

הגנה בפני חשמול באמצעות מפסק מגן במתקני חשמל ביתיים

בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חשמול במתח עד 1000 וולט), מוגדר מפסק מגן (מפסק פחת) באופן הבא: "מפסק המיועד לנתק אוטומטית מתקן המוגן על ידו ממקור הזינה, במקרה של הופעת זרם דלף במתקן". בתקנת משנה 2 (א) בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חשמול במתח עד 1000 וולט) נקבע שכל מתקן חשמל צריך להיות מוגן בפני חשמול תוך שימוש באחד מאמצעי ההגנה בפני חשמול המותרים ליישום במתקני החשמל בארץ: איפוס, הארקה הגנה, זינה צפה, הפרד מגן, מתח נמוך מאד, מפסק מגן, בידוד מגן. יישום כל אחד מאמצעי ההגנה הללו בפני חשמול צריך להתבצע בהתאם לנדרש בתקנות החשמל.

מפסק מגן כאמצעי הגנה בפני חשמול

שימוש במפסק מגן כאמצעי הגנה בפני חשמול במתקני חשמל בדירות מגורים יכול לשמש לשתי מטרות:

- כאמצעי הגנה בלעדי בפני חשמול
- כאמצעי הגנה נוסף בפני חשמול

מפסק המגן במקרה זה, מיועד להגן בפני חשמול על המשתמשים במתקן. כדאי להזכיר ששימוש במפסק מגן מחייב הקפדה על הנדרש בתקנה 72 בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חשמול במתח עד 1000 וולט), העוסקת ב"בדיקה תקופתית של מפסק מגן", בה נקבע:

"(א) כושר פעולתו של מפסק מגן ייבדק מזמן לזמן בפרקי זמן סבירים; על אף האמור בתקנה 2 מותר שבדיקה כאמור תבוצע בידי אדם שאינו חשמלאי.

(ב) נמצא מפסק מגן המשמש כהגנה בלעדית במצב בלתי תקין, יותק המתקן שעליו הוא מגן מהזינה עד לתיקונו או החלפתו".

תקניות מפסקי מגן

קביעת התקניות של הדגמים השונים של מפסקי מגן (ממסרי פחת) היא בסמכות ובאחריות מכון התקנים. מפסקי מגן המותרים להתקנה בלוחות חשמל בדירות מגורים חייבים לעמוד באחד משני התקנים הישראליים הרשמיים בנושא:

- ת"י 832 חלק 1: "מפסק מגן הפועל בזרם דלף ללא שילוב הגנה מפני זרם יתר והמיועד לשימוש ביתי ולשימושים דומים: דרישות כלליות". תקן זה מבוסס על תקן IEC1008-1 של הנציבות הבינלאומית לאלקטרוטכניקה.
- ת"י 1038 חלק 1: "מפסק מגן משולב הפועל בזרם דלף ובזרם יתר לשימוש ביתי ולשימושים דומים: דרישות כלליות". תקן זה מבוסס על תקן IEC1009-1 של הנציבות הבינלאומית לאלקטרוטכניקה.

בתקנים של IEC מוגדרים 3 דגמים של מפסקי מגן: **דגם AC** - מפסק מגן מדגם זה רגיש רק לזרמי תקלה סינוסואידליים. עד שנת 1981 היה רק דגם אחד של מפסקי מגן, דגם שהיה דומה באופן תפקודי לדגם AC המוכר כיום (מפסקי המגן הישנים שהותקנו במתקני חשמל דירותיים בארץ היו מדגם זה).

דגם A - מפסק מגן מדגם זה רגיש לזרמי תקלה סינוסואידליים וכן לזרמי תקלה בהם יש מרכיבים של זרם ישר וגלים עליונים (הרמוניות).



היישום של מפסק המגן לכל אחת מהמטרות הללו צריך להתבצע כמפורט בתקנות החשמל, להלן הדגשים לגבי היישומים הללו:

אמצעי הגנה בלעדי בפני חשמול - בהתאם לתקנה 68 בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חשמול במתח עד 1000 וולט), יכול מפסק המגן לשמש כאמצעי הגנה בלעדי בפני חשמול.

