

ICT בעידן נטול עופרת

עם המעבר לתהליכים נטולי עופרת, נתקלים היצרנים בבעיות קשות של מגעים בעת ביצוע בדיקות ICT



ראובן שריפט, א.מ. הנדסה בע"מ

בדיקות ICT מקובלות בתעשיית האלקטרוניקה מזה כשלושה עשורים. יצרני מעגלים מודפסים וקבלני המשנה עושים שימוש רב בשיטה זו בתהליכי היצור שלהם. השיטה דורשת מתאם ספציפי לכרטיס המאפשר נגישות חשמלית לצמתים במעגל. יתרונות השיטה בתכנות הפשוט והמהיר וכן בדיאגנוסטיקה החדה והמדויקת. ICT מבוסס בראש ובראשונה על מגע של פני בדיקה בצמתים על המעגל הנבדק. המגע הפיסי צריך להוות מגע חשמלי טוב כדי לאפשר הזרקה אותות ומדידת ערכים חשמליים מתוך המעגל. לצורך יצירת מגע טוב, תכנון המעגל ועריכתו צריכים לקחת בחשבון את צרכי ה-ICT ולתכנן נקודות בדיקה גלויות העומדות בספציפיקציות של ה-ICT. הדגשים הם על גודל מינימלי של הפד (מקובל 32 מ"ל), מרווחים מינימליים בין פדים (50 מ"ל), קירבה מינימלית לרכיבים וכן פיזור נאות על פני הכרטיס כדי למנוע עיוותים בו ונזקים לרכיבים. מגע טוב תלוי לא רק בדיוק המיקום אלא גם באיכות המגע החשמלי. התחמצנות פני השטח, לכלוך המגעים, ציפויים אורגניים או דבקים, עלולים למנוע יצירת מגע חשמלי אמין.

תהליכים נטולי עופרת

לאחרונה, עם המעבר לתהליכים נטולי עופרת, נתקלים היצרנים בבעיות קשות של מגעים בעת ביצוע בדיקות ICT ולעיתים צריך לשאוב את הכרטיס מספר רב של פעמים עד שמתקבלת בדיקה יעילה שניתן לסמוך על תוצאותיה.

כדי להבין את הבעיה ולנתח לצורך שיפור התוצאות, חשוב לחקור את מקור הבעיה והפרמטרים המשפיעים עליה.

1. פין הבדיקה הסטנדרטי מיוצר ברמה גבוהה ותקלות הקשורות אליו עלולות להתבטא במעצור מקרי, ראש שבור או קפיץ תקוע. תרומת תקלות בפינים לתקלות מגע אפשריות הינה קטנה יחסית וניתן להגדירה בסביבות 4-2 מקרים למיליון (2-4ppm).
2. מתאם הבדיקה המורכב ספציפית לכרטיס עלול להוסיף סדר גודל של 8ppm וזאת כתוצאה של קידוח לא מדויק, הרכבה לקויה, מסע לא מספק או איזון לא נכון בהפעלה.
3. הכרטיס הנבדק עלול להוסיף עוד כ-6ppm לתקלות המגע האפשריות כתוצאה מנקודות בדיקה קטנות מדי, אי-דיוקים בתהליך היצור, לכלוך או דבקים על נקודות הבדיקה.

הסטטיסטיקה של המגע

לתופעת איכות המגע יש התנהגות סטטיסטית נורמלית. אם נתייחס לפין

בדיקה בודד בתנאי מגע אידיאליים לפי המפרט הבא:
 כרטיס מכיל חורי מיקום מדויקים ואחידים
 פד בדיקה 32 מ"ל מצופה בדיל עופרת
 פין בדיקה מצופה זהב עם ראש כתר בכוח קפיץ (6oz 180 gram)
 מתאם תקני עם אטימת וואקום יעילה ולחיצת פין הבדיקה ל-70% מהמסע
 המקסימלי שלו.

בתנאים אלה, מנקודת מבט סטטיסטית, הסיכוי לחוסר מגע נניח שהוא עשרים למיליון, במלים אחרות: 20ppm.
 בטכנולוגיות ותיקות, מספר הצמתים האופייני במעגל היא בסביבות 1,000 נקודות ולכן הסיכוי למגע טוב על פני כל הנקודות עומד על 98%. אחוז זה סביר בהחלט לעבודה שוטפת על קווי יצור בתעשייה ככלל ניתן לומר שכל ערך מעל 95% עדיין סביר לבדיקות ICT.
 בואו ונבחן עכשיו כיצד השינויים בטכנולוגיה המודרנית משפיעים על איכות המגע בבדיקות ICT.

