



איכות החשמל - שמירה, אכיפה ושיפור (עמדת התאגדות מהנדסי חשמל ואלקטרוניקה)

מהי איכות החשמל

החשמל המיוצר ע"י ספקי החשמל בתדר 50 הרץ ובמתח הנומינלי עובר שינויים בתהליך הולכתו מהיצרן לצרכן. במקרים מסוימים עלולים שינויים אלו לגרום להפרעות בשימוש בחשמל ואף לנזקים לציוד חשמלי. איכות החשמל עוסקת בשינויים אלו ומגדירה פרמטרים שונים למדידת ההפרעות הנגרמות משינויים במתח האספקה. תקני איכות החשמל מגדירים ערכי סף לשינויים שבהם ציוד חשמלי צריך לתפקד באופן תקין, תוך התייחסות לרמת השינויים המרבית המותרת לספק החשמל וכן דרישות מציוד החשמלי לתפקד ברמות אלו ללא גרימת הפרעות לרשת.

גורמי משק עיקריים הקשורים לתחום איכות החשמל

- **ספקי חשמל** - חברת החשמל (כולל ייצור, הולכה והשנאה, חלוקה לצרכנים); יצרני חשמל פרטיים (יח"פ); יצרני חשמל מבוזרים (גנרטורים, PV ועוד). ספקי החשמל אחראים לייצור ואספקה של חשמל.
- **צרכני חשמל** - כ-2.5 מיליון צרכנים אשר מתחלקים למספר קטגוריות:
 - מגזרים לפי סוג הצריכה - פרטי, מסחרי, תעשייתי, חקלאי
 - לפי רמת המתח וגודל החיבור - צרכני מתח נמוך, צרכני מתח גבוה, צרכני מתח עליון
 - לפי רגישות לאיכות החשמל - צרכנים רגישים וצרכנים רגילים (חלוקה לא רשמית)
- **רגולציה**
 - **רשות לשירותים ציבוריים חשמל (רשות החשמל)** - רשות ציבורית האחראית לנושאים הבאים:
 - מחיר החשמל ורמת השרות לאספקתו; איכות החשמל ואמינות אספקתו
 - **משרד האנרגיה והמים** – קובע תקנות בתחום האנרגיה וכן קובע מדיניות וסדרי עדיפויות בהשקעת משאבים בפיתוח משק החשמל בישראל ובכך משפיע גם על איכות החשמל.
 - **מכון התקנים הישראלי** - כאחראי על התקינה בתחום החשמל המכון קובע רמת האיכות של כל ציוד חשמלי ואלקטרוני בארץ וגם את רמת איכות של החשמל כמוצר.
 - הרגולציה אחראית להסדרת התקנים והדרישות לאיכות החשמל.

גורמים משפיעים ומושפעים מאיכות החשמל

- איכות חשמל ירודה עלולה לגרום נזק לצרכני חשמל ובעיקר לציוד הרגיש להפרעות. את הגורמים להפרעות באיכות החשמל ניתן לחלק לשלושה:
- הפרעות ברשת של ספק החשמל הגורמות לפגיעה בציוד חשמלי של צרכנים או בתפקודו.
 - הפרעות מציוד חשמלי של צרכנים שכנים שעוברות דרך רשת ההולכה לצרכנים אחרים.
 - הפרעות מציוד חשמלי של צרכנים שעוברות דרך רשת החשמל הפרטית לציוד רגיש בחצרו של אותו צרכן.

בעיות ונזקי איכות החשמל

כאמור, הפרעות באיכות החשמל עלולות לגרום לנזקים משמעותיים לצרכני החשמל ולהוצאות כלכליות כבדות. יש לציין שמניעת ההפרעות הן מצד ספק החשמל והן מצד צרכני החשמל (הקטנת רגישות) כרוכה בהוצאות גדולות. ככלל, קיימות בעיות משני סוגים - בעיות נקודתיות ובעיות מערכתיות. מטבע הדברים אופן הטפול בסוגי בעיות אלה שונה בתכלית:

