

איתור פְּשֵׁל השמלי ימנע שרפה

דלקות, הנגרמות כתוצאה מכשלים השמליים, גורמות לכ-4,000 מקרי מוות באירופה מדי שנה, לכ-70,000 אשפוזים בבתי חולים ולפגיעה ברכוש בהיקף של כ-126 מיליארד אירו. מקור ההצתה לא תמיד נראה לעין אלא לאחר שהאירוע התפתח לממדים ברורים. התקני AFDD+ נועדו לצמצם את ההשפעות של תקלות קשת חשמלית, על ידי ניתוק המעגל ומניעת שרפה

מאת מוטי שיך

מהנדס חשמל
חברת Eaton ישראל

הסיבות לשרפות כתוצאה מסיכוני השמל

- כאשר חוקרים אירוע כשל ושרפה כתוצאה מסיכון חשמלי, קיימות כמה סיבות מרכזיות:
- נורות והתקני חימום פגומים או שנמצאים בשימוש לא בהתאם לייעודם (מפזרי חום עם מאווררים תקועים או תנורים המכוסים בבגדים)
 - מכשירים חשמליים אחרים פגומים, כגון מקלטי טלוויזיה, מזגני אוויר, מצנמים וכד'
 - חימום מוגזם של קווי חשמל עקב התקני הגנה לא נכונים ומגעים פגומים (מגעים רופפים)
 - חיבור צרכני חשמל בעלי גופי חימום / מנועים על קווי אספקת אנרגיה שאינם מתאימים (חיבור לשקע רגיל ולא לשקע כוח)
 - קשת חשמלית הנגרמת על ידי קצר עם או בלי זליגה לאדמה
 - נזק מכני לקווים (קידוח, מכרסמים)
 - בלאי של קווים וציוד
 - השפעות סביבה (טמפרטורה, קרינת UV בסביבת הים, ברקים)
 - שקעים עמוסים בצרכנים וכתוצאה משימוש ברבי שקע ומפצלים

זיהוי מקורות הצתה במערכות מתח נמוך

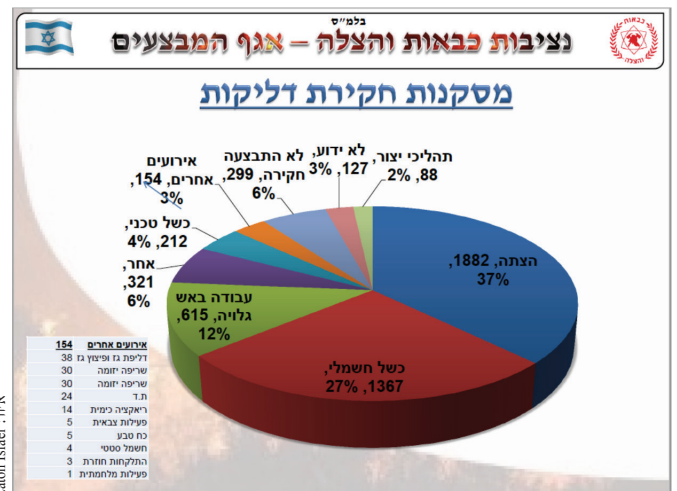
נוסף על שדרוג של אמצעי הגנה על חיי אדם, יש לפתח פתרונות לסכנות שמקורן בסיבות כגון קשת חשמלית, המכונה לעתים קרובות גם "ברק זעיר".

זרם זליגה במערכות מתח נמוך, מעגלי חלוקה ומעגלים סופיים

זרם זליגה זורם דרך אזור פגום עקב בידוד לקוי. הוא עשוי להיות סכנה לאדם, וגם מקור הצתה. זרמים אלו מזוהים כיום על ידי ציוד כמו ממסרי פחת וממסרי זליגה, אשר מנתקים את המעגל כשיש חריגה מערך מסוים (למעט מערכת זיהוי אופטי של קשתות, המוזכרות בסעיף הבא).

