב השני של מקור המתח. לשעטת "זינה צפה" יש מספר יתרונות:

- זרם התקלה, בתקלה הראשונה הוא נמוך ולא מסוכן – אין תאונה ואין חישהמול;
- האנרגיה של זרם התקלה קטנה, ולא תגרום לשריפה;
- אמינות ההספקה גבוהה (אין הפסקות חשמל);
- מותר לחבר יותר ממכשיר אחד (שלא כמו בשיטה הפרד המגן).

הבעיה שמתעוררת היא מה יקרה אם תקלה T במיתקן לא תטופל ע"י חשמלאי, כנדרש, מיד אחרי ההתראה הראשונה, ותתרחש תקלה שניה בבידוד של המוליך השני בנקודה R. האם המצב הופך בהכרח למסוכן? מצב זה מתואר באיור 15.

כאשר מתרחשת תקלה שניה בנקודה R, הזרם מגיע אליה מקוטב A של הסליל המשני בשנאי המבדל, ממנו אל נקודה T של המכשיר ומשם אל מעטפת המכשיר, אל מוליך ההגנה E וממנו – דרך נקודה R – סוגר מעגל חשמלי בקוטב B של הסליל המשני בשנאי. במקרה זה ייווצר קצר מלא בין A ו-B והמבטח של המעגל יופעל תוך הפסקת הספקת הזרם למיתקן. במקרה המתואר האיור אמנם תהיה פגיעה באמינות ההספקה אך לא יהיה חישהמול.

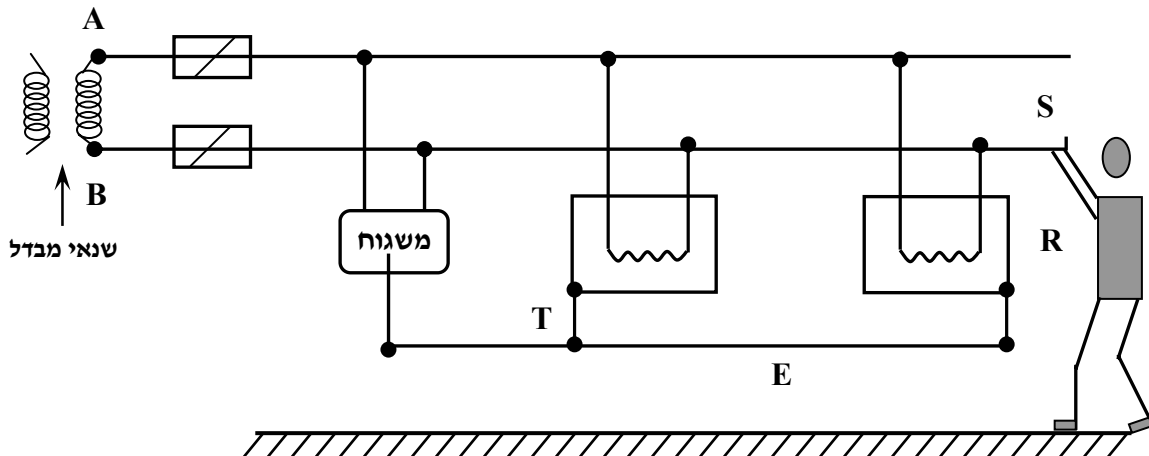
זינה צפה ד.ו.
מצב של 2 תקלות בו זמנית



מצב של 2 תקלות בו זמנית – נוצר קצר

איור 15

זינה צפה ד.ו.
מצב של 2 תקלות בו זמנית



מצב של 2 תקלות בו זמנית גורמות לחישמול

איור 16

אך לא תמיד המצב הוא כזה. באיור מספר 16, התקלה השניה איננה מתרחשת בנקודה R אלא מנגיעה ישירה של האדם במוליך חי, כשאדם העומד על הקרקע נוגע במוליך בנקודה S. הזרם מגיע מקוטב B של הסליל המשני בשנאי המבדל אל נקודה S אשר בה נוגע האדם. הזרם יעבור דרך גופו לאדמה ומשם, דרך האלקטרודה של המכשיר, אל מוליך ההגנה E, אל מעטפת המכשיר ונקודת התקלה T, ומשם הזרם יסיר את המעגל החשמלי אל נקודה A. הסכנה להתחשמלות במקרה זה היא רק במקרה שהייתה תקלה ראשונה והיא לא טופלה.

"זינה צפה" היא שיטת הגנה יקרה, מכיוון שיש צורך במשגוח לפיקוח על תקינות הבידוד, וגם ב"שנאי מבדל" – שגודלו תלוי בעומס שעליו הוא מגן. כמו כן נדרש איתור מדויק של מקום התקלה. לפיכך, השיטה מתאימה לשימוש במיתקנים מוגבלים ומיוחדים (כגון חדרי ניתוח). במקום בו נעשה שימוש ב"זינה צפה" נדרשת נוכחות של אדם (בדרך כלל חשמלאי) שתפקידו להגיב לאחר כל התראה ע"י ניתוק הציוד הלקוי מהספקת הזרם, ואו ביצוע התיקון הדרוש בהקדם.

השיטה רגישה לזיהום רשת הנובעים מהפעלת מכשור חשמלי עם מיתוג אלקטרוני. "זיהומי הרשת" עלולים לגרום להפעלת התראת שווא, כאשר המיתקן עצמו תקין. אמנם קיים ציוד משוכלל, המיועד להתגבר על חלק מהבעיות הללו, אך התקנתו מייקרת עוד יותר את השימוש בשיטה.

ולסיכום: שיטה 'הזינה הצפה' היא אמנם שיטה הגנה יקרה, אך היא הפתרון היעיל ביותר בכל מקום שבו קיימת סכנה מוגברת לחישמול ו/או בכל מקום בו יש חשיבות עליונה לאמינות ההספקה.

