

הדיוק כן קובע: קריאה נכונה של ציוד מדידה

ישנם שלושה פרמטרים עיקריים המשפיעים על הדיוק:

1. תנודות בנתון הנקרא, דבר המבוטא באחוזים מהערך (% reading)
2. שגיאה קבועה ("רעש"), מבוטא באחוז מהערך המרבי הניתן למדידה (%FS – full scale)
3. במדידת אנרגיה והספקים הזזת המופע בין המתח והזרם גם משפיעה על הדיוק, מכיוון שהזרם מוכפל במתח ומוכפל בקוסינוס הזווית ביניהם



תקני דיוק

הצהרת של היצרן שהמכשיר מדויק $FS \pm 0.5\%$ משמעה שהשגיאה המרבית היא חצי אחוז מהערך המקסימלי שהמונה יכול למדוד. לדוגמה, אם המונה מיועד ל-50 אמפר, השגיאה המרבית היא 0.25 אמפר. אם העומס הנמדד הוא 25 אמפר בלבד, השגיאה תהיה 1%. מכיוון שהעומס משפיע על הדיוק, נקבעו תקנים שיגדירו מה השגיאה המרבית המותרת בעומס נמוך. התקנים האלה ידועים כ-"Accuracy Class". Class 0.5 משמעה ששגיאת המדידה של אנרגיה תהיה חצי אחוז בעומס מלא וכופל הספק אחד, אבל גם קובעת רמות דיוק במצבי העמסה אופייניים אחרים וכופל הספק נמוך יותר. טבלה 1 מפרטת את רמות השגיאה המותרות לפי תקן IEC 62053-11.

כשמדובר במדידת אנרגיה, מדידה מדויקת חשובה מאוד מכיוון שכל חלקיק אחוז שגיאה יכול להסתכם באלפי שקלים. לאור העובדה שדיוק של מונה אנרגיה תלוי בהעמסת הרשת (עומס מלא תמיד יהיה מדויק יותר מחלקי) וכן בכופל ההספק, נקבעו תקנים. הבעיה היא שתקנים עלולים לבלבל את מי שלא בקיא בפרטים ובמקום לסייע ללקוחות לקבל מוצר טוב יותר, הם עוזרים ליצרני ציוד ומשווקים להטעות את הלקוחות. מאמר זה מסביר את ההבדלים בין הפרמטרים והתקנים השונים.

הפיסיקה של הדיוק

הדיוק תלוי בתכנון ואיכות הייצור של ערוצי המדידה של המונה – איכות גבוהה יותר מגדילה את הדיוק אבל גם מעלה את מחיר המוצר.

Value of current		Power factor	Percentage error limits for meters		
for direct connected meters	for transformer operated meters		0,5	1	2
$0,05 I_b \leq I < 0,1 I_b$	$0,02 I_n \leq I < 0,05 I_n$	1	$\pm 1,0$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
$0,1 I_b \leq I \leq I_{max}$	$0,05 I_n \leq I \leq I_{max}$	1	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
$0,1 I_b \leq I < 0,2 I_b$	$0,05 I_n \leq I < 0,1 I_n$	0,5 inductive	$\pm 1,3$	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
		0,8 capacitive	$\pm 1,3$	$\pm 1,5$	-
$0,2 I_b \leq I \leq I_{max}$	$0,1 I_n \leq I \leq I_{max}$	0,5 inductive	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
		0,8 capacitive	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	-
When specially requested by the user: from					
$0,2 I_b \leq I \leq I_b$	$0,1 I_n \leq I \leq I_n$	0,25 inductive	$\pm 2,5$	$\pm 3,5$	-
		0,5 capacitive	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$	-

טבלה מס' 1: דיוק של Class 0.5

הדיוק יהיה $\pm 0.8\%$ ב-Class 0.5.
 על מנת לתת מידע מדויק יותר, גוף התקינה
 האירופאי קבע תקן משופר IEC 62053-22 אשר
 מגדיר את Class 0.5S כפי שמופיע בטבלה 2.

