

# PROGRAM NAUCZANIA

## Zwiększanie umiejętności techników i inżynierów w sektorze budowy maszyn i mechatroniki

2021

## Spis treści

CZEŚĆ 1 TECHNICY .....	3
1. WSTĘP.....	4
2. METODYKA NAUCZANIA .....	5
3. METODOLOGIA OCENIANIA .....	6
4. OPIS KURSU.....	7
4.1. Kurs nr 1 - Elektryka .....	7
4.2. Kurs nr2 – Silniki i napędy elektryczne .....	10
4.3. Kurs nr 3 – Pneumatyka i elektropneumatyka .....	13
4.4. Kurs nr 4 - Hydraulika.....	17
4.5. Kurs nr 5 - Próżnia i technologie próżniowe.....	21
4.6. Kurs nr 6 - Optymalne zastosowanie sprężonego powietrza.....	24
4.7. Kurs nr 7 – Obsługa maszyn CNC .....	27
4.8. Kurs nr 8 - Obsługa zautomatyzowanych systemów produkcyjnych .....	31
CZEŚĆ 2 INŻYNIEROWIE .....	34
1. WSTĘP.....	35
2. METODOLOGIA NAUCZANIA .....	36
3. METODOLOGIA OCENIANIA .....	37
4. OPIS KURSU.....	38
4.1. Course 1 – Podstawowe schematy w zautomatyzowanych systemach pneumatycznych.....	38
4.2. Kurs nr 2 – Efektywność energetyczna w systemach pneumatycznych .....	41
4.3. Kurs nr 3 - Hydraulika, Hydraulika proporcjonalna .....	45
4.4. Kurs nr 4 – Silniki elektryczne, złożone napędy elektryczne .....	47
4.5. Kurs nr 5 – Zautomatyzowane systemy produkcyjne .....	49
4.6. Kurs nr 6 - Zapewnienie, kontrola i badanie jakości.....	52
ZAŁĄCZNIKI.....	56
FORMULARZ OCENY 1.....	56
FORMULARZ OCENY 2.....	57
FORMULARZ OCENY 3.....	58

# CZEŚĆ 1 TECHNICY

## 1. WSTĘP

Niniejszy program nauczania został stworzony w ramach projektu **allCUTE** realizowanego w Programie ERASMUS+. Program nauczania został zaprojektowany w taki sposób, aby zwiększyć umiejętności techniczne i ogólne techników zatrudnionych w sektorze *budowy maszyn i mechatroniki* z uwagi na wysokie zapotrzebowanie na nowe umiejętności związane z wyzwaniami stawianymi przez rozwój Przemysłu 4.0.

Ten program nauczania został oparty na wynikach badań i kwestionariuszy przeprowadzonych wśród 161 firm operujących w wymienionym powyżej sektorze w następujących regionach Europy:

- Gabrovo, Bułgaria
- Plovdiv, Bułgaria
- Wschodnia Macedonia i Tracja, Grecja
- Województwo pomorskie, Polska
- Nis, Serbia

Po analizie wyników ankiet zidentyfikowano 8 priorytetowych kursów dla techników, według potrzeb pracodawców. Oto wyselekcjonowane kursy zawarte w niniejszym programie nauczania:

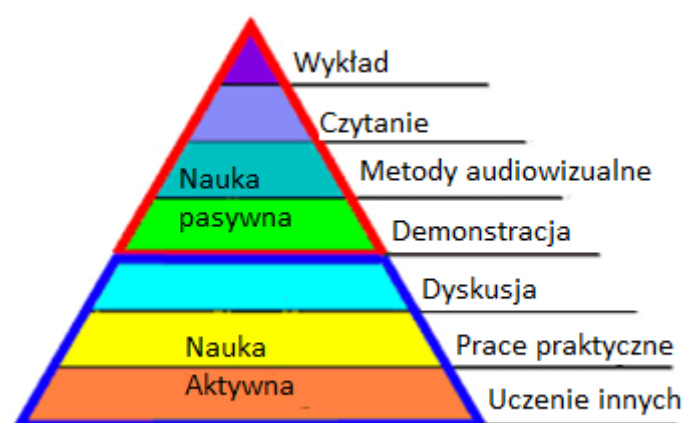
- Elektryka
- Napędy i silniki elektryczne
- Pneumatyka i elektro-pneumatyka
- Hydraulika
- Próżnia i technologie próżniowe
- Optymalne zastosowania sprężonego powietrza
- Obsługa maszyn i urządzeń CNC
- Obsługa zautomatyzowanych systemów produkcyjnych

## 2. METODYKA NAUCZANIA

Program nauczania jest oparty na metodzie nauczania hybrydowego, w której zasoby IT są stosowane w bardziej strategiczny sposób. Część e-learningowa jest oparta na otwartych materiałach i zasobach edukacyjnych – przeznaczonych do nauki własnej, zarówno teorii jak i praktyki, dzięki czemu słuchacze kursów mogą być lepiej przygotowani do tradycyjnych zajęć teoretycznych i praktycznych, a tym samym łatwiej zdobędą umiejętności i wiedzę i będą lepiej przygotowani do wykonywania obowiązków zawodowych poprzez działanie w rzeczywistym środowisku przemysłowym.

Tradycyjna część programu nauczania i poszczególnych kursów opiera się na aktywnych technikach nauczania (nakierowanych na ucznia/słuchacza) takich jak: odwrócona klasa, puzzle, nauczanie oparte na problemach i projektach, myśl-paruj-dziel, itp., w których to słuchacze mogą kształtować swoją ścieżkę nauczania pod opieką i kierownictwem instruktora. Studiowanie materiałów z wyprzedzeniem daje słuchaczom możliwość przedyskutowania ich podczas zajęć i rozwiązaniu problemów korzystając z aktualnie posiadanej wiedzy, co umożliwi rozwój myślenia krytycznego, analitycznego i kreatywnego, zwiększa motywację, usprawnia komunikację, umiejętności rozwiązywania problemów, umiejętności cyfrowe, itp. Co więcej, słuchacze pomagają sobie i uczą się wzajemnie. Rola instruktora prowadzącego sprowadza się do moderowania, a nie instruowania, zaś słuchacze są aktywnie zaangażowani w proces nauczania i uczenia się – nie są tylko pasywnymi uczestnikami zajęć.

Proponowana metodologia odzwierciedla najnowsze techniki nauczania stosowane na świecie. Schemat przedstawiono na rysunku 1 poniżej.



Rysunek 1: Piramida nauczania

### 3. METODOLOGIA OCENIANIA

Biorąc pod uwagę czas trwania kursu oraz rodzaj i zakres wiedzy i umiejętności do przyswojenia, metodologię oceniania oparto na 3 technikach:

- Refleksja poprzez wprowadzenie "jedno-minutowych wypracowań"

Na koniec lekcji w danym dniu słuchacze odpowiadają na pytania zadane przez instruktora (jedno-minutowe wypracowanie), które skłaniają ich do refleksji nad materiałem omówionym w ciągu dnia nauki.

Stosując tę technikę oceniania, instruktor uzyskuje pożyteczny feedback na temat postępów słuchaczy w nauce i trudności, które napotykają, natomiast z drugiej strony, słuchacze rozwijają umiejętności przekrojowe pozwalające im powziąć refleksję, przeanalizować i dokonać samooceny swojego działania.

- Obserwacja poprzez wprowadzenie "listy kontrolnej osiągnięć"

Po zakończeniu zajęć w danym dniu, instruktor wypełnia listę kontrolną osiągnięć, która zawiera poszczególne kryteria i umożliwia instruktorom zdobycie informacji i dokonanie oceny poziomu wiedzy i umiejętności słuchaczy w odniesieniu do zadanych efektów nauczania. Co więcej, taka lista daje możliwość systematycznego zbierania danych na temat określonych zachowań, wiedzy i umiejętności.

- Projekt na małą skalę

Po zakończeniu kursu, słuchacze powinni wykonać w parach projekt na małą skalę w formie prezentacji PowerPoint. Pracując nad takim projektem, słuchacze mają okazję pokazania w jakiej skali rozwinęli swoją techniczną wiedzę i umiejętności, mogą również rozwijać umiejętności przekrojowe takie jak praca w zespole, komunikacja, rozwiązywanie problemów, myślenie krytyczne, itp. Dodatkowo mogą również zwiększyć swoje kompetencje cyfrowe.

Jeżeli wykonanie takiego projektu nie jest z jakiegoś powodu możliwe, można zastosować testy do oceny wiedzy i umiejętności słuchaczy.

## 4. OPIS KURSU

### 4.1. Kurs nr 1- Elektryka

**Długość kursu (w dniach): 3 - 4**

**Liczba godzin: 20 (8 teoria + 12 praktyka)**

#### **Omówienie kursu:**

Kurs szkoleniowy o nazwie Elektryka dostarcza podstawowej wiedzy na temat funkcjonowania elektryczności w środowisku komercyjnym i przemysłowym. W jego skład wchodzi bezpośrednio zwiększenie umiejętności elektryków. Kurs przeznaczony dla mechaników/techników serwisowych i innego personelu zatrudnionego w zakładach przemysłowych i budynkach komercyjnych.

W ramach kursu słuchacze zanurzeni są w praktyczne przykłady z prawdziwego świata. Nauczą się jak korzystać ze sprzętu elektrycznego w codziennej praktyce zawodowej, zanim przejdą do pogłębionego omawiania głównych komponentów elektrycznych, ich zastosowania i zasady działania oraz roli jaką pełnią w systemach i instalacjach elektrycznych. Celem niniejszego kursu jest wyposażenie słuchaczy w wiedzę, dzięki której będzie można skrócić czas przestoju urządzeń elektrycznych, zwiększyć ogólną skuteczność i bezpieczeństwo działania, oraz rozwiązać problemy, które były dotychczas zbyt trudne do samodzielnego rozwiązania.

#### **Efekty edukacyjne kursu:**

- Zdobycie umiejętności korzystania z elektrycznych urządzeń pomiarowych.
- Obliczanie impedancji, współczynnika mocy pozornej, mocy biernej i mocy czynnej w jednofazowym obwodzie prądu zmiennego oraz poprawienie współczynnika mocy biernej indukcyjnej.
- Świadomość zagrożeń i ryzyka związanego z urządzeniami elektrycznymi i umiejętność podejmowania podstawowych działań w celu unikania niebezpiecznych warunków pracy.
- Zastosowanie praw Ohma w celu obliczenia wartości prądu, potencjału i oporności w obwodach stało- i zmienna-prądowych.

- Zastosowanie multimetrów, watomierzy, oscyloskopów i innych urządzeń do pomiaru wartości elektrycznych i rozwiązywania problemów związanych z elektryką.
- Przedstawienie przykładów zastosowania i zalet trójfazowej mocy.

**Wymagane zasoby (tj. sprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie, itp.):**

PC – komputer osobisty, pakiet MS Office (Word, Excel, PowerPoint), multimetr, oscylator, oporniki, kondensatory, silniki elektryczne, kamera termowizyjna, itp.

