

ZASTOSOWANIE NIEPEWNOŚCI TYPU A I B DLA POTRZEB INTERPRETACJI WYNIKU POMIARU BŁĘDU LICZNIKA ENERGII ZASILANEGO Z SIECI ENERGETYCZNEJ OBIEKTU

Streszczenie. Opisano problemy związane z pomiarem błędu licznika zasilanego z sieci, w szczególności problemy dużej niepewności wyniku pomiaru. Przedstawiono uznane koncepcje dokumentowania i interpretacji wyników badań według norm na stacje wzorcownicze i liczniki energii elektrycznej oraz według wymagań akredytowanych laboratoriów pomiarowych. Zaproponowano algorytm pomiaru błędu licznika oraz warunek wystarczającej powtarzalności wyniku pomiaru błędu licznika dla potrzeb szybkiego i wiarygodnego pomiaru i dokumentowania błędu licznika. Zaproponowana metodyka postępowania może być rozszerzona na testowanie innych niż liczniki urządzeń zasilanych z sieci, jak przekładniki czy zabezpieczenia.

The use of the uncertainty of type A and B for the interpretation of the measurement results of electricity meter error powered from the mains on site

Słowa kluczowe: sprawdzanie liczników energii, dokładność licznika energii, powtarzalność, odchylenie standardowe, niepewność pomiaru.

Keywords: testing of energy meters, accuracy of electricity meters, repeatability, estimation of the standard deviation, measurement uncertainty.

Sprawdzanie dokładności liczników energii

Wskazania użytkowych liczników energii elektrycznej są podstawą do rozliczeń finansowych między dostawcą energii i jej odbiorcą i z tego powodu sprawdzaniu dokładności wskazań liczników jest udzielana duża uwaga. Niestety, normy i rozporządzenia dotyczą sytuacji, kiedy licznik energii jest odłączony od sieci energetycznej i jest zasilany z USL – Urządzenia do Sprawdzania Liczników [1]. USL wg normy PN-IEC 736:1998, będącej tłumaczeniem normy IEC 736:1982 [2], jest zespołem przyrządów przeznaczonych do dostarczania energii do sprawdzanych liczników oraz do pomiarów tej energii i tradycyjnie jest nazywany stacją wzorcowniczą. Stacjonarne stacje wzorcownicze są stosowane do badań typu i badań odbiorczych liczników energii głównie przez producentów liczników.

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

- mają świadomość, że błędne podłączenie nawet sprawnego licznika skutkuje błędnym naliczaniem energii,
- dążą do racjonalizacji kosztów eksploatacji układów pomiarowo-rozliczeniowych energii elektrycznej – odłączają licznik od sieci i przewożą licznik z obiektu do licznikowni tylko w przypadkach koniecznych.

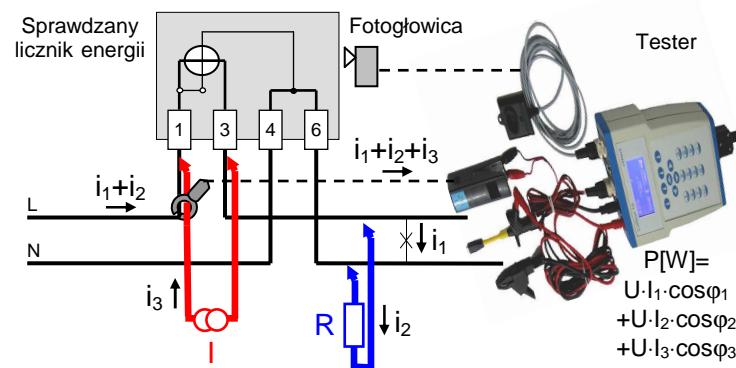
W tym celu są stosowane przenośne testery liczników energii, które umożliwiają sprawdzenie błędu licznika na obiekcie, zarówno odłączonego od sieci, jak i przyłączonego do sieci.

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 tym bardziej, że spory dotyczące rozliczeń za energię znajdują finał w sądach.

Pomiar błędu licznika zasilanego z sieci

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

Rysunek 1 przedstawia przykład włączenia cęgowego licznika kontrolnego (tester liczników) podczas sprawdzania błędów liczników jednofazowych bezpośrednich. Podczas pomiaru błędu sprawdzanego licznika występują dwie kwestie związane z wiarygodnością wyniku pomiaru.



