

doi:10.15199/48.2024.12.47

Badania odporności liczników energii elektrycznej na zaburzenia elektromagnetyczne

Streszczenie. W artykule przedstawiono, wynikający z wymagań przepisów, program badań odporności licznika energii elektrycznej. Zaprezentowano czynniki wpływające na poprawność testów odporności. Opisano i zaprezentowano wyniki badań odporności liczników, na zaburzenia niewymagane przez normy: szerokopasmowe zaburzenia przewodzone oraz pola radiowe w bliskiej odległości. Autorzy przypuszczają, że w najbliższych latach testy te zostaną wprowadzone do dyrektywy EMC lub MID.

Abstract. This paper presents a regulatory-driven immunity testing program for an electricity meter. The factors influencing the correctness of the tests are presented. It then describes and presents the results of tests on the immunity of meters against disturbances not required by the standards: broadband conducted disturbances and radio fields in close proximity. The authors assume that in the coming years, the following will be introduced into the EMC or MID directive. (*Immunity testing of electricity meters against electromagnetic disturbances*).

Słowa kluczowe: Kompatybilność elektromagnetyczna, licznik energii elektrycznej, badania odporności.

Keywords: Electromagnetic compatibility, electricity meter, immunity tests.

Wstęp

Licznik energii elektrycznej ze względu na wykorzystanie w rozliczeniach pomiędzy dostawcą i odbiorcą energii podlega prawnej kontroli metrologicznej opisanej w Prawie o Miarach [1] oraz szczególnym wymaganiom dotyczącym dokładności pomiarów w różnych warunkach, które mogą wystąpić w czasie pracy urządzenia. Ujednolicone przepisy stawiane przyrządom pomiarowym, do których zalicza się liczniki energii, znajdują się w Dyrektywie Parlamentu i Rady nr 2014/32/UE zwanej dyrektywą przyrządów pomiarowych MID [2] (MID - Measuring Instruments Directive). Wymagania funkcjonalne, wymagania w zakresie bezpieczeństwa, standardy komunikacyjne liczników, sposób funkcjonowania liczników zdalnego odczytu oraz inne, określają Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie systemu pomiarowego [3] i Rozporządzenie Ministra Rozwoju w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych [4].

Współczesny licznik energii elektrycznej to urządzenie elektroniczne podlegające Dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/30/UE zwanej dyrektywą EMC [5].

Wykazy norm zharmonizowanych z dyrektywami znajdują się w dzienniku urzędowym unii europejskiej [6] jak również w Obwieszczeniu Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego w sprawie wykazu norm zharmonizowanych [7].

Wymaganie ogólne i szczegółowe (np. dopuszczalne wartości błędów) oraz sposób testowania statycznych liczników energii elektrycznej znajduje się w normach [8-12].

Sprawdzanie spełnienia wymagań przez liczniki energii elektrycznej

Producenci i projektanci liczników na wszystkich etapach od projektu do wdrażania do produkcji, wykonują testy w celu potwierdzenia wymagań stawianych licznikom energii elektrycznej. Testy obejmują wymagania:

- metrologiczne,
- kompatybilności elektromagnetycznej (emisja, odporność),
- klimatyczne (temperatura, wilgotność, próba cyklicznego gorąca, itp.),
- elektryczne (izolacja, przeciążenie prądowe, wpływ zasilania, kolejności wirowania faz, wpływ zmiany częstotliwości, itp.),
- inne.

Testy kompatybilności elektromagnetycznej są szczególnie ważne, gdyż spełnienie norm kompatybilności

elektromagnetycznej przyczynia się do prawidłowej pracy urządzenia (licznika) w miejscu instalacji. Licznik powinien być odporny na zaburzenia występujące w środowisku do którego jest wprowadzany. Licznik nie powinien emitować zaburzeń przekraczających wartości dopuszczalne dla danego środowiska, ponieważ mogłyby zakłócać pracę innych urządzeń, zainstalowanych w jego otoczeniu lub systemów pierwszej ważności (np. radiofonia, telewizja, itp.).

Normy przedmiotowe dotyczące liczników energii [8-12] zawierają poziomy dopuszczalne dla emisji, poziomy probiercze dla odporności oraz powołania na normy podstawowe metod badawczych, w których znajdują się opisy stanowisk pomiarowych i procedury badań [13-22].