Tematyka	Problemy do rozwiązania
T1 – Wstęp do elektryczności 1.1 Czym jest elektryczność 1.2 Sposoby generowania elektryczności 1.3 Zastosowanie elektryczności	
T2 – Oporność elektryczna 2.1 Co to jest oporność elektryczna? 2.2 Definicja 2.3 Jednostki i pomiar oporności	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pomiary oporności</li> </ul>
T3 – Napięcie 3.1 Co to jest napięcie elektryczne 3.2 Pomiary napięcia elektrycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pomiary napięcia</li> </ul>
T4 – Prąd elektryczny 4.1 Prąd zmienny a prąd stały 4.2 Pomiary prądu elektrycznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pomiary prądu</li> </ul>
T5 – Wzбудniki	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wzбудnik</li> </ul>
T6 - Kondensatory 6.1 Kondensator 6.2 Ładowanie i rozładowywanie kondensatora 6.3 Zachowanie przejściowe kondensatora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kondensator</li> </ul>
T7 - Oscyloskop 7.1 Opis oscyloskopu 7.2 Pomiar kształtu fali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pomiary wartości za pomocą oscyloskopu</li> </ul>



<p>(wykres napięcia w czasie)</p> <p>7.3 Pomiary amplitudy i częstotliwości sygnału</p> <p>7.4 Wykrywanie zaburzeń i szumów w sygnale</p>	
<p>T8 – Obwód trójfazowy</p> <p>8.1 Moc elektryczna jedno i trzyfazowa, moc czynna, bierna i pozorna</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obwody trójfazowe</li> </ul>
<p>T9 – Termograficzna diagnostyka urządzeń elektrycznych.</p> <p>9.1 Jak działa termografia?</p> <p>9.2 W jaki sposób można stosować termografię do wykonywania diagnostyki urządzeń elektrycznych?</p> <p>9.3 Jakie są zalety inspekcji termograficznej?</p> <p>9.4 Kto może wykonywać inspekcje termograficzne?</p> <p>9.5 Kiedy należy wykonać skany termograficzne?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detekcja błędów w osprzęcie elektrycznym</li> </ul>
<p>T10 – Bezpieczeństwo i elektryczność</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bezpieczeństwo obwodów i systemów elektrycznych</li> </ul>

### **Zalecana literatura:**

1. JONES, Ray A.; JONES, Ray; JONES, Jane G. *Electrical safety in the workplace*. Jones & Bartlett Learning, 2000.
2. Bird, John. *Electrical circuit theory and technology*. Routledge, 2014.
3. Alexander, Charles K. *Fundamentals of electric circuits*. McGraw-Hill, 2009.
4. <https://www.fluke.com/en-us/learn/blog/thermal-imaging/electrical-systems>

## 4.2. Kurs nr2 – Silniki i napędy elektryczne

**Długość kursu (w dniach): 5 dni**

**Liczba godzin: 30 (15 teoria + 15 praktyka)**

### **Omówienie kursu:**

Ten kurs ma na celu wyposażenie słuchaczy we wiedzę teoretyczną i umiejętności praktyczne w tematyce silników i napędów elektrycznych. Po wstępnym omówieniu podstawowych koncepcji inżynierii elektrycznej, słuchacze zostaną zapoznani z najbardziej popularnymi typami silników elektrycznych i konwerterów. Po zdobyciu niezbędnej wiedzy rozpocznie się kolejny etap nauki, w którym omówione zostaną szeroko używane serwomechanizmy o zmiennej częstotliwości.

### **Efekty edukacyjne kursu:**

Po ukończeniu kursu słuchacze będą potrafili:

- określić parametry układu elektrycznego jako funkcję obciążenia
- określić typy przetworników i komponentów posługując się zasadą kierunku przekazywania energii
- zastosować odpowiednią metodę sterowania/kontroli zgodnie z określonymi przetwornikami
- określić typy silników elektrycznych w zależności od rodzaju konstrukcji i obwodu
- wybrać właściwy napęd elektryczny odpowiadający danemu układowi/systemowi.

### **Wymagane zasoby (np. sprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie, itp.):**

Stanowisko testowe obwodów elektrycznych i silników, komputer PC, oprogramowanie symulacyjne LTspice, pakiet MS Office

Tematyka	Problemy do rozwiązania
T1. Podstawowe koncepcje inżynierii elektrycznej - Obwody elektryczne - Rezonans - Moc w obwodach elektrycznych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rozwiązywanie praktycznych problemów w zakresie inżynierii elektrycznej</li> </ul>

- Półprzewodniki	
T2. Prostowniki i filtry - prostowniki z aktywnym obciążeniem - prostowniki z obciążeniem indukcyjnym lub kondensatorowym - filtry bierno	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza podstawowych prostowników diodowych i ich filtrów wygładzających</li> </ul>
T3. Przetworniki mocy - przetwornice - przetwornice DC/DC	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza różnych typów przetworników mocy</li> </ul>
T4. Sterowniki o stałej i zmiennej częstotliwości - Modulacja szerokości impulsów (PWM) - Sterowanie przesunięcia fazy	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generowanie sygnałów PWM i z przesunięciem fazowym za pomocą mikrokontrolera</li> </ul>
T5. Silniki na prąd stały - Wytwarzanie momentu obrotowego - Silniki bocznikowe, szeregowo i bocznikowo-szeregowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza zachowania silników na prąd stały pod obciążeniem</li> </ul>
T6. Silniki indukcyjne - Magnetyczne pole wirujące - Wytwarzanie momentu obrotowego - Jednofazowe silniki indukcyjne - Trójfazowe silniki indukcyjne	<ul style="list-style-type: none"> <li>Testowanie trójfazowego silnika elektrycznego</li> </ul>
T7. Silniki krokowe - Wstęp - Zasada działania silnika	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nabycie doświadczenia w sterowaniu silnikami krokowymi</li> </ul>
T8. Napędy elektryczne - Podstawowa koncepcja - Podstawowe elementy - Zalety i wady	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identyfikacja podstawowych komponentów elektrycznego układu napędowego</li> </ul>
T9. Napędy o zmiennej częstotliwości (VFD) - Wstęp - Zastosowanie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrola prędkości silnika z napędem o zmiennej częstotliwości</li> </ul>

- Kontrola	
T10. Serwomechanizmy - Wstęp - Zastosowanie - Sterowanie	<ul style="list-style-type: none"><li>• Analiza układu z serwomechanizmem</li></ul>

## **Zalecana literatura:**

[1] Dokic, B. and Blanusa, B., *Power electronics converters and regulators*. 3th ed. Switzerland: Springer International Publishing, 2015

[2] Mohan, N. , *Power electronics*. New Jersey: Hoboken , 2011

[3] Hughes, A., *Electric Motors and Drives. Fundamentals, Types and Applications*, 3th ed., Elsevier, 2006

### 4.3. Kurs nr 3 – Pneumatyka i elektropneumatyka

**Długość kursu ( w dniach): 3 - 4 dni**

**Liczba godzin: 24 (12 teoria + 12 praktyka)**

**Omówienie kursu:** W tym kursie słuchacze zapoznają się z podstawowymi zasadami, prawami i komponentami stosowanymi w instalacjach pneumatycznych i elektryczno-pneumatycznych. Kurs obejmuje rodzaje, zasady działania i symbole oznaczające różne komponenty używane w zastosowaniach przemysłowych.

**Efekty edukacyjne kursu:** Po ukończeniu kursu, słuchacze będą:

- Rozumieć charakterystykę, tworzenie i przygotowywanie powietrza;
- Dysponować bazą wiedzy obejmującą główne komponenty instalacji pneumatycznych, ich funkcje i symbole;
- Identyfikować różne symbole schematyczne stosowane w pneumatyce, zaprojektować podstawowe schematy pneumatyczne uwzględniając określone wymagania;
- Identyfikować, badać, regulować i wymieniać szeroki wachlarz automatycznych narzędzi pneumatycznych: zaworów, siłowników, chwytaków, elementów logicznych czujników zbliżeniowych, przekaźników, minutników, kontrolerów przepływu itp.;
- Znać i stosować podstawowe schematy manipulatorów pneumatycznych w instalacjach zautomatyzowanych;
- Rozumieć w jaki sposób programowalne sterowniki logiczne (PLC) są wkomponowane w instalacje pneumatyczne i w jaki sposób wykorzystuje się je do kontroli tych instalacji.

**Wymagane zasoby (np. sprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie, itp.):** Oprogramowanie do rysowania instalacji pneumatycznych (do szkolenia), oprogramowanie do programowania sterowników PLC (do szkolenia).

Tematyka	Problemy do rozwiązania
T1. Podstawy teoretyczne. Wymiary. Ciśnienie i przepływ. Właściwości gazów. Prawa gazów pneumatycznych. Wilgotność. Metody wykonywania pomiarów.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Związek pomiędzy ciśnieniem, objętością i temperaturą dla idealnego gazu.</li> </ul>
T2. Produkcja sprężonego powietrza. Sprężarki tłokowe. Sprężarki śrubowe. Odbiorniki ciśnienia. Suszenie sprężonego powietrza. Separatory wody. Symbole. Zalety i wady oraz warunki stosowania głównych elementów pod względem typu w produkcji sprężonego powietrza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dobieranie wielkości układu pneumatycznego.</li> </ul>
T3. Przygotowanie sprężonego powietrza. Filtry. Regulatory ciśnienia. Smarowanie sprężonego powietrza. Grupy przygotowywania sprężonego powietrza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obliczanie średnicy rur w rurociągu.</li> </ul>
T4. Siłowniki pneumatyczne. Siłowniki jedno- i dwustronnego działania. Rodzaje siłowników. Chwytniki pneumatyczne. - Symbole - Czujniki - Porównanie z siłownikami hydraulicznymi - Identyfikacja i usuwanie awarii	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obliczanie prędkości skoku siłownika.</li> </ul>
T5. Czujniki w siłownikach pneumatycznych. Podstawowa charakterystyka. Wady, zalety i warunki stosowania.	
T6. Zawory pneumatyczne. Typy zaworów. Zawory ręczne, mechaniczne i sterowane pneumatycznie. Zawory uruchamiane bezpośrednio i sterowane zdalnie. Zawory elektromagnetyczne. Symbole.	

