

Publikacje z zakresu automatyki napędu jako opis przypadku na egzaminie kompetencyjnym dla studentów wydziału elektrycznego

Streszczenie. Przedstawiono tu założenia i proces przygotowania nowego egzaminu weryfikującego osiągnięcie końcowych, zagregowanych efektów uczenia się wprowadzonego ostatnio na Politechnice Łódzkiej. Egzamin dotyczy studiów magisterskich na kierunku Automatyka i Sterowanie Robotów, ale poruszane problemy są wspólne dla wszystkich kierunków pokrewnych realizowanych na wydziałach elektrycznych politechnik. Omówiono wady i zalety egzaminu, oraz uzasadniono tezę, że to właśnie problemy badawcze z obszaru automatyki napędu elektrycznego są doskonałą kanwą dla konstrukcji opisu przypadku wykorzystanego do egzaminu tego typu.

Abstract. The assumptions and the process of preparing a new exam verifying the achievement of the final, aggregated learning outcomes recently introduced at the Lodz University of Technology are presented here. The exam concerns master's studies in the field of Automation and Robot Control, but the problems discussed are common to all related fields of study carried out at the faculties of electrical engineering. The advantages and disadvantages of the exam were discussed, and the thesis was justified that it is the research problems in the field of electric drive automation that are the perfect basis for the construction of a case study used for this type of exam. (*Publications in the field of drive automation as a case study used for the competency exam for students of control and electrical engineering at the university of technology*).

Słowa kluczowe: automatyka i kierunki pokrewne, kompetencje inżynierskie, edukacja inżynierska, weryfikacja efektów uczenia się.
Keywords: control and electrical engineering, engineering competences, engineering education, verification of learning outcomes..

Wstęp

Problem weryfikacji efektów uczenia się w toku studiów wyższych jest jednym z bardziej istotnych wyzwań stojących przed uczelnią i nauczycielami akademickimi. Skuteczne, merytorycznie właściwe, sprawiedliwe, adekwatne do potrzeb przeprowadzenie tego procesu jest swoistą gwarancją jakości absolwentów uczelni dawana społeczeństwu, świadczy o renomie uczelni, decyduje o poczuciu wartości (także rynkowej) absolwentów. Chociaż efekty uczenia się są weryfikowane w trakcie studiów poprzez kolejne oceny, zaliczenia i egzaminy, to wiele uczelni i kierunków studiów nie odmawia sobie jeszcze jednej, finalnej weryfikacji. W niektórych profesjach ma to charakter państwowego dopuszczenia do zawodu (np. Lekarski Egzamin Końcowy, egzaminy w zawodach prawniczych), w innych jest organizowane przez uczelnię i zwykle połączone z procesem dyplomowania. W Politechnice Łódzkiej wprowadzono ostatnio nową formę takiej weryfikacji nazwaną egzaminem kompetencyjnym. Założeniem tego egzaminu było wykorzystanie formy studium przypadku (case study). Przygotowanie takiego egzaminu na kierunku Automatyka i Sterowanie Robotów (kontynuacja kierunku Automatyka i Robotyka) na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki okazało się prawdziwym wyzwaniem pod każdym względem. Przedstawiono tu założenia i proces przygotowania egzaminu, omówiono jego wady i zalety, oraz uzasadniono tezę, że to właśnie problemy badawcze z obszaru automatyki napędu elektrycznego są doskonałą kanwą dla konstrukcji opisu przypadku wykorzystanego do egzaminu tego typu.

Zasady egzaminu kompetencyjnego

Przez długie lata, egzamin dyplomowy na wszystkich kierunkach studiów w Politechnice Łódzkiej składał się z dwóch części. Zdający przedstawiał swoją pracę dyplomową i odpowiadał na związane z nią pytania komisji. Następnie komisja zadawała trzy dodatkowe pytania dotyczące podstaw studiowanego kierunku. Ten sam schemat obowiązywał na studiach pierwszego i drugiego stopnia. Na niektórych kierunkach studiów publikowano listę zagadnień, z zakresu których mogą być wybierane pytania, na innych określano bardzo ogólnie zakres stawianych

pytań, np. „z podstaw elektrotechniki”, „z podstaw automatyki”, „z podstaw ukończonej specjalności”, „z wiedzy podstawowej wykorzystanej w pracy dyplomowej”. Ocena z odpowiedzi na te pytania była częścią oceny z egzaminu dyplomowego i mogła spowodować jego niedostateczny wynik, mimo pozytywnej oceny pracy dyplomowej i części egzaminu poświęconego jej obronie. Egzamin dyplomowy był w specjalny sposób opisany w regulaminie studiów, a w szczególności nie przysługiwał studentom termin poprawkowy, jak w przypadku innych egzaminów.

Opisana sytuacja powodowała krytykę ze strony komisji akredytacyjnych (dla różnych kierunków) oraz ze strony Rady Studentów. W wyniku tej refleksji, na wniosek władz rektorskich, Senat PŁ wprowadził, w roku 2022, do programów studiów nowy egzamin nazywany „egzaminem kompetencyjnym”. Od tej pory egzamin dyplomowy w PŁ jest poświęcony wyłącznie prezentacji i obronie pracy dyplomowej.

