

Mirosław KAŻMIERSKI

Okręgowy Urząd Miar w Łodzi

90-132 Łódź, ul. Narutowicza 75

oum.lodz.w3@gum.gov.pl

## WZORCOWANIE URZĄDZEŃ DO SPRAWDZANIA LICZNIKÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ PRĄDU PRZEMIENNEGO

### 1. Wstęp

Konieczność okresowej kontroli metrologicznej urządzeń stosowanych do sprawdzania użytkowych liczników energii elektrycznej prądu przemiennego (USL) wynika z zasady stosowania nieprzerwanego łańcucha przenoszenia spójności pomiarowej z wzorców najwyższego rzędu do użytkowych urządzeń pomiarowych, którymi są liczniki energii elektrycznej czynnej i biernej. Urządzenia stosowane aż do lat 90-tych XX wieku wykorzystywały metodę pomiaru mocy i czasu. Sprawdzanie tych urządzeń polegało na weryfikacji dokładności poszczególnych elementów znajdujących się w torze pomiarowym i mających wpływ na całkowity błąd urządzenia. Przyrządy pomiarowe, którymi były amperomierze, woltomierze, watomierze, wielozakresowe przekładniki prądowe oraz stopery lub sekundomierze, były wymontowywane z urządzeń i przekazywane do specjalistycznych laboratoriów wyposażonych w odpowiednie stanowiska pomiarowe. We współcześnie stosowanych urządzeniach do sprawdzania liczników ze względu na dużą złożoność połączeń i sterowania oraz wykorzystania systemów komputerowych nie ma praktycznie możliwości sprawdzenia poszczególnych elementów znajdujących się w torze pomiarowym.



Rys. 1. Schemat poglądowy stanowiska pomiarowego

Do wykonywanego wzorcowania tych urządzeń przez Okręgowy Urząd Miar w Łodzi, wykorzystuje się metodę licznika kontrolnego. Do tego celu stosujemy posiadany 3-fazowy komparator energii typ K2006 klasy 0,01 lub 3-fazowy licznik kontrolny typ RD33 klasy 0,01. Celem pracy jest przedstawienie zagadnień związanych z wzorcowaniem urządzeń stosowanych do sprawdzania użytkowych liczników energii elektrycznej prądu przemiennego.

## 2. Pomiary wielkości wpływających na dokładność USL

Wymagania jakie powinny spełniać urządzenia określa Rozporządzenie [1] oraz norma [2]. Jednak w dokumentach, nie ma określonych szczegółowych metod pomiaru. W laboratorium na podstawie posiadanej wiedzy i doświadczenia opracowano wewnętrzne procedury pomiarowe. W trakcie wzorcowania dokonywane są pomiary m.in. wartości prądów, napięć, przesunięcia fazowego i częstotliwości.

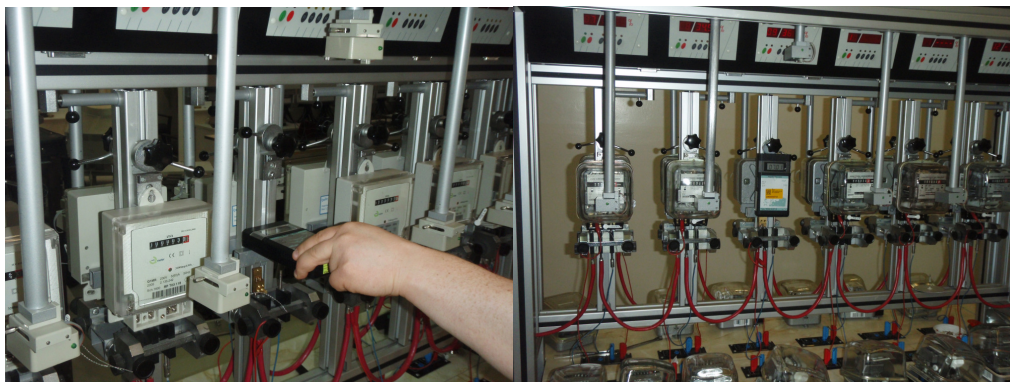
Tabela 1. Dopuszczalne wartości odchylenia symetrii napięć i prądów dla liczników trójfazowych

Symetria napięć i prądów	Liczniki trójfazowe					
	Liczniki statyczne klas dokładności			Liczniki indukcyjne klas dokładności		
	0,5	1	2	0,5	1	2
Wartości poszczególnych napięć fazowych lub przewodowych nie powinny różnić się od wartości średniej odpowiednich napięć o więcej niż	±1,0 %	±1,0 %	±1,0 %	±0,5 %	±1,0 %	±1,5 %
Wartości prądów w poszczególnych przewodach nie powinny różnić się od średniej wartości tych prądów o więcej niż	±1,0 %	±1,0 %	±1,0 %	±0,5 %	±1,0 %	±1,5 %
Przesunięcie fazowe poszczególnych prądów względem odpowiednich napięć fazowych, niezależnie od współczynnika mocy, nie powinny różnić się między sobą o więcej niż	2°	2°	2°	2°	2°	2°

