

אמצעים לניטור צריכת החשמל של עומסים ביתיים ומסחריים קטנים

"If you can't measure it, you can't manage it"
"מה שלא ניתן למדוד, גם לא ניתן לנהל"

ביטוי מפורסם זה, שהגה פיטר דרוקר, מי שנחשב לאבי תורת הניהול המודרנית, משמש כאחת מאבני היסוד של פעילות למטרת התייעלות אנרגטית. במאמר זה נסקור מיגוון של שיטות ואמצעים לקבלת חייווי בזמן אמת לגבי צריכת החשמל, המיועדים ללקוחות ביתיים וללקוחות מסחריים קטנים.

מחשבת ומציגה את עלות החשמל המצטברת. בחלק מהמערכות קיימת אפשרות להציג חייווי של הצריכה ועלויות עבור כל תקופת שימוש שהמשתמש בוחר, כגון שבוע, חודש, שנה וכדומה. כמתואר באיור 1, המשוב אשר מתקבל באמצעות הנתונים שמספקות מערכות מסוג זה מגביר את המודעות לצריכת החשמל בקרב המשתמשים, דבר הגורר שינוי בדפוסי השימוש באנרגיה. השפעת השינוי מוצגת בצורה מיידית, נוחה ופשוטה, ובאמצעות מעקב חוזר אחר נתוני הצריכה ניתן לבטא את



בתקופה האחרונה, כאשר מחירי הדלקים מאמיירים באחוזים ניכרים מזמן לזמן, ובעקבותיהם עולים גם מחירי החשמל, שבה ביתר שאת לסדר היום הציבורי סוגיית השימוש המושכל בחשמל בקרב הלקוחות בכלל, ובקרב צרכני החשמל הביתיים והקטנים בפרט. נקיטת פעולות לשם השגת חיסכון אנרגטי הפכו לחלק בלתי-נפרד מחיי היומיום של הרבה צרכנים ביתיים בארץ ובעולם, ולפיכך, קבלת משוב ביחס לשימוש החשמל ומעקב אחריו הם אבני היסוד ביצירת שינוי בהרגלי הצריכה.

החיסכון שהושג. מערכות לניטור צריכה עשויות לסייע ללקוחות לנצל את תעריפי התעו"ז (תעריף לפי עומס המערכת וזמן הצריכה) על-ידי הסטת שעות ההפעלה של מכשירים ביתיים הצורכים חשמל רב, כמו דוד חימום מים, מייבש כלים, מכונת כביסה, מדיח כלים וכדומה, משעות שיא הצריכה (שעות הפסגה) לשעות תעריף השפל.

בשנים האחרונות פותחו מכשירים לניטור צריכת החשמל בזמן אמת, בצורה נגישה וקלה

מחקרים שבוצעו בעולם העלו, שמעקב של הלקוח אחר השימוש בחשמל - באמצעות מכשירים אלקטרוניים לניטור צריכה החשמל בזמן אמת - עשוי להניב חיסכון של 4%-15% בצריכת החשמל הביתית. התכונות והיישומים של מערכות אלו קיימים כחלק מובנה במערכות בקרה מתקדמות ב"בתים חכמים" (Smart Building), והם מהווים עליית מדרגה וצעד קטן לקראת מערכת מנייה חכמה (Smart Metering), שהיא חלק מרשת חכמה עתידית - Smart Grid.

מידע נוסף על "רשת חכמה" אפשר למצוא במאמרו של ד"ר קובי יהב שהתפרסם בגיליון **פאזה אחרת, פברואר 2012**. מידע נוסף על "בית חכם" אפשר למצוא במאמרו של המהנדס משה שפיגל, שהתפרסם בגיליון **פאזה אחרת, פברואר 2011**.

עם התפתחות הטכנולוגיה בשנים האחרונות ניתן לראות בשוק הישראלי יותר אביזרים אלקטרוניים, אשר מאפשרים ללקוח לעקוב אחרי צריכת החשמל ועלויות הכספית בכל נקודת זמן, וכן לאסוף ולאגור נתוני צריכה במשך תקופה, לשם קבלת משוב ביחס לדפוסי השימוש באנרגיה. עם כניסתם של יצרנים רבים לתחום זה ניכרת ירידה במחירי הציוד האלקטרוני לבית, וכעת הם נמכרים לצרכנים במחיר סביר.

