

עכבת לולאת התקלה

התמודדות עם ערכי עכבה גבוהים

בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישובל במתח עד 1000 וולט) נקבע: "כל מתקן יוגן בפני חישובל בהתאם להוראות תקנות אלה", בהמשך מתוארים אמצעי ההגנה בפני חישובל המותרים ליישום במתקני החשמל בארץ. יישום של כל אחד מאמצעי ההגנה הללו מחייב עמידה בדרישות המפורשות המוגדרות בתקנות החשמל. מאמר זה מציג מספר פתרונות אפשריים להגנה נאותה בפני חישובל במקרים בהם ערך עכבת לולאת התקלה הנמדד גבוה.

במקרים בהם יש חשש, עקב מבנה הלוח למשל, שקצר יתרחש בלוח נדרש כי ערך העכבה יהיה בהתאם לגודל המבטח הראשי של הצרכן.

דוגמא מס' 1

בחנות הנמצאת במרכז מסחרי ישן ביקשו לבצע הגדלה לחיבור של 80x3 אמפר, המתקן מוגן בפני חישובל בשיטת הארקות הגנה (TT), לוח החשמל הוא לוח מתכתי.

החשמלאי חיבר מוליך הארקה ראשי בחתך 25 מ"ר מלוח החשמל של החנות ישירות לכניסת צנת המים הראשית של החנות. באיור 1 מתואר לוח החשמל בחנות. עכבת לולאת התקלה שנמדדה הייתה 0.45 אוהם, תוצאה זו גבוהה מהערך המקסימלי המותר שהוא 0.39 אוהם בהתאם לגודל המבטח של חברת החשמל (נתיך 100 אמפר), ובהסתמך על תקנה 42 בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישובל במתח עד 1000 וולט).



אחד הפתרונות האפשריים במקרה זה הוא להוציא את המפסק האוטומטי הראשי של הצרכן אל מחוץ ללוח הקיים ולהתקינו בלוח אחר העשוי מחומר מבודד. באם ייעשה שינוי זה הערך המירבי המותר של עכבת לולאת התקלה יהיה 0.5 אוהם (ולא 0.39 אוהם), בהתאם למבטח הראשי של הצרכן, 80x3 אמפר, המותקן בלוח החשמל הפרטי.

אמצעי ההגנה בפני חישובל המותרים ליישום במתקני החשמל בארץ הם:

איפוס (TN-C-S) + (TN-S), הארקות הגנה (TT), זינה צפה (IT), הפרד מגן, מתח נמוך מאד, מפסק מגן, ביזוד מגן.

הבעיה העיקרית בהשגת הגנה יעילה בפני חישובל במתקנים ישנים, המוגנים בשיטת הארקות הגנה (TT), באופן שצנת המים משמשת כאלקטרודה "טבעית", היא קבלת עכבת לולאת תקלה (L.T) נאותה בהתאם לנדרש בתקנות. הבעיה מתעוררת בעיקר במתקני חשמל קיימים בהם רוצים לבצע הגדלת חיבור, ואז מסתבר שעכבת לולאת התקלה אינה נמוכה דיה בכדי להפעיל את ההגנות תוך פחות מ-5 שניות, כמתחייב מתקנות החשמל.

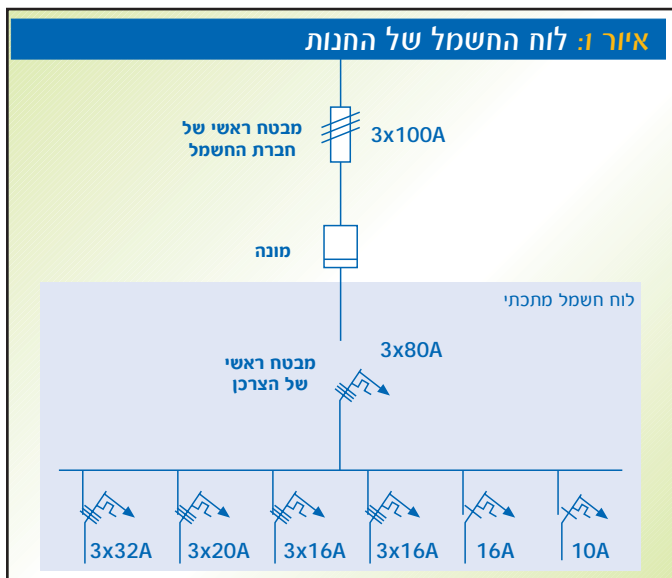
הניסיון מלמד, שהוספת מספר אלקטרודות (בהוצאה סבירה) בתוספת לאלקטרודה הקיימת, גם אם היא משפרת במעט את עכבת לולאת התקלה הרי היא רחוקה בדרך כלל מלהניב את התוצאה הרצויה.

