

בטיחות בעבודה משותפת של אדם ורובוט

המהפכה התעשייתית הרביעית, הקרויה גם Industry 4.0 (מהפכת המידע), יוצרת מציאות חדשה במפעלים ובקווי הייצור. אחד מעמודי התווך של מהפכה זו הוא רמת גמישות גבוהה מאוד בתהליכי הייצור. זו ניתנת להשגה על ידי שיתוף פעולה צמוד בין אדם למכונה - אדם לרובוט. הטמעת האינטגרציה הזו טומנת בחובה אתגרי בטיחות רבים

מאת גיל בר-יואב

מנכ"ל חברת SICK ישראל
התצלומים באדיבות חברת SICK

רלבנטי לאפליקציות אלו הם מתגי דלתות, וילונות בטיחות, ממסרי בטיחות ועוד. שלב הביניים הוא שלב שיתוף הפעולה



(Cooperation) - האדם עובד בשיתוף פעולה חלקי עם הרובוט. למשל, מזין או אוסף חלקים אל הרובוט וממנו. בשלב זה, הרובוט יאט את מהירות תנועתו או יימנע מביצוע תנועות כלשהן כשהאדם יתקרב אליו.

דוגמאות לציוד בטיחות הם סורקי בטיחות מבוססי לייזר, כגון S3000 מתוצרת SICK, בשילוב בקר בטיחות. הסורק מחלק את הסביבה לארבעה אזורים. בכל אזור תגובת המערכת תהיה שונה. באזורים 1 עד 3 הרובוט יאט או יימנע מתנועות מסוימות, ואילו באזור 4 הרובוט ייעצר לחלוטין.

השלב המתקדם - HRC, הוא השלב שבו האדם והרובוט יחלקו את אותו תא עבודה ויבצעו את עבודתם במקביל.

בשלב זה אנו שולטים באמצעות ציוד הבטיחות על שטח העבודה הקרטיזי של הרובוט (הגדרת צירים במישור ובמרחב התלת-ממדי, לצורכי זיהוי והתמצאות), במקביל לשליטה ולהגבלת הכוח, המומנט ומהירות הרובוט. כמו כן, נדרש לחפות את הרובוט, כדי שלא יפגע באדם תוך כדי תנועה, ושהחיפוי לא יפריע למהלך העבודה. ציוד הבטיחות בשלב זה חייב להיות ציוד אינטגרטיבי, כלומר שכל רכיבי מערך הבטיחות מתקשרים זה עם זה, ללא בעיות. ■

כל תנועה על פי תקן הבטיחות לרובוטים EN ISO 10218. נוסף על כל אלו, בהערכת הסיכונים, יש להתייחס להשפעות הסביבה ולתנאים הבסיסיים שבהם האדם והרובוט פועלים. אלו הם צעדי חובה בתכנון מערך הבטיחות ביישומים הנזכרים.

הסיכונים

הרובוט "רואה" ו"שומע", ויודע להתייחס אך ורק לפונקציות שהותקנו בו. כאשר אין לרובוט מושג שבסביבת טווחי העבודה שלו מסתובב אדם עם בחירה חופשית ותנועות בלתי צפויות, המפגש הזה עלול להיגמר לא טוב. תנועה של אדם בקרבת מקום הפעולה של הרובוט, והמפגש ביניהם, עלולים לגרום לפגיעה קשה בעובד.

תכנון של מערך בטיחות במקרים של שילוב רובוט בעבודת האדם מצריך שילוב של טכנולוגיות רבות. יש לתת את הדעת על כך שרכיבים אלו יתפקדו ללא רבב ביחד, כדי שלא יגרמו להאטה ולעיכובים בפס הייצור. השימוש ההולך ומתרחב בעבודה משותפת של אדם עם מכונה, מצריך הסבה של קווי ייצור קיימים והטמעה בקווים חדשים.

יישום מלא של HRC, כלומר אדם ורובוט החולקים את אותו תא עבודה, יכול להתבצע בהדרגתיות. למעשה יש שלוש דרגות של שיתוף פעולה כזה. השלב הבסיסי הוא דו-קיום (Coexistence). האדם עובד בסביבת המכונה, ללא מגע ישיר עמה.

