

Porównanie metod sprawdzania układów półpośrednich

Andrzej Olencki, Krzysztof Urbański, Jan Szmytkiewicz

Streszczenie: W artykule opisano specyfikę sprawdzania układów półpośrednich dla potrzeb oceny dokładności systemów pomiarowych stosowanych w rozliczeniach energii elektrycznej. Opisano i porównano dwie metody: dwufunkcyjną i proponowaną jednofunkcyjną sprawdzania układów półpośrednich. Przedstawiono teoretyczne podstawy stosowania obu metod oraz schematy aplikacyjne dla ich realizacji z zastosowaniem opracowanych testerów.

Słowa kluczowe: sprawdzanie liczników energii, sprawdzanie przekładników prądu

1. UKŁADY PÓŁPOŚREDNIE I ICH TESTOWANIE

W sieciach niskich napięć (nn) do pomiaru energii elektrycznej są stosowane dwa rodzaje układów pomiarowych:

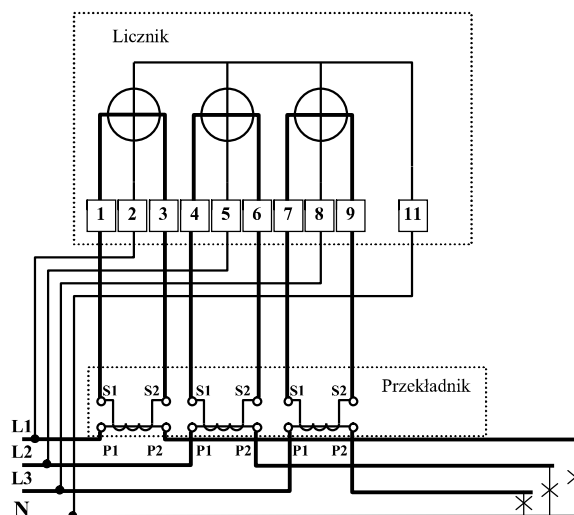
- układ bezpośredni, jeżeli napięcia i prądy w sieci są nie większe od znamionowych wartości napięć i prądów licznika – liczniki takie są często nazywane licznikami bezpośrednimi,
- układ półpośredni, jeżeli w sieci nn płyną prądy większe od wartości dopuszczalnych dla licznika i w związku z tym są stosowane przekładniki prądowe – liczniki takie są nazywane licznikami półpośrednimi.

Rozliczenia między dostawcą energii elektrycznej i jej odbiorcą są wykonywane na podstawie wskazań użytkowych liczników energii bezpośrednich i półpośrednich, w związku z tym liczniki te są sprawdzane na dokładność wskazań. Ponieważ źródłem dużych błędów w pomiarach energii elektrycznej są błędne podłączenia liczników z przekładnikami [1], czynnik ten powinien być uwzględniony w ocenie dokładności systemów pomiarowych stosowanych w rozliczeniach energii elektrycznej.

Sprawdzanie układów bezpośrednich sprowadza się do sprawdzenia dokładności licznika bezpośredniego z zastosowaniem testera liczników, który ma dodatkowe funkcje wyświetlania wskazania wektorowego dla potrzeb weryfikacji poprawności włączenia licznika do sieci. Seria publikacji o sprawdzaniu układów bezpośrednich [2, 3, 4] prezentuje możliwości krajowych testerów liczników jednofazowych (Caltest 10 [5]) i trójfazowych (Calport 100 [6] i Caltest 300 [7]).

Na rys.1 przedstawiono układ połączeń licznika o trzech mechanizmach pomiarowych do pomiaru

półpośredniego energii w sieci czteroprzewodowej. Sprawdzenie takiego układu wymaga sprawdzenia dokładności licznika i przekładnika prądu oraz weryfikacji poprawności połączeń licznika z przekładnikiem. Sprawdzanie układów półpośrednich jest zadaniem trudniejszym z powodu konieczności sprawdzenia dokładności przekładnika prądu z zastosowaniem testera przekładników.



