

ISSN 0793-8152

אוקטובר 2018

תל תא

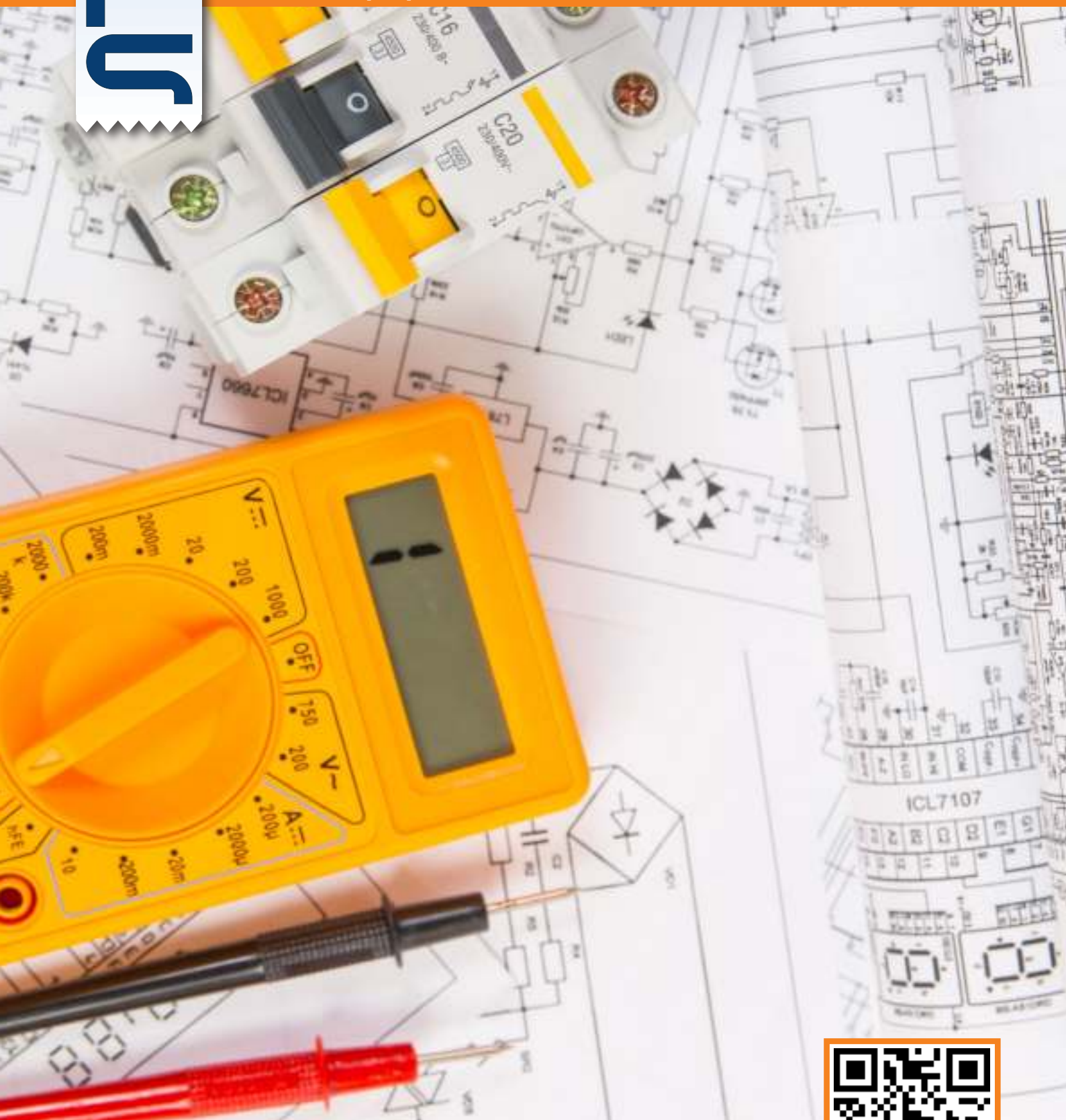
פאזה

מידעון מקצועי לחשמל

אגודת חשמל



חברת החשמל



להרשמה למאגר המנויים הדיגיטלי של "פאזה אחרת" כנסו לקישור bit.ly/iec17 או סרקו את הקוד



מה במידעון

3

**הבהרות לסוגיות בנושא
תקנות החשמל (מתקן חשמלי
ציבורי בבניין רב קומות)**

6

**ההיבטים הבטיחותיים של
החלפת נורות פלואורסצנטיות
ליניאריות בנורות "לד טיוב"**

9

**הגנת "איבוד מתח מקור"
LOSS OF MAIN (LOM)**

10

**עכבת לולאת תקלה מירבית
מותרת, בהתאמה לאופייני
מא"זים**

13

**ברוכים הבאים לעולם ההזמנות
הדיגיטלי של חברת החשמל!!!**

14

"תמונה אחת שווה אלף מילים"

דבר העורך



קוראים יקרים!

בשנים האחרונות עובר ענף הבנייה בישראל תמורות ושינויים משמעותיים – בהיבט של המעבר מבנייה נמוכה לבנייה גבוהה של מבנים רבי קומות. הדבר מתבטא גם במתקן-חשמל מורכב הנדרש במבנים אלה, על מנת להעלות את שרידותם בזמן אירוע דחק כגון שריפה. אמנם כבר משנת 2003 קיימות תקנות ייעודיות הנוגעות למתקן החשמל הציבורי של בניין רב קומות, ועדיין אנו נתקלים באי-בהירויות בנוגע לסוגיות שונות במתקנים אלה בקרב העוסקים בחשמל. בגיליון זה אנו מביאים מאמר המציג הבהרות לסוגיות שונות בנושא המתקן החשמלי שבמבנה רב קומות.

תמורות ושינויים ניכרים מתרחשים גם בתחום ייצור החשמל. בשנים האחרונות הולך וגובר השימוש במקורות ייצור מכוזרים המסונכרנים לרשת החשמל: דיזל גנרטורים, מתקנים פוטו-וולטאיים, מתקני טורבינות רוח, וכדומה. הגנת "איבוד מתח מקור" (LOM) היא יישום הכרחי בפעילות של מקורות ייצור קבועים המסונכרנים לרשת החלוקה, ועל כך במאמר בגיליון זה.

תקנה 42 בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישובול) דנה בעכבת לולאת תקלה הנדרשת כדי לאפשר את פעולת המבטח. העכבה המירבית המותרת של לולאת התקלה במיתקן המוגן בשיטת הארקת הגנה או בשיטת האיפוס, חייבת להיות כזו שבעת קצר בין מופע להארכה, יזרום במעגל זרם קצר בעוצמה שתגרום לניתוק המבטח תוך 5 שניות לכל היותר. מאמר בנושא זה מציג מספר הבהרות בנוגע לתקנה זו, כמו גם את ערכי העכבה המירבית המותרת של לולאת התקלה, כתלות באופיינים השונים של המא"זים.

מדי גיליון אנו משתדלים להביא לידיעת הקוראים גם סוגיות מעניינות בתחום ההתייעלות האנרגטית. בגיליון זה אנו מציגים כתבה בנושא החלפה של נורות פלואורסצנטיות ליניאריות בנורות לד טיוב חדישות, אולם הפעם בחרנו להתמקד בהיבט הבטיחותי הקשור לנושא זה.

במסגרת החדשות השוטפות מתפרסמת בגיליון כתבה אודות מערכת דיגיטלית חדשה שחברת החשמל משיקה בימים אלה, אשר תאפשר לבצע בצורה מקוונת מגוון פעולות בנושאי חיבורי חשמל ולחסוך הגעה פיזית למשרדי החברה.

כמנהגנו, מוצגת בגיליון פינת "תמונה שווה אלף מילים". והפעם, אנו מציגים תמונה של דוד לחימום מים אשר מותקן בחדר המקלחת, ובוחנים האם המתואר בתמונה אכן תואם את תקנות החשמל.

אנו מאחלים לכם שנה טובה. קריאה מהנה ומועילה!

העורך
שלומי לוי

המערכת



כתובת המערכת:

מערכת "פאזה אחרת" חברת החשמל, ת"ד 10, חיפה 3100001

טל' 076-8634626. פקס: 04-8182687

e-mail: faza-aheret@iec.co.il

קוד זיהוי: "פאזה אחרת" אוקטובר 2018 - 081

פאזה אחרת באינטרנט: באתר חברת החשמל

www.iec.co.il

סרקו את הקוד והכנסו לחוברת
פאזה אחרת באתר חברת החשמל

כל הזכויות שמורות לחברת החשמל. אין לצטט קטעים מתוך
כתב העת ללא אישור בכתב של מערכת "פאזה אחרת".

עורך: שלומי לוי
מינהלה והוצאה לאור: יצחק עקיבא
הדפסה: דפוס האומן
איור השער האחורי: אנדי צ'אושו
עיצוב גרפי והפקה: מרק בלייזיס, תקשורת שירותית
עריכה לשונית: בת שבע בנמו



הבהרות לסוגיות בנושא תקנות החשמל

(מתקן חשמלי ציבורי בבניין רב קומות)

בשנים האחרונות עובר ענף הבנייה בישראל תמורות ושינויים משמעותיים - בהיבט של המעבר מבנייה נמוכת קומה לבנייה גבוהה של מבנים רבי קומות, הן לצרכי מגורים והן לצרכים מסחריים. הדבר מתבטא גם במתקן החשמל המורכב הנדרש במבנים אלה על מנת להעלות את שרידותו בזמן אירוע דחק כגון שריפה. אמנם כבר משנת 2003 קיימות תקנות ייעודיות בנוגע למתקן החשמל הציבורי של בניין רב קומות, אולם אנו עדיין נתקלים באי-בהירויות בנוגע לסוגיות שונות במתקנים אלה בקרב העוסקים בחשמל. מאמר זה בא להציג הבהרות לסוגיות שונות בנושא המתקן החשמלי שבמבנה רב קומות, אשר נידונות בצוות העבודה של בודקי המתקנים בחברת החשמל הדין בנושאי רבי קומות.

חברי צוות העבודה של חח"י לנושא רבי קומות: רוני סיני (י"ר), שלומי לוי, ויסאם קבלאן, משה שפיגל, לירן עוזרי, אלכס גרודסקי, אלי אליאס, גיא רט, ירון חזן, עדי בלינקוב

דלת חדר חשמל אשר משמשת גם את ארונות החלוקה של חח"י וגם את הלוח הראשי של המבנה

לעתים, חדר החשמל של מבנה רב קומות מתוכנן כך שיופקו בו גם ארונות חח"י וגם מתקנים פרטיים אחרים של המבנה.

