

Aleksander MARSZAŁEK

Uniwersytet Rzeszowski, Polska

Tomasz MAŚ

Zespół Szkół Elektronicznych w Rzeszowie, Polska

Badanie układów polaryzacji tranzystora w kształceniu inżynierów edukacji techniczno-informatycznej

Wstęp

Kierunek studiów edukacja techniczno-informatyczna, będąc pierwszym kierunkiem wielodyscyplinarnym, zajmuje w systemie szkolnictwa wyższego w Polsce szczególne miejsce. Integracja różnych dziedzin techniki na podłożu przygotowania pedagogicznego zainicjowana w 1958/59 r. przez prof. Józefa Pietera uruchomieniem kierunku studiów „wychowanie techniczne” w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Katowicach [Pieter 1985] wyszła naprzeciw żywotnych potrzeb społecznych, umożliwiając uczniom (społeczeństwu) pełniejsze korzystanie z dóbr techniki oraz przyczyniając się do poszerzenia horyzontów myślowych oświatowych decydentów. Działania innowacyjne podjęte wówczas przez nieliczne grono entuzjastów edukacji ogólnotechnicznej – oceniane dzisiaj z perspektywy półwiecza – cechowały się niezwykłą skutecznością i trafnością, rozprzestrzeniając się na kolejne ośrodki akademickie [por. Uździcki 1984; Furmanek 2007]. Nurt łączenia różnych – często odległych – dziedzin wiedzy znajduje obecnie coraz więcej zwolenników i naśladowców, przyczyniając się do powstania takich kierunków studiów, jak: mechatronika, biotechnologia, fizyka techniczna, inżynieria środowiska, inżynieria bezpieczeństwa.

Wszechobecność techniki elektronicznej oraz jej dynamizująca rola w rozwoju innych dyscyplin zadecydowały o wysokiej pozycji elektroniki w treściach kształcenia inżynierów edukacji techniczno-informatycznej. Ranga elektroniki jako przedmiotu studiów z jednej strony nobilituje nauczyciela akademickiego, z drugiej – stawia przed nim wymóg optymalizacji działań ukierunkowanych na dobór treści kształcenia z bardzo rozległej dziedziny wiedzy [Buśko 1982; Marszałek 2013] oraz dobór, a często samodzielne zaprojektowanie i wykonanie środków dydaktycznych.

Obecne zapisy legislacyjne regulujące funkcjonowanie kierunków studiów w postaci krajowych ram kwalifikacji kładą nacisk na efekty kształcenia, które są pochodną sformułowań zawartych w standardach kształcenia, opracowanych przez zespoły kierunkowe, a następnie opiniowanych przez Radę Główną Szkolnictwa Wyższego i zatwierdzonych przez Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego i Nauki [Rozporządzenie... 2011].

Zgodnie ze *Standardami kształcenia dla kierunku studiów edukacja techniczno-informatyczna* w treściach kształcenia z elektroniki na studiach pierwszego stopnia występują zapisy bezpośrednio odnoszące się do przyrządów półprzewodnikowych, układów elektronicznych, jak: zasilacze, wzmacniacze i generatory oraz układów elektroniki cyfrowej [*Standardy kształcenia...* 2007]. W efektach kształcenia wymienia się umiejętności i kompetencje: wykorzystywania znajomości zjawisk elektrycznych i ich zastosowań w technice.

Zgodnie z poziomami kwalifikacji zawodowych inżynier edukacji techniczno-informatycznej powinien sprawować nadzór i organizować pracę osób będących na niższych poziomach kwalifikacji: robotników i techników. Zakres kwalifikacji można zatem uściślić, analizując standardy kwalifikacji zawodowych, opisy zawodu oraz standardy wymagań egzaminacyjnych (dokumentację programową) dla grupy zawodów technicznych i robotniczych (monterskich) [*Informator...* 2012; *Standardy...* 2003]. O ile prace instalacyjne, eksploatacyjne, drobne naprawy charakterystyczne dla utrzymania ruchu wymagają myślenia syntetycznego z dwustanową analizą pracy układu, to konstruowanie, diagnostyka systemów technicznych powinny być oparte na precyzyjnym wnikięciu i analizowaniu zjawisk występujących w elementach i układach elektronicznych.

