

# הנדסת מערכת מנייה - תיאור התחום של בדיקות קבלה פונקציונאליות (FAT – Functional Acceptance Tests) בעידן המנייה החכמה

יצחק משיח, אליעזר אברמוביץ, נצח קלמרו

## מאמר ראשון - מניית אנרגיה חשמלית לצרכי גבייה

ממוחשב אחרי תקלות, הגדרת מונים לרכש עתידי, אירכוב של גרסאות תוכנה, ואוטומציה תעשייתית של תהליכי הבדיקה. אנשים רבים אינם מודעים לכך שמונים שהם "מוצרי מדף". המונים דורשים תהליך מורכב של אישור **קדם סידרה** של דגם מונה חדש. תהליך האישור כולל **בדיקות קבלה פונקציונאליות ומטרולוגיות**. במעבדתינו, המתמקדת בבדיקות קבלה פונקציונאליות, מגיע מספר הבדיקות בסבב אחד מבין רבים, לאישור דגם מונה חדש לכ 500 בדיקות בתקשורת למונה, וכמה אלפי הרצות תקשורת מרחוק, במרכז המנייה. בנוסף – במונים ייעודיים, הכוללים יכולות לניטור איכות חשמל לשם ניטור התקן הישראלי **50160**, היוצא בקרוב, נכנסות יכולות נוספות והן שונות משמעותית בין מגוון דגמי מונים המוצעים בשוק ניטור איכות חשמל. קיימים מונים עם ניטור איכות חשמל בנקודות חיבור עומסים לרשתות – המתאימים לאכיפת התקן בלבד. קיימים מונים מתקדמים יותר המאפשרים חקר בעיות חשמל הנובעות מלקוחות, ויצרני חשמל פרטיים. מונים כאלה כוללים בנוסף למודול ניטור **50160**, גם מקליט כשלים ספרתי (Digital Fault Recorder), מקליט תופעות מעבר מהיר (Fast Transient Recorder). מונים כאלה מסוגלים לכמת את איכות החשמל, בעומס מאד- לא ליניארי ומאפשרים יישום המונה כבקר מיתוג לשליטה על תהליכים.

מגוון טכנולוגיות אלה, מאוגד כיום, במונה גבייה (revenue meter). המונח המקצועי למונה גבייה מתקדם הינו מונה תעו"ז (= תעריף, עומס וזמן). מונה גבייה – הינו מונה המאפשר (1) הפקת דו"ח גבייה חודשי (billing), לפי תעריפים שונים, (2) הפקת דו"ח צריכת אנרגיה בתלות בזמן (נקרא רישום רציף load survey), (3) הפקת דו"ח אירועי חשמל ומערכת (event log). ארגונים הרוכשים מונים כאלה, נדרשים לדעת, מגוון טכנולוגיות נרחב. נדרש **ידע תקינה** לא רק בנושאים כגון דיוק מנייה (מטרולוגיה) וחסינות המונה למתחים גבוהים (= עמידות המונה ובטיחות המשתמש), אלא גם בתקשורת תקנית, בפרוטוקול התקשורת בין מונה למרכז מנייה ועוד. תהליך רכש המונה, כמוצר חומרה בלבד, או **כמוצר מדף** – אינו מתאים יותר לצרכי הזמן. נדרש שמהנדס המנייה, יתחשב בהגדרת הרכש, ואח"כ יבדוק התאמה של המונה למכלולים נוספים:

• תוכנת ניהול מונים (AMI – Advanced Metering

במאמר זה אנו מראים כי המגוון של התחומים הרלוונטיים למונים ולמנייה מתכנסים - בחברת החשמל לישראל - לאוסף יכולות המוגדר **כ"הנדסת מערכת מנייה"** או בלשון אחרת **"הנדסת מערכת"** המתמחה בתחום **מנייה**. אנו נציג אוסף של מתודולוגיות, דרכים מעשיות וכלי תוכנה ליישום "הנדסת מערכת מנייה" זו, בדומה למתודולוגיות המיושמות בחברות האחראיות למערכת אינטגרטיבית באשר היא. בשל כך הכלים המוצעים כאן – מתאימים לכל מנהל מעבדה, העוסק בבדיקות ואינטגרציה באשר הן. נושא מנייה חכמה מביא עימו בכל העולם לצורך של מהנדסי חברת החשמל להיות מהנדסי אינטגרציה. אל מול התפיסה הקיימת של חברת החשמל כלקוח של מוצרי מנייה מן המדף, המצב הקיים בעולם הינו שגם כאשר ישנן חברות קבלן המבצעות את האינטגרציה, בד"כ הן אינן מסירות את האחראיות לאינטגרציה ממהנדסי חברת החשמל. במאמר השני נתמקד בטכנולוגיות מחשוב מעשיות המתמודדות עם הגדילה בעומס באישור מכלולים להנדסת מנייה לפני התקנה סדרתית, ובמתודולוגיות וורפיקציה – הישימים לכל מעבדה באשר היא.

### מבוא

אנשים רבים – אינם מודעים לעובדה שמונה אנרגיה חשמלית ספרתי מודרני, על אף מראהו הפשוט לכאורה, מכיל בתוכו חומרה (hardware), קושחה (firmware) וחבילת כלי תוכנה לתמיכה (software) - ברמת תחכום גבוהות, ומאגד תכונות קונפיגורציה מתחכמות המיושמות ע"י מהנדסי חברת החשמל לפני ואחרי התקנת המונה בשטח. המונה מתקשר עם הסביבה החיצונית בלפחות 4 אופני תקשורת (אופטית, מודם קווי, מודם GPRS, קוויית ישירה, RS-232) ובמונים מתקדמים ביותר אופנים. אפיון מונה גבייה מתקדם, לקראת רכישה, נעשה במכרזים למשל ע"י מהנדסי מעבדת פיתוח אמצעי מנייה, וכולל שיקולים כדוגמת: רגולציית מונה, רגולציית פרוטוקולי תקשורת, רגולציית ניטור איכות חשמל. המונה הינו **יחידת בקרה** לכל דבר. לאור הצמיחה התלולה **במרחב הפונקציונאליות** של המונה, ומכאן **במרחב הבדיקתיות** הנדרש לאישור דגם מונה חדש מתעורר צורך במיסוד תהליכים:

תחשיבי עלויות משאבים - זמן, וכ"א של תוכנית בדיקה, מעקב

לתחומים רחבים ולא רק להנדסת מערכת מנייה. מכפילי הכוח מייצרים צמצום משמעותי של העבודה כפי שנראה בהמשך, ולכן מאפשרים התמודדות עם העלייה בנפח העבודה. אנו מכירים את **מכפילי הכוח הבאים:**

- **מערכות מחשוב-אוטומציה של תהליכי הבדיקה.** החל מהגדרת תוכנית הבדיקה, והמשך ביישומה. קיימים כלי תוכנה נפוצים ותעשייה – לסימולציה של מערכת, לחישובי וניהול תוכנית בדיקה, למעקב כשלים אוטומטי ולאוטומציה של בדיקות. מגוון יכולות זה – אם אוספים אותו, מגדיר יכולות נדרשות ממהנדס מנייה – “כמהנדס מערכת” לכול דבר ועניין. מהתעשייה אנו משאילים מתודולוגיות וורטיפיקציה (אימות המוצר ברמת מודולי מישנה) וולידציה (אימות המוצר כמערכת). הלקחים המוצגים כאן ישימים במידה רבה לכל מעבדה האחראית על בדיקת מערכת באשר היא.
- מתודולוגיות שתכליתן למיין את סעיפי תוכנית הבדיקה ולחלק אותם בין אנשי צוות בצורה מושכלת.
- אימוץ תקינה (רגולציה), המבצעת האחדה של ההתייחסות למונה בתחומים ספציפיים – דוגמת תקשורת, תפעול מונה, ובדיקותיות.