נשאלת השאלה, מהו אמצעי הנעילה הראוי להתקנה בחדר זה, כך שתתאפשר גישה לחדר גם לעובדי חברת החשמל וגם לבעלי המתקן? במתקנים רבים ניתן מענה לסוגיה זו באמצעות התקן נעילה הכולל פין בעל נעילה משני הצדדים ("אוזניים"), המיועד עבור שני מנהלים - האחד עבור חח"י, והשני עבור בעל המתקן (כמתואר באיור 1). ואולם, צורת התקנה זו אינה עומדת בדרישות תקנות החשמל למבנים רבי קומות כדלקמן.

סעיף (7) בתקנה 6 "דרישות כלליות לחדרי חשמל" שבתקנות החשמל (מתקן חשמל ציבורי בבניין רב קומות) קובע:

"הדלת שלו תהיה עמידת אש... ותיסגר אוטומטית כך שפתיחתה מבחוץ תחייב שימוש במפתח, ואילו פתיחתה מבפנים תהיה חופשית."

המשמעות של דרישת תקנה זו היא, שאסור להשתמש בדלת בעלת פין כפול מאחר והיא מונעת את האפשרות לפתוח אותה מבפנים כאשר הפין סגור.

לפיכך, לפתרון הסוגיה קיימות שתי חלופות:

- מנעול בעל 2 צילינדרים - האחד עבור חח"י והשני עבור הלקוח (איור 2).
- מנעול רגיל, ובסמוך לדלת "כספת" לאחסון המפתח של המנעול.



הזנת לוח משאבות ספרינקלרים בחניון משותף למספר מבנים

במקרים רבים נבנים מספר מבנים רבי קומות על-גבי חניון משותף. לכל אחד מהמבנים מותקן חיבור חשמל ציבורי, ובנוסף מותקן חיבור חשמל ייעודי עבור החניון המשותף. למעשה, נשאלת השאלה מנין ניתן להזין את לוח משאבות הספרינקלרים אשר ממוקם בשטח החניון המשותף - האם מחיבור החשמל הייעודי לחניון, או מאחד החיבורים הציבוריים של המבנים?

בתקנת משנה 13(ב) בתקנות החשמל (מתקן חשמל ציבורי בבניין רב קומות) נקבע:

"מתקן חירום יוזן מלוח חירום בלבד, שמותקן בחדר חשמל לפי תקנה 7 ושיוזן ישירות מהאספקה הראשית לבניין, שבו נמצא מתקן החירום האמור."

האפשרות העדיפה הינה הזנת לוח הספרינקלרים ישירות מלוח חירום המוזן מהחיבור הייעודי של החניון, שהרי החיבור הייעודי לחניון מוזן ישירות מהאספקה הראשית של חח"י לבניין. אפשרות זו עדיפה, מאחר והיא מונעת תלות של

חיבור ציבורי בבניין אחד עם חיבור ציבורי של בניין אחר שאין קשר אחר ביניהם. יחד עם זאת, למרות שהחניון אינו מוגדר כרב קומות, במקרה זה חלקה של ההזנה ללוח הספרינקלרים כולל הלוח הראשי תבוצע כנדרש בתקנות החשמל מתקן חשמל ציבורי בבניין רב קומות, וההתייחסות ללוח זה תהיה כאל חלק ממתקן רב קומות לכל דבר ועניין, לרבות מיקום הלוח, והגדרת הלוחות. כלומר, התנאי לחיבור כלל המתקנים במקרה זה הוא בחיבור לוח החניון כמו הלוח הציבורי של המבנים רבי הקומות.

איור 1: התקן נעילה הכולל פין בעל נעילה משני הצדדים ("אוזניים")



חשוב לציין, כמובן, שבכל אחת מהחלופות יש לוודא קיום הדרישה לפתיחה אוטומטית מבפנים בכל עת.

הגנה מגנטית בלוחות חרום

בתקנת משנה 13(ה) בתקנות החשמל (מתקן חשמל ציבורי בבניין רב קומות) נדרש:

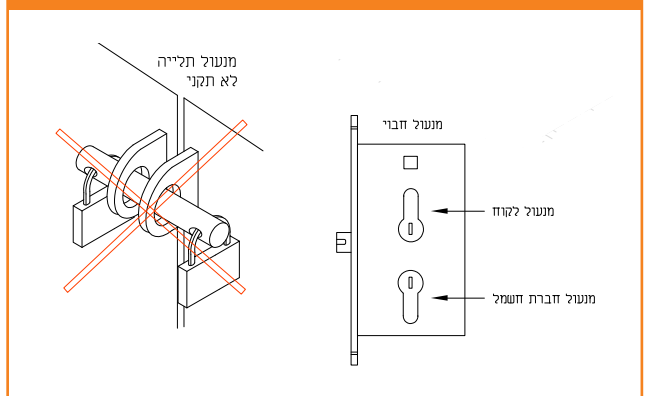
"כל יציאה מלוח החירום לזינת מערכת חירום, תמוגג על ידי מפסק אוטומטי בעל הגנה בפני זרם קצר בלבד; אמצעי המיתוג בתחילת מעגל חיוני, תיבת חיבורים והמכשור המוזן בקצהו השני יסומנו בצבע צהוב".

כמו כן, ועדת הפירושים דנה בסוגיה זו וקבעה (פסיקת ועדת הפירושים 7-18 אשר פורסמה בגיליון יולי 2007 של המידעון פאזה אחרת):

"מעגלים סופיים המזינים מערכות חירום המשמשות בחירום בלבד - יוגנו על-ידי הגנה מגנטית בלבד. מעגלים סופיים המזינים מערכות המשמשות גם בחירום וגם בשגרה - יוגנו על ידי הגנה מגנטית וגם על ידי הגנה תרמית".

כאשר אנו מזינים לוחות חרום מלוח חלוקה של גנרטור חרום, נשאלת השאלה האם מותר להתקין הגנה מגנטית בלבד על יציאות החלוקה של לוח גנרטור חירום אל לוחות החירום של מתקן רב קומות, כך שבכל לוח חירום קיים מפסק ראשי אשר כולל גם הגנה מגנטית וגם הגנה תרמית?

איור 2: מנעול בעל 2 צילינדרים



למעשה, תצורה זו תואמת את דרישת תקנות החשמל (העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח נמוך) מאחר וקיימת בה הגנה מגנטית במעלה קו הזינה והגנה תרמית במורד קו הזינה. יתר על כן, הדבר אינו מהווה סתירה לתקנות מבנים רבי קומות, מאחר ואלה דורשות הגנה מגנטית רק עבור יציאות של מערכות חירום.

בנוסף, נשאלת השאלה כיצד להתייחס לקו הזינה ללוח של מערכת חירום - לדוגמה, לוח של מפוחים לשחרור עשן?

כאשר מדובר בלוח של מפוחים המשמשים להוצאת עשן בחירום בלבד, ההזנה ללוח תוגן באמצעות הגנה מגנטית בלבד. כמו כן, כל היציאות מלוח זה אל המפוחים יוגנו באמצעות הגנה מגנטית בלבד (גם בנוכחות וסת מהירות במעגל זה או בהעדרו). לעניין זה חשוב לציין, שווסת מהירות של יצרנים רבים הם בעלי אפשרות יישום של פונקציה ייעודית למצב שריפה (Fire Mode). פונקציה זו מונעת ניתוק של וסת המהירות והמפוח במקרים של עומס יתר או חוסר פאזה, המתבטאים בזרם יתר שאמור להפעיל הגנות תרמיות. יישום פונקציה זו מהווה, למעשה, פעולה משלימה ליישום הגנה מגנטית בלבד בלוח.

מאידך, כאשר מדובר בלוח של מפוחים המשמשים גם לשגרה וגם לחירום, ההזנה ללוח המערכת תוגן - נכון להיום ועד הנחיה ברורה אחרת - על-פי שיקול דעתו של מתכנן המתקן (מגנטית בלבד או מגנטית ותרמית). ואולם, היציאות למפוחים המשמשים לשגרה וחירום יוגנו באמצעות הגנה מגנטית ותרמית, ואילו היציאות למפוחים המשמשים לחירום בלבד יוגנו באמצעות הגנה מגנטית בלבד.

סוגיות בנושא תאורה

מא"ז פיקוד יחיד עבור תאורה כללית בשטחים הציבוריים של בניין רב קומות

בתקנת משנה 16 א' בתקנות החשמל (מתקן חשמל ציבורי בבניין רב קומות) נקבע:

"תאורה כללית באזור ציבורי של בניין רב קומות שבו היא מותקנת, תוזן משני מעגלים לפחות, כך שהפסקת אחד מהם לא תגרום לעלטה בקטע כלשהו בבניין רב קומות".

נשאלת השאלה האם הזנת ממסרי "אוטומט המדרגות" המהווה פיקוד בלוח החשמל בלבד באמצעות מא"ז יחיד המשותף ל-2 מעגלי המאור אינה סותרת את דרישת התקנות, מאחר והפסקת מא"ז הפיקוד לא תאפשר הפעלת תאורה באחד מ-2 מעגלי המאור.

מאחר ומתקיימת הדרישה להתקנת שתי הזנות למעגלי התאורה כנדרש בתקנה 16, אפשרות זו אינה אסורה. יחד עם זאת, מומלץ להוסיף מגע עזר מקביל למא"ז הפיקוד, אשר יגרום למעגל ממסרי אוטומט המדרגות ולהפעלה קבועה של מעגלי המאור בעת הפסקת מא"ז הפיקוד. או לחילופין להוסיף "אוטומט מדרגות" או תאורת לד קבועה למניעת עלטה בכל מקרה.

שלטי הכוונה מוארים כתאורה כללית של בניין רב קומות

כחלק ממערך ההתמצאות בבניינים בכלל ובבנייני רבי קומות בפרט, מותקנים גם שלטי הכוונה מוארים.

נתקלנו ביישום של 2 מעגלים (תקנה 16א' שתוארה לעיל) בתצורה שבה מעגל מאור אחד מזין רק שלטי הכוונה (הוא מוזן כנדרש מלוח החירום, מאחר ושלטי הכוונה מהווים חלק מתאורת החירום), ואילו המעגל השני מזין את גופי התאורה המאירים את החלל.

למעשה, כאשר מתנתק המעגל השני במקרה זה, נותרת רק ההזנה של שלטי הכוונה. במצב זה המתקן מואר רק באמצעות שלטי הכוונה.