<p>T7. Elementy do regulacji przepływu, minutniki, elementy logiczne. Zawory zwrotne, kontrolery prędkości, zawory szybkiego odpowietrzania, zawory wolnego startu itp.</p>	
<p>T8. Instalacje sterowane mechanicznie i pneumatycznie. Sterujące siłowniki jednostronnego działania. Sterujące siłowniki dwustronnego działania. Cykl kontrolny siłownika jednostronnego działania. Cykl kontrolny siłownika dwustronnego działania. Detekcja błędów w instalacjach pneumatycznych.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Praca ze schematem lub tworzenie i kompilacja schematu.</li> </ul>
<p>T9. Sterowanie elektryczno-pneumatyczne. Sterujące siłowniki jednostronnego działania. Sterujące siłowniki dwustronnego działania. Zawór 5/3 – podstawowy układ. Kontrola cyklu siłownika z czujnikiem. Kontrola cyklu dwóch siłowników dwustronnego działania z czujnikami. Detekcja błędów w instalacjach elektryczno-pneumatycznych.</p>	
<p>T10. Metody rozwiązania sekwencji. Sekwencja z powtarzalnym schematem. Sekwencje z niepowtarzalnym schematem.</p>	
<p>T11. Sterowanie PLC układu pneumatycznego. Programowanie, zastosowanie i weryfikacja programów.</p>	
<p>T12. Zastosowanie pneumatyki w ciągłych procesach produkcyjnych.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektowanie układów elektryczno-pneumatycznych.</li> </ul>

### **Zalecana literatura:**

1. Croser P., F. Ebel, Pneumatics, Basic Level, FeSTO Didactic GmbH & Co., Textbook TP 101 edition (January 1, 2002)

2. Jay F., Basic Pneumatics: An Introduction to Industrial Compressed Air Systems and Components, Revised Printing, Carolina Academic Press, 2013
3. <https://learnchannel-tv.com/pneumatics/basic-laws/>
4. <https://www.hydraulicspneumatics.com/technologies/silowniks-actuators/article/21885196/sensor-choices-for-pneumatic-silownik-positioning>



## 4.4. Kurs nr 4- **Hydraulika**

**Długość kursu (w dniach): 3 - 4 dni**

**Liczba godzin: 24 (12 teoria + 12 praktyka)**

**Omówienie kursu:** Kurs pod tytułem "hydraulika" ma na celu wyposażenie słuchaczy w wiedzę teoretyczną, obejmującą obliczenia, projektowanie i zasady działania elementów i systemów hydraulicznych montowanych w mechanizmach maszyn przemysłowych, oraz w odpowiednie umiejętności praktyczne. Tematy zajęć obejmują: strukturę, zasady działania i charakterystykę maszyn i elementów hydraulicznych oraz metody syntezy systemów hydraulicznych do napędu i sterowania maszyn i urządzeń. W pierwszym rzędzie, uwaga będzie skierowana na sposoby zarządzania charakterystykami prędkości i siły, na problemy związane z realizacją cykli, synchronizacją, obsługą, problemami technicznymi i naprawami instalacji hydraulicznych.

**Efekty edukacyjne kursu:** Po ukończeniu kursu słuchacze będą znali zasady działania i rodzaje instalacji hydraulicznych. Będą w stanie zdefiniować siłę przepływu, miejsca i sposoby jej stosowania. Słuchacze poznają podstawowe elementy instalacji zawierających płyny oraz sposoby zapewnienia prawidłowej i niezawodnej pracy takich instalacji. Słuchacze będą umieli zaprojektować i stworzyć układ hydrauliczny i prawidłowo określić sposób jego działania. Słuchacze zapoznają się ze sposobami kontroli i regulacji instalacji hydraulicznych oraz posiadają wiedzę jak zapewnić bezawaryjne i skuteczne działanie takiego układu.

**Wymagane zasoby (np. osprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie, itp.):** Osprzęt hydrauliczny, komputer, oprogramowanie do wykonywania symulacji, pakiet MS Office

Tematyka	Problemy do rozwiązania
T1. Wprowadzenie do napędów hydraulicznych. Struktura wolumetrycznych instalacji z płynem hydraulicznym. Zasady działania. Klasyfikacja i zastosowanie instalacji hydraulicznych. Symbole	<ul style="list-style-type: none"> <li>Przygotowanie układu hydraulicznego według danego schematu.</li> </ul>

<p>stosowane w schematach instalacji hydraulicznych.</p>	
<p>T2. Podstawowe parametry napędów hydraulicznych. Podstawowe obliczenia. Schemat pracy. Podstawowe obliczenia: prędkość, ciśnienie, siły, moc, przepływ, otwory warunkowe, skuteczność działania.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Podstawowe parametry napędów hydraulicznych</li> </ul>
<p>T3. Zawory ciśnieniowe Elementy regulacji ciśnienia w instalacjach hydraulicznych. Zawór bezpieczeństwa z bezpośrednim i pośrednim sterowaniem. Zawory bezpieczeństwa w instalacjach z akumulatorem hydraulicznym i nieregulowaną pompą. Zawory redukujące ciśnienie. Zawory – osprzęt, zasada działania, charakterystyka, regulacja, dobór, miejsce włączenia w instalację, symbole.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Struktura i zasada działania zaworów kontrolujących ciśnienie</li> </ul>
<p>T4. Kierunkowe zawory sterujące Kierunkowe zawory sterujące – elementy koordynujące w układzie – budowa, cel, metody sterowania, główna charakterystyka i parametry, podstawowe schematy, dobór i miejsce włączenia w układ hydrauliczny, symbolika. Kierunkowe zawory sterujące.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Struktura, konstrukcja techniczna i zasada działania kierunkowych zaworów sterujących.</li> </ul>
<p>T5. Siłowniki Siłowniki hydrauliczne – działanie, rodzaje, charakterystyka, dobór, miejsce włączenia w układ hydrauliczny, tłumienie. Siłowniki siłowe z ograniczonym ruchem obrotowym. Siłowniki siłowe tłokowe i teleskopowe. Cechy montażu siłowników siłowych.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Struktura, konstrukcja techniczna i zasada działania siłowników hydraulicznych.</li> </ul>

<p>T6. Hydrauliczne urządzenia sterujące Urządzenia hydrauliczne sterujące przepływem, rozdzielacze, zawory rozgałęziające. Proporcjonalne urządzenia sterujące – proporcjonalne rozdzielacze, zawory i regulatory przepływu. Zawory zwrotne i 1 stronne regulowane zawory ograniczające. Omówienie budowy, działania, charakterystyk, doboru, miejsca włączenia w instalację, symboliki.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Struktura, konstrukcja techniczna i zasada działania zaworów dławiących</li> </ul>
<p>T7. Elementy sterowania prędkością. Zawory sterujące przepływem (ograniczające) – rodzaje, cechy konstrukcji, działanie i instalacja. Podstawowe obliczenia. Dobór. Minimalny stabilny przepływ. Miejsce zaworów ograniczających w układzie hydraulicznym. Regulacja "wejścia" i "wyjścia", regulacja w obwodzie równoległym</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementy pomocnicze w układach hydraulicznych</li> </ul>
<p>T8. Bezstopniowy zawór regulacyjny Dwustronne zawory regulacji przepływu – zasada działania, charakterystyka, dobór, miejsce montażu w instalacji hydraulicznej. Trójstronne zawory regulacji przepływu. Efekt energii</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Badania w jaki sposób tempo przepływu ustalone za pomocą zaworu regulacji przepływu nie jest zależne od ogólnej różnicy ciśnienia.</li> </ul>
<p>T9. Płyny w instalacjach hydraulicznych Właściwości płynów (gęstość, sprężalność, lepkość, itp.). Wymagania i dobór płynów.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Właściwości płynów.</li> </ul>
<p>T10. Kawitacja. Przyczyny występowania kawitacji w układach hydraulicznych. Szkodliwe skutki kawitacji w układach hydraulicznych</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Występowanie kawitacji w pompach zębatych</li> </ul>

**Zalecana literatura:**

- [1]. Joseph H. Spurk, Nuri Aksel, Strömungslehre. Springer
- [2]. R.S. Khurmi Textbook of Hydraulics, Fluid Mechanics and Hydraulic Machines, S Chand & Co, 1987
- [3]. E. Totten, Victor J. De Negri. Handbook of hydraulic fluid technology CRC Press | 2012 | Second edition.
- [4]. David H. Myszka, Machines & Mechanisms Applied Kinematic Analysis 4th Edition ISBN: 9780133464146, 0133464148. VitalSource
- [5]. Dr. R. K. Bansal, A Textbook of Fluid Mechanics and Hydraulic Machines Paperback, Laxmi Publications, 2005, ISBN-10-8131808157
- [6]. Sukumar Pati, Textbook of Fluid Mechanics & Hydraulic Machines, 1st Edition 1259006239 · 9781259006234, 20012
- [7]. V. Sokolov, O. Krol, Installations Criterion of Deceleration Device in Volumetric Hydraulic Drive, Science Direct Procedia Engineering 206 (2017) 936–943

## 4.5. Kurs nr 5 - Próznia i technologie próżniowe

**Długość kursu (w dniach):** 3 dni

**Liczba godzin:** 18 (9 teoria + 9 praktyka)

**Omówienie kursu:** Ten kurs przedstawia słuchaczom podstawowe zasady, prawa i komponenty technologii próżniowej używanej w automatyce. Omawia rodzaje, zasady działania i symbole różnych urządzeń technicznych stosowanych w przemyśle.

**Efekty edukacyjne kursu:** Po ukończeniu kursu, słuchacz będzie:

- Rozumieć charakterystykę, produkcję i przygotowanie próżni;
- Posiadać bazę wiedzy na temat głównych komponentów instalacji próżniowych i ich symboli;
- Identyfikować różne symbole schematyczne stosowane w technologii próżniowej, projektować podstawowe rysunki schematyczne według określonych wymagań;
- Identyfikować, sprawdzać, regulować i wymieniać szeroki wachlarz próżniowych narzędzi stosowanych w automatyce: zaworów, siłowników, ssawek, czujników, przekaźników, minutników, kontrolerów przepływu, itp.;
- Projektować i obliczać niezbędne parametry systemów próżniowych;
- Znać i stosować podstawowe schematy manipulatorów w systemach automatycznych.

**Wymagane zasoby (osprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie, itp.):**

Tematyka	Problemy do rozwiązania
T1. Podstawy teoretyczne próżni. Wyrażenia i jednostki. Metody pomiaru. Jakość próżni.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zastosowania próżni. Wprowadzenie do teorii gazów.</li> <li>• Zjawisko sorpcji w próżni.</li> <li>• Skraplanie i parowanie.</li> <li>• Procesy fizyczne w próżni.</li> </ul>

<p>T2. Produkcja próżni za pomocą sprężonego powietrza. Turbiny próżniowe. Pompy wypornościowe – pompy tłokowe, membranowe, pompy łopatkowe, pompy Rootsa. Zalety, wady i warunki stosowania.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Budowa, zasada działania, charakterystyka technicznych środków do otrzymywania próżni.</li> </ul>
<p>T3. Pompy eżektorowe zasilane sprężonym powietrzem. Eżektory jednostopniowe. Eżektory wielostopniowe. Eżektory z wbudowanymi komponentami sterującymi. Moduły oszczędzania energii.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Budowa, zasada działania i charakterystyka.</li> <li>• Pomoc w doborze eżektorów próżniowych</li> </ul>
<p>T4. Systemy próżniowe do transportu materiałów. Scentralizowane i zdecentralizowane systemy próżniowe. Elementy przygotowawcze – zbiorniki, linie zasilające, filtry, separatory, moduły próżniowe dla systemów eżektorów próżniowych i pomp próżniowych.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zasady działania i budowy oddzielnych komponentów systemów próżniowych.</li> </ul>
<p>T5. Ssawki (przyssawki). Rodzaje, zalety i ograniczenia. Systemy gąsienicowe. Dobór ssawek. Ssawki modułowe.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Określenie sił.</li> <li>• Dobór w zależności od zastosowania, warunków środowiskowych i materiałów roboczych.</li> </ul>
<p>T6. Czujniki i przełączniki próżniowe. Główne parametry – wyjście tranzystorowe, poziom próżni, histereza, itp.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Określenie głównych parametrów – rozstaw, zakres, wyjście tranzystorowe, poziom próżni, histereza, itp.</li> </ul>
<p>T7. Zawory próżniowe – rodzaje i działanie. Zawory wykonawcze, zamykające i uszczelniające. Zawory próżniowe do określonych zastosowań. Rodzaje sterowania.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Określenie odpowiedniego zaworu próżniowego według określonego zastosowania.</li> </ul>
<p>T8. Obwody sterowane próżniowo, pneumatycznie i elektro-pneumatycznie. Technologie wykorzystywane w zastosowaniach typu podnieś i</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identyfikacja i naprawa usterek.</li> </ul>

przenies, formowanie podciśnieniowe, utrzymywanie podciśnieniowe i mocowanie podciśnieniowe, pakowanie i dozowanie.	
T9. Obwody sterujące podnośników podciśnieniowych. Kalibracja elementów kontroli próżni.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identyfikacja i naprawa usterek.</li> <li>• Rozwiązania redukujące zużycie sprężonego powietrza.</li> </ul>
T10. Elektroniczne kontrolery próżni.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulacja pracy i parametrów elektronicznych regulatorów o działaniu proporcjonalnym.</li> </ul>
T11. Zastosowanie próżni w ciągłych procesach produkcyjnych – suszenie sublimacyjne, filtracja, destylacja, osprzęt testowy, itp.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Określone wymogi i rozwiązania.</li> </ul>