Zgodnie z przedstawioną przez wnioskodawcę motywacją, genezą wprowadzenia egzaminu kompetencyjnego na PŁ jest [1]:

- „konieczność weryfikacji kluczowych kompetencji kierunkowych przed wydaniem dyplomu,
- wdrożenie rekomendacji z raportów akredytacyjnych (akredytacje międzynarodowe),
- stworzenie możliwości powtarzania egzaminu (w odróżnieniu od egzaminu dyplomowego).”

Intencja ta została zrealizowana następującym zapisem w regulaminie studiów [2]: „Egzamin kompetencyjny jest szczególną formą potwierdzenia osiągnięcia efektów uczenia się dotyczących zagregowanych kierunkowych efektów uczenia się programu studiów. Egzamin kompetencyjny jest przeprowadzany w formie ustnej, która może być uzupełniona o formę pisemną. Egzamin przeprowadza powołana przez Prodziekana komisja. Wynik egzaminu kompetencyjnego staje się częścią oceny ze studiów, ... Egzamin kompetencyjny jest organizowany w trakcie ostatniego semestru studiów. Student ma prawo do co najmniej dwukrotnego przystąpienia do egzaminu kompetencyjnego w trakcie tego semestru.” Oprócz tych

zapisów formalnych obowiązują zasady ustalone przez rektora PŁ, zaakceptowane przez Rady Kierunku Studiów:

- Egzamin kompetencyjny jest przeprowadzany w formie ustnej i pisemnej.
- Egzamin przeprowadza się w oparciu o Case Study (opis przypadku).
- Komisje egzaminacyjne są dwuosobowe (w tym przedstawiciel Rady kierunku studiów).
- Na część pisemną (zapoznanie się z materiałami, udzielenie odpowiedzi pisemnych) przeznaczona jest 120 minut, na część ustną 30 minut dla dwóch zdających, ta część może być przeprowadzona w formie dyskusji.
- Egzamin jest przeprowadzany w formule "open book", czyli studenci mają prawo przynieść dodatkowe materiały w postaci książek, podręczników lub notatek. Muszą być to materiały wydrukowane, papierowe. Nie można korzystać z materiałów w formie elektronicznej.

Co chcemy zweryfikować egzaminem kompetencyjnym?

Zapis regulaminowy odnosi się do „potwierdzenia osiągnięcia ... zagregowanych kierunkowych efektów uczenia się.” Zagregowane, kierunkowe efekty uczenia się są opisane językiem Europejskiej i Polskiej Ramy Kwalifikacji [3] i ujęte, zgodnie z obowiązującą Polską Ramą Kwalifikacji, w 3 kategoriach (ang. knowledge, skills, responsibility and autonomy):

- wiedzy (teoretycznej lub faktograficznej),
- umiejętności (poznawczych: myślenie logiczne, intuicyjne i kreatywne oraz praktycznych, czyli związanych ze sprawnością manualną i korzystaniem z metod, materiałów, narzędzi i instrumentów),
- odpowiedzialności i autonomii okazywanej w pracy lub w nauce oraz w rozwoju osobowym, i dla kierunku Automatyka i Sterowanie Robotów są zebrane w tabeli 1,

Tabela 1. Zagregowane, kierunkowe efekty uczenia się kierunku AiSR

<p>Student zna i rozumie:</p> <p>w stopniu pogłębionym – fakty, teorie, metody oraz złożone zależności między nimi w zakresie dyscyplin naukowych związanych z kierunkiem studiów, w szczególności: Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika, Informatyka i telekomunikacja, z uwzględnieniem teoretycznych podstaw projektowania układów sterowania i regulacji oraz programowania układów automatyki i robotyki, główne tendencje rozwojowe tych dyscyplin naukowych.</p>
<p>Student ma:</p> <p>umiejętność wykorzystania posiadanej wiedzy do rozwiązywania złożonych i nietypowych problemów oraz innowacyjnego wykonywania zadań w nieprzewidywalnych warunkach,</p> <p>umiejętność doboru i stosowania właściwych metod i narzędzi informatycznych w tym zaawansowanych technik informacyjno-komunikacyjnych,</p> <p>umiejętność przystosowania istniejących lub opracowania nowych metod i narzędzi z obszaru automatyki i sterowania robotów.</p>
<p>Student posiada zdolność:</p> <p>do krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści, w kontekście złożonych problemów poznawczych i praktycznych z zakresu automatyki i robotyki,</p> <p>do zasięgania opinii ekspertów i użytkowników systemów w przypadku trudności z samodzielnym rozwiązaniem problemu.</p>

