

מניעת סיכונים

מאת שלמה איציקובסקי

הכותב הוא מנהל אגף הנדסה במוסד לבטיחות ולגיהות

מגינים לשמירה על הבטיחות

החובה להשתמש במגיני בטיחות מוזכרת בפקודת הבטיחות בעבודה (פב"ט). אמצעי הגנה טכניים מכניים מתחלקים בעיקרון לשני סוגים: מגיני בטיחות מכניים (ראו פקודת הבטיחות בעבודה - פב"ט, פרק ג', סעיפים 37, 41, 43, 44, 45) והתקני בטיחות (ראו פב"ט, פרק ג', סעיפים 39, 40, 44). בנוסף קיימת בפקודה גם חובה לשימוש במגינים ובהתקני בטיחות (פב"ט, פרק ז', שונות סימן ד': חובותיהם של עובדים, סעיפים 201 ט' 204).

במניעת מגע בין האדם וגורם הסיכון מבחין פנימה ומבפנים החוצה. מגינים אופייניים הם: גדרות, כיסויים, מכסים, דלתות גישה, פתחים וכדומה.

מגינים יכולים להיות קבועים או ניידים, ומיועדים למנוע גישה לנקודת הסיכון או לקביעת מרחק מהסיכון.

במקום שאין צורך בהתערבות ידנית במהלך הפעלת המכונה/ציוד יש יתרון למגינים קבועים.

המגינים הקבועים יהיו מחוברים היטב לגוף המכונה ויוחזקו במקומם בצורה יציבה.

מגינים הניתנים להזזה או להסרה יצוידו בהתקני בטיחות המחברים למערכת הבקרה וההפעלה.

המגינים חייבים לעמוד במספר הגדרות כמו חוזק, קשיחות, יכולת ספיגת מכה ורטט ולהישאר במקומם. תכונות אלה מפורטות בתקנים (לדוגמה: תקן ISO 14120/EN953).

כאשר נדרשת גישה תכופה לאזור הסיכון, יש להשתמש באמצעים טכניים הגנתיים (מגינים ניידים, רגשי קירבה רגשי חישה וכדומה).

מגינים במיקומי פיקוח או באזורי התערבות יספקו הגנה כנגד מספר אפשרויות של גורמי סיכון כמו:

- גורמי סיכון הנוצרים כתוצאה מנפילה או פליטה של חלקים (הפתרון באמצעות מבנה מתאים).
- גורמי סיכון כתוצאה מקרינות (רעש, רעידה, קרינה מייננת ובלתי מייננת, חומרים כימיים ועוד).

התקני בטיחות

הבטיחות מתקיימת באמצעות הפרדה בין המפעיל למכונה ו/או מעקב אחר סיכוני המכונה, כל עוד האדם או אבר מגופו לא חודר לאזור המסוכן. התקני בטיחות אופייניים הם: התקני מגע, התקני היתקלות, התקן המאפשר הפעלה, התקן מונע הפעלה, התקן המחייב הפעלה בשתי ידיים וכן רגשי קירבה, רגשי חישה ועוד.

בחירת סוג המיגון תיעשה על בסיס הערכת הסיכונים של המכונה.

בחירת אמצעי ההגנה

כאשר אין צורך להגיע לאזור הסיכון במהלך ההפעלה הרגיל, המיגון צריך להיבחר מבין האפשרויות הבאות:

- מגן קבוע, מתכוונן, מתכוונן מעצמו;
- מגן משולב עם או ללא נעילה;
- מגן אוטומטי;



(צולם במעדני יחיעם)

מגינים מכניים:	התקני בטיחות:
● גדרות;	● מסכי אור;
● כיסויים;	● קרן אור בודדת;
● עטיפות;	● סורקי לייזר;
● מסכים;	● התקנים המבוססים על נראות;
● מנהרות.	● התקנים להפעלה בשתי ידיים.

מגינים מכניים

מגינים כאלה מועדפים על פי החוק. החובה להשתמש במגינים נדרשת כאשר קיים גורם סיכון בנקודת העיבוד, כאשר מצויים במכונה חלקים בתנועה וקיימת אפשרות לפליטתם מהמכונה, וכן במקרים של סיכוני קרינה (חום, קרינה, רעש).

