

Interpretacja wyniku pomiaru błędu licznika

Pomiar błędu licznika zasilanego z sieci energetycznej obiektu może być obarczony na tyle dużą niepewnością, że nawet przy stosowaniu testera najwyższych klas dokładności oraz przy stosowaniu uznanych zasad dokumentowania wyniku pomiaru wg przewodnika [8], wynik pomiaru może być uznany za niewystarczająco wiarygodny i w związku z tym może być kwestionowany w przypadku sporu.

 ANDRZEJ OLEŃSKI
Uniwersytet Zielonogórski

Sprawdzanie dokładności liczników energii

Wskazania użytkowych liczników energii elektrycznej są podstawą do rozliczeń finansowych między dostawcą energii a jej odbiorcą i z tego powodu sprawdzaniu dokładności wskazań liczników jest poświęcana duża uwaga. Niestety, normy i rozporządzenia dotyczą sytuacji, kiedy licznik energii jest odłączony od sieci energetycznej i zasilany ze stacji wzorcowiczej [1, 2].

Dostawcy energii dążą do sprawdzania dokładności liczników w miejscu ich zainstalowania z następujących powodów:

- błędne podłączenie sprawnego licznika skutkuje błędnym naliczaniem energii,
- racjonalizacji kosztów eksploatacji układów pomiarowo-rozliczeniowych energii elektrycznej – odłączają licznik od sieci tylko w przypadkach koniecznych.

Przenośne testery liczników energii umożliwiają sprawdzenie błędu licznika na obiekcie, zarówno odłączonego od sieci, jak i przyłączonego do niej. Pracownik, który sprawdza błąd licznika energii zasilanego z sieci obiektu jest w trudnej sytuacji w zakresie interpretacji wyniku pomiaru - żaden ze znanych dokumentów nie rozstrzyga tej kwestii. Natomiast potrzeba wiarygodnych wyników pomiaru błędu licznika jest oczywista - spory dotyczące rozliczeń za energię znajdują finał w sądach.

Pomiar błędu licznika zasilanego z sieci

Bezinwazyjne testowanie licznika energii jest polecaną formą weryfikacji poprawności włączenia licznika do sieci i sprawdzania błędu licznika zasilanego z sieci, ponieważ nie wymaga rozłączania obwodu prądowego i napięciowego licznika (rysunek). W tym celu są stosowane cęgowe testery liczników [3], które pracują z zastosowaniem metody licznika kontrolnego [4].

W obiekcie nie są spełnione warunki odniesienia [5] i licznik zasilany z sieci może mieć sprawdzany tylko błąd roboczy, zdefiniowany jako pierwiastek z sumy kwadratów błęd podstawowego oraz błędów dodatkowych spowodowanych temperaturą, napięciem i częstotliwością. Aby wyliczyć wartość dopuszczalną błędu roboczego, pracownik powinien mieć wiedzę o dopuszczalnej wartości poszczególnych błędów cząstkowych i wartościach wielkości wpływających – dokumentować wyniki pomiaru temperatury, napięcia, częstotliwości oraz oczywiście wartości prądu i współczynnika mocy.

Jeżeli wartość prądu pobierana przez obciążenie obiektu (i_1 na rysunku) jest zbyt mała, można:

- włączyć obciążalnik rezystancyjny R, który wymusza dodatkowy prąd i_2 ,
- włączyć wymuszalnik prądowy I, który wymusza dodatkowy prąd i_3 .

Moc dostarczana do sprawdzanego licznika energii i testera dana jest wzorem:

$$P = U \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 + U \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 + U \cdot I_3 \cdot \cos \varphi_3$$

gdzie:

U – wartość napięcia sieci między zaciskami L-N,
 I_1, I_2, I_3 – wartości prądów z rys.1,
 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – kąty przesunięcia fazowego

Wyniki pomiaru błędu licznika zasilanego z sieci charakteryzują się zazwyczaj bardzo dużą niepewnością – poprawę powtarzalności można uzyskać przez:

- stosowanie wymuszalników prądowych i obciążalników rezystancyjnych,

- wydłużenie czasu pomiaru, co zwiększa pracochłonność sprawdzania licznika.
Ewolucję poglądów na temat czasu pomiaru energii opisano w [6].