Nazwa egzaminu i uzasadnienie uchwały Senatu odwołują się do pojęcia „kluczowych kompetencji kierunkowych”, które miałyby być weryfikowane. Termin kompetencja jest definiowany w polskiej literaturze pedagogicznej [4] jako połączenie trzech atrybutów: wiedzy, umiejętności i postawy, przy czym przez postawę rozumie

się najczęściej zaangażowanie i odpowiedzialność. Z kolei, na gruncie zarządzania zasobami ludzkimi interpretuje się kompetencje przez pryzmat organizacji jako „potencjał istniejący w człowieku, prowadzący do takiego zachowania, które przyczynia się do zaspokojenia wymagań na danym stanowisku pracy w ramach parametrów otoczenia organizacji, co z kolei daje pożądane wyniki” [5], lub jako „zespół wiedzy, zdolności, umiejętności, doświadczeń i zachowań, który prowadzi do efektywnego wykonywania przez jednostkę działań”. Modelowanie kompetencji, identyfikacja kompetencji kluczowych i identyfikacja/selekcja pracowników o potrzebnych kompetencjach stanowi o powodzeniu organizacji [6].

Kompetencje inżynierskie, a o takich mowa w kontekście studiów na kierunku Automatyka lub pokrewnym, są przedmiotem kodyfikacji i ujednoczenia przez różne organizacje techniczne. I tak, The Institution of Engineering and Technology (The IET) formułuje dokument The Chartered Engineer Standard (CEng) [7], w którym stwierdza, że dyplomowani inżynierowie są w stanie wykazać się:

- wiedzą teoretyczną stosowaną do rozwiązywania problemów z zastosowaniem nowych technologii i opracowywania nowych metod analitycznych,
- skutecznym zastosowaniem wiedzy w celu dostarczania innowacyjnych produktów i usług, potrafią wziąć odpowiedzialność techniczną za złożone systemy inżynierskie,
- odpowiedzialnością za zarządzanie projektami, finansami i personelem oraz zarządzaniem kompromisami między czynnikami technicznymi a społeczno-ekonomicznymi,
- umiejętnościami niezbędnymi do rozwoju pozostałej kadry technicznej,
- skutecznymi umiejętnościami interpersonalnymi w komunikowaniu problemów technicznych.

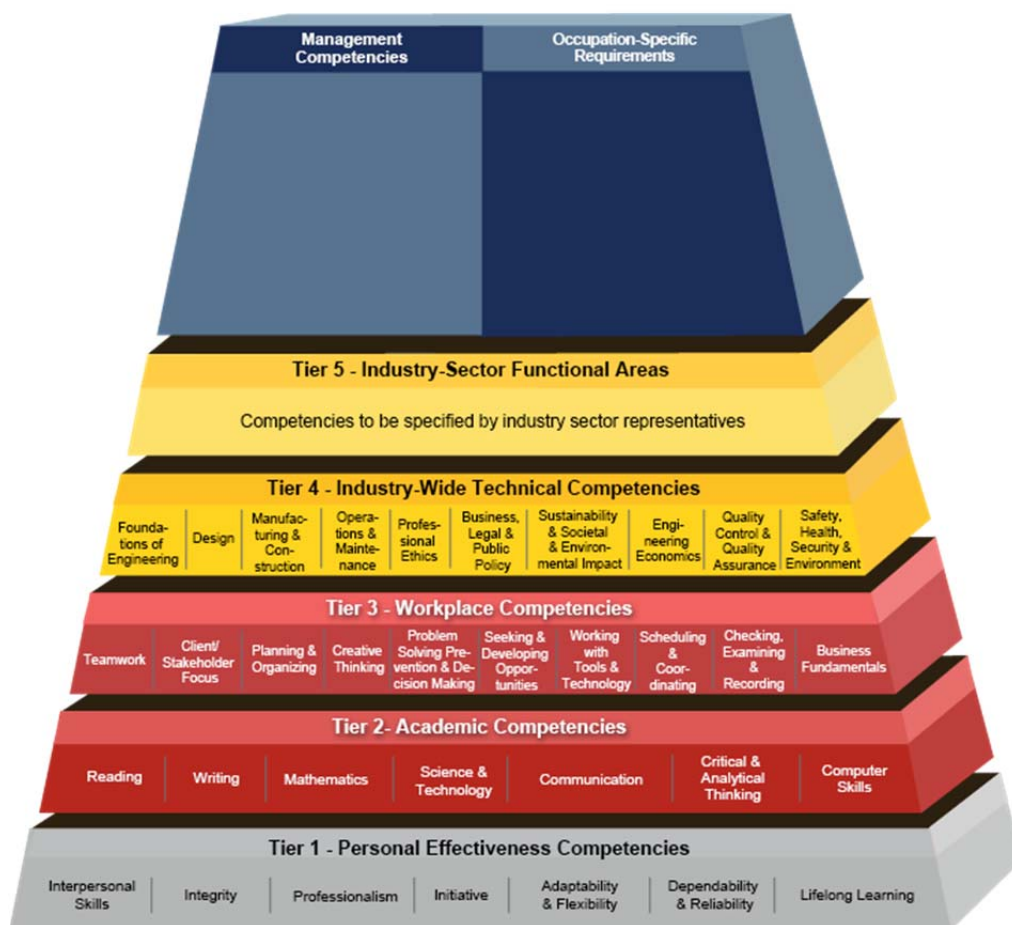
Kompetencje inżyniera według IET dzielą się na cztery grupy pokazane w tabeli 2, z których każda zawiera kilka podgrup, po kilka szczegółowych pozycji w każdej.