להזין מעגל מאור אחד באמצעות ממסר "אוטומט מדרגות", ואילו המעגל השני מפוקד באמצעות שעון שבת אך בשילוב מפסק בורר בעל 3 מצבים ("שעון" - "מנותק" - "מופעל"). למעשה, שני מצבים של הבורר אסורים במצב זה על פי התקנות, כדלקמן:

מצב "מנותק" - כאשר מועבר בורר המצבים למצב "מנותק", מעגל המאור המוזן דרכו לא מחובר, כך שהפסקת מעגל המאור השני תגרום לעלטה. הדבר נוגד את דרישת תקנת משנה 16(א). מצב "שעון" - כאשר מועבר בורר המצבים למצב "שעון", מעגל המאור המוזן דרכו מחובר לפרקי זמן קצובים כאשר בפרקי הזמן האחרים נותרים עם מעגל מאור אחד בלבד, כך שהפסקתו של מעגל המאור הפעיל תגרום לעלטה. הדבר נוגד את דרישת תקנת משנה 16(א).

התקנת 2 מעגלי מאור כך שהאחד מופעל קבוע והשני מפוקד באמצעות ממסר אוטומט מדרגות

האם מותרת התקנת 2 מעגלי מאור כדלקמן: מעגל מאור אחד מחובר קבוע והתאורה בו פועלת ללא הפסקה, ואילו התאורה המוזנת מהמעגל השני מופעלת באמצעות ממסר אוטומט מדרגות.

אנו סבורים שצורת התקנה זו תקינה, בתנאי שגופי התאורה בכל מעגל בנפרד נותנים מענה הולם לרמת ההארה בחלל אותו הם משרתים.

אנו סבורים שהתקנה זו אינה עונה לדרישת התקנות, מאחר ושלטי הכוונה מיועדים להכוונה בלבד ולא להארת שטחים וחללים במבנה. לכן, למעשה, הם עלולים שלא לספק עוצמת הארה ראויה, שמשמעותה עלטה, ובכך הדבר נוגד את דרישת תקנת משנה 16(א).

התקנת מפסק מגן בהזנת מעגל מאור

בלובי קומתי שאינו מוגדר דרך מילוט, מעוניין המתכנן להזין את גופי התאורה החד תכליתיים המשמשים לחירום, דרך מפסק מגן - כפי שמוזנים במקרה זה גופי התאורה הרגילים. זאת, כדי למנוע עלטה כאשר מפסק המגן "קופץ" גם שלא בעת אירוע דחק.

על-פי סעיף (2) בתקנה 17 "תאורת התמצאות" נקבע:

"במעגל המזין תאורת חירום לא יותקן מפסק מגן".

לכן אסורה התקנה זו.

התקנת שעון פיקוד ובורר 3 מצבים: "שעון" - "מנותק" - "מופעל" - עבור הזנת מעגלי מאור

יש המבקשים - מסיבות של חיסכון באנרגיה ו/או נוחות משתמשים, דת וכיוצ"ב - להזין את מעגלי המאור במתקן הציבורי בבניין רב קומות, באמצעות שעון פיקוד אשר מתזמן את שעות ההפעלה והכיבוי של המעגלים. לשם כך, על מנת לעמוד בדרישת התקנות להזנה באמצעות 2 מעגלים, נבחנה האפשרות



ההיבטים הבטיחותיים של החלפת נורות פלואורסצנטיות לינאריות בנורות "לד טיוב"

תאורת לד הופכת בשנים האחרונות לדומיננטית ביותר במגוון יישומים - תעשייתיים, מסחריים ואף ביתיים - והיא מבטאת שיפורים טכנולוגיים עצומים במספר פרמטרים, כגון: יעילות אורית, משך חיים, גוון האור ועוד. השיפורים הטכנולוגיים המתמשכים מצביעים על כך שבלתי נמנע הוא השימוש בתאורה זו יילך ויגדל עם השנים. ענף אחד בתחום זה שייך לשימוש בנורות לד טיוב, המיועדות להחלפה של הנורות הפלואורסצנטיות הלינאריות שאנו מכירים זה שנים רבות בכמעט כל מתקן חשמלי. בעוד רבות מנורות הטיוב לד הזמינות לצרכן הן באיכות מקובלת ועונות על דרישות התקינה הרלוונטית, קיימות בשוק נורות שאינן עומדות בדרישות הללו ועלולות אף להוות סכנה בטיחותית. מאמר זה יציג בקצרה את ההיבטים הבטיחותיים הקשורים לנורות אלה ואת התקינה הרלוונטית להן

את תהליך ההחלפה של רכיב מסוים ברכיב תחליפי מסוג אחר, אנו נוהגים לנתח במילה הלועזית Retrofit. לעתים תהליך זה (Retrofit) נתפס כפשטני, כזה שאינו מצריך לבצע שינויים רבים - אם בכלל - ברכיב או במתקן. למילה זו רלוונטיות רבה כאשר מדובר בהחלפה של נורות פלואורסצנטיות לינאריות בנורות לד טיוב. לעתים, לצורך החלפת הנורות נדרש לבצע התאמה מועטה של גוף התאורה



לינאריות בגופי תאורה "פשוטים" (אם ניתן לכנותם כך), אשר משמשים הארה לא משימתית, כגון הארה דקורטיבית של הנמכות תקרה, הארת מעברים, וכדומה. לצורכי הארה משימתית ניתן להשתמש בגופי תאורת לד ייעודיים, שביצועיהם נבחנו בשלמות - כך שאין הפרדה בין מקור האור לגוף התאורה. ייתכן ובעתיד השימוש בנורות לד טיוב יילך ויפחת עם המעבר לשימוש מוגבר בגופי תאורת לד.

הקיים אל הנורות החדשות (או אף לא נדרשת התאמה כלל). אולם ישנם מקרים שבהם נדרש לבצע התאמה ניכרת של החיווט שבגוף התאורה עבור הנורות החדשות. הדבר עלול לגרום לסיטואציה לא בטיחותית כאשר משתמשים בצידוד שאינו עונה על דרישות הבטיחות הרלוונטיות, וכן כאשר התהליך מבוצע על-ידי אנשים שאינם מיומנים.

בטרם אציג את ההיבטים הבטיחותיים שהם נשוא מאמר זה, אתייחס בקצרה להיבט ה"ביצועי" של נורות לד טיוב והשימוש בהן. כידוע, תאורת לד מבוססת על התקני מוליכים למחצה - דיודה פולטת אור. ביצועי התקנים אלה מושפעים רבות - הן בהיבט של משך החיים, והן בהיבטים של תפוקת האור וגוון האור - מהטמפר' המתפתחת על ההתקנים, כך שנדרש עבורם מערך קירור איכותי. כיום קיימות בשוק נורות לד טיוב בעלות מאפיינים ביצועיים נהדרים בלשון המעטה, המתבטאים ביעילות אורית גבוהה מאוד, משך חיים ארוך יחסית וגוון אור רחבים ומדויקים. יחד עם זאת, לדעתי השימוש בנורות לד טיוב, איכותיות ככל שיהיו, אינו מיועד להחלפה ישירה של נורות פלואורסצנטיות לינאריות בחלק מגופי התאורה, כגון בתאורת משרדים או שימושים דומים אחרים, וזאת בעיקר מאחר שבמקומות אלו נעשה שימוש בגופי תאורה ייעודיים בעלי ביצועים שנקבעו על-סמך השימוש במקור האור המסורתי - הנורה הפלואורסצנטית. יתרה מזאת; הכנסת נורת לד טיוב לגוף תאורה משרדי קיים, אינה מבטיחה השגת פיזור אור נכון ואולי אף עלולה לגרום לפגיעה במאפיינים המוצהרים של נורת הLED עקב צורת התקנה ופיזור חום לא מתאימים. כמו כן, היא אף עלולה לגרום לבעיות בתחום איכות החשמל ותאימות אלקטרומגנטית. לפיכך, לטעמי השימוש בנורות לד טיוב מתאים להחלפת נורות פלואורסצנטיות

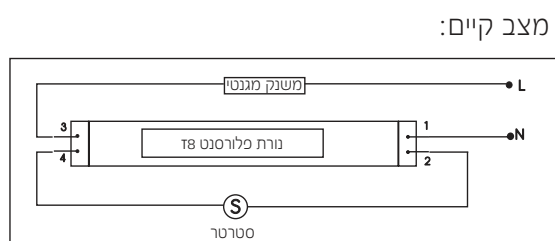
שיטות נפוצות להחלפת נורה פלואורסצנטית בנורות לד טיוב

למעשה, ניתן להשתמש בנורות לד טיוב באופנים הבאים:

- בגופי תאורה שתוכננו באופן ייעודי לעבוד באמצעות נורות לד טיוב.
- בגופי תאורה פלואורסצנטיים קיימים, מבלי לבצע שינויים והתאמות בגוף התאורה.
- בגופי תאורה פלואורסצנטיים קיימים, עם עריכת שינויים בהם והמרתם למתאימים לחיבור נורות לד טיוב.

בחרתי להתייחס להחלפה של נורות פלואורסצנטיות מטיפוס T8 הפועלות באמצעות שיטת ההצתה הרגילה (Glow-Starters Switch Circuit), שהיא שיטת ההפעלה הבסיסית והנפוצה ביותר

איור 1: מעגל ההפעלה הבסיסי של נורה פלואורסצנטית



מקור: חברת ניוסקו

איור 2: דוגמא של "סטרוטר קצר" להחלפת הסטרוטר הקיים בגוף תאורה המיועד להחלפת הנורה הפלואורסצנטית בנורת לד טיוב



מקור: OSRAM

דרכו זרם, כך שיש עליו איבודי אנרגיה. לעתים, בתצורה זו נורת הטיוב לד אינה נדלקת ויש צורך להחליף את כיוון ההכנסה שלה לגוף התאורה מימין לשמאל (בשל תצורת המכנה הפנימי של הנורה, אשר מיועד לקבל הזנה מצד אחד בלבד שלה).

החלפת נורות פלואורסצנטיות בנורות לד טיוב, תוך התערבות בחיווט הפנימי של גוף התאורה הקיים וניתוק הנטל האלקטרומגנטי

על-מנת למנוע את איבודי האנרגיה בנטל הקיים (כפי שתוארו לעיל), נדרש לפתוח את גוף התאורה, לנתק את הנטל הקיים ולערוך שינויים בחיווט של הגוף בהתאם, כך שיתאים לחיבור

במערכות תאורה פלואורסצנטיות (איור 1). כמו כן המאמר מתייחס לנורות לד טיוב בעלות דרייבר פנימי אשר מוזנות במתח 230 וולט.