1. ריבוי צמתים במעגל: בממוצע הוכפל (לפחות) מספר הצמתים. פרמטר זה בלבד, בהנחה שיתר התנאים אינם משתנים, מפחית את הסיכוי הסטטיסטי למגע טוב על פני כל המעגל ל-96%.
 2. הקטנת פדי הבדיקה לכדי 28 מ"ל עלולים להוסיף לאפשרויות חוסר המגע לכדי 40ppm ולהפחית את יעילות המגע הכולל לכדי 92%.
 3. כתוצאה מהמעבר לחומרים נטולי עופרת, ציפויים המכילים כסף או מגע בנחושת גלויה מחומצנת, ראינו ירידה דרסטית לכדי 500ppm. כנ"ל לגבי ציפויים אורגניים מסוג OSP ובהסתברות למגע יעיל של 37%.
 לגבי איכות המגע של הפין הבודד ההשפעה אינה קריטית ועומדת על 99.9% סבירות, אולם אם נכפיל ערך זה במספר הפינים שמנסים לגעת בכרטיס, נגלה שהסיכוי שכל הפינים יצרו מגע טוב עם המעגל עלולים לרדת דרסטית כתוצאה מהמעבר לטכנולוגיה החדשה.

המתמטיקה של איכות המגע
 ננסה לאפיין את איכות המגע במונחים מתמטיים כדי לבחון את השפעת הטכנולוגיה במונחים איכותיים.

הסיכוי של הפין הבודד ליצור מגע טוב מוגדר: $Cs=1=Ppm \times 10^{-6}$
 כאשר Ppm מוגדר כמספר הפעמים שהפין עלול לא ליצור מגע מתוך מיליון אפשרויות. הערכים המקובלים באפליקציות של ICT הינם $Ppm < 20$.
 עבור מספר זה: $Cs = 1 - 0.000020 = 0.99998$
 כלומר, אמינות מגע של 99.998%.

חישוב האמינות הכוללת של x פינים מחושבת לפי הנוסחה הבאה: $Cp = Cs^x$, כלומר האמינות של הפין הבודד בחזקת מספר הפינים במתאם. החישובים הנ"ל עבור מתאם קטן (500 נקודות), בינוני (1,000 נקודות) וגדול (2,000 נקודות) יתנו את התוצאות הבאות:

$$C500 = 98.51\%$$

$$C1000 = 97.04\%$$

$$C2000 = 94.13\%$$

ראה גרף 1 המתאר את איכות המגע הכוללת באחוזים בתלות במספר התקלות הצפויות למיליון בהתאמה למספר הפינים במתאם. תוצאות אלו מקובלות בתעשייה ומשמעותן משיכת וואקום אחת או שתיים לכל היותר כדי ליצור מגע ודאי לכרטיס הנבדק.
 כאשר איכות המגע יורדת כתוצאה מהשפעות השינויים הטכנולוגיים (כפי שתארנו קודם), יש צורך לפעמים למשוך את הכרטיס 8-10 פעמים ולעתים לא ניתן להגיע בכלל למצב של מגע ודאי.
 ראה גרף 2 המתאר את מספר משיכות הוואקום הנחוצות כדי ליצור מגע טוב כפונקציה של אמינות המגע הכוללת באחוזים.
 האם ניתן להתגבר על התופעה? ניתן כמובן לבטל תופעות אלו או לצמצמן במידה ניכרת ע"י נקיטת אמצעים מתאימים. להלן מספר נקודות אשר הקפדה בטיפול בהן יכולה להועיל:

1. תכנון המעגל לבדיקות

תכנון נכון של המעגל לבדיקות מוכר זה מכבר ורוב מתכנני המעגלים לוקחים בחשבון את התקנים המוצעים בנדון. עם זאת, חשוב להוסיף את

ההמלצות הבאות המתייחסות ספציפית לשינויים בטכנולוגיית היצור:
 חשוב לתכנן את נקודות הבדיקה לציפוי בחומר הלחמה (בדיל או בדיל כסף).
 חשוב לא לצפות את נקודות הבדיקה בחומרי הגנה אורגניים (OSP).
 תכנון נכון של המעגל לבדיקות יאפשר לכם להמשיך ליהנות מהיתרונות
 שמציעה שיטת הבדיקה ICT.
 במידה ולא ניתן לשפר את תכנון המעגל לפי המוצע לעיל ניתן לבצע מספר
 פעולות בהתקן הבדיקה ואפילו בתהליך כדי למנוע את בעיות המגע.
 2. הקפדה ביצור מתאם הבדיקה עם דגש על הפרמטרים הבאים:
 א. קידוח חורים מדויק ומיקום פני הבדיקה בצורה נכונה.
 ב. הרכבה נכונה של המתאם לתנועה חופשית של הפלטות. לוודא שפני
 הבדיקה מופעלים לכדי 70%-60 ממסעם המקסימלי; פיזור נאות של נקודות
 הבדיקה על פני המתאם; איזון וואקום נכון לירידה אחידה של הכרטיס; טיפול
 תקופתי למתאם, ניקיון והחלפת פינים.
 3. בחירת פינים נכונה
 החומרים החדשים מקשים על פני הבדיקה לחדור וליצור מגע יעיל. בחירה
 של פינים עם כוח לחיצה גבוה יותר יכולה להועיל. בנוסף, פינים העשויים
 מפלדה יישחקו פחות מפינים
 העשויים מסגסוגת נחושת בריליום.