Tabela 2. Główne kompetencje inżynierskie zgodnie z The Chartered Engineer Standard (CEng)

<p>Chartered Engineers must be competent throughout their working life, by virtue of their education, training and experience, to:</p>
<p>A. Use a combination of general and specialist engineering knowledge and understanding to optimize the application of existing and emerging technology.</p>
<p>B. Apply appropriate theoretical and practical methods to the analysis and solution of engineering problems.</p>
<p>C. Provide technical and commercial leadership.</p>
<p>D. Demonstrate effective interpersonal skills.</p>
<p>E. Demonstrate a personal commitment to professional standards, recognizing obligations to society, the profession and the environment.</p>

The U.S. Department of Labor's Employment and Training Administration (ETA) przedstawia kompetencje inżynierskie w dokumencie Engineering Competency Model w formie hierarchicznej piramidy [8] pokazanej na rysunku 1. Dokument jest akceptowany przez American Association of Engineering Societies i jest stosowany, między innymi, przez liczne instytucje akredytujące szkolnictwo wyższe (np. ABET akredytujący programy studiów w 895 uniwersytetach w 40 krajach).

Jak widać, pojęcie kompetencji nie jest jednoznaczne, może być rozumiane bardziej ogólnie lub szczegółowo. Kompetencje nie są równoważne z wiedzą i egzamin kompetencyjny nie jest egzaminem sprawdzającym wiedzę, ale z drugiej strony na ignorancji nie zbuduje się żadnych kompetencji.



Rys.1 Engineering Competency Model, za The U.S. Department of Labor's Employment and Training Administration (ETA)

Pytania podstawowe	+ wiedza	Dokładna analiza dostępnych danych, szukanie odpowiedzi na podstawowe pytania: kto, co, gdzie, kiedy, jak? Student nazywa problem - stawia diagnozę.
Pytania sprawdzające	+ zastosowanie	+ korzysta z własnej wiedzy, do wyjaśniania problemu
Pytania Analityczne	+ zastosowanie + analizowanie	+ analizuje problem i przedstawia możliwe rozwiązania. +uzasadnia swoje wybory.
Pytania oceniające	+ synteza, tworzenie + ewaluacja, ocena	+ przedstawia konsekwencje podjętych przeciwdziałań, proponuje alternatywy, szacuje ryzyka

Rys.2 Grupy pytań egzaminu kompetencyjnego, Projekt Zintegrowany Program Politechniki Łódzkiej na rzecz rozwoju regionu łódzkiego współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Wiedza Edukacja Rozwój 2014-2020. Projekt realizowany w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, Działanie 3 .5 Kompleksowe programy szkół.

Przyjęty model egzaminu powinien sprawdzać przede wszystkim umiejętności:

- rozumienia i analizy materiałów technicznych i wybierania z nich istotnych wiadomości,
- łączenia elementów wiedzy z różnych obszarów, wiedzy podstawowej i specjalistycznej, wiedzy z różnych dyscyplin,
- krytycznej oceny posiadanej wiedzy i odbieranych treści,
- kreatywnego proponowania rozwiązań w oparciu o zebrane informacje.

Wszystko to w kontekście programu studiów, z uwzględnieniem faktu, że automatyka jest bardzo interdyscyplinarnym obszarem działalności inżynierskiej. Program studiów magisterskich na kierunku Automatyka i Sterowanie Robotów obejmuje: metody optymalizacji, cyfrową analizę i przetwarzanie sygnałów pomiarowych, układy automatyki przemysłowej, sterowanie odporne, nieliniowe i optymalne, robotykę, energoelektroniczne układy przekształcania energii, zautomatyzowane układy napędowe, przedmioty dotyczące rynku pracy, etyki, wiele przedmiotów obieralnych i projektów.

Przygotowanie opisu przypadku odnoszącego się do tego obszernego i różnorodnego zakresu materiału, biorącego pod uwagę ograniczenia czasowe i organizacyjne, nie jest banalnym zadaniem.