Powszechnymi zjawiskami modyfikującymi pracę układu elektronicznego są polaryzacja oraz temperatura. Polaryzacja i temperatura wpływają bezpośrednio lub pośrednio na stan pracy elementów, a ich zmiany w większości przypadków destabilizują funkcjonowanie urządzeń elektronicznych, w budowie których powszechnie stosuje się struktury bipolarne, krzemowe [Szmidt, Werbowy 2010].

Przedstawione uwarunkowania wyłoniły potrzebę skonstruowania w Zakładzie Dydaktyki Elektroniki Uniwersytetu Rzeszowskiego stanowiska do badań układów polaryzacji i stabilizacji pracy tranzystora bipolarnego.

1. Założenia teoretyczne układu polaryzacji tranzystora

Układy polaryzacji służą do wymuszania w tranzystorach prądów i napięć, zgodnych z wybranym punktem pracy, określonym przez spoczynkowy prąd kolektora oraz napięcie między kolektorem i emiterem. Układy te powinny również zapewniać możliwie dużą, mało zależną od parametrów tranzystora stałość punktu pracy. Od punktu pracy zależą parametry układu, takie jak: wzmożnienie, moc wyjściowa, impedancja wejściowa i wyjściowa, poziom szumów, zniekształcenia nieliniowe. Optymalny dobór punktu pracy i zapewnienie jego stałości w czasie jest podstawowym etapem projektowania każdego układu elektronicznego [por. Filipkowski 2003: 97; Stanclik 2007: 25].

Punkt pracy w danym układzie może ulegać zmianie pod wpływem czynników zewnętrznych (temperatura), z powodu wymiany tranzystora (wymiana tranzystora na taki sam, lecz o innej β) oraz z powodu zmian parametrów tranzystora w czasie (starzenie się elementów).

Zmienność temperatury może być rezultatem zmian temperatury otoczenia lub wydzielania się ciepła na złączach tranzystora w wyniku strat mocy. Niestabilność punktu pracy może doprowadzić do zniszczenia tranzystora, a wynika przede wszystkim ze zmienności temperaturowej prądu zerowego I_{CBO} , napięcia złącza baza-emiter U_{BE} oraz wzmocnienia prądowego β .

Obecnie do polaryzacji tranzystorów bipolarnych, we wzmacniaczach budowanych z użyciem elementów dyskretnych, najczęściej stosuje się układ z rezystancyjnym dzielnikiem napięcia w obwodzie bazy i rezystorem emiterowym (zwany także układem potencjometrycznym ze sprzężeniem emiterowym). Często stosuje się również nieliniowe układy polaryzacji i stabilizacji punktu pracy, zawierające takie elementy, jak termistory, diody warstwowe, diody stabilizacyjne i tranzystory bipolarnie.

2. Założenia projektowe stanowiska do badań układu polaryzacji i stabilizacji temperaturowej punktu pracy

Poszukiwanie rozwiązania stanowiska do badań układów polaryzacji i stabilizacji pracy tranzystora bipolarnego rozpoczęto od analizy literatury przedmiotu. Równolegle podjęto działania orientacyjne i analityczne zestawów laboratoryjnych istniejących, które znajdują zastosowanie w szkołach średnich zawodowych i na uczelniach wyższych. Ogółem przeanalizowano budowę i funkcjonowanie trzech stanowisk wykorzystywanych na zajęciach laboratoryjnych w szkołach średnich oraz pięć – na wyższych uczelniach, z których utworzono systematykę rozwiązań istniejących F. Zwickiego [1969].

Na bazie ogólnych kryteriów oceny wytworów [Cholewicka-Goździk 1984; Zajac 1988] sklasyfikowano i doprecyzowano szczegółowe wymagania (kryteria) konstruktorskie, wytwórcze i użytkowe.

