

תחזוקה כחוליה חיונית במערכת החשמל

תחזוקה מנבאת / חזויה

זו פעולת אחזקה המסייעת לקבוע את מצבם של מערכת או ציוד, על מנת לחזות מתי יהיה צורך בפעולות תחזוקה אשר ימנעו נזק או שבר בעתיד. הדבר מאפשר תזמון נוח ותכנון אפקטיבי של תחזוקה.

שיטה זו מבוססת על ניטור (monitoring) וחזוי מצב המערכת באמצעות בדיקה, בחינה, הערכה והשוואה של יחידת ציוד ליכולת תפקוד נדרשת, תוך שימוש באמצעים טכנולוגיים מתקדמים, ניתוח הממצאים

ומתן הנחיות בזמן אמת לטיפול בציוד, ומניעת התפתחות תקלות לנזק המחייב ביצוע אחזקת שבר (ראו איור 1).

רוב בדיקות התחזוקה המנבאת / חזויה מבוצעות בזמן אמת, ובכך מצמצמים את שיבוש הפעולות הרגילות של המערכת. ההחלטה לביצוע מתקבלת על-פי ניתוח סטטיסטי נאות ולפי אנליזה ותכנון מבוקר.



ההתקדמות הטכנולוגית המתמדת והמהירה מחייבת למצוא שיטות תחזוקה חדשניות ומתקדמות שלא יפגרו אחריה.

כל ארגון, חרף אינספור אילוצים ושיקולים אנושיים וטכנו-כלכליים, חייב לשמור המיתקנים והמכונות שברשותו, לטפל בהם, ולשפר את תפקודם. תכנון האחזקה כבר משלב הפיתוח הוא הבסיס להבטחת תפעול תקין של מערכת צריכת אנרגיה, בבחינת "סוף מעשה במחשבה תחילה".

נהוג להבחין בין שלוש שיטות תחזוקה:

- תחזוקת שבר / תחזוקה מתקנת - Breakdown Maintenance
- תחזוקה מונעת - Preventive Maintenance
- תחזוקה מנבאת / חזויה - Predictive Maintenance

תחזוקת שבר

זו פעולת אחזקה שבמסגרתה מטפלים במערכת או בציוד רק לאחר שאירעה תקלה ונוצר מצב הדורש תיקון (Run to Failure). יתרונה של שיטה זו הוא בכך, שהחלקים מוחלפים רק לאחר שתם משך חייהם, ובכך נחסכים הוצאות התחזוקה השוטפת וזמן טיפולים שגירתי.

חסרונות השיטה רבים למדי:

- השבתה לא צפויה ועיתוי לא מתוכנן מראש.
- סיכוי לפגיעה בעובדים בסביבת המיתקן.
- סיכוי לנזק בציוד משני הסמוך לאותו התקן או מחובר אליו (נזק סביבתי).
- היות שהתקלה פתאומית ולא ערוכים לה, זמן הטיפול הוא ארוך יחסית.
- קיים סיכון להוצאות כספיות גדולות לצורך תיקון דחוף ונרחב.

תחזוקה מונעת

זו פעולת אחזקה המתבצעת באופן שגרתי, והיא נועדה לצמצם או למנוע התרחשות שבר ותקלות עתידיות. העבודה מבוצעת לפי הנחיות המבוססות על הניסיון, ולרוב - לפי הוראות היצרן.

בשיטה זו ישנה אפשרות לרכז את פעולות האחזקה בזמנים מוגדרים, ולבצע את העבודות במקביל. כך נחסכים עלויות של כוח אדם וציוד, וכן זמן (שיטה זו מתאימה במיוחד למפעלים המצוידים במכונות או בציוד אחיד).

החיסרון הבולט בשיטה זו הוא, שלמרות ההשקעה בפעולות מונעות, עדיין אין מנגנון החוזה את מצב המכונות, וקיים חוסר ודאות לגבי מועד התקלה הבאה והיקפה, שכל הנראה יהיה נזק הדומה בהיקפו לנזק שבר.

איור 1: המחשת תהליך תחזוקה מנבאת



מעקב, אבחון, הערכת מצב

אחזקה חזויה מבוססת על חיזוי במספר שיטות וטכניקות שונות בהתאם לסוג המערכת. ישנם אמצעים שונים, המותאמים לסוג המכלול והציוד ולאופי פעילותו.

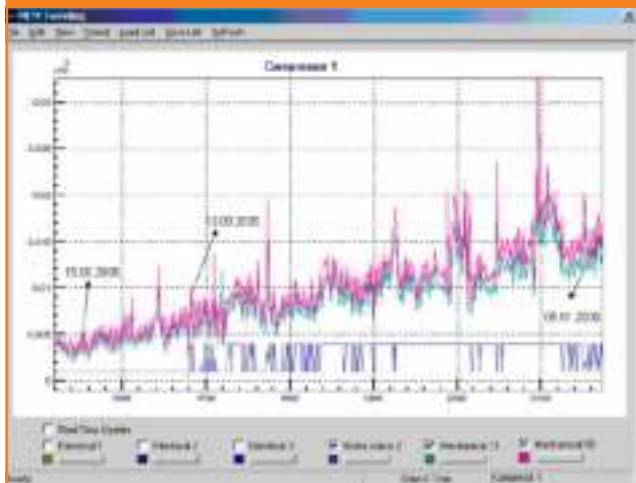
להלן דוגמאות לטכניקות שימושיות.