Rys. 1. Układ półpośredni pomiaru energii

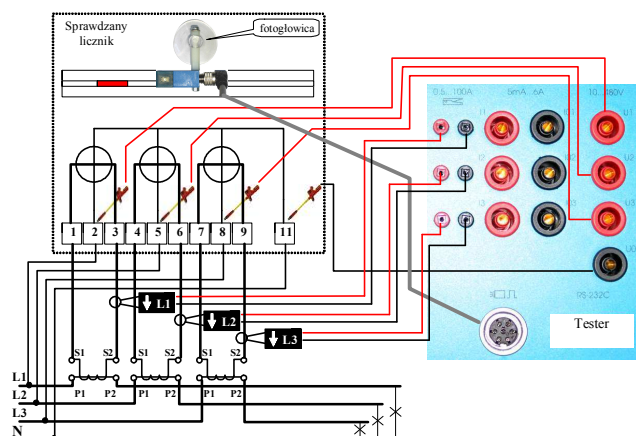
Tradycyjne testery liczników energii nie posiadają funkcji trójfazowego testera przekładników prądu. Dopiero najnowsze wielofunkcyjne testery liczników mają dodatkową funkcję testowania przekładni przekładników prądu i ich obciążalności – przykładami pierwszych krajowych wielofunkcyjnych testerów są Caltest 300 [7] i Calport 100 Plus [8]. W artykule przedstawiono dwie koncepcje sprawdzania układów półpośrednich (rys.1): jedną z zastosowaniem testerów wielofunkcyjnych (metoda dwufunkcyjna) i drugą z zastosowaniem tylko tradycyjnych testerów liczników energii (metoda jednofunkcyjna).

$$C_{UPP} = \frac{E_L}{K_p} = \frac{4000}{\frac{100}{5}} = 200 [imp / kWh] \quad (9)$$

Po wprowadzeniu obliczonej wartości stałej C_{UPP} i zadaniu liczby impulsów N lub czasu pomiaru T , testery automatycznie pokazują wartość błędu δE_{UPP} układu półpośredniego, odświeżaną co N obrotów tarczy lub z okresem w przybliżeniu równym T .

4. POMIAR BŁĘDU δ_L LICZNIKA

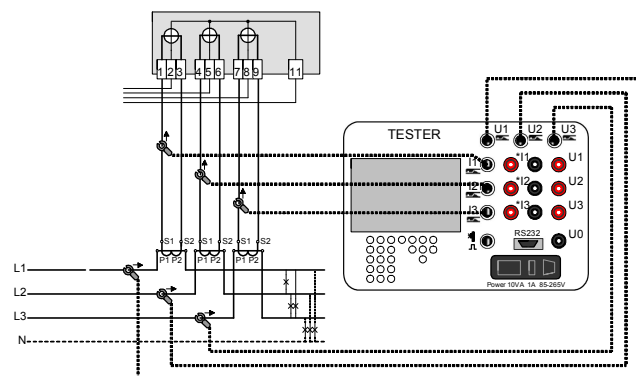
Pomiar błędu licznika może być realizowany w układzie przedstawionym na rys.3, w którym cęgi prądowe testera przepięto na obwody wtórne przekładnika prądu. Do testera należy wprowadzić stałą impulsową licznika, w przykładzie $C_L=4000$ imp/kWh, po czym tester automatycznie pokazuje wartość błędu δ_L licznika, odświeżaną co N obrotów tarczy lub z okresem w przybliżeniu równym T .



Rys. 3. Układ do pomiaru błędu licznika

5. POMIAR BŁĘDU δ_p PRZEKŁADNIKA

Pomiar błędu przekładnika może być realizowany w układzie przedstawionym na rys.4, w którym trzy cęgi prądowe testera są zapięte na szyny L1, L2 i L3 obwodu pierwotnego i kolejne trzy cęgi prądowe testera są zapięte na obwody wtórne przekładnika prądu. Tester ma sześć wejść prądowych a jego oprogramowanie umożliwia automatyczne obliczanie błędów przekładni przekładnika: błędów prądowych w procentach i błędów kątowych w stopniach.