השיטה טובה, ומותרת לשימוש, במקומות בהם משתמשים בגנרטור ארעי המזין מיתקן ארעי שאליו מחוברים מספר מכשירים (יותר ממכשיר אחד). במקרה כזה יש קושי להתקין אלקטרודות לצורך "הארקת שיטה" ו"הארקת הגנה", אשר תעמודנה בדרישת התקנות. התקנה של אלקטרודות כאלה איננה מעשית וגם לא כלכלית. לפיכך, בנסיבות כאלה, שיטה ה"זינה הצפה" מוכרת ומותרת לשימוש כאחת משיטות ההגנה מפני חישמול.

פרק ד' מפסק מגן לזרם דלף (מפסק פחת, מפסק נגד חישמול).

מפסק מגן לזרם דלף הפך לאחרונה לציוד נפוץ. אפשר למצוא אותו בבתי מגורים, במשרדים, בבתי מלאכה ועוד, ככל שמספרם של מפסקי המגן לזרם דלף שיוותקנו יגדל – יקטן מספר תאונות החשמל ובעיקר הקטלניות שבהן. זאת הסיבה שמצאנו לנכון להקדיש לנושא זה פרק מיוחד.

את מטרות ההגנה ע"י מפסק מגן לזרם דלף ניתן להגדיר כך:

- לספק הגנה למיתקן שיש בו הארכת הגנה, אך התנגדות לולאת התקלה של המיתקן גבוהה ואיננה מאפשרת הפסקה של פעולת המיתקן ע"י המבטח, ולא ניתן לבצע הגנה ע"י איפוס במיתקן הנ"ל (במקרה זה דנו כבר בפרק על שיטות ההגנה מפני חישמול).
- להקטין סכנה שריפה כתוצאה מתקלה בבידוד וממעבר זרם בין מופע (פאזה) להארקה, או בין מופע (פאזה) לאדמה, גם כאשר הזרם איננו מגיע לערכים של זרם קצר והמבטח לא מפסיק אז המעגל.
- כאשר המפסק הוא בזרם הפעלה של 0.03 אמפר הוא ימנע, בד"כ, תאונה קטלנית ממגע ישיר של אדם בגוף מחושמל או במוליך מופע (פאזה) חשוף.

מבנה המפסק ופעולתו

מפסק מגן לזרם דלף מורכב מ-3 יחידות:

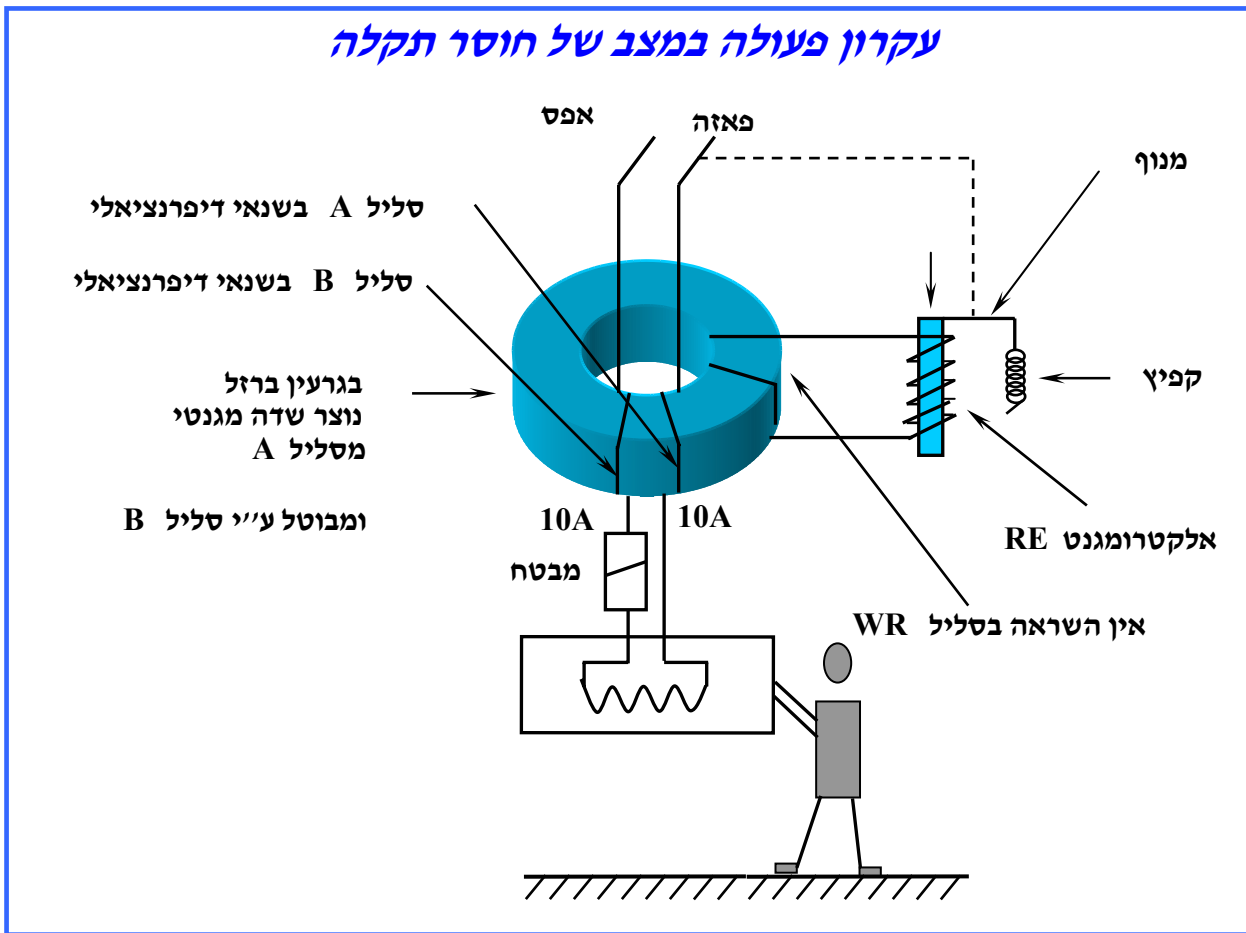
שנאי דיפרנציאלי – תפקידו לזהות אי-שוויון בין הזרמים הנכנסים והחוזרים;

יחידת ההפעלה – מזהה את גודל זרם התקלה. אם עוצמת הזרם גדולה מהנקוב, היא מפעילה את המפסק;

מנגנון המפסק - מפסק רגיל המופעל באופן מכני ע"י יחידת ההפעלה.