נחזור מעט שנים בזמן וניזכר במעגל ההפעלה הפלואורסצנטי הכולל נטל (משנק) אלקטרו-מגנטי ומדלק (סטרוטר). בשיטה זו, עם הפעלת מתח המבוא למעגל נסגרים מגעי המדלק, והזרם שזורם באלקטרודה של הנורה גורם לחימום ולפליטת אלקטרונים לחלל השפופרת הפלואורסצנטית ולאידוי הכספית שבה. לאחר זמן קצר של כמה שניות מופיע בין הקתודות של הנורה מתח רגעי גבוה אשר גורם לתהליך של פריקת הגז בנורה ולהצתת הנורה. בגמר ההצתה פוחת זרם המעגל ומתח המקור מתחלק בין הנטל לבין הנורה. תפקידו של הנטל הוא לייצב את הזרם הדרוש לנורה.

החלפת נורות פלואורסצנטיות בנורות לד טיוב ללא ניתוק הנטל הקיים וללא התערבות בחיווט הפנימי של גוף התאורה הקיים

חלק מהיצרנים מאפשרים לחבר נורות לד טיוב ישירות לגופי תאורה פלואורסצנטיים קיימים, ללא התערבות בחיווט של גוף התאורה וללא ניתוק של הנטל הקיים בו. נורת הלד במקרה זה היא נורה בעלת נטל עצמי פנימי. על-מנת ליישם שיטה זו, מצורף לכל נורת לד טיוב רכיב תחליפי למדלק (סטרוטר) של הנורה הפלואורסצנטית. רכיב זה מכונה בשפה המקצועית "סטרוטר קצר" (איור 2). שיטה זו פחות יעילה מההיבט האנרגטי, מאחר והנטל האלקטרומגנטי הקיים בגוף התאורה נשאר מחובר ועובר

טבלה 1: קונפיגורציות של התקנות נורות לד טיוב בעלות תצורות שונות

הוצאת המדלק הקיים ללא הכנסת כל רכיב אחר	הוצאת המדלק הקיים והחלפתו ברכיב תחליפי כגון "סטרוטר קצר" או נתיך ייעודי	המרת החיווט בגוף התאורה הקיים כך שניתן לחבר את המופע והאפס באותו צד של הטיוב אולם משני צדדי הטיוב	המרת החיווט בגוף התאורה הקיים כך שניתן לחבר את המופע והאפס רק מצד אחד של הטיוב	המרת החיווט בגוף התאורה הקיים כך שניתן לחבר את המופע בצד אחד של הטיוב ואילו את האפס בצד השני של הטיוב
הנורה לא נדלקת	הנורה לא נדלקת	עבודה תקינה	עבודה תקינה רק בצד אחד (אם לא נדלקת, יש להחליף את כיוון הכנסת הנורה לגוף)	הנורה לא נדלקת
קצר	קצר	עבודה תקינה	סכנה ביחודית! הפינים שבקצה האחד של בסיס השפופרת עלולים להיות חשופים למתח חי בעת הכנסת הבסיס השני של השפופרת לבית הנורה	קצר
הנורה לא נדלקת	הנורה לא נדלקת	קצר	עבודה תקינה בעת הכנסת הנורה בכיוון אחד, קצר בעת הכנסתה בכיוון הנגדי	הנורה לא נדלקת
הנורה לא נדלקת	הנורה לא נדלקת	עבודה תקינה בכיוון אחד, אבל לא תעבוד אם מחליפים כיוון	הנורה לא נדלקת	עבודה תקינה
עבודה תקינה	קצר	קצר	קצר	עבודה תקינה
תאורה חלקית	תאורה חלקית	הנורה לא נדלקת	הנורה לא נדלקת	עבודה תקינה
תאורה חלקית	תאורה חלקית	קצר	הנורה לא נדלקת	עבודה תקינה

מקור: Safe Installation of Retrofit Led Lamps – UK's electrical safety experts

אחד הכלים להתמודדות עם הבעיות שהוצגו לעיל ולמניעת סכנה בטיחותית בעת שימוש בנורות לד טיוב, הוא שימוש בנורות תקינות שיוצרו ונבדקו בהתאמה לדרישות תקן רלוונטי.

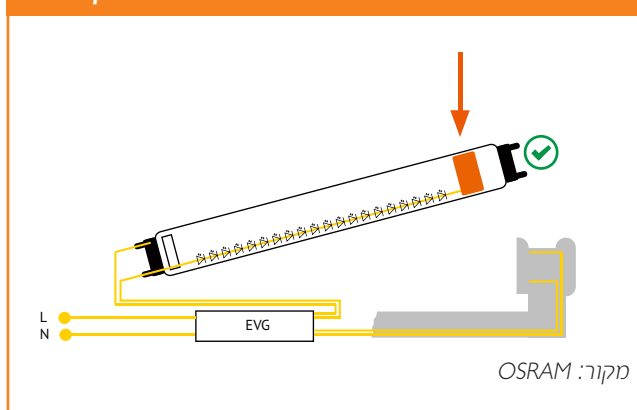
התקן הרלוונטי עבור נורות אלה הוא התקן הישראלי ת"י 62776 "נורות דיודה פולטת אור (LED) בעלות שתי כיפות, שתוכננו להחלפת נורות פלואורוניות ליניאריות - דרישות בטיחות". תקן זה מאמץ את התקן הבינלאומי.

IEC 62776 "Double-capped LED lamps designed to retrofit linear fluorescent lamps – safety specifications".

התקן מנחה לבדוק באופן יסודי ומקיף את בטיחות הנורה לרבות עמידות במתח פריצה, תאימות אלקטרומגנטית, בטיחות פוטוביולוגית, עמידות בפני חום ועוד.

ראוי לציין כי המעמד של התקן אינו רשמי והוא לכאורה אינו מחייב, דהיינו - ניתן למצוא בשוק, ואף נתקלתי בכך, גם נורות לד טיוב שאינן עומדות בדרישות התקן ולא נבדקו על-פי. יחד

איור 5: רכיב הגנה לדוגמא למניעת הופעת מתח בהדקי הנורה



עם זאת, מומלץ לעוסקים בחשמל, באחזקת מתקנים, בתכנון מתקנים ובהתייעלות אנרגטית, להגדיר בדרישות הרכש שלהם דרישת סף של תקן בטיחות זה.

אחת הדוגמאות הבולטות שברצוני לצטט מהתקן הנ"ל היא הדרישה בדבר אלמנט המונע את הסכנה הבטיחותית שתוארה לעיל, והיא מופיעה תחת הכותרת "Pin-safety during insertion". בסעיף זה נדרש, שכאשר הנורה מוכנסת בצידה האחד לבית הנורה, לא יופיע מתח על הקצה השני של שפופרת הנורה, כך שתימנע האפשרות להתחשמלות.

באיור 5 מוצג לדוגמא רכיב הגנה כדלקמן אשר מהווה חלק בלתי נפרד מהנורה ומאפשר זרימת זרם והופעת מתח על הדקי הנורה רק כאשר 2 צדי השפופרת (2 הבסיסים) הוכנסו לתוך בית הנורה.

סיכום

השימוש בנורות לד טיוב כתחליף לתאורה פלואורסצנטית ליניארית עשוי להניב חסכון אנרגטי בלתי מבוטל. יחד עם זאת, בעוד רבות מנורות הטיוב לד הזמינות לצרכן הן באיכות מקובלת ועונות על דרישות התקינה הרלוונטית, קיימות בשוק נורות שאינן עומדות בדרישות הללו ועלולות אף להוות סכנה בטיחותית.

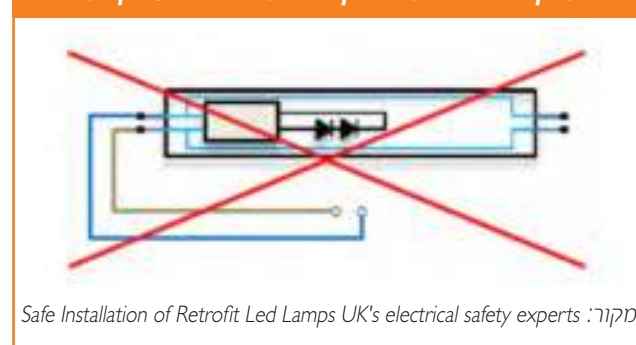
לפיכך, חשוב להישמע להוראות ההתקנה של היצרנים ולהשתמש רק בנורות שעומדות בדרישת התקן הבטיחותי - תקן ישראלי ת"י 62776 "נורות דיודה פולטת אור (LED) בעלות שתי כיפות, שתוכננו להחלפת נורות פלואורוניות ליניאריות - דרישות בטיחות", או התקנים המקבילים הזרים.

נורת הלד. פעולה זו חייבת, כמובן, להתבצע אך ורק באמצעות חשמלאי מורשה.

קיימות בשוק נורות לד טיוב בעלות מגוון תצורות מבנה פנימיות שונות זו מזו, המשפיעות על אופן ההתקנה והחיווט הנדרש בגוף התאורה. טבלה 1 מציגה את היכולת ואת אי-היכולת של נורות לד טיוב בעלות תצורות פנימיות שונות להתאים להתקנה בגופי תאורה פלואורסצנטיים במצבים שונים. לדוגמא: הוצאת המדלק הקיים ללא הכנסת כל רכיב אחר; הוצאת המדלק הקיים והחלפתו ברכיב תחליפי כגון "סטטר קצר" או נתיך ייעודי; המרת החיווט בגוף התאורה הקיים כך שניתן לחבר את המופע והאפס באותו צד של הטיוב אולם משני צדי הטיוב; המרת החיווט בגוף התאורה הקיים כך שניתן לחבר את המופע והאפס רק מצד אחד של הטיוב; המרת החיווט בגוף התאורה הקיים כך שניתן לחבר את המופע בצד אחד של הטיוב ואילו את האפס בצד השני של הטיוב.

