

בטיחות וגיהות גם באמצעות

השיטה הטובה ביותר למניעת קשת חשמלית או ניצוצות היא שמירה, ככל האפשר, על אנרגיה ברמות שתייצרנה טמפרטורות הנמוכות מנקודות ההצתה של החומרים המצויים בסביבה. ניתן למנוע הצתה גם ע"י הורדת טמפרטורת פני השטח של רכיבים חשמליים וציוד אל מתחת לנקודות ההצתה של החומרים בסביבתם. הדרישות במדינת ישראל מצויות ב"תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן-1990", תקנה 10: מיתקן חשמל הפועל באטמוספירה נפיצה, הקובעת: "מיתקן חשמלי הפועל באטמוספירה נפיצה חייב להיות מהסוג המונע התפוצצות; המיתקן יהיה מותאם לתקן ישראלי ת"י 786".

חימום וחימום יתר

השימוש בחשמל יוצר חום, במכוון או שלא במכוון. פני שטח (מתכתיים בד"כ) עלולים להתחמם ומי שייגע בהם עלול להיכוות. דרגת הכוויה תלויה במשך המגע עם פני השטח החמים ובטמפרטורה שלהם. חימום יתר עלול להוביל גם לכשל בציוד, מכיוון שעליית הטמפרטורה של הציוד שהופעל, מקצרת את חייו ומפחיתה את אמינותו. חימום או חימום יתר של פני שטח מתכתיים עלולים, כאמור, לגרום גם להצתת חומרים דליקים.

הפעלה בשוגג, הפעלה לא זהירה או רשלנית

כאשר חלק מהציוד מופעל באופן לא צפוי, עלולים להיגרם פציעות או נזק, מכיוון שהאדם הנמצא במקום חשוף לסיכון מכני שיוצרת תנועת הכלים. הפגיעות השכיחות הן באצבעות; בכף היד; בזרועות; ברגליים ובאיברים נוספים - כתוצאה מלכידה, ריסוק וקטיעה. אסור לשכוח, ולו לרגע, באיזו קלות מופעלים מכשירי החשמל: הסטת מתג, לחיצה קלה על לחצני מגע ועד כמה חרישית יכולה להיות פעולתם.

כשל בהפעלה

כשל במיתקן חשמלי משאיר את הציוד, ברוב המקרים, "אדיש" - דומם ובטוח. אך קיימים מצבים בהם ה"אדישות" איננה בטוחה, ואף מסוכנת. לדוגמה: גלאי עשן דומם; מד סיבובים; תאורת אזהרה; קוצב-לב ועוד - שלא יפעלו בשעת חירום וכאשר נדרש. גם כשל ברכיב חשמלי המותקן במערכת בקרה עלול לגרום לאבדן השליטה על פעולת הציוד ולא יהיה ניתן לעצור את פעולת הציוד עפ"י פקודת המערכת.

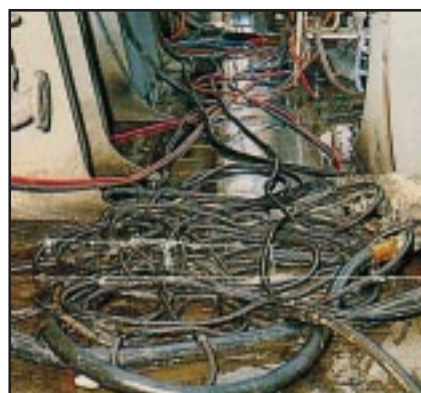


הצתת חומרים דליקים או נפיצים

ניצוצות, קשת חשמלית, או פני שטח חמים מאד, עלולים לגרום להצתה של תערובות גז דליקות או נפיצות. פני שטח חמים מאד עלולים לגרום גם להצתת חומרים דליקים נוזליים ומוצקים.

בחק החשמל של ארה"ב: NEC - National Electric Code (ARTICLE - 500 Hazardous (Classified) Locations, Classes I, II, and III, Divisions 1 and 2) מוגדרים תנאי סביבה מסוכנים.

כדי למנוע סיכוני הצתה, יש צורך להשתמש במערכות חשמל המצוידות והמופעלות בשיטות ובחומרים מונעי התפוצצות (המשמשים בציוד מונע התפוצצות); להשתמש במארזים עם סידורים פנימיים מיוחדים לייצוב (embedment) וארגון במיכל (potting), למלא בנוזלים או להשתמש בציוד תחת לחץ ולהקפיד על אטימות מירבית של הציוד.