- **בעיות נקודתיות** - אלו בעיות אצל צרכן בודד, קבוצה מוגבלת של צרכנים או אזור מוגבל ברשת החלוקה. דוגמאות - הרמוניות גבוהות או תנודות עומסים המיוצרות ע"י צרכן שכן, מיתוג קבלים לא מבוקר, זהום מקומי חריג של מבדדים, ציפורים הגורמות לקצרים בקווים עיליים ועוד. בעיות נקודתיות מטופלות ונפתרות בהצלחה או ע"י חברת החשמל או ע"י צרכנים עצמם, לעתים בסיוע יועצי חוץ. הגברת מודעות הצרכנים והגברת האכיפה עשויות לצמצם היקף בעיות אלו ולתרום בכך לשיפור איכות החשמל
- **בעיות מערכתיות** - אלו בעיות שקיימות ברשת החשמל כולה או באזורים נרחבים של הרשת. דוגמאות - שקיעות מתח כתוצאה מקצרים ברשת עילית מתח גבוה ומתח עליון, זהום מוגבר של מבדדים בהעדר גשמים הגורם לקצרים ברשתות עיליות, רמה גבוהה יחסית של קצרים ברשתות עיליות במתח גבוה עם הארקה ישירה של נקודת האפס ועוד. בעיות אלו הן מורכבות מאוד, דורשות השקעה גדולה של משאבים וזמן. שיעור וחומרת בעיות אלו מצטמצמים עם הזמן כתוצאה מהשקעת משאבים מתמדת בשיפור ושכלול מערכת החשמל. מגמת שיפור זו משתקפת גם בנתונים סטטיסטיים רב שנתיים של איכות החשמל. סביר להניח כי השקעת משאבים נוספת במערכת החשמל הייתה מאיצה תהליך זה.
- **בעיות לכאורה** - הניסיון מראה כי חלק ניכר מבעיות איכות החשמל לכאורה מתבררות לאחר בדיקה כבעיות שמקורן בחוסר התאמת הציוד לשימוש.

מקובל לפלח את נזקי איכות החשמל כדלהלן:

- נזק ישיר
 - נזק לציוד חשמלי המצריך תיקון או החלפה של הציוד – בעיקר מנועים וציוד אלקטרוני
 - נזקי שריפה כתוצאה מהתחממות
- נזק עקיף
 - עצירת תהליכי ייצור
 - הפסד זמן עבודה ומוניטין
 - פגיעה באיכות המוצר
- נזק מצטבר
 - בציוד
 - בבריאות (בעיקר כתוצאה מהבהוב)

תקנים לאיכות החשמל

- תקן איכות החשמל במדינת ישראל הוא ת"י 50160 מאוקטובר 2011 (המהווה אימוץ של תקן אירופי EN 50160 מיולי 2010), תקן זה מתאר ומגדיר את המאפיינים העיקריים של המתח בהדקי הלקוחות ברשתות חשמל ציבוריות במתח גבוה ומתח עליון ומתאריך 1.03.2015 גם מתח נמוך. תקן זה מגדיר את הערכים והגבולות שבהם יש לצפות שהמתח ישרור בהדקים של כל הלקוחות, התקן אינו מתאר מצבים ממוצעים. התקן אינו חל בתנאי תפעול לא רגילים.
- סדרת ת"י 61000 שהינה אימוץ של חלק מתקני IEC 61000 מגבילה את רמת ההפרעה המירבית שמותר לציוד לייצר מבלי לשבש את תפקוד הציוד שבסביבתו. מגבלת סדרה זו שהיא חלה על הציוד שהספקו עד 90 קו"א בלבד.

ערכים כמותיים למדדי איכות החשמל בישראל

כאן מוצגים ערכים כמותיים למדדי איכות החשמל בהתאם לת"י 50160 אשר מבטיחים איכות חשמל תקינה

1. שקיעות מתח.

בטבלה מוצגים ערכים שנתיים מרביים של מספר שקיעות המתח הצפויים ל- 90% מתוך צרכני מתח גבוה.

