

Konrad Krzysztozek, Dariusz Podsiadły, Tomasz Kijewski

Stanowisko laboratoryjne do badania elementów i układów regulacji automatycznej

JEL: I23 DOI: 10.24136/atest.2019.243
Data zgłoszenia: 28.01.2020 Data akceptacji: 10.02.2020

Artykuł jest prezentacją stanowiska laboratoryjnego umożliwiającego modelowanie i badanie własności dynamicznych, elementów i układów regulacji automatycznej. Stanowisko zostało wykonane przez studentów, jako praca dyplomowa, pod kierunkiem pracowników Katedry Automatyki i Inżynierii Pomiarowej, Wydziału Transportu, Elektrotechniki i Informatyki, Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu. Jest wykorzystywane do zajęć laboratoryjnych z przedmiotu Podstawy Automatyki.

Słowa kluczowe: automatyka, liniowy układ regulacji, wzmacniacz operacyjny.

Wstęp

Automatyka to dziedzina nauki i techniki zajmująca się analizą i modelowaniem matematycznym obiektów i układów o różnym charakterze, takich jak układy elektryczne, mechaniczne, mechatroniczne, hydrauliczne lub pneumatyczne.

Głównym celem prowadzenia zajęć laboratoryjnych z przedmiotu „Podstawy automatyki” jest zrozumienie przez studenta istoty problemu, bez wchodzenia w szczegóły dotyczące struktury, technologii i działania poszczególnych elementów i układów. Dlatego też stanowiska laboratoryjne stają się bardzo pomocne w poznawaniu wiedzy.

Przedstawione w artykule stanowisko laboratoryjne umożliwia modelowanie i badanie własności dynamicznych liniowych elementów i układów regulacji automatycznej. Służy do celów dydaktycznych i pozwala sprawdzić lub zweryfikować wiedzę w zakresie:

- podstaw automatyki
- podstaw elektroniki
- podstaw techniki cyfrowej
- podstaw techniki analogowej
- umiejętności obsługi podstawowych urządzeń pomiarowych
- umiejętności modelowania podstawowych układów automatyki
- możliwość porównywania otrzymanych wyników z rezultatami symulacji programów komputerowych
- umiejętności czytania dokumentacji technicznej.

Budowa i koncepcja prezentowanego stanowiska laboratoryjnego zakłada maksymalną prostotę użytkowania i obsługi, przy jednoczesnym maksymalnym wykorzystaniu jego cech, podczas przeprowadzania ćwiczeń laboratoryjnych. Czytelność i przejrzystość rozmieszczenia modułów pomiarowych na płycie czołowej ogranicza możliwość popełnienia błędów podczas modelowania układów pomiarowych.

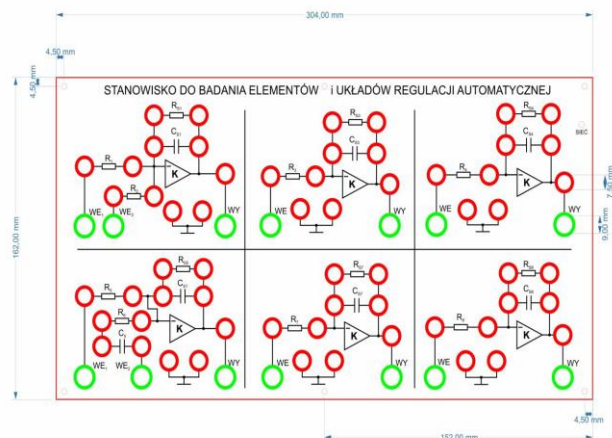
Przyjęte zostały założenia projektowe:

- mobilność

- łatwość instalacji i uruchomienia
- trwałość konstrukcji
- bezpieczeństwo pracy
- ergonomia.

1. Opis stanowiska laboratoryjnego

Na rysunku 1 pokazana jest płyta czołowa stanowiska do modelowania i badania elementów i układów regulacji automatycznej.