Interpretacja wyniku pomiaru

Laboratoria pomiarowe już od 1993 roku funkcjonują według ogólnie obowiązujących zasad obliczania i wyrażania niepewności pomiaru w odniesieniu do wszystkich pomiarów fizycznych, zawartych w przewodniku „Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement”, którego krajową wersję [8] wydał Główny Urząd Miar w 2001 roku. Według [8] podany wynik pomiaru tylko wtedy jest kompletny, gdy zawiera zarówno wartość wielkości mierzonej, jak i niepewność pomiaru związaną z tą wartością. W przypadku pomiaru błędu licznika wynik pomiaru powinien mieć postać:

$$\bar{E} \pm U(\bar{E}) = \bar{E} \pm k \cdot u_c(\bar{E}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \pm k \cdot \sqrt{u_A^2 + \sum_{i=1}^N u_B^2}$$

gdzie:
 \bar{E} - średnia wartość błędu procentowego licznika wyliczona z błędów cząstkowych z n pomiarów,
 $U(\bar{E})$ - niepewność rozszerzona zwana niepewnością pomiaru,
 k - współczynnik rozszerzenia, dla k=2 z prawdopodobieństwem 95% błąd sprawdzanego licznika mieści się w przedziale $\bar{E} \pm U(\bar{E})$
 $u_c(\bar{E})$ - złożona niepewność standardowa,
 u_A - niepewność typu A związana z niepewnością powtarzalnością wyników pomiaru,
 u_{B_i} - niepewności typu B związane z możliwościami technicznymi testera.

Niepewność typu A oblicza się ze wzoru:

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

gdzie n jest liczbą powtarzanych pomiarów w jednym punkcie (w laboratoriach n=10 a w obiekcie wystarczy n=3 [5]), natomiast s jest estymatorem (oceną) odchylenia standardowego, zwanym również powtarzalnością, obliczanym ze wzoru:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2}$$

Specyfikacja techniczna nowoczesnych testerów liczników energii umożliwia przyjęcie założenia dominacji jednego źródła niepewności typu B w postaci błędu dopuszczalnego δ , zatem niepewność typu B może być obliczona ze wzoru:

$$u_B = \frac{\delta}{\sqrt{3}}$$

Jak teoretycznie, wiarygodnie i szybko mierzyć błąd licznika w obiekcie?

Niepewność pomiaru $U(\bar{E})$ błędu licznika powinna mieć kilkukrotnie mniejszą wartość niż błąd dopuszczalny licznika, np. wg norm na stacje [1, 2] zapas dokładności powinien być pięciokrotny. Ponieważ niepewność pomiaru w jednakowym stopniu zależy od niepewności typu A i B, można przyjąć następujący warunek wystarczającej powtarzalności wyników pomiaru błędu licznika w obiekcie:

$$u_A \leq u_B$$

co dla liczby powtórzeń n=3 daje następującą postać:

$$s \leq \delta$$

i oznacza, że powtarzalność wyników pomiaru jest wystarczająca, jeżeli odchylenie standardowe jest nie większe niż błąd dopuszczalny testera w danym punkcie obciążenia. Spełnienie warunku umożliwia:

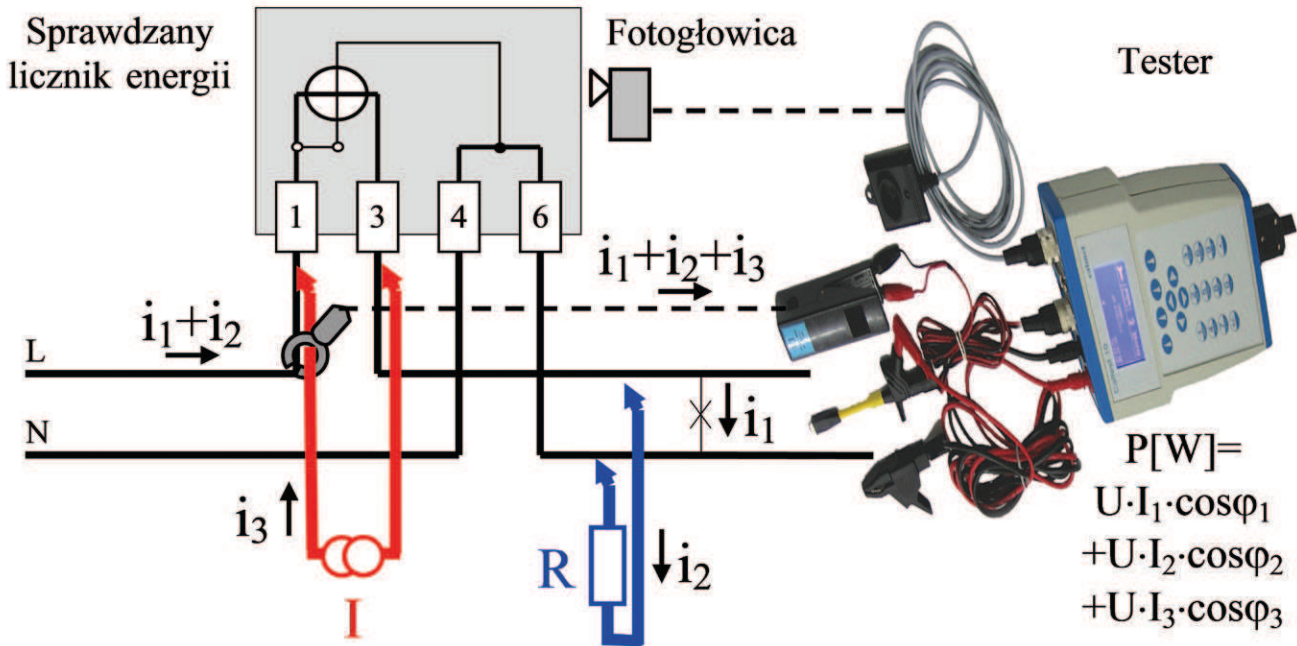
- dobre wykorzystanie dokładności testera – przesadnie duża wartość odchylenia s uniemożliwia wykorzystanie dokładności testera, ponieważ o niepewności pomiaru będzie decydowała niepewność typu A,
- szybkie wykonanie pomiarów – przesadne wydłużanie czasu pomiaru w celu przesadnego zmniejszania wartości odchylenia s nie ma sensu, ponieważ o niepewności pomiaru będzie decydowała niepewność typu B.

Jak praktycznie, wiarygodnie i szybko mierzyć błąd licznika w obiekcie?

Po włączeniu testera liczników w obwód sprawdzanego licznika, po weryfikacji poprawności połączeń i po wprowadzeniu stałej licznika należy zadać wartość czasu pomiaru $t_p=1s$, niezależnie od obciążenia licznika. Tester zlicza impulsy z fotogłowicy, mierzy czas od momentu przyścia pierwszego impulsu Start i po upływie zadanej czasu pomiaru t_p tester oczekuje przyścia kolejnego impulsu, który jest traktowany jako impuls Stop. Informacja o czasie między impulsami Start i Stop oraz zliczona w tym czasie liczba impulsów jest wykorzystywana do obliczania błędu procentowego licznika [6]. Zadawanie tak krótkiego czasu pomiaru, równego jednej sekundzie, jest podyktowane aspektem ekonomicznym potrzeby skracania czasu testowania. Jeżeli tester nie ma funkcji zadawania czasu pomiaru, to należy zadawać taką liczbę impulsów, wyliczoną i niestety różną dla każdego punktu obciążenia, aby czas pomiaru był możliwie krótki. Jeżeli tester ma zaawansowaną funkcję automatycznego określania czasu pomiaru [9], to oczywiście można skorzystać z tej funkcji.

Kolejnym krokiem jest ustalenie liczby powtórzeń n=3, co jest wystarczające dla potrzeb obliczenia niepewności typu A. Po wykonaniu trzech pomiarów w danym punkcie obciążenia należy wyliczyć wartość odchylenia s ze wzoru lub odczytać z testera, jeżeli tester ma tak zaawansowaną funkcję [9].