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

Pierwsza kwestia jest związana z koniecznością spełnienia wymagań na warunki pomiaru błędu, które są ustalane w normach przedmiotowych na liczniki energii [5]. Wymagania te dotyczą warunków środowiskowych, jak np. temperatura otoczenia $23 \pm 2^\circ\text{C}$ oraz specyfiki sygnałów, jak np. napięcie sieci $230\text{V} \pm 1\%$, zniekształcenia napięć i prądów mniejsze niż 2-3%, czy punktów pomiarowych (punktów obciążenia) ustalających wymagane wartości prądu i współczynnika mocy. Większość z tych wymagań nie jest spełniona podczas badania błędu licznika zasilanego z sieci.

Wartość prądu pobierana przez obciążenie obiektu (i_1 na rys.1) jest często tak mała, że uniemożliwia wykonanie jakiegokolwiek pomiaru błędu licznika. Aby zwiększyć wartość prądu płynącego przez obwód prądowy sprawdzanego licznika i testera oraz równocześnie zachować bezinwazyjny charakter testowania licznika, można:

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

Wymuszalniki prądowe są nowym rodzajem obciążeń, zapewniają cichą pracę (nie wymagają stosowania wentylatorów) i praktycznie nie nagrzewają się, ponieważ są kilkaset razy bardziej sprawne energetycznie niż obciążalniki rezystancyjne przy

równorzędnych wartościach prądu. Moc dostarczana do sprawdzanego licznika energii i testera dana jest wzorem:

$$P = U \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 + U \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 + U \cdot I_3 \cdot \cos \varphi_3 \quad (1)$$

gdzie: U – wartość napięcia sieci między zaciskami L-N, I_1 , I_2 , I_3 – wartości prądów z rys.1, φ_1 , φ_2 , φ_3 – kąty przesunięcia fazowego.

Zamiana przewodów wymuszalnika prądowego skutkuje zmianą kąta φ_2 z 0° na 180° , co pozwala zarówno zwiększać, jak i zmniejszać wartość prądu płynącego przez obwód prądowy sprawdzanego licznika i testera w stosunku do wartości prądu I_1 pobieranego przez obciążenie obiektu. Zatem wymuszalniki prądowe z funkcją nastawy wartości prądu umożliwiają ustalanie wszystkich wymaganych wartości prądu w dwóch kierunkach, bez odłączania licznika od sieci, przy pracującym obiekcie.

Druga kwestia, związana z wiarygodnością wyniku pomiaru, wynika z faktu, że wyniki pomiaru błędu licznika zasilanego z sieci charakteryzują się zazwyczaj bardzo dużą niepewnością. Stosowanie wymuszalników prądowych i obciążalników rezystancyjnych poprawia powtarzalność. W niektórych sytuacjach powtarzalność wyników pomiaru można poprawić przez wydłużenie czasu pomiaru, co z kolei zwiększa pracochłonność sprawdzania licznika. Ewolucję poglądów na temat czasu pomiaru energii i przykłady nieracjonalnych wyborów opisano w [5]. Jak powinien być dokumentowany wynik pomiaru błędu licznika zasilanego z sieci, jaką powinien mieć powtarzalność, aby nie mógł być kwestionowany przy rozpatrywaniu spraw spornych, opisano w następnych rozdziałach.

Interpretacja wyniku wg aktualnej normy na USL (stacje wzorcownicze)

Norma na urządzenia do sprawdzania liczników energii elektrycznej [1,2] (stacje wzorcownicze) obowiązuje bez zmian od ponad trzydziestu lat i dotyczy urządzeń używanych do badań typu i badań odbiorczych liczników energii elektrycznej klasy 0,5; 1 i 2. W normie tej określono procedury badań i definicje błędów wraz z interpretacją wyniku pomiaru błędu, i chociaż norma dotyczy stacji wzorcowniczych, można pokusić się na przeniesienie tych idei dla potrzeb interpretacji wyniku pomiaru błędu licznika zasilanego z sieci.

Wg [1,2] stacja powinna mieć wystarczający – pięciokrotny zapas dokładności, np. do sprawdzania licznika klasy 1 wymaga się, aby granica błędu dopuszczalnego stacji $E_{\max}=0,2\%$ przy współczynniku mocy $PF=1$. To sugeruje, że do pomiaru błędu licznika zasilanego z sieci powinien być stosowany tester też z pięciokrotnym zapasem dokładności.