### **Zalecana literatura:**

- [1].Akram H., A. Fasih, Selection criterion of gauges for vacuum measurements of systems with diverseranges”, Physics Procedia 32, 503-512, 2012.
- [2].Chambers A., Basic Vacuum Technology, 2nd edition, CRC Press, 1998
- [3].T. A. Delchar T., Vacuum Physics and Techniques, St Edmundsbury Press, UK, 1993
- [4].Jousten K., Handbook of Vacuum Technology, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2008
- [5].Umrath W. Fundamentals of Vacuum Technology, Cologne, 1998

## 4.6. Kurs nr 6 - Optymalne zastosowanie sprężonego powietrza

**Długość kursu (w dniach):** 3 - 4 dni

**Liczba godzin:** 24 (12 teoria + 12 praktyka)

**Omówienie kursu:** Kurs wprowadza podstawowe aspekty fizyczne i technologiczne związane z produkcją i zastosowaniem sprężonego powietrza w zakładach produkcyjnych. Omawiane są ogólne zasady projektowania i budowy instalacji pneumatycznych, ich podstawowe elementy, wartości energii i zużycie, równowaga energia/praca oraz zasady efektywności. Kurs kładzie nacisk na najważniejsze teoretyczne i praktyczne problemy związane ze stosowaniem, transportem i magazynowaniem sprężonego powietrza, oraz z oszczędzaniem energii i ochroną środowiska przed szkodliwymi skutkami produkcji i użytkowania sprężonego powietrza.

**Efekty edukacyjne kursu:** Kurs ma na celu wyposażenie słuchaczy w specjalistyczną wiedzę na temat głównych problemów związanych ze stosowaniem instalacji pneumatycznych w zakładach produkcyjnych i rozwiązania związane z efektywnością energetyczną. Problemy omawiane podczas zajęć są nakierowane na dalszy rozwój wiedzy w zakresie efektywności energetycznej instalacji i instalacji pneumatycznych oraz zapewniają dalsze informacje na temat potencjalnych okazji do rzeczywistego oszczędzania energii w praktyce.

Po ukończeniu kursu, uczestnicy będą dysponowali wiedzą w zakresie:

- Struktury instalacji pneumatycznych – siłowników, dmuchaw, itp.;
- Podstawowych koncepcji i charakterystyk określających jakość sprężonego powietrza, przewodnictwa, tempa przepływu, nieszczelności;
- Określania efektywności energetycznej elementów układu pneumatycznego;
- Optymalizacji przepływu powietrza i optymalizacji energetycznej dmuchaw, siłowników, itp.; optymalizacji energetycznej instalacji próżniowych.

**Wymagane zasoby (np. osprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie, itp.):** Osprzęt pneumatyczny, komputer, oprogramowanie do tworzenia symulacji, pakiet MS Office



Tematyka	Problemy do rozwiązania
T1. Efektywność energetyczna – istota, cel i korzyści wynikające z efektywności energetycznej	
T2. Struktura instalacji pneumatycznych	
T3. Niektóre właściwości sprężonego powietrza	
T4. Podstawowe problemy ze sprężonym powietrzem	
T5. Podstawowe przyczyny strat energii w zakładach produkcyjnych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obliczanie zużycia powietrza w instalacjach pneumatycznych</li> <li>• Szacowanie wielkości nieszczelności i obliczanie strat na tej podstawie</li> <li>• Obliczanie strat energii w instalacjach zasilających na sprężone powietrze.</li> </ul>
T6. Potencjalne oszczędności w produkcyjnych instalacjach pneumatycznych <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sprężarki</li> <li>– Dynamiczne sterowanie w produkcji powietrza. Cele i zadania układów kontrolnych.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obliczanie zużycia energii elektrycznej przez sprężarkę, koszt produkcji powietrza</li> <li>• Obliczanie oszczędności dzięki zmniejszeniu ciśnienia wyjściowego sprężarki</li> </ul>
T7. Potencjalne oszczędności w instalacjach pneumatycznych w przygotowywaniu powietrza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Badanie wpływu zatkanego filtra</li> </ul>
T8. Potencjalne oszczędności w instalacjach pneumatycznych do dystrybucji i dostarczania powietrza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obliczanie spadku ciśnienia na głównej linii</li> <li>• Obliczanie spadku ciśnienia na linii zasilającej</li> </ul>

<p>T9. Potencjalne oszczędności w konsumenckich instalacjach sprężonego powietrza</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Badanie wpływu ciśnienia wejściowego na konsumpcję sprężonego powietrza</li> <li>• Pomiary spadku ciśnienia w różnych schematach instalacji bez siłowników</li> <li>• Badanie możliwości zaoszczędzenia energii w zastosowaniach uwzględniających dmuchawy</li> <li>• Obliczanie zużycia powietrza jednostki pneumatycznej z więcej niż jednym siłownikiem</li> <li>• Kontrola prędkości i ciśnienia wstecznego dwukierunkowego dwustronnego siłownika za pomocą regulatorów ciśnienia i przepływu w celu oszczędzenia energii</li> </ul>
<p>T10. Efektywność energetyczna w instalacjach próżniowych</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optymalizacja zużycia energii w instalacjach próżniowych</li> </ul>
<p>T11. Monitoring i optymalizacja</p>	

**Zalecana literatura:**

- [1]. Harris P., O'Donnell G.E., Whelan T. (2012) Energy Efficiency in Pneumatic Production Systems: State of the Art and Future Directions. In: Dornfeld D., Linke B. (eds) Leveraging Technology for a Sustainable World. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-29069-5\\_62](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29069-5_62)
- [2]. Modelon. Modeling of Pneumatic Systems (Tutorial for the Pneumatics Library), 2010
- [3]. Shi, Y., Cai, M., Xu, W. et al. Methods to Evaluate and Measure Power of Pneumatic System and Their Applications. Chin. J. Mech. Eng. 32, 42 (2019). <https://doi.org/10.1186/s10033-019-0354-6>

## 4.7. Kurs nr 7 – Obsługa maszyn CNC

**Długość kursu (w dniach): 3 - 4**

**Liczba godzin: 24 (8 teoria i 16 praktyka)**

### **Omówienie kursu:**

Celem kurs jest wyposażenie osób z podstawową wiedzą techniczną w umiejętności programowania i obsługi maszyn sterowanych numerycznie (CNC), a zwłaszcza tokarek i frezarek. Kurs pozwala na wzbogacenie klasycznej technicznej wiedzy w zakresie produkcji i obróbki we wiadomości i umiejętności obejmujące korzystanie z maszyn i urządzeń CNC. Maszyny, jednostki sterujące, układy współrzędnych, części, materiały narzędzia i inne ważne elementy elastycznego i adaptowalnego systemu technologicznego zostaną zaprezentowane i omówione w ramach kursu. Ręczne i konwersacyjne (dialogowe) programowanie maszyn CNC wchodzi w skład programu nauczania, natomiast symulowanie i wykonywanie programów CAM zostanie tylko zasygnalizowane słuchaczom. Każda jednostka lekcyjna składa się z części teoretycznej i praktycznej. W części teoretycznej przedstawione i omówione będą ważne koncepcje, natomiast w części praktycznej słuchacze będą stosować zdobytą wiedzę do rozwiązywania rozmaitych problemów.

Na koniec każdego dnia przeprowadzone zostaną zadania oceniające, w celu sprawdzenia zdobytej wiedzy. Test końcowy przeprowadzony będzie na zakończenie kursu, a jakość kursu będzie zbadana poprzez ankietę przeprowadzoną wśród słuchaczy i instruktorów.

Po zakończeniu kursu, słuchacze będą umieli samodzielnie stworzyć program wytwarzania części za pomocą tokarki lub frezarki.

### **Efekty edukacyjne kursu:**

- Znajomość zasad działania i części maszyn CNC.
- Planowanie i tworzenie kodu programu (tzw. G-code) kontrolującego pracę maszyn CNC.
- Umiejętność zastosowania technologicznych procedur do obróbki poprzez wykorzystanie odpowiednich funkcji jednostki sterującej.
- Umiejętność zdefiniowania parametrów pracy/wytwarzania technologicznego procesu obróbki.

- Umiejętność zastosowania symulatorów do prototypowania kodu (w przypadku odpowiedniego symulatora).
- Modyfikacja istniejącego G-code.
- Dobra znajomość układu współrzędnych maszyny i ważnych punktów.
- Umiejętność kalibracji i pomiaru narzędzi
- Wstępna wiedza na temat istniejących pakietów oprogramowania CAM.