מאת מהנדס שלמה איצקובסקי

כ אשר משתמשים בציוד המופעל בחשמל יש לקחת בחשבון סיכונים בסיסיים שיוצר הזרם החשמלי:

- "מכת חשמל" לאדם;
- הצתה של חומרים דליקים או נפיצים;
- חימום וחימום יתר;
- הפעלה בשוגג, הפעלה לא זהירה ו/או רשלנית;
- שגיאה בהפעלה;
- פיצוץ "חשמלי";
- פגיעה בעיניים עד עיוורון מ"קשת חשמלית";
- סיכוני קרינה (נושא למאמר נפרד).

מכת חשמל

תגובותיו של גוף האדם להשפעות זרם ממקור מתח חיצוני העובר דרכו ("מכת חשמל") זהות לתגובות שמגיב הגוף בהשפעת הזרם (הפנימי) שמפעילה את השרירים השונים.

זרם החשמל ברשת הארצית פועל בתדר של 50 הרץ (Hz). המתח החשמלי לצרכן הוא בדרך כלל, של 220 וולט (V) או 380 וולט. השפעותיו של זרם החשמל תלויות בעוצמת הזרם העובר דרך הגוף:

- 1-2 מיליאמפר - תחושת דקירות בקצות האצבעות.
 - 2-10 מיליאמפר - תחושת כאב ביד.
 - 10-25 מיליאמפר - התכווצויות חזקות בשריר כף היד; אי יכולת לשחרר את אחיזת היד.
 - 25-100 מיליאמפר - עצירת הנשימה; הפרעות בקצב פעימות הלב.
 - 100-1000 מיליאמפר - פרפור חדרי הלב; שיבושים במחזור הדם.
 - 1 אמפר ומעלה - שיתוק מחזור הדם; כוויות קשות; פגיעה באברים פנימיים. עוצמתה של מכת חשמל וההשפעות הפיזיולוגיות שלה תלויות, בנוסף לעוצמת הזרם, גם במסלול מעבר הזרם בגוף, בתדירותו של הזרם ובמשך הזמן שהוא משפיע על הגוף.
- זרם בתדירות של 50Hz העובר דרך גוף האדם הוא כמעט הגרוע ביותר האפשרי, מכיוון שהוא גורם ל"פרפורים" בחדרי הלב (שיבוש הקצב והסינכרון של פעימות הלב). מכת חשמל יכולה להיגרם כתוצאה ממגע במוליך "חי" (הנמצא תחת מתח) ללא בידוד; או כשל של הבידוד בקו חשמל או בציוד חשמלי, או פריקה מסיבית של מיטען חשמל סטטי או ממכת ברק.

הכותב עובד באגף הנדסה ומיחשוב, במוסד לבטיחות ולגיהות. המאמר תורגם ועובד עפ"י: Product Safety Management and Engineering, by Willie Hammer, Prentice Hall, 1980

ת רשימות תיוג - סיכוני חשמל

סיכוני חשמל

"פיצוץ חשמלי"

- תוצאות אפשריות**
(דוגמאות. רשימה חלקית)
- הלם חשמלי.
 - צניחת עובד מפיגום או מסולם.
 - השפעות תרמיות:
 - * כוויות או שריפה;
 - * ביצועים יעילים פחות של הציוד;
 - * עומס יתר ובלאי של ציוד;
 - * הצתה של חומר דליק;
 - * התכה של חיבורי הלחמה;
 - * ירידה באמינות הציוד;
 - * ריכוך/התכה של חומרים פלסטיים;
 - * שבר במעגלים ו/או בנתיכים ו/או במפסקים חשמליים בעקבות שיבוש הפעולות לניתוק הציוד.
 - קשת חשמלית או ניצוץ עלולים לגרום ל:
 - * הצתת חומרים מתלקחים;
 - * התכה/ריתוך של מחברים;
 - * פגיעה בפני שטח מתכתיים;
 - * הפרעה בפעולות ציוד חשמלי;
 - * רעשי חשמל והפרעות (פעולה לא תקינה של הציוד);
 - * עיוורון.
 - הפעלה רשלנית או אקראית של כלי או אביזר חשמלי:
 - * הפעלת הציוד בזמן לא מתאים;
 - * סיכון העובד על/או בתוך ציוד חשמלי אשר אמור להיות מנותק ומנוטרל.
 - כשל במערכת החשמלית עקב:
 - * ציוד בטיחות לא תקין;
 - * שיחרור של התקן אחיזה;
 - * התקן גילוי והתראה איננו פועל;
 - * הפרעה בתקשורת;
 - * המערכת מושבתת עקב זיהוי סיכון
 - פיצוץ של:
 - * סוללות;
 - * מעגלים חשמליים, שנאים וציוד דומה;
 - * קבלים.