המערכת מציגה באופן שוטף ובזמן אמת את צריכת האנרגיה (בקוט"ש), יחד עם חישוב העלות לשעה, ולפי שני אלו היא

מרכיבי המערכת

קיימים שני סוגים של מערכות לניטור ולבקרה של צריכת החשמל. המערכת הראשונה אמורה לבצע מדידה וחייווי ברזולוציה של צריכת מעגל בודד בלוח החשמל (כלומר, עבור מא"ז - מפסק חצי אוטומטי זעיר), או ברזולוציה של צריכת חשמל כוללת של הבית (כלומר, עבור המפסק הראשי). מערכת כזאת מורכבת מחיישן זרם שניתן ללפפו בקלות יחסית סביב הכבל הרצוי בלוח החשמל. החיישן מודד את צריכת הזרם, ובאמצעות משדר המחובר אליו מעביר באופן אלחוטי את הנתונים הנמדדים אל יחידת העיבוד והצגת הנתונים. ביחידה זו נערכים חישובים, ומוצג משוב ללקוח באמצעות צג דיגיטלי בזמן אמת. כאמור, במקביל נאגרים במערכת הנתונים הנמדדים (ראו איור מס' 2).

סוג שני של מערכות מנטר את הצריכה ברמה של בית תקע או עומס בודד, והן בנויות בצורת רכיב שקע-תקע בעל צג דיגיטלי

איור 3: התקן שקע-תקע המשלב יחידת מדידה ברזולוציה של שקע או מכשיר בודד



מקור: חברת Practilife

אחד, ועבור לוח תלת-מופעי נחוצים שלושה חיישנים. החיישן אינו אוגר את הנתונים, אלא מחובר למשדר אשר שולח אותם ליחידת העיבוד והתצוגה, והוא ניזון חשמלית מסוללות שנמצאות במשדר. חיישן מתקדם יותר משלב יחידת שידור פנימית, וניזון חשמלית מהשדה המגנטי אשר מיוצר סביב הכבל החשמלי שהוא מודד. משום כך, לשם הפעלתו לא נחוצות סוללות, דבר החוסך בעלות התחזוקה. יש לבדוק שקיים מקום פנוי להצבת החיישנים והמשדרים בלוח, ולדאוג שאת התקנת המערכת יבצע חשמלאי מורשה בלבד.

יש לציין, שחיישן הזרם העובד על פי חוק ההשראה של פרדיי וחוק השטיפה של אמפר מספק מדידה ברמת דיוק סבירה, אבל לא מדויקת לחלוטין. מנגד, בהתקנים לניטור צריכת חשמל עבור מכשיר בודד ברכיבי שקע-תקע משתמשים גם בשנאי זרם פנימי, אך לרוב נעזרים בנגד מימד אשר מאפשר מדידה מדויקת יותר של הזרם הנצרך. חשוב להקפיד שהתקן שקע-תקע יעמוד בדרישות תקן ישראלי ת"י 32 (תקעים ובתי-תקע לשימוש ביתי ולשימושים דומים: תקעים ובתי-תקע חד-מופעיים לזרמים עד 16 אמפר).

יחידת התקשורת

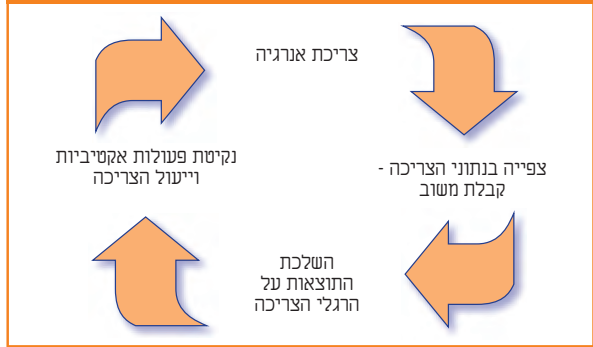
תפקידה של יחידת התקשורת הוא העברת הנתונים הנמדדים והמוצגים מרכיב לרכיב. הדבר נעשה באופן אלחוטי, לרוב

איור 4: חיישן זרם המחובר למשדר קריאות המותקן בלוח חשמל חד-מופעי



מקור: חברת Powersaver

איור 1: משוב חוזר המתקבל ממערכת לניטור הצריכה



שלוש מובנה בהן (ראו איור מס' 3). כמו כן, קיימות מערכות חסרות צג מובנה, אבל בעלות יכולת להעביר את הנתונים הנמדדים באופן אלחוטי ליחידת תצוגה נפרדת. בנוסף, קיימות מערכות אשר משלבות את שני הסוגים שהוזכרו, והן מאפשרות קבלת נתונים באופן אלחוטי גם מיחידות השקע-תקע וגם מחיישני הזרם.