## רקע – הצגת יחידת מונים ארצי בכלל ומעבדת פיתוח אמצעי מנייה בפרט

חברת החשמל בישראל (חח) – יחידת מונים ארצי בכלל ומעבדת פיתוח אמצעי מנייה בפרט, מעורבות באופן רחבי במגוון פרויקטים בחברת החשמל ומחוץ לה. כדוגמה פרויקטי ייצור אנרגיות מתחדשות, ורכב חשמלי. המעבדה אחראית לבדיקות קבלה פונקציונאליות (Functional Acceptance Tests – FAT) לאישור דגמי מונים חדשים הנכנסים לשירות, לפני פריסתם ברשת הארצית. המעבדה גם אחראית לניסוח מפרטים למכרזים של מוני גבייה חדשים. בנוסף המעבדה מספקת את חלק מהתמיכה הטכנית **למרכז המנייה החכמה** בפרויקט pilot של חח.

בתיאוריה – מונים הם מוצרי מדף (off-the shelf product) המגיעים לשוק כשהם חפים מבאגים. בפועל אין הדבר כך בגלל שילוב של 2 גורמים:

1. באופן גורף המונים אינם חפים מבאגים – גם מונים של יצרנים הנחשבים מובילים בעולם (לדוגמה בלבד: Landis & Gyr, ITRON Actaris, ISKRAMEKO, Elster, Secure Meters, Siemens, General Electric). מובן שאין דין מונה איכותי כדין מונה לא איכותי.
  2. בנוסף נדרשת התאמה ייעודית לדרישות חח" הנובעת לדוגמה מלוח שנה עברי, באשר מרבית המונים כוללים לוח שנה גריגוריאני. כמו כן נדרשת התאמה לתשתית חח" הספציפית בנושאי תקשורת ועוד.
- לכן לפני אישור התקנתם בפרישה ארצית בכמויות הנעות בין אלפים למאות אלפים – עוברים דגמי המונים תהליך אישור קדם סידרה, ואח"כ בדיקות לפני התקנה סדרתית.

(Infrastructure). היכולת להחליף דגמי מונים מייצרני מונים שונים בתהליך הקרוב ככל האפשר ל play-n-plug, מבלי להחליף את התשתית, ומבלי לבצע התאמות ממשק יקרות.