Projektowane stanowisko do badania układów polaryzacji i stabilizacji punktu pracy tranzystora powinno spełniać następujące wymagania konstruktorskie i wytwórcze:

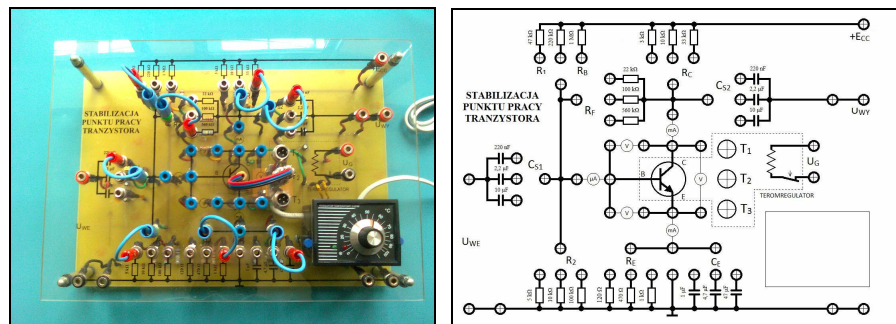
- prostota konstrukcji – powszechnie wykorzystywane materiały konstrukcyjne, elementy elektroniczne oraz łączniki;
- niezawodność działania (połączenia stałe – lutowane, inne – zaciskowe, standardowe);
- łatwość wykonania;
- uniwersalność – możliwość realizacji połączeń różnych układów polaryzacji i stabilizacji temperaturowej punktu pracy tranzystora;
- dostępność elementów elektronicznych do demontażu i wymiany;
- płynność regulacji temperatury tranzystorów, w konkretnym układzie polaryzacji i stabilizacji punktu pracy;
- trwałość – obudowa zestawu powinna zabezpieczać elementy elektroniczne i połączenia przed uszkodzeniami mechanicznymi, elementy, połączenia powinny pracować bezusterkowo przez długi czas.

Stanowisko do badania układów polaryzacji i stabilizacji punktu pracy tranzystora powinno spełniać również następujące wymagania użytkowe:

- pogłębliwość – elementy, ścieżki połączeń, łączniki, symbole elementów powinny być widoczne;
- zgodność umiejscowienia elementów ze schematem ideowym układu;
- łatwość przeprowadzenia montażu, demontażu różnych układów polaryzacji i stabilizacji punktu pracy tranzystora;
- łatwość podłączenia przyrządów laboratoryjnych;
- możliwość pomiaru parametrów i zdejmowania charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych, statycznych oraz zależności współczynnika zniekształceń nieliniowych od napięcia wejściowego i temperatury;
- łatwość regulacji i pomiaru temperatury;
- bezpieczeństwo użytkowania – bezpieczeństwo elektryczne, zabezpieczenie elementów o wysokiej temperaturze;
- wielostronność aktywizacji wykonujących doświadczenia;
- możliwość i łatwość modelowania badanych układów poprzez zmianę wartości elementów biernych;
- kompletność instrukcji;
- komunikatywność instrukcji;
- estetyka wykonania.

3. Opis stanowiska

Na płycie czołowej, wykonanej ze szkła organicznego (pleksy) (fot. 1), znajduje się uniwersalny układ pomiarowy z gniazdami „bananowymi”, termoregulatorem elektronicznym oraz trzema gniazdami męskimi (złącza C01) połączonymi za pomocą taśmy przewodowej z trzema tranzystorami znajdującymi się pod płytą.