אפשר לחלק את המערכת לשלוש יחידות עיקריות: יחידת המדידה, יחידת התקשורת, ויחידת העיבוד והתצוגה. כל יחידה

איור 2: סכימה של מערכת למדידת צריכה ברזולוציה של מעגל ראשי



מקור: חברת Power Saver

יכולה לשמש כהתקן נפרד, אבל לרוב תכלול המערכת התקנים אשר משלבים כמה יחידות יחדיו, כדוגמת ההתקן באיור מס' 3. קיימות מערכות שיעודן הוא קבלת חייווי ובקרה עבור צריכת החשמל בלבד, אך קיימות גם מערכות מתקדמות יותר, שלהן יכולת של שליטה מרחוק בחיבור או בנייתוק זרם החשמל למכשירים שונים.

יחידת המדידה

אבן היסוד בכל מערכת לניטור צריכה היא יחידת המדידה, אשר מתבססת על רכיב המודד זרם חשמלי. קיימות שתי שיטות מקובלות למדידת הזרם - האחת באמצעות חיישן זרם, והאחרת באמצעות נגד מימד (Current Shunt Resistors).

מדידת הזרם בחיישן מתבצעת באמצעות שנאי זרם, אשר פועל על פי עיקרון ידוע זה זמן רב כפיסיקת החשמל - זרם חשמלי העובר דרך מוליך יוצר שדה מגנטי שגודלו תלוי בעוצמת הזרם העובר דרכו. משתמשים בשיטה זו למדידת צריכת החשמל בלוח, מאחר שאין צורך בחיבור פיסי לכבל החשמל (ראו איור 4). החיישן בנוי בצורה של קופסת פלסטיק קטנה שניתן ללפף סביב כבל בודד בלוח החשמל. עבור לוח חד-מופעי יש צורך בחיישן

איור 5: אמצעי תצוגה של נתונים נמדדים ומחושבים



להפיק את מירב התועלת מהמרכת

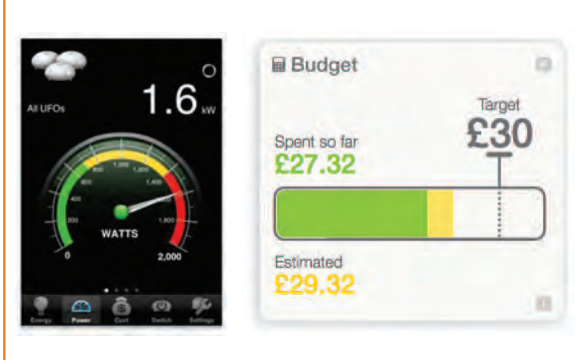
כדי לממש את פוטנציאל החיסכון בצריכת החשמל של משק בית מהמרכת, לא מספיק להתקין אותה בלי לעקוב אחר הנתונים ובלי לנקוט צעדים אקטיביים וגישות מושכלות בכל האמור בצריכת החשמל. מחקרים מראים, שכדי לגרום למשתמשים לשים לב לנתונים, על הצגים להיות מעוצבים יפה, ויש למקם באותו איזור שבו נמצאים מרבית המשתמשים רוב הזמן, כך שתמיד יוכלו לראות את הנתונים ולעקוב אחריהם. הצגים צריכים להיות מעוצבים היטב כך שישתלבו בבית או במשרד, המידע שהם מספקים צריך להיות ברור, שקוף וגמיש. יש לצייד צגים אלו במיגון רחב של פורמטים, כך שניתן יהיה להתאימם אישית לכל צרכן, שכן צריכת החשמל של משק בית היא תהליך חברתי יותר מאשר תהליך אישי.

זאת ועוד: מחקרים מלמדים, שמערכות וצגים שלהם תצוגת נתונים צבעונית ועתירת תמונות מושכים את הלקוח יותר מאשר צגים המציגים רק נתונים מספריים. ראו לדוגמה מד מהירות המבטא מדידה של צריכה בזמן אמת (איור מס' 7).

סיכום

טכנולוגיות של מערכות לניטור צריכת חשמל ביתית ומסחרית קטנה המבוססות על שימוש בחומרה ובתוכנה משמשות פתרון לקבלת חיווי של צריכה אנרגיה בזמן אמת בצורה נגישה, בעלות נמוכה ובהתקנה פשוטה, בלי שינוי בתשתיות. מערכות מסוג זה עשויות להניב חיסכון של 4%-15% מתוך כך שבעקבות המשוב המתקבל מהן הן מחוללות שינוי בהתנהגות הצריכה וגורמות לנקיטת פעולות חיסכון אקטיביות.