בניסיון שפרסם מר ג'ון אוקונל מחברת אג'ילנט הוא מראה שהגבלת כוח
 הקפיץ משפרת את המגע במעגלים מצופי OSP ומעלה את התפוקה מ-
 24% ל-96%. במעגלי בדיל עופרת הוא כמובן לא ראה שיפור והתפוקה
 עמדה בשני המקרים על 98%. למרות שיפור המגע, טוען אוקונל, שכח קפיץ
 גדול יותר עלול לגרום לנזקים על המעגל הנבדק בצורה של שקעים וחתכים.
 חשוב לקחת זאת בחשבון.
 אוקונל גם טוען שלא הבחין בשיפור באיכות המגע כתוצאה משינוי צורת
 ראש הפין. כאן אני חולק על דעתו מאחר ונתקלנו במצבים בהם החלפת
 צורת הראש אכן שיפרה דרסטית את איכות המגע.
 דוגמה מעניינת הינה חור מעבר (VIA) שעבורו נבחר בעבר ראש פירמידה
 וזאת כדי לנצל את יכולת מרכז הפין ע"י החור שב-VIA. המעבר לטכנולוגיה
 החדשה יצר שכבה עבה של חומר OSP בתוך החור ותכונת המרכז הפכה
 לרועץ: חוד הפירמידה פגע בשכבת ה-OSP ללא אפשרות למגע חשמלי
 יעיל. רק החלפת הסיכה בראש כתר מתכנס אפשרה מגע חשמלי טוב.
 בעיקרון כדאי לזכור שתהליך בדיקה של מעגלי בדיל עופרת לא רגיש במידה
 יתרה למבנה הפין ולשלמות המתאם. מעגלים נטולי עופרת רגישים במידה
 רבה יותר וכדאי לבחון מחדש את כל הפרמטרים הרלוונטיים.
 להלן מספר רעיונות לשיפור תהליך הבדיקה:
 מומלץ לבדוק את הכרטיס סמוך ליצורו כדי שהתקשות חומר הגנה ותופעת
 ההתחמצנות יהיו קטנים. בנוסף, אפשר לנקות את המעגל לפני הבדיקה
 ומומלץ לעדכן את תכנית הבדיקה להפעלה כפולה של הוואקום כדי לאפשר
 חדירות גבוהה יותר של פין הבדיקה.

סיכונים

חלק ניכר מההמלצות לשיפור איכות המגע עניינם בהגדלת הלחץ הכללי
 והנקודתי על הכרטיס הנבדק. בנוסף לנזק האפשרי לנקודת הבדיקה
 הספציפית (שקע, שריטה), הכוחות הפועלים יכולים ליצור עיוות המעגל בזמן
 הבדיקה וכתוצאה עלולים להישר או להיסדק רכיבים פסיביים ופיני BGA
 ברכיבים גדולים עלולים להתרומם. בעת ביצוע ההתאמות חשוב ביותר
 להקפיד על איזון נכון של מתאם הבדיקה והתאמה זהירה של סוג פין
 הבדיקה לנקודת הבדיקה של המעגל.

סיכום

השינויים הטכנולוגיים והמעבר לחומרים נטולי עופרת משפיעים על יכולת ה-

ICT לבצע בדיקות חשמליות אמינות. עיקר ההשפעה הוא על איכות המגע בין פין הבדיקה לנקודת הבדיקה. ניתן לנטרל השפעות אלו ע"י תכנון נכון של המעגל והקפדה על יצור ותחזוקת מתאם הבדיקה ובחינה נכונה של פני הבדיקה. ניסיונות מראים שניתן להמשיך ליהנות משיטת בדיקה זו גם בטכנולוגיה המודרנית של מעגלים נטולי עופרת.

הדפס

**** הודפס מאתר מגזין טכנולוגיות-כל הזכויות שמורות ****