

כבלי מאריך ופתילי זינה להזנת מכשירי חשמל: דרישות והוראות בטיחות

דף מידע מאת: ד"ר אלכס טורצקי

מבוא

כבלי מאריך ופתילי זינה הם אחד האביזרים העיקרים המשמשים בשטח לצרכי הזנת מכשירי חשמל שונים. אביזרים אלה משמשים בכל מקום וכל בן אדם שאינו מקצועי בחשמל ראה לנכון לטפל בהם. חוסר מודעות והתייחסות לא רצינית לסיכונים הטמונים בכבלים מאריכים ופתילי זינה גורמים לתאונות רבות בהם מעורבים אביזרים אלה.

מנתוני תאונות מוות מחישמול בעבודה של אגף לפיקוח על העבודה שבמשרד התמ"ת, 31% מתאונות המוות בעבודה מחישמול, מקורן בכבל מאריך ופתיל זינה לא תקינים או פגומים*.

* ראה מאמר "מוות מחישמול בעבודה בישראל", אינג' פיטר מגנוס וד"ר אלכס טורצקי, ביטאון המוסד לבטיחות ולגיהות, גיליון 294, פברואר 2005.

מקורות

1. חוק החשמל בתשי"ד – 1954 על עדכוניו ותקנותיו.
2. תקן ת"י 4185, "תופי כבלים לשימוש תעשייתי", אדר תשנ"ח – מרס 1998, תקן רשמי, הוכן לפי IEC 1316 משנת 1994, התקן כפוף ל- ת"י 1109, חלק 2, "תקעים ובתי תקע לשימוש בתעשייה".
3. תקן ת"י 473 "כבלים, פתילים ומוליכים מבודדים חשמליים למתח נומינלי עד 1000 וולט", 1988
4. תקן ת"י 32, "תקעים ובתי – תקע לשימוש ביתי ולשימושים דומים"
5. תקן ת"י 544, "פתילים לחיבור מכשירי חשמל מיטלטלים"
6. תקן ת"י 900, "דרישות בטיחות למכשירי חשמל לשימוש ביתי ולשימושים דומים."

פתילי זינה

פתיל זינה (פתיל חיבור למכשיר) – פתיל מצויד בקצהו האחד לתקע המתאים לתקן ת"י 32 ובקצהו השני במחבר, המתאים לתקן ת"י 1110, או בתקע למכשיר, מתאים לת"י 105.

חתכים ונתונים של פתילי זינה:

בבית תקע מיטלטל חד – מוצאי או רב – מוצאי בעל פתיל המחובר לתקע בעל מגעת הארקה, יהיה פתיל בעל שטח חתך של 1.5 ממ"ר.

בבית תקע מיטלטל חד – מוצאי או רב – מוצאי בעל פתיל המחובר לתקע ללא מגעת הארקה, יהיה הפתיל בעל שטח חתך של 0.75, 1.0, 1.5 ממ"ר, בהתאם לייעודו והספקו.



איור מס' 1 פתיל זינה המתאים למוצר המוזן ממנו.

כבלי מאריך

כבל מאריך (פתיל הארכה) – מערכת המורכבת מתקע ומבית – תקע יחיד או רב – יציאות מיטלטל והמיועדת לחיבור שני פתילים לפחות ללא עזרת כלים.

תופי כבלים:

התוף יהיה שלם וחלק, כדי שכבל חשמלי לא יפצע קוטר מינימאלי של התוף, כפי שצוין, יהיה לפחות שמונה פעמים קוטר המקסימאלי של הכבל שלו. התוף יהיה מחומר מבודד. בתי תקע המחוברים לגוף התוף יעמדו בדרישות התקן.

דרישות התקן ת"י 4185 לתופי כבלים:

להלן חלק מדרישות התקן:

1. תקן חל על תופי כבלים המיועדים לשימוש בתנאים אלה:
 - מתח ישר או מתח חילופין עד 690 וולט.
 - תדר עד 500 הרץ.
 - זרם עד 63 אמפר.
 - שימוש בתעשייה בתוך המבנה ומחוצה לו, באתרי בנייה, בחקלאות, ובמתקנים מסחריים ובביתיים, ספינות, כלי רכב.
2. תוף כבל יכלול בית התקע משוקע (לפי ת"י 1109) אחד לפחות; מותר גם בית התקע אחד או יותר רגילים (לפי ת"י 32).
3. תופי כבלים יופעלו בתחום הטמפרטורה שבין -5°C ועד $+40^{\circ}\text{C}$.