כפי שניתן לראות מהטבלה, כאשר כופל ההספק
 ("קוסינוס פיי") הוא אחד והעומס מעל 10%, הדיוק
 הוא $\pm 0.5\%$. אבל כאשר כופל ההספק פחות
 מאחד, שזה המצב תמיד בגלל הרמוניות (הרמוניות
 מורידות את כופל ההספק), הדיוק נהיה פחות טוב
 - $\pm 0.8\%$. המשמעות היא שבתנאי עבודה רגילים

Value of current	Power factor	Percentage error limits for meters of class	
		0,2 S	0,5 S
$0,01 I_n \leq I < 0,05 I_n$	1	$\pm 0,4$	$\pm 1,0$
$0,05 I_n \leq I \leq I_{max}$	1	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$
$0,02 I_n \leq I < 0,1 I_n$	0,5 inductive	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
	0,8 capacitive	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
$0,1 I_n \leq I \leq I_{max}$	0,5 inductive	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$
	0,8 capacitive	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$
When specially requested by the user: from			
$0,1 I_n \leq I \leq I_{max}$	0,25 inductive	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
	0,5 capacitive	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$

טבלה מס' 2: דיוק של Class 0.5S

בתנאי עבודה אופייניים (בעומס נמוך יותר
 ההבדלים גדולים אף יותר).

המשמעות היא שמונה עם Class 0.5S יהיה
 מדויק ב- $\pm 0.6\%$ לעומת $\pm 0.8\%$ ב-Class 0.5

דיוק מערכת לעומת דיוק מונה

בעלות אותו דיוק. אולם חל איסור להעמיס מערכת במאה אחוז, וכן צריך לתת מרווח למשנה הזרם. המשמעות היא שמשני״ז ב-Class 0.5 הוא לא מדויק בעד $\pm 0.75\%$ ואילו משני״ז ב-Class 0.5S יהיה מעל $\pm 0.5\%$ כל עוד העומס יהיה מעל עשרים אחוז.

דיוק מערכת מדידה הוא סכום השגיאות של כל המרכיבים שלה. מערכת אופיינית כוללת מונה ומשני זרם. בדומה למונים, תקן IEC 60044-1 מגדיר את רמות הדיוק של משני זרם: כפי שניתן לראות מהטבלה, בעומס מלא שתי רמות הדיוק

Accuracy class	± Percentage current (ratio) error at percentage of rated current shown below				± Phase displacement at percentage of rated current shown below							
					Minutes				Centiradians			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0.1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
0.2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
0.5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
1.0	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

טבלה מס' 3: דיוק של משני זרם, Class 0.5

Accuracy class	± Percentage current (ratio) error at percentage of rated current shown below					± Phase displacement at percentage of rated current shown below									
						Minutes					Centiradians				
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0.2 S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2	30	15	10	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
0.5 S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5	90	45	30	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9

טבלה מס' 4: דיוק של משני זרם, Class 0.5

הטבלה הבאה מסכמת את הדיוק של מערכת המדידה:

	Class 0.5	Class 0.5S	Class 0.5S with Direct Connect or Remote CTs
Meter typical accuracy	0.8	0.6	0.6
CT typical accuracy	0.75	0.5	Included
System typical accuracy	1.55	1.1	0.6

ואילו בחיבור ישיר (או עם משני״זים מרוחקים הכלולים המונה) הדיוק הוא $\pm 0.6\%$, כמעט פי 3 טוב יותר!

כפי שניתן לראות מהטבלה, מערכת ב-Class 0.5 היא מדויקת ב- $\pm 1.55\%$, נתון לא מספיק לכל הדעות. מערכת ב-Class 0.5S מדויקת ב- $\pm 1.1\%$

פרמטרים נוספים

בטמפרטורה של 23 מעלות וסטייה מירבית של 0.05% למעלה (Class 0.5S, PF<1). כלומר בטמפרטורה של 35 מעלות מותר אי דיוק נוסף של 0.6% - בדיקות מראות שמונים שלא אושרו ע"פ תקן זה לעיתים חורגים בהרבה יותר עקב עליית טמפרטורה.