- אפיון תוכנת ניהול המונים במרכז רכש – דורש ידע בפני עצמו. עליה לאפשר “התקנת צומת תוכנה (node) למונה מותקן חדש, האחראית לאיסוף הנתונים מהמונה. בנוסף עליה לבצע אחסון של הנתונים המתקבלים ממונים נפרדים, בבסיס נתונים. תוכנה כזו צריכה להכיל מודול המאפשר חקר ושאליות (query). התכנה צריכה להיות מורכבת בפלטפורמת סרוורים קיימת, עם מנגנוני אבטחת מידע. בנוסף נדרשת יכולת גראפית להציג פרמטרים משתנים בזמן. יכולת ממשק טבלתית וגראפית. בתחומים חדשים שחח” נכנסת אליהם, כדוגמת יצרני חשמל, ישנם ממירים (AC-DC) בטרורבינות רוח, AC-DC בחוות סולאריות) המכניסים הרמוניות למערכת. נדרש שהמונה ידע לחשב אנרגיה נכון גם במצב זה, וכן ידע לכמת את איכות החשמל הנכנס למערכת. מונה כזה צריך “לראות הרמוניות”.
- ממהנדס מערכת מנייה, נדרשת לעתים יכולת ביצוע סימולציה לכימות תופעות אלו באופן שיטתי, ומתן תשובות מהירות למנהלים – על חומרת בעיה נדונה, והתאמת המונה למצב.
- בתחום המנייה החכמה, נכנסים תחומים טכנולוגיים נוספים – תקשורת אמינה מרחוק (metering remote). קיימים בעולם מגוון אמצעי תקשורת בין מונים למרכז מנייה: תקשורת סלולארית למונה, ותקשורת דרך תשתית המתח (PLC), פרויקטי מנייה חכמה בעולם מדגימים אמינות באחוז מסויים בתקשורת דרך תשתית המתח, בהפקת דו”חות צריכה בתלות בזמן (רישום רציף), ואמינות באחוז גבוה יותר בתקשורת סלולארית למונה. מאידך עלות קו סלולארי בישראל יקרה משמעותית, לעומת עלותו בתשתית ייעודית למנייה בספרד למשל. נדרשות החלטות רגולטוריות החורגות מעבר לתחום מאמר זה. בהגדלת כמות המונים, בפריסת מנייה חכמה – מעבר לאלפי מונים, לא ניתן לבצע את המשימה, ללא בניית שכבות מידע- באמצעות רכזות נתונים (data concentrators). מערכת כזו רכזת, מאגדת אשכול של מונים, ומעבירה את המידע במרוכז למרכז המנייה. ניתן להראות מתמטית באמצעות שימוש בתורת המידע (Information theory), שרשת מנייה שטוחה, תקרוס – לעומת רשת מנייה שכבתית שתתפקד. הכנסת רשת מנייה שכבתית – מחייבת שיקולים חדשים: פרוטוקול תקשורת ומבנה העברת נתונים אחידים. חומרה ייעודית לניטור רשת המנייה (testability grid), וחיווי מקום הכשל, אחרת הרשת לא תתפקד. כל אלה יכולות טכנולוגיות נוספות הנדרשות בתחום מהנדס מערכת מנייה ולא נדרשו בעבר. מנהל המעבדה שלנו, מעבדת פיתוח אמצעי מנייה נתקל בכמות עבודה הולכת וגדילה משמעותית, בעוד תשתית העובדים שלו משתנה לכל היותר (אם בכלל) ליניארית. קיימות תורות מתמטיות המכמתות את בעיית כמות העבודה, ופרסומים בנושא בתחום הנדסת תוכנה. מנהל מעבדה הרוצה לכנס בציר הזמן את פרויקטי אישור דגמים חדשים של מערכות מנייה, חייב להשתמש **במכפילי כוח**. הידע הניתן במאמר זה יישומי

מעבדות מונים ארצי, יבדקו את המונים:

1. **במעבדות המטרולוגיה** תיבדק התאמתם מבחינת תקינת דיוק מנייה ועמידות בפני מתח גבוה.
2. **במעבדה התלת פאזית** נבדקים המונים באופן סדרתי ולא כדגם מונה, לפני התקנתם הסדרתית בשטח. מעבדות אלו מהוות תחומים נכבדים בפני עצמם שלא נעסוק בהם במאמר.
3. **במעבדת פיתוח אמצעי מנייה** נבדקת פונקציונאליות המונים המונים הם ראיה קבילה משפטית – כפי שהוחלט בעבר בוועדות הכנסת וברשות החשמל. לצורך זה על המונים לעמוד בדרישות תקינה בינלאומיות מחמירות במגוון תחומים: דיוק מדידה, פונקציונאליות מניית גביה, מבנה מכאני והתאמה לארונות סעיף, תקשורת במגוון אופנים. במעבדת פיתוח אמצעי מנייה תיבדק כל **הפונקציונאליות** הנדרשת מהמונים וזו כאמור דיסציפלינה שחשיבותה עולה בהדרגה. קיימות מערכות תקינה שמנסות למסד את תהליך הבדיקה הפונקציונאלית – כדוגמאת תקן התקשורת DLMS/COSEM וחבילת תקני בדיקות קבלה פונקציונאלית TC 13. קיימות מעבדות בינלאומיות שזיהו את הפוטנציאל של תחום בדיקות פונקציונאליות כדוגמת KEMA. קיים ארגון המאגד את יצרני העל של מונים – openmeter project, הפועל למיסוד תהליכי בדיקות קבלה פונקציונאליות, בתאום עם מעבדת KEMA וארגון DLMS/COSEM.