דרישות לסימון תופי כבלי מאריך:

התופים יסומנו בפרטים אלה:

1. המתחים הנומינליים.

2. סמל סוג מתח (ישר או חילופין).
 3. שם וכתובת יצרן או יבואן.
 4. דגם תוף או מספר קטלוגי.
 5. העומס החשמלי המותר כשהכבל מגולל כולו וכשהוא פרוס לגמרי למשל:
 - W 1000 V 400 כשהכבל מגולל כולו;
 - W 3500 V 499 כשהכבל פרוס כולו.
 6. הסימון "UV" על תוף המיועד לשימוש מחוץ למבנים.
 7. מספר קטלוגי של כבל בתקן או מילה "ריק" על תוף ללא כבל.
 8. קוטר מינימאלי של התוף יהיה לפחות שמונה פעמים קוטר מקסימאלי של הכבל שמגולגל אליו.
 9. שם המרכיב הסופי של הכבל שלא על ידי יצרן התוף.
 10. דרגת הגנה (דרגה מינימאלית – IP24D**).
 11. אורך מקסימאלי של כבל על התוף:
 - עם גיד בקוטר עד 6 מ"מ – 80.00 מטרים.
 - אם גיד בקוטר מ-6 עד 16 מ"מ – 100 מטרים.
- יש לסמן סימון אזהרה על התוף:** "הממסר אינו מגן על הכבל", אם הממסר לזרם דלף (מפסק מגן) הותקן על התוף (או לא קיים) ואינו מגן על הכבל.
- הסימונים לא יהיו ניתנים להסרה ויאפשרו להבדיל בין תוף ללא כבל לבין תוף שהורכב עליו כבל.
- ** ראה מאמר "מה זה רמת IP" באתר www.osh.org.il, ספרייה, חשמל ואלקטרוניקה.

חתכים ונתונים של כבלי מעריך ופתילי זינה:

חתך מזערי של מוליכים במעגל סופי יהיה (תקנה 9, מעגלים סופיים):

• 1.5 מ"מ"ר לנחושת

• 6.0 מ"מ"ר לאלומיניום

נתוני כבלי מאריך ופתילי זינה לפי החתך ראה בטבלה מס' 1.

טבלה מס' 1. נתוני פתילי חשמל עם מוליך נחושת וזרם נומינלי לפי החתכים

הספק מקסימלי (kVA)		זרם נומינלי (A)	התנגדות המקסימלית של המוליך בטמפרטורה 20°C (אווהם/לק"מ)	חתך נומינלי (מ"מ"ר)
מתח V 380	מתח V 220			
-	2.2	10	18.50	1.0
6.5	3.7	17	12.70	1.5
9.5	5.5	25	7.60	2.5
13.3	7.7	35	4.71	4.0
16.0	9.2	42	3.14	6.0
22.8	13.2	60	1.82	10.0
30.4	17.6	80	1.16	16.0

התחממות חיצונית של הכבל המותרת בזמן עבודה על פני הסביבה צוין בטבלה (ראה נספח) לפי הסוגים. למשל, כבל עם בידוד PVC מותר שהתחמם במצב זרם נומינלי עד 35°C יחסית לסביבה (לטמפרטורה אופפת).

סוגי כבלי מאריך:

טבלה מס' 2. התחממות המותרת של כבלים.

חומר בידוד חיצונית	הטמפרטורה האופפת באוויר	PVC	XLPE
טמפרטורה מרבית המותרת בזרם מתמיד מרבי של מוליך	35°C	70°C	90°C
טמפרטורת עמידה מכסימלית	35°C	160°C	250°C

PVC – פוליוינילכלוריד, בידוד חיצוני רגיל או דומה המקובל לכבלי מאריך ופתילי זינה בתנאי עבודה קלים.
XLPE – פוליאיתילן מוצלב או סוגים של בידוד נטול הלוגן, מקובל בתנאי עבודה קשים ועמידה בחום, בפגיעות וחומרים.