יישום כזה מותר במקרים הבאים בלבד:

- (1) באתר בניה, בקרון מגורים, במבנה ארעי או במתקן ארעי אחר.
- (2) במבנה שבו השתמשו בהגנה על-ידי הארקה הגנה (TT) ומסיבה כלשהי ההגנה כאמור אינה ממלאה אחר

דרישות תקנות אלה ולא ניתן להשתמש במתקן כאמור בהגנה על-ידי איפוס (TN-S, TN-C-S).

- (3) במבנה שבו קיימת הארקה יסוד כאשר לא ניתן לבצע בו איפוס (TN-C-S) ועכבת לולאת התקלה או ההתנגדות למסה הכללית של אדמה אינן מאפשרות הגנה על-ידי הארקה הגנה (TT).

אמצעי הגנה נוסף בפני חשמול - בתיקון לתקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט) שהתפרסם בק"ת 5619 ביום 23.8.94, אשר תחילתו נקבעה לשנה ממועד הפרסום, כלומר החל מיום 23.8.95, נקבע כי במתקני חשמל דירותיים (מתקני חשמל בדירות מגורים - כפי שהוגדר על-ידי ועדת הפירושים לחוק החשמל), יש להתקין מפסק מגן המיועד לשמש כאמצעי הגנה נוסף בפני חשמול.

בתקנת משנה 29 (ד) לתקנות האמורות, נקבע: "לוח במתקן דירותי יצויד במפסק מגן, אחד או יותר, כך שכל מעגל סופי במתקן יוגן בפני זרם דלף העולה על 0.030 אמפר; מפסק המגן האמור יותקן בין המפסק הראשי לבין מבטחי המעגלים הסופיים, אך יכול שהוא יהיה יחידה משולבת עם המפסק הראשי".

באזור 3 בין עקומות B ו- C - בדרך כלל לא יופיעו תגובות מזיקות, אולם יש לצפות להתכווצויות שרירים, קשיי נשימה ותגובות התחלתיות של פרפורי לב.

באזור 4 מימין לעקומה C - בדרך כלל יופיעו פרפורי לב - קיימת סכנת מוות.

העקומות C1, C2 ו-C3 תוחמות את תחומי ההסתברות לפרפורי לב:
* משמאל לעקומה C1 - אין לצפות לפרפורי לב.
* עקומה C2 - הסבירות לפרפורי לב היא 5%.
* עקומה C3 - הסבירות לפרפורי לב היא 50%.
* מימין לעקומה C3 - הסבירות לפרפורי לב גבוהה, מעל 50% קיימת סכנת מוות.

זמני התגובה של מפסק מגן

במתקן חשמל דירתי בו מותקן מפסק מגן תקין ותקני, משך הזמן בו אדם נחשף לזרם חשמלי במצב של התחשמלות, תלוי במהירות התגובה של מפסק המגן.

להלן טבלה מתוך תקן ת"י 832 חלק 1 המגדירה את זמני התגובה של מפסקי מגן. ההתייחסות היא למפסקים מדגם A (רגיל) ומדגם S.

סוג מפסק המגן	$I_n(A)$	$I_{\Delta n}(A)$	זמן ניתוק מרבי וזמן אי הפעלה מזערי (שניות) עבור זרמי הזליגה הבאים:			
			$I_{\Delta n}$	$5I_{\Delta n}$	$500A$	זמן ניתוק מרבי
רגיל	כלשהו	כלשהו	0.3	0.15	0.04	זמן ניתוק מרבי
S	≥ 25	> 0.03	0.5	0.2	0.15	זמן ניתוק מרבי
			0.13	0.06	0.04	זמן אי הפעלה מזערי

כאשר:

$I_n(A)$ - זרם נומינלי של מפסק המגן.
 $I_{\Delta n}(A)$ - זרם דלף נומינלי של מפסק המגן.

מהטבלה ניתן לראות שמפסק מגן מדגם A הפועל בזרם דלף העולה על 0.03 אמפר (30 מיליאמפר), המותקן בלוח חשמל של מתקן חשמל דירתי, כנדרש בתקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט), אמור לנתק את הזרם, במקרה של זרם זליגה של 0.03 אמפר הזורם דרך גוף האדם תוך פחות מ-0.3 שניות, בעוד שבזרם זליגה של 0.06 אמפר אמור לנתק את הזרם תוך פחות מ-0.15 שניות.