מודם סולארי  
למנייה מרחוק

רכות מידע

מונה ספרתי

תרשים 1: הצגת מכלולי מנייה

### התכנים של תוכנות נלוות למונה הנדרשות להפעלת המונה

מונה גבייה מגיע עם חבילת **כלי תמיכה תוכנותיים** נלווים המכסה נושאי קונפיגורציה ותקשורת למונה. בחח"י כמו בחברות חשמל אחרות בעולם, הקונפיגורציה כוללת באופן תקני את התחומים הבאים. הדרישה ליישום הגדרות אלו, הינה באמצעות **קבצי קונפיגורציה** הנטענים למונה:

1. קונפיגורציה גבייה (תעו"ז) = תעריף, עומס וזמן. כאן המינוח המקובל הוא billing ולא revenue) – המונח המקצועי Time Of Use – TOU. מאפשרת הגדרת תעריפים שונים בזמנים שונים של היממה, ימים שונים של השבוע, עונות שונות של השנה.
2. מועדי כניסה ויציאה לשעון קיץ – המונח המקצועי הוא Daylight Saving Time – DST.
3. חגים וימים מיוחדים. המונח המקצועי Days Special, Holidays. במציאות שבה רוב המונים מתקדמים לפי לוח שנה גריגוריאני (שמשי), והחגים היהודיים אינם מתאימים במיפוי 1:1 לתאריכים לועזיים. נדרש להגדיר ימים מיוחדים רבים, שבהם

התעריפים הם תעריפי חג – מוזלים, בגלל שהתעשייה מושבתת וצריכה ארצית נמוכה. לעתים יש במונה תוכנת המרה גנרית ללוח עברי - עדיין יום העצמאות למשל מוגדר כל שנה מחדש. **קבוצת הקונפיגורציה 1-3** היא החשובה ביותר. רשות החשמל מגדירה תעריפים מדי פעם – למשל ב 2010, ויחידת מונים ארצי מממשת את המדיניות באמצעות קונפיגורציה זו. כנ"ל חגים.

1. הגדרת סוגי אנרגיה למנייה ברישום רציף בזמן. המונח המקצועי Energy Type definitions. מונה גבייה יודע למנות **4 סוגי אנרגיה נפרדים**: אנרגיה פעילה של צריכת חשמל – Active Import, אנרגיה לא פעילה (אך חיונית להולכה) של צריכת חשמל – Reactive import, ואנרגיה לא פעילה של ייצור חשמל – Reactive export. קיים מינוח מקביל לאנרגיה ריאקטיבית השראותית וקיבולית (lag/lead או capacitive/inductive). בעבר הייתה נדרשת רק אנרגיה אקטיבית של צריכה, ואנרגיה ריאקטיבית רק לחישוב כופל הספק. עם כניסת יצרני אנרגיה לשוק, התרחב התחום וכל 4 הסוגים נדרשים.

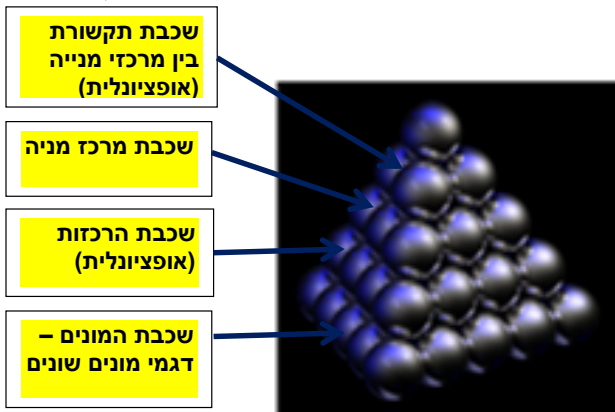
2. הגדרת קונפיגורציית ממשקי כניסה ויציאה למונה IO ((definition)). הממשק הפשוט ביותר הוא ממסרים אלקטרו-מכאניים המייצרים פולסי מיתוג. פולסים אלה מייצגים מניית אנרגיה חשמלית, או אירועי חשמל. כיום ישנם ממשקים מתוחכמים נוספים כגון Analog I/O – המאפשר המרה של פרמטרים אנלוגיים ל/מ ייצוג ספרתי, ו Digital I/O – המאפשר המרה של פרמטרים ספרתיים לשידור בתקשורת. במונים חדשים קיים מודול Multi IO ייעודי – שהוא כרטיס בקרה בפני עצמו המממש את תחום ה IO בלבד.

