

Stanowisko laboratoryjne do automatycznego pomiaru wybranych charakterystyk przetwornic DC/DC oraz liniowych stabilizatorów napięcia

Streszczenie. W pracy przedstawiono stanowisko laboratoryjne do badania przetwornic DC/DC. Podstawowymi elementami stanowiska są komputer z autorskim oprogramowaniem oraz przyrządy programowalne. W artykule przedstawiono możliwości wykonanego oprogramowania oraz wyniki badań przykładowych układów przetwarzających napięcie: impulsowego i liniowego.

Abstract. The paper presents a laboratory stand for testing DC/DC converters. The basic elements of stand are computer with original software and programmable instruments. In article presented possibilities of done software and test results of example voltage converting systems: impulse and linear. (*Laboratory stand for automatic measurement of selected characteristics of DC/DC converters and linear voltage regulator*).

Słowa kluczowe: Pomiary automatyczne, przetwornica DC/DC, liniowy stabilizator napięcia, SCPI

Keywords: Automatic measurement, DC/DC converter, linear voltage regulator, SCPI

Wstęp

Obecnie większość pomiarów przeprowadzana jest w sposób automatyczny z wykorzystaniem aparatury zdalnie sterowanej. Takie podejście pozwala w znacznie krótszym czasie zrealizować pomiary, wyeliminować błędy odczytu, oraz często wykonać badania, które są niemożliwe do zrealizowania przez człowieka w tradycyjny sposób. Automatyzacja staje się wręcz niezbędna gdy:

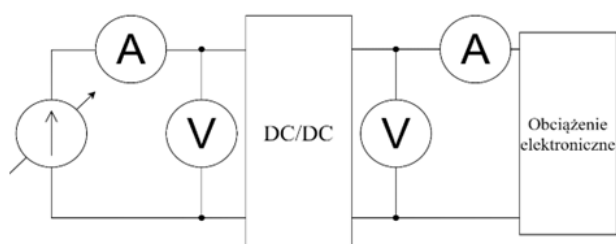
- kluczowym aspektem jest zapewnienie stałego kroku czasowego pomiędzy pomiarami,
- pomiary muszą być wykonywane bardzo szybko,
- badane obiekty są rozmieszczone w znacznych odległościach od siebie,
- liczba wykorzystywanych przyrządów pomiarowych jest bardzo duża.

Współcześnie produkowane przyrządy pomiarowe są bardzo często wyposażone w co najmniej jeden system interfejsu umożliwiający komunikację z komputerem ogólnego przeznaczenia lub sterownikiem mikroprocesorowym. Najczęściej spotykanymi są: RS-232, GPIB, USB i LAN [1,2].

W pracy przedstawiono stanowisko laboratoryjne umożliwiające przeprowadzenie pomiarów wybranych charakterystyk przetwornic DC/DC oraz liniowych stabilizatorów napięcia z wykorzystaniem aparatury zdalnie sterowanej. Dodatkowo zaprezentowano w pracy wyniki pomiarów wybranych układów.

Stanowisko pomiarowe

Na rysunku 1 przedstawiono schemat układu pomiarowego. Na schemacie nie uwzględniono komputera sterującego przyrządami pomiarowymi.



Rys.1. Schemat układu pomiarowego

W skład stanowiska laboratoryjnego wchodzi następujące przyrządy pomiarowe:

- zasilacz DSP-050-030HDB firmy IDRC,
- 4 multimetry 34461A firmy Keysight,
- obciążenie elektroniczne PPL-8613C3 firmy Twintex.

Multimetry pełnią rolę odpowiednio:

- woltomierza do pomiaru napięcia wejściowego,
- amperomierza do pomiaru prądu wejściowego,
- woltomierza do pomiaru napięcia wyjściowego,
- amperomierza do pomiaru prądu wyjściowego.