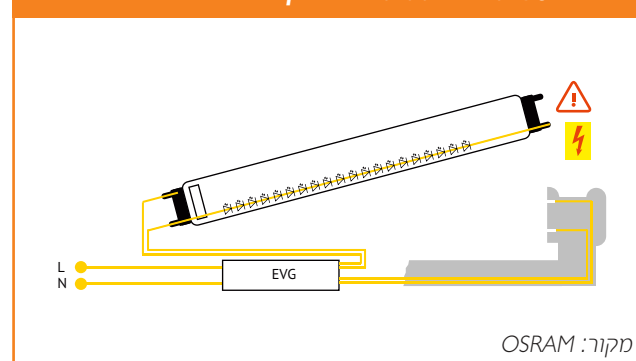
כמתואר בטבלה 1, קיימת שונות רבה בין נורות לד טיוב שונות, והיא משפיעה על אופן החיבור שלהם והתאמתם לגופי תאורה פלואורסצנטיים קיימים. לפיכך, התקנה לא מתאימה עלולה, מעבר לחוסר היכולת להפעיל את הנורה, לגרום גם לקצרים חשמליים ואף לפגיעה בנורה. יתרה מזאת, המרת החיווט בגוף תאורה והתאמתו לנורה לד טיוב מסוימת אינה בהכרח תתאים להתקנת נורת לד טיוב מטיפוס שונה. הדבר עלול להוות בעייה בטיחותית ותפעולית בעת תחזוקה עתידית.

איור 3: קונפיגורציה של התקנת לד טיוב בעלת סיכון בטיחותי



Safe Installation of Retrofit Led Lamps UK's electrical safety experts

איור 4: סכנת הופעת מתח על הדקי הנורה



מפגע בטיחותי פוטנציאלי בנורות לד טיוב

כפי שמוצג באחת מהקונפיגורציות שבטבלה 1 וכמתואר באיורים 3 ו-4, החיווט של המופע והאפס בגוף התאורה נעשה בצד אחד של השפופרת (טיוב). כאשר צד אחד של בסיס הנורה (נורה בעלת תצורה פנימית המתוארת באיור) מוכנס לבית הנורה, עלול להופיע מתח חי על הפינים של הבסיס השני של הנורה. מצב זה בלתי מתקבל על הדעת כיוון שהוא עלול להוביל להתחשמלות.



הגנת "איבוד מתח מקור" LOSS OF MAIN (LOM)

בשנים האחרונות הולך וגובר השימוש במקורות ייצור מבוזרים המסונכרנים לרשת החשמל: דיזל גנרטורים, מתקנים פוטו-וולטאיים, מתקני טורבינות רוח, וכדומה. בעת תקלה ברשת החשמל וניתוקה בנקודה מסוימת, עלול להיווצר במורד הרשת מנקודת הניתוק "אי חשמלי", שכולל גם מקורות ייצור מבוזרים וגם צרכנים, כך שמקורות הייצור מזינים את ה"אי" שנוצר. תצורה זו מסוכנת לצרכנים ולמקורות הייצור גם יחד, ולכן מחייבת ניתוק של מקורות הייצור בעת תקלה ברשת. אחד האמצעים ליישום זה הוא הגנת איבוד מתח מקור הקרויה Loss of Main, ועל כך בקצרה במאמר שלפניכם.

מצב זה אינו רצוי מנקודת המבט של איכות החשמל, והוא אף עלול לגרום לסיכון בטיחותי, כמתואר בהמשך המאמר. ולכן, מקורות הייצור מתבקשים לזהות בעיות באספקה מצד רשת החלוקה ("איבוד מתח מקור") ולהתנתק כתוצאה מכך מרשת החלוקה.

בעיית "אי החשמל"

כאמור, מצב של "אי חשמלי" ברשת החלוקה עשוי להיות מסוכן, מאחר ומקורות הייצור ממשיכים להזרים אנרגיה לרשת שהם אינם "מורשים"



הגנת "איבוד מתח מקור" (LOM) היא יישום הכרחי בפעילות של מקורות ייצור קבועים המסונכרנים לרשת החלוקה, או גם כאלה בעלי מערכת "העברה שקטה" (גנרטור חח"י). בין מקורות ייצור אלה ניתן לתאר טורבינות רוח, מתקנים פוטו-וולטאיים, דיזל גנרטורים וכדומה.

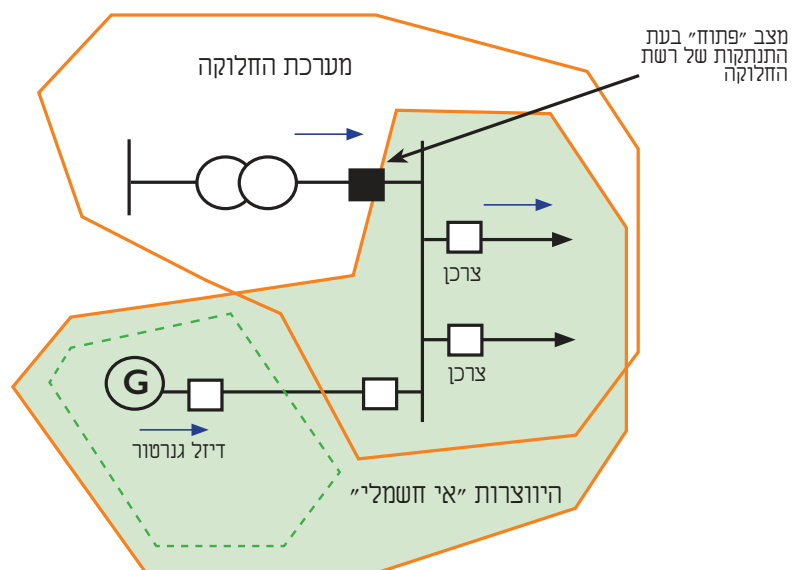
מטרת הגנת ה-LOM היא למנוע היווצרות של "איים חשמליים" ברשת (Power Islands). מדובר בתרחיש שבו חלק מרשת החלוקה מנותק מצד האספקה, אך צרכני הרשת ממשיכים לקבל אספקה באמצעות אותם מקורות ייצור מבוזרים הנמצאים בתחומם, כמתואר באיור 1.

להזינה. הדבר עלול לסכן את העובדים במתקנים השונים בתחום ה"אי", בשעה שהרשת המזינה אמורה להיות מופסקת. בנוסף, עלולות להיגרם בעיות באיכות החשמל המסופק - וזאת עקב חוסר איזון בין הספקי מקורות הייצור לעומסי הצרכנים בכל רגע ורגע, כך שאספקת החשמל לצרכנים עלולה להיות בלתי יציבה מבחינת מתח ותדר. הדבר עלול לפגוע במתקני החשמל של הצרכנים, וכן עלול לפגוע גם במקורות הייצור ואף לגרום לקריסתם. בעת חיבור חוזר של מתח רשת האספקה, עלולים מקורות הייצור להיות במצב של אי-סנכרון עם רשת האספקה ולהינזק מכך. יתירה מכך; תהליך גילוי תקלות ברשת שבתוך "אי החשמל" קשה יותר.

ממסר הגנת איבוד מתח מקור - לזיהוי ומניעת "אי חשמלי"

על-מנת למנוע מצב של "אי חשמלי", כל מקורות הייצור שמחוברים לרשת נדרשים להתקין ממסר הגנת איבוד מתח מקור (LOM), אשר בניגוד לממסר חוסר

איור 1: דוגמא - היווצרות של "אי חשמלי" בתוך רשת החלוקה



המשך בעמוד 15



עכבת לולאת תקלה מירבית מותרת, בהתאמה לאופייני מא"זים

עכבת לולאת התקלה הינה מדד חשוב המצביע על איכות ההגנה בפני חישמול. בחירת המבטח המתאים להגנה בפני חישמול, במיתקנים המוגנים בשיטת הארקה הגנה (TT) ובמיתקנים המוגנים בשיטת הארקה (TN-C-S), מבוססת על הערך הנמדד של עכבת לולאת התקלה במיתקן החשמל. מאמר זה מציג את ערכי העכבה המירבית המותרת של לולאת התקלה, כתלות באופיינים השונים של המא"זים

עכבת לולאת התקלה

בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה מפני חישמול במתח עד 1,000 וולט) מוגדרת לולאת התקלה כדלהלן:

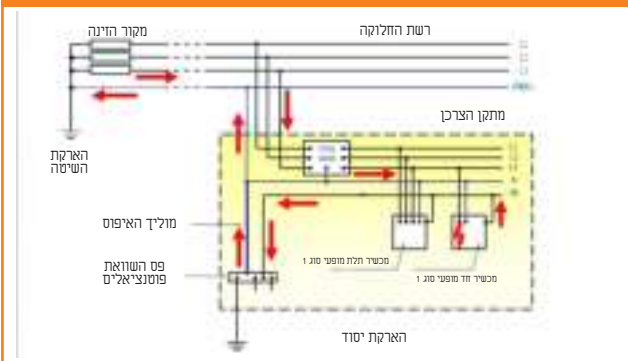
"לולאת התקלה" - מסלול זרם התקלה ממקור הזינה, דרך מוליכי הזינה, מוליכי הארקה ומוליכי PEN, אלקטרודת הארקה המסה הכללית של האדמה, הארקה שיטה של מקור הזינה, כולם או מקצתם, מחוברים בטור או במקביל, שדרכו עובר זרם התקלה או זרם הדלף;

העכבה המירבית המותרת של לולאת התקלה במיתקן המוגן בשיטת הארקה הגנה או בשיטת הארקה, חייבת להיות כזו שבעת קצר בין מופע לארקה, יזרום במעגל זרם קצר בעוצמה שתגרום לניתוק המבטח תוך 5 שניות לכל היותר.

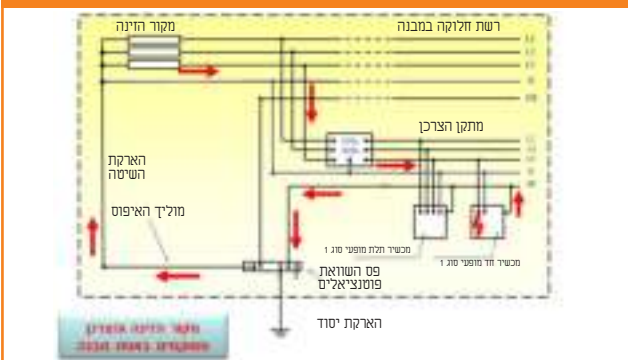
באיור 1 מתואר מסלול זרימת זרם התקלה, במיתקן המוגן בפני חישמול בשיטת הארקה הגנה (TT): החל ממקור הזינה (שנאי), דרך המעגל ודרך המכשיר הפגום - וחזרה למקור הזינה. חלק מלולאת התקלה כולל את המסה הכללית של האדמה בין אלקטרודת הארקה של המתקן לבין הארקה השיטה של מקור הזינה. חלק זה הינו בעל עכבה גבוהה.