3. הגדרת תצוגות מסך מונה (LCD Display definition). במונים ספרתיים קונבנציונאליים מדובר בכ 40 מסכים אפשריים הניתנים להגדרה. קונפיגורציית המסכים מצמצמת את המסכים שבדק/קורא מונים נדרש לקרוא, וכן הלקוח לכ 10 מסכים. במונים מתוחכמים יותר, קיימים מאות מסכים, וכל מסך ניתן לקינפוג נפרד מבחינת תכנון. הגישה למסכים אלה היא במערך דו-ממדי של לחיצות מקש, ע"מ שלא יידרשו יותר מ 10 הקשות להגעה למסך. גם מסכים אלה ניתנים לצמצום.

4. הגדרת פרמטרים כלליים (General Parameters Definitions). פרמטרים שאינם בקטיגוריות שתוארו. קיימים תחומי פונקציונאליות נוספים במונה:

1. **הגדרת תצורת ותוכן דו"חות**. 3 סוגי דו"ח בסיסיים תקניים בעולם: גבייה (billing), רישום רציף בזמן (survey load /profile), ואירועי חשמל ומערכת המוקלטים ע"י המונה (event log). במונים מתקדמים המשלבים יכולות ניטור איכות חשמל, מתרחב מעגל הדו"חות באופן משמעותי. החל מדו"חות ניטור התקן לאיכות חשמל 50160, והמשך בכלי חקר למיקום וזיהוי הפרעות חשמל – כמות נתונים אדירה.

2. **כלי שורת פקודה** (tools line command) המאפשרים את כל הפונקציונאליות הקיימת בכלי תמיכת המונה התוכנותיים, אך מיועדים להפעלה אוטומטית של המונה, ומיועדים לשיבוץ



**תרשים 2:** הדגמה של עלייה משמעותית בהיקף שליטה ורבוניות ציוד, בעקבות הקמת מערכי שליטה של מנייה חכמה. השכבה התחתונה מייצגת מונים, השכבה השנייה רכוזות מידע מונים, השלישית את מרכז המנייה. באירופה - צרפת לדוגמא, קיימת שכבה נוספת של תאום בין מרכזי מנייה.

משמעותי של נפח העבודה הנדרש בפועל מצוות הבדיקה. רגולציה מכניסים לדוגמא באמצעות תקן תקשורת למונים COSEM/DLMS. מבנה שליטה לוגריתמי גם מצמצם את כמות המידע המירבית שמכלול כלשהו מתמודד עימו ומונע קריסת הרשת.

נסביר כיצד תוכנת אוטומצית בדיקות/עמדה ממוחשבת מצמצמת את נפח העבודה:

1. תוכנת בדיקה יחידה המאפשרת בדיקת מגוון דגמי המונים, מצמצמת את מורכבות העבודה מ  $O(N)$  ל  $O(1)$ . למעשה הבדיקות לדגמי מונים שונים זהות, ורק הממשק למונה שונה. אם מתגברים על בעיית הממשק, ניתן לממש תוכנת בדיקות אחת.
  2. משימות קונפיגורצית ציוד בדיקה משעממות, אך מורכבות, מוכנסות לתחום אוטומציה. המחשב אינו משתעמם - על כל פנים לא מתלונן.
  3. עירור יחיד בו זמנית למספר מונים מאותו דגם, או מספר דגמי מונים ע"י אותה מערכת בדיקה - זמן הבדיקה הוא  $O(1)$  ורק החלק של קריאת תוצאות המונה, והשוואה לייחוס - הוא ב  $O(1)$ . זמן העירור הוא עיקר זמן הבדיקה.
- גם כתיבה מתודולוגית של תוכנית הבדיקות ועבודה היררכית - מביאה לצמצום ע"י פירוק של העבודה שכל איש צוות רואה בפועל. מנהל רואה את התמונה של כל דגמי המונים, אך עובד מול מספר מצומצם של ראשי צוותים. ראש צוות עובד על בדיקות קבלה לדגם מונה יחיד. איש צוות עובד על בדיקת מכלולי משנה. כל מנגנון שמפרק את תוכנית הבדיקה לעץ לוגריתמי מבצע צמצום משמעותי של נפח העבודה ליחידת זמן לחבר צוות.
- מלבד זה, בהיקף הפונקציונאליות של מונה גבייה כיום - אין מנוס מכתבי תוכנית בדיקה שיטתית. תוכנית הבדיקה של המעבדה שלנו - המתמקדת בפונקציונאליות, כוללת יותר מ 500 סעיפי בדיקה ב 16 פרקי בדיקה, ובמגמות צמיחה מתמדת, לשם הגדלת כיסוי הבדיקות - כתוצאה מחשיפת חורי וורייקציה ומפונקציות חדשות.