מהסכרות ומהניסיון אפשר ללמוד כי סיכון לדלקה במתקן מתח נמוך גדל אם מתקיימים שלושה גורמים בו-זמנית: מקור הצתה, חומר דליק וחמצן

על פי דוח נציבות כבאות והצלה לשנת 2016, 25% מהשרפות באירופה נגרמות בעקבות כשלים חשמליים. בישראל, שיעור השרפות בעקבות כשלים חשמליים הוא 27%. למרות ההתקדמות העצומה בדרישות הבטיחות, עדיין מדובר בנושא שאינו מטופל מספיק, המודעות אליו נמוכה, ובסופו של דבר, הוא גורם לנזקי גוף ורכוש רבים. כך, למשל, באירופה, דלקות כתוצאה מכשלים חשמליים גורמות לכ-4,000 מקרי מוות מדי שנה, לכ-70,000 אשפוזים בבתי חולים ולפגיעה ברכוש בהיקף של כ-126 מיליארד אירו.



איור 1 - מסקנות חקירת דלקות, נציבות כבאות והצלה, 2016

סיבות לשרפות הנגרמות מכשל חשמלי

מהספרות ומהניסיון אפשר ללמוד כי סיכון לדלקה במתקן מתח נמוך גדל אם מתקיימים שלושה גורמים בו-זמנית: מקור הצתה, חומר דליק וחמצן. מקור הצתה באירועי חשמל "מוסתר" מעינינו ולא תמיד נוכל לראות אותו, אלא לאחר שהאירוע יחל ויתפתח לממדים נראים לעין באופן ברור, כמו מקורות חום, מנורות, מגעים רופפים, אינסטלציה לא מתוחזקת היטב וכבלים בעומס. בפועל, מטרת התקני ההגנה היא לזהות ולבודד גורמים אלו לפני שהאנרגיה הפועלת בשטח תהפוך להיות גבוהה מספיק כדי להצית את החומר (באוויר יש 21% חמצן, לכן החמצן קיים בכל מקום החשוף לאוויר).

הגנה מפני תקלת קשת חשמלית במערכות מתח נמוך

התרחשות תקלת קשת חשמלית

הסיבות להתרחשות קשת חשמלית בציוד מתח נמוך:

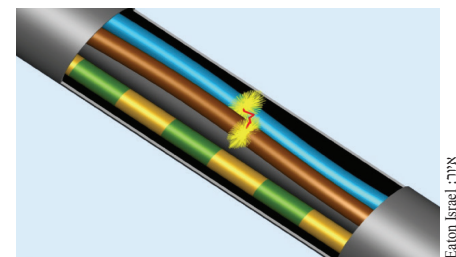
- התעבות (לחות)
- עצם זר על פסי צבירה או ציוד
- פגיעת ברק
- בלאי של בידוד עקב עומס תרמי ממושך
- מגעים או חיבורים רופפים
- עבודה תחת מתח חי

הגנה מפני תקלת קשת חשמלית

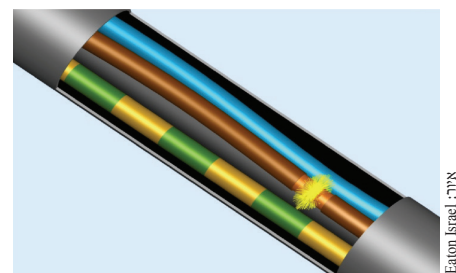
השיטה המיושמת זה כמה שנים היא זיהוי אופטי של קשת חשמלית מתפתחת. קשת חשמלית מזוהה בטווח של שתי מילי-שניות, ואז נורה חומר פירוטכני, אשר מנתק את המעגל. בשיטה זו מתאפשר לשמור על הציוד החיוני בלוח ולהחזירו לעבודה במינימום זמן ונזק.