באיורים 2 ו-3 מתואר מסלול זרימת זרם התקלה במיתקן, המוגן בפני חישמול באמצעות איפוס (TN-C-S ו-TN-S בהתאמה): רוב זרם התקלה זורם במסלול מתכתי - החל ממקור הזינה,

איור 2: לולאת התקלה במיתקן המוגן בפני חישמול בשיטת הארקה (TN-C-S)



איור 3: לולאת התקלה במיתקן המוגן בפני חישמול בשיטת הארקה (TN-S)



תקנה 42 בתקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חישמול) דנה בעכבת לולאת תקלה המבטיחה - במקרה של קצר - ניתוק הזינה תוך פחות מחמש שניות, כאשר משתמשים במא"זים בעלי אופיין L וכן בנתיכים בעלי אופיין GI. ואולם, הטבלה המוצגת בתקנה זו פחות מתאימה כיום מאחר שמא"זים בעלי אופיין L כבר לא נפוצים וכמעט יצאו משימוש. בהמשך המאמר נציג את הקשר בין אופיין המא"ז וערכי העכבה המירבית המותרת של לולאת התקלה.

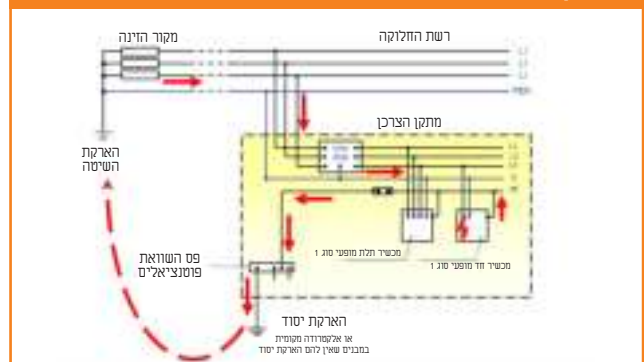
מבנה ואופן הפעולה של מא"ז

מא"ז (מפסק אוטומטי זעיר - MCB - Miniature Circuit Breaker) הוא מבטח בעל התקן הגנה שאיננו ניתן לכיוונון, המשלב התקן הגנה אלקטרו-מכני להגנה בפני קצר והתקן הגנה תרמי להגנה בפני עומס יתר.

באיור 4 מתואר מבנה עקרוני של מא"ז.

ההגנה בפני קצר מתבצעת באמצעות אלקטרומגנט. זהו ניתוק מיידי (instantaneous tripping). אלקטרומגנט מורכב מליבת ברזל

איור 1: לולאת התקלה במיתקן המוגן בפני חישמול בשיטת הארקה הגנה

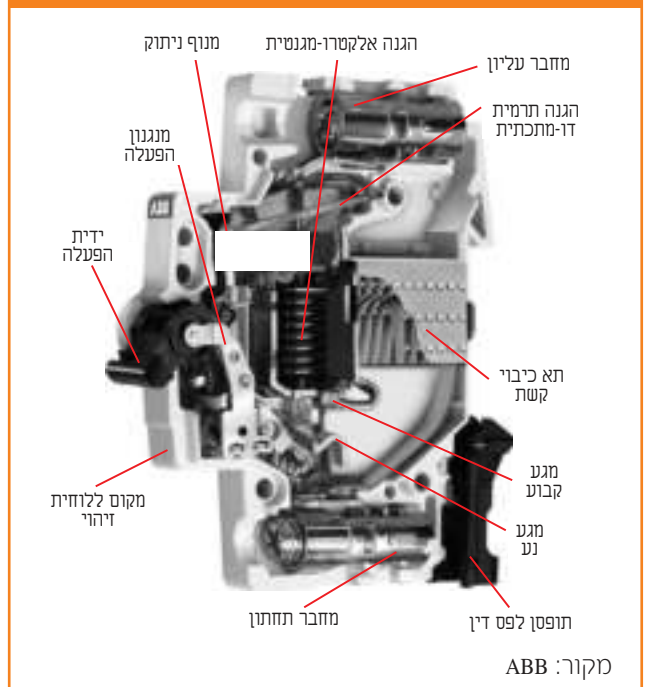


דרך המכשיר הפגום, פס ההארקה, פס השוואת הפוטנציאלים, מוליך הארקה וחזרה למקור הזינה. חלק קטן מאוד מזרם התקלה זורם דרך הארקה היסוד, האדמה והארקה השיטה של מקור הזינה, כיוון שההתנגדות החשמלית של מסלול זה גבוהה בהרבה מההתנגדות המסלול המכיל את מוליך הארקה. עכבת לולאת התקלה של מתקן המוגן באמצעות איפוס, נמוכה מזו של מתקן המוגן באמצעות הארקה הגנה. ככל שעכבת לולאת התקלה נמוכה יותר, כך זרם התקלה יהיה גבוה יותר והמבטח יפסיק את זרם התקלה מהר יותר.

שסביבה מלוכף המוליך נושא הזרם. כאשר הזרם עובר גבול מסוים, המגע מתנתק ומפסיק את הזרם במעגל שעליו הוא מגן (שימוש ידית המפסק).

ההגנה בפני עומס יתר מתבצעת באמצעות רכיב דו-מתכת. זהו ניתוק מושהה (delayed tripping). הזרם מחמם מתכת אחת יותר מהשנייה, ונוצר כיפוף עד אשר בטמפרטורה מסוימת המגע מתנתק ומפסיק את הזרם במעגל שעליו הוא מגן (שימוש ידית המפסק).

איור 4: מבנה אופייני של מא"ז

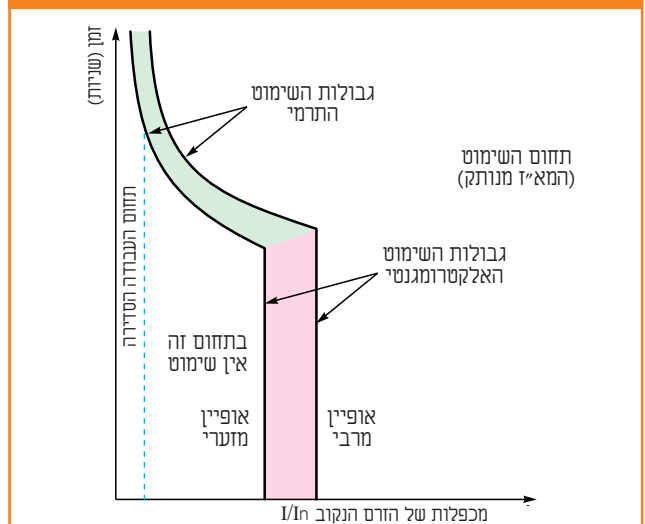


ההגנה על כבל או על מכשיר בפני עומס (חימום) יתר, תלויה בעוצמת זרם היתר ובמשך זרימתו (משך ההשהיה עד לניתוק). הצירוף של שני סוגי ההגנות מתבטא באופיין זרם/זמן המתאים לכל סוג של מא"ז (ראה איור 5).

כמתואר באיור 5, הציר האנכי הינו ציר הזמן (בשניות), והציר האופקי הינו כפולות של הזרם הנקוב (יחס הזרם לזרם הנקוב) - I/I_n (ללא יחידות).

שני הצירים של האופיין הם לוגריתמיים, וזאת כדי לאפשר הצגת

איור 5: אופיין זרם-זמן ניתוק אופייני של מא"ז



מקור: שניידר אלקטריק

תחום רחב יותר של זמנים וזרמים. לכל סוג של אופיין (B, C, D, K, או Z, כפי שיוסבר בהמשך המאמר) ישנן שתי עקומות שהתחום ביניהן צבוע. כאשר הזרם הזורם במא"ז יהיה גדול מהזרם הנקוב של המא"ז, יתבצע שימוט (TRIP) בתוך פרק זמן כלשהו.

האזור מימין לתחום אופיין מסוג מסוים הוא אזור הניתוק הבטוח של המא"ז, ואילו האזור משמאל לתחום אופיין מסוג מסוים הוא אזור בו המא"ז לא יינתק (לא "יקפוץ"). התחום הצבוע הוא תחום אי הוודאות, הנגזר מהגבולות שנקבעו בתקן.

אופיין המא"ז מורכב משני חלקים:

- הגנה בפני עומס יתר (הגנה תרמית) מתייחסת לחלק העליון של האופיין ומתאפיינת בזמני תגובה איטיים. ככל שהזרם גבוה יותר, משך הזמן עד לשימוט מתקצר (יחס הפוך - Inverse Time). המא"זים מותאמים לעבודה בתחום טמפרטורות סביבה מסוימות. כאשר המא"ז קר (טרם הספיק להתחמם), זמני התגובה בו איטיים יותר מאשר במא"ז חם. במא"זים מסוגים שונים התחום התרמי דומה למדי, והשינוי הוא בתחום המגנטי.
- הגנה בפני זרם קצר (הגנה אלקטרומגנטית) - מתייחסת לחלק התחתון של האופיין - ומתאפיינת בזמני תגובה מהירים. כשהזרם עובר סף מסוים המתאים לסוג המא"ז, השימוט יהיה מהיר מאוד.

הקשר בין אופיין המא"ז לעכבת לולאת התקלה

כאמור, העכבה המירבית המותרת של לולאת התקלה - במיתקן המוגן בשיטת הארקה הגנה או בשיטת האיפוס - חייבת להיות כזו, שבזמן קצר בין מופע להארקה, יזרום במעגל זרם קצר בעוצמה שתגרום לניתוק המבטח תוך 5 שניות לכל היותר.

לפיכך, עלינו להבטיח באופיין המא"זים השונים ולבחון מהו הזרם (כפולה של הזרם הנומינאלי של המא"ז) שבו מובטח ניתוק תוך פרק זמן שלא יעלה על 5 שניות.

מא"זים משמשים כיום להגנה עד לזרם של 125 אמפר ומחולקים על פי האופיינים: B, C, D, K ו-Z.

על מא"זים בעלי אופיינים B, C ו-D למתקנים ביתיים ולמתקנים דומים, חל התקן הישראלי ת"י 60898-1 "אבזרים חשמליים - מפסקים להגנה מפני זרם-יתר למתקנים ביתיים ולמתקנים דומים: מפסקים אוטומטיים זעירים לפעולה בזרם חילופים".

על מפסקי מעגל בעלי אופיינים B, C ו-D וגם Z, K שנועדו לשימושים תעשייתיים, חל התקן הישראלי ת"י 60947-2 "ציוד מיתוג ובקרה למתח נמוך: מפסקי מעגל". תקן זה משמש לאפיון מא"זים, מפסקי זרם באוויר ומפסקי זרם יצוקים.

אופיינים B, C ו-D משמשים כבסיס להגנת כבלים.

אופיין K משמש כבסיס להגנת שנאים ומנועים בעלי זרם התנעה גבוה, והכבלים המזינים אותם.