3. תוכנות לניהול מונים במרכז מנייה חכמה. התאמת מונה חדש לתוכנה קיימת.
4. אופני תקשורת. תקשורת אופטית ישירה עם פתיל אופטי, תקשורת קוית ישירה RS-232, תקשורת דרך מודם קווי, תקשורת דרך מודם סלולארי GPRS. המכלולים המרכיבים מונה (=מערכת) הינם:
1. קושחה (firmware) - מערכת ההפעלה של המונה. מעין Real-Embedded Time.
2. חומרה (hardware) האלקטרוניקה והמכניקה של המונה.
3. כלי תוכנה נלווים (software).

כל מגוון פונקציונאליות זו נבדק באמצעות בדיקות קבלה פונקציונאליות (FAT). עם כניסת מערכת מנייה חכמה, נכנסות בדיקות קבלה פונקציונאליות באינטגרציית המונה ומכלולים נוספים למערכת המנייה החכמה. ברור אם כן שנפח העבודה, גם זו היצירתית והשונה טכנולוגית זו מזו, גדל מאוד. ע"מ לצמצם את עומס העבודה, לרמה שביכולת המעבדה לבצע בזמן סביר, היה עלינו לנקוט בצעדי התייעלות. צעדים אלה נכנסים לתחומים של מחשוב, מתודולוגיה בבדיקה, ואוטומציה.

### הדגמה של צמצום נפח עבודה גדל משמעותית באמצעות רגולציה, מתודולוגיה ומחשוב-אוטומציה

כאשר עומס העבודה גדל משמעותית, אזי נדרשים צעדים דרמטיים להגדלת התפוקה של המעבדה. גורמים לעלייה משמעותית בהיקף העבודה:

- (1) רכש דגמי מונים מגוונים למטרות שונות,
  - (2) פיתוח שכבות שליטה במנייה חכמה וקריאה מרחוק,
  - (3) אופני תקשורת שונים למונה. נדרשים דגמי מונים שונים למשימות שונות: לא דיין יכולת מנייה נדרשת ממונה לצרכן ביתי או תעשייתי רגיל, כדיון יכולת מנייה נדרשת במתח גבוה (שם ההפסדים הנובעים מדיוק החישוב משמעותיים) ומיצרן פרטי. התרשים הבא מדגים כיצד הגדרת מערכת מנייה חכמה, מגדילה את נפח התפעול בצורה משמעותית.
- האמצעים שיוצגו ליעול העבודה הינם: (1) כלי מחשוב ואוטומציה, (2) הכנסת מתודולוגיה, (3) רגולציה - כל אלה מצמצמים את נפח העבודה הנדרש לביצוע בפועל. המשותף לכל שלוש דרכים אלו הוא בניית עץ לוגריתמי המפרק את המשימה לאשכולות של משימות מישנה. ליישום האשכולות השונים - נדרשת טכנולוגיה אחת - וזהו הצמצום. התרשים מדגים כיצד הכנסת רגולציה במבנה השליטה, מצמצם את כמות העבודה השונה זו מזו הנדרשת לתמיכה במבנה מבחינת מעבדה המאשרת דגמי מונים - העלייה נמדדת במספר הטכנולוגיות השונות זו מזו במערכת ולא בכמות המונים הנרכשת. ברור שמי שרוצה להשיג היררכיות ניהול מידע גבוהות בפרימדידת מנייה חכמה, חייב לבצע רגולציה של השכבות. אחרת יהיה עליו להקדיש את כל מרצו לתמיכה בריבוי הדגמים בשכבה התחתונה. גידול משמעותי בנפח העבודה, השונה טכנולוגית זו, דורש כלים שיבצעו צמצום