קשת חשמלית טורית ומקבילית

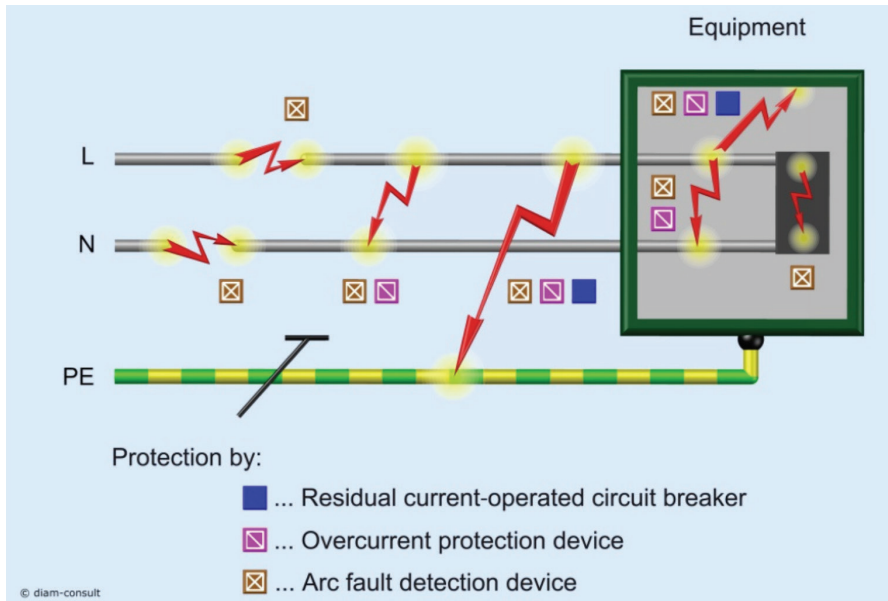
ומה קורה כאשר קשת מתפתחת מחוץ לארון חשמל? האירורים הבאים הם ציורים סכמטיים של קשתות אלו.



איור 2 - דוגמה לקשת מקבילית (כ-10% מהמקרים). לא נוצר קצר מלא וזרם לא מוגבל לתדר מדורג של 50/60Hz, לכן לא הובא בחשבון בכללים של טכנולוגיית הבדיקה למסרי זליגה



איור 3 - דוגמה לקשת טורית (כ-90% מהמקרים). הזרם הוא נמוך מסף הזיהוי של המ"ז (מפסק אוטומטי זעיר), לכן הוא לא יקפוץ



איור 4 - ציור סכמטי, קשתות חשמליות המתפתחות במעגל סופי

התקני הגנה מפני תקלת קשת חשמלית

(AFDD+ Arc Fault Detection Devices)

בארה"ב החל פיתוח של התקני הגנה מפני קשת חשמלית כבר בשנות התשעים. באירופה, הכללים המקובלים של טכנולוגיית AFDD+ פורסמו בשנת 2014. בישראל החל תהליך של אימוץ תקן אירופי. כמו כן, ההתקן מקודם בנציבות הכבאות.

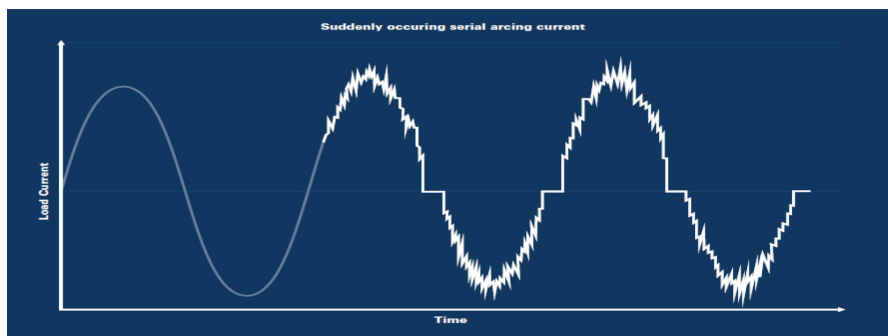
התקני AFDD+ נועדו לצמצם את ההשפעות של תקלות קשת חשמלית על ידי ניתוק המעגל (לפי תקן EN 62606:2013 סעיף 3.3). מצד אחד, ישנם התקנים אשר צריכים להיות מחוברים בטור למפסקי הגנה מעומס יתר, אשר צריכים לעמוד בתקנים הבאים: EN 60898-1 - מפסקי מעגל להגנה מפני זרם יתר למתקנים ביתיים. EN 61009-1 - מפסקי מגן בשילוב הגנה מפני זרם יתר להגנה מפני זרם יתר למתקנים ביתיים. IEC 60269 - נתיכים למתח נמוך.