מעשיות לפתרון הבעיה, ברצוני להזכיר כי ההתייחסות לערך עכבת לולאת התקלה המירבית המותרת בכדי להבטיח הגנה נאותה בפני חישובל ולעמוד בנדרש בתקנות החשמל, נקבעת בהתאם למיקומה במעגל החשמלי, הקרוב ביותר למקור הזינה בו יכול להתרחש קצר, מיקום זה תלוי בסוג החומר ממנו עשוי לוח החשמל:

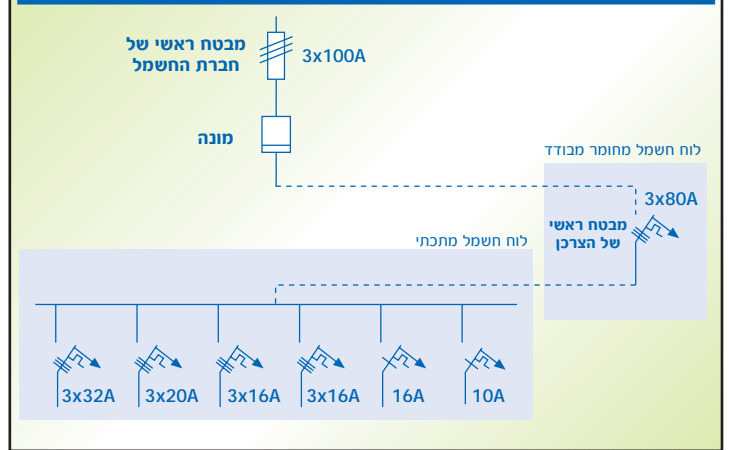
בלוח מתכתי - יש להבטיח הגנה נאותה בפני חישובל גם במקרה של קצר לפני המבטח הראשי של הצרכן, כלומר בין כבל הזינה לבין לוח החשמל הפרטי. מכאן שעכבת לולאת התקלה המירבית המותרת נקבעת בהתאם לגודל המבטח של חברת החשמל המותקן במעלה הזינה. לדוגמא: בלוח בו המבטח הראשי של הצרכן הוא 40x1 אמפר, וגודל המבטח של חברת החשמל הוא 63x1 אמפר, עכבת לולאת התקלה צריכה להתאים למבטח של 63 אמפר, כלומר לא תעלה על 0.63 אוהם.

בלוח מחומר פלסטי - הואיל וקצר יכול להתרחש רק במעגלים הסופיים או במכשירי החשמל המתחברים אליהם לפיכך עכבת לולאת התקלה המירבית המותרת נקבעת בהתאם לגודל המבטח של המעגל הסופי הגדול ביותר המותקן בלוח.

לדוגמא: בלוח בו המבטח הראשי הוא 40x1 אמפר, וגודל המבטחים של המעגלים הסופיים הם 10, 16, ו-20 אמפר, עכבת לולאת התקלה צריכה להתאים למבטח של 20 אמפר, כלומר לא תעלה על 2.55 אוהם.



איור 2: הפתרון המוצע לקבלת הגנה נאותה בפני חיטום בחנות



הערך הנמדד של עכבת לולאת התקלה (0.22 אוהם), עונה על הדרישה במקרה זה. יש לציין כי שימוש בפתרון כזה מחייב התייחסות להספקי המנועים המותקנים במתקן ולאופן התנעתם, בכדי למנוע הפסקות שווא.