בהתאם לעקומות המתוארות באיור 1 ניתן לראות שזמני הניתוק של מפסק מגן הפועל בזרם דלף העולה על 0.03 אמפר, מבטיחים ניתוק במקרה של זרם זליגה הזורם דרך גוף האדם תוך פרק זמן כזה אשר מבחינה הסתברותית אינו מסכן באופן בלתי הפיך אדם, הנוהג שימוש הגיוני בחשמל.

להלן פסיקה של ועדת הפירושים לחוק החשמל, התומכת בגישה זו: הדרישה לכך שכל מעגל סופי במתקן חשמל דירתי יוגן באמצעות מפסק מגן ברגישות של 0.03 אמפר לפחות, נועדה להגן על בני אדם - המשתמשים בו (מפסק מגן ברגישות של 0.03 אמפר משפר את ההגנה בפני חשמול של מתקן החשמל ומבטיח שבמקרה של חשמול, ניתוק ההזנה יתרחש מספיק מהר ובזרם דלף מספיק נמוך, שיבטיחו נזק מינימלי למשתמשים) ולכן אין לבטל דרישה זו או לעקוף אותה.

להרחבת ההתייחסות לנושא, מובא להלן תרשים של אחת החברות המסחריות, המייצרת מפסקי מגן, בו ניתן לראות את העקומות המופיעות בתקן IEC 479- על העקומות מתוארים אופייני הפעולה של מפסקי מגן שונים: (ראה איור 2)

דגם S - מפסק מגן בעל תגובה מושהית המאפשרת לבצע ניתוק סלקטיבי ביחס לממסר פחת רגיל (מדגם A) המותקן אחריו במורד הזרם.

במסגרת הרוויזיה שנערכה לתקנים ת"י 832 חלק 1 ו-ת"י 1038 חלק 1, והתפרסמה ברשומות בתאריך 10.7.2001, נקבע שבמתקני חשמל ביתיים במדינת ישראל, אסור להשתמש במפסקי מגן מדגם AC.

הגנה בפני חשמול באמצעות מפסק מגן

כאשר אדם נוגע בו-זמנית בשתי נקודות בעלות פוטנציאלים שונים או כאשר פוטנציאל הנקודה בה הוא נוגע שונה מפוטנציאל הנקודה שעליה הוא עומד, עלול לזרום זרם דרך גופו. הנזק שייגרם לאדם כתוצאה מכך, תלוי במספר גורמים, שהעיקריים שבהם:

- עוצמת הזרם
- צורת גל הזרם
- משך הזמן בו הזרם זורם דרך גוף האדם
- מסלול הזרם דרך גוף האדם.

קיימות שתי גישות עיקריות להגדרת הזרם המירבי המותר דרך גוף האדם, מבלי שייגרם לאדם נזק בלתי הפיך, הגישות הללו מפורטות בשני התקנים הבאים:

- תקן IEEE - 80
- תקן IEC 479- (בארץ נוטים לאמץ גישה זו).

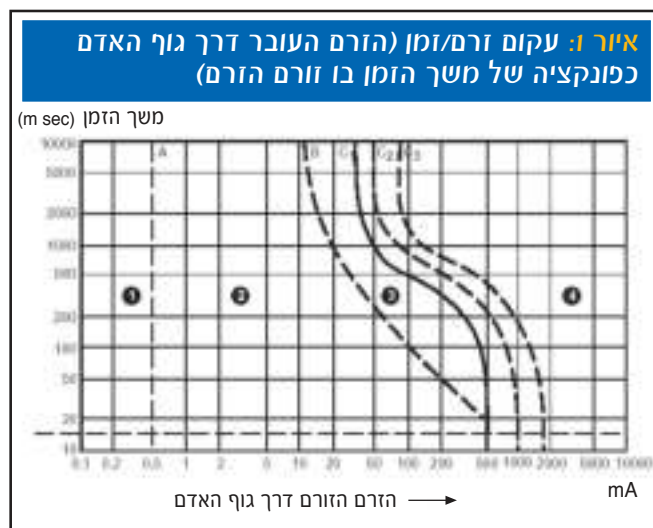
תקן IEEE 80- לפי תקן זה הזרם המירבי המותר (באמפר) לבן אדם מבוגר בעל משקל של 70 ק"ג, מחושב לפי הנוסחה הבאה:

$$I = \frac{0.157}{\sqrt{t}}$$

כאשר:

t - זמן הופעת הזרם בשניות.