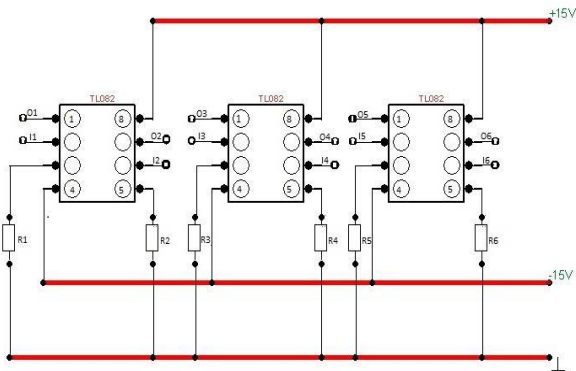


Rys. 1. Płyta czołowa stanowiska laboratoryjnego [2]

Aluminiowa obudowa zapewnia znaczną trwałość mechaniczną i odporność na uszkodzenia, ułatwia przechowywanie urządzenia, a jego właściwości ekranujące poprawiają odporność na wszelkie zakłócenia.

W celu uproszczenia układu elektronicznego zastosowano dwukanałowe wzmacniacze operacyjne firmy Texas Instruments TL082 BCD. Trzy wzmacniacze operacyjne w obudowie typu DIP8, zamontowano w podstawkach, dla łatwiejszego montażu i lepszego serwisowania.

Obsługują one sześć modułów stanowiska laboratoryjnego, połączonych według schematu (rysunek 2.). Wejścia nieodwracające podłączono do masy rezystorami R1 do R6 o rezystancji 10kΩ w celu zrównoważenia obciążenia wejścia odwracającego. Do połączenia z płytą pulpituową zastosowano przewody ekranowane o możliwie najkrótszej długości dla zmniejszenia możliwości powstania niepożądanych zakłóceń. Punkt masowy został zlutowany jednym przewodem do wszystkich gniazd na płycie i połączony ze wspólną masą układu. Masę gniazd połączono drutem ze srebra dla lepszego kontaktu. Zastosowano przewody zasilania o średnicy 0,5 mm².

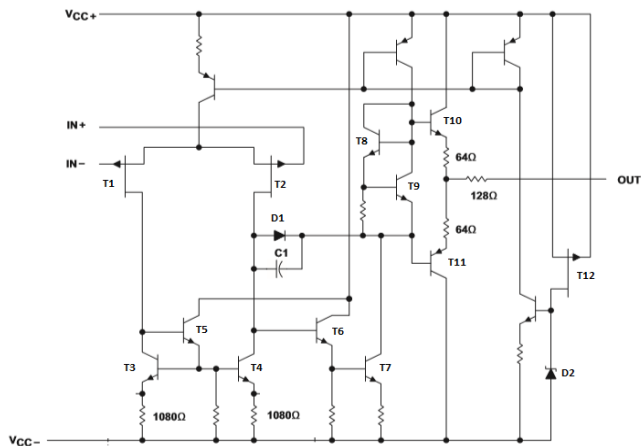


Rys. 2. Schemat elektryczny układu [2]

Ważnym, elementem stanowiska są wzmacniacze operacyjne TL082BCD. Zastosowano układ z serii BCD o podwyższonych parametrach eksploatacyjnych. Jego podstawowe cechy to:

- pasmo przenoszenia 3 MHz.
- liczba kanałów 2.
- szybkość narastania napięcia 13V/μs.
- wejściowe napięcie niezrównoważenia 5mV.

Układ TL082 to podwójny wzmacniacz operacyjny wykonany w technologii Bi-FET. Jest to konstrukcja oparta na kombinacji tranzystorów bipolarnych i unipolarnych z wewnętrzną kompensacją charakterystyki częstotliwościowej. Zastosowanie tranzystorów unipolarnych dało dobre parametry wejściowe układy jak np. niewielki prąd wejściowy niezrównoważenia oraz wysoki zakres napięcia wejściowego ± 30V. Schemat pojedynczego kanału wzmacniacza operacyjnego przedstawia rysunek 3.