זיהוי קשתות חשמליות טוריות ומקביליות על ידי התקני AFDD+

כידוע זה עשרות שנים, מא"זים וממסרי פחת מקטינים משמעותית סכנת שרפה הנוצרת כתוצאה מכשל חשמלי. מה שידוע פחות הוא לזהות ולנתק מעגל במקרה של קשת חשמלית טורית ומקבילית. עבור תקלות קשת חשמלית טורית העכבה (Impedance) מקטינה את זרם העבודה ומשאירה אותו מתחת לסף המ"ז, לכן הוא לא יקפוץ.

במקרה של תקלת קשת מקבילית בין פאזה לבין מוליך ניטרלי, הזרם מוגבל על ידי עכבה של המעגל.

תקן IEC 62606 מציין את העובדה כי הערך האפקטיבי של זרם זליגה, הנגרם כתוצאה מתקלת קשת חשמלית ועלול לגרום לשרפה, אינו מוגבל לתדר מדורג של 50/60Hz. זרם זה יכול להיות בעל ספקטרום תדרים רחב יותר, אשר לא הובא בחשבון בכללים המקובלים כיום של טכנולוגיה של בדיקת ממסרי זליגה.



איור 5 - זרם בזמן תקלת קשת חשמלית טורית

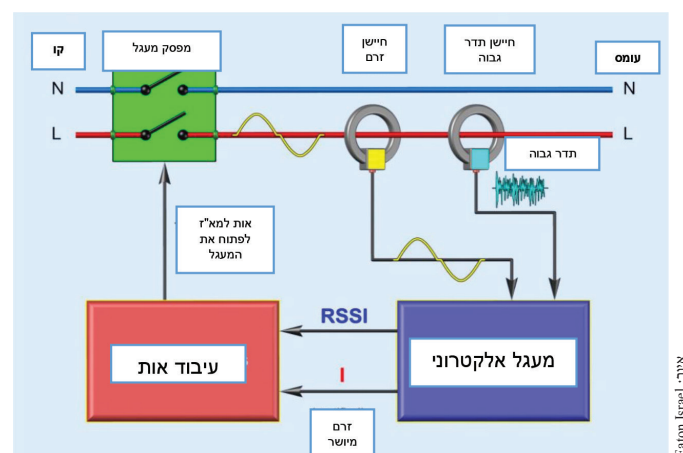
טבלה 1 מציגה את זרמי הקשת החשמלית וזמן התגובה המקסימלי (בשניות) להפסקת המעגל.

תקן: IEC 62606 - General Requirements for Arc Fault Detection Devices, אשר נמצא בתהליך האימוץ בישראל, ממליץ על התקנת התקני AFDD+ במקומות הבאים: במקומות אירוח עם לינה: בתי מלון, גני ילדים, בנייני מגורים (חדרי שינה) ועוד. במקומות בנויים מחומרים דליקים או שמאחסנים בהם חומרים כאלו. במבנים שבהם אש מתפשטת מהר: מערכות מאווררות, בנייני קומות. במקומות עם מוצרים מסוכנים או מקומות שאין להם תחליף: מוזיאונים, שדות תעופה.

מצד שני, יש התקני AFDD+, אשר משולבים עם ציוד הגנה אחר (מא"ז או ממסר זליגה) וצריכים לעמוד בתקנים הבאים: EN 60898-1 - מפסקי מעגל להגנה מפני זרם-יתר למתקנים ביתיים. EN 61008-1 - מפסקי מגן בשילוב הגנה מפני זרם-יתר להגנה מפני זרם יתר למתקנים ביתיים. EN 61009-1 - מפסקי מגן ללא שילוב הגנה מפני זרם-יתר להגנה מפני זרם יתר למתקנים ביתיים. EN 62423 - מפסקי מגן דגמים מיוחדים עם וללא שילוב הגנה מפני זרם-יתר, להגנה מפני זרם-יתר למתקנים ביתיים.

