

Michał SZEWCZYCZAK\*, Krzysztof BUDNIK\*, Jan SZYMENDERSKI\*

## PROJEKT STABILIZATORA IMPEDANCJI SIECI ZASILAJĄCEJ

Artykuł omawia urządzenia nazywane stabilizatorem impedancji sieci zasilającej, który jest jednym z przyrządów pomiarowych niezbędnych w badaniach kompatybilności elektromagnetycznej. Pierwsza część pracy wprowadza w tematykę sztucznych sieci pomiarowych. Przedstawia zasadę działania stabilizatora impedancji sieci zasilającej oraz aktualny stan wiedzy o tych urządzeniach. Druga część pracy zawiera opis projektu prototypu jednofazowego stabilizatora impedancji sieci zasilającej oraz kolejnych etapów jego fizycznej realizacji. Ostatnia część pracy poświęcona jest rozważaniom dotyczącym metod weryfikacji poprawności działania zbudowanego urządzenia oraz jego zgodności z założeniami projektowymi.

SŁOWA KLUCZOWE: stabilizator impedancji, sieć sztuczna, LISN, kompatybilność elektromagnetyczna, emisja przewodzona.

### 1. WPROWADZENIE

W związku z rosnącą liczbą sprzętu elektrycznego, zagadnienia kompatybilności elektromagnetycznej stały się obecnie istotnym zagadnieniem, które powinny być uwzględniane przez projektantów już w początkowych etapach prac nad urządzeniem. Problematyka ta jest szczególnie istotna w Unii Europejskiej, gdzie istnieją odpowiednie prawa z nią związane [3, 8]. W ogólnym przypadku, każde urządzenie elektryczne wprowadzane na rynek spełniać musi wymagania związane z kompatybilnością elektromagnetyczną [10]. Jej sprawdzenie wiąże się z przeprowadzeniem testów, w przystosowanych do tego laboratoriach, posiadających akredytację badań z tego zakresu. Laboratoria takie wyposażone są w specjalistyczny sprzęt pomiarowy oraz posiadają wydzielone pomieszczenia – komory pomiarowe, które zapewniają wzorcowe warunki, czyli izolację badanego sprzętu od zaburzeń występujących w środowisku. Zestawia się w nich stanowiska do badania zjawisk związanych z kompatybilnością. W komorach prowadzi się testy odporności urządzeń na oddziaływania pól elektromagnetycznych, wyładowania elektrostatyczne, udary i inne zaburzenia. Realizuje się także pomiary emisji promieniowanej i przewodzonej [11].

---

\* Politechnika Poznańska

Przykładowo, stanowisko do badań emisji przewodzonej, poza odpowiednią konfiguracją przestrzeni roboczej, wymaga następujących przyrządów pomiarowych – analizatora widma, zestawu sond pól bliskich oraz stabilizatora impedancji sieci zasilającej. Samodzielne skonstruowanie ostatniego wymienionego urządzenia stanowić będzie temat niniejszej pracy.

## 2. STABILIZATOR IMPEDANCJI SIECI ZASILAJĄCEJ

Często w literaturze przedmiotu stabilizator impedancji sieci zasilającej określany jest skrótowo LISN (ang. *Line Impedance Stabilization Network*). Inna powszechnie występująca nazwa tego urządzenia to sieć sztuczna [1]. W dalszej części pracy terminy te będą używane zamiennie. Sprzęt podlegający testom kompatybilności elektromagnetycznej określa się skrótowo EUT (ang. *Equipment Under Test*).

Jak zostało to opisane we wstępie, stabilizator impedancji sieci zasilającej to urządzenie wykorzystywane w pomiarach laboratoryjnych w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej do badań poziomu emisji przewodzonej [1, 2, 4, 9]. Są to zakłócenia, które powstają w trakcie normalnej pracy, zarówno, urządzeń elektrycznych, jak i elektronicznych. Przedostają się one do środowiska elektromagnetycznego poprzez galwaniczne połączenie wspomnianych urządzeń z siecią elektroenergetyczną, co w sposób odczuwalny może objawiać się np. pod postacią zakłóceń w odbiorze programów radiowych. Taki mechanizm przenikania zakłóceń do sieci zasilającej nosi nazwę sprzężenia przez wspólną impedancję [5, 11, 12].

