

Ryszard NOWICZ, Michał KACZMAREK
POLITECHNIKA ŁÓDZKA, INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI
ul. Stefanowskiego 18/22, 90-924 Łódź

Wymagania normalizacyjne dla przekładników małej mocy dotyczące dokładności transformacji wyższych harmonicznych oraz sygnałów sinusoidalnych wyższych częstotliwości

Prof. dr hab. inż. Ryszard NOWICZ

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Łódzkiej, który ukończył w specjalności automatyka. W dorobku naukowym posiada m.in. 3 monografie, 1 skrypt i 1 podręcznik. Od 1966 roku bierze czynny udział w pracach Komisji Normalizacyjnej PKN ds. przekładników, a w roku 2003 został przewodniczącym Komitetu Technicznego Nr 81 ds. Przekładników i Transformatorów Małej Mocy. Laureat wielu wystaw międzynarodowych i krajowych.

e-mail: ryszard.nowicz@p.lodz.pl



Dr inż. Michał KACZMAREK

Od 2009 r. pracuje w Zakładzie Przekładników i Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Elektroenergetyki PŁ. W pracy naukowej zajmuje się zagadnieniami związanymi z problematyką transformacji napięć i prądów odkształconych oraz sygnałów wyższych częstotliwości przez przekładniki prądowe i napięciowe. Z zakresu problematyki EMC działalność naukowa dotyczy transformacji zaburzeń przewodzonych oraz wpływu zakłóceń na dokładność przekładników.

e-mail: michal.kaczmarek@p.lodz.pl



Streszczenie

W pracy omówiono wymagania normy IEC 61869-6 w zakresie dokładności transformacji wyższych harmonicznych i sygnałów sinusoidalnych wyższych częstotliwości przez elektroniczne przekładniki prądowe i napięciowe (w tej normie nazywanych przekładnikami małej mocy). Przedstawiono, wraz z uwagami autorów, zawarte w tej normie ogólne propozycje układowe do badania dokładności przekładników w tych warunkach oraz porównano wytyczne z normami PN-EN 60044-7/8.

Słowa kluczowe: wymagania normalizacyjne, przekładnik elektroniczny, błąd transformacji, wyższe harmoniczne, sygnały sinusoidalne wyższych częstotliwości.

Standardization requirements for low-power transformers concerning the transformation accuracy of higher harmonics and sinusoidal signals of higher frequency

Abstract

Previous normative requirements for electronic current and voltage transformers determined only a few guidelines on standard requirements for the accuracy of the transformation of higher harmonics (IEC 60044-7/8). The limiting values of current/voltage errors and phase displacement of the transformation of the above 50 Hz (60 Hz) frequency signals were not given. The new IEC 61869-6 standard specifies additional general requirements for low power instrument transformers for the accuracy of the transformation of higher harmonics and higher frequency sinusoidal signals. In the paper the construction of a single-phase electronic instrument transformer is presented and functions of its basic components are discussed. The requirements of IEC 61869-6 standard with regard to the accuracy of the transformation of higher harmonics and higher frequency sinusoidal signals are given in detail with presented in normative reference proposals for measuring systems together with author's critical remarks. The IEC 61869-6 standard, although imprecise especially in the case of the described research methodology and measuring systems, is an important and appropriate step towards systematizing the requirements for the accuracy of the transformation of higher harmonics and higher frequency sinusoidal signals by low power instrument transformers. The guidance in this standard may also be used to evaluate the broadband metrological characteristics of inductive current and voltage transformers.

Keywords: standard requirements, electronic instrument transformer, error of transformation, higher harmonics, higher frequency sinusoidal signals.

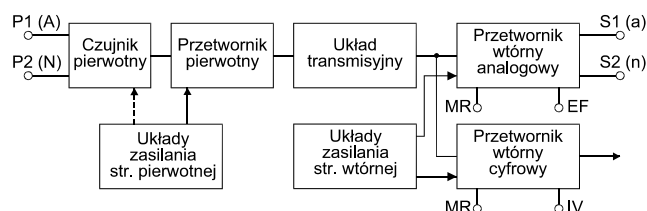
1. Wstęp

Wymagania normalizacyjne dotyczące przekładników i przetworników pomiarowych ulegają obecnie systematycznej aktualizacji. Seria norm międzynarodowych IEC 60044 jest zastępowana przez normy IEC 61869. W 2007 roku z norm IEC 60044 wydzielona została część dotycząca generalnych wymagań dla wszystkich