Rys. 3. Schemat pojedynczego wzmacniacza TL082 [2]

Na wejściu wzmacniacza pracują unipolarne tranzystory T1 i T2 z obciążeniem czynnym, które stanowią tranzystory T3, T4, T5. Kondensator C1 określa wewnętrzną kompensację częstotliwości. Tranzystory T6 i T7 tworzą stopień mocy o bardzo dużym wzmocnieniu. Dioda D1 zabezpiecza T6 przed nadmiernym prądem tranzystor, a T7 przed nasyceniem. Tranzystory T10 i T11 to wzmacniacz wyjściowy pracujący w klasie AB z ustalonym punktem pracy przez T8 i T9. Dzielnik rezystancyjny na wyjściu układu (2×64Ω i 128Ω) tworzy zabezpieczenie przeciwzwarciowe. Dioda Zenera D2, tranzystor unipolarny T12 polaryzują odpowiedni prąd wejściowy, drugi stopień wzmacniający i stopień różnicowy.

2. Przykłady zastosowania stanowiska laboratoryjnego

Zaprojektowane i wykonane stanowisko laboratoryjne z wykorzystaniem wzmacniaczy operacyjnych służy do modelowania i badania własności dynamicznych elementów oraz układów liniowych regulacji. Stanowisko to można wykorzystać do celów dydaktycznych dla studentów wszystkich kierunków technicznych na Wydziale Transportu, Elektrotechniki i Informatyki, Uniwersytetu Techniczno- Humanistycznego w Radomiu.

Wykonana praca w pełni potwierdza prawidłowość przyjętych założeń koncepcyjnych i projektowych. Stanowisko zostało przetestowane w Pracowni Automatyki WTEiI.

Potwierdziło możliwość badania własności dynamicznych elementów i układów automatycznej regulacji, a szczególnie:

- wyznaczenie charakterystyk czasowych i częstotliwościowych podstawowych elementów układów regulacji
- modelowanie obiektów statycznych i astatycznych
- modelowanie zamkniętych układów regulacji
- korekcja układów regulacji
- modelowanie prostych regulatorów typu P, PI, PD, PID.

Kompletne stanowiska do wykonywania pomiarów pokazane są na rysunkach 4 i 5.

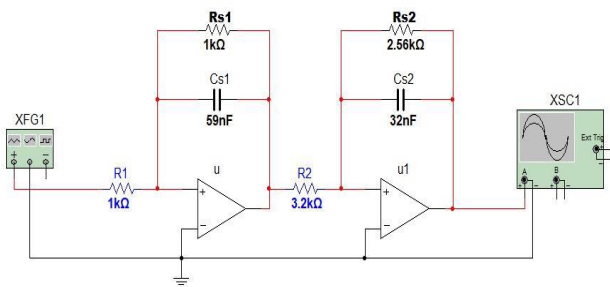


Rys. 4. Widok przykładowego stanowiska pomiarowego [2]



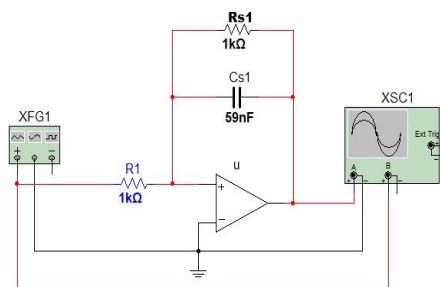
Rys. 5. Widok przykładowego stanowiska pomiarowego (figury Lissajous) [2]

Schemat połączeń dla układu pomiarowego pokazanego na rysunku 4, pokazany jest na rysunku 6.



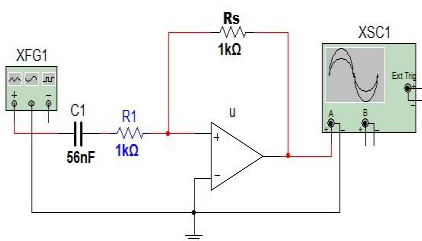
Rys. 6. Schemat połączeń układu pokazanego na rysunku 4. [2]

Schemat połączeń dla układu pomiarowego pokazanego na rysunku 5, pokazany jest na rysunku 7.