Fot. 1. Stanowisko do badania układów polaryzacji i stabilizacji punktu pracy tranzystora: a) widok zestawu; b) schemat na płycie głównej

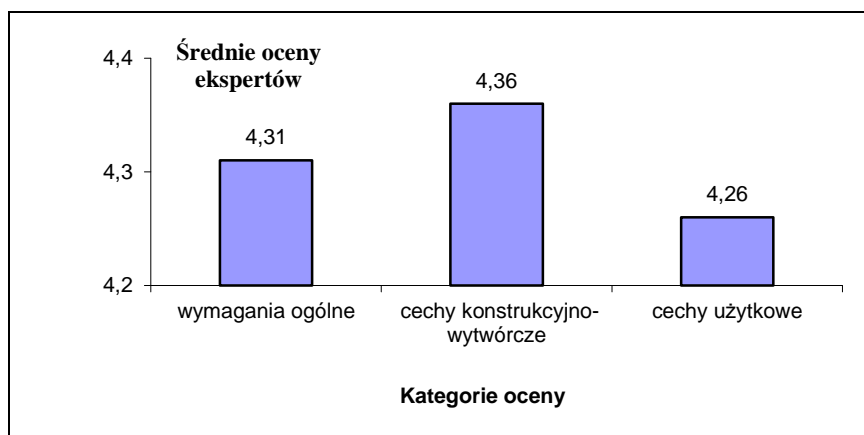
Trzy tranzystory typu BC 107 o różnych wartościach współczynnika wzmocnienia prądowego β umieszczono w otworach aluminiowej płytki grzewczej o rozmiarach 37 mm x 30 mm x 10 mm.

Wybór wartości temperatury od 0 do 110°C polega na ustawieniu pokrętki termoelementu na żadaną wartość i odczekaniu do momentu zgaśnięcia czerwonej diody LED. Wygląd ścieżek na płycie drukowanej odpowiada schematowi ideowemu. Zarówno topologia połączeń, jak i szerokość ścieżek oraz wielkość elementów biernych są podyktowane względami dydaktycznymi.

Przez zmianę układów polaryzacji i stabilizacji punktu pracy tranzystora, zmianę tranzystora na taki sam, ale o innym współczynniku wzmocnienia prądowego, płynną zmianę temperatury, w której przeprowadza się pomiary, a wreszcie zmianę wartości elementów biernych wzmacniaczy, tj. R_1 , R_2 , R_C , R_B , R_E , R_F , C_{S1} , C_{S2} , C_E , zaprezentowany zestaw pomiarowy umożliwia bardzo głęboką analizę budowy, działania i wpływu różnych czynników destabilizujących (temperatura, wymiana tranzystora o innym współczynniku β , starzenie się elementów oraz zmiana napięcia zasilania) na parametry tranzystora i wzmacniacza.

4. Ocena stanowiska

Zaprojektowane i skonstruowane przez nas stanowisko zostało poddane ocenie sześciuosobowego grona sędziów kompetentnych. Do zespołu ewaluacyjnego pozyskano osoby o co najmniej 5-letnim stażu pracy nauczyciela elektroniki oraz o znaczącym doświadczeniu w projektowaniu i konstruowaniu technicznych środków kształcenia w zakresie elektroniki.



Rys. 1. Średnie oceny ekspertów z danej kategorii oceny

Po wstępnym zapoznaniu się z zestawem laboratoryjnym i wykonaniu założonych w instrukcji ćwiczeń poproszono ekspertów o wypowiedzenie się na temat jego jakości przez wypełnienie skonstruowanego przez autorów artykułu

arkusza oceny. W arkuszu oceny środka dydaktycznego zamieszczono 7 kryteriów konstrukcyjno-wytwórczych i 12 kryteriów użytkowych zgodnych z wypracowanymi wymaganiami, które oceniono w skali 1 do 5.

Eksperti bardzo wysoko ocenili walory konstrukcyjne i użytkowe zestawu laboratoryjnego (rys. 1). Średnia ogólnej oceny ekspertów wyniosła 4,31 pkt. Cechy konstrukcyjno-wytwórcze zestawu oceniono na 4,36 pkt, natomiast cechy użytkowe na 4,26 pkt. Najwyżej oceniono uniwersalność, dostępność oraz estetykę stanowiska – po 4,83 pkt. Najniżej, lecz stosunkowo wysoko, sędziowie kompetentni ocenili łatwość modelowania przez zmianę wartości rezystancji oraz łatwość przeprowadzenia montażu, demontażu – odpowiednio 3,33 i 3,50 pkt.