Jeżeli wynik pojedynczego pomiaru błędu przekracza dopuszczalne granice, to wg [1,2] można wykonać dwa pomiary dodatkowe i wyniki tych dwóch dodatkowych pomiarów powinny mieścić się w dopuszczalnych granicach. Przenosząc to rozumowanie na pomiar błędu licznika zasilanego z sieci, należy:

- wykonać jeden pomiar błędu i jeżeli uzyskany wynik mieści się w specyfikacji sprawdzanego licznika, to przyjąć ten wynik jako wartość błędu licznika,
- jeżeli jednak uzyskany wynik nie mieści się w specyfikacji sprawdzanego licznika, to należy wykonać dwa pomiary dodatkowe, których wyniki powinny mieścić się w specyfikacji sprawdzanego licznika, aby ten licznik mógł być uznany za sprawny. W

tym przypadku wartość błędu licznika powinna być dokumentowana wynikami tych dwóch pomiarów dodatkowych.

Ważna jest też powtarzalność wyników pomiaru, która uwiarygodnia poprawność warunków wykonywania pomiarów i uwiarygodnia wynik pomiaru błędu licznika. Jako miarę powtarzalności przyjmuje się estymator (ocena) odchylenia standardowego s wyrażony wzorem:

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

gdzie: n – liczba powtarzanych pomiarów w jednym punkcie pomiarowym, E_i – błąd procentowy licznika z i -tego pomiaru, \bar{E} - średnia wartość błędu procentowego licznika z n pomiarów.

W [1,2] zaleca się wykonanie, dla każdej fazy, przynajmniej pięciu powtarzanych pomiarów przy znamionowych wartościach napięcia i prądu oraz jednostkowym współczynniku mocy. Estymator odchylenia standardowego wyliczony ze wzoru (2) powinien mieć wartość przynajmniej 50 razy mniejszą niż klasa sprawdzanego licznika (dla urządzeń eksploatowanych, nie nowych, przynajmniej 25 razy). Przenosząc to rozumowanie na pomiar błędu licznika zasilanego z sieci, należy wykonać pięć powtarzanych pomiarów błędu licznika w warunkach obciążenia możliwie bliskich znamionowym. Wyliczona wartość estymatora odchylenia standardowego jest miarą jakości testu dokładności licznika i uwiarygodnia wynik pomiaru błędu.

Wg [1,2] częstość pomiarów kontrolnych stacji powinna być dostosowana do stopnia wykorzystania stacji, co może oznaczać, że czasookres między kolejnymi wzorcowaniami testerów liczników też powinien być dostosowany do stopnia wykorzystania testera.

Od 1982 roku obowiązuje następujące wyjaśnienie dotyczące stacji wzorcowniczych [1,2] w odniesieniu do wartości średniej błędu i odchylenia standardowego:

- stacja wzorcownicza o wartości średniej błędu $\bar{E} = 0$, ale o dużej wartości s , nie zapewnia powtarzalności pomiarów,
- stacja wzorcownicza o dużej wartości \bar{E} , ale o małej wartości s , może być stosowana do pomiarów o dużej dokładności, jeżeli zastosuje się poprawkę.

Liczba pomiarów (powtórzeń), które mają być wykonane w danym punkcie kontrolnym, zależy od pożądanego wyniku metrologicznego i aspektu ekonomicznego – odpowiednim kompromisem jest wykonanie pięciu pomiarów.

Kilka lat temu podjęto próbę [7] aktualizacji starej normy [1] na stacje wzorcownicze. Idea tej próby polegała na:

- objęciu zakresem normy dwóch grup urządzeń: stacjonarnych stacji wzorcowniczych i przenośnych testerów liczników – norma miała być dwuarkuszowa,
- podziale obiektów energetycznych (instalacji) na pięć kategorii, głównie w zależności od poboru mocy,
- ustaleniu wymagań na testery (funkcje, metody pomiaru, parametry, klasa dokładności) w zależności od kategorii obiektu, co skutkowało bardzo szczegółową specyfikacją testera, np. dla instalacji kategorii 2 (układy półpośrednie NN) współczynnik temperaturowy powinien być mniejszy niż 0,005%/°K a dryft czasowy 0,025%/rok,

- ustaleniu algorytmu postępowania pracownika podczas "sprawdzania instalacji" – weryfikacji połączeń, sprawdzaniu błędu przekładników i ich obciążeń, pomiaru błędu licznika.