Standaryzacyjne komitety techniczne, opracowują normy na podstawie, wiedzy eksperckiej, badań naukowych, znajomości zagadnienia, prawdopodobieństwa pojawiania się zaburzenia w środowisku, podają wymagane badania oraz poziomy probiercze dla odporności i poziomy dopuszczalne dla emisji.

Testy poziomu emisji zaburzeń elektromagnetycznych

Badania kompatybilności elektromagnetycznej liczników energii obejmują pomiar poziomu emisji przewodzonej:

- harmoniczne prądu (port zasilania),
- wahania napięcia i migotania światła (port zasilania),
- napięcia i prądu wyższej częstotliwości (porty zasilania i sygnałowe),

oraz emisji promieniowanej wprowadzanej do otoczenia poprzez obudowę, porty zasilania i sygnałowe, mierzone jako natężenie pola elektromagnetycznego i moc zaburzeń promieniowanych. Szerzej te badania opisano w normach [8-12] oraz w [23].

Testy odporności na zaburzenia elektromagnetyczne dla liczników energii elektrycznej

Zgodnie z zasadą działania urządzenia pomiarowego jakim jest licznik energii elektrycznej jego wskazanie powinno zależeć tylko od rzeczywistej pobranej lub oddanej energii elektrycznej. Inne (zewnętrzne) czynniki nie powinny oddziaływać na wynik pomiaru. Istnieją przesłanki autorów, że inne znane rodzaje oddziaływań elektromagnetycznych, których nie zamieszczono w dokumentach normatywnych, dedykowanych dla liczników energii elektrycznej: EN 62052-11:2021 [10] i EN 50470-3:2022 [9], mogą mieć również istotny wpływ na poprawność działania badanych urządzeń. Komitet techniczny opracowujący normy wyrobu założył nieistotny lub marginalny wpływ niektórych ze zjawisk

występujących w danym środowisku poziomów oddziaływania w odniesieniu do typowej konstrukcji produktu, tj. licznika energii elektrycznej.

W normie [10] testy odporności zostały podzielone na dwie grupy w zależności od czasu trwania zaburzenia:

a) ciągle lub długotrwałe, dla których spełnione jest kryterium odporności A,

b) krótkotrwałe, dla których spełnione jest kryterium odporności B.

Zgodnie z zawartymi wytycznymi normy [10] kryterium odporności A, oznacza, że w czasie testu chwilowa utrata funkcjonalności jest akceptowana pod następującymi warunkami:

- błąd dodatkowy pomiaru energii nie jest większy od dopuszczalnego,

- na wyświetlaczu odczyt jest możliwy,

- przełączniki (obciążenia) nie zmieniają stanu.

Natomiast kryterium odporności B jest spełnione, gdy:

- wartości rejestrów energii nie zmieniają stanu o więcej niż wartość krytyczną x określona wzorem (1):

$$(1) \quad x = m \cdot U_n \cdot I_{max} \cdot 10^{-6} kWh,$$

gdzie: U_n – napięcie znamionowe, m – liczba faz, I_{max} – prąd maksymalny,

- na wyświetlaczu odczyt jest możliwy po zakończeniu testu (w warunkach rzeczywistych, po ustąpieniu zaburzenia),

- przełączniki (obciążenia) nie zmieniają stanu (np. ze stanu otwartego na zamknięty).

Producenci liczników energii elektrycznej chcąc się zabezpieczyć przed niejednoznacznościami, bardzo często w programach badań odporności wprowadzają ostrzejsze wymagania czyli zmiana wartości rejestrów nie jest dopuszczalna.

W tabeli 1 przedstawiono testy odporności na zaburzenia elektromagnetyczne, gdzie badania nieobligatoryjne, które nie są wymienione w normach [9-12], oznaczono symbolem „*”. Podano parametry testu według normy [9] dla liczników klasy B, pracujących w układzie bezpośrednim pomiaru prądu i napięcia. Kryterium odporności B jest wymagane w trybie pracy, w którym nie ma przepływu prądu przez obwód prądowy licznika. W czasie badań w trybie, w którym przez licznik płynie prąd (zazwyczaj jest to wartość nominalna prądu licznika), wymagane jest kryterium oceny odporności A.

