

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 הנייל (במקרה זה דנו כבר בפרק על שיטות ההגנה מפני חישמול).
- להקטין סכנה שריפה כתוצאה מתקלה בבידוד וממערב 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

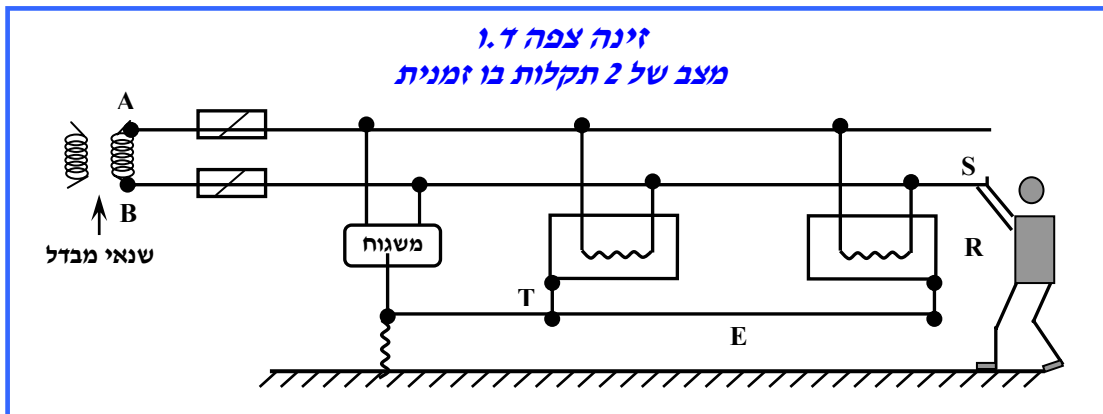
מפסק מגן לזרם דלף מורכב מ-3 יחידות:

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 17 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 (האלקטרומוגנט), והספקת החשמל לא מופסקת.



איור 16

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.

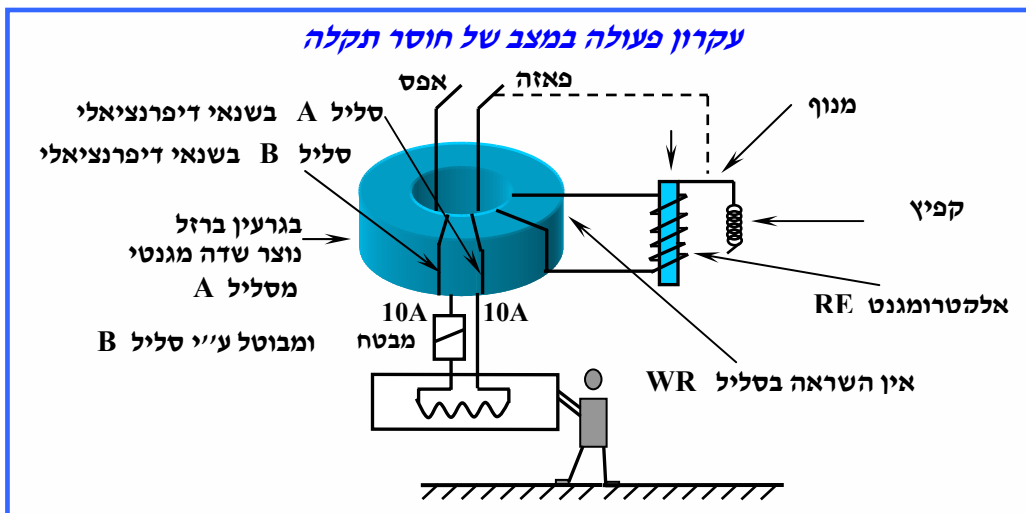
במצב זה, הזרם שיחזור ושיזרום דרך סליל B יהיה קטן מהזרם שזרם דרך סליל A (במקרה זה ב-0.03 אמפר). התוצאה תהיה שהשדה המגנטי של סליל B לא יבטל כליל את השדה המגנטי של סליל A. בגרעין הברזל יישאר שדה מגנטי קטן שגודלו זהה להפרש בין 2 השדות. השדה המגנטי הזה ישרה מתח בסליל WR. המתח יועבר לסליל של האלקטרומוגנט,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

המנגנון שהוצג באיור 17 ו-18 סביר את עקרון הפעולה ואיננו מדויק. הוא מתאר מפסקים לא רגישים הפועלים בזרמי דלף גדולים. ככל שנוזקו 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 (האלקטרומוגנט). 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 אלקטרומוגנט (ולא ע"י משיכת המנוף) כך שאת העבודה מבצע קפיץ דרוך המותקן בצדו השני של המנוף.