W aspekcie interpretacji wyniku pomiaru błędu licznika ten projekt [7] właściwie się nie wypowiadał – był raczej próbą lobbowania produktów niemieckich producentów testerów liczników energii.

Interpretacja wyniku wg norm na liczniki

Normy przedmiotowe na liczniki energii elektrycznej [5] ustalają szczegółowe wymagania i warunki badań odbiorczych liczników. W szczególności ustalają wartość błędu podstawowego (dopuszczalny błąd procentowy w warunkach odniesienia) w zależności od wartości prądu i współczynnika mocy oraz wartość dopuszczalną błędów dodatkowych spowodowanych wielkościami wpływającymi jak zmiany temperatury, napięcia, częstotliwości.

Nie ma ani potrzeby, ani możliwości technicznych sprawdzania w/w błędów (podstawowego i dodatkowych) licznika zasilanego z sieci i pracującego na obiekcie. Licznik zasilany z sieci powinien mieć sprawdzany błąd roboczy (composite error – błąd złożony, kompozytowy), który w [5] jest zdefiniowany jako pierwiastek z sumy kwadratów błędu 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.

W interpretacji wyniku pomiaru błędu licznika można uwzględniać niepewność procesu pomiarowego [5]. Jeżeli część wyników pomiaru błędu przekracza ustalone wartości dopuszczalne, to dopuszcza się równoległe przesunięcie linii zerowej o pewną ustaloną (około 1/5...1/3 klasy licznika) wartość tak, aby wszystkie wyniki pomiaru mieściły się w ustalonych wartościach dopuszczalnych – taki wynik uznaje się jako spełniający wymagania. Należy przyjąć, że tzw. niepewność procesu pomiarowego uwzględnia zarówno niepewność typu A związaną z niepewnością wyników pomiaru, jak i niepewność typu B związaną z możliwościami technicznymi testera liczników w konkretnych warunkach eksploatacji.

Powtarzalność wyników pomiaru dla przynajmniej trzech powtórzeń powinna być przynajmniej 10 razy lepsza niż dopuszczalny błąd procentowy, przy czym wymaga się, aby producent licznika ustalił niezbędną liczbę impulsów [5]. Z wymagania niezbędnej liczby impulsów wynika, że jakiegokolwiek pomiary błędu licznika wymagają ustalenia przez producenta niezbędnej liczby impulsów, ponieważ wynik pomiaru, a z pewnością powtarzalność wyników pomiaru, zależy od zliczonej przez licznik liczby impulsów. W tym miejscu stykamy się przynajmniej z dwoma kwestiami:

- pracownik wykonujący pomiar błędu licznika na obiekcie praktycznie nie ma dostępu do informacji o podanej przez producenta wymaganej liczbie impulsów. A nawet gdyby tą informację posiadał, to jest to informacja mało wartościowa, ponieważ dotyczy przypadku zasilania licznika ze stacji wzorcowniczej, a nie z sieci energetycznej obiektu,
- operowanie pojęciem wymaganej liczby impulsów, od kilkunastu lat, jest anachroniczne, ponieważ powinno operować się pojęciem czasu pomiaru – jak dobrać wartość czasu pomiaru przy sprawdzaniu błędu licznika opisano w [6].

Interpretacja wyniku wg laboratoriów pomiarowych

Laboratoria pomiarowe już od 1993 roku funkcjonują wg 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 krajowa wersja [8] została wydana przez Główny Urząd Miar w 2001 roku. Wprawdzie dokument ten opracowano w celu ujednoczenia metod obliczania niepewności pomiarów wykonywanych w laboratoriach akredytowanych, jednak każde szanujące się laboratorium powinno stosować te zasady. Aktualnie można przyjąć, że wynik pomiaru, bez podania wartości niepewności pomiaru, jest wynikiem niewystarczająco wiarygodnym i może być kwestionowany w przypadku sporu.