המיגון המכני נפוץ מאוד, ונעשה בו שימוש למניעת מגע או גישה של המפעיל לאזורי סיכון, במקרים בהם הגישה הנחוצה אליהם אינה תכופה או לא נדרשת במהלך הפעלה רגילה. הבטיחות מתקיימת

המאמר מבוסס על הרצאות של אוטו גורנמאן והרלד שמיט מחברת SICK שניתנו במסגרת הכשרת בטיחות של מדריכי בטיחות במוסד לבטיחות ולגיהות

ההגנות אמורות לתת מענה לסיכונים ביולוגיים, מכניים, פיזיקליים וכימיים. המלצות כלליות ליישום בעת תכנון מגינים:

- התייחסו להיבטים של האדם ושל המכונה וכן היבטי תכנון ומבנה;
- התייחסו לחומרים, יכולת ריסון, התנגדות לקורוזיה (החלדה) ומיקרואורגניזמים רעילים, נראות, שקיפות ואפקט סטרובוסקופי;
- התייחסו לתכונות אלקטרוסטטיות, עמידה בחום ובאש;
- הגנה למניעת פליטות חומרים וקרינות, רעש ורטט.
- בחירת המגן תיעשה:
- בהתאם לכמות ומיקום גורמי הסיכון;
- בהתאם לדרישות הגישה על פי אופי העבודה והפעילות.
- שיקולי תכנון נוספים:
- אפשרות טיפוס על המגן;
- נגישות לתחזוקה;
- התנגדות לרעידות;
- אפשרות להידוק המגן;
- אפשרויות התראה;
- צבע, צורה

בהפעלת מכונות

שימוש בכלים מיוחדים. חיבור מגינים מכניים למכונה יתוכנן כך שלא ניתן יהיה לפתוח את החיבורים בקלות (לדוגמה: לא לחבר את המגן באמצעות בורג בעל ראש פרפר). אפשר להשתמש במחברים פשוטים (כמו בורג עם ראש פרפר, בורג עם ראש פטרייה וכדומה) רק במקומות בהם המגן המכני מחובר למערכת הבקרה. ניתן להתקין מגינים מתכוונים רק כאשר מסיבות תפעוליות אזור הסיכון לא ניתן לכיסוי מלא. מגינים מתכוונים - יתוכננו כך שהמגן המתכוון יישאר קבוע במהלך פעילות מוגדרת וניתן יהיה לכוון אותו בקלות ללא שימוש בכלים.

התקני נעילה

התקני נעילה מכניים, חשמליים או מטיפוס אחר אמורים למנוע בתנאים מסוימים את פעולת המכונה - כולה או חלק ממנה. הם נמצאים בשימוש לצרכי פיקוח על מגינים נעים או מגינים הניתנים להסרה.

המגינים יהיו נעולים ומחברים לבקרת המכונה אם:

- הם מופעלים בצורה מחזורית;
- ניתנים להסרה ללא כלים;
- הם נפתחים בתדירות רבה (להכנסה והוצאת חומר או מוצר);
- הם נותנים הגנה כנגד גורמי סיכון בעלי פוטנציאל גבוה לפגיעה.

מגינים נעים

סוגי מגינים נעים: ללא חיבור, עם חיבור, עם חיבור ונעילה. מגינים נעים הדורשים פתיחה לעיתים, גם ללא שימוש בכלים, יחוברו באמצעות התקני בטיחות (רגשים, מנעולים ועוד) להפסקת הסיכונים הכרוכים בפתיחה. הכוונה במונח "פתיחה לעיתים" היא שהמגן נפתח לפחות פעם אחת במשמרת או בתהליך. אם מצפים לסיכונים כשהמגן פתוח (כשאין עצירה מיידית) מומלץ להשתמש במערכת נעילה.

נדרש לכלול היבטים ארגונומיים בתכנון המגן ואמצעי הבטיחות. מגינים יהיו בשימוש על ידי העובדים רק אם לא יכבידו יותר מהנחוץ בביצוע המטלות כמו כיוונון, תחזוקה, הכנסת והוצאת מוצרים ופעילויות דומות.