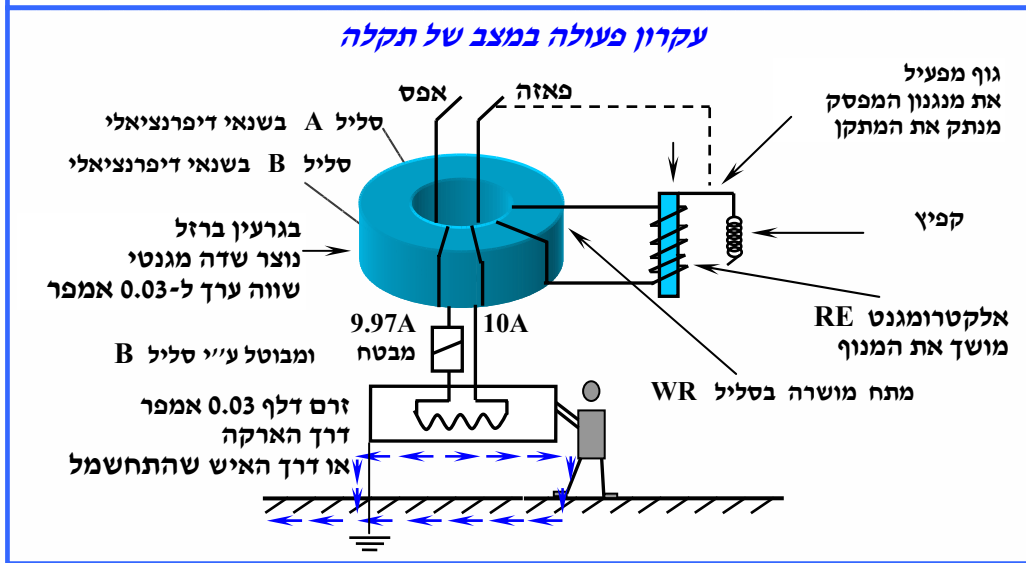
כיצד פועל המנגנון?

אלקטרומוגנט 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 19), 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 לאלקטרומוגנט זרם בכיוון מסוים. כיוון הזרם גורם לקוטביות המגנטית של הסליל להיות זהה לקוטביות של המגנט הקבוע. כתוצאה מכך



איור 17

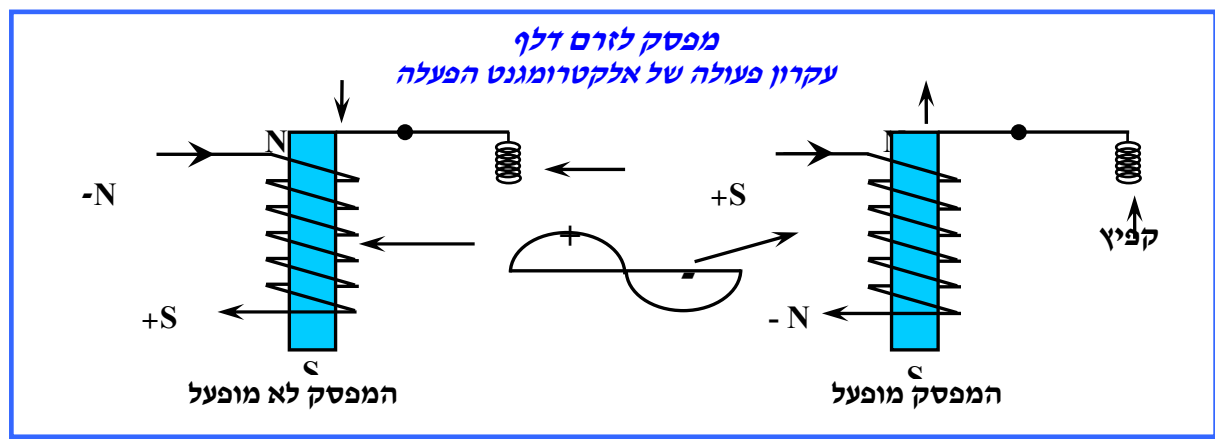


איור 18

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 מהספק 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.