באיור 25 ניתן לראות את מבנה נ המפסק ואת דרך פעולתו. במצב תקין, כאשר אין תקלה, הזרם המגיע להדק המופע (פאזה) של המכשיר עובר דרך המפסק (כשהוא במצב מחובר) וממנו אל סליל A וגורם להופעת שדה מגנטי בגרעין הברזל. חוזק השדה (השטף המגנטי) הוא פונקציה ישירה של גודל הזרם העובר בסליל. אחרי שהזרם עובר דרך המכשיר החשמלי, הוא חוזר אל סליל B של השנאי הדיפרנציאלי. גם הזרם החוזר הזה יוצר שדה מגנטי בעל שטף שווה. מאחר ששטף זה נמצא בכיוון הפוך לקודמו (ראה כיוון הליפופים), הוא מבטל את השטף המגנטי שנוצר ע"י סליל A התוצאה: בגרעין לא מתקיים שדה מגנטי, לא מושרה מתח על הסליל המשני WR, לא מסופק מתח ליחידת ההפעלה RE (האלקטרומגנט), והספקת החשמל לא מופסקת.

עקרון פעולה במצב של חוסר תקלה



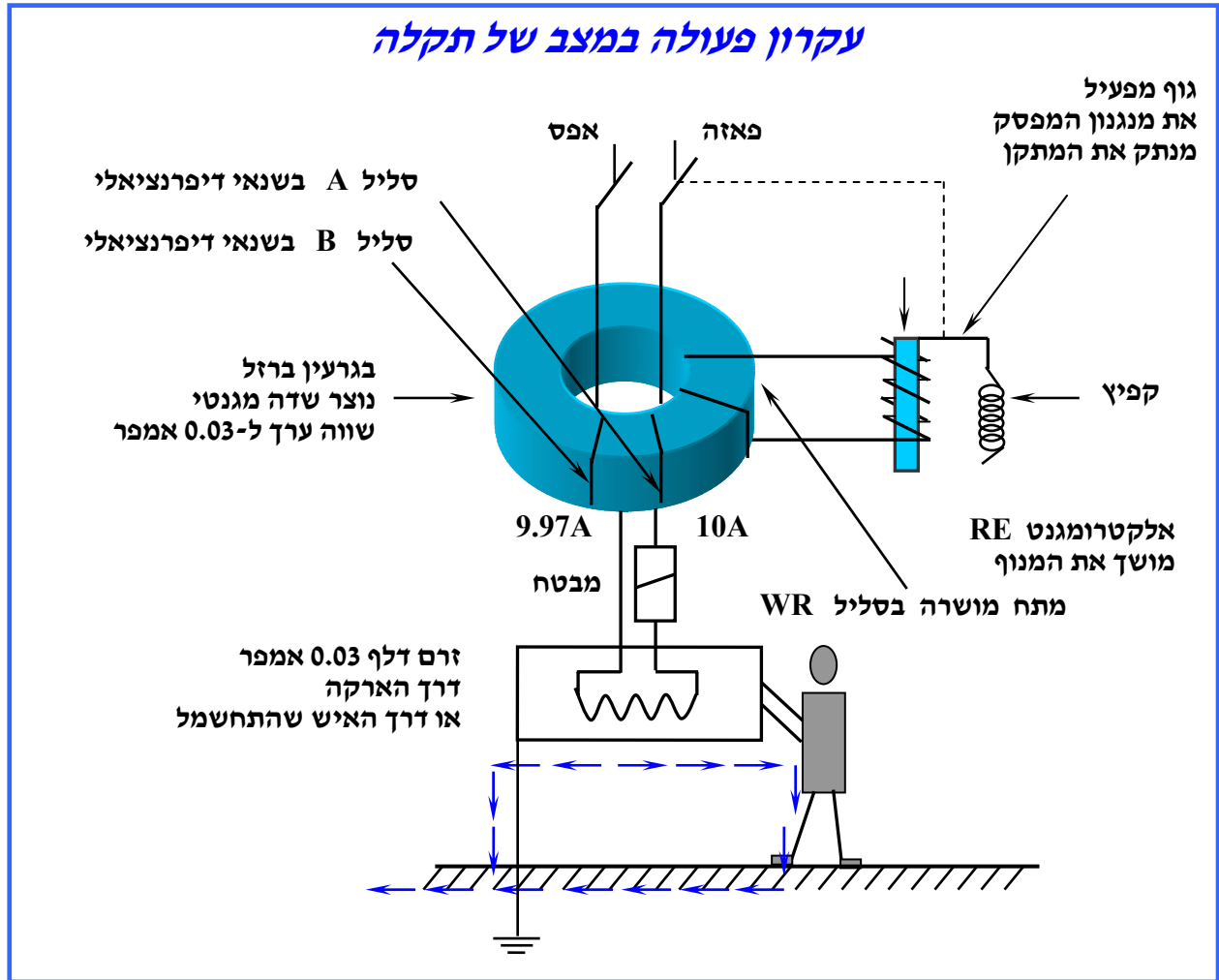
איור 25

המצב בזמן תקלה הוא אחר: גם במקרה זה נוצר שדה מגנטי כתוצאה ממעבר הזרם בסליל A כתוצאה, לדוגמה, מתקלה בבידוד במיתקן. חלק מהזרם סוגר מעגל דרך מערכת ההארקה, או שכתוצאה מהתחשמלות, נסגר מעגל חשמלי דרך גופו של הנפגע אל אדמה, אל הארקה השיטה ואל נקודת האפס שבשנאי.