מדידת תנודות ורעידות וניתוח מכאני

באמצעות מדידה מדויקת של אנרגיה מבוזבת הנובעת מרעידות במערכת המכאנית ניתן למדוד את חומרת התקלה ללא הפסקת פעולתה של מערכת, ואף ללא מגע בחלקים הנעים. בטכניקה זו מודדים את העוצמה ואת התדר של הרעידות.

כמו כן, מערכת הבקרה מציגה את הנתונים על גבי גרפים מתאימים, כפי שמתואר לדוגמה באיור 3. באיור זה מוצג גרף שמבטא את הפרמטרים המכאניים החריגים והשונים בתדירות הולכת וגדלה, שהוצגו באיור 2.

איור 3: דוגמה - פלט של מערכת הבקרה ביחס לפרמטרים מכאניים חריגים של מנוע



מקור: מעבדת חשמל מרכזית, חברת החשמל

ניטור תרמי אינפרא אדום - תרמוגרפיה

מצלמת הדמיה תרמית היא כלי מצוין לתחזוקת מערכות מכאניות וחשמליות. באמצעות סריקות תרמוגרפיות של מערכות חשמל ניתן לאתר "נקודות חמות" לא שגרתיות, המבטאות עומס יתר, חיבורים ומגעיים רופפים ועוד, וכך למנוע בעוד מועד תקלות שעלולות להתרחש ולגרור קצרים והתלקחויות. למשל, סריקה תרמוגרפית של משאבות ומנועים עשויה לזהות בעיות במיסיבים ובציר המנוע בטרם יישרף ויהיה צורך להחליפו. בין המערכות החשמליות שלגביהן מומלץ לערוך סריקות תרמוגרפיות ניתן לציין: לוחות חשמל, מפסקים ומנתקים, שנאים, מנועים, מהדקי חיבורים לכבלים ועוד.

באיור 4 מוצגות לדוגמה תוצאות סריקה תרמוגרפית שבוצעה בלוח חשמל. נצפו נקודות חמות SPO1 ו-SPO2 במפרטורות של 37.2 ו-37.3 מעלות צלסיוס, בהתאמה, בהשוואה לטמפרטורה הרווחת בלוח - 31.1 מעלות צלסיוס. כלומר, קיימת חריגה של כ-6 מעלות צלסיוס בנקודות אלו. ההמלצה הנובעת מסריקה זו היא לבדוק את מגעי החיבורים בנקודות הללו, ולדאוג לניקוי ולחיזוק של החיבורים.

איור 4: דוגמה - זיהוי "נקודות חמות" בלוח חשמל באמצעות סריקה תרמוגרפית



מקור: מעבדת חשמל מרכזית, חברת החשמל

ניטור אקוסטי - אולטרסאונד

בדיקות אלו מבוססות על צלילים שמעל לסף השמיעה שלנו. השימושים העיקריים בהן בעולם האחזקה הן לשם גילוי דליפות אוויר וגזים ממכלים ומצנרת, בדיקת תקינות דודי קיטור, קווי קיטור ומכלודות קיטור, גילוי תופעות חשמליות מסוג קורונה וארקין, פריצות חשמל, ניצוצות ויוניציה.

בדיקה ויזואלית חזותית

זו בדיקה שנועדה לוודא את שלמות המיתקנים והחיבורים. בדיקות ויזואליות ומדידות באמצעות עיבוד תמונה ממוחשב מאפשרות קבלת נתונים שאינה אפשרית בבדיקות שמבצעים בני אדם. ישנה אפשרות לאגור כמות רבה ומגוונת של נתונים, אשר בעיבוד ובניתוח מתאימים יגלו מידע חשוב שלא היה נחשף אחרת.

ניטור חומרי סיכה, שמנים ונוזלים

ביצוע בדיקות אלו מאפשר להאריך את זמן השימוש בחומרים ובשמנים, לעיתים הרבה מעבר להמלצות ספק השמנים/המכונות, מבלי ליטול סיכון. מדובר בבדיקות פיסיקליות, כגון צמיגות קינמטית, תכולת מים בשמן, חומציות ובסיסיות כוללת, תכולת מתכות, בלאי, ותוספים בשיטה ספקטרומטרית, נקודת הבזקה, מתח פריצה, ובדיקות רבות נוספות לשמנים, גרזים וסולרים.

