

# הגנת מבנים ומתקנים מפני פגיעות ברק

\* צימוד חשמלי, כתוצאה מקיבולים טפיליים בין חלקי המתכת שבמתקן.

בזמן התרחשות תופעת הברק קיים סיכון של התחשמלות. המקרה המסוכן ביותר הוא כאשר זרם הברק עובר דרך גוף האדם (או החי). סיכונים אחרים הם התחשמלות כתוצאה ממתח צעד, המופיע בין כפות הרגליים, או מתח מגע, המופיע בין כף הרגל לבין אחד מאיברי הגוף, או פריצה צדדית בין גוף האדם למערכת מתכתית בה זורם זרם הברק.

**השלכות הבטיחותיות והכלכליות** של נזקי תופעת הברק הביאו לכך שעבודת התקינה בתחום זה נבחנת ומתעדכנת כל הזמן. במדינת ישראל קיימים שני תקנים: האחד, תקן ישראלי 1173 - מערכות הגנה מפני פגיעות ברק למבנים ולמתקנים הדרן בהגנה מפני פגיעה ברק ישירה. והשני, תקן ישראלי 2283 - התקני הגנה מפני נחשולי מתח ברשתות למתח נמוך:

דרישות תפקוד ושיטות בדיקה, שמאמץ את תקן IEC 61643-1 משנת 1998. התקנים הבינלאומיים המובילים בתחום הם תקני הנציבות הבין-לאומית לאלקטרוטכניקה IEC: תקן IEC 61024 הדרן בהגנת מבנים מפני פגיעות ברק; ותקן IEC 61312 הדרן בהגנה מפני פגיעות דופק אלקטרומגנטי שמקורו בזרם הברק (LEMP). נוסף על הנחיות בדבר אופן ביצוע מערכת ההגנה, תקנים אלה נותנים בידי הקורא כלים על מנת לאמוד את מידת הצורך במערכת הגנה מפני פגיעות ברק.

**אמצעי הגנה מפני פגיעות ברק** הם כלל הפעולות שנוקטים והאביזרים שמתקינים, כדי להגביל את כמות האנרגיה שתגיע לציוד או למבנה כך שלא יגרם לו נזק או הפרעה, וביחד מהווים מערכת המסוגלת לתת מיגון ברמת אמינות מספקת. "אזור הגנת ברק" (Lightning protection zone) זוהי מעטפת תלת-ממדית שבתוכה מותקן הציוד עליו רוצים להגן מפני פגיעות נחשול זרם הברק ונחשול מתח יתר.

באזור 1 מתואר, בצורה סכמתית מדרג ההגנות של מכשיר כלשהו. המשטח המעוין שבתוכו כתוב LPZ3 מצוין את המעטפת בה נמצא המכשיר עליו רוצים להגן. המעטפת יכולה שתהיה הארגז של המכשיר (כמו במחשב אישי). מעטפת זו נתונה בתוך



**תופעת הברק** היא אחד מאיתני הטבע, תופעה חשמלית רבת-עוצמה המתרחשת באטמוספירה. בשפת הנדסת החשמל, אפשר לומר שתופעת הברק היא קצר רגעי, הנמשך אלפיות השנייה ועוצמת זרם הנמדדת באלפי-אמפרים, שקורה בין ענן לאדמה, בין שני עננים סמוכים או בתוך הענן. אנו, החיים על-פני האדמה, צריכים לחשוש ולהתגונן מפני ברק שבין הענן ובין האדמה. למה הדבר דומה? תארו לעצמכם מצב תאורטי שבו נמצא מבנה מתחת לקו מתח-עליון, הבנוי מוליכים חשופים, כך שגג המבנה קרוב למוליכים. במקרה כזה קיים חשש לפריצה חשמלית של בידוד האוויר בין אחד ממוליכי הקו לבין המבנה - קצר חד-מופעי לאדמה. אירוע כזה עלול לגרום לנזק פיזי למבנה - שקול לפגיעת ברק ישירה במבנה - ולנזק לציוד החשמלי והאלקטרוני הנמצא במבנה - שקול לפגיעת ברק עקיפה. בדוגמה לעיל, מקור האנרגיה לפריצה הוא בקו מתח העליון וחוג הזרם נסגר דרך האדמה אל נקודת הארקה השיטה