W czasie pomiarów wielkości wpływających na dokładność USL dokonuje się między innymi pomiarów zawartości harmonicznych w napięciu i prądzie. Wzorce stosowane w laboratorium posiadają funkcję analizy harmonicznej. Pozwala ona na pomiar odkształceń nieliniowych w przebiegach do 70 harmonicznej. Dopuszczalna zawartość odkształceń wynosi odpowiednio: 2% - dla liczników klasy 0,5; 3% - dla liczników klasy 1 oraz 5% - dla liczników indukcyjnych bezpośrednich klasy 2. Prak-

tycznie w większości nowoczesnych sprawdzanych przez nas urządzeń zawartość tych zniekształceń nie przekracza 1%.

Wartości odchylenia poszczególnych napięć fazowych lub przewodowych oraz częstotliwości od wartości nominalnych, w głównym stopniu uzależnione są od sprawności zastosowanych układów zasilających. Duże znaczenie ma zastosowane oprogramowanie komputerowe realizujące sterowanie zasilaczami prądowymi i napięciowymi.



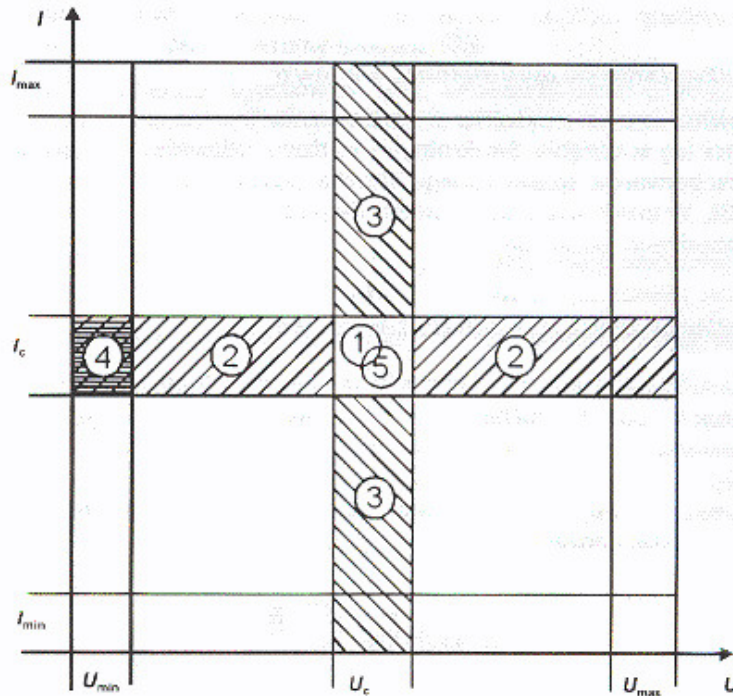
Rys. 2. Sposoby umieszczania miernika pola magnetycznego

Rozporządzenie [1] oraz norma [2] określają również konieczność pomiaru pola magnetycznego. Najwłaściwsze wydaje się wykonywanie tych pomiarów w miejscu usytuowania liczników w czasie ich sprawdzania. Pola magnetyczne mogą pochodzić z różnych źródeł. Jednak z doświadczeń wynika, że dominujące znaczenie ma pole pochodzące od przewodów łączących urządzenie ze sprawdzanym licznikiem oraz pole wytwarzane przez cewki napięciowe i prądowe sprawdzanych liczników indukcyjnych. Z tego też powodu istotne znaczenie mają odstępy między sprawdzanymi licznikami. Wartość pola magnetycznego, która znacząco nie wpływa na błędy badanych liczników nie powinna przekraczać 0,05 mT.

### 3. Ocena niedokładności wskazań urządzenia

Wybór punktów pomiarowych we wzorcowanych urządzeniach spośród wszystkich możliwych kombinacji wartości prądu, napięcia i przesunięcia fazowego dokonywany jest z uwzględnieniem praktycznego ich znaczenia przy sprawdzaniu liczników. Również brane są pod uwagę punkty w których najwyraźniej ujawniają się

ustalone źródła błędów. Na rysunku 3 przedstawiono graficzny sposób wyboru punktów pomiarowych.



Rys. 3. Graficzny sposób wyboru punktów pomiarowych

Dodatkowym problemem jest to, że aktualne wymagania energetyki dotyczące konstrukcji liczników energii elektrycznej wymusiły stosowanie zwierania obwodów napięciowych i prądowych we wnętrzu liczników. Aby możliwe było jednoczesne sprawdzanie większej liczby liczników konieczne było zastosowanie separujących obwody napięciowe i prądowe elektronicznych przekładników prądowych lub napięciowych. Przekładniki są dodatkowym źródłem błędu. Dlatego też konieczne stało się sprawdzanie urządzeń na poszczególnych stanowiskach.