בנוסף לבדיקת הדיוק בעומסים שונים, תקן IEC 62053-22 מגדיר שגיאה מירבית במצבים שונים כגון: טמפרטורת סביבה, שינויי תדר, שינויי מתח, אסימטריה במתח, הרמוניות, אינטר הרמוניות, הפרעות אלקטרו-מגנטיות וסדר פאזות (טבלה 5). לדוגמה, הדיוק המוצהר הוא

Influence quantity	Value of current (balanced unless otherwise stated)	Power factor	Mean temperature coefficient %/K for meters of class	
			0,2 S	0,5 S
Ambient temperature variation ⁹⁾	$0,05 I_n \leq I \leq I_{max}$ $0,1 I_n \leq I \leq I_{max}$	1 0,5 inductive	0,01 0,02	0,03 0,05
			Limits of variation in percentage error for meters of class	
			0,2 S	0,5 S
Voltage variation $\pm 10\%$ ^{1) 8)}	$0,05 I_n \leq I \leq I_{max}$ $0,1 I_n \leq I \leq I_{max}$	1 0,5 inductive	0,1 0,2	0,2 0,4
Frequency variation $\pm 2\%$ ⁸⁾	$0,05 I_n \leq I \leq I_{max}$ $0,1 I_n \leq I \leq I_{max}$	1 0,5 inductive	0,1 0,1	0,2 0,2
Reversed phase sequence	$0,1 I_n$	1	0,05	0,1
Voltage unbalance ³⁾	I_n	1	0,5	1,0
Auxiliary voltage $\pm 15\%$ ⁴⁾	$0,01 I_n$	1	0,05	0,1
Harmonic components in the current and voltage circuits ⁵⁾	$0,5 I_{max}$	1	0,4	0,5
Sub-harmonics in the a.c. current circuit ⁵⁾	$0,5 I_n$ ²⁾	1	0,6	1,5
Continuous magnetic induction of external origin ⁵⁾	I_n	1	2,0	2,0
Magnetic induction of external origin 0,5 mT ⁸⁾	I_n	1	0,5	1,0

טבלה מס' 5: פרמטרים משפיעים נוספים

מסקנה

Class 0.5S היא רמת הדיוק המינימלית ואילו Class 0.5 (ללא S) היא לא מספיק טובה, בעוד ש-Class 1 היא לא יותר מהערכה טובה. שימוש בחיבור ישיר למונה, או במשנ"זים מרוחקים, מספק דיוק גבוה במיוחד המאפשר להתמודד עם האתגרים של ניהול אנרגיה ומניית חשמל במתקנים המודרניים.



דיוק מוני סייטק

- סייטק משקיעה מאמצים רבים בתכנון וייצור של מכשירי מדידה ומונים מדויקים אשר כוללים:
1. דיוק מינימלי של Class 0.5S, דיוק Class 0.2S למכשירי דרג הביניים ו-Class A לנתחי איכות חשמל
 2. אופציה למשני זרם מרוחקים לרוב המכשירים, אשר מספק Class 0.5S לכל המערכת –
 3. בדיקה וכיול של 100% מהמכשירים ומשני הזרם

התוצאה היא שמוצרי סייטק מאוד מדויקים ויש התחייבות לדיוק לשמונה שנים ללא צורך בכיול תקופתי.

דוגמה

מונים מדויקים מחזירים את ההשקעה מהר מאוד, כפי שניתן לראות בדוגמה הבאה: ההבדל בין $\pm 1.55\%$ ל- $\pm 0.6\%$ בשנאי של 1000 קו"א, כופל הספק של 0.90, שיעור העמסה של 80% ומחיר חצי שקל לקוט"ש שקול ל-29,959 ש"ח בשנה – כלומר ההחזר על ההשקעה הוא פחות מחודש.