ברשת. בדוגמה זו, כל מרכיבי המעגל החשמלי שבאירוע, למעט האדמה והאוויר, הם מעשה ידי-אדם. בתופעת הברק, מקור האנרגיה הוא החשמל הסטטי הנצבר בעננים ועל-פני האדמה - שני הדקי מקור המתח - בעת שמתרחשת סופת רעמים.

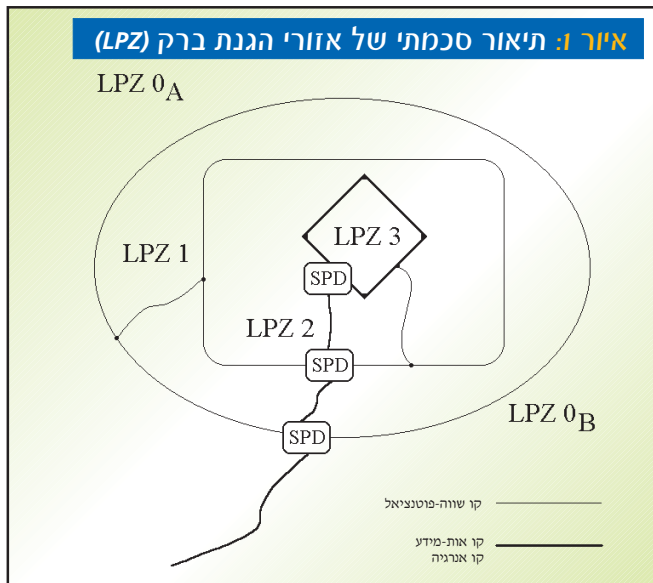
**בפגיעת ברק ישירה**, זרם הברק עובר בגופים מתכתיים ובמוליכים שמותקנים במתקן עצמו. בפגיעת ברק ישירה זרם הברק הוא מקור האנרגיה העיקרי לנזקים: חימום יתר, כוחות מכניים ונחשול מתח יתר הנגרם ישירות מנחשול זרם הברק. במבנים העשויים עץ עלול זרם הברק להדליק את העץ ולגרום לשריפה.

**בפגיעת ברק עקיפה**, תוצאי זרם הברק גורמים להופעת נחשול מתח יתר המעורר (trigger) את הנזק. במקרה זה, מקור האנרגיה לנזק הוא מערכת אספקת החשמל או ספק הכוח של המכשיר.

תוצאי זרם הברק מופיעים משום שלמתקן, על כל חלקיו והציוד המותקן בו, יש תכונות חשמליות הנובעות מהחומרים שממנו הוא בנוי ומצורת ההתקנות של החלקים והציוד. תכונות אלו הן:

\* חיבור חשמלי (גלווני) בין חלקי המתקן בינם לבין עצמם ואופן חיבורם החשמלי לאדמה - הארקה;

\* צימוד מגנטי, מפאת לולאות מתכתיות;



מעטפת נוספת, החדר בו נמצא המכשיר למשל, המצוינת במשטח מלבני בעל פינות מעוגלות שבתוכו כתוב LPZ2. באיור מצוינת מעטפת נוספת, המשטח האליפטי שבתוכו כתוב LPZ1, הבניין בו נמצא החדר. הקו העבה שבאיור מציין קו חשמל או קו תקשורת או שניהם גם יחד, אחד או יותר. הקו הדק שבאיור מציין מוליך הארקה או מוליך חיבור המשמש להשוואת פוטנציאלים בתוך אזור הגנת ברק. במצב הרצוי, יכול שיהיה מתח בקווי החשמל ובקווי התקשורת, לפי המצב התפעולי שלהם ובהתאם לשיעור המותר. כדי להגביל את המתח לשיעור המותר, על הגבול בין שתי מעטפות סמוכות מתקנים מגן, המסומן באיור בראשי התיבות באנגלית (Surge SPD protection device).