דוגמא מס' 3

בבית ספר ביקשו לבצע הגדלת חיבור מחיבור של 3 x 250 אמפר לחיבור של 3 x 910 אמפר. ביה"ס כולל 3 מבנים ישנים (מנהלה וכתות לימוד, סדנא ואולם ספורט), וכן אגף חדש הכולל כיתות לימוד. ארבעת המבנים מוגנים בפני חיטום בשיטת הארקה הגנה (T.T). בשלושת המבנים הישנים משמשת צנרת המים כאלקטרודת הארקה, ואילו במבנה החדש הותקנה הארקה יסוד. מערכת ההארקה של ביה"ס במצב הקיים מתוארת באיור 3: ערך עכבת לולאת התקלה שנמדד היה 0.31 אוהם. הערך המירבי המותר של עכבת לולאת התקלה המחושב בהתאם לנתוני המפסק האוטומטי הראשי הוא:

$$R_{L.T} = \frac{U}{I_{mag(min)}} = \frac{230}{(1.5 \times 910)} = 0.168 \text{ אוהם}$$

לכן במצב זה ההגנה בפני חיטום, של בית הספר אינה ראוייה, שכן ערך עכבת לולאת התקלה הנמדד גבוה מהערך המירבי המותר.

הפתרון במקרה זה כולל שלושה שלבים:

שלב א':

יש לנתק את מוליכי ההארקה המחוברים בין פסי ההארקה/פס השוואת פוטנציאליים במבנים השונים.

לאחר ניתוק החיבורים כאמור בוצעה מדידה של עכבת לולאת התקלה בכל מבנה.

ערכי עכבת לולאת התקלה שנמדדו היו:

- מבנה B: 0.58 אוהם
- מבנה C: 0.47 אוהם
- מבנה D: 0.45 אוהם

דוגמא מס' 2

במפעל בשר ביקשו לבצע איחוד אספקות והגדלה לחיבור של 3x500 אמפר. המפעל ממוקם במרכז מסחרי גדול וישן שאין בו הארקה יסוד. נתוני המפסק הראשי:

- I_n - הזרם הנומינלי של המבטח - 500A
- I_{th} - הזרם התרמי של המבטח - (250-500)A
- I_{mag} - הזרם המגנטי של המבטח - (2500-5000)A

הערך של עכבת לולאת התקלה (L.T) שנמדד היה 0.22 אוהם. הואיל והמפסק האוטומטי הראשי אינו בעל אופיין L לפיכך לא ניתן להשתמש בטבלה המופיעה בתקנה 42 בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חיטום במתח עד 1000 וולט).

הערך המירבי של עכבת לולאת התקלה, שיבטיח את ניתוקו המיידי של המפסק האוטומטי הראשי, יחושב באופן הבא:

$$R_{L.T} = \frac{U}{I_{mag(min)}} = \frac{230}{2500} = 0.092 \text{ אוהם}$$

כאשר:

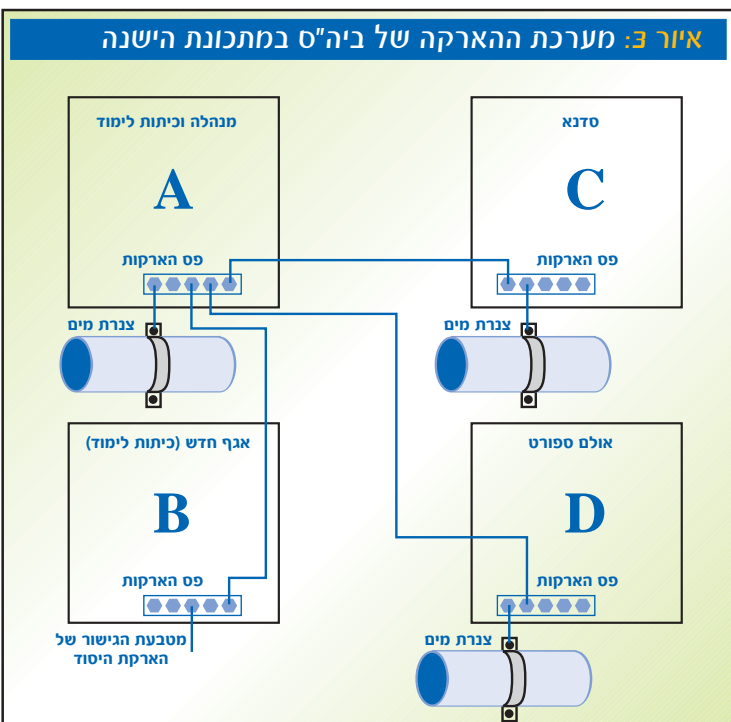
U - מתח המופע הנומינלי של הרשת

החלפת המודול המגנטי של המפסק במודול מגנטי אחר שיפעיל את ההגנה המיידית בזרם $2 \times I_n$ יכול לפתור את הבעיה שכן:

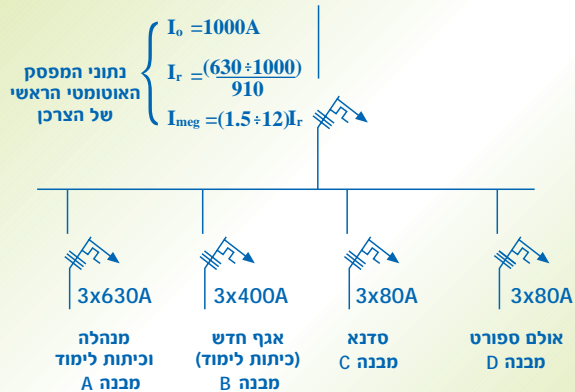
$$I_{mag} = 2 \times I_n = 2 \times 500 = 1000 \text{ A}$$

הערך המירבי החדש המותר של עכבת לולאת התקלה יהיה עתה:

$$R_{L.T} = \frac{U}{I_{mag(min)}} = \frac{230}{1000} = 0.23 \text{ אוהם}$$



איור 4: לוח החשמל הראשי של בית הספר (ממוקם במבנה A)



הואיל ובמבנה לא קיימת הארכת יסוד, יש לקיים את הדרישות שבתקנה 39 בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט) - איפוס במבנה שאין בו הארכת יסוד, הדרישות במקרה זה הן:

- חיבור ההארקה הראשית של המבנה לאלקטרודה מקומית (מערך אלקטרודות).
- התנגדות האלקטרודה הנ"ל ביחס למסה הכללית של האדמה לא תעלה על 20 אוהם.
- ביצוע השוואת פוטנציאליים במבנה.
- במידת האפשר מומלץ לחבר את ברזלי הזיון של המבנה אל פס השוואת הפוטנציאליים.

באיור 5 מתוארת מערכת ההגנה בפני חישמול של בית הספר במתכונת המוצעת לאחר ביצוע ההמלצות, נמדדה עכבת לולאת התקלה במבנה A. מהערך המרבי המותר.

סיכום:

על כל מתקני החשמל בארץ יש להגן בפני חישמול בעזרת אחד מהאמצעים הבאים:
 איפוס (TN-C-S, TN-S), הארכת הגנה (TT), זינה צפה (IT), הפרד מגן, מתח נמוך מאד, מפסק מגן, או בידוד מגן.
 יישום ההגנה חייב להתבצע תוך עמידה בדרישות המוגדרות בתקנות החשמל המתייחסות לכל אחד מאמצעים אלו.
 במאמר הוצגו שלוש דוגמאות מעשיות איך להתמודד עם בעיית עכבת לולאת תקלה (L.T) גבוהה.
 למותר לציין שישנם פתרונות רבים ומגוונים אחרים, בכל מקרה מן הראוי לבחון וליישם את הפתרונות והחלופות השונות תוך התחשבות בעלויות, באופי המתקן, ובאילוצים הקיימים בשטח.

ערכי עכבת לולאת התקלה במבנים C ו D קטנים מהערך המרבי המותר שהוא 0.51 אוהם, לכן ניתן להגן על שני המבנים בשיטת הארכת הגנה (T.T) האלקטרודה של כל אחד מהמבנים יהיה צנרת המים "אלקטרודה טבעית".

שלב ב':

מבנה B הוא מבנה חדש בו קיימת הארכת יסוד ולכן כדאי ואפשר להגן עליו בפני חישמול בשיטת האיפוס (TN-C-S).
 לצורך כך יש לקיים את התנאים הבאים:
 א. ההתנגדות בין אלקטרודת הארכת היסוד לבין המסה הכללית של האדמה לא תעלה על 20 אוהם.
 ב. תבוצע השוואת פוטנציאליים במבנה.

שלב ג':

במבנה A מותקן כאמור הלוח הראשי המכיל מפסק אוטומטי ראשי בגודל 910x3 אמפר.
 ערך עכבת לולאת התקלה שנמדד היה - 0.31 אוהם, ערך זה גבוה מהערך המירבי המותר (0.168 אוהם).
 הואיל ולא ניתן להגיע, בהשקעה סבירה, לערך עכבת לולאת התקלה הנדרש בשיטת הארכת הגנה לפיכך, הפתרון שהוצע היה להגן על המתקן בפני חישמול בשיטת איפוס (TN-C-S).

איור 5: מערכת ההגנה בפני חישמול של בית הספר במתכונת המוצעת