przekładników i umieszczona w normie IEC 61869-1 [1]. Norma ta została przyjęta jako norma polska dwa lata później. Następnie w 2011 roku zostały zaktualizowane dwie normy dotyczące dodatkowych wymagań dla przekładników pojemnościowych, zawarte w normie IEC 61869-5 [2], zastępujące normę IEC 60044-5 [3] oraz dla indukcyjnych przekładników napięciowych, zawarte w normie IEC 61869-3 [4], zastępujące normę IEC 60044-2 [5]. Normy polskie z oznaczeniem PN-EN zostały przyjęte w tym samym roku. W roku 2012 wprowadzona została norma zawierająca dodatkowe wymagania dotyczące indukcyjnych przekładników prądowych IEC 61869-2 [6], zastępując normy IEC 60044-1 [7] oraz IEC 60044-6 [8]. Norma IEC 60044-3 [9], dotycząca przekładników kombinowanych jest nadal aktualna i w 2014 roku zostanie zastąpiona przez normę IEC 61869-4 [10]. Normy IEC 60044-7 [11] i IEC 60044-8 [12], dotyczące przekładników elektronicznych odpowiednio napięciowych i prądowych są aktualne do 2016 roku włącznie, następnie zostaną zastąpione przez normy IEC 61869-7 [13] i IEC 61869-8 [14]. Omawiana w artykule norma IEC 61869-6 [15], określająca generalne wymagania stawiane przekładnikom małej mocy, obejmuje wszystkie niekonwencjonalne przekładniki i przetworniki pomiarowe. Celem pracy jest określenie wymagań dotyczących wartości granicznych błędów przekładni i kątowych przekładników małej mocy w warunkach transformacji wyższych harmonicznych lub sygnałów sinusoidalnych wyższych częstotliwości oraz przedstawienie wytycznych do ich określania.

2. Jednofazowe przekładniki elektroniczne

Ogólny schemat blokowy jednofazowego przekładnika elektronicznego przedstawiono na rysunku 1 [11, 12, 16].



Rys. 1. Schemat blokowy elektronicznego przekładnika prądowego (napięciowego)
Fig. 1. Block diagram of the electronic current (voltage) transformer

Zaciski oznaczone symbolami P1, P2 oraz S1, S2 dotyczą odpowiednio strony pierwotnej i wtórnej układu przekładnika prądowego, natomiast oznaczenia A, N oraz a, n są stosowane dla przekładnika napięciowego uziemionego. Schemat blokowy przekładnika trójfazowego jest analogiczny, z tą jednak różnicą, że

zawiera trzy czujniki pierwotne (napięcia lub prądu). Czujnikami pierwotnymi w przekładnikach niekonwencjonalnych napięciowych mogą być: elektrooptyczne czujniki Pockelsa lub Kerra, dzielniki pojemnościowe lub/i rezystancyjne natomiast w przekładnikach prądowych: magneto-optyczne czujniki Faradaya i cewki Rogowskiego [16]. W elektronicznym przekładniku prądowym jako czujnik pierwotny może być również zastosowany transreaktor z rdzeniem ferrytowym lub rdzeniem z magnetodielektryku. Dalszymi istotnymi elementami schematu blokowego przekładnika elektronicznego są przetworniki pierwotne i wtórne, które w ogólnym przypadku zawierają:

- nadajniki lub odbiorniki sygnałów optycznych lub elektrycznych,
- przetworniki analogowo-cyfrowe lub/i cyfrowo-analogowe,
- modulatory lub demodulatory.

Zarówno przetworniki pierwotne jak i wtórne mogą mieć wyjścia analogowe lub cyfrowe. Na rysunku 1 tylko dla przetwornika wtórnego, pokazano dwa możliwe wyjścia: analogowe lub cyfrowe. W tych przetwornikach poza wyjściem sygnałów wtórnych użytkowych przewiduje się również wyjścia MR (Maintenance Request), informujące o niezbędnym serwisie oraz wyjście EF (Equipment Failure) sygnalizujące uszkodzenie urządzenia i wyjście cyfrowe „nieważne” (Invalid). Wymaganą przez normy dokładność przekładnika elektronicznego można uzyskać, jeżeli zastosowane w nim są przetworniki (A/C i C/A) przynajmniej 16-bitowe. Celem zapewnienia możliwości współpracy przekładników z tradycyjnymi układami zabezpieczeń i pomiarów, przetworniki wtórne powinny mieć, co do rodzaju i poziomu, sygnały wyjściowe odpowiednie do zastosowanych układów [16]. Członem łączącym przetworniki pierwotny z wtórnym jest układ transmisyjny. W najprostszym rozwiązaniu, gdy odległość między przetwornikami jest niewielka i istnieje możliwość ich bezpośredniego galwanicznego połączenia (wspólne uziemienie), połączeniem tym może być linia przewodowa np. ekranowana skrętka. Dla połączenia dalekiego (niezależne uziemienie) układem transmisyjnym jest łącze światłowodowe. Taka linia transmisyjna pełni wówczas równocześnie rolę izolacji głównej między stroną pierwotną i wtórną przekładnika.