**Wymagane zasoby (np. sprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie, itp.):** komputer PC, oprogramowanie symulacyjne CAM (do demonstracji), symulator kodu CNC, pakiet MS Office (Word, Excel, Power Point)

Tematyka	Problemy do rozwiązywania
T1 – Maszyny CNC, wstęp i zasada działania <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wprowadzenie do maszyn CNC</li> <li>2. Różnice pomiędzy maszynami klasycznymi a maszynami CNC</li> <li>3. Klasyfikacja systemów CNC</li> <li>4. Podzespoły i komponenty maszyn CNC</li> <li>5. Omówienie jednostek sterowania numerycznego</li> <li>6. Struktury danych i wprowadzanie danych</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tworzenie programu G-code umożliwiającego obróbkę części na tokarce CNC</li> </ul>
T2 – Koncepcja sterowania maszyn numerycznie - CNC <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wprowadzenie do sterowania CNC</li> <li>2. Struktura i komponenty jednostek sterujących CNC</li> <li>3. Charakterystyka techniczna jednostek sterujących CNC</li> <li>4. Charakterystyka funkcjonalna jednostek sterujących CNC</li> <li>5. Wprowadzanie programu</li> <li>6. Wykrywanie błędów w programie</li> <li>7. Optymalizacja programu</li> <li>8. Systemy DNC</li> <li>9. Sterowanie adaptowalne</li> <li>10. Elastyczne systemy technologiczne</li> </ol>	
T3 – Metody programowania w systemie CNC <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programowanie ręczne</li> <li>2. Programowanie konwersacyjne (dialogowe)</li> </ol>	

<p>3. Systemy programowania CAM</p>	
<p>T4 – Bezpieczeństwo i higiena pracy</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zachowanie osobiste</li> <li>2. Odzież robocza</li> <li>3. Ogólne przepisy BHP</li> <li>4. BHP a maszyny CNC</li> </ol>	
<p>T5 – Technologiczne przygotowanie do obróbki CNC</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Technologiczne przygotowanie do produkcji</li> <li>2. Układy współrzędnych i punkty zerowe</li> <li>3. Charakterystyczne punkty systemu obróbki</li> <li>4. Wymiarowanie części</li> <li>5. Rozwój procesu technologicznego</li> <li>6. Tworzenie planu produkcji</li> <li>7. Tworzenie planu mocowania</li> <li>8. Definiowanie zestawu narzędzi</li> <li>9. Definiowanie parametrów skrawania</li> <li>10. Projektowanie ścieżki narzędzia i symulacja</li> <li>11. Demonstrowanie tworzenia procesu technologicznego dla tokarki i frezarki – przykłady robocze.</li> </ol>	
<p>T6 G-code – struktura i składnia</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Struktura i składnia programu</li> <li>2. Podstawowe funkcje G i M</li> <li>3. Inne funkcje stosowane w programowaniu</li> <li>4. Demonstrowanie kodu dla tokarki i frezarki – przykłady robocze.</li> </ol>	
<p>T7 – Kalibracja narzędzi i optymalizacja ścieżki</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Korekcja i regulacja narzędzia</li> <li>2. Definiowanie ścieżki narzędzia</li> </ol>	
<p>T8 Wprowadzenie do oprogramowania CAM</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Demonstrowanie różnych programów CAM</li> <li>2. Symulator programu CAM do tworzenia G-Code.</li> </ol>	

T9 – Zarządzanie i wykonywanie programu (Przykład dla szkolenia na tokarce)	
T10 – Zarządzanie i wykonanie programu (Przykład dla szkolenia na frezarce)	
T11 – Samodzielna praca pod kierownictwem i z pomocą instruktora	

## **Zalecana literatura:**

- [1] Alan Overby, CNC Machining Handbook: Building, Programming, and Implementation  
Paperback, 2010, [Link](#)
- [2] Lorenzo Rausa, CNC 50 Hour Programming Course: (Second Edition / January 2018), [Link](#)

## 4.8. Kurs nr 8 - Obsługa zautomatyzowanych systemów produkcyjnych

**Długość kursu (w dniach): 3-4**

**Liczba godzin: 24 (10 teoria + 14 praktyka)**

**Omówienie kursu:** Celem kursu jest zapoznanie słuchaczy z podstawowymi koncepcjami i aspektami automatyzacji procesu wytwarzania i systemów produkcyjnych; omówienie funkcji i działania zautomatyzowanych systemów produkcyjnych; omówienie zastosowania elastycznych środków automatyzacji i ich integracja z procesami technologicznymi oraz z systemami komputerowymi typu CAX wspierającymi technologiczne przygotowanie produkcji; wskazanie aktualnych trendów i kierunków rozwoju automatyzacji systemów produkcyjnych.

**Efekty edukacyjne kursu:**

- Zapoznanie słuchaczy z podstawowymi koncepcjami i aspektami automatyzacji procesu wytwarzania i systemów produkcyjnych,
- Zapewnienie uporządkowanej i dogłębnej wiedzy na temat działania i funkcji zautomatyzowanych systemów produkcyjnych wykorzystujących elastyczną automatyzację i integrowanie procesów technologicznych,
- Zaprezentowanie przykładów środków i narzędzi komputerowych wspierających technologiczne przygotowanie produkcji,
- Omówienie trendów rozwojowych w automatyzacji systemów produkcyjnych.

**Wymagane zasoby (np. sprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie, itp.):**

Oprogramowanie CAD – Inventor; Oprogramowanie CAM – Edgecam; Oprogramowanie CAPP – Preactor APS

Tematyka	Problemy do rozwiązania
T1. Obrabiarki sterowane numerycznie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programowanie tokarki CNC z wykorzystaniem programowania krokowego G91</li> <li>• Ćwiczenia w CAD</li> </ul>
T2. Programowanie części w trybie automatycznym	
T3. Przykłady procesów technologicznych realizowanych ze wsparciem systemów CAM	
T4. Zaawansowane systemy CAM	
T5. Struktura programowania części w CNC	
T6. Programowanie CNC – dodatkowe funkcje	
T7. Podsumowanie	



**Zalecana literatura:**

- [1] Karkalos, N. E., Markopoulos, A. P., & Davim, J. P. (2019). *Computational Methods for Application in Industry 4.0*. Springer International Publishing.
- [2] Rawat, D. B., Brecher, C., Song, H., & Jeschke, S. (2017). *Industrial Internet of Things: Cybermanufacturing Systems*. Springer.
- [3] Gunal, Murat M. (Ed.) (2019). *Simulation for Industry 4.0 Past, Present, and Future Series: Springer Series in Advanced Manufacturing*.
- [4] Wybrane artykuły z pism naukowych:

- *Journal of Manufacturing Systems, e.g.*

Deja, M., & Siemiatkowski, M. S. (2018). Machining process sequencing and machine assignment in generative feature-based CAPP for mill-turn parts. *Journal of Manufacturing Systems, 48*, 49-62.

- *Journal of Intelligent Manufacturing, e.g.*

Deja, M., & Siemiatkowski, M. S. (2013). Feature-based generation of machining process plans for optimised parts manufacture. *Journal of Intelligent Manufacturing, 24*(4), 831-846.

# CZEŚĆ 2 INŻYNIEROWIE

## 1. WSTĘP

Niniejszy program nauczania został stworzony w ramach projektu **allCUTE** realizowanego w Programie ERASMUS+. Program nauczania został zaprojektowany w taki sposób, aby zwiększyć umiejętności techniczne i ogólne inżynierów zatrudnionych w sektorze *budowy maszyn i mechatroniki* z uwagi na wysokie zapotrzebowanie na nowe umiejętności związane z wyzwaniem stawianymi przez rozwój Przemysłu 4.0.

Ten program nauczania został oparty na wynikach badań i kwestionariuszy przeprowadzonych wśród 161 firm operujących w wymienionym powyżej sektorze w następujących regionach Europy:

- Gabrovo, Bułgaria
- Plovdiv, Bułgaria
- Wschodnia Macedonia i Tracja, Grecja
- Województwo pomorskie, Polska
- Nis, Serbia

Po analizie wyników ankiet zidentyfikowano 6 priorytetowych kursów dla inżynierów, według potrzeb pracodawców. Oto wyselekcjonowane kursy zawarte w niniejszym programie:

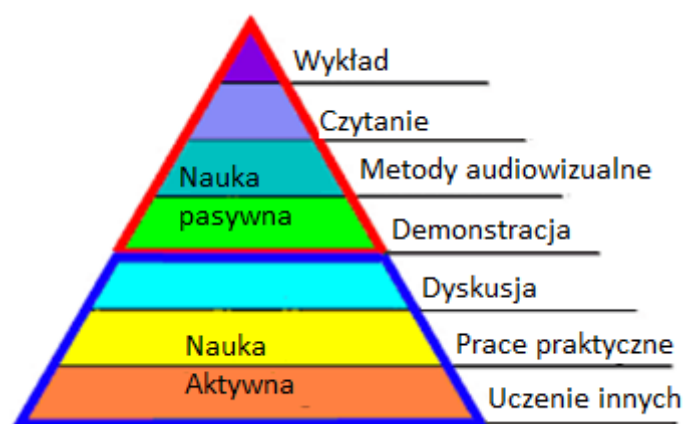
- Podstawowe schematy w zautomatyzowanych systemach pneumatycznych
- Efektywność energetyczna w systemach pneumatycznych
- Hydraulika, hydraulika proporcjonalna
- Silniki elektryczne i złożone napędy elektryczne
- Zautomatyzowane systemy produkcyjne
- Zapewnienie jakości, kontrola jakości, badania.

## 2. METODOLOGIA NAUCZANIA

Program nauczania jest oparty na metodzie nauczania hybrydowego, w której zasoby IT są stosowane w bardziej strategiczny sposób. Część e-learningowa jest oparta na otwartych materiałach i zasobach edukacyjnych – przeznaczonych do nauki własnej, zarówno teorii jak i praktyki, dzięki czemu słuchacze kursów mogą być lepiej przygotowani do tradycyjnych zajęć teoretycznych i praktycznych, a tym samym łatwiej zdobędą umiejętności i wiedzę i będą lepiej przygotowani do wykonywania obowiązków zawodowych poprzez działanie w rzeczywistym środowisku przemysłowym.

Tradycyjna część programu nauczania i poszczególnych kursów opiera się na aktywnych technikach nauczania (nakierowanych na ucznia/słuchacza) takich jak: odwrócona klasa, puzzle, nauczanie oparte na problemach i projektach, myśl-paruj-dziel, itp., w których to słuchacze mogą kształtować swoją ścieżkę nauczania pod opieką i kierownictwem instruktora. Studiowanie materiałów z wyprzedzeniem daje słuchaczom możliwość przedyskutowania ich podczas zajęć i rozwiązania problemów korzystając z aktualnie posiadanej wiedzy, co umożliwi rozwój myślenia krytycznego, analitycznego i kreatywnego, zwiększa motywację, usprawnia komunikację, umiejętności rozwiązywania problemów, umiejętności cyfrowe, itp. Co więcej, słuchacze pomagają sobie i uczą się wzajemnie. Rola instruktora prowadzącego sprowadza się do moderowania, a nie instruowania, zaś słuchacze są aktywnie zaangażowani w proces nauczania i uczenia się – nie są tylko pasywnymi uczestnikami zajęć.

Proponowana metodologia odzwierciedla najnowsze techniki nauczania stosowane na świecie. Schemat przedstawiono na rysunku 2 poniżej.



Rysunek 2: Piramida nauczania

### 3. METODOLOGIA OCENIANIA

Biorąc pod uwagę czas trwania kursu oraz rodzaj i zakres wiedzy i umiejętności do przyswojenia, metodologię oceniania oparto na 3 technikach:

- Refleksja poprzez wprowadzenie "jedno-minutowych wypracowań"

Na koniec lekcji w danym dniu słuchacze odpowiadają na pytania zadane przez instruktora (jedno-minutowe wypracowanie), które skłaniają ich do refleksji nad materiałem omówionym w ciągu dnia nauki.

Stosując tę technikę oceniania, instruktor uzyskuje pożyteczny feedback na temat postępów słuchaczy w nauce i trudności, które napotykają, natomiast z drugiej strony, słuchacze rozwijają umiejętności przekrojowe pozwalające im powziąć refleksję, przeanalizować i dokonać samooceny swojego działania.