במצב זה, הזרם שיחזור ושיזרום דרך סליל B יהיה קטן מהזרם שזרם דרך סליל A (במקרה זה ב-0.03 אמפר). התוצאה תהיה שהשדה המגנטי של סליל B לא יבטל כליל את השדה המגנטי של סליל A. בגרעין הברזל ישאר שדה מגנטי קטן שגודלו זהה להפרש בין 2 השדות. השדה המגנטי הזה ישרה מתח בסליל WR. המתח יועבר לסליל של האלקטרומגנט, שמחובר למערכת ההפעלה. אם זרם יפעיל את מנגנון המפסק באופן מכני.

המנגנון שהוצג באיור 25 ו-26 נועד להסביר את עקרון הפעולה ואיננו מדויק. הוא מתאר מפסקים לא רגישים הפועלים בזרמי דלף גדולים. ככל שנוקקו למפסקי מגן ברגישות גדולה יותר – נתקלו בבעיה שהשדה אשר נוצר מזרם של 30 מלי-אמפר חלש, ואין בכוחו ליצור זרם מפסק חזק בסליל המשנה, אשר יספיק להפעלת מערכת ההפעלה (האלקטרומגנט). לכן חיפשו דרך לפתרון הבעיה. חלק מהיצרנים פתר זאת ע"י תוספת של מנגנון אלקטרוני. באירופה הכניסו לשימוש יחידות הפעלה עם מנגנון מתוחכם יותר, המבוסס על שחרור המנוף בעזרת אלקטרומגנט (ולא ע"י משיכת המנוף) כך שאת העבודה מבצע קפיץ דרך המותקן בצדו השני של המנוף.

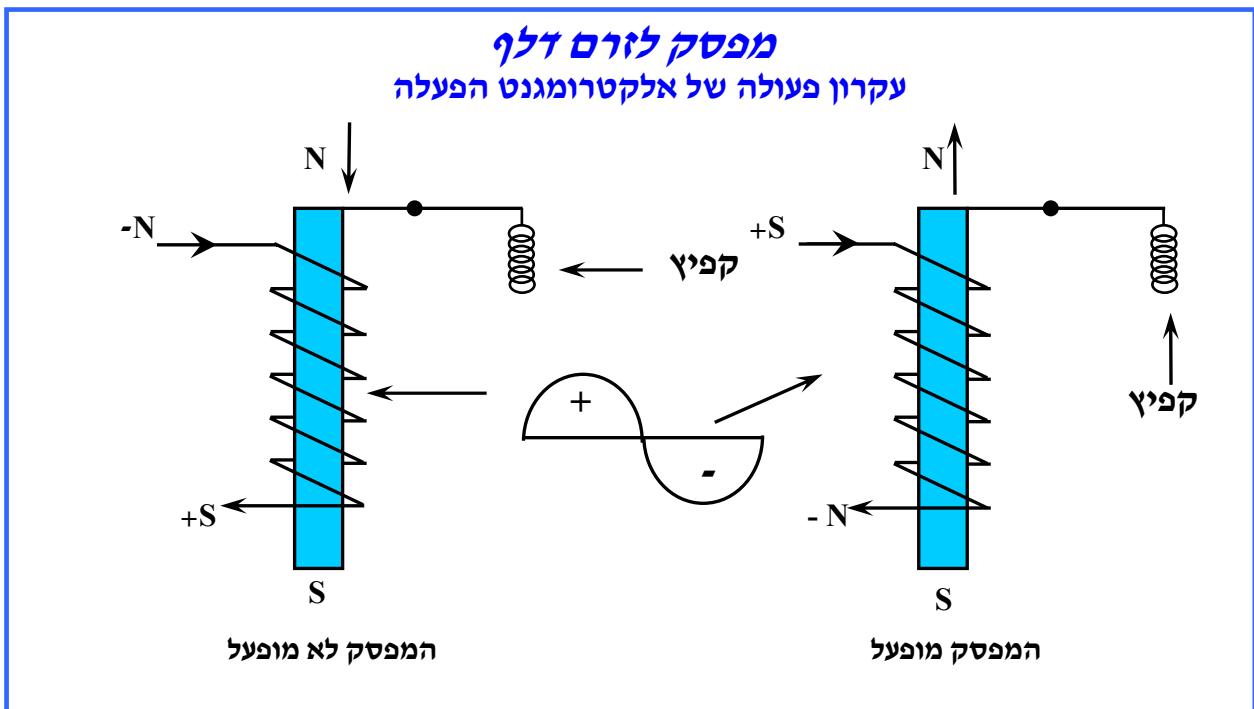
עקרון פעולה במצב של תקלה



כיצד פועל המנגנון?

אלקטרומגנט עשוי, בדרך כלל, מגרעין של ברזל רך, שאין בו שדה מגנטי כלל לא זורם זרם בסליל שסביבו. בפתרון האירופאי הותקן דווקא גרעין ברזל מגנטי, (ראה איור 27), שהקוטר הצפוני שלו מסומן ב-N והדרומי ב-S. במצב זה המנוף נמשך אלו כל הזמן, והקפיץ שואף בו בזמן לשחרר אותו. הכוחות האלה נמצאים באזור עדין. זהו המצב כאשר אין תקלה והמפסק מחובר.