סה"כ	$5000 < t \leq 60000$	$1000 < t \leq 5000$	$500 < t \leq 1000$	$200 < t \leq 500$	$10 \leq t \leq 200$	מתח שיורי
195	10	10	5	8	162	$90 > u \geq 80$
80	2	2	4	8	64	$80 > u \geq 70$
52	2	2	2	8	38	$70 > u \geq 40$
26	2	2	2	8	12	$40 > u \geq 5$
353	16	16	13	32	276	סה"כ

2. תדר

התדר הנקוב ברשת החשמל הוא 50 הרץ. בתנאי תפעול רגילים הערך היסודי של התדר הממוצע שנמדד במשך 10 שניות יהיה בתחום:

במשך 99.5% מהזמן בשנה, $50 \text{ Hz} \pm 1 \%$

במשך 100% מהזמן. $50 \text{ Hz} + 5 \% / - 6 \%$

3. שינויי מתח

בתנאי תפעול רגילים, להוציא פרקי זמן שבהם יש הפסקות או שקיעות מתח, שינוי המתח הממוצע במשך 10 דקות יהיו בתחום:

$\pm 10\%$ מהמתח הנקוב במשך 95% משבוע, $10\% + - 15\%$ - ביתרת הזמן

4. פליקר

בתנאי תפעול רגילים במשך שבוע עוצמת הפליקר לזמן ארוך תהיה בתחום:

$P_{lt} \leq 1$ במשך 95% מהזמן.

5. אי איזון מתחים

בתנאי תפעול רגילים אי-איזון המתחים במשך 10 דקות יהיה בתחום הבא:

0 – 2% מערך הסדרה החיובית במשך 95% משבוע.

6. מתח הרמוני

בתנאי תפעול רגילים המתח ההרמוני במשך 10 דקות יהיה קטן או שווה לערכים בטבלה במשך 95% משבוע. תהודה עלולה לגרום לערכים גבוהים יותר להרמוניות בודדות.

סך המתח ההרמוני THD (כולל כל ההרמוניות עד 40) יהיה בתחום הבא :

$$THD \leq 8\% \quad \text{במשך 95\% משבוע.}$$

הרמוניות זוגיות		הרמוניות אי-זוגיות			
		כפולות של 3		לא כפולות של 3	
ערך יחסי [%]	מספר הרמוניה	ערך יחסי [%]	מספר הרמוניה	ערך יחסי [%]	מספר הרמוניה
2	2	5	3	6	5
1	4	1.5	9	5	7
0.5	6-24	0.5	15	3.5	11
		0.5	21	3	13
				2	17
				1.5	19
				1.5	23
				1.5	25

לא מוגדרים ערכים להרמוניות הגבוהות מ-25 מכיוון שהן בד"כ קטנות ואינן ניתנות לחיזוי בגלל השפעת תהודה.

יעדים והמלצות לשיפור איכות החשמל

- מידע, ידע** – יש ליזום הדרכות, פרסום בנושא הן לספקי חשמל והן ללקוחות. במקביל יש לפעול לאיסוף ותיעוד המידע ממדידות איכות החשמל (המבוצעות ע"י ספקי וצרכני חשמל), וכן מידע על הפרעות ובעיות הקשורות באיכות החשמל. כל זאת במטרה להגביר מודעות לנושא הן בקרב ספקי חשמל והן בקרב הצרכנים.
- רגולציה** – קידום תקנים, תקנות, אמות מידה. קביעת יעדים ובחינת הכדאיות בהשקעות לשיפור איכות החשמל. הגברת אכיפה של כללים, תקנים ותקנות הנוגעים לאיכות החשמל.
- ספקי החשמל** – כדי לספק חשמל בהתאם לתקנים עליהם לבחון פתרונות (הן בטכנולוגיה והן בשיפור רשת החשמל) לשיפור באיכות החשמל תוך בדיקת הכדאיות בהשקעות.
- צרכני החשמל** - עליהם לשאוף לשימוש תקין ותקני בחשמל בהיבטים הבאים : מניעת הפרעות/זיהום רשת החשמל, שימוש בציוד תקני המתאים לאיכות החשמל התקנית ברשת, שימוש באמצעים להקטנת רגישות להפרעות חשמל שאינן חורגות מהתקן