ניטור מוטורי של מנועים

שיטה זו כרוכה באיסוף מידע וניתוח ספקטרי של אותות המתח והזרם של המנוע, שלאחריו מתבצעת השוואת הפרמטרים שנמדדו למודל ידוע של המנוע - כדי לאבחן חריגות חשמליות ומכאניות שונות.

באיור 2 מוצגת לדוגמה התרעה של מערכת בקרה לניטור מנועים עקב חשש לתקלה במיסיבי המנוע ובתמסורת המכאנית שלו. מערכת הבקרה מציגה נתונים חיוניים, כגון מתחים, זרמים, גורם הספק וכדומה, ומאבחנת בעיות מכאניות וחשמליות קיימות, או אף מתריעה על פרמטרים חריגים אשר עשויים להצביע על תקלות שעלולות להתרחש.

איור 2: דוגמה להתרעה של מערכת בקרה לניטור מנועים



מקור: מעבדת חשמל מרכזית, חברת החשמל

יתרונות התחזוקה המנבאת

התחזוקה מתבצעת באופן ממוקד, מתוכנן וממוקד. מה שנתפס בעבר כ"עצירה לא מתוכננת" לצורך אחזקה נתפס כיום כ"עצירה מתוכננת" קצרה וממוקדת יותר, דבר אשר מגביר את זמינות הציוד ומקנה עוד יתרונות, כגון:

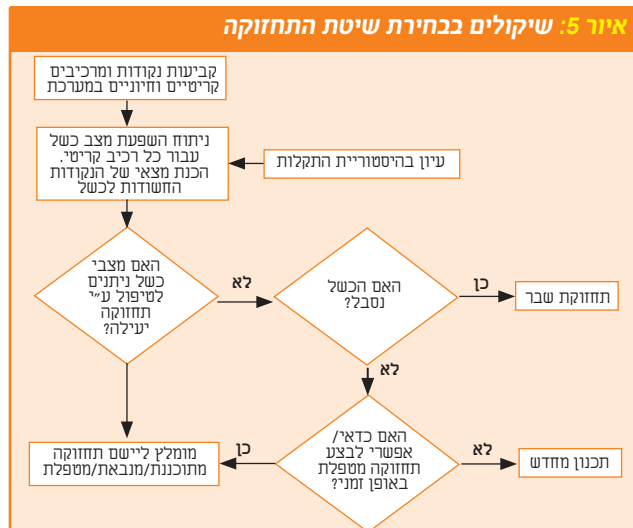
- חיסכון בעלויות בהשוואה לתחזוקה מונעת; המשימות מבוצעות רק כאשר יש צורך.
- שיפור רמת הבטיחות והאמינות של הציוד.
- שיפור איכות המוצר המוגמר בקו ייצור.
- צמצום תאונות ועצירות עקב שבר; הפעילות מתבצעת לפני שהתקלה מתרחשת.
- הקטנת מלאי החלפים; חלקי החילוף מותאמים לטיפול.
- משך חיים גדול יותר של המכונה.
- טיפול יעיל ומתוזמן לפני התרחשות שבר ונזק, דבר המפחית את הסיכוי לפגיעה בסביבה.

שיקולים בבחירת שיטת התחזוקה

אימוץ שיטת תחזוקה על-ידי הארגון תלוי בשיקולים טכנו-כלכליים וניהוליים כאחד, ובהתחשב בחיוניות של המערכת, המוצר והשירות.

כמתואר בתרשים הזרימה שבאיור 5, השלב הראשון ההכרחי הוא הגדרת הנקודות הקריטיות במערכת, וניתוח מידת השפעתן הצפויה על המערכת בעת התרחשות תקלה. לאחר שמביאים בחשבון את היסטוריית התקלות של המערכת ניתן להכין רשימה של תקלות אפשריות, ולהעריך מה ההסתברות שהן תתרחשנה. יתרה מזאת, מתן מענה לשאלות בדבר חיוניות הציוד והשפעתו על תיפקוד המערכת, או בדבר העלויות האפקטיביות של יישום תחזוקה תקופתית (למשל, האם היא יכולה למנוע או להפחית את ההסתברות להתרחשות מצבי כשל), עשוי להוות כלי הכוונה לארגון בדבר שיטת התחזוקה המומלצת לגבי מערכת כלשהי.

איור 5: שיקולים בבחירת שיטת התחזוקה



לסיכום

כדי להתחרות בכלכלה של היום, חשוב שכל חברה תהיה מעודכנת ומודעת לחשיבותה של תחזוקה מנבאת. ההתקדמות הטכנולוגית מחייבת מעקב מתמיד והבנה עמוקה כיצד פועלת תוכנית תחזוקה מנבאת / חזויה, ומה היא תורמת לקידום הארגון ושיפורו. יחד עם זאת, אימוץ שיטת תחזוקה על-ידי הארגון תלוי בשיקולים טכנו-כלכליים וניהוליים כאחד, ובהתחשב בחיוניות של המערכת, המוצר והשירות.