Tabela 1. Testy odporności na zaburzenia elektromagnetyczne liczników energii elektrycznej

Lp.	Zaburzenie	Metoda badań	Badany port	Parametry testu	Kryterium odporności
1	wyładowania elektrostatyczne (ESD)	EN 61000-4-2	obudowa	<ul style="list-style-type: none"> ±8 kV wyładowanie kontaktowe ±15 kV wyładowanie powietrze 	B
2	promieniowane pole elektromagnetyczne o częstotliwości radiowej	EN 61000-4-3	obudowa	80 MHz – 2 GHz, krok 1%, 30 V/m, czas 2 s Modulacja: AM 1 kHz, głębokość 80%	A
3	serie szybkich elektrycznych stanów przejściowych (EFT/Burst)	EN 61000-4-4	port zasilania	Asynch. ±4 kV, 5 kHz lub 100 kHz	A
4	udary napięciowe (Surge)	EN 61000-4-5	port zasilania	Synchr. (dla kątów 0,90,180,270 stopni) ±0,5 kV, ±1 kV, ±2 kV; po 5 impulsów na kąt.	B
5	przewodzone, indukowane przez pola o częstotliwości radiowej	EN 61000-4-6	port zasilania	Częstotliwość 150 kHz – 80 MHz, krok: 1% Poziom narażenia: 10 V, czas: 2 s modulacja: 80% AM 1 kHz	A
6	pole magnetyczne o częstotliwości sieci elektroenergetycznej	EN 61000-4-8	obudowa	0,5 mT (400 A/m), 50 Hz, 1 min	A
7	zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia	EN 61000-4-11	port zasilania	ΔU 100% - 1 s, kąt 0 i 180 stopni ΔU 50% - 1 min	B
8	przewodzone symetryczne i sygnalizacja w zakresie częstotliwości 2 kHz - 150 kHz – zaburzenie obwodu prądowego *zaburzenie obwodu napięciowego	EN 61000-4-19	port zasilania	częstotliwość: 2 – 150 kHz krok: 1%, czas: 3s, poziom testu 3, Bez modulacji i z modulacją prostokątną: 3 Hz, 101 Hz, 301 Hz, 601 Hz	A
9	tłumione przebiegi sinusoidalne	EN 61000-4-12	port zasilania	Uwaga – test dla liczników przekładnikowych	B
10	tłumiony przebieg oscylacyjny	EN 61000-4-18	port zasilania	Uwaga – test dla liczników przekładnikowych	A
11	*szerokopasmowe zaburzenia przewodzone	EN 61000-4-31	port zasilania	Do rozważenia – ustalając poziomy probiercze należy uwzględnić poziomy występujące typowo w danym środowisku	A
12	*pola radiowe w bliskiej odległości	EN 61000-4-39	obudowa, port zasilania	Do rozważenia – ustalając poziomy probiercze należy uwzględnić możliwość zbliżenia się tego typu źródeł zaburzeń do licznika	A

Badania odporności wyszczególnione w Tabeli 1 wykonywane są metodami standaryzowanymi, do których odnośnik zawarto w kolumnie „Metoda badań”. Normy serii EN 61000-4-X są normami podstawowymi i dotyczą stanowisk, ich weryfikacji oraz procedur testowych. Znajdują się tam także poziomy testowe oraz wskazówki dotyczące ewaluacji wyników badań. Normy podstawowe metody badawczej mają zastosowanie do wielu grup urządzeń, jednak wymagane poziomy ostrości i kryteria oceny, dedykowane dla konkretnego obiektu w wybranym teście, zawarte są w normie przedmiotowej / produktu, do której klasyfikuje się badany obiekt – o ile takowa norma istnieje.

Personel wykonujący badania, w przypadku, gdy w normie wyrobu nie występuje szczegółowy opis testu, np.

aranżacji stanowiska pomiarowego, tylko powołanie na normę podstawową, powinien uwzględnić specyfikę obiektu badań, własne doświadczenia lub inne przesłanki, szczególnie podczas doboru poziomu probierczego i kryterium oceny. Dostosowanie polega na spełnieniu kryterium powtarzalności i odtwarzalności badań oraz wykonania badania przy najbardziej niesprzyjających warunkach dla urządzenia badanego (EUT), czyli znalezienie „najgorszego przypadku”.