Podczas pomiarów wykorzystywany jest tryb pracy obciążenia elektronicznego CC (*ang. constant current*), zapewniający uzyskanie stałej wartości prądu na wyjściu badanego układu. Komunikacja z przyrządami jest realizowana za pośrednictwem komend sterujących SCPI oraz autorskiego programu. Przed przystąpieniem do pomiarów należy ustawić w oprogramowaniu odpowiedni adres VISA, przyporządkowany do każdego przyrządu pomiarowego. Oprogramowanie sterująco-pomiarowe zostało napisane w środowisku MATLAB z wykorzystaniem wbudowanego narzędzia App Designer, które umożliwia zaprojektowanie i wykonanie graficznego interfejsu użytkownika. Wykonana aplikacja umożliwia przeprowadzenie następujących badań:

- wyznaczenie zależności między sprawnością energetyczną przetwornicy a prądem wyjściowym przy ustalonym napięciu zasilającym,
- wyznaczenie zależności między napięciem wyjściowym a napięciem wejściowym przy ustalonym prądzie wyjściowym,
- wyznaczenie zależności między napięciem wyjściowym a prądem wyjściowym przy ustalonym napięciu zasilającym.

Program umożliwia naniesienie kilku krzywych w jednym układzie współrzędnych. Na podstawie powyższych charakterystyk możemy wyznaczyć wiele parametrów układu badanego, m.in.: minimalne napięcie wejściowe, maksymalną sprawność energetyczną, współczynnik stabilizacji napięcia, maksymalny prąd wyjściowy. Oprogramowanie umożliwia zapisanie oraz odczyt wyników pomiarów w formacie CSV. Widok stanowiska laboratoryjnego przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Stanowisko pomiarowe do badania przetwornic DC/DC oraz liniowych stabilizatorów napięcia

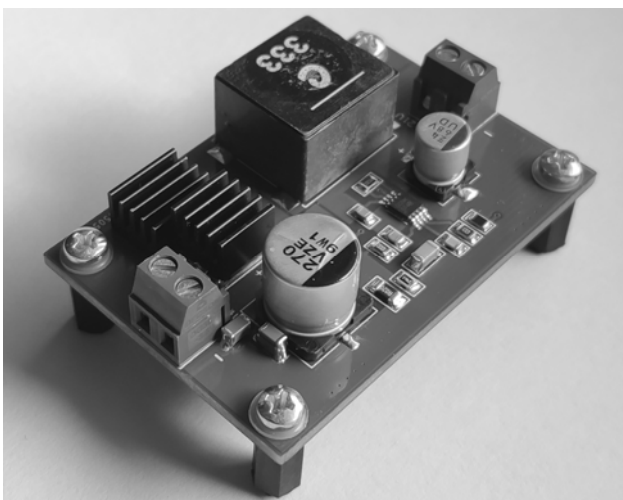
Badane układy

W ramach badań przeprowadzone zostały pomiary dwóch układów przeznaczonych do konwersji i stabilizacji napięcia wyjściowego: impulsowego oraz liniowego. Podstawową zaletą układów impulsowych jest wysoka sprawność energetyczna nawet przy dużych różnicach między napięciem wejściowym a wyjściowym. Mogą one również, w przeciwieństwie do układów liniowych zwiększać wartość napięcia. Wadą natomiast są wysokie tętnienia napięcia występujące na wyjściu układu[3].

Badanym układem impulsowym była przetwornica DC/DC podwyższająca napięcie, która została zaprojektowana i wykonana przez dyplomanta autora artykułu w ramach realizacji pracy inżynierskiej. Cechuje się ona następującymi parametrami:

- dopuszczalny zakres zmian napięcia wejściowego: 15-21 VDC,
- maksymalny prąd wyjściowy: 3 A,
- napięcie wyjściowe: 24 V,
- sprawność: >90%,
- częstotliwość pracy: ok. 200 kHz.

Przetwornica została zaprojektowana pod kątem zasilania wzmacniacza akustycznego (pracującego w klasie D) z pakietu ogniw Li-Ion 5S2P. Istotnym aspektem było uzyskanie bardzo wysokiej sprawności. Im wyższa wartość tego parametru tym dłuższy czas pracy wzmacniacza. Widok badanego układu przedstawiono na rysunku 3.