Niepewność pomiaru, lub krótko niepewność, jest parametrem związanym z wynikiem pomiaru i charakteryzuje rozrzut wartości wyniku pomiaru, który można w sposób uzasadniony przypisać wartości mierzonej. To oznacza, że wynik pomiaru podany wg zasad opisanych w Przewodniku [8] nie może być kwestionowany, co oczywiście nie oznacza spełnienia lub niespełnienia wymagań przez sprawdzany licznik.

Przy pomiarach błędu licznika występuje kilka źródeł niepewności i dlatego powinna być wyznaczana kombinowana niepewność (combined standard uncertainty), nazywana jako niepewność standardowa całkowita czy złożona niepewność standardowa, wyrażona wzorem:

$$u_C(\bar{E}) = \sqrt{u_A^2 + \sum_{i=1}^N u_{Bi}^2} \quad (3)$$

gdzie: u_A jest niepewnością typu A związaną z niepowtarzalnością wyników pomiaru, u_{Bi} są niepewnościami typu B od kilku źródeł związanych z możliwościami technicznymi testera liczników w konkretnych warunkach wykonywania pomiaru.

W akredytowanych laboratoriach pomiarowych wykonuje się zazwyczaj $n=10$ powtarzanych pomiarów w jednym punkcie pomiarowym, chociaż np. włoska Accredia stosuje $n=3$. Niepewność typu A oblicza się ze wzoru:

$$u_A = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

gdzie: s jest estymatorem odchylenia standardowego wg wzoru (1). Z tego wzoru wynika, że składnik niepewności typu A można zmniejszać przez zwiększanie liczby powtórzeń pomiaru.

Trudniejszym zadaniem jest ustalenie wartości składowych niepewności typu B, czemu poświęcona jest większość treści Przewodnika [8]. W laboratoriach są opracowywane budżety niepewności uwzględniające możliwie dużo źródeł niepewności. Analiza budżetu niepewności, w wielu przypadkach, prowadzi do stwierdzenia, że w składowej niepewności typu B dominuje jedno źródło, a pozostałe, w zasadzie mają pomijalnie małe znaczenie. Specyfikacja techniczna nowoczesnych testerów liczników energii jest właśnie tak opracowana, że pozwala przyjąć dominację jednego źródła niepewności typu B. Dominującym źródłem niepewności jest tu błąd dopuszczalny testera wyspecyfikowany dla możliwie szerokiego zakresu warunków użytkowania i przeliczony do postaci jednoskładnikowego błędu multiplikatywnego – wyrażonego w procentach wartości mierzonej mocy/energii. Składnik niepewności typu B można zmniejszać przez uwzględnianie poprawki ze świadectwa wzorcowania testera.

Jako wynik pomiaru błędu licznika przyjmuje się wartość średnią arytmetyczną wyliczoną ze wzoru:

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (5)$$

gdzie: E_i jest błędem procentowym licznika i -tego pomiaru.

Dodatkowo podaje się wartość niepewności (3) z uwzględnieniem odpowiedniego mnożnika reprezentującego współczynnik rozszerzenia informujący o poziomie ufności prezentowanego wyniku pomiaru (9, 10).

Jak mierzyć błąd licznika na obiekcie?

Z analiz dokumentów zawartych w poprzednich rozdziałach wynika, że pracownik, wykonujący pomiar błędu licznika zasilanego z sieci, nie znajduje oparcia w literaturze na temat jak mierzyć błąd licznika i jak dokumentować wyniki pomiaru. W laboratoriach obowiązuje uznany system wyrażania wyniku wzorcowania (pomiaru błędu licznika) przez podanie wartości średniej i niepewności. W energetyce właściwie te pojęcia jeszcze nie funkcjonują, ponieważ obowiązują pojęcia błędu procentowego podstawowego czy roboczego, natomiast powtarzalność, która może być różnie interpretowana, jest wykorzystywana w próbach typu u producenta liczników i nie stanowi parametru związanego z wynikiem pomiaru. W tym sensie laboratoria i energetyka operują zupełnie różnymi światami pojęć. Co można zaproponować, aby doświadczenia metrologiczne laboratoriów wprowadzać do energetyki bez konieczności studiowania trudnych do zrozumienia treści Przewodnika [8]?

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 fotogłówicy, mierzy czas od momentu przyjścia pierwszego impulsu *Start* i po upływie zadanego czasu pomiaru t_p tester oczekuje na przyjście 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 około 1s. Jeżeli tester ma zaawansowaną funkcję automatycznego określania czasu pomiaru, 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 estymatora odchylenia standardowego s ze wzoru (2) lub odczytać wartość s z testera, jeżeli tester ma tak zaawansowaną funkcję.