Ważnym problemem, sprawiającym kłopoty zarówno techniczne, jak i organizacyjno-prawne pojawiającym się w przekładnikach niekonwencjonalnych jest zasilanie pomocnicze. Nawet krótkotrwały brak tego zasilania może spowodować niesprawność zarówno układów zabezpieczeń jak i rozliczeń energii. Czujniki pierwotne w zasadzie nie wymagają zasilania pomocniczego, bowiem ich „zasilanie” wynika z płynącego w sieci prądu pierwotnego lub występującego napięcia pierwotnego (prądu pojemnościowego dzielnika napięcia). Konieczność zasilania pomocniczego czujników pierwotnych ma miejsce wówczas, gdy ich układy zawierają zespoły elektroniki. Zasilanie pomocnicze jest natomiast niezbędne dla przetworników pierwotnych i wtórnych oraz interfejsów. W urządzeniach do przetwarzania danych najczęściej są wykorzystane detektory awarii zasilania, których celem jest zabezpieczenie i zachowanie danych w pamięci wewnętrznej tak, aby po przywróceniu napięcia zasilającego system pracował normalnie. Jednak niektóre detektory awarii nie reagują dostatecznie szybko na obniżenie napięcia zasilania pomocniczego i wówczas istnieje niebezpieczeństwo zniekształcenia danych lub nawet ich utracenia. Dla strony pierwotnej zasilanie pomocnicze jest realizowane albo z wykorzystaniem napięcia sieci poprzez pojemnościowy dzielnik napięcia lub energią świetlną przesyłaną światłowodem od dołu i zamienianą w głowicy zespołu na energię elektryczną [16].

3. Wymagania normy IEC 61869-6 w zakresie dokładności transformacji wyższych harmonicznych i sygnałów sinusoidalnych wyższych częstotliwości

Wysoka dokładność transformacji każdego przekładnika czy przetwornika wymaga zapewnienia minimalnego poziomu szumów i zaburzeń własnych wprowadzanych przez urządzenie.

Dlatego w normie IEC 61869-6 przedstawiono zalecenia, co do procedury badań mających na celu ustalenie poziomu szumu i zaburzeń własnych wprowadzanych przez niekonwencjonalny przekładnik do obwodu wtórnego. Szczegółowe wymagania co do metodyki badań i układu pomiarowego powinny być uzgodnione między sprzedającym a kupującym. Pierwszy etap badań dotyczy wyznaczenia poziomu szumów i zaburzeń po stronie wtórnej przekładnika po włączeniu jego zasilania jednak bez sygnału pierwotnego. Drugi etap badań dotyczy pomiaru szumu i zaburzeń własnych w warunkach transformacji sygnałów sinusoidalnych.

W przypadku badań w zakresie dokładności transformacji wyższych harmonicznych norma określa, że testy powinny być wykonane przy znamionowej wartości sygnału wejściowego o częstotliwości znamionowej 50 Hz (60 Hz) przy dodatkowym udziale wszystkich wyższych harmonicznych z badanego, według normy, zakresu określonego w tabeli 1. Taki pierwotny sygnał wejściowy powinien zapewnić realistyczne odwzorowanie zjawisk, które mogą w tym przypadku wystąpić. Z uwagi na fakt, że podczas badań wymagane są często znaczne wartości napięć/prądów, układ zasilający wytwarzający taki sygnał testowy może być trudny do wykonania. Przyjmuje się zatem, że testy w zakresie dokładności transformacji wyższych harmonicznych mogą być wykonywane tylko przy zadanym procentowym udziale pojedynczej harmonicznej po stronie pierwotnej badanego przekładnika lub przetwornika, po kolei dla każdej z harmonicznych określonych w tabeli 1. W tabeli tej przedstawiono określone w normie IEC 61869-6, dla danych klas dokładności wyznaczonych przy częstotliwości znamionowej 50 Hz (60 Hz), wartości graniczne błędów przekładni i kątowych dla transformacji wyższych harmonicznych oraz sygnałów stałych/niskiej częstotliwości.