במצב הלא רצוי, יתכן שיופיע מתח בין גופים מתכתיים. מתח זה עלול לחרוג מכושר הבידוד של החומרים שבשימוש ולגרום לנזקים בציוד. כדי למנוע מצב לא רצוי זה יש לדאוג שהפרש הפוטנציאלים בין כל הגופים המתכתיים יהיה אפס (0 V), זאת אומרת, כל הגופים המתכתיים יהיו

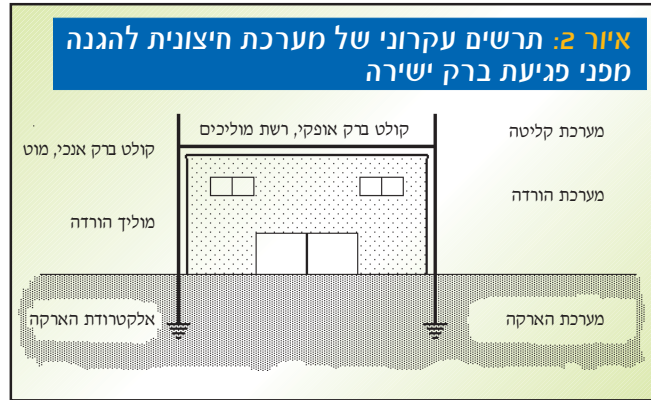
באותו פוטנציאל: קרי, השוואת פוטנציאלים. השוואת פוטנציאלים בתוך כל אזור הגנת ברק והחיבור החשמלי בין מערכות השוואת הפוטנציאלים של האזורים השונים היא חלק חיוני ובלתי נפרד מאמצעי המיגון. בלעדיה, ההגנה פגומה.

האזור מחוץ למבנה בו נמצא המכשיר, שם מתרחשת תופעת הברק מסומן ב-LPZ0. (באזור זה יש להתקין לפי הצורך, מערכת הגנה לפי

תקן ישראלי 1173 - מערכות הגנה מפני פגיעות ברק למבנים ולמתקנים.) תת הסימון A מציין אזור החשוף לפגיעת ברק ישירה. תת הסימון B מציין אזור, מחוץ למבנה, שאינו חשוף לפגיעת ברק ישירה אבל נתון בהשפעה מלאה של הדופק האלקטרומגנטי שלו.

במערכת הגנה מפני פגיעות ברק במבנים ובמתקנים שלוש תת-מערכות: **מערכת קליטה**, המותקנת על חלקו העליון של המבנה או המתקן; **מערכת הארקה** הטמונה באדמה וייעודה להבטיח מגע חשמלי טוב ועמיד לאורך זמן עם המסה הכללית של האדמה (ההדק השני של מקור המתח של תופעת הברק); **ומערכת הורדה**, המחברת חשמלית את מערכת הקליטה עם מערכת הארקה. באיור 2 נתון תרשים עקרוני של מערכת חיצונית להגנה מפני פגיעת ברק ישירה.

התקנים הדנים בהגנת מבנים ומתקנים מפני פגיעות ברק, מדריכים את הקורא איך לזהות את המקומות החשובים לפגיעות, באלו חומרים מוליכים להשתמש ואיך להתקין אותם, ומהן הבדיקות שעליו לערוך.



**לסיכום**, המבקש להרחיב את ידיעותיו מוזמן לפנות אל מרכז המידע של המוסד לבטיחות ולגיהות ולבקש את חוברת המידע "סיכוני תופעת הברק ומניעתם". החוברת כוללת: תיאור פיזיקלי והנדסי של תופעת הברק; נזקי הברק ומקורם; הגנת מערכות וציוד מפני פגיעות ברק; ובטיחות אישית בזמן סופת רעמים.