זרם ההספקה שאנו משתמשים בו הוא זרם חילופין. נניח שנקודת הזמן בה התרחשה התקלה היא בתחילת "החיובית" של מחזור הזרם. במצב זה מגיע לאלקטרומגנט זרם בכיוון מסוים. כיוון הזרם גורם לקוטביות המגנטית של הסליל להיות זהה לקוטביות של המגנט הקבוע. כתוצאה מכך המנוף לא משתחרר והמפסק לא מגיב. אך, כאשר מגיע המחצית "השלילית" של המחזור, גורם כיוון הזרם לקוטביות הפוכה של הסליל, מה שמחליש את השדה המגנטי (סכום 2 השדות) וגורם לכך שהקפיץ מפעיל את מנגנון שחרור המנוף, והמפסק מנתק את המיתקן מהספקת הזרם.

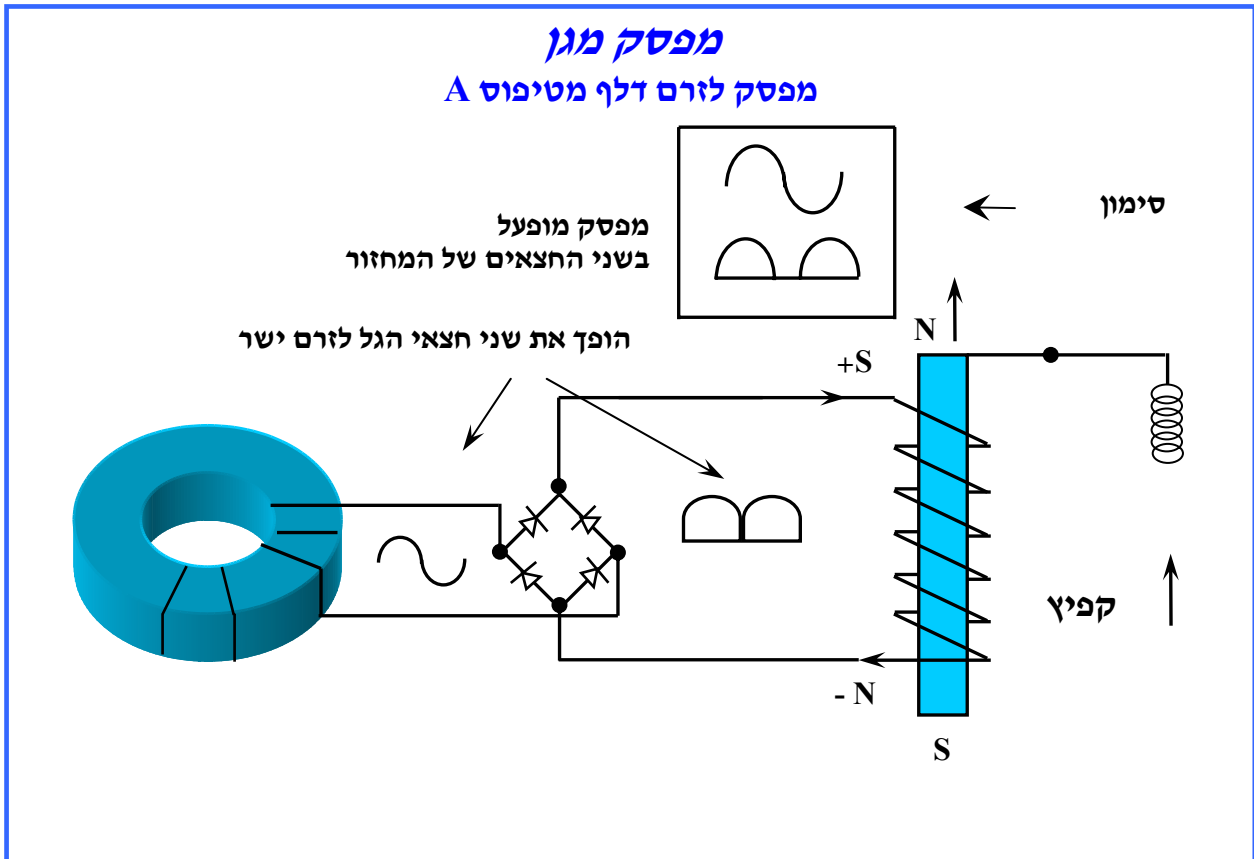


ניתן להסיק מכך שהמפסק פועל רק במחצית המחזור אשר מחלישה את השדה המגנטי הכללי. במצב שכזה עלולה הפקודה להפסקת הזרם להגיע באיחור של 10 אלפיות השנייה (זמן מחציה המחזור). כל זה מתייחס למפסק זרם דלף רגיל, מהסוג שהיה בשימוש עד היום.

השיטה פעלה זמן רב לשביעות רצון כולם. אך, בשנים האחרונות מתרחב השימוש ב"חצאי מוליכים" ("מוליכים למחצה"), המשמשים לפיקוח ולבקרה על פעולתם של מכשירי החשמל השונים. כאשר מיתקן מזין מכשירים וציוד הכוללים "מוליכים למחצה" (המיועדים לוויסות פעולת המכשירים), אשר מחוברים ישירות למקור הספקת המתח ולא דרך שנאי, עלול מפסק המגן לזרם דלף שלא להגיב בשעת תקלה, והוא לא יפסיק את פעולת המיתקן.

הסיבה לכך היא שבזמן תקלה במיתקן מסוג זה, יתכן מצב שבו תתפתח התקלה כך שהיא תתקיים רק בחלק החיובי העליון של עקומת זרם החילופין. במצב זה, כפי שכבר הסברנו, **המפסק לא יגיב ואדם, הנוגע בגוף מחושמל או במוליך חי יתחשמל גם אם המיתקן מוגן, המפסק מגן בעל רגישות גבוהה.**

לפיכך, במקומות שבהם קיים ציוד אלקטרוני מסוג זה, ובכל מיתקן חדש שבו מותקן מפסק מגן לזרם דלף, מומלץ לשקול את האפשרות להתקין מפסקי מגן מיוחדים, אשר כוללים מנגנון נוסף המסוגל להתגבר על הבעיה הזאת. מפסקים מסוג כזה מוגדרים כ"מפסק מגן לזרם דלף מטיפוס A".