Tab. 1. Wartości graniczne błędów przekładni i kątowych dla transformacji wyższych harmonicznych oraz sygnałów stałych/niskiej częstotliwości (IEC 61869-6)

Tab. 1. The limiting values of the ratio error and phase displacement for the transformation of higher harmonics and DC/low frequency signals (IEC 61869-6)

Kl. dok.	Błąd przekł. przy n.cz. [%]		Błąd przekł. przy harmonicznych [%]					Błąd kąt. n.cz. [°]	Błąd kątowy przy harmonicznych [°]				
	0 Hz	1 Hz	2.-4.	5.-6.	7.-9.	10.-13.	>13.		1 Hz	2.-4.	5.-6.	7.-9.	10.-13.
0,1	+1	+1	±1	±2	±4	±8	+8	45	±1	±2	±4	±8	
	-100	-30					-100						
0,2;	+2	+2	±2	±4	±8	±16	+16	45	±2	±4	±8	±16	
0,2S	-100	-30					-100						
0,5;	+5	+5	±5	±10	±20	±20	+20	45	±5	±10	±20	±20	
0,5S	-100	-30					-100						
1	+10	+10	±10	±20	±20	±20	+20	45	±10	±20	±20	±20	
	-100	-30					-100						

Zgodnie z tabelą 1 badania należy przeprowadzić także przy sygnale stałym (2. kolumna). Duże, ujemne (-100%) wartości graniczne błędów przekładni w tym przypadku wynikają z tego, że pomiary mają na celu określenie czy badany przekładnik/przetwornik może posłużyć do sprawdzenia polaryzacji napięcia w linii elektroenergetycznej. Jest to szczególnie istotne dla przekładników napięciowych elektronicznych z dzielnikiem pojemnościowym w przypadku gromadzenia się ładunku po wyłączeniu linii energetycznej. Norma określa również, że w przypadku przekładników indukcyjnych pomiar należy wykonać przy częstotliwości 1 Hz i wartości sygnału pierwotnego proporcjonalnie zmniejszonej ze względu na możliwość nasycenia rdzenia magnetycznego. Również w tym przypadku dopuszczalne są stosunkowo wysokie wartości błędów przekładni (-30%) oraz błędów kątowych (45°). W przypadku transformacji harmonicznych o częstotliwościach wyższych niż 650 Hz (>13. tab.1) istotne jest głównie, aby błąd przekładni przekładnika/przetwornika nie przekraczał odpowiednio dla danej klasy dokładności wartości 8%÷20% szczególnie w celu stwierdzenia możliwości wystąpienia rezonansu. Dopuszczalne jest natomiast całkowite wytłumienie harmonicznych rzędów wyższych niż 13. (błąd przekładni: -100%).

W tabeli 2 przedstawiono, określone w normie IEC 61869-6, dla danych klas dokładności wyznaczonych przy częstotliwości znamionowej 50 Hz (60 Hz), wartości graniczne błędów przekładni i kątowych dla transformacji sygnałów sinusoidalnych

wyższych częstotliwości przez przekładniki/przetworniki przeznaczone do współpracy z układami do pośrednich pomiarów parametrów określających jakość energii elektrycznej.

Tab. 2. Wartości graniczne błędów przekładni i kątowych dla transformacji sygnałów sinusoidalnych wyższych częstotliwości przez przekładniki/przetworniki przeznaczone do współpracy z układami do pośrednich pomiarów parametrów określających jakość energii elektrycznej (IEC 61869-6)

Tab. 2. The limiting values of the ratio error and phase displacement for the transformation of higher frequency sinusoidal signals by the instrument transformers/converters to be used in systems for indirect measurement of the parameters defining the power quality (IEC 61869-6)

Kl. dok.	B. przekł. [%] przy cz. [kHz]			B. kątowy [°] przy cz. [kHz]		
	0,1≤f<1	1≤f<1,5	1,5≤f<3	0,1≤f<1	1≤f<1,5	1,5≤f<3
0,1	±1	±2	±5	±1	±2	±5
0,2; 0,2S	±2	±4	±5	±2	±4	±5
0,5; 0,5S	±5	±10	±10	±5	±10	±20
1	±10	±20	±20	±10	±20	±20

Zgodnie z tabelą 2 wartości graniczne błędów przyporządkowano, w poszczególnych klasach dokładności, dla trzech zakresów częstotliwości transformowanego sygnału: od 100 Hz do 1 kHz, od 1 kHz do 1,5 kHz oraz od 1,5 kHz do 3 kHz. Urządzenia przeznaczone do współpracy z układami do pomiarów parametrów jakościowych energii elektrycznej mają spełniać łącznie wymagania metrologiczne przedstawione w tabelach 1 i 2.

W tabeli 3 przedstawiono wartości graniczne błędów przekładni i kątowych dla transformacji sygnałów sinusoidalnych wyższych częstotliwości przez przekładniki/przetworniki przeznaczone do współpracy z układami wyższych częstotliwości.