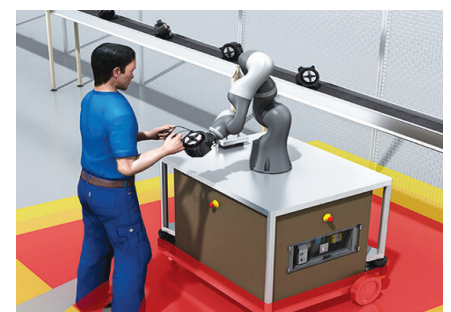
ברוב המקרים, ברגע שהאדם נכנס לטווח הפעולה של הרובוט, הרובוט עוצר (למשל פתיחת דלת). דוגמאות לציוד בטיחות

כדי לייצר גמישות בקווי הייצור אנו נדרשים להטמיע צורות ודרגות שונות של אוטומציה. אפשר לבדל צורות אלו בהתאם לצורה ולדרגה שבה אנשים יכולים לשתף פעולה עם מכונות.

גמישות בדרגה הגבוהה ביותר תושג בשיתוף פעולה מלא - האדם והרובוט יחלקו את אותו תא עבודה ויבצעו, במקביל, כל אחד את עבודתו. מכאן נולד הצורך בפיתוח פתרונות בטיחות, אשר יאפשרו זאת. לשם כך, יש להבין לעומק את צורת פעולות הרובוט, מצד אחד, וכן, לשלב התמחות בהערכת סיכונים, מצד שני. יישום הפתרון יתבצע תוך שימוש ברכיבי בטיחות ייעודיים.

צורת עבודה זו קרויה HRC - Human Robot Collaboration.

כל תהליך של פיתוח עבודת HRC מתחיל בהערכת סיכונים. כדי להתיישר עם דרישות התקינה נדרש לבצע הערכת סיכונים מקיפה ומפורטת לכל מכונה, כפי שמוגדר בתקן EN ISO 12100. כאשר מדובר ברובוטים, אזי המשימה מורכבת הרבה יותר, זאת, כיוון שלרובוטים יכולות תנועה מורכבות, המחייבות ניתוח ספציפי של



תקן ישראלי ת"י 4348 חלק 1 - בטיחות בריתוך, בחיתוך ובתהליכים נלווים (כללי)

פרק 8

פעולה תקינה. לפני כניסה למעטפת העבודה המוגבלת, המתכנת יודא שכל אמצעי ההגנה נמצאים במקומם ומתפקדים כפי שהם אמורים לתפקד במצב תכנות. רק המתכנת יורשה להיכנס למעטפת העבודה המוגבלת בזמן התכנות. כאשר נבחר מצב תכנות, התנאים הבאים יקוימו:

א. המערכת הרובוטית תהיה תחת בקרה בלעדית של המתכנת.

ב. כאשר המערכת תחת הנעת מתח, הרובוט יפעל במהירות אטית בלבד. כאשר מסופקת מהירות הגבוהה יותר ממהירות אטית, לצורך אימות תוכנית, היא תחייב פעולה מכוונת מצד המתכנת, כדי לבחור מהירות וגם הפעלה קבועה של הבקרות כדי להמשיך את תנועת הרובוט. הרובוט לא יגיב לשום שילובים או אותות מרחוק העלולים לגרום לתנועה. במקרה שתנועת ציוד אחר במעטפת העבודה עלולה להוות סכנה, היא תהיה תחת שליטתו הבלעדית של המתכנת. המתכנת ידרש לעזוב את מעטפת העבודה המוגבלת לפני הפעלת המצב האוטומטי.

הגנה על עובדי תחזוקה ותיקונים

כוח אדם המבצע תחזוקה או תיקונים לרובוט או למערכות רובוטיות יעבור הכשרה בנהלים הנחוצים לביצוע המשימות הנדרשות באופן בטוח. כוח אדם המבצע תחזוקה או תיקונים למערכות רובוטיות, יוגן מפני פגיעה עקב תנועה בלתי צפויה או בלתי מכוונת. הדרך היעילה ביותר להגנה היא לכבות את המערכת הרובוטית. יש למלא אחר נוהל הכולל השבתה של מקור המתח ושחרור או חסימה של אנרגיה מאוחסנת בעלת פוטנציאל מסוכן. כאשר אין אפשרות להשתמש בנוהל השבתה, יש לקבוע נוהלי הגנה אלטרנטיביים היעילים באותה המידה, ולהשתמש בהם כדי למנוע פגיעה.