Wymagania stawiane sztucznym sieciom pomiarowym, a także metodyka pomiarów zaburzeń przewodzonych opisane zostały w dwóch normach opracowanych przez CENELEC i wprowadzonych w Polsce przez PKN jako polskie normy zharmonizowane z dyrektywą 2014/30/UE. Normy te to odpowiednio PN-EN 55016-1-2 oraz PN-EN 55016-2-1 [1, 2].

Powołując się na definicję zamieszczoną w obowiązującej normie, stabilizator impedancji sieci zasilającej jest przyrządem, który w zakresie częstotliwości radiowych zapewnia urządzeniu podlegającemu testom kompatybilności elektromagnetycznej stałą impedancję. Dodatkowo, LISN pozwala na pomiar napięć zaburzeń generowanych przez te urządzenia, uniemożliwia przenikanie ich do sieci elektroenergetycznej, a także zapewnia jego separację od zakłóceń z niej pochodzących [1, 3, 4]. Normy [1, 2] wyróżniają 3 różne rodzaje sieci sztucznych:

- sieci sztuczne typu Y – używane do analizy zakłócających sygnałów asymetrycznych,
- sieci sztuczne typu V – wykorzystywane do pomiaru napięć zaburzeń niesymetrycznych,

– sieci sztuczne typu Delta – stosowane do badania napięć symetrycznych i niesymetrycznych.

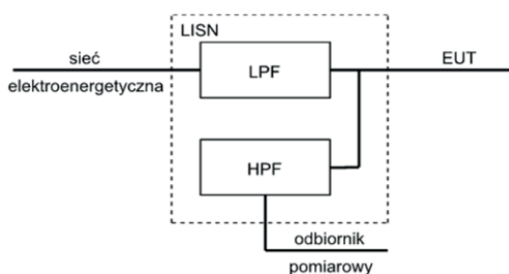
Można wyróżnić jeszcze sztuczne sieci pomiarowe typu T, które są odmianą sieci typu Y [1]. Przykładowy egzemplarz sieci sztucznej typu V przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Przykładowy stabilizator impedancji sieci zasilającej firmy Hameg [6]

### 3. PROJEKT

Ogólny schemat blokowy stabilizatora impedancji sieci zasilającej w ujęciu funkcjonalnym przedstawiono na rysunku 2. Obwodowo, sieć sztuczna, to połączenie filtra górnoprzepustowego HPF (ang. *High Pass Filter*) oraz filtra dolnoprzepustowego LPF (ang. *Low Pass Filter*) [3, 7]. Filtr dolnoprzepustowy odpowiada za filtrację zaburzeń pochodzących z sieci elektroenergetycznej, natomiast filtr górnoprzepustowy filtruje zakłócenia, których źródłem jest urządzenie podlegające badaniom EUT [3].



Rys. 2. Schemat blokowy sztucznej sieci pomiarowej [3]

Przegląd źródeł wykazał, że najczęściej używane są LISN typu V o parametrach  $50 \Omega / 50 \mu\text{H}$  oraz  $50 \Omega / 5 \mu\text{H}$ . Te pierwsze stosowane są przeważnie do badania urządzeń przemysłowych i stosowanych w gospodarstwach domowych, zasilanych z sieci elektroenergetycznej. Te drugie stosuje się do badań urządzeń

elektrycznych i elektronicznych instalowanych w pojazdach, zasilanych zazwyczaj napięciem stałym [18, 19].

### 3.1. Założenia i cele projektu

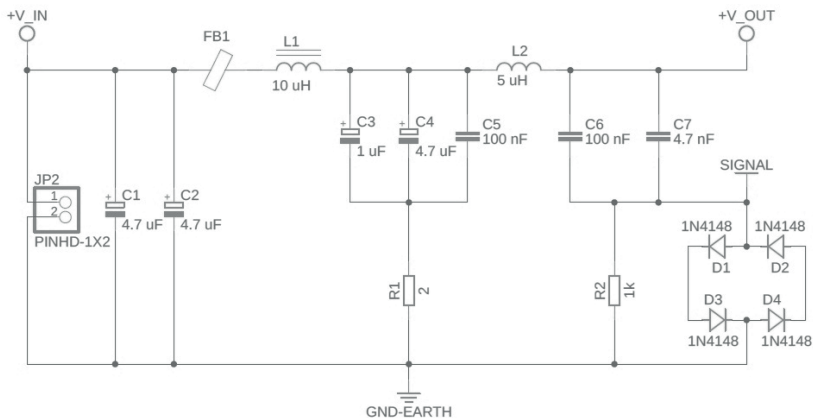
Projekt ma na celu opracowanie koncepcji i budowę prototypu stabilizatora impedancji sieci zasilającej typu V, dedykowanego do badania drobnej elektroniki. Projektowane urządzenie powinno cechować się następującymi właściwościami elektrycznymi:

- napięcie zasilające stałe do 24 V,
- obciążalność prądowa do 5 A,
- impedancja  $50 \Omega / 5 \mu\text{H}$ .

Ponadto prototyp powinien zostać wykonany w postaci obwodu drukowanego (płytki PCB – ang. *Printed Circuit Board*) zaprojektowanego w taki sposób, aby możliwe było jego zamocowanie w dowolnej obudowie. System mocujący powinien uwzględniać możliwość połączenia masy obwodu z uziemieniem w przypadku obudów metalowych. Głównym elementem obwodu będzie specjalnie zaprojektowana ekranowana cewka indukcyjna z rdzeniem powietrznym. Karkas, na który zostaną nawinięte zwoje wokół rdzenia powietrznego, a także obudowa cewki umożliwiające jej ekranowanie powinny zostać wykonane z wykorzystaniem technologii druku 3D.

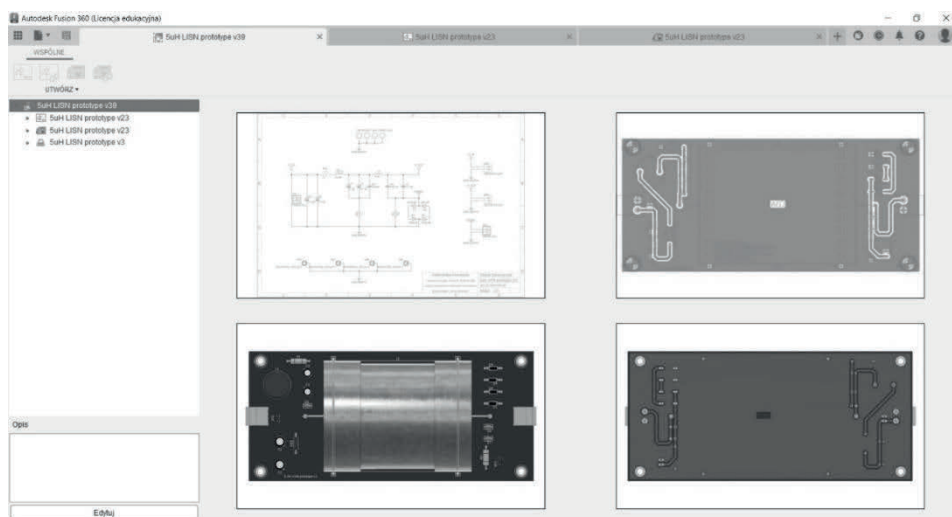
### 3.2. Wykonanie projektu

Schemat projektowanego prototypu stabilizatora impedancji sieci zasilającej opracowano na podstawie [21]. Główną część schematu, przedstawiającą funkcjonalny obwód odpowiadający za realizację funkcji LISN, zamieszczono na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat ideowy sztucznej sieci pomiarowej

Projekt prototypu stabilizatora impedancji sieci zasilającej wykonano z wykorzystaniem programu Fusion 360 udostępnionego przez firmę Autodesk na licencji edukacyjnej. W pierwszej kolejności stworzono własną bibliotekę elementów wchodzących w skład LISN – dla każdego elementu opracowano model 3D i przypisano mu symbol elektryczny. Z wykorzystaniem tej biblioteki stworzono dokumentację 2D – schemat elektryczny obwodu oraz projekt jednowarstwowej płytki PCB [15]. Na tej podstawie wygenerowano model 3D obwodu drukowanego wraz z elementami elektronicznymi. Okno projektu prototypu sieci sztucznej przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Okno programu Autodesk Fusion 360 z otwartym projektem LISN