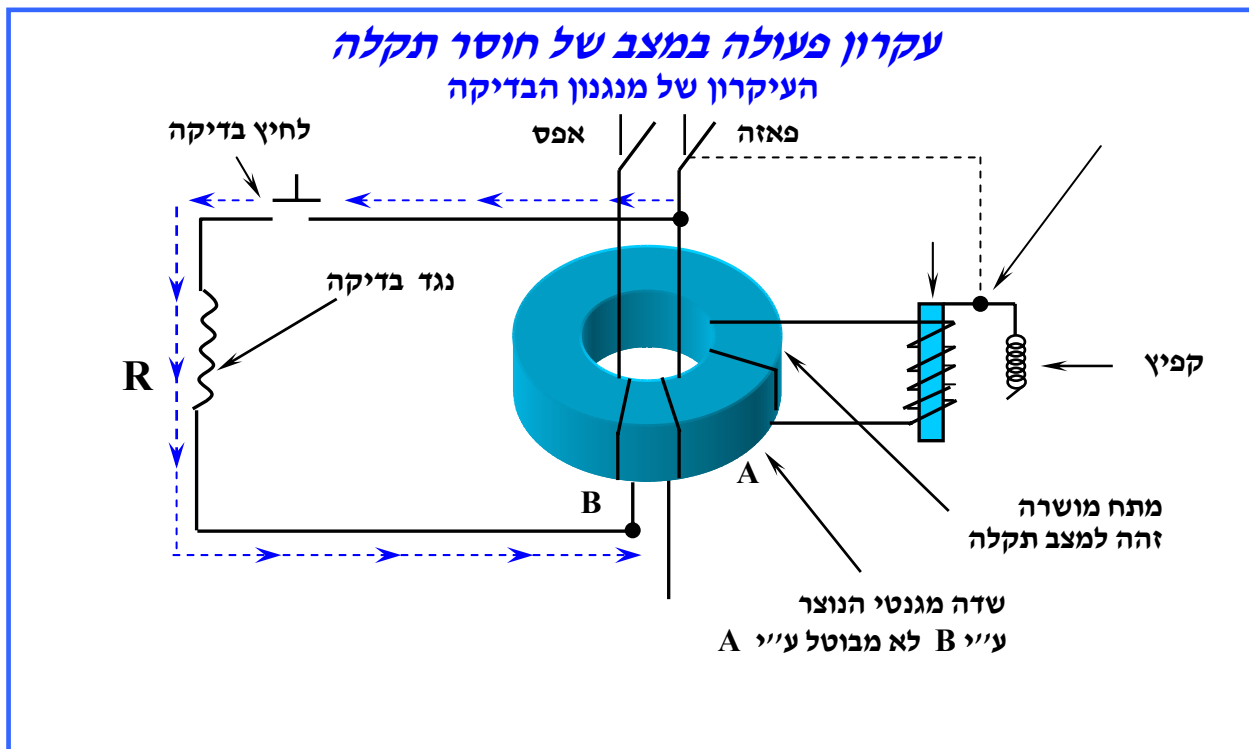
איור 28

למפסק הוספו אביזר אלקטרוני בין סליל ההשראה לבין האלקטרומגנט. תפקידו של האביזר לגרום לכך שבזמן תקלה, תמיד, בכל מקרה – בלי קשר באזור חלק של מחזור זרם החילופין היא מתרחשת – הזרם יגיע לאלקטרומגנט מכיוון אחד בלבד (הכיוון הגורם להחלשת השדה המגנטי הכללי), לצורך שחרור המנוף ולהפעלת המפסק. בדוגמה שבאיור נמצא מיישר זרם פשוט המאפשר את התוצאה הרצויה.

בדיקת תקינות המפסק

מפסק מגן לזרם דלף, כמו כל מכשיר אחר עלול להתקלקל או להיתקע ולא להגיב בשעת הצורך. לכן, יש לבצע בדיקות תקופתיות של פעולת המפסק (בדיוק כפי שחשוב לבדוק את הבלמים של המכונית). לצורך זה קיים במפסק "לחיץ בדיקה".

במפסק שבאיור 29 הותקן נגד R, בטור עם לחיץ הבדיקה, כך שבזמן לחיצה על הלחיץ נסגר מעגל הפאזה דרך לחיץ הבדיקה, נגד R והסליל B למכשיר. הזרם לא עובר דרך סליל A ולכן איננו מבטל את השדה המגנטי של הסליל. מצב זה מדמה מצב תקלה והמפסק מפסיק את המעגל החשמלי.



איור 29

מתי יש לבצע את הבדיקה וע"י מי?

בתקנות אין אזכור לגבי התכיפות בה יש לבצע את הבדיקה אך נאמר שבמיתקנים ביתיים יש לעשות זאת בהפרשי זמן סבירים. לגבי מקומות העבודה – הדרישה מחמירה והיא מחייבת לבדוק את פעולת המפסק פעם בחודש (לפחות). לאחריה יש לתעד ביומן ייעודי כי המכשיר אכן נבדק ונמצא תקין. את הבדיקה הזאת יכול לבצע כל אחד, גם מי שאיננו חשמלאי.

רמת ההגנה של המפסק

התיאוריה שעל פיה פותחה ההגנה מפני חישמול ממגע ישיר במופע (פאזה) מבוססת על מחקרים בנושא השפעת הזרם על גוף האדם. המסקנה המחקרים של פרופסור דלצ'יאל, המצוטטים בספרות המקצועית, היא שזרם חשמל בעוצמה נמוכה מ-30 מלי-אמפר איננו קטלני, בדרך כלל, לחיי אדם. ניתן למנוע את סכנת המוות גם בזרמים בעוצמות גבוהות יותר, אם מנתקים אותם במהירות, תוך פחות מכמה אלפיות השנייה מרגע הפגיעה. מפסק מגן לזרם דלף ברגישות של 30 מלי-אמפר מפסיק את הספקת הזרם תוך 30 אלפיות השנייה. כך שהוא אמור, בדרך כלל, לתת הגנה סבירה מפני חישמול קטלני.