Procedura badań odporności powinna odzwierciedlać, z dużym stopniem prawdopodobieństwa najczęściej spotykane w danym środowisku poziomy zaburzeń i czas ich trwania, jakie mogą wystąpić w środowisku pracy urządzenia. W czasie testów zadawany jest jeden rodzaj

zaburzenia. Nie są badane skutki jednoczesnego występowania wielu zaburzeń. Takie badania znacząco wydłużyłyby sumaryczny czas testu obiektu badań i utrudniłyby identyfikację źródła jego ewentualnej dysfunkcji. Stosowane procedury badania odporności są kompromisem pomiędzy reprezentatywnym i wiarygodnym wynikiem testu, a całkowitym czasem badań urządzenia.

W poprzedniej edycji norm: EN 50470-1:2006 [8], EN 50470-3:2006 i EN 62052-11:2006 nie występowały wymagania przeprowadzenia badań odporności na zaburzenia przewodzone, symetryczne w zakresie częstotliwości 2 kHz – 150 kHz metodami opisanymi w normie EN 61000-4-19:2014 [20]. Obligatoryjność tych badań znajduje się w aktualnych wydaniach norm [9,10], przy czym zaburzany jest obwód prądowy licznika. Nie ma wymagania realizacji testów odporności przy wprowadzaniu zaburzenia do obwodu napięciowego.

Całościowe badania odporności liczników na zaburzenia przewodzone, symetryczne w zakresie częstotliwości 2 kHz-150 kHz są wykonywane lub zlecane przez producentów liczników od kilkunastu lat, głównie za sprawą dystrybutorów energii elektrycznej, którzy wpisywali wymaganie przeprowadzenia tych testów, w specyfikacji przetargowej liczników. Spowodowane jest to czynnikami takimi jak:

- wprowadzaniem systemu zdalnego odczytu liczników energii z wykorzystaniem sieci dystrybucyjnej jako medium transmisji (NBPLC - Narrowband Power Line Communication),
- brakiem poziomów dopuszczalnych dla emisji przewodzonej w zakresie częstotliwości 2,5 kHz – 150 kHz dla odbiorników energii elektrycznej (z wyjątkiem oświetlenia w zakresie 9 kHz - 150 kHz),
- powszechnego stosowania przekształtnikowych układów napędowych [25] oraz impulsowych układów zasilania urządzeń.

Transmisja danych w sieci dystrybucyjnej w wielu krajach obejmuje szerokie pasmo częstotliwości, nawet do kilkudziesięciu MHz. Wdrażane są różne technologie transmisji szerokopasmowej (BBPLC - Broadband Power Line Communication). Z dużym prawdopodobieństwem można oczekiwać w kolejnej edycji normy wprowadzenia testów odporności na szerokopasmowe zaburzenia przewodzone wykonywane metodą zawartą w normie EN 61000-4-31:2017 [21], która jest bezpośrednią odpowiedzią na to zjawisko, jak również badania odporności na pola radiowe w bliskiej odległości metodami zawartymi w EN 61000-4-39:2017 [22], co w praktyce odpowiada zbliżaniu się do urządzeń osób noszących przy sobie różnego rodzaju sprzęt do komunikacji bezprzewodowej, jak i całościowe testy według normy EN 61000-4-19:2014 [20].

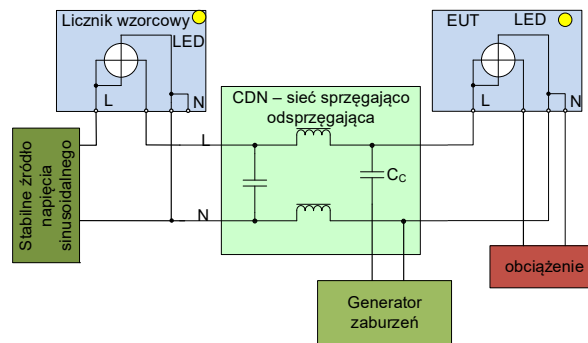
Stanowiska do badań odporności liczników na zaburzenia elektromagnetyczne

Stanowisko do badań odporności liczników energii elektrycznej złożone jest z:

- generatora zaburzeń,
- układu przekazującego energię zaburzenia takiego jak sieć sprzęgająco (zaburzenia przewodzone) lub antena (zaburzenia promieniowane), których zadaniem jest wprowadzenie do obiektu badań wymaganej wartości energii,
- układów współpracujących takich jak kalibrator lub licznik wzorcowy ze źródłem zasilania i obciążeniem, układy komunikacyjne jeśli są wymagane,
- układów odsprzęgających mających na celu stłumienie propagacji zaburzeń w liniach innych niż dedykowany kanał sprzęgający – ochrona urządzeń infrastruktury stanowiska.