Następnie należy sprawdzić warunek wystarczającej powtarzalności pomiarów. Spełnienie warunku oznacza, że uzyskano pożądany wynik metrologiczny w sensie zapewnienia



Rys. 1. Schemat włączenia urządzeń do bezinwazyjnego testowania licznika energii

wystarczającej powtarzalności wyników pomiaru i wystarczająco małej wartości niepewności pomiaru. W protokole pomiaru należy podać:

- wartość średnią błędów licznika \bar{E} ,
- i jeden z parametrów dokumentujących wiarygodność uzyskanego wyniku:
 - niepewność pomiaru $U(\bar{E})$,
 - niepewność standardową $u_c(\bar{E})$
 - niepewność u_A ,
 - odchylenie s .

Jeżeli warunek wystarczającej powtarzalności wyników pomiaru nie został spełniony, co zdarza się często podczas sprawdzania błędów licznika zasilanego z sieci energetycznej, należy:

- zwiększyć czas pomiaru t_p tyle razy, ile potrzebne jest zmniejszenie wartości odchylenia s . Jeżeli zwiększenie czasu pomiaru nie skutkuje wystarczającym zmniejszeniem wartości odchylenia s , należy:
 - włączyć obciążalnik rezystancyjny lub wymuszalnik prądowy (rysunek) w celu zwiększenia ich udziału w obciążeniu licznika,
 - odłączyć niespokojne obciążenia sieci energetycznej.

Wnioski

Producenci i dostawcy energii elektrycznej dążą do sprawdzania liczników energii zasilanych z sieci energetycznej bezpośrednio w miejscu ich zainstalowania. Wyniki pomiaru błędów licznika zasilanego z sieci są obciążone dużą niepewnością, co utrudnia interpretację wyników badań i ich dokumentowanie.

Przewodnik EA-4/02 [8] ponad dwadzieścia lat temu ustalił zasady wyrażania niepewności pomiaru przy wzorcowaniu, które przyjęły laboratoria pomiarowe w celu wiarygodnego dokumentowania wyników pomiaru. W myśl tych wymagań wynik pomiaru powinien być wyrażony w postaci podania wartości średniej i niepewności pomiaru.

Zaproponowano warunek wystarczającej powtarzalności wyniku pomiaru, w którym wartość estymaty odchylenia standardowego z trzech powtarzalnych pomiarów powinna być nie większa niż dopuszczalny błąd testera. Błąd sprawdzanego licznika powinien być dokumentowany przez podanie wartości średniej i niepewności (ewentualnie estymaty odchylenia standardowego). W tym celu zaproponowano efektywny czasowo sposób postępowania podczas badania błędów licznika zasilanego z sieci. Funkcje zadawania czasu pomiaru i automatycznej identyfikacji czasu pomiaru, zadawania liczby pomiarów, automatycznego obliczania wartości średniej i odchylenia standardowego są już zawarte w testerach nowej generacji [9].

Bibliografia

1. Urządzenia do sprawdzania liczników energii elektrycznej, PN-IEC 736, 1998.
2. Testing equipment for electrical energy meters, IEC Publication 736, 1982.
3. Olenci A.: Testowanie cęgowych liczników kontrolnych, „Pomiary, Automatyka, Kontrola”, 2010, Vol. 56, nr 11, s. 1262-1264.
4. Olenci A., Szmytkiewicz J., Urbański K.: Testowanie jednofazowych liczników energii u użytkownika, „Elektro Info”, 2008, nr 7-8, s. 88-89.
5. Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego) – Część 3: Wymagania szczegółowe – Liczniki statyczne energii czynnej (klas A, B i C), norma PN-EN 50470-3: 2009.
6. Olenci A.: Powtarzalność jako miara jakości testu dokładności licznika energii elektrycznej, „Przegląd Elektrotechniczny”, 2011, nr 11, s. 154-158.
7. Test equipment, techniques and procedures for electrical energy meters – Part 2: Portable test equipment and test procedure for electricity meters and electricity meter installations, IEC 62057-2 Ed.1.0, 2009.
8. Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu. Dokument EA-4/02, GUM, 2001.
9. Olenci A.: Układ pomiarowo-rozliczeniowy energii elektrycznej – nowe możliwości testowania oferowane przez firmę Calmet. Konferencja Naukowo-Techniczna „Pomiary i diagnostyka w sieciach elektroenergetycznych”, Toruń 2016, s. 97-105.