אפקט ההגנה

התקני AFDD+ מחלקים זרם נמדד לשני חלקים: תדירויות גבוהות ותדירויות נמוכות



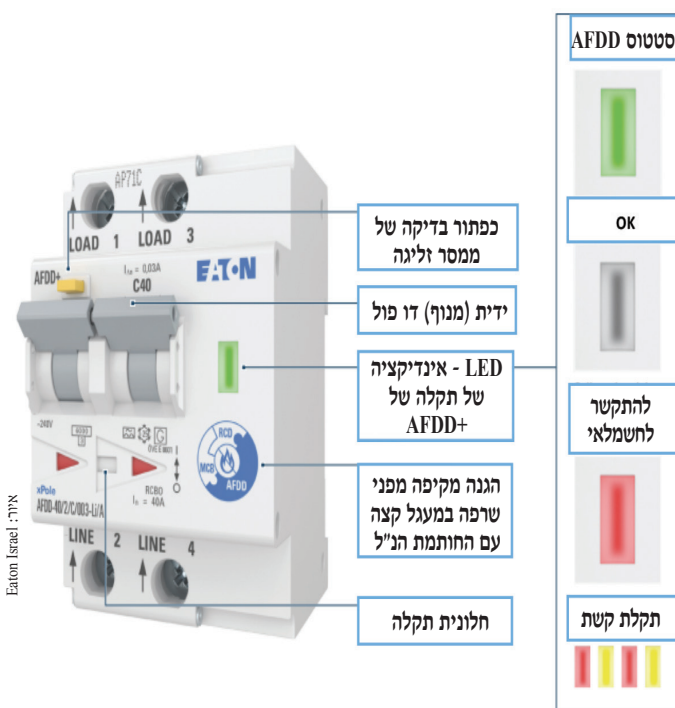
איור 6 - סכמה של RSSI, AFDD+, אינדיקציה של תדירויות גבוהות של הזרם

שני אותות אלה משמשים כבסיס לזיהוי של קשת חשמלית. הם מנותחים על ידי מיקרו-בקר, שיכול לזהות אם הם אותות HF אופייניים של תקלת קשת חשמלית טורית או מקבילית, או רעש HF של ציוד, כגון מנוע מברשת או שנאי אלקטרוני. במקרה הראשון, המעגל מתנתק ובמקרה השני לא.

אופייני עבודה של התקני AFDD+ מוגדרים עבור זרמים נמוכים עד 63A (תקלת בידוד או תקלת קשת חשמלית טורית) וזרמים גבוהים עד 500A (תקלת בידוד או תקלת קשת חשמלית מקבילית), כל זאת בהתאם לתקן EN 62606: 2014 09 01.

Arc current (r.m.s value) (A)	2.5	5	10	16	32	63
Maximum break-time (sec)	1	0.5	0.25	0.15	0.12	0.12
Arc current (r.m.s value) (A)	75	100	150	200	300	500
Number of half-cycles (N)	12	10	8	8	8	8

טבלה 1 - זמני תגובה בהתאם לתקן IEC 62606



איור 7 - התקן AFDD+ המונע כשלים חשמליים

לסיכום: אל מול גורמי הסיכון לאירוע שרפה כתוצאה מכשל במערכת החשמל, חשיבות התקני הגנה מסוג AFDD+ עולה באירופה, בארה"ב וברחבי העולם. בישראל, שימוש בהתקן זה אינו בגדר חובה ולא בגדר המלצה, על אף שהעולם הולך ומתקדם לכיוון שיטות משוכללות יותר של הגנה מפני שרפות.

כיום, בישראל, כמה חברות מייבאות ציוד זה והוא זמין לשימוש במקומות העבודה ובבתים. כל אשר נדרש הוא להחליט שפועלים כדי למנוע את השרפה הבאה ומוזמינים בעל מקצוע מוסמך לתכנן ולהתקין את התקן AFDD+.

הישמעות להוראות יצרן, בחירה נכונה של ציוד מתאים, התקנה קפדנית של הציוד ותחזוקה של המתקן בזמן יעזרו ליעוצים, למתכננים, לחשמלאים ולמפעילי מתקני מתח נמוך להפחית את הסיכון לפגיעה בנפש וברכוש. ■