- Obserwacja poprzez wprowadzenie "listy kontrolnej osiągnięć"

Po zakończeniu zajęć w danym dniu, instruktor wypełnia listę kontrolną osiągnięć, która zawiera poszczególne kryteria i umożliwia instruktorom zdobycie informacji i dokonanie oceny poziomu wiedzy i umiejętności słuchaczy w odniesieniu do zadanych efektów nauczania. Co więcej, taka lista daje możliwość systematycznego zbierania danych na temat określonych zachowań, wiedzy i umiejętności.

- Projekt na małą skalę

Po zakończeniu kursu, słuchacze powinni wykonać w parach projekt na małą skalę w formie prezentacji PowerPoint. Pracując nad takim projektem, słuchacze mają okazję pokazania w jakiej skali rozwinęli swoją techniczną wiedzę i umiejętności, mogą również rozwijać umiejętności przekrojowe takie jak praca w zespole, komunikacja, rozwiązywanie problemów, myślenie krytyczne, itp. Dodatkowo mogą również zwiększyć swoje kompetencje cyfrowe.

Jeżeli wykonanie takiego projektu nie jest z jakiegoś powodu możliwe, można zastosować testy do oceny wiedzy i umiejętności słuchaczy.

## 4. OPIS KURSU

### 4.1. Course 1 – Podstawowe schematy w zautomatyzowanych systemach pneumatycznych

**Długość kursu (w dniach):** 4 - 5

**Liczba godzin:** 30 (15 teoria + 15 praktyka)

**Omówienie kursu:** Kurs pozwoli serwisantom i obsłudze urządzeń nabycie wiedzy i umiejętności niezbędnych do wykonywania czynności serwisowych systemów pneumatycznych i elektropneumatycznych. Kurs zwiększa poziom wiedzy na temat systemów pneumatycznych i elektropneumatycznych zdobytej podczas podstawowych kursów. Duży nacisk kładzie się na podejście praktyczne. Szkolenie oparte jest na standardowych komponentach przemysłowych powszechnie stosowanych w przemyśle i systemach przemysłowych.

#### **Efekty edukacyjne kursu:**

- Ewaluacja, zastosowanie i regulacja różnych czujników;
- Obliczanie podstawowych parametrów w poszczególnych etapach produkcji sprężonego powietrza oraz na lokalnych stacjach i manipulatorach;
- Rozwijanie podstawowych sekwencji systemów kontroli;
- Ewaluacja, zastosowanie i regulacja urządzeń peryferyjnych takich jak timery, liczniki, przekaźniki programowalne, itp.;
- Implementacja kontrolerów działających na podstawie komend w połączeniu z kontrolą sekwencyjną;
- Korzystanie z rysunków instalacji pneumatycznych jako pomoc w odnajdywaniu błędów systemowych;
- Przeprowadzanie napraw instalacji i systemów pneumatycznych;

- Zrozumienie zasady włączenia i zastosowania sterowników PLC do kontroli systemów pneumatycznych;
- Korzystanie i regulacja z siłowników i regulatorów pneumatycznych z kontrolą proporcjonalną.

**Wymagane zasoby (np. sprzęt, materiały, narzędzia oprogramowanie, itp.):** Oprogramowanie do tworzenia schematów instalacji pneumatycznych. Oprogramowanie do tworzenia programów dla sterowników PLC.

Tematyka	Problemy do rozwiązania
T1. Podstawowe kroki w obliczeniach i doborze osprzętu do przygotowywania powietrza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dobór sprężarki na podstawie wydajności i wartości ciśnienia</li> </ul>
T2. Podstawowe kroki w budowie instalacji sprężonego powietrza.	
T3. Projektowanie kompletnego systemu sterowania pneumatyką.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obliczanie wymaganego przewodnictwa w układzie</li> </ul>
T4. Projektowanie pneumatycznych i elektropneumatycznych obwodów kontrolnych dla modułów z podajnikiem.	
T5. Projektowanie pneumatycznych i elektropneumatycznych obwodów kontrolnych z timerami.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektropneumatyczne systemy kontrolne</li> </ul>
T6. Projektowanie pneumatycznych i elektropneumatycznych obwodów kontrolnych z licznikami.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tworzenie podstawowych sekwencyjnych obwodów kontrolnych z licznikami (pneumatycznymi i elektronicznymi).</li> </ul>
T7. Projektowanie pneumatycznych i elektropneumatycznych obwodów kontrolnych z programowalnymi	

przełącznikami ciśnieniowymi. Wielofunkcyjne przełączniki ciśnieniowe.	
T8. Projektowanie pneumatycznych i elektropneumatycznych obwodów kontrolnych z elementami logicznymi.	
T9. Projektowanie pneumatycznych i elektropneumatycznych obwodów kontrolnych z osprzętem próżniowym.	
T10. Projektowanie instalacji pneumatycznych z wykorzystaniem PLC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrola poziomu zbiornika oparta na sterowniku PLC</li> </ul>
T11. Siłowniki i pozycjonery z zaworami pneumatycznymi. Zasada działania, parametry i zastosowanie.	
T12. Elektroniczne regulatory ciśnienia. Zasada działania, parametry i zastosowanie.	

### **Zalecana literatura:**

1. [Parambath J.](#), Pneumatic Systems and Circuits - Advanced Level (Pneumatic Book Series), 2020
2. Parr A., Hydraulics and Pneumatics , 3rd Edition, Butterworth-Heinemann, 2011
3. [Sivaraman I.](#), Pneumatics and Pneumatic Circuits, [Dr. Ilango Sivaraman](#), 2015
4. Turner I, Engineering Applications of Pneumatics and Hydraulics, Routledge, 2020



## 4.2. Kurs nr 2 – Efektywność energetyczna w systemach pneumatycznych

**Długość kursu (w dniach): 4-5**

**Liczba godzin: 25 (10 teoria + 15 praktyka)**

### **Omówienie kursu:**

W systemach z cieczami roboczymi przekazywanie i kontrolowanie energii odbywa się poprzez zastosowanie cieczy lub gazu pod ciśnieniem. W systemach pneumatycznych medium jest powietrze. Najczęściej jest to powietrze atmosferyczne, które podlega zmniejszeniu objętości poprzez sprężanie, co powoduje zwiększenie jego ciśnienia. Sprężone powietrze jest najczęściej czynnikiem roboczym, który powoduje ruch tłoka napędzającego jakiś mechanizm. Chociaż w wielu gałęziach przemysłu stosuje się sprężone powietrze, właściwą dziedziną jest pneumatyka przemysłowa. Prawidłowe zastosowanie kontroli pneumatycznej wymaga odpowiedniej wiedzy na temat komponentów pneumatycznych i ich działania, tak, aby zapewnić prawidłowe włączenie tych komponentów w instalację lub system pneumatyczny, który będzie skutecznie działać. Projektant systemu ponosi odpowiedzialność za zapewnienie bezpieczeństwa w każdych warunkach, włącznie z sytuacjami awaryjnymi. Jak w przypadku każdego innego źródła energii, sprężone powietrze może spowodować szkody, jeżeli będzie niewłaściwie stosowane.

Zmniejszenie zużycia energii jest priorytetem w niemal każdej dziedzinie przemysłu, nie ma na świecie firmy, którą byłoby stać na wyrzucanie pieniędzy w błoto korzystając z maszyn czy procesów, które marnują energię. Ponieważ systemy i instalacje pneumatyczne bardzo często występują w fabrykach i zakładach produkcyjnych, bardzo ważnym jest zapewnienie ich skutecznego działania. Na szczęście istnieją sposoby poprawienia efektywności energetycznej systemów pneumatycznych wykorzystujące taktyki, które obejmują lepsze decyzje inżynierskie na etapie projektowania czy regulację lub modyfikację istniejących systemów. Chociaż obecnie sięga się chętnie po sterowanie elektroniczne takie jak programowalne sekwencery lub inne sterowniki logiczne, wiedza na temat funkcjonowania podstawowych komponentów pneumatycznych jest nadal niezbędna.

Niniejszy kurs zawiera następujące zagadnienia, które pomogą słuchaczom w zwiększeniu efektywności energetycznej systemów pneumatycznych:

- Zasady działania hydrauliki siłowej, podstawowa charakterystyka i optymalizacja sprężonego powietrza
- Właściwe wymiary komponentów w siłownikach pneumatycznych, czujnikach i kontrolerach

- Wpływ nieszczelności, sztucznego zapotrzebowania i niewłaściwego użytkowania na efektywność systemu
- Optymalizacja ciśnienia, instalacji i systemów pneumatycznych
- Efektywność energetyczna – możliwości na poziomie komponentów
- Efektywność energetyczna – możliwości na poziomie systemu kontroli
- Optymalizacja systemu kontroli w miejscu użytkowania
- Unikanie zbyt wysokiego ciśnienia i projektowanie zoptymalizowanych instalacji i systemów pneumatycznych
- Monitorowanie i optymalizacja systemu

## Efekty edukacyjne kursu:

Po ukończeniu kursu słuchacz potrafi:

- Dokonać pomiarów zużycia powietrza przez różne urządzenia pneumatyczne i działający elektro-pneumatyczny układ zasilający.
- Zrozumieć i ocenić związek pomiędzy zużyciem powietrza a kosztem źródeł energii systemu pneumatycznego, procesu, zwiększenia skuteczności działania instalacji sprężonego powietrza.
- Zastosować środki zwiększające efektywność energetyczną w przygotowaniu i rozdzielaniu sprężonego powietrza
- Zastosować środki zwiększające efektywność energetyczną w użyciu sprężonego powietrza
- Usunąć błędy powodujące straty efektywności i energii.
- Zastosować środki zwiększające efektywność energetyczną w instalacjach, maszynach i komponentach pneumatycznych.
- Dobrać energetycznie efektywne komponenty z uwzględnieniem ich zastosowania.

Tematyka	Problemy do rozwiązania
T1 1.1 Redukcja spadków ciśnienia w systemie dystrybucji 1.2 Unikanie niewłaściwego zastosowania sprężonego powietrza.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obliczanie siły siłownika w układach pneumatycznych</li> <li>• Obliczanie pracy i energii układów pneumatycznych</li> </ul>

T2. Wyłączenie zasilania podczas przestoju systemu pneumatycznego.	
T3. Włączenie producentów OEM w projektowanie bardziej efektywnych energetycznie maszyn i instalacji kompresorowych.	
T4. Dodawanie czujników do maszyn i procesów wykorzystujących wysokie ciśnienie.	
T5 5.1 Usuwanie nieszczelności 5.2 Usuwanie nieszczelności w instalacjach powietrznych.	
T6. Optymalizacja systemów sprężonego powietrza.	
T7. Wdrażanie obwodów oszczędności powietrza w odpowiednich miejscach.	
T8. Oszczędność energii rozpoczyna się od kierownictwa i polega na wszystkich członkach zespołów.	