Tab. 3. Wartości graniczne błędów przekładni i kątowych dla transformacji sygnałów sinusoidalnych wyższych częstotliwości przez przekładniki/przetworniki przeznaczone do współpracy z układami wyższych częstotliwości (IEC 61869-6)

Tab. 3. The limiting values of the ratio error and phase displacement for the transformation of higher frequency sinusoidal signals by instrument transformers/converters to be used in higher frequency systems (IEC 61869-6)

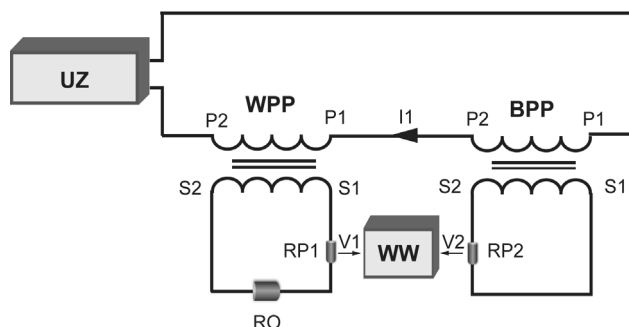
Kl. dok.	B. przekł. [%] przy cz. [kHz]			B. kątowy [°] przy cz. [kHz]		
	0,1≤f<5	5≤f<10	10≤f<20	0,1≤f<5	5≤f<10	10≤f<20
0,1	±1	±2	±5	±1	±2	±5
0,2; 0,2S	±2	±4	±5	±2	±4	±5
0,5; 0,5S	±5	±10	±10	±5	±10	±20
1	±10	±20	±20	±10	±20	±20

Wymagania dla zakresu częstotliwości transformowanych przez badany przekładnik/przetwornik sygnałów od 100 Hz do 5 kHz są identyczne, jak w tabeli 2 dla sygnałów o częstotliwościach od 100 Hz do 1 kHz. Podobnie dla pozostałych zakresów wartości graniczne błędów nie zmieniły się natomiast zwiększone są zakresy częstotliwości, w których wymagania te obowiązują.

4. Proponowane układy pomiarowe

W opracowywanej normie IEC 61869-6 przedstawiono po trzy propozycje układów pomiarowych do badania dokładności transformacji wyższych harmonicznych oraz sygnałów sinusoidalnych wyższych częstotliwości przez przekładniki/przetworniki prądowe i napięciowe. Pierwsza metoda oparta jest o zastosowanie woltomierza ze wzmacniaczem selektywnym (ang. Lock-in amplifier). W drugim przedstawionym sposobie wykorzystany został analogowy komparator prądów i dlatego do badania przekładników napięciowych konieczne jest zastosowanie dodatkowego przetwornika napięcie-prąd. Trzecia metoda-cyfrowa wymaga zastosowania przetworników analogowo-cyfrowych, natomiast do sprawdzenia dokładności i wyznaczenia błędów wykorzystywany jest odpowiedni program komputerowy. Proponowane układy charakteryzują się wieloma wadami, szczególnie w zakresie technicznych możliwości ich realizacji.

Na rysunku 2 przedstawiono układ pomiarowy przeznaczony do badania dokładności przekładników/przetworników prądowych zgodnie z normą IEC 61869-6.



Rys. 2. Układ pomiarowy przeznaczony do badania dokładności przekładników/przetworników prądowych zgodnie z IEC 61869-6

Fig. 2. The measuring system designed to test the accuracy of current transformers/converters in accordance with IEC 61869-6

Na rysunku 2 zastosowano następujące oznaczenia:

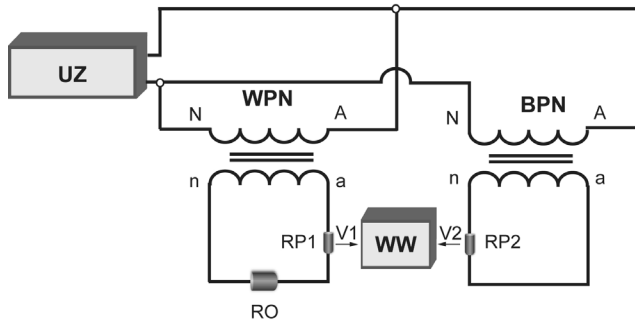
- WPP - wzorcowy przekładnik prądowy, BPP - badany przekładnik prądowy,
- WW - woltomierz ze wzmacniaczem selektywnym,
- UZ - układ zasilający stanowisko pomiarowe,
- RO - rezystor obciążający, RP 1/2 - rezystory pomiarowe (dopasowujące napięcie),
- P1 P2 - zaciski pierwotne przekładnika prądowego,
- S1 S2 - zaciski wtórne przekładnika prądowego, V1, V2 - porównywane napięcia.