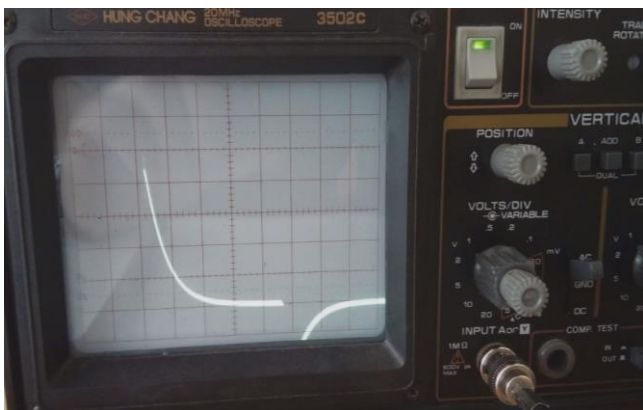


Rys. 7. Schemat połączeń układu pokazanego na rysunku 5. [2]

Na rysunkach 8 i 9 pokazany jest schemat połączeń dla badanego członu różniczkującego rzeczywistego oraz jego odpowiedź czasowa.



Rys. 8. Schemat połączeń dla członu różniczkującego rzeczywistego [2]



Rys. 9. Przebiegi czasowe dla układu pokazanego na rysunku 8. [2]



Rys. 10. Krzywa Lissajous dla częstotliwości 5,08 kHz [2]

Przedstawione przykłady wykorzystania stanowiska laboratoryjnego nie pokazują wszystkich jego możliwości. Uniwersalność stanowiska jest jego dużą zaletą, można na nim modelować między innymi:

- obiekty statyczne i астатyczne
- dokonać doboru nastaw regulatorów metodami Zieglera-Nicholsa
- modelować zamknięte układy regulacji, dobierając bezpośrednie ujemne sprzężenie zwrotne

Stanowisko nie jest urządzeniem zamkniętym, jego konstrukcja pozwala na rozbudowę

w przyszłości i dodanie wbudowanego generatora sygnału oraz przystawki komputerowej do symulowanego oscyloskopu na komputerze PC.

Podsumowanie

Wykonane stanowisko laboratoryjne pozwala studentom na szeroką analizę i weryfikację wiedzy teoretycznej, zdobytej podczas wykładów i zajęć projektowych w zakresie automatyki i teorii sterowania. Studenci pod okiem pracowników katedry, podczas modelowania układów i wykonywania pomiarów, oprócz pogłębiania teorii, zdobywają wiele umiejętności praktycznych jak np.: rysowanie schematów, łączenie obwodów, obsługa przyrządów elektronicznych i mierników.

Bibliografia:

1. Kaczorek T., Dzieliński A., Dąbrowski W., Łopatka R.: *Podstawy teorii sterowania*, WNT, Warszawa 2005
2. Kijewski T.: *Budowa i uruchomienie stanowiska laboratoryjnego do badania elementów i układów regulacji automatycznej*, Praca dyplomowa inżynierska WTiE UTH., Radom 2019
3. Luft M., Krzysztozek K., Podsiadły D.: *Zadania projektowe z teorii sterowania. Część 1. Układy liniowe*, Wyd. II, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2007
4. Luft M., Krzysztozek K., Podsiadły D., Pietruszczak D.: *Zadania projektowe z teorii sterowania. Część II – Układy wielowymiarowe, liniowe układy impulsowe, nieliniowe układy sterowania*, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2007
5. Luft M., Łukasik Z.: *Laboratorium automatyki*, Wyd. V popr., Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2007
6. Luft M., Łukasik Z.: *Podstawy teorii sterowania*, Wyd. IV popr., Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2007
7. Łukasik Z., Kuśmińska A.: *Laboratorium komputerowej symulacji układów automatyki*, Wyd. II, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2005.

Laboratory stand for testing the elements and automatic control systems

The paper presents a laboratory station enabling modelling and testing of linear regulation elements and systems. The station was built by students supervised by employees of the Department of Automatic Control and Measurement Engineering, of the Faculty of Transport, Electrical Engineering and Informatics of the UTH of Radom and is used during laboratory classes of the course in Automatics.

Keywords: automation, linear control system, operational amplifier

Autorzy:

dr inż. Konrad Krzysztozek - Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki UTH Radom, k.krzysztozek@uthrad.pl
mgr inż. Dariusz Podsiadły - Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki UTH Radom, d.podsiadly@uthrad.pl
inż. Tomasz Kijewski – dyplomant - Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki UTH Radom, 2019.