- סיבות אפשריות**
(דוגמאות. רשימה חלקית)
1. מגע מקרי במעגלים חשמליים חיים בגלל:
 - * מגע במוליך חשוף;
 - * בידוד לא מספיק;
 - * פגיעה או חיתוך במבודד;
 - * נזק לבידוד;
 - * התקנה לא מקצועית ו/או לא מתאימה של כלי/מיתקן חשמלי;
 - * חיבור שגוי או מוטעה;
 - * פגיעת ברק.
 2. קירור לא מספיק.
 3. עומס יתר.
 4. קצר במעגלים עקב:
 - * בידוד לא מספיק או פגום;
 - * חיבורים שגויים;
 - * נגיעה במוליכים חשופים;
 - * זיהום או לחות;
 - * חלודה;
 - * עודף/חוסר חומר הלחמה או ניתוק כבל;
 - * השחתה במחברים;
 - * חיוט מוטעה;
 - * זיווג שגוי של מחברים.
 5. פגיעת ברק.
 6. מירווחים (gaps) בין מוליכים הנגרמים עקב:
 - * התרופפות החיבור;
 - * פתיחת מפסקים, מימסרים, שבר במעגלים מודפסים וכד';
 - * קשת ריתוך חשמלית;
 - * היעדר חיבורים או הארקה;
 - * בידוד לא מספיק או פגום;
 7. זרם לא מתאים כתוצאה מ:
 - * תכנון לקוי;
 - * "זרם תועה";
 - * חיבורים מצולבים;
 - * טעות אנוש;
 - * ביצוע שגוי של בדיקת ציוד חשמלי;
 - * פריקת חשמל סטטי;
 - * זיווג שגוי של מחברים.
 8. ליקוי בתיפקוד כתוצאה מ:
 - * נפילה בהספקת המתח החשמלי;
 - * פרצי אנרגיה כתוצאה מפתחת מפסקים או מעגלי ניתוק;
 - * כשל ברכיבים;
 - * עומס יתר על המערכת;
 - * קצר חשמלי;
 - * טעות אנוש של המפעיל;
 - * מכת ברק.
 9. נוכחות של נוזל או זיהומים, המתפרקים למרכיביהם כאשר עובר דרכם זרם.

שנאים ומעגלי מיתוג עלולים להתפוצץ כאשר מועברת דרכם עוצמה גדולה של זרם מעבר לתכנון; מצברים בכלי רכב וגם במחשבים עלולים להתפוצץ כתוצאה מקצר; קבלים אלקטרוליטיים שחיבורי שהקטבים שלהם הורכבו הפוך, מתפוצצים כאשר מועבר דרכם זרם. גודש האנרגיה גורם לפריצה בלתי מבוקרת של אנרגיה אל הסביבה.



קשת חשמלית

קשת חשמלית נוצרת במיתקנים המצויים תחת מתח גבוה, או כתוצאה מזרמים גבוהים הנוצרים, לדוגמה, מקצר חשמלי (פריקה של הפרש הפוטנציאלים בפרץ של זרם חשמלי - ניצוץ). חוסר בהגנה מתאימה עלול לגרום להצתת חומרים דליקים; לכוויות בגוף, לפגיעה בעיניים ואף לעיוורון (בעקבות חשיפת העיניים להבזק של הקשת).

סיבות ותוצאות של כשל חשמלי במערכות חשמל

לפניכם דוגמאות למספר סיבות אפשריות ותוצאות צפויות במקרים של כשל במערכות חשמל, וכן רשימת הנחיות לביצוע בחינות ובדיקות, שיכולות לשמש גם כחומר למחשבה עבור המתכנן - כך שיוכל להוציא מתחת ידיו ציוד בטיחותי ואיכותי.