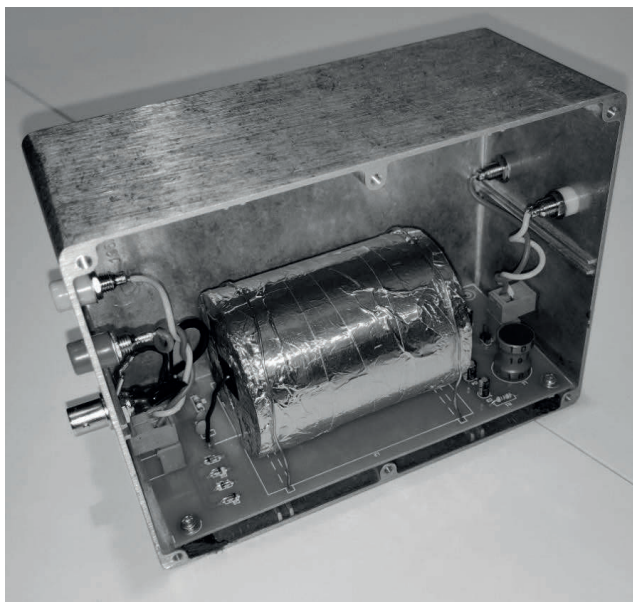
Zgodnie z założeniami projektowymi, centralnym elementem obwodu jest zaprojektowana cewka powietrzna o indukcyjności  $5 \mu\text{H}$ . Zapewnienie takiej indukcyjności wymagało określenia parametrów geometrycznych dławika oraz liczby zwojów [13, 14].

Model 3D cewki powietrznej wykonano za pomocą modułu do modelowania 3D programu Fusion 360. W jej skład wchodzi 3 obiekty – karkas ze żłobkami do nawijania drutu (rys. 5), osłona i pokrywa. Wszystkie 3 bryły wchodzące w skład konstrukcji cewki, wytworzono w technologii druku 3D. Wykorzystano do tego technikę druku FDM (ang. Fused Deposition Modeling) polegającą na nakładaniu warstwa po warstwie termoplastycznego tworzywa sztucznego, wytłaczanego z podgrzanej do wysokiej temperatury dyszy [20]. Elementy wydrukowano na drukarce Ratriq V-Core 3.1. Jako materiał wykorzystano PETG, tj. politereftalanu etylenu z domieszką glikolu. Na rysunku 5. przedstawiono elementy dławika z nawiniętym drutem.



Rys. 5. Cewka powietrzna gotowa do złożenia

Zmontowany prototyp ze zdjętą pokrywą obudowy z widocznym zamontowanym w środku obwodem drukowanym pokazano na rysunku 6.



Rys. 6. Zbudowany prototyp LISN

Zestawienie części i materiałów wykorzystanych do budowy prototypu stabilizatora impedancji sieci zasilającej zamieszczono w tabeli 1. Wszystkie wyko-

ryzowane elementy elektroniczne (pozycje od nr 5 do nr 15) przeznaczone były do montażu przewlekanego THT.

Tabela. 1. Wykaz materiałów i części.

Lp.	Część	Ilość	Kategoria
1	Drut miedziany o średnicy 1 mm i długości 3 m	1	Cewka powietrzna
2	Filament PETG 60 g	1	
3	Taśma miedziana ekranująca 25 mm x 128 mm	1	
4	Płytki PCB z laminatu FR-4 154 mm x 70 mm	1	Płytki PCB z elementami elektronicznymi
5	Złącze męskie goldpin 1x2 proste, raster 2,54 mm	2	
6	Gniazdo męskie EBPA-02-C-C 1x2 proste, raster 5 mm	2	
7	Koralik ferrytowy RRHL25-70-8T52	1	
8	Kondensator elektrolityczny 4,7 $\mu$ F / 63 V	3	
9	Kondensator elektrolityczny 1 $\mu$ F / 63 V	1	
10	Kondensator ceramiczny 100 nF / 50 V	2	
11	Kondensator ceramiczny 4,7 nF / 50V	1	
12	Rezystor 2 $\Omega$	1	
13	Rezystor 1 k $\Omega$	1	
14	Dioda 1N4148	4	
15	Dławik ferrytowy 10 $\mu$ H	1	
16	Spoivo lutownicze Sn60Pb40	1	
17	Uniwersalna obudowa aluminiowa Gainta BS33	1	Zabudowa płytki PCB
18	Tuleja dystansowa M3x10	4	
19	Śruba M3x6	4	
20	Gniazdo BNC męskie, montowane na panel	1	
21	Gniazdo bananowe żeńskie, montowane na panel	4	
22	Przewód koncentryczny 0,1 m	1	
23	Przewód H05V-K / LgY 0,5 500V 0,4 m	1	