Struktura egzaminu kompetencyjnego – opis przypadku

Egzamin, z założenia, wykorzystuje metodę analizy przypadku [9]. Technika ta, stosowana pierwotnie jako metoda nauczania (a nie weryfikacji efektów) w naukach biznesowych, zarządzaniu, marketingu, przeniosła się stopniowo do pedagogiki, psychologii, medycyny itp., a teraz, jak widać, ma być wykorzystywana w naukach technicznych. Pracownicy PŁ mieli możliwość uczestniczenia w kursach i szkoleniach prowadzonych przez osoby przedstawiające się jako specjaliści metodyki techniki analizy przypadku. Usłyszeliśmy tam zalecenia i wyjaśnienia, np.:

„Zadanie kompetencyjne/ Przypadek (ang. case) to opis sytuacji zawierający pewne dane i związki między nimi, a także problemy do rozwiązania, zadanie do wykonania lub pytania, na które trzeba udzielić odpowiedzi. Opis powinien być dostatecznie bogaty, aby nadać sytuacji znamiona prawdziwego zdarzenia. Jego złożoność powinna odpowiadać poziomowi zaawansowania założonych efektów uczenia się na danym poziomie studiów. Aby zweryfikować umiejętność krytycznej analizy zadanie na egzaminie kompetencyjnym powinno przedstawiać odzwierciedlenie rzeczywistości, sytuacji wraz z jej wszystkimi zawiłościami i trudnościami, włączając w to sprawy nieistotne, kwestie poboczne, nieporozumienia oraz niewystarczającą bądź przytłaczającą ilość informacji”

oraz zasady:

- 1) Student przedstawia rozwiązanie problemu z zakresu automatyki elektroniki, elektrotechniki.
- 2) Rozpoczyna generowanie rozwiązań od stawiania hipotez badawczych. Następnie dokonuje analiz obwodów, maszyn i urządzeń elektrycznych, danych wykorzystuje do tego techniki informacyjno komunikacyjne.
- 3) Dokonuje twórczej syntezy wniosków z badań i proponuje właściwe metody i narzędzia.
- 4) Swoje decyzje uzasadnia specjalistycznym językiem w tym w j. angielskim.
- 5) Przedstawia rozwiązania w oparciu o aktualne tendencje rozwojowe, uwzględnia aspekty ekonomiczne i integruje wiedzę interdyscyplinarną, proponuje działania etyczne.
- 6) Potrafi zaplanować prace nad rozwiązaniem problemu, określić wymaganą wiedzę i umiejętności do wdrożenia zaproponowanych rozwiązań.

Podano nam też ewentualne źródła przykładowych opisów przypadków, np. [10].

Ostatecznie, Rada Kierunku Studiów zaakceptowała formę egzaminu kompetencyjnego wykorzystującego opis przypadku. Student otrzymuje wydrukowany opis przypadku. Pozostałe materiały, jak dokumentacja techniczna, katalogi, publikacje, które mogą liczyć kilkadziesiąt stron, są udostępniane studentom w postaci

plików pdf na tablecie, którym dysponują przez cały czas trwania egzaminu. Inne aplikacje i dostęp do Internetu są zablokowane. Opis przypadku definiuje główny cel zdającego, ale droga do tego celu prowadzi przez odpowiedzi na pytania podane na wydrukowanym arkuszu egzaminacyjnym, Pytania są podzielone na 4 grupy przedstawione na rysunku 2.

Tydzień przed egzaminem studenci otrzymują słowa kluczowe odpowiadające opisowi przypadku, z którym się spotkają.

Studenci mają 120 minut na przygotowanie pisemnych odpowiedzi na pytania i notatek do dyskusji. Następnie, przez 30 minut, dwie zdające osoby prezentują odpowiedzi przed komisją. Mogą dyskutować między sobą, odnosić się wzajemnie do swoich odpowiedzi i do uwag komisji. Jest tu także możliwość uzupełnienia niepełnych odpowiedzi z części pisemnej i skorygowania ewentualnych błędów.

Komisja wystawia finalną ocenę z egzaminu kompetencyjnego po obu jego częściach. Przyjęto, że ocena odpowiedzi na pytania analityczne i oceniające waży więcej niż ocena odpowiedzi na pytania podstawowe i sprawdzające.

Wykorzystane opisy przypadku

Niestety, nawet po szkoleniach, wyjaśnieniach i przykładach przedstawionych w poprzedniej części, utworzenie opisu przypadku uwzględniającego wszystkie założenia, program studiów i ograniczenia organizacyjne egzaminu nie było łatwe. Rzeczywiste problemy techniczne są z reguły dość złożone. Zebranie, przedstawienie i przeanalizowanie wszystkich koniecznych danych i dokumentów z reguły przekraczałyby możliwości i egzaminatora i zdającego. Przykładem mogą być problemy opisujące sytuacje awaryjne w obiektach technicznych (np. katastrofy w elektrowniach atomowych, zablokowania Kanału Sueskiego itp.) Z kolei komercyjnie, czy pół-komercyjnie portale branżowe, jak [10], opisujące sukcesy w rozwiązywaniu problemów po zastosowaniu konkretnego sprzętu zbyt zbliżają się do publikacji reklamowych.

Opis przypadku wytworzony na potrzeby egzaminu musi więc być twórczym uproszczeniem rzeczywistego problemu technicznego i zachowanie delikatnej równowagi między strywalizowaniem opisu a jego zbytnią złożonością stanowi podstawowe wyzwanie.

Odniesienie się do całego, bogatego programu studiów, utrzymanie odpowiedniego poziomu akademickiego bez nadmiernego eksplorowania szczegółowej wiedzy studentów to kolejna trudność dla autora egzaminu.