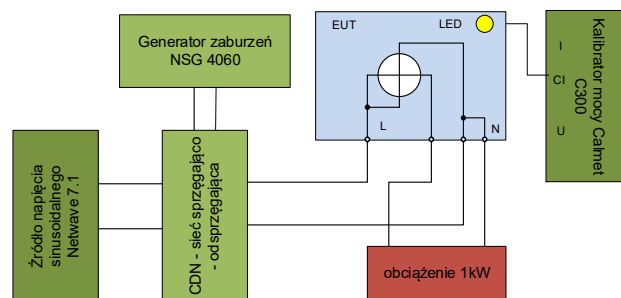
Badanie odporności na zaburzenie przewodzone symetryczne i sygnalizację w zakresie 2 kHz – 150 kHz

Badania wykonuje się przy prądzie i napięciu znamionowym. Kryterium oceny A, czyli błąd dodatkowy, będący skutkiem zaburzenia nie powinien przekraczać wartości dopuszczalnej. W celu stwierdzenia błędu dopuszczalnego porównuje się wynik pomiaru energii z licznikiem wzorcowym (rys. 1). Do badań najczęściej używany jest kalibrator, który zapewnia stabilne napięcie i przepływ prądu. Częścią składową kalibratora jest licznik wzorcowy (rys. 3). Liczniki wzorcowe i kalibratory posiadają wejście, do którego podłącza się głowicę optyczną zainstalowaną na diodzie impulsującej licznika badanego.



Rys.1. Schemat blokowy stanowiska do badania odporności na przewodzone zaburzenia symetryczne i sygnalizację w zakresie częstotliwości 2 kHz – 150 kHz. Aplikacja zaburzenia w torze napięciowym

W czasie testów wskazane jest zapewnienie stabilnego, niezniekształconego napięcia i prądu przepływającego przez licznik. Zaburzenie wprowadzane na obwód napięciowy (rys. 1, rys. 2) lub prądowy (rys. 3) nie powinno zakłócać działania układów współpracujących oraz licznika wzorcowego. Stosuje się sieć sprzęgająco - odsprzęgającą (CDN - Coupling Decoupling Network) dla zaburzania napięcia lub rezystor odsprzęgający (R) dla zaburzania prądowego (rys. 3-4).



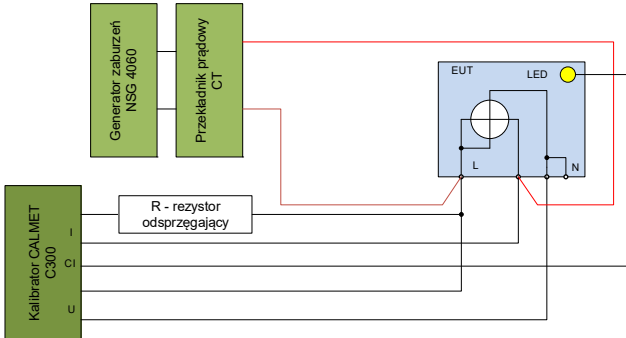
Rys.2. Schemat blokowy stanowiska do badania odporności na przewodzone zaburzenia symetryczne i sygnalizację w zakresie częstotliwości 2 kHz - 150 kHz. Układ z kalibratorem mocy

Sieć CDN powoduje spadek napięcia rzędu kilku woltów. W przypadku stanowiska z rysunku 1 nie ma to znaczenia. W przypadku użycia kalibratora może to powodować brak możliwości ustawienia żądanej wartości napięcia lub prądu oraz zakłócenie jego pracy. W przedstawionym na rysunku 2, zmodyfikowanym stanowisku testowym, kalibrator wykorzystywany jest tylko do pomiaru czasu pomiędzy impulsami diody LED licznika badanego. Pomiar odporności wykonuje się następująco:

- ustawienie parametrów pracy licznika,
- odczekanie czasu niezbędnego na ustabilizowanie termiczne obciążenia, które dobrano tak, aby płynął prąd znamionowy licznika,

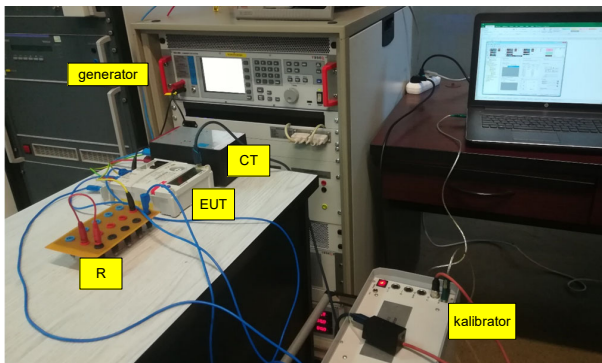
c) pomiar czasu impulsowania bez zaburzenia (czas referencyjny),
d) uruchomienie generatora zaburzeń.