Zakończenie

Znajomość układów polaryzacji oraz wpływu temperatury na pracę tranzystora zawiera w sobie bardzo duży potencjał poznawczy. Zapewnienie odpowiedniej polaryzacji oraz stabilizacji punktu pracy tranzystora jest wymogiem poprawnego działania układu, niezależnym od umiejscowienia punktu pracy w poszczególnych obszarach funkcjonowania: nasycenia, aktywnym, odcięcia i inwersji, a w konsekwencji uwzględnienia specyfiki pracy tranzystora w układach analogowych lub cyfrowych.

Włączenie problematyki polaryzacji i stabilizacji temperaturowej do treści i procesu kształcenia studentów kierunku edukacja techniczno-informatyczna w ramach zajęć wykładowych, laboratoryjnych i konstruktorskich pozwala tworzyć zadania zawodowe angażujące cały potencjał intelektualny, manualny i emocjonalno-motywacyjny przyszłego pracownika – inżyniera edukacji techniczno-informatycznej [por. Nowacki 1999].

Literatura

- Buśko B. (1982), *Vademecum zastosowania elektroniki*, Warszawa.
- Cholewicka-Goździk K. (1984), *Kompleksowa ocena jakości*, Warszawa.
- Filipkowski A. (2003), *Układy elektroniczne analogowe i cyfrowe*, Warszawa.
- Furmanek W. (2007), *Jutro edukacji technicznej*, Warszawa.
- Informator o egzaminie potwierdzającym kwalifikacje* (2012), Warszawa.
- Marszałek A. (2013), *Elektronika*, Rzeszów.
- Nowacki T. (1999), *Zawodownawstwo*, Radom.
- Pieter J. (1985), *Szkice autobiograficzne*, Katowice.
- Rozporządzenie MNiSW w sprawie Krajowych Ram Kwalifikacji dla Szkolnictwa Wyższego (DzU z 2011 r., nr 253, poz. 1520).
- Stanclik J. (2007), *Projektowanie układów elektronicznych. Układy zasilania tranzystorów bipolarnych*, Jelenia Góra.
- Standardy kwalifikacji zawodowych* (2003), MGPIPS, Warszawa.
- Standardy kształcenia dla kierunku studiów edukacja techniczno-informatyczna* (Załącznik do Rozp. MNiSW z dnia 12 lipca 2007, DzU 2007, nr 164, poz. 1166).

Szmidt J., Werbowy A. (2010), *Stan obecny i perspektywy rozwoju materiałów elektronicznych w Polsce* [w:] *Analiza stanu i kierunki rozwoju elektroniki i telekomunikacji* red. J. Modelski, Warszawa.

Uździcki K. (1984), *Problemy kształcenia nauczycieli techniki*, Zielona Góra.

Zajac A. (1988), *Techniczne środki dydaktyczne*, Rzeszów.

Zwicky F. (1969), *Discovery, Invention, Rresearch Through the Morphological Analysis*, Macmillan, New York.

Streszczenie

W artykule ukazano i uzasadniono umiejscowienie problematyki badań układów polaryzacji tranzystora w treściach kształcenia inżynierów edukacji techniczno-informatycznej. Na bazie analizy rozwiązań istniejących opisano zaprojektowane i wykonane stanowisko do badania funkcjonowania tranzystora w różnych układach polaryzacji oraz przedstawiono ocenę ekspertów.

Słowa kluczowe: dydaktyka elektroniki, edukacja techniczno-informatyczna, techniczne środki kształcenia.

The testing systems polarization of transistor in education engineers technical and information technology education

Abstract

In the article presented and justified positioning systems research issues polarization of the transistor in the content of education engineers technical and information technology education. Based on the analysis of existing solutions described designed and built stand for testing the operation of the transistor in various systems of polarization, and the assessment of experts.

Key words: teaching electronics, technical and information technology education, teaching aids.