Wreszcie, egzaminy organizowane na różnych kierunkach studiów, w kilku terminach (3 terminy w sesji dla kierunku) muszą być porównywalne, o podobnej skali trudności, a jednocześnie niepowtarzalne.

W przypadku studiów inżynierskich przyjęto, że egzamin wykorzystuje problem z zakresu automatyki przemysłowej. Użyte dotychczas opisy przypadku dotyczyły

- systemu transportu autonomicznego w zakładzie przemysłowym,
- zasilania, zabezpieczenia i sterowania układów napędowych w przemyśle,
- awarii w układzie sterowania poziomem cieczy,
- automatyzacji procesu technologicznego.

Dużo uwagi poświęcono w nich odpowiedniemu doborowi i podłączeniu urządzeń automatyki, zabezpieczeniom i wykrywaniu przyczyn awarii, strojeniu regulatorów PID.

Studia magisterskie przygotowują, teoretycznie wszystkich, studentów do podjęcia studiów trzeciego stopnia. Stąd poziom problemów podnoszonych na egzaminie kompetencyjnym powinien być inny niż na

studiach inżynierskich. Po rozpatrzeniu trudności i ograniczeń omówionych powyżej postanowiliśmy wykorzystać, jako główny materiał źródłowy, publikacje opisujące wyniki badań z zakresu automatyki napędu elektrycznego, referowane na konferencjach Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym, finalnie publikowane w Przeglądzie Elektrotechnicznym. Publikacje te przechodzą rygorystyczny proces recenzowania, utrzymują wysoki poziom naukowy, a jednocześnie z uwagi na ich zwartość i jasny sposób narracji są doskonale dopasowane do ram czasowych egzaminu. Automatyka napędu jest interdyscyplinarnym obszarem badań, łączącym elektrotechnikę, automatykę, elektronikę, metody obliczeniowe. Znaczenia ma tutaj zawansowana teoria, ale także sprzęt, techniki pomiarowe, mikroprocesorowe przetwarzanie sygnałów. Problemy, z którymi spotykamy się w napędzie elektrycznym mogą być rozwiązywane na wiele sposobów. Są bardzo praktyczne, spotykane w niemal każdej branży, a jednocześnie stanowią wyzwanie naukowe. Wszystko to razem tworzy idealne środowisko do uzyskania tego, na czym najbardziej nam zależało - łączenia elementów wiedzy z różnych obszarów, prowokowania do analizy i krytycznej oceny rozwiązań.

Pierwszy z wykorzystanych opisów przypadku dotyczył opracowania założeń i rozwiązań do układu precyzyjnego sterowania prędkością w napędzie bezpośrednim, a głównym materiałem źródłowym był artykuł [11]. Oprócz niego studenci otrzymali materiały dotyczące modelowania silników z magnesami trwałymi, dokumentację fabrycznego sterownika firmy Microchip Technology Inc., publikacje dotyczące czasu realizacji algorytmów PID2DOF w sterownikach serii S7 [12]. Materiały te były podstawą do zadania pytań o:

- różnice między regulatorami PID o różnej strukturze (między innymi 2DOF PID),
- liniowe i nieliniowe układy dynamiczne,
- możliwości przechodzenia od modeli nieliniowych do liniowych,
- procedury optymalizacji stosowane przy strojeniu regulatorów,
- rodzaje i właściwości algorytmów optymalizacji,
- zjawiska fizyczne odpowiadające za powstawanie momentu zaczepowego,
- sterowanie FOC silnikami PMSM,
- ocenę, czy wyniki przedstawione w artykule uzasadniają wyższość stosowania regulatorów 2DOF PID nad regulatorami PID,
- pomiar położenia w układach napędowych,
- możliwość realizacji proponowanego regulatora 2DOF PID w sterowniku PLC,
- inne algorytmy sterowania prędkością silnika synchronicznego z magnesami trwałymi,
- możliwości konstrukcji stanowiska do przeprowadzenia tych badań.

W drugim przypadku problemem egzaminacyjnym było dobranie układu regulacji położenia w napędzie liniowym, a głównym materiałem źródłowym był artykuł [13]. Studenci otrzymali materiały o konstrukcji różnych napędów liniowych, dokumentację algorytmów filtracji Savitzky'ego-Goly'a, dokumentację fabrycznego sterownika Xenus. Zadane pytania dotyczyły:

- praw fizyki, które tłumaczą powstawanie siły napędowej w liniowym silniku indukcyjnym i w liniowym silniku synchronicznym z magnesami trwałymi,
- analizy równań i schematów blokowych układów nieliniowych,
- modelowania tarcia,

- wyznaczania punktów równowagi układu nieliniowego i badania ich stabilności,
- porównania konstrukcji i właściwości silników liniowych indukcyjnych i z magnesami trwałymi,
- różniczkowania sygnałów,
- działania filtra Savitzky'ego-Goly'a,
- układów regulacji kaskadowej,
- ograniczania sygnałów w układach regulacji,
- porównania napędów bezpośrednich i przekładniowych,
- implementacji nieliniowych algorytmów sterowania w układach rzeczywistych.