Należy ocenić, czy powtarzalność pomiarów jest wystarczająca, to jest, czy estymator odchylenia standardowego s ma wystarczająco małą wartość? W tym celu można przyjąć następujący warunek wystarczającej powtarzalności wyników pomiaru błędu licznika na obiekcie:

$$u_A \leq u_B \quad (6)$$

gdzie: u_A jest niepewnością typu A wyliczaną ze wzoru (4) a u_B jest niepewnością typu B od dominującego źródła niepewności związanej z możliwościami technicznymi testera – błędem dopuszczalnego testera.

Wzór (6) można zapisać [8] w postaci następującej:

$$\frac{s}{\sqrt{n}} \leq \frac{\delta}{\sqrt{3}} \quad (7)$$

gdzie: n jest liczbą powtórzeń a δ jest błędem dopuszczalnym testera.

Zatem dla liczby powtórzeń $n=3$ otrzymujemy następującą postać warunku wystarczającej powtarzalności wyników pomiaru:

$$s \leq \delta \quad (8)$$

co oznacza, że powtarzalność wyników pomiaru jest wystarczająca, jeżeli estymata odchylenia standardowego jest nie większe niż błąd dopuszczalny testera w danym punkcie obciążenia.

Spełnienie warunku (8) oznacza, że uzyskano pożądany wynik metrologiczny w sensie zapewnienia wystarczającej powtarzalności wyników pomiaru i wystarczająco małej wartości niepewności pomiaru (3). W protokole pomiaru należy podać wartość średnią błędu licznika wyliczoną ze wzoru (5) i któryś z parametrów dokumentujących wiarygodność uzyskanego wyniku: s wg (2), lub $u_C(\bar{E})$ wg (3) lub u_A wg (4). Do porównania wyników pomiarów uzyskiwanych w różnych laboratoriach (wykorzystywania w celach komercyjnych i przy rozstrzyganiu sporów) wprowadzono pojęcie niepewności rozszerzonej U obliczanej wg następującego wzoru:

$$U(\bar{E}) = k \cdot u_C(\bar{E}) \quad (9)$$

gdzie k jest współczynnikiem rozszerzenia i dla $k=2$ z prawdopodobieństwem 95% błąd sprawdzanego licznika mieści się w przedziale

$$\bar{E} \pm U(\bar{E}) \quad (10)$$

Wzór (10) stanowi najbardziej uznaną aktualnie postać prezentowania wyników pomiaru.

Jeżeli warunek (8) nie został spełniony, co zdarza się często podczas sprawdzania błędu licznika zasilanego z sieci energetycznej, należy:

- zwiększyć czas pomiaru t_p tyle razy, ile razy potrzebne jest zmniejszenie wartości odchylenia s . Jeżeli zwiększenie czasu pomiaru nie skutkuje wystarczającym zmniejszeniem wartości odchylenia s , należy:
 - włączyć obciążalnik rezystancyjny lub wymuszalnik prądowy (rys.1) 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 błędu licznika zasilanego z sieci są obarczone dużą niepowtarzalnością, co utrudnia interpretację wyników badań i ich dokumentowanie.

Normy na stacje wzorcownicze i liczniki energii posługują się parametrami takimi jak błąd podstawowy, błędy dodatkowe i powtarzalność oraz ustalają warunki ich pomiaru. Warunki opisane w tych normach nie są możliwe do spełnienia podczas badania licznika zasilanego z sieci energetycznej obiektu.

Przewodnik EA-4/02 ponad dwadzieścia lat temu ustalił zasady wyrażania niepewności pomiaru przy wzorcowaniu, które przyjęte zostały przez 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 błędu licznika zasilanego z sieci.

Literatura

- [1] Urządzenia do sprawdzania liczników energii elektrycznej, PN-IEC 736, 1998
- [2] Testing equipment for electrical energy meters, IEC Publication 736, 1982
- [3] Olencki A.: Testowanie cęgowych liczników kontrolnych. *Pomiary, Automatyka, Kontrola*, 2010, Vol.56, nr 11, s.1262-1264
- [4] Olencki 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] Olencki 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