סוג ותכונות כבל מאריך ופתיל זינה הנדרש לפי התקנות באתרי בנייה ומקומות דומים הוא:

H07RN-F (ראה איור 2) ומשמאות האותיות הן:

- H – מתאים להרמוניות רגילות,
- F – מוליך גמיש שזור מצופה בדיל,
- N – בידוד מוליכים גומי פוליכלורופרן,
- 07 – מתח עבודה המותר בין אפס ופאזה/בין פאזות U/U_0 750/450 וולט,
- R – בידוד גומי או נאופרן (בידוד חיצוני).



איור מס' 2
דוגמת פתיל זינה לאתר בנייה ודומים

נתוני הכבל H07RN-F :

התנגדות:

- לקוטר החוט מוליך 1.5 מ"מ – 0.0137 אוהם/מטר,
- לקוטר החוט מוליך 2.5 מ"מ – 0.08 אוהם/מטר.

תכונות כלליות:

- שימוש בטמפרטורה -25 עד +85 מעלות צלסיוס,
- לעבודה בלחץ מכני לא כבד (בינוני) על הפתיל, עמיד מפני שמנים, מים, מ-3 עד 5 מוליכים,
- מעטה חיצוני מגומי או נאופרן (Polychloroprene), צבע רגיל שחור.

בדיקות

בדיקות על ידי העובד לפני השימוש:

- שלמות הבידוד.
- העדר קשרים, פיתולים חדים.
- העדר מתיחות ולחץ על הקצוות.
- פריסת כבל לפי עומס עבודה עליו.
- שלמות תוף.
- שלמות בתי תקע.
- התאמת בתי התקע לסוג העבודה וחיבור מתאים (בית התקע משוקע או רגיל).
- קיום הגנה על כבל מאריך הפרוס בשטח.
- קיום מפסק מגן להזנת כבל מאריך או פתיל זינה.

בדיקה על ידי חשמלאי פעם בחצי שנה או אחרי כל תקלה:

- בדיקות תקינות תקע והחיבור של כבל מאריך או פתיל זינה אליו (יעדר מוליך הארקה לפתיל המיועד לציוד חשמלי מיטלטל).
- בדיקות התאמת סוג הכבל לציוד שמוזן ממנו ומיקום השימוש בו (לפי אזור עבודה, תנאי עבודה, זרם חשמלי).
- בדיקת התנגדות הבידוד (הבדיקה במתח 3000 וולט).

הזנות כבלי מאריך ופתילי זינה:

- הזנת מכשירים במעגל סופי – תלת - מופעי וחד - מופעי (לפי תקנות חשמל, מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1000 וולט):
- מעגל סופי תלת - מופעי לא יזין יותר ממכשיר תלת - מופעי אחד, אלא אם לכלל מכשיר הותקן מבטח להגנה מעומס יתר.
- מותר להזין במעגל סופי תלת מופעי מספר כלשהוא של בתי תקע תלת מופעי המיועדים למכשירי יחיד מיטלטל ובלבד שהזרם הנקוב של כל בית התקע לא יהיה קטן מזרם הנקוב של המבטח המגן על אותו מעגל סופי בפני זרם יתר.

- מותר להזין מכשיר חד - מופעי ממעגל סופי תלת מופעי, ובלבד שבמעגל סופי כזה הותקן מפסק תלת - מופעי בלוח הזן. (אין לבצע הזנות כאלה באתרי בנייה ואתרים דומים).
- מותר להזין בפתיל זינה של מכשיר חשמלי תקע ובית התקע מיטלטלים או מפסק מיטלטל שעוצמת הזרם שלו אינו עולה על 10 אמפר.

הזנה ממתח, זרם או תדר שונים:

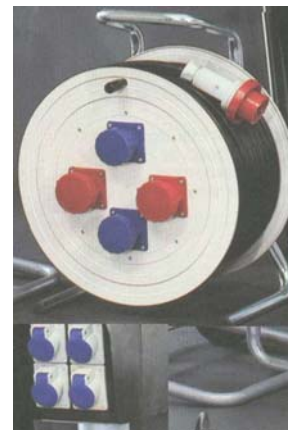
הותקנו באותו מתקן מעגלים סופיים הניזונים מסוגי זרם או מתח או בתדרים שונים, יהיו בתי תקע לכל סוג זרם, מתח או לכל תדר בעלי מבנה שונה; על המבנה של בית התקע להבטיח אי חליפות של חיבור מכשיר חשמלי אליו.