**Wymagane zasoby (np. sprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie):**

Komputer PC, oprogramowanie symulacyjne PneuCalc (do demonstracji) lub Automation Studio 5.5 do projektowania systemów pneumatycznych i hydraulicznych, szkolenia, serwisowania i rozwiązywania problemów, pakiet MS Office

**Zalecana literatura:**

1. <https://www.semanticscholar.org/paper/Analysis-of-the-Energy-Efficiency-of-a-Pneumatic-Yang-Tadano/900fdb305237bd818a244b9060a136d381be3434>
2. <https://www.semanticscholar.org/paper/Air-recovery-assessment-on-high-pressure-pneumatic-Trujillo-Gamez-Montero/9983842d395f396ce577cc8c2779e78753887421>

3. <https://www.semanticscholar.org/paper/Cost-effectiveness-of-restoring-energy-in-execution-Blagojevic-Seslija/ba33382d0d71757134dac756dd4773414c626f8f>
4. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-New-Efficiency-Index-for-Analysing-and-Minimizing-Parkkinen-Zenger/42c4b2064b84ff66e95a257943c76d44366a761d>
5. <https://www.semanticscholar.org/paper/Energy-saving-measures-on-pneumatic-drive-systems-Hepke-Weber/1b672cf1b4ce068f5541c389f3482fb37b6dfcc4>
6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240584402030671X>
7. <https://www.semanticscholar.org/paper/Energy-efficiency-of-high-pressure-pneumatic-Trujillo/b0218db6e2ee138ae75e49a329bd577e63159c16>
8. <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0354-9836/2016/0354-98361600022S.pdf>
9. [https://swsu.ru/sbornik-statey/pdf/InTech-Increasing\\_the\\_energy\\_efficiency\\_in\\_compressed\\_air\\_systems.pdf](https://swsu.ru/sbornik-statey/pdf/InTech-Increasing_the_energy_efficiency_in_compressed_air_systems.pdf)

### 4.3. Kurs nr 3- **Hydraulika, Hydraulika proporcjonalna**

**Długość kursu (w dniach): 3 – 4 dni**

**Liczba godzin: 24 (10 teoria + 14 praktyka)**

**Omówienie kursu:**

Zakres kursu obejmuje zagadnienia od podstawowej i elementarnej hydrauliki siłowej do zaawansowanej kontroli siłowników z wykorzystaniem technik proporcjonalnych i serwomechanizmów.

W ramach kursu scharakteryzowane zostaną pompy, silniki hydrauliczne, siłowniki i elementy sterujące, wraz z omówieniem ich doboru do systemów hydraulicznych.

Zakres kursu obejmuje również analizę i zasady działania zarówno prostych jak i bardziej skomplikowanych (proporcjonalnych i z serwomechanizmami) systemów hydraulicznych.

**Efekty edukacyjne kursu:**

Po ukończeniu kursu, słuchacz potrafi:

- Przeanalizować, zdiagnozować i wyjaśnić zasadę działania systemu hydraulicznego;
- Dobrać komponenty do budowy systemu hydraulicznego;
- Zaprojektować podstawowy system hydrauliczny.

**Wymagane zasoby (np. sprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie, itp.):**

Zaleca się przeprowadzenie zajęć dydaktycznym w laboratorium hydrauliki.

Tematyka	Problemy do rozwiązania
T1. Elektromagnesy	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dobór proporcjonalnych zaworów kierunkowych</li> <li>• Obliczanie przepływu w zaworach proporcjonalnych</li> </ul>
T2. Zawory proporcjonalne	
T3. Charakterystyka proporcjonalnych kierunkowych zaworów sterujących	
T4. Elektroniczne systemy sterowania zaworów proporcjonalnych	

T5. Dobór proporcjonalnych zaworów kierunkowych - przykłady	
--	--

## **Zalecana literatura:**

- [1] Yeaple F.: Fluid power design handbook. Macel Dekker INC. 1984.
- [2] Hydraulic Trainer Volume 1. Basic principles and components.
- [3] Hydraulic Trainer Volume 2. Proportional and Servo Valve Technology.
- [4] Cundiff J.: Fluid Power Circuits and Controls. CRC Press 2002.
- [5] Akers A., Gassman M., Smith R.: Hydraulic Power System Analysis. CRC Press 2006.
- [6] Parr A.: Hydraulics and Pneumatics. Elsevier 1999.
- [7] Dindorf R.: Napędy Płynowe. Podstawy teoretyczne i metody obliczania napędów hydrostatycznych i pneumatycznych. Kielce University of Technology Publishing House. Kielce 2009.
- [8] Doddannavar R., Barnard A.: Hydraulic Systems. Operation and troubleshooting for Engineers & Technicians. Elsevier 2005.

#### 4.4. Kurs nr 4 – Silniki elektryczne, złożone napędy elektryczne

**Długość kursu (w dniach): 3 – 4 dni**

**Liczba godzin: 24 (10 teoria + 14 praktyka)**

**Omówienie kursu:** W ciągu ostatnich 30 lat wdrożenie elektronicznych napędów siłowych wyposażonych w silniki doprowadziło do powstania nowych możliwości projektowania. Coraz częstsze użytkowanie tych napędów i maszyn spowodowało znaczący rozwój produktywności, efektywności i wydajności systemów. Ten praktyczny, bezpośredni kurs wyposaży słuchaczy w podstawową wiedzę z tej szybko rozwijającej się dziedziny, przekazaną przez instruktorów z doświadczeniem przemysłowym.

**Efekty edukacyjne kursu:**

- Ogólne zasady budowy i fizyczne podstawy maszyn i napędów elektrycznych;
- Ogólne informacje na temat budowy, wydajności i modelowania generatora lub zestawu silników o różnych prędkościach;
- Ogólne informacje na temat symulowania, modelowania i rozwoju napędów elektrycznych.

Tematyka	Problemy do rozwiązania
T1. Krótki przegląd nowoczesnych napędów elektrycznych	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charakterystyka silnika DC w stanie stabilnym</li> <li>• Transfer funkcji w silniku DC</li> </ul>
T2. Układy elektromechaniczne	
T3. Maszyna indukcyjna	
T4. Maszyny bezszczotkowe ze stałymi magnesami	
T5. Silniki na prąd stały (DC)	

## **Zalecana literatura:**

- [1] Gieras J.: Advancements in electric machines. Springer Netherlands, 2008
- [2] Bishop Robert H. (Editor): The Mechatronics Handbook. CRC Press, 2002.
- [3] Krause P.C. : Analysis of Electric Machinery and Drive Systems, Wiley-IEEE Press, 2013
- [4] Gerling D.: Electrical Machines. Mathematical Fundamentals of Machine Topologies, 2015
- [5] Karnopp D. C., Margolis D. L., Rosenberg R. C.: System dynamics, modeling and simulation of mechatronic systems. John Wiley Inc, 2000.
- [6] Lyshevski S. E., Nano- and micro-electromechanical systems: Fundamental of micro- and nano-engineering. CRC Press, 2000.



## 4.5. Kurs nr 5 – Zautomatyzowane systemy produkcyjne

**Długość kursu (w dniach): 3 – 4 dni**

**Liczba godzin: 24 (8 teoria + 16 praktyka)**

### **Omówienie kursu:**

Celem kursu jest wyposażenie słuchaczy z podstawowymi umiejętnościami technicznymi i inżynierskimi we wiedzę na temat projektowania i analizowania zautomatyzowanych systemów produkcyjnych. Kurs pozwala wypełnić lukę pomiędzy klasyczną edukacją techniczną w zakresie technik produkcyjnych a nowoczesnymi, zautomatyzowanymi technikami produkcyjnymi, zwłaszcza w zakresie stosowania programowalnych sterowników logicznych PLC. W zakres kursu wchodzi takie zagadnienia jak czujniki, siłowniki, automatyczna identyfikacja danych, logika Boole'a, podstawowe i zaawansowane systemy sterowania oraz programowalne sterowniki logiczne. Ponadto podczas zajęć omawiane są: języki drabinkowe, listy instrukcji oraz funkcjonalne bloki programowe. W części teoretycznej słuchacze nabędą wiadomości na temat najważniejszych koncepcji i aspektów, natomiast w części praktycznej będą mieli możliwość zastosowania zdobytej wiedzy do rozwiązywania różnych problemów.

Na zakończenie każdego dnia nauki przeprowadzone będą sprawdziany umożliwiające słuchaczom sprawdzenie zdobytej wiedzy. Po zakończeniu kursu odbędzie się ewaluacja końcowa obejmująca ocenę materiałów i instruktorów.

### **Efekty edukacyjne kursu:**

- Wiedza na temat zasad działania czujników i siłowników.
- Wiedza na temat ważnych kodów numerycznych i alfa-numerycznych oraz automatycznych technik identyfikacji danych.
- Umiejętność projektowania i wdrażania funkcji logicznych, obwodów logicznych i technik minimalizacyjnych.
- Wiedza na temat analizowania i projektowania systemów kontrolnych prostych i zaawansowanych.
- Wiedza na temat architektury i struktury programowalnych sterowników logicznych PLC.
- Wiedza na temat komunikacji i sieci PLC.

- Umiejętność programowania PLC przy pomocy języków drabinkowych i funkcjonalnych bloków programowych.
- Wstępna wiedza na temat istniejących pakietów oprogramowania PLC.

**Wymagane zasoby (np. sprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie, itp.):** Komputer PC, oprogramowanie do tworzenia symulacji PLC (w celach demonstracyjnych), pakiet MS Office

Tematyka	Problemy do rozwiązania
<p><b>T1. Czujniki</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klasyfikacja czujników i metody pomiaru wartości nie-elektrycznych.</li> <li>• Czujniki światłowodowe.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektowanie minimalnych logicznych funkcji pneumatycznej windy z czterema siłownikami</li> </ul>
<p><b>T2. Siłowniki</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siłowniki piezoelektryczne.</li> <li>• Siłowniki mikromechaniczne (przełączniki mikromechaniczne, modulatory świetlne i elementy wyświetlaczy optycznych, mikromechaniczne zawory i pompy, elementy mikropozycjonujące, mikrosiłniki).</li> </ul>	
<p><b>T3. Liczby i dane</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wstęp do baz liczbowych, kodów i kodowania.</li> <li>• Kody i kodowanie: BCD, kod Aikena, kod Graya, kod ASCII.</li> <li>• Automatyczna identyfikacja danych: kody kreskowe, RFID.</li> </ul>	
<p><b>T4. Projektowanie z wykorzystaniem logiki Boole'a</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wprowadzenie do algebry Boole'a.</li> <li>• Podstawowe funkcje logiczne</li> <li>• Obwody logiczne.</li> <li>• Minimalizacja funkcji Boole'a.</li> <li>• Algorytm Quine-McCluskey'a.</li> <li>• Mapy Karnaugh'a.</li> </ul>	
<p><b>T5. Analiza i projektowanie systemów kontrolnych</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkcja transferu, przestrzeń stanu i reprezentacja systemu za pomocą diagramu blokowego.</li> <li>• Kontrolowalność i obserwowalność.</li> <li>• Odpowiedź systemu w domenie czasu i częstotliwości.</li> </ul>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metody analizy stabilności systemu kontrolnego.</li> <li>• Projektowanie systemu kontrolnego.</li> </ul>	
<p><b>T6. Zaawansowane systemy sterowania</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nieliniowe systemy sterowania.</li> <li>• Cyfrowe systemy sterowania.</li> <li>• Optymalne systemy sterowania.</li> <li>• Sterowanie predykcyjne.</li> <li>• Sterowanie i modelowanie rozmyte.</li> <li>• Sterowanie ślizgowe.</li> <li>• Techniki uczenia maszynowego.</li> </ul>	
<p><b>T7. Programowalne sterowniki logiczne - PLC</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programowalne sterowniki logiczne – wprowadzenie, działanie PLC.</li> <li>• Struktura sprzętowa PLC.</li> <li>• Komunikacja i sieć PLC.</li> <li>• Instalacja i okablowanie PLC.</li> <li>• Programowanie PLC.</li> </ul>	

## Zalecana literatura:

- [1] Ogata, K., Modern control engineering. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 1997.
- [2] Siddique Nazmul, Hojjat Adeli, Computational intelligence: synergies of fuzzy logic, neural networks and evolutionary computing. John Wiley & Sons, 2013.
- [3] William Bolton, Programmable Logic Controllers, Sixth Edition (6th. ed.). Newnes, USA, 2015.