סיכוני חשמל - רשימת תיוג לבדיקה לפני תכנון מיתקן חשמלי

כן לא

1. האם עוצמות המתח והזרם החשמלי עלולות לגרום להלם חשמלי או לפגיעה אחרת?.....
2. האם קיימים במוצר אזור/נקודה שבהם עלול אדם לבוא במגע עם מוליך גלוי, חי, כאשר המוצר מופעל?.....
3. האם ניתן להשתמש בשיטת "בידוד כפול" במקום מוליך הארקה, עבור הציוד החשמלי?.....
4. מהו משך הזמן הדרוש לפריקת קבל חשמלי? האם קיימת התראה למצב "קבל טעון"?.....
5. האם קיים בציוד מישטח כלשהו (שאיננו אביזר חימום), אשר הטמפרטורה שלו גבוהה דיה כדי לגרום לכוויה לאדם או להצתת חומר דליק?.....
6. האם קיים אמצעי לקירור מישטחים/נקודות חמות?.....
7. האם עוצמות המתח והזרם הן ברמות שיגרמו ליצירה בלתי מבוקרת של קשת חשמלית או ניצוצות, אשר עלולים להצית גז דליק או חומרים דליקים?.....
8. האם קיימות נקודות כלשהן, כגון מברשות המותקנות במנועים או במנתקי זרם פתוחים, שבהן עלולים להיווצר קשת חשמלית או ניצוץ, אשר תהווה מוקד הצתה?.....
9. האם קיימים אזורים שבהם יכולים להצטבר סיבים / אבק אורגני / חומרי סיכה / חומרים דליקים אחרים אשר עלולים להתלקח?.....
10. מהן האפשרויות שאדם ייפגע עקב פעולה שגויה של הציוד?.....
11. האם יכולת הניתוק של נתיכים, מנתקי מעגלים ומפסקי החשמל מתאימה להגנה על מערכות החשמל עבורן הותקנו? האם סדר הניתוק (ההיררכיה) מתאים?.....
12. האם יכול להיווצר מצב שליקוי בתיפקוד מייצבי המתח או התקנים אחרים יגרום לנזק לרכיבים או לציוד אחר?.....
13. האם חומר הבידוד שבשימוש אכן מתאים לתנאי הסביבה הקיימים (טמפרטורה. לחות ומים, פעילות כימית, פגיעה מכנית וכו')?.....
14. האם קיימת אפשרות לניתוק או לנעילת מקור הספקת הזרם בשעת החלפה של ציוד או אביזרים ובביצוע עבודות תחזוקה?.....
15. האם קיים במוצר או עבור המוצר לחצן ניתוק חירום? האם הגישה ללחצן החירום נוחה וקלה? האם ניתן למזער סיכון או ליצור שליטה טובה במצב חירום באמצעות לחצן ניתוק החירום?.....
16. האם המוצר כולל מגינים, שימנעו פגיעה באדם כתוצאה מהתפרקות אלימה של אביזרים?.....
17. האם קיימים ומופעלים אמצעי הארקה בציוד המקובע למקומו?.....
18. האם קיים אביזר המנתק את הספקת הזרם, לאבטחת הגישה לרכיבים הפנימיים, במקומות שבהם עלול אדם לקבל הלם חשמלי?.....
19. האם מגעים / קונקטורים ורכיבים דומים כוללים מחסומים, גידורים או בידוד שימנעו מגע ביניהם לבין גוף אדם?.....
20. האם כבלי החשמל מוגנים מפני שחיקה, לחץ, חיתוך או סיכונים אחרים אשר עלולים לפגוע בחומר הבידוד, עד לסכנת התחשמלות או פגיעה/ניתוק של כבלי המתכת?.....
21. האם חיבורי המגעים תקינים ומונעים היווצרות נקודות "חמות", ואין בהם אזורים חשופים היוצרים סיכוני התחשמלות לעובד הבא איתם במגע?.....
22. האם תכנון המחברים מונע את חשיפת המפעיל לסיכוני התחשמלות / כוויה בזמן ניתוקם, גם כאשר הציוד מחובר לזרם חשמלי?.....
23. האם הגישה לנתיכים/מנתקי המעגלים החשמליים נוחה, קלה ובטוחה?.....
24. האם החיווט מאובטח בצורה נאותה לגוף הציוד בו הוא מותקן?.....
25. האם הבידוד סביב כבלי החשמל, במקומות בהם קיים חשש להתלקחות, עשוי מחומר לא דליק או מסוג "כבה מאליו"?.....
26. האם מצברים חשמליים מאובטחים למקומם בצורה יציבה בזמן השימוש?.....
27. כאשר נדרש שימוש במצברים - האם סומן מיקומם של המצברים, ופרטים חשובים כגון: קוטביות, מתח והגדרות לסוגים ששימוש?.....
28. כאשר נדרשים מצברים להתנעת מנועים - האם קיימות הנחיות כתובות המתארות ומסבירות את תהליך ההתחברות הנדרש, לביצוע הפעולה בבטיחות?.....