מגינים נעים יעמדו בדרישות ארגונומיות:

- קלים לפתיחה (בדרך כלל באמצעות יד אחת), סגירה, הרמה או הזזה;
- מתאימים לפעילות הנדרשת;
- כשהמגן פתוח קיימת גישה חופשית ונוחה למיקום הנחוץ. בעת נעילת מגינים נעים - מערכת הנעילה חייבת להישאר מחוברת למכונה בעת פתיחת המגן.



- מערכות חישה וקירבה;
 - שטיח עם רגישות ללחץ.
- כאשר יש צורך להגיע לאזור הסיכון במהלך ההפעלה הרגילה, המיגון צריך להיבחר מבין ההצעות הבאות:
- מגן משולב עם או ללא נעילה;
 - מערכות חישה וקירבה;
 - מגן מתכוון;
 - מגן אוטומטי;
 - התקן הפעלה בשתי ידיים;
 - מגן משולב עם מערכת הפעלה.
- המכונות חייבות להיות מתוכננות כך שמערכות המיגון יספקו את ההגנה המיטבית במהלך הפעלתן השוטפת הן כלפי המוצר והן ביחס למפעיל בתהליך ההפעלה הכולל (ייצור, כיוון, לימוד, שינויים בייצור, תקלות, ניקוי ותחזוקה).

המלצות בסיסיות למגינים מכניים

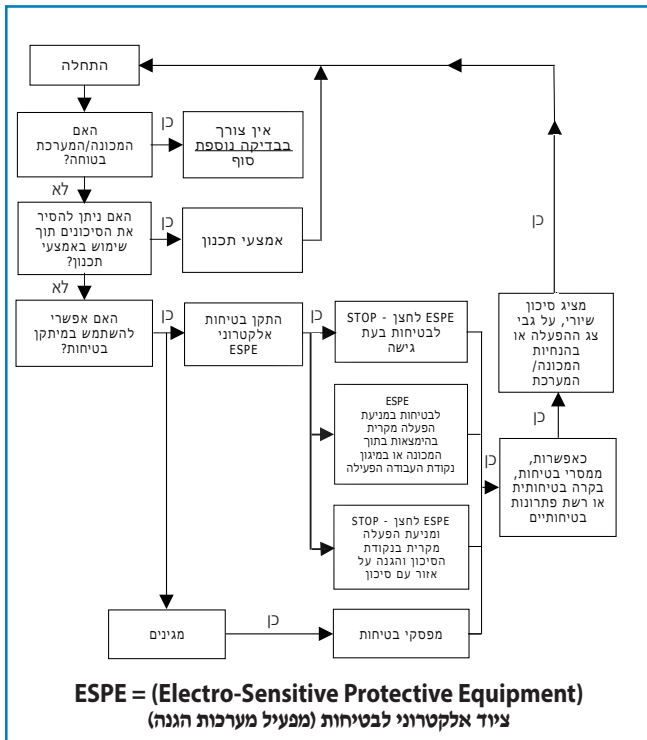
- המגינים יותקנו כך שישפיקו בטיחות באופן הולם, אמין ויציב והיו מותאמים גם לתנאי הסביבה בכל זמן פעולת המכונה.
- תכונות המגן המכני יישמרו לכל אורך חיי המכונה;
- המגינים לא ייצרו סיכונים נוספים או חדשים;
- לא תהיה אפשרות פשוטה וקלה לעקוף או לבטל את המגינים המכניים;
- מגינים מכניים לא ימנעו, עד כמה שניתן, אפשרות תצפית לצורכי מעקב על פעילות הייצור אם היא נדרשת;
- המגינים יוחזקו במקומם בצורה יציבה;
- הסרת המגינים תתאפשר רק באמצעות כלים מיוחדים או שיהיו מחוברים למערכת בקרה למצב של תנועה מסוכנת;
- עד כמה שניתן, אין להניח מגינים במקומם ללא חיבורם באמצעים קבועים או חשמליים.