למרות כל זאת, המחוקק, איננו מאפשר הגנה מפני חישמול רק באמצעות מפסק לזרם דלף ודורש אמצעי הגנה נוספים. לגבי ציוד עם מעטפת מתכתית נדרשת גם הארקה. כך שהארקה, גם כשהיא איננה מספיקה לצורך הפעלת המבטח, היא זו שתפעיל את מפסק המגן לזרם דלף ולא גופו של האדם שנפגע.

זכור: מפסק מגן לזרם דלף איננו מגן על אדם שהתחשמל ממגע בין 2 פאזות או ממגע בין פאזה לאפס. המפסק פועל רק כאשר זרימת החשמל היא לאדמה.

בחירת זרם ההפעלה של המפסק

ניתן להתקין מפסק מגן לזרם דלף ברגישות 30 מלי-אמפר בכל מיתקן שבו לא נדרשת רגישות קריטית להפסקות חשמל. במיתקנים גדולים, בהם קיימים מעגלי חשמל רבים, יכול להתרחש מצב שבו יתפתח בכל מעגל זרם דלף קטן ולא מסוכן, שאיננו מצריך הפסקה של פעולת המיתקן. אך אם זרם התקלה המצטבר שיזרום לאדמה יהיה גדול, וכאשר מפסק המגן משמש גם כמפסק ראשי, עלול זרם התקלה המצטבר להיות גדול מזרם ההפעלה של המפסק ואז תופסק הספקת הזרם ואמינות ההספקה תיפגע. לפיכך, מומלץ שלא להתקין במיתקנים מסוג זה רק מפסק אחד, כללי, אלא לחלק את המיתקן למספר חלקים בכל אחד מהם מפסק מגן נפרד.

ככלל, צריך שכל מיתקן חשמלי יוגן באמצעות מפסקי מגן. במקומות בהם הסכנה מוגברת, כגון במטבחים, בתי מלאכה, מוסכים, ובעיקר בכל מקום שבו משתמשים במכשירים מיטלטלים – רצוי להתקין מפסקים בעלי רגישות נמוכה יותר מ-30 מלי-אמפר (רגישות נמוכה יותר משמעותה שזרם ההפעלה של המפסק יהיה גבוה יותר).

במקרה מסוג זה יש לזכור שהמפסק איננו מיועד למניעת התחשמלות (זרם ההפעלה שלו גבוה יותר מסף הסיכון) אבל הוא מעניק הגנה נוספת, ובוודאי הגנה מפני זרמים העלולים לגרום לשריפה.

סימונים של המפסק

על חלקו העליון של המפסק מודפסים פרטי הביצועים שלו וכן צורת חיבורו להספקה: **זרם נומינלי** – הזרם הקבוע אותו מסוגלים מגעי המפסק להעביר במשך זמן ממושך בלי שייגרם נזק למפסק. כל מפסק צריך להתאים לעומס המרבי אשר מחובר אליו. זרם זה הוא, ברוב המקרים, גם גודל הזרם הנקוב של המבטח, להגנה מפני עומס יתר, המחובר לפני מפסק המגן.

זרם תקלה – (זרם ההפעלה/זרם פחת) הוא עוצמת זרם הדלף לאדמה שבה יופעל המפסק וינתק את הספקת הזרם למיתקן. בשוק אמנם קיימים מפסקים עם ערכי זרם פחת שונים (0.03; 0.3; 1; 5 אמפר וכד'), אך רק מפסק עם זרם הפעלה של 0.03 אמפר (30 מלי-אמפר) נותן הגנה סבירה ממגע ישיר במופע (פאזה) או בגוף מחושמל. שאר המפסקים מיועדים רק לצורך הגנה על ציוד מוארק, המקרים שהתנגדות גבוהה של לולאת התקלה במעגל, איננה מאפשרת לפתח זרם קצר מספיק גבוה להפעלת המבטח של המעגל.

מקום ההתקנה ואופן ההתקנה

מפסק לזרם דלף חייב, בדרך כלל, להיות מחובר למיתקן אחרי המבטח הראשי (נתיך או מפסק אוטומטי) של המיתקן. התקנות המחייבות לחברו בצורה זו בכל דירת מגורים. צורת ההתקנה הזאת מבטיחה את ההגנה של המפסק מפני עומס יתר, מפני קצר ומפני בעיות של כושר ניתוק. בשוק קיימים מפסקים משולבים, של מפסק מגן עם מפסק אוטומטי. המפסקים במשולבים מחוברים ישירות להספקת הזרם והם ממלאים 3 פונקציות: מפסק ראשי + מבטח ראשי + מפסק מגן לזרם דלף.

הזרם הנקוב של מפסק מגן לזרם דלף חייב להתאים לגודל המרבי של הזרם אשר עשוי לעבור דרכו. כלומר: המפסק חייב להיות מסוגל להעביר דרכו את כל העומס העובר במיתקן מבלי שייגרם נזק להדקי החיבור של המפסק ולמגעים שלו.

בזמן התקנת המפסק – ע"י חשמלאי – יש לחברו לפני תרשים החיבורים שסיפק היצרן. התרשים מופיע, בדרך כלל, על גבי המכשיר, לפי סימוני ההדקים שעל המפסק. יש להקפיד במיוחד על חיבור מוליך האפס להדק הנכון במפסק. הנושא הזה הוא קריטי במיוחד במפסק תלת-פאזי.

אין שום איסור להתקין מפסק תלת-פאזי במיתקן חד-פאזי, יש להקפיד על חיבור פאזת הכניסה והיציאה להדקים שאליהם מחובר לחיץ הבדיקה של המפסק (מופיע בתרשים). אחרת לא יהיה ניתן לבדוק את תקינות המכשיר ע"י לחיץ הבדיקה.