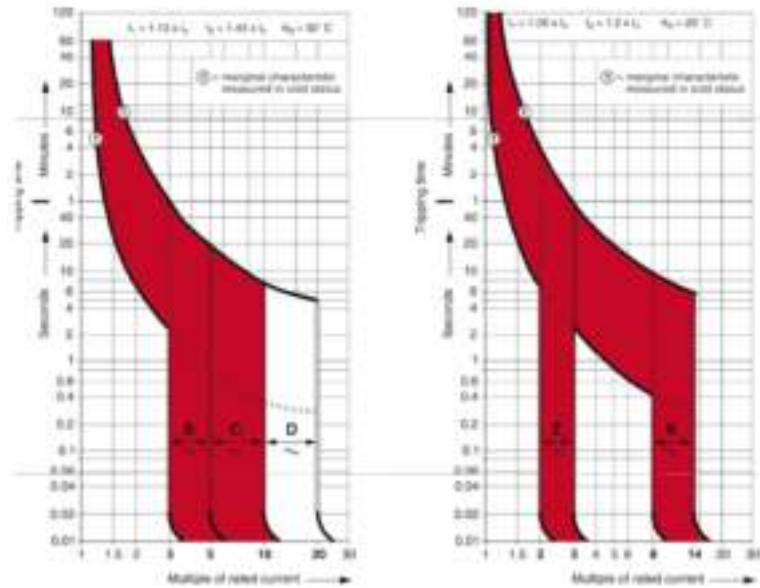
אופיין Z משמש כבסיס להגנת מעגלים בעלי אימפדנסים גבוהים, ממירים ומוליכים למחצה.

מא"זים בעל אופיין Z קיימים כבר בערך נקוב המתחיל ב-0.5 אמפר ומעלה. מא"זים בעל אופיין B קיימים רק בערך נקוב המתחיל ב-6 אמפר ומעלה.

במתקנים בהם מתרחשים לעיתים קרובות נחשולי זרם (current peaks), (הנובעים מזרמי התנעה (inrush currents) של מנועים, שנאים, רתכות, מטענים וכו'), שימוש במא"ז בעל אופיין K או בעל אופיין D משפר את האמינות התפעולית (לדוגמה, ביחס למא"ז בעל אופיין C), כך שהם מונעים ניתוק של המעגל בעקבות זרמי התנעה גבוהים (כמוכן שיש לבחור באופיין המתאים בהתאם לגודל זרמי ההתנעה הידועים).

באיור 6 מוצגים האופיינים של המא"זים, תוך הצגת הסימונים הבאים:

איור 6: אופייני זרם-זמן ניתוק של מא"ז B, C, D, K ו-Z



מקור: ABB

בתחום שבין פי 5 – 10 מהזרם הנומינלי (כגון פי 6.6 במא"זים של יצרנים מסוימים).

לפיכך, עכבת לולאת התקלה המירבית המותרת תהיה:

$$Z_C \leq \frac{230}{10 \cdot I_n}$$

כמובן שעל-פי האופיינים של היצרנים השונים ניתן לחשב את עכבת לולאת התקלה בהתאם. לדוגמא, עבור מא"ז בזרם נומינלי של 20 אמפר, עכבת לולאת התקלה המירבית המותרת תהיה 1.15 אוהם כאשר הניתוק תוך 5 שניות מתרחש בזרם של פי 10 מהזרם הנומינלי; ואילו עבור מא"ז בעל אופיין שבו הניתוק תוך 5 שניות יתקבל בזרם של פי 6.6 מהזרם הנומינלי, עכבת לולאת התקלה המירבית המותרת תהיה 1.74 אוהם.

בטבלה 1 ריכזנו את ערכי לולאת התקלה המירבית המותרת עבור מא"זים מסוג B ו-C ובהתאמה לזרם הנומינלי שלהם.

טבלה 1: ערכי עכבת לולאת תקלה מירבית

אופיין C		אופיין B		I _n (אמפר)
Z _c (אוהם)	I _{kc} (אמפר)	Z _B (אוהם)	I _{kB} (אמפר)	
3.83	60	7.67	30	6
2.3	100	4.60	50	10
1.43	160	2.88	80	16
1.15	200	2.30	100	20
0.92	250	1.84	125	25
0.71	320	1.44	160	32
0.65	350	1.31	175	35
0.57	400	1.15	200	40
0.46	500	0.92	250	50
0.36	630	0.73	315	63
0.28	800	0.58	400	80
0.23	1000	0.46	500	100
0.18	1250	0.37	625	125

סיכום:

קיימת חשיבות רבה להתאמת הערך המירבי המותר של עכבת לולאת התקלה במיתקן המוגן באמצעות שיטת הארקת הגנה או איפוס, אל האופיין של המבטח.

חשוב להבחין בין האופיינים השונים של המבטחים, ולא להסתמך על הערכים המופיעים בטבלה הישנה שבתקנה 42 מתוך תקנות החשמל (הארקות ואמצעי הגנה בפני חשמול), שפחות מתאימה כיום מאחר שמא"זים בעלי אופיין L כבר לא נפוצים וכמעט יצאו משימוש.

כאשר מדובר במבטחים בעלי אופיינים אחרים (כגון מפסקים אוטומטיים יצוקים, מפסקי אוויר, נתיכים וכדומה), יש צורך לבחון על-פי האופיינים שלהם מהו הזרם המינימאלי שבו מובטח ניתוק תוך 5 שניות, ועל-פיו לחשב מהי עכבת לולאת התקלה המירבית המותרת.

I_n – הזרם הנקוב של המא"ז
 I₁ – זרם הבדיקה הנמוך. ערכי זרם הקטנים מזרם זה יבטיחו עבודה של המא"ז ללא ניתוק.
 I₂ – זרם הבדיקה הגבוה, זרם השימוש המובטח לאחר שעה.

בתקנה 6א' בתקנות החשמל "העמסה והגנה על מוליכים מבודדים וכבלים במתח נמוך" נקבע, שזרם I₂ עבור מא"זים יהיה שווה ל-1.45I_n.

כמתואר באיור 6 המבוסס על דרישות התקנים, עבור אופיינים B, C ו-D, זרם השימוש המובטח תוך שעה בתחום התרמי הוא I₂ = 1.45I_n, וזרם הבדיקה הנמוך הוא I₁ = 1.13I_n כך שלאחר שעת עבודה בתחום זרם הגדול ב-45% מהזרם הנקוב, המא"ז יפסיק את המעגל. כאשר יזרום זרם יתר שאינו גדול ב-13% מהזרם הנקוב, המא"ז לא יפסיק את המעגל; ואילו עבור אופיינים Z ו-K, זרם השימוש המובטח תוך שעה בתחום התרמי הוא I₂ = 1.2I_n, וזרם הבדיקה הנמוך הוא I₁ = 1.05I_n.

בתחום המגנטי אופייני המא"זים הם כדלקמן:

האופיין המגנטי של מא"ז מסוג B, נמצא בתחום בין 3I_n ל-5I_n.
 האופיין המגנטי של מא"ז מסוג C, נמצא בתחום בין 5I_n ל-10I_n.
 האופיין המגנטי של מא"ז מסוג D, נמצא בתחום בין 10I_n ל-20I_n.
 האופיין המגנטי של מא"ז מסוג K, נמצא בתחום בין 10I_n ל-14I_n.
 האופיין המגנטי של מא"ז מסוג Z, נמצא בתחום בין 2I_n ל-3I_n.

כמתואר באיור 6, באופיין של מא"ז מסוג B ניתוק תוך 5 שניות נמצא בתחום המגנטי בזרם העולה על פי 5 מהזרם הנומינאלי של המבטח (שכן התחום המגנטי שלו הוא בין פי 3 לפי 5 מהזרם הנומינאלי). לפיכך, עכבת לולאת התקלה המירבית המותרת תהיה:

$$Z_B \leq \frac{230}{5 \cdot I_n}$$

כמתואר באיור 6, באופיין של מא"ז מסוג C ניתוק תוך 5 שניות יתבצע בזרם העולה על פי 10 מהזרם הנומינאלי של המא"ז. ניתן למצוא בשוק מא"זים שבהם הניתוק תוך 5 שניות מתרחש



ברוכים הבאים לעולם הזמנות הדיגיטלי של חברת החשמל!!!



חזרת נתונים
הקמת הזמנות באופן עצמי ע"י חלקות

מידע מסך
מעקב אחר סטאטוס הזמנה בצורה אוטומטית

ניהול הנתונים
יכולת תחקור הנתונים - מין, אזור, חודש / חודש לאסוף

תצוגה ידידותית
מסכי אשמים המלווים את חלקות לאורך כל התהליך

יצירת קשר
אפשרות ליצירת קשר

תצוגה חדשה
תצוגה חדשה מותאמת לתהליך העסקי

תצוגת 360
תצוגת מידע רב מימית ללקוחות

חווית משתמש
חווית משתמש חדשה ומותאמת להתפתחות הטכנולוגית

מובייל
תצוגה על גבי מסכי מובייל למחלקת מרכז של המשתמש

במערכת הדיגיטלית אשר תושק לציבור הרחב בתחילת שנת 2019, תוכלו לבצע בקלות ובמהירות מגוון פעולות בתחום הזמנות החיבורים לחשמל.

לקבל מידע ולהתעדכן באופן תדיר ועצמאי בכל מקום ובעל זמן שתבחרו.
המערכת הינה ידידותית למשתמש, ותאפשר לכם לבצע - בצורה מקוונת וקלה - פעולות שעד כה דרשו מכם להגיע פיזית למשרדי החברה. היא גם מאפשרת פעילות ותצוגה גם בטלפונים ניידים, ובכך חיסכון של זמן יקר ומשאבים.
ההרשמה לשירות זה תתבצע דרך אתר חברת החשמל באינטרנט - www.iec.co.il - רישום לאזור האישי.

להלן הפעילויות העיקריות שניתן לבצע באמצעות המערכת:

- פתיחת הזמנה להגדלת חיבור (בהמשך הפיתוח ניתן יהיה לפתוח גם הזמנה לחיבור חדש)
- פתיחת הזמנה לבדיקת מתקן
- תשלום בגין ההזמנה
- צפייה בכל ההזמנות הקשורות אליכם
- ביור סטטוס הזמנה פרטית
- יצירת קשר עם חברת החשמל בנוגע להזמנה הספציפית, תוך כדי התכתבות עם נציגי החברה בתיבת שיחה ייעודית
- טעינת קבצים להזמנת החיבור
- שימוש במחשבון תעריפים לבירור עלות ההזמנה
- קבלת מידע לגבי הזמנת חיבור/ הגדלת חיבור/ בדיקת מתקן



תמונה אחת שווה אלף מילים

דוד חשמלי לחימום מים במקלחת



כמו בגיליון הקודם, גם בגיליון זה בחרנו להציג לפניכם התקנה בחדר אמבטיה בדירת מגורים. והפעם, התקנת דוד לחימום מים.