Poprawne działanie układu pomiarowego z rysunku 2 wymaga (w celu minimalizacji błęd pomiaru błęd prądowego) zastosowania praktycznie identycznych rezystorów pomiarowych RP1/2, nie wprowadzających ponadto dodatkowych przesunięć fazowych prąd-napięcie, powodujących powstawanie błęd pomiaru błęd kąтового. Woltomierz ze wzmacniaczem selektywnym pozwala na pomiar wartości różnicy wybranych składowych napięcia o zadanej częstotliwości, a także umożliwi wyznaczenie różnicy faz tych składowych. Urządzenie to w przypadku badań dokładności transformacji sygnałów sinusoidalnych wyższych częstotliwości zapewnia więc pomiar błędów przekładni i kąтового tylko dla badanej częstotliwości, bez wpływu zaburzeń przewodzonych wynikających z odkształcenia sygnału pierwotnego i/lub wtórne-go. W przypadku badań dokładności transformacji wyższych harmonicznych urządzenie to pozwala wykonać pomiar dla danej harmonicznej występującej w odkształconym sygnale. Układ pomiarowy przedstawiony na rysunku 2 musi być wyposażony w zespół wieloprądowy, który umożliwi uzyskiwanie odpowiednich (dużych) wartości prądów podczas badań. W związku z tym że, sygnał pierwotny zadany z generatora może ulec wówczas odkształceniu, układ pomiarowy musi być uzupełniony o urządzenie pozwalające na kontrolę wartości skutecznych i faz poszczególnych harmonicznych prądu pierwotnego. Tylko w takim przypadku będzie możliwe odpowiednie ukształtowanie sygnału zadane-go tak, aby po wzmocnieniu miał on wymaganą wartość i kształt.

Na rysunku 3 pokazano układ pomiarowy przeznaczony do badania dokładności przekładników/przetworników napięciowych zgodnie z normą IEC 61869-6.

Na rysunku 3 zastosowano następujące oznaczenia:

- WPN - wzorcowy przekładnik napięciowy (może być także dzielnik wzorcowy),
- BPP - badany przekładnik napięciowy. Pozostałe oznaczenia jak na rysunku 2.



Rys. 3. Układ pomiarowy przeznaczony do badania dokładności przekładników/przetworników napięciowych zgodnie z IEC61869-6

Fig. 3. The measuring system designed to test the accuracy of voltage transformers/converters in accordance with IEC 61869-6

W tym przypadku, mimo, że w celu wyznaczenia błędów napięciowego i kąтового porównywane są składowe napięcia, także konieczne jest zastosowanie rezystorów pomiarowych ze względu na konieczność obniżenia wartości skutecznej porównywanych napięć (np. do mniejszej niż 1V) w zależności od wymagań zastosowanego woltomierza ze wzmacniaczem selektywnym. Główną wadą przedstawionych w normie rozwiązań (rysunki 2 i 3) jest problem z zapewnieniem jednakowych przesunięć fazowych między napięciem i prądem rezystorów RP1/2 umieszczonych w obwodach wtórnych przekładników wzorcowego i badanego oraz brak możliwości bezpośredniego wyznaczenia wartości dodatkowych błędów pomiaru błędu kąтового. Błędy te można minimalizować stosując bezindukcyjne rezystory. Rezystancje R0 oraz RP1 stanowią obciążenie przekładnika wzorcowego (WPP lub WPN) i muszą być tak dobrane, aby te przekładniki nie zostały obciążone mocą przekraczającą ich wartości znamionowe. Ponadto, jeżeli rezystory te nie będą bezindukcyjne, to ze wzrostem częstotliwości transformowanego przez badany przekładnik/przetwornik sygnału pierwotnego, zwiększa się reaktancja obciążenia powodując wzrost (wartości ujemnych) błędów przekładni i kątowych. W rozwiązaniach praktycznych bardzo często istnieje konieczność podwyższenia wartości napięcia pierwotnego poprzez odpowiedni układ np. dodatkowy przekładnik napięciowy. W takim przypadku, celem zapewnienia odpowiedniej wartości i kształtu sygnału do badań wymagane jest zastosowanie urządzenia pozwalającego na pomiar wartości skutecznych i faz poszczególnych harmonicznych sygnału pierwotnego. Ze względu na wysokie wartości tych napięć pomiar nie może być wykonany bezpośrednio tylko poprzez np. szerokopasmowe dzielniki napięciowe, które wtedy mogą zastąpić przekładnik wzorcowy. W Zakładzie Przekładników i Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Elektroenergetyki PŁ opracowany został układ pomiarowy, który umożliwia, z zadowalającą dokładnością, wyznaczenie właściwości metrologicznych przekładników prądowych i napięciowych klas 0,2 i 0,5 dla sygnałów sinusoidalnych o częstotliwościach z zakresu od 50 Hz do 20 kHz oraz przebiegów odkształconych [17-20].