Rys. 4. Układ do pomiaru błędu przekładnika

Jeżeli w poprzednich układach pomiarowych (rys.2 i 3) może być stosowany tradycyjny tester liczników, to w układzie przedstawionym na rys.4 może być zastosowany tylko wielofunkcyjny tester liczników z dodatkową funkcją testowania przekładni przekładników.

6. ANALIZA PORÓWNAWCZA

Początkowe cztery kroki obu metod, jednofunkcyjnej i dwufunkcyjnej, są jednakowe (tabl.1) i dla ich realizacji wystarcza korzystanie z tradycyjnego testera liczników. Sprawdzenie układu półpośredniego odbywa się już w drugim kroku przy sprawdzaniu warunku (4) – jeżeli warunek ten jest spełniony, to układ półpośredni, traktowany jako całość, ma wystarczającą dokładność dla danego punktu obciążenia, jaki jest uzyskiwany z obiektu podczas wykonywania pomiaru. Jeżeli jednak warunek (4) nie jest spełniony w zadawalającym stopniu, to w trzecim i czwartym kroku rozstrzyga się, jaka część błędu układu półpośredniego jest wnoszona przez licznik. Jeżeli warunek (5) nie jest spełniony, to należy wymienić licznik.

Tabela 1.

Zestawienie metod sprawdzania układów półpośrednich

Krok	Metoda		Wymagany tester
	dwufunkcyjna	jednofunkcyjna	
1	Pomiar δE_{UPP}	Pomiar δE_{UPP}	liczników
2	Warunek (4)	Warunek (4)	-
3	Pomiar δ_L	Pomiar δ_L	liczników
4	Warunek (5)	Warunek (5)	-
5	Pomiar δ_p	-	przekładnikó w
6	Warunek (6)	Warunek (8)	-
7	Warunek (7)	-	-

Najbardziej złożony jest przypadek, gdy warunek (4) nie jest spełniony przy spełnieniu warunku (5). Oznacza to, albo zbyt duży błąd przekładnika, albo błędne połączenie przekładnika z licznikiem – rozstrzygnięcie tego następuje w krokach nr 5, 6 i 7 przy stosowaniu metody dwufunkcyjnej. Spełnienie warunku (6) potwierdza wystarczającą dokładność przekładnika a spełnienie warunku (7) potwierdza bezbłędne podłączenie licznika z przekładnikiem – ale uzyskanie tej wiedzy wymaga stosowania testera przekładników.

W przypadku braku dostępu do testera przekładników jest możliwe zastosowanie metody jednofunkcyjnej, która w kroku nr 6 wymaga sprawdzenia warunku (8), nazwanego jako pośredni warunek dopuszczalnego błędu przekładnika. Na podstawie tego warunku można tylko pośrednio oceniać stopień spełnienia wymagań dokładnościowych przez przekładnik, przy czym ocena ta jest obciążona sumą błędów układu

półpośredniego i licznika, zatem jest ona przydatna do zgrubnej oceny dokładności przekładnika i w większości przypadków powinna być wystarczająca.

Jeżeli między licznikiem i przekładnikiem jest błędne połączenie skutkujące błędnym pomiarem energii, to nie są spełnione warunki (7) w metodzie dwufunkcyjnej i (8) w metodzie jednofunkcyjnej. W takim przypadku zachodzi potrzeba identyfikacji błędnego połączenia z zastosowaniem funkcji wyświetlania wskazów wektorowych testera i następnie wykonania poprawnego połączenia licznika z przekładnikiem.

7. PODSUMOWANIE

Sprawdzanie układów półpośrednich jest trudniejsze niż układów bezpośrednich z uwagi na to, że oprócz licznika energii zawierają przekładnik prądu i połączenia między licznikiem i przekładnikiem a błędne połączenia lub uszkodzony przekładnik wpływają na błąd półpośredniego pomiaru energii.