איור 7: מד מהירות כאמצעי המחשה לצריכת ההספק ברגע נתון



מקור: חברת VISIBLE ENERGY וחברת EFERGY

כאמצעות טכנולוגיית ZIGBEE. המשדר עובד בתדרי גלי רדיו (RF), לרוב בתדירות 433 MHz, ומעביר את הקריאות של חיישן הזרם אחת לכמה שניות (בדרך כלל אחת ל-6, 12 או 18 שניות, על-פי רצון המשתמש) ליחידת העיבוד והתצוגה שנמצאת בצג דיגיטלי נייד. קיימת אפשרות להעביר את הנתונים מהצג הדיגיטלי למחשב אישי באמצעות כבל וחיבור USB. מערכות משוכללות יותר מתחברות לרכזת או לנתב (ראוטר) ייעודי, אשר מקבל קריאות צריכה נוספות מחיישנים בלוח החשמל /או מיחידות השקע-תקע. המידע נשלח מהנתב אל שרת אינטרנטי בענן באמצעות חיבור הפס הרחב הביתי או באמצעות יחידה סלולרית, ונאסף ומעובד בו.

יחידת עיבוד ותצוגה של הנתונים

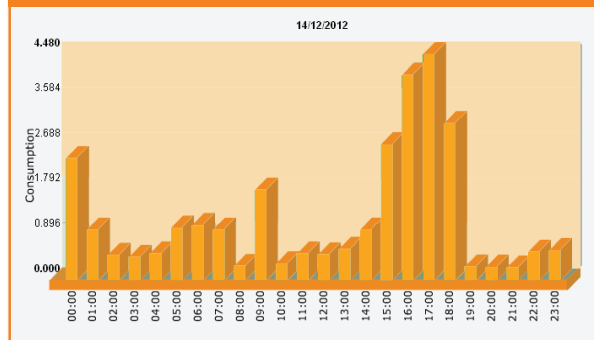
יחידת העיבוד והתצוגה היא היחידה שמקבלת ואוגרת את כל הנתונים הנמדדים באמצעות תוכנה. היא מעבדת אותם, מחשבת עלויות ואומדנים, ומריצה אלגוריתמים וחישובים שונים. יתרה מזאת, היא מקבלת פקודות מהמשתמש, ומציגה את הנתונים לפי בחירתו.

יש כמה וכמה אפשרויות וממשקים המציגים בפני הלקוח את הנתונים. הנפוץ ביותר הוא צג דיגיטלי אלחוטי אשר מקבל ומעבד את הנתונים בצורה מקומית (ראו איור מס' 5). העברת הנתונים מהצג למחשב אישי (באמצעות USB) מאפשרת חיווי ועיבוד מקומי בכלי ניתוח מתקדמים יותר. קיימות מערכות מתקדמות עוד יותר, שבהן העיבוד נעשה בענן (Cloud Processing), דבר שמהווה בסיס ליישומים שונים ומגוונים, דוגמת הצגת הנתונים בממשק אינטרנטי, אפליקציות ויישומים לטלפונים חכמים, חיווי בערוץ טלוויזיה המותאם אישית, וחיווי באמצעות שיחה סלולרית. הפלטפורמה מבוססת-הענן מאפשרת מעקב מכל מקום ובזמן אמת אחרי צריכת החשמל, קבלת התראות שונות, חיזוי תקלות ועוד.

בין הנתונים המחושבים והמוצגים ניתן לציין:

- נתוני צריכה אנרגיה שוטפת ומצטברת (בקוט"ש), ועלותם הכספית.
- נתוני צריכת אנרגיה לפי שעות, ימים, שבועות וחדשים.
- תצוגה גראפית של נתוני צריכה היסטוריים ועלותם (ראו לדוגמה איור מס' 6).
- תצוגה של זמני תעו"ז ותעריפי תעו"ז (גראפית או מספרית).
- אומדן פליטת דו-תחמוצת הפחמן (CO₂).
- התראה על צריכת אנרגיה גבוהה (צפוף, שינוי צבע, SMS, התראה לטלפון חכם).
- תאריך, שעה וטמפרטורה.
- נקודות שיא צריכה בתקופה מסוימת.
- הספק אקטיבי, ריאקטיבי, מדומה, תדירות זרם (Hertz), ומקדם ההספק (cos φ).

איור 6: תצוגה גראפית של צריכת האנרגיה



מקור: צילום מסך ממערכת חברת Powercom