## 4.6. Kurs nr 6 - Zapewnienie, kontrola i badanie jakości

**Długość kursu (w dniach): 3 - 4**

**Liczba godzin: 24 (8 teoria + 16 praktyka)**

### **Omówienie kursu:**

Podczas trzech dni kursu, słuchacze zdobędą wiadomości na temat inżynierii jakości – zapewnienia, kontroli i badania jakości. Szczególny nacisk zostanie położony na teorię projektowania oraz analizę eksperymentów przemysłowych i analizę przyczyn i skutków wad. Celem niniejszego kursu jest zapoznanie słuchaczy i podkreślenie ważności i miejsca takich zagadnień jak: koncepcja, proces, metody i przykłady jakości produktów (QA/QA), statystyczna kontrola procesów, projektowanie eksperymentów (DOE) oraz analiza przyczyn i skutków wad (FMEA).

Tematyka kursu pozwoli na stworzenie podstaw teoretycznych obejmujących definicje terminów z zakresu DOE takich jak niezależne (wejściowe) i zależne (wyjściowe) zmienne, czynniki, szумы, poziomy, macierz projektową, błędy, itp. W części teoretycznej omówione i przeanalizowane zostaną podstawowe parametry i warunki implementacji przetwarzania materiałów poprzez zastosowanie metody FMEA, słuchacze nabędą umiejętność określenia czynników ważących dotyczących krytyczności błędów, częstotliwości i zdolności wykrywania błędów.

Na zakończenie każdego dnia nauki przeprowadzone będą sprawdziany umożliwiające słuchaczom sprawdzenie zdobytej wiedzy. Po zakończeniu kursu odbędzie się ewaluacja końcowa obejmująca ocenę materiałów i instruktorów.

### **Efekty edukacyjne kursu:**

- Wprowadzenie do standaryzacji, system jakości w przetwarzaniu materiałów, podstawowe praktyczne problemy związane z jakością.
- Nabycie podstawowych umiejętności i wiedzy niezbędnej do zarządzania jakością, co powinno przełożyć się na zwiększenie jakości produktów/usług, redukcję kosztów i zwiększenie zysków
- Zwiększenie poziomu zrozumienia ważności zarządzania jakością na poziomie organizacji.
- Opanowanie podstawowych koncepcji DOE, strategii przeprowadzania eksperymentów, podstawowych zasad.

- Identyfikacja momentu i powodu zastosowania DOE (cel eksperymentu, odpowiednie czynniki, reakcje).
- Rozwinięcie matematycznego modelu reprezentującego badany proces/system.
- Interpretacja wyników zaprojektowanych eksperymentów.
- Transfer zaawansowanej wiedzy i doświadczenia technicznego za pośrednictwem metody FMEA.
- Identyfikacja i kwantyfikacja kluczowych błędów w procesie formowania metali.

**Wymagane zasoby (np. sprzęt, materiały, narzędzia, oprogramowanie, itp.):** Komputer PC, Pakiet MS Office (Word, Excel, PowerPoint)

Tematyka	Problemy do rozwiązania
D1.T1 – Wprowadzenie do kontroli i zapewnienia jakości 1. Koncepcja jakości produktu 2. Historia zapewnienia jakości i standardyzacji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorowanie parametrów w ultradźwiękowym procesie spawania z wykorzystaniem projektowania eksperymentalnego Placketta-Burmana</li> <li>• Obliczanie siły deformacji i pracy deformacji procesu wykrawania i wycinania z analizą optymalnych rozwiązań i FEMA dla technologii produkcji</li> </ul>
D1.T2 – Koncepcja kontroli jakości w przemyśle wytwórczym 1. Czym jest kontrola jakości? 2. Korzyści wynikające ze stosowania kontroli jakości w przemyśle wytwórczym 3. Jakość wymiarowania i niepewność pomiarowa	
D1.T3 – Statystyczna kontrola procesów (SPC) 1. Podstawowe metody statystyczne w inżynierii/przemyśle 2. Fundamenty i metody statystyczne dla zwiększania jakości 3. Statystyczna analiza próbek	
D2.T4 – Wprowadzenie do eksperymentowania przemysłowego 1. Cele DOE 2. Ogólne modele procesu/systemu 3. Typowe zastosowania projektowania eksperymentalnego 4. Strategie przeprowadzania eksperymentów przemysłowych	

<p>D2.T5 Wskazówki dotyczące projektowania eksperymentów przemysłowych</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Podstawowe zasady DOE</li> <li>2. Podstawowe kroki w planowaniu, przeprowadzaniu i analizowaniu eksperymentów przemysłowych</li> <li>3. Omówienie wydajności i czynników procesów</li> <li>4. Terminologia DOE</li> </ol>	
<p>D2.T6 – Projektowanie czynnikowe</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Projektowanie matrycy eksperymentu</li> <li>2. Szacowanie i analiza efektów głównych i interakcyjnych</li> <li>3. Tworzenie modelu matematycznego i jego statystyczna ocena</li> </ol>	
<p>D2.T7 Analiza studiów przypadków – modelowanie i analiza danego procesu/systemu przemysłowego – przykłady robocze</p>	
<p>D2.T8 – Samodzielna praca pod nadzorem i z pomocą instruktora</p>	
<p>D3.T9 Wprowadzenie do metody FMEA, określenie czynników wagowych i rozpoznawanie poziomu ryzyka</p>	
<p>D3.T10 – Formowanie blach</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analiza FMEA procesu wykrawania i wykrojników oraz generowanej liczby priorytetów RPN identyfikacji błędów</li> <li>2. Analiza FMEA procesu zginania i generowana liczba priorytetów RPN identyfikacji błędów</li> </ol>	
<p>D3. Samodzielna praca pod nadzorem i z pomocą instruktora</p>	
<p>D4.T11 – Masowe formowanie metali</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analiza FMEA procesu kucia swobodnego i generowanej liczby priorytetów RPN identyfikacji błędów</li> <li>2. Analiza FMEA procesu wytłaczania elementów kształtowników zamkniętych w wysokiej temperaturze i generowanej liczby priorytetów RPN identyfikacji błędów</li> </ol>	

**Zalecana literatura:**

- [1] Quality Assurance and Quality Control Guidelines FTA-IT-90-5001-02.1 - Federal Transit Administration | PDF Free Download
- [2] Amitava Mitra, (2008). Fundamentals of Quality Control and Improvement, John Wiley & Sons
- [3] Neyestani, B. (2017). Seven Basic Tools of Quality Control: The Appropriate Techniques for Solving Quality Problems in the Organizations
- [4] Muhammad Hashim, (2013). Quality control, Quality assurance, systems and application.
- [5] E. A. Cudney, S. L. Furterer, (2012). Design for Six Sigma in Product and Service Development, Applications and Case Studies, Taylor & Francis Group
- [6] Z. Marciniak, J.L. Duncan, S.J. Hu, (2002). Mechanics of Sheet Metal Forming, Butterworth-Heinemann.
- [7] Montgomery, D., (2013). Design and analysis of experiments, John Wiley & Sons.
- [8] Antony, J. (2014). Design of experiments for engineers and scientists. Elsevier

# ZAŁĄCZNIKI

## FORMULARZ OCENY 1

### Jedno-minutowe wypracowanie (codzienna samoocena)

Data: \_\_\_\_\_ Kurs: \_\_\_\_\_  
Nazwisko: \_\_\_\_\_

Temat dzisiejszych zajęć

\_\_\_\_\_

Na ten temat posiadam następujące wiadomości

\_\_\_\_\_

Najbardziej podoba mi się

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nie podoba mi się

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nauczyłem się dziś

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nie zrozumiałem

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Nadal muszę poprawić

\_\_\_\_\_

Chciałbym poprosić o dodatkowe informacje na temat

\_\_\_\_\_

Moją pracę dziś oceniam jako

bardzo dobrą     dobrą     zadowalającą     niezadowalającą



## FORMULARZ OCENY 2

<b>Lista kontrolna</b>							
<b>Nazwisko:</b>			<b>Kurs:</b>				
<b>Kryteria oceny</b>			<b>Skala</b>				
5 – najwyżej / 1 - najniżej			5	4	3	2	1
<b>Odtwarzanie i organizacja wiedzy</b>							
możliwość zastosowania nowego materiału w znanej sytuacji nauczania/uczenia się							
możliwość zastosowania posiadanej już wiedzy w znanej sytuacji nauczania/uczenia się							
<b>Transfer wiedzy, kreatywność, rozwiązywanie problemów</b>							
stosowanie zdobytej wiedzy w nowych sytuacjach nauczania/uczenia się							
proponowanie pomysłów, identyfikowanie nowych problemów, znajdowanie alternatywnych rozwiązań							
<b>Praca własna</b>							
wypełnia zadania bez pomocy i wsparcia							
stawia sobie cele							
<b>Motywacja do nauki</b>							
dąży do ukończenia zadań							
nie zniechęca się, jeżeli nie udało się rozwiązać problemu natychmiast							
<b>Kompetencje komunikacyjne, międzyludzkie i kooperacyjne</b>							
chętnie pracuje w zespole							
przyjmuje pomoc od innych członków zespołu							
pomaga innym członkom zespołu							
<b>Kompetencje cyfrowe</b>							
potrafi obsługiwać programy z pakietu MS Office lub inne potrzebne programy							
potrafi bez problemu wyszukać informacje w Internecie							

Data:

Instruktor:

## FORMULARZ OCENY 3

<b>Ewaluacja projektu i prezentacji</b>		
<b>Nazwisko:</b>		
<b>Temat:</b>		
<b>Kurs:</b>		
<b>Członkowie zespołu:</b>		
	<b>Najwyższe wartości</b>	<b>Osiągnięte wartości</b>
<b>Prezentacja 60%</b>		
1. Struktura (np. wstęp, wnioski, elementy przejściowe)	<b>2</b>	
2. Rozumienie i rzetelność językowa	<b>1</b>	
3. Równowaga pomiędzy tekstem a elementami wizualnymi	<b>1</b>	
4. Głęboka i naukowo poprawna treść	<b>4</b>	
5. Przekazywanie informacji	<b>4</b>	
<b>Projekt 40%</b>		
6. Układ (struktura, pomysły, grafika)	<b>3</b>	
7. Zasoby	<b>1</b>	
8. Głęboka i naukowo poprawna treść	<b>4</b>	
<b>Łączna liczba punktów</b>	<b>20</b>	
<b>Komentarz:</b>		

Ocena:

Data:

Podpis:

(instruktor)