Zastosowanie metody dwufunkcyjnej umożliwia sprawdzanie dokładności układów półpośrednich i pełną diagnozę przyczyn ewentualnego przekroczenia dopuszczalnych błędów. Możliwości takie dają wielofunkcyjne testery liczników energii z dodatkową funkcją testowania przekładników. W kraju dopiero w ubiegłym roku uruchomiono produkcję takich testerów (Calport 100 Plus klas 0,1 i 0,2 czy Caltest 300 klas 0,05 i 0,1) i z tego powodu stosowanie perspektywicznej metody dwufunkcyjnej ma aktualnie ograniczony zasięg.

Ponieważ w kraju jest użytkowanych dużo tradycyjnych testerów liczników energii, zaproponowano metodę jednofunkcyjną sprawdzania układów półpośrednich. Istota tej metody polega na tym, że o ewentualnym błędzie wnoszonym przez przekładnik prądu sędzi się na podstawie różnicy błędu układu półpośredniego i błędu licznika – do pomiaru tych błędów są dedykowane tradycyjne testery liczników jak Calport 100. Metoda jednofunkcyjna jest szczególnie skuteczna przy identyfikacji dużych błędów o wartościach przekraczających sumę dopuszczalnego błędu układu półpośredniego i licznika.

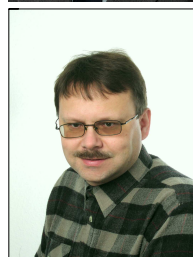
- [6] Olencki A., Urbański K., *Analizator Calport 100 – nowy trend w diagnostyce i eksploatacji sieci energetycznych*, II Konferencja Naukowo-Techniczna "Diagnostyka w sieciach elektroenergetycznych zakładów przemysłowych", Płock, ss.3-10, 2001.
- [7] *Trójfazowy analizator sieci i tester liczników energii Caltest 300*, www.calmet.com.pl/PDF/Caltest300_katalog.pdf.
- [8] *Three Phase Power Network Analyser and Energy Meter tester type Calport 100 Plus, user's manual*, Calmet, Zielona Góra, 2009.



dr hab. inż. Andrzej Olencki

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Elektrotechniki, Informatyki
i Telekomunikacji
Instytut Informatyki i Elektroniki

ul. Licealna 9
65-417 Zielona Góra
tel.: 601595583
e-mail: A.Olencki@iie.uz.zgora.pl



dr inż. Krzysztof Urbański

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Elektrotechniki, Informatyki
i Telekomunikacji
Instytut Informatyki i Elektroniki

ul. Licealna 9
65-417 Zielona Góra
tel.: 601595581
e-mail: K.Urbanski@iie.uz.zgora.pl



dr inż. Jan Szmytkiewicz

Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Elektrotechniki, Informatyki
i Telekomunikacji
Instytut Informatyki i Elektroniki

ul. Licealna 9
65-417 Zielona Góra
tel.: 601595582
e-mail: J.Szmytkiewicz@iie.uz.zgora.pl

LITERATURA

- [1] Kuśmierek Z., *Pomiary mocy i energii w układach elektroenergetycznych*. Warszawa: WNT. 1994.
- [2] Olencki A., Urbański K., Szmytkiewicz J., *Testowanie jednofazowych liczników u użytkownika*, Elektroinfo, nr 7-8, ss.88-89, 2008.
- [3] Olencki A., Urbański K., Szmytkiewicz J., *Testowanie liczników energii*, Elektroinfo, nr 9, ss.120-121, 2006.
- [4] Olencki A., Urbański K., Szmytkiewicz J., *Testowanie liczników energii z funkcją monitorowania jakości energii elektrycznej*, Elektroinfo, nr 11, ss.37, 2008.
- [5] *Tester liczników energii i miernik parametrów sieci energetycznej Caltest 10*, www.calmet.com.pl/PDF/Caltest10_katalog.pdf