Dla zaburzenia obwodu prądowego licznika, im większa wartość opornika odsprzęgającego tym lepiej. Przykładowo, gdy w obwodzie prądowym licznika zastosowano bocznik o wartości 10 m Ω , a rezystor odsprzęgający wraz obwodem prądowym kalibratora ma 1 Ω , to 99% prądu zaburzenia wpływa do badanego licznika. Opornik nie może mieć zbyt dużej wartości, ponieważ wymuszalnik prądowy kalibratora ma ograniczone napięcie. Dodatkowo należy pamiętać o energii wydzielanej na rezystorze i zapewnić chłodzenie.



Rys.3. Schemat blokowy stanowiska do badania odporności na przewodzone zaburzenia symetryczne i sygnalizację w zakresie częstotliwości od 2 kHz do 150 kHz. Aplikacja zaburzenia w torze prądowym

Norma [20] nie opisuje szczegółowo aranżacji stanowiska pomiarowego. Nie podano długości przewodów i sposobu ich ułożenia. Wskazane jest stosowanie krótkich przewodów o dużym przekroju. Szczególnie wpływa to na wartość prądu zaburzenia. Norma podaje wymagania dla generatora – prąd na zwartych zaciskach powinien być w całym zakresie częstotliwości ustawiany z dokładnością 10%, natomiast impedancja generatora powinna wynosić 1 Ω z dokładnością 30%.



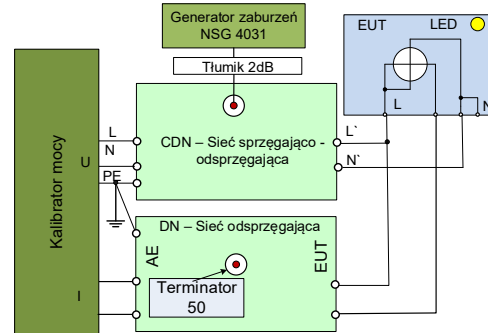
Rys.4. Stanowisko do badania odporności na przewodzone zaburzenia symetryczne w zakresie częstotliwości 2 kHz - 150 kHz. Aplikacja zaburzenia w torze prądowym

Błąd dodatkowy przy zaburzenia toru napięciowego dla badanego licznika miał wartość około 0,2% podobnie jak dla toru prądowego.

Badania odporności na szerokopasmowe zaburzenia przewodzone

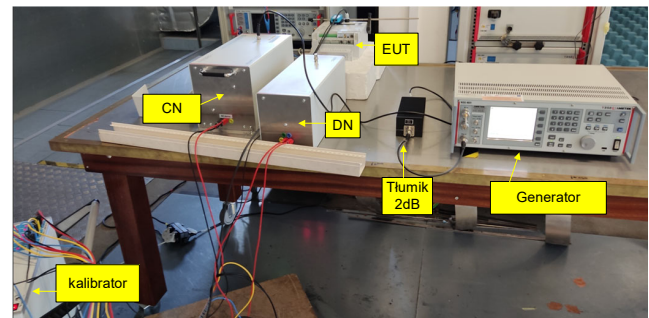
Badanie odporności na symetryczne zaburzenia szerokopasmowe przewodzone metodami z normy EN 61000-4-31:2017 [21] są rozszerzeniem na pasmo wyższej częstotliwości testów EN 61000-4-19:2014 [20]. Można także traktować je, jako odpowiedniki testów na asymetryczne zaburzenia przewodzone, indukowane przez pola o częstotliwości radiowej EN 61000-4-6:2014 [12]. Badania te, w odróżnieniu od wyżej wymienionych,

zaburzają równomiernie (szum biały) całe widmo częstotliwości w zakresie częstotliwości do 80 MHz.