5. Uwagi i wnioski

Opracowywana norma IEC 61869-6, choć nieprecyzyjna szczególnie w przypadku opisanej metodyki badań i przedstawionych układów pomiarowych, stanowi istotny i właściwy krok w kierunku usystematyzowania wymagań dotyczących dokładności transformacji wyższych harmonicznych i sygnałów sinusoidalnych wyższych częstotliwości przez przekładniki małej mocy.

Wytyczne zawarte w tej normie mogą być także wykorzystywane do oceny właściwości metrologicznych szerokopasmowych, konwencjonalnych (indukcyjnych) przekładników prądowych i napięciowych. Jednak wtedy, ze względu na nieliniowy przebieg charakterystyki magnesowania rdzenia, powinno się wykonać pomiary nie tylko przy znamionowej wartości prądu/napięcia badanego przekładnika, lecz także dla 5%, 20% i 120% wartości

skutecznej pierwotnego sygnału znamionowego [21-22]. Przy czym, w przypadku badań dotyczących dokładności transformacji wyższych harmonicznych, wartość skuteczna całego sygnału odkształconego, wraz z wyższymi harmonicznymi, powinna wynosić 5%, 20%, 100% i 120% wartości skutecznej pierwotnego sygnału znamionowego. Stosowanie zasady, przedstawionej w normie IEC 61869-6, wykonywania testów przy znamionowej wartości skutecznej sygnału wejściowego o częstotliwości znamionowej 50 Hz (60 Hz), przy dodatkowym udziale wyższych harmonicznych, szczególnie przy 120% wartości skutecznej sygnału znamionowego, może spowodować nasycenie rdzenia indukcyjnego przekładnika i gwałtowny wzrost błędów.

Określone w normie IEC 61869-6 wymagania są szczególnie istotne dla przekładników i przetworników przeznaczonych do współpracy z układami do pomiarów parametrów jakościowych energii elektrycznej, gdzie w tych warunkach transformowane są często sygnały odkształcone, zawierające wyższe harmoniczne oraz dla urządzeń przeznaczonych do pracy w systemach zasilania o częstotliwościach wyższych niż 50 (60 Hz).

6. Literatura

- [1] IEC 61869-1:2007, Instrument transformers - Part 1: General requirements, IEC / PN-EN 61869-1:2009, Przekładniki -- Część 1: Wymagania ogólne, PKN.
- [2] IEC 61869-5:2011, Instrument transformers - Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers, IEC / PN-EN 61869-5:2011, Przekładniki -- Część 5: Wymagania szczegółowe dotyczące przekładników napięciowych pojemnościowych, PKN.
- [3] IEC 60044-5:2004, Instrument transformers - Part 5: Capacitor voltage transformers, IEC / PN-EN 60044-5: 2007, Przekładniki napięciowe pojemnościowe, PKN (wycofana norma).
- [4] IEC 61869-3:2011, Instrument transformers - Part 3: Additional requirements for inductive voltage transformers, IEC / PN-EN 61869-3:2011, Przekładniki -- Część 3: Wymagania szczegółowe dotyczące przekładników napięciowych indukcyjnych, PKN.
- [5] IEC 60044-2:2002, Instrument transformers - Part 2: Voltage transformers, IEC / PN-EN 60044-2: 2003, Część 2: Przekładniki napięciowe, PKN (wycofana norma).
- [6] IEC 61869-2:2012, Instrument transformers - Part 2: Additional requirements for current transformers, IEC / PN-EN 61869-2: 2013, Przekładniki -- Część 2: Wymagania szczegółowe dotyczące przekładników prądowych, PKN.
- [7] IEC 60044-1:2003, Instrument transformers - Part 1: Current transformers, IEC / PN-EN 60044-1: 2004, Przekładniki - Część 1: Przekładniki prądowe, PKN (wycofana norma).
- [8] IEC 60044-6:1992, Instrument transformers - Part 6: Requirements for protective current transformers for transient performance, IEC / PN-EN 60044-6:2000, Przekładniki -- Część 6: Wymagania dotyczące przekładników prądowych do zabezpieczeń w stanach przejściowych, PKN (wycofana norma).
- [9] IEC 60044-3:2002, Instrument transformers - Part 3: Combined transformers, IEC / PN-EN 60044-3:2006, Przekładniki - Część 3: Przekładniki kombinowane, PKN.
- [10] IEC 61869-4, Instrument transformers - Part 4: Additional requirements for combined transformers (Końcowy projekt 09.2013 r.).
- [11] IEC 60044-7:1999, Instrument transformers - Part 7: Electronic voltage transformers, IEC / PN-EN 60044-7:2003, Przekładniki - Część 7: Przekładniki napięciowe elektroniczne, PKN.
- [12] IEC 60044-8:2002, Instrument transformers - Part 8: Electronic current transformers, IEC / PN-EN 60044-8:2006, Przekładniki - Część 8: Przekładniki prądowe elektroniczne, PKN.
- [13] IEC 61869-7, Instruments transformers - Part 7: Additional requirements for electronic current transformers (opracowywana norma od 01.2012 r.).
- [14] IEC 61869-8, Instruments transformers - Part 8: Additional requirements for electronic voltage transformers (opracowywana norma od 01.2012 r.).