תיפקוד המגינים

- המגינים ימנעו גישה לאזורים המוגנים באמצעותם;
 - יבטיחו כליאת החומרים שבתוכם כולל שבבים ונוזלים העשויים להיפלט החוצה בדרך כלל מאזור נקודת העיבוד הפעילה;
 - יתרמו להפחתת קרינות (רעש, רטט, אבק, חומרים כימיים, קרינות לסוגיהן, להבה);
 - המגינים יהיו בעלי תכונות בהתאם למיקומם כמו מניעת התחשמלות, עמידה בחום, באש, פיצוץ, רטט, נראות ועוד.
- מגינים מכניים יהיו מאובטחים במקומם:
- באמצעים קבועים (כמו ריתוך);
 - או באמצעות מחברים (ברגים, אומים וכדומה) המונעים הסרת המגן ללא שימוש בכלים מיוחדים;
 - אין להניח את המגינים במקומם ללא חיבורם למכונה;
 - מגן קבוע שנפתח חייב להישאר במקומו (לא ייפול או ייסגר מעצמו).
- מגינים קבועים הניתנים להסרה חייבים להיות מקובעים באמצעים בהם הפירוק יכול להתבצע רק באמצעות כלים. כאשר מסירים את המגן - אמצעי הקיבוע חייב להישאר מחובר למגן או למכונה. בכל מקום שבו ניתן - לא יתאפשר להניח מגן במקומו ללא קיבוע.

חיבור מגינים מכניים

מגן מכני שאין צורך להסירו או לפרק אותו ממקומו לעיתים קרובות, או שמסירים אותו רק לצרכי תחזוקה, יחובר למסגרת המכונה כך שניתן יהיה להסירו באמצעות כלים מיוחדים. להסרת המגן יידרש



מתגי בטיחות - מתגי מיקום

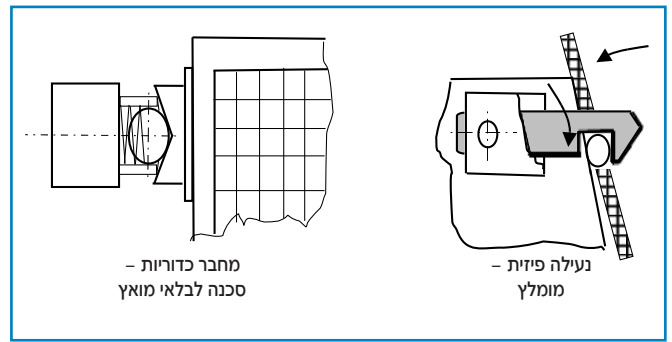
מתגי בטיחות הם מתגי מיקום לתפקודים בטיחותיים. לצורכי יישום יש למלא אחר ההוראות הבאות:

- הפעלה תהיה במצב חיובי (ראו דוגמאות והסבר בהמשך);
- הפעלת המגעים תהיה במצב חיובי (דוגמאות והסבר בהמשך);
- המגען - החלק החיצוני של התקן הבטיחות - יהיה במצב פתיחה חיובי (או התנהגות דומה של היציאות שלו).

אם משתמשים במתגי מיקום ללא מגע הם חייבים לעמוד בדרישות התקן IEC 60947-5-2.

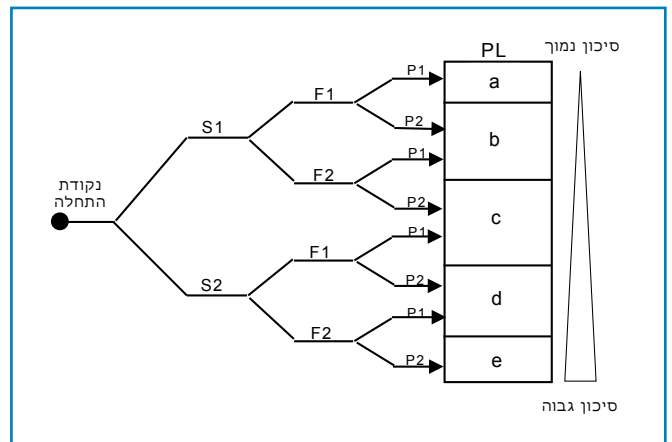
אם נמצא בשימוש מתג מיקום בודד בו הוא משמש כנעילה - הוא צריך לעמוד בדרישות התקן IEC 60947-5-3.