כל זרם קטן מהערך המתקבל לפי הנוסחה הנ"ל נחשב כזרם בטיחותי, וכל זרם גדול יותר נחשב כמסוכן.



תקן IEC 479- הגישה בתקן זה היא גישה הסתברותית. בתקן זה מובאות עקומות המתארות את התלות בין הזרם המירבי המותר שיזרום דרך גוף האדם (במקרה של התחשמלות), לבין משך הזמן בו הזרם זורם דרך הגוף בהתייחס להסתברות לנזק גופני. (ראה איור 1)

באזור 1 משמאל לעקומה A - אין לצפות לתגובות שליליות כלשהן. באזור 2 בין עקומות A ו-B - אין לצפות לתגובות פיזיולוגיות.

מזערי, בעוד שמפסק מגן הפועל בזרם דלף העולה על 10 מיליאמפר, עלול לנתק "מהר מידי" (רגישותו הגבוהה עלולה לגרום לכך שהוא יפעל גם בזרמי זליגה נמוכים ולכן יפגע משמעותית באמינות מתקן החשמל), לעומת זאת מפסק מגן הפועל בזרם דלף העולה על 100 מיליאמפר יפעל, אולם "מאוחר מידי", ולכן עלול להיגרם לאדם נזק בלתי הפיך.

מפסקי מגן בעלי רגישות נמוכה, כאלה הפועלים בזרם דלף העולה על 100 מיליאמפר, יכולים לשמש בין השאר להגנת מתקני החשמל בפני שריפות העלולות להתרחש כתוצאה מזרמי זליגה.

מפסק מגן המחוּסן בפני ניתוקים כתוצאה מזליגה רגעית בלתי מסוכנת

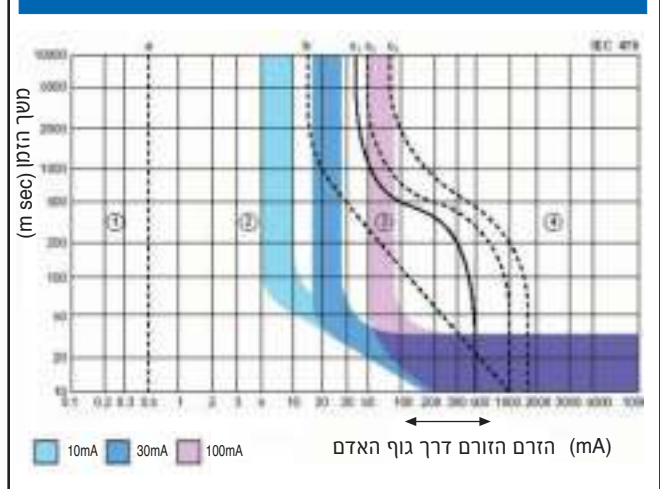
ב"שוק" קיימים מפסקי מגן בעלי תכונות של מפסק מגן מסוג A, המחוּסנים בפני ניתוקים לא רצויים, העלולים להתרחש כתוצאה מזליגה רגעית בלתי מסוכנת.

מפסקי המגן הללו אינם מושפעים מתופעות מעבר, המאופיינות בתדרים גבוהים, העלולים להתרחש כתוצאה ממיתוגים, ברקים, וכו'. ב"שוק" קיימים מפסקי מגן כאלה המיוצרים על ידי חברות שונות.

מפסקי מגן במתקני חשמל דירתיים קיימים

במתקני חשמל דירתיים חדשים אסור להתקין מפסקי מגן מדגם AC, בהתייחס למתקני חשמל קיימים, מפסקי מגן מהדגם הישן AC מספקים הגנה מספיק טובה ברוב המתקנים הדירתיים (מתקני חשמל בדירות מגורים). יחד עם זאת, במקרים מיוחדים, במתקנים בהם אכן קיים ציוד חשמלי רב הממוחזר באמצעים אלקטרוניים כגון: מחשבים אישיים, מערכות אל פסק סטטיות (UPS), עממים (דימרים) לתאורה, משנים אלקטרוניים וכו', כדאי להתייעץ עם מומחים בנושא, בכל מקרה לגופו בכדי להחליט האם כדאי להחליף את מפסקי המגן מדגם AC, במפסקי מגן מדגם A.