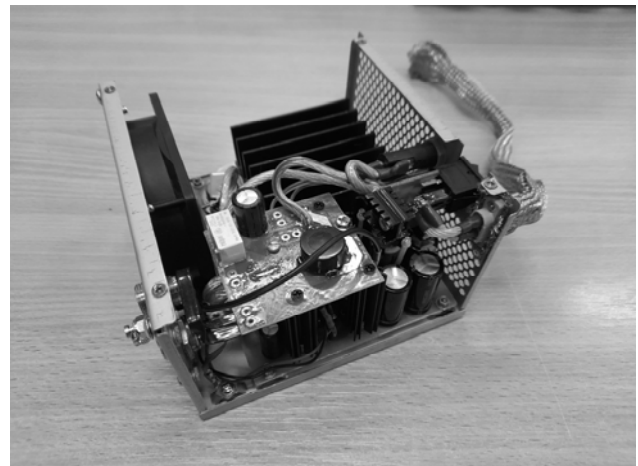


Rys.3. Badana przetwornica DC/DC

Badanym układem liniowym był stabilizator napięcia. Został on zaprojektowany i skonstruowany do zasilania wybranych elementów wstępnej wersji miernika wysokomocowych impulsów elektromagnetycznych HPM [4]. W związku z tym, iż układ stanowił element urządzenia pomiarowego, podstawowym wymaganiem było zapewnienie wysokiej jakości sygnału wyjściowego. Układ ten charakteryzuje się następującymi parametrami:

- dopuszczalny zakres zmian napięcia wejściowego: 20- 25 VDC,
- maksymalny prąd wyjściowy: 4,5 A,
- napięcie wyjściowe: 12 V.

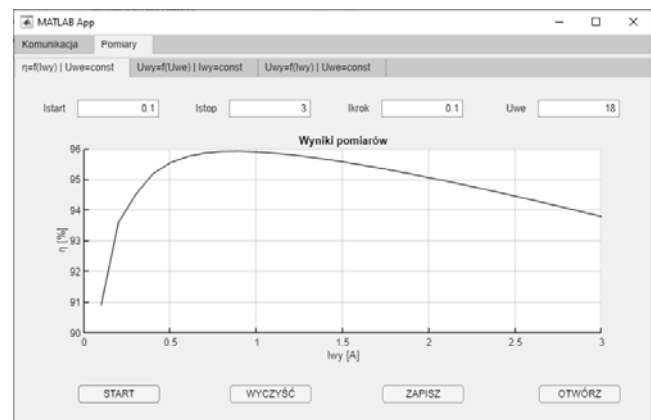
Widok stabilizatora napięcia przedstawiono na rysunku 4.



Rys.4. Badany liniowy stabilizator napięcia

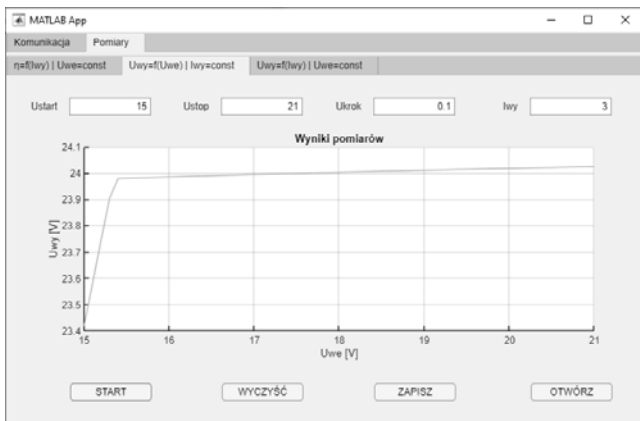
Wyniki badań przetwornicy DC/DC

W pracy przedstawiono przykładowe charakterystyki, które możemy uzyskać za pomocą autorskiego oprogramowania. Na rysunku 5 przedstawiono charakterystykę zależności między sprawnością przetwornicy DC/DC a prądem wyjściowym przy ustalonym napięciu wejściowym. Pomiary wykonano w zakresie prądu od 0,1 A do 3 A z krokiem 0,1 A dla napięcia wejściowego 18 V.