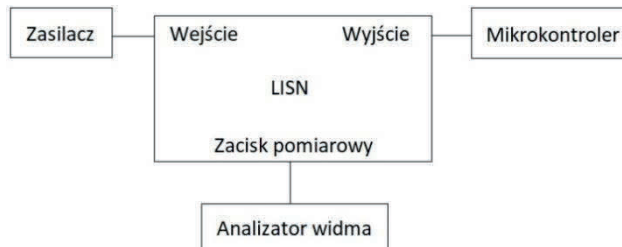
#### 4. TEST DZIAŁANIA PROTOTYPU

Testy i weryfikacja parametrów elektrycznych stabilizatora impedancji sieci zasilającej, umożliwiającego pomiary sygnałów o częstotliwości sięgającej kilkudziesięciu MHz, wymaga specjalistycznej i kosztownej aparatury pomiarowej jaką stanowi analizator widma w połączeniu z generatorem śledzącym. Podstawową funkcją analizatora jest pomiar mocy sygnału wejściowego w zależności od częstotliwości i wyświetlenie wyniku w postaci wykresu widma [16]. Generator śledzący jest źródłem sygnału o częstotliwości ściśle związanej z przestrza-

janiem analizatora. Amplituda sygnału utrzymywana jest na niezmiennym poziomie. Podłączenie wyjścia generatora śledzącego z wejściem analizatora widma skutkuje pojawieniem się na ekranie linii poziomej. Impedancje tych dwóch sprzężonych w jednej obudowie układów są dopasowane – impedancja wyjściowa generatora wynosi zazwyczaj  $50 \Omega$  i taką samą wartość przyjmuje impedancja wejściowa analizatora. Po włączeniu testowanego obwodu między te dwa zaciski otrzyma się jego charakterystykę częstotliwościową [17].

Z uwagi na brak dostępu do analizatora widma z generatorem śledzącym o parametrach pozwalających uzyskać zadowalające wyniki, nie było możliwe wykonanie pomiarów na układzie rzeczywistym. Wykonano na nim natomiast 2 inne testy.

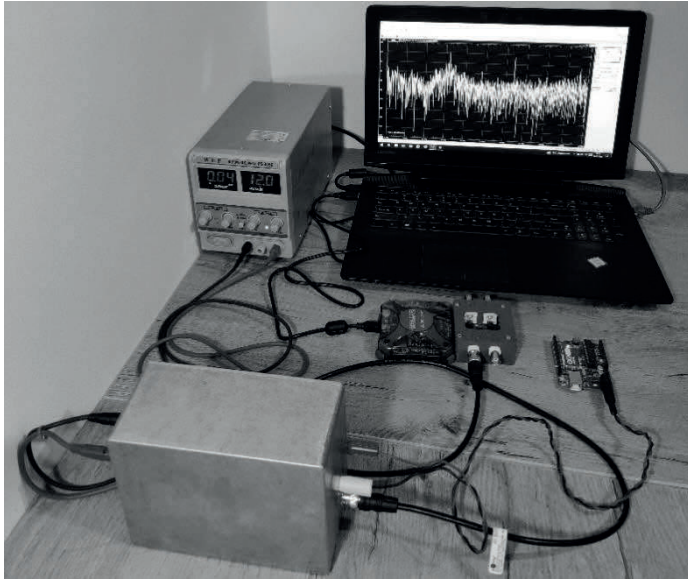
Pierwszy z nich miał na celu sprawdzenie, czy działanie zbudowanego prototypu LISN po podłączeniu zasilania, obciążenia i odbiornika pomiarowego podobne jest do działania innych sztucznych sieci pomiarowych. W tym celu zestawiono układ pomiarowy składający się ze zbudowanego urządzenia, zasilacza laboratoryjnego, uniwersalnego przyrządu pomiarowego z funkcją analizatora widma oraz mikrokontrolera zaprogramowanego określonym programem testowym. Jeżeli zbudowany prototyp działa w sposób podobny do stabilizatora impedancji sieci zasilającej, wówczas mikrokontroler zasilony za jego pośrednictwem powinien uruchomić się i pracować zgodnie z wgranym programem, a zakłócenia, które wprowadza do linii zasilającej powinny być wyświetlane na analizatorze widma. Schemat blokowy układu zbudowanego w przedstawionej wyżej konfiguracji zamieszczono na rysunku 7.