דרישות מחייבות להתקנה ולתחזוקה של מפסק מגן לזרם דלף

החובה להתקין מפסק מגן לזרם דלף במיתקן החשמל לא הייתה קיימת עד לפני שנים אחדות. בשנים האחרונות פורסמו מספר תקנות המחייבות התקנה כזאת. מדובר במפסק לזרם דלף גם כאשר קיימת הארקה תקינה או איפוס תקין ולא במפסק לזרם דלף כהגנה בלעדית.

עד למועד פרסומה של חוברת זו פורסמו התקנות הבאות:

דירות מגורים –

בתקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט), התשנ"א-1991, תקנה 29 (ד) נאמר: "לוח במיתקן דירתי יצויד המפסק מגן, אחד או יותר, כך שכל מעגל סופי במיתקן יוגן בפני זרם דלף העולה על 0.030 אמפר; מפסק המגן האמור יותקן בין המפסק הראשי (מפסק אוטומטי ראשי) לבין מבטחי המעגלים הסופיים, אך יכול שהוא יהיה יחידה משולבת עם המפסק הראשי".

לוח החשמל במיתקן של דירה מגורים הוא, בדרך כלל, מסוג "בידוד כפול", כך שאין חובה להתקין מפסק מגן לזרם דלף ראשי, אחד, שיגן גם על הלוח ואפשר לחלק את המיתקן לחלקים, כאשר כל מעגל סופי יוגן, בכל מקרה, ע"י אחד המפסקים הללו.

יש לבדוק באופן תקופתי, בפרקי זמן סבירים, את תקינותו של כל מפסק מגן לזרם דלף המותקן במיתקן חשמלי כלשהו. הבדיקה תיעשה ע"י לחיצה על לחיץ הבדיקה. אם נמצא שהמפסק לא פועל – ינותק המיתקן שאותו הוא מזין, עד לתיקונו של המפסק או עד להחלפתו. כאשר הלוח הראשי עשוי מתכת הוא חייב בהארקה, וחובה להתקין בו מפסק זרם דלף ראשי.

בתי מלאכה, מפעלים ואתרי בנייה –

לגבי בתי מלאכה ומפעלים, שעליהם חלה פקודת הבטיחות בעבודה (נוסח חדש) התש"ל-1970, קיימות תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן-1990 אשר מחמירות את דרושות הבטיחות במקומות העבודה. בתקנה 6 נאמר:

" מכשיר חשמלי מיטלטל המוחזק ביד "

(א) מכשיר חשמלי מיטלטל המוחזק ביד בעת השימוש בו, יהיה מסוג II (בידוד

כפול) או מסוג III (מתח נמוך מאוד).

(ב) על אף האמור בתקנת משנה (א), מותר להשתמש במכשיר חשמלי מיטלטל ידני

כבד מסוג I (מכשיר עם הארקה), המוחזק ביד (כגון מקדחה שקוטר המקדח

שלה מעל 16 מ"מ) ובלבד שיוזן דרך מפסק מגן לזרם דלף ברגישות של 0.03

אמפר לכל היותר, או דרך שנאי מבדל".

המסקנה המעשית של תקנה זו היא שבמקומות העבודה מותר להשתמש אך ורק בכלים חשמליים מיטלטלים המוחזקים ביד המוגנים מפני התחשמלות באחת מהשיטות הבאות:

- בידוד כפול;
- מתח נמוך מאוד;
- מפסק מגן לזרם דלף ברגישות של 30 מלי-אמפר לכל היותר;
- שנאי מבדל (למכשיר אחד בלבד!).

מפסק לזרם דלף שהותקן במקום עבודה לפי תקנה זו, חייב בבדיקת תקינות חודשית (לפחות פעם בחודש), באמצעות לחיצה על לחיץ הביקורת שלו. יש לבצע את הבדיקה כאשר המכשיר מחובר למתח החשמל, רצוי שהבדיקה תבוצע כאשר העומס מנותק (אחרי הפסקת פעולת מכשור המחובר אליו) – בעיקר לגבי מכשירים רגישים, כמו מחשבים או מכונות שהתנעה בלתי מבוקרת שלהם עלולה לגרום לנזק או לתאונה.

את הבדיקה יכול לבצע גם מי שאיננו חשמלאי. לאחר כל בדיקה יש לרשום את התאריך בו נערכה ואישור על תקינותו של המפסק. אם נמצא שמפסק המגן לזרם דלף איננו תקין יש להזמין מיד חשמלאי, שיפסיק את השימוש במיתקנים החשמליים המחברים למפסק הזה ויחליף אותו.

על פי הדרישות של תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), חייבים כל בתי התקע (השקעים) וכל לוח המזין בתי תקע אשר משמשים לחיבור מכשירים מיטלטלים המוחזקים ביד בשעת העבודה, להיות מוגנים מפני חיטום ע"י מפסק לזרם דלף. אם משתמשים בכבל מאריך להזנת המכשירים המטלטלים – חייב גם הכבל להיות מוגן באמצעות מפסק לזרם דלף ברגישות של 30 מלי-אמפר. כלומר: אם בית התקע אשר אליו מחובר הכבל המאריך איננו מוגן באמצעות מפסק לזרם דלף – חייב להיות מותקן מפסק לזרם דלף בתחילת הכבל המאריך, (ליד התקע) ולא בסופו (ליד השקע) כפי שנוהגים רבים. כך יהיה גם הכבל המאריך מוגן באמצעות מפסק המגן.

אתרי בנייה –

- **בתי תקע חד-פאזיים** חייבים להיות מוגנים ע"י מפסק לזרם דלף ברגישות של 30 מלי-אמפר לפחות.
- **בתי תקע תלת-פאזיים** חייבים להיות מוגנים ע"י מפסק לזרם דלף ברגישות של 500 מלי-אמפר לפחות.