הגנות על כבלי מאריך ופתילי זינה:

הגנה מכנית על כבלי מאריך ופתילי זינה (איור 7.8):
אין להשתמש בצינור גמיש ממתכת כהגנה על מוליכי זינה של מכשיר חשמלי מיטלטל (ראה איור מס' 3).



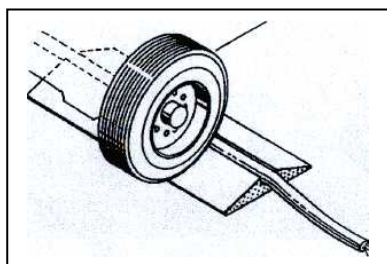
איור מס' 3
צינור מתכתי גמיש להגנה על כבל
מאריך (הגנה כזאת אסורה)



איור מס' 4, 5
תופים עם כבל מאריך



איור מס' 6 – תוף וכבל מאריך
לאווירה נפיצה



איור מס' 7, 8
הגנה מכאנית על כבלים



פתיל יותקן באופן שלא יוכל להיווצר מאמץ מכני על קצותיו.
פתיל במקום סכנה מוגברת יהיה מוגן בצורה נאותה (ראה איורים 7, 8).

הגנה על כבלי מאריך ופתילי זינה בפני חישמול:

כל הזנה בית התקע יוגן באמצעות:

- מפסק מגן בעל זרם הפעלה 0.03 אמפר לזרם נומינלי עד 32 אמפר.
- יכול שמפסק מגן אחד יגן על כמה בתי תקע. אפשר להתקין מפסק מגן על תוף כבל מאריך גם עם קיים מפסק מגן בלוח המזין את הכבל.
- מתח נמוך מאוד.
- הפרד מגן.

נספח 1

טבלה מס' 3. טמפרטורה חיצונית של עלית חום הכבל, מסוגים שונים, יחסית לטמפרטורה אופפת.

Parts	Temperature rise K
Rubber Insulation of internal and external wiring and flexible cables	35
Polyvinyl chloride insulation of internal and external wiring and flexible cables	45
Cable sheath used as supplementary insulation	35
Silicone rubber insulation of internal wiring and flexible cables	145
Rubber used for gaskets or other parts, the deterioration of which could affect safety :	
- when used as supplementary insulation or as reinforced insulation	40
- in other cases	50
Material used as insulation other than for wires :	
- moulding of	
- phenol-formaldehyde with cellulose fillers	85
- phenol-formaldehyde with mineral fillers	100
- melamine-formaldehyde	75
- urea-formaldehyde	65
- polyester with glass-fibre reinforcement	110
- silicone rubber	145
- polytetrafluorethylene	265
- pure mica and tightly sintered ceramic material when such products are used as supplementary or reinforced insulation	400
- thermoplastic material	(Note)
Supports, walls, ceiling and floor of the test corner	60
Sliding contacts	65
Handles and similar parts which, in normal use, are touched by hand	50
Terminals, including earthing terminals for external conductors	60
NOTE - Due to the great number of thermoplastic insulating materials, it is not possible to specify permissible temperature rises for such materials. Provisionally the ball-pressure test of 27.3 of IEC 309-1 shall be made.	

נספח 2

חישוב בסיסי חשמלי לכבלים ופתיל זינה:

חישוב עבוד זרם ומתח על כבל ארוך:

התנגדות הכבל - R:

$$R = \frac{\rho \times L}{S}$$

כאשר:

L – אורך הפתיל

ρ – התנגדות סגולית של מתכת בטמפרטורה אופפת = 20°C. (אזהם × ממ"ר/מטר):

• לנחושת – 0.0175 (1/57)

• לאלומיניום – 0.028 (1/36)

S – שטח חתך של המוליך

$$S = 0.785 D^2$$

D – קוטר המוליך

התנגדות משתנה לפי שינוי הטמפרטורה מ- t1 ל- t2 והנוסחה:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

α - מקדם התנגדות לפי שינוי הטמפרטורה ולנחושת = +0.004.

מפל מתח באחוזים - %ΔU:

מפל מתח המותר במתקן תעשייתי – 3%.

בתנאי, ש - cos φ = 1,

$$\% \Delta U = I \times R \times L$$

התחממות הכבל:

לדוגמה:

כבל מאריך מנחושת באורך - 50 מטרים,

זרם 20 A,

שטח חתך של המוליך 4.0 ממ"ר,

לפי הנוסחה, מפל מתח על כבל מאריך ≈ 2%.