Rys. 7. Schemat stanowiska do testu działania prototypu LISN

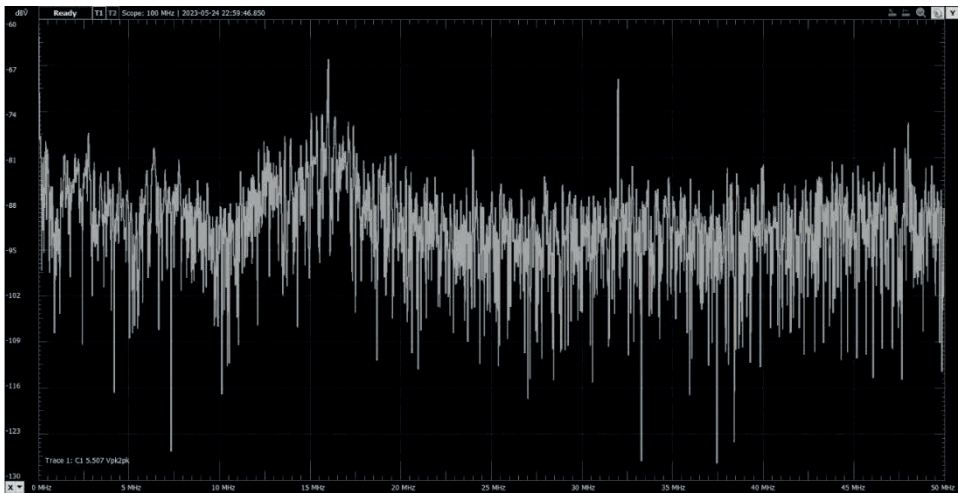
Stanowisko umożliwiające test działania fizycznej wersji prototypu LISN zgodnie z opisem z poprzedniego podrozdziału i zbudowane na podstawie schematu z rysunku 7 przedstawiono na rysunku 8.





Rys. 8. Test działania prototypu LISN

Przykładowe wyniki pierwszego badania zaprezentowano w postaci zrzutów ekranu z analizatora widma wbudowanego w Analog Discovery 2 (rys. 9).

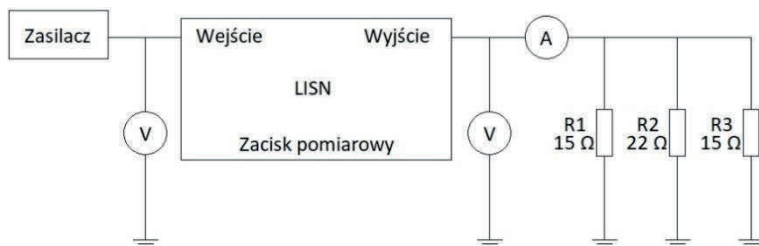


Rys. 9. Widmo zarejestrowane z zacisku pomiarowego prototypu LISN zasilającego Arduino

Zarejestrowane widmo zmienia się w sposób wyraźny po podłączeniu Arduino do stabilizatora impedancji sieci zasilającej. Dla częstotliwości sygnału zegarowego 16 MHz oraz jej wielokrotności możliwych do zbadania w paśmie do

50 MHz, udostępnianym przez Analog Discovery 2, zauważyć można wzrost amplitudy w postaci charakterystycznych „szpilek”. Są to zakłócenia, które mikrokontroler wprowadziłby do linii zasilającej gdyby nie zastosowano sieci sztucznej. Ponadto zasilony przez LISN mikrokontroler działa zgodnie z wgranym do jego pamięci programem, zatem zbudowany prototyp nie ma negatywnego wpływu na zasilane za jego pośrednictwem urządzenie. Wyniki tego testu pozwalają na stwierdzenie, że zbudowany prototyp LISN działa w sposób podobny do innych sztucznych sieci pomiarowych.

Drugim testem wykonanym na fizycznym urządzeniu było sprawdzenie zgodności wartości prądu i napięcia znamionowego prototypu z założeniami projektowymi. Stanowisko do takich badań złożone było z zasilacza laboratoryjnego, prototypu LISN, dwóch woltomierzy, jednego amperomierza oraz trzech równolegle połączonych rezystorów mocy. Zostało ono schematycznie pokazane na rysunku 10.