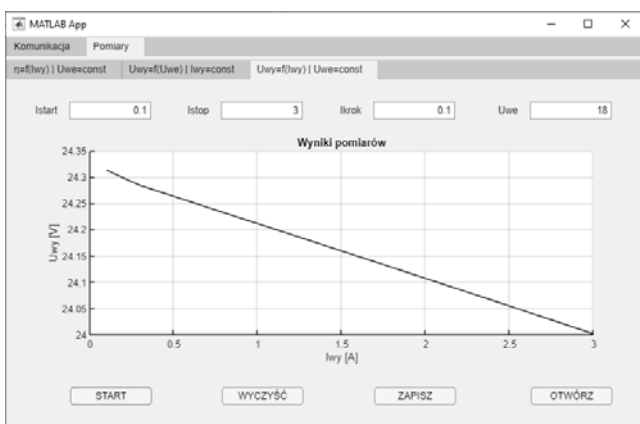
Rys.5. Wyniki pomiarów sprawności przetwornicy DC/DC w funkcji prądu wyjściowego

Na rysunku 6 przedstawiono charakterystykę zależności między napięciem wyjściowym przetwornicy DC/DC a napięciem wejściowym przy ustalonym prądzie wyjściowym. Pomiary wykonano w zakresie napięcia wejściowego od 15 V do 21 V z krokiem 0,1 V dla prądu wyjściowego 3 A.



Rys.6. Wyniki pomiarów napięcia wyjściowego przetwornicy DC/DC w funkcji napięcia wejściowego

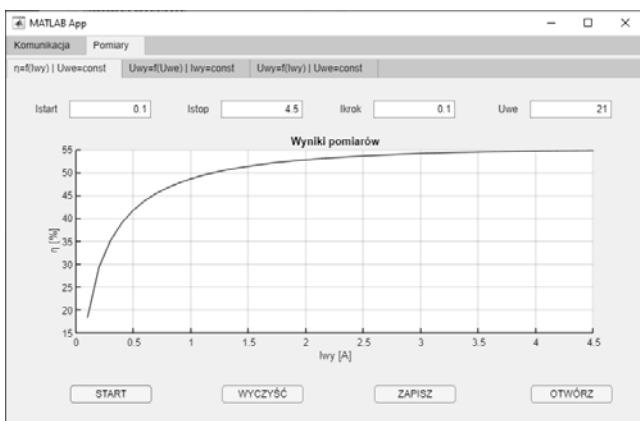
Na rysunku 7 przedstawiono charakterystykę zależności między napięciem wyjściowym przetwornicy DC/DC a prądem wyjściowym przy ustalonym napięciu wejściowym. Pomiary wykonano w zakresie prądu od 0,1 A do 3 A z krokiem 0,1 A dla napięcia wejściowego 18 V.



Rys.7. Wyniki pomiarów napięcia wyjściowego przetwornicy DC/DC w funkcji prądu wyjściowego

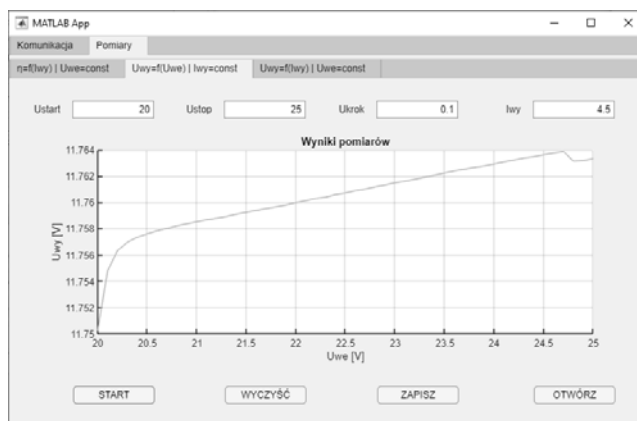
Wyniki badań liniowego stabilizatora napięcia

Na rysunku 8 przedstawiono charakterystykę zależności między sprawnością stabilizatora a prądem wyjściowym przy ustalonym napięciu wejściowym. Pomiary wykonano w zakresie prądu od 0,1 A do 4,5 A z krokiem 0,1 A dla napięcia wejściowego 21 V.