איור 2: אופייני הפעולה של מפסקי מגן (על רקע עקומות זרם/זמן בהתאם לתקן IEC 479)



- מפסק מגן הפועל בזרם דלף העולה על 10 מיליאמפר
- מפסק מגן הפועל בזרם דלף העולה על 30 מיליאמפר.
- מפסק מגן הפועל בזרם דלף העולה על 100 מיליאמפר.

בתרשים זה ניתן לראות שמפסק מגן הפועל בזרם דלף העולה על 30 מיליאמפר, ינתק את הזינה במקרה של זרם דלף הזורם במקרה של תקלה, דרך גוף האדם, תוך פרק זמן בו הנזק לאדם הוא בדרך כלל

מיומנו של חשמלאי

סיפור על מפסק מגן

יום אחד נקראתי אל בית פרטי. תלונת בעל הבית נשמעה שגרתית: "מדי פעם ללא כל סיבה מפסק מגן פועל ומנתק את אספקת החשמל".

כאשר הגעתי לבית כאמור המערכת פעלה ולכן לא יכולתי לאתר את התקלה.

בעיה מסוג זה הינה קשה לפתרון מהסיבות הבאות:

- הבעיה הופיעה באופן אקראי ובעל הבית לא יכול היה להצביע על שום מכשיר בבית שהפעלתו גורמת להפעלת מפסק המגן.
- התקלה הייתה נעלמת והמערכת חזרה לפעול אחרי זמן מה.
- מפסק המגן נבדק על ידי בעזרת מכשיר לבדיקת מפסקי מגן ונמצא תקין.
- הבית כלל חדרים רבים ומערכת חשמל סבוכה בעלת מעגלים רבים.

ולכן בכדי למצוא פתרון בקשתי איפוא מבעל הבית את עזרתו, וכאשר התקלה תופיע לפעול כלהלן:

- להפסיק את כל המעגלים
- להפעיל את מפסק המגן
- להפעיל כל מעגל בנפרד עד אשר מפסק המגן יפעל. וזאת במטרה לזהות את המעגל הבעייתי.

ואכן הוא עשה כבקשתי וכאשר ארעה תקלה נוספת הוא פעל על פי ההוראות ואכן נמצא כי המעגל המזין את המטבח הוא הגורם להפלת מפסק המגן.

כאשר הגעתי בשנית אכן ידעתי כי התקלה היא במעגל המטבח אולם

כמו בעבר התקלה נעלמה ומערכת החשמל הייתה תקינה.

בדקתי שוב את כל מכשירי המטבח עם מכשיר לבדיקת הבדדה וכולם נמצאו תקינים.

כעת היה לי ברור כי התקלה הנה במתקן ולא בציוד. לכן שוב פניתי לבעל הבית וביקשתי לחשוב שנית, האם נפילת מפסק המגן מתרחשת לאחר פעילות מסוימת.

לאחר שבעל הבית אימץ את מחשבתי הוא נזכר כי הנפילות מתרחשות לפעמים אחרי שהוא משקה את הגינה.

עם המידע הזה יצאתי אך מחוץ לבית ואז מצאתי כי על הקיר החיצוני של המבנה ליד המטבח מותקן שקע מתכת מוגן מים המיועד להפעלת מכסחת הדשא.

כאשר פתחתי את השקע מצאתי בו רטיבות אשר חדרה אליו בזמן השקיית הדשא וזאת כתוצאה מהתקנה לא טובה.

הסבר:

כאשר היו משקים את הגינה התמלא השקע לזמן קצר במים דבר שגרם לזרם דלף בין מהדק המופע לגוף המתכתי של השקע ולהפעלת מפסק המגן.

לאחר מכן כאשר המים התרוקנו ה"מעגל" נותק והמערכת חזרה לפעול כרגיל.

סיכום:

החלפת השקע והתקנת שקע חדש מותאם למקום התקנתו ובצורה נכונה החזירו את מתקן החשמל לעבודה תקינה.

נחמן הלמן, מהנדס חשמל, אינטל ירושלים