Rys. 10. Układ pomiarowy prądu i napięcia znamionowego LISN

Układ pomiarowy do badania zgodności prądu i napięcia z założeniami projektowymi zbudowany na podstawie rysunku 10 pokazano na rysunku 11.

Wyniki testu zgodności prądu i napięcia znamionowego prototypu stabilizatora impedancji sieci zasilającej z wartościami określonymi w założeniach projektowych pokazano w tabeli 2.

Tabela. 2. Wyniki pomiarów parametrów elektrycznych LISN.

Wielkość	Wartość
Napięcie ustawione na zasilaczu [V]	29,10
Napięcie zmierzone na wejściu LISN [V]	28,57
Napięcie zmierzone na wyjściu LISN [V]	27,65
Spadek napięcia na LISN [V]	0,92
Prąd wyjściowy zasilacza [A]	4,99
Prąd wyjściowy LISN [A]	4,73

Analizując powyższą tabelę zauważyć można, że napięcie podłączone do LISN przekraczało 24 V, jednak prąd nie osiągnął zakładanej wartości 5 A. Niższa wartość prądu nie jest jednak zaskakująca, ponieważ deklarowana przez producenta maksymalna wydajność prądowa zastosowanego zasilacza wynosi właśnie 5 A. Zjawiskiem normalnym jest również niewielki spadek napięcia na sztucznej sieci pomiarowej jak i jej prąd wyjściowy mniejszy od prądu wyjściowego zasilacza. Różnica tych wartości wynika z rozproszenia części energii na LISN. Ponadto wskazania z wyświetlaczy zasilacza nie należy traktować jako rzetelnych danych pomiarowych, gdyż nie jest on przyrządem pomiarowym. Jako wiarygodne dane traktować można natomiast wskazania z multimetrów. Przy takiej kombinacji prądów i napięć nie zaobserwowano nadmiernego nagrzewania się LISN ani żadnych innych anomalii w jego działaniu. Można zatem stwierdzić, że prąd i napięcie znamionowe prototypu zgodne jest z założeniami.

## 5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Stabilizator impedancji sieci zasilającej to przyrząd pomiarowy niezbędny do przeprowadzenia znormalizowanych badań kompatybilności elektromagnetycznej. Większość dostępnych na rynku urządzeń to sztuczne sieci pomiarowe typu V, o impedancji  $50 \Omega / 50 \mu\text{H}$ , pracujące w zakresie częstotliwości do 30 MHz. Pozostałe parametry tych urządzeń różnią się w zależności od producenta i nie sposób ustalić tutaj ogólnego trendu.

Zbudowany prototyp stabilizatora impedancji sieci zasilającej jest działającym urządzeniem za pośrednictwem, którego zasilac można inne odbiorniki prądu stałego i sprawdzać zakłócenia jakie wprowadzają do linii zasilającej. Na tym etapie, nie można go jednak nazwać urządzeniem kompletnym i w pełni zweryfikowanym. Z uwagi na brak dostępu do sprzętu o odpowiednich parametrach nie przeprowadzono wszystkich wymaganych badań na prototypie. Wykonano natomiast inne, mniej wymagające testy, które w sposób pośredni wykazały, że większość założeń projektowych została zrealizowana.

Aby prototyp stał się pełnoprawnym urządzeniem, konieczne jest przeprowadzenie dodatkowych badań i przeprojektowanie obwodu w taki sposób, aby wyniki tych badań potwierdzały pełną zgodność z normą PN-EN 55016-1-2. Ciekawym uzupełnieniem takich działań byłyby testy porównawcze z komercyjnymi sztucznymi sieciami pomiarowymi o podobnych parametrach.

## LITERATURA

- [1] PN-EN 55016-1-2. Wymagania dotyczące aparatury pomiarowej i metod pomiaru zaburzeń radioelektrycznych oraz odporności na zaburzenia. – Część 1-2: Aparatura do pomiaru zaburzeń radioelektrycznych i do badań odporności – Układy sprzęgające dla pomiarów zaburzeń przewodzonych.