כאשר משתמשים במתג מכני בודד לתפעול ולבקרת מיקום ולהוצאת פקודה, הוא צריך לפעול במצב חיובי בין המגן, מתג ההפעלה והמגען (חלק המכונה שבא במגע עם מתג ההפעלה). שימוש במגען במצב שלילי (הסבר בהמשך) לזיהוי מערכת מכנית מותר רק בשיתוף מגען במצב חיובי (יש הפעלה של המיגון) וימוקם בין המגן, המפסק המפעיל והמגען. מצב זה מיועד למניעת כשלים שכיחים. (טכניקות מתאימות לבדיקה מפורטות בתקן (ANNEX F ISO 13849-1).



נעילות של מגינים נעים

מגינים נעים פתוחים יחברו למכונה באמצעי נעילה מכניים בצורה מאובטחת באמצעות מחברים, תפסים וכדומה. יש להעדיף להשתמש באמצעי תפיסה שיהיו מותאמים למכונה ולמפעיל. שימוש במחברים המבוססים על חיכוך (כמו מחבר כדוריות) אינו מומלץ עקב בלאי מואץ. אופי הפתרון ייעשה על פי תקן אירופאי EN-ISO 13849-1: חיבור וסיכום של הערכת ממדי הסיכון S (חומרת הפגיעה), F (תדירות החשיפה) יחד עם P (סבירות מניעה) חייבת להיות קרובה ככל האפשר לרמת ביצוע נדרשת.



מדדי סיכון:

- חומרת פגיעה:
 - S1 = פגיעה קלה (אפשרות להחלמה מלאה);
 - S2 = פגיעה חמורה ואף מוות (אין אפשרות להחלמה מלאה);
 - תדירות ו/או תכיפות החשיפה לסיכון:
 - F1 = לעיתים רחוקות ו/או חשיפה לפרקי זמן מאד קצרים
 - F2 = לעיתים קרובות ומתמשכות ו/או פרקי זמן ארוכים
 - סבירות למניעת הסיכון או הגבלת הפגיעה:
 - P1 = אפשרי
 - P2 = כמעט ובלתי אפשרי
- תהליך בחינה של רמת הבטיחות מבוסס על הערכת סיכונים (התיאור מפורט): פרטים מלאים ניתן למצוא בתקן EN-12100.
- מגן הכולל התקני נעילה המחוברים למערכת הבקרה של המכונה חייב לכלול את התפקודים הבאים:
- הפעלת המכונה במצב של סיכון, תחום באמצעות המגן - המכונה לא תפעל אם המגן לא סגור או שאינו במקומו.
- כאשר כתוצאה מפתחת המגן או הסרתו נחשף הסיכון תינתן הוראת עצירה והפסקת פעילות המכונה.
- כשהמגן סגור הסיכונים של המכונה תחומים בגידור המכונה והיא יכולה לפעול. אסור שסגירת המגן תוביל להפעלת המכונה (יוצאים מהכלל מגינים ייעודיים העומדים בתקן: (EN-ISO 121002/5.3.2.5).



דרישות ממתגי נעילה:

הפעלה במצב חיובי - החיבור בין חלקי המכונה (מגינים), מפסקי ההפעלה והמגענים יהיה כזה שפתיחת המגינים מועברת ישירות למגענים.

הפעלה חיובית - קבלת ניתוק כתוצאה מתנועה ישירה של מפסק מוגדר, המונע באמצעות מערכת קשיחה.

הפעלת פתיחה כוחנית - פעולת פתיחה חיובית תושג גם באמצעות מפסק שהוגדר לו מירווח פתיחה גם באירוע כשל.

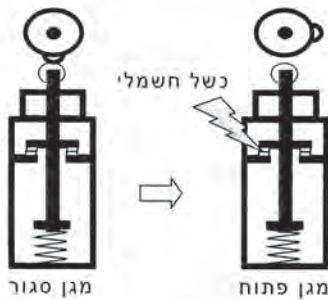
עקרון הפעלה חיובית:

מפסקים מכניים מאופיינים במגעי הפעלה חיובית (אם אפשרי בנקודת הכשל) ועל כן פונקציית הבטיחות עדיין יכולה להיות מושגת גם כאשר המגעים ניתכים או מתקיים כשל חשמלי אחר.