השאלה הנשאלת היא, האם ההתקנה אינה נוגדת את תקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים ממתח עד 1,000 וולט) בהתייחס לשאלות הבאות: האם מותר להתקין מכשיר חשמלי בתוך המקלחון? האם מותרת התקנה של כבל ההזנה במתחם המקלחון (חדרי העין יבחינו ביציאת כבל הזינה מהקיר מאחורי מתקן תליית בקבוקי השמפו)?

התשובות לשאלות הללו אינן טריוויאליות ומצריכות לקרוא בעיון את תקנות החשמל בעניין זה. בתקנה 1 בתקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1000 וולט) מוגדרים אזורי האמבטיה או המקלחון כדלקמן:

"אזור - חלל בתוך או בקרבת אמבטיה, או תא מקלחת במתקן ביתי.

אזור 0 - החלל בפנים האמבטיה או אגן המקלחת עד לגובה של סף גלישת המים מהאמבטיה או מהאגן החוצה.

אזור 1 - החלל מעל אזור 0 עד לתקרת החדר או עיגול שמרכזו בראש המקלחת ברדיוס של 60 ס"מ עד לתקרת החדר.

אזור 2 - החלל שנתחם בין אזור 0 או

1 לבין שטח שבמרחק אופקי של 60 סנטימטרים, או עד קיר או מחיצה קבועה אחרת, לפי הקרוב יותר, עד לגובה של 2.25 מטרים.

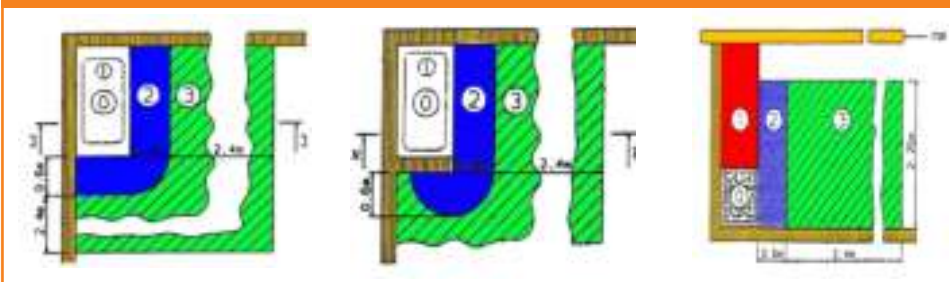
אזור 3 - החלל הנתחם בין אזור 2 לבין שטח שבמרחק אופקי של 2.40 מטרים, או עד לקיר או מחיצה קבועה אחרת, לפי הקרוב יותר, עד לגובה של 2.25 מטרים."

האיורים הבאים ממחישים את החלוקה לאזורים כפי שהם מוגדרים בתקנות.

אמבט ללא מחיצה

אמבט עם מחיצה

מבט צד



- מותר להתקין באזור ציוד חשמלי כמפורט להלן בלבד: (1) באזור 1, מכשיר לחימום מים;

- (2) באזור 2, כאמור בפסקה (1) וכן מנורות מסוג II;
- (3) באזור 3, כאמור בפסקה (2) וכן מפוחי אוורור, מחממי אויר, מייבשי מגבות, מיתקן ג'קוזי וכיוצא באלה, וכן מותר

להפעיל מכונת כביסה ומכונה לייבוש כביסה.

- התקנות באזורים 1, 2 ו-3 יהיו התקנות קבועות.
- ציוד חשמל המותקן באזורים 1, 2 ו-3, למעט ציוד קבוע מסוג II, יהיה מוגן באמצעות מפסק מגן בעל זרם הפעלה שלא יעלה על 0.03 אמפר, ואולם יכול שמפסק המגן יהיה משותף ליותר ממעגל אחד.

סעיף ו' של תקנה 19 עונה על השאלה האם בכלל מותר להתקין את הדוד החשמלי באזור 1, כך שיתיר התקנה של מכשיר לחימום מים. למעשה, דוד חשמלי לחימום מים הוא מכשיר לחימום מים



תקנה 22 הגנה בפני מפגעים מכניים
 כבל החייב בהגנה מכנית יוגן באמצעות:
 - צינור מתכת, ובלבד שיעמוד בהוראות תקנה 6;
 - צינור פלסטי קשיח;
 - כיסוי מגן קשיח אחר.
 הגנה כאמור תתאים לתנאי המקום ותוצב בגובה 1.80 מטרים לפחות מפני הקרקע או הרצפה;

ולכן אינו נוגד את הנדרש בסעיף ו'. ואולם, סעיף ב' של תקנה 19 קובע שכל ציוד המותקן באזור 1 חייב להיות בעל דרגה 5 להגנה בפני מים. ככל הידוע לנו, דוודים לחימום מים אינם בעלי דרגה 5 להגנה מפני מים.

כאשר בוחנים את הנדרש בסעיף ג' של תקנה 19, על-פניו אין מניעה ליציאה של הכבל מהקיר אל הדוד, אך אסורה התקנת תיבת הסתעפות באזור זה. יחד עם זאת, אנו סבורים שהתקנת הכבל בתוך המקלחת כמתואר בתמונה אינה מתאימה למקום ההתקנה ובכך היא נוגדת את דרישת התקנות.

יתרה מזאת; כפי שניתן להבחין בתמונה, כבל הזינה היוצא מהקיר מותקן על פינת קירות המקלחון כמה עשרות סנטימטרים עד לחיבורו לדוד, ללא חבקים המעגנים אותו לקיר וללא הגנה מכאנית עליו, כנדרש בתקנות 19 (ב) ו-22 בתקנות החשמל (התקנת כבלים במתח שאינו עולה על מתח נמוך), כדלקמן:

תקנה 19 התקנה וחיזוק של כבל

(ב) כבל יחזוק למבנה בחבקים מתאימים בלבד התואמים את הקוטר החיצוני של הכבל, סוגו ומקום התקנתו; החיזוק יהיה בר קיימא, לא יגרום נזק למעטה הכבל וימנע את החלקתו.

המשך מעמוד 9

הגנת "איבוד מתח מקור"

מתח (N.V) - אשר, כשמו, מזהה רק חוסר מתח - הוא נדרש לזהות גם את כיוון התקלה, מאחר ובפועל במצב של אי חשמלי קיים מתח ממקורות ייצור בתחום האי.

למסר LOM מספר הגנות הפועלות בשיטות שונות, כמתואר בהמשך המאמר. למעשה, נדרש לנתק את מקורות הייצור תוך 250 מילי-שניות לכל היותר, כדי למנוע מצב של אי-סנכרון בין מקורות הייצור לרשת הזינה בעת חיבור חוזר שלה. החיבור החוזר האוטומטי של מקורות הייצור לרשת החלוקה, יתאפשר רק בחלוף מספר דקות שבהן רשת החלוקה פועלת במצב יציב.

פונקציית הגנה ROCOF - Rate of Change of Frequency

הגנה זו פועלת על בסיס בדיקה של קצב שינוי התדר בזמן df/dt בנקודת החיבור של מקור הייצור לרשת. במידה וערך זה עולה על ערך סף כלשהו, מקור הייצור ינתק מהרשת. למעשה, כאשר רשת האספקה התנתקה מסיבה כלשהי, מקור הייצור "רואה" את כל עומסי (אימפדנס) הרשת ולכן תדר האספקה שלו יילך וידעך. הגנה זו אמורה להגיב תוך כ-80 מילי-שניות, עוד בטרם קרסה רשת האספקה.

פונקציית הגנה VS - Voltage Vector Shift

הגנה זו נשענת על אי-אזון הספקים ברגע היווצרות "האי החשמלי". באיור 2 מוצג לדוגמה מעגל תמורה, שמתאר את היווצרות האי החשמלי. כמתואר באיור, בטרם נוצר "אי חשמלי" המתג A סגור וזרם העומס IL מסופק גם על-ידי מקור הייצור המקומי (IG) (גנרטור בדוגמה שבאיור) וגם על-ידי הרשת (Igrid). זווית העומס של הגנרטור היא θ . לאחר היווצרות "האי החשמלי", זרם העומס מסופק בלעדית על-ידי הגנרטור. השינוי בזרם זה גורם למתח בנקודת החיבור של הגנרטור לרשת (המתח על העומס) V_t לשנות את זוויתו בערך של $\Delta\theta$, עקב השתנות גודל מפל המתח הנובע מההיגב של הגנרטור X_d .

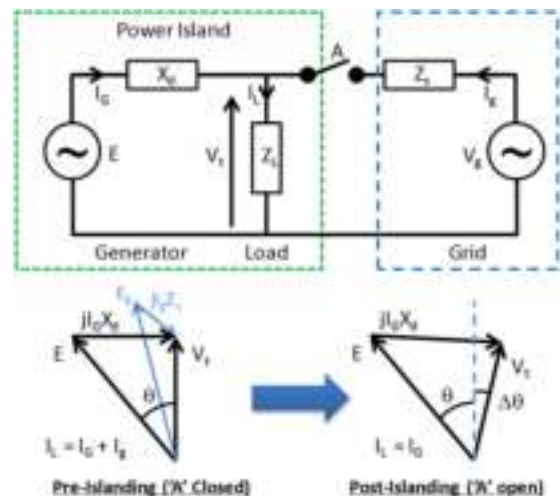
למעשה, פונקציית הגנה זו מזהה שינוי בזווית של וקטור המתח. היא מהירה יותר מפונקציית ההגנה ROCOF, והיא אמורה להגיב תוך כ-60 מילי-שניות (בדקת שינוי בזווית המתח בין המחזור הראשון לבין המחזור השלישי של גל הסינוס).

פונקציות נוספות

הפונקציות שתוארו לעיל הן השכיחות והמהירות יחסית, אולם קיימות עוד פונקציות הגנה איטיות יותר, המכוילות לזמני תגובה של מאה מילי-שניות (0.1 שנייה) ומעלה, כדלקמן:

- פונקציית הגנה Low Voltage
- פונקציית הגנה High Voltage
- פונקציית הגנה Low Frequency
- פונקציית הגנה High Frequency

איור 2: שינוי בזווית וקטור המתח בעקבות היווצרות "אי חשמלי"



מקור: IET Generation, Transmission & Distribution- 5/2014