- [2] PN-EN 55016-2-1. Wymagania dotyczące aparatury pomiarowej i metod pomiaru zaburzeń radioelektrycznych oraz odporności na zaburzenia – Część 2-1: Metody pomiaru zaburzeń i badania odporności – Pomiary zaburzeń przewodzonych.
- [3] Nizioł M., Sabat W., Modelowanie sztucznej sieci do pomiaru zaburzeń elektromagnetycznych przewodzonych w zakresie częstotliwości 150 kHz – 30 MHz, *Przegląd Elektrotechniczny*, 2019, vol. 95, nr 12, pp. 75-80.
- [4] Ruszel P., Sieć sztuczna elementem toru pomiarowego, *Pomiary Automatyka Kontrola*, 2007, vol. 53, nr 10, pp. 25-28.
- [5] Charoy A., Zakłócenia w urządzeniach elektronicznych. Zasady i porady instalacyjne, cz. 1, z serii: Kompatybilność elektromagnetyczna, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1999.
- [6] Bogusz J., Zanim zapłacisz za badana kompatybilności, *Elektronika Praktyczna*, 2010, nr 4, pp. 92-95.
- [7] Izydorczyk J., Konopacki J., Filtry analogowe i cyfrowe, Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, Gliwice, 2003.
- [8] Missala T., Wymagania zasadnicze i zasady oceny zgodności wyrobów wynikające z przepisów wprowadzających dyrektywę EMC (89/336/EWG), *Bezpieczeństwo pracy: nauka i praktyka*, 2004, vol. 3, pp. 16-19.
- [9] Missala T., Ocena zgodności EMC – nowa dyrektywa, nowe normy, *Zeszyty Naukowe. Elektryka*, Politechnika Łódzka, 2005, vol. 103, pp. 9-16.
- [10] Kołodziejcki J.F., Normy dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej EMC, *Elektronik*, 2021, nr 4/2021, pp. 56-62.
- [11] Machczyński W., Wprowadzenie do kompatybilności elektromagnetycznej, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2010.
- [12] Więckowski T.W., Badania kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń elektrycznych i elektronicznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2001.
- [13] Wheeler H.A., Simple Inductance Formulas for Radio Coils, *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, 1928, vol. 16, nr 10, pp. 1398-1400.
- [14] Ziembicki J., Dławiki w obwodach zasilania, *Elektronika Praktyczna*, 2021, nr 1, pp. 74-77.
- [15] Czechowski N., Obwody drukowane. Płytki PCB o zwykłych i niezwykłych zastosowaniach, *Elektronika Praktyczna*, 2020, nr 10, pp 97-101.
- [16] Doliński J., Pomiary widma klasycznymi analizatorami przemiatającymi i analizatorami z cyfrową p.cz., cz.3, *Elektronik*, 2014, nr 6/2014, pp. 66-68.
- [17] Górny M., Nowe analizatory serii RSA500 i RSA600, *Elektronika Praktyczna*, 2016, nr 5, pp. 82-83.
- [18] <http://www.flexautomotive.net/EMCFLEXBLOG/post/2015/09/14/lisn-line-impedance-stabilization-network-or-an-artificial-network> [dostęp: 13.05.2023]
- [19] [https://www.tekbox.com/product/LISN\\_Basics\\_and\\_Overview.pdf](https://www.tekbox.com/product/LISN_Basics_and_Overview.pdf) [dostęp: 13.05.2023].
- [20] <https://centrumdruku3d.pl/technologie-fdm-rozdzial-1-co-to-jest-i-na-czym-polega/> [dostęp: 13.05.2023].
- [21] <https://www.youtube.com/watch?v=OEvkRW5vZNA&t=2s> [dostęp: 13.05.2023].

## DESIGN OF THE LINE IMPEDANCE STABILIZATION NETWORK

The article discusses devices called power supply impedance stabilizers, which are one of the measuring instruments necessary in electromagnetic compatibility tests. The first part of the work introduces the topic of artificial measurement networks. It presents the principle of operation of the power supply network impedance stabilizer and the current state of knowledge about these devices. The second part of the work contains a description of the prototype design of a single-line impedance stabilizer for the power supply network and the subsequent stages of its physical implementation. The last part of the work is devoted to considerations regarding methods of verifying the correct operation of the constructed device and its compliance with the design assumptions.

*(Received: 08.11.2023, revised: 20.11.2023)*