**אורי ארגבני** – אחראי פרויקטים בכיר במעבדה. אחראי לביצוע פרויקטי קליטת דגמי מונים חדשים, ופרוייקטים נוספים במעבדה. מומחה ליישום פרויקטי טכנולוגיה ותהליכי בדיקה.

**אלי אברמוביץ** – רמ"ד מכרזים במעבדת פיתוח אמצעי מניה. אחראי להגדרת מפרטי מכרזים, ולתהליך בדיקות קבלה פונקציונאליות של מגוון מונים במעבדה. בעל ידע טכנולוגי מומחה בכל תחומי הנדסת מערכת מנייה. משרת בחברה 23 שנה. בעל תואר ראשון בהנדסת חשמל ואלקטרוניקה מאוניברסיטת תל-אביב.



**נצח קלמרו** - מהנדס מערכת במעבדת פיתוח אמצעי מניה. בעל תואר ראשון ושני בהנדסת חשמל מהטכניון. החל דרכו בחיל אויר כקצין תחזוקה בשנים 1989-1995 ושימש כמפקד מעבדה וסגן מפקד בי"מ שם. עבד כעשור בחברת אינטל בתפקידי וורייקציה וולידציה ועוד כחמש שנים בחברת אלספק בתכן ובדיקותיות מכשור. הצטרף לחברת החשמל 2009 כיום במעבדת פיתוח אמצעי מנייה, בקליטת מונים חדשים ובסיוע בהגדרת מכרזים למונים חדשים. בעל מומחיות טכנית במגוון נושאים. הנדסת מערכת, אוטומציה של תהליכים, מערכות הספק ואחר.

בנוסף היא כוללת כ 3000 בדיקות הרצה אוטומטיות במרכז המנייה. **איננו מחליפים** את ה QA של היצרן, אנו מבצעים אינטגרציה של מערכת. תוכנית הבדיקה נכתבה על בסיס הידע של צוות המעבדה במשותף. כל איש צוות בדיקות, חותם על הבדיקות שביצע. שינויי תוכנה, חומרה – תוכנות בכתיבה מקומית ותוכנות יצרן, מלווים **בהוראות שינוי מפורטות** ולא נעשה בע"פ. בנוסף, בתהליך כתיבה מערכי עבודה מסודרים.

## סיכום

במאמר זה התמקדנו בהצגת עולם המנייה, והכרת מושגי יסוד. אח"כ הראינו כיצד עולה העבודה לעומת העבר באופן משמעותי, וכיצד ניתן לצמצם אותה. במאמר הבא נתאר מתודולוגיות בדיקה, טכנולוגיות מחשוב-אוטומציה בבדיקה, ליישום ייעול העבודה. אמצעים אלה ישימים לכל מעבדה באשר היא.



**איציק משיח** – מנהל מעבדת פיתוח אמצעי מניה. החל את עבודתו בחברת החשמל בשנת 1986. אחראי על נושא מניית אנרגיה אלקטרונית. בחברה, בכלל זה מונים אלקטרוניים. לתעשייה, לצרכנות הביתית ופרוייקטים מיוחדים. בעל תואר ראשון בפקולטה להנדסת חשמל מהמכון הטכנולוגי בחולון. תואר שני במינהל עסקים במכללת דרבי שלוחה של אוניברסיטת דרבי באנגליה. בוגר קורסים מקצועיים רבים וקורסי ניהול בחברת החשמל.