במפסקי בטיחות עם מגעים מרובים, עקרון מבנה המגעים מבוסס על הפעלה חיובית (EN 60947-5-1) והם ישולבו בהפעלה הבטיחותית.

מצב הפעלה שלילי: מצב המפסק עם מערכת סגירה טובת.

באיור 1 ניתן להבחין שכשהקפיץ נשבר המפסק עדיין מחובר ומשדר "מגן סגור" למרות שהמגן פתוח. מצב כזה הוא מסוכן.

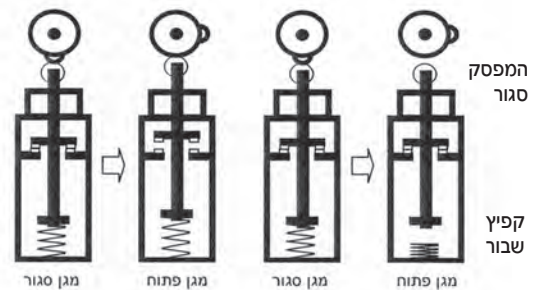


מצב ה"אין מגע" ימשיך להיות סגור לאחר ההפעלה, כתוצאה מריתוך נקודות המגע, מצב "אין מגע" יופעל באמצעות האקסצנטר

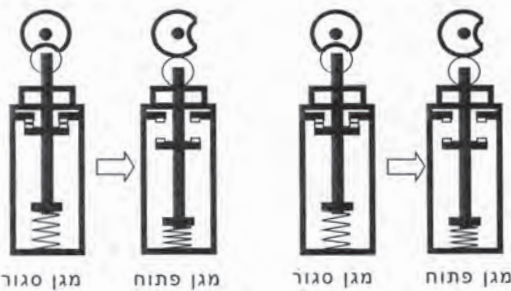
איור 3: כשל מסוכן

מצב הפעלה שלילי: מצב המפסק עם מערכת סגירה טובת. במקרה זה, כתוצאה מזרם יתר, רותכו נקודות המגע ואין בכוחו של הקפיץ להפריד בין המגעים. במקרה זה המגן פתוח אך ההודעה המתקבלת היא שהמגן סגור (מצב מסוכן).

איור 1: כשל מסוכן!



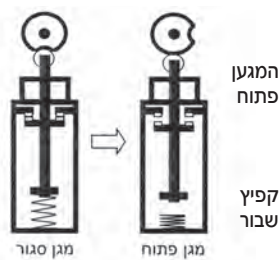
מצב "אין-מגע" אמור להיפתח על ידי הקפיץ אם הקפיץ נשבר מצב "אין-מגע" לא ניפתח



המפסק במצב "נורמלי" סגור מופעל על ידי האקסצנטר במקרה שהמגעים מולחמים בזכות הכוח של האקסצנטר

איור 4: התנהגות כשל בטיחותית

מצב הפעלה חיובי: מצב המפסק עם מערכת סגירה טובת עם מפסק במצב חיובי. במצב זה מופעל כוח רב על ידי האקסצנטר והוא אף מסוגל לקרוע את המגעים ממקומם. במקרה זה תיווצר הודעה על מגן פתוח, גם כשהוא סגור, והמכונה לא תופעל.