Dopuszczalne błędy graniczne urządzenia, w procentach podano w tabeli 2. Należy pamiętać, że przy określaniu, do jakich liczników może być urządzenie stosowane (stwierdzeniu zgodności), konieczne jest uwzględnienie wytycznych zawartych w przewodniku [5]. Jeżeli wynik pomiaru zwiększony o niepewność rozszerzoną przy poziomie ufności 95% nie przekracza granicy podanej w tabeli 2, wtedy można wydać stwierdzenie zgodności.

Tabela 2. Dopuszczalne błędy graniczne urządzenia

Klasa liczników	0,5			1			2		
Współczynnik	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	0,5

mocy		ind.	poj.		ind.	poj.		ind.	poj.
$E_{\max}$	$\pm 0,10$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,20$	$\pm 0,30$	$\pm 0,40$	$\pm 0,30$	$\pm 0,45$	$\pm 0,60$

Poprawka związana z rozrzutem wyznaczonego błędu urządzenia może być znaczącym elementem niepewności złożonej. Czas pomiaru jest uzależniony od wybranej stałej  $c$  licznika kontrolnego. Przy zbyt krótkim czasie pomiaru występuje duży rozrzut wyników. Dlatego bardzo ważne jest odpowiednie dopasowanie stałej impulsowej wzorca oraz czasu pomiaru urządzenia, o ile jest to możliwe tak, aby poprawka związana z rozrzutem wyznaczonego błędu urządzenia, była mniejsza od poprawki związanej z rozdzielczością wskazań USL. Spełnienie tego warunku pozwoli na uzyskanie najmniejszej możliwej niepewności pomiaru.

Kwadrat standardowej niepewności złożonej –  $u_c^2(e_x)$ :

$$u_c^2(e_x) = c_1^2 u^2(e_r) + c_2^2 u^2(e_w) + c_3^2 u^2(e_t) + c_4^2 u^2(e_d) \quad (1)$$

gdzie:  $|c_1| = |c_2| = |c_3| = |c_4| = 1$  – współczynniki wrażliwości,  $e_r$  – poprawka związana z rozdzielczością wskazań USL,  $e_w$  – poprawka związana z błędem granicznym licznika wzorcowego,  $e_t$  – poprawka na wpływ temperatury otoczenia na błąd licznika wzorcowego,  $e_d$  – poprawka związana z rozrzutem wyznaczonego błędu urządzenia.

Najczęściej w praktyce największy wpływ na wartość niepewności wyniku pomiaru, ma klasa dokładności licznika kontrolnego stosowanego do wzorcowania, gdyż pozostałe składniki takie jak wynikające ze zmiany temperatury otoczenia, rozdzielczości czy rozrzutu pomiarów mogą być niewielkie.

#### 4. Podsumowanie

W przypadku urządzeń wykorzystywanych do sprawdzania jednego typu licznika, wybór punktów pomiarowych jest oczywisty. Taka sytuacja ma najczęściej miejsce u producentów liczników energii elektrycznej. Jednakże w przypadku laboratoriów zakładów energetycznych, które eksploatują różne rodzaje liczników sprawa jest bardziej skomplikowana. Liczba pomiarów, które mają być wykonane w każdym punkcie kontrolnym, (im mniejsza liczba pomiarów tym większy współczynnik rozszerzenia) zależy od oczekiwanego poziomu niepewności pomiaru, aby było możliwe wydanie stwierdzenia zgodności z normą [2]. Każde wzorcowanie urządzenia ma na celu stwierdzenie jego przydatności, do legalizacji określonej klasy dokładności liczników energii elektrycznej prądu przemiennego. Jednak wobec faktu, że badania należy wykonać przy różnych wartościach prądu, napięcia, współczynnika mocy, przy obciążeniu maksymalnym i minimalnym oraz dla liczników jednofazowych i trójfazowych, różnych sposobów pomiaru energii (układy trójfazowe, trójprzewodowe i czteroprzewodowe, energia bierna i czynna), zastosowania na poszczególnych stanowiskach

elektronicznych przekładników napięciowych lub prądowych, oczywiste jest, że sposób dobierania punktów kontrolnych, w których wykonywane jest wzorcowanie, powinien uwzględniać nie tylko aspekty metrologiczne, ale również ekonomiczne. Należy liczyć się z kosztami wyłączenia urządzenia z eksploatacji na czas wzorcowania. Dlatego też całkowity czas wzorcowania nie powinien przekraczać kilku dni i przynieść efekty metrologiczne w postaci wydania stwierdzenia zgodności.

### Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego oraz szczegółowego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 11, poz 63).
- [2] Norma PN-IEC 736:1998 Urządzenia do sprawdzania liczników energii elektrycznej.
- [3] EA-4/02, Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu. Główny Urząd Miar, Warszawa 2001.
- [4] Wyrażenie Niepewności pomiaru. Przewodnik. Główny Urząd Miar, Warszawa 1999.
- [5] ILAC-G8:03/2009 Wytyczne dotyczące przedstawiania zgodności ze specyfikacją. Tłumaczenie: Polskie Centrum Akredytacji 6.07.2009 r.