Rys.5. Schemat blokowy stanowiska do badania odporności na szerokopasmowe zaburzenia przewodzone

Konfiguracja stanowiska pomiarowego jest bardzo podobna do wskazanej w normie [12]. Układ składa się z generatora sygnału (szumu), wzmacniacza i sieci sprzęgającej dla portu zasilania. Do odprężania pozostałych portów można użyć tych samych sieci, co w badaniach odporności na zaburzenia przewodzone asymetryczne.



Rys.6. Stanowisko do badania odporności na szerokopasmowe zaburzenia przewodzone

Tabela 2. Poziomy testowe zaburzenia szerokopasmowego przewodzonego [21]

Poziom	Spektralna gęstość mocy [dBm/Hz]	Odpowiednik w gęstości napięcia [dBuV/100kHz]	Moc całkowita [dBm]	Moc całkowita [W]
1	-60	97	19	0,08
2	-50	107	29	0,8
3	-40	117	39	8

Szum ma stałą gęstość spektralną w zakresie 150 kHz – 80 MHz. Poziom probierczy przedstawia tabela 2.

Błąd dodatkowy przy zaburzeniu 8 W dla badanego licznika miał wartość poniżej 0,1%.

Badania odporności na pola radiowe w bliskiej odległości

Badania odporności na pola radiowe w bliskiej odległości EN 61000-4-39:2017 [22] są uzupełnieniem badań odporności na pola radiowe metodami zawartymi w normie EN 61000-4-3:2020 [14]. Badania te odzwierciedlają coraz częściej spotykane aplikacje noszone czy nasobne dla urządzeń pracujących w pasmach przewidzianych dla sieci bezprzewodowych. Klasyczne, wąskopasmowe podejścia do badań odporności na pola o częstotliwościach radiowych wykonywane są z odległości 3 m. Badania w polu bliskim odzwierciedlają rzeczywiste systemy oraz moce generowane przez urządzenia nasobne. Przykładowo radiotelefony, urządzenia mobilne, układy wyposażone w moduły komunikacyjne takie jak Wifi, Bluetooth mogą się zbliżyć się do badanych obiektów na niewielką odległość np. 20 cm.

Mogą one wpływać zarówno na część pomiarową jak i na transmisję interfejsami komunikacyjnymi liczników energii elektrycznej [24]

Tabela 3. Poziomy testowe dla niejednorodnych pól magnetycznych [22]

Poziom	częstotliwość: 9 kHz-150 kHz	częstotliwość: 150 kHz-26 MHz
	natężenie pola magnetycznego [A/m]	natężenie pola magnetycznego [A/m]
1	1	0,1
2	3	0,3
3	10	1
4	30	3

W tabeli 3 zostały zaprezentowane poziomy probiercze zaburzeń w bliskiej odległości od badanego urządzenia, poziomy te dają miarodajne odwzorowanie współczesnych rozwiązań, które użytkownik może nosić na sobie lub które to urządzenia mogą zostać położone w bezpośredniej odległości od obiektu m.in. takiego, jakim jest licznik energii elektrycznej.

Podsumowanie

Wskazane badania odporności liczników energii elektrycznej - pomimo, że nie są wymienione w normie wyrobu - są istotne, ponieważ odzwierciedlają współczesne systemy i rozwiązania, które weszły do powszechnego użytku. Przeprowadzone testy na pojedynczych próbkach liczników z bocznikiem w obwodzie prądowym wykazały pojawienie się błędów dodatkowych o wartości do 0,2%. Standardowe badania dotychczas stosowane (narażanie na pojedynczych podnośnych), mogą nie wykryć potencjalnej wrażliwości na zaburzenie występujące w środowisku pracy. Wraz z rozwojem technologii komunikacyjnych i wprowadzeniem rozpraszania energii w widmie dla transmisji cyfrowych występują w środowisku sygnały charakteryzujące się niewysokimi poziomami amplitudy i rozproszoną energią sygnału. Narażenie pochodzące od tego typu źródeł należy traktować jako oddziaływanie pewnej gęstości mocy w kanale. Powyższe badania stają się ważne dla szerokiej grupy liczników energii elektrycznej (czynnej, biernej, wskaźników jakościowych itp.) oraz aparatury pomiarowej [26].

Autorzy chcieli podziękować za udzielenie do badań aparatury zakupionej w ramach EMC-LabNet (POIR.04.02.00-02-A007/16)

Autorzy: dr inż. Grzegorz Kosobudzki, Politechnika Wroclawska, Wydział Elektryczny, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, e-mail: grzegorz.kosobudzki@pwr.edu.pl; mgr inż. Monika Szafranska, Politechnika Wroclawska, Wydział Informatyki i Telekomunikacji, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, e-mail: monika.szafranska@pwr.edu.pl.