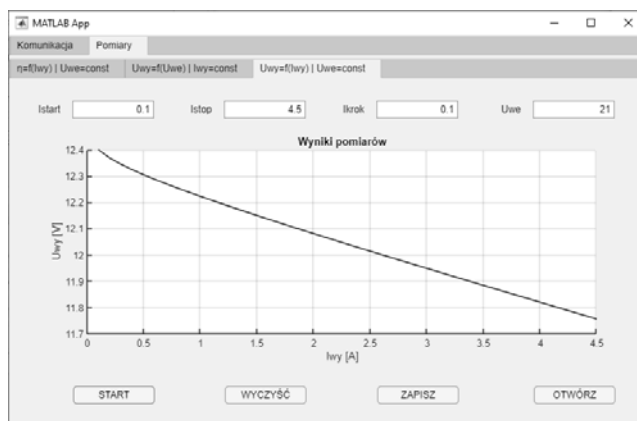
Rys.8. Wyniki pomiarów sprawności stabilizatora w funkcji prądu wyjściowego

Na rysunku 9 przedstawiono charakterystykę zależności między napięciem wyjściowym stabilizatora a napięciem wejściowym przy ustalonym prądzie wyjściowym. Pomiary wykonano w zakresie napięcia wejściowego od 20 V do 25 V z krokiem 0,1 V dla prądu wyjściowego 4,5 A.



Rys.9. Wyniki pomiarów napięcia wyjściowego stabilizatora w funkcji napięcia wejściowego

Na rysunku 10 przedstawiono charakterystykę zależności między napięciem wyjściowym stabilizatora a prądem wyjściowym przy ustalonym napięciu wejściowym. Pomiary wykonano w zakresie prądu od 0,1 A do 4,5 A z krokiem 0,1 A dla napięcia wejściowego 21 V.



Rys.10. Wyniki pomiarów napięcia wyjściowego stabilizatora w funkcji prądu wyjściowego

Podsumowanie

W pracy przedstawiono uniwersalne stanowisko laboratoryjne do pomiarów wybranych charakterystyk przetwornic DC/DC oraz liniowych stabilizatorów napięcia. Na podstawie otrzymanych charakterystyk możemy ocenić czy badany układ może być predestynowany do zasilania docelowego urządzenia.

Maksymalna sprawność przetwornicy napięcia DC/DC wynosi ok. 96%, natomiast w przypadku stabilizatora napięcia jest równa zaledwie ok. 55%. Dodatkowo możemy stwierdzić, że w przypadku układu liniowego sprawność energetyczna jest silnie zależna od prądu wyjściowego. Znajomość charakterystyki sprawności umożliwi nam dokonanie modyfikacji w układzie konwersji energii pod kątem ograniczenia strat, które powodują wydzielanie się niepożądanego ciepła. Z charakterystyk zawartych w pracy wynika również, że oba układy poprawnie pracują w zadeklarowanym przedziale zmian napięcia wejściowego oraz prądu wyjściowego.

Wykonane stanowisko jest rozwojowe. Na podstawie realizowanych pomiarów możemy rozbudować oprogramowanie o prezentację innych zależności funkcyjnych np. przedstawić zmiany prądu wejściowego w funkcji prądu wyjściowego. Możliwe jest również wykorzystanie trybów pracy obciążenia takich jak CR (*ang. constant resistance*) lub CP (*ang. constant power*).

Praca została dofinansowana przez Wojskową Akademię Techniczną w ramach projektu nr UGB 737.

Autorzy: dr inż. Rafał Białek, Wojskowa Akademia Techniczna, Instytut Systemów Elektronicznych, ul. Gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, E-mail: rafal.bialek@wat.edu.pl.

LITERATURA

- [1] Jakubowski J. I inni, Miernictwo elektroniczne. Laboratorium, WAT, Warszawa 2016
- [2] Nawrocki W., Rozproszone systemy pomiarowe, WKŁ Warszawa 2006
- [3] K. O. Yu, R. Jossel Mindoro Maestro and M. T. G. De Leon, A Study on the Effectiveness of Using a Hybrid Topology in Improving the Power Efficiency and Voltage Regulation over a Wide Input Range of DC-DC Converters, TENCON 2018 - 2018 IEEE Region 10 Conference, 2018, pp. 2104-2109
- [4] Jakubowski J.; Kuchta M.; Kubacki R. D-Dot Sensor Response Improvement in the Evaluation of High-Power Microwave Pulses. Electronics 2021, 10, 123