- [15] IEC 61869-6, Instruments transformers – Part 6: Additional general requirements for low power instrument transformers (projekt w fazie uzgodnień, 03.2013 r.).
- [16] Nowicz R.: Przekładniki napięciowe klasyczne, specjalne i niekonwencjonalne, PŁ, 2003.
- [17] Kaczmarek M.: Badanie charakterystyk transformacji indukcyjnego przekładnika prądowego z rdzeniem toroidalnym Ni80Fe20 dla sinusoidalnych prądów o częstotliwościach 50 Hz - 20kHz, Przegląd Elektrotechniczny, vol. 87, s. 1-4, 11(2011).
- [18] Nowicz R., Kaczmarek M.: Sposób wyznaczania błędów napięciowego i kątownego indukcyjnych przekładników napięciowych dla przebiegów odkształconych, patent na wynalazek udzielony przez Urząd Patentowy RP w dniu 15.10.2013 r.
- [19] Kaczmarek M., Nowicz R.: "Sposób wyznaczania błędów prądowego i kątownego indukcyjnych przekładników prądowych dla prądów sinusoidalnych o częstotliwościach 50 Hz (60 Hz) i wyższych, bez przekładnika wzorcowego" - zgłoszenie wynalazku nr P-393923 wniesione do Urzędu Patentowego RP w dniu 14.02.2011.
- [20] Kaczmarek M., Nowicz R.: "Sposób oceny dokładności transformacji indukcyjnych przekładników prądowych dla prądów odkształconych" - zgłoszenie wynalazku nr P-399602 wniesione do Urzędu Patentowego RP w dniu 21.06.2012 r.
- [21] Kaczmarek M., Nowicz R.: Propozycje normalizacyjne w zakresie badań dokładności przekładników przeznaczonych do transformacji przebiegów sinusoidalnych o podwyższonych częstotliwościach, Przegląd Elektrotechniczny, vol. 87, s.17-19, 11(2011).
- [22] Kaczmarek M., Nowicz R.: Propozycje zaleceń normalizacyjnych do badań dokładności przekładników prądowych dla przebiegów odkształconych, Przegląd Elektrotechniczny, vol. 89, s. 72-74, 2a(2013).

otrzymano / received: 07.10.2013

przyjęto do druku / accepted: 03.02.2014

artykuł recenzowany / revised paper

INFORMACJE

Newsletter PAK

Wydawnictwo PAK wysyła drogą e-mailową do osób zainteresowanych Newsletter PAK, w którym są zamieszczone:

- spis treści aktualnego numeru miesięcznika PAK,
- kalendarz imprez branżowych,
- ważniejsze informacje o działalności Wydawnictwa PAK.

Newsletter jest wysyłany co miesiąc do osób, które w jakikolwiek sposób współpracują z Wydawnictwem PAK (autorzy prac opublikowanych w miesięczniku PAK, recenzenci, członkowie Rady Programowej, osoby które zgłosiły chęć otrzymywania Newslettera).

Celem inicjatywy jest umocnienie w środowisku pozycji miesięcznika PAK jako ważnego i aktualnego źródła informacji naukowo-technicznej.

Do newslettera można zapisać się za pośrednictwem:

- strony internetowej: www.pak.info.pl, po dodaniu swojego adresu mailowego do subskrypcji,
- adresu mailowego: wydawnictwo@pak.info.pl, wysyłając swoje zgłoszenie.

Otrzymywanie Newslettera nie powoduje żadnych zobowiązań ze strony adresatów. W każdej chwili można zrezygnować z otrzymywania Newslettera.

Tadeusz SKUBIS
Redaktor naczelny Wydawnictwa PAK

Wersja elektroniczna miesięcznika PAK

Artykuły opublikowane w PAK po roku 1989 są dostępne w wersji elektronicznej m.in. w bazie artykułów PAK (www.pak.info.pl), w folderze „Archiwum numerów miesięcznika PAK”:

- pełne teksty artykułów z poprzednich lat i streszczenia artykułów najnowszych można pobrać bezpłatnie,
- pełne teksty artykułów z bieżącego roku można otrzymać za opłatą (5 PLN +1,15 PLN VAT).