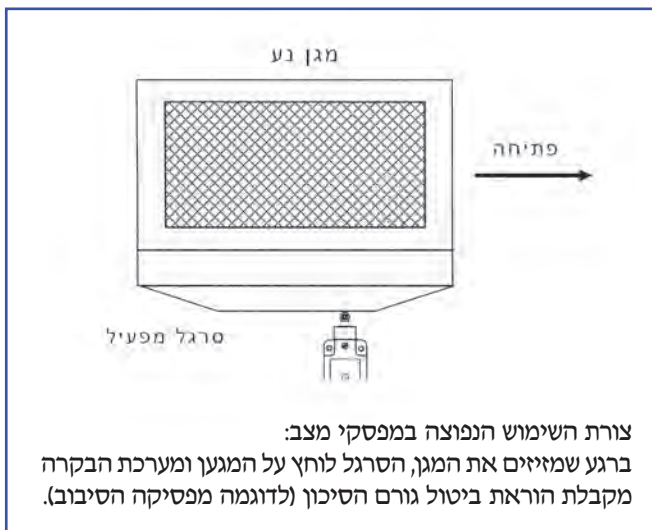
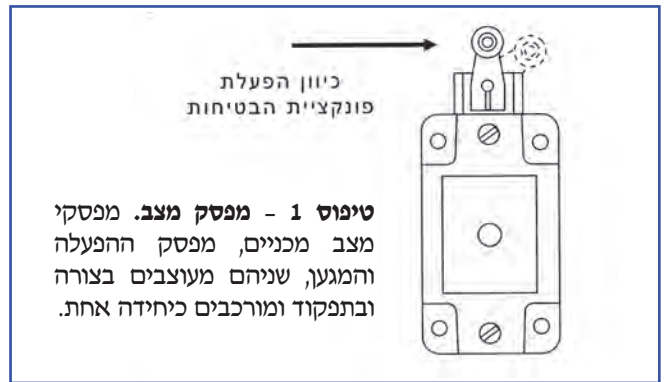
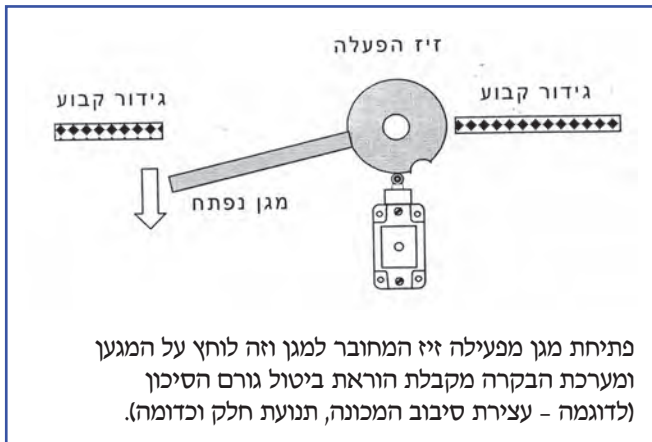


מצב "אין מגע" ייסגר באמצעות הקפיץ אם הקפיץ נשבר, מצב "אין מגע" יישאר במצב פתוח

איור 2: התנהגות כשל בטיחותית

מצב הפעלה חיובי: מצב המפסק עם מערכת סגירה טובת - עם מפסק במצב חיובי.

הכונה כשיש כשל בקפיץ בין שהמגן סגור ובין שהוא פתוח יש הודעה על מצב פתוח (מסוכן) ואין אפשרות להפעיל את המכונה.



דוגמאות לכשלים אופייניים ולשימוש נכון במפסקי גבול:

דוגמה ליישום נכון של אחידות ושונות במפסקי גבול

כשל מכריע של מפסק גבול בודד עלול להתרחש כתוצאה מהתחכמות העובדים, כשל מכני בתוך המפסק או שידור אות שגוי, וכן מסביבת עבודה המכילה אבק רב, חומרים דביקים וכדומה.

בצירוף שלמעלה ניתן לראות בחלק של "מערכת בעלת מפסקי גבול בתפקוד זהה" (NC - NC) שבמצב בטוח האות מורכב משתי הודעות שונות (1-0), בסדר מסוים, אך גם במצב פתוח, כשסרגל ההפעלה שלם, ישנם שני אותות שונים, הפוכים במיקומם מהקודם, ומערכת הבקרה חייבת להיות מכוונת בהתאם.

במצבים בהם נדרשת רמת בטיחות גבוהה יותר ומשתמשים במפסקי גבול (ראו הצירוף למעלה), "מערכת בעלת מפסקי גבול בתפקוד נוגד", ראוי שמפסקי הגבול יהיו בעלי תפקודים הפוכים (NC ו-NO) והאות יהיה חיובי (1-1) וזהה, דבר המקל על מערכת הבקרה באיחוי פשוט.