Jak widać, w obu przypadkach publikacje naszych kolegów zamieszczone w Przeglądzie Elektrotechnicznym pozwoliły na spełnienie założeń i trudnych wymagań egzaminu kompetencyjnego.

Przygotowanie studentów

W programie studiów znalaziono nieco czasu na przygotowanie studentów do egzaminu kompetencyjnego. Pierwszym etapem było nazwanie i analiza kompetencji uzyskanych na studiach. Kompetencje zostały podzielone na obszary pokazane w tabeli 3.

Tabela 3. Grupy kompetencji absolwentów AiSR

Kompetencje miękkie
Kompetencje w zakresie automatyki przemysłowej
Kompetencje w zakresie automatyki napędu i energoelektroniki
Kompetencje w zakresie sterowania robotów
Kompetencje w zakresie obliczeniowych narzędzi automatyki
Kompetencje w zakresie sterowania układami dynamicznymi

Studenci samodzielnie wpisywali kompetencje w kolejnych grupach, dyskutowali w zespołach, które z kompetencji są naprawdę istotne w ich ocenie i w kontekście ich aktualnych pracodawców (większość studentów ma doświadczenie zawodowe). Następnie studenci konsultowali swoje listy kompetencji z nauczycielami akademickimi, ewentualnie je korygując i ustalając hierarchię ważności. Powstałe w ten sposób zestawy były raczej zbyt szczegółowe i obfite, ale studenci bardzo dbali o to, żeby niczego nie przeoczyć i nie być zaskoczonym. Ostatecznie przygotowana lista była oficjalną podstawą do określenia materiału, który może pojawić się na egzaminie.

Studenci otrzymali kilka materiałów informacyjnych dotyczących egzaminu i techniki czytania opisu przypadku. Otrzymali opis przypadku, do którego układali pytania egzaminacyjne w poszczególnych grupach pokazanych na rysunku 2. W końcu, rozwiązywali przykładowy egzamin kompetencyjny.

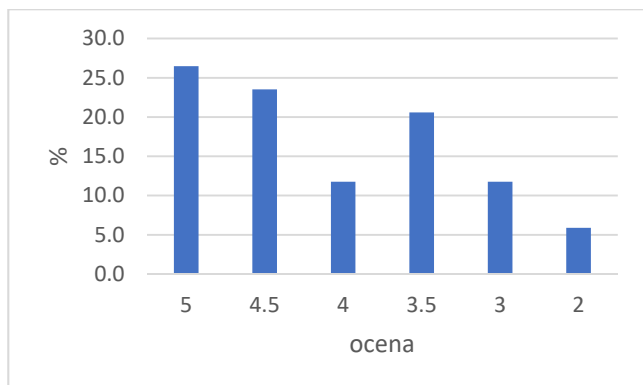
Wszystkie te etapy przygotowania były realizowane w trybie współpracy i dyskusji między studentami, przy wsparciu prowadzącego zajęcia.

Studenci chętnie uczestniczyli w przygotowaniach i uważali je za użyteczne.

Wyniki i ocena studentów

Rozkład ocen uzyskany na egzaminie pokazano na rysunku 3. W porównaniu ze średnią z pozostałych ocen z toku studiów, wyniki egzaminu kompetencyjnego są nieco przesunięte w stronę wyższych ocen, ale należy pamiętać, że są to studia drugiego stopnia, i studenci są silnie zmotywowani do przygotowania się do tego egzaminu.

W innej grupie zdających przeprowadzono ankietę dotyczącą oceny egzaminu kompetencyjnego. Studenci oceniali stwierdzenia podane w ankiecie w skali od 0 do 5. Podsumowanie podano w tabeli 4.



Rys.3 Rozkład ocen uzyskanych na egzaminie kompetencyjnym.

Tabela 4. Podsumowanie ankiety

Pytanie	średnia	mediana	Odczylenie standardowe
Egzamin kompetencyjny, który właśnie zdaję jest dla mnie: Łatwy 0 Trudny 5	2,98	3	0,95
Nakład pracy, którą poświęciłem/lam na przygotowanie się specjalnie do egzaminu kompetencyjnego był: Mały 0 Duży 5	3,74	4	1,20
Forma egzaminu jest dla mnie zaskoczeniem: Wcale 0 Bardzo 5	1,69	2	1,27
Tematyka egzaminu jest dla mnie zaskoczeniem: Wcale 0 Bardzo 5	1,58	1	1,11
Uważam, że egzamin sprawdził kompetencje: Mało istotne 0 Bardzo istotne 5	3,11	3	1,26
Spodziewana średnia ze studiów (zaokrąglona)	4,09	4	0,37
Spodziewany wynik egzaminu kompetencyjnego	3,62	3,5	0,64
wyniki egzaminu dla 49 zdających	4,11	4	0,65

Jak wynika z ankiety, forma oraz tematyka egzaminu kompetencyjnego nie były zaskoczeniem dla studentów. Świadczy to o dobrej akcji informacyjnej oraz przygotowaniu podczas seminarium dyplomowego. Poziom trudności egzaminu w opinii studentów był średni, a nakład pracy w przygotowanie do niego dość duży. Średni wynik egzaminu był o pół stopnia wyższy od oczekiwanego przez dyplomantów. Widać bardzo dobrą korelację średniej i mediany wyniku egzaminu ze spodziewaną średnią i medianą ze studiów.