LITERATURA

[1] Prawo o miarach z dnia 11.06.2001r, tekst jednolity Dz.U. 2022 poz. 2063 z dnia 7.10.2022r

[2] Dyrektywa MID - Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku przyrządów pomiarowych. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej z dnia 29.03.2014

[3] Dz.U. 2022 poz. 788 - Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 marca 2022r. w sprawie systemu pomiarowego

[4] Dz.U 2016 poz. 815 – Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 2.06.2016 w sprawie wymagań dla przyrządów pomiarowych

[5] Dyrektywa EMC - Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/30/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji

ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej

[6] Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2022/622 z dnia 7 kwietnia 2022 r. zmieniająca decyzję wykonawczą (UE) 2019/1326 w odniesieniu do norm zharmonizowanych dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń do pomiarów energii elektrycznej oraz wyłączników do użytku domowego i podobnego. Dz.U. L 115 z 13.4.2022, 85—89 http://data.europa.eu/eli/dec_impl/2022/622/oj

[7] Monitor Polski poz. 902 z 2 sierpnia 2023r.- Obwieszczenie Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego w sprawie wykazu norm zharmonizowanych

[8] EN 50470-1: 2006 - Electricity metering equipment (a.c.). General requirements, tests and test conditions. Metering equipment (class indexes A, B and C)

[9] EN 50470-3:2022 - Electricity metering equipment - Part 3: particular requirements – Static meters for AC active energy (class indexes A, B and C)

[10] EN IEC 62052-11:2021 - Electricity metering equipment - General requirements, tests and test conditions - Part 11: Metering equipment

[11] EN IEC 62052-11:2021/A11:2022 - Electricity metering equipment - General requirements, tests and test conditions - Part 11: Metering equipment

[12] EN 62053-21:2021 - Electricity metering equipment (AC) – Particular Requirements – part 21: Static meter for active energy (classes 1 and 2)

[13] EN 61000-4-2: 2009 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-2: Testing and measurement techniques - Electrostatic discharge immunity test

[14] EN 61000-4-3: 2020 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-3: Testing and measurement techniques - Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test.

[15] EN 61000-4-4: 2012 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-4: Testing and measurement techniques - Electrical fast transient/burst immunity test

[16] EN 61000-4-5: 2014 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-5: Testing and measurement techniques - Surge immunity test

[17] EN 61000-4-6: 2014 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-6: Testing and measurement techniques - Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields

[18] EN 61000-4-8: 2010 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test

[19] EN 61000-4-11:2020 - Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-11: Testing and measurement techniques. Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests

[20] EN 61000-4-19:2014 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-19: Testing and measurement techniques - Test for immunity to conducted, differential mode disturbances and signalling in the freq. range 2 kHz to 150 kHz at a.c. power ports

[21] EN 61000-4-31:2017 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-31: Testing and measurement techniques - AC mains ports broadband conducted disturbance immunity test

[22] EN 61000-4-39:2017 Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-39: Testing and measurement techniques - Radiated fields in close proximity - Immunity test

[23]. Drózd T., Oziembłowski M., Wrona P., Lis S., Nęcka K., Nawara P., Jagusiak M., Kielbasa P.: Kompatybilność elektromagnetyczna w pomiarach energii elektrycznej, *Przegląd Elektrotechniczny*, 92 (2016) Nr 4, 139-144, doi:10.15199/48.2016.01.34

[24] Makles P., Interfejsy komunikacyjne stosowane w licznikach energii elektrycznej, *Przegląd Elektrotechniczny*, 97 (2021) Nr 4, 75-80, doi:10.15199/48.2021.04.13

[25] Kosobudzki G., Florek A., EMC requirements for power drive systems. *Power Electronics and Drives*. 2017, vol. 2 (37), nr 2, 127-135 doi.org/10.5277/PED170207

[26] Kosobudzki G., Dusza D., Liczniki energii biernej w sieciach z niesinusoidalnymi przebiegami prądu i napięcia. W: *Metrologia*, red. M. R. Rząsa: Oficyna Wyd. Politechniki Opolskiej, 2023. 209-219. (Studia i Monografie), ISSN 1429-6063; z. 585)