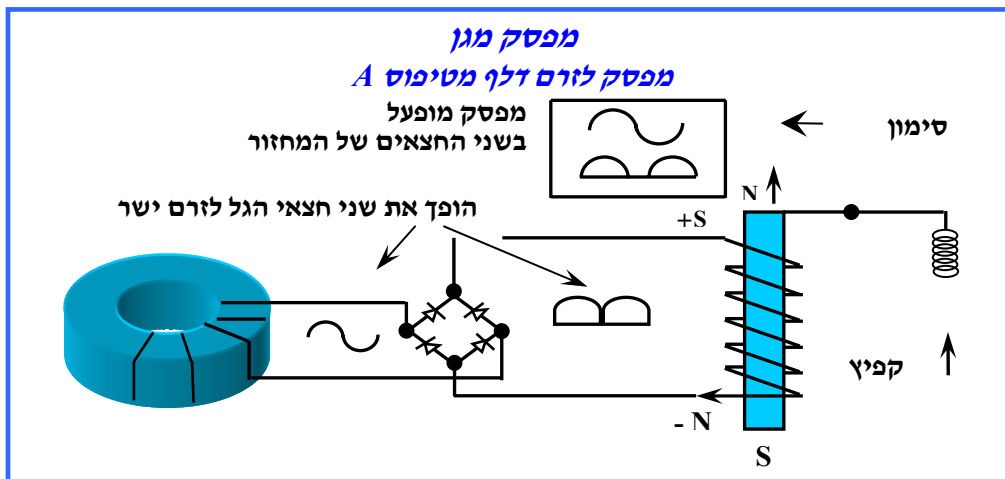
השיטה פעלה זמן רב לשביעות רצון כולם. אך, בשנים האחרונות מתרחב השימוש ב"חצאי מוליכים" ("מוליכים למחצה"), המשמשים לפיקוח ולבקרה על פעולתם של מכשירי החשמל השונים. כאשר מיתקן מזין מכשירים וציוד הכוללים "מוליכים למחצה" (המיועדים לוויסות פעולת המכשירים), אשר מחוברים ישירות למקור הספק המתח ולא דרך שנאי, עלול 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 תפתח 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.



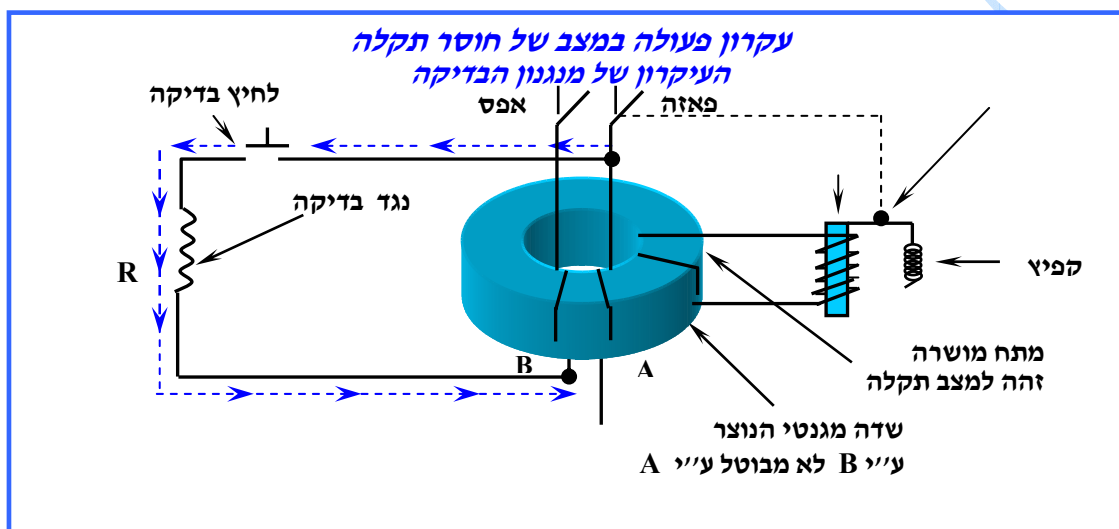
איור 19

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 20

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



איור 21

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.

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 בהפריש 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 חישובול ממגע ישיר במופע (פאזה) מבוססת על מחקרים בנושא השפעת הזרם על גוף האדם. המסקנה המחקרים של פרופסור דלצ'אל, 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 חישובול קטלני.

למרות כל זאת, המחוקק, איננו מאפשר הגנה מפני חישובול 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 זרם 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 ממועג 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 במתקן 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 דרישות 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 המחוברים 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 חימום 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.