Studenci odpowiadali także na pytania otwarte. Wśród zalet egzaminu dyplomanci wskazali na możliwość korzystania ze źródeł oraz praktyczny aspekt egzaminu, a do głównych wad zaliczali stres i krótki czas na przygotowanie w stosunku do liczby i złożoności zagadnień.

Wnioski

Nie ulega wątpliwości, że przygotowanie egzaminu kompetencyjnego w zgodny z przedstawionymi założeniami i w profesjonalny sposób jest bardzo dużą i absorbującą pracą dla nauczycieli akademickich. Wynikające z niej korzyści, to sposobność kolejnej weryfikacji przygotowania przyszłych absolwentów, zaproponowanie im nieco innej formy testu. Studenci mają możliwość swoistego

podsumowania swojego przygotowania do zawodu, może podniesienia własnej pewności siebie.

Mamy możliwość analizy, które z pytań sprawiły największe trudności zdającym i szansę na modyfikację metod uczenia w tym zakresie. Należy zwrócić uwagę na to, że przy przeprowadzaniu egzaminu w formie dyskusji między dwójką studentów cechy indywidualne i umiejętności społeczne zdających mają szczególny wpływ na odbiór egzaminu przez komisję. Pozostaje otwartą kwestią jaki jest wpływ egzaminu kompetencyjnego na terminowość przygotowania pracy dyplomowej i ukończenia studiów.

Co do tego czy korzyści przeważają nad wadami i usprawiedliwiają wprowadzenie egzaminu kompetencyjnego w proponowanej formie, zdania są podzielone. Wśród nauczycieli akademickich mamy grupę entuzjastów i, być może większą, grupę sceptyków. Studenci podchodzą do egzaminu kompetencyjnego zdecydowanie niechętnie przed jego złożeniem i wychodzą z niego zdecydowanie bardziej przekonani i zadowoleni. Szalę na korzyść egzaminu mogłoby przechylić oficjalne docenienie tej formy weryfikacji przez pracodawców, albo przez instytucje akredytujące kierunki kształcenia.

Autor: dr hab. inż. Jacek Kabziński, Politechnika Łódzka, Instytut Automatyki, ul. Stefanowskiego 18, 90-537 Łódź, E-mail: jacek.kabzinski@p.lodz.pl.

LITERATURA

- [1] Egzamin kompetencyjny, Rok akademicki 2022/2023, materiały dla studentów, materiał wewnętrzny PŁ
- [2] Regulamin studiów w PŁ, <https://p.lodz.pl/studenci/dokumenty/regulamin-studiow-w-pl>, dostęp 30.06.2023
- [3] Polska Rama Kwalifikacji <https://kwalifikacje.gov.pl/> dostęp 30.06.2023
- [4] Furmanek W. (1997). Kompetencje – próba określenia pojęcia, „Edukacja Ogólnotechniczna”, nr 7.
- [5] Williams, R. (2015). Competency and Competencies. In Wiley Encyclopedia of Management (eds C.L. Cooper, D.E. Guest and D.J. Needle). <https://doi.org/10.1002/9781118785317.weom050011>
- [6] Campion, M.A., Fink, A.A., Ruggeberg, B.J., Carr, L., Phillips, G.M. And Odman, R.B. (2011), Doing Competencies Well: Best Practices In Competency Modeling. Personnel Psychology, 64: 225-262. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2010.01207.x>
- [7] theiet.org/ceng
- [8] Engineering Competency Model www.doleta.gov
- [9] Ellet W., (2007), The case study handbook. How to read, discuss, and write persuasively about cases, Boston: Harvard Business School Press
- [10] <https://www.robotics.org/Case-Studies>
- [11] Pajchrowski T., Wójcik A., Analiza wpływu struktury regulatorów liniowych na poziom nierównomierności prędkości silnika PMSM, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 96 NR 7/2020, pp.59-68, doi:10.15199/48.2020.07.11
- [12] Gromba J., Sieklucki G., Sobieraj S., Czasy realizacji algorytmów PID2DOF w sterownikach serii S7, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 95 NR 9/2019 pp. 193-202, doi:10.15199/48.2019.09.41
- [13] Jastrzębski M., Zawisłak R., Odporność nieliniowych, złożonych algorytmów sterowania serwonapędami z silnikami z magnesami trwałymi na czynniki związane z implementacją w układach rzeczywistych, PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 99 NR 4/2023, pp. 63-69, doi:10.15199/48.2023.04.11