ד"ר דוד זיו

ואת רמת הסכנה הנובעים מהמערכת הרובוטית ובהתאמה ליישום הרובוט. התקני הגנה יכולים לכלול, אך אינם מוגבלים למחסומים, למחסומי הגנה משולבים, למגנים היקפיים, למתחמים סגורים, למחסומי מודעות, לאותות מודעות ולהתקני הישת נוכחות. אפשר להשתמש בהתקן מודעות כאמצעי הגנה רק כאשר ניתוח הסכנות מעיד על כך ששיטות הגנה אחרות אינן אפשריות או אינן נחוצות. הערכת אמצעי הגנה תתבצע רק על ידי אדם הכשיר לכך או אדם מוסמך שהוכשרו לזהות סכנות בטיחות פוטנציאליות ולדרוש אמצעי הגנה נחוצים.

חיישני נוכחות

חיישני הנוכחות הנפוצים בבטיחות רובוטית הם שטיחים רגישים ללחץ ווילונות אור. התקני הישת נוכחות יהיו מסוג אל-כשל, כך שכשל בהתקן לא ישפיע עליו או שההתקן יעבור למצב שבו עובדת הכשל לא תגרום לתאונה.

מיסוך השמלי

למניעת שיבושי תוכניות על ידי הפרעה השמלית, הנובעת מתדר גבוה או הזרקה קשת במתח גבוה, יש לספק מיסוך השמלי מספק.

הגנה על המפעיל

אמצעי ההגנה ימנעו מהמפעיל להיות במעטפת העבודה המוגבלת בזמן תנועת הרובוט או ימנעו, או יעכבו את תנועת הרובוט כאשר חלק כלשהו של גוף המפעיל נמצא במעטפת העבודה המוגבלת.

הגנה על המתכנת

המתכנת יעבור הכשרה לגבי ההתקנה הספציפית, כולל תוכנית הבקרה ונהלי התכנות המומלצים. לפני תכנות הרובוט, המתכנת יבדוק את הרובוט ואת מעטפת העבודה מבחינה חזותית, כדי לוודא שלא קיימים תנאים העלולים לגרום לסכנה. בקרות התכנות של התליון יבדקו פונקציונליות, כדי להבטיח

רובוט - מניפולטור רב-תפקודים, בר-תכנות, המתוכנן להזיז חומרים, חלקים, כלים או התקנים ייעודיים באמצעות תנועות מתוכננות משתנות, לצורך ביצוע משימות מגוונות.

מערכת רובוטית - מערכת הכוללת רובוטים תעשייתיים, יחידות קצה וכל ציוד, התקן או חישן, הנחוץ לרובוט לצורך ביצוע משימותיו, נוסף על ממשקי התקשורת לצורך הפעלת הרובוט או ניטורו.

אמצעי בטיחות - מחסום הגנה, התקן או נוהל המתוכנן לצורך הגנה על בני אדם.

מעטפת עבודה - נפח המרחב, המקיף את מרחק ההגעה המתוכנן המרבי של מניפולטור הרובוט, כולל יחידת הקצה, העובד והרובוט עצמו.

מעטפת העבודה לפעולה - החלק ממעטפת העבודה המשמש בפועל את הרובוט במהלך ביצוע תנועותיו המתוכננות.

מעטפת עבודה מוגבלת - החלק ממעטפת העבודה שאליה מוגבל הרובוט על ידי התקנים מגבילים, הקובעים גבולות שאין לחרוג מהם במקרה של כל כשל, הניתן לחיזוי באופן סביר, של הרובוט או הבקרות שלו.

הערה: המרחק המרבי שהרובוט יכול לנוע אחרי שההתקן המגביל מופעל, מהווה את הבסיס להגדרת מעטפת העבודה המוגבלת של הרובוט.

מערכת בטיחות יעילה

מערכת בטיחות יעילה תספק הגנה לכוח האדם החשוף לסכנות פוטנציאליות, הקשורות לפעולת רובוט. אפשר להשתמש בשילוב של שיטות, כדי לפתח מערכת בטיחות יעילה.

אמצעי הגנה

המשתמש ברובוט או במערכת רובוטית יודא שמסופקים אמצעי הגנה ושנעשה בהם שימוש. אמצעי ההגנה ורמתם, כולל יתירות כלשהי, יהלמו באופן ישיר את סוג הסכנה